

第61回

技術情報検討会

原子力規制委員会

## 第61回 技術情報検討会

### 議事録

#### 1. 日時

令和5年9月28日（木） 10:00～12:05

#### 2. 場所

原子力規制委員会 13階A会議室（TV会議システムを利用）

#### 3. 出席者

##### 原子力規制委員会

杉山 智之 原子力規制委員

石渡 明 原子力規制委員

田中 知 原子力規制委員

##### 原子力規制庁（NRA）

市村 知也 原子力規制技監

大島 俊之 原子力規制部長

佐藤 暁 核物質・放射線総括審議官

児嶋 洋平 審議官

金城 慎司 審議官杉野 英治 安全技術管理官（地震・津波担当）

儘田 豊 地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

西来 邦章 地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

大野 鷹士 地震・津波研究部門 技術研究調査官

藤田 雅俊 地震・津波研究部門 副主任技術研究調査官

北野 剛司 安全技術管理官（システム安全担当）

小嶋 正義 システム安全研究部門 統括技術研究調査官

田口 清貴 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

渡邊 桂一 安全規制管理官（実用炉審査担当）

舟山 京子 安全技術管理官（シビアアクシデント担当）

萩沼 真之 安全技術管理官（放射線・廃棄物担当）

長谷川清光 安全規制管理官（核燃料施設審査担当）  
志間 正和 安全規制管理官（研究炉等審査担当）  
内藤 浩行 安全規制管理官（地震・津波審査担当）  
宮崎 毅 専門検査部門 企画調査官  
杉本 孝信 安全規制管理官（実用炉監視担当）  
武山 松次 検査監督総括課長  
齋藤 健一 原子力規制企画課 火災対策室長  
永瀬 文久 技術基盤課 規制基盤技術総括官

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）

天谷 政樹 安全研究・防災支援部門 規制・国際情報分析室長  
事務局（原子力規制庁）

遠山 眞 技術基盤課長

佐々木晴子 技術基盤課 企画調整官

#### 4. 議題

（1）安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見

1) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）（案）

（説明者）杉野 英治 安全技術管理官（地震・津波担当）

- ・SSHACレベル3ガイドラインに基づく伊方サイトにおける震源特性モデル及び地震動特性モデルの構築

（説明者）儘田 豊 地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

- ・大規模噴火を起こす可能性のある火山の判断に資する地球化学的指標について

（説明者）西来 邦章 地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

- ・テフラの粒径、落下速度及び堆積速度のリアルタイム検出に関する新たな知見について

（説明者）大野 鷹士 地震・津波研究部門 技術研究調査官

2) 米国PWRの炉心そう溶接部で発見された亀裂について

（説明者）小嶋 正義 システム安全研究部門 統括技術研究調査官

（2）国内外の原子力施設の事故・トラブル情報

1)PWR1次系におけるステンレス鋼配管粒界割れに関する事業者からの意見聴取  
結果について

(説明者)小嶋 正義 システム安全研究部門 統括技術研究調査官

## 5. 配布資料

<資料>

### 議題(1)

資料61-1-1 最新知見のスクリーニング状況の概要(自然ハザードに関するもの)  
(案)

資料61-1-2 米国PWRの炉心そう溶接部で発見された亀裂について

### 議題(2)

資料61-2-1 PWR1次系におけるステンレス鋼配管粒界割れに関する事業者からの意見聴取結果について

## 6. 議事録

○遠山課長 定刻になりましたので、ただいまから第61回技術情報検討会を開催いたします。

本日の議事進行は、技術基盤課遠山が務めさせていただきます。よろしくお願いいたします。

本日の技術情報検討会ですが、テレビ会議システムを用いて実施しております。配布資料については、議事次第に記載されている資料一覧で御確認をお願いします。注意事項ですが、マイクについては、発言中以外は設定をミュートにさせていただき、発言を希望する際には挙手機能を使用する、発言の際にはマイクに近づき、音声不明瞭な場合には、相互に指摘するなど、円滑な議事運営に御協力をお願いします。発言する際には、名前を名のってから発言をお願いします。また、資料説明に際しては、資料番号、ページ番号を発言していただき、該当箇所を明確にさせていただきよう、よろしくお願いいたします。

それでは、早速議事に移ります。

最初の議題、安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見ですが、まず最新知見のスクリーニング状況の概要、自然ハザードに関するものについて説明を杉野安全技術管理官からお願いします。

○杉野安全技術管理官 地震・津波研究部門、杉野です。よろしくお願いします。

資料61-1-1を御覧ください。中央の下のページで1ページ目、右下で2ページ目になります。

今回御報告する内容は3件になります。一つ目は、確率論的地震ハザード評価に関するもの、二つ目は、大規模噴火の可能性判断指標に関するもの、それから三つ目は、火山灰の観測に関するもののそれぞれになります。

スクリーニングの判定結果、対応の方向性ですけれども、一つ目が終了案件。二つ目が、これは番で、安全研究企画プロセスに反映したいという、そういったものになります。それから三つ目は、こちらも終了案件ということで考えております。それぞれの項目については、担当のほうで説明いたしますので、よろしくお願いします。

では、儘田主任技術研究調査官、お願いします。

○儘田主任技術研究調査官 地震・津波研究部門の儘田です。

私のほうから、まず1番目の項目、確率論的地震ハザードに関する新知見ということで御報告いたします。

資料のほうですが、私のほうは資料の中央下のページのほうでいうと、2～6ページ目、それから資料右下のページの番号は3～7ページに該当する部分でございます。

それで、ここは今回文献、ちょっと二つあるんですが、いずれもそのSSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee) レベル3ガイドラインに基づく伊方サイトでの震源特性と、それから地震動特性モデルの構築ということで、この2件まとめて私のほうから御報告です。

まず、ちょっと初めになのですが、米国などの原子力発電所では、そこで確率論的地震ハザード解析をやるときに当たっては、SSHACレベル3ガイドラインという、こういうものがございしますが、こういうものに準拠して厳格にやられているというところです。今回、電力中央研究所と、それから四国電力が共同研究ということで、伊方サイトで、初めて米国などで行われている、このSSHACレベル3ガイドラインという、こういうガイドラインを用いてその確率論的地震ハザード解析を実施しています。

これに対して、今回御紹介する2件の論文は、それぞれ電力中央研究所と四国電力が共同で行いました研究、その実施経験を経て、その報告書本体はもう3年ほど前に四国電力のホームページに出ているんですが、それとは別に、こういう実施経験を踏まえて、その事業者による安全性向上評価の中でやられているんですが、これの後続の検討、そういう

ものに活用できるように考察を加えてこういう論文として公表したものという位置づけになっております。

そこで、まずその確率論的地震ハザード解析をやるに当たって、まず大きなものとしては、震源特性モデル、断層があったときにその断層から起きる地震の大きさだとか、それから活動間隔がどのくらいなのか、そういうようなことをやる地震動特性モデル、そういうものと、では実際そういう地震が起きたときに、ある断層に対してそこから例えば10キロ離れたところでどういう地震動が起きるか、そういう地震動特性モデル、こういうものを作るということで、大きく論文としては、震源特性をモデルの構築した部分、それから地震動特性を構築したモデル、この2件に分かれてそれぞれのポイントが書かれています。

それで、内容ですが、あまり細かいところは割愛させていただきますが、特に1件目の震源特性モデル、こちらのほうに関しましては、特にその伊方サイトに影響の大きい断層として、中央構造線断層帯という断層と、それから南海トラフの地震という、こういう二つの断層について詳しい分析がこの中で行われています。結果として、あまり細かいことは、後ほど御質問があれば回答差し上げると思いますが、主に中央構造線断層帯と南海トラフ、この二つの地震に対してハザードに、最終的なハザードに影響を与える要因としては、影響の大きい要因というものがどういうものがあるか。そういう分析がなされていると、その辺が独自にこの論文の中で書かれていることが1点です。

それからもう1点、地震動特性モデルのほうです。こちらのほうに関しては、地震動特性のほうとしては、資料番号で言うと、中央のページだと5ページ、右下のページだと6ページに当たります。こここのところに(i)~(iii)まで箇条書きになっていますが、大きなものとして3点ほど課題として挙げられていまして、一つは、国内における同一のデータベースに基づく距離減衰式の構築というところ。それから2番目としては、距離減衰式のサイト補正による地震動評価の高度化というところ。それから三つ目としては、M9クラスの大規模地震及びサイト近傍の震源に対する距離減衰式の適用性という、主にこの3点ぐらいが挙げられているというところなんです。

ちょっと細かいところは割愛させていただきますが、以上を踏まえて、1次スクリーニングの結果としては、このような評価をしているところが、特に1次スクリーニングのところ、中央のページでいうと2ページ、右下のページで3ページのところですが、今回、審査とか、それからガイドとの関係の部分と安全研究との関係のところからの2点から、このスクリーニング結果を書いております。

まず最初に、ガイド、それから審査と関連するところとしましては、特に今回やっているものは、このSSHACを使って何をやっているかというところなんです、これに関しては、例えば基準地震動及び耐震設計方針に係わる審査ガイド。それから、こちらは実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド、この2点が確率論的地震ハザードを使っているところに該当するものになります、その中で震源モデル及び地震伝播特性におけるハザードの寄与度が高い、認識論的不確かさ要因に関して、ロジックツリーを作成して考慮するとか、作成したロジックツリーにおける各分岐の設定を明確に記載するというような記載がされていて、今回のSSHACレベル3ガイドラインというのは、ここに書いてある認識論的不確かさをどのように具体的に扱ってやっていくかという、そういうプロトコル的なものを書いているものということで、あくまでもここに書かれている内容の具体的なそのやり方、手段というのがこのSSHACガイド3レベルというやつであるということから、特にガイドを改正したりするようなことには至らないというような判断をしています。

それから、審査の観点からですが、その次、中央のページでいうと3ページ、右下のページですと4ページのところに当たりますが、既にこの伊方3号の第2回安全性向上評価届出書2022年7月に提出されていますが、この中でもう既にこの結果が報告されて使われているということがあるということで、そういう事実になっているということです。ただし、この論文の中で、特にその地震の発生様式に対して、先ほどハザードに与える影響度を大きい要因の分析などというのは、これは必ずしもこのサイトだけではなくてほかのサイトにも展開できるような、水平展開できるような内容であるということで、こういう情報は、今後ほかのサイトに対しても参考情報になるというふうに考えております。

それから、安全研究との関連に関してですが、先ほど3点ほど地震動特性モデルのほうで課題が出ていると申し上げましたが、そのうち1点は、その安全研究の中で取り上げているというところ。それから、残り2点に関しては、その防災科学技術研究所、そちらのほうにおいて現在検討が進められているというような状況にあるというところなんです。

以上、これらを鑑みまして、当該論文に示された知見については、vi) 終了案件とするという判断をしております。ただし、今後も上記研究機関の研究動向に注視して、情報収集活動は継続していくこととしております。

説明は、以上でございます。

○杉野安全技術管理官 引き続き、二つ目の説明に移らせていただきます。西来主任技術研究調査官お願いします。

○西来主任技術研究調査官 同しく地震・津波研究部門の西来です。

私のほうからは、資料番号、中央のページでいきますと7、通し番号でいきますと8ページのところから説明いたします。

御説明させていただきます件名につきましては、大規模噴火を起こす可能性のある火山の判断に資する地球化学的指標についてということで話させていただきます。

まず、情報の概要ですけれども、これはScientific Reportsという論文に掲載されたものになります。著者はオックスフォード大学のWeberさんとジュネーブ大のSheldrakeさんが書いているものになります。この論文ですけれども、まず、著者らは既に報告されております火山岩の地球化学的データを収集してそれを整理した結果、過去にカルデラ形成噴火を起こした火山は、そうでない成層火山と比べて、最初のカルデラ形成噴火を起こす前に成層火山体ができるんですけれども、そういった火山ができていた段階から、地球化学的に多様なマグマを噴出していたことが明らかになったとしました。このことはカルデラのような大規模な噴火を引き起こす可能性が高いシステムを有する成層火山を、地球化学的特徴から識別することができるかと述べております。論文の概要としましては、次に簡単に説明のほうをさせていただきます。

引き続き、同しく資料、真ん中で7、通し8のところの下、最初のポツのほうから説明いたします。まず、この著者らは、Newhall et al. (2018)という、過去に出されている論文がありまして、その中で提唱されております将来的に大規模な噴火を引き起こす可能性がある火山を予測するための六つの尺度、評価する尺度になるんですけれども、その一つとしまして、地殻下部から上部への高いマグマの供給速度について、それを既報の地球化学的データと熱化学的な数値モデリングを用いて検討したというものになります。

次のポツのほうになりますけれども、この地球化学的データを検討するためには、まず十分な地球化学のデータを持っている火山、調査をされている火山について、データを集めて検討するというところで、結果的に11の火山アークに分布します54の火山についてデータを収集しまして、それらを検討した結果、カルデラ形成噴火を引き起こした火山では、多様なマグマの噴出、ここで多様なマグマの噴出というのは、SiO<sub>2</sub>、二酸化ケイ素の量なんですけれども、これは岩石に含まれる主要な化学成分なんですけれども、その含有の幅が広いとしております。それに対しまして、8ページ目、通しで9ページのほうに移りますけれども、カルデラ火山というものはSiO<sub>2</sub>の含有量が幅が広いのに対しまして、一般的にはほとんど成層火山においては、そのような傾向がない、SiO<sub>2</sub>の含有量の幅が狭いという

ことを示しているとししました。

これはどういうイメージかといいますと、資料中央10ページ目、通しでいきますと11ページ目になりますけれども、イメージとして図を載せております。アスタリスクが二つついていますがSiO<sub>2</sub>の含有量の幅について（イメージ図）というところについてです。左の図ですけれども、SiO<sub>2</sub>量というのを横軸に取っておりまして、縦軸に分析の数を取っております。それで情報を集めた結果、こういったSiO<sub>2</sub>の量が、左はカルデラ形成噴火をした火山になりますけれども、SiO<sub>2</sub>量としましては、40数%から75%以上のところまで満遍なく幅広く出ているのに対しまして、右の図、こちらは分析をいろいろ見た結果、50%~65%ちょいぐらいのところまでのデータしかないということで、このような組成領域の幅に違いがあるということ、これがあるということを見いだしたものになります。

戻っていただきまして、中央8ページ目、通し9ページ目になります。

このようなところを整理した結果、先ほど申したとおり、カルデラ形成噴火を起こした火山のほうが組成領域の幅が広い、かつ最初のカルデラ形成を起こす前の段階から、その組成の幅が広いということも過去の既報の火山岩のデータを整理した結果、見えてきたということになります。それに加えまして、彼らはそういったものを検討するために、熱化学的な数値モデリング、簡単な地殻の中にマグマをどれぐらいインプットすれば、そういう多様な化学組成を再現できる、発生し得るのかという簡単なモデリングをしまして、その結果、高いマグマ供給率があるとそういった幅広い組成のマグマを作ることができるということを見いだしております。

下から2番目のポツになりますけれども、そういったところから、こういった地球化学的な特徴を用いることを提案しまして、大規模な噴火を引き起こす可能性を有する火山を識別できるということを示したということを書いております。

最後のポツになりますけれども、「一方で、」のところですが、ただ、この指標の適用に当たりましては、世界中のほとんどの火山では、噴火履歴が明らかになっていないというところがありますので、その噴出量データによるバイアスがかかることのないような、次のページ、9ページ目のほうに移りますけれども、リスクが高い火山を抽出するための基準についても策定した上で、この指標による識別結果と比較しまして、その適用性を確認する必要があると述べており、火山岩の形成プロセスと多様性の関係を確立することを目的としたさらなる研究が必要であるとしております。

1次スクリーニング結果のほうに移ります。戻っていただきまして中央7ページ、通しで

8ページ目のほうになります。

最初のポツは説明した内容ですので、割愛させていただきます。

二つ目のところです。現状の火山影響評価ガイドのところの関係ですけれども、現状の火山影響評価ガイドにおきましては、検討対象火山の調査結果から噴火規模を推定するというのがあります。調査結果から噴火規模を設定できない場合には、検討対象火山の過去最大の噴火規模とするという旨、記載されております。

次のポツに移りますけれども、この当該知見につきましては、先ほど述べたとおり、Newhallが提唱した指標の一つについて検討したものになりますので、そういった意味で、検討対象火山の噴火規模推定のための情報のひとつとなり得るということですので、今後着目すべき知見として考えております。しかしながら、現時点では指標の一つの検証を試みたものでありますので、上記評価ガイドへの反映については、今後の研究の進捗を踏まえて判断するのが適切であると考えております。

8ページ目のほうに移っておりますが、8ページ、通しで9ページ目になります。

この当該知見については、国内の火山のデータについてはカルデラ形成噴火を引き起こした火山として、阿蘇火山の地球化学的データを用いて整理されておりますが、その他の火山については整理されておられません。そのため、過去の噴火履歴等に基づいた既審査の見直しについては生じないと考えておりますが、今後の研究によって検証データが蓄積されれば、有用な知見となる可能性があると考えております。

最後のポツです。我々、地震・津波研究部門では、評価ガイドの反映を見据えまして、当該知見での検討事例を踏まえた国内の火山データを用いた再整理が有効であるとともに、火山岩の形成プロセスと多様性の関係を確立することを目的としたさらなる研究が必要であると考えております。

9ページ目、通しで10ページ目に移っております。

御説明した以上のことから、5番目の安全研究企画プロセスに反映したいと考えております。

私のほうからの説明は、以上です。

○杉野安全技術管理官 続いて3件目の説明に移らせていただきます。

大野技術研究調査官、よろしく申し上げます。

○大野技術研究調査官 地震・津波研究部門の大野です。

私から、3件目について御説明いたします。

件名といたしましては、テフラの粒径、落下速度及び堆積速度のリアルタイム検出に関する新たな知見についてということで、個別資料、中央下のページで言うと11ページ、右下の全体の通しページで言うと12ページからになります。

この知見につきましては、火山の噴火現象に伴う降灰現象における火山灰粒子の挙動に関するこれまでの観測事例というものはほとんどなくて、原子力規制庁における安全研究においても、フィルターの目詰まりを引き起こす細粒、細かい粒子ですね、その火山灰粒子に着目をしまして、実際の降灰挙動、降灰イベントに伴う火山灰粒子の挙動を定量的に把握すべく進めているところでございます。その中で、微細な粒子、火山灰粒子が静電的であったり、水分を伴ってくっつく、物理的に吸着するという凝集という効果が知られております。今回の知見はこれに関するものでございます。

まず情報の概要ですけれども、掲載日については今年の3月17日にScientific Reportsという学術誌に投稿されたものでございます。論文名としましては、New insights into real-time detection of tephra grainsize, settling velocity and sedimentation rateというもので、スイスのジュネーブ大学らの研究者が発表したものでございます。

概要ですが、著者らは、鹿児島島の桜島火山におきまして降灰時の火山灰の粒径と落下速度を測定できます光学式ディストロメーター、具体的には二つ、LPMとPS2という2種類でございますけれども、それを用いた降灰観測を行いまして、得られたデータに対して、粒径形状分析及び専用の抗力方程式を適用しまして、凝集体というものを判定をしております。凝集の有無を識別することで凝集効果の見られる実際の降灰現象においてもリアルタイムに降下テフラの粒径分布を推定できるというふうに述べてございます。光学式ディストロメーターというのは、脚注1に、個別資料で言うと13ページ、通しで言うと14ページに記載してございますけれども、光学式ディストロメーターというのは、火山観測でも用いられるようになってきたのは比較的最近でして、もともとというのは降水粒子の粒径であったり、落下速度というのをリアルタイムで計測することのできる地上設置型の気象機器でございまして、得られた観測データに基づいて雨とか雪のような、この種々の降水粒子の種別判定ができるものでございます。

測定原理につきましては、詳細に述べませんが、基本的にはこのLPMとPS2というものの同様でございまして、水平平板上のレーザー計測面を発光部と受光部の間に形成して、そこにその降水粒子が通過することによって発生する電圧降下とその継続時間によって算出するというものになってございます。

主な特徴の違いについて、表でまとめさせていただいておりますけれども、LPMとPS2という二つのディストロメーターの主な違いとしては、この粒径がLPMのほうが細かいところまで測れるというところと、あと主な特徴で記載させていただきますけれども、LPMについては、検出された各粒子に対して、粒径と落下速度の観測値が得られるというものに対して、PS2というのは決まった範囲で粒径と落下速度のクラスに分類されるような形でデータが出力されるというものでございます。

論文の主要な結果につきましては、補足資料を御用意しております、個別資料で言いますと27ページ、通しで28ページからを御覧ください。

今回の主要な結果ですけれども、まず粒径分布につきましては、このページの右に記載いたしております。今回対象とした桜島火山での降灰イベントにつきましては、14のイベントですけれども、そのうち粒径分布、これは横軸が $\phi$ スケール、 $-\log_2$ の直径ですけれども、になっておりまして、縦軸が割合ですけれども、そのうち数字で言うと右肩のII~Xというものに関しては、実際にこのディストロメーターで計測したものと、それと同時に、実際にトレイの中に降灰粒子がたまっただけのものとの比較をしているわけなんですけれども、実際にディストロメーターというもので観測したものというのは、14のうち10個については、比較的よいものだったということです。

左の図の中の、さらに左のところは、実際にこのディストロメーターLPMというものを用いて観測された生データでございます、横軸に粒径、縦軸に落下速度を示してございますけれども、ここでデータ処理を施してしまっていて、その計測面の端を通過してしまうことで不完全な検出をしたものというのがこの赤丸なんですけれども、まずそれを取り除くというものと、あと今回の論文で特徴的なものは、その凝集体、つまり単一の粒子が落ちてきていないものというのを、さらに数学的に取り除く、これは青い線ですけれども、青い線を取り除いて、この緑のデータ点が、いわゆる凝集したものというふうに認識していただきますけれども、それを取り除くということをしています。その結果、また右図に戻っていただいて、XII~XVIの残りの4イベントについても、粒度分布、粒径分布がそろそろということが確認されたというものです。

次のページ、個別番号28ページ、通しで29ページ、御覧ください。

次に、堆積速度についての結果です。堆積速度というものは、単位面積かつ単位時間当たりの降下テフラの総質量でございますけれども、結果として、そのページの右図bのほうを御覧ください。横軸がLPMというディストロメーターで観測された堆積速度で、縦軸

が実際にトレイで採ったサンプルから推定する堆積速度ですけれども、この1対1ラインにおおむね乗っていると。多少低い、遅い堆積速度の場合というものに関しては、オフセットしているものの良好な関係が得られているというものです。あと凝集体を取り除いた場合でも、おおむね1対1に乗ることが明らかになっています。

最後ですけれども、個別資料29ページ、通し30ページを御覧ください。

今回の論文で、実際にこのディスドロメーター、二つのディスドロメーターの観測結果を比較したものでございますけれども、実際にほとんど粒径分布ないし速度分布というものは、同様な傾向を示しております。それに基づいて堆積速度というものを計算していただきますけれども、若干PS2というものから推定されたものは高い値を示していますが、桁では同じ値を示しています。

戻っていただいて、個別資料で言うと12ページです。通しの13ページに戻っていただいて、情報の概要の一番最後ですけれども、これらのデータに基づきまして、著者らは、本研究とは異なる噴火／大気条件におけるLPMというもののディスドロメーターのデータとPS2のデータなどとの比較の余地というものはまだございますけれども、LPMによるデータの取得と、この凝集体を除去するためのデータ処理によって、実際に採取されたサンプルから得られたデータと類似することが確認されたということで、活火山におけるテフラの粒径分布や堆積速度に関する情報というものをリアルタイムに得られる可能性が示されたというふうに結論づけております。

それに基づきまして、戻っていただいて個別資料11ページ、通しの12ページですけれども、1次スクリーニングの対応の方向性については終了案件とさせていただきたいと思っております。その理由としましては、2ポツ目ですが、この知見に関連するガイドというものは、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」ですけれども、外気取入口から侵入する火山灰の推定に当たっては、添付1として示しています「気中降下火砕物濃度の推定方法について」を参照して、推定された気中降下火砕物濃度を用いる旨が記載されております。当該知見というものは、現時点で様々な噴火様式での検証が必要であるというところと、観測の1事例であるというところで、現行の評価ガイドの記載に影響を与えるものではないと考えておりますが、評価ガイドの反映については観測データが蓄積された段階で改めて判断する必要があるというふうに考えております。

また、審査との関係ですけれども、既審査の評価対象となっております降下火砕物濃度を当該知見は示しておりませんので、既審査結果にも影響がないというふうに考えており

ます。

次のポツですが、当該知見というのは、火山噴火に伴う降灰現象の実態を容易に観測できる可能性を示唆するものでございまして、これまで困難であった火山灰濃度、実際に今回の論文では、堆積速度というパラメータが出てきていますけれども、これを実際に粒径ごとの終端速度で除することで火山灰濃度を得ることができそうですが、その推定に資する観測データの取得に寄与するというふうに考えております。また、凝集のような振る舞い、実際の振る舞いを踏まえたデータ処理手法というものは、その凝集体の割合を観測結果から定量的に見積もることができるということで、安全研究においても活用できるというふうに考えております。

以上から、安全研究における参考情報として、終了案件としたいと思えます。

私からは、以上です。

○遠山課長 説明どうもありがとうございました。

それでは、これから質疑に入ります。御質問あるいは御意見のある方はお願いいたします。

杉山委員お願いします。

○杉山委員 最初の案件、SSHACレベル3ガイドラインに基づく伊方の震源特性と地震動特性のモデルの構築について、ちょっと基本的なところから教えていただきたいんですけど、今回SSHACレベル3ガイドラインというものを使ったということなんですけど、このガイドラインがどういったものを定めているものなのか。例えば使う式とか、そういう技術的なものを定めているものなのかどうかという点と、あと今回、これに準拠して評価を行ってみましたということで、これは安全性向上評価の一環として既に行われたということで、つまりその前の許可の段階の評価というのは、もともとあったわけですね。そのときと結果において違いが出たのかどうかという、その2点を教えていただけますか。

○儘田主任技術研究調査官 それでは、儘田のほうから回答させていただきます。

まず、そのSSHACガイドラインというのがどういうものかというところで、これ参考資料をつけておりまして、中央のページで言うと18ページ、右下のページですと19ページというふうになります。

まず、なぜこういうことをやっているかという、もともと確率論的地震ハザード解析をやるに当たっては、認識論的不確かさという、本来であれば、例えばデータが十分にあったりすると、その中央値だとか、それからデータの分布形状、それから上限値、下限値

というのは分かるんですが、認識論的不確かさ、これは主にデータがやはり非常に不足しているようなところ。例えば断層の活動間隔なんていうのは、内陸の活断層間隔などというのは履歴がなくて、どうやって調べるか。そうすると結局そういう分布中央値だとか、その分布というのは、専門家の意見分布にやはりよるところが、そこによるしかない。その評価の仕方、その専門家の意見をどういうふうに集約していくか。その集約の仕方によって実はものすごく結果が変わってしまうという。それが1980年代ぐらいですか。例が示されていて、実はこれが今、右下の19ページのところに図がありますが、この中で平均ハザード、右側のほうの図を見てほしいんですが、これと米国のたしか中西部から東部にかけての地域で、同じ地域で大体同じデータを使ってハザード解析しました。

これ二つの機関が1980年代ぐらいにやっております、その赤でやってるのはLLNL、ローレンス・リバモアの研究所がやったハザード曲線。それから右下の下の青い線ですね。こちらがEPRI（(米国)電力研究所）がやった平均ハザード曲線と。実際例えばこうやって見ると、例えば1gのところ、横軸がこれ最大加速度なんですが、例えば1g、大体980cm/s<sup>2</sup>とか、結構かなり大きなところですが、そういうところで見たときに、その地震動を超える超過確率を見ると、大体そのオーダーで二つぐらい違っていたりするんです。こういう違いがなぜ起きてきたかというのが、実はSSHACというSenior Seismic Hazard Analysis Committeeという、そういう委員会を作って、この違いがなぜかということをいろいろ精査した結果、認識論的な不確かさ、専門家の意見をどう扱ったかによってこれだけの違いが出るということが分かったと。

ということで、こういう違いができなくなるにはどうしたらいいかというのを、いろいろ考えた場合に、ちょっと細かいところは割愛するんですが、その専門家の意見の集約の仕方を厳密に定めたガイドラインというのが実はあって、そういうところというのは、いろんな例えば活断層の年代の調査を、どのくらいの範囲なのかというときに、文献をものすごく、もうデータベースで文献を全部、あらゆるその断層に対する文献を調べて、そういうところの評価した専門家を例えば全員呼んで、そのコミュニティ、グループを、評価するグループとその評価することとは別にそういうほかの専門家で個別のそういう評価をした研究者ですね。そういう人たちに全部、例えばその断層についてやった人のそういう大きなものについて、主要なものについては全部発表させると。そういうのがいろいろ評価者がそういう中で見て、いろんなモデルだの、そういうものがある中で、そういうものってどれが中央的な値なのか、上限としてどこまで考えればいいのか、そういうものとか。

それから、実際にやっていくときにロジックツリーって、実は作っていく。なかなかちょっと難しいんですが、いろんな可能性がある。不確かさにいろんな可能性があるんです。そういういろんな可能性を全部網羅したような形で作っていくもの、ロジックツリーというものがあるんですが、そういうものを作ったときに、そういういろんな専門家の意見を聞いた中で、評価する人たち、評価するグループが、一応そういうロジックツリーを作るのですが、そういうロジックツリーを作ったものとか、そういうものに対して、またオープンなワークショップを開いて、そのワークショップも例えば数回開いて、そういう中のディスカッションを踏まえてやるとか、基本的にはそういう、本当に小さいコミュニティの中でそういうものを決めていくんじゃないかと、そういう専門家全体、たくさんの意見を取り入れた中で、客観的にどう評価するか。そういう評価法をまとめるという、それがもともとのSSHACガイドラインの出来たもので。

実は、それは米国のNRC（原子力規制委員会）が、今NRCが米国の原子力発電所の確率論的地震ハザード評価をやるときに使うガイドラインとしてまとめていて、今回は日本ではそういうSSHACガイドラインというものはなかったもので、今回それを初めて伊方の発電所でやってみましたというのが、今回のもともとのこの経緯というところでございます。

1番目の質問に関しては、このような回答でよろしいでしょうか。

○杉山委員 要は、単純にこの式を使いましょうとか、そういうレベルの話ではなくて、より広い人たちというか、専門家が、何といたしますか、一番納得できるやり方というか。だから、ちょっとそういう意味では学協会の技術標準みたいなやつとは、ちょっと性質が違うのかなという印象を受けました。

まずは今の御説明で結構です。

○儘田主任技術研究調査官 そしたら、二つ目の質問のほうですが、結果が変わりましたかと言われて、実は変わっております、ただ、確かにハザードレベルとしてはちょっとやはり上がったような形になっているんです。ただし、上がったことに対して、先ほど言った課題が幾つか、例えば地震動評価のほうで課題が幾つか書かれてましたということがあったんですが、例えば具体的な例としては、これまで地震動の最大値というのは、やはり上限があるでしょうということで、大体地震動を評価したときに、標準偏差で大体3倍ぐらいまでぐらいで、それ以上のものは実際の観測でそれ以上のものって、なかなかやはり起きる可能性はほとんどないので、実際その辺で打ち切っている。ただし、今回はそういうSSHACというものにに基づいてやって、やはりいろんな人の意見を聞きながらやった結

果、最終的には標準偏差の3倍でいいということはないでしょう、上限もあるでしょうと。無限大というのも本来はあっても。無限大ということはないですけど、限りなく無限大に近いような大きいものも考えていいでしょう。だから、そういうものを確率としては非常に低い確率ですけど、そういうものまで入れましょうとかやったために、非常に大きなものまで、一応考慮されたような形のハザードの結果というふうになってます。

そういうことで、やはりそういうところで上がっているというところで、最終的に正解は誰も分からないわけで、それが本当にいいのかどうかというのは、いろいろ議論があるところではございますが、実際、ただ、今回出てきた結果というのは、やはりこれまでの、SSHACをやる前までのものに比べてハザードレベルで上がっています。ただし、その使ったハザードに関しては、一つはそういう課題もありますということも明記されているという、そのような状況でございます。

○杉山委員 ありがとうございます。この結果を、だからどう我々が受け止めるのかというところは今後の話かなと思います。ただ、これは一応閉じる案件なんでしたっけ。

多分、伊方の固有の問題というわけではないんだと思いますけれども。ありがとうございます。

○遠山課長 田中委員、お願いします。

○田中委員 二つ目のカルデラ形成噴火のことをちょっと教えてください。

さらなる研究が必要であるということは、私もそう思いますが、そのときにどういうことに焦点を絞って研究するのか。日本だと阿蘇山のデータしかないとか言っていたり、またプレートの化学特性とか、プレートの動きなんかで、何かどういうところにこれを、焦点を絞りつつ今後研究を進めていくのか、ちょっと教えてください。

○西来主任技術研究調査官 西来のほうから回答いたします。

まず著者らも述べておりますように、さらなる研究が必要というところは、まずその第一に、火山の化学的データがそろってない限りは、この彼らが考えている評価指標が使えないということがありますので、そういった意味でいくと、なかなかその火山、世界にたくさん火山がある中で、54しか今回は検討してないので、非常に少ないと。一方、いろんな多くの火山で火山活動史を全て編まれているか、化学分析データがそろっているかというところ、そういったわけではないので、こういった指標とは別に、火山岩そのものがどうできるのかというところからのアプローチもできないかと。そのマグマの多様性を作るに当たって、火山がマグマそのものの形成プロセスのほうから何かアプローチをできるような

研究はできないかということで、それも含めて評価を考えるときにはそういったものを作  
っていきましょうということで彼らも提案しております。

我々、研究としましてもやっていく方向としまして、まず日本の場合は、こういった54  
の事例で今回、日本の場合は阿蘇1件しかなかったんですけれども、日本においても化学  
データって、結構そろっている火山が多くございます。そういったところで、実際どうい  
う、過去のものに対してどういう結果があるのかということ、まずは整理するのが第一  
だと思っています。その上で、例えば彼らが言っているものとは違うようなものが出てき  
ますと、それは先ほど委員おっしゃったようなプレートの問題とかもあったりします。そ  
ういったこの一つの切り口だけではできないと思いますので、そういった幾つかの見なけ  
ればいけないポイントというの、さらに整理した上で研究をやっていこうというのが必  
要だと考えております。

その一つとしましては、まずは著者らも述べているような火山岩の形成プロセスそのも  
のについてのもの。あともう一つは日本、特にテクトニクス場としては結構複雑な環境が  
ありますので、単にデータだけを見るのではなくて、それがどういう位置にあるのかとい  
うところも非常に重要だと思っておりますので、その辺りをうまくきちんと、今すぐばっ  
とジャストアイデアはないですけども、そういったところを整理していく必要がまず第1  
段階としてあると考えております。まずそこがスタートだと思っております。

以上です。

○田中委員 分かりました。火山岩だけではなくて、もともとのプレートとか動きとかも、  
そっちも総合的に見ながら、なおかつ今後さらなる研究のときに焦点を絞って研究してい  
くということが分かりました。ありがとうございます。

○遠山課長 石渡委員、お願いします。

○石渡委員 石渡です。

私も今の2番目の火山の論文について、ちょっと伺いたいんですけども、通しの11ペー  
ジに書いてあるカルデラ噴火をする火山と、それからそれをしない普通の成層火山で、岩  
石のSiO<sub>2</sub>量の分布がはっきり異なると。カルデラ噴火をする火山というのはSiO<sub>2</sub>の幅が広  
くて、カルデラ噴火しない火山は狭いというのが、これは非常にはっきり出ているグラフ  
だと思うんですけど、これはでも、一つ一つの火山の例ですね。左側はサントリーニで、  
右側がポポカテペトルというメキシコの火山ですね。これが全部に当てはまるのかどうか  
ということがまず疑問なんです。それで、一つ最初に教えてほしいのは、この54個の火山

をやったというんですけど、これ、通しの27ページを見ると、この三つに分類してますね。成層火山と、それからカルデラ火山と、それからコンプレックスという、複合的な火山ということなんですけれども、これそれぞれ数の割合というのは幾つなんですか。幾つずつなんですか。

○西来主任技術研究調査官 西来です。

まず、54のうち11がカルデラ火山になります。6個がコンプレックスです。その他、引いた分が成層火山という割合になっております。

○石渡委員 そうですか。そうすると、カルデラ火山というのは大体5分の1ぐらいしかないということですね。

コンプレックスというのは、これはどういう火山を言うんですか。

○西来主任技術研究調査官 西来です。

ここでは、いわゆる成層火山という、富士山みたいにぱっと成層火山が分かるものではなく、幾つか火山体がかっついたようなものというのが世の中ありまして、そういったものをここではコンプレックスという。日本語として言いますと、火山群を形成するような、そういったものに相当するものをここではコンプレックスと言っております。

○石渡委員 そうですか。それで、先ほど見た、今の27ページでもいいんですけど、グラフが非常に対照的なんです。ただ、例えばサントリーニ火山のこのカルデラ火山の分布を見ると、ただ幅が広いというだけではなくて、これバイモーダルな分布になってますね。つまりSiO<sub>2</sub>の少ない岩石と多い岩石の二極分布になっているというふうに見えるんです。これはどのカルデラでもこうなのか、それともほかのカルデラでは、ただこの幅が広いだけなのか、その辺はどうなんですか。

○西来主任技術研究調査官 西来です。

まず、幅の広さという意味でいくと、彼らの収集したデータによりますと、幅は彼らがこの例で示した程度の広さを持っているということを示しております。そのバイモーダル、それぞれについてバイモーダルかどうかというところについては、論文そのものについては言及していないところです。ただ、サプリメントのデータがありますので、そこではちょっと生データしか出ていなくて、グラフ化してバイモーダルかどうかちょっとチェックしてないんですけども、いわゆるカルデラ火山ですと、一般的にバイモーダルにもなるというふうに言われていますので、そういったデータは出ているのかと考えております。

○石渡委員 そうですか。そのこのところは、もうちょっとよく論文を読み込むというより

も、むしろそこに出ているデータをきちんと自分なりに整理をしてみるということが必要かなというふうに思います。

それで、これについては、やはりスクリーニングの結果としては、これは安全研究企画プロセスに反映するということですね。これはだからそういう意味で今後も引き続き、これについては興味深い課題ですので、続けて行ってほしいと思うんです。特に日本はカルデラ火山、たくさんありますし、そのデータもたくさんあるということです。これが本当に成り立つのかどうかということは大事なことだと思います。

一つですね、27ページの今見ていたこの図の表題といいますか、当該知見で収集分析された弧状火山の分布と全岩組成って、この弧状火山というのはこれは何ですか。これはあまり聞かない言葉なので、通しの8ページでは、火山弧に分布する火山というような言い方をしているんです。多分意味はそういうことだと思うんですよ。弧状火山というと、何かちょっと違う意味に取られるので、これは修正していただきたいと思うんですけれど。  
○西来主任技術研究調査官 西来です。

大変失礼しました。火山弧に分布する50の火山の意味ですので、ちょっと訳のところが適切でなかったので修正させていただきます。

それとあわせて、先ほど委員からの御指摘のございました自分たちでデータをしっかり見てやるということについては、もちろん、この論文についてはバイモーダルかどうかは書かれておりませんでしたので、ちょっとそこまで十分検討し切っていませんでしたけれども、今後、安全研究をやっていければ、もちろんその辺重要だと思っておりますので、きちんと分析解析して、研究のほうに反映させていただきたいと思います。

以上です。

○石渡委員 よろしく申し上げます。

○遠山課長 杉山委員、申し上げます。

○杉山委員 同じく2件目に関して一つ教えていただきたいんですけど、SiO<sub>2</sub>のこの含有量の分布、これ今の御説明だと、基本的に噴火前のマグマの組成の段階で決まっているかのような印象を受けたんですけど、冷却プロセスにおいてSiO<sub>2</sub>の濃いところ、薄いところができるという、そういう可能性はありませんか。

○西来主任技術研究調査官 西来です。

冷却プロセスの中で濃いところ、薄いところ、SiO<sub>2</sub>の濃いところ薄いところというのは、でき得ます。ですが、それが噴火し得る能力を持ったマグマとして存在できるかという間

題が一方でありまして、そういった意味でいきますと、彼らもここを言っていますけれども、マグマ供給率が高いような状態ですと、それが新しいマグマの注入が多いという状況になりますので、そうするとそれがトリガーとなって噴火し得るということになりますので、そういったことがあるということです。

御質問の濃い、薄いが出るのは、冷却プロセスでも当然できますけれども、冷却する一方の状態ですと、それはそのまま冷えて固まっていく状態になってしまうので、それは噴火しなくて、いわゆる花崗岩体です。マグマだまりが地下で固まるようなものになるということになります。

○杉山委員 すみません、ちょっとよく分からなかったんですけど、要はこのSiO<sub>2</sub>の含有量の分布とこの噴火のメカニズムというのが、噴火の規模ですとか、それがどういうメカニズムで結びつくとかがよく分からないということで、だから、今観測データとしてカルデラ型の噴火をしたケースでは、こういったSiO<sub>2</sub>の含有量が広く分布しているという、事実としては分かったというのは分かるんですけど、それに対して何か、なぜそうなったかという理屈があるといいなと思ったまでです。

○西来主任技術研究調査官 西来です。説明が不足しておりまして、失礼いたしました。

まず、SiO<sub>2</sub>がカルデラ火山、高い必要があるということですが、まずSiO<sub>2</sub>が高い状態のマグマというものは、非常に出づらいようなものです。それ自体が噴く能力としては低い状態になって、それらが、何と申しますか、地殻の中に大きく溜めると。ただ、それはSiO<sub>2</sub>が高いと粘り気が非常に高いようなもので、スルスルと出ることはできないようなものになります。そういったものが溜めて溜めて、それがSiO<sub>2</sub>が高いとたくさん溜まるけれども、それ自体なかなか出ることができないのが状況です。それが、とあるトリガーのきっかけで出てしまうと、規模の大きなものが出てしまうということで、カルデラができるという、そういうメカニズムです。

一方の成層火山とここで言っているような、SiO<sub>2</sub>が低いほうは、どちらかという粘り気が少ないようなマグマで出来ていますので、比較的スムーズに出ては、溶岩流として流れて形成されて山ができるというふうになりますので、カルデラができるということは、一気に大量のマグマが出る状況だからこそ、ああいった大きな陥没の地形ができるわけで、それを作るには大量のマグマが必要で、そういった大量のマグマというものとして存在し得るのは、珪長質のマグマだと、そういう関係になっていることにはなりますが、お答えになっているでしょうか。

○杉山委員　まずは、SiO<sub>2</sub>の含有量というのが流動特性と相関があるという情報は面白いなと思いました。これ、引き続きまだ追われるということですので、よろしく願います。

○遠山課長　そのほかいかがでしょうか。金城審議官、お願いします。

○金城審議官　原子力規制庁の金城ですけど、私は最後の降灰観測の技術で、ちょっと教えていただきたいということなんですけど、この資料、通し番号、右下の12ページ目でも、いろんな発電所の火山影響評価ガイドとの関係とか、その反映についてといったことでスクリーニングしてますけど、その反映については観測データが蓄積された段階でといった感じですが、これ、ぱっと見ると、降灰観測だったりするので、何かこういったデータを蓄積するのであれば、気象観測とかの分野で何かまず活用とかがあれば、こういったデータの蓄積みたいなものもどんどん進むかなというふうな印象を持ったのですけれど。特に今回見に行った桜島は、降灰の予測、予報なんかもやっているところですから、そういった分野での活用みたいなものとか、そういった分野の今の気象観測技術へのインパクトみたいなものが、この論文の中で何か議論されていたり、この周辺で議論されていたりしたら、何か教えていただきたいなと思うんですけど、いかがでしょうか。

○大野技術研究調査官　地震・津波研究部門の大野です。

御質問ありがとうございます。御指摘のとおり、このPS2というものも今回新たに火山観測に用いたLPMというものも、ディストロメーターということで、基本的に雨であったり、雪であったり、雹であったり、そういうもの、そういう落下粒子の違いというものを粒径であったり落下速度によって識別するということと、あとはそれに伴って降雨量として実際に気象観測においても用いられてきている観測装置でございます、そういう意味ではPS2というものも、今回新たにこの論文で用いたLPMというものも、気象学においては実績のある観測装置でございます。

それを実際、雨のものを実際に火山灰というふうに物質を置き換えたときに使えるかというところで、かなり火山学では実際に降灰イベントが起こっている桜島などを対象として、まだちょっとこの論文でも書かれているとおり、比較段階ではございますけれども、火山学でも実績のあるPS2との比較で今回LPMというものも使えるというところが見えてきたかなというところがございます。

あと、火山灰の観測という意味では、気象レーダーとかも用いて実際に観測を行っている研究もございますので、そことの比較という観点からも、この知見というのは有用だと

思っていますし、安全研究でも実際にこのPS2というもの、ディストロメーターを使って桜島、あと諏訪之瀬島という九州の南の離島ですけれども、降灰現象がよく起こる火山を対象に、実際の知見を蓄積しているところでございますので、この知見を使ってさらに安全研究を進めていきたいというふうに考えてございます。

○金城審議官 ありがとうございます。

○遠山課長 杉山委員、お願いします。

○杉山委員 私も今のテフラの粒径の話で、まず計測方法自体が非常に面白いなと思いました。非接触でオプティカルに測るわけで、ただ、その中で速度分布も利用して、粒が、一つの粒として大きいものなのか、凝集して大きいものなのかというのを識別できるというのが、非常に面白いと思いました。

通しページ28ページでいろんな分布を比較しているんですけど、この横軸の粒径が対数であらわしてあるんですけど、これ実際レンジを大体教えていただけますか。この-2というのが、-2~6ですよ。これが直接ミリメートルで言うと、どのくらいのサイズになるんでしょうか。

○大野技術研究調査官 地震・津波研究部門の大野です。

φスケールで-2というものは、実際に粒径で言うと4mmになってございまして…

○杉山委員 ミリメートルですか、ミクロンとかじゃなくて。

○大野技術研究調査官 ミリです。ミクロンでいうと4000ミクロンですね、-2のほう。一番右側のφスケールで6というものは、16ミクロン。ミリでいうと0.016mmに相当します。なので、右側に行くほうが細粒でございまして、左側に行くほうが粗粒な火山灰というものです。

○杉山委員 分かりました。このうちの、直接、だから地上で採取されたやつ分布も示しているということで、私、粒径分布の測定ってすごく難しいと思うんですけど、というのは、1個1個の粒子が安定したものだと、ふるいとかでザラザラっとやれば、対数ふるいとかでやれば分布出るんですけども、これ、凝集体って、やはり落ちた以降ってすごく崩れやすいと思うんです。特に静電気とかでくっついてるやつだと、集まっちゃえばまたさらに大きくなったり。ですから、地上で採取されたやつというのが、どういう方法で計測されたか、分かりますか。例えば、それこそ、バラバラとまだ重なり合う前に写真なりを撮るとか、何かそういう非接触で測ったとか、何かそういう方法について。

○大野技術研究調査官 地震・津波研究部門の大野です。御質問ありがとうございます。

実際に、委員御指摘のとおり、落下している最中というのは、いわゆる静電的ないし、水分を伴って凝集体として落ちてくるわけですが、基本的には地上に堆積する、落下する衝撃で、基本的に凝集体というものは解離して、シングルな単一粒子として振る舞うというふうに考えております。

そして、実際にその粒径分布を測定するに当たって、御指摘のとおり、粗粒なものに関しては、 $\phi$ スケールでのふるい分けである程度 $\phi$ ごとにふるい分けすることができますけれども、細粒なものに関してはそれが難しいので、実際に画像解析的なものを用いまして、そういうもので細かいところも見ております。実際に、この図でいうとディストロメーターで観測された粒径分布と不一致が見られている下の四つですが、この黒い実線が実際にトレイで採ったものを、粒径を測定したものですけれども、このように粗粒なものと同粒なもの、バイモーダルになっているようなデータが見られていると思いますけれども、これは実際に凝集して落ちてきたものと考えられるものが、実際にトレイで持って帰ってきて測る際に、解離してしまって、より細かい粒子にピークが出るようなふうに実際には観測されます。

以上です。

○杉山委員 ありがとうございます。そうするとやはりリファレンスになるデータというのが難しいですね。だから、直接採取したやつが必ずしも測定精度がいいわけではないということなので。はい、ありがとうございます。

○遠山課長 はい、田中委員どうぞ。

○田中委員 ちょっと関連して1個教えてください。外気取入口から侵入する等々のいろんなガイドもあるんですけど、そこではこういうふうな粒子径についてはどういうふうな考え方、規定になっているんですか。

○大野技術研究調査官 地震・津波研究部門の大野です。

現在の評価ガイドにおきましては、その外部取入口から侵入する火山灰の影響というか、想定するものにつきまして、その気中降下火砕物濃度というものを算出するという事になってございますけれども、この際というものは凝集の効果を仮定していません。仮定しないということは、実際に細粒な粒子が凝集体として落ちてくれば、実際にその空気中に浮遊できる時間というものは短くなりますので、想定しないほうが火山灰濃度としては大きくなるということでございます。

○田中委員 はい、分かりました。凝集してフィルターが目詰まりとか、そういうことま

では考えてないんだよね。

○大野技術研究調査官　そうですね。フィルターの目詰まりの観点から言いますと、凝集することで見かけの径が大きくなりますので、取り入れづらくなるセンスだというふうに思います。一方で、もともと落ちてこないような細かいものが、逆に凝集体を作ることによって落ちて来得るというセンスもあると思いますので、そういう意味では、火山灰濃度としては増えるセンスになるというところですが、現状ガイドに記載をするに当たっては、その当時まだ、現在も含めてですけど、実イベントがないというところなので、今後も安全研究を通じて蓄積していきたいという段階でございます。

○遠山課長　石渡委員お願いします。

○石渡委員　私もこの火山灰の濃度に関するガイドを改正するときに、随分いろいろ勉強したりして関わってきたわけですが、今回、桜島という、しょっちゅう噴火する火山で、実測データとしてこういうものが得られてきたというのは結構なことだと思うんです。ただ、残念ながら、やはり火山噴火というのはそうしょっちゅう起きるものではなくて、実際、噴火しているときに降ってくる火山灰の濃度を測ることが、なかなかできないんです。そういう意味で、データが決定的に不足しています。

そういう意味で、これは非常に貴重なデータだと思いますが、やはりこういう方法が開発されてきたということは結構なこと、今後、やはりインドネシアとか、あるいはメキシコとか、ああいう火山がしょっちゅう噴火するような場所で、機動的にこういう方法を使って、実際に降灰があるところできちんとしたデータを取ることが、非常に大事だと思うんです。そのことを、ぜひこちらの研究部門のほうでもお考えいただきたいと思います。

以上です。

○遠山課長　そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。技監お願いします。

○市村技監　市村です。

ちょっと申し訳ない、1個目に戻ってしまってSSHACの話なんですけれども、先ほど御議論があったように、これは認識論的不確かさのある部分について、より多くの専門家を入れて御議論をすると、ハザードのレベルが若干変わってくる。それは一般的に理解できることだと思います。それで、実際に伊方のものに適用してみると、審査のときに見ていたものとはちょっと変わってきているという、それが安全性向上評価によって提出されているというお話がありました。これは規制としてどう受け止めるかということなのですけれ

ども、もちろんハザードカーブ自身は、審査そのものの対象というよりは、基準地震動のレベル等を把握するための参考値的なものとして出ていたと思いますけれども、そうはいつでも、それとは違う、審査のときとは違うものが出てきた場合に、これをどう受け止めるかというのを、もしお考えがあれば、基盤グループかもしくは規制部かもしれませんけれども、聞きたいというのと。

ただ、いずれにしろ、地震動そのものは、特定する地震動と特定せず地震動で、そのハザードとは関係なく決まってきているものなので、これがどう変わろうとその地震動の設定については関係ないので、それはハザードレベルが変わろうともそれはそういうものとして受け止めるのだというのは、一つの解釈なのかもしれませんけれども、ちょっとその受け止めにどういうふうを考えているかというのをもし御意見があればお聞きしたいと思います。

○遠山課長 杉野安全技術管理官、お願いします。

○杉野安全技術管理官 地震・津波研究部門、杉野です。

意見としてお聞きいただければと思うんですけども、今の規制の体系の中では基準地震動というのは御存じのように決定論的に決められていて、それでハザード評価も確率論的評価の結果の超過確率というのは参考情報になっているという、そういう整理に今はなっていて、このハザードカーブの使い道ですけれどもこれはPRA（確率論的リスク評価）、地震PRAのほうで利用できる情報の一つになってくるわけです。ですので、原子力の今あるリスクというものを正しくというか、より精度よく理解していくという中ではこのハザード評価の結果というのがこういう形で仮に上がっていく結果があっても、それは受け止めていく形になるのかなと。要するに炉心損傷頻度のほうはどう変化していくかを見ていくというところで評価していくというのがいいのかなと思っています。

すみません、以上になります。

○遠山課長 それでは内藤安全規制管理官、手を挙げていらっしゃるのをお願いします。

○内藤安全規制管理官 地震・津波審査部門、内藤ですけれども。

○遠山課長 すみません、内藤安全規制管理官。声が小さいのでマイクのそばでお願いします。

○内藤安全規制管理官 聞こえますか。大丈夫ですか。

○遠山課長 はい、聞こえます。

○内藤安全規制管理官 地震・津波審査部門、内藤ですけれども、技監からもちょっとコ

メントありましたけれども、現状の基準の中で地震の発生確率というのはどういう扱いにしているのかというところですが、基準を策定するときにも検討がなされているんですけれども、やはりこの地震の発生確率の部分についてはまだまだ発展途上というところもあって、出てきたものをそのまま使える状況ではないという状況ではあるものの、ちゃんとそこを使っていかないとこの評価の手法が発展していかないのでということで、参照するという形で入れています。

一方で、地震動を決めるところについては、過去に起こった地震を解析的にやって、どういう形で計算上合うのかというところを出した上で、そこに不確かさをどういう形で振ればいいのかという考え方自体は、レシピ等で考え方が出てきていますので、それに基づきやっているという状況ですので、基準地震動として設定した地震動自体をこのハザードのところの確率が変わったからと言っていじるような状況では現状ないというふうには考えています。

一方で、先々の話を考えるに当たって、やっぱりハザードとしてどのくらいの発生確率で、それによって地震を起因とする炉心損傷というものをどういう形で評価していくのかというのは非常に重要ですので、そこはしっかりとやっていくという中で、それをどの段階で取り入れるかというのは今後の状況を見ながら考えていくというものであって、ただ私個人としてはまだそこまで規制として取り入れていくだけの整理ができていない、というのは今回もやってみたら大分変わりましたという状況ですので、やり方が確立しているという状況ではないというふうには考えています。

以上です。

○市村技監 ありがとうございます。その考え方というか御意見には私も異論は特にありません。

それで、今回伊方のものについて初めてやられたということなんで、ほかのプラントについてやられるのかもしれませんが、いろんな知見が蓄積されてくると思うので、それは注視をしていきたいと思います。

ものすごく一般的に言うと、決定論的に、このプラント側も含めて事象の想定からハザードの設定から、体制も含めて対応含めて、決定論的に規制をしているわけですが、それと確率論とのインターフェイスみたいな議論があって、これはハザード側の今回議論ですが、プラント側でも割とそういう議論が出始めているので、少しそういう広い目も含めて見ておくことが必要かなというふうには思いました。

○遠山課長 杉山委員、お願いします。

○杉山委員 最初私が、この手法を取り入れたことで何か変わりましたかと聞いたときに、厳しくなりましたというふうな御回答をちょっとそのまま受け流してしまったところもちょっとありまして、もう少し正確に説明していただければよかったんだと思ってます。というのは厳しくなったというのはどういう意味かといったら今までの議論にあったように、別に基準地震動が変わったという意味ではなくて、超過確率曲線が変わったということですよ。

ですからその中で、今の基準地震動に相当する頻度を見たときに、従来のカーブよりも頻度が高くなったというそういう意味だと思うんですけどそれが何か今のその審査プロセスに影響をもたらしますかといったらそこは変わらない。その点まで含めてちゃんと聞いてる人たちに分かるように説明すべきだったかなと思います。

多分、今の説明でも超過確率曲線とかっていうのを頭に描いて聞かないと意味が分からないと思うので、やはりちょっとその辺もう少し第三者に分かるような説明もあればよかったかなと思いました。

以上です。

○遠山課長 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは続いて、米国PWR（加圧水型原子炉）の炉心そう溶接部で発見された亀裂についての議題に移りたいと思います。説明を技術基盤グループシステム安全研究部門の小嶋統括技術研究調査官からお願いします。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

それでは資料61-1-2、これの1ページ目、通しの31ページ目を御覧ください。

米国PWRの炉心そう溶接部で発見された亀裂について報告いたします。

まず、1ポツの経緯でございます。本年6月にOECD/NEA（経済協力開発機構／原子力機関）のCODAPと呼ばれるプロジェクト、こちらのCODAPプロジェクトですけれども、機器運転経験、劣化経年化、これのプログラムでございます。この米国のメンバーからロビンソン発電所2号機の炉心そう溶接部で発生した亀裂に関する情報提供がございました。

本事象について、関連する米国情報を収集整理いたしまして、また日本国内における対応について日本の事業者から聞き取りを行ったので、本日報告いたします。

それでは2ポツ目を御覧ください。ここで炉心そうについてまず簡単に説明させていただきます。

次のページ、図1と図2を御覧ください。この炉心そうと呼ばれるものは、この図2の円筒状の形状した炉内構造物でございます。この上の図1の左側のピンクの円筒部分ですけど、このように原子炉の内部に設置されています。原子炉のフランジ近傍に乗っかっているような構造です。取り出しも可能になっています。

この上部、炉心そうの上部は原子炉容器位置決めピンで原子炉に固定をされています。またこの原子炉容器位置決めピン、あとまた下の二次炉心支持構造物によって、上下方向が固定されています。この炉心そうの原子炉の内部への設置、この設置した後、この円筒状のもの、図1の左側のように、同じピンクですけども、まずこの黒ですね。炉心燃料、その後ピンクですけども、上部炉心支持構造物が設置されます。

この下部炉心支持板と記載されたところとこの上部炉心支持板と記載されたこの間に燃料があるわけですけども、この燃料は上下の炉心支持板の燃料案内ピンがございまして、それによってこの炉心燃料が動かないように固定がされています。

この炉心そうの役割は、水平方向の炉心支持及び位置決め、また、冷却水の流路の維持及び流量の適正配分ということが役割となっています。

ページ1ページ目に戻りください。通しの31ページです。

3.1米国ロビンソン発電所2号機で発生した事象の概要について説明させていただきます。

昨年2022年の12月の供用期間中検査（ISI）で実施した目視試験VT-3でこの炉心そうの上部、周方向溶接部、Upper Girth Weldというところ、UGWと呼ばれるところの内表面側に12インチ、約305ミリの欠陥指示が発見されました。このVT-3っていうものは、欠陥の亀裂を見つけるための検査ではなくて、一般的に異常を確認するための検査なんですけど、そこで亀裂が見つかったということでした。

その後、当該溶接線に対して強化した目視試験と呼ばれるEVT-1と呼ばれるもの、それと超音波探傷試験（UT）による詳細な調査が実施されています。その結果として、この内表面側に合計五つの亀裂が認められました。

最初に発見された欠陥指示、12インチの欠陥指示、これの深さは板厚の92%ということでした。米国の事業者は、前回10年前の2012年に実施した供用期間中検査ISIの結果を再レビューしています。またその結果として当該部位、この結果については認められなかった報告対象外というふうな判断を事業者はしています。しかしながら、米国NRCの検査官は、この前回のビデオ画像から欠陥指示は明らかに視認できたというふうに判断しています。

次のページ、資料61-1-2の3ページ目ですね。通しの33ページ目の3.2を御覧ください。

炉心そうは炉内構造物でございますけれども、米国のASME（米国機械学会） Sec. XIではこの炉内構造物の検査規定はありません。

一方でこのSec. XIにはクラス1機器の章のところに炉心支持構造物に対する溶接部に対する目視試験VT-3として規定されています。炉心領域外に対してはVT-3として規定されています。

また事業者は、米国EPRIが作成しているガイドラインMRP-227と呼ばれるものに従った炉内構造物の検査を実施しています。このMRP-227でございますけどこれはPWRの炉内構造物の長期劣化を管理するためのガイドラインです。

MRP-227に記載された炉心そうの検査プログラムの例を表1に示します。

MRP-227では、上部フランジ周方向溶接部（UFW）に2インチ以上の欠陥指示があった場合は、先ほどの上部周方向溶接部UGW、下部フランジ周方向溶接部（LFW）及び上部軸方向溶接部（UAW）に検査を拡大することと記載されています。

それでは3.3米国事業者の対応について説明します。

まず最初の丸、ロビンソン発電所2号機で発見された五つの亀裂のうち四つについては今後24か月の追加サイクルの運転が認められています。残りの一つについては許容欠陥寸法を超えたということで、亀裂の進展阻止を目的とした穴加工が施されています。四つの亀裂については、次の3回の定検で連続検査が予定されています。

次のページ、二つ目の丸を御覧ください。

MRP-227の改訂案とされるが暫定ガイダンスが作成されています。

この三つ目の丸ですけれども、この暫定ガイダンスでは、上部周方向溶接部UGWが主な試験部位に変更されています。強化された目視試験、EVT-1と呼ばれるまた代替として、渦流探傷試験（ET）と超音波探傷試験UTが追加されています。UFW、UGW及びUAWの検査範囲については、表面検査対象の溶接部の内外の両面100%に増加されています。

四つ目の丸を御覧ください。

本事象ですけれども、ロビンソンの事象は、次の四つの側面からこのMRP-227を改定するといいますか試験の要件を強化する必要があるというふうに示されています。それが背景となって、暫定ガイドラインが発行されています。

どういう側面かといいますと一つ目ですけれども、このUGWには評価だけでは対処できない亀裂が観察されたということ。二つ目ですけど、MRP-227ではUGWは、主な検査部位で

はなく、拡張検査部位とされていること。三つ目ですけれども、MRP-227では、表面検査、VT-3は片面を対象としているんですけれども、もう一方の外表面、外方向からの面から実施していた場合には最初の欠陥亀裂結果を見逃されたと言えること。四つ目ですけど、亀裂がどのぐらいの期間存在していたかということは不明であったということ、その側面からMRP-227の暫定ガイドを作るといような背景になったということです。

それでは4.1を御覧ください。日本の対応について説明します。

日本国内では、炉心そうに対して、日本機械学会の維持規格で、目視試験VT-3が要求されています。また、超音波探傷試験UTの任意での実施が要求されているんですけれども、この維持規格では、想定される劣化要因である照射型の応力腐食割れ（IASCC）の発生の可能性が低いというふうに記載されています。

それでは次のページ資料61-1-2の5ページ目、通しの35ページ目の4.2を御覧ください。事業者の対応について面談で確認したので説明いたします。

(1)の現状の検査状況を御覧ください。炉心そうの溶接部に対して目視試験VT-3を可視可能な範囲に対して実施しています。維持規格に基づく超音波探傷試験UTは実施していないとのことです。

(2) 原子力安全に対する影響を御覧ください。米国の産業界は上部周方向溶接部UGWの全周破断を想定しても、二次炉心支持構造物が設置されているため、プラントは安全停止できるとのことです。

二つ目の丸、国内PWRで、こちら全周破断した場合でも二次炉心支持構造物のショックアブソーバーが炉心の落下荷重を受け止めるとのことでした。こちらについては図1を御覧ください。

資料の2ページ、通しの32ページの図1、これの左側ですけれども、ここに二次炉心支持柱と書いてありますがこれこの部分、ショックアブソーバーで受け止めることができるようになっています。この下のところで受け止めることができるようになっています。

またこのUGWが全周破断を想定したとしても、制御棒の挿入機能が維持されて、原子炉停止機能が維持されるということです。具体的にはこの左側、図1の左側を一度御覧ください。

全周破断が想定されたこの炉心そうの、破断された下の部分ですけど、これはまずこのラジアルキーと呼ばれるところ、これによって水平方向の変位が拘束されて垂直に落下します。ラジアルキーというものは原子炉容器にくっついているところで、炉心そうにクレ

ビスインサートというものがあるんですけども、それで水平方向に固定されて垂直方向に落下するようになっています。

また、破断ライン、全周破断した破断ラインより上の部分については炉心そうのフランジ部が、原子炉の容器の上部の蓋と原子炉容器本体の間にスタッドボルトによって固定されています。それによって上の部分も回転することはないということです。この図でいきますとピンクの一番上のところです。上にRV位置決めピンというところがありますけど、それによって固定されるということです。このピンク色の筒の上にももうちょっとピンク色のあるんですけどこれが上部炉内構造物ですけれども、これについても炉心そうのフランジ部と同様に原子炉容器の上蓋と、原子炉容器本体との間に固定されていて回転することはないということです。

またこの全周破断によって炉心そう、下に落ちたということも考慮しても、この上部炉心支持板と燃料案内ピンが、燃料集合体は外れないように設計配慮されているということです。

具体的には、資料の13ページ、通しの43ページを御覧ください。

ここに事業者が面談で提出した資料がございますけど、上側のパワーポイントの10と記載されたところですが、万一炉心そうが降下したとしてもこの二次炉心支持構造物というところで、ショックアブソーバーでまず受け止めるということ。それでそれが下降した分というのはこの上ですけど、見てもらった燃料案内ピンと書いてありますけど、下降したとしても、この燃料の入り代というんですかね、挿入代に余裕があるために、これが外れなければ、制御棒がしっかりクラスターが入ることによって、安全停止することが可能だと、そういうふうな設計になっているということです。

それでは元のページに戻ってください。資料61-1-2の6ページ目、通しの36ページ目を御覧ください。

(3) 事業者の当面の対応について説明します。

最初の丸、国内のPWRにおいては、次の理由により、直ちに対処が必要な状況にはないということです。

まず一つ目ですけれども、これまで国内のPWRで行われたVT-3においては傷が検出されていないことから、ロビンソン2号機のような大きな欠陥はないものと想定しているということです。二つ目ですけど、実運転年数と、運転期間でそれぞれ最長のプラント二つのプラントに対して、VT-3のビデオの画像について改めて確認したところ、指示はなかった

ということです。三つ目ですけどロビンソン2号機の実運転年数は約40年ということですが、国内のPWRの実運転年数は30年未満であると、この三つの理由により直ちに対処は必要ないということでした。

二つ目の丸を御覧ください。

また今後の供用期間中検査では、VT-3ですけれども、この溶接線付近に亀裂はあり得るという意識づけを行うとのことでした。また先ほどの二つのプラント以外についても順次、ビデオ画像による再確認を行うとのことでした。

三つ目の丸を御覧ください。

米国産業界の原因調査等の動向を注視して、ロビンソン2号機が固有の事象なのかどうかということを確認していくという説明がありました。

続きまして(4)事業者による今後の対応ですけれども、最初の丸、米国における原因調査及び他ユニット点検結果を基に取組の方向性を検討し、原子力規制庁へ報告することです。

二つ目の丸、詳細検査が必要となるケースに備えまして当該溶接線の詳細目視点検MVT-1という、いわゆる欠陥のうち亀裂を見つけるための目視試験でございます、MVT-1というのは、このMVT-1の装置開発を進めるという説明がありました。

三つ目の丸、また炉心その健全性評価手法の検討を進めるということです。

それでは最後に5ポツ、今後の進め方について説明いたします。

以上のように、本事象について関連する米国情報を収集・整理し、日本国内における対応について事業者等からの聞き取りを行いました。事業者等の当面の対応については妥当と考えていますけれども、今後、以下の情報収集を行って、適宜技術情報検討会に報告することとしたいと考えております。

どういった情報収集かといいますと、一つ目の丸、安全停止できるとする技術的根拠及び今後の取組について事業者等から説明を受ける予定をとすることを考えています。

二つ目の丸、米国産業界における原因調査に関する調査を継続して、適宜NRCと意見交換を実施していきたいと考えています。

三つ目、亀裂解釈については、炉心その健全性評価手法が規定されていないので、原子力規制庁においても健全性評価手法について情報収集を行っていきたくと思っています。

私からの説明は以上です。

○遠山課長 説明、どうもありがとうございました。

それでは御質問や御意見があればお願いします。

田中委員、お願いします。

○田中委員 米国で原因の究明・判明を行って行くんですけども、上のほうを見ると溶接線付近に亀裂があり得るんだというふうなことも頭の中に置きながら、原因の解明していくということで、これ本当に2024年か5年頃に原因が分かるんでしょうか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

まず米国の公開されている資料を見ると、先ほどの残った四つの亀裂について連続検査をしていくということは記載されています。

一方でそれに対して、日本の事業者との面談では、その原因究明というものの、調査というものが1回目の検査、これが来年の秋ぐらいになるんですけども、そのときにやるということが想定されるということは書いてあるんですけど、その実際に実施するかっていうことは米国の資料に公開では記載されていません。

なので一方で、事業者、米国NRCの規制者も含めてこの原因調査というのは進めていくと思いますので、そこについては我々しっかりと情報収集していくということと、あとは先ほどの亀裂がある、委員からあった亀裂があるというふうなことを見越してということでこれは日本の事業者が言っていたんですけども、VT-3というものは冒頭説明しましたがけれども、亀裂を確認するための目視試験ではなくて変形とか異常を確認するための試験なんですけれども、それでも亀裂があるということを想定して見ていくということをするという説明がございました。

○田中委員 ということは溶接線付近にも亀裂があり得るんだというふうなことも考えてやるんだと。これが一つの原因に絡んでくるんですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

亀裂が発生する可能性については原因の究明といえますか、それが日本でももしVT-3をやって亀裂がある可能性があるとして見たときに、亀裂があれば、その後はMVT-1と呼ばれる実際の亀裂を見るためのもっと接近して見る目視検査、そしてUTと呼ばれる深さを確認する検査等々により、これは亀裂があったとすれば形状が分かるので原因・究明にその後つながっていくということです。

○田中委員 お聞きしたのは溶接線って書いていますからね。溶接の影響とも関係して、原因が分かってくる可能性もあるということですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

そのとおりです。この部分ですけれども溶接したところについては、溶接残留応力が発生していますので、引っ張りの応力が発生している可能性がございますから、その溶接線の影響も含めた経年劣化の可能性も考えられるのかなというふうに思っています。

○田中委員 はい、分かりました。

○遠山課長 杉山委員、お願いします。

○杉山委員 ちょっと聞き逃したかもしれないんですけど、これを受けて、米国のほかのプラントでの検査というのは、行われたんですけど。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

はい。米国では、今回のことを踏まえてほかのプラントについても確認するということを進めていくと。

○杉山委員 今現在進行中ということであって、まだそれのどのくらいのプラントが調べられたとか、結果がどうだったとかいう情報はまだないんですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

詳しい情報についてはまだ公開では、我々得られていません。

○杉山委員 ありがとうございます。

それで、仮にですけれども、運転中に周方向の亀裂がもう完全に破断に至って、ポトッと炉心そうが落ちた時というのは、何が起こるといえるか、まずはその変化というのは、いろんなその計装系を通して即座に検知できるんでしょうか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

基本的には二つの検知ができるかなというふうに考えられます。一つは、物が落ちるといことで、ルーズパーツによる検出といいますかそういったものの振動による検出のセンサーが働いて、何か異常が起こったのではないかと確認する方法が一つ。

もう一つは、炉心そのものもちょっとだけ落ちますので、これによって中性子束が、炉外計装のところで中性子束が若干増えるということなのでそれが検知されて、何か異常が起こったのではないかとというようなことを検知する、この二つが考えられると思います。

○杉山委員 すみません、もう一つお願いします。

先ほど落ちても、制御棒の先端が外れないっていうのを図示していただいたページがあったかと思うんですけど。すみませんちょっと見失った。

○小嶋統括技術研究調査官 通しの43ページ、資料の13ページです。

○杉山委員 このスライド資料の右上10ページのこの上の右側の図、ここでだから炉心降

下量が示してあって、このあまりこの絵に定量性はないのかもしれないんですけどこれを見ると落下量って2センチもいかないように見えるんですけど、実際その設計上そんなもんなんですかね。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

この前の資料の12ページ、通しの42ページの上側の8と呼ばれているところを御覧ください。この四角の③降下量の制限と書いてありますけれども、四角でマスキング、落ちる量についてはある程度の量が想定されていて、それを設計で見込んでいるということでした。

○杉山委員 分かりました。

これが極端に10センチ、20センチだと、そもそもホットレグの出口のところを塞いでしまいかねないと思ったんですけど、そういう話ではないと。あとは、この炉心そうが中でガタガタ動くような作りでもないということなんです。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

そのとおりです。中で横方向、水平方向に動くようなものではないような設計がされているということと、縦方向はこのピンによって燃料が維持されているということなので、制御棒は入るだろうという設計のようです。

○杉山委員 つまり、以前BWR（沸騰水型原子炉）で問題になっていた、ごめんなさい、長くてすみません、シュラウドと全然位置づけとか挙動も全然違うということ。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

大分違うと思います。機能としては炉心維持と流量調整ということで同じなんですけど、BWRの炉心シュラウドは筒状のものが溶接で固定されています。それで上の部分というのは水平方向には何か固定されているわけではないので、例えば地震があれば多少揺れる。全周破断があれば揺れる可能性はあるんですけども、PWRの炉心そうは取り外しが可能なもので、水平方向と上が留められて、垂直方向がある程度固定されているということがPWRとBWRで異なる設計のようです。

○杉山委員 ありがとうございます。

○遠山課長 佐々木企画調整官。

○佐々木企画調整官 技術基盤課、佐々木です。

ちょっと前に御質問のありました寸法的に大丈夫なのかという点については、今概要を説明してもらった限りでは大丈夫そうなんですけれども、具体的に何ミリ、何ミリでどの

ぐらいの裕度があるのかというのはこれから詳しく聞き取っていかうと思いますので、その点は一応認識しております。

○遠山課長 田中委員、どうぞ。

○田中委員 すみません、1個単純な質問なんですけれども、このBWRのシュラウドには同じようなことの心配はしなくていいんですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

このBWRのシュラウドについては、既に2000年頃ですけれども、ひび割れというものが確認されていて、当時同じように目視検査の中で見つかって、また長さや深さ方向についてはUTを使って確認して、それで評価をするというものが既に確立されています。

○田中委員 東電でもあるらしいということで、BWRについては一応確立されていると、検査についても。はい、分かりました。

○遠山課長 先に手を挙げた佐藤審議官からお願いします。

○佐藤核物質・放射線総括審議官 技術基盤グループ長の佐藤です。

今後の対応のところちょっと質問なんですけど、これ通し番号の36ページに、まず事業者は今後の取組というので通し番号36ページの(4)今後の取組、その三つ目の丸で炉心そうの健全性評価手法の検討を進めると書いてあるんですよ。その下に、5ポツとして今後は原子力規制庁なのかな、今後の進め方の中で三つ目の丸に亀裂解釈には具体的な炉心そうの健全性評価手法が規定されていないと。したがって、原子力規制庁においてもその手法について情報収集を行うというので終わっているんですけど、情報収集を行うだけでいいのかなというのが、事業者がこうやってある程度評価手法を検討して進めていくという以上、我々はその解釈とかにも書いてないのにどうするんでしょうかという、その扱いについての質問です。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

まず、情報を整理いたしますと、この炉心そうに対する健全性評価手法というものは維持規格の中では決められていません。なので、事業者はそういったものが見つかったときに、健全性評価手法について検討していくというところが(4)の今後の取組。5ポツの今後の進め方については、我々は民間規格、維持規格に対してエンドース等々しながら、それが使えるかどうかということや亀裂の解釈で我々が示すという形になっています。そのエンドースをするためには技術的知見が我々必要ですから、その際における健全性評価の手法について、例えば米国だとかいろんな事業者のやっている状況だとか、そういったこ

とを確認しながら情報収集しながら、しっかりとエンドースできるための技術的な知見をつけていく、そういったつもりで書いてございます。

○佐藤核物質・放射線総括審議官 佐藤です。

だとするなら、その情報収集を行うというだけじゃなくて、今後の民間規格のエンドースに向けてという、そういうふうな文言というのも入れておいたほうがいいんじゃないでしょうか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

承知いたしました。考え方としては、今佐藤審議官がおっしゃるとおりですので、そのように修正させていただきます。

○遠山課長 石渡委員、お願いします。

○石渡委員 この発電所、この原子炉はもう運転開始してから50年以上たっているわけですよ。通しの36ページの一番上の丸の下のほうに、実運転年数が約40年であるとか、そういうことが書いてあるんですけども、亀裂というのは運転していないときは進展しないんですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

まず、この亀裂についてはどういった劣化事象であるかということは、まだ明らかになっていません。その上で、例えばですけども、一つここの炉心そう考えられる劣化要因としては、照射型の応力腐食割れIASCCというものが考えられます。これについては、照射を受けることによって進展が進む可能性がございます。一方で、例えば話が合ったBWRの炉心シュラウドのようなもので見つかったものは、IGSCC、粒界型の応力腐食割れと呼ばれているものなんですけれども、これについては照射とは関係なく運転の圧力だとか、それによって進展します。ただ、運転が止まっている状態ですと、圧力等々はかかりませんから、進展するということは考えにくいというふうに考えています。

○石渡委員 いや、でもやっぱりこれ実際炉心の中にいろいろ留めてあったりして、そういうところで力学的なストレスというのは多少はあるんじゃないかと思うんですよね、どんな構造物であろうが。重力というのはいつもかかっているわけですし、だから必ずしも亀裂の進展ということに関しては運転しているか、いないかにかかわらず進展する場合も常識的に考えて私はあるんじゃないかというふうに思うんですけれども、それは一切考慮はされないということですか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

考慮しないということではなくて、これまでの研究等々では先ほどの、例えばですけれどもIGSCCだと仮定した場合には、応力、この場合には溶接残留応力、そして何らかの材料による欠陥、もう一つは環境というものがございます。そこは温度だとかの影響がございますので、温度が低い状態で運転を止めた状態であれば、亀裂進展がしにくいということがこれまでの実験等々で分かっていると。我々、科学的な実験等々ではそのようになっているということです。

○石渡委員 それは実験データはもちろんあるんでしょうけれども、そのところで、ですからここに書いてあるように実運転年数が約40年で、国内のPWRはそれは30年未満だから大丈夫だというように、これ取れるんですけれども、これは必ずしも運転年数だけで決まるものでもないと思いますし、こういう書き方というのはいかがなものかなというふうに思いました。

以上です。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

個人的な意見ですけど、私も今の石渡委員と同じように考えています。運転年数が少ないから起きないとかということはまだ分かりません。というのは、冒頭話したように欠陥の劣化要因が分かっていないからです。IASCCであれば運転期間によってということは考えられるんですけれども、ここが本当にIASCCかどうか分からないわけですね。そうすると、例えばIGSCCであれば運転年数が少なくても溶接残留応力が大きかった、例えば補修溶接されているだとか、そういったことがあれば発生する可能性は否定できないですし、ここは事業者の当面の対応ということで書きましたけれども、個人的には私も石渡委員と同じような考えを持っています。

○遠山課長 そのほかいかがでしょうか。

大島部長、お願いします。

○大島部長 原子力規制部長の大島です。

今後の対応について、いろいろ事業者との間で意見交換をするということで三つポイントを挙げていただいているところについてはこういう感じかなというふうには思っております。一方で、ちょっとアメリカの対応のところ、アメリカと日本で検査の規格のエンドースの仕方、それから承認の仕方が違うので一概には言えないと思うんですけれども、今回の事象を受けて事業者の資料で言うと41ページの、資料で言うと四角の6になるのかな、ここで暫定ガイドラインということで、まだ発行していないんですけれども、延長運転

ライセンス取得のユニットに対して追加検査をEPRI側ですかね、で定めてこれを実行していくという形で、しっかり対応していくのかなというふうに読めているんですけども、これに対して我々のほうの、要は国内のほうの基準で言うとJSME（日本機械学会）しかないので、今度はこれに対応するところの検査というのが比較として足りないのか足りているのか、足りていないんだったらその対応をどうするのかというところが、原因究明等含めて検討していかなければいけないと思うんですけども、ここの部分について何か今現在で見解ございますか。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

おっしゃるとおりだと思います。まず、こちらの米国についてはまだ始まっていない2024年の5月ということですけど、この暫定ガイドラインは既に今年の5月に出ています。それが有効になるのが来年の5月からということで今話あったように全プラントについて、このUGWというところは見るということに格上げされたということです。日本の規格ですけども、維持規格の中ではVT-3という形になっているんですけども、プラス日本の場合には個別検査としてUTというものが決められています。何か異常があったときにはUTという形になりますので、異常が確認されたときにはそれが行われるだろうということ。

一方で、米国ではEVT-1と呼ばれる、いわゆる亀裂を見つけるための検査手法に対して、日本はVT-3という異常を見つけるための試験ですから、それについては今後VT-1のやり方の必要性については我々も考えなくてはならないと。事業者はそれに対して、既にこのVT-1で確認するための装置の開発を進めたということが面談ではありました。

○大島部長 ありがとうございます。

なので、これから事業者と面談継続されると思うので、そういう中で確認していただければと思いますけど、一方で御承知のとおり長期運転に関しての特別点検とか、追加の特別点検という中でどういうことをしていくのかというところには、最終的にはどういう形で反映されるのかということも念頭に置きながらやっていかなければいけないというふうにも思うので、しっかりアメリカの情報もいろいろなチャンネルを使って入手をしていただいて、引き続きこの場でいろいろ御議論できる準備をしていただければと思います。

以上です。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

分かりました。

○遠山課長 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは残り時間、あと10分しかないので次の議題に移りたいと思いますが、議題の  
(2) 国内外の原子力施設の事故・トラブル情報のうち、PWR1次系におけるステンレス鋼配管粒界割れに関する事業者からの意見聴取結果について、技術基盤グループシステム安全研究部門の小嶋統括技術研究調査官から、恐れ入りますが説明5分以内でお願いします。  
○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

それでは資料61-2-1の1ページ、通しの44ページ目を御覧ください。

PWR1次系におけるステンレス鋼配管粒界割れに関する事業者からの意見聴取結果について報告いたします。

まず、1.1経緯について説明します。

令和2年の大飯3号機の加圧器スプレイラインの溶接部でSCC（応力腐食割れ）が発見されたことに対して、令和3年度の原子力規制委員会で事業者による調査について継続して説明を受けるといこととしております。昨年6月に第54回の技術情報検討会で、事業者の意見聴取について報告をしています。

今般ですね、令和4年度、昨年度の事業者の取組について進捗状況及び結果を意見聴取で受けましたので、それについて概要を報告させていただきます。

1.2事象の概要ですけれども、この大飯3号機の溶接部で検出されたSCCは、管台とエルボとの間の溶接部におけるエルボ側で発生しています。また、SCCは溶接金属と溶接の熱影響部との境界で発生していて、長さが60ミリ、深さが4.4ミリでした。

次のページ、資料の2ページ、通しの45ページ目、2.1を御覧ください。

ATENA（原子力エネルギー協議会）から昨年度の進捗状況について説明があったので、その概要について説明します。

(1) 最新知見の調査、こちらではフランスで発生した安全注入系だとか余熱除去系での亀裂に関して、最終的な要因特定には至っていないということ、そのため引き続き情報収集していくという説明がありました。

(2) 実機詳細調査、これでは大飯3号機で発生したSCCの特異性について分析したということ、今後も分析を継続していくことの説明がございました。

(3) SCCの進展特性知見の調査、ここでは米国EPRIが2022年に発表したSCCの進展速度式について調査をしたという説明がございまして、また今後も調査を継続していくとのことでした。

次のページ、資料の3ページ、通しの46ページの図1を御覧ください。このEPRIの式は上

の部分ですけれども、応力拡大係数Kと材料の硬さHvの関数式となっています。また温度依存性の式ともなっています。このEPRIはSCCの進展速度に関する世界中の実験データ924点からPWRの条件において265点のデータについてスクリーニングして、また重回帰分析等によってこの式を決定したということです。

それでは元のページ、資料の2ページ、通しの45ページを御覧ください。

(4) のSCCの進展知見に関する評価でございますけれども、先ほどのEPRIの式を活用して大飯3号機のSCCに対して、その大飯3号機の条件で亀裂進展の試評価を実施したという説明がございました。

また戻って恐縮ですけれども、次のページの図2を御覧ください。図2のところで書いてありますけれども、稼働率19.3年に対して9年で主亀裂の深さ4.4ミリに達したと。また12年で主亀裂の長さ60ミリに達したという試評価の結果の説明がございました。

また前のページに戻ってください。(4) のところですが、この式については外部専門家会議において、このEPRIの式を活用して国内で規格化を行う場合には、利便性の観点から硬さの扱いなどについて簡素化した手法を目指すように、との意見があったということです。

(5) 2023年度の検討方針ですけれども、全体計画を見直したということ。具体的には今年度もMSC、マイクロクラックと呼ばれる調査を実施するとの説明がございました。

それでは(6) を御覧ください。まとめですけれども、最新知見の調査及び実機詳細調査については引き続き2023年度も検討を継続するということでした。また大飯3号機に対する試評価を実施したという説明がございました。またEPRIの式についても国内の規格の策定を念頭に置いて、継続して調査をするとのことでした。

それでは資料の4ページ目、通しの47ページ目の2.2を御覧ください。

ATENAの説明に基づいて我々から質疑応答をしましたので、その情報について説明します。

まず(1) の最新知見の情報ですけれども、関西電力とフランスのEDF(フランス電力会社)とは交流があるとのことなので、情報が得られたら原子力規制庁にも共有してもらいたいということをお願いしています。また、TFM/FMC(トータルフォーカシングメソッド法 / フルマトリックスキャプチャ法)と呼ばれる新しい超音波探傷試験方法について、この国内活用についても検討していくとのことでした。

(2) 実機詳細調査については、複数箇所で見つかったMSCと呼ばれるもの、これ図3に

書いてあります青いところが複数箇所で見つかったところです。これが1結晶粒程度の進展であるということでした。また、このMSCは酸化皮膜によって進展は停止していますが、2023年度も継続して調査するとのことでした。

(3) SCC進展特性知見の調査についてですけれども、EPRIの式については日本機械学会の規格化に向けて議論を開始したということでした。また、EPRIの式における溶接熱影響部のデータのうち、国内で試験した結果というものがこのEPRIの報告書にありますので、それについても入手を試みるということでした。

次のページ(4)を御覧ください。SCCの進展知見に係る試評価については、EPRIで75%の包絡線を用いて推奨しているということなので、それを使ってやったということ。また、今回示したものは結論として示したものではないということでした。また、亀裂進展解析で使用する応力については、実際の大飯3号機の入熱量が比較的大きかったわけですが、その条件での再評価を検討していくとのことでした。

(5) 今後の検討方針については、このMSCについて電子顕微鏡を用いた拡大画像の観察だとか分析に時間を要するため、2024年度も継続して調査したいとのことでした。

最後(6)まとめですけれども、実機詳細調査について主体的に取り組んでいることを確認できました。また、EPRIの式についてはATENAによる活用の判断根拠が分かるように補足説明の検討を依頼しています。ATENAでSCC進展速度の検討をしているメンバーは、日本機械学会の規格のメンバーとも同じであるということなので、間接的に反映されていくと認識しています。

最後、次の3ポツの今後の対応ですけれども、今後も2023年度の検討結果と合わせてその内容について聴取することとしたいと思っています。また、EPRIの式については米国NRCとも意見交換することとしたいと考えています。

私からの説明は以上です。

○遠山課長 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に関して御質問、御意見あればお願いします。

何かございますでしょうか。本件は事業者のやっている検討の状況報告を受けたということで、まだ引き続き検討は進めていく、でその内容も原子力規制庁としてはフォローしていくという報告であったと理解しております。

杉山委員、お願いします。

○杉山委員 今回EPRIの式を用いて試みとして評価を試してみたということでありまして

ども、この通しページ46の一番上の図を見て分かるように非常にデータのばらつきが大きくて、そこでえいやと線を引いてそれで評価しましたと言っても、この一番下の評価結果に対しても上と同じようなばらつきが当然隠れているということでもありますので、これはこういうこともやっていますというそれ以上のものではないわけですよ。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

私もそのように考えています。米国、これ典型的なやり方なんですけど、いろんな各国からのデータをビッグデータを用いて重回帰分析等々で引くというようなやり方を最近やっているようです。実際このPWRのオーステナイト系ステンレス鋼に対する進展を目的とした実験でやっているわけではないものも含まれているので、これが実際に本当に活用できるかということは、今後検討が必要かなと私も思っています。

○杉山委員 ありがとうございます。

あともう一つ、こちら1次系とはいえ中性子照射量としてそれほど高い部位ではないと思っているんですけど、この粒界型のSCC、これは原子炉特有の現象なんですかね。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

原子炉特有といいますか、基本的にはPWRの場合には溶存酸素が少ないので、ステンレス鋼についてはSCCの発生及び進展というのはかなり抑えられるというか低いだろうというふうに考えられています。特有で行くとBWRの場合には溶存酸素が多いということで進展。また、原子炉の中では温度が高いということも含めて、発生だとか進展だとかしやすいということは考えられると思います。

○杉山委員 ありがとうございます。

私がちょっと、聞き方が悪かったんですけど、要は中性子照射のようなものが直接現象に大きく寄与しているわけではない、もちろんその原子炉の水化学条件には依存していると思うんですけども。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

はい。フランスもそうですけど、安全注入系・余熱除去系だとか、この加圧器スプレイ配管だとかというところは中性子の影響だとかというのは低いというふうに考えています。

○遠山課長 そのほかいかがでしょうか。

技監お願いします。

○市村技監 市村です。ありがとうございます。

これはオンゴーイングの案件なので、引き続き意見交換、事業者、あるいはフランスと

もしながら情報を共有していただければいいと思いますけれども、SCCなので発生メカニズムと進展評価というのが重要な話題になっていて、これを見ると発生もあれですか、マイクロクラック、前回の技術情報検討会でも紹介いただきましたけれども、これもまだ発生メカニズムの一つとして検討は続けられるというふうに書いてあると思ってよろしいですかということと、もう一つ、進展評価のほうは今杉山委員からもコメントありましたけれども、なかなかこれを見せられても何とも言いようがないので、NRCの考え方も含めて、NRCともこれは意見交換をよくしていただきたいと思います。

○小嶋統括技術研究調査官 システム安全研究部門の小嶋です。

MSCからの進展については、完全に否定するという事ではないということが意見聴取でも説明がございました。また、EPRIの式については、EPRIのMRPという報告書は出ているんですけども、米国NRCもこれに対するセーフティエバリュエーションをまだ行っていないので認めているものではないということで、先ほどお話ありましたけれどもまずビッグデータから出してみたと、そういう考えのものだと思っています。

○市村技監 はい、ありがとうございました。

○遠山課長 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは本日の議題は以上になりますが、全体を通して何か最後に御発言されたいという方いらっしゃいますか。よろしいですか。

それではこれで本日の議事は全て終了しましたので、第61回技術情報検討会を終了いたします。

皆さん、どうもありがとうございました。