

第10回プラント安全技術検討会

議事録

1. 日時

令和2年10月15日（木）13：30～15：49

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室B・C・D

3. 出席者

外部専門家

北田 孝典 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻教授

五福 明夫 岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科教授

山路 哲史 早稲田大学理工学術院先進理工学研究科准教授

専門技術者

新井 健司 東芝エネルギーシステムズ株式会社磯子エンジニアリングセンター
原子力安全システム設計部担当部長

梅澤 成光 MHI NSエンジニアリング株式会社技師長

溝上 伸也 東京電力ホールディングス株式会社福島第一廃炉推進カンパニー
福島第一原子力発電所燃料デブリ取り出しプログラム部部長

原子力規制庁

遠山 眞 技術基盤課長

萩沼 真之 技術基盤課企画官

佐藤 勇輝 技術基盤課 技術研究調査官

田口 清貴 安全技術管理官（システム安全担当）

梶島 一 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

大川 剛 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

藤田 達也 システム安全研究部門 技術研究調査官

笠原 文雄 システム安全研究部門 技術参与

4. 議題

- (1) 令和2年度 安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価
(プラント安全技術 事前評価)
- (2) その他

5. 配付資料

名簿

- | | |
|-------|--|
| 資料1 | 原子力規制委員会における安全研究の基本方針 |
| 資料2 | 今後の研究評価の進め方について(抜粋) |
| 資料3 | 「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」について |
| 資料4 | 研究計画(案) <ul style="list-style-type: none">・ 火災防護に係る影響評価に関する研究(フェーズ2)・ 核特性解析における最適評価手法及び不確かさ評価手法に関する研究 |
| 参考資料1 | 研究計画(案)説明資料 |

6. 議事録

○遠山技術基盤課長 それでは、定刻となりましたので、第10回プラント安全技術評価検討会を開催いたします。

私は、規制庁技術基盤課長の遠山でございます。

本日は、皆様、お忙しい中この検討会に御出席いただきまして、ありがとうございます。

今回の技術評価検討会では、令和3年度から開始する2件の安全研究プロジェクトの事前評価を、研究手法あるいは成果の取りまとめ方法などの技術的な妥当性について、専門家の皆様から様々な助言を頂きたいと考えております。どうぞよろしくお願いいたします。

○萩沼企画官 規制庁技術基盤課企画官の萩沼です。

本検討会では、主査を設定してございませんので、事務局として、私のほうで議事進行をさせていただきます。

なお、本日の会合は、新型コロナウイルス感染症対策のため、テレビ会議システムを利用しております。一般傍聴については、傍聴席の間隔を空け、席数を限定して行っております。テレビ会議システムを使っておりますので、音声等、聞きづらい点等が説明のときにございましたら、御遠慮なくおっしゃっていただければと思います。

それでは、まず、委員の先生と専門技術者の方々を御紹介させていただきます。

本日は、委員として、大阪大学の北田先生、岡山大学の五福先生、早稲田大学の山路先生に御出席を頂いております。また、専門技術者として、MHI NSエンジニアリング株式会社の梅澤様、東京電力ホールディングス株式会社、溝上様、それから、東芝エネルギーシステムズ株式会社の新井様に御出席いただいております。新井様につきましては、器材の関係で、音声のみということにさせていただいております。よろしくお願いいたします。

それでは、まず、事務局より本日の資料の確認をさせていただきます。

○佐藤 原子力規制庁技術基盤課の佐藤と申します。

外部有識者の皆様には、議事次第、名簿、それから、本日の資料を事前にお送りさせていただいております。また、これらは原子力規制委員会ホームページにも掲載されております。

まず、議事次第、名簿と来まして、次に、資料1といたしまして、原子力規制委員会における安全研究の基本方針を御用意しております。次に、資料2として、今後の研究評価の進め方について（抜粋）を御用意しております。資料3といたしまして、「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」についてを御用意しております。資料4といたしまして、今回、事前評価の対象となります2件の安全研究プロジェクト、火災防護に係る影響評価に関する研究（フェーズ2）及び核特性解析における最適評価手法及び不確かさ評価手法に関する研究の二つの研究計画案を御用意しております。最後に、参考資料1といたしまして、本日の御説明で使用させていただく説明資料を御用意しております。

また、検討会委員の先生方には、技術的観点からのコメントを記載いただく評価シートを事前にお送りしております。

以上となります。

○萩沼企画官 それでは、資料はよろしいでしょうか。

よろしければ、事前評価に先立ちまして、評価の進め方等について、取りまとめました資料1、原子力規制委員会における安全研究の基本方針、資料2、今後の研究評価の進め方について及び資料3、「今後の推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」についてを、事務局より簡単に御説明させていただきます。

○佐藤 技術基盤課の佐藤です。

まず最初に、資料1、原子力規制委員会における安全研究の基本方針について、御説明させていただきます。

安全研究の基本方針は、安全研究の進め方に関する基本的な考え方、安全研究プロジェクトの企画と評価等についての基本的な方針をまとめたものです。安全研究プロジェクトの評価につきましては、基本方針の3ページに記載してございます。こちらでは、原子力規制委員会では、安全研究の的確な実施及び成果の活用を図るため、各安全研究プロジェクトの開始・終了等の節目において事前評価、中間評価並びに事後評価を実施することとしております。今回は、その事前評価を実施させていただいております。

今回の事前評価は、実施方針に従って計画された令和3年度以降に実施予定の新規の安全研究プロジェクトについて、当該分野の専門動向等を踏まえた成果目標及び研究手法、計画の技術的妥当性の評価を行うものです。これらの評価の中で実施する研究手法、成果の取りまとめ方法等の技術的妥当性評価については、外部専門家、ここでいます委員の皆様及び専門技術者の皆様から成る技術評価検討会を開催し、御意見及び評価を頂くこととしております。

具体的な評価の内容につきましては、資料2、今後の研究評価の進め方についてを御覧ください。

3ページに事前評価について、評価手法、評価項目及び評価基準が定められております。6ページの図1を御覧いただきますと、評価の全体概要をお示ししております。左から事前評価、中間評価、事後評価とございます。

評価の視点といたしましては、三つ。目標・成果の適切性、技術的妥当性、研究の管理とございますが、本検討会では、このうち、技術的妥当性について、御意見及び評価を頂くこととしております。

具体的には、本技術検討会におきまして、主に、次の四つの観点での評価及び御意見を頂戴したいと考えております。一つ目、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。二つ目、解析実施手法、実験方法が適切か。三つ目、解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。四つ目、重大な見落とし、観点の欠落がないかの四つでございます。なお、頂いた御意見、評価結果につきましては、原子力規制庁が行う総合的な評価に活用させていただきます。

このように、技術評価検討会の位置づけや進め方を御理解いただき、原子力規制庁が行う安全研究の評価に御協力をお願いいたします。

続きまして、資料3、「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」についてを御覧ください。

先ほどの資料1の基本方針において、委員会は、今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針を原則として、毎年度、策定することとしております。令和3年度以降の安全研究の実施方針は、横断的原子力安全、原子炉施設、核燃料サイクル・廃棄物、原子力災害対策・放射線規制等、技術基盤の構築・維持の五つのカテゴリーに分けて整理されております。

本日の検討会で事前評価といたします二つの安全研究プロジェクトは、御説明させていただき順番に、この資料の6ページの⑥として記載されている横断的原子力安全の分野に属するものと11ページの⑬として記載されている原子炉施設の分野に属するものとなっております。

最後に、外部専門家、委員の皆様をお願いさせていただき評価につきまして、御説明させていただきます。

外部専門家の先生方におかれましては、事前にお送りさせていただきました評価シート、こちらのほうに、先ほど御説明させていただいた四つの観点で評価の記入をお願いしたいと考えております。評価シートの御提出の締切りは10月21日水曜日までとさせていただければと存じます。

今回の技術評価検討会の評価を踏まえて、今後、原子力規制委員会に諮る予定としております。

本検討会での評価についての御説明は以上となります。

○萩沼企画官 それでは、評価の進め方等について、御質問、御意見等ございましたら、お願いいたします。

よろしいでしょうか。

それでは、令和3年度から令和6年度まで行われる予定の安全研究プロジェクトの説明をさせていただきます。

今回の事前評価の対象となる火災防護に係る影響評価に関する研究（フェーズ2）について、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ、システム安全研究部門の柁島主任技術研究調査官から説明させていただきます。

○柁島主任技術研究調査官 技術基盤グループ、システム安全研究部門の柁島と申します。本日はよろしくお願いたします。

それでは、火災防護に係る影響評価に関する研究（フェーズ2）の事前評価、資料について説明いたします。

2ページ目を御覧いただけますでしょうか。

こちらには、目次を示しております。背景、目的、研究の概要、研究計画の順で御説明させていただきます。

それでは、3ページ目をお願いいたします。

まず、背景についてですが、火災は共通原因故障を引き起こす起因事象の中でも重要な事象の一つであることから、様々な火災事象について、さらなるリスクの低減を図るための研究を継続的に行うことが重要であると考えてございます。

先行研究プロジェクトでは、高エネルギーアーク損傷、以下、HEAFと呼ばせていただきますが、HEAF試験を実施いたしまして、爆発現象の解明に必要なデータを取得するとともに、電気ケーブルの熱劣化や火災事象に係るデータの拡充と、それらの火災解析コードの整備を行ってまいりました。

新規プロジェクトにおきましては、これまでの知見を踏まえ、実機を模擬した試験ですとか解析、こういったものを行って、火災防護に係るガイド類の見直しの要否の検討に向けた試験・解析データ、知見等を拡充することとしております。

それでは、4ページ目をお願いいたします。

本プロジェクトの目的ですけれども、統合前のJNES時代から、火災防護に係る安全研究を継続して行っておりまして、そちらの成果も踏まえて、これまでの成果の活用により作成されたガイド類というのは、四つございまして、御紹介させていただきますと、まず一つ目といたしまして、アンダーラインを引いているところなんですけれども、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」、二つ目が「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」、三つ目が「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」、それから、最近のものとしたしまして、「高エネルギーアーク損傷（HEAF）に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」。こういった四つのガイド類というのを整備してまいりました。これらの見直し要否の検討に必要な技術的知見を取得するというのが、本プロジェクトの目的になってございます。どういうところを見直していくかということについては、(1)から(3)にそれぞれ示しております。

最初に、(1)HEAFの影響評価についてですが、HEAF事象というのは、2段階ございまして、第一段階目としての爆発現象、それに引き続き第二段階目としての火災、アーク火災の発生という事象が続きます。HEAFにおける火災の発生防止につきましては、もう既に規制対応がなされております。HEAFに関しましては、爆発についてまだ規制対応がされておらず、

残ってございますので、そちらの研究を実施するという事で、HEAFの爆発現象に係る試験データ、知見等を拡充することとしております。

(2)についてですがこれまで電気ケーブルに関しましては、ケーブル火災、特にケーブルの延焼等に着眼した研究を行ってまいりました。それらの成果は、すでに審査基準ですとか、内部火災影響評価ガイドに反映されております。一方で電気ケーブルの熱劣化につきましては、まだ対応ができておりませんので、その部分の研究を行っていくこととしております。

具体的に、電気ケーブルの熱劣化がどういう悪影響を及ぼすかということについてですが、加熱によって、例えば、計装・制御ケーブルですと、誤信号、誤作動の原因になったり、さらに加熱されると電気ケーブルの絶縁体が損傷することによる短絡ですとか地絡、混触（ホットショート）といった電氣的な不具合が起こり、原子炉の安全停止に影響を与えることが知られておりまして、そういったところを基準化していくために、電気ケーブルの熱劣化に関する研究を行ってございます。

それから、(3)の火災影響評価手法・解析コードの整備についてですが、今後の火災防護に係る規制の高度化に資する火災影響評価手法・解析コード等を整備するという事で、もう既に、こちらのガイド類には、火災影響評価手法ですとか、解析コードの記載がございますので、これらを拡充したり、さらにアップデートしていくという目的で、(3)の火災影響評価手法・解析コードを整備してまいります。

それでは、5ページ目、お願いいたします。

最初に、高エネルギーアーク損傷、HEAFの影響評価について、御説明いたします。

では、ページをめくっていただいて、6ページ目をお願いいたします。

まず、背景について、御説明いたします。OECD/NEA/FIREプロジェクトと最初出てきますけども、こちらのプロジェクトでは、原子炉施設に係る火災のデータベースを整備しているプロジェクトでございます。こちらのプロジェクトでは、炉心損傷に至る可能性の高い火災事象の一つとして、HEAFを抽出しております。

こちらのFIREプロジェクトのデータベースによれば、1975年から2016年の間に、原子炉施設で発生した火災、こちらのデータベースに載っている火災というのは比較的規模の大きな火災ですが、これが491件起こっておりまして、火災の原因を分析いたしますと、そのうちの62件、12.6%がHEAFによる火災であったとされております。日本では、2011年の3月に、女川原子力発電所1号機で起こった高圧電源盤火災を含め4件のHEAFが発生してお

ります。こちらの4件はこの62件の中に含まれておりまして、日本のHEAF事象データとして報告されております。

現在、OECD/NEAでは、国際共同研究として、HEAFのフェーズ2プロジェクトを推進しており、規制庁も参画してございます。

それでは、次のページをお願いします。7ページ目をお願いします。

背景の2番目なんですけども、こちらは、先ほど御説明したとおり、HEAF事象には、爆発とアーク火災がございまして、写真3には、アーク放電に起因する火災が載ってございまして、こちらのアーク火災の発生防止に関する規則等の改正ですとか、HEAF審査ガイドの策定については、平成29年に終了してございます。

写真2のアーク放電に起因する爆発に関しましては、今後、研究が進み、有効な対応策が確認された時点で、さらなる規制基準の見直しの要否の検討を行うこととされており、これに沿って、研究を行っているものでございます。

次のページ、8ページ目をお願いします。

先行研究の概要について、簡単に説明いたします。こちらでいう先行研究というのは、火災の規制対応が終わった後、したがって、平成29年以降にやったものを載せております。

まず、写真の4、5をご覧ください。写真4は電気盤を用いたHEAF試験、写真5は筐体を用いたHEAF試験です。HEAFの火災防護に係る規制対応を行った後、写真5に示す筐体を用いた要素試験を行ってまいりました。この要素試験の結果から、HEAFの爆発現象のメカニズムに関する知見を得ております。

図2を見ていただきたいんですけども、HEAFの爆発圧力とアーク放電時間との関係については、こちらの図に示しますように、HEAFの爆発圧力には、初期のスパイク的な圧力上昇とその後の安定的な圧力上昇の2種類が存在するということが分かりました。この初期のスパイク的な圧力上昇というのは、空気の熱膨張であるということが分かりました。また、その後の安定的な圧力上昇は、金属ヒュームの発生によるものが分かりました。このように、先行研究では、HEAFの爆発のメカニズムを解明することができてございます。

次のページをお願いします。9ページ目ですけども。

新規研究の概要について、説明させていただきます。

まず、二つの棒グラフが載っておりますが、HEAFの影響として、火災発生防止に係る規制対応前はオレンジの部分の爆発の影響と、赤の部分の火災の影響と、二つございました。

これが火災の発生防止に係る規制対応後には、赤の部分の火災の影響というのは、火災の発生防止対策が打たれましたので、なくなりました。火災の発生防止のためには、具体的には、アークエネルギーを小さくする必要がございます、アークエネルギー値を小さくすると、必然的に爆発自体の影響も小さくなってございます。従いまして、新規の研究の対象とする爆発の影響というのは、こちらの火災の発生防止に係る規制対応後の小さくなった爆発の影響のところでございます。この爆発の影響の原因については、先ほど爆発のメカニズムのところでも示しました空気の熱膨張と金属ヒュームの発生になります。

従いまして、新規研究での着目点といたしましては、表1に示しますHEAFの爆発現象における電気盤内外の熱・圧力の影響を整理していくこと、明らかにしていくこととございます。

先ほど説明いたしました空気の熱膨張と金属ヒュームによって影響を受ける場所なんですけれども、これは電気盤の中と電気盤の外になってございまして、それぞれこちらのマトリクスの中の圧力の影響とか熱影響、こちらを明らかにしていくのが新規研究の内容となっております。電気盤の外での圧力の影響、熱の影響範囲の一例は、図3に示しております。

特に爆発現象における影響範囲として、電気盤の外の空気の熱膨張の影響範囲ですとか、金属ヒュームの影響範囲、このあたりを明らかにして、HEAFの審査ガイドに反映していくこととしております。

次のページをお願いいたします。

次に、電気ケーブルの熱劣化評価について、お示しいたします。

次のページをお願いいたします。

まず、背景について、説明いたします。

先ほどより火災のデータベースの話が出てきていますけれども、原子炉運転中における火災事象というのは、その約半数が電気起因のものでございます。電気起因のものでございますので、必然的に関連するケーブルが熱によって損傷し、短絡・地絡・混触並びに誤信号発生等の原因になることが知られております。こちら先ほどお話ししましたように、原子炉の安全停止に影響を与える可能性が示されております。

現在、火災防護に係る審査基準及び原子力発電所の内部火災影響評価ガイドに関しましては、ケーブル自身の火災による延焼等に対応したものとなっております、火災時におけるケーブルの熱劣化ですとか、それに伴う絶縁低下などの電気的特性の不具合等に関し

ては記載されていないというのが現状でございます。

したがって、これらガイド類における記載の充実ですとか、見直し要否の検討に向けた準備のため、このケーブルの熱劣化試験データを取得すること、また、その評価手法を整備する必要があるというふうに考えてございます。

それでは、次のページをお願いいたします。

電気ケーブルの熱劣化評価について先行研究を行っておりますので、その概要について説明いたします。

先行研究におきましては、ケーブルの熱劣化試験の方法を検討するとともに、原子炉施設で使用されている幾つかのケーブルについて試験を行って、ケーブルの熱劣化に関する基礎的な知見を得ております。

図4には、原子力発電所用制御ケーブルの熱劣化試験結果の一例を示してございます。横軸が時間で、縦軸が絶縁抵抗になってございます。200℃から550℃までテストを行った結果、こちらの図4に示しているように、熱によって絶縁体が損傷し、絶縁抵抗が急激に低下するということが分かってございます。

図5に、ケーブル熱劣化に係るアレニウスプロットを示しています。横軸が温度の逆数、縦軸が時間の対数で示していますけれども、こちらのアレニウス式でプロットいたしますと、きれいな直線に乗って、この傾きから活性化エネルギーが求まるということが分かっております。

こちらの試験については、新品のケーブルで行っておりますが、このケーブルの熱による絶縁体の損傷速度がアレニウスプロットに乗るということで、実機のケーブル、例えば、30年とか40年使ったケーブルの絶縁低下度合なども、こういった研究を続けていくと、推定できるようになることも分かってございます。

次、お願いいたします。

13ページ目は新規研究の概要についてです。図6を見ていただきたいんですけども、火災時に加熱されるケーブルとして、幾つか挙げてございます。例えば、火災源の近傍ですとか、煙プルーム中、天井付近の高温ガス中、それから、ケーブルトレイの中、ほかにも電気設備につながっているケーブルとか、いろいろあるんですけども、いろんな状況にあるケーブルの火災時の模擬環境下における熱劣化試験ですとか、解析を行って、こちらの試験データ、知見等を拡充するとともに、このケーブルの熱劣化評価手法というのを整備していくことが新規研究の内容になっております。

それから、長期間使用したケーブルは、既に劣化しているんですけども、さらに熱劣化させ火災時模擬環境下における熱劣化挙動というのも評価していく予定にしております。

次のページをお願いいたします。

次は、火災影響評価手法・解析コード等の整備になります。

次のページをお願いします。

背景について、御説明いたします。

火災影響評価手法・解析コードの整備、これらは、技術基盤の構築・維持、それから、今後の火災防護に係る規制の高度化等に役立つことから、継続的な整備が必要であるというふうに考えてございます。例えば、火災防護に係る規制の高度化の例として、原子力発電所の内部火災影響評価ガイドにおいて、火災による影響を考慮しても、原子炉を安全停止するための火災防護対策が妥当であるかどうかを評価する手法というのが求められておりますので、火災影響評価手法・解析コード等を用いた事象進展の分析ですとか、把握による火災防護対策の検討ですとか、火災リスクの高い区域での火災影響の詳細解析というのは、安全停止の確認等に有効なツールになるというふうに考えてございます。

それから、(1)、(2)のHEAFの影響評価と電気ケーブルの熱劣化評価について御説明いたしましたけども、こういった研究でも、こちらの分析ですとか、詳細解析にも非常に有効なツールになるというふうに考えてございます。

次のページをお願いします。

こちらの火災影響評価手法・解析コード等の整備で、先行研究の例について、一部示させていただきます。

例えば、図7にはケーブルの火災解析モデルを示していますが、実機解析に必須な技術でありながら、現状、解析モデルの妥当性が十分に確認されていないケーブル束等の解析モデルの整備を行ってまいりました。

図7は、水平多段ケーブルトレイ火災試験等を対象に同モデルを適用した結果になってございますけども、こちらの試験に関しましては、OECD/NEAのPRISMプロジェクトというのがございまして、そちらは、火災試験をやって、その解析コードの妥当性確認とかを行っているプロジェクトですけども、こちらの試験データを用いて、各国、解析しております、規制庁も解析してございます。その結果、ケーブル束の空隙率ですとか伝熱面積、それから伝熱モデル等のパラメータの組合せによって結果が大きく異なるなど、まだ実機への適用にはさらなる検討が必要であるという知見を得ております。

それから、ケーブルの燃焼過程のモデル化も重要となるために、ケーブルの熱分解特性等化学反応に基づいたケーブル燃焼モデルの構築に必要なデータに関する技術的知見というのも取得しております。これは、どういったことかといいますと、ケーブルが燃える、ケーブル火災の場合に、ケーブルが直接燃えるのではなくて、ケーブルの外皮ですとか絶縁体が熱分解して、その熱分解ガスには可燃性ガスが含まれていて、その可燃性ガスに火がついて燃えるという現象が起こっておりますので、こういった熱分解特性等の化学反応モデルを燃焼モデルに入れるために必要な試験等をやっております。

それから、実機解析への適用を目的いたしましたHEAFに関する爆発のモデル化を進めるとともに、その爆発現象に対応する解析コードの改良ですとか整備というのを新たに開始して、試験結果と解析結果との差異について確認しております。

次のページをお願いいたします。

この火災影響評価手法・解析コード等の整備におきまして、新規研究の概要について、説明させていただきます。

図8には、FDSコードを用いた例、図9には、AUTODYNコードを用いた例ですが、こういった幾つかのコードを用いまして、ケーブル火災ですとか、電気盤火災、可燃性液体火災、防火設備等の火災試験データ、こういったものを対象にして、検証及び妥当性確認を行って、解析コードの信頼性の向上を図るといのがございます。

それから、HEAFに関しまして、実機解析への適用を目的とした爆発現象等のモデル化を進めるとともに、試験結果と解析結果の差異について確認いたします。差異を踏まえて、爆発解析モデルの改良・整備を実施して、HEAFの爆発現象に係る解析コードを整備してまいります。

次のページをお願いいたします。

最後に、研究計画について、簡単に御説明いたします。

まず、(1)のHEAFの影響評価についてですが、R3年度は、空気の熱膨張、金属ヒュームの発生に係る試験を行います。R4年度は、実機を模擬した試験を行います。R3年、R4年で、OECD/NEAのHEAFプロジェクトのフェーズ2というのが大体終了いたしますので、それに合わせて、こちらの規制庁の研究も終了して、知見をまとめて、その後、HEAFの審査ガイドの見直し要否の検討を進めたいというふうに考えてございます。

(2)の電気ケーブルの熱劣化評価につきましては、R3年度は、火災源近傍のケーブル、R4年度はトレイ内のケーブル、R5年度は長期間使用したケーブル試験を行って、こちらも

知見をまとめて、ガイドに反映したいと考えております。

次のページ、お願いします。

最後に、火災影響評価手法・解析コード類については、こちらも、まず、ケーブル燃焼モデルの妥当性確認とか、R4年度はケーブル束のモデル化・検討と、R5年度は大規模火災の計算モデルとか手法の改良とかを行っていききたいというふうに考えております。それと、並行して、R3年、R4年に関しましては、実機解析への適用を目的としたHEAFの爆発現象等のモデル化、モデルの改良整備、こういったものを行っていききたいと思っております。

こちらの研究に関しましては、R5年度以降に、学会発表ですとか、論文作成、この三つの項目について、それぞれ行って、公表していききたいというふうに考えてございます。

説明は以上になります。

○萩沼企画官 それでは、質疑とさせていただきます。

質疑につきましては、最初に、まず、専門技術者の方から御質問、御意見を頂き、次に委員の方々から御質問、御意見をお願いいたします。

御発言の前に所属とお名前をおっしゃっていただきますよう、お願いいたします。

それでは、まず、専門技術者の方々から御意見をお伺いしたいと思いますが、御意見がある方、挙手をお願いいたします。

じゃあ、梅澤様、よろしくお願ひいたします。

○梅澤氏 MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリングの梅澤です。よろしくお願ひいたします。

まず、HEAFの影響評価に関してなんですけれども、シート9に新規研究概要ということ記載されていますけれども、圧力と温度の組合せというか、この空気の熱膨張、金属ヒュームの発生、電気盤内、電気盤外でマトリクス表に状況をまとめていくということなんですけれども、空気の熱膨張に係る影響把握試験と、金属ヒュームの発生に係る影響把握ということでは、単に圧力、温度の分布とかだけではなくて、電気盤の内外への設備の機能への影響の把握というものが必要と考えております。

この設備の機能への影響につきましては、圧力、温度の上昇というのが、ピークは大きくても短時間ということで、ピーク値だけでは決まらないのではないかとこのふうにも考えております。言い換えますと、設備の機能への影響を把握して、高エネルギーアーク発生時の設備の機能への影響度を推定できるパラメータと判定条件、こういったことを見いだすことが、今後のその評価や対策のためには必要ではないかというふうに考えております。

す。

こういったHEAFに対するフラジリティーについて、どのように考えておられるか、ちょっと資料から分からなかったので、御説明いただければと思います。

続けて、よろしいでしょうか。

電気ケーブルの熱劣化評価ですけれども、シート11に背景として記載されていますけれども、このケーブルの熱劣化試験を取得して、誤作動や電氣的な不具合が安全停止に悪影響を与えないかというのが目的だというふうにお話があったんですけれども、その熱劣化評価の結果を具体的にどのように使用することを想定されているのかというのを説明いただければと思います。例えば、仮な評価として、回路の解析を行って、防護すべきケーブルを識別するとか、もうちょっと具体的なイメージがあれば分かりやすいかなというふうに思います。

次に、火災影響評価の手法と解析コードの整備についてなんですけれども、シート17に新規研究概要として記載がございますけれども、ケーブル火災、電気盤火災、可燃性液体火災、防火設備等の火災試験データを取得してということが書かれてあるんですけれども、HEAFについては、最初の項目で試験されるということは分かるんですけども、HEAF以外の火災試験について、既に実施されているのか。あるいは、本研究か、その別途の研究で実施されるのか、そのあたりもよく分からなかったので、計画があれば、御説明いただければと思います。

あと、もう一点ですけれども、防火設備等の火災等のデータということなんですけども、具体的に防火設備等とは、何を示しているのかということと、何を目的とした試験を計画されているのかというのがちょっとよく分からなかったので、具体的な対象と、その目的は何かということをお説明いただければと思います。

以上でございます。

○ 梶島主任技術研究調査官 システム安全研究部門の梶島です。

四つの質問に回答いたします。

まず、HEAFの話で、9ページですね。それで、設備の機能への影響を評価するのも重要ではないかという御意見だったと思うんですけども、もちろん我々も非常にそれは重要だというふうに、まず考えてございます。それは電気盤の中、電気盤の外、どちらもあるんですけども、こちらの設備への影響度についても、何らかの手法を用いて、まず評価したいというふうに考えております。また、我々が、ここで狙っているのは、特に、電気盤の

外ですね、電気盤の外への影響、こちらの影響範囲、こちらを明らかにしていくことが重要だというふうに考えてございます。といいますのは、この影響範囲の中にもしあるのであれば、その範囲はHEAF対策というのが必要になってきますので、その範囲を決めることが非常に重要だというふうに考えてございます。

最初の質問は、設備の機能への影響評価も重要じゃないかということで、それは我々もそう考えてございます。

次に、熱劣化評価ですけども、熱劣化評価について、最終的に回路解析というお話が出てきましたけども、回路解析というのは念頭にございます、将来的な話として。今、日本では、この回路解析は規制としてやってございませませんが、米国でやられておりますので、もちろん、そういったことを念頭に、この研究も進めていきたいというふうに考えてございます。

それから、火災試験、これは、我々でこれまでにやった火災試験というのもございますし、今後、足りない部分は取得していくというのもございますが、我々は、OECD/NEAのPRISMプロジェクトというのに参加してございますので、そこでは火災試験、例えばケーブル火災試験ですとか、電気盤の試験ですとか、マルチルームの火災試験とかをやっておりますので、そちらのプロジェクト、主にそちらのプロジェクトから試験データ等は入手する予定にしております。また、我々自身でも、火災試験はやっていくつもりでおります。

それから、防火設備とは何を具体的にイメージしているかということについてですが、これは防火扉ですとか、ダンパーですとか、そういう隔壁に関するものです。最近、そういったダンパーですとか、隔壁が壊れるようなことが起きたという報告等もございますので、そういったものを念頭にしてございます。

以上です。

○梅澤氏 ありがとうございます。

○萩沼企画官 それでは、続きまして、東芝の新井様から御意見、御質問ございましたら、よろしく願いいたします。

○新井氏 東芝の新井です。聞こえますでしょうか。

○萩沼企画官 はい。聞こえております。よろしく願います。

○新井氏 東芝、新井です。

ありがとうございます。

それでは、ジェネラルな観点で一点で、それから、個別のテーマに関連して、二点申し

上げたいと思います。

まず、ジェネラルな観点ですけれども、今回のプロジェクトの目的として、ガイドの見直しの要否の検討ということが挙げられております。試験にしましても、解析におきましても、やはりそれらが実機の状況を代表できているのかどうか。模擬できているのかどうか。その代表性というのが重要なポイントになるというふうに考えます。例えば、試験で用いる盤の構造なども、圧力の影響等を考える上で非常に重要なポイントになるものと思います。ですので、そういう観点で、研究の進捗の過程で、研究の設備の設定ですとか、あるいは、試験条件の設定ですとか、あるいは、解析のモデルの構築などの、特に実機の模擬性の議論、検討のタイミングにおかれましては、産業界側の専門家等との意見交換を交え、進めていただきたいと。それを研究プロセスの中に位置づけていただきたいと思っています。

それから、試験の結果の評価におきましても、やはり産業界等との議論もよく進めていくという姿勢でやっていただければなというふうに思っております。

それから、個別のテーマに関して、二点申し上げますけど、まず、HEAFに関して、火災のリスクの低減というのは、各国共通のテーマですので、国際的に連携するとか、あるいは、先行している米国等の研究事例、成果を活用するということが非常に重要だろうというふうに考えています。HEAFに関しては、OECDとも協力して、規制庁さんが進めていらっしゃるというふうに理解していますけれども、ちょっと説明の中でもございましたが、OECDのフェーズ2のプロジェクトというのが、パワーポイントでは2021年に終了というふうになっています。それから、一方で、規制庁さんのHEAFに関するフェーズの研究というのが2021年度から開始するというのでございますので、この規制庁さんの出される成果というのがOECDのプロジェクトとどのようにリンクしているのか。国際的にどのように議論されて、評価が活用されるのかということを確認にされてはどうかと思っています。

それから、最後ですけれども、ケーブルの熱劣化に関しては、先ほど、梅澤さんの質問の御回答の中にも若干ございましたけども、もう一度、確認させていただきたいんですが。火災時のケーブルの機能維持に関しては、NRCの試験等でもラッピング材の効果というのが確認されて、対策として位置づけられていると理解しておりますけれども、そういう状況の中で、今回、さらに試験研究を継続されるということの目的といたしますか、意図といたしますか、そのあたりを詳細に説明していただければと考えています。

以上でございます。

○ 梶島主任技術研究調査官 システム安全研究部門の梶島です。

それでは、大きく三つの御質問があったと考えておりますので、一つずつ御回答させていただきます。

最初に、火災試験に対しまして、実機を模擬していないんじゃないかというような、そういう御質問だったと思うんですけども、例えば、HEAFに関しましては、我々、最初にやっていたのは、実際の電気盤を使った試験です。それをやった後に、火災に関しましては、規制対応できましたので、今度は爆発に特化するということで、筐体の試験を行っているわけです。実機を用いた試験をやっておりますので、ちゃんと実機を反映しているということと、あと、模擬した場合に関しましては、我々は実機の情報を得て、それを電気盤だと、やはり本物だと、あまり何回も試験できないものですから、主要なパラメータは全て模擬してやってございます。

なぜ、HEAFは筐体の試験をやっているかということについて、簡単に説明させていただきますと、実機でやりますと、例えば、爆発のデータがちゃんと取れないなどのいろんな問題がございまして、やはりそこは簡略化した筐体を用いて試験をやっているという状況でございます。ケーブルにつきましても、実際のケーブルですとか、トレイに入れるときのトレイに関しても、実際のものを使ってやってございます。

それから、産業界との意見交換をぜひお願いしたいということで、御提案があったんですけども、それはこちらのほうも、そういうふうにはいるところなんですけども、なかなか、現在、そういう状況ではないというのが実情でございます。ですので、今後、そういう産業界と意見交換しながら、研究は進めさせていただければ、こちらのほうもありがたいというふうには考えてございます。

それから、HEAFに関して幾つか質問がありまして、まず、OECDのフェーズ2と何か終了年度がちょっと合わないのではないかという御質問、御指摘があったと思うんですけども、OECDのHEAFプロジェクトのフェーズ2の終了時期というのは、2021年12月に一応なっているんですけども、実際、試験が遅れております。もともと試験が遅れていたというのと、今、コロナでさらに試験が遅れて、さらに1年以上遅れることだけは明確になっているんですけども、それがいつ終わるかというのはまだ決められていませんので、当初の終了時期である2021年12月ということで書いてございます。

それから、OECDのHEAFプロジェクトと協力しながらやってございますし、OECDのフェーズ1の試験よりも我々は先にアメリカで試験をやっております。我々のJNES時代にやった

試験が、ひな形になって、OECDのフェーズ1の試験が実はやられております。現在も同じ試験場で、基本的に我々が最初に検討した試験のやり方で、OECDのHEAF試験はやられているというのが実情でございます。

それから、このHEAFに関しましては、OECD/NEAのHEAFプロジェクト加盟国は、9か国あるんですけども、その中で、規制対応をやっているのは日本だけでして、このHEAFに関しては、日本が先行してやっているという状況でございます。現在、日本は火災の対策が終わっているので、爆発に特化した形でやってございますが、OECDのHEAF2プロジェクトの今やっているプロジェクトは、爆発と火災も全部含めて試験・評価するということになってございます。従いまして、フェーズが違うというのと、OECDとはもともと協力してやってございますし、OECDの試験自体が、我々と同じ場所で同じようにやっているという状況でございます。

それから、ケーブルの熱劣化については、アメリカのほうが非常に進んでおりまして、アメリカは、もういろんな火災試験をやっております。我々はアメリカのケーブルのデータを使いたいので、日本製のケーブルを使って、まずは、アメリカのデータを使えるようなところの試験をやっております。また、内部でもケーブルの熱劣化の知見に関して、規制ニーズがございまして、具体的には検査部からあるんですけども、それは検査するときに、やっぱり熱劣化しやすい、弱いケーブルから検査したいということで、検査の優先順位をつけるために、やっているものでございます。

以上で回答を終了いたします。

○新井氏 ありがとうございます。

ぜひ、産業界と意見交換するのをやっていただければなというふうに思いますので、お願いいたします。

○萩沼企画官 それでは、東京電力の溝上様、何か御質問、御意見ございますでしょうか。

○溝上氏 東京電力の溝上でございます。

一部重なってしまうところがございますけれども、四点ほどコメントさせていただければと思います。

まず一点目なんですけれども、御説明の中、そして、質問等のやり取りの中で、OECD/NEAの話が幾つか出てきておりますけれども、HEAFについては、日本の知見も生かした実験をやられていると。PRISMというのが説明の中で出てきたと思いますけれども、実際の火災みたいなものを模擬した試験をやっているというような話で、こういった国際協

力化するものとししないもの、先ほど、ケーブルの熱劣化の話については、日本製のものを使いたいという背景があるという御説明があったんですけども、どこまで国際協力で、共通で見ていく。規制庁さんとして、独自の試験をやっていくというところは、考え方も含めて、どういう領域を誰が実験していくんだというのを見せていただくと、より理解が進むんじゃないかなというふうに考えてございます。

二点目なんですけれども、ケーブルの熱劣化のところ、経年劣化についても、アレニウス型で整理できるので、そこもやれるのでは、評価できるのではないかという御説明だったんですけども、実験としては、熱劣化をやって、経年のほうは実験等をしないということでございますかというのが、二つ目の質問でございます。

三つ目で、評価手法・解析コード等の整備のところ、組合せによって結果が異なるので、実機への適用にはさらなる検討が必要だという御説明があったんですけども、そもそも組合せによって結果が異なるというのは、解析コードの結果として、おかしい挙動が見られるということなのか。それとも、物理的には正しい結果なんだけど、それを正しく表現できているかがよく分からないというところなのかというのは、ちょっとよく分からなかったです。

つまり、御説明の中で、ケーブル束をモデル化というような話をされていましたが、このモデル化は体系の組み方、一方で、伝熱モデル等と言っている場合には、これは物理モデルなわけですね。そうして、ちょっと言葉の使い方が混乱しているところもあって、実際にやりたいモデル化というところは、どの辺を対象としていて、それこそ次の議題と関係するかもしれないんですけど、パートみたいな、どういうところで知見が足りないから、どこを埋めていくんだみたいなのがもうちょっと見えやすいようにしたほうがいいのではないかなというふうに感じております。

最後、四点目ですけども、研究のスケジュールのところなんですけれども、いずれの(1)、(2)、(3)についても、三年目で学会発表等、四年目で論文公表等というふうにあるんですけども、これは最終的には審査ガイド等に結びつけるというふうに認識をしているんですが、学会発表と論文公表というところだけで、実際に適用するガイド類が適切かどうかということというのは、必ずしも十分かというところがありますので、先ほど東芝さんからもあったんですね、産業界と意見交換をすとか。結果の妥当性については、もうちょっといろんな方面からの意見を取り入れるというふうにしたほうがいいんじゃないかなというふうに考えてございます。

私のほうからは以上です。

○椋島主任技術研究調査官 ありがとうございました。

それでは、四つ御質問があったと思いますけれども、三つは私のほうから回答いたしまして、残り一つは、笠原のほうから回答させていただきます。

最初に、OECDのお話がありまして、どういう基準でこういったプロジェクトに参加しているのかという御質問だったと記憶しております。現在、このOECDの火災関係のプロジェクトというのは、三つございまして、全てに参加しているというのが実情でございます。といいますのは、研究者の人数とか、予算といった問題で、やはりこういった国際共同プロジェクトに参加したほうが効率的に行えますし、各国の意見、各国の知見等も反映できますので、そういった観点で参加しております。従いまして、OECDの火災のプロジェクトには全て参加していて、それは非常に火災の研究を進める上でプラスになっていて、効率的に行えるので、全て参加しているというのが回答でございます。

それから、ケーブルの熱劣化のご質問について、熱劣化したケーブルの試験をやるのかという御質問だったと思いますけれども、実際に実施する予定でございます。二つやる予定です。一つは、今、実機材というか、廃炉が進んでおりまして、そこから廃炉材ですね、そういったものを入手してやるというのが一点。ちょっとまだそれは計画で、まだ完全に計画化されていないんですけども、そういうことを考えています。それから、今、新品のケーブルでやって、アレニウスの反応速度に乗って、劣化速度というのが求まるということが分かっておりますので、わざと経年劣化させるために高温の状態にケーブルを置いて、非常に短い時間でケーブルを劣化させて、例えば、30年相当のケーブルというのを意図的に作って、それを経年劣化ケーブル相当として試験をやるということも計画しております。従いまして、実際に、経年化したケーブルに相当するものを作り出して試験をやるということ、もう一つは、実機材でやるということを考えてございます。

それから、最後の質問のスケジュールの話に関して、この計画表を見て、学会発表とか論文成果がR5年、R6年になっているように見えますが、この間、我々が学会発表とか論文の発表をしないのかというと、そういうわけではございませんで、過去にやったものをまとめて、R3年とかR4年に学会発表・論文で公表していく予定にしております。

それから、審査ガイドについては、研究成果をこういったものに反映しようと思っております。そのときは、産業界の方々から意見を聞く機会があると思っております。HEAFのガイドをつくるというか、HEAFの規制を取り入れた時には、かなり事業者側とディスカ

セッション、面談というのをかなり繰り返して、そのようなものが規制化のプロセスの中に入っておりましたので、今回も、HEAFの爆発ですとか、電気ケーブルの熱劣化ですとか、火災影響評価手法・解析コードの場合でも、規制化する前に、そういったものがあるというふうに考えてございます。あるというふうに考えてございますし、意見を聞く機会というのは、ほかの方法で意見募集とかもありますので、いろんな機会があるというふうに考えてございます。

それでは、解析コードにつきましては、笠原のほうから回答いたします。

○笠原 規制庁、笠原でございます。

試験のケーブル火災に関する御質問で、水平多段ケーブルの試験において、ケーブル束の空隙率とか伝熱面積、こういうものは形状に関するものであると。もう一つは、伝熱モデルというのは、これは物理モデルなのではないかと。これはどのようにしているかというお話だったと思いますが、現在、例えば5段トレイの試験をやると、実験データとして、熱リリースレートという結果が得られます。それを境界条件にして計算をやると、空間の温度分布などは非常によく、ある程度模擬できるんですけども、こういうやり方だと、実機への適用というのは非常に難しいと。それで、もともとのケーブルの燃焼を模擬して、実機に適用できないかということで、今、進めているところでございますけれども、ケーブルがきちんと積まれているわけじゃなくて、非常にケーブル自体が曲がって、ランダムに置かれているものですから、空隙とか、ケーブルが重なったりしているようなところをどうやって模擬しようかということで、隙間をパラメータにしたりとか、いろいろやって、その結果、結構、感度が出ているんですね。それで、どこかを、例えば、標準的な整列したケーブルを標準にして、形状はフィックスして、あと、物理パラメータで試験を模擬していくというような方向性がいんじゃないかと考えまして、今、そういうモデル化の検討を進めている段階でございます。

現状、伝熱モデルについても、使っている解析コードがいわゆる一次元の熱伝導モデルが平板のモデルとか、非常にモデルに制約がございまして、そういうところを今後、こちらでモデルをつくって、例えば、円筒のケーブルの半径方向の熱伝導を基準にしたモデルを作るとか、そういうことで押さえていこうと、そういうふうに考えております。

以上です。

○萩沼企画官 溝上様、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

○溝上氏 ありがとうございます。

最初のOECD/NEAの話は、どのプロジェクトに参加するかということではなくて、OECD/NEAのプロジェクトでは、どの範囲がカバーできて、我が国独自でやらなきゃいけないところはどこにあるかあって、それは、カバーできていないからですよというのは、その星取表みたいところがちゃんと整理されているかという意味でのコメントでした。

○梶島主任技術研究調査官 すみません。ちょっと間違えて受け取っていましたが。我々がカバーしなきゃいけない範囲がありまして、その中に、OECD/NEAのプロジェクトがもしあれば、参加しているということです。ですので、我々がカバーしている研究範囲というのは、OECD/NEAでやっているプロジェクトよりも広いです。その中に、NEAのプロジェクトがありますので、そちらに参画して、効率的に研究を行っているということでございます。

○萩沼企画官 よろしいでしょうか。

それでは、続きまして、委員の方からも御意見をお伺いしたいと思います。御意見ある方、挙手等をお願いいたします。

それでは、五福先生、何か御意見ございますでしょうか。

○五福教授 五福です。聞こえますでしょうか。

○萩沼企画官 はい。聞こえています。よろしくをお願いいたします。

○五福委員 私も、OECD/NEAの関係とか、それから、他産業の関係につきましては、どのような連携をされて、どういう分担をされるかということ、もう少し明確というんですか、意識しながら研究を進めていただければ、いい成果が出るのではないかなというふうに考えております。

それから、少し、規制の高度化というのと、それから、解析コードから出るデータですね、それがどういう関係にあるのかというのが、ちょっと私のほうでよく理解できなかったもので、幾つか質問させていただきたいんですけども。

一つは、どういうデータが出れば、今後の火災に関する規制の高度化につながると、そういうふうにお考えかということ。それが出るようなコードの作り方といいますか、そういうことを検討されているかどうかということについて、一つ、お伺いしたいということです。

それから、もう一つは、モデル化に関してですが、今日の御説明にはなかったんですが、資料のほうで確認しますと、たしか、これまでのモデル化では、ケーブルを四角柱でモデル化されておりますが、それは何か理由があるのでしょうか。普通、ケーブルというのは

円柱形かなという感じがしないでもないんですけども。あまり計算誤差が出ないということであれば、結構だと思うんですが、そういうことの理由をちょっとお伺いしたいと思います。

それから、あと、全体的な規制基準の考え方のところで、ちょっと私、理解が間違っているかもしれないんですけども、たしか、最初のHEAFのところで、火災の、じゃなくて、爆発現象については、まだ基準がないので、実験によって基準をつくるための知見を得るという、そういう御説明でしたけども、火災に関しては、何か防護対策に関する基準ができたので、そこはもう必要がないというような趣旨のことをおっしゃったように聞こえたんですが、HEAFに関しては、それを原因とするような火災は発生しないかもしれないんですけども、ほかの要因で火災ということも、ケーブルのところで考えられているようですので、やはり何かの基準というんですか、そういうものが保守的であっても、何か残しておいたほうがいいかなという感じはしたんですが、そのあたりは、どういうふうにお考えなんでしょうか。

よろしくお願ひいたします。

○梶島主任技術研究調査官 ありがとうございます。

四つ質問を頂いたというふうに思っております。

回答させていただきます。

まず、1番目の質問と4番目の質問は、私のほうで答えさせていただきたいと思います。解析コードについては、笠原のほうから回答いたします。

まず、産業界との連携、OECD/NEAも含めて、連携に関する質問だったと存じておりますけども、現在の我々の状況というのは、OECD/NEAのプロジェクト、これは積極的に参加してございます。それから、IRSN、フランスの規制機関ですけども、IRSNとはSTCを結んで、情報交換などを頻繁にやっております。それから、アメリカのNRC、こちらのほうも頻繁にやっていて、どちらかという、規制側、規制側の研究部門なり、規制部門とは連携してやっておりますが、産業界の方々との意見交換とか、そういうものに対しては、現在、私どもも少ないというふうには感じてございます。

研究側からすると、やはり産業界の皆さんの意見とか、そういういろんな知見ですとか、そういうものをこちらでも受けたいとは考えているところなんですけども、なかなかそういう枠組みというか、そういうスキームがないのが実状ですが、あればできると考えておりますし、我々としてはやりたいというふうには考えてございます。

それから、規制基準の考え方ですね。HEAFは火災の発生防止対策が終わったので、あと、爆発だけやっているけども、やはり電気盤とか、そういうものの火災も多いので、火災は継続して研究する必要があるのではないかという御質問だったと思うんですけども、それは、私どももそういうふう感じておりまして、今回は、火災といいますか、ちょっとデータベースのお話をしましたけども、電気設備の火災がやっぱり非常に多いです。ですので、電気設備の火災は、今後も引き続きやっていきます。電気設備火災があって、その中に、スペシフィックにHEAFというのがございます。先ほどのデータベースでいうと、HEAF火災は12.6%ですから、まずは、そこを潰して、それ以外の電気設備の火災の研究を、今後も継続していく予定としてございます。

○五福委員 ありがとうございます。

○笠原 規制庁、笠原です。

データの使い方、どういうデータが必要かというお話と、解析コードのモデルについて、御質問があったと思うんですけども。どういうデータが必要かということについては、今、参加しているPRISMEというOECDのプロジェクトからは、いろんな、いわゆる原子炉の建屋、部屋を模擬して、その中で油とかケーブルが燃えたときに、どのような温度になるかとか、あと、部屋の連結によって、連結した部屋で、どうやって煙が移動するかとか、そういうようなデータが得られていまして、そういうものをやはり解析コードでもって、ある程度抑えておかなければというところが今の課題でございます。

というのは、今後、火災PRAという手法の中で、ある部屋で火災が起きたときに、それがどういうふうに伝播して、影響していくかということシミュレーションして、その影響度を測るといような手法が取られて、火災モデルというものをつくって、そういう手法が取られることが必要だということで、そういうものに使われる解析コードというものを整備しておくというようなことが一つの目的でございます。

もう一つは、解析コードがケーブルは丸いのに、何で角柱であるんだという御質問だったと思うんですけども。今、我々が使っている解析コードというのは、一応、三次元の流動詳細コード、いわゆるCFDコードなんですけれども、米国でつくられたFDSという詳細コードがありまして、かなり世界各国で使われているコードでございます。その中で、ケーブルとか、もともとの伝熱モデルが一次元の、個体の熱モデルが一次元の平板のモデルというのが基本になっていまして、円柱のモデルというものもあることはあるんですけど、どうも中身を見たら、ちょっと使いにくいというか、信頼性がないということもございまし

て、現在、その辺を、先ほどの、配置の問題とか、それから、伝熱モデルを含めて、我々のほうで部分的にモデルをつくって、それを組み込んでやろうというアプローチを今しようとしているところです。

そういうところで、既存のコードの制約がまだあるということで、先ほどの回答になったわけですけども、今後、そこは改良していきたいと考えております。

以上です。

○五福委員 ありがとうございます。

○萩沼企画官 五福先生、よろしいでしょうか。

それでは、続きまして、山路先生、何か御意見ございますでしょうか。

○山路准教授 どうもありがとうございます。

二つか、三つぐらい質問させていただければと思います。

一つは、御説明があったとおり、火災にはもう既に大分対応されていて、規制も順次整備されているとしたときに、爆発から守らないといけないものというのは、火災から守らないといけないものとどう違うのかというのが、ちょっと素人的にはよく分からなかったところでして、教えていただければと思います。

二つ目は、この事業から得られる成果、いろいろあると思うんですけども、将来には、規制にも対応されると思うんですけども、産業界からの視点ですと、多分、事故対応とか事故基準とか、そういうものを計画とか推進するときにも役に立つんじゃないかなと思うので、そういう意味では、やっぱり産業界と情報の受け渡しとか、意見交換とか、は大事なんじゃないかなというふうに思いました。

あと、最後、三つ目は、やっぱり火災と爆発の違いとか、解析の視点でなんですけども、燃焼計算と爆発計算って何か違うような気がするんですけど、計算の、何というんでしょうか、求められている計算の計画というんですか、本日の御発表では、あまり解析モデルの中身の御説明というのはなくて、この事業ではそういったところも踏み込まれているのかなというのがちょっとよく分からなかったもので、教えていただければありがたい。

以上です。

○椋島主任技術研究調査官 ありがとうございます。

ちょっと聞き取りづらかったので、答えがちょっと違う方向になるかもしれませんが、すみません。最初の御質問は、例えば、HEAFの爆発で、守らなければいけないものは何かということによろしかったでしょうか。

○山路委員 はい。

○柵島主任技術研究調査官

例えば、爆発現象が起きて、その影響範囲というのが分かるとします。その範囲にあるもの、例えば、電気盤の上ですと、火災感知器ですとかそういうセンサー類になります。影響範囲にあるものに関しては、HEAFの爆発対策が必要になってくるということになると考えられます。まだ横だと、いろいろあると思いますけども。

それから、産業界との意見交換、情報交換ですとか、データのやり取りが重要だという御意見だったと思うんですけども、私もそういうふうに考えております。ぜひ、そういう機会を今後つくっていききたいなというふうに考えております。

それから、最後の御質問って、解析コードの話でしたでしょうか。

○笠原 解析コードに関することだとは認識していたんですけども、ちょっとディテールが不明だったんですが、解析コードのモデル、爆発モデルとか燃焼モデルに関する質問だったと思いますが、よろしかったでしょうか。

○山路委員 はい。燃焼については、もう十分にモデルが既にできていて、検証も進んでいるけども、爆発については、まだ十分解析できないというのが、今の最新の知見になるのでしょうか。

○笠原 現在、燃焼モデルのほうも、いろんな燃焼現象に関するモデルというのはいろいろありまして、現在、我々が適用しているのは、そのFDSという汎用コードの中で用いられている化学反応式に基づいて、そこにケーブルが燃えた場合に、どういうガスが出て、そのガスによって、炎が燃焼していくというようなモデルになっています。ガスのほうは、そういうモデルですけども、固体のほうの燃焼については、先ほどの熱伝導で、外側の炎から熱をもらって、熱伝導でケーブルの温度自体が上がっていくことで、そこはある温度でまた化学反応が起きて、ガスが出ていくと。そういうモデルを使って、今、計算してございます。

爆発のほうは、ちょっと、今、このFDSのコードでは爆発の解析は行っておりませんが、AUTODYNという汎用コードを使って、今、圧力のジェネレーションによる影響解析というものを実施していると。そういう段階でございます。

○萩沼企画官 よろしいでしょうか。

それでは、北田先生、よろしくお願ひいたします。

○北田教授 すみません。大阪大学の北田です。

皆さんと割とかぶると思うんですが、一言で言いますと、このプロジェクトというものが、全体計画の中で、どのような位置づけになっているかというのは、あまり見えていないというところがありまして、結果的に、このお示しいただいたフェーズ2の計画そのもので見れば、これでいいでしょうというふうに私は判断しているんですが。実際、例えば、このフェーズ2でおしまいになるのか。このフェーズ2の後ろがさらにまだ何か計画されようとしていくのか。また、実際、このプロジェクトの中では、HEAFの爆発だとか、熱劣化だとかというところが挙げられてはいるんですけども、それらが規制とかのほうに反映できていないので、知見を得るということを言われているんですが、ほかにももっと重要なものが残っているんじゃないのかなとか、そういうようなところがよく見えていない。ほかの方も言われていましたけども、重要度、ランキングテーブルだとか、何かそういうふうなところを踏まえて、この部分がまずはやるべきところとして、ピックアップされているみたい、そういうストーリーなところをお示しいただけるといいのかなと。

OECD/NEAでも、HEAFはあくまで火災の一つという挙げ方になっておりましたので、なので、じゃあ、ほかの火災のところは既に終わっているのかな、終わっていないのかなと。そういうふうなところもあまりはつきりしていなかった関係で、この計画、このまま進めていいんでしょうねというぐらいの、何かちょっと消極的なオーケーという形になってしまっていて申し訳ないんですけども、当然、そちらのほうでは、そういうことを既に検討されている上での御説明だと思っているんですけども、この場でも、そのような全体計画の中での位置づけというか、そのようなところをお示しいただければよかったかなという、半分感想になりますけれども、以上のようなコメントをさせていただきます。

○梶島主任技術研究調査官 はい。ありがとうございます。回答させていただきます。

まず、全体計画があるかどうかというお話ですけども、我々、火災の研究、こういうふうに進めたい、こういうふうにしようというのがあります。今回こちらに出しているものとして、HEAF、ケーブルの熱劣化、解析コードがありますけども、基本的にこちらの解析コードも、基盤技術の維持というのものもあるんですけども、このHEAFとかケーブルの熱劣化の解析のツールの整備になってございます。今回、HEAFとケーブルの熱劣化に関しては、庁内の規制ニーズになってございまして、こちらのプロジェクトでは、庁内の規制ニーズ、結果的なんですけども、規制ニーズのみやっております、なかなか火災全体が見えないというプロジェクトになっております。

それで、今回お示しした研究以外にも、ケーブルでしたら、やっぱりケーブル火災の研

究ですとか、例えば、外部火災だと森林火災ですとか、タンク火災ですとか、航空機の墜落火災とかいろいろな火災があって、そちらも高度化していきたいとか、もう少し研究をやっていききたいんですけども、なかなか優先順位という形で言いますと、やはり規制ニーズが高いものからやるということで、今回こちらのプロジェクトは、HEAFに関しましても、ケーブルの熱劣化にしても、規制ニーズのみということになってございます。

全体的な火災の研究、将来的にどうしていきたい、どういうふうにあるべきというものは持っております。ただ、今回お示ししているものは規制ニーズに特化した形になってございます。

以上でございます。

○萩沼企画官 はい。ありがとうございます。

それでは、1件目のプロジェクトにつきまして、それぞれの委員の先生、専門従事者の方から御意見いただきました。何かここでもう一回、何か確かめたいとか、御意見等ございますれば、受けたいと思いますが、よろしいでしょうか。大丈夫でしょうか。

それでは、1件目のプロジェクトにつきましては、これで終わりたいと思います。

続きまして、2件目のプロジェクトでございますが、これは令和3年から6年度まで行われる予定の安全研究プロジェクトです。核特性解析における最適評価手法及び不確かさ評価手法に関する研究ということで、原子力規制庁長官官房技術基盤グループシステム安全研究部門の大川主任技術研究調査官から説明させていただきます。

○大川主任技術研究調査官 初めまして、原子力規制庁システム安全研究部門の大川と申します。また、本日、同部門の藤田も同席させていただいております。

本日は、核特性解析における最適評価手法及び不確かさ評価手法に関する研究の事前評価説明になります。

本件は、将来の規制課題の関わる研究のシーズとなるような新規テーマになります。

内容につきましては、三次元詳細動特性解析コードの開発を含みます核特性の基盤研究に関わる、かなりチャレンジングな内容となっております。また、この研究をとおしまして成果を取りまとめるだけではなくて、若手研究職の育成も図りたいというふうに思っております。

次のページ、お願いいたします。

次のページに目次を示させていただいております。最初に背景、それから目的、研究の概要、それから研究の計画と、こういった内容で御説明させていただきます。

次のページ、お願いいたします。

最初に、まず背景ですけれども、原子炉内の詳細な体系、それから複雑な現象をリアリスティックに解析する解析コードを使用して、その不確かさの伝播を考慮したBEPUが世界的に今進められております。Best Estimate Plus Uncertaintyということで、まず、国外ではどういう状況かということですが、右の図にありますように、IAEAの安全基準ガイドが既に定められて提示されております。また、国内におきましては、原子力学会におきまして、その手法の基準が作成されております。また、規制に関わる部分といたしましては、プラントの安全対策の有効性評価で、上記のBEPU手法に基づく評価が申請される状況が予測されます。

次のページ、お願いいたします。

それでは、最適手法というのはどういったものかということで、ここに少しお示ししております。最適評価手法では、異常な過渡変化及び事故時の事象を精緻に把握し、実機炉心挙動を現実的な解析モデルを用いて評価することが可能なものということで、ちょうど、この右側にBWRの炉心の水平断面4分の1炉心をお示ししております。オレンジ色と緑色の正方形、大体BWRですと15cm程度かと思うんですが、これが、燃料集合体を簡易的にお示ししております。これまでの解析コードは、炉心をこの四角の燃料集合体単位の空間スケールで取り扱っておりました。しかしながら、反応度投入事故時とかは、燃料集合体の内外で局所的な事象が生じることが考えられます。そういたしますと、この右図のさらに下のほうにあります燃料集合体の中を細かく、ピンワイズで解くことが求められるというふうに考えてございます。

次のページ、お願いいたします。

続きまして、不確かさ評価手法というのが、じゃあどういったものなんだということで、核特性解析の入力パラメータとなる核データの不確かさ、それから製造公差などがございます。これは、その次の下の段階にありますように、集合体の計算での不確かさ、最終的には炉心計算の不確かさに表れておまして、中性子の増倍率であるとか、炉心の出力などに影響を及ぼすということで、この不確かさを把握することが重要かと思えます。

次のページ、お願いいたします。したがって、目的ですけれども、核特性解析のBEPU手法の導入に当たって、最適評価手法と不確かさ評価手法のそれぞれに対する基盤技術を構築したいというふうに考えております。これが目的でございます。

本研究では、この二つを別個に独立に取り扱います。しかしながら、当然ながら将来的

には、やはり最適解とその不確かさという形で評価を行えるようにしたいというふうに考えております。

まず、最適評価手法のほうですけれども、これまで用いてきた最適評価手法、世界で広く取り扱われております三次元の核熱結合解析コードTRACE/PARCSの実機炉心体系への適用、これをやります。

それから、我々が特に力を入れて実施したいと思っておりますが、より精緻にピンワイズで解けるような最適評価コード、名前は三次元詳細炉心動特性解析コードの本格的な開発というのを目指してまいります。

不確かさ評価のところでは、これまでの安全研究では未実施だった核分裂収率であるとか、遅発中性子割合などの不確かさが燃焼計算や動特性解析の結果に与える影響を確認してまいります。

次のページ、お願いいたします。ここからは、研究概要の御説明に参ります。

最適評価手法の導入・整備で、これまでに何をやってきたのか、それから今後何をやっていくのかというのをこのページでお示ししております。

まず、上のバーの左側のほうを見ていただきたいんですが、R2年度までは詳細解析手法の導入に向けた熱流動・核特性安全解析手法の整備というところで、米国NRCの規制委員会のCAMPに参加し、TRACE/PARCSコードを導入いたしました。また、その中で、解析精度、それから適用性、ベンチマーク等を行って確認しております。

後続で、令和3年から6年については、TRACE/PARCSコードの実機炉心への適用を考えております。内容は、後のページで詳細に御説明します。

それから、下の段に移りまして、国産システム解析コードの開発という中では、先ほど申し上げました三次元詳細炉心動特性解析コードの開発について、まず調査を行っております。また、併せてプロトタイプの開発を行いまして、その技術課題を抽出しております。

じゃあ、次のページ、お願いいたします。

実際にTRACE/PARCSコードの実機炉心への適用ということで何をやっていくんだということをご記載させていただいております。実機炉心の適用においては、原子炉の起動時及び出力運転時における制御棒の異常な引抜き及び落下について、最適評価コードによる解析を実施いたします。その際、やはり制御棒の引抜き、落下事故で重要となりますのは、反応度投入事象の燃料棒の破損が重要であると考えております。特に判断基準になる燃料エンタルピの評価が必要であることから、①にお示ししていますように、TRACE/PARCSコー

ドの集合体内の燃料棒の出力分布再構成モデルの改良であるとか、核定数処理の高速化であるとか、それと、やはり燃料の破損が表せるということが重要ですのでエンタルピ評価、続いて実際に破損本数までを評価するものを追加したいというふうに考えております。

こういったTRACE/PARCSの改良を行いまして、その後にBWRのUO₂炉心、それからMOX炉心を整備いたしまして、その後、起動時、出力運転時における制御棒の異常な引抜きや落下事故による反応度投入解析を行ってまいりたいというふうに思っております。

次のページ、お願いいたします。

これは、三次元詳細炉心動特性解析コードの開発の考え方ですけれども、既往の安全研究プロジェクトにおいて、国内外のR&Dの状況を考えまして、我々としては、プレナーMOC、プレナー・メソット・オブ・キャラクターリスティックスの方に着目いたしまして、これを三次元詳細炉心動特性解析コードに導入していきたいというふうに考えております。

じゃあ、プレナーMOCとはどういうものかということで、ちょうど、この下に図をお示ししております。炉心を軸方向に断面にカットして、ちょうどかんなで削ったように複数に2次元プレーン体系を計算いたしまして、その体系を積み上げて、三次元体系を計算するというような手法になっております。本研究では、プレナーMOCを炉心全体に適用した解析を試みたいというふうに考えております。

それでは、次のページ、お願いいたします。

しかしながら、やはり三次元詳細炉心動特性解析コード、なかなか難しい点がございます。それについて三点、ここにお示ししております。やはり一番上ですね。三次元で詳細に解析するというので、計算コストの低減が重要であろうかと考えております。それから、制御棒の異常な引抜きや落下を取り扱うコードということで、やはり制御棒のダイナミックな動きを正確に表現する必要がございます。ここでは、制御棒のキャストモデルの検討ということで、ちょうど右側の図を御覧いただきたいんですが、ある単一の軸方向ノードの中で制御棒が全挿入状態から中途挿入、それから全引抜きという状態がございます。本来であれば、制御棒の位置変化に伴いまして、反応度の変化が青い参照値のように滑らかに上がっていくべきですが、断面積処理があまりよくない場合とかですと、計算値が下に凸になったり、この場合は下に凸です。場合によっては、上に凸になる可能性がございます。こういった問題を解決していきたいというふうに考えております。

さらに、やはり三次元で計算いたしますので、断面積の処理が適切、もしくは高速である必要がございますので、その課題に取り組んでまいります。

次のページ、お願いいたします。

じゃあ、どういった検証をしていくのかということ、ここで例示させていただいてますのは、非均質評価によく用いられるOECDのベンチマーク、国際ベンチマークの例ですけれども、こういった左図にありますけれども、MOXとUO₂の燃料集合体が市松模様になったもの。中には、MOXですと、MOXの富化度の分布がついてございます。かなり非均質性がありますので、こういった解析をとおしまして解析精度を評価してまいりたいというふうに思っております。

次のページ、お願いいたします。

続きまして、二つ目の大きな課題である不確かさ評価手法の導入・整備というところで、これまで何をやってきたのか、それから今後、何をするのかというのを表にしてみました。R2年度までにおきましては、詳細解析手法の導入に向けた熱流動・核特性安全解析手法の整備という中で、入力パラメータの不確かさの範囲でランダムに変化させて、出力パラメータがどうなるのかという手法、ランダムサンプリング法と呼んでおりますけれども、この手法を導入しました。あわせて、反応断面積の不確かさ、それから製造公差の伝播を考慮するような解析も行っております。

こういった成果を踏まえまして、R3年から6年度、本プロジェクトの中では、核分裂収率の不確かさの伝播、それから遅発中性子割合などの不確かさの伝播、さらに基盤的なものですけれども、評価済み核データライブラリに関する最新知見の活用と、この3本柱でやってまいります。

次のページ、お願いいたします。

ここでは、核分裂収率などの不確かさの伝播ということで、ちょっと恐縮ですが、式をお示ししております。これは燃焼方程式でございますけれども、燃料が燃えて、その組成が変化する様子を表す式になってございます。この方程式の中の主に核分裂収率を変化させて、燃焼に伴う反応度、それから組成、それから不確かさを本プロジェクトの中で評価していきたいというふうに考えております。

次のページ、お願いいたします。

次は、遅発中性子割合の不確かさの伝播ということで、先生たちにはちょっと釈迦に説法で申し訳ありませんが、遅発中性子は原子炉の出力変動を把握するに最も重要なパラメータの一つですけれども、ここには一点炉動特性方程式をお示ししております。この中の遅発中性子割合を主体としてパラメータを変化させて、過渡時、それから事故時の炉心出

力の時間変化やピーク時などの不確かさを評価してまいりたいというふうに考えてございます。

次のページ、お願いいたします。

最後になりますけれども、評価済み核データライブラリ等における最新知見の活用ということで、本プロジェクトの期間中に発行予定のJENDL-5.0、それからSCALE共分散ライブラリがございます。JENDLにつきましては令和4年が公開見込み、それからSCALEにつきましては令和2年に公開見込みということで、これらの核データ、それから不確かさの整備状況などの最新知見をタイムリーかつ継続的に収集して、本プロジェクトに反映させたいというふうに考えてございます。

次のページ、お願いいたします。

研究計画になります。これから4年間の研究計画を御説明してまいります。まず、最適評価手法の導入・整備のTRACE/PARCSコードにつきましては、約2年かけてTRACE/PARCSコードの改良・機能の追加を行いまして、その後、実機炉心のデータを用いまして制御棒の引抜きであるとか落下の解析を行って、学会発表、それから、論文投稿ということを目指しております。

次のページ、お願いいたします。

本プロジェクトの中で一番力を入れて、若手の方を中心にやっていきたいというふうに思っておりますのが、三次元詳細動特性解析コードの開発でございます。これにつきましても、約2年かけて基本設計、それから詳細設計、その後、機能の検証、ベンチマークの解析を行ってまいります。

また、基礎的な研究ですので緩慢に研究が進まないように、学会発表であるとか、論文投稿の時期を明確に定めて、これに向かって頑張っていきたいというふうに思っております。

補足ですけれども、類似のコード開発としては、国外ではDOEのCASLとか、国内では三菱重工さんのGALAXY-Z、それから名古屋大学のGENESISなどすばらしい計算コードが既に先行して走っております。我々は後発のものですから、先行のプロジェクトのいいところ、先行のコードのいいところを参照しながら、さらに他のコードは主にPWRを対象としていますので、我々、やはり規制側ということで、BWR、PWR、双方の適用可能なコードを目指してまいります。

最後のページに、ちょっと移っていただければと思うんですが、不確かさ評価の導入・

整理ということで、収率につきましては約2年間をかけて研究を行ってまいります。それから、遅発中性子割合につきましては、約3年をかけて行っていきます。

それから、評価済み核データライブラリに関しては、約3年をかけて、継続的に活動を進めてまいります。

申し遅れましたけれども、本プロジェクトの推進に当たっては、OECD/NEAのUAM-LWRワーキングであるとか、それからJENDLのサブワーキング、それからNRCのCAMP会議などに適宜参加いたしまして、最新の国際的な研究動向を反映させて、頑張ってもらいたいというふうに思っております。

説明は以上になります。

○萩沼企画官 それでは、質疑とさせていただきます。まず、先ほどと同じように専門技術者の方々から御質問、御意見を頂戴したいと思います。先ほどと同じ順番で、順番に御意見、御質問をいただければと存じます。

まず、MHIの梅澤様、御意見いかがでしょうか。

○梅澤氏 それでは、三次元詳細炉心動特性解析コードの開発につきまして、二点確認をさせていただきたいと思えます。一点目は、核設計の参照解と思われる三次元炉心動特性解析コードを開発すると説明資料にあったんですけども、具体的にどういった過渡を解析することを目的とされているのかということと、なぜその事象にこの詳細解析コードが必要かということが、この資料からはちょっと読み取れませんでした。ということで、御説明いただけたらと思えます。

もう一つですけれども、関係しますが、過度によりましては伝熱流動モデルとの同時計算が必要、必須と思われるんですけども、別プロジェクトで開発されている国産システム解析コード、AMAGIだったと思えますけれども、これとの結合の計画とか予定はどういうふうになっているんでしょうかと。この二点でございます。

○大川主任技術研究調査官 はい。ありがとうございます。まず、どういった参照解を目指しているのかということで、御説明がちょっと不十分で申し訳なかったんですが、先ほど申し上げましたように、制御棒の急速引抜きであるとか落下事故、こういった事象ですと、やはり集合体内の急速なボイドの発生であるとか、出力分布の集合体内の変化がございますので、やはりそういったものに使っていきたいというふうに考えてございます。

それから、熱流動計算コードとの結合。大変貴重な御意見いただきました。主流は、今現在、やはり TRACE/PARCS コードという安定した計算コードがございますので、それを

いていきます。で、最終的には、やはりこの開発いたします三次元詳細動特性解析コードと国産解析コードの結合と、そういったものも視野に入れておりますけれども、やはり両方とも開発中のものがございますので、今現在は、視野には入れておりますけれども、いつとか、どのようにということまでちょっと深くは検討しておりません。ただし、我々のグループの隣に熱流動班がおりますので、意見交換は頻繁に行っております。

以上になります。

○梅澤氏 どうもありがとうございました。

○萩沼企画官 ありがとうございました。

それでは、続きまして、東芝エンジニアリングの新井様、お願いいたします。

○新井氏 東芝ESSの新井です。聞こえておりますでしょうか。

○萩沼企画官 はい。聞こえております。よろしく申し上げます。

○新井氏 ありがとうございます。では、次年度以降の開発計画とスケジュールの策定に関して二点、それから個別テーマに関して一点申し上げたいと思います。

一点目は、先ほどの三菱さんの質問と似通っているんですけども、全体の位置付けとして、有効性評価においては最適評価手法を適用すること。それから不確かさが大きいモデルについては、感度を適切に考慮すること。それから安全性向上評価においても、評価手法は最新知見を踏まえて適用することというのは、まず、後の方の資料に出ています。これが、それぞれガイドに記載されている設置者に対する要求事項で、それに対応する規制が、規制サイドの対応として、今回の開発計画が位置づけられているというふうに理解しております。

一方で、具体的な適用の計画とか、あるいは適用のスケジュールですね。こういうものがないと開発の計画とか、開発のスケジュールの適切性というのが判断しにくいと考えます。特に、先ほどもお話がありましたTRACE/PARCSですとか、三次元詳細コードのほうは、ピンワイズで解を求めるというお話ですので、非常に多次元で、空間非均質性が強い事象へ適用されるコードだと思うんですけど、そういうコードの特性を踏まえた上で、その必要性ですとか適用をする計画ですとか、あるいは適用のスケジュールというものも議論された上で、開発の計画、開発スケジュール、その適切性を示していただいたほうがいいのではないかと考えます。

それから、二点目ですけれども、来年度以降の開発計画に上げられている具体的な技術課題、あるいは開発の項目というものです。この重要性だとか緊急性というのがいま

一つよく分からない。今まで研究をやられてきて、その中でどういう課題が抽出されて、その課題については全体の計画を考えたときに、どういう重要度が、緊急性があるのかというような観点で、優先順位をつけていくときに、今、次フェーズの課題につながっているというような御説明があれば、さらによかったのかなと考えます。

それから、最後に個別のテーマに関して一点。これは質問でございますけれども、TRACE/PARCSに関してですが、これはNRCのコードを導入されているということだろうと思います。このコードについては、NRCなどでも反応度の投入事象解析に既に適用していると理解しておりますけれども、今回、規制庁さんが実施を計画されているモデルの改良・開発というのは、NRCがもう実施しているモデル開発には含まれていないということなんですか。その辺のところを御説明いただければなど。

以上です。

○大川主任技術研究調査官 はい。ありがとうございます。

1番目の質問につきましては、このプロジェクトそのものが、やはり基盤的なところでございますので、なかなかこう緊急性とか、そういったものに直接関わってくるものではないかと。また、BEPUの審査ガイド等も、これからどうなっていくのかというのは、これからの議論ですので、そこは今後の課題というか、今後議論が進んでいくものというふうに考えてございます。

それから、緊急の課題につきまして、我々今、三点ほど挙げさせていただきましたけれども、これは以前の三次元詳細動特性解析コードの調査の中で、文献調査も踏まえて、やはりこういったところが問題になるだろうということで、ある意味、ちょっと定性的に課題として認識しているところで、先生から御指摘のありましたような、優先順位をリジッドに決めてとか、そういったものではちょっとございません。

それから、TRACE/PARCSコードのNRCでの状況ということなんですが、今現在、NRCのほうでRIA解析をピンポイントで解くようなことはやっておりません。特に、我々が着目しておりますのは、RIA時に燃料棒が健全であるか、もしくは破損しないかということを目的として行いますので、NRCよりもその点は進んだものを我々が検討していくこととなります。その成果は、我々CAMPプロジェクトに入っておりますので、適宜米国側と情報交換を図りたいというふうに考えてございます。

以上になります。

○新井氏 すみません。ありがとうございます。

三点目をもう一度確認したいんですけど、三点目の御回答は、TRACE/PARCSについて、そういうような機能を持たせるということによろしいのでしょうか。

○大川主任技術研究調査官 はい、そうです。

○新井氏 分かりました。ありがとうございました。

○大川主任技術研究調査官 ありがとうございました。

○萩沼企画官 それでは、東京電力の溝上様、よろしく願いいたします。

○溝上氏 東京電力の溝上でございます。

私のほうから二点、コメントをさせていただければと思います。

一点目なんですけれども、こちらBEPU手法ということで検討を進めているということではあるんですけれども、BEPUというのは、おっしゃるとおり、Best Estimate Plus Uncertaintyなんですけれども、最近別の言われた方をしている場合には、V&V and Uncertainty Quantificationというふうに言われておまして、実際やっていることとしては、そっちのほうに近いかなというふうに思っております。

特に、V&Vというところの後ろのVのValidationのところなんですけれども、この辺の言及があんまりなかったかなというふうに思っております、それは核動特性みたいな炉物理の話ですと、熱流動のような、そもそも現象が分かっていないみたいなところがほとんどないので、そこのところちょっと、端折りがちになるのかなとは思っておりますけれども、やっぱりValidationというのはすごく重要だと思っております、確かにこういうふうにならざるを得ないから、この手法は適用していいですよということですので、それこそ2000年代前半くらい、もうちょっと前かもしれませんけれども、その頃でさえ、Pin Power Reconstructionとかをやって、ピンワイズで出力を評価しましょうみたいな議論があったわけですが、じゃあ、その手法で解いた出力限度みたいなものがどのくらい確からしいものという話になったときに、過渡的な変化を含めて、そこは正しいというふうにValidationというふうに行うことができるかという、なかなか難しいというような議論があったのも事実です。

そういう意味で、この手法、この評価手法、BEPUで最適評価と言っていることは、必ずしも詳細に解いていけばいいということではなくて、安全評価をする上でどういったものが適切かというところの観点が非常に重要だと思っております。詳細だけ見ていけばいいのであれば、それこそピンワイズじゃなくて、ペレットの中の分布だって考えなきゃいけないじゃないかみたいな話になっていくと思うんですけども、それはどこが必要なんですかという議論がありますので、Validationという意味で、そのピンワイズでやっていくこ

とがどこまでできるかというところは明確にしていいただければと思います。

二点目なんですけれども、先ほど新井さんのほうから、使っていく先はどうだという議論がありましたけれども、規制研究という意味で言うと、BEPUの一番最初のはしりというのがそのCSAUということで、実際にPWRのLOCAを評価したら、こういうふうには評価できて、この評価手法は妥当なんですよという非常にアプリケーション側からのアプローチでできたというふうになってございます。

例えば、今回のこの話については、やっぱり評価手法に非常に寄っていて、これが実際の安全評価でどう使えるかというところは、審査ガイドが決まってくるのがこの先ですしというようなお話があったと思います。安全をどういうふうには担保していくのかという大上段に構えた話が、ここでやる必要があるかというところはあるとは思いますが、例えば、三次元動特性コードを使っていこうみたいな話をしたときに、それこそ中性子増倍率とか、スクラムカーブみたいな話は、実際にやっていることと技術の乖離が見られるところではないですか。そういったときに、現行のスクラムカーブを書かなくちゃいけないみたいなところと、新しい手法が実現できる世界というものの整合性を考えた上で、個別具体的なところであれば、規制上どう適用していくかみたいなところというのは、出せるんじゃないかなというふうに感じております。

2年ほど前ですけれども、BEPU2018という会議がありまして、まさにこの委員会と日程がかぶって、そのときは私、こちらのほうを欠席させていただいたんですけども、そのときに結構議論になっていたのは、そのCSAUから始まって、BEPUに関連する方法論みたいなものはしっかり整備されてきているのに、なぜ、ここまで規制で適用できていないのかというところが大きな議論の一つになっていましたので、やっぱり適用するという観点から言うと、どういうふうには過去の規制とつなげていくかという、そここのところがないと、なかなか難しいところもあるんじゃないかなというふうに思っています。

私のほうは以上です。

○大川主任技術研究調査官 溝上様、ありがとうございました。大変示唆に富んだコメントで、なかなか答えづらいところがあるんですけども。

まず、妥当性確認のところですね。やはり正直申し上げますと、核だけですと、もともとそんなに、ほかの分野に比べると誤差はございません。それとあと、またValidationの相手が、なかなか見当たらないということもございまして。そこはちょっとよく、我々もちょっと考えていかなきゃいけないところだと思っていますので、コメントありがとうございます。

ざいました。

まずは、ここの中では、この期間におきましてはベンチマークをしっかりとやっていくところまでを考えてございます。

それから、コードの使い方ですね。これはもう非常に大きなコメントで、何とも答えようがしづらいところがございますけれども、先生のおっしゃるとおり、過去の規制との関係とか、なかなか難しいところがあります。ただ、これから安全性向上評価の中で、やはり事業者さんのほうから、最新の手法を用いた結果が出てきますので、その際に、将来的にはこのコードを適用できたらいいなというふうに個人的には思っております。

以上になります。

○萩沼企画官 よろしいでしょうか。

それでは、続きまして委員の方から御意見を頂戴したいと思います。先ほどと同じ順番で、まず岡山大学の五福先生からお願いできますか。

○五福教授 岡山大学の五福です。

どうも専門的といいますか、そういうスペシフィックな話がいろいろ出たと思いますので、私のほうからは、解析コードの全般的な考え方とモデル化について、ちょっとお伺いしたいと思っております。

一つは、プレナーMOCという考え方ですね。そちらのほうを使われているということの説明というふうに私、理解したんですけども、こういうふうなやり方を採られるというのは、多分、計算資源とか、計算コストの関係で、そういう形を採られているというふうに想像しています。

そうした場合、将来的なことを考えますと、そういうやり方を採らなくてもいいような時期がそのうち来るんじゃないかなとも思っております。そういうふうな意味で、こういうような手法というのは、どれぐらいの期間を使えそうかというふうにお考えかということと、それから、できれば、そういうふうに切り替える時期が来た場合には、切替えができるような形でプログラムを作っていくとか、そういうような工夫をされていくといいかなというふうに感じております。それが一つ目です。

それから、二つ目は、先ほど来出ていますBEPUの考え方なんですけども、不確かさを考えながらシミュレーションをするというのは非常に、少し変動した場合にどういう結果になり得るかということ、抑圧的にはならないということの確認のために非常に重要だと思うんですが、その場合、拝見していますと、たくさんのパラメータが、不確かさがあると

いうふうにはリストアップされていますので、これら全てについて、やろうとすると、相当たくさん組合せについてやらないといけないと、そういうふうには思うんですが、これらについて、ある程度の、何というんですか、パラメータを振ったシミュレーションをある程度少なくしてできるというような考え方は、どういうふうには持たれているかということと、それから、どんなアプローチで、それがあつた程度数を、シミュレーションの回数を減らした形で、そこそこ精度がいいといひますか、そういうふうな結果が出るというふうなものなんでしょうか。

それからもう一つ、不確かさの考え方ですけども、これは、例えば、平均的な、何というんですか、誤差に対して、正規分布的な分布は仮定しているんでしょうか。ですから、不確かさの表現するときの、その分布形態をどういふふうには考えられているかというのが、ちょっと説明がなかつたんで、この辺りを教えていただければと思います。以上です。

○大川主任技術研究調査官 ありがとうございます。まず一点目のご質問については私から、二点目は、同席しております藤田のほうから御回答させていただきます。

まず、プレナーMOCの将来にわたつての適用性ということなんですけども、私も正直言うと古い人間でして、昔はやはり、一点動特性、炉心全体を一点で表現するようなもので、最近では、TRACE/PARCSのように集合体ワイズでようやく解けるようになってきたといふところで、プレナーMOCは、その中で米国のCASLといふ相当詳細に炉心全体を解いていくようなコードの中でも、最新といふ位置づけでございますので、少なくとも今後10年間は、この手法で全然、私は問題ないだろうといふふうには考えてございます。

○藤田 システム安全研究部門の藤田です。

いただきました質問のうち、不確かさ評価に関するところについて、御回答させていただきます。

まず最初の不確かさ、実際に不確かさを考慮しますパラメータについては、かなり多くございます。単純に核データと申しまして、核反応断面積、様々な核種、様々な核反応、あとエネルギー分布等、もろもろ考慮しなければなりませんので、かなり膨大な量がござひます。

また、併せて、今回のプロジェクトで着目しております核分裂収率ですとか、動特性に関するパラメータ、そういったものにつきましても、かなり量としては膨大になるんだらうなといふふうには思っています。こういったものにつきましても、まずは、すべからくまずいろいろ振つてみて、不確かさを評価してみます。ランダムサンプリングといふ形で、

様々な摂動のパターンを与えて統計処理をして、最終的な出力の不確かさというのを評価いたしますので、その中で、こういったパラメータに対する不確かさが、影響が大きいのかというところにつきましては、それこそ核種、核反応、そういったものにかかなり細かく分類をしまして、評価をして、それぞれ知見を得ております。

これが、最終的には不確かさ評価の結果を見る上で、こういった部分が重要なので、ちゃんとそこは考慮されているのかどうかというところの着眼点となりますし、また、核反応に関する不確かさにつきましては、評価済核データライブラリによっても、整備されているデータがかなり異なってきますし、数値もちょっと異なってきますので、そういうところの違いというのはどうなのかということも、併せて確認をしております。

不確かさのコストの低減ということにつきましては、今回採用しておりますランダムサンプリング法というのは、もともと軽水炉を対象にした不確かさを評価していくという観点で、核熱結合を考慮するような事象に対しても適用しやすいだろうということで採用したわけなんですけれども、こちらは五福先生、御指摘のとおり、かなり計算コストがかかるものになっております。こういったものにつきましては、例えば、サンプリングを行う際に、そういった不確かさがなるべく、何ていうんでしょう、サンプリングの数に対する評価結果というものが、なるべく振れないような方法。例えば、対称変量という形で、あるランダムな方向性に対して、逆の方向性を与えることで少しキャンセルさせるとか、そういった形の工夫をしたりですとか、ほかにもいくつか、一般的に使われています分散低減法というものも併用しまして、何とかサンプリング数を減らせないかなという取組も、今、まさに実施しているところでございます。

三点目の不確かさに与える分布に関するところなんですけれども、現状は全て正規分布を仮定して、不確かさを与えております。これは核反応断面積に対しても、核分裂収率に対しても、また、例えば製造公差とか、そういったものにつきましては、まずは一律に正規分布として考慮しております。

ちなみに核反応断面積とか、核分裂収率につきましては、核反応間ですとか、あとは核分裂性核種間において、相関とかございますので、こういったものにつきましては、多変量正規分布という形で、正規分布ベースで考慮しているという形になります。こういった不確かさの与え方、分布が本当に正規分布でいいのかということにつきましては、別途議論も必要なのかなというふうには考えているところです。

私からは以上です。

○五福教授 ありがとうございます。

○萩沼企画官 ありがとうございます。

それでは、続きまして、早稲田大学、山路先生、お願いします。

○山路准教授 どうもありがとうございます。三次元詳細コードについてですけども、もともと誤差がそんなに大きくはない世界で、Validationする相手もそんなにはないということだったかと思いますが、とは言えコードの中のベンチマークが大事だと思いますが、それは第三者のコードとクロスチェックというかベンチマーク的な解析をされる御予定なのかなというふうに思ったんですけども、そこをお伺いしたかった点です。

あともう一つが、不確かさについて、やっぱり大きな見落としがないかというのが大事だと思うんですけども、最終コードがもし反応度投入に燃料が破損するかしないかの評価の精度向上であったとすると、やっぱり炉物理解析だけで、なかなかその精度を上げるというのは難しいような気がしまして、例えばOECDの、確かUAMのベンチマークだと、最後は燃料振る舞いの解析の不確かさもちゃんと見るという話に確かなってたんじゃないかと思うんですけど。この事業の中でということではないと思うんですが、その炉物理と、先ほど伝熱解析とのカップリングの話もありましたけど、最後は燃料振る舞いまで持っていくという、そういう全体の長期的なイメージというのは、あるようでしたら教えていただければと。

以上です。

○大川主任技術研究調査官 はい。ありがとうございます。規制庁の大川でございます。

ちょっと聞き取りづらい面がございましたので、まず一点目は、三次元詳細解析コードの誤差とかValidationはできるのかというような御質問だったかと思います。そこにつきましては、一番の三次元詳細動特性解析の目的は、よりリアルに解けるというところを目指してございまして、確かに先生の御指摘のとおり、いいValidation相手がいないというのは実情でございます。

それから、二点目が、燃料破損についての、ちょっと。

○藤田 システム安全研究部門の藤田です。

一点目のところにつきまして、ちょっと補足させていただきますと、今回、開発する予定の三次元動特性コードの不確かさというところにつきましては、ベンチマークベースではまず、例えばモンテカルロ法との比較であったりとか、ほかの解析コードとの比較というところで、例えば、じゃあこの解析コードが持つモデルの不確かさであったりとか、解

析精度の誤差というところについては、評価をしていこうかなというふうに思います。

ただ、先立って、東京電力の溝上さんから御指摘がありましたように、Validationという観点からしますと、何と見ていくんだというところにつきましては、かなり難しいところがあるのかなというふうには認識しているところで、これは、例えばどういったもの、どういったValidationのデータが世の中に存在しているのかというのは、これからもちよっと継続的に調べていって、その上で使えるものがあれば、ぜひ使っていきたいなというふうには思っております。

なかなか、現状、いわゆる炉物理の分野で、例えばRIAのValidationができるようなものと言われると、例えば1960年代に行われたSPERTの実験とか、本当にそれぐらいまで遡らないとないところもございますので、もちろんそういうものを使いますけれど、何かしら、例えばほかに世界でやられているものはないのかなとか、そういうところについては、つぶさに確認をして、適用できるものは適用していこうというふうに思っているところで

す。

二つ目の不確かさの見落としというところにつきまして、実際に今のUAMベンチマーク、UAMのエキスパートグループについても言及いただいたところなんですけれども、まず不確かさ、どういったものがあるのかな。それは、もちろん解析コードに起因するもの、あと入力パラメータに起因するもの、いろいろあるとは思いますが、で、このプロジェクトの中では、不確かさ評価手法として位置付けているものは、入力パラメータとして入れるものになってきますので、こういったものについては、先ほど御紹介させていただきました核反応断面積とか、そういったものをまずは見ていこうと。これを多分今、現存、分かっているもの、例えば不確かさをして、ここには不確かさがあるよねというふうに分かっているものだという意味で、それはまず、いろんな評価済核データライブラリを見て、そういったものを扱っていくことで、まずは見落としは一通りないのかなというふうに思っているところでは

す。

一方で、この不確かさ、今、評価済核データライブラリに与えられている不確かさ、そのまま単純に伝播させていきますと、出力結果の不確かさって、かなり大きいものになっていきますので、本当にそれを単純に積み上げるだけでいいのかなというのは、別途、例えば炉物理の専門家の中でも議論があるところかと思っておりますので、そういうところは適宜反映したいなというふうには思っているところでは

す。

UAMベンチマーク問題に関するところ、こちら、UAMベンチマークそのものがフェーズ1

からフェーズ3まで分かれておりまして、フェーズ1については、本当に炉物理だけという感じですが。フェーズ2については、燃料に関するところ、炉物理に関するところ、熱流動に関するところという形で、大きく三パートに分かれておりまして、今回のプロジェクトの中で見ていこうというのは、このフェーズ2のうち炉物理に関するところです。ここで扱われているものが、いわゆる時間依存の方程式ということで、燃焼計算と動特性計算の普通に核種燃焼計算と、あと核動特性という形で、核熱結合とかは入っていないものになりますので、まずはここをしっかりと解いて、じゃあ、今回のプロジェクトで見ているような収率ですとか、動特性パラメータの不確かさというのが、諸外国の専門家がやられている結果とどう違うのか、どれぐらい、一致していればいいというものでもないと思いますので、どういうふうな違いがあるのかということ、あと考え方ですね。不確かさの与える考え方について、議論を深めたいというふうに考えております。

今回のプロジェクトには、ちょっとスコープに入っていないんですけども、もちろん最後はフェーズ3というふうになってきますと、核熱、あとプラス燃料の部分についてもカップリングした計算というのをUAMの中でやっていくんだらうというふうに思います。

燃料については、ちょっとなかなか私も、すみません、ここは、ちょっと考えていなかったというので、すぐに答えられないんですけども、核熱結合という観点では、今、熱流動のグループのほうからもUAMのほうに、フェーズ2のほうからは参加してもらっているところもございますので、そういった方と実際にどういう評価ができるのかというのは、議論を深めていければなというふうに考えている次第です。

こちらで、山路先生の御質問に御回答できていますでしょうか。

○萩沼企画官 はい。ありがとうございます。

それでは、最後に大阪大学、北田先生、よろしく願いいたします。

○北田教授 すみません。大阪大学の北田です。

私のほうからは、要望に近いような事柄になっちゃうんですけども、まず一つ目は、最適評価ということに関して、新たに計算コードを作られていくことということなんですけれども、これは基礎的な検討であるということをおっしゃったとおりで、P、Bどちらもということまでは言われたと思うんですけども、大学のほうの先生という意味で、できれば研究炉みたいな、もんじゅの跡地に新研究炉を建てるなんていう話が出てきているわけですから、そのようなところで使われる燃料は、また別途形も全然違ってくだらう、実際KURだったら湾曲板燃料みたいなのを使っているわけですから、そのようなところでも対

応できるような、そういうふうなところも見据えたような開発というのにしていっただければいいのかというのが、まずは一つです。

もう一つは、BEPUのほうの話になるんですけども、今回の計画の中では、不確かさがどのように伝播して、どのようなパラメータに、どのような不確かさがのるのかということころまでは見られるということだと思うんですけども、先ほどもちょっと言われていた、私、炉物理のほうですから、そもそも与えられているデータの不確かさが正しいのかというところを結構気にしています。

という意味では不確かさの正しさですね。それはかなり基礎的な検討になるかと思うんですけども、今の現状で、先ほど藤田さんのほうからも言われましたように、単純に不確かさというものを信じて、そのまま積み上げると、目も当てられないようなというぐらいに近いぐらいの不確かさの大きさが出てくるわけですけども、現実問題、それはおかしいだろうと。それは裏を返せば、与えられている、やはり不確かさもおかしいだろうと。この裏返しだと思いますので、さらに基礎的な検討ということになるかと思うんですけども、そのような与えられているデータの正しさみたいな、そのようなところまでも踏み込んだような検討をしていただければいいかなというふうに感じました。

以上です。

○大川主任技術研究調査官 はい。ありがとうございます。規制庁の大川と申します。

まず、研究炉等も踏まえて、また高速炉も踏まえての開発というような御意見をいただきました。まず、これでも、この解析コードでも、我々、実は正規職員4人しかおりませんので、かなりマンパワーをかけてやっています。このフェーズがうまくいく、このプロジェクトがうまくいく、それから展望が少し見えてまいりましたら、先生のおっしゃるようなところも含めて、もちろんやっていきたいというふうに思っております。

それから、BEPUのほうは、ちょっと藤田のほうでも補足いたしますけれども、私なんかはもともと炉心管理をやっておりまして、実際の炉心の不確かさというのは、やはり原子炉固有、それから運転履歴とかいろいろございます。やはり今は与えられたものでしか評価はできないというところなので、正直申し上げますと、もう少し深い不確かさの検討というのをやりたいというのは、私個人の希望です。ちょっと藤田から補足させます。

○藤田 システム安全研究部門の藤田です。

一点目、二点目、ちょっとそれぞれについて補足をさせていただきます。

研究炉に関するところにつきましては、かなり軽水炉の燃料と幾何形状は大分異なっ

くるところがございますが、ちょっと、これはもともと考えていたわけじゃないですけども、幸か不幸か今回採用している手法、MOCをベースにしているというところで、幾何形状、かなり非均質性の高い体系も解けるような手法になりますので、そういう意味では、例えば研究炉のような、例えば、それこそ高速のような六角形のちょっとこう、入れ違いになっているような燃料に対してであるとか、三次元に積み上げる際にも、もともと今、四角メッシュで対応していますけれども、例えばそれを三角メッシュに変えていくとか、そういう改良については、しやすいのかなというふうには思うところです。

まずは、もちろん、今回のスコープがBWR、PWRになりますので、まずはそこをきちっと解けるようにというふうに進めつつ、ちょっとそういう研究炉についても、前向きにちょっと検討したいというふうに思います。

二点目についてなんですけれども、不確かさのところにつきまして、まずは、今与えられている不確かさというのをどういうふうに考慮していくかというところを、どういうふうに伝播させていくかとか、あとはそれを、やっぱり伝播させるにも、単純に伝播させるわけじゃなくて、いろんな解析コードの改良であったりとか、もろもろのツール開発とかもございますので、まずはそういうところをきちっと積み上げていってやれるようにしていく。

さらに、今は不確かさ評価に使っている、入力になっているような不確かさのところにつきまして、どういうふうに、やっぱりここについては、どういうふうにやっていけばいいんだろうなというのを、私個人でもやっぱり、ちょっとかなり悩ましいところがあります。もちろん、例えばデータ同化法を使うとか、そういういろんな方法論が今、議論されているところではございますので、そういったところについては、継続的にちょっと、いろんな議論であったり、調査というのは進めさせていただいて、例えば、ちょっと興味深いものがあれば、ぜひ、このプロジェクトの中でも活用できればなというふうに思いますので、今後ともそういうところにつきましては、議論を深めていくところになりたいと思います。ありがとうございます。

○北田教授 ありがとうございます。

○萩沼企画官 ありがとうございます。

それでは、専門技術者の方、委員の方、一通り御意見をお伺いいたしました。2件目の案件につきまして、その他、何か御意見、追加の御意見、御質問、ある方はいらっしゃいますでしょうか。よろしいでしょうか。

(なし)

○萩沼企画官 はい、ありがとうございます。

それでは、本日の御説明は以上となりますが、全体を通じて、あるいは1件目も含めて、何かコメント等ございます方がいらっしゃいますでしょうか。よろしいでしょうか。

(なし)

○萩沼企画官 それでは、本日、御説明した研究の実施部門であるシステム安全研究部門の管理官、田口が出席しておりますので、一言御挨拶をさせていただきます。

○田口安全技術管理官 システム安全研究部門の田口でございます。

本日はどうもありがとうございました。本日いただきました御意見、コメントを踏まえまして、この事業を進めてまいりたいと思います。また、中には、他の事業にも共通すべき御意見もいただいておりますので、それを踏まえまして推進してまいりたいと思います。

それから、成果につきましては、機を見て学会発表、あるいは論文投稿等で、皆様の目に触れる形で示してまいりたいと思いますので、引き続きよろしく願いいたします。どうもありがとうございました。

○萩沼企画官 それでは、最後に事務局からの連絡事項となります。検討会委員の先生方におかれましては、技術的視点からの評価シート、昨日メールでお送りさせていただいております。お忙しいところ恐縮ではございますが、10月21日水曜日までに事務局に御送付をいただければと存じます。いただきました御意見は、取りまとめさせていただいた上で、必要に応じ研究へ反映等を検討させていただきたいと思っております。

それでは、これで第10回プラント安全技術評価検討会を終了いたします。本日は、誠にありがとうございました。