

第8回プラント安全技術検討会

議事録

1. 日時

平成30年11月29日(火) 13:00～15:32

2. 場所

原子力規制庁舎 13階 会議室B

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

刃刀 資彰 京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻教授

五福 明夫 岡山大学工学部機械システム系学科教授

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原子力事業部礫子エンジニアリング
センター技監

梅澤 成光 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株
式会社技師長

原子力規制庁

永瀬 文久 安全技術管理官(システム安全担当)

青野 健二郎 技術基盤課 企画調整官

佐藤 勇輝 技術基盤課 技術研究調査官

小野 寛 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

金子 順一 システム安全研究部門 技術研究調査官

河合 潤 システム安全研究部門 原子力規制専門職

4. 議題

- (1) 平成31年度 安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価
(プラント安全技術中間評価)

(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 平成31年度安全研究計画（案）

- ・人間工学に基づく人的組織的要因の体系的な分析に係る規制研究
- ・原子力プラントの熱流動最適評価に関する安全研究

参考資料 平成31年度安全研究計画（案）説明資料

6. 議事録

○永瀬安全技術管理官 長官官房技術基盤グループにおきまして、システム安全を担当しております、安全技術管理官、永瀬でございます。

それでは、定刻となりましたので、第8回プラント安全技術評価検討会を開催いたします。

本日はお忙しい中、検討会に御出席いただきありがとうございます。今回の技術評価検討会では、平成31年度から新規に開始する2件の安全研究プロジェクトについて、事前評価の観点から、研究計画における研究手法や、成果の取りまとめ方法等の技術的妥当性について、専門家の皆様からさまざまな御助言をいただきたいと考えております。

まだまだ詰めが甘いと思われるところがあるかと存じますけれども、忌憚のない御意見を先生方からいただきまして、よりよいプロジェクトにしていきたいと考えております。よろしく願いいたします。

○青野調整官 技術基盤課企画調整官の青野でございます。

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から議事進行をさせていただきたいと考えてございます。

まず、委員と専門技術者の方々を事務局より御紹介させていただきます。

本日は、委員（外部専門家）として京都大学の切刀委員、大阪大学の北田委員、岡山大学の五福委員に出席をいただいております。

また、専門技術者として、東芝エネルギーシステムズ株式会社の新井専門技術者、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株式会社の梅澤専門技術者に御出席をいただいております。

なお、茨城大学の田中委員と、東京電力ホールディングス株式会社の溝上専門技術者におかれましては、本日御都合により欠席となっております。溝上専門技術者からは、事前に書面にて御意見をいただいておりますので、後ほど事務局のほうから御紹介をさせていただきたいと考えております。

また、田中委員からは、後日書面にて御意見をいただく予定としております。

それでは、まず、事務局より資料の確認をさせていただきたいと考えております。

○佐藤技術研究調査官 技術基盤課の佐藤と申します。

それでは、私のほうから資料の確認をさせていただきます。

まず、お手元に座席表とともに議事次第、名簿、本日の資料を御用意しております。議事次第、名簿をめくっていただきますと、資料1として、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。

続いて、資料2としまして、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。

続きまして、資料3としまして、「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。

さらに続きまして、資料4としまして、事前評価の対象となる安全研究プロジェクトの成果目標及び研究手法計画をまとめました平成31年度安全研究計画（案）を御用意しております。

今回、事前評価の対象となります安全研究プロジェクトは2件ございまして、人間工学に基づく人的組織的要因の体系的な分析に係る規制研究及び原子力プラントの熱流動最適評価に関する安全研究の順に、平成31年度安全研究計画（案）を御用意させていただきます。

なお、本日の御説明は、この平成31年度安全研究計画（案）に基づきスライドで行わせていただきますので、参考資料としてスライドのコピーも御用意しております。また、検討会の委員の先生方には、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御用意しております。過不足等がございましたら、事務局のほうへお知らせ願います。

以上です。

○青野調整官 過不足等ございませんでしょうか。よろしければ、続きまして、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として今後の研究評価の進め方について（抜粋）、資料3として、「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、事務局から御説明をさせていただきたいと考えてございます。

○佐藤技術研究調査官 それでは、佐藤から説明させていただきます。

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規格と評価などについて、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いては、基本方針の3ページに記載してございます。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、終了などの節目において、事前評価、中間評価、そして事後評価を実施することとしております。

続きまして、資料2、今後の研究評価の進め方について（抜粋）を御覧ください。

こちらは、安全研究プロジェクトの事前評価、中間評価及び事後評価の評価方法を見直し、評価全体の進め方を新たにまとめたものとなっております。

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、こちらの検討会では、委員とお呼びしております外部専門家の方々及び専門技術者の方々からなる、技術評価検討会を開催しまして、御意見及び評価をいただくこととしております。いただいた御意見、評価結果につきましては、これをまとめまして、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。

本日の事前評価の進め方なのですが、規制庁から成果目標及び研究手法、計画について御説明させていただいた後、まず、専門技術者、そして委員、外部専門家の方々の順に御意見をいただきますようお願い申し上げます。

次に、外部専門家委員の皆さんにお願いさせていただきます。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準備させていただきました評価シートを御覧ください。

評価では、評価シートの評価項目というところに記載してございますような観点での評価をお願いしたいと考えております。具体的には、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。解析実施手法、実験方法が適切か。解析結果の評価手法、実験結果の評価手

法が適切か。そして重大な見落とし、観点の欠落がないか。このような観点から評価をお願いいたします。

なお、委員の先生方には、本日専門技術者の皆様からいただきました御意見も参考としていただき、コメント形式で評価いただきますようお願い申し上げます。

また、技術検討会の評価結果をまとめるに当たりましては、書面審議とさせていただきますが、評価が割れるなど特段の場合がございましたら、再度検討会を開催することも考えておりますので、御了承くださいませ。

このような技術評価検討会の位置づけですとか、進め方を御理解いただき、原子力規制委員会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につきまして御説明させていただきます。

こちら、「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」についてとなっております。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。平成31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の対象といたします安全研究プロジェクトは、研究分野といたしましては、この資料の7ページの⑧番、横断的原子力安全のカテゴリーの人的組織的要因の分野に属します案件及び10ページ目の⑭、原子炉施設のカテゴリーの熱流動・核特性分野に属する案件となっております。

続きまして、評価スケジュールでございますが、本日の技術評価検討会での評価を踏まえました原子力規制庁による評価につきましては、来年平成31年1月中旬から下旬をめどに、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。

○青野調整官 本件について御質問、御意見等ございましたら、よろしく願いいたします。

○切刀教授 一つよろしいですか。評価を先ほどコメント形式でということで、最後、取りまとめられるんですね。よく覚えてないんですけど、いつも結果について我々に周知していただいたかどうか、記憶がないのですが。

○青野調整官 御質問いただきありがとうございます。結果については、事務局のほうで取りまとめをさせていただいた上で、改めて書面審議ということで御案内をさせていただきます。

くような形をとらせていただきたいと考えてございます。

よろしいでしょうか。よろしければ、それでは、事前評価の対象となる平成31年度から開始いたします、2件の安全研究プロジェクトについて御説明をさせていただきます。

まず、人間工学に基づく人的組織的要因の体系的な分析に係る規制研究について、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河合専門職から説明させていただきます。

○河合専門職 システム安全研究部門の河合でございます。よろしくお願いたします。

私のほうからは、人間工学に基づく人的組織的要因の体系的な分析に係る規制研究について説明させていただきます。

説明は、背景、目的、研究内容、それから研究期間という内容で進めさせていただきます。

まず、2ページ目を御覧いただきまして、その背景といたしまして、そもそも人間工学研究というのは何かということでございますけれども、原子力施設では、機器設備とともに、人間や組織も構成要素の一部をなしてございます。このうち、人間や組織は、自立性や柔軟性、緊急時の対応能力等にすぐれる一方で、パフォーマンスにばらつきが大きく不安定な面がございます。一言で言えば、 10^{-5} 程度の信頼性をもつ機器コンポーネントを最終的には、 10^{-3} ですとか、 10^{-2} といった信頼性をもつ人間がコントロールしていかなければいけないと。その中で全体的なプラントの信頼性を確保するためには、どうすればいいのか、ということが、この人間工学の取り扱う内容でございます。

このため、原子力施設の高い安全性を維持、向上させていくためには、人間や組織の長所及び短所を踏まえて人的過誤の発生を抑制し信頼性を向上させる方策を評価するための研究が重要となります。

この、人間工学に関する規制の動向といたしましては、平成28年にIAEAの総合規制評価サービス、IRRSをこの我が国の規制が受けておりまして、その中で人的組織的要因を設計段階で体系的に考慮する必要があるという御指摘をいただいております。

このIAEAの指摘は、安全要件SSR-2/1うちの要件32運転員の最適な操作のための設計に関わるものでございまして、具体的には、ヒューマンマシンインタフェースを含む人間工学の体系的な検討は、原子力発電プラントの設計プロセスの初期の段階に含まれ、また全体の設計プロセスを通して、継続していかなければならないというところに基づくものでございます。

また、この要件に基づきまして、IAEAでは安全指針といたしまして、DS492原子力発電プラントの設計における人間工学という指針を取りまとめておりまして、これが、今月の11月に本会議であるCSSで承認されておりますので、順調にいけば2、3カ月後に正式発効される見込みとなっております。

こうした、人間系に関する既成の動向を踏まえまして、今、規制委員会のほうでは、人間工学を設計段階より体系的に考慮するべく、規制要件を高度化していくとともに、それらの規制要件を審査検査で確認するガイド、人間工学を考慮した原子炉制御室等に関する設計評価ガイドの整備を進めているところでございます。

この規制要件の高度化や、評価ガイドの整備におきまして、実際に実現するためには、幾つか技術的根拠を明確にするようなそういった課題が見出されております。本研究は、その課題に対して、関連する規制要件の技術的根拠を明確にするために実施してまいるのでございます。

その研究課題としまして、先行研究で見出されている課題といたしましては、二つ目のポツにありますように、不確実な状況下にある重大事故時等において、対応する人間の複雑な認知行動を評価するためには、人間工学設計評価プロセスや、その主要な要素技術である人間信頼性解析手法を高度化する必要があるという課題が見出されておまして、これは後ほど少し詳しく述べますけれども、そういった研究課題に取組というのが本研究の趣旨でございます。

その目的といたしましては、人間工学を体系的に考慮して原子炉制御室等の設計を評価するための技術的な根拠を整備するというところでございまして、大きなテーマとして、二つ掲げてございます。一つ目はそうした制御室等の人間工学設計を評価するための技術的な根拠を整備するというものと、二つ目のテーマといたしましては、そういった設計評価に適用する人間信頼性解析手法を開発していくということでございます。つまり、このテーマ2の解析手法の整備というのが、テーマ1のほうに補完的に進めていく位置づけとなっております。

この研究成果は、人間工学を考慮した原子炉制御室等に関する設計評価ガイドの技術的な根拠として活用してまいります。

次に、その研究内容として、まず、全体的な研究スコープについて御説明いたします。人間工学設計の具体的なプロセスは、ここに掲げておりますような図に沿って設計の評価を進めてまいります。これは、IAEAの先ほど申し上げました安全指針ですとか、あるいは

NRCの標準審査指針の18章の人間工学等でベースとなっております設計評価プロセスでございます。このプロセスは大きく分けまして、まずそういった設計評価のプログラムの計画をするということと、まず前段として分析を行う。それから、設計を実施して、検証と妥当性の確認をして、それから、施工の上運用段階に入りまして、設計どおりのパフォーマンスが得られているかということを確認するという流れになってございます。

特に、この分析につきましては、過去の運転経験の中からそういった人的な要因に基づく不具合がないか。設計にそれを反映すべき点がないかという運転経験のレビューですとか、それから、安全機能を機械側にやらせるのか、あるいは人間側にやらせたほうがいいのか、機械の自動制御で対応するのか、運転員の手動操作で対応するのか、そういった人間と機械の分担ということを分析し、次に人間側の分担、つまり人のタスクとして、実現すべき内容については、それが実際に適切に実施できるのか、そういったこともタスク分析いたします。

そのタスク分析と並行しまして、特に安全に影響を与える重要な人的タスクにつきましては、重要な運転操作を扱うということで、詳しく分析を行ってまいります。そうしたタスク分析と並行して、運転員の配置ですとか、資格が適切かといったことも見てまいります。

こうした分析を経まして、分析の結果を設計に反映してまいります。設計は、中央制御盤ですとか、そういったヒューマンシステムインタフェースだけではなくて、手順書ですとか、訓練プログラムといったことも人間工学設計の対象となります。その設計の妥当性を確認して、運用中にそれが実際に実現できているかということのパフォーマンス評価を行う、という流れが全体的な流れでございます。

こういった設計評価のプロセスを適用する対象範囲ですけれども、ここにありますようにプラント区分といたしましては、新設炉や既設炉の変更工事、それからプラントの状態といたしましては、通常運転、過渡変化や設計基準事故に加えまして、重大事故に至る事象ですとか、重大事故、あるいは定検・保守に対する状態を対象といたします。ここで、この黄色で指定している部分につきましては、直ちに評価ガイドとして、設定するに当たりましては、研究課題があるということで、ここでは、緑の基礎的領域に対しまして、研究領域として整理させていただいております。本研究は、こういった研究領域について、その技術的な根拠を明確にして、評価ガイドのほうにフィードバックしていくという位置づけになります。

機器・設備につきましても原子炉制御室だけではなくて、遠隔停止装置ですとか、現場制御装置、重大事故対処設備、常設もの、可搬のもの、それから、緊急時対策所の人間工学の側面といったことも対象の範囲となります。

また、要員といたしましても、運転員に加えまして、保守・試験等の要員も含めてまいります。

続きまして、先ほど研究課題として、重大事故等では、プラント状況の不確実性が増し、プラントと人間の相互作用も複雑になるというふうに、一言で申し上げましたけども、研究内容の設定につきましては、それをより具体的に三つの課題として設定してございます。それが、この表に整理しているものでありまして、一つ目は、重大事故におきましては、事故の進展推移が多様化するために、対応する人間のタスクも多様化すると。そういうことで、そういった取り扱いが非常に複雑になってしまうと。このために、先ほど申しました設計評価プロセスの高度化が必要になりまして、それは、先ほど申し上げました、重要な運転操作の扱いというプロセスの中で、多様な人的タスクの中から、安全上重要なタスクを抽出して絞り出す、絞り込む、スクリーニングをする。そのためにはどういった方法論があるのかというのが、ということが一つの研究課題のポイントになります。

二つ目が、やはりその重大事故等の状況におきましては、手順書の機械的な遂行だけではなくて、的確な状況認識や判断が運転員に求められ、そういった判断の結果が非常に事故のほうに影響を及ぼしますので、先ほどの評価プロセスのタスク分析において、認知的なモデルに基づいて深い分析を行い、人的過誤を特定する必要が出てまいります。これは、例えば、意図的でない偶発的なエラーだけではなくて、運転員が誤解に基づいて意図してしまうエラー、ミスメイクといったようなものも詳細に分析をして、その結果どういう状況では、どういう人的なエラーが起こり得るのかということをおあらかじめ予測的に特定していく、ということが重要になります。

こういった人的過誤の特定には、最新の人間信頼性解析手法を適用していく必要がございます。この人間信頼性解析手法の開発につきましては、先ほど申し上げましたテーマ2のほうで進めてまいります。

三つ目の人間工学上の課題といたしましては、そのように特定された人的過誤について、それを防止するために、では、その人間工学の設計のほうでは、どういうふうに配慮すればいいのか。ということで、例えば、ヒューマンマシンインタフェースの設計ですとか、手順書の設計の上では、どういった点を配慮すべきなのか、それをV&Vの中でどうい

ふうに確認すべきか、といったフィードバックのあり方も重要な研究ポイントになります。

こういった三つの研究ポイント、重要なタスクを抽出して、それに対して深い認知的な分析を行って、その人的過誤を予測する。そういった予測される人的過誤については、人間工学設計のほうで対処する。という三つのセットでこの評価プロセスの高度化を進めるということで進めますので、ここでは、これは、評価プロセスの高度化フレームというふうに呼びまして、これが、この研究の骨子になってございます。

続きまして、具体的な研究内容を御説明いたします。

まず、テーマ1の原子力制御室等の人間工学設計を評価するためのプロセスのあり方や、その技術的根拠を整備するということですが、まずは、その中で、今申し上げました高度化フレームのfeasibility studyを行って、実際にどういったフレームワークが実現可能性のあるのか、といったことをまず見てまいります。また、そのfeasibility studyの中で、さらにそういったフレームを実現するための具体的詳細な研究課題ということも明確にしてまいります。

そうしたfeasibility studyを経まして、まず先ほどの評価プロセスのポイント1になりますが、重要な運転員操作の扱いにおける安全重要なタスクの抽出方法の具体化を検討してまいります。この想定といたしましては、まず抽出の対象となる運転員操作につきましては、今までのところ設計基準事故については、設置許可申請において想定されている手動操作、重大事故につきましては、例えば、重大事故の発生及び拡大防止に必要な技術的能力において想定されている手順等が対象となります。あと、その抽出する基準といたしましては、Fussell-Veselyですとか、あるいはRAW、リスク増加価値指標等の安全指標を用いて抽出していくということを想定しております。

ここで例えば具体的にどういったものが、ではその重要な運転員操作として抽出されるかと申しますと、例えば、その技術的能力審査対象手順の1点として、原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等を対象とした場合には、1次系フィードアンドブリードといった操作が重要な運転員操作の対象になるだろうというふうに想定しております。これは、もう少し視点を変えて申し上げますと、現存するPRAモデルの中のフォールトツリーを構成している起因事象の中のヒューマンエラーに係る基事象というのが、この抽出される重要な運転員操作の候補になるというイメージでございます。

続きまして、評価プロセスの高度化のフレームワークの2番目は人間信頼性解析手法の高度化ですけれども、ここはテーマ2で行いますので、テーマ1としては、その取りまとめ

としてポイントの3番、特定された人的過誤に対する人間工学設計における低減策の確認方法の具体化ということでございまして、先ほど申し上げましたように、人間信頼性解析手法の結果、得られた人的過誤の可能性について、それをどういうふうに人間工学のほうにフィードバックするか、というその橋渡しをする重要なプロセスに対して取り組みます。この図では、左側にそうした人的過誤を特定するプロセス、右側に特定した結果をどのように人間工学設計に反映するかということを示しておりますけれども、先ほどのように対象とする重要な事故シーケンスに対して、重要な運転員操作を見出し、さらにタスク分析を施しまして、その中の重要なクリティカルなタスクは何か。そうしたタスクにまつわる人的過誤の発生は、どういったタイプのものが、どういう要因に基づいて発生するのかということ进行分析した上で、その要因を知った上で、では、それは人間工学上、どういうふうに設計上配慮すれば低減に至るのか。その結果それをマシンインタフェースの設計ですとか、手順書訓練の設計開発、それから、V&V、あるいは運用中のパフォーマンスの監視において、それが実際に低減が効果を現しているかどうかを確認していく。という流れでございまして。

特に、この重要なタスクに分解して人的過誤を見出すということは、これは最新の人間信頼性解析手法で、いろいろと今豊富な研究成果が得られているわけですが、エラーを知った上で、では、それをどういうふうに人間工学のほうに反映するかということについては、まだ研究は世界的に見ても手薄なところがございまして、ここは重要な本研究のポイントになってございまして。

続きまして、テーマの2の人間工学設計に適用する重要な要素技術であります人間信頼性解析処方的高度化について御説明いたします。

この解析手法は、人的過誤に至る認知的な要因や、メカニズムを明示的に構造化したモデルに基づいていることが重要でございまして、ここでは、NRCが先ごろ開発を進めているMacro Cognitive Modelといったものをベースに開発を進めてまいりたいと思っております。このMacro Cognitive Modelの構成といたしましては、まず、インタフェースのレイアウトの仕方ですとか、パラメータの表示方法ですとか、手順書の書きぶり等の外的な要因があったとすると、それがどのようなメカニズムで、どのような過程で人的過誤に至るのかといった、そういった流れを構造的に体系化しているものでございまして、その中で例えば、検知や、気づきの失敗とか、それから、プラント状況の理解や意味づけの失敗に至る、意思決定を失敗する、動作を失敗する等々、具体的な失敗の形態というのが、こう

いったインタフェースの状態から、発現するタイプの構成として体系化されております。このように、構造化された認知的モデルに基づいて分析することによって、ヒューマンマシンインタフェースや手順書が持つ人間工学上の不備からどのように人的過誤の発生に至るかという道筋を系統立って把握することができると考えております。

次に、この人間信頼性解析手法ですけれども、この中の研究課題といたしましては、やはり、これは海外でもそうなんです、ステップ・バイ・ステップの手順を明確に設定できるような運転操作については、先ほど申し上げましたような人的過誤に至る認知的な要因やメカニズムを構造化することが比較的容易で成熟した技術となっております。

しかしながら一方そういったステップ・バイ・ステップに手順化できないもの、明確な手順化ができない、そういった対応操作につきましては、運転員による状況判断や対応計画の如何がその後の運転操作に影響を与える程度が大きくなるに従いまして、その運転員に課される負荷、認知的プロセスの多様性や複雑さが増大するために、そういった分析というのも困難になってまいります。例えば、具体的に言うと、誤認識によって余計な操作をしてしまう、これはTMI事故の大きな要因でございますけれども、コミッションエラーですとか、火災や地震、津波、それからレベル1.5の格納容器損傷といった、まずはPRAモデルのまだ成熟していない分野の手順書をベースにした分析をどうするのか。それから、その原子炉制御室外における現場機器ですとか、可搬型機器を操作をする場合の運転員の認知をどういうふうにモデル化するのか。それから、緊急時対策所における緊急時対応支援組織のあり方、そういうコミュニケーションや支援をどういうふうに評価するのかといったことが、ここがかなり研究課題として残されておまして、これは今海外でも鋭意に研究が進められている領域でございますけれども、これらを我々の研究の中でも並行して進めていって、解析手法の中に取り組んでいきたいと思っております。

それから、研究内容の最後ですけれども、そういった解析ツールの高度化に伴いまして、人的過誤に至る認知的な要因やメカニズムと、その結果発生する人的過誤のタイプと、定性的、定量的に関連づける基礎データというのが重要になりますので、こういった基礎データを体系的に取得するというのも、この研究の中で進めていく予定にしております。

最後に、全体の工程ですが、テーマ1の制御室の人間工学設計を評価するための技術的な根拠の整備につきましては、まず初年度にそういった高度化フレームのfeasibility studyを行って、研究課題をより明確にした上で、重要タスクの抽出方法ですとか、人間工学設計の低減策のあり方といったことを具体化してまいります。

また、この安全研究の範囲から外れますけれども、先ほどの基礎的な領域につきましては、来年度中には、評価ガイドの(案)というものを作成いたします。この安全研究の進行に伴いまして得られた知見というのは、2022年度に集約しまして、評価ガイドのほうに反映して、先ほどまだ研究課題が残っていた領域についても評価ガイドとして、充実化を図るという計画をしております。

また、それと並行して、その評価に適用する人間信頼性解析手法につきましては、解析ツールを開発していくとともに、そういった解析ツールの高度化に沿って、それに適用する基礎データの取得ということも並行して進めてまいります。

以上でございます。

○青野調整官 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、最初に専門技術者の方々から御質問、御意見をいただき、次に委員の方々から、御質問、御意見をお願いさせていただきたいと思っております。なお、御発言の際には、所属とお名前を初めに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、専門技術者の方々から、御質問、御意見をお願い申し上げます。

○新井氏 東芝ESSの新井と申します。

まず、研究内容の1のほうなんですけれども、人的過誤の重要度分類で、FV値、あるいはRAWを使って分類するということなんですけれども、それは、当然炉形によっても違うでしょうし、シーケンス、どういうシーケンスを考えるかによっても違うでしょう。当然その系統設計によっても変わってくると思うんですけれども、そういう意味で、ここで実施することが、当初の目的の技術的基盤の整備という観点で見たときに、その一般性があるような基盤というものは出てくるのかどうかということはどういうふうに考えてらっしゃるのかというのが一つ目の質問です。

それから、2番目は、人的過誤のデータ取得ですとか、あとそれから過誤の低減策の検討、あるいはV&Vのところですね。そういうものを検討されるということなんですけど、そのアプローチをどういうふうにするのかということが、ちょっと見えないんですけれども、それを研究の中で検討するということなのかもしれないですが、そのアプローチについては、どういうふうに考えてらっしゃるのかというのが2点目です。

それから、研究内容の2番目のほうの、解析手法の整備ということなんですけれども、これは、NRCとEPRIが開発しているツールをさらに改良するという位置づけでやられるのか、その辺のところの位置づけをまず教えていただきたいということなんです。そういう意味で、

先ほどの御説明にもありましたけども、いろんなところで手法についての課題については、NRAさん以外でもいろいろやられている部分もあるということです、そういうところの効率的にやるという意味で、そういう協力をどういうふうに考えていかれるのかということと、それから、これも手法の課題はいろいろ出てきているんですけども、それに対するアプローチがいま一つよく理解できないので、その辺等あれば教えていただきたい。

それから、ツールについては、改良されたものは、これは、公開されるという位置づけでよろしいのでしょうか。以上の質問でございます。

○河合専門職 たくさんいただきましたので、順序立ててお答えしたいと思います。

まず、FVとかRAWの設定、御指摘のように、これはいろいろな適用の対象とするモデルがあり、またそのモデルによって、それからしきい値によってもさまざまなことがあり得るわけですけども、今は、我々としてもそういった標準的なモデルに基づいて、具体的にどういう形でできるかということ、来年のfeasibility studyにもなりますけども、そういうことを見極めていきたいと思っております、その中で、そういう標準化されたものというのは、あり得るのかということを検討したいと思っておりますけども、ただ、そういうしきい値については、これは規制側は、特にしきい値を設定するものではなくて、それは妥当性をもって実際にそういう設計評価をやられる事業者さんのほうで設定してもらいものかなと思っております。ただ、それに対してそれが実際に現実的に可能なのかどうか、そういったところはこの安全研究の中のfeasibility studyとして、見ていきたいと思っております。

それから、V&Vのアプローチとかをどうするかですけども、これは、今、そういう意味では、抽象論になりますので、少し実例を紹介して御説明、そのアプローチ全体については、少し時間をとって御説明したいと思います。

それから、3番目の人間信頼性解析手法のツールについては、すみません、どのような。
○新井氏 東芝、新井ですけども、これはNRCとEPRIの開発しているツールをさらに改良するという位置づけなんでしょうか。

○河合専門職 そうですね。NRCのほうで開発しているのは、人間信頼性解析手法ということでPRAの中で実施する手法でございます、これは、そういった人的過誤をどういったことがあり得るかということ、定性的に分析した後に、定量化のほうにプロセスが進んでまいりますけども、我々はそういった定量化という方向だけではなくて、それをどういったメカニズムで人的過誤が起り得るのかということ、これを明確にした後で、それを低減す

するためには、どういうふうに人間工学の設計にフィードバックするべきかという方向で、検討を進めてまいりますので、この部分で、既存のNRCとかEPRIが進めている解析手法から少し離れて、それを人間工学のほうにフィードバックする橋渡しということが、一つ重要になってまいりまして、それは我々のほうでさらに補強していく形になるというふうに考えております。

それから、こういった課題認識につきましては、今、ほかの内外の専門家の方々ともディスカッションさせていただいておりますので、例えば、アイダホ国立研究所ですとか、それから、NRCのRESですとか、そういったところのヒューマンファクターあるいは人間信頼性解析の専門家と議論をしていながら進めていくと。先方にも非常に関心をもっていただけだいております、これから情報交換を密にしつつ進めていくようなネットワークというのはできているのかなと思っております。

それから、ツールについては、公開は、これは検討中というふうにさせていただきます。

先ほどのアプローチですけれども、お答えになるかどうか。補足する資料に、これを実際試行的にあるシナリオについて適用した場合に、どういうことになるのかということを試行的に考えているところがございます、これはページが24ページにタスク分析において人的過誤を特定して、その過誤を回避するための人間工学上の設計要求を検討する場合の実施例として、一つ検討しております。こういったことをベースに来年度のfeasibility studyということを進めていくという傾向なんですけれども、細かい話になりますが、重要だと思しますので、少し立ち入って説明させていただきます。

シナリオとしては、誤解を招かぬ表示が存在する場合の全給水喪失LOFWを想定して、これは、4ループのPWRで主給水ポンプが3基、補助給水ポンプが4基備えていると。適用する手順としては、緊急時運転手順書、原子炉トリップ対応手順書、2次系ヒートシンク喪失時対応手順書でございます。シナリオとしては、まず主給水ポンプの全てが機能を停止するということと、それから、続いて、補助給水ポンプが自動起動しますけれども、そうしたタービン駆動の補助給水ポンプがダウンし、それから、モーター駆動の補助給水ポンプも軸受けの固着によりトリップして使用不能になる。また、もう1基のほうも軸受けが損傷して流量が上がらない。結局補助給水ポンプの12が自動起動して適切な流量を示す。これは、先ほどのNRCの検討ですとか、ハルデンのシミュレーター実験のときに採用されたシナリオでございます。このときに、補助給水ポンプの12だけが自動起動して適切な流量を示しますが、ただ、この系統については、再循環弁が誤って開になっていた

ために、冷却水が循環してしまってSGに到達しない。ただ、この再循環弁が開になっているという情報は、主要制御室の制御盤では、表示されないという状況であります。この結果、SGに供給されずにSGの水位が下降していく。このため、実際には、手順書の12次系ヒートシンク喪失のほうに移行する条件に至っているけども、中央制御室のマンマシンインタフェース上では、補錠給水ポンプが適切な流量を示しているので、運転員は気がつかない。想定される運転員の対応としては、運転員はSG水位低による原子炉の自動トリップを予想して、事前に手動トリップする。この結果、運転員は、緊急時運転手順書から原子炉トリップ対応手順書を経て、2次系ヒートシンク喪失時の対応手順書へと移行し、補助給水ポンプを普及することによって、ヒートシンクの再構築を試みる。もしこれが不可能であれば、どれか二つのSGの水位が50%未満であることにより、フィードアンドブリードを実施する。というシナリオになります。

ここで、その運転員の対応を検討いたしますと、運転クルーがヒートシンクの喪失LHSに直面していくことに気づく重要な手がかり (cue) としては、SGの水位の低下傾向になります。減少トリップ対応手順書に移行して、最初の数分で、補助給水の流量をチェックするステップに至りますが、この場合、適切な流量があることが制御盤で示されているためにLHSには運転クルーは気づかずにそのままステップが進んでいく。この時点では、SGの狭帯域の水位は14%まで低下している。この結果、手順書において全補助給水流量が576GPM以上に維持するように手順書では求められますが、この時点では誤った流量表示によって、運転クルーは適切な流量が得られているものと考えている。対応が進むと、運転クルーは、SGの水位を22～50%に維持されるように手順書の情報から求められますけども、ここまできるとSGの水位が増加しておらず、実際には減少していることに気づく可能性がある。ここで実際は、適切な補助給水流量が得られていないということに、クルーが気づくかどうかということがポイントになる。というようなシナリオを想定した場合に、先ほどMacro Cognitive Modelの中で、どういった運転員の人的過誤を特定するかということで、ここにありますような状況の理解に失敗する。例えば、誤解を招くような情報があるか、あるいはそういった情報が入手できない場合に状況の理解に失敗するとか、対応の計画に失敗する、操作の実行に失敗するといったような形で人的過誤のタイプというのが整理されておりまして、これを今のシナリオに当てはめると、重要なタスクを見出して、それからタスクの実行に必要な活動を見出す。その上で起こり得る人間のエラーは何かということ特定して、こういったことを全体を考えて、それを回避するための人間工学上

の設計はどうあるべきかということを考えている。ただ、今のポイントとしては、重要なタスクの2番目として特定されますSG水位を22～50%に維持すると。その維持に失敗した場合に、重要なcueを見出してLHSが発生していることを診断するというのが、一つの重要なタスクになりますけども、進むときに運転員に求められる活動というのが、SGの水位を確認する。数値を正しく読む。表示が定まっている。圧力を上回っていることを確認する。また、流量が表示されているにも関わらず、SGの水位を維持できないということを理解すると。この中で、先ほどの誤解を招くような情報があることによって、そういった状況の理解に失敗する可能性があるというふうにタスク分析されます。その結果、これをどういうふうに人間工学設計のほうにフィードバックするかというアプローチの話ですけども、例えば、インタフェースでは、代替となる、あるいは補足する情報を加える必要がある。補助給水の流量とか、SG水位、炉心出口温度等というところの情報を加える必要があるとか、あるいは手順書については、情報の妥当性の確認をここで求める必要がある。例えば、情報の矛盾が見られた場合に、SG水位を確認するとか、そういったことがこういったタスク分析の結果、人間工学側にフィードバックすべき設計要求事項として見出されるというようなプロセスを考えておりまして、このように具体的なシナリオに沿って、実際に直面し得る情報の不足ですとか、そういったものを具体的に見出した上で、インタフェースとか、手順書の設計に反映して、またそれを妥当性の確認のISVの中で、そういったシナリオを例えばシミュレーターによって再現してそれが再現しない、あるいは発生しないことを確認する、というような流れというのは、基本的なアプローチとして、今、構想をしております。ただ、これについては具体的に来年度feasibility studyをより詳しく行った上で、本当にそういった方法論が可能なのかどうか、先ほど申し上げましたINLでも、こういったアプローチ、これまでそういった人間信頼性解析から人間工学のほうにフィードバックするアプローチというのは、なかなかないということで関心を示しておりますので、彼らとも十分情報交換しながら、こういったところの具体化というのは進められていくんじゃないかと思っています。

○新井氏 わかりました。どうもありがとうございます。

○梅澤氏 MHIソリューションの梅澤ですけども、大体お聞きしたことは、新井さんのほうから大体質問あったんですけど、よく似たような話ですけども、今回、給水喪失とフィードアンドブリードのサンプルにされたんですけども、いろんな起因事象があって、それに対する運転要領もたくさんあると。この中で、どれか特定のものを選んでそれをど

んどん深くしていくのか、あるいはプラントのタイプによってもいろいろ運転量は違うんですけども、網羅的にこういったものを全部抽出されようとしているのか。ガイドという意味では、全体をカバーできなくてもいいのかなと思うんですけども、そのあたりボリューム感がわからなくて、4年間という研究期間があるんですけども、その中でどの範囲をやろうとされているのかというあたりをお伺いしたいと思います。

○河合専門職 今、御指摘あったどういうふうに網羅的に、どのぐらいのボリュームでやるかというような、非常にこういった評価の実現性として非常に重要なことですので、そこはしっかり考えていきたいと思っております。

それにつきましては、手順書単位でやるというよりは、今は、想定されるシーケンス単位でまず見ていこうということで、ここでは、一応今の想定としては、重大事故の発生及び拡大防止に必要な技術能力で整理されている手順の中で、これらを対象に先ほどのFV、RAWどういうふうに適用するかとまたありますけども、ここの中から重要な運転員操作というのを抽出した上で、そこに係る手順書ですとか、制御盤というものを対象に見ていく。それが、安全上重要であり、かつ、現実的な中でできるかどうかといったことが feasibility studyの中でも非常に重要なポイントになってくるかなと思っております。

○青野調整官 よろしいでしょうか。続きまして、委員の方々から、御質問、御意見を願います。刃刀先生、お願いします。

○刃刀教授 私は、あまりこの分野はわかりませんが、幾つか疑問な点があったんですけど、先ほどの運転員操作について、起因現象を抽出して、それをベースにするということですけども、そのときには、想定外の事象は本当はないのかとか、その起因事象だけやればいいのかというようなこと。それから、もう一つ重要なことだと思うんですけど、運転員が善人であるという前提に立った議論になってないかということですね。意図的に何かをしようと思ったとき、このツリーというか、このプロセスでは、想定外になってしまうのでしょうか。それともテロとの関係で、やっぱり中に入っているのでしょうか。というようなことですね。

それから、話が飛んでしまいますけれども、膨大な人間工学データが出てくるわけですけども、その手法として、多分、五副先生も専門家なのであれかも、私はよくわかりませんが、最近では計算科学で、AI、機械学習何か使って、どういうふうにやっていくかというようなことも、大分研究が進んでいるようなので、そういう技術を援用したような研究手法は考えられないのか、というようなことですね。全体的なスケジュールについま

しては、何かツールを開発するのと、基礎データを蓄積するというのがあるけど、これがどういうふうにリンクして、どうやって反映するのかですね。ガイドとか。低減策もそうですけど、反映すると書いてあるんだけど、何を、どこに、どう反映するのかということが、ちょっとよくわからなかったということで、先ほどの御質問で、範囲を決めるという話に通じるのかもしれませんが、ちょっとその辺が不明確だったなというふうに思います。

以上です。

○青野調整官 ありがとうございます。

○河合専門職 まず、想定外をどうするか。これは、非常に重要なポイントでありまして、今のところ、これは、こういう方法論の中では、そういう想定されている起回事象とは、NOMINAL CONTEXTとして想定していますから、それを逸脱した場合、逸脱する場合、例えば、先ほどの再循環してしまっているとか、そういう場合をどう扱うかということは、非常に重要でありまして、それもこの方法論の一つとして、それを体系的あるいは網羅的に抽出するどういうあり方があるかということは検討していきたいと思っております。

ただ、そういう例えば、コミッションエラーですとか、TMIのときのように、加圧器の逃し弁が開固着したり、それを気づかずに水位がいっぱいで、給水ポンプを止めてしまうとか、そういうエラーが本当に探索的にした場合に、これは非常に難しい問題ですので、どこまで網羅的にやっていくか、あるいはできるのかということは、この研究の一つのテーマとして追いかけていきたいと思っています。

○功刀教授 例えば、運転員の手順ですね、その決まってやって、そのように過誤を防止するような形でやったとしても、何か別の外的要因で違うトリップが入ってしまうというようなことまで含めて、過誤対策というのも考えるんでしょうか。

○河合専門職 この研究の非常に重要なところは、どこまで見ていくのか、しかも規制としてどこまで見るのが妥当なのかということを見極めるというのが重要でありまして、そういう本当そのエッジの部分というのは、どの部分なのか。それから規制として要求すべきはどこなのかということを確認していきたいと思っていますし、それは、先ほどの御示唆いただいたところもあるんですが、そういうサポタージュというか、意図的に悪意をもってやってしまうことはどう対応するのかとか、あるいはAIについても私どもとしてもそういう人間の頭では考えつかないようないろんな場合を総あたりの的に見ていくには、やっぱりAIが必要なのかなというところもあって、それも非常に興味があるところですけど

も、今の安全研究のスケジュールとしては、ちょっと書きにくいところがありますので、それは十分認識した上で、進めていきたいと思っています。

○刃刀教授 最後の質問の出口の問題なんですけど。

○河合専門職 出口については、まず、こういった方法論が成立するというのを、規制研究として実証してみて、例えば、NRA技法とか、そういうふうなこういう形ではできないんじゃないですかということで、一つの提示として成果として出していきたいと思っていますし、またその事業者さんが、そういったことを評価する際に、こちらとしてもそれをチェックするために、こちらとしても方法論としてツールとして持っておきたいので、そういったツールとして使うデータとして整備していくと。だから、そのこちらで取得したデータをどこかで何か共有なものにするということではないんですが、こちらのチェック用にそういった整理をしていきたいというふうに思っています。

○刃刀教授 恐らく、出口をどうするかということ、あらかじめ、ある程度絞り込んで置いていくということが、多分先ほどの質問の一つの答えなんじゃないかなというふうに、どれだけの範囲までにこの研究をしておくのかというのは、出口をちゃんと見ておいて、どういうふうにガイドに反映するかということ、まずあらかじめ想定をしておかないと、広めるだけ広げちゃってどうしようもないという状態になるんじゃないかなと、ちょっと危惧されるので、ぜひ御検討いただければと。

○河合専門職 そういう範囲の明確化というのも、まず初年度のfeasibility studyの中で明確にしていきたいなと思っています。

○刃刀教授 どうもありがとうございました。

○青野調整官 ありがとうございます。北田先生お願いします。

○北田教授 幾つか教えていただきたいようなところになるんですけども、例えば、まず最初で一つ目が、重要なタスクをまずは抽出されると、このような手順書の中での重要なものを抽出されるということなんですけれども、FVの指標など使われると多分影響の大きいものが多分抽出されるのかなというイメージなんですけれども、昔にも出ましたシロカカのほうがきくとかいう話があるように、影響はさほど大きくはなくても、エラーとしては割と幅を占めるというか、エラーが失敗のところに対しては割と大きく切るみたいなもののあつたりするんじゃないかなというようなこともありまして、そのような影響の小さいけれども、エラーとしては大きいというものも、それは重要なタスクというふうな分類で引っ張り出される予定なのかどうかというようなところ、引っ張り出したほうがいいん

ではないかということのコメントみたいなものですが、それが一つ目。

二つ目何ですけれども、先ほどの新井様のコメントに対応するんですけれども、先ほどの人的過誤はこういうところがよくきくんだと、それを実際には定量的なところの話も当然やられるんですけれども、それとは別に設計上の低減策というのは、別途また定性的なイメージだと伺ったんですけれども、そのようなことにも適用されるとおっしゃったと思うんですが、そもそもそのような対策というものを考えるときに、PRAが使われるものじゃないのかなというのが、まずそもそも私の印象で、どのような対策がそもそも低減策として有効なのか。当然何でもかんでもやればというと、それは多分取りとめもなく何ぼでもやらないとだめになりますから。まずは、やはりこれが優先されると。これが、まず大切なプライオリティーが高いみたいなそういう順序づけとか、優先順位づけというのがPRAが多分得意にしているところでもありますから、そのように使った上で低減策、人間工学設計上の低減策というようなところにも反映されるものではないのかなというふうにちょっと思ったので、そのあたり具体的にどうされるのかというのがわからなかったので、説明いただければというところなんです。

○河合専門職 今の二つは、多分関連するところだと思うんですが、FVとかRAW指標を用いてどう抽出するかということについては、CDFにどれだけインパクトがあるかというだけではなくて、その頻度としてもどうかとか、あるいはヒューマンエラーの場合には、そういう共通要因としてどのぐらい影響するのかとか、操作の依存性とか、そういうことも重要な要素になりますので、それも踏まえてどういうふうに、本当に見るべき操作は、何なのかという抽出方法というのは検討していきたいと思っています。

先ほど、人間工学に反映するべき重要な操作ということが、そういう意味では、やっぱり初めのステップ1の重要な運転操作を抽出するというところで、しっかりPRAも含めて見ていこうと思っています。

ただ、どういうエラーが起り得るかということから、それをどういうふうに設計に反映するかというところは、おっしゃるとおり、どうしても定性的に検討をしていく範囲になりますので、その部分どういうふうにスムーズにそれが関連していくのかということも見て組み立てていきたいと思っています。

○北田教授 それ自身も多分少し研究の対象に入っているのではないかと思いますけれども、ちょっと具体的にちょっと思いつかなかったもので、とっただけです。

あと、すみません。それ以外のところで、人的過誤というのがどういうところで起こる

かというところで、あと、人的と言ったときに多分個人のイメージがすごく強いようなイメージになるんですけども、当然チームであるだとか、また場合によっては組織というところの影響も当然ある。場合によれば、組織なりチームがうまく機能することによって、個人では失敗していても、それがチームとしてはリカバリーできるというか、その過誤を回避できるというような、そんなところも当然あるかと思うんですけども、そのようなことというのも、この中では、考慮されることになるんですか。

○河合専門職 はい。おっしゃるとおりでありまして、今の信頼性解析手法というのは、個々の運転員がどうエラーを起こすかではなくて、運転クルー総体として、一つのユニットとしてどうエラーを起こし得るのか、その中でどういうふうに関わりリカバリーするのか、ということモデル化して組み立てておりますので、基本はそういうことになります。ただ、例えば、サポート要員がどうなるのかとか、それからそのシフトはどうなるのかとか、あるいは、緊対所での支援がどう影響するのかとかですね、そこら辺の非常に周辺の、あるいは難しい領域についても先ほどのスコーピングの中でどこまでは使えるかということで、整理していきたいと思っております。あくまでも、これは工学として扱いますので、工学的に信頼度をもって扱えるかどうかということがメインになりまして、例えば、もっと広がって組織文化とか、そういうところまでは、どこまでこの人間工学として扱えるのか、扱うべきなのかということも見極めつつ、非常に重要な御指摘だと思いますので、それをどういうことをモデルとして想定しているのかということも明確にしていきたいと思えます。

○北田教授 できる範囲というのは多分限られているとは思いますが、逆にどういふところまでは考えられて、さらにこの後は、またさらにこういうところにまだ課題があるという、そのあたりも明確にさせていただければいいかなと思います。

そういうふうになると、結局はまだわからないというか、これからもわかってくる新たな知見というのが出てくることになるかと思うんですけども、そのような知見が出てきたときの例えば反映のやり方だとか、そういうようなところというのをスコープには入るんですか。

○河合専門職 そうですね。今、4カ年の計画を考えていますが、最終年度には、そういったことで、またこの研究を集約する段階で、残された課題は何なのかとか、それも規制上の課題は何なのかとか、それは明確にしていきたいと思っております。明確にできる部分は、その評価ガイドのほうに反映していくというところに。

○北田教授 すみません、あと最後一つだけなんですけれども、インタフェースだとか手順書などが不備があると、それによってどれくらい過誤が起こるかというところ、定性的にはわかるんですが、計画の中では定量化されるというところまで踏み込まれていたと思うんですが、その定量化というときは、どのように、具体的な方法がイメージできなかつたので、教えていただければと思います。

○河合専門職 またそれも研究課題なんですけども、FVとかRAWで重要な、要するにCDFに影響を与える人的過誤は何かということを経験的に扱っていくと、プラントの全体のCDF値に対して、どのくらい寄与していくのかというのが、そのモデルに基づきますけども、ある程度推定が可能でありまして、今までは、一般的に例えば、昔は5割、6割程度だったんですけども、最近機器の信頼性が上がっているんで、人間の寄与というところと6割、7割ぐらいあるんじゃないかということは、一般論として言われているんですけども、実際にそのモデル上でどのくらい定量的にそれが把握できるのかというのは重要なことなので、それは、実際に今も取り組んでいたりしております。

○北田教授 ありがとうございます。

○青野調整官 ありがとうございます。五福先生お願いいたします。

○五福教授 岡山大学の五福ですが、ありがとうございます。

この委員会初めてなので、まず基本的なところをお伺いしたいんですけども、この御研究、非常に人間を相手にしますんで、非常に大変だと思うんですが、この資料の3を拝見しますと、平成30年度までに人間組織に係るソフト面の安全規制の最新知見の反映という、こういう御研究をされておりますよね。それにつながる形で、今回の御研究をされていると思うんですが、その30年度までの研究で、どういうところまで明らかになって、どういうところがまだ研究することが必要だというふうにお考えになったんでしょうか。あるいは、また別個の独立したものとして提案されたのか、その辺の関係がまずわからなかつたので、教えていただければと思います。

○河合専門職 30年までの研究は、この今4年タームですけども、その一つターム前の研究になりまして、その段階では、こういった人間工学に関連したテーマは、全体のテーマの一つになっていまして、ほかにも四つ、五つほどテーマがあつて、例えば、安全文化の評価のあり方ですとか、原因分析をどうするのかとか、そういったことも含めて並行して進めてまいりました。人間工学については、28年度ぐらいから本格的に進めてまいりまして、初めに先ほど申し上げましたような、国際的な今の最先端の標準はどうなのか、例え

ば、IAEAのDS492では、どういうふうに人間工学設計の指針をつくっているのかとか、NRCでは実際どういう指針をつくって、実態はどうかとか、そういう現状を把握して、では、それを日本のほうに輸入するとしたら、どういう問題があるのか、直接直輸入できるのか、どういう開発が必要なのか、そのアプリケーションの調査、検討を進めていく中でポイントはやっぱり重大事故になるんじゃないかとか、重大事故については、まだまだ世界を見ても、例えば、韓国なんかはかなり熱心に行っていますけども、まだ課題があるなというふうなことがだんだんわかってきて、我々日本で追及すべきことは何なのかということの整理ができて、それで今回の研究計画になっているという形になります。

○五福教授 ありがとうございます。それから、次に、まだ規制のための安全研究という意味が、私、ぴんとこないのです、そのあたりについてお伺いしたいんですけども、最終的に、この規制に生かすための安全研究というのは、どういうところを重点を置いてしたほうがいいと。あるいは最終的な、先ほど刃刀先生とか、新井さんの質問に係るんですが、最終的には、どのようなアウトプットというんですか。規制を業務をされる上で、どういうふうに反映されるのかという、そのあたりについて教えていただければありがたいんですけど。

○河合専門職 これは、安全研究にもさまざまなタイプがありますので、それぞれ多分個々に違うのかなと思っておりますけども、この本研究の場合は、IAEAの指摘で体系化して、もうちょっと体系的に見たほうがいいのかということで、じゃあ、それをどうしたらできるのかということで、規制要件の見直しですとか、あるいはそれを実現する評価ガイドというのを作成というのを別途進めておまして、この研究については、その安全研究の位置づけというのは、評価ガイドを例えばこうすべきだと、こうあるというふうな一つの指針が示されますけども、その指針を設定している根拠というものを、いわゆるテクニカルベースというものを明確にしなければいけないと考えておまして、そこのテクニカルベースを明確にする上で、研究要素があるものについて、こういったことで明確にして、それを技術的な知見として整理をして、その評価ガイドのサポートをしていくという、そういう位置づけが既成の安全研究。あとは、この研究の位置づけになるのかなと思っています。

○五福教授 わかりました。ありがとうございます。

今、ちょうど、評価ガイドという言葉が出ましたので、それについてもお伺いしたいんですけども、これは、規制側が使われるガイドラインという、そういう意味ですか。それ

とも、事業者側に提供する規制のための安全設計のガイドラインと、どちらの意味で使われたんですか。

○河合専門職 規制側が使うガイドでありまして、事業者には、こういった体系的な人間工学設計を進めていただいて、その評価を体系的にしていっていただきたいということで、規制側としてある意味の要求をしていくわけですけども、それを例えば、審査ですとか、検査の場面で、実際に健全に行われているかというようなことを確認する視点として、評価ガイドというのを作成していきます。

○五福教授 わかりました。そうしますと、ガイドの中に書かれるような項目というのはこれは人間を扱っているので、かなり性能的に評価するのは、非常に機械とは違って難しく、例えば、過誤率が90%以上、10マイナス何乗以下であるべしとか、そういうのは、人間には求められないと思うんですけども、割と、こういう安全関係の基準とか、そういうものに関しては、割とこういうやり方でプロシーチャーで安全を担保するためのさまざまな機器の設計とか、あるいは、人間の教育訓練とか、そういうのをすればいいですよとか、そういうような形の手続き基準というんですか。そういうようなものが結構つくられるんですが、それはそういうような形になるんでしょうか。それとも、例えば、人間の過誤率が平均的にある組織の運転員の方が、10のマイナス何乗以下になるように、教育訓練しなさいとか、そういうような形になるんでしょうか。どちらを想定されているんでしょうか。

○河合専門職 そういうアウトプット評価といいますか、テクニカルスペックと決めて見るというのではなくて、これは、国際的にもそうなんですけども、人間工学の場合には、設計の評価するプロセス、ちゃんと適切なプロセスを経て評価しているか。その結果がちゃんと整理されているかということを見ていくことになる。ただ、その中で、じゃあ、どういうプロセスがあり得るのかということで、こちらでも試行的にやってみて、こういうところまで見てくださいよということも要求として実現していくという流れであります。

○五福教授 わかりました。そうしますと、多分規制側の要求として大概の規制側の要求というのは、要件が大体アンドの形で結ばれる場合が多いと思うんですね。こうこうこうなければならない。また、こうなければならないと。ところが、そういうようないろいろなオプションがある場合は、こうであつてもいいけども、こういう考え方もあるとか、そういうような形のガイドラインまでも想定されているんでしょうか。

○河合専門職 恐らく要件としては、こうあるということを書いた上で、それを実現する

手段については、業者さんに御検討いただいて、こういう方法論でもいいし、こういう方法論でもいいし、結局どういう方法論でも目的としている評価ができれば、規制としては、それぞれ確認していくということになります。

○五福教授 わかりました。あと、人間工学というんですか。ヒューマンマシンインタフェースというのもそうなんですけども、そういうのを扱うときは、人間のことも非常に大切なんですけども、対象とするシステムが何かによって、それぞれ変わると言うんですね。そういうようなところを考えないといけないんですが、そちらのほうは、どういう形で反映できるとお考えなんですか。すなわち具体的に言えば、新しい技術が出てきたときに、それを導入したいと。ところが、こうこうこういう形で一応安全を確保できる見通しがありますと。そういうようなときに多分規制委員会側としては、それは本当かどうかということ審査しないとけないと思うんですが、そういうところに関しては、どのような形で研究を進めようとお考えになっているのかということをお伺いしたいんですけども。これは、新技術だけではなくて、例えば、既存のシステムでも人間と機械との役割分担が変わると、それだけで全て変わってきますので、そのあたりをどういうふうと考えられているのかなということをお伺いしたいのですが。

○河合専門職 それは、先ほどのフレームのステップ1に多分相当すると思うんですが、やっぱりそういう新しい技術を導入したことによって、あるいは制御盤を交換したことによって、何かこれまでの状況が変わって、安全に影響を与えるような新しいエラーの原因というのが生まれないかどうかということをチェックした上で、もしそれがそういう懸念があるのであれば、それはきちんとタスク分析をして、そういう新技術を導入した上でも安全が確保されているかということを確認しながらというような、そういう形になってくると思います。

○五福教授 ということは、あくまでやっぱり手順をきちんと見て、そのエビデンスというんですか、そういうのがあるかどうかをチェックしていくというそういうような形になると。

○河合専門職 それが基本になるかなと。

○五福教授 わかりました。それと、最後に、人間というのは悪いこともしますけども、いいこともしますよね。その辺をどういうふうで考慮するというのは、規制委員会の範疇じゃないかもしれないんですけども、私は、規制というのは、割とミニマムリクワイアメントを要求するところだと思っているんですけども、そういうことに関しては、どうい

う形でガイドラインのほうに組み込むことが可能だというふうにお考えですか。

○河合専門職 そこは、非常に難しいところがありまして、例えば、IAEAのDS492もこの評価の目的として、ヒューマンエラーをミニマム、最小化するとともに、パフォーマンスを最適化する(optimize)というのが、冒頭でうたわれています。ただ、規制側としては、今御指摘のようにやっぱり安全を確保するという意味では、どうそのエラーを最小化するのかということが、まず重要だと思いますけども、じゃあ、パフォーマンスをどう最適化するのかということは、これは、規制としてどこまで見ればいいのか、あるいは事業者はどう考えるのかとか、そこら辺の考え方の整理も必要でありますし、重要ではあるとは思っておりますが、そういうパフォーマンスをどう確認するか。これはバリデーションのときにパフォーマンスを確認するということがありますけども、具体的にどうするかということの中で、整理していきたいなと思っております。

○五福教授 ありがとうございます。あともう一個だけ思い出したんですけども、こういうヒューマンマシンインタフェースというのは、教育訓練とかなり密接に関わっているんですね。そこらあたりは、この研究では、どこまで扱われようとしているんですか。

○河合専門職 やはり、そういう実際にもう運転が進められているプラントについては、そういったシミュレーター訓練というのがあって、ここで本当に、今のインタフェースが妥当なのかどうかとか、手順書が妥当なのかどうかというのを確認する意味で、すごい重要なセクションだと思っております。そこでどう確認するか、先ほどの手順の中の人的パフォーマンスの監視、モニタリングの部分になると思っておりますけども、そこを具体的にどうするかというのは、実際にすごく重要なことと考えていまして、具体化というのを検討しています。

○五福教授 あと、もう一つ思い出しました。すみません。芋づる式に出てきてすみませんけども、先ほど新しい技術言いましたけども、実は人間側も変わると思っております。ですから、世代が変わると、多分運転員の気質とか、そういうのが変わっていくと思うんですね。ぜひそういうようなところを事業者側にうまくプロモートというんですかね。配慮をして教育訓練を高めていくとか、あるいは改善していくとか、そういうような活動につながられるように、ガイドラインをつくっていただければありがたいなと思っております。

○河合専門職 わかりました。

○五福教授 よろしくお願ひします。

○青野調整官 ありがとうございます。よろしいでしょうか。

よろしければ、続きまして、原子力プラントの熱流動最適評価に関する安全研究について、技術基盤グループシステム安全研究部門、小野主任技術研究調査官から説明をさせていただきます。

○小野主任技術研究調査官 原子力規制庁システム安全の小野と申します。よろしくお願いいたします。

原子力プラントの熱流動最適評価に関する安全研究ということで御説明させていただきます。

発表内容ですが、背景、研究目的、研究内容、研究期間でございます。

最初に背景ですが、原子炉施設の安全性評価は、安全解析が重要な部分を担っております。範囲としましては、運転時の異常な過渡変化、以下A00と略します。それから設計基準事故をDBAと略します。それから、重大事故に至るおそれがある事故をBDBAとします。ここまでは炉心損傷に至らない範囲であり、炉心損傷以降の重大事故については、別の担当課がございますので、そちらがやっております。

現行の安全解析の課題ですが、実炉を単純化したモデル、それから保守性を確保するための仮想的な想定、こういうものを使っているため、現実的な挙動とは差があり、安全余裕の定量的評価とか、改善点の検討につながりにくいという課題があります。

それから、現実的な挙動を評価しないために、事象発生時の挙動解明、物理モデルの高度化等の最新知見を安全解析に十分反映できないという課題がございます。これに対し、国内外の動向としましては、日本原子力学会では、最適評価適用のための統計的安全評価の実施基準を作成しておりますし、事業者はトピカルレポート制度を活用した最新の安全解析コードの技術審査を考えていると思っております。

ここで、事業者と書きましたけども、解析コードについては、プラントメーカーがつくっておりますので、両者を含んだ産業界という言葉が適切かと考えます。

海外IAEAでは安全基準ガイドで、重要な安全上の問題が埋もれないために、最適評価も実施すべきとしておりますし、米国NRC連邦規則ではECCS性能評価における不確かさを考慮した現実的評価も要求しております。

背景続きます。

最適評価とは、実炉の詳細な体系や、複雑な現象を模擬できる最適評価BEコードを用いて解析して、事象発生時の現実的な挙動を予測するもので、その最適評価の一つとして、個々のモデルの不確かさを定量化して、それらを入力して事象発生時の挙動の現実的に取

り得る幅を統計的に評価するBEPUというものがございます。これらを使いますと、下のほうにいきまして、現実的な挙動とその取り得る幅を把握することができるので、安全余裕の定量化とか、改善点の検討ができますし、重要現象の特定やBEコードを使うことによって、最新知見を継続的に反映することができます。

最適評価は三つの構成要素によってできていると思っております。青い部分が重要な物理現象の詳細的な把握ということで、ここは実験が主になります。緑の部分は、その実験によって出てきた現象をモデル化し、その不確かさを定量化したBEコードに実装するところです。赤いところは、実際のプラントの想定事象を解析する部分で、A00、DBA、BDBAです。これらの三つの真ん中の部分が最適評価手法でございまして、これに統計手法を使うことによって、不確かさを考慮することができます。従来の研究は、この①～④で、熱流動安全解析手法とか、多重故障、国産システムの開発、実験研究等をやってございました。黄色いところが最終的な目標の最適評価手法ですが、それには、この一番下のところから、最初にDBA、BDBAに想定される物理現象は把握しておいて、それらの物理現象をモデル化して、さらに反映した解析コードの検証、妥当性確認を行って、最適評価コードの安全解析を実際のプラントで行って、BEPUで不確かさを考慮した統計解析を行うということによって、最適評価手法が行えます。

青い部分は、これまでのプロジェクトで残された課題で、下の二つの欄のところでは、重要で機構が未解明な現象の実験的知見データを取得したのですが、まだモデルには未反映なところがございます。

それから、解析コードの検証のところでは、系統的なV&V等はまだまだ、それに対する不確かさの定量化が必要となります。

さらに、BEPUのところでは、個々の物理現象の不確かさ等の知見が不十分です。これによって黄色の最適評価手法ができて上がるわけですが、また新たな課題が見つかった場合には、一番下のところから、順々に積み重ねていくということで、さらなる改善が必要になってまいります。

以上の背景から、研究目的について御説明します。

安全審査で、事業者が実施する安全解析に対する妥当性の判断に活用できるように、実炉の安全余裕の定量的な評価、改善点の検討を継続的にできる最適評価手法を整備するという目的です。このことは、以下の三つによって実現いたします。未解明な流動現象について機構論的なモデルを開発して、それを信頼性の高いBEコードに組み込んで、BEPU手法

の確立に向けて不確かさの評価手法を検討するという、この三つを実施していきます。

次に、個々の具体的研究ですが、物理現象の把握及びモデル化として、原子炉停止の機能喪失、以下ATWSと言いますが、における液膜ドライアウト現象ですが、これは、燃料棒表面の液膜が喪失して、後退して燃料表面の熱伝達が著しく劣化するという現象で、またその後液膜は再進展しリウエットすることによりまた冷えていくという形になるのですが、そのときの機構解明に関する知見が少ない。それから、今までのプロジェクトでは、モデルの高度化に対して、以下の成果を取得しております。実験装置のHIDRAというものを製作して、高圧高温の液膜ドライアウト等の実験データを取得しております。また、スパーサによる液滴付着効果やリウエット時の先行冷却の詳細データを取得しております。

本プロジェクトによる実施内容としては、ここで取得したデータに基づいて、スパーサによる液滴付着効果やリウエット時の先行冷却のモデルを高度化します。それから、原子炉停止機能喪失を模擬した過渡的な実験を実施して、モデルの妥当性を確認いたします。

左側のこの絵は、リウエット時の先行冷却を現した燃料被覆管の写真ですが、左から温度が100℃、250℃、400℃となっています。左側の図は下半分が液膜があって、上半分が乾いているというところの写真ですが、100℃のときは、液膜が指のようになって立っている状態です。中央では液滴が、ちょっとわかりにくいんですが、飛散しています。中央と右側の図に示すように、温度が高くなってくるとこの指のような水の柱がなくなって、全体に広がって、液滴が飛散しているという状態がわかります。このようなものについてのモデル化を考えます。

次は反応度投入事象です。RIAと今後は言います。想定されるボイド挙動ですが、RIAの特に低圧サブクール条件では、出力急昇時の局所的なボイド発生とか、発生したボイドの横方向への伝播、それから凝縮、こういったものが核熱結合、ボイドフィードバックへ影響するということから重要だと考えられます。

今までのプロジェクトでは、低圧時のサブクール沸騰モデルを開発しております。また、RIAで想定される非均質なボイド挙動について実験データを得ております。

本プロジェクトの実施内容は、得られた実験データに基づいて、RIAで想定される燃料集合体内の非均質なボイド挙動を模擬できる詳細解析手法を整備したいと思っております。

次も、物理現象の把握とモデル化ですが、これは、LOCA関係のものです。冷却材喪失事故 (LOCA) における現象としてFFRD (Fuel fragmentation, Relocation and Dispersal) ですが、これは近年、高燃焼度燃料ペレットの細片化、被覆管膨れ部への移動、それから

破裂部から放出現象が観察されていまして、それらの燃料冷却性への影響を評価する必要があります。

今までのプロジェクトでは、このペレットの再配置による出力変化を考慮したモデルをつくったのですが、簡易的なモデルでございました。

LOCAにおける現象に関する別の現象としましては、再冠水現象がございます。再冠水時の液滴挙動や、気液3次元挙動等の詳細現象の知見を拡充する必要があります。あるいは、BeyondDBAのときはRHRが動かない場合があり、代替冷却水注入設備を使いますが、この場合は、低速度の再冠水現象になりますので、そういった場合の知見は少ないということです。本プロジェクトにおいて実施内容は、最初に流路閉塞等のFFRDに関するモデルを高度化します。二つ目は、国内外の実験に基づいて、再冠水挙動の係の実験的知見を拡充して、モデルの高度化を行います。

引き続き物理現象の把握ですが、蒸気発生器の伝熱管複数破損、マルチSGTRと略称しますが、これは、地震によって共通要因でSGTR、Steam generator tube ruptureが一本だけではなく、複数、しかも複数のSGの中で起こる可能性がありますので、このときの事象進展の影響を与える現象等を把握する必要があります。

前プロジェクトでは、マルチSGTRの実験を実施しておりますが、全部成功した例の実験で炉心の露出に至るような厳しいシナリオについての知見がまだないので、それを拡充する必要があります。

さらに、非常用炉心冷却系（ECCS）再循環機能喪失時のプラント挙動ですが、これは、PWRのBDDBA事象の実証試験でございますが、炉心からSGにかけての熱流動の複合的な現象について実験データを拡充する必要があると考えています。

本プロジェクトにおける実施内容としては、ROSA/LSTF実験装置を用いて、上で述べた実験を行いたいと思います。

次に、解析コードのV&Vですが、国産システムコードを今まで開発してありまして、AMAGIという名前にしてありますが、これをBEコードとして確立していきたいと考えております。学会の標準等で解析コードの信頼性の確保や、BEコードとしての系統的なV&Vの方法論が整備されております。前プロジェクトでは、AMAGIの既存コード相当の機能を開発したのですが、計算速度とか、ロバスト性等にまだ課題が残っております。

本プロジェクトでは、AMAGI、それから参考コードとしてのTRACEを対象にV&Vを実施して、検証としては、個別現象を対象とした網羅的な機能確認、妥当性確認としては、PIRT

及び評価マトリクスを使った、もう少し大きめなインテグラルなイフェクトテストの実験解析によって、解析コードの不確かさを評価したいと考えます。

また、AMAGI開発に関して、産・学の専門家から構成する技術検討グループの設立を考えようと思っております。

次に、BEPU手法の高度化ですが、AOO、DBAへのBEPU適用ですが、米国で導入されていることや、OECD等でも手順が整備されております。それから、前プロジェクトでは、BEPU手法をやって、その結果、個々のモデルの不確かさの幅とか分布についての正確な定量化とか、特定パラメータに不確かさを考慮した場合の他のパラメータへの影響を把握すべきという必要性を抽出しております。

本プロジェクトにおいては、不確かさ評価手法、感度解析手法の高度化を検討し、大破断LOCA(PWR)、発電機負荷遮断(BWR)を対象にして、上記課題を検討したいと考えます。

研究期間は6年間です。物理現象の把握は、最初の3年間でモデルの高度化、最初の4年間で不足している実験データの取得、それから、2020年～2024年にかけて妥当性確認、最後の2年で、高度化モデルの安全解析への適用を行います。

解析コードのV&Vについては、最初の年でV&VのためのPIRTを作成しまして、その後AMAGIのV&Vをやっていききたいと考えます。

3番目のBEPUの高度化と安全解析への適用ですが、手法の高度化を最初の2年間でを行い、その後、安全解析への適用を実施していききたいと考えます。

以上です。

○青野調整官 それでは、質疑とさせていただきます。まずは、専門技術者の東京電力ホールディングス株式会社の溝上さんから、事前に御意見、コメントをいただいておりますので、まずそれについて紹介させていただきます。

○佐藤技術研究調査官 失礼いたしました。それでは、溝上様からのコメントと御意見のほう御紹介させていただきます。

まず、コメントといたしまして、2008年度の標準策定時に、そのメリットとしてコードの継続的な改良と、適切なコードによる解析が両立可能であることを挙げておりましたので、当時の関係者として、NRAにおいても重要現象の特定、BEコードの開発、妥当性確認、不確かさの定量化等により、最新知見を継続的に反映することが可能となるとして、課題解決の方法として、BEPU手法の検討がなされているのは、原子力発電プラントの安全性を向上していく観点から、非常によい方向と考えますとのコメントを頂戴しております。

続きまして、御意見を御紹介いたします。

AMAGIに関連してのコメントとなりますが、このコードのBEコードとしての適格性を示す上で、学会標準のコードの妥当性確認のための手法を踏んで、コード設計書、モデル解説書、適格性評価報告書及び代表的な解析結果の例をそれぞれ作成する滑走を進めてはいかがでしょうか。NRAでもTRACEコードについてそのような位置づけのレポートが作成されておりますので、技術検討グループで議論する際にも、議論が進みやすくなるものと考えます。

また、NRAにおいてBEPU手法に関する審査ガイドのようなものが作成されるならば、現在改訂中の統計的安全評価手法の標準は、審査に関連するようなものも含め、幅広い留意点を丁寧に記載したのになっていると考えておりますので、そのような観点からも標準を適切に御活用いただくとともに、上述の報告書等の作成にあわせ、標準の要求事項が適切かどうかのレビューもあわせて実施していただければ、今後の産業界におけるBEPU手法の活用にも非常に有益と考えます。との御意見です。これについて、システム安全研究部門から回答をお願いいたします。

○小野主任技術研究調査官 規制庁、小野と申します。

最初の御質問ですが、AMAGIのBEコードの適格性を示すために、設計書ですとか解説書をとということですが、平成31年から始めるプロジェクトの中で、AMAGIコードに関するV&V、パートの検討等を実施していく予定でございますので、これらの解説書に相当するレポートとか、論文作成をその中で進めていこうと思います。

二つ目ですが、NRAにおいて、BEPU手法に関する審査ガイドのようなものを作成するときに、学会標準も参考にされたらというようなことですが、統計的安全評価表示の改訂版が今つくられておりBEPU手法のさまざまな留意点がありますので、これらは、本プロジェクトでも参考にしていきたいと思います。

審査ガイド等の作成については、プロジェクトの研究成果を踏まえて、今後検討したいと考えております。

以上です。

○青野調整官 それでは、専門技術者の方々から御質問、御意見をよろしく願います。新井さん。

○新井氏 東芝ESSの新井でございます。

私も、安全評価の方向として、最適評価をやって、不確かさを考慮していくと、プラス

して不確かさを考慮していくということは、非常に重要なステップだというふうに認識をしております。今回の計画の中では、ATWS、RIA、それからLOCAの再冠水等々について、着目して研究を進められるということですので、安全性上の重要度とか、リスク重要度というような観点から見たときに、こういう現象に注目することが適切であるというところは、どこかで整理しておいたほうがよろしいのではないのでしょうか。もう既に整理されているのかもしれないですけども。というのは一つです。

それから、2点目は、今までの流れの中で非常に重要なデータがとられていると思うんですけども、その重要なデータを使って、モデルをつくってさらに検証するというようなステップが一方であって、それと関連するような形で国産の最適評価コードを開発されているというようなところで、その最初のほうの実験をやってモデルをつくって検証することと、それから、国産のBest Estimateのコードをつくるということの、関連がいま一つよくわからないと。スケジュールを含めてですね。実験データを活用するタイムフレームというのは多分あると思うんですけど、それと、国産コードを開発していくタイムフレームと、それも整合しているのかというようなところが、いま一つよく理解できないので、その辺のところも整理していただければというふうに思います。

それから、たまたま今この研究期間が出ていますけども、6年ということで非常に我々からすると非常に長い研究期間になるので、やはり研究のステップとしては、例えば、1年ごとにマイルストーンをつくってどういうふうに達成できているのかとか、その少なくともマイルストーンを明確にして示していただくということが必要なのではないかというふうに思っています。

それから、最後ですけども、先ほど申し上げましたけど、今産業界ではなかなかこれほどのデータをとるということは、なかなか難しいような状況の中で、非常に貴重なデータがとられているのではないかなというふうに思います。詳細は、私もわかりませんが、今、ここで示された中では、非常に貴重なデータになるのではないかというふうに思いますので、ぜひ、積極的に公開をしていただけて、議論を進めていただくというようなことをやっていただきたい。それから、BEPUの手法の整備についても、やはり不確かさをどういうふうにとるんですかというところが非常にポイントですので、それは、内外の専門家の方々とぜひ議論を進めて、適切に進めていただきたいというのが最後のコメントです。

以上です。

○小野主任技術研究調査官 規制庁、小野でございます。

最初の御質問は、ATWS、RIA、LOCAの再冠水とかこういったものに着目したことについて整理しておいたほうがよろしいという御質問だったと思いますけども、一応我々も国産システムコードをつくる時に、PIRTを使って開発しております、例えば、ATWSのときは今までのDBAで使っていたドライアウトの相関式の条件とか、そういったものは範囲外なんじゃないかとか、そういうようなことを検討した結果、今回こういうものを選んだものでございます。

次は、重要なデータを使って実験から検証をやっているということと、国産コードとの関連ということですが、国産システムコードのV&Vのときに、これらの実験データを使って不確かさも考慮してやりたいと思っていますので、有効に活用していくつもりでやっております。

次、6年の長いステップで例えば、マイルストーンを1年ごとにとという話ですけれども、6年後に初めて成果を出すというだけではなく、最終成果はそうすけれども、毎年年次評価というものも出しておりますので、そういったもので対応できるかと思えます。

それから、産業界でなかなか実験が大変だということで、ぜひ積極的に公開してくださいということなので、論文等で公開していきたいと思えます。

それから、BEPUの不確かさについても内外の専門家の御意見ということなので、これも論文等で公表していきたいと思えます。

○金子（説明者） 規制庁の金子です。

2番目の質問ですが、国産システムコードの開発はV&Vのほうを中心にやっていきますけれども、これと一番目の物理現象の把握とモデル化がどのような関係があるのかという御質問だったと思います。それに関しては、物理モデルを開発して、すぐAMAGIに入れるという予定はなくて、随時反映していけばいいと考えております。

両者の関係といたしましては、どちらも最適評価BEPUを実施するに当たって、何が重要であるか知見として蓄えるために必要な作業になります。4ページに最適評価に三つの大きな要素があるという御説明したかと思えますけれども、一つ目の作業に関しては、幾つかの重要な現象についてモデル化して、知見を取得することが大事であるというものです。

2番目の作業に関しては、BEコードのV&Vをしっかりと行うことで、それに係る知見を充実させる必要があるというものです。このような知見を取得いたしまして、例えば、事業者さんのほうでBEやBEPUを実施して我々が審査するという事になったときに活用でき

ればと考えておりました、そのために両方を実施するということになります。

以上になります。

○青野調整官 続きまして、梅澤さんお願いします。

○梅澤氏 追加の質問として幾つかありますのでお願いします。

まず、公開ということなんですけど、国産システムコードとしては、以前公開するというか、官民で両方で使っていくようなことで伺ったことがあると思うんですけども、そのあたり今後の予定はどうなっているのでしょうかというのがまず1点。

それから、システムコードの開発に関連して、今のAMAGIコードがどういった形になっているかというのは、もう一つよく承知していないんですけども、炉心に関しては、COBRA-TFに関して何か検討されるといったようなことを聞き及んでいるんですけども、そのAMAGI独自のモデルで今後構築というか、完成させていこうとされているのか、海外情報も踏まえて、両方使っていこうとされているのかというあたりが第2点です。

それから、核設計分野のほうの高度化という意味では、核・熱カップリングという話もございましたけれども、それについては、今までの技術というか、海外と同様のものを導入されようとしているのか、というあたりをお伺いします。

あと、ちょっと個別になるんですけども、研究内容2のところ、横方向のボイド挙動の模擬とか、割と詳細なところについて検討されるようなことが書かれているんですけども、どのぐらいの細かさというか、メッシュというか、そういったところを検討されようとしているのか。そのAMAGIコード自体、そこまで細かく多分、分化されないのではないかと思うんですけども、それがその次の点です。

それからLOCAの再冠水についても同様で、3次元挙動の詳細現象についての知見を拡充とか、そういったことが書かれているんですけども、液滴場を考慮するようなモデルになっているのかとか、そのあたり基本だと思しますので、どうなっているのかというのはちょっと伺いたい。

あと、研究内容の4なんですけれども、マルチSGTRという話がございましたけれども、現在地震のPRAとかでは、マルチSGTRというのは直接炉心損傷に至る起因事象という扱いになっていると思うんですけども、より現実的な評価をしていこうということは、大事かと思うんですけども、どの規模までを考えておられるのかといったところを伺いたいと思います。

それから、解析コードのV&Vのことですけれども、一応完成はされているのかと思うん

ですけど、計算速度とロバスト性に問題があるというお話なんですけれども、どのあたりを目標とされているのかということですね。を伺いたいなど。

それから、トレースもあわせてということなんですけれども、TRACEは米国のほうで相当V&Vは、なされてきているのではないかと思うんですけれども、改めてNRAさんのほうで実施する意義というか、必要性のあたりを伺いたい。

それと、そのAMAGIとTRACEが両方完成した場合に、どう使い分けていこうとされているのかといったところですね。を伺いたいと思います。

あと、今後V&Vを行うということなんですけれども、妥当性確認解析の過程で、模擬性に問題がある場合は、公正方程式の見直しとか、補正とか行うということになるんですけれども、これまでの開発の過程で、開発用に一部個別公開試験とかの解析はされているかどうか。もしくはされてないとしたら、今後モデルを改良されるということがスコープに含まれているかといったことを伺いたいと思います。特にLOCAの再冠水とか、非常になかなか合わないの、実験に。必須だと思っています。

あと、モデルの不確かさの評価というところで、平成32年度の実施内容に、界面せん断応力とか壁面せん断力とか個別のモデルに対して、不確かさを評価するというふうにされているんですけれども、それに加えて、流動様式とか掛け算になりまして、これまでの知見で個別のモデル応答の不確かさを評価するということは、可能なかどうかというのはちょっと疑問に思っております。

以上、すみません、多くなりまして申し訳ないですけども、よろしくお願ひします。

○小野主任技術研究調査官 規制庁、小野でございます。

公開について、官民でどのように考えているかということですが、ここにも書きましたが、産業界と学会の専門家から構成する技術検討グループをまず設立してV&Vの完成に向けていくことが最初かなと思っております。現在のところはそのくらいです。

AMAGIの炉心ですが、COBRAコードとどう関係するかという話ですが、AMAGIの今のバージョンは、炉心モデルは入ってないです。炉心モデルは、既存のコードをつけ加えて、それでやりたいと思っています。

それから、核設計のカップリングは今言ったように、既存のものにAMAGIを加えます。

それから、RIAのときのボイド挙動の横方向模擬ですが、どのくらいのものを考えているかということですが、これは、この絵が5×5の燃料集合体であり、その中の3×3の発熱燃料で出力を上げます。そのときに、ベクトルで測定値が出てくるんですけども、鉛直方

向と横方向を見ると、スパーサの影響もあって、横方向のほうが影響が大きいかなという結果が今のところは得られています。

それから、LOCAの再冠水について、3次元の液滴場とかそういったものはどうなのかという話ですけども、AMAGIに3次元の液滴場は入ってないんですけども、この辺はやはりCOBRAとかそういったものをまずは活用していきたいと考えています。

マルチSGTRの解析がどこの規模まで考えているかということですが、例えば、4ループだったら、4台のSGで、全部マルチSGTRが起これば。そのときに、高压注水系を入れてすぐえるかどうか、すぐえないかとか、その辺ぐらいです。

○梅澤氏 本数というか。

○小野主任技術研究調査官 本数ですか。

○梅澤氏 全部で3,000本ぐらいありますけども。

○小野主任技術研究調査官 全部はやらないで、飽和する点があったので、そこくらいまでの感度解析をやります。本数自身は忘れてしまったんですけど。

○金子（説明者） AMAGIのロバスト性であったりとか、速度の目標になりますけれども、グループのほうを設立して、AMAGIを使っていただくことも考えておりますので、既存のシステム解析コード相当の速度等は目標にしていきたいと考えております。

○小野主任技術研究調査官 TRACEコードとAMAGIとの使い分けですけども、TRACEコードは、米国で開発されたコードで、いろんな国がやっていますので、そこに参加することによって、各国の知見が収集できますので、非常に有効だと思っております。AMAGIは、日本でいろいろ収集したデータやモデルを、すぐにそこに入れられるので、そういった枠組みとしては、非常にスピーディな有効なものなので、両方活用していきたいと思っております。

V&Vの場合の方程式の見直しですか。妥当性がおかしいなと思ったときの、校正方程式の見直しについてですけども。

○金子（説明者） V&Vの過程の中で、構成式等の見直しがあった場合どうするかという御質問だと理解してよろしいですか。

○金子（説明者） 基本的にV&Vをやる上では、最終的にはコードをフリーズさせてV&Vをやるというのが鉄則だと思いますので、並行的な作業としてV&Vの中でモデルを検討し、最終的にはどこかのタイミングでフリーズさせてもう一度不確かさを評価し直すということになるかと考えております。

○小野主任技術研究調査官 最後のモデルの不確かさで、平成32年界面せん断等の不確かさをやるときに、流動様式がかけ算になるので、非常に複雑になるんじゃないかという御質問ですが、これは、確かにそうかもしれないので、今後の検討課題だと思います。

○青野調整官 よろしいでしょうか。続きまして、委員の方々から御質問、御意見を願います。切刀先生お願いします。

○切刀教授 幾つかあるんですけど、まず、図のさっきから言っている4なんですけど、非常に違和感のある絵だなと思ひまして、一般的にはオーケーなんですけれど、安全解析コードを開発するという視点からすると、あれだけわからない物理現象があるのに、安全解析コードってできるのっていう、単純な素人質問が出ますよね。これ。これは、安全コード解析のマップとしてはよくないのではないかというふうに私は思ひます。というのは、包括してないといけないわけですよね。これは、全部出ちゃっていますから、わからないことがいっぱいあるのに、安全解析どうやるのかという話になってしまうので、これは、非常にわかりづらひです。ぜひ変えてほしいと。それがまず第1点ですね。

それから、6ページですね。いろいろ実験をしてデータを得られたんだけど、現象がよくわからないということ、いまだ詳細が不明な熱流動現象について機構論的なモデルを開発するという文言が全くわからないということですね。詳細が不明なのに、どうやってモデルをつくるのかなというのが、まずわからない。そのためにデータをその次に物理現象の把握とモデルということとやっておられるんだらうと思ひますけれども、そこで出てきているのがリウエッティングと液滴付着効果だということ、たしか昨年度でしたか。液滴付着のデータ取得に関しては、私ちょっとコメントさせていただきましたけど、得られているデータは、管の出口でとっているやつで液滴再付着なんかは、全然考えてないようなデータですよね。そういうものをベースにどうやって機構論モデルをつくるのかなというのが非常にわからないという点ですね。だから、本質をついてないデータベースをもとに、どうやって機構論的モデルをつくるのかというのがちょっとわからないです。その辺をどういうお考えなのかということですね。

それから、再冠水については、9ページに国内、または国外の実験に基づいて、いろいろな実験が報告されているので、それについては評価をして高度化すると。そのほかのことについても、例えば、OECDの国際ベンチマークとか、先ほど梅澤さんのほうからあった、個別影響実験ですね。知見等もあります。それなんかのプロジェクトに規制庁のほうで参加して、そしてそういうプロジェクトと歩調を合わせることで、バリデーションをしてい

くというようなこともいいのではないかなというふうに考えます。その際、施設のV&Vであれば、原子炉全体の解析ではなくて、個別ものであれば、大学や、そのほかの国内の研究機関とかと一緒に、そういうものも実施していくのもいいのではないかなというふうに考えています。これは、コメントでございます。

一つわからないのは、FFRDですね。9ページの上のほうですけど、これは、どういうふうにモデル。これは、核熱結合の話なのか、破裂して膨れ部ができたりすることによって、流路閉塞等が起こって、何かそういうことを適当にサンクションをおいてやるという、そういうことですか。この辺がよく、今まで熱流動の話と、流路閉塞という話、ちょっとごちゃっとなっているものでわかりづらかったので、細かい話ですけど、そこを教えていただければありがたいです。

○小野主任技術研究調査官 規制庁、小野でございます。

解析コードとして包括的な絵としてはいいけど、わからないことがあるのに、この絵でよろしいのかという御質問で、今までもわからないことはいっぱいあって、それでも安全解析をやったのは、単純なモデルに大きな保守性をつけて、それで安全性を確保しているためです。

○切刀教授 それは、わからない物理現象を包括したと思っ込んでいるわけですよ。ここでは、思っ込んでいるとしか言いようがないんですけど、それで、その中に物理現象が全て入っているものとして考えていたということですよ。ですから、こんな言い方をすると、安全解析とかいうのは、ぐるっと全部あつて、だから、その中に物理現象把握できている物理現象というのがあつて、もしできていない現象があるのであれば、それは外なんだけど、それを取り込むべきかどうかは、そこへ線が入るような気がしますね。だから、この図の描き方、これひとり歩きすると物すごくまずいんじゃないですかね。安全解析コードの開発としては。というそういうコメントです。

○小野主任技術研究調査官 それでは、その辺がわかるようにということで。はい。

それから、「未だ詳細が不明な熱流動現象について、機構論的なモデルを開発する。」については、確かに、この文章だけだとわかってないのに何で機構論的モデルだということになってしまうので、これは、いまだ詳細が不明な現象について実験を行い、モデル化をして開発する。

○切刀教授 そうですね。正しい文章に直していただきたい。

○小野主任技術研究調査官 わかりました。

○ 功刀教授 そのために、だから次のいろいろなことをやっておられるというふうには理解はしています。

○ 小野主任技術研究調査官 わかりました。

あとはFFRD、まず、個別の燃料の話と、集合体が全体の話と、二つに分けて個別の燃料については、簡易モデルでは、まず被覆管が破裂した時点で、ペレットが微細化する領域を指定してやって、微細化は粒子の径と空孔率で模擬して、被覆管が膨れた部分を模擬粒子で充填させて、その場合の出力分布を出して温度計算をしてあげるといった燃料の部分の話と、それから、微細化した燃料が外に出て入り口部分で詰まって、流路閉塞するという、その二つに分けてやります。

○ 功刀教授 これについては、いわゆるV&Vという形ではしないんですか。

○ 小野主任技術研究調査官 ハルデンの実験データ出てますので、それで、検証をやっていきたいと思っています。

○ 功刀教授 その下の先ほどちょっと言いましたけど、個別影響試験なんかもやっているので、再冠水については、こう言っていますけど、そのほかについてもいろいろな国際ベンチマークとか、セツの何かプロジェクトとかに規制庁としても参加されたらどうですかね。

○ 小野主任技術研究調査官 OECD/NEAのWGAMAのプロジェクトの中に幾つかありまして、特にこの再冠水に関して米国でやろうとしているのがあります。そういうのに参加できればと検討しています。

○ 功刀教授 そうですか。それすごくいいことで、あの試験は物すごくいろんなチェックに使えると思いますので、ぜひ参加していただきたいなというふうに思います。

○ 小野主任技術研究調査官 わかりました。はい。

○ 功刀教授 それから、最後に皆さんが御指摘されましたけど、やっぱりコードの公開ですね。やっぱりコード公開をちゃんとしないと、やっぱりコードは生き物なので、ちゃんとメンテしたりバグリをするためにはユーザーがいっぱいいたほうがいいわけで、そのために技術検討グループですか、立ち上げるというのはすごくいい話だと思います。ぜひ、推進して、国産コードを鍛えていくとか、みんなで鍛えていくという。そういう体制をとっていただければ、ありがたい。多分学会のほうも、実はそれをすごく期待しているということをお聞きしていますので、ぜひ進めていただきたいと思います。

○ 青野調整官 ありがとうございます。北田先生お願いします。

○北田教授 重なるところは、はしょりまして、まず教えていただきたいところは、6ページなんですけど、まず最初、研究の目的として書かれているところなんですけれども、その最後のあたりで、定量的な評価及び改善点の検討、継続的に実施できる最適評価手法とあったときの、継続的にというのは、どういう意味なのかなとちょっとわからなかったんですが、実際そういう評価は当然継続する、検討なら継続的にやるんですが、手法として継続的にということはどういうことなのかなとちょっとわからなかったんですか。

○小野主任技術研究調査官 従来の非常に簡単なモデルで保守性を付加する方法だと、新しく入った知見というのは、保守性を大きくするだけしかできないんですけども、最適評価で物理現象をモデルにしているものだと、その新しい知見をその中にモデルとしてつけ加えていけると思うので、それをこのAMAGIコードに継続的に入れていくことができます。それで、どんどんコードをいいものにしていくということができると考えています。

○北田教授 はい、わかりました。続けて、幾つか実際には、このような把握すべき物理現象というのを対象にした研究内容が示されているんですけども、そもそもその把握すべき物理現象というそのもの自体をどのように選定されたというのが、例えば、それが本当に今回やろうとしていることが全体を網羅しているのかというのが、見えにくいかなと思いました。ですので、これは、コメントなんですけれども、そのようなことで十分なんだということなのか、それとも例えば、これだけやれば、十分なのか。それとも、これ以外にもなくて、これで大体の全てが網羅できるんだとか。何かそのような話のところが少し前にあるとわかりやすいかなと思いますので、そのような説明なり少しつけていただければと思います。

続けて、7ページのところなんですけれども、7ページのところで、そもそも初めの矢印のところ、機構解明に関する知見が少ないということで、先ほどの功刀先生のお話と合うんですけども、モデルをつくると言われても、解明というものが、機構解明に向けたことを何かやられるようなふうにはここは読めるんですけども、実際には、実験結果をうまく表現するようなモデルを、別に機構がわからなくてもつくれるのではないかと思いますので、ですので、書かれている事柄が何か不整合になるような感じがします。なので、そのあたりの少し機構解明に当然向けてということの話だと思うんですけども、ただ、本来やりたい事柄というのは、あくまでモデル化、現象をよく表すモデルを作成することだと思いますので、少し機構解明というのはあまり書かれると逆に何か違和感があるかなと思います。

あと、それらのところ、あと以降のところも全て、そのモデルを高度化するモデルの妥当性を確認するみたいなことになっているかと思うんですけども、モデルを高度化するといったとき、当然ながら精度が上がるというイメージなんですけれども、どこまでやるのかという話がどこにも出ていないというのが、違和感があります。というのも、そもそもとしてBest Estimateということを考えておられるんですから、当然、今の現状でこういうところにまだ難があるので、この部分を重点的にやるんですみたいな、多分そのようなストーリーになるのではないかと思っているんですが、そのあたりの建てつけがよく見えないような書きぶりですので、そのあたりがわかるようにしていただければというのがあります。

あと、11ページになるんですけども、AMAGIの話なんですけれども、これも書き方なんですけれども、ほとんど。AMAGIのところでも、矢印の二つ目のところには、計算速度だとか、ロバスト性に課題があると書かれているんですが、実際実施されている内容は、それと全く関係ないんじゃないかと思うんですね。なので、例えば、計算速度ということは、下の実際にやられる内容には何も入っていないので、そうすると、何かそれって、なぜそこに挙げられているんだらうと、逆に思ってしまいますので、実際計算速度は当然問題になるんだらうと思うんですけども、そうすると例えば、実施内容の中にもそのような観点も少し入っていれば違和感はないんですが、そういうのが見えないので、そのあたりの書きぶりという形だと思うんですけども、それも踏まえてV&Vを実施しながら、その計算速度についても検討を進めるとか、何かそんな感じでしたらいいのではないかなと思います。実際には、されるのではないかと思いますので、そんなところも少し一言、二言つけ加えていただければと思います。

あと、今のところで、ロバスト性といったときに、これはどういうことを言われているのか、いまいちよくわからなかったんですが、ここで言われているAMAGIというものの計算コードのロバスト性というのは一体どういうニュアンスで言われているんですか。

○小野主任技術研究調査官 これは、たしか振動現象を計算。

○北田教授 答えが収束しにくいとか、そういうイメージですか。

○金子（説明者） 熱流動解析コードになりますけれども、基本的には幾つかの保存式を解いているわけですけども、その解が収束しないということになります。再冠水とか不連続な事象になったときに、解がそのまま発散してしまうため、ロバスト性を改善しなければいけないということを示しています。

○北田教授 わかりました。あと、全体の話になるかと思うんですが、そもそもBest Estimateのプラスアンサーということでやられているバック何ですけれども、今回は個々の事象の評価をする計算コードが高度化していくというニュアンスだと思うんですが、初めのところの例えば、実際には、LOCAでも何でもいいんですが、そういう現象の解析においては、当然、熱流動だけではなくて、核も当然、個々の解析の高度化ではなくて、マルチフィジックス的なもので、今までは例えば、単体の物理を表現するコードと、別なコードを組み合わせる。その間には、保守性がかなり加味されているので、うまく使えないというか、Best Estimateになることによって、過度な保守性を割愛することができるのにつながるのか、多分そのような話というのは、もう一つBEPUの一つの強みになるかと思っています。ですけれども、何かそのあたりがあまり見えないなというのが、思ったところで、そのあたりについて、実際、今回の開発計画の中で、どこまでどういうことを考えておられるのか。実際にその現象としては、別流動だけではなくて、必ず、核もひっかかってくる場所があると思いますので、そのあたりのやり方というか、その考え方というのを少し明確にさせていただければいいかなと思います。初めの説明が、そのようなことを少し言われていたので、逆に気になったということです。

特に、何というわけではないんですけども、コメントとして初めの御説明の裏返しとしまして、そのようなBest Estimate、BEPUの使い方の一つには、その過度の保守性をなくすということも言われましたので、それに対応するものが、後ろのところでも出てくるような形であれば、気にはならないんですけども、後ろでそういうところまで見られないのであれば、初めの御説明としては、何か後ろと整合してないんじゃないかなというところがありましたので、ということです。

○小野主任技術研究調査官 過度の保守性という用語自体は使ってはないんですけど、多分規制側から見ると、過度な保守性を減らすためにという目的は入ってこないと思います。

○北田教授 すみません。具体的には、2ページなんですけれども、初めのところにそもそも現行の安全解析にはこんな課題がありますということを言われていて、その中に、そもそも仮想的な想定を用いるとかというところが、多分そのあたりにも入るのかなと思っていました。実際にその対象にされているのが、A00だとか、DBAという、言ったら、そもそもマルチフィジックスで考えるようなところの話です。

○小野主任技術研究調査官 これは、3次元の熱水力モデルと3次元の核をカップリングしてやらざるを得ないところですし、RIAに関しては、単にそれだけではなくて、集合体の

中の横方向流れの部分とか、そういったもっと詳しくCOBRAベースの検討とか、その辺からやっていかなきゃいけないところなので、そういうことが出てくると思います。

○北田教授 本当に個々のところで、モデルを高度化されるということは、それで保守性をなくすというか、何か減らすというか、いい答えを出すということで、それはそれでよろしいかと思うんですけども、普通にこの文章を読んでいくと、初めからやはり何かマルチフィジックスで、もともとそういうのに分けて、安全解析自身が分けてやられているものですから、結局は、それをなくすみたいな方向の御説明のように聞こえましたので、なので実際にやられている内容は、むしろ熱流動にもっと特化された部分で、その熱流動のところでの制度を改善していくというところだと思いますので、少し、何かそごまでとは言わないんですけども、スコープが違うところの御説明になってないかなというのが気になりましたということです。

○青野調整官 五福先生お願いします。

○五福教授 岡山大学の五福です。ありがとうございました。

Best Estimateという概念は、もう40年ぐらい前からあったと思うんですけども、私も少しだけそういうコードを使った経験があるんですが、それ以来ずっと数十年やっていませんので。先ほど、少しAMAGIのモデルが3次元であるというような話がちょろっと出たんですが、そういうふうに理解してよろしいのでしょうか。まず。

○小野主任技術研究調査官 AMAGIコードは、現在のBest Estimateコードの標準的なものであるTRACEとほぼ同等な機能を持たせるということで、3次元熱水力を入れております。

○五福教授 そうですか。その際に、界面みたいなものを扱っているんですか。昔のやつは、ボリュームジャンクション法みたいな感じでやっていたと思うんですけども、今は、形まで扱えるというそういうものなんですか。

○小野主任技術研究調査官 界面における構成式等は、それは、構成式の形でまだ入れている状況です。

○五福教授 わかりました。大体、イメージがわかりました。それで、多分規制側がやられる計算なんで、普通の安全解析とは違った側面があると思うんですけども、そもそも今回のいろいろと追及されることは、私の理解では、規制を行う上で、何か精度を上げたい、あるいはもうちょっと詳細に解析したい、そういうような事象があつて、それらがまだ不十分だと、そういうふうにお考えなので、そこを埋める作業として、今回やられていると。それを全てやられているのか、あるいは、そのうちの一部を提案されているのかわからな

いんですが、多分そういうようなマップみたいなものがどこかにあって、それに従って研究されているというふうに想像したんですけども、そういう理解でよろしいでしょうか。

○小野主任技術研究調査官 今の安全解析は、A00とDBAとBDBAを担当しているんですけども、Best Estimateコードを使っているのは、BDBAの一部だけなんです。A00運転時の異常な過渡変化とか、設計基準事故はその40年前の古い単純なモデルに、大きな保守性を使っているコードが用いられています。

○五福教授 いわゆる安全解析コードと言われた。

○小野主任技術研究調査官 安全解析コードを、今も使っています。

世界では、もうそれはだんだんBest Estimateコードも使えるように移行されてきていますし、学会標準でもそういうふうに行いますので、それに対応できるように進めていきたいと考えてます。

○五福教授 ということは、まだまだあまりBest Estimateコードを使ってそういう計算は規制側では、あまりされてなかったけども、そういうのを使っています。

○小野主任技術研究調査官 我々は準備はしてきておりますけども、申請解析の中において、今のような状況です。

○五福教授 そういう意味ですか。なるほど、なるほど。

そうしたときに、今回提案されている幾つかの事象というのは、特にそういう近々といえますか、優先度を持ってやるべき事象というふうに理解していいのでしょうか。

○小野主任技術研究調査官 ATWSを例にとれば、今度の新規制基準で新たに入った事象で、それについて、従来のコードでやるべきか、あるいは、そこで特異な事情、発振したりいろいろ出てくるんですけども、そういったものも評価できるコードを使用すべきかということ、やっぱりそこで起こる現象をまず把握しておかないと、安全評価ってできないと思いますので、まずは、そここのところを目指したいと思います。

○五福教授 あと、安全における解析の位置づけなんですけども、どういう分野でもそうなんですけども、きちんと解析できるようになればなるほど、安全余裕を減らす要綱に設計が動くんですけども、そういうところに関しては、どういうふうに、全体的に規制庁としてお考えなんですか。要するに、今までの安全余裕のあるような厚みで大丈夫だったところが、Best Estimateして精度のいいものができたと。それでやってみたら、数cm薄くできるとか、そういうような結果が出たときには、どういうふうに扱われるのかなという。その辺も多分規制の考え方としては、非常に重要なところだと思うんですが、今回の研究に直接

関係するかどうかわからないんですけども。

○小野主任技術研究調査官 これの目的は、実際に起こっている現象を、大きな保守性でわからないまま大きな保守性があるから大丈夫とするのではなくて、ちゃんと、その事象を把握した上で安全だよっていうというようなことであって、保守性をそれで小さくするためにとか、そういうことは、私は目的としては、入れてはないです。

○五福教授 多分、この解析自体は、それは要らないと思うんですが、全体的に考えますと、無駄に安全余裕をもってたと、というような結論にもなり得るわけですよ。ですから、その辺のところ、規制側としては、どういうふうにお考えなのかなという。非常に難しいところではあると思うんですけど。究極のBest Estimateができれば、どんな事象が起っても、この範囲でしか、ものが起こらないというのも保証できるわけですよ。

○小野主任技術研究調査官 究極のこの1点だけというのはあり得なくて、必ず入力データには不確かさがありますので。

○五福教授 いや、いや、究極のというのは、不確かさもないという場合です。

○小野主任技術研究調査官 不確かさの幅がないという場合だったら、そうかもしれませんけど、それはあり得ないと考えます。

○五福教授 もちろんそうです。ですから幅はあるんですけども、その幅がだんだん縮まってくるわけですね。

○小野主任技術研究調査官 だから、その幅が幾つかということが非常に大事な論点になっています。

○五福教授 そのときに、パラメータをふらして、どういう場合でも安全余裕がこんだけあるとか、こういうような結論が出る可能性はありますよね。今まで、それわからないから、ここに設定してたという。多分安全のときには、そういうかなり難しい問題が、多分Best Estimateができるようになればなるほど、出てくると思いますので、附随してそのようなことも御検討いただいたらありがたいなと思っています。どういうふうを考えるべきかというところですね。

○小野主任技術研究調査官 わかりました。

○青野調整官 ありがとうございます。何か、ほかにコメント等ございますでしょうか。

(なし)

本日の御説明は以上となっております。全体を通して、何かコメント等ございますでしょうか。

○五福教授 普通、こういうのを研究するときは、研究体制とか、予算とかがよくシビアに聞かれるんですけども、どういうんですか。こういう二つの研究の場合、十分なだけの体制で臨まれるというふうに考えていいんでしょうか。それとも、その体制を踏まえた上で、こういう提案をされているというふうに理解したらいいんでしょうか。その辺がよくわからなかったのです。

○永瀬安全技術管理官 じゃあ、私から、システム安全の永瀬でございますけども、今回提案を説明した案件だけではなく、研究全体にわたって、まず必要性について必ずチェックすること、それから、規制庁当然リソースが限られております。その中でできるやつを優先順位に従って進めていくという考え方でございます。

○五福教授 ありがとうございます。

○永瀬安全技術管理官 よろしければ、最後に一言私から御挨拶と言いますか、ちょっと短い話をしたいと思います。

今日は、時間を超えた長い時間多くの御意見、それから御質問をいただきましてありがとうございます。答えられる質問につきましては、文章におきましても回答したいと思いますし、いただいたコメントにつきましては、計画に反映させていきたいと思っております。

一つだけ、私として、大づかみのところですけども、気になったところというのは、先生方から御指摘いただきましたかと思っておりますけども、マイルストーンとか、それからアウトプット、アウトカムを明確に、その幅、それから何を出していくのかというのは、やっぱりきちんと示していかなきゃいけないというふうに考えています。実際に我々プロジェクトの途中、あるいは最後に行政事業レビューという形でチェックを受けます。つまり、きちんとした、しかるべき投資に対して、アウトプットが出たかどうかという確認、それが説明できるかどうかということをチェック受けますけども、やはりそこでもアウトプット、アウトカム、あるいは年度ごとのマイルストーンがきちんと達成できたかとか、いうのは大きなチェックポイントでございますので、この二つのプロジェクトにつきましても、始める前から、十分にそのあたりを明確にした上で、行っていきたいというふうに考えております。

ありがとうございました。

○青野調整官 最後に、事務局からの連絡事項となります。検討会の委員の先生方におかれましては、技術的観点からの評価シートというものをお配りしてございますけれども、これについては、12月5日の水曜日までに記載いただき事務局まで御送付いただければ幸

いでございます。

また、委員の先生方からいただきました御意見については、事務局のほうでいただいたものを取りまとめまして、取りまとめ（案）を作成した上で、また委員の先生方に御送付させていただき、書面による審議をさせていただきたいと考えてございます。

具体的な進め方については、後ほど事務局から御連絡をさせていただきますので、よろしくお願いたします。

それでは、これで、第8回プラント安全技術評価検討会を終了させていただきます。

本日はどうもありがとうございました。