

降下火砕物の影響評価に関する検討チーム 第1回会合

平成29年3月29日（水）

原子力規制委員会

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

降下火砕物の影響評価に関する検討チーム

第1回 議事録

1. 日時 平成29年3月29日(水) 13:30～16:00
2. 場所 原子力委員会 13階 会議室A
3. 出席者

原子力規制委員会

石渡 明 原子力規制委員会委員
更田 豊志 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

山形 浩史 長官官房審議官
倉崎 高明 技術基盤課長
小林 恒一 安全技術管理官(地震・津波担当)
鬼沢 邦雄 安全技術管理官(システム安全担当)
梶本 光廣 安全技術管理官(シビアアクシデント担当)
小林 勝 耐震等規制総括官
迎 隆 技術基盤課企画調整官
飯島 亨 安全技術管理官(地震・津波担当)付首席技術研究調査官
安池 由幸 安全技術管理官(地震・津波担当)付専門職
西来 邦章 安全技術管理官(地震・津波担当)付技術研究調査官
田上 雅彦 安全規制管理官(地震・津波安全対策担当)付安全審査官
建部 恭成 安全規制管理官(PWR担当)付安全審査官
村上 玄 安全規制管理官(BWR担当)付安全審査官

ご意見を頂く専門家(五十音順)

石峯 康浩 国立保健医療科学院 上席主任研究官
土志田 潔 一般財団法人電力中央研究所 原子力リスク研究センター 主任研究員
三浦 大助 一般財団法人電力中央研究所 原子力リスク研究センター 上席研究員
山元 孝広 国立研究開発法人産業技術総合研究所
活断層・火山研究部門 研究部門付 総括研究主幹

東京電力ホールディングス株式会社

川村 慎一 原子力設備管理部長

谷 智之 土木調査担当部長
金戸 俊道 土木調査グループ マネージャー
大山 嘉博 原子炉安全技術グループ マネージャー
松田 紘典 原子炉安全技術グループ

関西電力株式会社

藤井 大士 原子力事業本部 原子力技術部長
浦田 茂 原子力事業本部 原子力安全主幹
吉永 英一 原子力事業本部 調査グループ チーフマネージャー
岡本 庄司 原子力事業本部 シビアアクシデント対策 PT マネージャー
小倉 和巳 土木建築室 技術グループ チーフマネージャー

電源開発株式会社

岩田 吉佐 原子力技術部 設備技術室 室長代理
濱崎 史生 原子力技術部 設備技術室 課長代理

電気事業連合会

浜田 誠一 原子力部 副部長

4. 議題

- (1) 降下火砕物の影響評価に係る論点とスケジュール
- (2) 公表知見（電中研レポート）の意見交換
- (3) 気中降下火砕物濃度の推定の考え方（案）
- (4) 火山灰の大気中の濃度に対するプラントの影響評価について（事業者の取組）

5. 配付資料

- 資料1 降下火砕物影響評価に係る論点と検討スケジュール
- 資料2-1 降下火山灰の影響評価研究
- 資料2-2 発電用原子炉施設に対する降下火砕物の影響評価について
（富士宝永噴火シミュレーション等に対する事業者回答）
- 資料3 気中降下火砕物濃度の推定の考え方（案）
- 資料4-1 降下火砕物濃度に対するプラントの影響評価（BWR）
- 資料4-2 降下火砕物濃度に対するプラントの影響評価（PWR）
- 資料4-3 これまでの電力による火山影響評価への取組み

6. 議事録

○石渡委員 それでは、定刻になりましたので、降下火砕物の影響評価に関する検討チームの第1回会合を開催いたします。

司会進行を務めさせていただきます原子力規制委員会の石渡でございます。よろしくお願いいたします。

本検討チームは、原子力規制委員会及び原子力規制庁の担当者から構成されております。本日は第1回目の会合でありますので、検討チームのメンバーに自己紹介をお願いいたします。

まず、それでは、更田委員。

○更田委員 原子力規制委員会の更田です。よろしくお願いいたします。

○山形審議官 規制庁審議官の山形でございます。よろしくお願いいたします。

○倉崎課長 規制庁技術基盤課長の倉崎と申します。よろしくお願いいたします。

○迎企画調整官 規制庁技術基盤課、迎です。よろしくお願いいたします。

○小林（恒）安全技術管理官 規制庁地震・津波担当の小林安全技術管理官です。よろしくお願いいたします。

○安池専門職 規制庁安全技術管理官付、安池です。よろしくお願いいたします。

○梶本安全技術管理官 規制庁のシビアアクシデントを担当しています、安全技術管理官の梶本です。よろしくお願いいたします。

○鬼沢安全技術管理官 規制庁の技術基盤グループ、システム安全担当の安全技術管理官、鬼沢です。よろしくお願いいたします。

○小林（勝）総括官 規制庁の原子力規制部の耐震等規制総括官の小林でございます。よろしくお願いいたします。

○石渡委員 そのほか、規制庁の担当者が出席しております。

また、本日、御意見をいただく専門家の方として、国立研究開発法人産業技術総合研究所の山元総括研究主幹においでいただいております。国立保健医療科学員の石峯上席主任研究官においでいただいております。なお、石峯上席主任研究官は、別の会議があるということで15時ごろ退席する予定となっております。また、降下火砕物濃度のシミュレーション評価手法について御説明していただくために、電力中央研究所の三浦上席研究員、それから、土志田主任研究員のお二方にも御出席いただいております。あと、それから、事業者の取組について御説明していただくために、関西電力の藤井原子力技術部長ほか、事業者の方々に御出席いただいております。皆様、どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、事務局から配付資料の説明をお願いいたします。

○迎企画調整官 原子力規制庁の迎でございます。

それでは、配付資料の説明をさせていただきます。

配付資料は議事次第に記載されているとおりで、資料1～4となっております。あわせて、机上配付としまして、キングファイルのほうを用意させていただいております。過不足が

ございましたら御連絡いただければと思います。

以上です。

○石渡委員 もし過不足がございましたら、お申し出いただきたいと思います。

それでは、議題に入りたいと思いますけども、議題に入る前に何か御質問とかはございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、資料1に基づいて、まず、検討チームにおける検討の進め方について、迎企画調整官より説明をお願いいたします。

○迎企画調整官 原子力規制庁の迎です。

それでは、資料1に基づきまして、検討チームにおける検討の進め方について、御説明をさせていただきます。

まず、検討の論点ですが、新規規制基準適合性審査におきまして、降下火砕物による機器等への影響について、荷重による静的負荷、閉塞、摩耗、化学的影響及び絶縁影響の観点から評価が行われています。このうち、閉塞等につきましても、降下火砕物の濃度によって影響の度合いが異なると想定されます。また、次の議題で御紹介いただきますが、降下火砕物の濃度評価に関するレポートが昨年出されたところがあります。こういった状況でございますので、最新知見等を踏まえて、規制基準等への反映が必要か否かについて、原子力発電所における降下火砕物の濃度評価及び機器等への影響評価の観点に分けて、これから紹介させていただきます論点に関して検討を行うこととしています。

一つ目、原子力発電所における降下火砕物の濃度評価の考え方に関しましては、電力中央研究所等における降下火砕物の濃度評価の現状、噴火規模、噴火継続時間等の設定及びその不確かさ及び想定される火山噴火による降下火砕物の発電所敷地における気中濃度のさまざまな算出方法と留意点を論点としています。

また、二つ目の機器への影響評価に関しては、降下火砕物の影響評価を行うべき機器等、機器等への降下火砕物の吸い込み量の評価及び機器等への影響評価を行う際の考え方や留意点を論点としています。

続きまして、検討スケジュールと主な検討事項ですが、検討チームの会合は3回を予定しています。本日の第1回会合では、公表知見(電中研レポート)に関する意見交換、二つ目としまして、気中降下火砕物濃度の評価の考え方、3番目としまして、気中降下火砕物濃度に対するプラントの影響評価についての3点について、4月下旬ごろに予定しています第2回会合では、1番目に、第1回会合の2番目のテーマにつきまして、議論を踏まえて見直しの方向性、それと、2番目に、気中降下火砕物濃度に対するプラント影響評価の考え方の2点について、御議論をいただきます。また、5月下旬ごろに予定しています第3回会合では、第1回、第2回会合を踏まえまして、作成しました取りまとめ案について御議論いただくこととしています。

私からの説明は以上です。

○石渡委員 ありがとうございます。

ほかに追加はございますか。

どうぞ。

○山形審議官 規制庁の山形でございますけれども、ユーチューブとか見られる方にこの背景がわかりにくいかと思しますので、少し御説明をさせていただきたいと思います。

原子力発電所の規制と申しますものは、設計基準というものと重大事故等対策、いわゆるシビアアクシデントに至った状態、設計基準を超えた状態、さらに、それを超えるような大規模な損壊も、中央制御室などが使えない、その人たちも期待できないというような大規模な損壊状態と、そういう3段階があるわけですが、この設計上考慮すべき設計基準、それをどう定めるのか。自然現象に対する設計基準の設定の考え方というのは大きく二つございまして、既往の最大を使う場合、または、その理論的評価を用いる場合、その2通りがございます。既往最大に基づく設計基準の設定、これを仮にAの手法と申しますけれども、これは、実測値ですとか、歴史的な痕跡などから既往最大を決定いたしまして、不確かさも考慮して設定していくと。過去の最低気温が何度だったかとか、そういうようなものがございますけれども、ただし、既往最大を超えるものが発生するというのは否定できないようなこともありますので、この既往最大が必ずしも設計基準として適切でないという場合もございます。

もう一つの方法、これを仮にBと申しますけれども、理論的評価に基づく設計基準の設定、モデルから得られた解析値、そういうものに不確かさを考慮して設定すると。ただし、モデルが確立していない、または、モデルですから入力パラメーターが必要なんです、その入力パラメーターの設定根拠が確立できない場合というのは、設計基準が設定できないという問題もございます。

次に、これまでの審査でどうしていたかということなんですけれども、これまでの審査では、外気取り入れ口に設置されているフィルター、そういうもので降下火砕物、火山灰が侵入しがたいということを確認する。そういうことと、フィルターが閉塞するまでの時間、それまでにフィルターが交換できるのかどうかということを試算しております。この試算においては、先ほど言いましたAの手法と申しますか、既往最大に基づく考え方によりまして、機器への影響評価をしております。しかし、その具体的な降下火砕物の濃度、火山灰の濃度ということなんですけれども、これは、日本の原子力発電所の中では観測値がない、そういうことで、国内でもほとんどないという状況ですので、海外での数少ない観測値、アイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火ですとか、これは2011年、それと米国のセントヘレンズ火山の噴火、1980年、そういう観測値を用いてこれらの濃度を用いても、フィルター交換で機能が維持できるということを確認しているわけがございます。

この検討会が始まったということの理由ですけれども、電中研、そのほかのところにより、モデルによって、この気中降下火砕物濃度、火山灰の濃度の評価を行ったという、こういう事例も出てきておりますので、先ほど言いましたBの考え方、理論的評価で設計基準

が設定できるのかどうか、それが適用可能かどうかというのを検討していきたいというふうに思っております。

本日はモデル幾つかありますので、その御紹介とともに議論をさせていただければと思っておりますけど、やはり、なかなか火山灰につきましては、十分な、地震などですと日本はたくさんのデータがあるんですけども、火山灰に関しましては世界的にもなかなか得られていないという状況ですので、なかなか難しいかとも思っております。しかし、その設定が難しいからといって、その対策をとらないというわけではございませんので、やはり、VEI5ぐらいになりますと共通要因故障になる可能性もありますので、設計対策、どうことができるのか、されているのかというのは確認していきたいと思っております。

そうしますと、新しい規制手法が必要となってくるかもしれませんけれども、それは第2回、第3回で議論していきたいというふうに思っております、本日は主に電中研さんからの論文、また、ほかの事例について、そういうところのモデルですとか、そういうところを中心に議論をさせていただきたいと。そして、後半のほうでは、今の発電所でどれぐらいのことができるのか、そういうことを事業者さんのほうから御説明させていただきたいと、そういう流れにしていきたいというふうに思っております。

以上です。

○石渡委員 それでは、今ありました、迎企画調整官からありました、今回のこの議論の論点と、それから検討の大まかなスケジュール、それから、今、山形審議官からありました背景説明といたしますか、バックグラウンドの説明について、何か御質問、御意見がございましたらば、どうぞ。

じゃあ議論に入ってよろしいですかね。

それでは、まず、資料2-1というのがございますね。これは電中研の報告書についてのパワーポイントですけども、これに基づいて、発電用原子炉施設に対する降下火砕物の影響評価について、平成28年、昨年4月に電力中央研究所がレポートを公表しておりますので、本日は、これの研究内容等について、電力中央研究所の土志田主任研究員より御説明をお願いいたします。じゃあ、20分程度でよろしく願います。

○三浦上席研究員 先ほど御紹介にあずかりました電力中央研究所の三浦と申します。本日は、説明の機会をいただきましてありがとうございます。よろしく願います。

今、土志田のほうから説明するというふうに御紹介いただいたんですけども、最初に私のほうから、電中研の研究の概要といたしますか、こういう降下火山灰みたいなことに対するどんな研究を考えてどんなアプローチを考えているかということを中心に御説明申し上げまして、その上で、今からお話する報告書の位置づけというものを理解していただいた上で、報告書の中身について、報告書の共著者である土志田のほうから説明させていただきたいと思っておりますので、よろしく願います。

では、始めます。最初にお断りいたしますか、お断りばかりで申し訳ないですけども、電力中央研究所では原子力リスク研究センターというセンターを設立しまして、リスクイ

ンフォームド・デシジョンメイキングという、そういう合い言葉で、いわゆる自然災害を含めたリスクというのをより高精度に、なおかつわかりやすく周知できるような研究を実施して、それに基づいて非常に実効的な対策をとっていただくというようなことを支援する、そういう研究組織です。我々の降下火山灰に関する研究というの、そういうものを目指して、そういう形でいろんな形で役立てていただくということが前提になって、研究を実施しているものです。

2ページ目に、先ほどちょっとお話に出ていましたが、アイスランドの噴煙の衛星の画像が入れてあります。こちらを見ていただくと、アイスランドというのは、大体大きさがこれは横幅400kmぐらい、縦200kmから300kmぐらいですけども、そのぐらいの島の南側からもうもうと噴煙が上がっている様子が写っています。降下火山灰、降下火山灰と言っていますが、要するに、火山が噴火して噴煙が上がって、それが大気中を移流、拡散して降ってくると。そういう一連の現象で、最終的に残ったものを降下火山灰と呼んでいるわけです。こういう現象が起こると、例えば、電力設備であればどのようなことが影響として考えられるかというのが3ページ目に示してありまして、俗に降下火山灰の影響の3様態などという言葉で言っているんですけども、一つは荷重、それから、建物なんかには火山灰が降ることによってその重さがのしかかるということ。それから、付着、一番よくある問題として考えられるのは、ガイシに付着などをして短絡が起きて停電が引き起こされたりする可能性があるということ。それから、三つ目、侵入、これは付着と似たようなところがありますが、いわゆる火山灰が取り込まれることで本来の機器の性能が維持できなくなるといったような現象です。例を幾つか挙げてありますけども、構造物の屋根荷重、湿った降灰の付着による電源喪失、それから、非常用発電機への火山灰の侵入などといったことが考えられます。それに関連した写真が右のほうに幾つか並べてありますので、大体イメージがつかめるのではないかと思います。

4枚目ですけども、これはちょっと話がずれるように見えるんですが、通常、降下火山灰というのは、火山の噴火というのはそんなに四六時中起こるものではなくて、まして規模の大きい火山の噴火というのはめったに起こりませんから、なかなかその観測値というのはとることができません。通常その現象を理解するためには地質調査というのを行って、実際に調査をしてどのように噴出物が分布をしているのかということを調べます。先ほどから御説明している荷重に関わるパラメーターであるとか、付着に関わるパラメーターであるとか、侵入に関わるパラメーターであるとか、そういったものというのは、こういう実際に降ったものを調べることで、マグマの性質であるとか、粒子のサイズであるとか、そういったものを調べることで推定するという手法をとっているのが中心です。こちらの4ページ目の図のAとBと二つありますけども、これは、1563年に、アゾレスですからポルトガルですね。ポルトガルで噴火した火山の噴出物の調査をした実績の図です。上のAが等層厚線図といわれるもので、下のBが等粒径線図といわれるものです。等層厚線図というのは、この図の中にたくさんの点と数字が書いてありますけども、それぞれの地点で実際に降り

積もった噴出物の厚さをはかって、その厚さが同じ厚さになるところをコンターを引くとこのような図になると。等層厚線図というものになります。

下は、同じように堆積物を調べたときに、その場所で見られる粒径の最大値を3個ぐらいはかって、その平均を求めて最大粒径とみなしたときにどのような最大粒径の分布になるかというのを示した図で、これは等粒径線図といわれます。上のAとBとを比較していただいて非常によくわかるのは、噴出物が厚いところで基本的に粒径も粗いと。つまり、降下火砕物というのは、降下火山灰というのは、噴火の様式によってその分布というのが決められますから、この提示した最終的にこの堆積した噴出物の分布というのは、この降下火山灰の移流、拡散プロセスを反映した形でこのような分布をとると、持っているということが地質学的にはわかります。

次に、5ページ目ですけれども、そうは申しましたが、実際には地質学的情報というのは、現象が起こったということに対しては確からしさというのを与えるんですけれども、どうしても情報が欠落していたり、あるいは、精度よいデータがとれなかったりすることが間々ありますので、どうしても工学的な対策を立案するには地質学的情報だけではやっぱり不十分だと考えられることがあります。当所の場合は、この表は、当所のこれから今年度来の3カ年の研究計画をロードマップの形にして示しているものですが、NRRCのミッションが確率的なリスク評価というのが大きなミッションとしてありまして、それに関わる形での火山の研究のロードマップというのがこちらの図になっています。このときに、細かいことはいっぱい書いてありますけれども、基本的に上下2段に分かれていまして、火山噴火によって起こり得るハザードを精緻に評価しようというハザード評価の部分、それから、下段はここでは脆弱性を書いてありますけれども、機器そのものによって決まる脆弱性ですね、の評価をどのようにするかということセットで、つまりハザードで起こり得る事象を確認しながら、それにどう対策をとっていくかということで、セットで研究を進めていこうということで、現在3カ年計画を進行しているという段階でございます。

先ほど来申し上げているその数値シミュレーションですけれども、数値計算をすれば、定量化、それから、高精度化というのができるわけですから、よりリアリティーといえますか、現実的にわかりやすい現象が理解できるようになるだろうというふうには考えられるんですけれども、当然それによって合理的な対策を立案できるだろうということが考えられるんですけれども、残念ながら、数値計算結果というのは、初期入力値というのがやっぱりばらつきがありますし、その入力値そのものは実績から考えていかなきゃいけないところがありますので、これが実際の降灰の実績と調和的であるということはやはり確認される必要があるだろうと。そういう意味において、これからお話しします我々の実施したシミュレーションも、まだ研究開発途上のものだというのがいえることができます。

それから、脆弱性対策としては、火山灰がどのぐらい付着するかということを見たり、あるいは、それを軽減するためにはどんなことが技術的に可能なのかということ調べるということでいろんな実験を、次年度以降なんですけれども、実施していく予定になってお

ります。

大まかに、私から全体の説明は以上です。

続いて、土志田のほうから説明をいたします。

○土志田主任研究員 電中研の土志田です。よろしくお願いします。

当所で降灰の数値解析ですね、計算手法の開発ということで進めておるわけですが、我々はまずは、先ほどロードマップで現象の面と、それから、機器影響評価の2本柱で進めておるわけですが、先に、その現象の側の研究が先行して以前から行っております。我々は、現象としましては、噴煙が大気中をどのように移流、拡散していくかという、その部分に興味がある、我々の関心があるわけです。ある空間にこれだけの火山灰がありますという、それは濃度ということになるわけですが、なので、濃度というのは結果の表現方法の一つであって、我々の目的とか、濃度を目的に研究しているわけではないというところは間違いないようお願いいたします。当所の数値解析ですね、計算手法の特徴といたしまして、当所ではこの気象の計算を以前から行えるようになっておりますので、その中で火山灰を移流、拡散させることができるということで、NuWFASというシステムを持っておるんですが、そこにFall3Dというオープンソースのコードで火山灰を拡散させて、それを組み合わせで計算しておるということです。このようにしますとどういう利点があるかということ、実際の自然界では風向ですね、気象条件というのは時間的にも空間的にも連続的に遷移していくわけですね。隣と必ず関連を持って動いていくわけでありますので、そのようなことを反映して噴煙がどのように移流、拡散していくかと、どのように降灰が降るかということを実算することができるという、そこを特徴としております。

1枚めくっていただきまして、今日は事務局のほうから、当所の計算手法の中でも初期条件といいますか、計算のための条件をどのように設定しておるのかということをお説明するようにということで依頼を受けておりますので、そちらを説明したいと思います。

先ほど来、写真がございまして、噴煙、噴火しまして、それで火口の上に噴煙が立ち上って、それが大気中へ移流、拡散していくということで、噴火の部分に関わるそういう条件ですね、パラメーターと、それから、周りの気象は風向とか風速とか、こういった条件に係るパラメーターと大きく分けると2種類あると。当然、当所の手法でありますと、そのどちらも決めてやる必要があるということになります。噴火の側の条件としましては、降灰の全体の量であり、堆積ですね、でありますとか、あとは、火口でどれぐらいの勢いで噴火してくるか、噴出率ということになります。それに関わるさまざまな情報を、噴火の継続時間でありまして、あるいは噴煙の高度、噴煙がどれぐらいの高さに達したんだろうとか、それから、火口から出てきた全体の火山灰の粒径の分布はどうなっておるんだろうとか、こういったことが挙げられております。これに対して、風向とか風速というのはいつも常に変わっていきますから、じゃあ、代表的な値というのをどのように設定したらよいか、こういったことが課題となるわけです。

以下、順番に各項目を説明してまいります。まず噴出率、8ページですね、噴出率につ

きましては、噴出率を決定するためには、噴煙の高度でありますか、あるいは、噴火の継続時間か、どちらかを知る必要があります。今回、富士山宝永噴火を対象に計算を行ったということで、こちらは地質調査も行われておりますし、古文書の記録もありますので、どれぐらい降灰が、全体でどれぐらい量がありますかということを見積もられていますし、噴火の継続時間とか降灰の継続時間に関する記録も古文書の記録等もあると。さらに、地質の調査の結果、噴煙の高度がどれぐらいであったかという推定も行われております。なので、これを使って決定できるということになります。今回、我々は計算に当たって、まず、噴煙の高度を20kmとか15kmというものに先に実績ベースで決めております。これにあわせて、この高度に達するような高さが20kmとか15kmになるように噴出率の側を設定するという、そういう2段構えで設定しております。もちろん、噴出率のほうが、あるいは噴火継続、別のものがわかっていて噴煙の高度がわからないという場合は、逆に噴出率の側を先に設定してやって、噴煙の高度は計算の結果出てくるという、そういうやり方も手法としては可能でございます。

1枚めくっていただきまして、噴火の継続時間ですが、富士山宝永噴火は、古文書の記録等を見ますと、噴火の最初が一番激しくて、その後、噴火の勢いとしてはやや衰えるんですが、かなり連続的な噴火になるという、そういう推移をたどっておりますので、我々はこの二つの様相を再現するというのを一つ考えまして、6時間、短時間ですね、6時間の噴火であるというものと、それから、連続的な噴火の例としまして、24時間という二つの条件を設定しております。宝永噴火でありますと、古文書がありますので、記録がありますので時間というものがある程度わかるわけですが、地質時代の噴火では、一般にこういう時間の記録というのはなかなか得られているものは少ないということになります。

次の10ページ目ですね。粒径につきまして、これは富士山ハザードマップという先に先行して数値解析を行った事例がありますので、今回はそれと比較する、そこに倣いまして10階級のサイズの粒子を同じ数ずつ発生させるということで計算しております。実際、宝永噴火につきましては、降灰全体の粒径の分布というのは得られていないということで、そのかわりにかなり人工的な機械的な与え方をしております。これも繰り返しになりますけれども、地質時代の降灰につきましては、先ほど三浦からちょっと説明がありましたが、粒径の分布というものがそれぞれ決まっているものというのはまだ少ないという状況でございます。

次に、11ページですね。気象場ですね、気象条件をどのように決めるかということなんですが、当所では、過去50年以上の気象庁の観測値を整理したデータというのを持っております、これの中で代表的なものをパターン分類等々によりまして選んでいくことができます。要するに、比較的発生頻度が高いと思われる風向なりの条件を選ぶことができます。関東地方では、夏と冬の様相が異なるという、特徴が異なるというのを我々これまでの既往研のさまざまな研究の中であらかじめ知っておるものですから、夏と冬の代表的な場を選ぶということを考えます。ちょっと専門的になり過ぎるので今日は話

をはしよりますけれども、結果として、冬季は上空の西風が非常に強いという条件を選んでおります。夏季につきましては、比較的上空の風が弱いという、そういう条件を選んでおります。次の12ページに、以上につきまして今回計算を行った条件のまとめがございますけれども、冬と夏の代表的な気象場について、それぞれ噴煙構造が20kmの場合と15kmの場合と。20kmの場合は6時間の短い時間ですね。激しい噴火は短時間であったということで6時間。それから、15kmにした場合は24時間だったという、こういう条件で計算しております。先ほど申しましたように、冬季の20kmになるような噴出率というのをあらかじめ求めておきまして、それで計算すると。この噴出率に時間を掛けますと、噴出物の総量ですね、降灰の全部の堆積になるということになります。これで夏と冬の比較を見ていただきますと、同じ20kmの高さに到達する噴煙につきましても、噴出率はざっと2倍ぐらいの違いがあります。冬のほうが高い噴出率が必要であると。噴煙高度20kmと15kmを比較していただきますと、20kmに到達するには15kmの場合の3倍から4倍ぐらいの噴出率が必要であると。我々の使っている計算のモデルではそのようになっております。このような違いがございました。

以上の4通りについて計算しました結果がスライドの13ページでございます。

冬と夏、20km、6時間と15km、24時間の4通りを比較して示しております。冬と夏、どちらかという、冬のほうが西風が強いということで東側に降灰の分布が真っすぐ伸びておると。これに対して、夏のほうがやや上空の風が弱いということで、それほど遠くまで降灰が飛んでいないとか、あるいは、6時間と24時間比較していただきますと、24時間のほうが時間が長い分だけ風向きが変わっていきますので、分布する領域が広がっているという南北方向の幅が広がっていると、こういったものが見えていただけるかと思えます。これらに対しまして、幾つかの地点を選んで粒径の分布でありますとか、それから、時間とともに粒子の気中濃度がどのように変化したかということのスライドの14に示しております。例えば、真ん中の列ですね。これは横浜と思いますが、非常に降灰の量が多いところの代表として選んでおりますけれども、真ん中の下の図を見ていただきますと、時間の経過とともに降灰の濃度というのが非常にもう何桁も大幅に変わっているという様子が見えていただけるかと思えます。また、上の段ですね。夏と冬、あるいは、20kmと15kmの比較といたしまして、同じ地点でも粒径が異なるというような、このような結果を得ております。

次に、スライドの15で、今のような結果を見ていただくときに留意していただくことといたしまして、まず、上の一番上の行ですね。トータルでどれぐらい積もりますかというのは濃度掛ける時間ということで、濃度だけ、時間だけが独立して出てくるものではないと。この三つがそろって出てくるものですよということを申し上げております。もっと詳しく言うと、濃度掛ける粒子の沈降速度ですね、掛ける降灰の堆積している時間と継続している時間ということで、この沈降速度というのは粒径に依存するということになりますので、結論といたしましては、量と時間と濃度と粒径と全部別々の量ではなくて、お互いに関連を持った量として出てくるということをお理解いただければと思います。

最後に、研究ベースとしての課題についてまとめております。ちょっといろいろ難しいことが書いてありますけれども、今日、幾つか計算のための条件を設定していく上で、こういうことが今後我々の研究で課題になっているということを御紹介いたします。

1番目は、何回か触れましたけれども、地質時代の噴煙におきましては、噴出率ですね、時間の推移に係る情報、噴煙の高度でありますとか、噴火の継続時間といったものに関する情報が非常にまだ少ない状態にありますので、こうした事例を増やしていく必要があると。それから、2番目に、計算の条件として、計算のモデルとして噴煙の高度というのをどのように設定するべきか。ここら辺を改善していく必要があると。それから、3番目として、今回の計算は球ですね。火山灰は全部球で計算しておりますけれども、実際は火山灰は複雑な形状をしておりまして、粒子の沈降速度等にもかなり大幅に影響がありますので、その辺をどのように取り込んでいくかという部分ですね。さらにもっと規模の大きな噴火がありますとか、さまざまな気象条件での計算というのをどうやっていくか、こういったさまざまな課題を抱えておるといことです。いずれも昨年11月の25日にこちらの会合がありまして、既に規制庁のホームページに出ておる資料で、当所の計算手法にはさまざまな課題がありますよということ述べておりますが、それを現象側から研究の側から書き下すと、このようなスライド16のような内容になるということ。11月25日の資料を、後ろのほうをめくっていただきまして、例えばスライドの20ページですね。こちらは、どちらかという、結果を使う場合にどういう点に留意するかということを中心に記載しておるかと思っておりますけれども、11月25日の資料で噴出率が何か過大なのではないかとか、濃度を検証した事例が少ないとか、幾つか留意事項が上げてございますけれども、それを条件を設定する側の観点から整理し直しますと、スライドの16に書いたような内容になるということでございます。

私からは以上です。

○石渡委員 ありがとうございます。

御質問があろうかと思っておりますけれども、次の資料2-2のほうの説明をいただいてから議論をしたいと思っております。

次に、資料2-2に基づきまして、事業者のほうから、電中研レポートの知見に対する事業者の見解ということで御説明をお願いしたいと思います。

これは、電事連の岩田室長代理からですか。

○吉永チーフマネジャー いや、関西電力の吉永ですけども、関西電力からさせていただきます。

○石渡委員 じゃあ、よろしくをお願いします。

○吉永チーフマネジャー 関西電力の吉永です。

これにつきましては、先ほどの電中研さんのレポートに対して、昨年の11月25日に既許可プラントを持つ九州電力、四国電力、関西電力からの見解をまとめた資料になります。この中では、電中研さんのレポートに関する見解、それから、この研究も踏まえまして各

発電所敷地における最大の火山灰濃度の程度の考察、それと、最大でどの程度の火山灰濃度に対応できるかといった評価と今後の対応ということでまとめてございます。

表紙をめくっていただきまして、まず最初に、「はじめに」のところですけども、審査において火山灰の影響評価を実施している中で大規模な火山噴火が発生した場合、降灰の影響が広範囲にわたりまして送電系統に支障が生じたというような場合を想定する必要があるだろうと。そのときに、原子力発電所の安全機能を維持するためにディーゼル発電機が非常に重要になってくるということで、このディーゼル発電機につきまして、吸気フィルターに対する火山灰による閉塞の可能性、これを考慮した評価を実施してございます。火山灰のこの評価におきましては、各発電所個別の条件で大気中の火山灰濃度を求めた上で評価を実施するということが望ましいのですが、現在では、まだ大気中の火山灰濃度を求める数値シミュレーション技術、これは今、電中研さんからもお話がありましたけども、研究開発段階で設計に使用可能なレベルに達していないと考えてございます。このため、審査におきましては、国内外で発生しました大規模火山噴火のうち、地上レベルのデータとして信頼できる既往観測最大の濃度、いわゆるセントヘレンズでの観測濃度ですか、これを用いた評価を実施してございます。ただ、我々電気事業者としましては、これに対しまして、今年度からですけども、降灰シミュレーション等の評価技術の高度化といったものに取り組んでいるところでございまして、これからも原子力発電所の一層の安全性向上に取り組んでいくこととしてございます。

そうしましたら、このときの見解、一つ目、電中研さんの富士宝永噴火の数値シミュレーションに関する見解でございます。

この研究におきましては、火山灰の性状に対して影響が大きい風速、風向分布の特徴に注視した気象条件の設定法の検討ですとか、火山灰の性状への噴火、気象条件の影響を把握することを目的として実施されたものであると認識してございます。現在審査に用いています降灰シミュレーションでは、Tephra2といったコードを用いまして、堆積量については、こうしたシミュレーションコードでの推定を実施しておりますけども、降灰時間や火山灰の大気中濃度を求めるというところまでは至っておりません。

その次のページへ参りまして、この電中研さんのレポートで使われておりますFa113Dというシミュレーションコードですけども、これにつきましては、今後さらなる研究開発を進めて、将来的に発電所敷地での大気中の火山灰濃度を求める計算手法の確立と、こういったものを目指して研究開発を進めておるところでありまして、現在はまだ研究開発段階と評価してございます。また、今回の電中研さんの富士宝永噴火の数値シミュレーション結果ですけども、これにつきましては、実測データとの検証を踏まえた計算結果というものではなくて、種々の仮定を前提に実施した結果であって、安全評価において火山灰の大気中濃度として用いることができるものではないというふうに考えてございます。

続いて、当該研究結果も踏まえました各発電所敷地において想定される最大の火山灰濃度の程度ですけども、現状におきましては、本来でありましたら、各発電所での評価を実

施して火山灰濃度を定めるべきところではありますけども、現状におきましては、地上レベルのデータとして信頼できる既往観測最大の火山灰濃度でありますセントヘレンズのデータ、33,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ といったものを想定して評価を行わざるを得ないと考えてございます。今後、今年度から実施しております数値シミュレーション手法の研究等を踏まえまして、知見を蓄積してさらなる取組を進めていこうと考えてございます。

続いて、最大でどの程度の火山灰濃度に対応可能であるかの評価と対応措置になります。これにつきましては、現状の審査におきましては、ディーゼル発電機下方向から吸気ということ。

ここは、後ほどまた同じような説明がございまして。

○石渡委員 そうですね。細かい話はまた後で御説明をいただければと思うんですけども、概要だけお願いします。

○吉永チーフマネジャー そういう意味では、現状の評価、審査での評価での条件でいきますと、セントヘレンズの2倍程度が対応可能濃度になります。後ほどの説明でさらに簡易な試験を実施した結果で、DGのフィルターで、セントヘレンズの数十倍まで対応可能という結果を持ってございます。

最終的に、今後の対応措置ですけども、最後のページになりますけども、短期的、長期的と中長期的と分けて記載してございます。短期的には、この2次の吸気フィルターに対して構造等を考慮して火山灰の影響がどの程度になるか、どのような対策がとれるかといったところの試験をこの4月から実施する計画でございます。中長期的には、電中研さんと一緒にFall3Dといったシミュレーションコードについて研究開発を進めて、その得られた知見を踏まえて民間規格への反映を考えてございます。

済みません。長くなりましたけど、以上でございまして。

○石渡委員 ありがとうございます。

それでは、今、資料2-1、これは電中研さんのほうの御説明ですね。それから、資料2-2、事業者側の概要説明がございました。これらにつきまして、まず議論をしたいと思っております。御質問または御意見がございましたらば、どうぞお願いいたします。

どうぞ、山元先生。

○山元総括研究主幹 産総研の山元です。

電中研さんのシミュレーションで、2点ほど確認させてほしいことがあります。

まず、12ページですけども、これは、夏場と冬場で噴煙柱高度を維持するための噴出物が違うというのは、これは基本的に横風の影響が強くてエントレインメント率が変わるから噴煙柱の高さが変わってくると、そういうことを反映しているのでしょうか。

○土志田主任研究員 今回はそこまで、エントレインメント率はまだ我々のモデルの中には反映されておきませんので、恐らく夏のほうが湿度が多いということで、潜熱の効果がきいているという、そういった部分かと思っております。

○山元総括研究主幹 わかりました。

多分、最近の研究なんかを見ていると、横風が大きくなると噴煙柱が低くなる傾向があるという効果があるのはわかっているけども、そこまではまだ入っていないということです。

あと、もう1点ですけども、15ページのところですね。降灰堆積量つまり粒子中の濃度と粒子沈降速度、降灰時間で決まる、これはそのとおりだと思うし、実際、富士山の場合ですと、実測として非常に細かい歴史記録があるわけですよ。例えば、その前のページ、これは先ほど、どこの場所かは聞いていなかったんですけども、例えば場所が決まれば、そのところでどれぐらいの降灰量があったと、その粒径が大体決まってくるよと。粒径が決まってくれば当然それは沈降速度もわかるはずですから、実際、古文書の記録とか、今、現地調査も踏まえると、これは逆に言うと、シミュレーションの結果の空气中濃度が正しいかどうかは検証できるはずだと思うんですよ。そういう意味で言うと、ざっと細かい目の火山灰が降って、例えば、横浜で10cm、千葉で5~6cmですか、そういうふうなもので考えると、常識的には多分この大気中濃度、例えば1g前後というのは、そんなに変な数字ではないと思うんですけども、そこまで細かい実際のデータ等のすり合わせは終わっているということでしょうか。

○土志田主任研究員 まだ、古文書の記録等があるところで粒径を求めてというのは、当所としてはこれから研究していくことだと考えております。

○山元総括研究主幹 当然、それは実際はその検証は可能なことだと思いますので、ぜひ継続されることを望みます。

○石渡委員 ほかにございますか。

済みません、発言される際は、お名前をおっしゃってから発言していただくようお願いいたします。

どうぞ。

○石峯上席主任研究官 保健医療科学院の石峯です。

私も、まず初めに、計算のほうについて、条件等について確認させていただきたいと思えます。

まず、電中研の気象解析システムですね。こちらは「NuWFAS(ニューファス)」とお読みするのでしょうか。これの鉛直方向の分解能がどのような形で計算されているかということをお伺いしたいんですけど、一般に気象モデルだと、対流圏の中の雨雲の動きをよく計算するために、成層圏をあまり解像度をよくしていないかと思えます。そうすると、10km以上20kmぐらいまで噴煙が上がった際の上空での噴煙の動きを精度よく計算できるかということをお伺い確認させていただきたいなと思うところが1点目。

もう一つは、噴煙の中の粒径の分布ですね。10階級の粒子を同数最初放出させたということなんですが、それを初期段階で高さはどうのような分布で与えているか、それがかなり計算結果に影響を与えているかなと思えますので、その2点をまず教えていただけますでしょうか。

○土志田主任研究員 鉛直方向の格子の分解能は500mか1km間隔だったと記憶しておりますけれども、ちょっと報告書に立ち返れば確認できるかと思いますが。

○石峯上席主任研究官 何kmぐらいまで計算されるんですか。

○土志田主任研究員 今回の計算では20kmとか25kmぐらいまでですね。

○石峯上席主任研究官 やっているということですね、わかりました。ありがとうございます。

○土志田主任研究員 それで、粒子の鉛直方向の分布ですね、高さの分布につきましては、もうFall3Dに入っているもので計算しているということになります。

○石峯上席主任研究官 わかりました、ありがとうございます。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ。

○梶本安全技術管理官 シビアアクシデント担当の梶本です。

ちょっと幾つか確認したいところがありますが、この解析は、もともと富士宝永火口のシミュレーションをするという目的ではないようで、いろんなパラメーター依存性を調べる、その辺に力点が置かれているんだろと思いますが、というのは、これは夏風を調べていますけど、これは宝永火口の爆発が起きたのは12月16日ですか。冬場ですね。

○土志田主任研究員 はい。

○梶本安全技術管理官 それとあと、この計算の条件は初期設定の16時間とか24時間だけで限られているというのがちょっとよく理解できないですが、というのは、宝永火山の爆発というのは、最初、初期非常に大きい噴煙が上がったと、これは確かですね。ただ、12月の26日以降、その半分ぐらいの放出率でかなり長い時間放出が続いていて、ちゃんとこの解析コードを検証しようとする、そこまでシミュレーションしないと、堆積層の厚さであるとか濃度というのはきちんと出ないんじゃないかと思うんですが、その辺はどう考えておられますか。

○土志田主任研究員 江戸時代はまだ気象庁さんがございませんので、当日の気象条件というのはわからないものですから、全く同じものを再現することはできないということで、今後の比較検討のために、幾つか比較的切りのいい条件で行っておるということになります。

○石渡委員 よろしいですか。ほかにございますか。

山元先生。

○山元総括研究主幹 産総研の山元です。資料2-2のほうについても質問、よろしいですか。

○石渡委員 どうぞ。

○山元総括研究主幹 これは11月25日のところだと思うんですけども、ちょっと気になるところがあるので指摘させていただきたいんですけども、別紙のほうの1枚目の2.のところ書いているところの一番下のところです。

降灰シミュレーションでもTephra2では、火山灰の堆積量を推定することは可能であるが、

火山灰の大気中濃度を求めることは不可能であるというふうには言われているんですけども、多分、ちょっと応用すれば、私は可能だとは思うんですね。つまり、Tephra2というのは時間の概念が入っていないから最終的結果だけしか出てこないように思われるかもしれませんが、多分、噴煙柱高度と噴出率というのは、ある一定の相関関係があるわけですよ。どうしてもやっぱり噴煙柱高度を決めてしまえば、それを出すための噴出率というのはおのずと大体これぐらいの範囲というのが決まってくるわけですよ。そうすると、逆に言うと、総量を与えて噴出率もわかっているんだったら、噴火の継続時間というのはおおよそ目安として、例えばそれが何時間であるのか、何日かぐらいかは出てくるはずなんですよ。ということは、逆に言うと、先ほどの実際それで落ちているあの火山灰の粒径も入れて計算していますから、電中研さんの図に書いていました、何ページだっけ、15ページですね、堆積量と粒子の粒径がわかって時間がわかるんだから、Tephra2であろうともちょっと応用すれば、大気中濃度がどれぐらいのものなのかの見積もりぐらいはできるので、ここで不可能であるといつて諦めることはないと思います。

同じことが言えるのは、逆にもう一つ次のページ、3.のところで書いているところですけども、地上レベルのデータとして信頼できる既往観測最大というセントヘレンズのこのデータが出ていますが、これが本当に信頼できるとどうして言えるのかというのが、私は非常に前々から疑問に思っています。どうしてかという、この33、要はmgですよ。これが本当に、その地点の、セントヘレンズなんだから、その地点における降灰時間って、わかっているはずですよ。当然、落ちている火山灰の実測の粒径もわかっているんだしたら、それが本当に電中研さんの書いている15ページのこの堆積量と濃度と沈降速度、降下時間の式に入れてみて、この33mgというのは本当に妥当なものかの検証も可能だと思うんですよ。多分これは、セントヘレンズの実績からすると、これは全然堆積量を説明できるような濃度ではないはずですよ。

以上です。

○石渡委員 その点、何か回答はございますか。特にありませんか。

○吉永チーフマネジャー 関西電力の吉永でございます。

今、山元先生からいただいた御意見については、ちょっと我々のほうでも検討はしてみたいと思います。

○石渡委員 ちょっとお待ちください。そちらから。

じゃあ、小林総括官。

○小林（勝）総括官 規制庁総括官の小林でございます。

先ほどの電中研さんのほうの資料なんですけど、20ページのところで特に説明された20ページのところの四つ目の星のところですね。まさに今の山元先生からの御意見と似ているんですけど、気中濃度の精度を検証した事例が少ないというふうにございますけど、実際、私は、やっぱり検証というのは非常に重要だと思っています。電中研さんのほうで、いわゆる噴火を想定して、なおかつ測定された気中濃度、これのシミュレーションを行っ

て実際観測されたものと合っているかどうか、それに近いかどうかという検証を少なくとも少しはやっているということなんですか。それともこれはどういう意味なんですか、検証した事例が少ないということはあるということですか、それともないということですか、どちらですか。

○土志田主任研究員 我々は濃度を計測しておりませんので、そういう意味では、我々としてはまだ検証していないということになります。火山灰粒子が粗過ぎ、非常に粗いので、その濃度を実測するというのはなかなか直接はかるというのは、まだそれほど行われていないということになります。

○小林（勝）総括官 小林でございます。

事例が少ないというよりも、事例がないということによろしいですか、このところは、この表現は、それとも、何かほかにこれは意味があるお言葉なんですか。済みません、細かいことで。

○土志田主任研究員 そうですね、我々としてはまだ事例がないということになります。

○小林（勝）総括官 ありがとうございます。

○石渡委員 じゃあ、石峯先生。

○石峯上席主任研究官 保健医療科学の石峯です。

先ほどの山元さんのコメントに関連してなんですけど、33mgですね、1m³当たり。この値って、恐らくTSMという健康被害を考慮した論文からとってきた値じゃないかと思います。非常に細かいほうの粒子に関する粒子濃度ということで、人体の中に影響する場合に関しては、こういった値を使って評価するというのをやっていたと。恐らく、セントヘレンズから100kmぐらい離れたヤキマの観測データなのではないかと思うんですけど、これをそのままこういった原子力発電所のような施設への適用をするというのは、ちょっと私も疑問がありますので、もう一度御確認いただければと思います。よろしく願いいたします。

○石渡委員 事業者側として、何かございますか。

○吉永チーフマネジャー おっしゃるとおり、セントヘレンズ、ヤキマのデータでございます。これにつきましては、ここでの医療関係の論文に出ているデータで、今回、33mgというデータが噴火継続期間中最大の濃度として観測されたデータとしてございまして、それで、これを使って、今、評価をしているという状況でございます。

○石渡委員 それでは、梶本安全技術管理官。

○梶本安全技術管理官 シビアアクシデント担当の梶本です。

ちょっと細かい話になるんですが、ここの中で、エアロゾルの衝突、合体による凝集とかそういうことを今後考えているという、そういう記載があるんですが、今のシミュレーション技術の限界についてちょっと質問があるんですが、これはどこに使われるんですか。計算結果を見ると、100kmですか、宝永火口の計算結果見ると、1g/m³ぐらい、これは、全然凝集なんてききませんよね。それで、これは噴火のときの噴煙が上がっているところで計算しようとしているのか、そういう技術が必要なのか、もしくは、そういうところでそ

ういう現象が非常に重要になるのか、その辺をどう判断されているのでしょうか。

○三浦上席研究員 電中研の三浦です。

私のほうから簡単にお答えします。

若干ちょっと認識がずれているかなと思っているのは、我々は、これは、非常にトライアルなことをやっているつもりで、これまでに、要するにそういう実施した例がないから、まずはどんなことができるんだろうということをやっているの、研究なんです。ですから、もうでき上がったものをいきなりプロデュースして何でもかんでも全部できますということ宣言しているわけではなくて、その中で課題を見つけて、自分たちが一つ一つステップアップして、安全性を高めるためには何を貢献しなきゃいけないかということを考えていくべき、そのためにハザードをしっかりと評価しようということですから、ですから、今おっしゃっているような凝集の話も、結局、噴火の様式によって細粒子が生産される割合というのは変わりますので、最初に与える粒径分布によっても当然細粒子の占める割合というのは変わってきます。もちろん規模によっても変わります。それぞれの初期条件をどう設定するかというのは、火山の噴火の非常に難しいところでもあります。これまでにエンジニアリングとしてなかなか火山防災というのは発展しなかった理由の一つは、非常に現象の複雑さとともに時間とともに変化していくと。一つの対策ですぐに解決できないようなバリエーションがあると。それはもう広く知られた事実ですし、実際に国がやっている火山防災の中でも、人の避難であるとか、健康被害であるとか、そういうことに関してはこれまで関心をそれなりに持たれて注力されてきていますが、いわゆる施設のほうであるとか、資産の保全であるとか、そういうことについて十二分にできていないというのも我が国の火山防災の現状です。ですから、その辺りは、最初に申し上げましたが、やっぱり、原子力発電所の安全性を高めるという意味でどんどん前向きにやっていかなきゃいけないでしょうということを我々リスク研究センターは考えているわけで、その中で成果をお話しさせていただいているような状況です。

○梶本安全技術管理官 その件については何も異論はありません。要するに、こういう領域ですから、新しい技術を開発して、より安全のために貢献するというのは、研究としては非常に重要なことだと思います。

ただ、今このお話を聞くと、こうできあがってみて、今の現状の技術がどのレベルにあるのかということで考えると、まだまだ研究の要素はたくさんあるし、不確実な要素もいっぱい残っていると、そういう状況であるということと考えていいということですね。

○石渡委員 もしよろしければ、この辺で一応議論を置いて、一つ。

更田委員。

○更田委員 規制委員会の更田ですけども、直接本論にかかわらないけれども、今の少し梶本さんとのやりとりも関連するので伺いたいのは、アプローチを考える上で聞いておきたいということですけども、資料2-1の5ページで、今、電中研のリスクセンターの研究計画というところで、ハザード評価とフラジリティ評価をしている。フラジリティ評価

のほうはよくわかる。それはどういう条件に持っていったときにどこでまいるかというのはわかるんだけど、ハザード評価の中で、一つは、ハザード曲線という言葉が使われているんだけど、これはいわゆるハザードカーブが引けるという立場に立っているという、そういうことでよろしいか。間欠的に起きる噴火のようなものに確率が適用できるのか、適用できると宣言していると考えていいのか。それから、ハザードカーブを引いたところで、検証するのに有意な数のデータがあるとは考えにくいんだけど、低頻度に至るところまでハザードカーブの考え方が使えると考えているのか、これが二つ目です。

それから、ハザードカーブと呼んでいるものは、降灰量に対するものなのか、それとも、濃度に関してもハザードカーブが引けるという立場に立っているのか。今、濃度を問題にして機器のフラジリティを考えるとすれば、ハザード評価は降灰量と濃度の双方に対してなされなければならないですけども、一つにくくって言えば、確率が適用できるという立場に立っているのかというのが質問です。

○三浦上席研究員 電中研の三浦です。

おっしゃることは誠にものな話だと思っていて、確率的にどこまで扱えるかということを検討するということから始めております。実績として、これまでに例えば我が国であれば火山灰がどのぐらい降ったかというデータベースみたいなものがあるんですけども、そういうものを使って一定の古い時代、地質時代に遡るまでのデータを集めたとしても、やはりデータが少ないと、あるいはデータの欠落がありそうだというようなところもどうもあるようだということもわかってきました。ですので、一概にこれでハザードカーブできちっと書けるかということはなかなか難しい要素はもちろんあるというふうに認識しているんですけども、それでも比較的、火山の場合は火山灰というのが堆積物として残りますので、保存のいいところを狙う。例えば、よく湖でボーリング調査なんかをしますけども、そういうところで比較的保存がいいところを狙ってデータを収集するとか、いろいろそういう努力である程度補完はできないかなというふうに今考えているところでございます。

シミュレーションについては、ハザードカーブを書くためにシミュレーションを使うということはまあなくて、まずあり得なくて、やはり実績ベースでまず考える。実績ベースで考えるということは、わかるのは層厚ですから、まず考えられるのは荷重です。荷重がわかって初めて、その上で気中濃度であるとかいうことを、こういう細かな要するに評価をするということになると思いますので、そういう意味ではまだまだちょっと遠いと申しましょか、やらなきゃいけないことは山ほどあるけど、御存じかどうかはわかりませんが、日本は火山の研究者は少ないと思いますので、我々の努力だけで十二分にできないところはあるかとは思いますが。ただ、目標設定しておっしゃるようなことは非常に理解できますし、そのようなふうに結果を出していきたいというふうには考えております。お答えになっていきますでしょうか。

○更田委員 重ねてちょっと伺うと、今、私たちが対象としようとしているのは、もし確

率の概念が適用できるとしたら、低頻度の部分を問題にしている。要するに、軽い負荷に対してどうこうと言っているのではなくて、非常に大きな負荷を与えるような噴火が起きたとき、そうすると、より低頻度なわけですよ。ハザードカーブがそんなに低頻度のところまで引けるのかという。実績ベースでデータはあるかもしれないけども、それは中規模であったり、小規模のものの方が当然のことながら数が多いだろうというふうに思う。例えば、VEIの7だとかというものを対象としようとしたら、歴史的にそう数があるわけでもないから、どうしてもハザードカーブが外挿の領域に入っていくと思う。たとえ降灰量に対してだとしても、実績ベースでハザードカーブが引けるというふうに考えておられるとすると、ちょっとアプローチとしては極めて楽観的ではないかというふうに思うんですが、解析で補うことができると考えられる部分についてというのは技術の進展であるとか努力によって補うことができるけれども、実績ベースで引こうとしているハザードカーブは幾ら努力してもその実績は生まれてきませんから、実績ベースで降灰量のハザードカーブが低頻度のところに至るまで引けると考えるのは楽観的ではないでしょうかというのが。これは見解の問題ですから。

○三浦上席研究員 三浦です。

確かに、低頻度といえば低頻度ですから、そもそもハザードカーブというのは、低頻度のものを扱えるのかという問題は本質的に内包しているので、我々はいきなり、何から何までコンプリートなハザードカーブを書こうということを目指しているわけではないですけども、やっぱり現象として、降下火山灰みたいなものというのはより遠くに広く分布しますので、そういったものの頻度ぐらいはちゃんと見て現象として考えていくべきではないかという提案を考えているところで、巨大噴火の話というのはなかなか扱いが難しいので、変な言い方ですけども、巨大噴火は巨大であるがゆえに堆積物が実は残っているんですね。失われていなくて残っているんですよ。ですから、頻度という意味において、少ない数が全然落としが多いのかどうかというのは、実はそれはちょっとどっちとも言えないところがあって、それがハザードカーブに載るか載らないかはまた別問題ですけども、なかなかそれは、要するに情報を取得できる側の問題でもあるので、私としては、その部分については、ちょっとなかなかお答えしがたいかなというふうに思っております。

○更田委員 更田です。

もうこのぐらいにしますけども、ハザード曲線という言葉はあまり安易に使われたいほうがよいのではないかと思います。ここにリスク低減・深層防護の対策策定に使用とまで目的を書かれているわけなので。ちょっと、例えばハザード曲線がもし仮に引けるんだとしたら、火山による、結果的に発電所に与えるリスクを他のハザードとの比較が可能になってくるわけだけど、そこまでいく、例えば3年計画とか、5年計画でいくと考えるのは、やはり安易だろうと思いますので、その点をちょっと申し上げたところです。

○石渡委員 それでは、議論はちょっと尽きませんが、先へ進む必要がございますので、申し訳ありません。

それでは、規制庁側の考え方を、資料3に基づいて、火山灰濃度の評価の考え方について、小林安全技術管理官より説明をお願いいたします。

○小林（恒）安全技術管理官 それでは、原子力規制庁の小林です。

では、お手元の資料3で、気中降下火砕物濃度の推定の考え方(案)について、簡単に御説明させていただきます。よろしく申し上げます。

1ページめくってもらおうと、2ページ目でございますけど、まず、規制庁の設置許可基準及び解釈ではどのように火山事象について書かれているかについてちょっと御説明しますと、第6条、外部からの衝撃に対する損傷の防止ということで、想定される自然現象に関して安全機能を損なわないものでなければならないというふうに書いております。この想定される自然現象ということで解釈に書いていますけど、自然現象でございますけども、ここでは、赤で書いていますように、中に火山の影響というものが書かれております。このような想定される自然現象でございますけども、そのものがもたらす環境条件及びその他結果として施設に生じ得る環境において、その設備が有する安全機能が達成されているということを確認するというようになっております。

次の3ページ目でございますけども、こちらは原子力発電所の火山影響評価ガイドでございます。先ほどの設置許可基準に書かれていますことに関する火山影響により安全機能を損なうことがないという設計であることの評価方法の一例について書かれているものがこういう評価ガイドでございます。今回は、今の火山事象の中でも、気中の降下火砕物の濃度について今、議論されていますので、それについての対応について書かれているかというところについてちょうど抜粋して書いております。

6.1で降下火砕物。降下火砕物による原子力発電所の影響評価ということで、その影響に関しまして降下火砕物の堆積物量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の粒度分布とか、その他の特性などを設定して、原子力施設その他の附属設備への影響を評価して必要な対策がとられているということで、さらに安全機能が担保されることを評価するというようになっております。

実際の確認事項は、(3)でございますけども、特に今、直接的に火山灰の濃度による直接的影響の確認事項といたしましては、(a)の③でございますけども、外気からの降下火砕物の侵入によって換気空調系のフィルターの目詰まりとか、非常ディーゼル機能の損傷による系統・機能の喪失がなく、あと、中央制御室の居住環境を維持するということを直接的に確認することとなっております。

実際、今のような、2ページ目、3ページ目の規制要件に関しまして、実際に今、審査はどうなっているかということで、4ページ目を見ていただきたいと思っております。審査における気中降下火砕物濃度の推定手法とその位置づけでございます。

現在の審査におきましては、このような降下火砕物の侵入によります影響に対しまして、フィルターの設置や換気空調系の停止により安全機能が損なわれていないようにすることを確認しておりますけども、大きくフィルターの目詰まりに関する評価といたしましては、

フィルターが閉塞するまでの時間及びフィルターの交換に必要な時間を試算して確認をとっているところでございます。

今までの審査におきましては、試算における気中の濃度に関しましては、先ほどでも議論がありましたように、まず、原子力サイトでは、気中濃度の観測記録はございません。また、国内外でもなかなか気中濃度に関する観測例はかなり少ないですけども、先ほどから話題になっていますアイスランドの火山の噴火及び米国のセントヘレンズの噴火で得られた観測値を用いて、事業者はこれを、気中の降下火砕物の濃度等を用いて、フィルターの交換により機能維持は可能であるということの説明を一応確認しております。

具体的にどのようになっているかということで、参考1で13ページを見ていただきたいですけども、13ページ目は、これは玄海の審査資料からの抜粋でございます。上の四角で囲っているところは、これはアイスランドの火山で、④に書いていますように、降下火砕物の大気中濃度は $3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という火山灰の気中濃度になっております。それに対しまして、非常用ディーゼルの換気フィルターはどのぐらいで目詰まりするかということに関しまして、1番がフィルターの捕集容量、2番がその面積ですので、1番と2番を掛けまして、③でダストの捕集量を出しております。さらに、5番目でディーゼル発電機の吸気流量を一応設定しております、これからフィルターの今の面積に対する閉塞時間を計算しますと、約24時間で閉塞するということから、交換可能であるというような判断をしております。この中では、気中の大気中濃度は直接フィルターにそのまま吸い込まれるという、直接流入という前提条件との評価結果でございます。

その下が、先ほどもありましたセントヘレンズの場合で得られた観測記録、これを用いまして計算した結果でございます。先ほどの④の $3,241$ より約10倍大きくなっていますので、フィルターの閉塞時間が10分の1で2.4時間ということになってはいますが、そのぐらいの時間でもフィルターの交換は可能であるという結果になっております。

また戻っていただきまして、このような形で審査におきましてはこういうことでフィルターの交換により機能維持が可能であるというふうに判断しております。

それで、続きまして、5ページに入りますけども、そういうことでございますけども、先ほど来ありました電中研の報告及び先ほどの事業者からのこれに対する見解がございましたけれども、我々は、2月15日に規制委員会の中では、このような報告を受けて、規制庁側でも気中濃度に関する評価についてどうあるべきか、影響評価について検討を始めたところでございます。こちらのほうの下に書いてはありますが、現在、我々のほうでは、気中濃度の評価の推定方法として、以下の三つの手法が考えられるということで、①、②、③、三つの手法を今現時点では考えてちょっと検討しているところでございます。①が観測値の外挿により推定する方法、②は降灰の継続時間を仮定して堆積量から推定する手法、3番が数値シミュレーション、これはFa113Dのような解析コードを前提とした推定方法でございます。

この三つの手法につきまして、ちょっと簡単に内容を御説明させていただきます。

6ページを見ていただきたいと思います。これは、観測値から外挿により推定する手法で
ございます。この方法は、現にある地点での観測地点での気中の観測値と、その地点での
堆積量をもとに、ある発電所における堆積量との比較から単純に濃度を比例計算で求める
という方法でございます。単純な計算例でございますが、ここに書いていますように、セ
ントヘレンズの火山の、先ほどヤキマのお話でございましたけども、これに関しましては、
機器の測定限界を超えているためにそれ以上あったという論文が書かれていますけども、
一応ここでは $33\text{mg}/\text{m}^3$ ということにしております。ここで、ヤキマの堆積量が、実際積もつ
た厚さが 0.8cm 、 8mm ということ。それを踏まえたと、ある堆積厚さを 15cm と想定し
ますと、気中の濃度は 15cm を 0.8 で割った倍率を 0.033 に掛けて $0.6\text{g}/\text{m}^3$ というような気中濃
度になるという、これが外挿による推定方法でございます。このような計算方法はありま
すけれども、留意点としては三つございまして、一つは、これは対象と発電所の異なる位
置での先ほどの火山の観測値で求めています、使っておりますので、火山と位置関係が異
なる地点での値を使っているというところでございます。その辺の使い方はいいかどうか
ということが一つの留意点でございます。それから、先ほどお話ししましたヤキマの計測
結果は、観測記録の性能を超えた観測値でありますので、不確実さを含んでいるというこ
と。それから、ヤキマにおける濃度と堆積量の関係がほかの地点に使うということが一般
化できるかということについては、今後検討する必要があるというふうに考えております。

続きまして、2番のほうでございまして。2番は、降灰継続時間を仮定して堆積量から推定
する方法、ここではaと書いています。2のaで、堆積量のところに括弧して実測値というふ
うに書いております。火山灰の堆積量を原子力発電所敷地、または、その周辺で確認され
た火山灰から求まる堆積量の厚さ、また、そのときの堆積物の粒径分布をもとに降灰継続
時間を仮定した上で気中の降灰濃度を算出する方法は②のaでございまして。実際に噴火し
たときの火山の降灰継続時間についてどのように設定するかですけれども、同程度の火山規模
での噴火の継続時間を参照として、さらに、火山灰粒径におきます終端速度を実験的に求
められた文献がございまして、それを参考にして評価するという考え方でございまして。

具体的には、15ページ、16ページを見ていただきたいと思います。15ページ目は、先ほ
どお話ししましたように、発電所内で堆積したある一定の層厚でたまった火山灰の重量が
わかるということの前提、それから、火山灰がたまった粒度分布の粒径から主要な粒径に
対する終端速度を文献から決めると。さらに、降灰継続時間を仮定して大気中の平均濃度
を算出する考え方。これは式はここにあります。一方向一次元で地上からある粒径の火山
灰が一定速度で落ちてくるという状態で計算したことによってたまった量から、厚さから
逆に濃度を推定する逆算で求めた式でございまして。一次元の簡単な考え方ですぐ求まる式
でございまして。一応この中では、今、火山灰の密度は $1\text{g}/\text{cm}^3$ ということを前提として計算し
たものでございまして。また、各粒径に関する終端速度でございまして、16ページ目の
Suzukiさんの文献から実験式、実測値に基づいて各粒径ごとの終端速度をこの図から一応
用いて評価をしております。このような一次元的な方法で濃度を出す方法が2のaでござい

ます。

7ページへ戻りますけども、一応、降灰継続時間に関しましては、一定風でずっと風が吹くことを前提として係数で計算してありまして、噴出時間と降灰継続時間はほぼニアリーイコールであるということをお前提としてみなして計算してあります。また、火砕継続時間でございますけども、先ほどの参考文献5でございますけども、これは17ページ目でございますけども、17ページ目に書いてありますけど、過去のプリニー式の噴火における火山パラメーターで、大体VEI5クラスの火山におきます噴火の継続時間に関する文献がこれだけありますので、このようなものを参考にしながら、実際起きた噴火規模に合わせて噴火の継続時間を推定するという考え方をちょっと考えて使って計算してあります。

このような考え方で計算した結果が、次の8ページ目でございます。8ページ目の計算結果は、ある例でございますので、堆積厚さを15cmという仮定してあります。それから、粒径の終端速度ですけども、実際には火山灰にはある粒度分布を持っていますけども、ここではケース1～ケース4の4ケースに設定してあります。この計算結果で見いただきますと、噴火の継続時間をパラメーターにしてありますので、継続時間が短ければ濃度が高くなるし、継続時間が長くなれば濃度は薄くなるという計算結果が載っております。計算結果としては、大体数 g/m^3 というような計算結果になりました。

このときの7ページ目での留意事項といたしましては、これは一次元的にある一定速度で沈降するので、平均的な濃度であるということ。それから、粒度分布に関してサイトの情報がないので仮定した計算があるということ。それから、敷地へ向かう一定風を仮定することによって、風速、風向の環境によって継続時間による堆積量が変わるというようなことが留意事項で上げられます。

続きまして、9ページ目でございますけど、こちらの9ページ目の2のbでございますけども、こちらは先ほどの2のaのものとは何が違うかといいますと、堆積量の実測値から実際のサイトで実測値がない場合にはTephra2のようなものを使って、実際にその敷地内の堆積量とか粒度分布を解析的に求めるということもございますので、その結果を用いて、先ほどの2のaと同様の一次元的な考え方で濃度を求める方法でございます。ということから、計算の書き方、考え方は一緒でございます。

留意事項といたしましては、Tephra2とかを使いますので有効なパラメーターを決めなければならないので、それが観測値との比較が少ないので工学的な判断が必要であること。Tephra2に関しましては、粒度分布に不確かさがあるために、初期値としてのパラメーターの設定でありますけども、どの辺で審査を使うべきかということで、ちょっとまだ検討の余地があるというふうに考えております。

10ページ目からは、最後に数値シミュレーションFa113Dでございます。こちらは、先ほどお話ししましたFa113Dの内容については説明は省かせていただきますけども、この10ページ目と11ページ目にFa113Dのパラメーターのa～gのような幾つかの大きなパラメーターの設定が必要になってきます。我々としていたしましては、このようなパラメーターをどう設

定するか、さらに、気象データの入力データの設定も必要であるということから、留意事項に書いていますけども、11ページ目、留意事項といたしましては、シミュレーションのFa113Dの解析を使うに当たって多くのパラメーターを入力しなければならないので、観測データが少なく、工学的な判断をしなくてはならないということが挙げられます。そういった意味で、あと、これに関する計算結果が実際の実測値との比較が少ないものから、なかなか検証が大変難しいということも一応留意事項として述べております。

最後に、12ページ目でございます、「まとめ」。濃度の評価としまして三つの手法を今検討しております御説明しました。まとめて言いますと、1番は、まず、どの方法も不確かさを多く含んでいるというふうに我々は考えております。特に、1に関しましては、観測値が不確かさがありまして、用いることは難しいというふうに考えております。2のaの実際敷地内での堆積厚さとかは実際の実測データが少ないから、かなり適用範囲が狭められるというふうに考えております。2のbのTephra2を使った堆積厚さを求める場合、手法3のFa113Dの場合に関しては、多くの入力パラメーターを設定しなければならないので、設定と根拠になる実測データが少ないということがあります。5番目に、このような火山事象に関しまして、地震とか津波と比べますと実測データがかなり少ないということもあり、異なりますので、気中濃度を設計基準を設定することは困難であるというふうに考えております。最後、6番目でございますけども、今までの指標について検討した現時点におきましては、VEI5のような噴火が起きた場合の確かな観測値が十分に得られていないことから、手法2、手法3によって推定値を考慮した上でフィルターの交換による機能維持を評価するための気中濃度及び継続時間を工学的に総合的に判断するしか方法はないのではないかなというように考えを持っているところでございます。

以上でございます。

○石渡委員 それでは、今の規制庁側の考え方の資料ですね。これを御説明いただいたわけですけども、これについて何か御質問がございましたらば、どうぞ。

じゃあ、石峯先生。

○石峯上席主任研究官 保健医療科学の石峯です。

1点確認なんですけれども、参考2です。14ページのところで、降灰量が約0.8cmで90%以上が $10\mu\text{m}$ 以下ということがかなりこの数字、 $33\text{mg}/\text{m}^3$ の数字の根拠になっていて、ほとんどがそういったその $33\mu\text{m}^1$ 程度のが90%以上ということでカバーされているのでこの数字を使ったということになっているのかなというふうに理解したんですけども、私の理解では、TSP、いわゆる数十 μm 以下の粒子の中の90%が $10\mu\text{m}$ 以下だったという、たしかそういった論文だったと思うんです。なので、火山灰濃度全体としてはもっと桁が大きかったんじゃないかということを私は思っていたので、その私の理解とちょっとずれていたもので、その点を御確認いただいたほうがいいかなと思います。済みません。よろしく願いいたします。

¹ 正しくは、 $10\mu\text{m}$ 以下を意図した発言である。

○石渡委員 安池さん。

○安池専門職 専門職の安池です。

ちよつこの記載、おっしゃるとおりで、火山灰全体の中の90%が10 μ mじゃなくて、観測で得られた、要するに、観測機器のもう測定限界は超えてはいたんですけど、そこで回収できた火山灰のうちの90%が10 μ m以下だという、非常に細かいものであったということでもあります。

○石渡委員 よろしいですか。

山元先生、ございますか。

○山元総括研究主幹 私がちよつとだけ思ったのは、今の質問に近いんですけども、6ページの1ですね。この方法に関しては、ちよつとやっぱり、今おっしゃられたように、セントヘレンズの例を使ってそれを単純に比例計算というんだけど、本当に合っているかというところはちゃんと検証すべきだと思っているわけです。本当にこれは8時間で8mmですから、時間当たり1mmですよ。堆積量というのは、多分1g/cm³ぐらいだとしたら、グラムが大体決まってきた、それで、8時間の火山灰、多分これは細粒な砂ぐらいだったと思うんですけども、これの終端速度と合わせたときに、本当にその33mgがこの8mmを説明できるかどうかということとはちよつと計算すればわかる話なんだから、検証して、やっぱりおかしいものはおかしいとやっぱり否定したほうがいいと思うのが1点です。

2番以降は、確かにいろんな方法があるよということもごもつともだとは思いますが。どれかケースを決めれば、Tephra2使うなりいろんなシミュレーションはできるとは思うんですけども、ただ、問題は、火山灰、降下火山灰というのはどこから来るかがわからないわけですね。九州で大規模な噴火をするかもしれないし、近くの火山で中ぐらいの噴火でサイトを直撃するかもしれないというふうなことを考えると、やっぱりちよつと扱いはかなり難しくなるとは思いますが。最終的には、そういうふうにして考えると、日本のどこで噴火が起きてもいいというふうにして考えて、先ほど更田さんのほうからあったように、確率的に扱うかどうかということとは、やっぱりこれはいま一つ考えてみたほうがいいと思うんです。だから、どこかサイトを決めて評価するよりも、やはり先ほど電中研さんが言いましたように、例えば公称データとかで頻度を決めるとか、それは逆に言うと、全国どこの、下手したら日本以外の火山の火山灰も含めて日本に降ってくるわけですから、そういうようなもので確率として捉えてやるような方向のほうがいいのかなと私は思っています。確かに、特定の火山、サイト、噴火口を決めないとシミュレーションも何も全然できないわけですからね。一律にやっぱりその施設の評価をするのであれば、逆に言うと、世界中どこで噴火が起きてても何らかの影響は絶対あるよということも確率的に評価して決めていく。その中で、やっぱりこれ以上のものが起きると施設がもたないよという、例えば閾値は出てくるんだと思うんです。それがどこら辺でもつのかということから設計を決めていくほうが、個々の噴火のシミュレーションで決めるよりは実際的かなとは、そういう考え方はあります。

以上です。

○石渡委員 規制庁のほうから何か回答はありますか。

○小林（恒）安全技術管理官 それでは、外挿に関しましては、一つの計算のやり方ということで示したということで、ちょっとそういうふうに見ていただきたいと思っております。

○石渡委員 安池さん。

○安池専門職 専門職の安池です。

2番目の御意見についてなんですけども、さっき電中研さんでもおっしゃっていたんですけど、やっぱり決定論的かというと、今の評価はガイド上の評価はサイトにある堆積物をベースということが考えにあります。確率論的な評価というのをもし考えていくということになれば、先ほど電中研さんがおっしゃったように、地質調査とかそういう実績ベースの話ではなくて、やはり、シミュレーションの精緻化がちゃんとできているんな想定ができるような、想定をした上で出てきた計算結果がそれなりに妥当だということが言えるようなレベルまで来れば、シミュレーション等を使って確率論的な評価は多分できるかもしれないと思っているんですけど、現時点では、この資料で説明したように、やはりシミュレーションのほうでもパラメーターを設定する部分での不確実性がありますし、例えば、現地の堆積物からの評価の場合においても降灰時間を設定しなきゃいけないという不確実性がありますので、現時点では、ちょっとそこまでの評価というのは難しいのではないかなというのが我々の考えです。

○山元総括研究主幹 わかりました。産総研の山元です。

いや、逆に私が思っているのは、あまりシミュレーションばかりやっても進まないと思っているんです。つまり、逆に言うと、決定論とは言うんだけど、どこかの火山を決めるとは言うけども、火山灰というのは基本的にどこで噴火してもどこかには必ず到達するわけですよね。そのときの風の状況なんというのは、本当にそのときの風次第で、逆にそれも確率といえど確率になっちゃうから、そういうふうなものを抜きにして、実質の、まきにおっしゃったように、サイトの地質学的履歴というのは残っていますよと。多分サイトに影響を及ぼすような規模の噴火の実績というのは、多分そのサイトそのものじゃなくても周辺を調べれば頻度としては絶対出てくるはずですよと。そういう中でどれぐらいの頻度であるのかというのをまず理解するというのがあるのと、それと、実際、そのサイトが今の仕様で耐えられる噴火というとどれぐらいのものなのかというのが多分閾値として決まってくるでしょうということなんです。だから、どこかの火山を決めてシミュレーションでやるというよりも、おのずと今の現状でこの閾値があるんだとしたら、それをもたらすような噴火の頻度がどれぐらいというのは逆に出てくるだろうと思うんです。シミュレーションとか、そんなものじゃなくて、実績で。それが耐えるのか耐えられないのかというところで、耐えられないのであれば、施設側でもっと何か対応しなければいけないというふうな方向性がいいのかなと思っております。繰り返すと、むしろシミュレーシ

ョンでいろんな仮定を置いて値を決めるよりは、そこで実際にそのサイトでこれまでの蓄積した履歴で出てくるリスクというのと、今の施設が耐え得るかどうかの比較で、むしろ設計基準というのは決めていったほうがいいのではないのでしょうかという意見です。

○石渡委員 どうぞ。簡単をお願いします。

○更田委員 資料での説明よりも少し議論が先に行ってしまうようなところがあると思っているのは、これから施設側の説明を聞いてからと思ったんですけども、設計基準という言葉はあまりふさわしいとは思わないけれども、今の現行の施設によってクリフエッジが、クリフエッジは、ストレステストの言葉で皆さんには通じると思うので使いますけども、クリフエッジがどこで起きるかというのを押さえてやって、そのクリフエッジを与える濃度なり降灰量が実績ベースのものよりもはるかに上回っていたら、現行の施設で相当のものに耐えられるだろうという判断ができるので、まずは、その現行の施設でクリフエッジがどこにあるか。ないしは、それが対処、例えば簡単な対処によってそれが大きく変わるんだったら、それは対処をすればいいしという、そういうアプローチに恐らくなるだろうと思います。これぐらいの負荷がこれぐらいの頻度で起きるから、それに備えるような対処をしなきゃならないというようなアプローチはこういった火山灰のような現象にはアプローチとしてとれないだろうというふうに思っています。

○石渡委員 じゃあ、とりあえず、そうしたら、最後にやはり事業者側の取組ということをお伺いしたいと思います。資料4-1～4-3を用意していただいておりますので、これについて、火山灰の大気中濃度に対するプラントの影響評価ということで、事業者の取組について説明をお願いいたします。東京電力さんと関西電力さんと電事連ということでしょうか。

○浜田副部長 電気事業連合会の浜田でございます。

今御紹介がありました降下火砕物濃度に対するプラントの影響評価、BWRについては東京電力様から、それから、PWRについては関西電力様からそれぞれ御説明いただきます。また、これまでの電力の取組として、火山影響評価技術指針の高度化、これへの取組を電源開発さんから説明をしていただきます。よろしく申し上げます。

○松田グループ員 東京電力の松田です。

資料4-1につきまして、降下火砕物の濃度に対するプラントの影響評価、BWR代表ということで御説明させていただきたいと思っております。

資料は、本編のパワーポイント資料が6ページと、あと、詳細版のやつ、今、資料が1ページからついておりますが、こちらは参考で御覧ください。本編の資料で御説明させていただきたいと思っております。

それでは、めくっていただきまして、1ページ目になります。評価の前提、評価対象プラントとしましては、柏崎の6号機、7号機を想定しております。評価対象のシナリオとしましては、降灰によって外部電源が喪失した場合においても原子炉除熱、または、格納容器の除熱が達成可能な以下のようなシナリオについてどの程度耐性があるかを評価を実施し

ております。

まず、一つ大きなくくりとしまして、DB設備によって事象収束をするシナリオ、シナリオは一つ目、二つ目、二つあります。一つ目としましては、原子炉の注水は、まず高圧注水系を用いて実施していきます。その後、主蒸気逃がし安全弁より原子炉を減圧した後に残留熱除去系、この原子炉停止時冷却系、2系統を用いて、こちらは非常用DGで給電するわけですが、2系統を用いることで原子炉を除熱します。この2系統は原子炉停止後、初期の崩壊熱で対応させるものになっております。

収束シナリオ2ですが、こちらの原子炉の注水は、原子炉隔離時冷却系を用いるものです。原子炉圧力の制御につきましては、主蒸気逃がし安全弁から原子炉格納容器に放出された崩壊熱について、こちらについて残留熱除去系、サブプレッション・チェンバ・プール水冷却モード、こちらを用いて、こちら1系統を運転させながら原子炉格納容器の除熱を行うものです。こちらにつきましては、非常用DGの吸気及びそのほかの非常用換気空調系のフィルターの閉塞の影響がありますので、そこの評価を実施していくものになります。

さらに、SA設備等を含めた事象収束のシナリオとしまして、収束シナリオ3を設定しております。火山灰大気中濃度が高くなりまして、フィルターの取りかえが間に合わなくなった等で非常用DGの機能を喪失した場合においても、SA設備等を用いて事象収束が可能であるというふうに考えております。本シナリオは、高圧注水系により原子炉注水を継続して、格納容器のベントを実施して格納容器の冷却を達成するシナリオになります。こちらについては、収束のシナリオについて成立性を確認しております。また、代替交流電源設備であるGTGや電源車による交流電源の供給で逃がし安全弁による原子炉減圧、消防車等による原子炉注水、格納容器のスプレイ、また、代替循環冷却による原子炉格納容器の除熱を実施することで、ベントも実施せずに事象を収束させることが可能というふうにも考えております。

評価結果が次ページ以降になります。収束シナリオ①に対する評価結果になります。想定する火山灰濃度につきましては、一つは、先ほど説明もありましたけど、プラントの審査資料で用いているセントヘレンズの火山濃度と、上記濃度の15倍の濃度を設定しております。フィルターの閉塞評価を行っておりますが、こちらの図に示しておるDGの吸気の概略図を示しておりますが、吸気ルーバーのところから外気を取り入れまして、バグフィルターを通過したものがDGの吸気管を通過して機関の中に入っていくところになりますが、こちらの吸気ルーバー、このバグフィルターの閉塞を評価しております。吸気ルーバーにつきましては、下方向から吸い込む構造でありますけど、火山灰を取り込みづらい構造になってはいますが、その効果がないものとして評価を実施しております。バグフィルターの評価結果を示しております。こちらの審査資料でも示している値ですけど、バグフィルターの火山灰の保持容量、こちらは弊社の簡易的な試験を用いてやっているものですが、1枚当たり8,540gと。それぞれ定格風量の風量を出して、あと、火山灰の大気中濃度は、先ほど(1)で示させていただいている濃度を用いております。閉塞する時間まではセントヘレンズ

の濃度ですと60時間程度、その15倍だと、当然ですけど4時間程度になりますと。フィルターの取りかえ作業時間は、こちらの※1で書いている4時間と2時間と書いておりますが、今は審査資料上はもう4時間と設定させていただいておりますが、さらに運用面を考慮することで、2時間程度に短縮できるというふうに考えております。

それらを踏まえまして、(3)でこれらの継続時間ですね、どれぐらい耐えられるかというところを評価しております。DGは2系統ずつ運転するモードですので、DGは2系統ずつ交互に運転させていきます。DGのフィルターに加えて、ほかの換気空調系のフィルターも交換していくとなります。予備のフィルターは所内で1,000枚あるというふうにしております。

結果としましては、対応可能継続時間ですけども、セントヘレンズの濃度につきまして、保管している予備のフィルターが枯渇するまでですけど、約12時間の対応が可能というふうに考えております。また、15倍の火山濃度に対する対応ですが、こちらは18時間の対応が可能というふうに考えております。

続きまして、収束シナリオ②になります。こちらは4ページになりますけど、こちらのセントヘレンズで火山灰の濃度とそれの30倍の濃度、約 $1\text{g}/\text{m}^3$ の値になります。こちらのDGを1系統ずつ回しますので、DGを1系統ずつ交互に運転するモードになります。対応可能継続時間につきましては、セントヘレンズの濃度では24時間、30倍の濃度で約20時間の対応が可能というふうに考えております。

めくっていただきまして、5ページになります。さらに、収束シナリオ③になります。想定する火山灰濃度につきましては、さらにフィルターの取りかえが間に合わなくなるということと、こちらのシナリオ②で評価しているのはおよそ $1\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度になりますが、こちらを想定しております。収束シナリオにつきましては、まず、蒸気駆動の高圧注水系、RCIC、HPACにより原子炉へ注水していくものです。こちらは、制御電源はDB設備であれば8時間、SA設備、16時間で供給されていきます。格納容器の圧力が1Pdに到達したタイミングでベントを実施していきます。制御電源が枯渇した場合においても、運転員による現場操作により注水を継続することが可能です。高圧注水系の最低運転圧力、原子力圧力が約 1MPa に到達することなく1カ月以上注水継続することが可能というふうに考えております。こちらのようなシナリオになりますが、さらに成立性の確認をしております。まず、水源としましてですが、プラントごとに水源を、CSPの水源を用いて高圧注水をするようになりますけども、水源は $1,700\text{m}^3$ あります。こちらで40時間の注水が継続が可能で、以降につきましては、柏崎におきましては、今、6、7と同じ、大湊側と呼ばれていますが、大湊側にある純粋タンクやろ過水タンクを用いて消防車等によりさらにCSPの補給することで注水継続可能というふうに考えております。

格納容器内の温度ですけども、格納容器の圧力が1Pdに到達したタイミングでベントを実施することになりますが、ベント実施後もドライウエル内の圧力が上昇傾向にある場合につきましては、ドライウエルベントを実施することでドライウエル内の温度を抑制することができるというふうに考えております。あと、制御電源がなくなった際には、現場操

作による計測、現場操作による高圧注水系の起動をするわけなんですけども、そのときの計測手段についてですが、こちらについても、原子炉へ注水するために必要なパラメーターについては、SA設備である可搬型の計測器により計測可能であり、こちら電源である乾電池を交換することで、半永久的に計測可能というふうに考えております。また、SB0になっておりますので、SFPに対する燃料集合体の崩壊熱によって建屋の環境が悪化するという懸念もあります。こちらについては、SA設備である代替交流電源設備で給電することで、FPC系によるSFP系によるSFPの除熱に期待できる。仮にこちらが機能喪失した場合におきましても、大物搬入口やブローアウトパネル等を開放することで建屋の条件を改善することができ、高圧注水系の注水が継続することができるというふうに考えております。

あと、中央制御室の換気、空調系の停止、これはSB0になったら停止するわけなんですけども、こちらについても、空調系が停止した場合においても、制御盤から発熱することに中央制御室の温度が上昇して、高圧注水系の制御盤に影響を及ぼす可能性がありますけども、こちらにつきましても、非常用DGの交流電源に加えて、24時間以降、直流電源も枯渇することになりますので、中央制御室から熱源がなくなるため高圧注水系の制御盤に影響を与えることもないというふうに考えております。

最後のページ、6ページになりますが、前述のシナリオに加えて、低圧注水系の準備が整ったタイミングで逃がし安全弁により原子炉を減圧して低圧代替注水系により原子炉注水が可能となります。低圧代替注水系には、電源車等により給電することで注水可能な復水補給水系、電源が不要な消防車やディーゼル駆動消火ポンプによる注水があります。電源車、消防車はそれぞれ多数持っておりまして、使用時における火山灰の耐性は確認できていないですけども、原子炉の注水が期待できるというふうに考えております。また、ディーゼル駆動の消火ポンプにつきましては、建屋内に設置されているため、屋外の設備に加えて火山灰に対する耐性は優れているというふうに考えております。なので、より確実に注水が可能というふうに考えております。さらに、代替循環冷却系を用いることで格納容器ベントを実施することなく原子炉の除熱、または格納容器の除熱が可能というふうに考えております。

説明は以上になります。

○石渡委員　じゃあ、続いてお願いします。

○吉永チーフマネジャー　じゃあ、引き続き、関西電力の吉永でございます。

関西電力のほうからは、PWR、代表プラントとして、大飯3、4号機の対応について御説明します。

めくっていただいて、1ページ目、大飯3、4号機の大きくステップ三つに分けて検討しております。まず最初は、DG、これの吸気フィルターの交換、清掃で対応できるというもの。その次のステップとしまして、DG以外の電源を用いた対応、最終的には、全交流電源喪失のRCPシールLOCAなしのシナリオでの対応というものを検討してございます。

2ページのほうに、まず、DGのフィルターの交換、清掃で対応することについての検討で

す。審査のタイミングでは、保守的な仮定を置きまして、DGの吸気フィルター1m²当たり1,000gの火山灰の捕集で閉塞をするという仮定で評価をしておりました。今回、簡易な試験を実施いたしまして、DGの機能に影響を与える通気風量2分の1というところまでの捕集量を計測いたしまして、その試験データから出した火山灰の捕集量、吸気風量2分の1になるまでに2万g、約20kgですね、1m³当たり20kgの捕集ができるというデータを用いて評価をしております。さらに、このときに清掃を実施して、容易に火山灰が取れるということで、フィルターを交換後、次々にしながら交代交代で吸気を続けることができるというところまで確認をしております。

なお、4月からさらに吸気フィルターの形状等も考慮して、これにさらに余裕を持った捕集量というか、継続ができるというところの確認試験をする予定をしております。

続いて、3ページのほうにDGの吸気フィルターでの対応時間の検討結果でございます。アイランドは置いておきまして、セントヘレンズの二つ目ですね。セントヘレンズの火山灰濃度に対しましては、フィルターが2分の1の風量になるまでに35時間かかります。これで0.4時間、約20分で交換をして、予備のフィルターと交換をして、これを繰り返すことでDGの燃料がある限り機能維持ができるという評価になっております。さらにこれの約35倍、セントヘレンズの35倍までの濃度になりますと、フィルター交換に要する時間、これは火山灰の捕集量が増えてきますと重量が出てきて取りかえ時間に多少余裕を見まして、1時間でフィルター交換ができるという前提でいきますと、35倍の116万9,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ までの火山灰濃度に対してDGのフィルター交換で対応ができるという評価結果になってございます。4ページのほうには、そのときのタイムチャートを示してございます。

続いて、5ページです。さらに火山灰濃度が高い状態を仮定しますと、DGのフィルター交換が間に合わないということになりますので、その後、空冷式の非常用発電装置、これを使用して、短時間になるかもしれませんが、電源の維持を図るという対応になります。さらにこの空冷式非常用DGも外気を取り入れる部分がありますから、そのフィルターが閉塞をして機能喪失をするということを考えますと、その次のステップとして、全交流電源喪失のシナリオに基づく対応になります。これは6ページからになります。このシナリオにおきましては、タービン動補助給水ポンプを用いまして、1次冷却材圧力を0.7MPa、170°Cで維持することによって、原子炉の冷却を維持し続けるということになります。このときのこのシナリオの成立性について、その後、確認結果として記載してございます。

まず、タービン動補助給水ポンプの駆動蒸気ですけれども、これについては崩壊熱の続く限りということで、ここではサイクル末期での評価をしていますけれども、30日以上、タービン動を駆動する蒸気は供給できると。直流電源につきましては、24時間で枯渇をしますが、直流電源が枯渇する前にタービン動給水ポンプの起動速度制御ピストン油圧供給電磁弁のバイパスラインをあけることでタービン動補助給水ポンプの運転は継続できる。蓄圧タンク出口弁の閉操作、これにつきましては、1次冷却材圧力が1.7MPaになった時点でアキュムレーター出口弁の閉止が必要になりますけれども、このときは一時的に電源車、こ

れを使ってアキュムレーター出口弁の閉止操作を実施するという対応できると評価をしております。

続いて、7ページ目、RCPシールですが、RCPのシールにつきましては、290℃での耐熱Oリングの試験結果がございますので、このシナリオではそれよりも約7時間で208℃、26時間後には170℃まで温度が下がるということで、試験結果よりもよりマイルドな条件になりますので、RCPのシールLOCAは起きがたいという評価をしております。

続いて、水源ですが、これにつきましては、復水ピット、その後、ナンバー3、淡水タンクからの供給、ナンバー2、淡水タンクからの供給、最終的には、送水車を用いた海水での供給という手順で、いわゆる技術的能力の中で審査いただいた対応で水の補給をしていくということで考えております。

最後に、計装系の確保ですが、これについては直流電源が喪失した後はSA設備であります可搬型の計測器を使ってRCS蒸気発生器の水位、圧力等のパラメーターの監視をすることができるといふふうに考えております。

PWR側の検討は以上になります。

○石渡委員 続けてお願いします。

○岩田室長代理 電源開発の岩田です。

資料4-3で、これまでの電力による火山影響の取組について、御説明いたします。

まず、原子力発電所火山影響評価指針JEAG4625なんですが、2ページ目ですね。電力がこれで火山について取り組んできたところをちょっと簡単に御説明します。

右下3ページに、規格制定動向という図表をまとめてございます。国内が上段ですね、海外が下段ということで、海外はIAEAのガイドラインということで、IAEAは2005年に検討を着手して、既に2012年に制定していると。同時期に国内でも上段の真ん中辺り、JEAG4625と書いていますが、検討着手は同時期にやって、2009年に一旦、立地側の評価について制定していると。それ以降は機械、電気品に係る検討を開始して、2014年にデザインベースの部分ですね、これを制定と。その後、重大事故等対処施設に対する対応手段等を追加して、また改定したと。この2015年版の改定のときに議論になったのが、今日も議論していただいておりますが、不確かさについて継続検討という形でJEAGの申し送り事項として記載していると。そのJEAGの下の下段に電力中央研究所のリスクセンターの取組が書いてございますが、ここについては、火山の不確かさをどう扱うかということ、リスクセンター側と協議して研究計画に反映いただき、2016年から研究を開始したということになっています。

右下4ページでございますが、JEAG4625の成果ということで、ここはあまりあれなんですけど、立地評価と機械の電気品評価と、これまでまとめたものを学会論文として発表しているということを記載しています。

次に、右下5ページでございますが、今までの説明は今の現状のJEAGなんですけど、さらなる高度化への取組ということ。先ほど申しました火山現象の不確かさについて、今

後課題として、以下の四つを整理して電中研さんと協議したというところです。1番、2番のハザードと空气中濃度は先ほど御議論いただいた内容です。3番が火山灰によるディーゼル発電機とか空調系のフィルター閉塞に係る詳細検討。それと今、電力さんのほうから説明のあった想定を超える火山灰に対する対応手順の検討、こういうものを課題として挙げていると。この中で、1～3番については研究要素が多いので、リスクセンターさんのほうで2016年から研究をしてもらっているという状況です。

もう少しブレークダウンしてまとめましたのが、右下6ページでございます。1～3の先ほどの課題に対してどう取り組んでいくかということで、ハザードはここに書いておりますけど、研究文献等に基づくハザード研究とシミュレーション、先ほどの話ですね。あと、空气中濃度の現状シミュレーションというものによって空气中濃度と時間的推移ですね、これに係る研究をしていただいていると。一方で、フィルター閉塞に係る詳細検討ということをやっているんですが、この具体的な内容は、火山灰が侵入しがたい構造に係る研究ということで、吸気口の形状を模擬したフィルター試験装置を開発して検証していきたいと。あわせてシミュレーションによる検証もできれば視野に入れてやっていきたいと考えています。さらに、ちょっとここに記載していないですけど、このような試験装置を使ってフィルター交換に対する軽減対策をちょっといろいろ考えていこうと今考えています。その中には、例えば水噴霧で火山灰の侵入をどれだけ抑制できるかとか、ほかにもいろいろな方法が今提案されていますので、そういうところも並行して確認していきたいと考えています。最終的には、火山PRAのほうにつなげていきたいという計画でございます。

7ページ以降は、先ほどから議論していただいた不確かさに対するところを地震と対比して参考的にちょっとまとめたものなので説明はちょっと割愛しますが、右下10ページのところでこの想定を超える火山現象というものの、右下10ページの一番下のポツにちょっと書いているんですけど、空气中濃度の設定とかハザードの構築ってやはりそれなりに時間がかかるだろうと我々も認識しているので、そういうものを待ってから対応するのではなくて、先ほど申したフィルター軽減対策とか、ここに書いてある想定を超える火山現象に対しては設計基準対象施設のみならずSA設備も活用して対応する手順を検討していくということが重要なというふうに考えてございます。

説明は以上です。

○石渡委員 事業者側の説明は以上ですか。

○浜田副部長 はい、以上です。

○石渡委員 ありがとうございます。

もう実は予定時間をちょっと経過しているんですけども、せっかくですので少し議論はしたほうがいいと思いますので、済みませんが、4時ごろまでを目処に一応議論をさせていただくということでよろしいでしょうか。じゃあ、そのようにお願いいたします。

それでは、今の事業者側の大気中濃度に対するプラントの影響評価といった事業者の取組についての御説明について、御質問がございましたら、どうぞ。

更田委員。

○更田委員 短い時間で質問するの不可能なので、次回も続けてやらせてもらいたいと思いますけれども、資料4-1、まず、BWRのほうから。よくわかる説明ではあるんですけども、幾つか確認をしたいことがあって、収束シナリオ1、2についてはRHR1系統のケース、2系統のケースと1系統のケースということで、関心があるのは、収束シナリオの3番のほうで、これは、SBOにプラスアルファの条件を加えて評価してやってどうなるのかを見たらどうだろうという、これPもBもそういう感じになるだろうと思うんです。そのプラスアルファの部分はどうなるかという、降灰条件下での人の動きであるとか、作業の成立性、それからもう一つは、SBOにプラスだけでもGTGは多分使えないだろうと。それから、ここに電源車とかディーゼル駆動消火ポンプと出てくるけども、これも降灰中は使えないだろうと。同じ原理ですからね、ディーゼル駆動のものは。そうすると、これは、高圧の間はRCICやHPACで冷却しておいて、準備が整うというか、降灰が終わらないと減圧できないんじゃないかと思って、実際は。降灰が終わって、そしてDG等が使えるようになったら、減圧して低圧を使い出すと。そうなったら、代替系を使わなくても、もうRHRの運転ができるようになっていないか。だから、ここをディーゼル駆動消火ポンプとか電源車と書かれているのは、これは降灰が終わったらという話だけでも、結局、降灰が終わるまでは減圧できないと見るべきであって、24時間なのか、さらにもうちょっと長い時間なのかって、そういう考え方をとるんじゃないかと思うんですが、どうですか。

○松田グループ員 東京電力の松田です。

1点、確かに電源車とかGTGについて、火山灰に対してどれぐらい耐えられるかという知見は正直ないところがあるんですけど、DDFPにつきましては、建屋の中にあるというところもありまして、比較的使えるかなというふうに期待しているところではあります。おっしゃるとおりなので、水源が枯渇するまでは先ほど言った高圧注水系で粘るというところまで資料に記載させていただいた40時間はもつというふうなところで評価させていただいております。

○大山マネージャー 東京電力の大山ですけども、補足してですね、例えば、低圧にした上でMUWCを使いたいと、でも、MUWCには電源が必要だというときに、GTGは確かに外に置いてありますから使えないだろうと思いますけども、例えば、電源車をリアクタービルの大物搬入口のところに持ってくるですとか、いろんな工夫ができるかなとは思ってまして、ただ、その試験自体をきちんとやっていないのでどこまでがというのは言えないですけども、リアクタービルの大物搬入口とか、タービンの大物搬入口とか、ああいうところに持ってきて使うという作戦もあるかなとは思っています。

○更田委員 ちょっとぜひやっていただきたいと思うのは、ルーバー等々だってDFという言葉を使うのがいいかどうかわからないけれども、2倍だとか1桁ぐらいはすぐに稼げるだろうと思うので、そうすると、例えばGTGが使えれば容量的には非常に大きなメリットがあるので、工夫の余地はあるけれども、今のところまだ評価していませんと、そういうこと

ですよね。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ、山元先生。

○山元総括研究主幹 フィルター試験なんかは、私も実際火山灰を使って、実際に試験した経験はあるのでいえば、やはりこの常識的ですね、 $1\text{g}/\text{m}^2$ でアウトになるであろうということは、恐らく普通のことだとは思いますが。その試験で言うと、この程度の降灰濃度の噴火というのは非常に頻度の高い検証で、いとも簡単に超えてしまうようなものが多々あるだろうと思わざるを得ないというところで、やっぱりフィルターは、私も試験やった感覚で言うと、もう入ったらおしまいだと思うんですよね。これは多分プレフィルターとか、いろいろ組み合わせで実際火力なんかを使っているところで、プレフィルターで何か工夫をしないことにはだめだろうと思うんですよ。今の状態、何もしていないような吸気ルーバーじゃなくて、吸気ルーバーのほうにこそ何か仕掛けをつくらないことにはフィルターはもう入ったらだめだとは、私のやった試験の感覚ではそういうふうに思っています。

あと、車なんですけども、基本的に 1cm も積もれば車の移動はほとんど不可能ですから、やっぱり何か電源車を持ってくるというふうなことを言われても、非常にそれは無理じゃないのかと思いますね。

以上です。

○川村原子力設備管理部長 東京電力の川村です。

フィルターに関しては、確かにまだまだ検討の余地があると思っています。今現在の知見という点ではそこが十分でないということで、今回はそこにクレジットをとらないような評価していますけれども、これはまだまだ考える余地が確かにあろうかと思っています。

それから、車につきましては、こういう事態が想定される時にあらかじめ、あるいはその初期の段階で原子炉建屋の中にもう既にそういう電源車を配備してしまうとか、そういう手だては打てるのではないかというふうに考えています。

○石渡委員 いかがですか、よろしいですか。

○吉永チーフマネジャー 関西電力の吉永ですけども、車の移動に関して、国交省の九州地方整備局のほうで実際に車でどれぐらいの火山灰の層厚まで移動できるかというような試験をやられたデータというのがありまして、4駆であれば 10cm 相当でも登坂できるというような結果が出ているようです。2駆であれば、 5cm 程度までは十分走れると。要は、かなり高速で走るのは無理ですけども、時速 10km 、 20km ぐらいで走っていくということであれば十分走行できるというようなデータもあるので、実際には重機で除灰をした後で、その重機で除灰した後ろをついて車を移動させるという形になると思いますけども、そういうことで実際に移動できるのではないかというふうに考えています。

○山元総括研究主幹 私が 1cm と言ったのは、あれですよ、新燃岳が噴火したときの道路途絶が大体 1cm で全部だめだったので、そういう実績から言っただけです。多分除灰しないとどうしようもないんですけども、本当に降灰中に除灰ができるのかどうかというところが全

てだとは思いますが。もっともあれです、いきなり噴火しても施設に来るまでリードタイムはありますから、そうしたら、おっしゃるように、降る前に配置を考えるというのは、それがもっともな方法だと私も思います。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ。

○村上審査官 規制庁のBWR担当の村上と申します。

ちょっと今、この非常用DGの運転のフィルターの交換の説明については、ある程度これは安全設計の観点からの説明をされていると思います。

ちょっと実態をつかんでおきたいんですけども、ここでいう、おそらく想定される設計風量というのは、これを下回ると即、非常用DGのシリンダーに空気が送り込まれなくなって停止してしまうのか、それともちょっとこの図面を見ると、ものすごくぎっくりしているものなんじゃないかと思うんですけども、ちょっとその定量感というか、知りたいんですけど、いかがでしょうか。

○松田グループ員 東京電力、松田です。

資料の詳細のところのワードのところの2ページのところ、非常用換気空調系の一覧というのを付けております。おっしゃるとおりでして、これのちょっと表が小さくて見づらくて恐縮なんですけど、DG(A)の非常用吸気処理装置というところの横からですね、吸気のDGのみという、要は結果から言いますと、こちらのバグフィルターにつきましては、4,250というのが1万当たりの定格風量でして、それに実際のDGの吸気につきまして、DGの部屋を冷やさないといけないという観点もありますので、約3分の2ぐらいの吸気量で事が足りるというところにはなっております。

○村上審査官 規制庁の村上です。

わかりました。そうすると、非常にぎっくりとした数字であつてと。もっと言うと、これ、例えば吸気ルーバーのところを完全に塞いじやったとしても、ディーゼルエンジンの吸気なので、今ちょっと冷却の話もあつたんですけど、建屋の換気空調は生きているか死んでいるかはわからないですけど、建屋の中にとりあえず空気があれば、吸ってしばらくは運転できそうな気がするんですけど、ちょっとこれは実態の話として理解しておきたいんですけど、その辺のフィージビリティはいかがなんでしょうか。

○松田グループ員 東京電力の松田です。

完全に閉塞させた状態で運転しているという実績というのは当然ないんですけども、建屋の中の空気を吸気管が建屋の中にあるとして、建屋の中の空気を吸うこととなりますので、ある程度の、完全閉塞かどうかという議論はあるかもしれないんですけど、ある程度の猶予はあるというふうに考えております。

○村上審査官 理解できました。

以上です。ありがとうございました。

○石渡委員 ほかに。

どうぞ。

○迎企画調整官 規制庁の迎です。

申請のときの資料を拝見させていただいたんですが、今、フィルターのところはフォーカスされていますが、実際その資料を見ると、ほかにも何か閉塞をしそうなところが幾つかあって、それらに関しては、あまり濃度という観点がないような、評価に当たって観点がないような気がします。実際に例えば海水ポンプの軸のところでしたっけ、に、何か異物を逃がす機構があるから大丈夫だという評価なんですけど、濃度が高くなるとやっぱり一遍に来る量が増えますので、そういったところの観点でやっぱり本当に問題はないかみたいなの、そういったところの確認というのはされているのでしょうか。

○吉永チーフマネジャー 関西電力の吉永です。

海水ポンプの軸受けの部分につきましては、排出されるという話と、それから火山灰の性質そのものでかなりやわらかいというか、実際にメタルタッチのところでは異物になるようなものではないというところで濃度が濃くなっても海水ポンプの軸受け等への影響はそれほどないというふうに考えています。

それ以外の設備ですね。これは換気空調等で外気とつながっている部分なんかがありますけども、そういったところについては、安全系の補機室の空調なんかは外気取り入れをしますんで、そこは塞がってくれば一旦閉塞にはなりますが、温度上昇等の前にここにありますようにDGのほうが時間的に苦しくなってきますので、そういった意味で、やっぱり一番クリティカルなのはDGになるだろうということでこのDGを評価してございます。

○石渡委員 よろしいですか。

ほかにございますか。

どうぞ。

○更田委員 先ほどBWRのほうに伺いました。PWRについてもほぼ同じで、一番厳しい条件でいえば、SBOのシナリオが参考になるだろうと。ただ、SBOのよりも少し時間であるとか条件に対してプラスアルファが大分あるだろうと。ここに例えば送水車と書かれているけども、送水車が本当に使えるかどうか確認をするかどうかということだし、それから、復水ピットへ海水を入れると言うけれども、本当に2次側とはいえ、海水を入れるという判断をするのかどうか。さらに海水だっていっぱい灰が降っているところで海水を取ってきて、その海水を2次側に突っ込みますかというのは、本当かなという気がするんで、それは、もしやるならこれを確認する必要がある、このシナリオを確認する必要があるんだっいたらはっきり聞きたいところではあるし、少し何でもかんでも書いてあるけど、本当にやる気なのかなというところはあると思うんですが。

○吉永チーフマネジャー 関西電力、吉永です。

まさしくおっしゃるとおり、最後海水を入れるというところは2次系とはいえ、それなりの覚悟が要ると思うんですけども、今ここで、水源の評価はちょっと簡易的な評価をしていまして、最初、復水ピットを使うタイミングでの崩壊熱、ここで約1,000m³で18.7時間、

これの比例計算でナンバー3の淡水タンク、ナンバー2淡水タンクの供用期間を今時間的に計算していますので、実際にナンバー3淡水タンクの4,000m³の水を供給するタイミングでは崩壊熱がかなり下がってきています。これはストレステストのときの評価でいくと、これよりさらに少ない2,700m³のタンクでの供給で2週間以上供給し続けられるという結果が出ていますので、多分詳細評価をすればナンバー3、ナンバー2の淡水タンクで1カ月以上対応できると考えています。なので、最終的な海水のところに行くまでには余裕があるのかなというふうに考えています。

○更田委員 詳細評価という言葉がふさわしい言い方か、もう少し現実的な評価があるだろうなと思って。それにさらに降灰が始まってどうにもならなくなったら炉を止めますって、まさかそんな判断はしないと思うんですね。大規模な噴火が起きれば、それは程度によるかもしれないけど、炉停止から一定時間のリードタイムはあるだろうから、崩壊熱というか、残留熱のレベルも一定程度想定ができるだろうしということで、随分保守的な評価をしていますとか、ある条件には実際はあるけども除いてありますというところがあまりに多過ぎるんだけど、かえってそうすると、どのぐらいのものまで耐えられるかというのを見失ってしまうところがあるので、試験も必要かもしれないし、詳細な検討は必要かもしれないけども、やはりあるべき、例えば吸気に対する降灰の取り込み等々についても、最も保守的な評価をしましたという主張をされるのではなくて、やはりある種、主張を持ってより現実に近づけたものをしていただかないと、こちらもとんでもないことは考えたくないものですから、できるだけリアリティーのある評価を示していただきたいと思いません。

○藤井原子力技術部長 関西電力の藤井でございます。

御指摘を踏まえまして、次回にはもう少し現実的な評価というか、精緻な評価のものに置きかえたもので提出させていただきたいと考えます。

○石渡委員 もう大分時間が過ぎて、そろそろまとめる時間になったと思うんですが、よろしいでしょうか。また次回、その次もですね、議論が続きますので、今日のところは一応この辺にさせていただきたいと思えます。

この火山灰の件は、これは理学的な分野と工学的な分野と両方にまたがっているもので、こうやって両方の専門の全く違う人たちが集まって議論をしなければいけないところですので、なかなか時間どおり終わるとするのが難しいと思うんですけども、御協力をいただきましてありがとうございました。

何か全体を通して、最後どうしても言っておきたいというようなことがございましたら、一つ、二つ。よろしいでしょうか。

それでは、特にないようでしたら、以上で議論を終了いたします。

次回会合の日程は、追って事務局から調整、連絡させていただきます。4月の下旬ごろというようなお話でしたが、またそれは追って連絡をさせていただきます。

以上で降下火砕物の影響評価に関する検討チームの第1回会合を終了いたします。どうも

皆様、ありがとうございました。