

第3回材料技術評価検討会

議事録

1. 日時

令和元年10月15日(火) 10:00～11:28

2. 場所

原子力規制庁舎 13階会議室D

3. 出席者

外部専門家

笠原 直人	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻教授
松本 聡	芝浦工業大学大学院理工学研究科電気電子情報工学専攻教授
望月 正人	大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻教授

専門技術者

新井 拓	一般財団法人電力中央研究所材料科学研究所副研究参事
岡本 達希	関東学院大学工学総合研究所研究員
坂詰 義幸	清水建設株式会社原子力・火力本部建設エンジニアリング部

原子力規制庁

永瀬 文久	規制基盤技術統括調整官
萩沼 真之	技術基盤課 企画官
皆川 武史	技術基盤課 技術研究調査官
田口 清貴	システム安全研究部門 首席技術研究調査官
池田 雅昭	システム安全研究部門 上席技術研究調査官
小澤 正義	システム安全研究部門 主任技術研究調査官

4. 議題

(1) 令和元年度安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価
(材料技術 事前評価)

(2) その他

5. 配布資料

議事次第

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）

・実機材料等を活用した経年劣化評価・検証に係る研究

参考資料1 研究計画（案）説明資料

6. 議事録

○永瀬規制基盤技術統括調整官 おはようございます。長官官房技術基盤グループ技術基盤課規制基盤技術統括調整官、永瀬でございます。

それでは、定刻となりましたので、第3回材料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2年度～令和6年度まで行われます1件の研究プロジェクトの事前評価として、研究手法や成果の取りまとめ方法など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。どうぞよろしくお願いいたします。

○萩沼企画官 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。

まず、委員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、東京大学の笠原委員、芝浦工業大学の松本委員、大阪大学の望月委員に御出席いただいております。東京理科大学の兼松委員は、本日、御欠席でございます。

また、専門技術者として、電力中央研究所の新井専門技術者、関東学院大学の岡本専門技術者、清水建設株式会社の坂詰専門技術者に御出席いただいております。

兼松委員からは、後日、書面にて御意見をいただく予定としております。

どうぞよろしくお願いいたします。

まず、事務局より、資料の確認をさせていただきます。

○皆川技術研究調査官 技術基盤課の皆川です。

お手元に用意しております資料、座席表とともに、議事次第、名簿、本日の資料を御用意してございます。

議事次第、名簿をめぐっていただきますと、資料1としまして、「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」を御用意してございます。

次に、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）」を御用意してございます。

次に、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」を御用意してございます。

次に、資料4としまして、今回、事前評価の対象となります1件の安全研究プロジェクトでございます「実機材料等を活用した経年劣化評価・検証に係る研究」の研究計画の（案）を御用意してございます。

次に、参考資料1としまして、本日の御説明で使用させていただくスライドのコピーを用意してございます。

それから、検討会委員の先生方には、技術的観点からのコメントを頂戴いただく「評価シート」を御用意してございます。

過不足等ございましたら、事務局のほうへお知らせ願います。よろしいでしょうか。

（なし）

○萩沼企画官 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（抜粋）」及び資料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」を事務局に簡単に御説明させていただきます。

○皆川技術研究調査官 技術基盤課の皆川です。

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。

安全方針の基本方針は、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ございます。安全研究プロジェクトの評価につきましては、資料1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、終了等の節目におきまして、事前評価、中間評価、事後評価を実施することとしております。本日の議題としましては、①の事前評価を実施させていただきます。

今回の事前評価につきましては、実施方針に従って計画された令和2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きまして当該分野の最新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になっております。これらの評価の中で実施する研究評価、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、外部の先生方、専門家の委員の皆様、それから専門技術者から成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。

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（抜粋）」を御覧ください。

3ページを御覧いただきますと、事前評価につきまして、評価手法、評価の項目及び評価基準が定められてございます。

6ページの図1を御覧いただきますとわかりやすいのですが、こちらの図では、安全研究評価の全体の概要をお示ししております。左のほうから、青い四角で囲んでありますものが事前評価、真ん中に中間評価、右に事後評価とございます。評価の視点としまして縦方向に三つ並んでおりまして、具体的には、目標、成果の適切性、二つ目としまして、技術的妥当性、それから研究の管理、この三つがございまして、本検討会におきましては、このうち二つ目の技術的妥当性について御意見及び評価をいただくこととしております。より具体的には、本技術検討会におきましては、主に次の四つの観点で評価及び御意見を頂戴したいと考えております。これらは、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか、それから解析実施手法、実験手法等が適切か、それから解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か、四つ目としまして、重大な見落とし、観点の欠落がないか、これらでございます。

なお、いただいた御意見、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。

このような技術評価検討会の位置づけや進め方を御理解いただきまして、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2年度以降の安全研究の実施方針につきましては、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、それから技術基盤の構築・維持、この五つのカテゴリーに分けて整理されてございます。

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につきましては、原子炉施設の分野に属しております、13ページを御覧いただきますと、㊦番としまして上のほうに記載がございしますが、こちらの研究プロジェクトになります。

最後に、外部専門家の委員の先生方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。

外部の先生方に準備させていただきました資料、最後につけております評価シートを御覧ください。先ほど御説明させていただいた評価の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。なお、評価シートにつきましては手書きでも構いません。

締め切りにつきましては、10月25日金曜日までとさせていただきます。もし、本日、御提出いただけるようでしたら、検討会終了後に事務局宛てにお渡しいただければと思います。

今回の技術評価検討会での評価を踏まえまして、今後、原子力規制委員会に諮る予定としてございます。

本検討会での評価についての御説明は以上でございます。

○萩沼企画官 本件について、御質問、御意見等がございましたらお願いいたします。よろしいでしょうか。

(なし)

○萩沼企画官 それでは、令和2年度～6年度まで行われる予定の安全研究プロジェクトであり、今年度の事前評価の対象となる実機材料等を活用した経年劣化評価検証に係る研究について、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小澤主任技術研究調査官から説明させていただきます。

○小澤主任技術研究調査官 それでは、説明させていただきます。

参考資料1でございます。座ったまま、説明させていただきます。

まず、目次でございますが、本日はこのような順番で御説明させていただきたいと思っております。

背景、目的、研究概要、研究計画（行程表）を示させていただくということです。

まず、このスライド、背景ですが、下のところに、主な機器・構造物と想定される劣化事象の例、これはPWRの例でございますが示してございます。我々、いろいろと評価しているのは、ケーブル、絶縁材の絶縁低下等の性能低下、あと、炉内構造物のステンレス鋼の中性子照射による脆化とか、あと高温水環境による応力腐食割れの発生進展、あと、原子炉压力容器の低合金鋼の中性子照射による脆化、コンクリート構造物の熱と中性子照射による強度低下、あと、給水ノズルの低合金鋼の疲労、あと、1次冷却材管・機器のステンレス鋼・鋳鋼の熱時効による靱性低下です。これらにつきまして、これまで材料研究をしてきたわけですが、それらは主に模擬材料の加速劣化試験により材料の特性を評価してきたものでございまして、今般、廃炉のプラントも出てくるということで、これら、これまでの整備してきた経年劣化予測評価について、実機環境における実際の材料劣化挙動と比較することによって、評価手法を比較することにより、このような保守性の検証をまだ行われていない、要は加速劣化手法が実際の実機の状況をよく模擬しているかどうかは今のところほとんど検証はされていないという状況と理解しています。

それで、本研究におきましては、加速劣化試験結果に基づく材料の経年劣化事象の予測評価について、実機材と比較することによってその保守性を検証することとしています。代表的な以下の機器について知見を拡充することを目的としています。

原子炉压力容器、あと電気・計装設備、炉内構造物、ステンレス鋼製機器でございます。

なお、コンクリートにつきましては、事業者さんのいろいろな試験データ、あと文献データを開示していただくことで、今、調整してございまして、あと、解体時にどこかアンカーを引き抜くとか、そういうときにも立ち会いをさせていただくような形で、今、調整を進めているというところで、今のところはこの研究の範囲には入ってございません。

知見の活用先でございますが、高経年化技術評価及び運転期間延長認可申請の審査に使います。それとあわせて関連する民間規格の技術評価に資することとしたいと考えてございます。

研究概要のほうに移らせていただきます。

まず、最初に、原子炉压力容器の健全性評価に係る研究でございます。原子炉压力容器の健全性評価につきましては、まず、压力容器が中性子の照射を受けて、材料の靱性が低下する現象、これを中性子照射脆化と申しておりますが、この程度を原子炉压力容器内に設置されている、ここに「監視試験片」という絵がございまして、炉内にこのようなもの

が設置してございまして、この監視試験片から取得される試験データに基づき評価が行われています。

この図2が模式図でございます。これはシャルピー衝撃試験の模式図でございます。横軸が温度で、縦軸が破断時の吸収エネルギーを示しています。破断時の吸収エネルギーが大きいほど壊れにくいということで、粘り強い材料であると、低ければもろい材料ということでございます。

照射前のイメージがこのように描かれていますが、ある程度、高い温度まできっちりと粘り強さを持った材料であると。それが照射後になりますと、このように吸収エネルギーも低下して、あと、より低い温度で脆化を示すような形になってきます。このようなことでシャルピー衝撃試験では評価しているということです。

実際の健全性評価でございますが、事故時の加圧衝撃事象を想定してもRPVの破壊が生じないことを確認する必要がございまして、具体的には、照射脆化を予測して考慮した破壊靱性遷移曲線を設定します。これが壊れにくさの指標でございますが、これも高いほど、縦軸が K_{Ic} あるいは K_{I1} をとっていますが、高いほど壊れにくい。横軸が温度でございます。このように破壊靱性曲線のこの予測評価を行うわけです。

一方で、加圧熱衝撃時における仮想欠陥の応力拡大係数の時刻歴を評価して、それがこの青い線でございますが、このように温度が下がると同時にこのような挙動を示す。

このオレンジの線とこの青い線が交わらないことでもって、交わると破壊するという事です、交わらないことでもって破壊しないことを確認しているという状況です。

この破壊遷移曲線は、 ΔT_{41J} というこの指標でもって、評価時期からこの温度分だけ推移させて、それで評価することとしています。

この ΔT_{41J} というのが、シャルピー衝撃試験から得られているデータでございまして、横軸が温度、縦軸がシャルピーの吸収エネルギーですが、41Jのところの照射前と照射後で、これぐらい遷移温度が推移する、上昇するという事で、ここの ΔT_{41J} を持ってきて、ここで評価しているということです。

本研究では、実機材料を用いて、今のシャルピー衝撃試験で用いた ΔT_{41J} とCT試験片で評価します破壊靱性遷移温度を比較してデータを拡充することで、現状の評価方法が保守的であることを検証するという事とします。イメージでございますが、シャルピー衝撃試験の照射前と実機材料とでシャルピー衝撃試験のデータをとるとともに、CT試験片で同じようにデータをとって、これらを比較していくということです。

これがデータの一例でございますが、横軸が ΔT_{41J} 、縦軸が破壊靱性値移行量でございますが、この線に乗っていると大体1対1で対応しているということで、今のところ、大体、1対1で対応しているんでございますが、まだまだデータを拡充したいということでございます。

引き続きまして、健全性評価方法の保守性の研究でございますが、実際に実機の評価をするときに仮想欠陥の形状は半楕円亀裂でありまして、これを実際のRPVの加圧熱衝撃時の評価では、軸方向と周方向、2軸の力が加わることとなりますが、実際の監視試験片におきましては、このようにCT試験片で1軸の力で試験していると。亀裂先端にかかる力は厳密な意味では違うということで、これは1軸と2軸でどのような差があるか、ちゃんと評価できるのかということ、実際の板厚を模擬した材料をつくりまして、そこに半楕円亀裂を入れて試験をして、保守性を検証するということを計画してございます。

もう一つのRPV関係の研究でございますが、健全性評価対象部位の代表性、保守性に係る研究でございます。RPVの健全性評価は母材及び溶接金属で、今、行われています。溶接熱影響部、これはHAZと申しておりますが、このHAZの破壊靱性は母材と比較しても同等以上であり、また、シャルピー遷移温度移行量も母材と同等であると考えられているために、現在、供用中のHAZの破壊靱性は確認されてございません。

本研究では、実機材料等を活用しまして、HAZのT41Jと破壊靱性の相関について確認しまして、母材データの代表性について評価して、現状の評価方法の保守性を検証するということを検討してございます。

次に、電気・計装設備の健全性評価に関する研究でございます。電気・計装設備、ここではケーブルとか、電気ペネトレーションを対象としてございますが、これの供用期間末期でも設計基準事故時に原子炉を安全に停止し、外部に放射能が漏れないように対処するための安全機能が要求されています。

要は、ケーブルの絶縁、必要なところに、ケーブル電気ペネトレーションで使われている高分子材料に絶縁性能が落ちなかったり、あと気密性が維持できるような性能が求められるということでございます。

ところが、高分子材料は熱放射線により徐々に経年劣化することが知られてございまして、また、事故時の厳しい環境で急激に性能が劣化することも知られています。耐環境性能試験により長期健全性を検証していきたいという計画でございます。対象としては、ここに示されています、原子炉格納容器の電気ペネトレーションあるいはケーブルというこ

とでございます。

実施概要でございますが、耐環境性能試験において通常の運転時の経年劣化を模擬的に付与するために行っている加速劣化手法による評価の保守性を検証いたします。具体的には、実機材料を用いて事故時環境における絶縁性能に係るデータを取得する。それと、高圧ケーブルにおきましては、実機材料における劣化状況を分析し、劣化評価のために過去に実施された絶縁診断の結果と比較して絶縁診断の劣化評価の保守性を検証することといたします。

ここには電気ペネトレーションの構造の模式図を示してございますが、こうケーブルが通っておりまして、この1次ポットング材、2次ポットング材、エポキシ樹脂でございます、この性能が劣化するかどうかということも検討するという事です。

研究概要。具体的には、このように、まず使用材料と、あと使用環境をきちんと調査しまして、それに基づいて試験の計画を立てまして、その得られた試験条件により、絶縁体の劣化評価試験を行います。これを加速劣化したものと実機材料と評価して差がないか評価するという事でございます。

あと、それらの劣化させた材料を事故時の模擬環境にさらしまして、それで必要な、求められる機能が維持できているかどうかというのを評価する、そういう計画でございます。

次に、炉内構造物の靱性低下に係る研究でございます。背景におきましては、高経年化技術評価等においては、炉内構造物の破壊靱性評価を行って、亀裂等が生じた場合に不安定破壊しないことを確認してございます。

中性子照射により靱性が低下する可能性があるために、靱性低下の評価、事業者が行っている現状の評価におきましては機械学会の維持規格の破壊力学的評価に基づき実施しています。具体的には、右の図13でございますが、これはオーステナイト系ステンレス鋼の中性子照射量と破壊靱性値の関係を示してございます。横軸が中性子照射量で、縦軸が破壊靱性値でございます。プロットは実験データでございます、加速照射によるもので、いろんな文献値を拾ってございます。

この破線が機会学会の維持規格の破壊靱性の下限値を示してございまして、この学会の維持規格につきましましては、こういう実際のデータの下限値で線を引っ張っているところなんです。これが実機材でも同じように評価できるかどうかというのを実機材料を用いて保守性を検証するというのがこの事業でございます。

続きまして、もう一つ、予防保全対策技術の保守性に係る研究でございます。BWRプラ

ントの応力腐食割れ(SCC)について、発生を低減するために予防保全対策が実施されています。予防保全対策、例えばピーニング等なのですが、そのような予防保全対策を実施した場合、「予防保全実施時期を供用開始時期」とすることができまして、要はそこは新品とみなすということができるといことで、結果として予防保全対策施工部位は検査頻度が緩和されることになります。

一方で、この図14でございますが、ピーニング施工後の熱時効による残留応力分布の実験データでございます。横軸が表面からの深さ、縦軸が残留応力を示してございますが、これ温度を加速するために350度という高い温度で熱時効して評価してございます。青いプロットがピーニングのまま、350度で4,000時間強、熱時効しますと、このような黒い線のところにいきまして、このようにピーニングの効果が、残量応力が、表面の圧縮応力が低減しまして、このようにピーニングの効果が緩和されるという知見がございます。それで、本研究では、実機材料を用いまして、事業者が実施した予防保全対策の施工箇所における長期間の予防保全対策技術の保守性を検証することとしたいと考えてございます。

もう一つが、ステンレス鋼製機器の健全性評価に係る研究でございます。背景にございましては、ステンレス鋼の熱時効による靱性低下試験データは主に高温の加速試験で取得してございます。この図がその例でございますが、これが熱時効によるシャルピー吸収エネルギーの変化でございまして、横軸が熱時効の時間、縦軸がシャルピー衝撃エネルギー、吸収エネルギーでございまして、これをプロットしたものです。400度におきましては、このような挙動で靱性が低下していく。温度が低いと、290度ではこのような傾向を示して、温度依存性があるということが示されています。

高経年化技術評価等における靱性低下の挙動評価は予測モデル、このようなデータを用いたH3Tモデルというモデルを用いて実施されています。H3Tモデルですが、このような式で表されておりまして、Mがある熱時効時間における靱性値、Aが熱時効時間無限大での靱性値、行くところまでですので、この図でいえば、こういうレベルの靱性値で、BとCは定数でございまして、tは時間。H3Tモデルはやはり加速試験によるデータに基づいて策定されておりますので、実機材料を用いて、そのモデルによる評価手法の保守性を検証しようという計画でございます。

ここからは研究計画でございますが、RPVの健全性評価方法の保守性に係る研究、RPV健全性評価部位の代表制に係る研究につきましては、まず研究計画を策定して、組織観察や機械試験を実施しまして、最終的にRPV健全性評価法の保守性の検証を行おうと。母材デ

一タの代表制についても評価しますが、これも健全性評価手法の保守性の検証に当たるといことです。最終年度には学会発表と論文投稿を計画してございます。

電気・計装設備のほうでございしますが、こちらは実機材料の調査計画策定等を行うのとあわせて、供試体の作製等を行いまして、試験を並行して実施していくというものでございます。こちらは、令和4年度と5年度、6年度に学会発表を予定していまして、最終年度、6年度に論文投稿を予定していまして。最終的には加速劣化手法の保守性の評価とか、あと実機材の特性の評価、あと電気・計装設備の絶縁性能の評価を行いたいという計画でございまして。

炉内構造物の健全性評価に係る研究でございしますが、こちらは詳細な計画を検討しまして、どのように実機から試験体を持ってくるか、どのように採取するかという予備検討を行いまして、令和5年度から実機材料を採取、移送しまして、6年度から試験の準備に入るというものでございまして。これは試験にまでは行き着かない計画になってございまして。実機からの採取方法について学会発表、あと論文投稿を計画してございまして。

あと、ステンレス鋼製機器の健全性評価に係る研究でございしますが、これも事業者さんの廃炉計画等にあわせて、計画の策定と実機材料の移送は令和5年度に計画していまして、こちらで試験の準備で6年度までは終了ということになってございまして。

以上で御説明を終わらせていただきます。

○萩沼企画官 ありがとうございます。

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、御意見をお願いいたします。

なお、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願いいたします。いかがでしょうか。どうぞ。

○新井専門技術者 電力中央研究所の新井でございまして。

長期に供用された実機材料を用いて調査を行って、加速材料等で作成されてきたその現行評価手法の妥当性、保守性を確認していくということは、経年炉の長期にわたる健全性をより確かなものにするためには、非常に重要な研究であるというふうに考えます。国内外においても、実機の廃炉から材料をとってきて研究を行うということが実施または計画されているということも、この重要性を物語っているものだというふうに考えます。そう

いう観点で、私はこの研究をぜひやるべきだというふうに考えています。

よりよい研究とするために幾つかコメントをさせていただきます。私の専門は金属材料ですので、コメントは主として金属材料の研究に対するものだというふうに考えていただければというふうに思います。

まず、今回の研究計画について御説明していただいた実施項目の目的や内容については、十分理解できるものというふうになっております。

一方で、現在、計画されているスウェーデンや韓国の廃炉を用いた研究に関していえば、もう少し幅広い実施項目が挙げられていて、その中から研究項目を絞っていくということを知っております。いろいろ御検討されているとは思いますが、例えば今回、挙げさせていただいた炉内構造物の研究の中で、二つ実施項目が挙がっていますが、炉内構造物の研究という観点でいえば、もう少し幅広い実施項目があってもよいのではないかなど。既に検討されて絞ってきたのであれば、その道筋がもう少し見えるような形、今日は時間が短いので、どうしてもこういう説明になるのは仕方がないというふうに思うのですが、その道筋が見えるような形になっていると、よりその研究計画に対して説得力が増すのではないかなというふうに考えます。

次に、これからその研究計画を立てて、個別の研究を実施していくという観点からコメントをさせていただきます。実機材料を使った研究というのは、一番のポイントは、その材料を実機から、いつ、どのようにとってくるかというのがポイントになるというふうに考えます。金属材料の場合は、今回、挙げられる実施項目、全て、放射化している材料であったり、冷却水に接している材料ですので、通常の方法に比べて手間と費用がかかる研究になっています。

また、先ほど御説明がありましたように、個別のプラントの廃止措置計画というものもありますので、どのプラントから、どのタイミングで採取してくるかということを詰めていくのが一番重要であるというふうに考えております。

これには、当然、個々の事業者の都合というのがありますし、また、実機から物をとるということを考えますと、ふげんでの研究というのは当然やられてはいるのですが、それほどノウハウが蓄積されているわけではないと。そういうことを考えると、過去に、例えば応力腐食割れの損傷事例等で実機からたくさんサンプルをとってきて分析等をしている、そのときに実際に実施する側になったプラントメーカーというのが非常にたくさんのノウハウを持っていますので、事業者、プラントメーカーからよく話を聞いて、廃炉材

研究で、どういう点を考慮して研究を進めるべきか、その対応方針というのはどういうものがあるか。多分、これはある程度共通したものがあると思いますので、まずそれをしっかりまとめた上で個々の研究計画を詰めていくということが大事ではないかなというふうに考えております。

最後に、その研究するに当たっては、個別のことを詰めていけば、当然、いろいろな難しい点も出てくるかもしれないので、やっぱりフレキシブルに研究を考えていくと。最初に決めたから、こう絶対しなきゃいけないという話ではなくて、個々の研究を詰めていく中で柔軟に対応しなきゃいけないところは柔軟に対応するという形をしておかないと、なかなかうまくいかない点があるんじゃないかなというふうに思います。

また、せっかく研究をするのですから、単に実機材からデータをとって過去のデータと比較するということをしてしまうと、思ったことと違う結果、例えば一致するはずが違うという結果が出た場合に、なぜ差異が出たかというのがわからなくなってしまいますので、単に目的とする材料特性のデータをとるだけではなくて、やっぱりその材料が実機でどのような条件にさらされていたのか。それから、例えば調べたい材料特性の裏側にある、それを引き出すような例えばマイクロ組織とか、そういう要因についてもしっかり調べて、きちっと評価できるというようにするのが大事ではないかなというふうに思います。

非常に大事な研究だと思いますので、ぜひしっかりやっていただければと思います。よろしくお願ひします。

○小澤主任技術研究調査官 コメントありがとうございます。

まず、最初に、今回の研究計画の研究課題の抽出の導き方というか、これまでどうしてきたかということでございますが、我々の中にいる材料の研究の専門家の人たち、職員にいまして、それらのグループでいろいろフリーディスカッション等を行って、足りないものはないかということ議論した結果が本日の計画でございます。

一方で、我々、米国あるいはスタズビックさんのスマイルプロジェクトが今、計画されている、あるいは実施されているということは承知してございまして、幅広く彼らの議論にも加わって、そして、研究課題の抽出についても改めて見直したりしながら、フレキシブルに対応していきたいと考えてございます。

あと、実機から、事業者さん、あるいはプラントメーカーさんのノウハウをしっかりと聞いて実施するよというコメントでございますが、まさにそのとおりでございまして、今、我々、今のところはどういうところから、どういう材料を借用できるでしょうかとい

う、そういう事業者等の調整の打ち合わせを持ってございますが、さて、じゃあ実際の評価についてはどうしようかというのが、これからの段階と考えてございます。

事業者さん、あるいはプラントメーカーさんにもノウハウはたくさんあるでしょうけど、さらに、もしかすると今回の研究というのは、もしかしなくても新たなチャレンジがたくさんあるわけで、幅広く材料の評価に係る専門家に意見を聞けるような、そういう態勢をつくって進めていきたいということを考えてございます。そういう中で研究計画を適宜見直しながらやっていきたいと考えてございます。

最後に、フレキシブルに対応すべきということで、通常の実験をやっていると思わぬ結果とかいろいろ出てくるわけで、我々、そういうときにはきちっと真摯にデータを受け止めて、必要に応じて研究計画を見直したり、そういうことはすべきであるということは常々考えてございまして、アドバイスいただいたとおりにいろいろと議論していきながらフレキシブルに対応していきたいと考えてございます。コメントありがとうございます。

○萩沼企画官 どうぞ。

○岡本専門技術者 関東学院大学の岡本と申します。

私、専門が電気の絶縁材料のほうなんで、高分子材料が専門なんですけれども、今、新井さんのお話を聞いていて、あまり変わらないなど。基本的な概念はほとんど一緒ですね。金属材料もそうなんですけれども、高分子絶縁材料も同じなんです。以前の研究は、大分、存じ上げておりますので、この中ですごく興味を持ったのは、事故時環境下における絶縁性能に関わるデータを取得すると。これは、非常に難しい実験だと思います。代表的な例を何か決めてやらないといけないと思うんですけど、これもまたどういうのが代表的だと、これも非常に難しい。だから、そういう、まず、実験条件の選定から非常に大変だろうなというふうに思います。ただ、条件というのもいろいろあるので、その中から選ばいいのかなというふうに思います。

それから、材料もいろんな種類を使われている、これも言うてはなんですけれども、メーカーさんによっていろいろ違ったりするし、これも同じ名前の材料でもメーカーによって違う、そういうのは名前がついているだけであって、実際のはかなり違うんですね。だから、もう本当に違う材料として扱わなきゃいけない。そういうことをみんなもう既に御存じで、前回の研究でそれがやられていて存じ上げているというふうに思いますけれども。

今回、特に非常に重要だと思ったのが、事故時環境下ということなので、これについて、どういうふうにするか、これをぜひ明確にするといいいかなというふうに思います。あ

まり大したコメントではないんですけど、以上です。

○池田上席技術研究調査官 規制庁の池田でございます。

コメントありがとうございます。事故時の条件設定に関しては、これまでの事業においてもケーブルと電気ペネトレーションについて行っています。その際には、既存のプラントで事故時対象設備がどういうふうな環境に置かれるかというようなことを電気事業者が説明されています。それをデータ集めまして、その中でできるだけ保守的なところを見込んでやっています。

当然ながら、そのときには、委託先でメーカーの方、いろいろな方が集まって議論していただいて、およそ保守的で、なおかつ、過剰でないような条件は一つ決めてあります。今回に関しても、当然ながら、そのプラントにおける状況を確認しながら、条件は見ますけれど、過去の条件を見ながら試験は実施してまいりたいと思います。

一つ、今まであるのはケーブル、電気ペネトレーション、今後、格納容器にある弁駆動部の絶縁材、それらに関しても試験をやります。それについても一つ一つ、その設置環境、プラントの条件を見ながら、条件を決定していきたいと思います。

また、材料に関して、各種ケーブルメーカーによってコンパウンドが違うということは存じ上げていますので、当然ながら、研究を進めていく間には、当然、メーカーの方々も委託先の評価委員というか、議論していただく場に参加していただいて、できる範囲で明らかにしていただいて、その試験が不合理でないかというのは確認していただきながらやっていくつもりでなっています。

以上でございます。

○坂詰専門技術者 清水建設の坂詰です。

私の専門はコンクリートですので、そういった観点からちょっとコメントをさせていただきたいと思います。

冒頭に、コンクリート構造物については、電力事業者の廃炉研究、そういったものを開示していただく予定だというようなことをおっしゃっておりました。加速試験につきましては、これまで規制委員会さんのほうでさまざまな骨材、あるいはコンクリートの中性子照射、試験をやって、ある程度の成果が得られているというふうに認識しているんですけども、実機の方法を用いて試験をするのは電力事業者さんなんですけれども、ぜひ情報を共有していただいて、結果の検討は、やはり事業者さん任せにするだけではなくて、規制委員会さんのほうでも一緒になっておやりになって、いい成果を上げていただければと

いうふうに考えております。

簡単ですけれども、以上です。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁の小澤でございます。

コメントありがとうございます。コンクリートにつきましても、ほかと同じように電力事業者さんと、あるいは、専門技術者の方々とも議論しながらいろいろとデータの評価等を真摯に実施していきたいと考えてございます。

コメントありがとうございます。

○田口首席技術研究調査官 ちょっと補足させていただきます。システム安全研究部門の田口です。

今、コンクリートの実機材料は事業者の研究データというお話がありましたけれども、実は、規制庁としましては、コンクリートもいただきたいということで要求しております。回答はいただけることになっております。ただし、先ほどもお話がございましたように、やはり廃炉工程に沿って切り出していただきますので、かなり炉心領域の例えばコンクリートといいますと取り出しが後になるということで、~~ちょっと~~次のステップといえますか、数年後にならないとちょっとはっきりした計画がとれないというところで不確定要素がございまして、我々もやはり臨機応変にそれに対応していこうとしてございますので、もう少し時間がかかるということで。必ずしも研究データだけではなくて、実機からとってやっっていこうということを考えてございます。

○萩沼企画官 よろしいでしょうか。

○坂詰専門技術者 はい。

○萩沼企画官 それでは、続きまして、委員の方々から御意見をお伺いしたいと思います。

○笠原委員 東京大学原子力国際専攻の笠原と申します。

私のほうから、原子力工学一般からのコメントと、それから、質問をさせていただきたいと思います。

最初にコメントなんですが、この研究の最終成果が発表されるのは5年後ぐらいということで、多分、新検査制度がもう本格的にいろんなところに適用されている時期じゃないかなと思います。そうすると、新検査制度の考え方の骨子でありますリスクインフォームドであるとか、パフォーマンスベースであるとか、そういうことが審査側にも、それから事業者側にも求められているんじゃないかなと。

今回の御発表で保守性の確認という言葉が出てきているんですけれども、その中身なん

ですけど、保守性の確認するという事は規制庁さん側としてはまず第一に大事だと思っております。それプラス、実機が実際にはどの程度だとどういう現象であるとか、あとは、それに対するばらつきがどうであるとか、多分、そういう分析を行いますと、保守性ということも裕度の定量化ということと一緒に分析されると思うんですけど、なかなか実機データという、そんなに点数がないので難しいところもあると思うんですが、少しそういう観点がもう少し入ってもいいのかなと感じました。

例えばの例ですが、今回、6ページだったですか、加圧熱衝撃の例をお示しになられたと思うんですが、既に民間事業者でも確率論的破壊力学の適用とか試みが始まっていると思います。5年後となると、そういうことも恐らく審査の対象に入ってくる時期じゃないかと思しますので、単に、この下限値のバウンディングを見るというだけではなくて、中心値、ばらつき、そういった観点をなるべく持ったほうがいいんじゃないかなと思います。

あと、推察ですが、我が国、これから廃止措置が続きますので、この廃炉材ということもごく一部のプラントから出てくるわけではなくて、長期に見ればいろんなタイプのいろんな環境下のデータがある程度の量が出てくると思います。そういう長期展望も考えますと、今から、この5年間で全部というわけではもちろんないわけですが、そういった将来のリスク評価に向けた第一歩が踏み出せると、我が国ならず、世界に対しても我が国が貢献できるような研究に発展するのではないかなというのがコメントでございます。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁の小澤でございます。

コメントありがとうございます。最初の、二つ目もそうなんですけど、実際に試験データの統計的な取り扱い等は、やはりしっかりと十分意識してやっていかないといけないところがございますので、そういう観点も含めて試験計画に反映していきたいと思っております。

一方で、先生おっしゃったとおり、試験できるデータというのは、そんなに点数を稼げないかもしれないので、その辺の評価の工夫も含めて、専門家の方々との議論もしながら進めていきたいと考えてございます。

コメントありがとうございます。

○笠原委員 質問もよろしいですか。よろしいですか、続けて。

○萩沼企画官 はい。

○笠原委員 質問のほうは、今回、実機材を使うということなんですけど、どこが実機材でないといけないことなのか、どこまでが過去の研究でもなされているのかという部分が、もう少し明確に御説明いただけたらなというものです。

今日はお時間がないので、例えば一つの例で言いますと、これが出ていますので、次の7ページ目、ありがとうございます。これは、 ΔT_{41J} ですね。シャルピー衝撃試験の結果と、それから破壊靱性試験の結果をこれで結んでいるわけですが、この方法は妥当かどうかということを証明するだけですと、例えばそれは同じ試験でやった両方のタイプの試験の比較である程度できるわけですね。一方、実機材となると、中性子照射効果以外にもいろんな影響が恐らく出てくるのではないかなと思います。

ですので、実機材を使ってこれを直接比較したときに、何を比較しているのかなと、中性子照射効果だけを見ているのか、 ΔT_{41J} の指標を見ているのか、あるいは、もう少し何か総合的に見ているのか、あるいは過去のものでは見れなかった部分を抽出しようとしているのか、その辺が明確になっていると、今後の評価もしやすいのかなと思いました。

新井委員が指摘されましたように、実機材だといろんな条件が入ってきますよね。そういうものも含めて全部見てしまうと、なかなか分析、特に先ほど冒頭に希望として申し上げました統計的評価というところにも入りにくいかなと思います。難しいところだと思うんですが、実機材特有の部分は何かということをもう少し明確にさせていただけたらなと思いました。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁の小澤でございます。

御質問ありがとうございます。我々、これまで実機材料に、右に示されておりますが、これよりも少し今はデータが増えているんですけど、それでもデータが非常に少ない状況だと考えています。実際の同じような特性のほかの模擬材で評価しているということはいろんな治験データ、研究データがあることも承知してございますが、ここである程度条件がよくわかっている、ここでは加圧試験データを用いていまして、端的に言えば、実機材料ではどうなんだろうということを確認したいという、その一つだけで考えて。何か北條さん、補足はありますか。

○北條技術研究調査官 ないです。大丈夫です。

○笠原委員 ちょっと今のお答えがありましたので、個別の、また今に関連する質問ですが、監視試験片を使うということですが、ここで言っている実機材料というのは、実際に廃止措置になったプラント機器から切り出した材料でもいいのではないのでしょうか。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁の小澤です。

廃炉の計画を鑑みたときに、令和6年度に圧力容器から実際のものをとれるかどうかという、今、三菱さん等でも技術開発されているところですが、それは我々が使うのは現

実的ではないと現状考えてございまして、まずは、この研究の取っかかりとして、ここでは監視試験片を評価することで知見を有していきたいと。次のステップで実際の廃炉された圧力容器から試験片を切り出したりして評価したいということを考えてございます。

そのときには、やはりどの部位から、どのようにとるかということもしっかり議論して進めていかなければと考えてございます。

○笠原委員 ありがとうございます。実機材の意味がもう少し詳しく発表されると質問もしやすかったと思います。今のでわかりました。ありがとうございます。

○小澤主任技術研究調査官 大変失礼しました。

原子力規制庁、小澤です。

さらに申し上げますと、今回、原子炉圧力容器につきましては、監視試験片の評価でございます。あと、電気計装設備については実機で用いた物を実際に持ってきてということで今調整しています。

炉内構造物とステンレス鋼製機器、ステンレス鋼鋳鋼の材料につきましても実機から取り出すという計画が、今回、本日御説明させていただいた内容でございます。失礼しました。

○松本委員 芝浦工業大学の松本です。

私の専門は高電圧工学、それから電気絶縁材料ところところですよ。

今回、電気ペネトレーション、それから高圧ケーブル、そういったところを含めて電気設備というような部品、ケーブルについて評価されるということですが、御存じのように、高分子材料の劣化と申しますのは、熱とか電帯、それからオゾン条件、放射線、いろんな要因があって、徐々に劣化していくということは当然、知られているわけですが、特に、原子力の場合ですと、V-t特性ですね。長時間V-t特性、これが複合要因としてどのように絡んでくるかというのは、意外とまだ明確になっていないのではないかという気がいたします。

メーカーで、冒頭にも岡本先生のほうからも御指摘がありましたけれども、材料はどんどん変化していますので、ここの材料全てについてV-t特性を取得するというのは現実的になかなか難しいかと思うんですけれども、メカニズムという面で見るときには、ある共通性があるはずですよ。

例えば、長時間V-t特性の中の電圧に対するn値と言っている部分だと思えますけれども、その値が放射線によってどう変わるかというような地点、これは過去のデータとの比較の

中から、従来のほかの電力設備で使われているものと、この原子炉で使われているものとの違いというのはn値を評価することによって見えてくるのではないかと思います。

ただ、このデータをとるとというのは大変膨大なデータを取得しなくてはいけないということになるので、非常に時間もコストもかかることではあると思うんですけども、そういった視点でデータを、過去の加速試験と比較しながら評価するということが非常に有益な情報を得られるポイントになっていくのではないかと思います。

それから、もう一つ、具体的なパラメータをどのように設定するかと、例えば、炉の中でスイッチを入・切しますとサージが出たりしまして、通常の定格電圧にさらにサージが発生しまして、このサージによってケーブルが劣化するというような要因もありますし、ケーブルは意外と定電圧といいながら、今回、ペネトレーションのようなものと、サージが伝搬するときのサージインピーダンスが違ってきますと、接続点では過電圧が出る、逆に出ないケースもあるんですけども、そういったこともありますので、そういったところも含めて長時間V-t特性の劣化の様子とあわせた総合的な評価という視点を盛り込むべきではないかなという気がいたします。

私からは以上です。

○池田上席技術研究調査官 規制庁の池田でございます。

コメントありがとうございます。対象となる機器は、基本的に600V以下の低圧になります。そうしたときのV-tというのは、あまり知見がないといえないですね。

○松本委員 そこは、絶縁特性試験と絶縁破壊特性で絶縁材料を評価しますので、両方ややはり例えばタンデルタであったり、静電容量の変化とか、そういう電気物性で評価する方法と、もう一つは、絶縁破壊試験で耐圧が初期値とどれぐらい低下しているかというような、それから長時間V-t特性を評価して、もつ、もたないと、そういう考え方を一度、数学モデルを構成、既に長時間V-tに対する数学モデル、ワイブル統計等を使ったものができていますので、そういった中と照らし合わせることによって、よりクリアに見えてくるのではないかなという気がいたします。

○池田上席技術研究調査官 はい。先生のお話、わかりました。今までは確かに、低圧ケーブルということなんで耐電圧試験とか、そういうことに関してはあまりやってこなくて、どちらかという、電氣的なところを機械的伸びとか、そういうので反映して、その劣化モードを見てきたわけなんです。その機械的伸びとか、そういうものに対しては、パラメータが、どれが一番強いということ、熱とか放射線とかということで押さえてまいりま

した。これからやる試験に関しては、その絶縁破壊値というのもちよっとポイントを押さえていこうかと思います。

ケーブルの材料組成に関しては、メーカーさんにおおよそ聞くと、30年前、40年前とは基本的な添加剤というのはあまり進化はない、かなり、だからそういう意味では昔のまま残っているということで、今、新品をつくりましても過去とほぼ同じようなものができるという認識がありますので、それで絶縁の初期値をとって、今まで熱とか放射線で加速劣化したやつに対して、うまくとれるかどうかちよっと怪しいところがありますけれど、それに関しては絶縁破壊値というところからもV-t特性を見ていきたいと思います。ありがとうございます。

○萩沼企画官 よろしいでしょうか。

お願いします。

○望月委員 大阪大学の望月です。

最初に全体的な内容について、その後で個別のコメントにさせていただければと思います。

全体的な内容ですが、今回の研究プロジェクト、今後推進すべき安全研究の分野ということで1F事故から得られた教訓、IRRS、IAEAの総合規制評価サービスからの指摘ですよね。それから、直近の原子力規制活動の経験で、この経験というのは、今後の新しい検査制度という、笠原先生が御指摘された内容も含むと僕は解釈していますが、それもあり、さらには海外の動向ということで、言わずもがななんですが、新井さんが最初に指摘されたとおりに、ぜひとも規制庁の安全研究として強力に推進いただきたいと考えます。

その上で、今日お話を聞かせていただいて、事前に資料を送っていただいたときにもそれを最初に思ったんですが、なぜゆえに今回の研究プロジェクトは5年間という期間なんだろうかと、何で4年じゃないだ、6年でないんだ、7年、8年じゃないんだというのは率直に感じてきたところです。

ただ、今日の小澤さんの説明、もう至るところにそれが見えているんですが、いわゆる全く知見のない中の、すみません、ノウハウと言ったほうがよろしいですね。実験ノウハウ、研究ノウハウのない中で新たに進めなきゃいけない項目、極めて多いですが、なかなか時間、研究期間というのをあらかじめきっちり定めるというのは難しいというのも当然、理解できますので、その辺りは、3年間で中間評価、そしてプラス2年で最終評価ですか、逆に評価を受けるという側から来たのかなと僕なりにには解釈したんですが、実際にその辺

りどういうふう考えたかというのはもう少し詳しく、いわゆる事前検討というときにお伺いさせていただいておいたほうがいいのかということをおもっています。

全体的な話、まずここで一旦切らせてください。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤でございます。

コメントありがとうございます。なぜ5年というお話ですが、先生の御指摘のとおり、これ、かなり難しい課題に今後ぶち当たってしまうと思います。そのたびに研究計画を柔軟にいろいろと見直していきながら進めないといけないということを考えてございます。

そういう観点でいえば、できるだけ早い時期にそういう研究計画の変更、あと、実施状況を中間的に評価していただく、まず3年で評価していただいて、その後2年たった5年目で一旦、事業として評価していただいて次のステップに進むと、そういう形で進めるためには、5年がまずは適切ではないかということを考えて5年としてございます。

以上です。

○望月委員 ありがとうございます。ぜひともその形で進めていただきたいということに加えて、どうしても個別・個別の課題についても制約条件、いわゆる実機材という意味での制約条件もたくさんあるわけですね。要はホットラボを使いたくても、なかなか順番待ちなんていうことだって例えばあり得ますし、いろいろな条件を考えるとしますので、できるだけ関係する方と密に議論を深めて工程のほうをきっちりをつくっていただければと思います。

その上で、各論のほうに少し入らせていただきますが、全て工程とも関係しながらということになると思うんですが、最初が8ページからですね。原子炉压力容器の健全性評価、まず保守性に係るものということで、あくまで代表的なものを出しているだけかもしれないんですが、いわゆる標準的なCT試験片と極めて大がかりな2軸方向荷重試験、これを5年間の途中で4年目にこの2軸の大型試験も実施の予定ということになっていますよね。

過去のいろいろな同様の研究、世界各国いろいろなところでやられていますが、その辺りもきっちり見た上で、果たしてこの4年目に150mmの2軸試験をやるのがふさわしいかどうか。ここは個人的には、いわゆる研究の流れ、技術の流れというところからいくと、もう少し後にしたほうがいいんじゃないのかなというような感覚があります。もちろん、今回計画を出された中でもきっちり検討をなされた上で、ここの線表に置いているのかもしれないんですが、実機材、なおかつ5年目辺りにRPVからとれる、とれない、どのような形になるかの具体的な議論もかなり詰められることになるでしょうから、そこも踏まえなが

ら、この大型の試験は、とても貴重なデータがとれることはそのとおりなのですが、早目にとるのがいいのか、もう少し待ったほうがいいのかということも含めて、検討はここはされたほうがいいのかと思います。

続けてよろしいですか。

○小澤主任技術研究調査官 では、一旦回答させていただいてよろしいですか。

原子力規制庁、小澤でございます。

コメント、御意見ありがとうございます。この大型の試験でございますが、これは過去に我々、JAEAさんと一緒に研究をして、ある程度、経験は蓄積されていまして、その流れの中で、もう少しいろいろと確認したいところがあるということで研究をするものです。

4年目には、これは実機材ではございませんで、実機模擬材で実施するわけなのですが、我々としては4年目でできるのではないかなど。当然、国内外の専門家の方々の知見等も鑑みながら、いろいろと議論していくところだと思いますが、まずは4年目で実施したいと考えてございます。

○望月委員 もちろん、私もJAEAさんとのこれまでの研究の流れ、ある程度は把握した上で、あえてこのようなコメントをさせていただいたというところなのですが、予想どおりの回答が来たということからすると、線表の書き方というか、研究のつながりという意味合いで、もう少し工夫された書き方をした上で、いわゆる大型試験のこれまでの流れの中で令和5年度辺りに実施するというような形をとったほうがよろしいんじゃないかと思えます。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁の小澤です。

ありがとうございます。検討します。検討して修正したいと思います。

○望月委員 それから、次が、9ページの今度は健全性評価の中の代表性に係る研究というところですが、熱影響部、HAZについていろいろと考えますということを書いているんですが、線表のほうと比べると、機械試験と一言書かれているだけで、これが果たして何を意味するのか、今日、特に回答は、私、不要ですが、逆にこの単語が先に来て、そこに期間が後でついてきてという形で議論するのではなくて、まさに必要なものをきっちり実験を行っていく、それをやるためには逆に期間がどの程度かかってくるんだという形を、最初の全体的な話、常に、なおかつ密に、関係各位で議論を進めながらお願いしますといったところとも直接関係しますが、この辺りはいわゆるきっちり抑えながら着実に進めていっていただければと思います。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤でございます。

ここ、あえて機械試験とさせていただいたところは、やはり先生御指摘のとおり、今から初年度にかけて詳細な研究計画を立てる中で実際に何をとったらいいかということのみんなで議論して、それで決めていきたいと考えているところで、今、機械試験というざっくりとした書き方をしています。

御指摘のとおり、国内外あるいは庁内、庁外の専門家を交えて議論しながら、どういうデータをとっていくべきかということをしっかり詰めていきたいと考えます。ありがとうございます。

○望月委員 場合によれば、1年になるかもしれない、3年になるかもしれない、どうしても長引く方向に行くとは思いますが、その辺りは必要十分なところをしっかりと認識しながら進めていただければと思います。

それから、電気計装品に関してはあまり詳しくないのでちょっと今日はパスさせていただいて、次が13ページですね。炉内構造物の靱性低下ということで。今日の御説明自身は、なるほどねというところなんです、その上で、第一段階として実機材料の破壊靱性試験というのを位置づけられている。当然、いわゆるRPVのときに、破壊靱性試験じゃいいかどうかよくわかりませんという説明をしているわけですから、当然、最初の5年間、ここまでもたどり着かない中の準備までやりますとは言いますが、もう少し中長期的に

考えれば、当然、炉内構造物に関してもある程度実機の形状イメージのものというのが必要になってくるわけですね。これ、以前の安全研究、私も少し関与させていただきましたが、実際に炉内構造物、J1Cという形で1F事故的なことが起きたときになんていうようなことも、いわゆるフーズビリティスタディ的なところにはとどまっていますが、実施しているようなものもありますので、この5年間の研究計画には、もちろん、もう時期的に入らないとは思いますが、当然、そこまで意識した上で、低合金鋼と炉内構造物としてのステンレス鋼、きちんと規制庁の中で安全研究という意味でもつながりがあるというような形をぜひとも早目に出しておいていただきたいというのがお願いです。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤でございます。

はい。拝承いたします。どうもありがとうございます。

○望月委員 それから、次のページ、14ページですね。今度はピーニングの長期安定性という言い方になると思うんですが、ここに関しても、従来さまざまな研究が行われていますので、メカニズム研究はそんなに多くはないですが、大阪大学とかでも一部やっ

ているものもありますし、いろいろと過去の知見も参照しながら、実際のデータ、どのようになるかということ、今度どのようにとっていくかということも重要になってきますよね。いわゆるホットラボの中で残留応力の計測というのをどの手段をもって、どの程度まで行うかということ、これ、相当時間をかけて長期に見ていかないとなかなか難しいところだと思いますので、その意味でも今回の5年間、極めて重要だと思います。より具体的にきっちりと検討のほうを進めていただければと思います。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤でございます。

このピーニングの効果につきましては、十分に過去の知見、あと、現状の研究成果等を含めて、しっかりと考えていきたいと思っています。

特に先生御指摘のとおり、炉内構造物からどうやってとってくるかというのは、非常に大きな課題だと思っていて、例えば管でシュラウドだったりして、実機の形状から簡単に切り出してしまうと、それだけで応力が低減しちゃうんじゃないかなとか、じゃあどこでどう採取して、どのように評価するかというのは、かなり難しい課題だと考えています。

それで、このピーニングにつきましては、18ページの工程表にあるとおり、令和2年度に詳細な検討を開始して研究計画を検討して、令和3年度、4年度で、じゃあ実機材料から取り出して、どう評価しようかというのをしっかり検討するための時間を設けております。この時間で短いような気もするんですが、まずは1年間で目標を持って議論を尽くして進めていきたいと思っています。これはまさに国内外、皆さんの知見をフル活用しないと、試験片の最初の段階からそこまで意識しないといけない研究だと考えています。コメントありがとうございます。

○望月委員 あと、最後になります。15ページ、ステンレス鋼製機器の健全性評価ということで、いわゆる熱時効ですね。ピーニングのことと同じようなことになりますので、もう時間も大分使ってしまったので手短にいきますが、いわゆるH3Tモデル、もちろん、ある意味、世界中で認知されたモデルを前提にというのは極めて重要なんですが、その後もいろいろな研究、いろいろなところでなされていますので、いわゆる評価を行う際に、いろいろな形で評価もできる、試みるということもぜひこの中には含めていただければというところは感じております。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤でございます。

コメントありがとうございます。我々、まずは、H3Tモデルのそういう予測モデルによ

る評価の保守性の検証というのが第一目的ではあるんですが、必要に応じて、種々、検討をしていきたいと思います。

○望月委員 ありがとうございます。もうやめますが、最後にまた保守性の検証という言葉が出ましたので、笠原先生のコメントと全く同じことになるんですが、あくまで保守性の検証というか、検討という意味合いは、規制の時点で行えばいいわけであって、技術基盤を蓄えるという意味では、いわゆる裕度の定量化、ここをきっちりと見ていく、結果的にそれが保守性の検証になっていますということにはなるんでしょうが、安全研究という意味では、裕度の定量化というような、例えばですよ。そういう表現を使っていく、笠原先生、この言葉がよろしいんですね。

○笠原委員 そうですね。

○望月委員 ほかにもっとより適切、適正な言葉があるかもしれませんが、安全研究の中でふさわしい単語を、研究の成果としては使っていただいて、その活用先という意味では保守性の検証もできますという方向でぜひ考え、もちろん頭の中は考えていただいているとは思いますが、いわゆる外にお話しするような際にもそのような形で規制庁の技術基盤グループとしては説明いただければ、とても僕はうれしいのかなと思います。

以上です。

○小澤主任技術研究調査官 原子力規制庁、小澤です。

ありがとうございます。検討します。

○永瀬規制基盤技術統括調整官 規制庁、永瀬でございますけど、今、先生からいただいたコメント、非常に重要だと思っておりまして、保守性を確認しましたというのは、昔のJNES時代からの安全研究として称していたことの最後の閉め方ではあったんですけども、昨今の規制委員会、あるいは規制委員長からのお話によれば、それだけでは安全研究として不十分であって、本質的な研究をやれということでございますので、笠原先生、それから望月先生からも言われましたように、きちっとメカニズム解明とか原子炉の理解とか、保守性の定量化と、そこまでいって初めて研究をやったということになると思いますので、先生方へのお答えといえますか、こちら、現場への周知になりますけれども、そこまでぜひやりたいというふうに考えます。

○萩沼企画官 委員の方、専門技術者の方から一通り御意見をいただきましたが、さらに何か御意見ございますでしょうか。

笠原先生、お願いします。

○笠原委員 意見というかお願いなのですが、こういった実機のようによくわからないものの、あと、原子炉は何かということを知って、それから基本的なデータをそろえるというのは、多分、規制側も事業者側も共通の部分だと思うんですね。それがあある程度、こういう現象だとわかった後、どう評価するというのはそれぞれなのですが、今回の研究というのは全般の基礎的な研究にまだ相当している部分が多いのではないかと。学会発表、最後にはなされるんですが、途中段階であっても、ぜひ学会等、あるいは事業者等も事実として、あるいは、データとして、客観的データとして共有ということをお願いしたいなと思っております。

以上でございます。

○田口首席技術研究調査官 システム安全研究部門の田口です。

今、先生御指摘いただきましたように、これまでの国プロといいますと、大体終わってから公表となるんですけれども、最近はまだ成果が出れば、その時点で論文なり、あるいは学会発表を積極的にやっていくという方向になっておりますので、この事業も5年待たずに出せる時点になれば出していくというふうに努めてまいります。

○笠原委員 お願いします。ありがとうございます。

○萩沼企画官 そのほか、何か御質問、御意見等ございますでしょうか。

(なし)

○萩沼企画官 本日の御説明は以上になりますが、全体と通じて何かコメント等ございましたらよろしくお願いいたしますが、よろしいでしょうか。

(なし)

○萩沼企画官 それでは、研究担当課の田口首席のほうから一言。

○田口首席技術研究調査官 システム安全研究部門の田口です。

どうも本日はありがとうございました。廃炉材ということで、先ほどから申し上げておりますように、事業者さんの廃止措置工程に合わせて、やはり取り出させていただくということで、若干の、時と場合によっては大きな計画変更を余儀なくされますけれども、そこは臨機応変に対応していきたいと思っております。そして、我々もこの5年間でこの研究が終わるということは考えておりませんので、引き続き実施してまいりたいという意思は持っております。

それから、廃炉材研究ということで、多方面から注目されておりますので、本日の御指摘も踏まえまして、しっかりと結果は出していきたいと考えてございます。

それから、3年目に中間評価もいただきますので、本日の御指摘も踏まえて、その時点では何がしかの結果を示せればと思いますので、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 最後に事務局からの連絡になります。

検討会委員の先生におかれましては、技術的観点からの評価シートをお配りしてございます。お忙しいところ申し訳ございませんが、先ほど申し上げましたように10月25日までに事務局にメール等で御送付いただければと存じます。もしも本日御提出いただけるようでしたら、手書きでも結構ですので検討会終了後に事務局にお渡しいただければと思います。

いただきました御意見は、事務局で評価取りまとめ案を作成した上で、書面による審議をさせていただきます。具体的進め方は、後ほど事務局より御連絡させていただきます。

それでは、これで第3回材料技術評価検討会を終了いたします。本日はどうもありがとうございました。