

第19回
原子力安全委員会
耐震安全性評価特別委員会
速記録

原子力安全委員会

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

第19回 原子力安全委員会 耐震安全性評価特別委員会 議事次第

1. 日時 平成21年4月24日(金) 14時01分～16時57分
2. 場所 原子力安全委員会第1、2会議室(虎ノ門三井ビル2階)
3. 議題
 - (1) 原子力安全委員会専門委員等の任免等について
 - (2) 耐震分野における新たな知見の反映の仕組みについて
 - (3) 新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントの一部改正について
 - (4) 原子力施設の耐震安全評価手法に関する調査結果について
 - (5) その他

4. 配付資料

耐特委第19-1-1号	耐震安全性評価特別委員会構成員
耐特委第19-1-2号	耐震安全性評価特別委員会 施設健全性評価委員会 構成員(案)
耐特委第19-1-3号	地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会におけるワーキング・グループの設置について(一部改正案)
耐特委第19-2号	耐震分野における新たな知見の反映の仕組みについて
耐特委第19-3-1号	新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントについて(一部改正案)
耐特委第19-3-2号	耐震安全性の評価に際して事業者が取り組むことが必要な事項(案)
耐特委第19-4-1号	平成20年度 科学技術基礎調査等委託調査 原子力施設の耐震安全評価手法に関する調査
耐特委第19-4-2号	基準地震動策定の為の手法の整備および地震動の試算支援業務

参考資料第 1 号

原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会
合 概要報告（案）

参考資料第 2 号

新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設
等の耐震安全性の評価結果の中間報告等に係
る原子力安全・保安院における検討に際して
の意見の追加

出席者

● 専門委員

△秋山 宏	池田 安隆	石田 瑞穂	伊藤 智博
○入倉孝次郎	大谷 圭一	鹿島 光一	加瀬 祐子
釜江 克宏	川瀬 博	隈元 崇	小長井一男
笹谷 努	高倉 吉久	高橋 滋	徳山 英一
東原 紘道	松岡 裕美	山崎 晴雄	米山 望

● 原子力安全委員会

○鈴木 篤之	早田 邦久	久住 静代	小山田 修
久木田 豊			

● 事務局

青山 伸	竹内 大二	梶田 啓悟	松本 武彦
------	-------	-------	-------

● 経済産業省 原子力安全・保安院

森山 善範（原子力発電安全審査課長）

川原 修司（原子力発電安全審査課耐震安全審査室長）

● 文部科学省

北川 貞之（研究開発局地震・防災研究課地震調査管理官）

● 財団法人地域 地盤 環境 研究所

宮腰 研（グループリーダー）

山本 容維

注) ○：委員長、△：副委員長

午後 2時01分 開会

○入倉特別委員会委員長 それでは、定刻となりましたので、第19回耐震安全性評価特別委員会を始めます。

本日はご多用の中、ご出席いただきありがとうございます。

4月17日付けで原子力安全委員の交代がございましたので、事務局からご紹介を最初によろしく申し上げます。

○竹内審査指針課長 4月17日付けで東原子力安全委員、中桐原子力安全委員が退任されまして、新しく小山田委員、久木田委員が就任されました。

以上です。

○入倉特別委員会委員長 それでは、新任の原子力安全委員にごあいさつをお願いしたいと思うんですけれども、まず、小山田委員から。

○小山田原子力安全委員 4月17日付けで原子力安全委員会の委員になりました小山田でございます。私はこの委員会では特別委員会の一員であると同時に、施設健全性の方の委員を務めさせていただいておりました。これからもどうぞよろしく願いいたします。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。

それでは、引き続いて久木田安全委員からごあいさつをお願いします。

○久木田原子力安全委員 同じく新たに原子力安全委員会委員に就任いたしました久木田でございます。どうぞよろしく願いいたします。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。

それでは、事務局より定足数の確認をお願いします。

○竹内審査指針課長 本委員会の定足数につきましては、運営規定に基づきまして構成員の3分の1以上の出席となります。本委員会は38名の専門委員、4人の原子力安全委員により構成されております。本日は23名の構成員にご出席いただいておりますので、定足数を満たしております。

○入倉特別委員会委員長 この会合は公開となっております。ご発言内容につきましては速記録として残すことになっております。ご発言につきましては進行役から指名を受けてからお願いいたします。

それでは、事務局より本日の配付資料の確認をお願いします。

○竹内審査指針課長 本日の議事でございますが、原子力安全委員会専門委員等

の任命に関しまして19-1-1号から1-3号、それから耐震分野における新たな知見の反映の仕組みに関しまして19-2号、新耐震指針に基づきますバックチェックのワーキング・グループとしての検討のポイント、前回もご議論いただいたものの修正でございますが、19-3-1、3-2号、それから原子力施設の耐震安全評価手法に関する調査結果の報告に関して4-1号、4-2号と用意しております。その他の配付資料といたしまして、地震動解析技術等作業会合の概要報告、それから、前回ここでご議論いただきました4月13日付けの原子力安全委員会決定を参考資料おのおの1、2ということで添付しております。

配付資料は以上でございます。

○入倉特別委員会委員長 配付資料はよろしいでしょうか。

それでは、議事に入ります。

最初の議題ですけれども、本日は原子力安全委員会専門委員等の任免等についてです。

まず、4月17日及び4月23日付けで当特別委員会の構成員に変更がございましたので、事務局から説明をお願いします。

○竹内審査指針課長 資料の19-1-1号でございます。耐震安全性評価特別委員会の構成でございますが、先ほど申しましたように原子力安全委員に小山田委員、久木田委員が交代でかわっております。また、酒井委員、田中委員が退任されまして、真ん中の方になりますけれども、桑原委員、それから小長井委員のお二人が新たに構成員として追加されております。

以上です。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

それでは、本日から専門委員として当特別委員会に参加いただいております小長井委員から御挨拶をよろしくをお願いします。

○小長井委員 東京大学生産技術研究所の小長井でございます。昨日までイタリアの被災地に入っております、今日もどってまいりました。地盤の被害とそれから構造物の被害を中心にやっておりますので、よろしく願いいたします。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。今後、よろしく願いいたします。

もう一人、新任で桑原委員が新しく加わっていただいたんですけれども、本日

は桑原委員は欠席ということで、次回以降、改めてごあいさつをお願いしたいと思っております。

それでは、引き続き事務局から施設健全性委員会及びワーキング・グループ等の構成について説明をお願いいたします。

○竹内審査指針課長 資料第19-1-2号、施設健全性評価委員会の構成員でございます。先ほど特別委員会の構成員の変更がございましたが、施設健全性委員会におきましても酒井先生、田中先生が退任なされました。それで、桑原先生、小長井先生に新たに構成員として入っていただいております。また、20日に施設健全性評価委員会が開催されまして、白鳥先生が副主査として指名されております。

次に、資料第19-1-3号でございます。地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会におけるワーキング・グループの設置についての一部改正でございます。この裏のページになりますけれども、ワーキング・グループ1、2、3、4で、今、2に掲げてあります施設のバックチェックを進めていただいておりますが、これにつきましても委員の異動に伴いまして、ワーキング・グループ3に鹿島先生、桑原先生、小長井先生、ワーキング・グループ4に桑原先生、小長井先生、持尾先生に入っていただきたいという案でございます。

以上でございます。

○入倉特別委員会委員長 それでは、ありがとうございます。

先ほど事務局から説明がありました体制で今後、特別委員会で検討を行っていききたいと思います。この体制について何かご意見はございますでしょうか。

それでは、このような体制で進めていきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

なお、ワーキング3の主査である山岡先生が本日、欠席でございますが、ワーキング3のこれまでの副主査を務めておられました副主査が交代しないといけませんので、それについて事務局から説明をよろしく申し上げます。

○竹内審査指針課長 ワーキング3の山岡先生には、ワーキング3の副主査については鹿島先生をお願いしたいということで伺っております。

○入倉特別委員会委員長 それでは、鹿島先生、よろしく願いいたします。

それでは、2つ目の議題に移らせていただきます。

2つ目の議題は、耐震分野における新たな知見の反映の仕組みについてです。

原子力安全委員会としては、耐震安全性評価において新潟県中越沖地震により得られた知見を適切に反映していくことが極めて重要であるという観点から、これまでに考慮すべき点を数次に亘って見解を示しており、原子力安全・保安院に対して、これまで示された見解を十分踏まえて、今後の耐震安全性評価に関する検討を行うように要請しております。これについては本年1月8日付けで委員会の決定となっているものです。

原子力安全・保安院では、原子力安全委員会の決定を踏まえて、これまでの耐震安全性評価にかかわる検討過程において明らかになった、今後、取り組むべき課題を取りまとめ、本年1月30日の第5回原子力安全委員会において、その取りまとめ結果の報告を行っております。本日は、その取り組みについて新知見を反映する具体的な仕組みがまとめられたところということで、原子力安全・保安院からご紹介をお願いしたいと思います。

それでは、原子力安全・保安院から、ただいまの件についてよろしく申し上げます。

○原子力安全・保安院（森山） 保安院の安全審査課長の森山でございます。資料の19-2号に沿ってご説明申し上げます。

今、委員長の方からお話ございましたように、保安院といたしまして中越沖地震を踏まえた柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の評価・検討を行う過程で、最新の科学的・技術的知見に照らして、原子力発電所の定める耐震安全性の向上を図るための仕組みの整備が必要だというふうに認識をいたしました。

このペーパーは、そのための具体的な仕組みの考え方を取りまとめたものでございます。特にこの考え方のベースになっておりますのは、これまでも安全審査のみならず、その後についても新たな知見については適切に対応してきたというふうに考えてはおりますけれども、具体的な反映の仕組みがあったわけではございませんし、また、特に透明性と、どういうルールで公開していくのかということとは必ずしも明確ではなかったといった点を含めまして、特に定期的にこういった知見を反映していくという点と、それから、どういうプロセスでその知見が反映されていくのか、そして、その結果、どうであったのかということについて、透明性を確保していくという観点からまとめております。

まず、関係者の役割ということで最初に書いてございますが、この科学的・技術的な知見につきましては、まずは原子力施設を運営する事業者自らが主体的に収集をして、保安活動の一環として安全向上に適切に反映していくということが大事ではないかと考えておりますし、また、我が国原子力施設全体の安全向上のため、収集した知見のうち大事なものについては他の事業者あるいは保安院にも適時、情報提供を図るべきではないかと考えております。また、新たな知見を収集し反映するためには時間も要するというので、中長期的な方針を立てて、計画的かつ着実に実施していただくことが必要であるというふうに考えております。

保安院といたしましては、原子力安全基盤機構（JNES）や事業者から入手した知見について、規制当局として耐震安全性評価に反映すべきかどうかを検討して、その結果を取りまとめていきたいというふうに考えております。また、必要に応じて事業者に対して耐震安全性の再確認を求めたり、更には後ほどまたご説明いたしますが、定期安全レビューという制度も活用しながら、確認をしていきたいと考えております。JNESにつきましては、知見の収集・蓄積を中心となってやっていただきたいと考えております。

1 ページ目の下から2 ページ目にかけてでございますが、それでは保安院として具体的にどういうことを考えているのかということでございますけれども、保安院といたしましてJNESや事業者から入手した知見を整理をいたしまして、基本的には1年サイクルで考えておまして、各年度の第1・四半期を目途に保安院の方の審議会でございます耐震・構造設計小委員会、ここに報告をして、専門家のご意見を聞いた上で反映するべきかどうか、どういうふうに反映するのかという考え方を取りまとめて、公表をしていきたいと考えております。もちろん、年度途中でありましても緊急に必要なものについては報告をしていくという考え方でございます。

また、（2）にございますが、事業者に対しましては敷地周辺の地質や地盤調査や地震観測の継続といったことも含めまして、知見の収集・蓄積等への取り組みを促していきたいと思っております。また、その中で重要なものについては保安院に報告を求めていきたいと考えております。更に定期安全レビューの制度を活用して確認していくということでございますけれども、3 ページ目に参考として定期安全レビュー、これは定期安全レビューのガイドラインでございまして、

その抜粋でございますが、書いてございます。

定期安全レビュー制度は当初、平成4年から保安院、当時資源エネルギー庁でございましたけれども、行政指導としてより品質保証活動の一環として、10年毎に総合的に再評価をしていくといった制度を取り入れまして、更に平成15年からは法的な位置付け、省令上に位置付けたということでございますけれども、定期安全レビューの実施の時期のところに書いてございますように、基本的にはPDCAサイクル、品質保証活動、この中の評価、これに位置付けられるものでございまして、日常的なあるいは短期的な観点のみならず、中長期的、10年程度の間隔で発電所の安全レビューを総合的に行っていこうと、こういう制度でございまして。

5.にもございますが、これまでも最新の技術的知見の反映状況の評価という考え方はこの中にございましたけれども、5の(3)にございますように、これまでは設備に着目をして、そのための安全研究ですとか、あるいは運転経験の反映といったことを中心にやってまいりました。従いまして、今後、この定期安全レビューという枠組みの中に耐震分野についても位置付けていきたいというふうに考えております。

また、もとにもどっていただきたいと思っておりますけれども、4. JNESの取り組みでございますが、JNESは知見の収集・蓄積、これの中心的な役割を保安院としては担っていただきたいと考えておりまして、関連する学協会、国内外の機関、そういったところからの情報の収集のみならず、2つ目のポツに書いてございますけれども、JNES自身が調査研究を行って、そこから得られた知見、こういうことも保安院に報告していただきたいと。また、今後、研究を行うべき課題等についても提案をいただきたいということでございます。更にJNESで実施しておりますこういった知見の収集、こういったものにつきましてもデータベースとして管理をして、原則としては公開していくという考えでございます。

こういった仕組み、枠組みにつきまして、保安院といたしましては本年度から早速着手をしたいと考えておりまして、また、定期安全レビュー制度につきましては、事業者における準備もございますので、来年度以降、着手していきたいと考えております。

現在、こういった考え方の下に、更に事業者に対して取り組みの要請を行うべ

く、準備をしております。また、今後、知見の収集結果等につきましては、原子力安全委員会にも適時、ご報告をしていきたいというふうに考えておりますので、よろしくお願い申し上げます。

簡単でございますが、説明は以上でございます。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

ただいまの原子力安全・保安院の報告といたしますか、耐震分野における新たな知見の反映の仕組みについてのご報告でございましたので、これについてご意見、ご質問をよろしくお願い致します。

高橋委員、どうぞ。

○高橋委員 出たり、出なかったりで、全体の経緯がよく分からなくて大変申しわけないんですが、今のご説明ですと、原子力安全委員会決定に基づいて仕組みを作ってくださいということで、お願いして仕組みを作っていたのでご報告いただいたと、多分、こういう経緯だと思うんですが、今後はいわゆる最後にちょっとご言及いただいたんですけれども、一般的な報告みたいな関与で十分だと原子力安全委員会としてはお考えなのか、この問題について何か特別な仕組みといたしますか、そういうのを作って、今後、引き続きこの問題に注意を持って払っていくのかと、この辺のお考えについてちょっとお聞かせいただければありがたいと思うんですが。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。

原子力安全委員会委員長からお願いします。

○鈴木原子力安全委員会委員長 ありがとうございます。

この点につきましては、今後、耐特委等のお考えも伺いながら検討していきたいと思っておりますが、現在のところ、まず、今日の19-2の資料にございますように、1ついわゆる定期安全レビューと称するもの、これが今法定化されてといたしますか、法律に基づいてそういうことを従業者がしなければいけないということになっているということで、その中で耐震安全性にかかる新知見の取り入れを併せて事業者に求めていきたいという、こういうのが一つの大きなポイントになっていると思うんですが、この点につきましては安全委員会は定期安全レビューの結果について、それなりのこれまでも報告を受けているんですが、このような耐震安全性に係る新知見の取り入れが適切に反映されているものかどうか

についても、併せて今後は報告を受けると、こういうことになると思います。高橋委員のご趣旨に従うならば、更にもうちょっと踏み込んで安全委員会としてのそれぞれの段階での確認といいますか、検討をすることを検討すべきかどうかという、そういうお話じゃないかというふうに理解いたしました。

これについて、私がちょっと感じておりますのは、これとやや趣を異にするんですが、原子炉の高経年化に関連いたしまして、今、運開後、30年を超えない範囲で、一度、かなりきちんとした原子炉の安全性評価をすることになっております。それで、今現在、30年を過ぎているものがかなり出てきておりますが、そういうものが今運転中であります。そういう中で耐震安全性のチェックも一応はなされているんですが、現在はそれと同時にこのようなバックチェックの作業が全てのプラントについて進行中ですので、従って、今、バックチェックの作業をしている期間といいますか、こういう段階では特に必要ないと思いますが、バックチェックの作業が終わった後以降においては、高経年化に対応した安全性のチェック、プラス定期安全レビューの結果については、やはりそれなりにバックチェックの成果を踏まえて、安全委員会としての関与の仕方というものを考えていきたいと、こんなふうに考えております。

ですから、一言で申し上げますと、バックチェックの作業においては実質的に既に安全委員会は関与していますので、本件についてはバックチェックの作業を重視してやっていきたいと思いますが、バックチェックの作業が終わった後は、このような新知見の取り入れについて安全委員会としての立場を耐特委のお考えも伺いながら、何らかの形で進めていきたいと、こう思っております。

○入倉特別委員会委員長 その他、ご意見、ご質問。伊藤委員、どうぞ。

○伊藤委員 保安院さんの方の話で2ページ目のところで、JNESの取り組みというところの上から3行目に、日本地震学会から4つほど学会を書いておりますけれども、これ以外にも日本機械学会でもかなりの人数が機械系とか、設備の耐震関係をやっている先生がおられますので、その辺もちょっと意識していただければありがたいと思います。

以上です。

○原子力安全・保安院（森山） 承知しました。そういったことも十分念頭に置きながら対応したいと思います。また、さっき原子力学会を中心に原子力学会、

それから機械学会も含めていろいろな取り組みが行われておりますので、我々もそういった点も十分留意して、しっかりと情報収集を図れるようにしたいと考えております。ありがとうございました。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

その他、ございますでしょうか。

それでは、特にないようでございますので、保安院におかれましては本日の議論、特に我々として今後どうすべきかということについて、高橋委員からのコメントに対して原子力安全委員会の委員長としての回答がございましたので、そういうことも踏まえて、引き続き検討をよろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、次の議題に移らせていただきます。

次の議題は、新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントの一部改正についてです。これについては前回の会合でご検討いただき、さまざまなご意見をいただきました。前回の会合でのご意見について、昨日、作業会合におきまして幾つか検討しましたので、それを踏まえて事務局で整理した改正案について紹介をお願ひしたいと思ひます。

それでは、事務局から説明をよろしくお願ひします。

○竹内審査指針課長 資料第19-3-1号でございます。前回の特別委員会に、これまでの柏崎刈羽、それから志賀のバックチェックを踏まえまして、昨年、決定しておりますこのワーキング・グループとしての共通の検討のポイントについて、新たに追加修正するという部分についてお諮りしたところでございます。前回、説明した際に、2つの部分について特にご議論がございましたので、そこについての修正案をご説明させていただきたいと思ひます。

まず、16ページになりますが、建屋・構築物に対しての上の Paragraph でございます。前回、お示しした際、「この様なことから以下の点に関し把握することが重要考える」という修正をご提案したところ、目的が何もなくなっているということのご指摘がございましたので、「耐震裕度の実態を明らかにするため」ということで、ここに追加させていただきたいと思っております。これが1点目でございます。

2点目は、次のページの17ページの耐震強化工事についてに係る部分でござ

います。ここのところにつきまして、耐震強化工事に関する位置付けにつきまして議論がございまして、特に第2パラグラフに関しまして前回の特別委員会では、こうしたことを踏まえ、耐震強化工事の理由と効果を明らかにする観点から、主要な建物、主要かつ代表的な設備について、工事前後の評価結果を確認することとするというようなことを追加すればどうかというようなご議論がございました。

それを踏まえまして、主要な建物ということをより明らかにする上では、耐震設計審査指針では安全上重要な建物と、構築物というような記載になっておりますので、こうしたことを踏まえ、耐震強化工事の理由と効果を明らかにする観点から、安全上重要な建物・構築物及び機器・配管系について、工事前後の評価結果を確認することとするという修正案を考えて提案させていただきたいと思いません。

それから、昨日、作業会合が開催されたということで、参考資料第1号に作業会合の概要を記載しておりますので、それについて少し補足させていただきたいと思いません。

この作業会合、このワーキング・グループのポイントについてとともに、4月3日の特別委員会に、それから2月17日の特別委員会におきまして、志賀のバックチェックの結果について議論していただいた際に、入倉委員長から、どういう方法で短周期レベル1.5倍の計算をしたのかということについて、直接、事業者から説明を聞いて、中越沖地震を受けての短周期レベルの計算結果について確認をとることを踏まえまして、開催したものでございます。

それで、昨日、入倉委員長、大谷委員、釜江委員、谷委員、東原委員のご出席をいただきまして、波形合成法における不確かさの考慮につきまして、検討していただきました。

議事内容につきましては東京電力より、こうした波形合成法についての説明を受けまして、断層モデルにおける実効応力の不確かさを考慮するため、主に2つの手法が示されました。一方、原子力安全・保安院におきまして、中越沖地震を踏まえた指示というのが昨年9月に出されました。これは震源特性が1.5倍ということがございましたので、そういったことを踏まえまして、断層モデルを用いた手法により、地震動評価における不確かさを考慮するところでは、短周期モデルを基本震源モデルの1.5倍にするという趣旨であったということ

説明していただきました。

また、東京電力から片貝断層、それから北陸電力から笹波沖断層、眉丈山第2断層の評価結果についての説明をしていただきまして、基本震源モデルから実効応力を1.5倍として計算する場合には、その手法によって短周期レベルの結果に差が生じるという場合があるという説明がありました。

こうした説明を受けまして、断層モデルを用いた手法による地震動評価におきましては、中越沖地震を踏まえた震源モデルの不確かさを考慮する場合には、地域特性を踏まえて短周期レベルを1.5倍にする必要はないと判断される場合を除いては、短周期レベルが1.5倍となる手法で評価されている必要があるということが確認されまして、こうした確認について、今後、ワーキング・グループとして共通的に確認をしていくということで、本日の特別委員会に報告するという事としております。

なお、この記載に関しまして、先ほどのワーキング・グループの検討のポイントの該当する部分でございますが、11/19ページの(2)の5)で、アスペリティの効力降下量については新潟県中越沖地震を踏まえて設定されているということについて、修正する必要があるかどうかということもご議論いただきましたが、ここの部分はこのままでもいいんじゃないかということでもございました。

資料19-1-3号につきましては以上でございます。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

2つご説明がありましたので、最初に前回の特別委員会でワーキング・グループでの検討のポイントに関する議論の中での2つのポイント、16ページの耐震裕度にかかわる基礎データについてが一番最後のところ、そこと耐震強化のその2点をご議論いただいた件について、今回、修正案が出されている件について、ご意見をよろしくお願ひします。検討のポイントの方について、2つの修正案について、今日、皆様のご意見が加わった上で決定したいと思ひますので、よろしくお願ひします。

秋山委員、どうぞ。

○秋山委員 これは、施設の健全性の方でもいろいろと検討してきたことでありまして、特にバックチェックにおいても旧指針で設計されたものが概ね安全性が確保されていること、それはなぜかという意味で、耐震裕度の実態を明らかにす

るということが一つの重要な眼目であるということです。

それから、もう一つ。もし耐震強化をするのであれば、新旧指針に照らして、何ゆえにそういうことになったのかということをはっきりさせることによって、旧手法と新手法との連続性、それから耐震裕度の確保、そんなことも立体的に明らかになってきますので、こういうふうな論点を重視するということが大変重要であるということを、こういうふうな形で示していただければ、また、健全性の方で議論してきたこととも完全に合致いたしますので、大変結構なことだと思います。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

その他、ご意見はございますでしょうか。

特にございませんようでしたら、前回の議論も踏まえて健全性の委員会でもご議論いただいたということですので、この2点、前回の会合における論点について、今回、改正された点についてはご承認いただけるものと思います。

それで、もう1点についてですけれども、バックチェックにおいて中越沖地震の反映の一つとして、短周期レベルを基本モデルに対する1.5倍をばらつきとして検討すべきというのが保安院の指示にあったわけですが、それについて事業者の方法について必ずしも明確ではないのではないかと。実際に1.5倍というものはどういうものかについて、必ずしも方法論が正確に行われているかどうか、ご意見がございましたので、作業会合において特にこの論点に絞ってご説明いただきました。

先ほどご説明がありましたように、もちろん、こういう計算法にはいろんな手法があるわけですが、典型的な手法としては2つに分けることが出来る。1つは応力降下量、実際には実効応力というべきなんですけれども、実効応力を1.5倍にすると同時に短周期を1.5倍にするという、そういう手法で基本モデルに対する基準地震動の計算に対して、短周期レベルが1.5倍になるような計算をする、そういう方法についてご説明いただいたのと、もう一つの方法は実効応力は1.5倍になるけれども、実効応力を1.5倍ということを拘束条件として計算すると、短周期レベルは必ずしも1.5倍にならない。大体の値としては1.3倍程度という少し高周波というか、短周期が足りないような計算法もある。

そういう2つの方法が混在して説明されている可能性があるということで、こ

れまでに例えば柏崎刈羽であるとか、北陸電力の説明の中で北陸電力に関しては混在があったわけですけれども、東京電力に関しては両方とも1.5倍になるということ、そういうことが分かりました。そういう意味で、保安院の指示に従って基準地震動を評価する場合には、短周期レベルが1.5倍になるような計算法をとるべきではないかということが、昨日の作業会合では確認されたわけです。

それを事務局にまとめていただいたんですけれども、これに関して何かご意見がございましたら、計算法のことですので、なかなか、本日、このような大きな会合でご説明いただくのは難しいということもございましたので、作業会合で詳しく理論的な計算式の説明及び実際に計算結果も併せてご報告いただきましたので、今日何かコメントがございましたらお受けしますけれども、特になければ、今後、作業会合で確認した方法で事業者の評価をお願いするという形にさせていただきたいと思います。

何か、本件に関してご意見はございますでしょうか。

特にございませんようでしたら、先ほど事務局からご説明いただいた考え方で、今後、進めさせていただくことにします。

それでは、次に移らせていただきます。

続きまして、耐震安全性の評価に際して事業者が取り組むべき必要な事項について、検討を進めさせていただくわけですけれども、前回の会合の時に少しご意見がございました。安全委員会に対する要望事項であるとか、見解とか、いろいろなそれをどういうふうにか考えるか、要望あるいは見解というものは、どういう違いがあってということなんかがあったわけですけれども、これに関して前回、要望としてまとめていただいた件について、その後、事務局で検討していただきましたので、ご説明をよろしくお願いいたします。

○竹内審査指針課長 前回の特別委員会で2つご説明をしました。一つは本日、参考資料第2号で添付しております、新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価結果の中間報告等に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見の追加ということで、応答スペクトルに基づく手法について、事業者に指示することということをご議論いただきました。それとともに、あと一つ柏崎刈羽原子力発電所、志賀原子力発電所の見解を踏まえた耐震安全性の評価に際しての原子力安全・保安院への要請事項案ということをご議論いただきま

して、特に2番目に申しあげました要請事項というのと、1番目の意見の追加ということとの違いですとか、そういったところを少し整理してというご指示がありました。

本日、その検討を踏まえて、第19-3-2号ということで用意させていただきました。位置付けとしましては、参考資料第2号で決定していただいているような意見ということについては、バックチェックをこれから進めるのに、速やかに対応していただきたいというものについて、保安院に対して意見を述べるということで整理しているものでございますが、今回のこの3つの項目ということについては、耐震安全性の評価に対して事業者が取り組むことが今後必要な事項ということで、バックチェックの結果の検討課題において、いろいろと出てきた事項を整理して、必要に応じて手引きへの反映というようなことも含めて対応していくための、検討して出てきた検討事項を整理するという位置付けにしたいというふうに考えております。

そういう意味で前書きの部分を大分修正しましたので、ちょっとそこだけ読み上げさせていただきたいと思います。

耐震安全性評価特別委員会は、これまで新耐震指針等の内容に照らした既設発電用原子炉施設の耐震安全性の確認に関して、保安院における検討に際して必要な意見を述べてきた。

また、当特別委員会は、東京電力柏崎刈羽原子力発電所7号機及び北陸電力株式会社志賀原子力発電所2号機のバックチェックに係る保安院の評価結果についての見解を示したところである。

当特別委員会は、常に最新の知見を反映した電子力施設の安全性確保の取り組みが重要であるとの観点から、地震という外的事象に備えた耐震安全性の向上に対して更に不断的努力が必要と考えており、上記のバックチェックの検討過程等から、今後、耐震安全性の評価をする上で、以下に示すとおり、事業者が取り組むことが必要な事項を整理することとした。

なお、この内容は、今後のバックチェック結果の検討過程において、追加すべき事項等が見出された場合には見直すこととし、必要に応じて、地質・地盤に関する安全審査の手引き検討委員会において、改定作業を進めている「原子力発電所の地質・地盤に関する安全審査の手引き」へ反映することとするということで、

前回、お示ししました活断層の調査・認定に関しては、活断層の調査・認定に際して活断層等に関する安全審査の手引きを踏まえて、精度の高いデータの提示、認定根拠の明確化が必要である。

例えば、海域の地層の年代決定においては、信頼性の高い層序・年代の資料を用いること、並びに層序・年代を決定した地点と断層活動性を評価した地点との間の地層の連続性や対応関係について十分な説明を行うことに注意する必要がある。また、断層端点の正確な決定並びに断層の三次元形状や断層相互の三次元的な位置関係の把握においては、断層と直角に近い角度で交わる測線を密な感覚で配置した音波探査データに基づく、すみません、「評価が必要であり」です、申しわけありません、修正させていただきます、基づく評価が必要であり、調査検討に際してはこれらに注意する必要がある。

事業者は、今後、このような認識を持って調査検討をするとともに、評価に用いたデータを広く公開することに努める必要がある。

2番目に、津波に対する安全性評価について。

敷地近傍の海域に活断層が存在する場合の津波に対する安全性評価においては、震源断層の局所的なすべりが津波高に大きな影響を及ぼす場合があることから、事業者は、今度とも、常に最新の知見に留意し、数値計算結果の精度向上に努める必要がある。

3、震源断層の活動に伴う基礎地盤の変形の影響評価について。

敷地近傍に耐震設計上考慮する活断層が存在する場合には、震源断層の活動に伴い基礎地盤が変形する可能性があり、このような変形が想定される場合には、原子力施設の耐震安全性の向上に資する観点から、事業者は、基礎地盤が震源断層の活動によって受ける変形を適切な手法により、地形・地質データを総合して評価することが望ましいということでもまとめておきまして、今後のバックチェックの検討の過程におきまして、更に追加することがあればこのペーパーに追加し、必要があれば手引きへの反映ということに活かしていくという位置付けで整理をしたいというふうに考えたものでございます。

以上です。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。

ちょっと前回の議論の経過について私から補足させていただきます。前回、参

考資料、今、ご説明がありました第2号という形で、原子力安全・保安院における検討に際しての意見という、意見の追加ということですから、原子力安全委員会から保安院に対する意見を出すということと、もう一つ別の文書として保安院への要請というのがある、その2つ違う文書として出されたわけですね。それについて、それがどういう性格のものかということに関して委員からのご質問があったわけです。

それで、意見というものはどういうものかということは、参考意見のところ、今、ご説明がありましたように3行目のところに、原子力安全・保安院における検討に際しての意見、だから、原子力安全委員で検討する時に、こういうことを考えてくださいという意見を安全委員会から出すという性格のもので、これについてはこれまでも何回かに亘って意見を述べてきて、今回、応答スペクトルの手法に関しては、これまでの意見の追加という性格のもので、これに対しては前回の安全委員会で議長預かりという形でまとめさせていただいたものです。

もう一つ、保安院に対する要請という文書があったわけですが、意見と要請ということで、少しきちっと文書の性格を明確にしてほしいというご意見がございました。私も少しそこを前回ご説明を間違えていたんですけども、今回、そこは明確になっていると思うんですけども、保安院に対する要請というのは、実は原子力安全委員会がバックチェックを検討する時に事業者が説明するわけですが、事業者に追加的にこういう調査をすべきであるという、どちらかという事業者に対する追加調査事項、調査すべき事項というものを事業者から原子力安全委員会から言いたいわけですが、バックチェックの仕組みとしては、保安院で検討したものを原子力安全委員会がするということでしたので、特に保安院の検討における意見ということではなくて、事業者に追加的調査をお願いすると、要望するという、そういう性格のもので、そういう文書を保安院に対する要請という文書で出すと、かえって明確にならないということで、今回は文書としては耐震安全性評価に際して事業者が取り組むべき必要な事項ということで、安全委員会としての考え方を整理しておくという文書にさせていただいています。それで、ですから、安全委員会として検討を行う場合、事業者にこういう追加的調査をしてくれという中身のものとご理解いただくといいと思うんです。

それで、その中身としては前回も議論にありましたように、活断層の調査・認

定に関することと、あと津波に対する安全評価に関すること、及び震源断層の活動に伴う基礎地盤の変形の影響評価について、これについて事業者が追加的に資料を提出してほしいという要望を原子力安全委員会としての見解をまとめておくという性格のものという形でまとめていただきました。

本件に関してご意見をよろしく申し上げます。中身については前回、議論させていただきましたけれども、今回、もう一度、ご意見をいただいても結構です。これはワーキングでいろいろ議論する時に、調査が十分でないといふことがございますので、追加的に資料提出をお願いしたいという、そういう性格のものと考えていただくといいと思うんですけども、よろしいでしょうか、これについてご意見は。中身についてはよろしいでしょうか。この中身については、ワーキング等の検討で出された意見を事務局がまとめたものです。

高橋委員、どうぞ。

○高橋委員 前回、お願いした立場の人間としては、これで性格がはっきりしたので、これで結構だと思います。どうもありがとうございました。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございます。

その他、ご意見はございますでしょうか。特にございませんようでしたら、これを前回、ご議論いただいたように今後、事業者に追加的検討をお願いしたいというふうに思います。

それでは、どうもありがとうございました。

大谷委員、どうぞ。

○大谷委員 ちょっと先ほど申し上げればよかったんですが、1つ前の19-3-1の検討のポイントの資料に、いわゆる二重線があったり、吹き出しがあったりするの、最終的にはなくなると思ってよろしいんですね。吹き出しがついたままのものが内規として残るわけではないということでもよろしいでしょうか。ちょっと確認だけさせてください。

○入倉特別委員会委員長 事務局、お願いします。

○竹内審査指針課長 変更のところが分かるようにということで、今日、こういう形で用意させていただきましたが、「案」が取れたバージョンで各ワーキング・グループに配付する時には、きれいなものを用意いたします。

○入倉特別委員会委員長 それでは、次の議題は原子力施設の耐震安全評価手法

に関する調査結果についてでございます。

昨年度、原子力安全委員会事務局において科学技術基礎調査等委託調査の枠組みで、原子力施設の耐震安全評価手法に関する委託調査が行われました。当該調査結果には当特別委員会の検討において、非常に有意義なデータがあると思われるので、事務局からご紹介いただきたいと思っております。

それでは、事務局から説明をよろしく申し上げます。

○松本安全調査官 まず、資料第19-4-1号の方、こちらの方、事務局の方から簡単に平成20年度の委託調査そのものの概要だけ、ちょっと簡単に触れさせていただいて、詳細は後ほどということで説明させていただきたいと思っております。

まず、原子力施設の耐震安全評価手法に関する調査結果ということで、平成20年度安全委員会の事務局の方でやったものでございまして、委託先が原子力安全技術センターの方でまとめていただいております。それで、先生方の机上的の方にCD-ROMを配付させていただいております。本日、パワーポイントで後ほど説明いただく部分の他に、今年度の調査結果報告書という形で、PDF版で先生方の方にお配りさせていただいております。

それで、調査の項目なんですけれども、大きく3項目ございまして、まず、こちらの耐特委ワーキング等の方で議論になっているところで、一番大きな点ということがございまして、震源を特定せず策定する地震動の評価に関するところということで、これらに関する知見の収集・整理をまず行いますというのが1点ございます。それから、あと震源を特定せず策定する地震動の試算ということで、こちらの方の評価する上でバックデータとして活用出来るのではないかとということで、試算したものでございます。それから、あともう1点ございまして、耐震指針の方の改定を踏まえまして、残余のリスクに関するものということで、関連する知見の収集・整理ということで、大きくこの3項目に亘って今年度、委託調査をやってございます。

その中のまず1点目ということで、地震動に関する最新知見の収集・整理ということで、こちらの方、まず、指針改定後の議論ということと、その後の研究の進展状況、こういうようなものを整理ということでまずやってございます。その中では大きなところだと、地震調査推進本部ですか、そちらの方と他機関のものを対象に研究状況、対応方針、そういうようなものをまず整理・収集を行って

いるのが1点でございます。

それからもう1点、新潟県中越沖地震の影響評価ということで、そもそも新潟県中越沖地震がどういうものだったのか、そういうような特徴をまず整理しておきましようかということがございまして、こちらの方、実を言うと試算してございます。本日、お配りしている資料の中でアンダーラインをしているところは、後ほど詳細に計算していただいておりますので、計算そのものは実を言いますと、財団法人地域地盤環境研究所というところでやっておりますけれども、詳細に後ほど説明される部分というふうにご理解いただければと思います。

それから、地震動の試算ということがございまして、まず、中越沖地震を他の地盤構造に適用した場合、どうなのかというのが1点、それと、あと断層モデルを仮定した時の地震動評価ということで、大体Mj 6.8、7.1の断層モデルを仮定して地震動を試算しておりますので、その結果を後ほどご紹介いたします。もう1点がございましてけれども、こちらは③ということで書いてありますけれども、基準地震動の策定の考え方ということで、これをまとめているのは上の方の2点を検討するのに際してまとめたものというふうにご理解いただきたいと思います。

それから、あと残余のリスクに関する知見の収集・整理ということで、国内外の実施事例の調査、それと、あと確率論的評価導入に向けた課題の整理ということをやっております。

それから、あと最後、今年度の予定ということで、まだ今年度も引き続きということで残余のリスクの関連でいいますと、平成20年度の委託調査で整理された内容で課題として整理されてございます。

まず、発生確率の平均像を把握する方がいいのではないかというような議論がございまして、今、そういうようなことを考えてございます。それから、あとレシピに基づくハザード評価の可能性ということで、レシピそのものでいいますと、今、確定論ということでやっているというのがございましてけれども、それをハザード評価する上での可能性について探りましょうというようなことが課題として上がっていると。それから、あとは地震ハザード結果の信頼性の確保、こういうようなものについて検討しましょうということで、引き続き今年度、今、引き続

き検討することを予定してございます。

それから、あともう1点、地震動の試算というところでもございまして、今年度の委託をまとめた中で、試算をした後でちょっと関係する先生方の方から、中越沖を踏まえて、傾斜角 30° の方もやればよかったねと。本日、これと若干後ほどありますけれども、 30° のやつをちょっとやるような方向で、今、検討を進めているというような状況でございます。

それでは、一応、事務局からの説明は以上です。

それで、実際の細かなところをすみません。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 地域 地盤 環境 研究所の宮腰と申し上げます。

本日は、基準地震動策定のための手法の整備及び地震動の試算支援業務につきまして、ご説明させていただきたいと思っております。

まず、本検討の目的ですけれども、断層モデルによる震源を特定せず策定する地震動の評価方法の考え方の整理を行うということ、そして、その地震動について試算を行うということがまず大きな目的です。それにつきまして中越沖地震というのが $M_j 6.8$ ぐらいの地震ですので、この地震は無視出来ないということ、この地震と同規模の地震が他のサイトで発生した場合は、どのようなものになるかということも検討項目に加えております。

1として地震動の試算のIとして、中越沖地震の断層モデルによる影響評価。中越沖地震の断層モデルはいろいろあるんですけれども、その中で適切な震源モデルを選んで下記のサイト、軟岩サイト、硬岩サイトにつきましてシミュレーションを行うと。その差が出てくるかということ等々を調べております。

2、3に関しては、2は3のための整理なんですけれども、微小地震の深さ分布や震源インバージョン結果等の整理から、地震発生層の層厚についてまず検討を行っております。そして、その地震発生層の層厚に基づいて特定出来なかった地震の地震規模を設定し、断層モデルを用いて、またこのような軟岩サイトと硬岩サイトの地震動のシミュレーションを行うということをやっています。

まず、地震動予測のシミュレーションの方法について、概要を説明させていただきます。まず、重要なのは3つありまして、3つの要素をいかにモデル化するかということが重要になってきます。1つは震源断層のモデル化。これは震源の

特性、例えばアスペリティがあるとか、すべりの方向とか角度とか、そういうことをモデル化する必要があります。そして、もう1つが地殻構造のモデル化。これは地震波の伝播特性をモデル化すると。最後に3つ目、これは地盤の増幅特性です。やわらかいとか、かたいとかいうこと、こういうような効果を選んで、このような地震の震源の特性、そして地震波の伝播の特性、地震波の地盤の増幅特性、これを例えば周波数レベルで考えるとこのような掛け算になりまして、強振動予測が可能であるということになるわけです。

ところが、これは概念ですけれども、もう少し細かく言うと大地震の波形合成を一体どうやってやるかということなんですけれども、大地震は実際にこのような大きな断層面を持っておりまして、計算手法に関しましては、このように大きな断層をあるグリッドに分けて、各要素地震、今、ここで要素断層と言っていますけれども、このようなグリッドに分けたところに点震源を設置します。そして、波を例えばここを破壊開始点とすると破壊の開始時刻の時間遅れに従って波を足し合わせていくということを行います。断層の破壊過程を考慮して要素地震を重ね合わせるんですね。それに対しまして破壊の伝播効果、地震波の伝播特性を考慮して、更に地盤構造モデルから地盤の増幅特性を考慮すると、このような大地震の波形合成が出来るというようなことであります。

この時の計算する方法としましては3つあります。1つは経験的グリーン関数法（EGF）というものと、理論的グリーン関数法、これはDWM、Discrete Wave-number Methodというんですけれども、これは一つの例です。他にもありますけれども、今回使っているのはこのDWMという方法を使っています。

簡単に説明させていただきますと、経験的グリーン関数法というのは、特徴的なのはこの小地震というか、一個一個の要素断層につきまして、これは地震記録を使いますと、余震記録を使いますというのが一つの特徴です。観測記録には既に地盤の増幅特性とかが入っていますので、特に堆積層の影響等を考えなくてもいい。ただ、欠点としましてはここで必ず観測記録がないといけないということになります。

もう一つの理論的グリーン関数法に関しましては、先ほどのは余震記録だったんですけれども、ここでは理論的な波形、実際の震源のメカニズムというものを与えて、そこから理論的なグリーン関数というものを計算して波形を計算します。

そこで重要なのは、この計算サイト直下の地盤構造のモデル化がちゃんと出来ないといけないと。例えばここだったらS波速度構造とか、P波速度構造、いわゆるG波速度構造もちゃんと分かっていないといけないということで、これは主に周期1秒以上の長周期地震動の計算によく使いますし、こっちは1秒以下のこれも基本的には広帯域なんですけれども。

もう一つは統計的グリーン関数法（SGF）というのがあります。これは経験的グリーン関数法のかわりに実際の地震波がない場合、観測地震波がない場合は、このように人工的な地震波を使って模擬地震動を作って、それを要素地震として波形の解析を行うということです。これも利点は先ほども申しましたが、観測記録がない場合はこのような計算方法が出来る。ただし、重要なのは地盤特性、地盤の増幅特性をどういうふうに評価するかということが重要になってきます。

ハイブリッド合成法というのはどういうものかということ、短周期波形、周期約1秒以上についてはこのような細かい非常に高周波数、定周期の波につきましては、経験的グリーン関数法（EGF）あるいは人工的な波形（SGF）を使いましょう。そして、長周期波形に関しましては理論的な地震動、この場合は波数積分法、DWMとか、あと本当は三次元地盤構造モデルがちゃんと分かっているのだったらFDM、三次元差分法を使いましょう。それぞれいいところを取り出しまして、短周期と長周期の波形をこのように合成してやるとハイブリッド波形、これは広帯域での精度があるというようなことがあります。今、我々はこのような地震動の計算を行っています。

まず、地震動の試算Ⅰとしまして、中越沖地震の断層モデルによる断層の評価ということで、これからお話をさせていただきます。

まず、中越沖地震の概要ですけれども、まず、2007年の中越沖地震の震度分布をここに示しております。2007年の中越沖地震というのは深さ約10kmぐらいで起こっています。この地震の気象庁マグニチュードは6.8、遠地地震データのインバージョンから推定されたモーメントマグニチュードは約6.6、震度の大きいところは、震度6強があるところは震源の南東の海岸線、新潟の刈羽村から柏崎、ここら辺に集中。また、柏崎の原子力発電所では震度7相当値が記録されているというのが概要です。

まず、余震分布はどういうふうになっているかということ、これは余震分布で、

ここは本震、これが本震のメカニズムです。この本震のメカニズムから北西方向、南東方向に圧縮軸を持つ逆断層タイプということがまず分かっています。また、ここに示したのは各1から14までのセクションごとの、こちらの方向から、北西方向から見たセクション断面図、余震の断面図です。それぞれ、ここが1、2、3、4、5で、この対応に対応しています。例えば今、7を取り出したのはここなんですけれども、この余震分布を見ると南東傾斜というのが見えてきます。一部、ここら辺では逆の変数も見えるんですけれども、一応、東大の地震研からは南東傾斜の存在を示唆するということを述べられています。

次は、ここでは観測波形です。震源近傍での観測波形の特徴としまして、キックネット、ケイネット、そして原子力発電所のサイトの波形をここに示しております。1つ特徴的なのはパルスが3つある。これがまずパルスの1つ目、そして第2パルス、そして第3パルスというふうに3つあるということが分かると思います。この3つのパルスから3つのアスペリティ、いわゆる大きなすべり度を持つ領域というのは、この地震では3つあるということが示唆されます。

今度は柏崎刈羽原子力発電所の加速度の記録の特徴を示します。ここで示すのは1号機と5号機の地表と地中の記録を示しております。これは加速度記録ですね。上が1号機で下が5号機です。1号機と5号機は約1.5 km違います。こちらはNS成分でEW成分、地表と地中となります。

特徴的なところは、地中の記録なんですけれども、地中の記録の最大化速度が680 galだったということ。一方、1.5 km離れた5号機では442 galということで、1.5 kmしか離れていないんですけれども、加速度が約3分の2ぐらい違うということで、これから1号機と5号機で地下構造の違いとか、そういう地盤特性の違いによって、このような影響が出ているのではないかとということが示唆されるわけです。

ここではPGAとPGVの距離減衰式の比較を示しております。PGAは最大化速度、PGVは最大速度です。横軸が震源からの距離、縦軸がこちらの方はPGA、最大化速度、こちらが最大速度を示しています。赤が原子力サイトの地表で得られている最大化速度、約1,200ぐらいだと思ったんですけれども、こちらは地中です。この線は司・翠川（1999）による経験的な距離減衰式を示しております。地表で観測された多くの観測点は、ほぼ司・翠川の式に乗って

いるということが分かると思います。ところが、この原子力発電サイトに関しては、そのものよりもかなり大きいということがここで示されます。

このような大きな影響というのは何か。地盤の増幅効果によるものなのか、それとも伝播経路、今、1つ後で示しますが、フォーカッシングということを行っていますけれども、フォーカッシングによるものなのか、あるいは震源特性によるものなのか。この3つがまた重要になってくるんですけれども、こういうものを今から解明していくということが目的になります。

新潟県中越沖地震の震源特性としまして、次に話させていただきます。

震源インバージョンとその震源モデルによる波形計算例としまして、Aoi et al. (2007) の論文をとってきたものです。南東傾斜モデルでして、これは海から陸側にかけて傾きがあるものですね。これは、この震源モデルから計算される波形と観測波形の比較を示しています。黒がオブザベーション、観測波形で、赤がシンセティックで計算波形です。この黒をターゲットにして、オブザベーションをターゲットにして、このオブザベーションに合うようにインバージョンをかけてすべり分布を得ると。そのすべり分布から計算される理論的な波形は赤、このように、この程度、フィッティングがあったと。

ここで重要なのは、特徴的なのは3つのアスペリティが得られるということです。この3つのアスペリティというのは、すべりが大きな領域というものを抽出しているんですけれども、先ほど3つのパルスと言いましたが、強振動が生成されているとか、ここでは3つ出てくるということが言えます。

あとでちょっと特定化震源モデルというのが出ますので、特定化震源モデルについて説明させていただきます。震源インバージョンによる震源モデルというのは、そこにすべり分布があるわけですが、これに対してSomerville他(1999)の規範に従いまして、全体の平均すべり量の1.5倍以上のすべりを持っていたところ、ここなんですけれども、こういう部分を持つところを抽出して、たくさんすべりのあるところ、アスペリティ部分と、あとそれ以外、背景と言うんですけれども、背景領域、このように認知化してたくさんすべる部分と、そんなにすべらない部分、こういうような認知化したものを特性化震源モデルと言います。

中越沖地震の震源インバージョン結果というのは、多くの研究者によって研究

がなされておりまして、研究者の方々に震源インバージョン結果を提供していただきました。今、ここでは主な研究成果をいただいた6つの震源モデルをここに示しています。1つが引間・額瀨さんのモデル、2番目がAoiさんのモデル、3つ目が堀川さんのモデル、4番目が宮腰のモデル、5番目が芝さんのモデル、6番目がNozuさんのモデルで、それぞれ震源の深さとか、走向もバリエーションはあるんですけれども、大体30とか40°ぐらい、傾斜も30°から40°ぐらいというふうになっているんですけれども、また、震源インバージョンに用いている観測点の点数も観測者によって違ってきます。

ここで震源インバージョンの結果を示しています。それぞれモデル1からモデル6。それで、ここでまずすべりを先ほどのSomerville et al. の規範に従いまして、平均すべりの1.5倍以上を持つ領域、それはアスペリティなんですけれども、そのアスペリティを抽出しております。アスペリティの位置を見ると、この震源インバージョンの結果からかなりバリエーションがあるということが分かります。

ただし、共通的なことはアスペリティの個数というのは大体3個から4個ということなんです。ですから、アスペリティが3個から4個というのは人に共通的なんですけれども、この位置に関してはちょっと各研究者によってばらつきがありますよ。この原因に関しましては各研究者によって、震源からサイトまでの地盤構造モデルというのを使っているのがまず違うということと、あと、観測点の配置も違うということ、また、ここの観測点、ここは海側に地震が面していますので、精度が余りよくないということがありまして、このようなばらつきがあると考えられています。ただ、重要なのはここに3つアスペリティがあるということが重要だと考えます。

今、結果を横軸は地震規模、地震モーメントで、縦軸はラプチャーエリア、これは断層の破壊領域を示したものです。この青の線は先ほど述べましたが、Somerville他（1999）が内陸の地震を主に北米大陸で起きた地震から、経験的な相似関係が成り立つというものを示しております。また、宮腰他（2000）で日本の内陸地震を検討していきまして、それとほぼ調和するというので、このような地殻内陸地震で平均的な関係はここに乗っていますということが示されていますが、今回の新潟県中越沖地震もここに乗るということは、中越沖地震

の断層面積というのは平均的なものであったということが言えます。

次に、中越沖地震の断層全体の平均すべりを示したものです。これも横軸は地震モーメント、縦軸は今度は平均すべり量です。こういうような平均すべり量で示しますが、これもSomerville他（1999）の相似的な、経験的なデータに乗っているということがあって、この平均すべり量に関しましても、中越沖地震は他の地震と平均、調和的であるということが言えると思います。

ところが、今度は中越沖のアスペリティ面積について着目します。これも横軸は地震モーメントで、これは先ほどのアスペリティ面積を合算したものです。これを見ますと、Somerville他の実線に比べるとほとんどの研究者のアスペリティ面積というのは小さく出ているということが分かると思います。これは何を示しているかということ、ここに実線を示したものは応力降下量に関するものなんですけれども、実線に乗っている時の応力降下量というのは10.5 MPaになります。アスペリティの平均応力降下量が10.5 MPaなんですけれども、これを1.5倍、2倍にしたものがピンクと水色のラインです。これを見ますと、今の赤の震源インバージョンで得られたアスペリティの面積から考えると、アスペリティの平均応力降下量に比べて、中越沖地震の応力降下量というのは約1.5倍ぐらい大きいのではないかということが言える。このような結果が得られました。

次に、2番目としまして新潟県中越沖地震における震源モデル化、最適な今度は震源モデルを作るということをやっていきます。

ここでいろんな地震、ここで今お見せするのは時間の関係上、モデルAとモデルBの2つですけれども、実際には3つやっています。今、ここでお示ししますのは、モデルAとして川辺・釜江モデル（2008）、モデルBとして倉橋・入倉（2008）です。この方法はEGFと書いてありますように、経験的なグリーン関数を用いたもので、それぞれのこのようなアスペリティとか、強振動生成領域エリアを飽和度モデリングでシミュレーションして得られたモデルです。

特徴的なのは、モデルAの方は要素地震を1種類、2007年7月16日の地震を1つだけをアスペリティ1、2、3で模擬していると。一方、モデルBの方はアスペリティ1、2に関しましては、要素地震1なんですけれども、アスペリティ3に関しては、もう少しアスペリティ3に近い要素地震を使ってシミュレーションをしているということです。あと、もう一つ違うことは、モデルAに関し

ましてアスペリティ 1、2 は同一面上にあるんですけれども、アスペリティ 3 の面は 1、2 に比べて浅いということで、モデル B は 1、2、3 は同一面上にあるということです。

まず、結論から申しますと、三次元地盤構造モデルを仮定した場合の最適モデルというのはモデル A であるということ、そして水平成層構造モデルを仮定した場合の最適モデルはモデル B ということ。一見、これは同じように見えますけれども、何が違うかということ、モデル A に関しましては破壊開始点はアスペリティ 3 の上端が大きな違いでして、もう一つの方は破壊開始点はアスペリティ 3 の中央というのが大きな違いです。

まず、モデル A モデル A のシミュレーションに関して、ご説明させていただきます。

柏崎刈羽電子力発電所の周辺の三次元構造モデル化としまして、釜江・川辺（2008）が作っているんですけれども、これの概念図です。この視点の方向から地盤構造モデルを見ているんですけれども、かなり複雑であるということが分かります。彼らはこのような地盤構造モデルでモデル A を使って、三次元のシミュレーションをやっています。

ここで、今、お見せしているのが最大速度 P G A の分布を示しております。これはモデル A でアスペリティ 1、2、3 で、ここは K K 1 が 1 号機で、K K 5 が 5 号機です。ちょっと見にくいんですけれども、1 号機と 5 号機の最大速度分布を見ますと、1 号機の方は赤に近くて、5 号機の方が緑に近いということで、ここは 1.5 km ぐらい違うんですけれども、このような差が出てきています。これはこの a - a' 面の最大速度分布を示したものですけれども、下はこの三次元速度構造の断面を示したものです。K K 1 のここなんですけれども、K K 1 のところで大きな最大速度を示しているということが結果で得られています。

では、波形はどうかということで、波形をここに示しているんですけれども、黒がシンセティックで、赤がオブザベーションです。この場合、バンドフィルターは 0.6 から 20 秒までで、地盤の増幅特性を考えて、ここではシンセティックのところは約 1.5 倍していますけれども、波形とよく整合していると、波形と一致しているということですね。釜江・川辺（2008）としては、三次元地盤構造モデルによる地震動のフォーカシングということを指摘しています。

これとはまた別の検討で、三次元の地盤構造モデルを用いた地震波線の集中を Petuhin et al. (2009) で検討しております。地震波線というものなんですけれども、まず、単純にこちらの方で説明させていただきますと、このような均質地盤構造モデル、いわゆるただ一層のモデルの場合、このようにアスペリティ3から点震源を仮定して、1号機に対してこのような真っすぐな波線が出てきます。ところが、三次元地盤構造モデルの場合だと、それぞれの地盤の境界面の形状や地震波速度が違うので、このように波線が曲がっていく。そして波線が曲がっていくにつれて、波線の集中が起きるといことが起きます。そのような効果を Petuhin et al. は計算しております。

これは Ray tracing によるアスペリティ3の点震源から1号機までのS波の伝播時間を示したものです。この一個一個の横軸が時間を示しています。縦軸は Ray の集中の度合い、係数を示したものです。左が三次元地盤構造モデルの Ray tracing の結果、右が均質地盤構造モデルの Ray tracing の結果です。これで重要なのは、ここの赤の破壊開始点から全ての破壊が終わるまでに1.7秒ぐらいなんですけれども、均質のモデルだと約2秒ぐらいと、要するに長くなっていると。長くなっているということは、波形の集中の方がこちらで起きているということを示しています。ですから、三次元地盤構造モデルの波形の集中というのがここで確認出来ます。

このような波線をモデルAに関しまして、アスペリティ1、2、3で波線の Ray tracing によるS波走時を全部計算しまして、経験的グリーン関数を用いまして波形合成したのがこの結果です。これはモデルAでして、これは1号機の結果で、左がNS-EWで、上から加速度、速度、変位です。黒がオブザーションで、赤がシンセティック、計算波形を示してまして、例えば速度波形ですと非常によく観測波形を説明出来ています。特に、それでこれがアスペリティ1、2、3なんですけれども、このような3の大きな地震動を説明出来るということです。

この結果から考えると、三次元地盤構造モデルを考慮した最適な震源モデルというのはモデルAになります。

次、モデルBを考えるんですけれども、実際の原子力サイトにおきまして、三次元の地盤構造モデルが詳細に分かっているサイトというのはなかなかないと。

その際、よく使われるのが水平成層構造、ボーリングデータなり、何らかを使って、それを水平的にモデル化して、それで地震動を計算するという方法がよく用いられます。

柏崎刈羽原子力発電所における一次元のモデル化としまして、ここでは精力的に反射法探査が行われていまして、これに基づいて釜江・川辺（2008）は、ここでは $V_s = 1.16 \text{ km/s}$ の上面の震度の例を示しているんですけども、三次元の地盤構造のモデル化を行っています。ここが1号機と5号機なんですけれども、1号機と5号機の直下のS波速度を示したものがこれです。これが1号機で、これが5号機です。

モデルAに関しましては、この構造モデルを使って三次元差分を計算しましたが、今度はモデルA、モデルBに関しましては1号機の一次元構造モデル、5号機の一次元構造モデルを使ってシミュレーションを行うということをします。例えば $V_s = 1.16 \text{ km/s}$ なんですけれども、1号機では大体700mぐらいの深さなんですけど、5号機では300mぐらいで、非常に大きな落差があるということが分かってきます。

今、三次元の差分で最適なモデルというのはモデルAと言いましたが、モデルAを用いたハイブリッド合成法、短周期側ではEGF、長周期側ではDWMを使った計算速度波形をここに示します。1号機と5号機では先ほどの仮定した一次元速度構造モデルなんですけれども、左が1号機のNS、EW、UD、右が5号機のNS、EW、UDです。黒がオブザーベーションで、赤がシンセティック、計算波形です。

これを見ますと、特にEW成分なんですけれども、観測波形に比べてアスペリティ3の寄与であるシンセティックは、過小評価になっていることが分かります。つまり、一次元構造モデルですと、モデルAでは過小評価になってしまうということが分かってきました。

モデルB、これは倉橋・入倉モデルなんですけれども、同じようにEGFとDWMを使って速度波形の比較を行います。これを見ますと、今度は先ほどのモデルAでは過小評価であったものが非常によくアスペリティ3の観測波形をよく説明出来ていることが分かると思います。何が違うかということ、大きな違いはここの上端破壊か、ここの下端破壊ということが分かってきています。

例えばモデルAを先ほど示したのは上端破壊なんですけれども、これを中央破壊にした場合にどうなるかということを示します。先ほどは上端破壊なんですけれども、中央破壊にしました。そうすると、今、上端破壊では過小評価であったのが、このように振幅が改善されて、より観測波形に近づいてくることが分かると思います。ですから、水平成層構造を仮定した場合は、上端破壊よりは中央破壊の方のモデルの方がよりいいということが分かると思います。もう少し波形で示したのがこの図です。

中央破壊における地震波の合成です。これはアスペリティ3の中央破壊における各点震源から1号機までの時間差を示したものです。この場合、ちょっと見にくいなんですけれども、破壊開始は震源から10秒ぐらいから始まって、12秒ぐらいで終わるというふうになっています。これは各点震源から観測点まで、このようにたくさん点震源があって1号機まで波形を計算しますと、このような波が出てくるんですけれども、このような波の山、谷が一番よく重なるところ、山と山、谷と谷が重なると、そこで波形の重ね差が起きますから、大振幅になるわけです。

ですから、出来るだけ大振幅にするためには、この中の時間差が少なければいいということが分かると思います。中央破壊の場合は、アスペリティ3までの等時線の時間差なんですけれども、これが小さい。それで、各要素地震波のピークの位相が一致する。山と山が一致、谷と谷が一致するということで大振幅になりまして、例えば全部波形を足し合わせますと合成波形は63.1 cm/sになるということです。

もう一つ、今度は上端破壊にした場合にどうなるか。今度、上端破壊にすると今度はここからここまでの時間差がより長くなります。先ほどは10秒から12秒でしたが、今度は12.5秒とか13秒近くになるんですけれども、そうになると、アスペリティ3内での時間差が大きくなる。そして、位相がずれて大振幅にならないということで、先ほど示しましたが、この黄色の中でほとんど山、谷というのがあったんですけれども、このように山と谷が遅れてくるような現象が出てきます。このようになって波が2つに分かれてしまって山と山が重ならないために、先ほどは63.1 cm/sなんですけれども、これは41.2 cm/s、約1/1.5になるということですね。

ということで、このような水平成層構造の場合は中央破壊の方がいいと。つまり、いいというか、三次元地盤構造モデルで本質的には釜江・川辺モデルの上端破壊が真にかなり近いんですけども、それを水平成層構造に仮定した場合は、このような等価のモデルとして中央破壊のモデルBが得られるということになります。

ここでは軟岩サイトと硬岩サイトの強震動予測をする場合に、下層的な地点で水平成層構造モデルを考えますので、震源モデルのBを用いて強震動予測を行っています。震源モデルはモデルB、一倉橋・入倉モデルでこのような中央破壊、これは三次元モデルによるモデルAと等価な震源モデルです。地盤構造モデルは、軟岩サイトとしましては表層 V_s は 700 m/s の、ここは柏崎刈羽原子力発電所の5号機の地盤構造モデルを参照して作られた擬似的なモデル、こちらは硬岩サイトとしまして、 $V_s = 2,600\text{ m/s}$ が表層に出ているような擬似的なモデルを仮定しまして計算を行っております。

これが結果ですけれども、軟岩サイトの加速度波形と硬岩サイトの加速度波形です。軟岩サイトですと例えばEW成分は 777 gal なんですけれども、硬岩サイトに関しましては約 $2/3$ の 448 gal になると、小さくなるということを確認しました。

こちらは軟岩サイト、硬岩サイトの疑似速度応答スペクトルを示したものです。実線が軟岩サイトで、破線が硬岩サイトで、スペクトルレベルが落ちているということ。赤は参考値なんですけれども、軟岩サイトに関しましては柏崎刈羽原子力発電所の5号機の地盤構造モデルを参照していますので、ここでは東京電力さんからはぎ取りのスペクトルをいただきまして、これを重ねているんですけども、ほぼ調和的な結果が得られているということです。

以上、中越沖地震の震源モデルについてまとめてみますと、まず、なぜ大きな地震動になったのか。その1つとしては、震源の特性として内陸地震のアスペリティの平均応力降下量に比べて、約1.5倍という大きな地震だったということ。そして、もう一つは三次元的な複雑な地盤構造による地震波のフォーカシングの影響があったということが示唆されます。その際に最適なモデルとしましては、モデルAの釜江・川辺モデルがありまして、これはアスペリティ3の上端から破壊が開始すると。ただし、水平成層構造も仮定した場合は、モデルAと等

価な震源モデルとしましてはモデルBが挙げられる。このモデルBを使って軟岩サイトと硬岩サイトで計算した結果、軟岩サイトに比べて硬岩サイトの最大加速度は約2/3程度に小さくなったということが、今、確認出来ました。

まず、ここまでです。

次に、今度は地震動の試算Ⅱ、敷地直下に震源断層を仮定する地震動の策定についてお話しさせていただきます。

「震源を特定せず」あるいは「震源を特定しにくい」地震動としまして、その地震動とは敷地周辺の活断層調査等を行っても、地表に明瞭な痕跡が見られない潜在断層による地震で、その位置・規模があらかじめ特定しにくい地殻内の内陸地震。これを概念図で書きますと、地震の規模は小さいものから大きいものまで、どんどん大きくなっていくんですけども、このように小さい場合、そしてだんだんと地殻の地震発生層を壊すようになっていくんですが、このように地表に明瞭な痕跡が見られないもの、これが「特定せず」あるいは「特定しにくい」もので、このように地表にまで破壊が進んだもの、これが震源を特定した地震になる。今、ここの領域で地震動の策定を行うということになります。

地震動の策定を行うために重要なのは、先ほどは詳しく述べませんでした、断層の巨視的パラメータというのが非常に重要になってきます。巨視的パラメータというのは断層モデルのまず位置、サイトに対してどのような位置になっている、どのようなところになるかということなんですけれども、今、ここで仮想的な震源モデルを仮定するので、この位置に関しては特に設定することはありません。震源モデルの大きさと深さ、傾斜角、これは重要なパラメータです。また、地震規模、これは地震のモデルの大きさにかかわってくるんですけども、この地震規模、そして震源断層モデルの平均すべり量をここで決める必要がある。ここで、震源を特定せず策定する地震動評価のために、まず必要な地震規模をどういうふうにするかということをごここで地体構造区分から検討していきました。

地体構造区分とは、内陸地震の発生様式のいろいろ違いがあるんですけども、地域ごとの共通性に基づいて日本列島を1から24までの地体に分けたもの。これは垣見他(2003)です。この垣見他(2003)に基づいて、また藤原他(2008)が地体構造区分をもう少し詳しくやっているんですけども、例えば中越沖地震の微小地震活動をちょっとウェブからとってきたんですけども、

このような領域の断面図、A-Bの断面図をここで示しております。

この点が微小地震の深さ分布を示しております。これを見ますと、地震発生層の下限が見えてきます。このような要するに決して地震発生層が一定ではなくて、厚いところもあったり、深いところもあったりするということがよく分かると思います。ですから、こういうような地域分けを、こういうことを見て地域分けをしていると。こういう地域分けが非常に重要だということが分かります。

我々はエリア毎に発生している微小地震を気象庁から全部データをダウンロードしまして、それぞれエリア1から24までの地震発生層について検討を行っています。どんなふうにするかという、例えばエリア10を今、ここで示しているんですけども、横軸は震源の深さで、縦軸は累積度数分布です。要するに全体を100にした場合の割合を示したものですけれども、深くなるに従って、どんどん地震の個数が増えていくということを示しています。その中のここでD5とかD10というのは、全体の5%になる深さはここですよ、全体の10%になる深さはここですよ、全体の90%になるのはここ、95%はここというふうに表示しております。

各エリア毎に地震の個数、D5、D10、D90、D95を示したものがこれです。網かけにした部分は、地殻内陸地震とは違うプレート境界の性質の違うもの、または地震発生個数が少ないもので、今回の検討からは外しております。

最近の被害地震による近年の地震発生層の検証としまして、今、ここでは中越地震と能登半島地震と鳥取県西部地震を示しております。横軸はdegree、縦軸は深さで、深さがちょっと違うのに気をつけてください。それぞれの点線がD5、D10、D90、D95を示しています。

まず、浅さの方なんですけれども、今、ここでは0kmからしか示していませんけれども、浅い方が精度が悪くて、地震の位置が上に浮いてしまう、いわゆるマイナスが出てしまうところが出てきます。また、ばらつきも大きいんですけれども、この浅いところで発生している微小地震の深さに関しては、精度はよくないと我々は考えています。一方、深い方に関しましては、このD5、D90というのは先ほどの地体構造区分から出てくるものでして、この震源から出てくるものではありません。これを見ますと、D90ですとやはり余震分布を外れて超えてきているものがありますので、今、我々の提案としましては、D95が

下限の深さが適切ではないかと考えております。

下限の深さはD95で、上限はどうしますかという、実際は地域、地域毎によって物理探査とかが行われて、深さが精度よく求まっていけばいいんですけども、今、ここはそういう情報がないので、地震調査研究推進本部で地震の発生の上端というのは平均的に3kmというのが出ていますので、ここでは便宜上、3kmとしまして、それぞれ上端を3km、深さ下限はD95としまして、このような地震発生層を決めております。

この地震発生層の平均値というのは、今、ここで示しますが、13.65kmというのが得られています。ですから、この13.65kmというのは全国の平均的な地震発生層の深さということと考えています。

今、地震発生層の平均的な層厚が分かりましたので、それに基づいて M_j を算定しています。まず、ここで分かったのは、ここまでの検討で整理されたのは、地震発生層は13.7km。例えば、今、我々は 90° の断層を考えますと。すると、その時の断層の幅というのはこのような式で求まります。 $\sin 90^\circ$ ですから、これが1になるので $W_{max} = T_s$ になりますから、この時の地震発生層から考えられる W_{max} は13.7kmということになります。

次に欲しいのは断層長です。ここの断層は分かりました。では、今度、こちらの長さは幾らかということなんですけれども、これは震源インバージョン結果の断層幅と断層長さに関する検討で決定していきます。これは1989年のLoma Prieta地震のすべり分布とアスペリティの分布を示したものですけれども、震源インバージョンで設定される断層面というのは、大体、その地震の余震分布に基づいて、やや広目に設定することが多いわけです。

今、このLoma Prieta地震では 20×40 の断層面を設定しています。ところが、このすべりを見ると、上端部ではすべりはゼロになっているわけです。これは実際はすべっていないということになります。このような結果でこのすべり量がゼロという部分をトリミング、外してやって、実際の正味のすべっている部分だけを取り出すという操作を行っています。

そのやり方としてはSomerville.et.al(1999)の規範に従ってやりまして、断層破壊領域の平均すべり量の0.3倍以上のすべりを持つ部分は実際にすべっていますよと。それ以下のところはすべっていませんよとって、この場合

だと、Loma Prietaだと一番上のところが削除されるということで、Wがちょっと短くなる。Lはそのままで。アスペリティはさっき申しましたが、平均すべりの1.5倍ほどです。Loma Prieta地震の場合はどうなるかという、今、ここで青で示しましたが、実際はLが40で、こちらが18というふうに2 km トリミングされていると。これが正味、すべった断層破壊領域で、Wの長さはこれで、ここの関係が出てきます。

このように、近年、起きた地震の震源インバージョン結果を全部集めて、それについて、このようなトリミングを行って、LとWの関係を示したのが次のものです。横軸がL、一断層長さ、縦軸が断層幅です。これがW=Lの長さで、これを見ますと、このように頭打ちの傾向が見えるということが分かると思います。これは地震規模が小さな地震に関しましてはまだ頭が出ていませんで、この時はLとWの関係はまだ保たれています。もう少し大きくなってくると、ややちょっと傾きが出てくるんですけども、まだ、ここまではLとWの関係は保たれていて、16 km ぐらいを過ぎるとほぼ一定のWの飽和、いわゆる地震発生層を壊してしまうために、それ以上、地震発生層のWを壊すことは出来なくて、横の方向にどんどん伸びていく。横に伸びるということはこちらの方へいくんですね、ということが分かります。

今、ここで我々は平均の地震発生層からWというのは13.7 km というのが出ましたから、この13.7が出てきまして、そしてここの関係を作るとW=L ですから13.7、このLも13.7 km というのが出てきます。ここでもう一回示しますと、LはWmaxと同じですので、ここではLは13.7 km ということになります。WmaxとLは13.7 km ですから、ここで断層面積が出てきます。断層面積は187.7 km²です。

次に、モーメントと地震規模を決める必要があります。モーメントと地震規模をどういうふうに決めるかという、ここでは先ほどのSomerville. et. al (1999) の関係式、断層面積と地震モーメントの関係を使います。横軸が地震規模、縦軸が断層面積です。187.7 km²ですから、この関係式に基づいておろしてやると、ここの地震モーメントが 2.41×10^{25} dyne-cm になります。この関係式からモーメントが決まりまして、モーメントから武村さんの1990の関係式を使ってやると、Mj 6.6ということになります。

ですから、地震発生層が例えば13.7 kmあって、地震の傾きが90°の場合は13.7 kmの地震の規模はMj 6.6であるということになります。もう一回まとめますと、地震発生層の平均は13.7 kmで、このように地震発生層から地震の規模を算出してみますと、90°の場合、鉛直断層の場合はMj 6.6で、45°の場合は今度、断層の長さが大きくなりますから、先ほどと同じような考え方でこれは6.9になります。

ここで奥村・藤原(2008)では、特定出来ない地震動の規模としまして、推本でMj 6.8というのが出されています。また、島崎(2008)では考えるべき地震の規模というのはMj 7.1というのが提案されていますので、ここではMj 6.8とMj 7.1の地震動を考えるということにします。

今まで検討してきたのは、地震の規模を見てきたわけですが、アスペリティの個数というのを設定しなければいけないんですけれども、これは横軸が地震規模、縦軸がアスペリティの個数を示したものです。震源インバージョン結果で得られたものです。これを見ますと、地震規模が大きくなるに従って個数も増えてくるということが分かると思います。Mj 6.8の場合、ここでは1個にしています、Mj 7.1の場合はアスペリティ2個を設定しています。

設定地盤構造モデルというのは先ほど示しましたが、軟岩サイトはVsは700 m/sで、硬岩サイトはVsが2,600 m/sの仮想的な地盤構造モデルを考えてみます。シミュレーションの方法は先ほど中越沖地震で示しましたが、ハイブリッドシミュレーションで、ここではあくまでも仮想的な地盤構造モデルですので地震波形はありませんので、経験的グリーン関数は使えないので、統計的グリーン関数、そして長周期の方が理論的グリーン関数を使って、ハイブリッド合成を行うという方法を行っています。

設定断層ケース及びシミュレーション地点を示します。まず、シミュレーション地点ですが、断層面が設定されて、それを取り囲むように2 kmメッシュで40 km×40 kmで計算したら441地点で、断層直行方向というのはこちらの方向で、断層平行方向というのはこちらの方向ということをお覚てください。

軟岩サイトと硬岩サイトの違いは何かというと、表層がまず違うんですけれども、表層が違うとともにまず軟岩サイトの場合は堆積層が厚いので、この堆積層

が付加されていて、深さが地震発生層までは5.46 kmということ、もう一つ、硬岩サイトは2 kmというふうに硬岩サイトはかたいんですけども、浅く、軟岩サイトはやわらかいんですけども、深くというような条件になっています。

Mj 6.8は横ずれと逆断層の2種類で、Mj 7.1は逆断層の1種類を計算します。全体の断層はこういう1種類なんですけれども、アスペリティは断層の上端、中央、下端として3種類計算しています。更に、この断層の中に破壊開始点のばらつきもありますので、アスペリティの中央を下端の端、下端中央というふうに3パターン計算しまして、これを全ての計算で行っています。

比較するものは、震源を事前に特定出来ない地震の水平動の応答スペクトルといたしまして、加藤他のこのような赤のところ、これを今後、加藤スペクトルと呼びさせていただきますが、この加藤スペクトルと比較する。加藤スペクトルというのは震源を特定出来ない地震動としまして、このような9つの地震の応答スペクトルの重ね書き、その上端に沿うような形で、このような上限レベルを決めております。

これから結果を示しますと、これはMj 6.8の横ずれ断層で軟岩サイトの応答スペクトルです。上から、上はアスペリティ上端、下がアスペリティ中央で、これがアスペリティ下端ですね。破壊に関しては今、ここで示しているのはこの真ん中の場合だけです。これが加藤スペクトルで示しまして、水平成分の断層直行方向、平行方向、鉛直上下部です。これを見ますと、軟岩サイト、Mj 6.8だと加藤スペクトルをやや超えている部分があるけれども、深くなるとスペクトルは小さくなって、アスペリティが上端になると、加藤スペクトルの上面をなめているような感じになります。

これはMj 6.8、今、先ほどと同じ断層でPGA、最大加速度の面的な分布を示しています。ここで分かるのは、同じ地震規模Mj 6.8なんですけれども、アスペリティの深さによって浅い場合は大きく、だんだん小さくなるということで、アスペリティの深さが地表のPGA分布に非常に大きく影響を与えていると。

次はMj 6.8の横ずれ断層で今度は硬岩サイトです。硬岩サイトの場合は、ここは上端が深さ2 kmになっていまして赤が加藤スペクトルです。ちょっと気をつけていただきたいんですけども、今、ここの加藤スペクトルというのはVs2, 200を表層とした場合の加藤スペクトルでして、もう一つのここで示し

ているのはV s 7 0 0を表層とした加藤スペクトルで、違っていますのでお気をつけください。これも横ずれ断層の場合で硬岩サイトですけれども、超えている部分もありますけれども、他のところでは下部分、ややここら辺で超えている部分があるということです。

次は今度は逆断層です。先ほどは全部横ずれの横ずれ断層です。今度は逆断層で、上に突き上げるタイプなんですけれども、これが逆断層タイプの軟岩サイトの応答スペクトルを示したものです。全部、こちらの上向きにすべりがあるやつで、それぞれアスペリティが上端、中央、下端にある場合。大きく先ほどの横ずれ断層と違ってきているのは、断層直行成分において、このような長周期の方で加藤スペクトルを超えるところが出てくるということがちょっと特徴になります。これはPGAの分布で、深さとともにやはり小さくなっていく。断層の上面、断層の上盤効果というのが非常によく出ているというのが分かります。

これはM j 6 . 8の逆断層で硬岩サイトとして、ここでは鉛直成分が非常に加藤スペクトルに比べて、かなり大きな結果が出ているということが分かります。水平ゾーンですね。

M j 7 . 1の場合なんですけれども、今度は地震規模がもっと大きくなった場合です。地震規模が大きくなって、アスペリティが上端、中央、下端ですけれども、上端のM j 7 . 1だとかなり大きく加藤スペクトルを超えるということが見えてきます。

これが軟岩サイトのPGAの分布です。やはりアスペリティが浅いところでは非常に大きな加速度があるんですけれども、深くなると加速度は小さくなる。

これは硬岩サイトのM j 7 . 1の逆断層で、加藤スペクトルをほぼ完璧に超えているような結果が出てくるということが出てきます。

まとめなんですけれども、M j 6 . 8の横ずれ断層でアスペリティを上端に設定した場合は、その応答スペクトルの最大値は加藤スペクトルを概ね包絡する結果が得られたということ、M j 6 . 8、M j 7 . 1の逆断層のアスペリティを上端に設定した場合は、その応答スペクトルの最大は加藤スペクトルを超える結果になっているという、これが結果です。

ただし、M J 7 . 1あるいはM j 6 . 8のアスペリティを上端に設定した場合ですけれども、地表に断層があらわれる可能性が高い。J N E Sの検討でそのよ

うに言われています。ですから、今、ここで全て計算した結果が必ずしも特定出来る地震動ではなくて、今は特定出来ずの地震動の地震規模は決めましたけれども、アスペリティの深さに関しては全部パラメータで振っていますので、アスペリティの深さによって、また断層の地表にあらわれるか、あらわれないかというのを検討していかなければいけないと。これは今度の検討課題と考えます。

以上です。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

かなり専門的なお話だったので、眠たい方もおられるかと思いますが、非常に重要な課題、ここで各事業者から震源を特定する場合、特定しない場合について、いつも問題になる視点なので、一度、原子力安全委員会としても考え方の整理をしておく必要があると思ひまして、こういう形で財団法人地域 地盤環境 研究所に委託して調査していただき、その結果をご報告させていただきました。

本件に関して、ご質問、ご意見がございましたら、せっかくの機会ですから、実際、計算された方に出席していただいておりますので、詳細にお答えいただくことが可能ですので、よろしくお願いします。

隈元さん、どうぞ。

○隈元委員 2点お伺いしたんですが、まず1つ目はスライドの51枚目、震源を特定せず策定する地震動評価で、地震の規模を設定するところなんですけれども、それ以前の地震発生層の地体構造区ごとの平均等々のモデル化から、13.7kmでMj6.6というふうに出していたのに、計算では奥村・藤原(2008)を参照、あるいは島崎(2008)を参照と挙げているんですよね。ところがそれ以前の13.何kmといった詳細な計算のデータのばらつきを考慮してこうしたのか、それとも、そうした検討よりもは大きい地震だと評価されているので、それ以前の検討が少しまだ不十分だというふうに思っているのか、このジャンプのところをちょっと説明、補足いただければありがたいんですが。

○入倉特別委員会委員長 宮腰さん、どうぞ。

○地域 地盤 環境 研究所(宮腰) 13.7kmというのは、地震の上端の深さをまず一律3kmにしているというのが1つあります。実際はもう少し浅いところもあるかもしれませんが、深いところもある、そういうようなまず差が出

てくるということ。そういうふうなことも考えまして、これは平均なんですけれども、もっと厚いところもあるかもしれないということで、M j 6. 8をここでは計算したということです。

○隈元委員 時に事業者の資料の中には、やはりD 1 0、D 9 0の差のところと1対1のアスペクト比でMを出してきて計算するというのがあるので、ちょっとお尋ねしました。

もう一つは最後のスライドの課題というところなんですけれども、加藤他の応答スペクトルを超える結果となっているもののうち、特定出来ないものばかりではないんだというのにJ N E Sの引用がされているわけですが、時々、お尋ねすることがあるんですけれども、これがセンチメートルの基準の断層の食い違いモデルで、断層モデルから地表での変位がセンチメートルの基準のものをもしも考えておられるのだとしたら、地形に残らないのではないかという変動地形学的な考えもあるんですよ。このあたりをどう埋めていくかというのも、今、最後におっしゃった課題の中に入っているんでしょうかという質問なんです。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） まさにそのとおりだと思います、J N E Sの検討としましては、センチメートルは5 c mのことなんですけれども、今、そういうことを踏まえた場合でも、M j 7. 1の上端というのは多分もっと8 c mとか、1 0 c mとかになってくるので、そういうふうな仮定を置いた場合は、ここでは特定せずの地震動にはならないんですけれども、ただ、その5 c mというものに関して、さっき言った変動地形学からどう検討するかというのは、まだ今後の課題だと考えています。

○入倉特別委員会委員長 その他ございますでしょうか。

大谷さん、どうぞ。

○大谷委員 どこにどういう地震を想定して計算をするかということが大事なんだろうと思うんですが、5 5 ページに設定断層ケース及びシミュレーション地点というのがあるんですが、だんだん分からなくなってきたのは、この設定断層は4 0 k m × 4 0 k mのブルーで書いてあるのは、地表面だと思っていいんですね、平らな。そこの計算地点といういわゆる0・0の点から2 k m・2 k mずれたところに断層の端部があって、そしてX軸方向に断層面があるということですね。

それで、そこまでは分かったんですが、今度はその下の図になって、軟岩サイ

トではあたかも断層の上面が先ほどの地震発生層じゃなくて、もっと深いところへいって、硬岩サイトは浅い方へいっているように見えるんですが、先ほどの3 kmという話がここへいって、なぜこういう数値になったのかということと、それから、もう一つは横ずれ断層は90°だからいいんですけれども、計算地点が0・0のポイントで計算していますよとおっしゃっているんで、そうすると、逆断層の場合にはどっちかに傾けているのかということ、それから、この計算ではあくまでも平面的に見てX・Yに対して、X軸ならX軸の方に平行なものしか考えていらっやらないので、それで0・0で全部評価しているんで、いいのかどうかという、その辺をお聞かせ願いたいと思います。

○入倉特別委員会委員長 質問の意図は分かりましたか。ちょっと誤解があるみたいですよ。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） まず、断層面の設定なんですけれども、これは平面図ですね。これが40 kmです、この場合、ここは40 kmです。断層線はここなんです。だから、断層線は0・0で計算しているんじゃないんで、これのほぼ真ん中になるように計算しています。更に、アスペリティの部分は真ん中ですから、計算しているのはここですね、その中の面的な分布を計算しています。逆断層に関しましても、これが上から見た深さなんですけれども、これが上から見た断層のこの部分で、実際にはこれを上に伸ばした時の実際の断層線はここ、アスペリティはこの部分です。ですから、計算領域はこの断層の真ん中になるように設定しています。

○大谷委員 そうすると、55ページの上の絵というのは何なんですか。この2 km・2 kmのところから始まっているように見える絵は。今、おっしゃったのは40 km・40 kmの真ん中に断層を想定したよとおっしゃって、そういう意味でいうと、後ろの計算結果の平面図と合うんですよ、今のご説明。ところが、55ページのそこの2 km・2 kmというのは何なんですか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） これですか。これは……。

○大谷委員 20 kmじゃないですよ。2 kmですよ。

○地域 地盤 環境研究所（宮腰） この計算の面地点から2 km点のグリッドで、こう置いているんですけれども、すみません、ちょっと分かりにくかったので。

○大谷委員 要するに10等分のウェートをマイナスしているということですね。

○地域 地盤 環境 研究所(宮腰) ここ、40kmを2kmにやっていますから、20km。

○大谷委員 20km。20×20のグリッド。

○地域 地盤 環境 研究所(宮腰) 21×21で全部合わせているんですね。すみません、それが分かりにくくて。

○大谷委員 2kmから2kmと書いてあるから、そこに断層の端を持ってきてあるのかなと。

○地域 地盤 環境 研究所(宮腰) すみません、そうではなくて、そう見えたのが……。

○大谷委員 それから、55ページの軟岩サイトの2km、硬岩サイトの5.何kmというのはどこから出てきた数字ですか。

○地域 地盤 環境 研究所(宮腰) 5kmとか2kmというのは、設定したここですね。地震基盤の深さを13.65kmと考えまして、ここからここまでの深さが5.46kmで、もう一つはここですね。ここは2kmというふうに考えています。

○入倉特別委員会委員長 ここで山岡さんがいると、いつも彼が主張するところですね。基本的に地震発生層の上端というものをD5とかD10で決めるのは困難であると。先ほど何回も言っているように非常に精度が悪い。非常に地震の直後に、大きな地震が起こったら直後に緊急地震観測なんかをすると、それなりに値は出てくるけれども、通常的气象庁のルーチンで決めたものではむしろ使わない方がよくて、実際にはそれと同等のものというのは、むしろ地下構造モデルと対比させて考えた方がいいのではないかというのが、ここで山岡さんがいつも言われることで、私もそのとおりですね、深さ限界はそれほど大きくきかないということもありますし、いいんですけども、浅さ限界に関してはやはり地下構造モデルと対比して決めるべきものである。

ですから、ここではたまたま、これはそこに書いてある柏崎刈羽原子力発電所の5号機の地下構造モデルを仮に設定して、それで原子力安全委員会なんかの審査での考え方をいわゆるフォローするように、浅さ限界を設定しているというふうにお考えいただくといいと思うんです。

○大谷委員 分かりました。そうすると、その前のところまでは全部地震発生層の上端を3 kmに設定して話がきていて、ここへきて、地震発生層というか、地震基盤へいくんだよというのなら、それをきちっとここに書いていただかないと、なぜここで急にこんな数値が変わるのというのが理解出来ないと思うんですね。

それから、最終的に加藤スペクトルと比べていらっしゃるんですけども、要するに計算ポイントは0・0ですよ、このスペクトルを計算している波形の出てくるところは。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 441地点、全部計算したやつをそこに全部重ね書きしたのが……。

○大谷委員 ということは、丸めたやつもあるということ。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 全部です。

○入倉特別委員会委員長 そのとおりですね。

○大谷委員 そういうことですか。

○入倉特別委員会委員長 それが先ほど平面図を見ていただくと、例えば58ページが計算結果だから、全ての面が計算されている。ここで加藤スペクトルとの比というのは、要するに加藤スペクトルというのはどういうものかという性格を我々として知っておいた方がいいということがあるので、参照として加藤スペクトルがいわゆるこういう計算ですと、どういう位置付けのものかということをご理解いただくために、これは我々が注文した計算であります。

○大谷委員 後半の何をやられたかということが分かりました。

それから、もう一ついいですか。前半の新潟県中越沖地震の計算のことなんですけれども、そのまとめの1つ前の37ページに強振動予測の結果が出ています。ちょっと37ページを出していただけますか。これで軟岩サイト、硬岩サイトについて計算をされていますよね。この波形は地表の波形だと思っていられちゃるわけですよ。それをなぜ柏崎刈羽の解放基盤表面の、要するに地表の波形からはぎ取ったものに持っていったものと比べていらっしゃるんでしょうか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） この解放基盤ははぎ取りなんですけれども、 V_s はほぼ700 m/sのところ解放基盤になっていますよね。我々もこの軟岩サイトは V_s 700 m/sのところを解放基盤として考えていますので、そこでちょうど合うというのが、同じ意味はないんですけども、全く同じじゃ

ないんですけれども、基本的には同じ $V_s 700 \text{ m/s}$ のところにあるので、検討として比べてみた。

○大谷委員 ということは、軟岩サイトと言っているのも、地表にもう $V_s 700 \text{ m/s}$ が出てきているという想定なんですね。

○入倉特別委員会委員長 それが解放基盤の定義だから、定義に沿ってやっているわけです。

○大谷委員 ですから、要するに地表だと思っているけれども、実は解放基盤を想定しているんですね。

○入倉特別委員会委員長 解放基盤というのは地表のことを言うわけです。解放基盤、解放というのは地表のことを解放基盤波と言う。だから、指針で規定している旧指針でもそうですけれども、基準地震動というのは地表 $V_s 700 \text{ m/s}$ 以上ですけれども、 $V_s 700 \text{ m/s}$ 以上の層が地表にあった場合の地震動を基準地震動というふうに定義しているわけです。だから、これは定義どおりの計算で、東京電力が我々に説明したのも、その定義に沿って地表をはぎ取るというのは、要するに地中で実はとれている記録だけれども、もし解放基盤波 $V_s 700 \text{ m/s}$ の岩盤よりも上のものがない場合に、どういう地震動になるかというのがはぎ取り波。だから、そういう意味では定義どおりと思うんですけれども。

○大谷委員 でいいんですね。

○入倉特別委員会委員長 はい。

○大谷委員 分かりました。

それで、ここへいく前に、それぞれのモデルで釜江先生の方法だ、入倉先生の方法だというのが合っている、合っていないみたいな議論があるんですが、その段階で要するに時刻歴波形上で見ていらっしゃる。我々耐震設計を考えている側からいくと、やはりトリパタイトないしは縦軸加速度のあれでもいいんですけれども、応答スペクトルないしはフーリエスペクトルで合っているか、合っていないのかというのを是非見せてほしいなと思います。

○入倉特別委員会委員長 それは釜江先生がやられていますけれども、基本的に時刻歴波形であらわせるのが一番難しいんですね。時刻歴波形が合っているということは、応答スペクトルはほぼ合うということが釜江先生の論文で指摘されているところで、そういうことが今回の中に入っていないのは、もちろん問題があ

るかもしれませんがけれども、基本的にそこは問題ないと思うんですね。

○大谷委員 要するに波形が合っている、合っていないというのを僕は余り突っ込んでいっても、要するに極端な言い方をすると、見る人によって合っていると思う人もあれば、合っていないと思う人もあるだろう。やはりスペクトルで山、谷の問題を我々工学の方からは気になるものですから、どこまで計算で追えているのかというので、是非そういうのを見せてほしいということを思います。

○入倉特別委員会委員長 それはありますか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） ここではちょっとお見せしなかったんですけども、報告書の方には載せていますので、そちらの方をちょっとご参照していただければと思います。

○松本安全調査官 先生の方にお配りしているCD-ROMの中に納めてあります。

○入倉特別委員会委員長 ちょっと赤と黒の説明をしてください、宮腰さん。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 赤はシンセティックで、黒がオブザベーションです。

○入倉特別委員会委員長 誤解を受けるといけないので私の方から説明します。倉橋モデルというのは先ほど言った地表破壊が真ん中から破壊するモデルですね。釜江モデルは恐らく真ん中にしているんですね、真ん中じゃなくて端っこにしているんじゃないんですか。どうしているのか。ちょっとモデルが違うみたいですよ。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） ちょっとモデルが違うので、今、見せてほしいのは4-37ページです。

○入倉特別委員会委員長 ちょっとモデルが違うみたいで。釜江モデルのモデルの比較がちょっと最終的なモデルと違うみたいなので。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） ページ数は4-35ページになるかと思うんですけども、鈴木さん、4-30ページ、そこから下ですね。ここです。

これは倉橋モデルの真ん中破壊になるんですね。

○入倉特別委員会委員長 あと、ちょっと私が。これを見ると、ちょっとだけ足りないというふうに思われると思うんですね。今回、波形で比較しているモデルはアスペリティにだけ応力効果を集中させて、それ以外のところは置かないモデルで、だから、波形合わせはそれを言っているんですね。それで、大体のものは

合うんですけれども、多少、やっぱり足りないんですね。それはモーメント解放力からいっても少し足りないんですね。約50%、44%ぐらいのいわゆるモーメント解放量しかこのモデルでは計算していないんです。

そういう意味で、波形で比較する、要するに波形で見ると高周波だけですから、ある意味でそれでいいんですけれども、もうちょっときちっとしようとする、やはり全体に背景領域と言うんですけれども、背景領域にもそこでは高周波、低周波で、あと残りの55%ぐらいのものをそこに置かないと正確な評価は出来ない。通常、事業者がやっているレシピによると、そういうことをちゃんと置きなさいと書いてありますのでそうしているんですけれども、今回の報告では恐らくしていないんじゃないかなと思うんですが、いかがでしょうか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） アスペリティのみ。

○入倉特別委員会委員長 アスペリティのみということで、やや過小ぎみになるのはそういうモデル化の違いです。レシピに則ると、その分だけ背景領域に置かないといけないということが決まっている。

笹谷委員、どうぞ。

○笹谷委員 ちょっと質問したいんですけれども、速度構造の絵なんですけれども、軟岩サイトのV s 700 mの厚さというのは何mなんですか。モデル計算された方なんですけれども。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） V s 700の厚さは25 mです。

○笹谷委員 25 mで計算したのはいいんですけども、基本的に軟岩サイトというのは柏崎刈羽を念頭に置いた、地震発生層が5.5 kmということで設定しているわけですね。例えば右の方の硬岩の方の地震基盤が2 kmまで上がったなら、距離は大分近づくわけですから、強振動の計算結果も変わってくるように思うんですよね。逆に言うと、軟岩サイトという、これは日本の代表的なものになるんだろうかという。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） だから、増幅特性と震源の距離のお互いの相互作用だと思うんですけれども、今、笹谷先生の言われるような震源が近くなるから、必ずしも地震動が大きくなるという、今回はそういうふうになっていません。

○笹谷委員 だって、真上だったら深さや距離は2分の1になるわけだから、簡

単に2倍になるんじゃないの、短周期の方は少なくとも。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） あと……。

○笹谷委員 オブザベーションもあるけれども。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 軟岩サイトと硬岩サイトの違いというのは、硬岩サイトは上下動成分に大きな……。

○笹谷委員 それは今回、新しいことだとは思うんだけど、そうでなくて、6.8の軟岩サイトだったら加藤スペクトルにほぼ包落しますよという答えは、この軟岩サイトの構造だったということだというふうに認識した方がいいんじゃないかなと思ったんですけれども。

○入倉特別委員会委員長 そのとおりです。それは笹谷さんが言われるとおりですね。だから、実際には地震発生層自体もそういうふうに規定していますのでね。だから、いわゆるどの程度のオーダーというか、加藤スペクトルというのはどの程度のオーダーのものかということをご理解していただくのに、議論の材料を提供するために計算していただいているということになります。

徳山委員、どうぞ。

○徳山委員 的外れな質問かもしれないんですけれども、お教えいただきたいんですけれども、4.1から始まるのか、震源断層の巨視的震源パラメータで、垣見先生の地体構造区分でアップディップリミットとダウンディップリミットと分けていらっしゃる。恐らくいろんなことを考慮して分けられたものだと思うんですけれども、私の質問はダウンディップリミットというのは熱構造だと思うんです。ここでD95というのはいろいろばらついておりますよね。そのばらつきと陸上熱、ヒートフローと難しいんですけれども、それとの対比みたいなことはされましたか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） 今回の検討では、ちょっとそういうのはやっておりません。

○徳山委員 なぜそういうことを危惧しているかというと、ここでエリアが全部分かれていますから、今後、このエリアのところは全部アップディップリミットもダウンディップリミットも、この値が使われてしまう、このまま使われてしまうようなやや危惧を抱きまして、やはりもう少し内容を、ダウンディップリミットは少なくとも僕は頭の中では熱構造だと思っていますので、そういうものと

ンクさせた解釈をしていただいたら、これがそのままいろんなところに応用出来るという、熱構造だけじゃないですけども、いろいろなことを考えて、これを出していただくようにしていただければ、使う方としては非常に助かるので、その辺も考慮していただきたいんですけども。

○入倉特別委員会委員長 震源を特定せず策定する地震動をモデル化するという観点は、今のことが非常に重要だと思うんですね。今回、ここで使われた42ページの右側というのは、そういうことを全く考慮しないで、垣見マップを地震調査委員会が実は、これは確率論的地震動予測地図を決めるために必要として決めた震源毎に特定しにくい地震の分布図なんですね。だから、隈元さんなんかは少し提案されていると思うんですけども、やはり震源を特定せず策定する地震動の区分図としては決して適切ではない。やっぱり、今、徳山委員が言われるような形で、再区分が必要だろうと私は思うんですね。

そういうことがまだ実際には取り込まれておりませんので、JNES等でやっていただけるといいんですけども、そういうような調査、どういう調査が必要かということをご意見いただくためにも、今回、こういう計算をすると、こういう結果が出ると。今回はこの辺に関しては私がここまではやってくれという形で要求事項に入れたんですけども、それ以上のことはまだ要求事項に入れていませんので、初めての試みでもありますので、今、皆さんから言われたご意見を基に、また、原子力安全委員会の事務局で予算化を検討していただくと。

やっぱり原子力安全研究として私は必要ではないかと思っておりますので、是非ご意見をよろしくお願ひしたいんですね。先ほど大谷委員が質問した件なんかもまさにそのとおりで、ここだけで全てを言えるものでなく、こういうモデルでやればこうなるとしか今回の報告は言えないんですね。ですから、徳山委員の意見は非常に重要なんですね。

隈元さんは少しそういう検討をされているので、ちょっとご意見……。

○隈元委員 今、入倉先生がおっしゃったように、42ページの垣見他のマップは地震とか、活断層の分布、メカニズム等で類似の地域を述べていて、この図が意図したところは、歴史地震や活断層で発生する地震の最大規模のための構造区分だったわけで、それをかりてきて、震源を特定しにくい地震もこのまとまりの中で見ているという、少しスケールがもともとの趣旨から少し外れたふうに使わ

れているわけで、徳山先生がおっしゃったようなもう少し短波長な構造がこの中に地殻構造が入っているわけですから、そういったものをちゃんと調べて、震源をあらかじめ特定しにくい地震のエリアマップというのを作っていく作業が今後、必要なんだと考えています。

○入倉特別委員会委員長 どうもありがとうございました。

その他、石田さん、何か一言。

○石田委員 ヒートフローを調べたら、下限がかなり分かるとおっしゃっているけれども、それを決めるほどのヒートフローのデータというのはかなり探したけれども、今は無理だと思いますね。難しい。ほとんどそれは無理だから、やっぱり震源分布か、他の方法で決めた方が良く。そのヒートフローのエラーバーを見ると、とても私は利用する気にはならない。だから、それにあまり頼らないでやっぱり震源分布で出来るだけよく見たり、そっちの方から決めていただいた方がいいのかなと思っています。

○入倉特別委員会委員長 概念的には非常にヒートフローというのはいいし、本当に物理現象というところだと思えるんですけども、いつも石田さんがこの議論になるとクレームが付くので。

○徳山委員 だから、陸のヒートフローが非常に難しいのは私も重々知っているつもりですけども、でも正当なやり方だと思っています。

○石田委員 多分、データが出てくれば、私はそれですごく苦労したから。だから、もっと実験が進んでいいのが出てきたら、多分おっしゃるようにそうだと思います。

○入倉特別委員会委員長 物理的なメカニズムは徳山委員の言われるとおりと私も思うんですけども、残念ながら、実際にそれをこういう現場で使うには、まだデータが整備されていない。そういう意味では日本は非常に震源は、ハイネットなんか整備されましたので、深さ限界はそれなりに震源の分布を使っていいんじゃないか。しかしながら、浅さ限界を議論するほど、やっぱりハイネットのいわゆる感覚は密ではないということがネックになっていると思います。

その他、釜江委員も何かご発言を、全体の講評を。

○釜江委員 既に出た話なんですけれども、この業務というのはもともとの波は特定せず、安全委員会としてどういうふうな形でこれから審査していくかという

ところでは、入倉委員長も既に何度かお話しされていますが、この計算というのは非常にある場所では平均値を使ったり、あるところへいくと特定な場所を使ったりとか、見る方からいくと非常にそういう意味では誤解を招く可能性があります。趣旨は加藤スペクトルという、今、特定せずとしては指針に従うとああいうスペクトルを参照せざるを得ないということがあって、ああいうものがどういう位置付けなのかというところを、こういうシミュレーションから少し理解をして、これから前半であった検討のポイントの中にもありましたように、今後、調査にはそういうサイト毎に特定せずのレベルを評価をしていただくということになってございます。そういうものが出てくる中で、そういうものの妥当性を我々が審査する中で、こういうアウトプットというのは一つの参考になるだろうということを出していただいたということです。非常に加藤スペクトルのレベルがどのぐらいの位置付けにあったかということ非常に定量的に、計算量としては非常にまだ当然、場所毎にいろんな規模の違いもありますし、サイトの地盤構造の違いもありますから、当然、いろんなばらつきは当然出てくると思います。ただ、M j 6. 8、M j 7. 1というところで、それがどの程度の位置付けになるかということは、目で見て理解出来たということは非常に今後、審査をする中で非常に重要な結果だと思えます。ただ、中身としてはそういうことで、余り細かな個別の話というのは、今後、個別にやっていただくというのが私は趣旨だと思えますので、その全体像をつかっていただくというにつけてはよかったです。

後半がメインのところ、前半は少し中越沖地震ということで、M j 6. 8の割には非常に大きな地震動があったと。どのサイトでもこういう地震動なのかというのは、社会一般の方から見ると、そういう目でも見られる可能性もあるということで、少し硬岩サイトではそうではないんですよという話と、それと今、指針でもこういう強振動予測の中では伝播経路の影響とか、そういうものをちゃんと評価しなさいというふうになってございますので、そういうものが今回の地震と今日のこういう硬岩での比較等で、いかにその辺の役割があったかということを知っていただくという意味で、今後、事業者もこういう場所ではやはりそういうことにも気をつけて予測をしていただきたいという、そういう意味の前半は趣旨だったと思えますけれども、そういう意味では2つの趣旨をまとめていただいたということでは、非常によかったのではないかなと思います。

以上です。

○入倉特別委員会委員長 一番最初に事務局から言われたように、柏崎のような30°ですね、そういう状況なんかについて、やっぱり追加的な検討が必要だと思うんです。

川瀬さん、どうぞ。

○川瀬委員 次年度、今年度ですかね、今年度の検討の時に考えていただきたいなど、今の釜江先生のまとめでいいと思うんですけれども、ちょっと考えていただきたいと感じたのは、前半の柏崎の話と後半の加藤スペクトルのシミュレーションの話の間がちょっとギャップがあって、後半のシミュレーションのキャリブレーションがちょっと今の時点では足りない感じがしますね。

だから、中越もあるわけだし、宮城県もあるわけだから、もう少し直上のモデルの妥当性を検証した上で、加藤スペクトルとはどうだという話をする、柏崎に関しては極めてディテールの議論がされているのに対して、加藤スペクトルとの対比の検証は極めてワンウェイのシミュレーションがされている。それはそれで時間的な制約もありましたし、今回、初めてそういうシステムチックな検討がされたので、それはそれで意義があることだと思うんですけれども、次年度の検討が30°だけの話に今なっているんですけれども、やはりもう少し柏崎だけじゃない震源が特定出来ない震源モデルのモデリングの現在のキャリブレーション、現在の手法のあるいはモデリングのキャリブレーションももう少ししていただければ、有意義になってくるんじゃないかと思うんですけれども。

○松本安全調査官 本日、こちらをご紹介するのは今年度、当然、追加計算という話を考えていまして、それで、一応、こちらの方の先生方から、一応、こういう観点でやはりこういう計算もした方がいいのではないかということも当然あるのではないかということもありまして、そこを踏まえて今年度はやるということを考えていました。川瀬先生、後ほどちょっとお知恵をかしていただくとありがたいと思います。

○入倉特別委員会委員長 大谷委員、どうぞ。

○大谷委員 今、川瀬先生が今年度への注文という話があったので、しかも先ほど事務局から30°の計算もするよとおっしゃったので、恐らく今、ここに出ている右側のああいうグラフが今後もいっぱい出てくるんだろうと思うんですね。

申しわけありませんが、我々が原子力発電所の耐震安全性評価の時に使っているトリパタイトのグラフ用紙に書いていただきたい。というのは、縦軸は速度で、トリパタイトということは加速度も変位も読めるようなグラフ用紙を我々はわざわざ使っているわけなので、申しわけありませんけれども、我々が使っているのと同じもので。

それから、ここで示していらっしゃるのは疑似速度応答スペクトルですよとおっしゃっている。それは分かるんですけども、ちゃんと我々が普通に使っている応答スペクトルと、同じものをちゃんと計算していますねということの確認だけさせてください。H5%でやっていらっしゃると思いますが、同じですねということの確認をさせてください。

○入倉特別委員会委員長 疑似応答でいいんですね。

○大谷委員 疑似応答スペクトルだよとおっしゃっている。

○入倉特別委員会委員長 今、大谷さんがこういう形でトリパタイトでやってくれということは、疑似応答スペクトルで書けという意味でよろしいんですね。

○大谷委員 H5%。

○入倉特別委員会委員長 宮腰さん、どうぞ。

○地域 地盤 環境研究所（宮腰） H5%のトリパタイトで今後、書いていきたいと思います。

○入倉特別委員会委員長 非常に重要な、今回、こちらからの注文の仕方がまず断層モデルを地震調査委員会で使っている特定化震源モデルというのが実際にここでやると、まず、初めにそういうもので地震の記録は再現がちゃんと出来ますよということから、やっぱりやらないといけないということで、その題材としてまず手法が有効ですということは先に示してくれと。しかも、先ほどいろんなインバージョンの結果があったように、人によって結果が今のところ、地下構造をどう仮定するかによって答えが変わっちゃうわけですね。

だから、そういうことである意味では、なかなか皆さん納得していただけない。人によって違うじゃないかということで、だから、今回はそういうものを全部睨んだ上で、フォワードのシミュレーション、特性加振、伸張旋回を使っているようなモデルでシミュレーションは可能ですということ、まず最初に検証してからやってくれということがこちらの要請に入っていましたので、ちょっと今、大

谷さんが言ったように、ここで使うものということより1つ前の要請がありました。

どうぞ。

○大谷委員 決して僕はそのまま使おうなんて思っていないんですけれども、例えばこういうグラフを出していただいた時に、我々が今バックチェックで考えている、震源を特定してでもいいんですけれども、そのS sとどのぐらいのレベル間隔にあるのか見たいわけですよ。その時に、確かに速度軸だけは書いてあるけれども、加速度軸も書いておいてくださると、日ごろ見なれている絵になるということなんです。

○入倉特別委員会委員長 今後、報告をしていただく場合に、その点に気をつけて報告していただくようにしたいと思います。よろしいですか。

その他、ご意見はございますでしょうか。さっき川瀬さんが言ったような積極的にこういうこともチェックしていただくと、今後の我々がバックチェックをする時に、役に立つ情報になるというようなご注文をいただけるといいというふうに思いますけれども。

松岡委員、どうぞ。

○松岡委員 51ページのところで先ほどもちょっとあったんですけれども、ロジックというか、計算していくとM j 6. 6もしくはM j 6. 9というのが出てきて、それで実際に計算で使ったのはM j 6. 8、M j 7. 1というので、多分、こちらの奥村・藤原とか、島崎とかの論文は、ある程度、経験的なものを使って出しているんだと思うんですね。こちらの上の方はロジックで出していて、はっきりしたことはないんですけれども、何となく我々から見るとちょっと小さいのではないかという値が出る傾向があるので、そうすると、このロジック自体が実際正しいのだろうかということが多少疑問になってきてしまって、要するに、断層長Lが地震発生帯の厚さを超えると頭を出すというロジックが、本当にどこまで正確かどうかということをきちっと検証していくような調査をやっていただきたいと思います。

○入倉特別委員会委員長 それは多少ある。68ページ、これしかないんですか、もっと他に図面はありますか。

要するに、実際にはLとWの関係が理想的な配置で例えばM j 6. 6を出して

いるんですけれども、これは仮定が入っていて、重大な仮定が 90° という仮定でやっていますので、 90° でなければ、当然、もっと大きくなるものなんですね。48ページから49ページですね、48ページというのが観測値の、現状、インバージョン、要するに地震が実際とれて、そしてとれないとLとWは両方決められませんので、とれたものでLとWの関係を決めると、実はこういうこの程度のばらつきにあるものですね、この程度のばらつきの中で、今回、計算していただいたのは平均像を求めているわけなんですけれども、それに対してある程度の本当はばらつきも考えていかななくてはならないし、まして、49ページの仮定というのは一番小さい、 $M_j 6.6$ というのはある意味では一番小さいモデル化なんですね。

90° ですから、そうなれば、当然、LとWの関係、Lに比べてWが大きくなるから、引きずられてLが大きくなる。だから、 $M_j 6.6$ というのはミニマムなものである。だから、ロジックとしてはミニマムを押さえただけであって、今後、そういうものを使ったらいいというロジックではないと私は思っています。むしろ、これはミニマムに過ぎない。だから、むしろどんな場所でも $M_j 6.6$ 以上は使うべきだというのがこういうことで検証されていると。それをどれくらいまで延ばす必要があるかというのは、実際は経験的な関係で、場所によって違うだろうと思うんですね。ですから、その辺は今後、整理していく必要があると思うんですけれども、 $M_j 6.6$ はどちらかというミニマムだというふうにご理解いただくといいんじゃないかと思います。

加瀬さん、何かご意見がありそうな。よろしいですか。

$M_j 6.6$ 以上というご理解がいいと思うんですけれども。

その他、よろしいでしょうか。

今後、やはり我々として今現在使われている、例えば地震調査委員会でやっていますからというようなことで、ここでは報告していますけれども、やはりその根拠というのはきちっと我々なりに押さえながら使わないといけないと、また、松岡さんが言われたとおり、それがどの程度の信頼性があるかということのを常に我々は考えながらいかななくてはならないので、そういうことをやはり少し原子力安全委員会としても考え方をまとめていく必要があるのではないかなと。

指針が出来る前にはいろんなところで、いろんな考え方でやっていたと思うん

ですが、指針の後、必ずしもこういう原子力安全のための研究の報告は、少なくとも原子力安全委員会の場では報告されていなかったもので、今回、初めて報告させていただいたものです。今後とも私としては、これは基準地震動だけですが、それ以外の活断層をどういうふうに認定するかというようなことについても、新しい知見があれば、一度、何らかの形で紹介していただくような場を設けていただくといいのではないかなと思います。

加瀬さん、どうぞ。

○加瀬委員 58ページとか、61ページのカラーのマップなんですけれども、破壊開始点は右側の黒い星印の位置でよろしいのでしょうか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） はい、それでいいです。

○加瀬委員 そうすると、カラーの絵が左右対称になるのではないかと思うんですが、そうではないのはどうしてですか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） すみません、ちょっと説明しなかったんですけれども、VRにこの場合はばらつきを持たせているので。

○加瀬委員 何にばらつきを持たせているのですか。

○地域 地盤 環境 研究所（宮腰） VR、破壊伝播速度にばらつきを持たせているので、断層面に対して上下方向には対称になっているはずですが、断層面の上と下には対称になっていて、こちらの方が非対称になっているのは、VRのばらつきを与えているためにそうになっています。

○加瀬委員 そうしましたら、出来れば破壊フロントのコンターもつけていただけるとよろしいのではないかと思います。

○入倉特別委員会委員長 追加的にお願いする、何かこれは報告書としてはここにまとまっちゃっているんですけれども、やはり追加的に事務局にご検討いただくといいと思うんですね。ちょっと非常に必要な情報で抜けているところを今、言われているのはあると思いますので。

その他。

今のは非常に厳しい。だけれども、加瀬さんのように自分で計算された方はすぐ気になる点ですから。

よろしいでしょうか。

それでは、今回の報告については少し時間をとらせていただきましたけれども、

それ以外にもご意見がありましたら事務局にお寄せください。

それでは、本日、予定した議事はこれで終了なんですけれども、事務局から連絡事項をよろしく申し上げます。

○松本安全調査官 それでは、まず、本日、ご審議いただきました19-3-1号、それと19-3-2号の方なんです、一応、本日付けということで「案」を取らせていただきまして、次回以降の各ワーキングの方で周知するというような形で進めさせていただきたいと思います。

それと、あと次回以降の日程についてなんです、原子力安全・保安院の審議動向等を踏まえつつスケジュール調整の上、ご連絡させていただきたいと思います。

それから、あと来週以降ということで、各ワーキングのスケジュール関係でございすけれども、まず4月28日、火曜日、10時からワーキング3の島根の方がございす。それから、同日の午後1時半からということで、ワーキング2の泊がございすので、関係の委員におかれましては引き続きご対応いただきたいと思いますので、よろしくお願いたします。

それから、あともう1点、委託の方です。今年度の追加計算の方なんです、これから事務局の方で手続をして、計算が上がった段階でまた適宜対応させて、こちらの方はご報告というような形でさせていただきたいというふうに思いますが、けれども。

以上でございます。

○入倉特別委員会委員長 よろしいでしょうか。

それでは、本日の会合はこれで終了させていただきます。

どうもありがとうございました。

午後4時57分 閉会