

新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合

第3回

1. 日時

平成30年10月15日(月) 14:00～15:37

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室B・C

3. 出席者

原子力規制庁

山田 知穂 原子力規制部長

永瀬 文久 安全技術管理官(システム安全担当)

小野 寛 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

笠原 文雄 システム安全研究部門 技術参与

蔦澤 雄二 原子力規制部原子力規制企画課課長補佐

佐々木 晴子 技術基盤課原子力規制専門職

原子力安全人材育成センター

石井 洋一 上席指導官

東北電力(株)

熊谷 稔幸 原子力部 副部長

猿舘 徹 原子力部 原子力設備

宮原 聡 原子力部 課長

関西電力(株)

西 弘昭 原子力事業本部 原子力発電部門 電気設備グループ チーフマネジャー

神野 進 原子力事業本部 原子力発電部門 電気設備グループ マネジャー

九州電力(株)

笠毛 誉士 原子力発電本部 原子力設備グループ 副長

吉留 佑介 原子力発電本部 原子力設備グループ

東京電力HD(株)

遠藤 亮平 原子力設備管理部 設備技術グループ 課長

片山 正幸 原子力設備管理部 設備技術グループ 副長

(一財)電力中央研究所

白井 孝治 原子力リスク研究センター 研究参事

宮城 史 原子力リスク研究センター 主任研究員

北海道電力(株)

山本 孝司 原子力事業統括部 原子力設備グループ 副主幹

中部電力(株)

宮本 忠之 原子力本部 原子力部 運営グループ 課長

北陸電力(株)

新屋 和彦 原子力本部 原子力部 原子力設備管理チーム 統括

中国電力(株)

清水 秀彦 電源事業本部 原子力電気設計グループ 副長

四国電力(株)

藤田 啓司 原子力本部 原子力部 核物質・火災防護グループ 副リーダー

日本原子力発電(株)

篠原 正光 発電管理室 電気・制御グループマネージャー

関根 康博 発電管理室 電気・制御グループ

電源開発(株)

野中 仁 原子力技術部 設備技術室 電気・計装設備技術総括マネージャー

電気事業連合会

前山 忠毅 原子力部 副長

日本原燃(株)

加藤 晴夫 再処理事業部 設備保全部 部長

4. 議題

(1) 高エネルギーアーク損傷(HEAF)に伴う火災対策に係る事業者の取組み状況について

(2) その他

5．配付資料

第3回 新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合出席者一覧

資料3 - 1 公開で事業者の説明を求める内容について

資料3 - 2 高エネルギーアーク損傷（HEAF）に伴う火災対策に係る事業者の取組み状況について

参考3 - 1 平成29年7月19日原子力規制委員会資料1（抜粋）

参考3 - 2 第1回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合資料1 - 4

参考3 - 3 第2回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合資料2 - 2

6．議事録

山田規制部長 原子力規制庁、原子力規制部長の山田です。

定刻になりましたので、第3回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合を開催いたします。

本日は、昨年8月に改正公布されました高エネルギーアーク損傷、いわゆるHEAF現象ですけれども、これらへの対策について、事業者が行うとしていましたHEAF試験の結果とその対応について御説明をいただきたいと思います。ということで、事業者の皆様方に御参加をいただいております。

本日の出席者については、出席者一覧を御覧いただきたいと思います。

それでは、まず、配付資料の説明を永瀬安全技術管理官よりお願いします。

永瀬管理官 規制庁の永瀬でございます。

それでは、まず初めに、配付資料について説明させていただきます。

議事次第に加えまして、資料3-1といたしまして、規制庁側から準備いたしました、本公開で事業者の説明を求める内容について。それから、資料3-2といたしまして、電気事業連合会さんのほうから準備していただきました、HEAFに伴う火災に係る事業者の取組み状況について。それから、参考3-1といたしまして、HEAFに関連いたします規則改正、それから審査概要をつけております。参考3-2といたしまして、第1回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合の資料をつけております。参考3-3といたしまして、第2回の会合の資料をつけております。

以上でございます。

山田規制部長 それでは、議題に入りたいと思います。

初めに、永瀬管理官から、HEAFに係る昨年の規則改正の概要を含め、これまでの経緯についての説明をさせていただきます。お願いします。

永瀬管理官 原子力規制庁の永瀬です。

前回の会合が27年の6月ということでございまして、少し間があいてございますので、皆さんの理解をそろえるために、簡単にこれまでの経緯について振り返ってみたいと思います。

高エネルギーアーク損傷、いわゆるHEAFですが、これは国内外の原子力発電所の電気盤等で発生しており、電気盤内外のケーブルや隣接する電気設備等に重大な損傷をもたらす可能性があることが知られております。また、高エネルギーのアーク放電の継続により、火災に至り、機器の損傷・故障が拡大する事例もあることから、HEAFは国際的に安全上重要な課題として認識されております。

新規制基準においては、当初、電気盤における火災源の一つとしてHEAFを取り扱ってききましたが、参考資料3-1の9ページ以降にありますように、昨年8月に、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則第45条第3号1項等を改定し、保安電気設備について、電気炉、電線路、発電用原子炉施設において、常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないように、高エネルギーのアーク放電による電気盤の損傷の拡大を防止するため、必要な措置を講じることを求めています。

これまでに実施された規制庁及び電中研のHEAF試験の結果から、電気盤における遮断器の遮断時間の調整等により、アーク放電の継続時間を短縮することで、爆発の影響を減少させ、故障による影響をより局所化するとともに、アーク放電による、発熱によるアーク火災を防止できることが明らかになっております。

したがって、参考資料3-1の20ページ以降に関連する審査ガイドに詳細が説明されておりますが、HEAF発生時にアーク放電の継続時間を短縮させることにより、保安電源設備の信頼性をより向上させること、これが本規制改定のポイントとなっております。

昨年6月に開かれた前回の公開会合において、規制基準に従い、HEAF対策を行う際における課題として、事業者側からパワーセンター、モーターコントロールセンター、非常用ディーゼル発電機の電気盤について、アーク火災の発生の有無、閾値を含みますが、それや、損傷の程度は不明である、また、HEAF対策自体がプラントの安全性に影響を与えるおそれがあるという御意見をいただきました。また、まずは不足しているHEAF試験を実施し

て、その知見を拡充し、その知見に基づいて具体的なHEAF対策を検討したいという事業者からの要望もございました。

今回の公開会合では、事業者がHEAF試験を実施して得た知見及びその知見に基づいて具体的なHEAF対策を検討した結果を報告していただきたいというふうに思っております。

以上です。

山田規制部長 それじゃあ、引き続いて、資料3-1で御説明いただきたい内容というものをメモに作成していますので、こちらのほうも続けて説明をお願いします。

永瀬管理官 原子力規制庁、永瀬です。

資料3-1に基づきまして、説明を求める内容について御紹介いたします。

1. 試験結果と対策について。

新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合第1回会合において、高エネルギーアーク損傷対策については、HEAF試験により知見を拡充し、対応を検討するという御説明がありました。

これに関連いたしまして、(1) HEAF試験の結果についてそれぞれ御説明をお願いします。

メタクラ、パワーセンター、モーターコントロールセンター、非常用ディーゼル発電機の電気盤についてお願いいたします。

(2) 実施したHEAF試験の結果を踏まえ、どのような対策を行う予定であるか、PWR及びBWRプラントそれぞれで御説明ください。

2. 対策に伴う課題の解決について。

非常用D/Gの対策については、インターロック動作の変更、D/G受電遮断器の追加または移設が示され、それぞれの課題について第1回及び第2回公開会合で説明いただきました。

(1) これらの課題について、どのように解決するのか説明してください。説明には、機器類の誤作動に与える影響の検討結果も含んでください。特に原子炉冷却材喪失事故時に非常用ディーゼル発電機からの電気を遮断しないプラント(PWR及び一部のBWR)については、対策後に過電流で電流遮断した場合及び誤作動で電流遮断した場合の対応について説明してください。

(2)(1) 以外の対策を行う場合には、その対策を行うことにより生じる課題とその対応策について説明してください。

以上です。

山田規制部長 以上が今回のこの会合の背景についての説明ということで、事業者の皆様

様方からは、資料3-2ということで、HEAFに伴う火災対策に係る事業者の取組み状況についてという資料を御用意いただいておりますので、今、永瀬管理官から説明のあったことに対して何か補足があればおっしゃっていただくことも含めて、この資料の御説明をお願いできればと思います。よろしく申し上げます。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原でございます。よろしくお願いいたします。

お手元の資料3-2の資料に沿って御説明させていただきたいと思います。

こちらの資料は、各原子力事業者の対策をまとめた内容になってございますので、東北電力と、あと九州電力のほうで御説明させていただきたいと思います。

まず、目次のほうを御覧ください。1ページになります。本資料の構成のほうですけれども、本資料は、本文の 章、 章で試験状況と対策の内容、 章で補足資料ということで、規制庁殿のHEAFに係る審査ガイドの各項目の適合状況をまとめた構成としてございます。 章のほうは本文側のほうにまとめてございますので、本日は、 章、 章について御説明したいと思います。

では、ページをめくっていただいて、3ページからお願いいたします。こちらは試験の実施状況と対策のほうの御説明となります。

まず、御覧いただいているページは、各電源盤の試験結果と対策の全体概要をまとめたものとなっております。本表では、横軸のほうにD/G用を含めましたメタクラ盤、パワーセンター、モーターコントロールセンター、コントロールセンター、C/Cと書いていますが、こちらの各電源盤、縦軸のほうに試験体の仕様と試験条件、アーク火災の有無、試験結果を踏まえた設備対策の概要について、一覧にまとめています。

各電源盤を使用しました内部アーク試験を行った結果、いずれの電源盤においてもアーク火災の発生が確認されました。

本試験結果を踏まえまして、この表の下から2行目にありますアーク火災発生防止閾値欄のとおり、アーク火災なしのときのアークエネルギーからアーク火災防止のための閾値を定めまして、本表の一番下段の記載にありますとおり、D/G用のメタクラ盤につきましてはD/G停止のインターロットの追加、それ以外は保護継電器の静的短縮を中心とした対策によりまして、アーク火災発生前に電氣的遮断を行う対策を行うこととしました。

詳細については、次のページ以降で御説明いたしますので、よろしくお願いいたします。

次の4ページを御覧ください。こちら、具体的な試験方法について、このページ以降で御説明いたします。

試験に当たっては、電源盤を用いまして内部アークを発生させまして、この盤内でHEAFが発生した場合のアーク火災の有無を確認する試験のほうを電力中央研究所の施設で実施しました。

また、D/G用のメタクラ盤、パワーセンター、コントロールセンターの試験時は、HEAFが発生しても感知・消火設備が機能喪失しないことを確認するために、そういう趣旨で電源盤の直上1.5m、こちらはNUREGのZOIの範囲を参考に設定した高さでございますけども、その位置に煙感知器を設置しまして、この機能影響というところも確認してございます。

次のページをお願いいたします。続いて、こちらでは試験条件について御説明いたします。

試験の方法につきましては、黄色いハッチングの中のとおり、HEAFに係る審査ガイドを参照いたしまして、試験用電源盤の代表性、試験条件、アーク火災判定方法等、試験内容の妥当性を確認してございます。

審査ガイドの各項目の適合状況につきましては、この資料の3番の補足資料、 章の補足資料のほうに記載してございますけれども、ここでは、各項目の主な試験条件の状況について御説明いたします。

まず、本ページの(1)番、試験体の選定でございます。試験体の選定に当たっては、同じ種類の電源盤単位、例えばメタクラ、パワーセンター、コントロールセンターごとといった場合は、同等と扱います、試験のほうを実施してございます。

その理由は、この本文中の矢羽のほうに記載してございます。

まず、本ページのグラフのほう、御覧ください。このグラフは、メタクラ盤の内圧の圧力の変化の状況を時間軸で表したものでございます。

アーク火災の発生プロセスでございますけれども、アーク放電エネルギーによりまして、盤内で発生する高温ガスによる熱的影響によりまして、当該部位の可燃物が加熱されまして、アーク火災に至ると。そういったプロセスがございました。

一方で、HEAFの第一段階で盤内に発生しました高温ガスによる盤内圧力上昇は、このグラフのとおり、この場合でございますと14.5msecでピークとなりまして、それ以降は圧力が抜けているというような状況でございます。

こちらは、ボイル・シャルルの法則では、体積が一定の場合は、圧力と温度は比例しますけれども、実際には、本ページの下の写真のとおり、盤内圧力上昇によりまして、盤の内外が変形して開口部から圧力が抜けるということがございます。ということで、盤内の

温度上昇に盤内容積の大小というところは、直接寄与しないということで判断してごさいます。また、盤内のリレーですとかケーブルといった可燃物のほうは、同一種類の電源盤（メタクラ、パワーセンター、コントロールセンターといった単位）であれば、製造メーカーによらず、量的には同程度でございまして、同一種類の電源盤単位であれば、同等性はあると扱ひまして、試験体を選定しております。

ここまでが試験体の選定でございまして。

次のページを御覧ください。6ページでございまして。

続いて、(2) 番の試験電流・電圧・通電時間の考え方です。

まず、 番のメタクラのD/G以外、あとパワーセンターとコントロールセンターにつきましましては、試験体となる電源盤の仕様から、試験電流・電圧をプラントで使用する保護継電器の整定値から通電時間を設定してございまして。

続いて、D/G用の電源盤につきましましては、 番に記載した考え方で試験を行ってございまして。

こちらの本ページのグラフは、D/G用の電源盤の短絡電流特性のイメージ図を示してございまして。D/G用の電源盤のHEAFは、低電流で長時間のアークが継続するということが特徴と考えてございまして。本グラフのうち、青いハッチング部分であります短絡初期に高い電流が短時間流れる領域につきましましては、D/G以外のメタクラ電源盤の試験で既に知見を得てございまして、D/G用の電源盤の試験では、黄色いハッチングの低電流が長時間流れる領域について確認を行いました。

試験条件の設定に当たっては、本文 番の記載のとおり、三相短絡電流が最大かつD/Gを停止した場合の、アークエネルギーが最大となりますプラントにおける三相短絡電流領域から、試験電流を具体的には5kA、試験電圧6.9kVを設定いたしまして、通電時間を変えまして試験のほうを実施してございまして。

続きまして、7ページ、お願いいたします。次に、アーク火災の判定方法でございまして。

確認に当たっては、電気盤の盤外の炎の状況を目視によって確認してございまして。

盤外に炎が見られない場合は、黄色の枠の中の(1) 番に記載のとおり、盤の扉をあけて、内部を目視にて直接確認しまして、放射温度計で盤表面温度もあわせて監視する方法で確認を行いました。これは、具体的には、アーク試験の初めのころに行いましたD/G以外のメタクラ盤、パワーセンターの耐震盤で行ってございまして。

また、(2) 番の記載のとおり、電気盤の発熱速度(HRR)の測定によりまして、発熱速

度の継続的な上昇の有無を確認する方法を、(1)で先ほど述べた以外の電源盤のほうで実施してございます。

発熱速度による測定は、このページの右上の写真にございます、電中研のフードカロリ-メーター装置というもので測定いたしました。

具体的な火災判定例は、このページのグラフのところに示してございます。このグラフの中の緑線がその例でございますけれども、火災発生時は、燃焼の継続がございましてHRRが上昇する特徴がございまして、緑線のように、継続的な上昇があった場合は火災と判定してございます。

よろしければ、次のページをお願いいたします。ここまでが試験条件、判定の考え方でございまして、ここからが試験結果となります。

電源盤の試験結果でございます。

まず、この御覧いただいているページは、D/G用とD/G以外を含めましたメタクラ盤の試験結果をまとめてございます。

左のグラフがアークの継続時間とアークエネルギーの関係を示したもので、右がD/G用の電源盤の試験時の発熱速度を示した図となっております。

左のグラフのほうを御覧ください。青と赤の線がD/G以外のメタクラ盤の結果、緑の線がD/G用のメタクラ盤の結果でございまして、表中の黒塗り、塗り潰した部分がございますけれども、こちらにつきましては火災の発生を示してございます。D/G用を問わず、一定のアークエネルギー以上でアーク火災が発生するということを確認いたしました。

D/G以外用のメタクラ盤であります、この青と赤の線でございますけれども、こちらでは、アークエネルギー25.3MJまではアーク火災は起きないということを確認してございまして、アーク火災の発生防止の閾値は25MJといたします。

また、D/G用のメタクラ盤、こちらは緑色の線でございますが、こちらは16.6MJ以下では火災が起きないということを確認しましたので、閾値は16MJといたします。

また、電源盤の直上に設置しました煙感知器につきましては、試験後の動作試験でも異常がないことを確認してございます。

次のページをお願いいたします。本ページは、D/G用以外のメタクラ盤の試験状況を写真で示してございます。上段が火災があったとき、下段が火災がなかったときの試験体の状況を示してございます。

アーク火災の発生時は、左上にございます写真のとおり、アークを発生させた遮断器室

内で、このような形で火災が発生いたしました。

次のページをお願いいたします。こちらはD/G用のメタクラ盤の試験結果でございます。

先ほどと同じように、上段は火災あり、下段は火災なしの写真でございます。こちらも左上の写真のとおり、火災の状況としては、こういった形で発生を確認いたしました。

よろしければ、次の11ページをお願いいたします。続きまして、パワーセンターの試験結果です。

左グラフの黒塗りの部分のとおり、本試験でも、アーク火災が起きることを確認した一方、18.9MJ以下ではアーク火災が起きないということを確認してございますので、パワーセンターにつきましては、閾値を18MJといたします。

また、こちら電源盤直上に設置した煙感知器は、動作試験で問題がないことを確認してございます。

次のページをお願いいたします。次のページが、12ページがパワーセンター試験時の写真でございます。

こちら左上の写真のとおり、アーク火災は、アークを発生させました遮断器の室内で発生してございます。

よろしければ、次のページをお願いします。続いて、コントロールセンターの試験結果です。この盤でも、左グラフのとおり、アーク火災の発生を確認してございます。

このグラフのとおり、4.49MJ以下ではアーク火災が起きないということを確認してございますので、それを踏まえまして、閾値を4.4MJといたします。

こちら、煙感知器につきましては、試験後、異常がないということを確認してございます。

次のページをお願いします。こちらは試験時の写真でございますけれども、こちら、火災時の試験では、アークの発生箇所は、MCCBのユニットと母線の接続部の部分でアークを発生させましたけれども、左上の写真のとおり、火災は、コントロールセンター盤の最下部にありますケーブルが集合してございますボックス内がございまして、こちらで火災のほうが発生いたしました。

ここまでが試験状況の説明となります。

次のページをお願いいたします。続きまして、試験結果を踏まえた対策について御説明いたします。

D/G用以外のメタクラとパワーセンター、コントロールセンターにつきましては、先ほ

ど御説明しましたアーク火災の閾値を下回るように、現状の保護継電器の整定時間を確認しまして、整定時間短縮を図ることといたします。

具体的には、このページの(a)～(d)の記載のとおりでございまして、現状のプラントの保護継電器の整定時間から、それ相当のアークエネルギーを算出いたしまして、それを閾値と比較しまして、必要に応じて整定時間の短縮を行うということを行います。

次のページをお願いいたします。続いて、D/G用のメタクラ盤の対策でございます。

対策としましては、試験結果で得ました閾値を下回るよう、ディーゼル発電機の停止のインターロック追加を実施いたします。

本ページの真ん中の上のほうに、ちょっと上にあります表のほうを御覧ください。現状のLOCA時におけるD/Gの停止ロジックにつきましては、基本的には、D/Gは運転を継続するようなロジックとなっております。

D/G用の遮断器自身にHEAFが発生しまして、当該遮断器が開放できない場合、この左下の絵にありますとおり、D/Gを停止しない限りは、短絡電流が流れることとなりますので、D/Gを停止しなければ、いずれアーク火災が起きる可能性があるということになります。

右のほうのグラフ、右下のグラフですね、こちらのほうは、HEAF時の三相短絡電流特性のイメージでございますけれども、本グラフの青い点線のように、D/Gを停止させることで、こういった青い点線のような特性のカーブが得られますので、そういうことで短絡電流の流れをとめます対策のほうを行うことといたします。このときのアークエネルギーは、試験で確認しました閾値の16MJ以下となるように対策のほうを行います。

次のページをお願いいたします。次に、D/G用のメタクラの対策時の設計時の・・・事故について御説明したいと思います。

対策に当たっては、黄色の枠組みの中のとおり、設置する機器類、例えば保護継電器等の設置場所ですとか、より慎重な保護協調の検討といった既設設計との取り合いの配慮ですとか、機器故障によります誤トリップ防止のための信頼性のある機器類で構成する設計といたします。

現在検討中の対策では、このページの表のとおりでございまして、ケース1～3につきましては、インターロック変更による対応、ケース4は遮断器追加対策というところを示してございます。

各対策の詳細は、この後のページのほうで御説明いたしますけれども、概要といたしましては、ケース1は、瞬時要素でございます50保護要素によりますD/Gの停止。D/G停止信

号発信後のD/G空転中の火事を遮断するD/G消磁コンタクタONなどの動作による対応と。ケース2につきましては、瞬時要素の51による同様なインターロックの動作。ケース3では、現在、警報出力で使用している低電圧リレーの27要素によりますインターロック動作。ケース4は、昨年の公開面談でも話題になりましたけれども、遮断器の追加設置といった内容となっております。

各ケースの誤トリップのリスクといたしましては、この表の右側の欄のとおり、それぞれ保護要素の追加等による保護継電器の誤動作、追加遮断器の誤動作によるリスクのほうがございます。ですけれども、対策で追設する遮断器、保護継電器単体の故障率は、 10^{-4} ～ 10^{-5} 程度で、これは1万～10万年に1回故障する程度の意味でございますので、故障によります誤トリップの可能性は十分に低く、対策としましては、いずれも有効と考えますけれども、設計と工事成立性が高いケース1～3を中心に、詳細を検討しているところでございます。

以上までが対策の全体の概要でございます。

次の対策の詳細につきましては、以降のページで御説明いたします。

九州電力（笠毛）九州電力の笠毛でございます。

18ページ以降で、対策の詳細を御説明させていただきます。資料3-1の2.の対策に伴う課題の解決についての（1）の内容についても、この中で御説明させていただきます。

2.の（2）インターロック動作の変更、受電遮断器の追加または移設以外の対策については検討しておりませんので、D/Gの対策については、インターロック動作の変更またはD/G遮断器の追加または移設、この方策で検討しております。

それでは、19ページを御覧ください。19ページがメタクラからコントロールセンター、D/Gの現系統の構成例になっていまして、この例は、PWRの九州電力の川内の例をつけています。BWRプラントのうち、大間については大体同じような系統構成になっています。ただ、ほかのBWRプラントは、受電する変圧器の下流に共通母線または常用母線があって、その下流に非常用母線があるような電源構成となっています。Pの場合は、変圧器から直接非常用母線を受電する系統構成になっています。20ページ以降の参考に、まず最初に電源構成を御説明しました。

20ページから、メタクラそれぞれの対策になります。

最初に、34ページをちょっと御覧いただきたいんですけど、今から説明する中で、保護継電器の名称を（50-）51、87とを用いてちょっと説明させていただきます。

34ページの左側が50リレーまたは51リレーということで、50が過電流リレー、短絡継電器で、51が過電流継電器になります。

下の動作原理イメージというところで、50短絡継電器は大電流・短時間で動作します。51過電流継電器は、電流が流れている時間と電流の大きさの関係で、ちょっと短絡継電器よりは長目の時間で動作する継電器になります。87リレーというのは、事故点の電流差を瞬時で検知して動作する継電器になります。これらの用いて保護を行っております。

20ページに戻っていただきまして、20ページが、D/Gではないメタクラの対策になります。PWRという予備変圧器から受電している場合を例にとっていますが、ここでメタクラ母線と書いているのが安全継の母線になります。安全継母線の負荷が受けている遮断器自体で発生した場合は、青のバツの場所ですけど、受電遮断器を0.2秒で切ること、15MJとか25MJ、火災が発生する前のエネルギーに抑えることができます。予備変圧器から受電している遮断器そのものでHEAFが発生した場合は、予備変圧器が受電する遮断器を切ることによって、これは今回50要素を追加して短時間で切るインターロック変更を行います。23MJ、閾値以下で電気を遮断することが可能となります。

21ページ、これはPWRと大間の例なんですけど、所内変圧器から非常用母線を受ける系統構成がありまして、このメタクラ母線、青でHEAFが起こった場合は同じなんですけど、受電遮断器で短絡が発生した、HEAFが発生した場合は、所内変圧器の上流側にある主変圧器の遮断器と、あと、発電機から電流を供給している場合がありますので、発電機下流の開閉器を遮断することで、エネルギーを23MJと、閾値以下に抑える対策が可能と確認がとれています。

22ページは、パワーセンターのアーク火災対策で、これにつきましては、上流側の遮断器をそれぞれ事故点に応じて遮断して、現状の時間で言いますと、動力変圧器の上流で約1秒程度で遮断することが可能と確認とれていますので、パワーセンターの閾値、18MJ以下に抑えることが可能と確認しております。

23ページ、コントロールセンター。コントロールセンター母線は、パワーセンター母線から受電しておりまして、コントロールセンター母線のノーヒューズブレーカーで短絡、HEAFが発生した場合に、パワーセンター母線から送る側の遮断器で、現状、これは短時間で0.2秒、0.1秒程度の設定なんですけど、0.2秒の設定であれば、約4MJというエネルギーで、試験で確認した閾値以下に設定することが可能という確認をしております。

24ページが、D/Gの受電時の対策例ということで、先ほど 章での説明の内容とほぼ同

じなんです、ケースが4ケースありまして、短絡継電器の要素追加、あと現状ついている過電流継電器の時間短縮、あと、低電圧リレーということで、短絡時は電圧が0になるという特性を検知して、低電圧リレーで短絡時のインターロックを設定することも可能と考えています。あと、ケース4は、追加の遮断器を設置することで、列盤が損傷することを防止する電流の遮断が可能と考えています。この四つのケース全て、継電器追加についても、・・・単位の故障率は、先ほど申しましたように1万年から10万年に1回程度ということで、追加することでも信頼性が低下することはないと考えます。この四つのケース、どのケースでも、今回、対策を行うことは可能と考えています。

25ページが、D/GでHEAFが発生した場合ということで、D/Gの受電遮断器、母線に送る側の遮断器が発生した場合は、緑のバツですが、ディーゼル発電機の機関を停止にいくことと、あと、D/G電流を切りにいくことで、ディーゼル発電機からの送る電流を遮断することで、現在、0.7秒で約7MJ程度の閾値以下のエネルギーにできると検討しております。

26ページから、それぞれのインターロック変更と遮断器追設の変更イメージなんです、26ページが、現状、発電機内部故障という重故障の要素をディーゼル発電機は持っていて、その要素でディーゼル発電機の機関停止にいくというインターロックに、新たに短絡を検知する50リレーを追設して、ディーゼル機関の停止と消磁コンタクトONというのが、ディーゼル発電機の励磁を切ることで、ディーゼルが回っている状態でも、電流の発生を速く下げてあげるというインターロック変更でエネルギーを閾値未満に抑えることが可能と考えております。

27ページも、リレーが、50リレーか短絡継電器か発電機過電流継電器かの違いなんです、発電機過電流継電器により、ディーゼル機関停止と励磁を切ることでエネルギーを抑えることが可能と考えています。

28ページも継電器の違いですが、低電圧リレーを用いたインターロックを構成することで、これも機関停止と励磁を切る消磁コンタクトONというのは変わらないんですけど、エネルギーを抑えることができると考えています。

29ページは、追加遮断器開放ということで、現状設置されている発電機過電流継電器から新しい遮断器を設置して開放することで、今、現状、メタクラに設置されている非常用ディーゼル発電機の受電遮断器のHEAF火災は防止することができると。追加した遮断器自体の火災は防止することはできないんですけど、追加遮断器の場所は、影響を及ぼさない場所に設置することで、火災影響を限定することは可能と考えています。

26ページにちょっと戻っていただいて、前回の意見聴取会、6月27日で、原子炉冷却材喪失事故時にPWRと一部のBWRについては、D/Gからの供給源を停止しないインターロックとなっていると。今回、内部故障というインターロックでは、D/Gの機関停止にPWR、BWRの一部のプラントでもしておりますので、そちら側に発電機短絡継電器の要素を追加するというので、重故障でD/Gをとめにいくという考え方で、PWRと一部のBWRプラントも、設計の考え方を変えずにインターロック変更には可能と考えています。

BWRプラントにつきましては、27ページの絵がよろしいんですけど、BWRプラント遮断器を開放するインターロックではあったんですけど、非常用ディーゼル発電機の機関停止を行うインターロックではありませんでしたので、ほかのBWRプラントについても、過電流継電器もしくは短絡継電器を用いてD/G機関停止を行うという、インターロック変更を今回行うことで対策が可能と考えております。

30ページにつきましては、先ほどポンチ絵でD/G機関を停止した場合の短絡電流の挙動というのを示しましたが、今回、これは代表例、解析を行った結果なんですけど、0.7秒でD/G機関停止信号と、あと、励磁を切る消磁コンタクトONとインターロック開放を行えば、電流がどのようにグラフのとおり下がりますして、約7MJ程度になるという計算を行っております。

31ページが、現状、インターロック変更と遮断器追設と、火災という知見が得られましたので、対策が必要ということで、これから設計を行っていくんですが、今、D/G短絡電流シミュレーションというのが、プラントによっては終わっているところ、終わっていないところがありまして、それから、どの対策を選ぶかという詳細設計を行って、工事計画認可申請の資料の作成して工事に移るという工程で、もうシミュレーションが終わっているプラントもありますが、終わっていないプラントで考えると、1年半から2年程度、今から期間を要すると考えています。

あと、32ページが、誤動作の確率は1万年に1回か10万年に1回と先ほど御説明申し上げましたが、誤動作により非常用ディーゼル発電機が停止した場合に、どのように対応するかということですが、6月27日の意見聴取会で、私が数分程度で復旧可能ですとちょっと申し上げたんですけど、それは実際、復旧スイッチを入れるだけだったら、その時間でいけるんですけど、実際の誤動作が発生した場合は、それが誤動作なのか、本当の過電流が発生していたのかという確認を行って、誤動作であることを特定して復旧する必要がありますので、ちょっと訂正させていただいて、その作業を行って、60分から70分程度、誤動作

の場合の復旧にかかるということになります。ただ、この場合、先ほど申しましたように、故障確率は低いということがあります。また、ディーゼル発電機が給電している場合は、A系、B系で給電しておりますので、今回の保護リレーの誤動作というのは、単一故障の一つと考えて、これらが単一故障でとまった場合も、もう片系の非常用ディーゼル発電機は健全であるというふうに考えております。アークが発生した場合は、もう遮断器が燃えてしまっていますので、復旧することはできません。

続きまして、33ページですが、今回、インターロック変更の対策を三つ検討しているんですが、過電流継電器のように設定を変えるのみではなく、50要素追加の場合は、新しい短絡継電器のリレーを、この右下、図2の現状の非常用ディーゼル発電機の制御盤の中に、ちょっと場所を調整して追設する必要がありますので、先ほど申した1年から2年程度の工事期間が必要という内容になっております。

35ページ、36ページに、故障確率のイメージ等つけておりますが、出典の原子力安全推進協会の数字で見ると、 10^{-5} 程度の故障確率であるということを確認した結果をお示ししております。保護継電器の追加、遮断器の追加、どちらにしても故障率は低いので、影響はないと現在考えているところです。

以上になります。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原でございます。

以上が御説明でございました。

一応、この資料にも記載しました対策につきましては、パワーポイントに記載しました内容に沿って対応させていただきます。具体的には、今後、工認申請等で手続等を行ってまいりますけれども、この内容に沿った形で申請しまして、対策のほうを行わせていただきたいと思います。

以上でございます。

山田規制部長 どうも御説明ありがとうございました。

試験結果として、HEAFの発生条件を確認されたという話と、それを踏まえての対策のイメージについて御説明いただいたというふうに理解をしております。

今、宮原さんからお話がありましたとおり、今日、御説明いただいた内容を踏まえてということで、今後、工事許認可等の手続が進むということになると理解をしています。

今日は審査会合の場ではありませんので、具体的な判断は審査の中でということにさせていただきますけれども、今日は、この場をおかりをして、御説明いただいた

内容について、技術的に質問とかがあれば、そこの辺りのところの議論をさせていただければというふうに思っています。

それじゃあ、何か質問、それから確認したいことがあれば、よろしくをお願いします。

蔦澤課長補佐 規制部規制企画課の蔦澤と申します。

資料3-2の31ページの一番上に、D/G短絡電流シミュレーションとあるんですけども、これは何か実際のHEAFの試験のことなんでしょうか。ちょっと内容を教えていただけますでしょうか。

九州電力（笠毛） 九州電力の笠毛です。

このD/G短絡電流シミュレーションといいますが、30ページのグラフを、各プラントのD/Gに短絡が発生した場合に、あるタイミングで励磁電流0にしたときに電流がどう推移するかというシミュレーションになります。だから、各プラントごとのD/G遮断後の電流の積分値を求めるためのシミュレーションになります。

蔦澤課長補佐 わかりました。

これは、実際に各プラントごとによって違うと思うんですけど、シミュレーションというと、何かソフト的に解析するんですか。

関西電力（神野） 関西電力、神野でございます。

30ページで示してございます短絡電流挙動というのは、専用のそういう解析ソフトがございまして、それで解析してございます。

蔦澤課長補佐 実機で試験するわけじゃないんですね。

関西電力（神野） そういうことでございます。

蔦澤課長補佐 例えばほかのHEAFについても、実機で多分試験して評価値を算定することになっていると思うんですけども、実際には、これは工認の審査に当たって、そういうHEAFに発生する閾値についての算出というのはどのようにされるんでしょうか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原でございます。

御質問の趣旨は、閾値の比較という意味でよろしいですか。

蔦澤課長補佐 要は盤によっていろいろHEAFが発生する条件が異なると思うので、実際に盤ごとによって閾値が変わってくると思うんですけども、その辺については、どのように考えていらっしゃるのかということなんでしょうけども。

東北電力（宮原） 盤ごとというものは、例えばパワーセンターであれば、メーカーによって違うとか、そういう趣旨でよろしいですか。

鳶澤課長補佐 容量が、大きさが違うとか、いろいろあると思うんですね。

東北電力（宮原） わかりました。失礼しました。

こちらは、盤同等性の御質問ということで理解いたしました。東北電力の宮原でございます。

こちらは、本文側の資料の5ページのほうを御覧ください。まず、結論から先に言いますと、同じ種類の電源盤単位、例えばメタクラであればメタクラ盤、メーカー問わずにメタクラ盤といった単位であれば、同等ということで扱って試験のほうを実施してまいります。ですので、閾値のほうも、例えばメタクラ盤で何MJという閾値が出たそれを、メーカー問わず、その閾値を宛てがうということになります。

一応、同等の根拠は、先ほどちょっと御説明のところでもいたしましたけれども、5ページのグラフを見ていただきたいんですが、火災というところは、アーク火災に至るプロセスとしましては、(1)の一つ目の矢羽でございますけれども、アークの放電エネルギーで盤内で発生する高温ガスによる熱的影響で、中にある可燃物が加熱されて火災に至ると。加熱というところの要素といたしましては、圧力が上がれば温度も上がりますので、そういったところの影響はあるのかなのかということところが一つのポイントになるのかなと。そういったときに、このグラフにございますとおり、実際には、横軸、これは時間を秒で示してございますけれども、これはメタクラ盤の例でございますけれども、14.5msecで、直後に、もう圧力が抜けているというような状況ですよね。

ですので、圧力が抜ける実際の原因としましては、この写真のとおり、最初のHEAFを起こしまして、盤内で発生した高温ガスの圧力の影響をこういった感じで、例えば左の写真ですと、これは盤内の母線室と遮断器室間の空間の仕切り板になりますが、こういった形で変形すると。右側の写真は、これは盤外の扉の状況ですけれども、こういった形で変形するというので、実際は圧力がそういったところから抜けますので、密閉性ですとか、そういったサイズの違いというところは、こういった部分で影響がない。影響がないというか、ほとんど無視できるような、そういった状況になるということで、同一盤単位で閾値のほうは扱ってまいります。

回答は以上でございます。

九州電力（笠毛） すみません。あと、プラントごとの設備の差というのは、変圧器の容量や非常用ディーゼル発電機の容量ごとに短絡電流を設定しまして、その短絡電流と時間で計算してエネルギーを出しますので、閾値未満というのは、プラントごとの設備の特

性に応じてエネルギーが閾値を下回っているということを確認いたします。

葛澤課長補佐 こちらのほう、ガイドのほうにでも、実際に社内で使用されている同等の盤が選定されていることを審査の際に確認することが規定されておりますので、やはりその同等性というのは非常に確認すべき事項かと思っておりますので、その辺は、審査の際にしっかりやっていただいて、もし同等性が確認できなければ、また試験をしていただくとかということになると思いますが、その辺は、事前に工認の資料をつくる際に準備していただければと思います。

東北電力（宮原） 東北電力、宮原です。

今後の審査の御説明の中で、説明させていただきます。

笠原技術参与 規制庁、笠原ですけれども、ちょっと今のに関連するんですけれども、LOCA時のD/Gのあり・なしで、何ページかという、8ページですね、8ページに、左側に直線が何本か、青・赤・緑で何本か引いてあって、D/G外というのとD/Gというのが表示されていますよね。それで、D/G外って、D/G以外とD/G外じゃないやつとで直線の傾きがかなり違っているんですけども、これはどういう条件で、まずこういうふうになっているのかというのが一つと、もう一つ、3ページのアーク火災のエネルギーが、ここにそれぞれの盤について挙げられていまして、メタクラのほうは、アーク火災ありのところは27と32ということで、ほぼ同等なんですけれども、パワーセンター、コントロールセンターへ行くに従って、火災の発生、アークエネルギーが小さくなっていると。この辺は、どういうメカニズムでこうなっているかというのをちょっと教えてほしいんですが。

東北電力（宮原） 東北電力、宮原でございます。

まず、一つ目の御質問の8ページの試験条件のところでございますが、すみません、3ページのほうを御覧ください。こちら、試験条件ということでまとめた表となっておりますけれども、御質問があります青線と赤線のところ、これはメタクラ盤のD/G以外のところの非耐震盤と耐震盤の試験の結果ということになります。

耐震盤の試験条件につきましては、こちらは表の上から2番目のところのとおり、耐震盤につきましては、まず試験電圧、これは ですが、これは8kV、試験電流は40kAということでございます。非耐震盤につきましては、こちらは6.9kVと18.9kVということで実施してございまして、こちらの試験電流の違いによりまして、8ページのような形で、傾きが異なるということになります。ということが、まず一つ目です。

笠原技術参与 規制庁、笠原ですけれども、D/G以外のほうがかなり低くなっているのは、

これはやっぱり試験条件の違いですか。

東北電力（宮原） こちらは、実際、メタクラのD/G盤のほうにつきましては、こちらの8ページの試験結果のこれのとおり、試験回数は3回……。すみません、傾きですね。傾きにつきましては、こちらは試験電流が違いまして、実際のメタクラ盤のD/Gにつきましては、すみません、また3ページの6.9kV、メタクラD/Gの左から2番目の行のところの上から2番目の行ですね、こちら、メタクラ盤のD/Gにつきましては、6.9kVの5kAというような試験条件で行いまして、それによって傾きが異なるということになります。

笠原技術参与 今ので3ページと8ページの質問なので、関連してお答えいただいたので、了解しました。

永瀬管理官 規制庁、永瀬でございます。

同じく試験について質問させてください。

この試験の結果におけます信頼性といいますか、誤差というのはどれくらいか、評価されたことがありますか。というのは、例えばD/G以外のメタクラについては、アーク火災が発生するエネルギーと、それから、火災が発生しない、あるいは防止する閾値が、かなり近いので、この辺、誤差を考えた上での設定なのかどうかというのをまずお聞かせください。

東北電力（宮原） 東北電力、宮原でございます。

例えば8ページの左のグラフのとおり、試験を行いますと、明らかにアークの継続時間に比例しまして、火災のアークエネルギーも増加しますと。それによって、あるポイントから火災の発生というところが、生むというところは明らかになってございます。ですので、まず、我々としたしましては、まずはアーク火災が発生するところのアークエネルギーを確認すると。閾値の設定に当たっては、それよりも低いところでのアーク火災が発生しなかった試験結果をもちまして、そこを踏まえた上で、安全側のほうにアークエネルギーを切り捨てた形で閾値を設定するというような形で、そういった不確かさといった部分は考慮するようにしてございます。

以上です。

関西電力（神野） 関西電力、神野でございます。

ちょっと補足いたしますと、8ページのグラフを御覧いただきたいんですけども、ちょうど26MJぐらいのところには黒丸があると思うんですけど、赤縁の黒丸が、これ、単に火災あり・なしだけですので、黒印のものと白印のものがあるんですけど、ちょうど26MJぐら

いのところというのは、実はぼうぼうと燃えている火災ではなくて、自己鎮火したぐらいのレベルですので、当然、エネルギーが大きいときは多大な火災になりますし、低くなってくると、火災といえば火災なんですけど、自己鎮火するレベルになっていたというものです。その上で、実際に火災がなかったというのが、その下の白丸のところになった上で、その値が、下1桁のところを切り下げるところで、誤差分も踏まえて閾値を決定しているということでございます。

永瀬管理官 原子力規制庁の永瀬です。

ありがとうございます。

それと、そういった誤差、あるいは一般性を考える上で、ほかのHEAFの試験結果と、これ、事業者さんがやられた結果というのは、比較検討されたことはありますか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原です。

ほかの試験というのは、例えばNRAさんでも、HEAFの試験のほうを行いました報告書のほうを公開されていますけれども、一応、そちらのほうも見させていただいております。

ただ、火災が起きた・起きていないというところは、やはり我々が行った試験とNRAさんの試験結果のところとは、やっぱり違っておりますけれども、こちらのほうは、我々の場合ですと、本当の国内で使っているメタクラ盤をありのまま形で試験しているというところがありまして、その辺のところの違いなのかなというふうには分析はしてございます。

以上です。

永瀬管理官 すみません、もう一つ質問させてください。

閾値からある程度下げたところに対策を打って、アークエネルギーを抑えるということに実際はなるかと思えますけれども、閾値から実際の設定値までのマージンの考え方ってありますか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原でございます。

まず、対策としましては、この閾値以下にするというのが基本でございます。ただ、実際は、例えば閾値16MJだから、16ぴったりまでやるということはありませんで、あくまで実機の保護協調を考慮した上で、可能なところまで下げるような形になるようなことになっていきます。

保護協調というのは、ちょっと御説明しますと、対策を行う保護リレーがありましたら、この下のほうに、さらに負荷がぶら下がってしまっていて、保護リレーありますと、遮断器あ

りますと。そういったときに、例えば下のほうで、下流側のほうで事故があったときに、下流側の遮断器が動作しないで、先に上のほうが動作しちゃって、健全なところの系統が、落とさなくていいところまで落とさないような、そういった保護協調を考えた上で、可能なところまで下げようかなことをしようと思っています。

以上です。

関西電力（神野） 関西電力、神野でございます。

ちょっと補足いたしますと、実際には、工認申請する際には、それぞれのプラントごとに応じた短絡電流等を踏まえて計算する形になるわけですが、それぞれの短絡電流については、最終値切り上げにいたしますと、今回のアーク電流につきましては、試験結果から切り捨てという形にしていますので、そういったところでマージンというのは見ていると考えてございます。

永瀬管理官 ありがとうございます。

笠原技術参与 すみません。ちょっとさっき質問して、結構ですと言ったんですけど、3ページのパワーセンターとコントロールセンターの試験条件というのが、504V、5kAということで、電圧・電流に関しては同じと。それで、アーク火災発生エネルギーは倍半分ぐらい違うという結果になっているんですけども、これは構造の違いという解釈ですか。

一つは、ちょっと気になるのは、体積はあまり関係ないというのが、その次のページでしたっけ、説明があったように思うんですけど、この辺の違いはどういう関係になっているか、ちょっとお願いします。

関西電力（神野） 関西電力、神野でございます。

ちょっと適切なあれがないんですけど、例えば9ページの絵を見ていただきたいんですけども、メタクラ、パワーセンター、コントロールセンターというのは、盤によって当然構造が違ってございまして、メタクラと書いていますのは、例えば9ページの絵ですと、3mぐらいの電源盤のところに遮断器が一つないしは二つというところになっています。パワーセンターですと、12ページからの写真になりますけれども、一つの供試体に三つとか、四つとかという形になっていますので、コントロールセンターですと、14ページのように、それぞれ盤単位で見ますと、五つとか六つとかという形になっていまして、そもそも電源盤という形を見た場合には、容積といいますか、当然、小さくなってきていますので、そういうところを踏まえまして、実際、アークの閾値となる値というのに差が出ているんだろうというふうに考えてございます。

あと、すみません、可燃物の量もそれぞれ違いますので、そういったところで差が出ているというところがございます。

笠原技術参与 規制庁、笠原ですが、そうしますと、5ページにある記載内容なんですけども、中段辺り、矢羽の二つ目の真ん中辺りに、「圧力が抜けるため、盤内温度上昇に盤内容積の大小は直接寄与しない」というのは、これは例えばメタクラの1群の試験において、そのグループでは多少違っていてもあまり影響はないと、そういう解釈でいいですか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原です。

こちらは、この内圧のグラフ、メタクラ、D/G以外で例示しておりますけれども、傾向としましては、パワーセンターもコントロールセンターも同じような形で抜けております。盤単位で瞬時に抜けるような、そういった予想を示してございます。

以上です。

笠原技術参与 規制庁、笠原です。

大体、おっしゃっていることは一応わかりました。

石井指導官 一つ質問をよろしいでしょうか。原子力安全人材育成センターの石井と申します。

21ページのほうなんですけれども、まず、21ページのメタクラ受電遮断器にHEAFが起きた場合の対策内容に発電機停止というのがあるんですけれども、ちょっとインターロックの中身を教えてもらいたいんですが、私の理解では、発電機停止インターロックというのは特になくても、GIS、GLBSが開放されれば、パワーロードでタービントリップして発電機停止すると思うんですけれども、この発電機停止というのは、どういうトリガー信号で発電機停止のインターロックを変更する必要があるということなのか教えていただけますか。

九州電力（吉留） 九州電力の吉留です。

先ほどのお答えですけれども、発電機停止インターロック、こちらインターロックの変更と記載しております内容につきましては、今回、こちらの対策、50要素を追加することになっておりまして、発電機停止インターロック、今、GISの開放インターロックと発電機停止インターロック、こちらが同じ信号となっておりますので、GIS開放のインターロックに50要素を追加いたします。そういう意味で、発電機停止インターロックも変更となるというような表現をさせていただいております。

九州電力（笠毛） 補足しますと、系統構成上は、負荷開閉器を遮断するだけで問題な

いというのは、おっしゃるとおりなんですけど、現状の所内変圧器の故障などのインターロックで、主変の上流側を飛ばしに行くインターロックのときにも、発電機も停止するインターロックに今回要素を追加するという事で、もう1つ発電機停止のインターロックを組みますということになります。

関西電力（神野） 関西電力、神野でございます。

ちょっと補足いたしますと、現状のPWRの設計ですと、発電機のGと書いてあるところの上のGLBSを直接飛ばすインターロックというのは、基本的にはなくて、主変の上のGISを飛ばすというインターロックになっています。ですので、緑色のところにHEAFが発生したときというのは、GISを飛ばしに行くんですけど、そのままですと発電機の残留磁束が残った状態で、発電機のモータリングの中で電流が、受電遮断器まで電流が流れているという時間がしばらくございますので、今回、インターロックを追加することによって、インターロックを追加して、発電機の上のGLBSを開放してやることによってアーク電流を抑制すると、そういう対策をするというところで、GLBSのインターロックを追加するというのが今回の対策のところになります。

石井指導官 じゃあ、GLBSを開放するというのがメインだということなんですね。

関西電力（神野） はい、そのとおりです。

石井指導官 じゃあ、関連してもう一つなんですけれども、このGLBSを使用しているタイプ、21ページのタイプですけど、これは所変と起変が兼用されているタイプなので、こういう切り方をすると、所内全停になって、全交流電源喪失に一時的になり、その後、D/Gが起動するので、D/Gで非常用はもたせるわけですけども、そのリスク、そのリスクというか、所内全停になってしまうということと、20ページのほうでは、これは所内全停には多分ならなくて、20ページのように、起変だけ、起変で非常用の母線を持っていた場合には、非常用だけが一旦切れるので、これは多分すぐD/Gが起動してくれれば、プラントはトリップせずに残れると思うんですよね。その場合は、所内電源はしばらくは保てますので、何となくリスク的には21ページのほうが高い気はするんですけども、その辺のリスクの評価みたいなものはされていますかね。

九州電力（笠毛） こういう系統構成なので、対策を行うと、こういうインターロックになりますという御説明で、21ページの図で、この緑の箇所HEAFが発生した場合は、そうすると、もう発電機からの給電というのはできませんので、プラントがトリップするというインターロックでリスクは増加していないと考えています。

関西電力（西） 関西電力、西です。

21の受電パターンというのは、通常受電パターンと異なりますので、通常の場合は、安全系の母線は起動変圧器のラインから受電しているのが通常でございます。この起動変圧器を点検しなきゃいけないという特別な理由があったときだけ、所内変圧器から受電しているというところで、このようなことはまれなケースなんですけれども、まれなケースにおいても、HEAFが発生した場合は、しっかりそれは火災を起こさずに遮断をしたいというところに主眼を置きますと、やはり発電機のGLBS側も飛ばしにいったら、火災を起こさないというところに主眼を置きたいと考えていますので、ちょっとこのような対策を考えてございます。

石井指導官 今言われた運用は、本当にそうなんですか。泊さんとか大間さんは、そういう運用なんですかね。普通考えれば、このタイプは所変と予備変しかないわけなので、今おっしゃられた話だと、予備変側、非常用の電源は予備変から常にもらっているということになりますけれども、そういう運用なんですか。

九州電力（笠毛） 玄海3、4号は、通常、所内変圧器から非常用母線受電しています。

石井指導官 いやいや、玄海はまだGLBSじゃないでしょう。

九州電力（笠毛） GLBSです。

石井指導官 あっ、GLBSになっているの。

九州電力（笠毛） はい。

石井指導官 なっていて……。

九州電力（笠毛） なっていて、所内変圧器から受電しています。

石井指導官 だから、全くこの絵のとおりだということですよ。

九州電力（笠毛） はい。

石井指導官 だから、先ほど言われたような、別の電源からとっているということではなくて、常用メタクラも非常用メタクラも、所変からとっているということですよ。

九州電力（笠毛） はい。

石井指導官 だから、リスク的にはやっぱり高くなってしまふ。

九州電力（笠毛） リスク的にはというか、誤動作の場合に1回停電して、予備変圧器またはディーゼル発電機から受電するということになると思いますが、あと、常用は起動変圧器から停電圧リレーで受電するということになると思いますが、それは短時間の停電で、プラントトリップはしますが、母線の故障を拡大防止するということを優先したと

ということです。

石井指導官 ということは、じゃあ、稼働率的にはよくないかもしれないけれども、別に安全性に関しては、20ページのような運用も、21ページのような運用も、あまりリスク的には関係ないでしょうと。

九州電力（笠毛） はい。安全性という意味では。稼働率は落ちるといふか、プラントトリップをさせてしまう可能性はありますが、安全という意味では問題ないと考えています。

石井指導官 はい、わかりました。

小野調査官 規制庁の小野と申します。

32ページ、お願いいたします。安全解析の観点から言えば、LOCAが発生したときは、高い確率でECCSが起動してほしいわけで、この32ページの説明は、A系、B系、どちらかが誤動作した場合、D/G停止になって、その停止自体は 10^{-4} で非常に小さい確率だけど、70分は起動までにかかるものの、もう片方の健全側は生きているからオーケーですという御説明かと思えます。70分の間に、それほど大きくはないかと思えますけども、もう片方が何らかの原因でとまるような、そういうような確率は、それほど大きくないという理解でよろしいでしょうか。

九州電力（笠毛） 70分の間に、同様の追設した保護継電器で停止することはないとは考えています。ただ、ほかのディーゼル発電機の故障というのが、この復旧時間の間に故障を考慮しているかということ、考慮していないという説明なんですけど、ここの復旧操作というのが、本当の故障かどうかの確認ということですので、もう片側のディーゼル発電機がそのときに停止したという場合は、その確認を中断して、もう実際に過電流は発生しているかもしれないけど、投入してみるということで、復旧時間を短縮することは可能と考えています。

小野調査官 わかりました。故障をしているかどうかの確認だから、もう片方もおかしくなっている確率は低いと思えますけど、そんな場合は、もう一回投入してみるというような対策で、少しでもECCSは使えるようにするということと理解しました。

九州電力（笠毛） はい、その説明をしました。

山田規制部長 ほかはいかがでしょうか。

ちょっと、私から一つだけ。

8ページ目の左側の試験結果のグラフなんですけども、先ほどグラフの傾きは試験条件

の電流値の違いというお話で理解をしたんですけれども、ここに幾つか試験結果のポイントがあって、1.2とか、この辺りのところって、四つ縦に並んでいるように見えるんですけども、これはぴったり試験条件の傾きに乗っていないものがあるんですけども、これはどうしてばらついているんでしょう。

白井（電中研） 電力中央研究所の白井です。

これはアーク初期のころの試験になりまして、当時、アークを発生させる場所が、遮断器室かケーブル室か、メタクラにとってはどちらが厳しいかということを確認しながらやってきましたので、多少、発弧させる位置によって、このデータの少しばらつきが出ているということはあると思います。

山田規制部長 先ほど永瀬管理官からあった質問に絡むんですけども、この試験データの信頼性というか、ばらつきはどう考えたらいいんでしょうという話で、ここのばらついているのが、アークの飛び方でばらつきますということだとすると、火災が発生したとか、発生していないというところの境界値って、何となく一番上の黒丸と下の丸と、それから一番下の丸で、この辺りぐらいまでばらつく中で、どう境界値をとったらいいんでしょうかという議論になりそうな気がするんですけども、その辺のデータの解釈というのは、どうされているんでしょう。どう考えればいいんでしょうか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原でございます。

具体的には、まず、御指摘された1秒ちょっとのところに出ている具体的なちょっとエネルギーなんですけど、補足資料のページで言うと、補29というところを御覧ください。補29は、これ、メタクラ、D/G以外の試験結果も、これ、数値を具体的にちょっと記載したところですが、御指摘されたところは、ちょうど試験番号の5、6、7の辺りの数値になります。似たような通電時間でそれぞれのアークエネルギーが出ていると。

まず、先ほど電中研殿が答えところは、この発弧位置ですね、No.5番であればケーブル室、メタクラ盤のケーブル室の、母線があるケーブル室が、No.6だと遮断器室のターミナル側というところで、そういったところの違いが出るというところです。

実際、御指摘されたグラフのところ、ちょっと電流を基準にして流したグラフというところを御用意してございます。それが補10ページですね、このグラフは、今、8ページのところが、電流がそれぞれ違っておきますので、基準電流20kAということで補正をかけた上で、その場合に流したグラフということになります。一応、こういった形で、それぞれ試験条件が異なったところでも、こういうふうに試験電流を一定に流した場合でのグラフ

にしますと、大体、こういった形で直線性が得られると。火災が起きたところは、この黒丸のところの約27MJというところで、若干、ちょっと下のところで火災なしというところがありますので、ここのエネルギーの差があるというところを踏まえまして、この閾値25MJというところにしたところでございました。

御回答は以上です。

山田規制部長 すみません、この補の10のグラフを見ると、またちょっとさらに混乱してきたんですけども、20kAで電流を正規化するというか、一定にして、HEAFが発生するかどうかというラインを見たときにというと、火災が発生するかどうかというところの境界値というのが、この0.8と9の間のここのって、丸いのとひし形のやつがここにあって、そのすぐ近くに火災が発生したやつがあって、これこそ結構近接していませんかという話になってこないんでしょうか。

東北電力（宮原） 東北電力、宮原です。

一応、グラフ的には近接はしているんですけども、実際のエネルギーの差としては、2MJということで、結構な差がございます。実際、ちょっと試験結果を見ても、火災に至ったときの盤内の状態、アークが飛び散った後、金属ヒュームということで、金属の粉が飛んだ後なんかも見られるんですけども、そういったところを見ても、火災があったときと、それが無いときでは、盤内の状態というのかなり違うんですね。火災が無いときですと、本当に遮断器室、例えば火災が起きたのは遮断器室でございますけども、全く試験体の状態が異なっているんですね。

例えば9ページのほうを御覧いただきたいんですが、9ページの一番下のほうの写真が、これ、閾値を用いたものの状況でございますけども、この右側の遮断器の試験の状態を見ていただくと、ここで黒い状態になっておりますけども、これ、アークが発生したときに発生したすすでございまして、実際には何かが燃えて溶けたというところはほとんど見られない状況です。逆に試験体が燃えますと、上の写真、これは44MJ時の例ではございますけども、実際、遮断器室の上の、遮断器の写真の白い部分がありますけど、これは絶縁体なんですね、遮断器の、この部分が実際燃えていまして、このとおり、上と下で見ても明らかに違うということで、火災なしの状態の25.3MJというのは、確実に火災はないのかなというところを踏まえた上で、閾値は切り下げた上でやっていくというようなところで、今回、整理させていただきました。

山田規制部長 最初に申し上げたとおり、今日は審査の場じゃないので、このデータの

信頼性をあまり突き詰めて議論してもしょうがないので、ちょっと、そういう感じを持ちますので、そのところはしっかり説明していただくということが一つと、あと、閾値を設定するに当たって、実際の設備で一番不確定性というか、ぶれる可能性があるというのは作動時間だと思っんですね。デジタルの遮断器になったら、そんなにぶれないのかもしれないんですけど。とすると、遮断電流が大きいと、ほんの少しの遮断時間のぶれで、このアークエネルギー、振れると思っんですけども。先ほど2MJもありますからというお話でしたけども、その2MJというのは本当に大きい、十分大きなギャップなのかどうかというのは、遮断器電流が大きかった場合は、あつという間だという感じがするので、そういうものとの関係で、どのくらいの保守性というか、裕度がとられているのかということも、多分、論点になるところだと思いますので、そこもしっかりと実際のときには説明をしていただく必要があるのかなというふうに感じました。ちょっとお伝えだけしておきます。

東北電力（宮原） ありがとうございます。東北電力、宮原です。

御指摘いただきました閾値で、実際の設備でぶれる可能性ですとか、遮断器電流だと、そういった裕度のほうですね、そういったところの考え方も含めまして、今後の審査の工認の対応の中で御説明させていただきたいと思っんです。

以上です。

山田規制部長 ありがとうございます。

蔦澤課長補佐 規制部規制企画課の蔦澤です。

念のため、ちょっと確認させていただきたいんですけども、これ、今回、HEAF対策でいろいろ保護継電器を入れるとか設定値を変えるということで、これは例えば従来の設置許可の安全解析のトリップの時間とかが変わってくるとかということで、変更が生じるとか、そういうことはあるんでしょうか。

東北電力（宮原） 東北電力、宮原です。

おっしゃったような、そういった変更というところは、今回の対策によって生じることにはございません。

以上です。

九州電力（笠毛） 今回、HEAFが発生した場合のインターロックになりまして、過電流とか短絡時のトリップで安全解析をつくっているところは影響しませんので、変更ないということになります。

蔦澤課長補佐 ですから、解析する際に、トリップの時間とか、いろいろ考えていると

思うんですけども、その辺が影響することはないということによろしいですね。

東北電力（宮原） はい。

山田規制部長 あと、いかがでしょうか。

ちょっと、私、もう一点だけ。

これはちょっとHEAFの現象そのものというよりも、少し関連したような話だと思うんですけど、17ページのところでリスクの評価をされているんですけども、ここに出てきている保護継電器の故障率というのは/年なんですけれども、保護継電器の故障率というのは、デマンド当たりの失敗確率かなと思ったんですけど、こういう数字をとられるのは一般的なんですか。こういう保護継電器の信頼性を考える場合においては。

九州電力（笠毛） 35ページ、36ページの下に出典を書かせていただいているんですけど、この一般社団法人原子力安全推進協会での算出が、運転時間当たりの故障回数ということで、保護継電器というのが、プラント起動停止のように回数でするものではないので、そのまま年あたりに1回という故障確率で……。すみません、原子力安全推進協会のデータとして、運転時間当たりの故障回数ということでデータ集約をした結果を参照させていただいています。

山田規制部長 出典はわかりましたし、これ以上お伺いしてもしょうがないということはおわかりましたけれども、保護継電器ですから、短絡・地絡の発生確率より明らかに影響は大きいと思うので、こういう数字のとり方って本当にいいのかなという気がちょっとしました。これはコメントだけです。

四国電力（藤田） すみません、四国電力の藤田ですけれども、その点、ちょっと補足させていただきますと、今回、リスク評価させていただいている前提条件として、D/Gの給電状態を模擬しておりますので、故障として、当然、デマンドという考えもございませうけれども、この場合、偶発故障として時間的故障率というのを適用するほうが、リレーの故障に伴うリスクという評価に対しては適切な値なのかなと我々としては考えているところです。

山田規制部長 今のお話だと、D/Gが動いているときに、この保護継電器が作動する可能性……。

四国電力（藤田） 誤動作による。

山田規制部長 誤動作による作動ということですか。

四国電力（藤田） そうですね、はい。という前提で評価しますと、時間故障率という

ところが妥当かと。

山田規制部長 誤動作って、デマンドがなくても誤動作するって、そういうことですか。

四国電力（藤田） そうですね。この時間故障率、そうですね、偶発故障みたいなものも想定しておりますので。

山田規制部長 あまり細かくここで議論してもしょうがないと思うので。どうもありがとうございました。

ほかはいかがでしょうか。

永瀬管理官 非常にプリミティブというか、念押しみたいな質問で申し訳ないんですけども、今回、評価していただいた電気盤の種類というのは、HEAFを起こす可能性がある電気盤を網羅しているものということによろしいでしょうかということのと、もう一つは、今回の対策なり、対策が動作することによって、原子炉自体に影響が及ぶということはないと、悪い影響を及ぼすことはないというふうに考えてよろしいでしょうか。

東北電力（宮原） 東北電力の宮原です。

今回試験を行ったものは、安全継に使っておりますパワーセンターから、高圧電源盤、低圧電源盤ということで、メタクラ盤と、あとパワーセンター、コントロールセンターというところでピックアップしまして、この試験を行いました。

あと、この試験によって、保護継電器の設定変更ですとか、D/Gの・・・等行いますけども、こちらの資料の中でも御説明したとおり、対策、設計に当たっては、保護協調等を考えた上で、原子炉への安全性への影響はないように、そういったことで設計を進めていきたいと思えます。詳しいところは、今後の工認のところで御説明させていただきたいと思えます。

以上です。

山田規制部長 よろしいでしょうか。

それじゃあ、今日は、御説明いただいた内容についていろいろ議論させていただいて、本当にありがとうございました。

今後は、何度も話が出ていますとおり、実際の審査の場でしっかり御説明いただいて、我々としては、その中で審査をさせていただくということで、手続を進めていただきたいというふうに思えます。

それでは、以上で事業者意見の聴取に係る会合を終了させていただきたいというふうに思えます。どうもありがとうございました。

