

第6回地震・津波技術評価検討会

議事録

1. 日時

平成29年10月2日（月）13：00～17：17

2. 場所

原子力規制委員会庁舎 13階 会議室B

3. 出席者

外部専門家

岩田 知孝 京都大学防災研究所教授
酒井 直樹 国立研究開発法人防災科学技術研究所先端の研究施設利活用センター戦略推進室長
庄司 学 筑波大学大学院システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻准教授

専門技術者

梅木 芳人 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター研究コーディネーター（自然外部事象分野）
松山 昌史 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター企画運営チーム副研究参事

原子力規制庁

辻原 浩 技術基盤課 課長
持丸 康和 技術基盤課 企画官
市川 涼子 技術基盤課 課長補佐
小林 恒一 安全技術管理官（地震・津波担当）
飯島 亨 地震・津波研究部門 首席技術研究調査官
川内 英史 地震・津波研究部門 首席技術研究調査官
杉野 英治 地震・津波研究部門 上席技術研究調査官
中村 英孝 地震・津波研究部門 上席技術研究調査官
石田 暢生 地震・津波研究部門 統括技術研究調査官

呉	長江	地震・津波研究部門	主任技術研究調査官
内田	淳一	地震・津波研究部門	主任技術研究調査官
小林	源裕	地震・津波研究部門	主任技術研究調査官
儘田	豊	地震・津波研究部門	主任技術研究調査官
太田	良巳	地震・津波研究部門	技術研究調査官
菅谷	勝則	地震・津波研究部門	技術研究調査官
田岡	英斗	地震・津波研究部門	技術研究調査官
藤田	雅俊	地震・津波研究部門	技術研究調査官
松浦	旅人	地震・津波研究部門	技術研究調査官
道口	陽子	地震・津波研究部門	技術研究調査官

4. 議題

- (1) 平成28年度安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価
(地震・津波技術 事後評価)
- (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 平成28年度事後評価調査票

- ・外部事象に係る構造健全性関連研究
- ・津波ハザード関連評価技術の整備
- ・震源断層評価技術の整備
- ・地震動評価技術の整備

参考資料 平成28年度事後評価調査票説明資料

6. 議事録

○持丸企画官 それでは、定刻になりましたので、第6回地震・津波技術評価検討会を開催いたしたいと思います。

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。

まず、委員と専門技術者の方々を事務局よりまず御紹介をさせていただきたいと思いません。

私、事務局を本日御担当させていただきます、技術基盤課企画官の持丸と申します。まずはよろしくお願ひいたします。

まず、本日、京都大学の岩田委員、防災科学技術研究所の酒井委員、筑波大学、庄司委員に御出席をいただいております。また、東京電機大学の古屋委員におかれましては、本日は諸般の都合で御欠席という形でございますので、委員の方々3名でいろいろと御意見をいただけたらと思っておりますので、よろしくお願ひしたいと思ひます。

また、専門技術者といたしまして、本日は、電力中央研究所の松山様と、同じく電力中央研究所の梅木様に、あわせて御出席いただいております。これにつきましても、現場に精通されているお立場からのいろいろと御意見等ございましたら、ぜひ、よろしくお願ひしたいと思っております。

それでは、事務局より、まずは資料等の確認からさせていただきたいと思ひます。

では、まずよろしくお願ひします。

○市川課長補佐 では、資料の確認のほうをさせていただきます。

お手元に、座席表とともに議事次第、名簿、本日の資料のほうを御用意しております。議事次第と名簿のほうをめく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のほうを御用意しております。また、資料2としまして、事後評価の対象となります、四つの安全研究プロジェクトの成果をまとめました平成28年度事後評価調査票を御用意しております。また、参考資料としまして、平成28年度事後評価調査票の説明資料となります、本日のスライドのコピーのほう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ひします。

○持丸企画官 よろしいでしょうか。

また、議事の途中であっても、過不足等気がつきましたら、言っていただきますればいつでも対応させていただきますので、よろしくお願ひしたいと思ひます。

続きまして、事後評価、今回、研究に関しては、終了したプロジェクトに関する事後評価でございますが、こちらの事後評価の説明に先立ちまして、資料1の原子力規制委員会における安全研究の基本方針、これが我々研究をする上での大前提となるものでございますので、この方針につきまして、あわせて説明を事務局からさせていただきたいと思ひま

す。

それでは、よろしく申し上げます。

○市川課長補佐 では、資料1の基本方針のほうを御覧ください。

この基本方針は、安全研究の意義、基本的な考え方、安全研究プロジェクトの企画と評価、実施体制などをまとめました、原子力規制委員会の安全研究を推進するための基本的な方針をまとめたものとなっております。

本日の評価に関連しまして、基本方針の3ページの(2) 安全研究プロジェクトの評価のところを御覧ください。

原子力規制委員会は、安全研究の的確な実施及び成果の活用を図るために、各安全研究プロジェクトの開始・終了等の節目において評価を実施することとしております。具体的には、各安全研究プロジェクトに対して、事前評価、中間評価、事後評価を実施しております。その際、安全研究での手法等の技術的妥当性につきまして、技術評価検討会を開催し、外部専門家から評価をいただくこととしております。また、専門的な技術的知見を有する者、ここでは専門技術者とさせていただいておりますが、御意見を聴取させていただきます。専門技術者の皆様からいただきました御意見は、検討会委員の先生方におかれましては、技術的妥当性についての評価の御参考としていただきますようお願いいたします。また、評価の参考とするために、技術評価検討会の進め方としまして、まず、専門技術者の方から御意見をいただきたいと考えておりますので、御協力をお願いいたします。技術評価検討会における外部専門家の皆様からの評価結果につきましては、まとめまして、原子力規制庁が作成する評価書の案の別添とさせていただくとともに、原子力規制庁が行う評価に活用させていただきます。なお、技術評価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たいと思っておりますが、もし評価が割れるなどの特段の場合には、再度、検討会を開催することもございますので、御了承ください。

続きまして、本日の技術評価検討会の具体的な評価につきまして、御説明させていただきます。

検討会委員の先生方に準備させていただきました、評価シートのほうを御覧ください。

検討会委員の先生方には、安全研究の成果や安全研究の計画に対しまして、コメント形式での評価をお願いいたします。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ございます。

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、実験の

方法が適切か、解析方法の評価方法、実験方法の評価方法が適切か、重大な見落とし等がないかと。このような観点からの評価をお願いいたします。

また、今後の評価スケジュールでございますが、技術評価検討会での評価を参考とした原子力規制庁による評価の案につきまして、11月上旬を目途に、原子力規制委員会に諮る予定としております。

以上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、原子力規制庁の安全研究の評価に御協力をお願いいたします。

本検討会の評価につきましての御説明は以上でございます。

○持丸企画官 事務局から、今、本技術評価検討会の趣旨等を御説明させていただきましたが、これにつきまして、何か御質問等ございますでしょうか。

それでは、よろしければ、これより議題のほうに移らせていただきたいと思います。よろしくをお願いいたします。

まず、議題の第1でございますが、平成28年度安全研究プロジェクトの技術的観点からの評価ということでございます。こちらにつきましては、本日は、地震・津波に関する各種研究に関しまして評価をいただくという形でございます。

それでは、まず、第1件目でございますけれども、トータルでまず御説明しておかなければいけないのは4件ございます。事後評価につきましては4件ございますが、そのまず第1件目でございます。外部事象に係る構造健全性関連研究でございます。これにつきましては、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ地震・津波研究部門の川内首席技術研究調査官から説明をさせていただきたいと思っております。

それでは、川内さん、よろしくをお願いいたします。

○川内首席技術研究調査官 御紹介いただきました川内と申します。

外部事象に係る構造健全性関連研究について御説明申し上げます。

本日は、ここの目次に従って説明したいと思います。

まず背景ですが、現在、新規制基準や関連する審査ガイドが施行されておきまして、その中で、従来の耐震設計に加えまして、耐津波設計につきましても明記された上で、適合性審査が進められている状況でございます。また、安全性向上評価におきましても、ガイドが制定され、そこでの評価方法の一つに、「外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)」が挙げられているという状況でございます。また、新規制基準におきましては、第6条におきまして、外部からの衝撃による損傷の防止というものが明記されました。こ

れに加えまして、別の核燃料物質等の運搬に関する規則におきましては、使用済燃料の輸送容器に係る特別の落下試験に関する要件が規定されているという状況がございます。これらを踏まえまして、本研究におきましては、まず、津波に関する設計及びリスク評価の精度向上といった観点から、施設・設備の評価手法を精緻化するということ、あと、地震につきましても同様にフラジリティ評価手法を精緻化するとともに、地震・津波以外の衝突・衝撃に対しましても、新たな技術的知見の収集・整備を行い、構造健全性評価手法に反映していく必要があるというふうに考えまして、この研究を実施いたしました。

まず、研究の全体的な項目でございますが、ここでは耐津波設計関連と地震等の外部事象に関するものの大きく二つに分けて実施しております。耐津波関係につきましましては、防潮堤ですとか、水密扉の評価を中心に行いました。また、地震等の外部事象ということで、地震に対する斜面崩壊、あと設備関連、それに加えまして、構造物の衝撃に係るフラジリティ評価及び竜巻荷重に対する施設への影響評価といったところも評価項目といたしました。

まず、研究の工程でございますが、ここでの研究は平成24年度から28年度の5カ年にわたって実施しております。ここで黄色のハッチングで示したものが、本日御報告いたします主な内容となっております。防潮堤につきましましては、26年から27年にかけて水理試験等を行いまして、評価手法の整備を行いました。水密扉につきましても、片開きの扉を対象とした試験等を行って、評価手法を整備してございます。

また、地震等の外部事象につきましましては、斜面崩壊につきましまして、大型斜面の振動試験ですとか、土砂・岩塊の転動試験等に基づき評価手法を整備いたしました。また、構造物の衝撃関係につきましましては、平成27年度に局部破壊に関する試験等を行いまして、それらの技術的知見を整備いたしました。また、竜巻荷重につきましても、技術的知見の整備、評価、取りまとめを行ってございます。

研究期間を通じた主要な成果について、次に御説明いたします。

まず、防潮堤の津波に対するフラジリティ評価でございます。背景としまして、耐津波設計に係る審査ガイドがございますが、この中で、津波に対する荷重の設定に関して考慮する知見で、例えば国交省の暫定指針等が挙げられており、これにつきましましては、右の図1に示しますように、構造物、ここでは防潮堤を対象としておりますが、防潮堤の位置において、防潮堤がない場合を想定した津波の浸水深から、ここで言う設計用の浸水深を求めます。この設計用浸水深の3倍の高さに相当する静水圧により防潮堤に作用する波圧を

求めると。つまりは、これはここで言う「水深係数3」というふうに称しております。これについての適用性を確認するというのが一つ。

もう一つは、工認審査ガイドにおきまして、「施設に作用する津波波圧の経時変化に留意する」こととしておりますが、それは右の絵に示しますように、これは圧力波形の時刻歴を示しておりますが、津波が最初に防潮堤に衝突する際に与える、短時間で大きく変化する波圧を段波波圧、その後の段波波圧の後の継続時間の長い一定の範囲の波圧が防潮堤に作用するものを持続波圧とここでは称しております、これらに留意することとなっております。ここでの目的としましては、以上を踏まえまして、一つは設計用範囲におきまして防潮堤に作用する津波波圧、先ほど言いましたように持続波圧と段波波圧に関しまして、フラジリティ評価手法の整備を目的に、水理試験及びシミュレーション解析を実施いたしました。

実施概要ですが、まず、右の図3に試験のイメージを、試験装置の概要を示しております。ここでは20mを超えるような水路を用いまして、津波の波形である作用波及び水路底面の勾配、あと防潮堤の位置、これらをパラメータとしまして水理試験を行うとともに、シミュレーション解析を実施いたしました。研究成果でございますが、まず、持続波圧に係る検討のその1としまして、ここでは通過波の最大浸水深発生時刻に基づいたフルード数による評価を行いました。ここで、フルード数につきましては、下の注記でございますように、流体の慣性力と重力の比を表す無次元数で、流体の性状を示す指標の一つでございます。そのフルード数を横軸に、縦軸に先ほど申しました水深係数をとって、試験結果等をプロットしたのが右の図になってございます。この図の結果としまして、フルード数が1を下回る範囲においては、水深係数が3を超えることはないということを確認いたしましたので、フルード数が1以下の場合、国交省の暫定指針でいう水深係数3を適用できるということを確認いたしました。

一方、フルード数が1以上の範囲が水深係数が3を超えますので、これらにつきまして評価を行いまして、その結果を次のシートで御説明いたします。

先ほどは浸水深が最大となる時刻に着目した評価でしたが、ここでは速度による影響も無視はできないという考えに基づきまして、エネルギーを指標とした評価を行うことといたしました。そこで、本研究では、最大比エネルギーの発生時刻に着目した評価を行い、フルード数と水深係数の関係を整理しました。それが図5でございます。ここで、比エネルギーとは、単位体積重量の水の持つ全エネルギーのことを示しております。先ほどと同

じように、横軸にフルード数、縦軸に水深係数という形で試験結果をプロットいたしました。その結果、赤で示していますような回帰式を求めましたところ、ここで同じように理論式、青字で示しておりますが、この回帰式は理論式に非常によく適合するというを確認しましたので、ここで言う試験の結果というのは、試験の結果、この回帰式に基づく評価を行うということは理論的に適正であるというふうに考えました。このことから、ここで言います回帰式もしくは理論式に基づく評価式を用いることで、横軸のフルード数の範囲にかかわらず、縦軸の水深係数、つまりは作用波圧でございますが、フルード数の範囲によらず、作用波圧を評価できるという手法を構築いたしました。「なお」としまして、フルード数が1以下となることが確認済みの場合は、先ほど前のページで説明いたしましたように、国交省の水深係数3を適用することができるということを確認してございます。

もう一つ、段波波圧に関する検討ですが、ここでは、段波波圧につきましては、同じように水理試験を行い、この場合、防潮堤のひずみを直接計測いたしました。その計測値を、高さ方向に応じたひずみを示したのが、この図になってございます。計測しました段波波圧によるひずみは、国交省の暫定指針から求めたひずみに対しまして小さくなるということを確認いたしました。このことから、段波波圧による防潮堤の構造健全性に与える影響は概して小さく、段波波圧による影響が持続波圧より大きい場合であっても、暫定指針の水深係数3の考え方が適用できるというふうに判断いたしました。以上のことから、防潮堤の評価についてまとめますと、一つ目が、持続波圧についてフルード数の範囲によらず使用できる評価手法を提案したということ。あと、国交省の暫定指針の水深係数3の適用範囲を明確にするとともに、段波波圧が防潮堤の構造健全性に与える影響を明確にしたと。これが大きな成果でございます。これ、研究につきましては、今後のことも考えておりました、これまでの説明は、設計条件の範囲でございましたが、今後は設計条件を超える範囲におきまして、防潮堤に作用する津波波圧の評価を検討し、フラジリティ評価手法の精緻化を図っていくということを予定しております。

次に、水密扉についてでございます。

水密扉は浸水防止設備でございますので、ここでは地震による影響を含め津波に対するフラジリティ評価手法の整備が必要と考え、水理試験等を実施いたしました。試験の概要ですが、ここでは片開きの水密扉、大きさはほぼ1m×2m程度でございます。これを対象としまして、水密扉単体の試験及び水密扉に鉄筋コンクリート壁がついた場合と、2種類の試験を行いました。図7は、少しわかりづらいんですが、真ん中に水密扉単体を配置しま

して、その上のほうをアクチュエータによって地震時のせん断力を付加するとともに、水密扉には水圧をかけたという試験を実施しております。試験条件を具体的に言いますと、地震によるせん断の範囲は4,000 μ まで、また、津波の水頭圧については30mまでを考慮して、これらの重畳を考えました。試験結果につきまして、一つの例を図8に示してございます。ここでは縦軸に漏水量、横軸に水頭圧をとっておりますが、ここでは水頭圧が25mを超えると漏水量が急激に増加するという傾向を各ひずみ状態において示しているということを確認いたしました。また、鉄筋コンクリート壁を用いた試験におきましては、除荷後の壁からの漏水量は極めて小さいということを確認しましたので、載荷時の変形は、除荷後の水密扉枠内の漏水量には影響しないということを確認してございます。

これらを踏まえまして、水密扉の浸水防止機能の評価手法の整備ということで、ここでは3段階から成る評価を手法として整備いたしました。まず、第1段階ですが、これは水密扉の全体の変形を算定するということから、右の図にありますように、扉の枠と扉をモデル化しまして、これにせん断変形を作用させるとともに、扉の部分に水圧を作用させる試験を行いまして、扉全体の変形量を算定いたします。次に、第2段階としまして、シール部に着目しまして、右の図10にありますように、パッキンですとか、パッキン近傍のパッキンの押さえ板といったところをモデル化して、隙間形状の算定を行います。これは軸方向から見た断面図をここに示しておりますが、例えばパッキン押さえとパッキンの間に水圧が右からかかったとすると、隙間ができるようになりますので、その形状をこの解析で算定いたします。次に、第3段階としまして、シール部の隙間からの漏水における流水分布を求めまして、それによって扉全体の漏水量を算定するという、3段階の手法を検討いたしました。ここで、下に書いてありますように、水密扉のメカニズムを確認するという観点から、図10のイメージにおける要素試験を実施しました。この図10のイメージで、一定の水圧以上になると、シール部から、こういったパッキンのずれですとか抜けが発生しまして、漏水量が急激に増大するという事象があることを確認いたしました。その状況を整理したのが、図11でございます。ここは縦軸に漏水量、横軸に水圧をとっておりますが、ここでは水圧が0.2Mpaを超えると、先ほどの全体の試験にもありましたように、急激に漏水量が増加するという傾向を捉えました。ここでは試験結果と解析結果を併記しておりますが、漏水量につきましては、解析で模擬できておりませんが、変曲点を過ぎると急激に漏水量が増大するということから、この変曲点を扉の耐力として捉えて、フラジリティカーブに反映することで評価できるということを現在考えてございます。

このように、片開きの水密扉につきまして、浸水防止機能に係る評価手法として整備をいたしました。また、実際のプラントには両開きの水密扉も使われておりますが、これについては今後の検討課題と考えております。しかしながら、ここで構築しました手法を適用することで、それなりに評価は可能になるであろうというふうに考えております。

以上、津波ですが、ここからは、今度は地震等の外部事象になります。

まず、地震時の斜面崩壊に関するフラジリティ評価でございます。フラジリティ評価を行う上での起因事象の一つとして斜面崩壊が考えられますが、斜面が崩壊した後の評価手法については未整備の状態でございますので、ここで整備をすることといたしました。ここでは、地震時の斜面崩壊に係る主な三つの事象として、まず、斜面が崩壊するときのすべり面等による安定限界の評価、次に斜面をすべり落ちた岩塊がどこまで到達するかといった到達限界の評価、さらには転がり落ちた岩塊が構造物に衝突したときの③の損傷限界に係る評価、この3段階に分けて手法を整備いたしました。図13には、先ほどからアニメーションが動いておりますが、斜面をすべりおりた岩塊が法尻から、ここでは50mの位置に構造物があるとして評価を行いました。

その評価例を次に御説明いたします。

対象物まで法尻からの距離が50mと比較的近い条件のもとでは、安定限界と到達限界のフラジリティが同じ値になった、つまりは崩れ落ちた土砂は必ず50mの位置まで到達するという結果を示しております。次に、③番の損傷限界の評価につきまして、図14に示しておりますが、ここでは縦軸に損傷確率、横軸に運動量を示しております。ここでの検討例では、せん断破壊が曲げ破壊よりも支配的なモードとなり、損傷確率が高いものとなっております。ここでは運動量を横軸にとりましたが、地震ハザードと同一に評価するため、右の図15に示しますように、解放基盤における最大加速度で統一して示したのが右の絵になります。ここで①の安定限界を示しておりますが、従来は、斜面が崩壊した場合には、それに関連した設備はもう必ず損傷するとして、①番のカーブを用いておりましたが、本研究によりまして、損傷限界のところを、損傷確率が比較的小さくなるような、こういった評価ができるという意味で、評価手法の精緻化を行いました。それがここでの大きな結論でございます。もう一つ、このような手法につきまして、損傷確率算定機能を解析コードのほうにも追加してございます。

次に、地震による設備のフラジリティ評価ですが、ここではフラジリティの精緻化という意味で、特に耐力の精緻化を図るということを目的に、旧NUPECでの耐震実証試験、あ

と旧JNESで行いました限界試験、これらにつきまして、評価部位ですとか損傷モード、あと限界耐力、それらがどのような部位で起こっているかといったところを調査・分析しまして、耐力の整理を実施いたしました。これにつきましては、今後、さらに設備ごとの機能喪失のメカニズムですとか、損傷指標に留意した上で、耐力の評価体系に係る整理を実施していく予定で考えてございます。

次に、構造物の衝撃に係るフラジリティ評価について御説明いたします。

ここでは、例えば航空機衝突評価に関する審査ガイドにおきまして、衝突による構造物の影響評価を要求していることから、これは技術的知見の収集・整備が必要と考え、研究を実施してございます。具体的には、この真ん中の黄色い部分に示しますように、まず、構造物に飛翔体が衝突した場合の構造物の局部破壊に着目した評価を28年度まで中心に行っております。それに加えて、衝突によって構造物をどのように衝撃荷重が伝播していくかという研究、あと、その衝撃荷重を受けた場合に、機器の耐力がどのようになるかと、この三つに分けて検討を進めてございます。まず、①番として、構造物の局部破壊に関する評価でございます。ここでは、右の写真にありますように、鉄筋コンクリートの壁を模擬した供試体を用いまして、ここに示しますようなパラメータに基づいて評価を行いました。それで、鉄筋のひずみ、加速度、反力といったところを計測してございます。

検討結果の例をここに示しています。まず、図18につきましては、壁側ではなくて、飛んできた飛翔体側の損傷状況に関する評価です。時系列で上から下に示しておりますが、壁に接触した瞬間から、飛翔体がどんどん座屈変形をして潰れていくという形状につきましても、解析により試験をほぼほぼ再現できるということを確認いたしました。また、図19には供試体の反力の履歴を示しておりますが、時系列にそれなりの壁の反力を解析で模擬できるということを確認いたしました。もう一つ、図20には、既往評価試験の適用性について分析した結果でございます。赤色の裏面剥離の限界板厚に関する評価式でございますが、これは既往の式でございますが、この三角で示す試験結果を包絡するということが、あと、青で示します貫通限界に関する評価式でございますが、これもバツテンで示します試験結果を包絡するということがここで確認いたしました。以上のことから、ここでの研究の成果としましては、シミュレーション解析に基づいて、飛翔体の衝突時の損傷状況や供試体の反力履歴を精度よく再現できる解析手法を整備したということ、あと、ここで計測したデータに基づきまして、コンクリート壁の局部破壊に関する既往の評価式ですが、この評価式が保守性を有しているということの確認を行いました。

あと、続きまして、構造物の衝撃伝播に関する評価としましては、ここに解析モデルを示しておりますが、これは今後試験を考えている縮尺試験体の建物の概要でございます。

ここでは、こういった縮尺試験体を想定しまして予測解析を行い、計測の仕様ですとか、条件の整理を行いました。また、機器につきましても、耐力評価の準備といたしまして、機器設備の応答や耐力に係る評価手法の調査及び検討を実施して、技術的知見の収集を実施したということで、これら2件につきましても、今後、具体的な試験を含めた検討を予定しております。

次に、竜巻による施設フラジリティへの影響評価です。

ここでは、竜巻ガイドにおきましては、風圧、気圧差、飛来物の衝撃荷重といった、竜巻荷重による施設への影響評価を要求しております。そういったことから、これらに関する技術的知見の整備を行いました。検討結果を下に示しておりますが、まず①番目の竜巻渦モデルの渦特性としましては、竜巻状の渦として適用されるランキン渦モデル以外の渦モデルについて調査・検討を行い、渦の特徴や適用条件について整理を行いました。②番目の飛来物評価の飛来条件につきましても、最大速度の計算に非定常流れ場を考慮することがガイドで示されておりますので、これについての影響を確認いたしました。③の施設への影響評価につきましても、開口部を有する建物模型を用いた風洞実験を行いまして、竜巻による気圧差の影響を評価すべき施設の選定に活用できるという知見を得てございます。これらにつきましても、解析コードの整備を実施したということを示しております。また、これらの検討に加えまして、下にありますように、日本版改良藤田スケールが気象庁で運用を開始されたということを受けまして、従来の藤田スケールとの相違を調査・分析し、基準竜巻の最大風速に用いる場合の留意点についても整理を行いました。

ここで、②番目の竜巻飛来物の飛来条件について評価例をここに示しておりますが、申し訳ありません、ちょっと時間の都合で割愛させていただきます。

まとめにつきましても、おのおのの成果のところでも報告しましたので、これについてもちょっと割愛させていただきます。24ページの成果の活用のところを御説明したいと思います。まず、プロジェクト期間内ですが、耐津波設計関連につきましても、防潮堤に作用する津波波力評価手法について取りまとめたNRA技術報告の内容が、下に示します北海道電力泊原子力発電所3号炉の設置変更許可に係る適合性審査において事業者の資料に引用されまして、これを受けて、審査の中で議論に用いられております。また、今後の見通しとしましては、まず耐津波設計関連ですと、防潮堤に作用する津波波力評価について、

ここでは3編のNRA技報を取りまとめておりますので、それらについて、審査等に活用する技術資料として津波波圧の評価手法に関する取りまとめを行う予定としており、今後の適合性審査において活用が期待されるというふうに考えております。水密扉につきましても、浸水防止機能に係る評価手法の検討を行い、手法を整備してございますので、これについては、将来的な安全性に係る評価の向上に資するものというふうに考えております。

地震等の外部事象のうち、地震による斜面崩壊につきましては、崩壊に伴う土塊が施設や設備に及ぼす影響等に係る一連のフラジリティ評価手法を整備することにより、将来的な安全性に係る評価の向上に資するものと考えてございます。また、構造物の衝撃に係る評価手法につきましては、先ほども、今後試験等が続けるといふふうに考えてございますが、今後の検討状況の進展に応じて技術的知見の取りまとめを行う予定でありまして、今後の適合性審査において活用が期待されるところでございます。竜巻につきましては、日本版改良藤田スケールで評定された竜巻風速を用いた基準竜巻の設定について、ガイドの改正に反映するという予定としております。また、竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価につきましては、NRA技術報告として取りまとめる予定を考えておりまして、今後の適合性審査において活用が期待されるという状況でございます。

あと、防潮堤に作用する津波波力につきましては、3編のNRA技報を出しておりますが、それに応じまして、規制委員会のほうでも、3件おのおのについて報告を実施したという状況でございます。

あと、成果の公表ですとか、自己評価につきましては、ただいまの説明と同じようなところがありますので、ここでは割愛したいと思います。

説明は以上でございます。

○持丸企画官 ありがとうございます。

それでは、質疑等をさせていただきたいと思います。

本件につきましては、まずは専門技術者の方々から御意見をいただきまして、その上で3名の委員の先生方から引き続き御質問、御意見をいただくと。こういう形で順番としては進めさせていただきたいと思います。

ということで、まずは専門技術者の梅木様と松山様から、まずは今の説明に関して、いろいろ御意見等ございましたらよろしくお願ひしたいと思います。

○梅木研究コーディネーター 電中研の梅木と申します。

どうも御説明ありがとうございました。よくわかりました。

3点ほど質問と、それから感想を含めて述べさせていただきたいと思います。

まず一つは、単純な質問ですが、11ページのところで、水密扉の津波に関するフラジリティ評価の試験条件で、せん断変形が0~4,000 μ とありますが、これはどこのひずみのことを言っていますか。コンクリートですか、それとも扉ですかというところで、なぜ4,000 μ までやったのかというところをちょっと教えてくださいというのが一つです。

もう全部言っちゃっていいですか。

○持丸企画官 あと何問。

○梅木研究コーディネーター あと二つです。

○持丸企画官 じゃあ、先によろしいですかね。

○梅木研究コーディネーター はい、わかりました。

○石田統括技術研究調査官 よろしいですか。

○持丸企画官 じゃあ、1点ずつ。じゃあ、お願いします。

○石田統括技術研究調査官 地震・津波研究部門の石田でございます。よろしくお願いたします。

今の御質問の件ですけれども、コンクリートの上面のところ、扉の一番トップのところ、この場合ですと高さ2.1m程度の扉を想定しておりますので、そのトップのところの面内に横から押しております。4,000 μ に相当する変位ですので、約8mmぐらいの絶対変位を与えております。4,000 μ の根拠でございますけれども、これはコンクリートの終局強度ということで、そこまで持っていこうということで、最大値を設定いたしました。

以上でございます。

○梅木研究コーディネーター わかりました。ありがとうございます。

もう1点、ちょっと細かい質問なんですけど、16ページをお願いいたします。局部破壊に関する評価の中で、これのパラメータを少し確認させてください。ここのときのコンクリート圧縮強度というのは、どれくらいを見られていますか。それと、そのコンクリート圧縮強度をパラメータにしたような検討というのはなされていますかということです。

というのは、局部破壊とコンクリート強度の関係というのが、あるのか、ないのかというところも、ちょっと興味があるなと思ったので質問をさせていただいています。

○中村上席技術研究調査官 すみません。地震・津波研究部門の中村です。

基本的には実験ですから、大体24~36kNでやっていますね。パラメータというか、実際、解析のほうは、実験値を用いて解析のほうをやっております。

○梅木研究コーディネーター ちょっと続けてなんですが、それというのは、実機を関係したものだとする、24か、ちょっと低過ぎるような気がするんですが、その辺はいかがですか。

○中村上席技術研究調査官 あくまでもこれは実験ですので、実機とはちょっと別にして、実験の上、出てきた強度で検討しているということです。

○梅木研究コーディネーター はい、わかりました。ありがとうございます。

最後ですが、これはちょっと感想になるんですが、18ページの検討なんですが、全体をやられるということ、これ、すごくいいことだと私は思っています、というのは、局所的な話と、それから構造体としてどうかという話は、多分、別物というか、耐力としては、局部というよりは全体としてどれくらいの挙動を示して、全体として、耐力としてあるのか、健全なのかということを見ていかないと、局所的なものだけだと、ちょっと片手落ちになるんじゃないかという、ずっと懸念を持っておりますので、ぜひ、この辺の全体挙動から見て健全性がどうかというのを今後とも進めていただければなと思っております。これは感想です。

以上です。

○持丸企画官 ありがとうございます。

これに関して、よろしいですか。何らかの回答は。

○川内首席技術研究調査官 ありがとうございます。

建屋といいますか、構造物側の全体挙動につきましては、要は今、最終的に機器の衝撃に対する評価を行うとすると、実際は解析で機器への振動伝播を求めるしかないんですが、その解析手法が、手法としてはたくさんございますけど、それが本当に妥当かといったところは、やっぱり試験をやって確認する必要があるというふうに考えておりますので、そういった観点で、ここでは縮尺模型を用いた試験を行って、解析手法の妥当性を確認した上で、さらには機器のほうの試験も必要に応じて行って、全体としてまとめていこうというふうに考えてございます。

以上です。

○持丸企画官 どうもありがとうございました。

それでは、松山様から、よろしく申し上げます。

○松山副研究参事 ありがとうございます。

説明ありがとうございました。

私のほうから、主に津波に関係する話で、全体、津波の研究をやられているということで、研究概要にありましたように、自然外部事象の確率論的リスク評価の方向性というふうなことで、2.1で御説明いただいたような波圧分布の推定ですとか、段波波圧に係る推定というところで、確率論でやっていく、ある程度、実力評価、決定論的なほうでいくと、結構、保守的なというふうなところがついて回りますけど、ある程度実力的評価をしてやらないと、あまり保守的にやり過ぎると、ほかのリスクとのバランスも悪くなるというふうなことで、こういうフルード数に応じたような、実際の流れのメカニズムに応じた力を評価にしてやろうというような方向性は、非常にいい方向性であるかなと思ってございます。

あと、水密扉と津波に関するような話についても、我々も、こういう研究なんかも含めてやらなきゃいけないんですけれど、発電所の中のいろんな機器としては、非常にポイントになってくる水密扉というもののフラジリティ評価に役立つ研究という意味では、方向性としては非常にいいところであるかなというふうに感じてございます。

あと、中身の話としましては、例えばスライド9でお見せしていただいたようなフルード数と水深係数の関係というようなことで書いて、来年度ぐらい、この辺り、また確率論のほうに生かすというふうな意味なんですけれども、期待としては、ぜひ、こういう点線の回帰式というふうなものが入っていますので、こういったものを中央値として……。あ、その前に、この実験のプロットが、この研究だけなのか、ほかにも入っているのか、ちょっとよくわからないんですけれど、いろんな研究がかなり進んでなされていますので、ほかでもいろんな実験データ、そういったものをベースにした上で、こういった中央値とそのばらつきの関係とかをフルード数なんかと整理していくようなことが、今後、非常に確率論的リスク評価に重要かなというふうに考えていますので、ぜひ、そういう方向性を出していただければというふうに思っています。

あと、すみません、水密扉のほう、扉自身の話は私詳しくないのでちょっとお聞きしたんですけれど、扉って、結構、つくる会社によっていろいろあったりするような部分もあるという意味で、今回、漏水のメカニズムというふうなことは、スライドの12で、パッキンのずれということで表現されているんですかね。要は、こういったメカニズムそのものが、何か扉の形式によるのか、よらないのか、多分、こういうことはあまりよらないんだと思いますけれども、もしそういうことがあるのであれば、できるだけどういうメカニズムで漏水が増えているかということ、今日はちょっと時間もない中のあれなんですけれ

ども、報告書の中では詳しく書いていただいて、もし何か扉のパッキンの形式等が変わったときにも使えるような成果であるべきかなというようなことです。もし、この辺で何かコメントがあれば、いただければと思います。今の話はいかがですかね。もしコメント、もしありましたら。

○持丸企画官 それでは、一応、いろいろと御感想とか、いろいろいただきましたが、じゃあ、明示的な御質問でいただいた12ページの水密扉の件をまずは御回答いただくということで、よろしくをお願いします。

○石田統括技術研究調査官 石田でございます。

12ページにございますパッキンの算定例といった図10のところですね、ここで左上にA) 矢線というのがございますけれども、いろいろな要素試験、本体試験の中で、パッキンが水圧を受けると、だんだん変形してずれていきます。そのずれ方というのが非常に漏水量というものに関係するというのがわかってまいりまして、特に、先ほど御指摘いただきましたけれども、このパッキンのところに係る構造というのは、扉のメーカーによっていろいろノウハウを持っております。それごとで、やはり漏水の発生のメカニズムというのが微妙に違っておりまして、細かく見ていくとパッキンのずれ方というのが微妙に違うということがわかりました。それで、特に、図11のところ、漏水量が変曲点というものを迎えて急激に増加するポイントがある、ここをいかにして見つけるかというのが我々の一つのポイントだったんですけれども、これというのは、漏水のメカニズムから言うと、パッキンが完全にずれ込んでしまって、パッキンとして用をなさなくなるような、そういうポイントがございます。そうすると、水みちといいますか、一気に漏水が増えるというところが出てくるというようなことがわかってございます。

あとは、片扉とか両扉とかという扉自体の構造によっても、ここら辺の漏水のメカニズムというのは影響してきそうだとすることを想定しておりますので、今、我々は片扉まででやっておりましたけども、今後、評価範囲を両扉のほうにまで広げて、これから研究していきたいなというふうに思っております。

以上でございます。

○持丸企画官 よろしいでしょうか。

○松山副研究参事 はい。ありがとうございます。

すみません、今の御説明で一つ。

そうすると、大きくずれたりすると、もしその圧力がなくなったとしても、かなりその

変形は残るようなイメージでよろしいですか。

○石田統括技術研究調査官 恐らく残ると思われます。

○松山副研究参事 わかりました。ありがとうございます。

あと、もう一つコメント、よろしいですか。

あと、全体の中で今後の方向性、成果の活用というふうな話で、先ほどの波力評価の2.1のときの話に戻るんですけど、今回、スライド7のところで、2.1.1ということで、基本的に、水深係数3をベースにしたような考え方というふうなことではあるんですけど、いろんな学会の研究なんかでは、この傾向って、あくまで御説明もあったように、構造物がないときの通過波を水理量として使うというふうなこと、もう一方として、そういうものではなくて、構造物があるときの周りの例えば水位や流速なんかをベースにして評価をするような方法というの、両方出てきているのかなというふうに思っています。

実務的に、もし発電所のフラジリティ評価というところで、波力評価をするポイントが一つなら、この方法でもいいんですけども、複数出てきたりすると、真面目にやると、一つ一つ構造物がないケースを算定してやるとか、そういった方法になってくる可能性もあるので、どこまでどうやっていくかという話なので……。今後、手法の整備の中で、少しそういったことを広く見られながら研究をされたほうがいいのではないかとこのように感じましたので、最後にコメントをさせていただきます。

○石田統括技術研究調査官 ありがとうございます。参考にさせていただきます。

○持丸企画官 それでは、専門技術者の方々、以上でよろしいでしょうか。

ありがとうございました。

それでは、今の質疑なども御参考にさせていただきながら、これから委員の先生方から御質問、御意見等、御自由にいただきたいと思います。それでは、よろしく願いいたします。

じゃあ、庄司先生から、よろしく願いします。

○庄司准教授 御説明どうもありがとうございました。大変、全体としてクリアで、研究の方向性も問題ないかなと私は感じました。

一方で、ちょっと私も細かく手を動かしている研究者の立場として、少し御質問をさせていただきたいことが多々あるんですけど、まず最初の例の持続波と段波のところなんですけど、これはもう非常にクリアなんですけど、最後の段波波圧のところですね、これで、先ほどの資料で10ページになります。パワーポイントの資料、10ページなんですけれども、

先ほどの梅木さんの質問と逆なんですけど、このひずみというのは、どこのひずみを言っているんですか。圧縮側のひずみですかね。

○石田統括技術研究調査官 石田でございます。

10ページの図6のところ、この右上の図ですけれども、防潮堤を模擬した堤体模型のちょうど取り付け部の曲げひずみです。

○庄司准教授 そうすると、国交省の暫定指針なんかから求める、いわゆる水深係数3ぐらいでも500 μ ぐらいにしか行かないということですね。

○石田統括技術研究調査官 そうですね。はい。

○庄司准教授 じゃあ、こちらの実験結果……。

○石田統括技術研究調査官 すみません。用いました堤体の模型の剛性とかにもよりますので、我々の実験条件のものでは、そうであったということですが。

○庄司准教授 じゃあ、ほぼ問題ないということになりますね。

○石田統括技術研究調査官 はい。そうですね。

○庄司准教授 そうということですか。わかりました。ちょっと、3倍でこれくらいかということ、結構、値として小さいかなと思ったものですから、かなり……。これくらいなんです。わかりました。

あと、ちょっと2番目の水密扉のやつで、さっきも議論になっていたやつなんですけど、12ページのもので、一番大事な図だと思うんですけど、図11というやつですね、0.2MPaぐらいから、これ、変曲点と石田さんおっしゃっていたんですよ。それで、0.2~0.3までの間というのは、プロット点というのは、もうこれしかないということですか。いわゆるこの部分って非常に感度が強いから。

○石田統括技術研究調査官 そうですね。ここはコンマ2、コンマ3というふうな段階的に上げていっているんで、ここを細かく刻むというふうなやり方はちょっとしておりません。

○庄司准教授 そうなんです。じゃあ、0.2ぐらいから0.21、0.22とか、いわゆる小数点以下2桁目ぐらいまでの、非常に強い感度を持っているという結果なんです。

○石田統括技術研究調査官 多分、そのように想定して考えております。

○庄司准教授 わかりました。

ここは解析がもしフォローアップできるんだしたら、少し大事なところかなと思いますので、少し刻んで解析されたほうがいいのかと思います。

○石田統括技術研究調査官 ありがとうございます。もともと、水理試験でやった結果等

の変曲点の傾向がどうであるかという比較をメインでやっておりましたので、試験でやったときの条件の刻みでやっていたんですが、解析は、もうちょっともちろん細かくすることは可能なので、考えてみたいと思います。ありがとうございます。

○庄司准教授 あとですね、ちょっと順番で、次に斜面のやつなんですけど、今日、ちょっと御説明がなかったんですけども、これ、すごく小限界のフラジリティになっていて、すごくいいなと私も研究面から思っているんですけど、解析で、モンテカルロで計算したときのやり方を教えてほしいんですけど、いわゆる躯体側の弾塑性のモデルって、どういうモデルを使われたんですか。

○中村上席技術研究調査官 　というか、調査票に書いていますけれど、モデルにばねと、それと剛性を与えて弾塑性のモデルを行っています。剛性型のモデルですね。

○庄司准教授 それはわかるんですけど、だから、どういう弾塑性のモデルを使われたんですかという質問なんですけど。

○中村 ばねに関することですか。

○庄司准教授 ええ、ええ。弾塑性の。

○中村 あ、それは剛性、線型的に降伏点まで行って、それからひずみはずっと延びるような……。

○庄司准教授 バイリニアですか。

○中村上席技術研究調査官 バイリニアですね、はい。

○庄司准教授 あ、そういうことですか。じゃあ、バイリニアの2次剛性なんかは。

○中村上席技術研究調査官 考えていないですね。

○庄司准教授 考えていない。そういうモデルなんですね。

○中村上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 じゃあ、少し厳し目モデルということですね。

○中村上席技術研究調査官 そうですね。はい。

○庄司准教授 わかりました。

それは建屋をイメージされてという——をモデル化……。

○中村上席技術研究調査官 RC構造物を基本的に考えて、曲げとせん断を破壊モードに考えて、こういうモデル。

○庄司准教授 建屋のRC構造ということですか。

○中村上席技術研究調査官 はい、そうです。4辺固定の盤の場合を考えて、境界条件に

してやっております。

○庄司准教授 わかりました。

じゃあ、そういう形でのモデルから出てきた、これ、フラジリティと読み取ればいいんですね。

○中村上席技術研究調査官 はい、そうです。

○庄司准教授 あと、飛翔体のところなんですけども、これはスライドがあって、17ページですね、これで、図19番というのが、これは実験と解析を比較されているじゃないですか。されていますよね、こちらで言う図19番、されていらっしゃるんですよね。それで、青が実験なんですけども、青のほうがマイナスの値を持つのは、これは何でなんでしょうか。

○太田技術研究調査官 原子力規制庁の太田でございます。今回、この件を担当しております。

多分、実験の前に、やはりこれ圧縮の空気で押すものですから、そういったいろんなちょっと密封されたところでやりますので、ちょっとそういうところもあるかなと思います。解析ですと、そういうところが出ないで、やっぱりちょっといろんな条件もありますので、何回かやって、ちょっとそういうものが影響しているのかなと。

○庄司准教授 じゃあ、これは最初の実験が始まる時点でも出ていますけど。

○太田技術研究調査官 そうですね。多分、壁自体が最初に曲がるのか、ちょっとそういうところもあるかと思って、そこが今両方、荷重計のほうでは、こういうふうな結果になってしまったというところでは、まだ具体的に何が問題かというのはちょっとわかっていないんですけども、ちょっといろんなそういう条件があるかと思っております。

○庄司准教授 そうですか。はい、わかりました。

その辺りの実験上の留意事項とか、コメントされておいたほうがいいのかと思いました。

○太田技術研究調査官 ありがとうございます。

○庄司准教授 あとは、最後の竜巻の話なんですけど、竜巻の研究で、ちょっと全体に対する質問でもあるんですが、これは要は施設とおっしゃっていますが、建屋、建屋のことを言っているんですかね。

○藤田技術研究調査官 地震・津波研究部門の藤田です。

竜巻の荷重で想定しているのは、建屋とか屋外の土木構造物等を対象にしています。ただ、ここの研究のほうでは、まだ竜巻、まだまだ研究、日本でされたばかりなので、荷重、

要は風圧力とか気圧差とか、飛来物の衝撃荷重の荷重のほうをメインとして研究をしております。

○庄司准教授 そうすると、いわゆる原子力施設の建屋の周辺周りの例えば配管とか、そういう外に出てしまっている、建屋の外に出てしまっているような、いわゆる構造とか、設備ですよ、そういったものは、これは対象にしていくというのは、どういうふうにお考えなんですか。建屋は、比較的、確かにわかりやすい話だと思うんですよ。

○藤田技術研究調査官 藤田です。

そういった配管周りとかダクトに関しても、そういった竜巻の特に気圧差の影響を受けるので、そういったものを考慮しております。

○庄司准教授 じゃあ、その辺りの構造上のディテールというか、それも加味されて考えていくということよろしいんですね。

○藤田技術研究調査官 それはまだ先の話なんですけども、ここでは、まだそこまでの施設への構造を踏まえた影響よりかは、ちょっと荷重を中心にやっているということです。

○庄司准教授 なるほど。わかりました。はい。どうもありがとうございました。

○持丸企画官 どうも、庄司先生、ありがとうございました。

それでは、その他、委員の先生方から御意見や御質問がありましたらお願いします。

酒井先生、お願いします。

○酒井戦略推進室長 酒井です。

非常にわかりやすい説明をありがとうございます。また、難しい大変な実験もやりながら、いろいろ対象を考えてやっているというのは、すごくよくわかるんですけども、幾つか確認させていただきたいんですけども、最初に、これは全体に関わるかもしれないんですけども、もうこれは最後なので、成果を皆さんに見てもらって、今後、いろいろ役立てていくというのが大きなメインかなと思うんですけど、NRAとか、そういうものに出していくところにはっきり書いてあるものと、あとガイドに反映させます、あと委員会等に説明されます、これはわかりやすいんですけども、それ以外のあれで、そういうふうに整備を——例えば斜面のところだとか、整備をしましたというのは、具体的にどう役立てて、今後、そういうところに普及するのか、あるいはこういう実験結果等たくさん含まれているので、非常に貴重な結果だと思うんですけども、そういうのを外部にどう評価してもらうとか、外部に見せながらやっていくかというのは、この辺は、ほかにも幾つかあるんですけども、そういうのはどういうふうに考えていったらいいのでしょうか。

○川内首席技術研究調査官 研究の内容によりまして、何種類か成果の活用の方法というのは確かに違ってございます。基本的には、学会への論文ですとか、あとNRA技術報告といった形で整理をしまして、その上で、ある程度世間で議論された上で、審査に用いることができれば、それはそれで、かなりといいますか、よい成果になるのではというふうに考えておりました、具体的なところは、やっぱり内容に応じましていろいろな方策は考えているところです。

○酒井戦略推進室長 例えばなんですけど、斜面のところの実験とかというのは、これは今の成果を見るとあまり外に出すようなあれになっていないように見えるんですが、その辺で、何か今後将来的にはもっといろんなことをやった上で出していくような、あるいはガイドになっていくとか、そういうあれが予定としてあるんでしょうか。何も書いていない場合、どうなんだろうというのが、ちょっと単純なもので。

○川内首席技術研究調査官 そこは、基本的には、ここでフラジリティ評価と申していますように、地震PRAに向けた整備もある程度行っておりまして、そういう部類につきましては、安全性向上評価が今後行われていきますので、安全性向上評価、現時点では、斜面の崩壊とかは事業者の評価にも含まれておりませんが、将来的に、技術が進んでいって、そういったところの評価を事業者がやってくるような状況になったときには、規制庁側でも速やかに対応できるようにという観点で、内部的にはいろいろ評価手法というのを整備しているところです。

○酒井戦略推進室長 なるほど。今のはわかりました。報告ぐらいになっているといいんだろうなというような、ちょっと思った単純なあれです。わかりました。そこはよくわかりましたので。

今の斜面のことに関してなんですけども、崩壊をするところを実験でやった、この報告のを見ると、2種類ほどやっている、1相モデル、3相モデルやっているんです。その後、今度、崩壊した後の土砂がどこまで届くかというものもあるんですけど、これはまた別々の実験かと思うんですが、この辺のところは、これはやっぱり岩塊が転がっていくという想定になっていると思うんですね。どこまで届くかというところは。その崩壊のところは、岩盤とかとまたちょっと実際のあれとは少し違うのかなと思うんですが、その辺のところの流れとしては、どう評価に続けていくのかというのは何か……。これだけは多分別々にやって評価しているというふうに見えるんですが、その辺はどうなんでしょう。

○中村上席技術研究調査官 規制庁の中村です。

まず、岩塊と、あと土砂系という、2種類、実は実験をやっています、岩塊のほうがどうしても剛性が高いものですから、遠方まで届くということで、今日発表した例では、安全側ということで岩塊のほうの試験結果を載せております。手法としては、土砂系のもと、それと岩塊系のもの、2種類は評価手法として考えています。

○酒井戦略推進室長 なるほど。そうすると、このときに、最初の安定論のところ、それが全部壊れるのであれば、転がって行って、そこがなると思うんですけども、ある程度ひびが入って、そのままそこに残っちゃっているというところに、最近の、さっきの竜巻とか、またゲリラ豪雨みたいのがあると思うんですけど、そういう雨で壊れていくと、今度、流動して、さらに下に影響を及ぼしちゃうのかなと思うんですが、その辺のところというのは、将来的に何かやったり——ここでやっていないのはわかるんですけども、そういうところとかというのは考えていたり、要は斜面のところは雨というものもあるので、そういうところというのは、今までで何かあって、今後もそういう予定があるんでしょうか、これ。

○中村上席技術研究調査官 実験の過程では、材料のうちの含水比を変化させながら、それで到達距離を見ている実験もやっております。解析手法の開発に関しましては、委員のほうからおっしゃったとおり、今後の課題でありまして、どうしても地震作用の岩塊の落下は、どうしても重力の影響で自由落下するものでありますし、水を含んだものは多分流動的な、流体的な挙動になりますので、それは別途、今後の検討課題として考えていきたいと考えております。

○酒井戦略推進室長 ありがとうございます。

じゃあ、もう一つ別のほうでなんですけども、9ページのところで、この実験結果で、これは非常に重要だなと思うんですけども、フルード数というのは、上のほうはどのくらいまで行くと、これは考えて見ていくんですか。

○石田統括技術研究調査官 石田でございます。

実はこれ、実験は非常に苛酷なというかですね、条件設定をしております。それで、この場合ですと、このフルード数のまとめ方ですと、フルード数5くらいまで行っているんですけども、実際にはですね、多分、実際の挙動を見ると、この回帰式、それから理論式で載せられるのは、上限であっても、フルード数、上限でも4くらいまでだろうというふうに考えています。それで実現象としてのフルード数の4というのは、非常にやはり考えづらくて、現実的には2プラスアルファ、どれくらいまで行くかちょっとわかりません

けれども、それぐらいが現実的な適用範囲なのではないかというふうに考えております。

○酒井戦略推進室長 ありがとうございます。

これ、図を見て、回帰したやつと線とかを見ていると、これは上のほうまで平気で行ってしまうので、グラフのプロットを見ると上限があるようにも見えるので、この辺のところは何かあるんだろうというのはちょっと思ったんですけども、実際のところでそういう知見があれば、そういうのは留意事項で入ってきますよね、こういうのはね。そういうことですよ。

○石田統括技術研究調査官 そうですね。実験の結果上は、こういうのは出ておりますので、起こり得る話ではあるんですけども、ただ、それは非常に苛酷な条件を重ね合わせたときに出てくることですので、現実には、そこまではあまりないケースというふうに考えております。

○酒井戦略推進室長 この実験結果では、この図が出ると、この図だけがひとり歩きしてしまうので、ちょっとそこは気になったところだったんですけど、わかりました。ありがとうございます。

あと、もう1点お願いします。飛翔物のところの試験なんですけども、竜巻荷重のところなんですけど、これは実験が1例しかないんですけど、これは結構普通にあるような、条件を変えてこうやっているような実験のように見えるんですけども、竜巻とか最近強いものがあるので、結構、上限をやらなきゃいけないのかなと思うんですけど、この実験では、そういうところまではやっていないということですか。

○藤田技術研究調査官 地震・津波研究部門の藤田です。

ここでは、実験でなくて、解析をしております。この4枚の図に関してなんですけれども、最大接線風速を固定して、それぞれ異なるLES、シミュレーションのモデルや、定常渦のランキン渦モデル、藤田渦モデルを、それぞれ物体を配置して、それで飛散解析をした結果を載せていて、先ほど言いましたとおり、そういった結構速度が、最大接線風速が一番効くパラメータにはなるんですけども、そこを固定した上で、各ほかの渦の特性、例えば右上のほうであれば、右上——すみません、左上の渦の移動速度だったり、接線風速半径等、感度解析をしたものや、一方、下の2枚の図、左側のほうは物体の放出高さや、右側のほうでは物体の浮上のしやすさの指標である空力パラメータを調整して、それぞれ感度を見た結果をちょっと載せております。

○酒井戦略推進室長 この辺のも非常に興味深いというか、今後必要になってくるところ

だと思うので、大変な解析と、実験等のあれもあわせて、パラメータを決めていかなきゃいけないと思うんですけども、その辺は重要だなと思うんですね。

今、ちょっと斜面のところでも質問をしたのは、やっぱり原子力という性質上、やっぱり極端な場合というか、ここでも大丈夫というようなところの上限のところは、やっぱり何か押さえておかないといけないのかなと思うところはあって、回帰式でやったから、それでオーケーとなると、今度、上限、じゃあ、どこまでとかということの問題になってくるのかなと思うと、そういうところはしっかり押さえておかなきゃいけないのかなと。成果なので、もうこれで、とりあえず報告とか、どこかに出ていくと思うんですけども、そのときに、やっぱりそのまま出ていっちゃうのはちょっと心配かなと思うのはあるので、そういう上限とかというのは、少し中に入っていると、その辺に関する議論、考察に入っているといいなとは思いました。

以上です。

○藤田技術研究調査官 藤田です。

ありがとうございます。

まとめる際には、当然、渦の適用条件とかというのも、留意事項ですかね——を注意しながら、ちょっとまとめさせていただきたいと思います。ありがとうございます。

○持丸企画官 酒井先生、よろしいでしょうか。

○酒井戦略推進室長 はい。

○持丸企画官 それでは、岩田先生、よろしくお願いします。

○岩田教授 酒井先生と庄司先生に私の質問には答えていただいたので気が楽なんですけども、ですから、コメントしかもうありませんが、質問するものはなくなったんですけど、先ほど最後に問題になったフルード数の9ページの図面なんですけど、これ、質問しようと思ったのは、やっぱりこれは、私はこれの専門じゃないのであれなんですけども、これの少なくとも見た限りは、程度問題はあるけど、やっぱりこれはどうしてこういう合わせ方ができるんですかという質問をしようと思っていました。

というのは、範囲を限れば、この関数というか、モデルは必ずしも合っていないように見えますよね。つまりフルード数が小さいところでは曲線より上にずっと値が非常にあって、頭打ちがあって、つまり線より今度は右のほうに値があるわけだから、先ほど議論になった、限ると、必ずしもこれで合っているかどうかということが言えなくなる可能性があるというふうにはちょっと思って、そういう質問をしようと思ったんですけど、先ほど

の酒井先生とのやりとりで、何となく——何となくというか、適用限界であるとか、そういうことがわかったというのは、それはそれで非常に重要なことだと思うので、多分、ここでのプレゼンは、やっぱり限られた時間でやらないといけないということがあるから、細かいことまでなかなか説明されないというところはあると思うんですけども、今言ったような、こういう多くの実験結果というのは非常に貴重なデータでもあるので、そういうことが次のステップとして役立つような形で整理されて、これでいいんですよということだけじゃなくて、幾つかのそういうふうな検討する内容であるとかというのものも、ちゃんとメモしておいていただくと大変いいんじゃないかと思いました。

以上です。

○藤田技術研究調査官 ありがとうございます。

○持丸企画官 ありがとうございました。

ちょっと補足いたしますと、我々、この研究成果につきましては、成果の活用というのが極めて重要であるということで、規制委員会・規制庁も、その活用について、とにかく規制が科学的・合理的に行われるという必要性から、こういったものを活用していくということです。そういう中においては、具体的には例えば基準づくりですか、ガイドだとか、いわゆる安全規制体系文書ですね、こういったものの技術的根拠になるようなものにしっかりと仕上げていくことは重要だと思っていまして、場合によっては、我々、NRAの技術報告というもの、こういうものを公表していますので、こういったものをつくり込んだりとか、あとは学会の論文できちんとそれを示していったりとか、あらゆる方策を通じて世の中に公にしていき、それをまた規制に活用していくと、こういったような流れを基本原則にしております。なので、本日いただいた御意見なども踏まえながら、注意すべき点も修正しながら、そういう方向に持っていけたらと思っておりますので、どうもありがとうございました。

よろしいでしょうか。お三方の委員の先生方、よろしいですか。

じゃあ、どうもありがとうございました。

それでは、続きまして、少し時間が若干押していますので、次に進めさせていただきたいと思いますが、二つ目の研究テーマでございますが、津波ハザード関連評価技術の整備についてでございます。こちらにつきましては、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ地震・津波研究部門の杉野上席技術研究調査官から説明をしてもらいたいと思います。

では、少しですね、すみません、ちょっとすみません、担当者がかかりますので、少々

お待ちしております。よろしくお願いいたします。

○杉野上席研究調査官 失礼しました。原子力規制庁の杉野と申します。

私のほうからは、津波ハザード関連評価技術の整備ということで説明させていただきます。

目次はこのようになっています。ほかと同じなので割愛いたします。

研究の概要のほうから説明いたしますが、まず、背景ということで、この研究は、東北地方太平洋沖地震津波——以下では「東北地震津波」と呼ばせていただきますが——そのときの福島第一原子力発電所の事故が契機となって進めているものです。政府の事故調査報告書の中では、設計用津波を上回る津波に対しても安全機能を維持できるよう対策を講じるということや、確率論的安全評価手法を活用したリスク管理を実施することなどが教訓として示されています。原子力発電所を考えたときに、津波に対するリスク評価の観点から、今後、設計基準を上回る津波の発生を前提としていくということが必要となってくるだろうと考えています。津波発生に係る不確かさを十分考えて、発生の可能性の評価ですとか、過去の津波の規模・頻度に関する情報の拡充など、新たに考慮すべき課題の解決が必要になってきます。これらの課題に取り組む中で得られる知見を活用して、今後、原子力安全のための取組、原子力規制の継続的な改善というところに役立てていきたいというふうに考えています。

目的なんですけれども、先ほど言いましたように、原子力安全の取組とか規制の継続的改善のために、ここに挙げました五つのテーマについて、知見の整備をしていくというのが目的になっています。1つは確率論的津波ハザード評価における断層破壊特性の影響評価、それから二つ目が構造物等への津波の作用波力評価、三つ目が津波堆積物情報を活用した波源推定手法、四つ目が津波痕跡データベース、そして最後に海底地すべり起因の津波評価というようなものを挙げています。

これは全体の工程ですけれども、全体では4年間のプロジェクトですが、個々のテーマについては、一番上のものが、それまでの成果を踏まえて、途中から2年間で進めたものですとか、3年間あるいは4年間フルで使ってやっているようなものもあります。基本的には、新しく始めたものもありますし、それまでの成果を踏まえて更新していくというようなことをやっています。

研究機関を通じた主要な成果ということで、本日は時間の関係もありまして、三つのテーマについて御報告いたします。一つ目が一番上の破壊伝播特性の影響評価、それと津波

痕跡データベース、そして海底地すべりのテーマです。これ、それぞれは、我々独自に研究しているものと、委託研究ということで、大学等に委託して実施してきたようなものもあります。

それでは、個々のテーマについて説明いたします。

最初は確率論的ハザード評価における断層破壊特性の影響評価ですが、東北地震による津波の発生メカニズムを分析していったときに、プレート境界における断層破壊の領域が非常に広大で、それで、断層破壊は破壊開始からおよそ5分間に及んだ可能性があるということがわかっています。下の図は我々のほうの研究の成果ですけれども、およそ5分ぐらいの間に破壊伝播が広がっていくというようなものです。こういった断層破壊特性、ここでは破壊開始点と破壊伝播速度を扱っていきますが、こういったものは将来の津波の発生を想定する際の波源のモデル化上の不確かさの要因の一つと考えられます。ハザード評価をしていく上では、こういった広大な波源領域を有する津波を想定することも必要になってきまして、破壊特性に係る不確かさの考慮というものも重要になってきます。破壊特性というのは、地震（津波）発生前に特定することが困難なため、不確かさを整理し、津波水位に及ぼす影響をまず把握して、それからハザード評価手法に反映するということが必要になってきます。

そこで、この研究の目的ですけれども、まず一つは断層破壊特性をモデル化して、その特性に係る不確かさが津波水位に及ぼす影響というのはどの程度あるのかを把握する。その上で、確率論的評価手法における断層破壊特性の不確かさ影響をどうやって反映するかという、この方法を構築するのが目的になります。実施内容ですけれども、この左の図にあります、この領域を対象にしまして、同心円状の破壊伝播様式を仮定した動的破壊モデル、ここではこの絵になりますが、こういったもの、およそ1,300ケースと、瞬時破壊を仮定した静的破壊モデル（170ケースほど）を設定して、それぞれここにありますような四つの地点について、津波伝播解析による水位変化の出力点としました。そのときに、これは波源のほうのモデル化の概念図ですけれども、大きな領域を要するものについては、破壊開始点をこのような形で四つ設定するようなことですか、破壊のすべり分布のパターンも、このように北寄りとか南寄りというようなことで3パターンとか、あと、破壊伝播速度を2種類設定するなどして、ここに挙げたような1,200ケースほどの解析を行いました。

それで、津波伝播解析の結果の整理なんですけれども、まず、こちらのグラフの縦軸なん

ですけれども、相対水位比というものを定義します。これは分母に静的破壊モデルの津波水位、分子に動的破壊モデルの水位というものをとって、その自然対数をとったものです。プロットしますと、横軸は静的破壊の水位で、目安としてもらいたいですけれども、こういった範囲で、ほぼ0を中心にプロットがばらつくというようなことが確認できました。これを全部ヒストグラムの形で整理すると、ほぼ正規分布のような形になっているのが確認できます。この性質を利用することで、簡易的な手法——この断層破壊特性の不確かさ影響の簡易的な方法というものがつくれるんじゃないかということで考えました。このばらつきを今 $\beta \Delta r$ というふうな名前をつけたとします。不確かさ影響のモデル化ということで、これの効果を取り入れたばらつきということで、 βm^2 と $\beta \Delta r^2$ の和というのを考えます。この βm というのは、津波数値解析のモデル化に起因するモデル化上の不確かさですけれども、こういうふうにするので、断層破壊特性の不確かさを加味したものとして評価できるというふうなことを考えました。それをイメージ図で表したのがこちらの図ですけれども、青い線で描いている山が、それぞれ動的破壊の水位のこのプロットをそのままプロットしたとき、その周りに数値解析上のモデル化の山があるというふうに分けると、こういったたくさんの山があるものを一つの山で表現できるという、そういったメリットがあります。

断層破壊特性を取り入れたハザード評価をするということで、二つの方法が考えられます。とにかく真面目に解析するというパターンで、Case1と呼びます。これは動的破壊の水位をそのまま使って、数値解析のモデル化上の βm だけを使うもの。それから、Case2ということで、これは簡易評価ですけれども、水位としては静的破壊のモデルで代表させて、ばらつきを、この式で表されるばらつきを使うというものです。この両方のケースをハザード評価して、ハザード曲線の形にしたのが、この二つの結果ですけれども、両者は若干ここよりも下の範囲で違いはあるんですけども、その差は小さく、ほぼ同様な結果になっています。この二つの手法の長所と短所を整理すると、詳細なほうは、破壊伝播特性の不確かさ影響を詳細に反映できる反面、評価条件として多数の解析ケースが必要になるわけですが、Case2の簡易なほうは、モデル化上の不確かさが増大したためにやや大き目の結果を出すわけですが、Case1に比べて評価条件が格段に少なく、簡便な方法になるというふうに分かっています。こういった検討で、当初の目的を達成しました。この内容は、日本地震工学会の論文集のほうにも既に掲載されています。

こちらのほう、今日は時間の関係で割愛させていただきます。

18ページまで、すみません、飛ばさせていただきます。次のテーマは津波痕跡データベース、こちらは扱っているものは津波痕跡高情報と津波堆積物情報になります。背景としましては、新規制基準の中で、基準津波による遡上津波は、敷地周辺における津波堆積物の地質学的証拠、それから歴史記録等から推定される津波高、こういったものを上回っているということを求めています。この研究の目的ですけれども、津波痕跡高情報とか津波堆積物情報というのを基準津波の妥当性判断に有効に活用するということが最終的なゴールですけれども、そのために「津波痕跡データベース」ということで整備して、情報の拡充を図っていこうというものです。この研究テーマは、平成24年度まで津波痕跡高情報だけを扱った形でまずスタートして、インターネットで公開してきました。25年度からは、そこに波源モデルとか検潮所の記録も入れていたり、さらに歴史津波の痕跡情報を、痕跡高からではなくて、被害の状況から推定して数値として扱っていくというような、そんな取組をしてきました。一方で、もう1個、津波堆積物情報というものも25年度から取り込むようなことを考えて、情報の収集、それからシステムの整備、そして信頼度評価みたいなこともやって、データベースの中に取り込んでいます。これも平成29年の8月からインターネットで公開しているものです。

ここ最近の研究の成果を御紹介しますが、まず、歴史記録に基づく津波痕跡高情報の拡充ということで、歴史津波は、古文書の中に書かれているんですけども、その発生は知られていても、その被害の全容というのがなかなか明らかになっていないものもあります。我々のほうでは、古文書の記載から多くの痕跡記録を得ることを考えて、それまで痕跡高が明確に記されているもの以外に、被害の規模、集落や船舶が流失したという、そういったところの記事に着目して、歴史津波の痕跡高情報として収集しようとするものです。そのために、現地調査に入ったりして、データベースの情報の拡充を図ってきました。一例なんですけれども、被害規模の調査ということで、日本海側では、ここに挙げた1833年の天保出羽沖地震とか、渡島大島の噴火の津波とかを扱っています。石川県では、これまで輪島以外にほとんど記録が得られていませんでしたけれども、寺院の過去帳なんかを調査しまして、同県珠洲市で新たな痕跡記録が得られています。それから、太平洋側でも同じようにやっています、1605年の慶長地震津波を対象に、ここにあるような『房総治乱記』と『当代記』に記されたような集落被災度に着目した調査を行って、現地調査も行ったんですけども、ここに挙げたような新たな記録というものを入手することができました。

それから、津波堆積物の情報の話としましては、津波による堆積物というのは、堆積構

造とか構成物等が堆積環境によって相違することとか、高潮・洪水などと堆積物が類似するというようなことがあって、ほかの堆積物から識別するというのがなかなか容易ではありません。いろんな研究者が津波堆積物を評価してきているんですけども、これを客観的、それから統一的に認定できるような、そういうやり方が必要だろうということで進めてきています。この中では、堆積環境が異なる地点で現地調査とかを行い、それから採取した試料の分析なんかを実施しまして、堆積物の特徴を考慮した認定項目というのを整備しました。ここに挙げている表3が認定項目で、大きくこちらに挙げているのが、ここの六つの観点になります。中は細かく書いているんですけども、ちょっと小さくてすみません。こういうものを整備してきました。津波堆積物の専門家から意見も伺って、それらを踏まえて認定項目を精査して、認定フローというものも作成しています。次のページがそうなんです。この中で一つだけ特徴的なものを挙げるとすると、水理学的特徴ということで、数値計算に基づく情報というものも取り入れていったらどうかというのが一つ特徴的な部分です。

こちらが認定フローと呼んでいるものですが、これは下から順番に情報が増えていくほど信頼度が高いというふうなものになります。最後のここ、Sランクになるようなものは、A1とA2、こういった津波による堆積が示唆されるイベント堆積物が見つかったり、歴史記録に対応するイベント堆積物が見つかったりという、その両方の情報があれば、もうほとんど津波堆積物だよねという、Sランクのものにしていくと。そういうような認定フローです。こういうものを、これは東北大学の後藤先生と委託研究ということで一緒に進めてきたもの、既に公表してあるものです。これまで、こういった認定項目とか認定フローを用いて、既往文献から抽出したイベント堆積物というものは、ここに挙げた1961年～2013年の190編で、登録したのは300層ぐらいです。これを今「津波痕跡データベース」の中に登録して公開しています。これはまとめたものなんですけども、最初の二つは、これまで言ったことを繰り返しているのでも省きますが、三つ目のポチで書いているのは、これらの認定項目とか認定フローというのは、委託先から論文として公表しているんですけども、もう既に審査の中で引用されたりしてきています。活用が進んでいるものです。

それから、また次のテーマなんですけども、これは海底地すべり起因の津波評価手法の整備ということで扱っているものです。背景としまして、海底では斜面が崩壊して、それに伴って地形が変化すると。それで、海面に変動を与えて津波が発生するという、そういったメカニズムで津波が起きるといふものがあります。こういった海底での地すべりというの

は、調査をしようということを見ると、非常に特殊な状況になりますので、なかなか得られる情報が少ないというようなことがあります。そのためということもありますが、これまで海底での地すべり起因の津波を想定しようとするときには、過去に発生した地すべりの跡というのが重要になってくるので、それを頼りに波源を設定するということがされてきているんですけども、我々、考えていきたいのは、津波に対するリスク評価の観点から、そういった過去のものだけではなくて、今後、発生の可能性というものを考慮して津波の波源の場所を設定するというをやっていききたいというので、この研究を進めています。背景としてもう一つ挙げるとすると、安全性向上評価に関する運用ガイドというのがあるんですが、この中では外部事象に係る確率論的リスク評価というのが必要で、当然、津波の発生確率というのが考えなきゃいけないんですけども、今は地震による津波だけを扱っていつていますが、今後、こういった研究を進めていつて、海底地すべり起因の津波というものも評価の対象に加えていくというようなことを考えています。この研究の目的ですが、海底地すべり起因の確率論的津波ハザード評価に持っていくために、今回は海底地すべり発生危険度判定手法というものを整備します。

この方法なんですけれども、こちらにフローを示しています。三つの段階で考えていましたが、まず最初が確率論的な斜面安定評価手法を用いて海底地すべり発生危険度判定手法を構築するという段階。それから、海底環境下というのが結構特殊ですけども、その斜面安定評価手法を実験的に検証できないかという、そういった段階。そして最後に、こうやってできた判定手法なんかを使って、モデル海域をどこか設定して、それで海底地すべり危険度マップというのを作成して、適用性を確認すると。こういった段階を踏んで進めてきました。実施内容をそれぞれ段階で概略御説明しますが、まず、海底地すべり危険度判定手法の構築ということでしたのは、考えなきゃいけないのは、海底地形における傾斜位置の情報だったり、それから海底地盤の物性値のばらつきというものを考慮して、地すべりの発生確率が評価できるようにしないとイケないという、そういったことをやるために、こういった手法を構築しました。実際のフローは、ここにあるようなものです。次に、地盤物性を扱っていくんですけども、なかなか調査に入ることは難しいので、ここは、今回は手法構築という意味で、既に国際的な海洋掘削データベースというのがあるので、そこから日本周辺の海域でとられたものを使って、深度方向のばらつきなんかを整理しています。それが例えばこういったせん断強度と深さの関係を——プロットがたくさんデータですけども、それを回帰して、こういった直線から確率モデルをつくるというよ

うなこと。こういったものを使ってやるんですけども、そのとき一つ工夫を入れたのは、層に分けて考えるんですけども、そのときに、サンプリングがランダムにすると上下に近いところで全然違う値が出てしまうというようなことが起きないように、こういった各層間の距離に応じた相関というのを、いろんなデータベースから、どの程度の値がいいのかというのをとってきて、この手法の中に反映しています。

それから、海底環境下で斜面安定評価手法の検証ということで進めてきたのは、ここの絵にあるような遠心力模型実験です。海底環境下を模擬するような形で、これは模擬斜面で、ここに水が入っているようなものです。これをくるくる回して、90Gまで発生させます。徐々に傾斜角を上げていながら、これ、角度が徐々に変わっていくんですけども、かけていながら、静的な水平震度ということで換算して荷重をかけていきます。すべりの挙動を観測するというのですが、今回、これは一例ですけれども、崩壊後、これも線を引いてあるのでわかりにくいかもしれませんが、こういったところに円弧状にすべりが発生するというようなところが見れたりしました。この実験の成果の一つですけれども、通常使われている安定性評価手法、修正フェレニウス法ですけれども、こういったもので算定された円弧状のすべり面の安全率というのは、概ね1というのが確認できて、同手法の適用性というものは確認できたというふうに考えています。

最後になりますが、モデル海域における海底地すべり危険度マップというものをつくってみました。こちらがそれで、大体50km×50kmぐらいの範囲を選んできて、この手法を適用してみたものです。赤いところが発生確率が大きく出る場所だったんですけども、このような傾斜が急なところがかなりフォーカスされて、起きやすい場所というふうに使われました。これをちょっと分析しますと、斜面勾配の大きな箇所が高くなるような結果になったんですけども、これは斜面勾配が大きいほど安定性が小さくなるということと整合的な結果なんですけども、それと、勾配が小さなところでも、その直上や直下に勾配が大きい箇所があれば、それにつられて地すべりの発生確率が比較的高くなるというようなことも確認できています。ただしということで、このモデル地形では、全領域に対して同じ地盤の物性値を与えたということがありますので、特に斜面勾配の影響が際立った評価結果が得られたというふうに捉えています。もし、ここに、どこが物性的に弱いところかという、そういった個々の情報を与えることができれば、さらに評価結果をより精度を上げていくというようなこともできると考えています。

ここまでやれて、目的を達成したというふうに捉えています。

まとめは、繰り返しになりますので、ここでは割愛させていただきます。

成果の活用ということで説明いたしますが、プロジェクトの期間内ということで、新規制基準の適合性審査の中で活用された例を御紹介いたします。既設発電所の適合性審査において、基準津波の策定というところに関して、私どもでプレート間地震に伴う津波を対象とする津波波源モデルの設定方法というものを提案して、「特性化波源モデル」と呼んでいます。こういったものを2014年に論文として投稿しました。これを踏まえて、事業者に対していろんな波源の設定をするときの検討をするように、事業者に求めたというのがあります。例えば女川の発電所ですとか、東海第二の発電所に対してやってきました。これはまだ審査の途中のものもありますが。今後の見通しということで、この「特性化波源モデル」に関する公表論文というのは、今後の適合性審査の中でも、太平洋側の発電所の審査で技術的知見の一つとして活用が今後も見込まれるだろうと思っています。それから、津波痕跡データベースとか津波堆積物の認定フローに関する成果についても、今後、活用が期待されると思っています。最後ですが、「特性化波源モデル」に関する公表論文、最近のも含めて三つほどあるんですけども、これらを取りまとめて、NRA技術報告、今、ここにテーマ、こうやって書いていますが、こういったものを発行する予定でいます。発行されれば、また適合性審査の中での活用というものを期待されるなというふうに捉えています。

成果の公表ということで、今予定していますNRA技術報告が一つあるのと、それから、これまで論文として投稿してきたものが、このような形であります。これは我々規制庁が筆頭になってやったものだけ挙げていますが、もちろん、ほかの委託研究で出した、ほかのテーマとかについては、委託先のほうで、それぞれ発表していただいています。

それから、表彰・受賞ということで、平成25年度の日本地震工学会論文賞というものをいただきました。

それから、学協会等への貢献というふうな言い方をさせていただきましたが、先ほどから挙げています論文なんですけれども、こういったのは、例えば地震工学会のほうの委員会の報告書だったり、土木学会の原子力発電所の津波評価技術、それから地震本部の津波レシピというようなものに、引用の程度はいろいろあるんですけども、引用していただいたりしています。また、痕跡データベースについては、内閣府の検討会の中で報告書が上がったり、各地方自治体の津波想定をしていく中で利用されたりというふうには、かなり成果を活用していただいています。

あとは自己評価ということになりますが、これは繰り返しになるので割愛させていただきます。

文献のところに、委託先が出していただいた論文なんかをリストアップしています。

私からは以上です。ありがとうございました。

○市川課長補佐 それでは、質疑とさせていただきます。

では、まず専門技術者の方から御意見をいただければと思いますけれども。

じゃあ、梅木さん、お願いいたします。

○梅木研究コーディネーター 梅木と申します。

どうもありがとうございます。よくわかりました。

3点ほど質問をさせていただきます。

細かいほうからまずいきますと、一つ目が、スライドの19ページなんですけど、津波の痕跡高のデータベースをつくられている、これはすごくいいことなんですけど、このデータベースの中に、津波の起因事象も一緒に書かれているんですか。例えばこれは地震だよとか、これは高潮だよとか、例えばこれは地すべりだよとか、そのような情報というのは入っているんでしょうか。

○杉野上席技術研究調査官 今、これまで扱ってきている津波というのが、地すべり起因（※地震起因に訂正）のものを扱ってきています。どの津波のときのどの痕跡かというふうなことがリンクされるような形で整理されています。

○梅木研究コーディネーター いや、聞いたのは、本当に古文書なので、地震なのか高潮なのかという区別がちゃんとつくのかなというちょっと疑問があったので聞かせていただきましたが、その辺は何かしっかり根拠があって書かれているということによろしいですか。

○杉野上席技術研究調査官 はい。この研究を進めていくときに、これは東北大学の今村先生のところでも実施していただいたんですけども、大学のほうに専門家を、歴史地震・津波の専門の先生方も集まっていただいて、古文書の詳細な読み込みもしていただいて、それでやってきているものです。それなりに専門家の意見が加味された形で、地震か、それとも高潮かみたいなのところの切り分けはできていると思っています。

○梅木研究コーディネーター ありがとうございます。

次の点ですが、23ページのところなんですけれども、23ページ以降なんですけど、海底の地盤物性というのが、どこまで詳細に調べなきゃいけないのかというところが、多分、今

後実際に使っていく上で、審査をする上でも、それから、される側の事業者のほうも、ここが多分ネックになってくるような気がするんですが、この辺はどこまで精度を求めるところになるのでしょうか。

○杉野上席技術研究調査官 理想的には、その対象サイトに影響の範囲をまず見分けて、そこでの海底調査を行うというのが理想ではあると思うんですけども、なかなかそういったことをやるのは難しいなというふうには思っています。なので、この手法の持っていき先はリスク評価でして、それで、この物性値というところのデータについても、ある程度、例えば日本海側なら日本海側でとられているボーリングデータなんかを我々のような形で利用することで、最初の不確かさは確かに大きいんですけども、利用の仕方ということでは、第1ステップかなというふうに思っています。これをやった上で、さらに、より詳細化する必要があると判断されれば、そのときには海底の調査にも入るというふうになっていけばというふうには思っています。

○梅木研究コーディネーター 恐らくそれは全体の津波のハザードの全体レベルに、この地すべりがどれだけ寄与するかということが問題になってくると思いますので、その辺からちょっと濃淡をつけていただくといいかなと思います。

○杉野上席技術研究調査官 そうですね。おっしゃるとおりだと思います。

○梅木研究コーディネーター 最後に、これはいつも問題になるんですが、7ページのところ、すみません、戻って恐縮ですが、7ページのところなんですが——すみません、8ページです、すみません。これ、破壊開始点とか、断層の性状というのは、津波と地震とでは多分分けられていると思うんですよね。特に破壊開始点というのは、こんな大すべりって多分浅いところだと思うんですけども、その浅いところで実際に破壊が起こるのかというような、本当の地震のメカニズムから考えたときにどうなのかというちょっと気もしまして、地震だと多分こんなところに破壊開始点は置かないような気もするので、その辺の津波も地震も結局同じ震源から起こるとしたときに、そのこの整合をどうとってといくかというのの検討というのはなされているのかどうか。もしくは、していくのか、必要があるのか、ないのかというところのお考えをお聞かせいただければなと思いますが。

○杉野上席技術研究調査官 ありがとうございます。

今回、我々のほうで、こういったモデル化をしてやったのは、東北地震・津波のときの知見を利用したことになるんですけども、そのときには、こういった大きいすべりに沿うような位置で破壊開始点があったというような事実があって、こういうふうにしたんです

けども、それを真面目にモデル化しているのは、例えばP2、P3というような位置関係のものになります。これは、ほぼ断層の幅の中の中央ぐらいのところに設定したものですけども、それをもう少し拡大解釈というか、こういったことも可能性の一つとしてあるかないかということを考えて、ちょっと幅広目の設定というので、P1、P4というようなところにも設定するような、そういったやり方をしてきています。どちらかという、破壊開始点という意味では、不確かさを広目にとったようなものかなというふうには考えていますが。そういうものです。

今後、ここをさらに突き詰めていくかということについては、すみません、今のところは考えてはいません。それは何でかということなんですが、この破壊開始点の影響というのは、ある1点の水位だけを見ると、これ、福島のときの例ですけども、結構な幅で振れるんですけども、それを例えばハザード評価の中で取り扱っていこうとするときに見たときには、実はそんなに大きなばらつきを持ったものではないというのが、この結果でもわかるんです。ただ、私としては、影響が小さいから、ハザード評価の中で見なくするという、スクリーニングするのではなくて、簡易的な方法でもその効果を取り入れているということが、説明性が上がるというふうに考えていますので、影響が小さいからといって、ハザード評価の中で扱わないという話ではなくてやっていきたい。ただ、突き詰めていくほどに影響が大きいものかという、そうでもなさそうだというのがわかっています。

○梅木研究コーディネーター 私もその考えでいいと思いますので、それで進めてください。

以上です。

○杉野上席技術研究調査官 ありがとうございます。

○市川課長補佐 どうもありがとうございました。

では、続きまして、松山氏、お願いいたします。

○松山副研究参事 ありがとうございます。

説明ありがとうございました。いずれの項目も、PRA、もしくは決定論なんかも含めて、評価の精度を上げていくですとか、実用性を上げていくというふうな観点で、必要な研究かなというふうに感じて聞いておりました。

最初のコメントとして、最初の2.1の今もお話に出たところで、ちょっと加えたほうが良い情報として気がついたのが、一応、これ、動的破壊の効果というふうなことで、一般的に地震の破壊という、ここでは破壊開始点と破壊伝播速度ということなんですけれど

も、立ち上がり時間のことは、一応、こういうところに記載はきちんとしたほうがいいということと、あと、確認としては、これ、動的と静的で同じ立ち上がり時間を使っているということによろしいのでしょうか。

○杉野上席技術研究調査官 今回扱ったモデルの中では、立ち上がり時間は考慮に入れていません。

○松山副研究参事 入れていないということはゼロ。

○杉野上席技術研究調査官 そうです。瞬時に破壊するような、そういったものを考えています。

○松山副研究参事 その点は、要は、もともとこれは3.11の再現モデルがベースになると思うんですが、そのときにも同じ観点でやっていたということでしょうか。

○杉野上席技術研究調査官 そうです。図の1の、この60秒間隔ごとには示した、これは、その瞬間、瞬間で、ライズタイム入れないで。

○松山副研究参事 あ、わかりました。じゃあ、要は再現モデルと首尾一貫して同じ設定でやられているのであれば、それはそれで、それは大事なことかなと思いますので。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 それから、すみません、スライド9、10辺りのところで簡易的に、簡易的という言い方はおかしいですね、静的なモデルにおいてもきちんと評価ができそうであるというふうなことで、 $\beta \Delta r$ が0.117ということなんですけれども、0.117ってあまり効かないのかなと思っていて、ちょっと見たいなと思ったのは、Case 2で静的破壊モデルで $\beta \Delta r$ を0としたようなケースなんかとちょっと比較していただけると、成果としてさらにいいのではないかというふうに個人的には感じたんですけれども、いかがでしょうか。もし $\beta \Delta r$ という知見をお持ちなら、私が間違っているもので、それでも結構ですけど。

○杉野上席技術研究調査官 そこら辺は、論文の中で取り扱って示させていただきました。結果としては、たしか、この両方の真ん中ぐらいに来るような結果だったかと思います。

○松山副研究参事 そうすると、10-4、10-5ぐらいまではあまり差がなくてというふうな意味ですか。あ、そうですか、はい、ありがとうございます。

じゃ、その辺りまでは、あまり大きな影響がないという話ですね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 あと、すみません、ちょっとしたコメントでしようがないが、御説明なかったですね、次の図6の写真なんですけど、ここ後で、説明なかったので、波力の話

で、流れでタンクが移動する実験の話なんですけど、多分、女川というのは、水位15m近くまで行くのに、6分間かけてゆっくり上がっていったので、あまり流れで、波力で移動したようなタンクではないような気が、個人的にはしていて、写真としてはどうなのかなと感じがしています。この実験の現象ではないんじゃないかなという気がしたことだけをお伝えします。

それから、あと、一つ教えていただきたいのは、スライド17のところ、非常におもしろそうだなと思って聞かせていただいている、ここで津波波源を推定する手法というのは、ちょっと少し、どんな形のことなのか、一つ教えていただきたいのと、はい、あと、コメントがあるんですが。

○杉野上席技術研究調査官 あ、よろしいですか。

○松山副研究参事 はい。

○杉野上席技術研究調査官 波源推定手法のところ、ちょっと今回は時間の関係で割愛させていただいたんですけれども、この大きな手法の概要というところで御説明しますが、これまで、津波堆積物から波源を求めるところまでいっているのは、例えば貞観津波が代表的な例かなと思うんですけれども、そのときにやるやり方というのは、津波の、普通に波源を設定してみて、遡上域が、堆積物が見つかった範囲をカバーする、そういったところで、どれが妥当かなという、幾つか最適なものを選んでくるというようなことだったと思うんですけれども、そこに、我々のほうでは土砂移動のメカニズムというものも加えたらどうかというのでやってきました。

それというのは、そのためには、まず、やらなきゃいけないのは、陸上での土砂移動の再現が十分にできるような手法を構築しなきゃいけなかったりします。そういうようなものを実験と比べながら確認して、まず、コードをつくって、そのコードを利用して、ここからは推定手法の話ですが、たくさんのかく波源をあらかじめ設定して、その解析結果を、いろんな場所で計算しておいて、それをデータベースとしてとっておくというやり方です。そうしておけば、現地調査に入って計算した範囲の中に、どこの場所で何センチの堆積物が見つかったという、そういったものを情報としてインプットすれば、そこから候補としてどれが該当し得るかという波源を探し出してくるという、そういったものになります。

○松山副研究参事 はい、ありがとうございます。

そうすると、ちなみにこれ、解析結果というのはマグニチュードの7クラスから9クラス

とか、たくさんいろいろ、場所も移動して入っているという形なんではないかな。

○杉野上席技術研究調査官 理想的にはそれがいいんですけども、今、まずは手法整備の段階で、東北地震のときの規模をターゲットにして、それで、その前後の大小度合いをつくって、検証も兼ねてそういうことをやったということです。

○松山副研究参事 ぜひ、小さいほうまで拡張していただきたいなと思います。というのは、最近、色々なところで言うようにしていますけど、津波堆積物の年代測定って、精度としては、そんなに年とかはないじゃないですか。ちょっとよく知らない、何十年なのか。とすると、結構近隣、例えば明治三陸津波と昭和三陸津波って30年ぐらいなんですけど、それで、まあまあ、これは実際は、もう人為改変でないと思いますけれども、そういう差ってつきづらいのかなと思っていて。南海地震でも、南海と東南海が32時間置きとかあると思うんですけども、そういうこともできれば、もちろん大きなケースもあるけど、小さいケースなんかも評価できるとPRAに使えるのかなというふうに思ったりしているので、ぜひ、そういう拡張ができればなというふうに思っております。

○杉野上席技術研究調査官 はい、ありがとうございます。

○松山副研究参事 あと、すみません、最後に指摘なんですけど、先ほど質問があって、地すべりの危険度マップの話も非常に重要なところだと思います。ちょっと教えていただきたいのは、単純に質問なんですけども、ここは修正フェレニウス法と、この辺、全然素人で、よくわからないんですけど、ここでやられている物性値と、この実際の物性値とは、何かかたさとかがわかってくると、この修正フェレニウス法とかが反映されていくというイメージ、どういう物性値がわかっていくと、実際の現場の、海の中で。何かそういうのがあれば。まだなければ、なしでもいいんですけども。

○杉野上席技術研究調査官 実際の。

○松山副研究参事 いや、修正フェレニウス法で、何か手法があるんですよね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 そこへどういうパラメータがあって、例えば、物性の何かが入っているのであれば、それが現場での何かボーリング結果との対応づけとか、そういうことが何かあるのかと。

○杉野上席技術研究調査官 内部摩擦角とか、そういったパラメータを使っていくもので、はい。

○松山副研究参事 そうすると、何か物性とか、その何かわかってくると少しは反映

されていくという形なんですかね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 ぜひ進めていただければと思います。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 ありがとうございます。

○持丸企画官 じゃ、よろしいでしょうか。はい、どうもありがとうございました。

それでは、これから、委員の先生方から御意見・御質問等よろしくお願ひしたいと思います。

はい、庄司先生、お願いします。

○庄司准教授 どうも御説明ありがとうございました。

少し、梅木さんらの質問とちょっと重なるところがあるんですけども、まず1点目は、考えていないということなので、その動的破壊モデルというのが、私、ちょっと、言葉として誤解を招くんじゃないかなという気がするんですけども、それがまず1点目ですね。一応その報告書というか、こちらのレポートを読むと、当然ですけど、文章で留意事項が書かれていますけれども、動的破壊モデル、静的破壊モデルという、表なんかでも記述されているので、少し、ちょっと気になるなと思いました。

いいですかね、あとは、それ、関係するんですけども、ちょっと9ページの、いつも議論になる図ですけども、9ページ、パワーポイントの9ページですね。ちょっと今の話と関連するんですけども、静的水位が横軸で、高いということは、いわゆる破壊の領域が非常に大きい波源なんですよね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 そうすると、その、いわゆる標準偏差というか、ばらつきが小さくなってくるといのは、どうしてなんですか、この図で。相対水位比って、これ、lnかかっているんですよ。

○杉野上席技術研究調査官 そうです。

○庄司准教授 要は、1に近づいてきて、ゼロになってくるといことだと思っんですけども。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 要するに、水位が低いほうと、静的破壊モデルの水位が低いほうのモデルというの、破壊の領域が小さいんでしょう、相対的に。

○杉野上席技術研究調査官 そればかりではなくて、遠くに大すべり域があるようなものですと、小さい水位を出すものもあります。

○庄司准教授 1個前の表1になりますかね。

○杉野上席技術研究調査官 はい、そうです。

○庄司准教授 このパターン。

○杉野上席技術研究調査官 例えば、千島海溝側だけに大すべり域が、こっち側だけで大すべり域が設定されるようなものですか、そもそも波源は、波源がこの領域だけというものも、みんなひっくるめて扱っていらっしゃいますので、そういうものも小さい水位を出すことになります。

○庄司准教授 なるほど、じゃあ八戸とか福島沖って、観測点に対して波源が遠いというか、遠い場合も含まれているということですね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 そうすると、次のページの水位が、でも、まあ基本的に水位がでかい場合というのは、近い場合もあるんですか、じゃあ。静的破壊モデルの水位が、これ、例えば10mを超えて、10、15、20ぐらいの領域というのは。

○杉野上席技術研究調査官 はい、そうですね。

○庄司准教授 それでは、破壊の領域が基本的に広い、広いというか、波源なのかなと思っていたので。

○杉野上席技術研究調査官 この辺にあるやつは、やっぱり比較的大きな規模のものです。しかも、大すべり域が結構目の前にあるようなケースになります。

○庄司准教授 わかりました。

○杉野上席技術研究調査官 ただ、おっしゃるように、このばらつきの幅がどうして小さいのかという、その部分の考察というか、分析というのは、ちょっとしていなかったもので、ちょっと今、お答えできないんですけども。

○庄司准教授 わかりました。

○杉野上席技術研究調査官 ただ、一つのモデルについて、大きなものを考えたときに、一つのこういったモデルを考えたときに、破壊開始点は4カ所を変えて計算していることになって、ここに見られるのは、この速度が違う2種類と、8点ぐらいが集まって、8点だけの要するにプロットになっているというところはあると。で、今、先生のおっしゃった観点も後で確認はしたいと思うんですけども。

- 庄司准教授 はい、わかりました。
- 杉野上席技術研究調査官 もう1個、自分で見つけているというか、気にしているのは、大きい水位を出すほど下に寄っていつているという、全体的に下に寄っていつているというようなところもあつたりします。
- 庄司准教授 hsのほうが大きいということだと思ふんですけどね。
- 杉野上席技術研究調査官 そうです。
- 庄司准教授 hrのほうがより。
- 杉野上席技術研究調査官 そうです、そうです。
- 庄司准教授 動的な破壊よりも大きくなる。
- 杉野上席技術研究調査官 はい。で、こういうところは破壊開始点と評価地点の位置関係がかなりきいてきているような場所だつたりというようなところは見たりしてきています。
- 庄司准教授 わかりました。ちょっと追つて教えていただくというか、いろんな形でしてください。
- 杉野上席技術研究調査官 はい。
- 庄司准教授 あとは、先ほど、やはり梅木さんが質問されていたところで、この、すみません、23ページ、繰り返しになつちゃうんですけども、これは。
- 杉野上席技術研究調査官 はい。
- 庄司准教授 こちらの、すごく、こちらのやつぱり確率分布というか、データのばらつきというのはすごく興味深いなと思つて拝見したんですが、大体深さ方向で、やつぱり深くても1kmというか、この図の23を見ますと、大体、いわゆる海底地すべりなんかの現象そのものというのは、やつぱりそれぐらいまでを考えれば大体いいんでしょうか。ちょっと難しい質問だと思います、質問自身が。
- 杉野上席技術研究調査官 1kmは、恐らく十分なんだと思います。
- 庄司准教授 はい、はい。
- 杉野上席技術研究調査官 ただ、今、今回、こういうボーリングデータがここまでそろつているものがそもそも少ないので、仮に1kmまでないと評価できないという状況、ない物ねだりはできないなという、そういうことで、今は、この1kmまでのデータを使つてやっていますが、ここまでなくても、地すべりの評価はできると思っています。
- 庄司准教授 なるほど、先ほどの、ちょっと梅木さんのコメントと重なるんですけど、

この赤のラインが平均値ですよ。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 それでばらつきを示していらっしゃるんですけど、結局、こちらで杉野さんたちの知見を使っていくときに、この確率モデルを使うわけじゃないですか。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 だから、ある意味、深さ方向、深くなっていく方向というのは、それはモデルの、やっぱり、そもそもの信頼性も下がるわけですね、データが、知識がないので。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 だから、そういうところも留意事項というか、どう気にするかはあれですけど、コメントを入れておいたほうがいいのかないかなと思いました。

○杉野上席技術研究調査官 はい、ありがとうございます。

○庄司准教授 あとは、この次のページで、こちら、報告書のほうもそうなんですけど、この図の24の、何か、この実験の、遠心の実験で、なかなかできるところってそんなになんですけども、日本の中でも。この実験の、何かそのスケールとか模型のサイズとかは記述がなくて、ちょっとそんなところが一切わからないので、90Gというのは、普通、これくらいかけるんだと思うんですよ。だから、その情報しかちょっとないから、もうちょっと記述してほしいなど、試験体のサイズとかを含めて。

○杉野上席技術研究調査官 ちなみに、正確な数字ではないんですけども、この、今見えているこの、横幅ぐらいで60cmぐらい。

○庄司准教授 60cmぐらいなんですか。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 わかりました。

○杉野上席技術研究調査官 あと、記載はしたいと思います。

○庄司准教授 実験の概要と書いていらっしゃるんですけども、その長さスケールとか、どんなような加震をしたのかとか、そういうのをお願いできたらなと思います。

以上です。

○持丸企画官 はい、どうもありがとうございました。

それでは、引き続き、よろしく願いいたします。では、酒井先生、よろしく願いします。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 御説明ありがとうございました。非常にわかりやす

い説明だと思えます。

で、ちょっと今、地すべりが続いていたので、ちょっと地すべりの話なんですけれども、そもそも、これ地すべりが津波を起こすというのは、どんな規模の、どういう動きが津波、これは書いてあるんですけど、規模とか、あと、地震とのタイミングも、地震ですぐ揺れて、それがなるとか、一般論的には何となく絵はあって、言われるんですけど、ここでこういうようなものをつくるということは、やっぱり、ある程度具体的に、そういうイメージがされてないと、これがいい、悪いも言えないと思うんですが、どのくらいの規模が、どのくらいの深さで動いていくことと、こののを想定されているんでしょうか、そもそも論として。

○杉野上席技術研究調査官 この手法の中では、ちょっと確率論的な手法を取り入れようとしていますので、その想定する規模というのは、かなり幅広です。例えば、長さ方向で数十メートルの規模から数キロのものまで扱うような、そういったものをやっています。はい、長さ方向というか、すべりの斜面方向ですけれども。

○酒井室長（防災科学技術研究所） で、実際の地面の上のほうの崩壊だと、ある程度規制されて、規模が大体見えるんですけど、これってかなり大きく崩れると言われているんですが、そのときというのは、普通の地盤を形成しているやつが、揺れによって液状化状態みたいになって、もう水で満たされているので、なるので、かなりの広い規模のものが、だっとう動き出しちゃうことが、やっぱりかなり問題になる。で、その証拠に、すごい大きな地形の跡がやっぱり、ここにはちょっと見られないですけど、このくらいの規模でも見えるような、そういう地すべりの跡とかがあったりするんですね。で、要は、規模があまり大きくなければ、当然、そんなところまでいかないのかなと思うと、でかい崩壊が起きそうなところを探すのが一つ目標かなと思って見ていたんですけど、要は、これを見たときに、これをどう役立てるかといったときに、これと50、50ぐらいありますよね。

○杉野上席技術研究調査官 あ、今の、はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） これは非常に重要だと思うんですね、こういうことをやっていくというのが、非常に。なので、これを生かすときに、どんな規模のものを想定して、どういうメカニズムでというのが必要かなと思っていて、で、こういう、実際に実験とか、ちょっと私もやったことがあって、なかなか、大規模に行くには、やっぱりそういうメカニズムをやらないと、修正フェレニウス法のような安定解析でやるというのは、結構難しいんですね。

これ、強度を指定しちゃうと、やっぱり大きさ、ある程度そんな、決まってきちゃうと思うので、だから、そう思うと、ここでやったときにはある程度、本当に地すべりを、津波を引き起こすような現象としてのものを、これで予測しているのかなというのが、ちょっと検証が必要かなと思うんですね。で、これは、何でかという、この実験自体が、フェレニウス法でいくような実験結果が出ているから、そのようになっていると思うんですけども、これ自体が、今、粘性土を使っているからなんだよな。ここの、多分、土の問題と、あと、水がどう満たされているか、条件によると思うんですね。で、90Gでやると水自体が粘性を持ちちゃうので、恐らく何か変えて、土の中に水を入れるにはこうやってと、やるような実験もあるかと思うんですけども、その辺はどんな材料、粘性土、普通の粘性土なんですね、これ。

○杉野上席技術研究調査官 今回、使ったのは、実際の海底環境下にあるような地盤。

○酒井室長（防災科学技術研究所） あ、そういうのを使っている。

○杉野上席技術研究調査官 いえいえ、違います。それを模擬したものです。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 模擬したもの、ああ。

○杉野上席技術研究調査官 名前が何でしたっけ、カオリンとか。

○酒井室長（防災科学技術研究所） カオリンですか、あ、なるほど。

○杉野上席技術研究調査官 そういうものを使って、つくった、調製したものです。

○酒井室長（防災科学技術研究所） そうすると、今、ちょっとイメージ、海底でしているのは、もうちょっと砂っぽいのが、ぽっと液状化するような現象かなと、大規模なものが起こるときというのはと思うと、また、そういう意味ではいろいろ変わってくるところがあるかもしれないので、やっぱり、何かイメージするものをちゃんと、どういう堆積物の中の、どのくらいの層のところかというところをやっていかないと、せっかく、これ、非常に、図23とかは貴重だと思うんですね。で、そういうのとかをうまく説明し切れないかなと思うので、ここの図26までに至るまでのところを。で、この辺のところはやっぱり、わかっているようでわからないところなので、非常に重要だと思いますので、少しストーリーをはっきりさせたほうがいいのかと思います。修正フェレニウス法はフェレニウス法で構わないと思うので、それでいくと、こういう限界上どのくらいの大きさまでのものをいけるかとか、どういうものを想定しているかというのは必要かなと思います。で、これ、恐らくC、強度、せん断強度 ϕ はやっているんで、これCは、でもカオリンだとC出ますよね。ちょっと、そこのところはちょっと難しいなと思うんですけども。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） ちょっとその辺のところを、流れがこうあって、ここまで来るようにしていただくと非常にわかりやすいし、すばらしい絵だなと思うので、ここはすごいいいと思いますので。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） ちょっとコメント的になってしまったんですけど、ちょっとその辺はわかるように説明していただければと思います。

○杉野上席技術研究調査官 はい、ありがとうございます。

○酒井室長（防災科学技術研究所） あと、もう1点なんですけど、年代を、津波痕跡データベースのところなんですけど、この辺のって非常に重要だと思うんですね。やはり地表面に残っているものの、やっぱり重なってくると年代がさっぱりわからなくなってきた、で、古文書を私も調べるんですけども、なかなか、その、昔になってしまうと、もうわからない。で、やっぱり、これ多数調べてあるので、こういうのは非常に、ここからやっけていくといいなと思うんですけども、これから考え方を何か明確にしたほうがいいのかなど、これだけ調べましたという中で、やっぱり過去の、応永の何とかで、古文書とかでやったというのは非常に貴重なデータなんですけど、そこと、あと、年代を測定するとか、何か、少し物理的というのがあるんですけど。少し物を、下から持ってきたものに対して、その根拠が合うような形で説明を、そこの地域でしていくとかいうやり方を、同じようなやり方でやっていくようになってくるといいんじゃないかなと、今言いたかったんです。いろんなところで情報はあんですけど、それが混在していて、人によって言うことが違うというところはあるので、その辺は、何かこう整理はしていくんでしょうか、この辺のところは。

○杉野上席技術研究調査官 すみません、今、どのテーマの。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 20ページ。

○杉野上席技術研究調査官 20ページ、あ、はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） これです。

○杉野上席技術研究調査官 我々の、この研究の中では、まずは認定の、何が見つければ、はっきりと津波堆積物と言えるのかという、そういった項目ということで一回整理して、それを既往の、文献ベースなんですけれども、既に発表されているものに対して、このフローだったり、項目だったりがどのぐらいに当てはまっていくかという、そういったとこ

ろの研究を今までできて、それをインターネットで公開するというようなことをしています。

で、このデータベース自体は、まだ、結構、ここ最近、いろんなところで掘られているようなデータというのは入っていないので、そういうようなものも加えていきたいなということが、一応は考えていますが、そういうときに、自分たちで堆積物を掘って分析するかというところは、今のところ考えていません。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 情報を集めてということですね。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 非常に貴重なものだと思うので、こういう解釈が統一的にできるといいなと思うところがありまして、わかりました。

○杉野上席技術研究調査官 ありがとうございます。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 以上です。

○持丸企画官 はい、ありがとうございました。

じゃあ、それでは、岩田先生、よろしくをお願いします。

○岩田教授 海底地すべりのことで教えてほしいんですけど、そのマップ、これ、危険度マップは、これは何か、つくられるとして、その検証するようなデータセットというのはあるんですか、観測データ。

○杉野上席技術研究調査官 この手の研究の難しいところが、その検証材料がないというところだと思っています。なので、重要なのは、ここに持っていくまでのところの安定評価手法の、先ほどやったような検証だったり、それこそどういう波源を考えていくかって、地すべりとしての波源ですけど、適切な範囲で設定されているかという、その部分が重要になってくるのかなと思っています。この結果を、何か、それこそ観測なんかと直接比較して検証するというようなことは、ちょっと難しいなとは思っています。

○岩田教授 わかりました。

それで、次のコメントなんですけど、最初に出てきた、その動的破壊モデルと静的破壊モデルなんですけど、論文にももうなっているので、ここでコメントするのもあれなんですけれども、動的というのは、一般的にやっぱり力とその摩擦などの強度ですね、そのつり合いを考えたモデルを動的モデルと言うので、ここは、すべり量を、もう先見的に与えるモデルですよ。

○杉野上席技術研究調査官 はい。

○岩田教授 それは、一般的には、もう運動学的モデルではないんですね。だから、動的モデルというのはちょっとおかしい。で、今されていることは、同時に破壊するか、破壊伝播を考えるかですので、運動学的モデルの枠組みの中での、つまり破壊伝播モデルと、同時破壊モデルというのが正しい表現で、みんながわかる表現だと思います。

以上です。

○杉野上席技術研究調査官 はい、ありがとうございます。

○持丸企画官 はい、ありがとうございました。

委員の皆様方、その他ございませんでしょうか。

じゃ、よろしければ、以上で本テーマに関する説明は終了したいと思います。どうもありがとうございました。

ここで、ちょっと時間が押してはいるんですけども、ちょっとどこかで休憩を一回入れないと思いますので、すみません、今30ですから、35分まで、トイレ程度の休憩でございませうけれども、35分までお休み、5分ほど休憩させていただいて、35分再開という形でよろしくお願ひしたいと思ひます。

休 憩 15:30

再 開 15:35

○持丸企画官 それでは、皆様、お集まりいただきましたので、再開したいと思います。

一応25分ほど、既に予定の時間をオーバーしているところがありまして、ちょっと我々の不手際で、誠に申し訳ございませんが、引き続きよろしくお願ひしたいと思ひます。

まず、3番目でございます。次は震源断層評価技術の整備ということでございまして、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ、地震・津波研究部門の飯島首席技術研究調査官から説明をお願いします。

それでは、よろしくお願ひします。

○飯島首席技術研究調査官 飯島でございます。

それでは、震源断層評価技術の整備について説明いたします。

目次、今日の目次、これに従って、今日は説明をさせていただきます。

この研究で取り扱っております課題でございますけれども、一つは、断層、活断層の活動性評価に関するものです。新しい規制基準におきましては、将来、活動する可能性のある断層等につきましては、後期更新世以降の活動が否定できないものといまして、必要な場合は、中期更新世以降まで遡って活動を評価するということを要求しております。

断層の実用的な年代評価の一つといたしましては、火山灰の層序学的手法というのが広く活用されておりますけれども、この手法を、その中期更新世以降に適用する場合には、その適用範囲ですとか信頼性を踏まえて、火山灰層序を構築することが重要です。それから、断層の活動性評価に関しての有効な、その堆積層が欠如しているなどの理由によって、活動年代が不明な場合も多くあります。このような場合の活動年代を評価するための断層破砕物質を直接使った評価手順を構築するということが重要になってきます。

それから、もう一つ、この研究で扱っております課題は、二つ目の、これは確率論的ハザード評価に関するものでございます。「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関するガイド」におきましては、安全性向上評価を原則5年ごとに実施するということをうたっております。この安全性向上評価におきまして、外部評価に関する確率論的リスク評価（PRA）が挙げられておりますけれども、このPRAで用いられる確率論的地震ハザード評価（PSHA）におきましては、地震の大きさ、頻度などに係る不確かさの選別、断層帯の活動シナリオなどを踏まえまして、ロジックツリーの分岐項目、それから重み付けの設定方法というのを整理しておくことが重要であります。あと、平成23年の東北地方太平洋沖地震におきましては、従来と比べまして余震の規模が大きくて、なおかつ数も多かったという事実がございます。ということで、巨大地震に伴う余震が確率論的ハザード評価に与える影響についても把握することが重要ということで、このような課題を背景といたしまして、この研究を行ってまいりました。

これは研究項目と工程でございます。今日は、時間の関係で、ここで赤く囲ってございます①番、火山灰層序学的年代評価手法の整備、それから、活断層のセグメント区分と連動性評価手法の整備。そして、震源断層モデルの不確かさ要因の整理・評価に関する検討について説明いたします。この①番のほうが、先ほどの最初の課題であります断層の活動年代の評価に関するもの、それから、③番と④番が、確率論的ハザード評価に関するものでございます。

研究期間を通じた主要成果ということで、最初のテーマ、火山灰層序学的年代評価手法の整備について説明いたします。

これは、冒頭、申し上げたとおり断層の活動性の評価、年代評価に関わるものでございますけれども、ここには書いてございませんけれども、ここに関わる地質と地質構造に係る審査ガイドの中で、断層の活動性評価について書かれている内容ですけれども、簡単に御紹介させていただきますと、中期更新世以降の断層等の評価においては、この時代の地

形面や断層の変位、地形に注目することが一般的である。中でも、酸素同位体ステージ7、9、11の温暖期に対応づけられる段丘面や地層の利用が有効であるというようなことが、このガイドに書かれています。

なおかつ、このガイドでは、その段丘面ですとか地層の形成を評価する方法として、火山灰を利用する方法というのが挙げられています。

ということで、この研究は、これに関係したものでございまして、目的といたしましては、この審査ガイドで示されております中期更新世以降に対応する火山灰層序を構築するというところでございます。

実施内容は、層序学的手法、これを整備するために以下の調査を実施したということですが、今申し上げたように、その段丘面ですとか評価の対象とすべき地層の中に含まれる、この火山灰を使って年代を特定するわけですが、その火山灰が、その年代を、いつのものかといった、そのツールといいますか、時間の物差しというのをこの中で作ったということです。具体的には、深海底の堆積物（ちきゅうC9001C）という、探査船で取得したものですけれども、この下北半島沖の深海底コア、これを使いまして、テフラ、火山灰層序の構築、それから年代決定手法、これを構築いたしました。

深海底コアに用いましたテフラの年代決定について説明いたします。こちらが深海底コアの様子を示したものでございますけれども、これは取得した0mから約、ちょっと字が小さくてあれですけど、250mぐらいの深さまでのコアの状況を示しています。深海底でありますので、こういった堆積物がしずしずと、非常に長い年月をかけて堆積するわけでございますけれども、地上と違いまして、非常に外乱が少ないということで、堆積物が、非常に保存状態のよい状態で堆積しているということです。この中に、ここで赤い線で示してございますけれども、火山灰、テフラがある深さに含まれているわけですが、このテフラの年代を決定することで、その地上の段丘面ですとか、評価すべき年代、断層の中に含まれる火山灰との比較をすることで年代を評価することができるということです。

ただ、この深海底コアですけれども、これは堆積速度が必ずしも一定ではないということで、もしも堆積速度が一定であるならば、比較的簡単に深度と年代との関係というのが評価できるわけですが、そういったわけにいかないのです。ここでは、その深度を年代と対比させるために違う指標を使っております。具体的には、海洋の酸素同位体比曲線、これを使って年代を決定いたしました。ここに説明が書いてございますけれども、日射量変化で示される地球軌道要素では、最近40万年間の時間の指標となると。日射量変化は、

深海底コアの酸素同位体分析による酸素同位体比曲線と同調するというので、その説明を示したのが、こちらの図であります。地球軌道要素年代ということで、地球の太陽を回る公転における離心率ですとか、あと、自転における自転軸の傾き、歳差運動、これらは数万年の周期で変化しております。

それで、太陽からの照射量が一定であるとすれば、この変化によりまして、その日射量につきましても、やはり周期的に変化してくるということです。日射量によって、地球に温暖期と寒冷期が表れるということですが、こちらの日射量については、理論的に計算で求めることができます。その日射量と、比較的その海洋の酸素同位体比曲線、これが同調しているということですのでございますけれども、これはどういうことかといいますと、海洋中の酸素同位体、具体的には ^{16}O と ^{18}O でございますが、その比率が、地球が寒い、温かいによって変化します。で、地球が寒冷期の場合は酸素同位体の ^{18}O の量が増えて、比率ですけれども増えまして、それで間氷期には、 ^{16}O の比率が減ってくるということで、これが日射量に対応させることができるということです。で、この辺の酸素同位体の変化につきましても、海底コア中の微化石の殻を調べることによりまして、この変化の度合いというものを評価することができます。

それから、氷期・間氷期につきましても、あらかじめ年代が定まっております、酸素同位体のステージのうち、間氷期については、酸素同位体ステージMIS1、3、5ということで、奇数の番号をつけた形で整理されております。こちらが、実際にそのコアと、それから実際のMISの曲線でございます。C9001Cにつきましても、既にMIS曲線、これは得られてございますので、これと年代1、3、5、こういったものと対比させることによりまして、海底中のこの深度と年代とを対比させることができると、こういう原理を使ったということでございます。

こちらが、この研究で得られましたC9001Cの深さと、それから年代との関係でございます。このオレンジ色の線が、この研究の中で得られた深さと、それから年代との関係曲線でございます。この研究の中では、このコアを実際に調べまして、その中から、後期更新世、それから中期更新世でのテフラを採取してございます。それとともに、酸素同位体比曲線と対比することによって年代を決定すると、このテフラの年代を決定することができたということです。ということで、日本近海における信頼性の高い年代モデルを構築することができました。今後は、こういった構築した年代モデルを用いまして、断層の活動性の評価に活用していきます。

それから、二つ目の課題、二つ目のテーマでございますけれども、活断層のセグメント区分と連動性の評価手法の整備でございます。

課題といたしましては、活断層のセグメント区分とその連動性、これは地震の大きさと、それから発生間隔に関係するものでございますけれども、その設定に係る不確かさというのは、PSHAの評価結果を大きく左右します。ということで、PSHAで用いますロジックツリーの分岐項目と、それから、その重み付けの設定方法を整理しておくことが必要です。つまり、その分岐項目の中のその分岐の重み付けをどうするかによりまして、そのPSHAの結果が変わってきてしまうと。逆に言えば、そのPSHAのその分岐項目の重み付けを設定するための情報をきちんとそろえることによって、その評価者が、その重み付けを適切に行えることによって、PSHAの信頼性が上がってくるということでございます。

ということで、この研究におきましては、そのロジックツリー構築におきまして、セグメント区分と連動性の設定に係る不確かさを考慮する際に参照できる情報といたしまして、特に今回は、横ずれ断層の累積変位、これからすべり分布を反映していると考えられます速度変位の分布というのを評価する手順を構築いたしました。

対象といたしましたのは、兵庫県から岡山にかけて分布します山崎断層のうちの北西部でございます。ここでは、大原断層以下、土万、安富、暮坂峠、こういった断層がございますけれども、この断層について、その断層が連動するかしらないか、その辺の判断をするための材料について、従来とは異なる変位速度の分布を推定する手法というのを新たに検討いたしました。それについて簡単に説明いたします。

まず、最初に、従来の考え方でございますけれども、これは河川の屈曲量を使ったものでございます。例えば、これは河川が断層を横断しているような場合、断層のずれの変位の累積量が、この河川のオフセット量に累積されるわけですが、こういう河川の屈曲量という形で評価した例が、図がこちらでございます。大原、土万の屈曲量に比べますと、安富、暮坂峠の断層の、河川の屈曲量というのが、約、平均的には半分ということで、この情報からは、この二つのそれぞれの断層帯が、こちらのグループとこちらのグループと連動するというのは否定的な情報となります。

ただ、ここで、一つ課題なのは、この河川の長さが長ければ長いほど歴史的には古いということで、その累積量が貯まりやすいとか、そういったことがあります。したがって、あるそのセグメントで、短い川しかないような場合には、どうしても屈曲量というのが短く算定されてしまうという、そういう課題があります。

ということで、今回、新たな検討といたしましては、屈曲量を、その上流域の面積で割って、その長さの効果というのを相殺するような形の屈曲率というのを考えました。

さらに、その断層の変位と申しますか、活動性というので変位速度というのが多く用いられますので、これは、要するに年間当たりの断層の変位の量ということなんですけれども、その屈曲率から変位速度を求める手法を構築したということです。

こちらが評価の結果です。大原、土万、それから、こちらのほうが安富、暮坂峠でございますけれども、変位速度の評価からは両者あまり差がないということで、この情報からは連動の可能性があるということを示しています。

ということで、この研究におきましては、今、説明させていただきましたような変動地形学、それから地質学的データに基づいた手順のほか、地球物理学的データに基づいた手順とあわせて、セグメント区分と、それから連動性をロジックツリーとして構築する際に与えるべき情報というのを整理しました。それをPSHAに反映したということです。

大事なのは、ここで、先ほど説明した従来の手法を必ずしも棄却するというわけではありません。重要なのは、こういった連動性なら連動性を判断するための情報を用意して、その評価者が、それを使った上で、適切にその重み付けをするということで、そのための情報をきちんと整理するということが重要であるというふうに考えております。

もう一つ、最後のテーマでございますけれども、震源断層モデルの不確かさ要因の整理・評価に関する検討ということです。

このテーマの目的は、PSHAの信頼性向上に資するために、ロジックツリーの震源断層モデルに関する分岐項目の設定における留意点を整理するということです。PSHAにおきまして、認識論的不確かさというのは、ロジックツリーの中で表されます。ただ、その分岐項目を、何を、そういった不確かさ要因、その要因のうち、どれを分岐項目にするかということで、実際に分岐項目をつくるに当たっては、やはりPSHAの影響の大きいものを分岐項目として設定すべきであります。

ということで、この研究テーマでの実施内容につきましては、PSHAで扱う地震の大きさ、それから頻度に係る不確かさのうち、PSHAの影響の大きい不確かさの要因というのを文献調査、それから試解析等によって抽出いたしまして、それらについて専門家のヒアリング結果を参考にして、分岐項目の設定における留意点を整備したということです。

ロジックツリーの分岐項目における留意点ということで、一応、整理した結果がこちらでございますが、今日はこの中で、こういった連動性に影響するところで、連動のシナリ

オによって、その最終的なPSHAにどのような影響があるのか、そういった定量的な評価を行っておりますので、その試解析の結果について簡単に紹介したいと思います。

対象としたのは、先ほどと同じ山崎断層ということで、このうちの大原、土万、それから安富、この三つの断層について、連動する、しないの差によってハザードカーブがどういふふうに出てくるのか、こういった辺りの試計算を行っております。地震動の大きさを計算したのが、この解析地点ということで、約10kmぐらい離れた地点を評価地点といたしました。

こちらが、そのときの条件でございますが、まず、断層モデルの条件、活動シナリオの条件といたしましては、Case1として、それぞれ大原、土万、安富、全てが同時に活動する、連動するとした場合、それから、Case2として、それぞれが独立で連動しないというふうにした場合。それから、Case3が、大原、土万が同時に活動して、安富だけ独立であるというふうにした場合です。

そういったときのそれぞれの認識論的な不確かさの差によって、ハザードカーブを計算したものがこちらの図になります。縦軸は50年超過確率で示してございますけれども、工学的基盤上の最大加速度が1500Galを境といたしまして、これよりも小さい領域では単独で動くCase2ですとか、そういったものの確率が大きくなると。それに対して、1500Galよりも大きなところでは連動するパターン、これが確率的には大きくなるということです。PSHAの場合、最終的には、これら認識論的不確かさ、ロジックツリーで表した分岐項目ごとに、複数のハザードカーブが得られるわけですが、最終的には、この中央値ということで出します。平均ハザード曲線という形で出すわけですが、その際、それぞれ重み付けをどうするかによって、その平均ハザードカーブも違ってくるということですので、先ほどの二つ目の項目で示したような重み付けの判断材料、そういった情報も加味しながら、適切に評価をしていくということが重要であるということが言えると考えております。

それから、これは最後に、やはり断層の連動する、しないによって、どの程度、確率論的に差が出てくるのか、定量的にやったもの、試計算の一環としてやったものでございます。時間もありますので、簡単に紹介しますと、こちら、Case1が、これで1000Gal、要するに連動するとしたときの1000Galの50年超過確率の断層の周りの平面的な確率を示したものです。こちらが、それぞれ単独、Case2ということで、単独で動く場合の、1000Galの場合の50年超過確率の断層の周りの状況を示してございますけれども、断層の近傍につき

ましては、単独で動くほうが確率が高くて、断層から離れるに従いまして、むしろ連動を考慮したほうが確率的には大きくなるというような結果になっております。

このような形で、活動性の連動性とか、あるいは平均活動間隔を設定することによって、ハザード評価にどの程度影響があるのか、こういった定量的な把握をすることができました。

ということで、まとめでございますけれども、これは、今、説明させていただいたことで、ちょっと割愛させていただきます。

成果の活用についてでございますけれども、最初の火山灰層序学的年代評価手法の整備につきましては、まず、これは、それぞれの審査会合におきまして成果が引用されております。また、事業者に対して、その新しい知見として用いるように求めています。具体的には、ここに示したような審査会合において、それぞれ適用されておるということでございます。

それから、今後の見通しでございますけれども、断層破碎物質を用いた年代評価手法の整備、これは今日、説明はできませんでしたが、今は、もう継続プロジェクトとしてやっております「原子力施設における地質構造に係る調査・研究」におきまして、このフェーズで行った結果とあわせて、NRA技報として取りまとめる予定でございます、今後の適合審査等での活用が期待されます。

それから、活断層のセグメント区分と連動性の評価手法の整備につきましては、これは、こちらのほうの震源断層モデルの不確かさ要因の整理・評価に関する検討の中で、実際、結果を使っております。こちらのほうにつきましては、今後、安全性向上評価の中でPRAという形で評価がされますので、その中で活用されていくというふうに考えてございます。

最初のテーマについては以上でございます。

○持丸企画官 ありがとうございます。

それでは、これから質疑等させていただきたいと思います。

それでは、まず、専門技術者の方々から、まず御意見いただきたいと思います。

では、梅木様、よろしくお願いします。

○梅木研究コーディネーター どうも御説明ありがとうございました。

2点ほど、まず、1点目は簡単な、まず質問なんです、質問というかお願いでもあるんですが、12ページのところで書かれているのは、これは最大加速度のハザード分布なんですけれども、ただ、これからハザードスペクトルというのをもうつくっていくと思います

ので、周期特性を考えたようなハザードというのは、多分、報告書に書かれているのかどうか、多分書かれていると思いますが、もし書かれてなければ、その辺の情報も入れておいて、考察もしていただくといいかなというのが1点目です。これは確認していただければ結構かと思います。

もう1点、これ、1個1個には関係なく、全体の話になるんですが、今後、PSAのどこを目指していくんだろうなというのがあって、今日は断層モデルのことしかありませんでしたが、応答スペクトル法だってハザードできますし、PSAにもつながっていくと思うんですが、じゃあ実際、その応答スペクトルと断層モデルの両方ともやらなきゃいけないのかですとか、じゃあ、もし使い分けるとして、どの部分を断層モデル、どの部分を応答スペクトルと分けていくのかどうかですとか、そういう全体的なPRAの、PSAのシナリオですね、その辺を少し考えられているのかどうかというところをお聞かせいただければなと思います。

以上です。

○飯島首席技術研究調査官 最初の、こちらの、これは単純にハザードカーブですけれども、スペクトルについては評価していないため、今後ということさせていただきます。先ほどの応答スペクトル法に基づくのが断層モデルということなんですけれども、今回、ここで紹介させていただきましたのは、あくまでも応答スペクトルに基づく、通常行われている、一般的に行われているPSHAの反映ということでやってございます。ただ、その評価点が断層に近いような場合には、必ずしもその距離減衰式のデータ自体が少ないということもあって、なかなか、その応答スペクトル法だけではだめなのではないかといったような意見もございますので、その断層モデルに基づくPSHAにつきましては、今年度から、新しいフェーズの中でやっていくということで、最終的に二つのものをまとめたいというふうに考えてございます。

○梅木研究コーディネーター そのときに、どこまでの距離で断層モデル、どこまで応答スペクトルというようなすみ分けというか、使い分けというところまで要るのは、それとも、近かろうが、遠かろうが、二つとも一緒なのかというのは、そういう選別みたいなどころの検討というのはなされるんでしょうか。

○飯島首席技術研究調査官 基本的には、断層モデルにつきましては近傍ということで考えてございますけれども、具体的に今、じゃあしきい値をどうするのだという話はまだ、そこまでは今のところ、情報としてはというか、データとしてはございませんので、近傍

で使うということをスコープに置いているということでございます。

○持丸企画官 よろしいでしょうか。

じゃあ、松山さん、お願いします。

○松山副研究参事 はい、ありがとうございました。感想とコメントを一つだけお伝えします。

最初の火山灰の年代評価手法というふうな話は、ここでは断層評価というように話をされていましたが、津波堆積物なんかは私も少し関係しているところもあって、それらにも応用がきくのかなというふうに思っておりますので、ちょっと、中身については、なかなか私はわかりませんが、ぜひ、非常にそういう点でも有用な研究かなというふうに感じております。

あと、スライド12、13の断層のところの評価の説明のときに、平均ハザードを使って評価されるというふうなことをちょっとおっしゃったかと思っておりますけれども、ちょっと、こういう確率論の一般論的な話として、その辺り、これ、ロジックツリーをやっていく以上、ある程度認識論的な不確定性もフラクタル・ハザードで評価するとかいうふうな話があったりして、同じ平均ハザードでも、その認識論的な不確定性の幅の広いところと狭いところで同じ扱いにするかとか、その辺の使い方は、まだ今後のいろんな課題だとは思いますが、やっぱりそういう情報もある程度残していくようなというか、そういうことを考慮していくような研究も必要なのかなというふうには、個人的には思っています。

で、13のところでは、これ、比較的平均ハザードだけで結果を出されていて、まあ、こう言うのであれば、比較直感に近い結果がスライド13上の分布なんかにも示されているんですけど、全くのコメントですけど、例えばこれ、Case2なんかでいろいろ、平均活動間隔なんかがありますけど、その中に、もしかしたら平均活動間隔に、すごく認識論的な不確定性に広いことなんかがあったりすると、何か、この辺りの研究がもっと幅が広がって、この絵の中に、フラクタル性の、非常に、フラクタル線で言う90%のところのこういう線をはっていたりすると、何か、その認識論的な影響が、その角度にどういう影響を与えるかとか、そういうことが研究としてはおもしろいかなというふうに感じましたということだけお伝えしておきますし、認識論的な、そういう不確実性をどう、また、発電所なんかの安全性を守る上に役立っていくのかというのは非常に大きな課題かなと認識しております。

以上です。

○飯島首席技術研究調査官 ありがとうございます。

そもそも、この研究の一つの主眼が、その認識論的な扱いというのは、基本的にはロジックツリーの中で扱われるという形になっているんですけども、じゃあ、何が認識論的で、何が、その偶然的なものかといったところも含めて、なおかつ、その当然、認識論的なものをロジックツリーで反映するのであれば、最終的なそのPSHAの結果に効くようなものをするべきでしょうというのがまず最初にあった。ちょっと、先ほど説明しましたけれども、そういったものもございまして、では、その、ある程度、こういうロジックツリーをつくる上での水準的な、この程度の水準でちゃんと項目は分けようよとか、こういったものを、その項目として抽出しようよといったところを、ある程度、そのレベル感というものをきちんと押さえておきたいというのがあって、この辺の研究を行ってまとめたということでございます。

○松山副研究参事 なるほど、すみません、もう1点だけ。

○持丸企画官 あ、どうぞ。

○松山副研究参事 そういった点で今のまとめの14の④で、最後のところに今おっしゃったようなことが、ロジックツリーの分岐項目設定において、留意すべき点を整理したという言葉があって、この留意すべき点に対応する記述というのは、ここにはあまり見えないかなと思ったんですけど、その点は何か、もし教えていただければ。

○飯島首席技術研究調査官 こちらに簡単に、あったんですけど、まとめたんですけどけれども、実際にこれだけではなくて、この下に、じゃあ、この中で具体的にはどうだというような形で整理はされていますけれども、今日は時間の関係もあってですね。

○松山副研究参事 この項目ごとに、それぞれ整理はされているということですか。

○飯島首席技術研究調査官 はい。

○松山副研究参事 はい、わかりました、ありがとうございます。

○持丸企画官 それでは、よろしいでしょうか。

それでは、引き続き委員の先生方から意見、よろしくお願ひしたいと思います。

じゃあ、庄司先生から、よろしくお願ひします。

○庄司准教授 順番が、私からさせていただきます。

非常に興味深い成果を発表いただきまして、私も全く同じ質問だったんですが、12ページの、11ページに、たしか留意事項と書いてあるんですが、12ページの事例なんかで、確

かに、こちらの三連動、個別で大体1500Galぐらいから分けられると、大小関係がですね、Case2というのが、要は個別に考えていてということだと思わすけれども、そういう場合に、じゃあ、この左下のロジックツリーで、どういう形で重み付けするのかというか、それは具体的にどういうふうにやればいいんですか。

○飯島首席技術研究調査官 ロジックツリーをつくる時に重み付けというのは、その結果がわかって重み付けは多分しないんだと思わすですね。ただ、その分岐項目として何が重要かということで、その最初の項目を選ぶところで、やはり、その結果に影響の大きい項目を選ぶべきですということ、それがどういうふう、定量的にどれくらい、その結果が違わすかといったところを見るために、これをやっているということです。で、やはり影響があるとすると、最終的には、そのPSAでは、認識論から何本か出てきたうちの、通常は平均ハザードカーブを使うわけですけれども、その重み付けの仕方によって、やっぱり平均が動いてしまうということがございますので、最終的には、そういった影響の大きい項目は何ななですか、それはこれです。じゃあ、重み付けはどうしようかといったときには、やはり重み付けをどうするかを、その評価者がきちんと評価できるような情報というのをきちんと与える必要があるというのが重要だと思わすて、そういった意味では、この前の項目で説明したような判断材料というのを適切にそろえて見ると、あるいは、こちらは審査側です、その事業者がやった結果に対して、どういうふう、重み付けをしたのかといったところをきちんと見ていく必要があるという形で、そういった形で今後の研究の中、研究というか、実際に活用していきたいというふう、考えています。

○庄司准教授 意図は十分わかりました。この事例については、じゃあ、同時か、その個別か、あと、その切り分けてかというような抽出、項目抽出というか、その連動の仕方の抽出の部分で、ロジックツリーのときにうまく関与すると、留意事項として関与するという理解でいいんです、この部分については。

○飯島首席技術研究調査官 そうです。要するに重要、要するに影響の大きい項目として。

○庄司准教授 項目の選定とか。

○飯島首席技術研究調査官 シナリオ選定ということが、今後は重要だということです。

○庄司准教授 そういふことですか、はい、わかりました。そうしたら、あれですか、じゃあ、この報告書の中には、やっぱり留意事項って表で書いてあるだけで、いわゆるこの1個、11ページの表が書いてあるだけななです。だから、我々こうやって評価する立

場から言うと、もうちょっと具体的に書いていただけると、全く松山さんの質問と一緒になんですけれども。

○飯島首席技術研究調査官 承知いたしました。

○庄司准教授 あ、どうもありがとうございます。

○持丸企画官 ありがとうございます。

それでは、酒井先生、よろしくお願いします。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 発表ありがとうございます。幾つか御質問したいと思います。

最初の部分の年代のほうの測定のあれで、これ、非常に重要だと思うんですね、どうしても人に、誰が決めたかによって、方法によって変わって、この年代が本当にそれで正しいかというのは必ずもめてしまうので、そういう意味では、ある一つの指標をつくっていると非常に重要だと思います。これ、一つ完成したというのは非常にいいことだなと思うんですが、これは、東日本地域のこういう情報を集めてつくっているように見えるんですけども、これは全国どこでも同じように考えていっていいということですか。

○飯島首席技術研究調査官 基本的には、このC9001Cというコアを使いましたので、しかも、その次の、この辺のテフラというの、やはり、どちらかといったら北日本。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 北です、これは。

○飯島首席技術研究調査官 主に偏っています。ただ、こういったやり方でやれば、その火山灰の年代というのを評価できるんですよといった一つの手順として、ここで示した方法というのが参考になるというか、ということが言えると思います。

○酒井室長（防災科学技術研究所） それなら、この評価手法の整備ということになるんですね。

○飯島首席技術研究調査官 はい。

○酒井室長（防災科学技術研究所） これ非常に、本当に有効だと思うんです。で、また、西日本のほうでも、また、いろいろ問題になるところもあったりとか、もっと、中日本等にもあったりするんですが、そういうのをまたつくっていったりとするような予定があるんですか、こういう正確な評価をするためにということですか。

○飯島首席技術研究調査官 今のところは、また別のコアでということ、こういうことをやるというのはない、ないです。今のところは、要するに、今回のこれで一つの手順というか、評価手法としてやったという感じですね。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 今聞いた、その手順を決めたら、次、誰かがやるんだろうかと、そのときに、どなたがやるんだろうかというのをちょっと思って。そうすると、今の話だと、そこでとまってしまいますよ。せつかく、手順的には本当にこれ、わかりやすいし、非常にいいなど、すっきりしているなどと思うので、何らかの方法で何か続くと、これ、やっぱり年代のところの一つ大きな指標があって、根拠を与えるんじゃないかなとは、本当にこれを見ていて思いましたので、ぜひ続けて、ほかの地域に、やっぱり随分違うと思うんですね、阿蘇のほうとか、また別のそういう、あれの特徴、キー層が違おうと思うのでと思いました。すみません、ちょっと感想です。

○飯島首席技術研究調査官 ありがとうございます。

○酒井室長（防災科学技術研究所） あと、すみません、あと、もう1点なんですけど、これ、地形の。

○持丸企画官 あ、すみません、ちょっと酒井先生、ちょっと、今の件に関して、少し、実際の研究者の方からも少しコメントがあるということなので、じゃあ、お願いします。

○松浦技術研究調査官 地震・津波研究部門の松浦です。

この火山灰については私が担当しているので、ちょっと補足いたします。

まず、この火山灰の中で、例えば、右の表の後期更新世の中に阿蘇4とあります。これは阿蘇から飛んできたものですね。それからSK、三瓶木次というのは島根県の三瓶火山から吹いてきたものです。それから、中期更新世のテフラの中で一番下の二つ、鳴尾浜IVと笠森5、笠森5というのは、これは港島Iというふうに言われていますけれども、この二つは大阪層群、関西のほうのリストの中に入っている火山灰、これを見つけたという成果になっています。したがって、東北日本起源の火山灰は多いんですけども、一応、火山灰の特質といたしまして日本全国を覆うということを利用して、ほぼ対象は日本全国のテフラ、それを研究対象としています。

それから、西日本のほうで、もちろん、その問題になっているということは事実として認識しています。それで、同じような研究をやりたいんですけども、ここまで条件が整ったコアというのがなかなかないということがあります。

例えば、ちきゅうコアのマップが出ますか。あ、この右のほうの、これは東北、下北半島沖のコア、これは「ちきゅう」という地球掘削船、これを使いまして、慣熟航海といたしまして、それをなれるための航海のために掘削をしたところなんです。こういう掘削がいろいろなところでやられればいいんですけども、もちろん我々から提案することもできます。

なので、将来的には、東北だけで終わってしまっはしょうがないので、いろんなところを挑戦していきたいと思っています。

以上です。

○酒井室長（防災科学技術研究所） ありがとうございます。その年代、やっぱり非常に重要だと思うので、当然、これ一つで全てが決まるわけではないんですけども、でも、やっぱりこういう指標で、かなり根拠が強いものがあるというのは、やっぱり、いろんな意味でもめないかなとか、説明しやすいと、ほかの情報を集めてもと思うので、ぜひ、海洋機構さんとかに掘ってもらったらいんじゃないかなと思います。すみません、ありがとうございます。

で、すみません、もう1点なんですけど、先ほどの9ページ、10ページのところで累積変位量、そして、それを変位速度を直して評価する手法の御説明をいただいて、なるほどなというところと、あと、見やすくなったかなというところもあるんですが、これ、適切な重み付けを、既存の手法とともにうまく使いあわせていくという感じでやっていくという説明をされたかと思うんですけども、この辺のところは、さっき言ったところに結びついていくのかな。

さっきの話、ずっと出ていた、分岐項目の設定において留意すべきとか、そういうところに結びついていくようなところと、その辺のところはうまく話、つながっていくといいなと思いながら、これ、11ページのところにある、この項目のところ、やっぱりこれ、私、全く同じことを思ったんですけど、この説明がやっぱり欲しいなと思ったところで、その前のところは、具体的にこういうふうな手法でやっていくよと、で、これが、ここ以外のところでも、それが全部同じようにうまくいくのかなと思いながら、ちょっと見ていたんですけども、そういう意味で適用範囲とか、さっき言った、その11ページのほうでの、やっぱりもう少し説明が、ここにはあると非常にいいなと、ちょっと私も、ここは思ったので、すみません、ちょっと一言つけ加えさせていただきましたが、そう思います。

○飯島首席技術研究調査官 はい、御指摘ありがとうございます。この流域、確かにここは、少し説明不足のところがございますので、調査票のほうも、これしか多分載ってなかったかと思いますが、もう少し説明を加えるようにしたいと思います。

それから、この、先ほど言われたとおりです。例えば、これが分岐項目の重み付けをどうするかによって、中央の平均ハザードがそれに引きずられて変わりますので、そういったもので、その信頼性を上げていくという中で、非常に活用できるというふうに思ってい

ます。

○酒井室長（防災科学技術研究所） ありがとうございます。

○持丸企画官 よろしいでしょうか。

それでは、岩田先生、よろしく申し上げます。

○岩田教授 ちょっと細かいことを幾つかお尋ねしますが、まず最初に、その火山灰のコアを使って、その年代を非常に精度を上げるというのは非常に、これ、サイエンスとしては非常に重要な成果だと私は思うんですけども、この、いわゆる活断層評価に対して、何桁目が上がったから、ハザードがどれだけ上がったかということは試算できると思うんですけども、それについてのコメントはないですか。例えば、発生確率なんかは、つまり既存のデータに対して、この今回求められたやつを当てはめると、何か精度が上がったとか何とかというのは、まあ上がるセンスなんだと思いますけれども、どの程度上がるかということについてコメントをしてください。

○飯島首席技術研究調査官 直接お答えになっているかどうかは、ちょっとあれなんですけれども、こちらの研究は、二つテーマがあるうちの断層の活動年代の評価に関わるものです。つまり、あるサイトで断層が伏在的に存在するような場合に、それが40万年以降動いたものかどうか、そういったものを判断するときに、そこに、地層の中に火山灰があったとして、その年代を調べることによって、それが後期更新世なのか、中期更新世なのか、あるいは、それよりももっと前のものなのか、そういったものを調べることによって、その断層の活動が、活動性というか、その実際に基準地震動を策定する上で考慮すべき断層のものなのかどうかといった、その区別に使うといった形で使うというのが、この研究の反映先の主なものでございます。

ちょっとお答えになっているかどうかはあれなんですけれども、むしろ活動性のほうに使うということでございます。

○岩田教授 そうすると、今のお答えですと、その中新世か更新世だけがわかればいいというふうに聞こえましたが。

○飯島首席技術研究調査官 今の基準地震動を策定する上で考慮すべき断層というのが、後期更新世のものについては、これは考慮しなさいと、それが後期更新世のものかどうかともわからないような場合には、さらに中期更新世まで遡って、その活動性を評価しなさいと。もしも、それで中期更新世以降のものだという形になると、これは基準地震動の一つの要素としてカウントされることになります。

○岩田教授 わかりました。コメント、御説明はわかりました。ただ、コメントとしては、そういう予定している以上のことがわかっている以上、もしそれが使えるのであれば、活動性評価にも使うべき姿勢はあって当然だと思います。

次なんですけど、もう一つは、その9ページ、10ページのところですね、変位速度にされているところなんですけれども、ちょっと、私にはあまり、これで改善されたとは、9ページから10ページで、ばらつきは相変わらずたくさんあるけどと思うんですけれども、それで、年代がよくわからないから、その長さにかえて流域面積でやると、ある程度相対的な変位速度にみなされるようなものが出るんじゃないかというようなことでされているということなんですけれども、その、まず、基本的な質問で申し訳ないですけど、その年代とその長さというのが比例関係があるというのは、定性的にわかるんですけれども、どの程度相関が強いものであるかということは、先行研究とかはあるんですか。

○内田主任技術研究調査官 主任研究調査官の内田です。私のほうからお答えさせていただきます。

まず、こちらのセグメント区分のポイントとして幾つかもちろんあると思います。断層末端の形状ですとか、地質構造の連続性とか、いろんな情報が本来はあるんですけれども、その中の一つの見方として、こういう断層沿いの平均変位速度というものを指標にするという例があるんですけれども、ただ、きちんとこれが使えるんだというような、これまでの論文というのはなかなかないんですね。ただ一つ、例えば、地表地震断層で変位量、1回の変位量を見てやると、ある程度そのセグメントごとにかまぼこ状の変位量が現れるというような結果があると。ただ、問題は横ずれ断層のようなもので、しかも地震、今、最近、地震が起こってないものに対してそれを見ようと思うと、我々としては、累積変位量を見るしかないということで、何とかその1回の変位量、あるいは、それに近いものを得たいというようなことがあります。

先ほど説明したとおり、やっぱり、これは累積でしかないので、長い河川だと歴史を持っているし、短い河川だと短い歴史しかないということなので、それらを標準化してやるときに、上流域の面積で割るというようなことを考えました。ただ、それだけではなくて、幾つかのところ段丘面の年代もわかっています。それで調整したのが、この変位速度という縦軸の値になっております。ですので、本来的には、全ての点でそういう段丘面を押しさえればいいんですけれども、なかなか全て、そういう理想的なところというのがないのが実情です。そういった中で、やっぱり、それら二つの見方を総合的に考えるということ

が普通の視点かなと思ひまして、今回は断層沿いの横ずれ変位なので、その累積変位速度でもって上流域の面積を割って、この全体のこういう形状を見てやって、それに対してチューニング、コントロールポイントとして段丘面の年代を代表的なところで当てはめているというようなことです。

○岩田教授 わかりました。ありがとうございます。

それで、ちょっとこっちのレジюмеのほうについてコメントしたらよくないのかもしれないけれども、ちょっと、今に関係して、2-1-3の、ページがないからあれだけど、5ページ目ですかね、その図7のところの、その上の段落というか、ちょっと記述が不明瞭なところがあったので、ちょっとコメントさせていただきたいんですが、下から5行目ぐらいなんです。6行目かな、6行目ですね、今、私が質問したものと同じですけども、『上流の長さが分水嶺に達した場合には、上流の長さが頭打ちになる一方で、屈曲量は累積し続ける可能性があり、過大評価のデータが混在していた。これを軽減するため、上流の長さの代わりに』面積を考慮した検討をと。『その結果、上流長さと上流面積には高い相関があり』とここに書かれているんですけども、それで、その後、上流の面積を利用できることが分かったということを書いてあるんですけども、おわかりになるように、これって、このままだと自己矛盾していますよね。

つまり、長さは頭打ちになっているんだけど相関があつてという話は、どこの範囲での相関なのかというのが、ちょっと見えない文章になってございますので、ここは整理していただいたほうがいいんじゃないかと。ちょっとこれは読んでいて思ったので、コメントだけをさせていただきます。

○内田主任技術研究調査官 わかりました。一部、矛盾した表現があるので、そちらにつきましては、訂正させていただきます。

○持丸企画官 はい、どうもありがとうございました。

委員の先生方、その他はございますでしょうか。じゃあ、よろしければ、このテーマにつきましては以上とさせていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

それでは、引き続きまして、最後のプロジェクトになります。すみません、時間がちょっと押してしまひて、本当に申し訳ございませんが、では、説明のほうは端的に、ポイントを絞って説明をお願いしたいと思います。

地震動評価技術の整備についてということで、同じく飯島主席技術研究調査官から説明をお願いします。

○飯島首席技術研究調査官 地震動評価技術の整備について説明いたします。

これは今日の説明の順番でございます。

まず、研究の概要ですが、背景と目的、平成25年度に策定された、その規制基準と、それから、関連するガイドにおきましては、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と、それから、「震源を特定せずに策定する地震動」に基づいて基準地震動を策定すること。それから、あと、耐震重要施設を変位が生じない地盤に設けることということが求められています。ということで、本研究におきましては、この基準地震動の策定の妥当性の確認、それから、断層変位評価に関する知見の整備というのを目的といたしまして、下に書いてございます四つのテーマについて研究を行ってございます。

最初のテーマが地震動評価における不確かさ評価手法の整備でございます。ここで対象としてございますのが、このピンク色で示した震源断層の特性に関してであります。新しい規制基準のほうにおきましては、その基準地震動策定の過程においての不確かさ、これを適切に踏まえた上で基準地震動を策定すると、策定しなさいということが言われてございます。ということで、この研究におきましては、地震動の記録に基づきます解析評価を行いまして、断層モデルの震源断層パラメータの既往のスケーリング則との整合性、それから、不確かさというものの知見を整備いたしまして、現状、基準地震動を策定する上では、不確かさというのを考慮した上でやっているわけですけれども、その辺りの妥当性について確認するというところでございます。

それから、二つ目が、サイト特性の評価手法の整備ということですが、やはり規制基準のほうでは、敷地と、それから敷地周辺の地下の構造というのを評価した上で基準地震動を策定するようというのを求めております。ということで、このテーマにおきましては、地震動評価のための深部地震動観測と、それから物理探査による総合的な深部地下構造調査手法、三次元地下構造モデルの作成法、これを整備するということです。

それから、三つ目が断層変位の評価手法の整備ということですが、ここのテーマにおきましては、断層変位の評価において確率論的な手法と、それから、あと、決定論的な手法について、その断層変位の評価の仕方についての知見、こういったものを整備しております。

それから、最後ですけれども、四つ目のテーマとしては、震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備ということで、地表における観測記録から解放基盤面上の地震動策定のための標準的な手法を整備するという形で、24年度から28年度にわたり行ってまいりま

した。

今日は、このうち、今説明した四つのテーマのうち、青色で示したものについて説明いたします。

最初、2.1地震動評価における不確かさの評価手法の整備でございますけれども、これは断層モデルを対象としたものです。断層モデル法におけます現行のスケーリング則は、主に海外の内陸地殻内地震の評価に基づいて提案されたものということです。1995年の兵庫県南部地震以降に、K-NETですとか、KiK-netですとか、地震動の観測網が整備されまして、内陸地殻内地震の地震動の記録というのが蓄積されております。特に、3.11の後は、地震動の記録というのは多く得られているということです。ということで、この研究におきましては、得られております、その地震動の記録を使いまして、強震動の生成領域の抽出方法ですとか、あるいは、震源断層パラメータのスケーリング則との整合性、不確かさ、こういったものの知見を蓄積しまして、地震動評価手法の高度化を図っていくということです。

このテーマにおきましては、先ほど申し上げたとおり、サブテーマとしては、地震調査の分析、断層等に関わる調査データの分析ですとか、動力学的に基づく検討というのを行ってございますけれども、今日は、この中で地震動の解析について説明いたします。

具体的には、得られております地震動観測記録から震源過程解析を行いまして、震源断層のすべり分布ですとか、最大速度すべり分布、これを求めて、それを使って、強震動生成領域、こういったものを設定した震源化特性モデルを使って再現検証解析を行うと。最終的に得られた、その震源断層パラメータというのが、現在使われているスケーリング則とどういうふうに整合しているのか、整合をしているのかどうか。ばらつきがあるのだとしたら、どういうふうにばらついているのか、こういったものを踏まえた上で、現行の基準地震動の策定手法の妥当性の確認というのを行ったということでございます。

地震動解析に基づく震源断層パラメータの不確かさ評価手法の検討ということで、実施内容といたしましては、熊本地震を含めまして、これまでに国内内陸地殻内地震の8個を対象といたしまして、震源過程解析、それから強震動の再現解析を行いまして、震源断層パラメータに関するデータというのを蓄積しております。具体的には、地盤構造モデルの高精度化、それから震源過程解析、それから、あと、強震動の再現解析、そして、特性化震源モデルの検討ということで、得られた震源特性パラメータの分析を行って、先ほど申し上げたとおり、既往のスケーリング則との比較を行っております。

この文章だけではあれですので、熊本地震の例を参考に、内容について説明します。

こちら、まず最初に微動アレイ観測による地下構造モデルの改良でございますけれども、震源過程の解析を行うに当たりましては、地表部、地表面近くの数値構造、地盤構造が解析の精度に影響するというところで、熊本地震におきましては、それぞれの、幾つかあった観測点、ここでは大津と熊本を示してございますけれども、地下構造モデルの改良を行っています。つまり、既往データ等に基づくものに対して、新たにその現地で微動アレイ観測等を行いまして、速度構造を新たに見直したということです。

で、赤がS波、それから青がP波という形での、こういった形で地盤構造モデルを改良しました。それから、それを使って、また、熊本地震の場合は、地震動観測記録を使って震源過程解析を行っています。それによって、すべり分布ですとか、最大速度すべり分布を得たということですが、これは最終的に得られました熊本地震の本震の震源断層モデル、すべり分布を示しています。

最終的には、トリミングをした結果の面積ですけれども、長さが44km、それから幅が18kmということで、面積としては792km²。それから、すべり量から地震モーメントについても計算されておりまして、4.8E+19Nmという形の値が得られております。地震モーメントと、それから震源断層面積との関係につきましてのスケーリング則との比較については、また後で説明、紹介させていただきたいと思っております。

で、今、説明しました震源断層モデルから、SMGAモデルということで、強震動生成領域のモデルを作成いたしました。それを使って再現解析を行ったわけですけれども、具体的には、その最大速度すべり分布を使って、熊本地震の本震の震源域の三つの領域、セグメントとして四つ分かれていたんですが、そのうちの三つにSMGA、強震動生成領域を設置して、この面積と、それから、あと、このパラメータ、応力降下量、こういったものをパラメータとして振って再現解析を行って、観測記録との比較を行って、最も再現性のよいものということで、具体的には、加速度波形と速度波形との残差が一番小さくなるものという形で、最終的な断層モデルを得ております。

こちら、最終的に得られたSMGAモデルの諸元でございますけれども、応力降下量につきましては13.6MPa、あるいは13.4MPaということで、これにつきましては、既往の、従来使われている、断層モデルで使われている値とほぼ同等な値となったという結果でございます。8個の地震について、今まで、震源断層パラメータについて検討を行って、既往のスケーリング則との比較を行ってございますけれども、それを示したものです。例を示し

たものということで、こちらが、地震モーメントと震源断層面積との関係でございます。

熊本地震につきましては、こちらの丸く囲ったところに示してございますけれども、この研究で行った評価以外に、国内の四つの研究機関で、同じように震源過程解析によって地震モーメントと震源断層面積との関係の評価してございますので、これは赤点で、それらの研究についても赤点で示しております。で、熊本地震におきましては、既往のスケールリング則とほぼ一致すると、整合するという結果が得られました。それ以外、熊本地震も含めて8個やっておりますけれども、この緑色で塗り潰した点でそれらの結果を示しております。それ以外の地震につきましても、既往のスケールリング則とほぼ整合するという結果が得られました。

右側の図は、地震モーメントと短周期レベルとの関係を示したものでございます。得られたSMGAモデルから、その短周期レベルを計算した結果を既往のスケールリング則と比較した結果、この赤色で示したものが評価しました8個の地震でございますけれども、短周期レベルにつきましても、既往の評価式と、スケールリング則と整合するという結果が得られたということでございます。

あと、二つ目、サイト特性の評価手法の整備でございますけれども、これは地震基盤から解放基盤までの地震動の増幅特性に関するものでございます。背景と目的ですが、2007年の新潟県中越沖地震、それから、2009年の駿河湾の地震における知見を踏まえまして、新規制基準におきましては、地質の地下構造を三次元的に把握するということを要求しています。この研究におきましては、その基準地震動の策定の妥当性を確認するために、その三次元の地下構造を反映した地震動評価手法を整備するというのが目的であります。

この、やはりサブテーマが幾つか、二つあるわけですが、今日は、このうちの軟岩サイトで行いました地震動評価のための三次元地下構造モデル作成の高度化について説明いたします。

実施の内容でございますけれども、柏崎地域において深部地震動観測、これ3000mのボーリングを掘りまして地震動観測を行ったわけですが、それに加えて、水平アレイによる地震動観測を行いました。さらに、その三次元地下構造モデルを高度化、具体的にジョイントインバージョン法を使ったということですが、地下構造の調査手法及びモデル化手法を整備しました。そして、三次元地震波伝播シミュレーション解析を行って策定した地下構造モデルの妥当性の検証を行ったということです。

ここで、ジョイントインバージョン法についての説明をこちらに書かせてもらいました

けれども、この柏崎地域において物理探査、微動探査ですとか反射法探査、そういったさまざまな探査を行っています。それと、あと地震動観測、こういった形でいろんなデータが得られているわけですが、こういう複数のデータを同時に、なおかつ整合的に説明できるような地下構造を推定する手法というものでございます。

で、当初、JNES2007ということで、ここで作ったモデルに対して、そういったジョイントインバージョン法を使いましてモデルの改良を行ってきました。最終的に得られたものが、この赤色のものということに、JNES2013Aモデルということでございます。この地下構造モデルの特徴といたしましては、この上と下のモデルに、あ、これは、その速度構造を示しています、その断面の、地下の断面の速度構造、速度の分布を示してございますけれども、この真ん中のモデルは、この上下がそれぞれ、この一つの層についての速度というのは、ある一定という形なんですけれども、この赤の2013Aというのは、水平方向にも速度の分布というのを考慮できるような形にしております。

この三つのモデルを用いまして、観測地震動を使ってシミュレーション解析を行って、それぞれのフィッティングの度合いを比較いたしました。対象といたしました地震動は、福島県の東方沖の地震と、それから、新潟県中部の地震ということで、これは2012年の7月と、それから10月の地震です。それぞれシミュレーション解析を行って、観測記録と比較を行っています。黒が観測記録、それから赤が、先ほど示した2013Aということで、最新のモデルです。それ以降は青と緑で、また二つのモデルを示しています。これは時刻歴と、それから、あと応答スペクトルと、それからフーリエスペクトルの比較をしています。この絵からも、ほぼ、ほぼ、この赤いモデルの整合性がよいということがわかりますけれども、より定量的に、そのフィッティングの度合いを評価するというので、アンダーソンの指標を使った形で評価しました。

こちらが、その結果を示したものでございますけれども、フーリエスペクトルと、それから応答スペクトルと、それから最大加速度という形で示してございます。横軸に、周期ごとに分けた形で示してございますけれども、長周期のほうの領域ですと、三つのモデルとも、ほぼ、ほぼ、フィッティングとしてはいいところ、でっ込み、引っ込みはありますけれども、いいところをいっておりますけれども、短周期レベルにおきましては、この2013Aという最新のモデルについてのフィッティングが、他のモデルと比べまして上がっております。

ということで、わかったことといたしましては、短周期、1秒から0.2秒の短周期地震動

を評価するには、地下構造モデルにおいて、水平方向の不均一性も考慮するということが重要であるということがわかりました。それから、もう一つ、今回、柏崎での堆積層において評価したわけですが、観測点地下、それから周辺の地下構造の精度の影響が強いと、ここを書かせていただきましたのは、これは、観測点としては約30点、複数あります。それぞれインバージョン法を使って地下の構造をつくったわけですが、複数のデータを使ってやったわけですが、その複数のデータそれぞれの観測点で、同じグレードで、そのデータが得られているというわけではありません。したがって、その観測点においても、地下の構造というのがやっぱり、精度の善し悪しというのが多少あります。やはり、精度のよいところの観測点のほうが合いもよいと、これはもう平均値で示していただきますのであれですが、そういったものもございまして、この辺の地下構造の精度の影響というのは強いということが言えると思います。

成果といたしましては、地下構造を推定するためのジョイントインバージョン法を構築いたしまして、三次元地下構造モデルを作成する手法というのを今回整備いたしました。

最後でございますけれども、断層変位の評価手法の整備ということで、冒頭申し上げたとおり、この、断層変位の評価につきましては、二つ、確率論的評価手法の整備と、それから決定論的な評価手法の整備ということでやってございますけれども、今日は、この確率論的なほうについて説明いたします。

確率論のほうにつきましては、そのIAEAのガイド、SSG-9というのがございまして、capable fault、断層のずれが現れるようなものが見つかった場合には確率論的に評価しなさいと、そういった枠組みがこの中に書かれてございます。で、この確率論的な評価については、それに対応するものでございます。一つexcuseと申しますか、あれなんですけれども、これは先ほど説明した強震動の評価とか、あるいはサイト特性の評価とは、ちょっと、若干位置づけが違っています。断層の評価については、現状では科学的、それから技術的知見が少ないということで、この手法の現時点での成熟度合いを把握するということと、それから、規制庁として関連する知識とか技術を保持するということが、基礎研究の位置づけとして、これ、断層変位の評価手法の整備について行っております。

こちら、まず実施の内容でございますけれども、国内の内陸地殻内地震による断層変位データの取得を収集しまして、断層タイプ別の断層変位の評価式を提案しました。それと同時に課題も整理したということでございますけれども、成果といたしましては、主断層と、それから副断層に分類・認定を行いまして、横ずれ、それから逆断層のタイプ別の断

層変位の評価式を提案いたしました。こちらがつくったものということで、上が主断層の評価式、この線で示したのが評価式でございます。横ずれと逆断層。下が、副断層における断層変位評価式を示しています。

で、上の主断層につきましては、これ、横軸が相対位置ということで x/L という形になってございますけれども、 L はその断層の長さです。それから、 x が地表地震断層上の距離ということで、端部が0、それから中央部が0.5という形で表しております。縦軸は平均断層、平均の断層変位を変位量で割ったものという形で示しています。下の副断層におきましては、横軸が断層からの距離です。断層からの垂直距離を示しています。で、縦軸は同じく平均断層変位と、それから変位量との比という形で示しています。で、この緑色の線が今回の我々の研究で構築、提案した断層変位の評価式です。で、赤色の線が海外のものでございますけれども、少し差があるということで、この適用性については留意が必要であるということがわかりました。

それから、あと、課題も含めてですけれども、この、非常にばらつきが大きいということ、なおかつ副断層のほうになってしまうと、データ自体が非常に少ないということでございます。したがって、この研究におきましては、今後、さらにその断層変位のデータの蓄積を行って、評価式の改良を図っていく必要があるというふうに考えております。

まとめでございますけれども、主に今説明したとおりでございますので、割愛させていただきます。

成果の活用についてでございますけれども、まず、基準地震動の策定の三次元の地下構造の調査については、こういったガイドについて、ガイドのほうに反映しております。それから、今後の見通しといたしましては、その地震動評価における不確実さの評価手法、それからサイト特性の評価手法で得られたものというのは、NRA技報のほうを作成しまして、今後、発表していく予定としております。

それから、一つ御紹介させていただくのが、これが断層の、地震動の評価につきましては熊本地震の分析につきましては、規制委員会のほうで報告させていただいております。

それから、国際機関技術文書作成への貢献ということで、震源を特定せず策定する地震動の評価手法につきましては、IAEAのSafety Reportのほうに一部反映させていただきました。

地震動のほうについては以上でございます。ありがとうございました。

○持丸企画官 どうもありがとうございました。

それでは、これより、まず質疑を行いたいと思います。

まずは、専門技術者の方からお願いしたいと思いますが、まずは梅木様からお願いします。

○梅木研究コーディネーター 梅木でございます。どうも説明ありがとうございました。

ちょっとわからないというか、この研究の目的が少しわからなくなってきちゃったんですけど、例えば、8ページのこういうパラメータについて、いろいろと検討されているんですが、これをやっているのは、今、既往のパラメータ、そのSomervill et al. (1999)だ、入倉・三宅(2001)だ、Murotani et al. (2014)だ、というのが使えるよということを示すためにやっているのか、それとも、自分たちでいろいろな検討をやって、もう一度こういうスケーリング則をつくろうとしているのかということところがちょっと見えなくて。というのは、こういう研究って、規制庁さん以外でもいろんな大学の先生方も、それから一般の企業も、これは原子力に限らず、いろんなところでやられていると思うんですが、ただ、どこに持っていこうとするのかというのがちょっとわからなくなりましたが、ちょっとその辺をまず教えてもらえますか。

○飯島首席技術研究調査官 目的としては前者です。つまり、そもそも最初のスケーリング則というのは、冒頭申し上げたとおり、基本的には海外のものをデータとして最初つくられているという経緯がございますので、日本の地震そのものが、そういったものにフィッティングするのかどうかといったところを見つつ、さらに、ばらつきがどうかといったところも見ると。で、基準地震動を策定するにおいては、そのばらつきもちゃんと踏まえた上で、ある程度、要するに保守的になるようにつくるといった形が求められておりますので、このばらつきを把握することによって、なおかつ、どういうパラメータがどう効くのかというのを把握した上で、今使われている基準地震動の策定手法というのが、直すべきところがあるんだったらそっちのほうに反映していくという形でやってございます。

○梅木研究コーディネーター わかりましたというか、いや、すみません、このSomervill et al. (1999)、入倉・三宅(2001)、Murotani et al. (2014)を使っていいと誰が決めたのかなというのがわからなかったもので、逆に自分たちでつくのかなと思ってんですけど、そうでなくて、この三つがありきになって、そこがいいのかどうかという検討をされているということなんですね。

○飯島首席技術研究調査官 そういうことでございます。

○梅木研究コーディネーター はい、ありがとうございました。

あ、もう1点、三次元深部地下構造モデルの手法作成の高度化ですが、これ、おっしゃるとおり、水平方向も鉛直方向も、それは速度、ちゃんと調べれば精度が上がるよというのはそのとおりなんですけど、ここまで求めるというのは、どういう地点に求めることになるんですか。全ての地点に求めることになるんですか。

○飯島首席技術研究調査官 全てに、この精度でやりなさいというのはとても無理だと思います。我々のほうとしては、審査において、どういったところが、どういうポイントが、どういう要因が、その地下構造の地震動の増幅特性に影響するのかといった知見をまず得たということですので、その事業者が、地下構造のその増幅特性について評価したときに、それが妥当かどうか適切に判断するための材料として使いたいというふうに考えています。

○梅木研究コーディネーター はい、わかりました。

○持丸企画官 では、松山様、よろしく申し上げます。

○松山副研究参事 1点だけ、断層変位のところで、決定論と確率論という話で、ちょっと、あまり説明はないんですけど、この決定論的なものの何か位置づけて、もしあるんでしたら教えてください。

○飯島首席技術研究調査官 決定論のほうにつきましては、実際に、今、データも少ない、観測データも少ないというのは事実としてあるんですけども、実際に、どのような地盤特性のものだったら、その副断層が生じやすいのかとか、そういったものを実際の観測記録と照らし合わせながら、解析的にも追って、そして、その生じやすい、生じにくいとかあると思うんですけども、その辺の評価の中で反映していきたい、そういった知見を取得したいということでやってございます。

○松山副研究参事 決定論的、まあ、いろんな、そういうメカニズムのほうを解析されているということですかすね。

○飯島首席技術研究調査官 そうでございます。

○松山副研究参事 以上です。

○持丸企画官 よろしいでしょうか。それでは、引き続きまして、委員の先生から御意見をいただきたいと思っております。

まずは庄司先生、よろしく申し上げます。

○庄司准教授 どうも御説明ありがとうございました。

地下構造の部分なんですけれども、10枚目とか、あ、こちら指していただいておりますが、10枚目とか11枚目なんです。それで、11枚目のこれ、シミュレーション解析、ちょ

つと拝見すると、その、いわゆるオブザーブ、観測に対して、2007年のそのモデルというのは、説明性は悪いですよ。悪いですよ。

○飯島首席技術研究調査官 他と比べたら、ちょっと精度が。

○庄司准教授 ええ、そうですよね。そういった意味で、ちょっと先ほどの梅木さんの御質問と関連するんですけど、基本的には、やっぱりこれ、この柏崎であれば、やっぱりJNES2013Aというほうを使うべきなんではないんですか。この時系列の波形も、2007というのはちょっと、やっぱり合っていないですよ。資料のほうを見ても、十分よくわかりますし、こちらのスライドのほうもそうなんです。

○飯島首席技術研究調査官 こちらの、確かにほかのもの比べると精度は落ちます。それで、これがそうなんですけれども、で、実際に、要するに増幅特性というのをどこまで、どういうふうに、その基準地震動を評価するかといったところの、本当に精緻を求めるといふ話と、実際の基準地震動を策定する上で、ある程度保守性を見込んで策定するといふ話で、少しこの、バランスというのがあると思います。これは、あくまで研究としてやったものでございますので、その辺の、ここまでやればこういった精緻にできるよといった知見、あるいは技術的なノウハウというのがわかりましたといったところが、我々としては非常に重要だと思っていて、そういったところで、じゃあ、その基準地震動を策定する上で何をポイントに、どう講じていくべきか。

○庄司准教授 ええ、どうすべきかという。

○飯島首席技術研究調査官 という話のところ、事業者のやり方といったものについて、いいか悪いかという判断とか、その辺のところを提供していければというふうに考えているところです。

○庄司准教授 やっぱり、JNES2013Aの当然というか、水平方向に速度変化を考慮したほうが、当然よくなる。やっぱり、これくらいまで見ないと、なかなか観測と合っていないことをやっぱり言っているのかなと、私はこう理解したんですけどね。

○飯島首席技術研究調査官 そうですね、本当に観測と合わせるんでしたら、やっぱりそこまでやらないと。ただ、本当にこういう、柏崎の場合の、こういう非常に褶曲的なところがあるというの、サイトとしては非常に特殊、あまり日本ではないようなところですので、そういう点をちゃんと考慮する必要があると思います。

○庄司准教授 はい、わかりました。私は、ここの部分だけです、はい。

○持丸企画官 それでは、ほかの委員の方、よろしく申し上げます。

では、酒井先生、よろしくお願いします。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 御説明ありがとうございます。

ちょっと幾つか御質問したいんですけど、先ほどのこの10ページと11ページのところで、やっぱりJNES2013Aがいいというのは、すごいよくわかるんですけども、これを、ここで見ているとすごいいいなとわかるんですけど、こういうのを合わせるのって、非常に、やっぱり大変なんだろうなと思うんです、水平方向のところ。ここでは、あくまで今、話を聞いていて、本当に、あくまで研究レベルの話なんで、ここまでやるとということなんですよね。

それで、11ページのほうのを見たときに、これ、やっぱり波の方位、これ、新潟県中部のやつでMj2.2というのは、これは同じぐらいの大きさのがなかったということなんですか。差が大きく、わざわざ緑と外れて出てきているような。

○飯島首席技術研究調査官 新潟県。

○酒井室長（防災科学技術研究所） そうです、これは右側ですか。

○飯島首席技術研究調査官 ええ、そうです。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 非常に小さい中で、わざわざ比較をしているので。

○飯島首席技術研究調査官 これは観測点に非常に近いところで起きたものなんですね。で、このモデル化自体が、その震源を点震源として扱っているようなところがありますので。

○酒井室長（防災科学技術研究所） あ、そういうことですね。

○飯島首席技術研究調査官 その辺のときで、あまり、その近くで震源が大きいと、なかなか、その辺のモデル化が外れるということで、小さいものを、ちょっと今回は選んでシミュレーションしたと。

○酒井室長（防災科学技術研究所） 例えば、同じぐらいのやつもあるということですか、特に。

○小林主任技術研究調査官 すみません、地震・津波研究部門の小林です。

今のをちょっと補足いたしますけど、もともとこの、要は右上のEQ1、Mj5.2、そして左下のEQ2、Mj4.2、で、右下のEQ3、Mj2.2というのは、これ、もともと対象とする周波数、ターゲットが違うんですね。ついては波長が違うということが一つ特徴と言えます。で、EQ1の場合は1Hzまで頑張って計算しようと、で、EQ2については2Hzまで、EQ3については6Hzまでいこうということなんです。そうすると、右下のEQ3というのは、実は10mのグリット

でやっています。これは1波長、5グリットぐらいを対象とするということですね。ですから、そういったもので制約を一つ受けているということ。

そうすると、どうしても計算領域の観点で近場をターゲットとしないといけない、EQ3の場合ですね。そうすると、先ほど飯島が申したとおり、近場ということは、もう面的な広がりが期待できないので、ポイントソース、これで、もうこれはやるしかなかったのでMj2.2と、で、SNも若干長周期側というのは決してよくないのは承知の上なんですけど、もともと6Hzまでの短周期、要は、高周波までいこうとしていましたので、そういった趣旨で切り分けて、すみ分けて検討して、地震をセレクトしたということです。

○酒井室長（防災科学技術研究所） ああ、よくわかりました。ありがとうございます。ちょっと、この説明だと、そこまでちょっと、どうかなと思うので。

そうすると、あとは、以上ですね、はい、以上です。ありがとうございます。

○持丸企画官 はい、どうもありがとうございました。

それでは、岩田先生、よろしく申し上げます。

○岩田教授 ちょっと、まず最初はコメントからで申し訳ないです。9ページの、その2013A、2013Bの御説明があるんですけど、多分、説明が正しくなくて、水平方向に速度変化すると変化しないと書かれています、与えた層が水平方向に、ある層は横方向に速度を変えないと変えるということではないのでしょうか。そうでないと、この下の絵というか、上の絵も全部そうですけど、これは水平方向に速度変化していると、普通、言うんですけど、どうですか。

○小林主任技術研究調査官 小林です。ありがとうございます。

そういう意味で、先生の御指摘どおり、基本的には、今、推本がやっているのは、基本的には一つのレイヤーをまず構えまして、で、2013Aの場合は、その一つのレイヤーに対して横方向に、水平方向に変わりますということで、御指摘のとおり、そういったご理解をいただければ幸い思っています。

○岩田教授 それを踏まえて、先ほども話題になった2.2の再現なんですけど、これ、赤の線でないと出てないのは、そういう3Hz、4Hzが増幅しない、ほかの構造だとしないということだけなんですよね、多分ね、というふうに見てよろしいですか。ちょっと、何かメカニズムとの与え方が違うんじゃないかというふうな懸念も出るような絵なんですけど、そうでなくて、ちゃんとこの最後の右下の計算は、3Hz、4Hzぐらいまで見てあげると、ほかのモデルとは違うということでもよろしいですか。

○小林主任技術研究調査官 小林です。

結論としては、先生のおっしゃったとおり、より高周波については数Hz、5Hz、6Hzまで今回試行していますので、そこまで見ると差が出てくるということです。実は、右下のMj2.2というのは、F-netのメカニズム解がありません。今回、いろんな中小の地震も取れていますので、実は、当該エリア、震源エリアのそれこそ15地震ぐらい選んで、そこでメカニズムを調査して、そういった諸元の平均を与えて、それは ω^{-2} なりにちゃんとフィッティングするように震源スペクトルもしましてやっています。

それともう一つ、詳細な情報なんですけど、実は、やはりこの、私ども、この28点で水平アレイを構えているんですけど、震源は、このEQ3の場合は真下にあったんですけど、実は、その、やっぱり一元化震源の位置だと初動走時が合わなかったんですね。今回、そのEQ3については、水平アレイ28点で独自に少し震源をずらして、各トレースの初動が合うように、そこまで調整した上で、メカニズムも、平均的な周りのものを含めた上でやって求めたという経緯があります。

以上です。

○岩田教授 御苦労はわかりました。

もう一声、震源時間関数もさわったほうがいいかなという気がしますが、まあそれはいいとして。

それで、さっき庄司先生の質問は、多分こういうことが言いたかったんだと思うんですけども、その2007に対して2013Aとか、2013Bとかというのは非常にいいモデルになったわけですけども、そもそもの問題がね、ここの中越沖で起きた特殊性については、逆に、このモデルになったことで、当時、震源の影響とかパスの影響とかということを言われた、パルスに対して、どういう影響があったかということについての評価が変わるのかどうかということについて教えてください。

○小林主任技術研究調査官 小林です。

先生の御質問に対して、直接的には、ついでには殊に柏崎・刈羽の発電所ですけど、ああいったパルスですね、そういったものがどうだったか、追試してどうだったかというのを、残念ながら今回はターゲットとするサイトが10kmぐらい南なんですね。そういう意味では、ちょっと、やはりそういった状況があったので、直接やっぱりメス入れできなかったのが正直なところですよ。

ただし、やはりずっと飯島が説明したとおり、こういった柏崎の複雑なことというのは、

刈羽の発電所でも一緒でしたので、こういったターゲットにしたときに、こういったデータを追加したり、今回、ジョイントインバージョンという数学的な、ちゃんとモデルで、非線形最小二乗法によりあらゆるデータをフィッティングするということをやっていますので、モデル自体も20mのグリッドで地下構造をちゃんと持っている、そういったボリュームのものを使っていますので、そういったところで得られた知見で、今回話しましたとおり、基本的には各観測点ごとにもものすごく、例えばH/Vスペクトルだったり、3,000mから増幅率、伝達関数を見ても、全然、所変われば非常にサイトの、スペクトルの特性が全然変わってくるんですね。ついては増幅率が違うということがわかっていまして、今回得られた知見としては、そういった増幅率は大きく変わるんですけど。

何が言いたいかというと、やはり調査をしっかりと、ことに微動アレイとか、一次元のS波速度構造を志向していますけど、そういったものをしっかりやれば、こういったジョイントインバージョンでやれば、かなりhigh frequencyまで行けるとというのが少し見えてきて、実は、その一次元の観測点の評価点の直下の周辺も含めて、その精度が非常に効いているということがわかったという知見が得られたことが意義あることかなということ、あくまでも事例にはすぎませんが、こういった観点で今後の原子力安全の規制のほうに、そういった観点とか見方、捉え方を見ていければいいかなというふうに思っています。

以上です。

○岩田教授 ありがとうございます。志向していることはよくわかったし、あと、その結果については直接、2007年のサイトのことについては、直接的には物は言えないこともわかりましたけれども、こういった枠組みとか、その調査のレベルというんですか、レベルと言ったらよくないかもしれん、どういうことをやっぱり念頭に置いたことをちゃんとすべきかということについて、やっぱりちゃんと報告していただくと、今後、非常に役に立つと思いますし、やっぱり地震が起きてないところでは、なかなかそういうのができないのも事実だと思いますので、もうそういうのをちゃんと残していただくと、報告していただくのが重要だと思います。ありがとうございます。

○小林主任技術研究調査官 どうもありがとうございます。

○持丸企画官 はい、ありがとうございます。

そのほか、委員の先生方、何かございますでしょうか。

全体的な話ですか。

それでは、4件目のこのプロジェクトについては以上という形でよろしいでしょうか。

はい、どうもありがとうございました。

それでは、議題(1)としては以上で終了という形でありまして、そのほか、議題(2)といたしまして、全体を通じて、まず、コメントがございましたらということでございます。

じゃあ、松山様から、よろしくお願いします。

○松山副研究参事 資料の調査票辺りでもいいと思うんですけども、いわゆる論文で言うイントロダクションに当たるところって、全然ないなといつも、今回も思って、ちょっと、どういう研究をベースにしてやられているかが、ちょっとパワーポイントのほうでいろいろ資料いっぱいあると大変だと思うんですけども、何か調査票辺りに、こういうベースでやってきているということぐらいは、情報としてはあると助かるなというのは思いました。ちょっと、どういう経緯で、こういう調査票の形式になっているのかとか私はわからないので、そういう情報も少しあったほうがいいかなと。

ちなみに、地すべりの話だと、あまり日本でやられなくて、アメリカなんかで少しやられているとか、そんなことなんか少し情報があったほうがいいのかというふうに思いましたので、はい、御検討ください。

○持丸企画官 貴重な御意見をありがとうございました。

本件調査票につきましては、あくまでもこの御評価をいただく上で必要であるということで、必要な範囲のものは内容が書いてございますが、当然、学术论文等では、しっかりとそういったものが入っていると思います。そういったことも意識しながら、御意見を踏まえて、次回以降、また、反映できるところは反映してまいりたいと思います。

それ以外に全体のコメントでございますでしょうか。

では、酒井先生、よろしくお願いします。

○酒井室長（防災科学技術研究所） すみません、ちょっと途中でも言ったかもしれないんですけども、貴重な実験とかがたくさんあると思うんですね。普通だと、とてもできないような実験があったり、あるいは、データが集まっていたりと、それはあるので、論文は論文で重要だと思うんですけども、資料みたいな形で、要はいろんな情報も、実験も何ケースもちゃんとやって、ここまでやったよというのが報告みたいにされているような形で出てくるといいなと思うんですね。

で、さっき見ていると、NRAの技術報告みたいな形で出ているものと、あと、そういう記載がなくて整備されるというものであったりして、何か眠っちゃうのはもったいないの

かなと思ったので、ぜひ、そういうところに出てくるような形になればと思っています。

○小林安全技術管理官 地震・津波の管理官、小林です。

今日は本当に長い間、大変貴重な御意見をありがとうございました。ちょっと我々がやっている安全研究、ちょっと今日、全体像を最初に話しをしなかったんですけども、大きくは、さっき委託でやっている研究とか、請負、または自主的にやっている研究、幾つかのパターンで研究しているんですけども、結構大きな実験とか調査ものというのは、委託でやっている研究なんですけど、今、我々、やっぱり、そういう資料についても早く公表すべきだというのがありまして、基本的には委託の報告書も、なるべく中身を確認した上で、公表するような制度を設けておりますので、まず、皆さんがそれを見られるような体制をとっております。その中で、やっぱり試験の解析条件とかデータも載っておりますので、そういった形で公表している方針で、今進めているところでございます。

○酒井室長（防災科学技術研究所） はい、わかりました。ありがとうございます。

○持丸企画官 はい、ありがとうございました。本件に関しては、事務局の我々の立場からも、技術基盤課の立場からも、やはり、そのNRA技術報告なるものはありますが、これは規制に直結したような内容が入っているものとなっています。それ以外の研究全般を、しっかりと、今までのデータ類がちゃんと入った報告書としてしっかりまとめておくと、プロジェクトが終わった段階では、こういったことも重要だと思っていまして、今の御意見なども踏まえながら、組織内で新しい形の報告書づくりだとか、それをできないかどうか、こういったことも含めて、さらに検討を深めてまいりたいと思います。

どうも貴重な意見、ありがとうございました。

そのほか、ございますでしょうか。

はい、それでは庄司先生、お願いします。

○庄司准教授 今の関連ですけど、じゃあ、NRA技術報告というのは、こっちからやられたときの、いわゆる義務ではないというか、ですか。

○持丸企画官 まず、NRA技報の定義でございしますが、これは基準とか、実際のその審査とかに直接活用するようなガイド等いろいろございしますが、そういったものに直接関わるような内容を含んでいるものについては、NRA技術報告という形で策定している中に公にして、我々のやっている規制の技術的根拠を示していくと、こういったようなことで積極的に公表していこうと考えているところです。

しかしながら、研究全体を通して見れば、それは最終的なアウトプットなわけであって、

そこにこれまでやってきた、まあ5年であれば5年間のいろいろな実験データ等、いろいろそういうものはあるわけであって、そういったものが逐次載るものではない性格のものだと考えていますので、そういったものを今後どう取り扱っていくかといったようなことを、まさにそれは酒井先生からもいただいた話だと思いますが、含めて、報告書のあり方ですね、いろいろなカテゴリの報告書のつくり方があると思いますから、検討してまいりたいと考えているところであります。

そのほか、よろしいでしょうか。

それでは、以上で終了したいと思います。

それで、最後、事務局からちょっと御連絡事項がございます。

まず、検討会委員の先生方におかれましては、本日、お配りは申し上げているところがありますが、技術的観点からの評価シート、ございます。評価項目としましては、国内外の過去の研究・最新知見を踏まえているか。また、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は適切か。重大な見落とし、観点の欠落がないか、こういったようなもろもろの視点から、ぜひ御意見を評価シート上でいただきたいと思っております。

で、この評価シートにつきましては、誠に短期で申し訳ございませんが、10月10日、火曜日ですね、1週間程度しかなくて誠に申し訳ございませんけれども、事務局まで、これに記載していただきまして御送付いただければ幸いです。

また、検討会委員の先生方からいただきましたこれら意見につきましては、一旦事務局のほうで評価の取りまとめをさせていただきたいと思っていまして、取りまとめた後につきましては、その書面につきましては、いま一度、委員の先生方に見ていただく、御審議いただくといったようなことを、持ち回りといいますか、電子媒体上で少しやらせていただくことになると思いますが、そういった形で見ていただきまして、最終的にセットしてまいりたいと考えております。

では、事務局としては以上でございます。

それでは、これで第6回地震・津波技術評価検討会を終了したいと思います。

本日は、どうもありがとうございました。お世話になりました。