平成 28 年 3 月 21 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会（第7回）
開催日時	平成 28 年 3 月 11 日（金）10:15～12:35
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	31 名 奈良林主査（北大）、蛯沢幹事（電中研）、神谷幹事（原電）、山崎委員（首都大学東京）、 奥村委員（広島大）、酒井委員（電中研）、宮野委員（法政大）、高田委員（東大）、 百々委員（JANSI）、鈴木委員（JANSI）、辻委員（JANSI）、佐藤委員（三菱重工業）、 飯田委員（東北電）、二ノ方委員（ミラノ工科大）、山内委員（元三菱重工業）、赤司委員（原燃）、 京谷委員（東北大）、今塚委員（大林組）、兼近委員（鹿島建設）、三浦委員（清水建設）、 黒岩委員（三菱重工業）、高尾委員（東電）、四十田委員（北陸電）、澤田常時出席者（電中研）、 平川常時出席者（東北電）、尾形常時出席者（東北電）、中村常時出席者（北陸電）、 藤井常時出席者（北陸電）、川口様（東電、長澤委員代理）、今岡様（日立GE、朝倉委員代理）、 小野寺様（東北電、小林常時出席者代理）
議　事	(1)開会挨拶　奈良林主査 　社会には原子力に対する様々な意見があるが、本調査専門委員会は、学術団体における検討の場として、工学的な評価、対策についてしっかりとまとめて、社会に発信をしていきたい。本年 9 月までの残り半年となったが、検討はまとめの段階に入っていくので、追い込みをかけて、委員の更なるご検討をお願いする。 (2)委員の交代予定について、神谷幹事から報告があった（朝倉委員→今岡委員）。 (3)神谷幹事から、参考資料 1 に基づき、3 月 6 日開催の原子力学会 福島第一原子力発電所廃炉検討委員会のシンポジウムにおいて、本調査専門委員会の活動は、学会事故調による提言のうち、「学会における自由な議論」、「学際的取組みの強化」の具体的な実践活動の一つとしてフォローされている旨の紹介があった。 　宮野委員（廃炉検討委員会委員長）から、関連する多くの学協会と連携して取り組んでいきたいのでご協力をお願いしたいとの発言があった。 (4)二ノ方委員から、参考資料 2 に基づき国際原子力学会協議会（INSC）の活動等について紹介があった。これに関連して、山内委員から、参考資料 3 に基づき INSC 声明文案の紹介があった。声明文案に関して、以下の意見交換がなされた。 ・断層変位に係る問題について海外に情報発信する際には、日本で議論になっ

	ている状況を踏まえて、議論の対象としている断層変位について相当丁寧に説明をしないと誤解を生じるおそれがある。 ・国際的な場においては、地震随伴事象全体の中での断層変位の問題としてバランスよく取り扱うことが必要。 ・地震や地震随伴事象全体に対してのあるべきアプローチというスコープで声明文をまとめるのがよいのではないか。 ・リスク評価の必要性に留まることなく、リスク評価に基づいて意思決定をしていくことの重要性までを訴求することが重要だと考える。 ・何を「最新の知見」というかは議論があり得るので、よく吟味して言及することが必要ではないか。 ・本調査専門委員会の検討がまとまった後に INSC による声明がなされると相乗効果があるのではないか。 ・本調査専門委員会の検討成果は、ICAPP や ANS の場でも積極的に情報発信していくことが必要。 話題提供として、二ノ方委員から、ミラノ工科大についての紹介があった（参考資料 2）。 (5)「断層の活動性と工学的なリスク評価」について 春の年会における本調査専門委員会の企画セッションについて、資料 7-1、7-2 に基づき神谷幹事から説明。 引き続き、資料 7-4 に基づき佐藤委員から、資料 7-5 に基づき百々委員から説明があった。また、奈良林主査から、前回原子力分科会（2/16 開催）の資料 B-6 の紹介があった。 春の年会においては、奈良林主査からのプレゼン（資料 7-3 をベース）と百々委員からのプレゼン（資料 7-5 に資料 7-4 の内容を取り込んだもの）により、本調査専門委員会の中間報告として発表する予定。 資料 7-4、7-5 に関する主な議論は以下のとおりで、春の年会に向けてブラッシュアップしてメールベースで委員の確認を得ていくこととした。 ・イメージとして用いている仮の断層変位の数値の意味合いについて丁寧に説明した方がよい。イメージとして仮置きした数値が独り歩きしないようにすべき。 ・変位のレベルに応じた施設側の要求性能を具体的に記載していくことはできないか。 ・断層変位による施設側の影響をイメージすることをまずは優先してまとめることでよいのではないか。 ・ここで対象としている断層変位がどのようなものかをまず明確に謳うことが必要ではないか。主断層の上に施設をおくことを考えようとしているなどの誤解が生じないようにしないといけない。現実的には破砕帯や副断層、岩盤の亀裂

	が対象になることや、評価対象となる変位量の程度について明確に説明した方がよい。 ・資料 7-4 は縦ずれ変位に対してのイメージだが、最終報告に向けては、これに横ずれ変位についても整理できるとよい。また、リスク評価をした後の対策工までをスコープに含めるべきで、対策工には、アクシデントマネジメントだけでなく、恒久的な対策工が検討に入ってくる。動的機器の耐力、性能に関わる情報も整理していくことが重要。以上については、中間報告段階では、最終報告に向けた取組みとしてのキーワードとして入れておくのがよい。現段階で、このような定性的な全体の流れがまとめられたのは成果だと考える。 ・最終報告に向けては、BWR の原子炉建屋やタービン建屋直下の場合や、屋外の非常用海水系の直下の場合など、合わせて 4 ケースぐらいの適用イメージとしてまとめていきたい。 ・対策工についての検討は、新設炉に対する議論をする際に有用になる。 ・イベントツリーにおける起因事象がすべて生じる可能性があるわけではないので、その点も検討の中で取り扱っていく。 ・深層防護の考え方を適用していくときに重要な点は、想定を決めた上で、想定を超えることもあるとして対応策を講じていくということ。想定はしっかりと決めていく必要があるのだが、想定が低いとか高いとかの議論で終わるのではなく、想定を超えたことに対しても対応していくことが重要な点である。そして、そのような考え方をしているということをきちっと社会に説明していくことが必要。 ・工学的な対応策をきちんとまとめて、断層変位に対する社会の懸念を払しょくしていくことが求められている。断層の活動性の有無で怖いとか安心とかということではいけない。きちんと調査・評価をすれば情報が得られて、そして対応策もあるということを説明していかないといけない。 (6)資料 7-1 に基づき、4 月以降は報告書ベースでの議論をしていくこと、報告書の構成案、今後の主要な論点、各種学会の場での専門家との意見交換の促進などについて、神谷幹事から説明。 蛯沢幹事から、報告書ベースの議論においては、「リスク評価」等の意味合いについて再度議論を行い、認識の確認をしていく必要性が提起された。 (7)今後の予定 ・原子力分科会 第6回 平成 28 年 4 月 13 日(水)13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 ・調査専門委員会 第8回 平成 28 年 5 月 17 日(火)13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 以上

備　考	配布資料: 7-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 7-2 2016 春の年会 企画セッション予稿 7-3 総論(基本的考え方) 議論用資料 7-4 原子力施設の影響評価とリスク評価の概要(中間報告) 7-5 調査専門委員会活動状況(中間報告) 参考資料 1 福島第一原子力発電所廃炉検討委員会関連資料(3 月 6 日シンポジウム資料の抜粋) 参考資料 2 二ノ方委員話題提供資料(国際原子力学会協議会(INSC)と学会の関わり等) 参考資料 3 山内委員提供資料(INSC 声明文案)

平成 28 年 1 月 26 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会（第6回）
開催日時	平成 28 年 1 月 7 日（木）10:15～12:45
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	35 名 奈良林主査（北大）、蛯沢幹事（電中研）、神谷幹事（原電）、 奥村委員（広島大）、小長井委員（横浜国大）、亀田委員（電中研）、酒井委員（電中研）、 柴田委員（東大）、宮野委員（法大）、高田委員（東大）、百々委員（JANSI）、 鈴木委員（JANSI）、辻委員（JANSI）、星野委員（原電）、長澤委員（東電）、 佐藤委員（三菱重工業）、山口委員（保全学会）、飯田委員（東北電）、山内委員（元三菱重工業）、 田中委員（原燃）、赤司委員（原燃）、谷委員（東京海洋大）、兼近委員（鹿島）、高尾委員（東電）、 小早川委員（電中研）、小山委員（大成）、朝倉委員（日立GE）、四十田委員（北陸電）、 澤田常時出席者（電中研）、平川常時出席者（東北電）、尾形常時出席者（東北電）、 中村常時出席者（北陸電）、藤井常時出席者（北陸電）、小野寺様（東北電、小林常時出席者代理）、 秋元様（大林組、今塚委員代理）
議　事	（1）開会挨拶　奈良林主査 この委員会は 2 年間で終了させるということで、3 月ぐらいまでには大枠の目途をつけておきたいので、集中してやっていきたい。残されているのは、断層変位の施設影響、事故シーケンス、事故を収束させるシナリオなど。今年もよろしくお願いしたい。 （2）資料 6-1 に基づき、神谷幹事からこれまでの検討経緯、今後の活動計画、本日の議論の進め方等について説明。 （3）「断層の活動性と工学的なリスク評価」について リスク評価の基本的考え方に関して、資料 6-2 及び 6-3-1 に基づき神谷幹事から説明。主な議論は以下のとおりで、引き続き検討していくこととした。 ＜全般＞ ・断層変位として対象としているものをもう少し明確にした方がよいのではないか。施設が主断層の上にあると想定した評価もここでの対象として扱うのかどうか。 ・新設炉と既設炉の区別については、IAEA の SSG-9のように両者を区別した上で、まずは既設炉に対する評価についてきちんと議論を進めればよいのではないか。新設炉と既設炉では調査のやり方も異なってくる。その上で、現象としての主断層、副断層、それ以外という組み合わせで、評価の入口を整理するのがよいのではないか。

	＜検討用の断層変位＞ ・断層変位に対しても、基本的には耐震評価と同じような考え方で適用していくことが重要で、基準となる断層変位の決め方を、方法論として明確にしていくことが必要ではないか。 ・副断層ならどこにでもある、見えていない変位はどこにでも出てくるという発想で、だから、この程度のことは考えておきましょうということではないか。現場での調査で得られる情報に頼り過ぎない方法論がよい。現場では見えないところがあるので、際限ない議論に陥る。 ・既設炉において、検討用の断層変位に対しては設計拡張状態として対処するという考え方はよいと思うが、それでもレベル1に対する「設計基準」というのを考えておくべきではないのか。今の基準地震動も基準津波も、ここでいうレベル1の「設計基準」を超えているものである。 ・中越沖地震のときに地盤変状による変圧器火災が生じたが、あのような変状が生じることも考えて手を打っておくというような考え方を明確にしておいた方がよい。 ・実際に生じ得る問題を考えると、サイト内の特定の破砕帯に対する変位というのが問題となるので、その変位を評価するやり方を示せばよいのではないか。その上で、別に地震動の場合の“震源を特定せず”のような、どこに変位が生ずるか分からないからというのを考えるのなら整理としては理解できるが。 ・検討用の断層変位の検討において、サイト外の他地点の事例をもってくる必要はないのではないか。その取扱いはきちんと考えた方がよい。 ・検討用の断層変位の設定位置や用語（単位断層変位や基準断層変位等）について議論を深めて認識を合わせることが必要ではないか。施設の基礎底面深さで設定するのか、地震動の場合の解放基盤表面のようにある一定深さで設定して、そこから施設とのコンタクト位置まで伝播させるのか。 ＜施設への影響評価＞ ・設備の幾つかのコンポーネントについては断層変位に対するフラジリティデータが取得されつつあるので、その成果を活用して安全機能への影響を評価できると打ち出すことができる。その点を前面に押し出した整理がよいのではないか。 ・未公開のものもあるのかも知れないが、フラジリティデータを得ている情報をこの場で紹介してもらう必要がある。 ・電中研や JANSI などで取り組んだ最近の施設影響の研究成果もあるので、活用できるのではないか。 ・断層変位に対する PRA は、地震動に対する PRA に比較すると今は技術が十分ではないという前提に立った整理が必要。ある程度条件付きで、限定された範囲での活用となる。

	・すべてをリスク論でやる必要はなく、また、未だできるものでもないので、設計基準の範囲は確定論で評価をして、それを超えるところは残余のリスクの評価としてリスク論で対応する考え方を明確にした方がよい。リスク論にも信頼性の問題があって、どこまで信用できるのかの話になる。 ・決定論的な施設への影響と、条件付の単純な事故シナリオの組み合わせで評価していくことができるのではないか。すなわち、決定論的なアプローチと確率論的なアプローチの組合せが有効である。 ・コンポーネントのフラジリティデータがあればよいというのだけではミスリードになるので、やはりシステム側も含めたトータルでの整理がここでは必要である。 ・フラジリティというのは、言い換えれば対断層変位に対するロバスト性という言い方に置き換えられると思う。トータルではそのような言い方の説明がよいと思う。 ・評価方法を体系的に整理していく上でも、まずはどんな現象が起こるのかを理解することが重要。 ・断層変位によって施設がどういう挙動を示すかは、パラメトリックスタディでも色々できるのではないか。解析の精度はあるが、同じ精度で見れば定性的な傾向は掴める。 ・設計という言葉を使う場合には、設計のクライテリアをセットで考えることになり、既存炉の場合だと対策工が対象となる。新設炉に対する設計なのか、既設炉の対策工についての設計なのか、イメージを整理することが必要。 ・断層変位から守らないといけない安全上重要な施設の範囲についても整理をしたい。 ・断層変位の施設への影響に関して、土木分野での考え方の紹介などが不十分であれば、関係者とも相談してあらためてお示ししたい。 ＜断層変位のハザードイメージ＞ ・資料にある「断層変位のハザードイメージ」は、なるほどと思った。 ・この絵は、グーテンベルクリヒターのプロットを使うと分かり易くならないか。活断層がどれぐらい滑るのかを横軸にとって、それを超える頻度をとる。累積でとっても微分値でとってもいい。その中に調査で分かる範囲と分からない範囲があるのだと。 ・この絵がハザードカーブではないとすれば、絵の作り方を工夫し、横軸は再来周期にするなど、適正化した方がよい。 ・この絵は、地質学的な経験と知識に基づいて作ったイメージで、発生頻度などとは関係ないので、これをリバイスすればよい。この絵の青の範囲が右肩上がりになっているのは、1 メートルの変位が生じても 10 万年に 1 回だったら次に起こるまでに痕跡が消える可能性がある、100 年に 1 回なら 10 センチでも消え

	ない可能性はあるということなどを、経験的に示しているものと理解できる。 （4）資料 6-3-2 については、時間の都合により次回に説明、議論を行うこととした。 （5）今後の予定 ・原子力分科会 第5回 平成 28 年 2 月 16 日（火）13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 ・調査専門委員会 第7回 平成 28 年 3 月 11 日（金）13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 以上
備 考	配布資料： 6-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 6-2 検討項目についての主な議論（H27.10.20 調査専門委員会第5回まで） 6-3-1 リスク評価の基本的考え方 議論用資料 6-3-2 検討用の断層変位の評価について

平成 27 年 11 月 1 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会（第5回）
開催日時	平成 27 年 10 月 20 日（火）13:30～17:05
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	30 名 奈良林主査（北大）、蛯沢幹事（電中研）、神谷幹事（原電）、 奥村委員（広島大）、小長井委員（横浜国大）、酒井委員（電中研）、宮野委員（法大）、 高田委員（東大）、百々委員（JANSI）、鈴木委員（JANSI）、辻委員（JANSI）、 佐藤委員（三菱重工業）、飯田委員（東北電）、山内委員（元三菱重工業）、赤司委員（原燃）、 原口委員（関電）、谷委員（東京海洋大）、今塚委員（大林）、兼近委員（鹿島）、三浦委員（清水）、 黒岩委員（三菱重工業）、高尾委員（東電）、朝倉委員（日立GE）、四十田委員（北陸電）、 澤田常時出席者（電中研）、平川常時出席者（東北電）、尾形常時出席者（東北電）、 小野寺様（東北電、小林常時出席者代理）、中村常時出席者（北陸電）、藤井常時出席者（北陸電）
議　事	（1）開会挨拶　奈良林主査 各検討が本格化している中、本日は、宮野委員、高田委員、谷委員からプレゼンをいただき、その考え方を聞きながら引き続き検討を進めていきたい。また、リスク論をよく考えた方がいいということもあるので、その辺りも含めて本日の議論を行って、共通認識を持つようにしていきたい。 （2）資料 5-1、5－7 等に基づき、神谷幹事からこれまでの検討経緯、今後の活動計画、本日の議論の進め方等について説明。 （3）原子力安全における断層変位の取扱い（リスク評価の基本的考え方）に関して、委員からの話題提供に基づき、分野横断的な議論を行った。 ①宮野委員「原子力安全の外的事象への適応（実装）」（資料 5-2-1、5-2-2） プレゼン要旨は以下のとおり。 ・東日本大震災で、社会は“原子力が持つリスクがどのように顕在化するのか”を経験した。この経験は、自然災害によるリスクへの取組みを考えさせるものであった。関連する分野の科学者や専門家は、お互いに協力して、どのように原子力安全の確保に取り組むべきかをもっと注意深く考えなければならない。 ・本調査専門委員会は断層変位への対応であり、対外的事象設計の確立の問題である。これに対して、原子力安全の基本的考え方に基づき考えることが重要。安全確保の基本には深層防護の考え方があり、これを適応して考えることが基本であろう。 ・設計基準は、基本的に深層防護レベル3までの考え方に基づき、まずは要求性能を満足させることであり、加えて、想定した事故事象に対しても安全機能を維持させることで設計するもの。さらに、設計基準を超えた領域まで設計の

	拡張を考えてレベル4としての影響緩和策、アクシデントマネジメントを講じることが求められる。 ・断層変位に対する深層防護の適応として、深層防護レベル1では、設計水準（Design Level）として、これまでも活断層の上には設置しないとしてきた。深層防護レベル2では、相対変位を検知し、重要機器の損壊を防ぐなどの防護策を講じることを検討する必要がある。深層防護レベル3では、事故事象を考えた対応をとる必要があり、設計水準を超えた事故水準（Accident-Control Level）変位を設定する。さらに、深層防護レベル4の検討のための想定事故水準（Severe-Accident Level）変位を設定して、想定外事故対応の検討に用いる。これは、目標とするリスクレベルに応じた変位を逆算して与えるやり方がある。 主な議論は以下のとおり。 ・断層変位はローカルに影響を与える現象なので、地震動に比べて深層防護の考え方が適用し易いと思う。ただし、地震動との重畳の扱いは検討していく必要がある。 ・プラントを設置するときに活断層がないところに設置したというのが基本的な考え方で、それは今も変わっていない。活断層についての断層変位のデータはあるので、それによって副断層などによる変位の上限というのが考えられるのではないのか。 ・活断層か否かの議論ではなく、地震動によっても弱層は動くのだと考えて、問題は変位量がどれだけ大きいかということである。 ・事故水準の変位量や想定事故水準の変位量も、物理的なモデルに基づいて策定していくことが基本。実測値をベースにしながら、モデルに基づいて考えていくということ。地震動のときと同様のやり方である。 ・フラジリティ側の状況から変位量を求めるというのは、世の中に通用しないと思う。大丈夫なところに決めているだけ、となってしまう。やはり観測データをベースにして、そこから結び付けて考えることが必要。 ・リスクカーブに基づいて、例えば炉心損傷というような大きな事象に対して、それがあるレベルよりもリスクが低くなるようにやるという方法もある。ただし、フラジリティ側の物理現象としての説明は必要で、そこから紐解いていく説明ができないといけない。 ・断層変位に対する対応を、どこのレベルで対処するかはいろんな対応がある。必ずしも設計基準の範囲内でやる必要はない。例えば、断層変位が起きてプラントが損傷し、炉が不安全な状態になっていても、アクシデントマネジメントで対処するといった検討ができると思う。 ・プラントのどこに断層変位が生じるとどのような影響が生じるかというスタディが必要。 ・断層変位に対しても、今の工学的安全設計の基本的な考え方を踏襲して考えることができると思う。

	②高田委員「原子力の地震リスクマネジメントについて」（資料 5-3） プレゼン要旨は以下のとおり。 ・リスクマネジメントの正しい理解が必要。リスク論的思考から解決できるものは多い。トータルプロセスとしての安全確保の議論を進めて、「安全かどうか」ではなくて、「どれぐらい安全か」の議論にしていくことが必要。 ・北村正晴先生が言うように、「～のないこと」で安全を定義するよりも、「～こうありたい状態」で定義することの方がより積極的かつ前向きな表現である。これが性能設計の考え方にも繋がる。 ・理学と工学の立場の違いから生じる誤解は解消しないといけない。理学に安全と言わせてきてはいなかったか。また、今でもそういう意識はないか。最新の理学の知見は使った上で、工学がもっと安全確保に責任を持つべきではないのか。 ・自然現象はデータが少なく、実験ができないこともある。複雑で不確実。専門家の意見が重要な影響を与えるが、色々な学説、解釈が存在し得る。したがって、対象とする問題がどれだけ分かっていて、どれだけ不確実であるかを明確にすることが必要。そのためには幅広い専門分野からの意見を収集し、できるだけ純科学的、多面的に問題を明らかにすることが必要。そして、予め合意された意思決定法、約束事に従ってものを決めていくようにしないといけない。 ・リスク論の導入は、決定論よりも理解し易く、国際的な流れでもある。 ・断層変位に対しても、多段階リスクマネジメントのスキームで考えていくことが必要で、高確率で被害が小さい事象に対する対象領域から、低確率ではあるが被害が大きい対象領域まで、それぞれの領域に応じた考え方、対処方策で考えていくことが必要。 主な議論は以下のとおり。 ・「予め合意された意思決定法に従って」については、ものを作っていく上でも既にある基準ベースに考えてしまうので、自分の意思決定の範囲はここだけだと限定してしまう嫌いがある。性能設計の考え方に基づき、許容値を満足することが目的ではなくて、性能を確保することを目的として、上から全体を俯瞰して見ていくことが必要。また、決め方を合意しておくことが必要で、与条件との関係でどうするのか、多数決なのか 3 分の 2 以上なのか、最大値をとるのか平均値からのばらつきをとるのかなど。 ・意思決定法の議論は、原子力学会の標準委員会のタスクで検討を進めており、その議論も参考にしていけばよい。 ・外的事象に対しても内的事象と同様の深層防護の概念を適応することができるのか。特に4層の適応が分かり難くて、無理にはめ込んでいないだろうか。規制側は3層のレベルを限りなく上げて、決定論的にそこでおさめてという感じである。どこが設計基準かというのが分かり難くなっている。 ・だからこそリスク論で考えていく必要がある。リスク論というのはマネジメントであり、リスクを想定して、それに基づいて訓練をして、残り易い設備がどれで、

	それをどう利用していくかに繋がる。 ・リスク論のいいところは、色んなリスクを想定して潰していくこと。想定外をどうやって潰すかという問題。想定外のことに対応するということはできないので、想定外を潰していくしかない。そこに意義がある。 ③谷委員「断層変位の評価フローの要諦（私案）」（資料 5-4） プレゼン要旨は以下のとおり。 ・理学の専門家には工学の技術者に対する不信感がある。そのような状況で、理学の専門家に断層変位を決めてくれと要求することは無理難題を押し付けていることに過ぎない。 ・断層変位問題は、調べ尽くしてもハザードを評価することは難しい。非常に低い発生確率であるが、被害の規模は大きいかも知れない。岩盤の破壊を扱う数値モデルなどの信頼性も低い。 ・このように、扱う問題の難しさを認識し、エンジニア側にもそんなに力がないということを認めた上で、理学の専門家と工学の技術者が協調的な対話を通じて施設の安全性を評価するという、新しい仕組みが必要ではないか。対話を通じて信頼感を醸成していく仕組みを提案したい。 主な議論は以下のとおり。 ・データの数や信頼性の問題はあるが、頻度の議論はきっちりしておく必要がある。工学側がやっていることは、例えば本来は千年に 1 回の事象を、起こると想定してやっている。そのような想定が安全側の評価をしているということになる。そのことを考えないと、なかなかリスク論は前に進まない。非常に頻度が低いものでも起きるという前提で考えるということ。 ・断層変位でプラントに損傷があった場合に、どういうメカニズムで炉心に脅威をもたらすのかという共通のイメージを作っておかないといけない。それなしに確率論を持ち出しても意味がない。 ・ハザード、フラジリティの次の事故シーケンスという観点でいくと、設備の配置は分かっているので、この範囲が壊れればこういう影響があるという分析はできる。そこの不確実さ、分からないところを分かる範囲でどう評価するか、そこまでいけば後段に繋がると思う。 ・非常に頻度が小さい事象に対して、しかし影響の不確実さも大きく影響が大きいと想定されるものに対しては、深層防護の上流側でどれだけ特別な配慮ができるのかという視点もあると思う。 ・設計というのは、ものを作って、社会が要求する性能を満足させる、照査をするということ。その照査が簡単にできないというのがこの断層変位問題だと思う。情報も少ない、技術も足りない。だから、そういう現象に対して、こういうような手順を入れていますとか、こういうものの決め方でやっていますとか、そういうことが必要。従来の設計の考え方と違う考え方を入れ込んでおくことが必要。

	（4）「断層の活動性と工学的なリスク評価」に関して、断層変位量の検討フローについて検討を行った（資料 5-5、説明：鈴木委員）。 主な議論は以下のとおり。引き続き検討していくこととした。 ・これまでの各セクターの検討において、このような検討フローの形できちんと示したものはなかった。この調査専門委員会として、一歩進めた検討として、不確かさを考慮して断層変位量を検討するフローを提案したい。 ・調査結果にしても、計算のモデルにしても、あらゆるところに不確かさはある。厳密な議論はし難く、その一つ一つの不確かさの程度をきちんと決めることはとても難しいので、全体としての不確かさを考えることが工学的にはいいと思う。 ・答えを一つに決めようとするから無理が生じる。ロジックツリーで色んなケースを位置づけて、それを議論して重みを付けてというのが確率論的な評価の一般的なやり方。そのようなやり方を手順に入れていくことが考えられる。意見が分かれるときに、意見を収斂させていくやり方によって解決ができるのではないか。 ・不確かさについては、解析に使うパラメータに関して、どのパラメータの感度が結果にどれぐらい効くかを見た上で、そのパラメータの幅を合理的に決めて、それで PFDHA 側のロジックツリーで同じようなパラメータを当然分岐でカバーして、それがだいたい同じようなレンジかどうかを見て考慮していくのではないか。それが地震動などでもやっているやり方である。 ・岩盤の破壊を扱うモデルの信頼性については、マグニチュード 7 クラスの主断層の変位レベルがあるので、副断層であればそれ以下の程度という感覚があり、その中での精度として取り扱えば検討に用いることはできると考える。解析のレベルが検討途上であっても、出来る限りの努力は常にして、精度の悪さは不確かさの幅が広いと捉えて扱えばよいのではないか。 ・モデルの質は低いということは認めた上で考えていくことが必要だと思う。設計モデルの信頼度というのは予測精度であり、上限を抑える能力ではない。 ・この程度の計算の能力でやっているということを理解し合いながら物事を決めていくことが重要。計算でなんとかできると言い張るから信頼できないという話になってしまう。譲歩をして、謙虚さをもって話をしていかないと難しい。 ・野島断層の断層変位については、地表や水田ではばらばらであったが、古い岩まで切ったところで見ると、非常にきれいに出ている。原子炉の基礎版みたいに硬い岩まで切ってならしたところは、すごくきれいに出ている。 ・それを予測できるかというと難しいと考える。断層の分岐点や、横ずれの場合などは難しく、地表に近づくにつれて複雑になる。データも少ないので、予測計算の検証もできていない。 （5）断層変位評価に関する電力中央研究所の研究（ハザード側の研究を中心とし

	て）について、資料 5-6 に基づき酒井委員から紹介いただいた。 主な議論は以下のとおり。 ・解析による計算結果の検証に関しては、動力学の場合は解析コード同士の共通問題での解の一致を確認するということと、実地震断層で地表地震断層が現れたところで解析をやって検証してみるということになる。昨年の長野県北部地震を解析対象として考えていて、また、土木学会の岩盤力学委員会と原子力土木委員会でも解析対象にしようという動きがある。 （6）今後の予定 ・原子力分科会 第4回 平成 27 年 12 月 16 日（水）13:30～＠北海道大学東京オフィス会議室 ・調査専門委員会 第6回 平成 28 年 1 月 7 日（木）10:15～＠北海道大学東京オフィス会議室 以上
備 考	配布資料： 5-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 5-2-1 原子力安全の外的事象への適応（実装） 5-2-2 原子力プラントが有する耐震余裕（歴史） 5-3 原子力の地震リスクマネジメントについて 5-4 断層変位の評価フローの要諦（私案） 5-5 確定論的アプローチに用いる断層変位量の検討フロー 5-6 断層変位評価に関する電中研の研究～ハザード側の研究を中心として～ 5-7 検討項目についての主な議論（H27.9.30 原子力分科会第3回まで）

平成 27 年 8 月 3 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	第4回「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会
開催日時	平成 27 年 7 月 21 日（火）13:30～17:00
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	30 名 奈良林主査（北大）、神谷幹事（原電）、山崎委員（首都大学東京）、奥村委員（広島大）、 小長井委員（横浜国大）、亀田委員（電中研）、柴田委員（東大）、宮野委員（法大）、 高田委員（東大）、百々委員（JANSI）、鈴木委員（JANSI）、辻委員（JANSI）、星野委員（原電）、 佐藤委員（三菱重工業）、山内委員（元三菱重工業）、田中委員（原燃）、赤司委員（原燃）、 谷委員（東京海洋大）、今塚委員（大林）、兼近委員（鹿島）、三浦委員（清水）、高尾委員（東電）、 小早川委員（電中研）、小山委員（大成）、羽田野委員（東芝）、四十田委員（北陸電）、 平川常時出席者（東北電）、小林常時出席者（東北電）、尾形常時出席者（東北電）、 話題提供者　澤田様（電中研）
議　事	（1）開会挨拶　奈良林主査 ・本日は、土木学会原子力土木委員会断層変位評価小委員会の研究報告書をご説明いただく。この調査専門委員会のために土木学会の方で報告書の複製許可をいただき、原子力学会側としてもしっかりと情報共有できるかたちとなった。大変心強いこと。本日はこの報告書を共有するということで、この調査専門委員会として重要なマイルストーンになる。 ・原子力分科会の作業会が立ち上がり、建物、機電関係、事故シーケンスなどについて、技術協力者の方々も含めて、検討を開始している。作業会で検討された素材に基づき、次回以降の調査専門委員会、原子力分科会で検討を進めていく。 ・このような状況を踏まえて、大きなマイルストーンとして、来年3月の原子力学会春の年会において、この調査専門委員会としての報告書案の骨格などを公表できるように検討を進めていきたい。春の年会でご意見をいただいて、その後、半年掛けて報告書を練り上げていく。タイトなスケジュールだが、よろしくお願いしたい。 （2）神谷幹事から、委員の交代等について紹介。 （3）資料 4-1、4-2 に基づき、神谷幹事から今後の活動計画等について説明。 ・各小グループでの作業が進められていくということだが、各小グループの間で関連する項目、課題が出てくると思う。そのあたりは、どのようにトータルな視点から議論していくことにしているのか。 ←全体の作業会において、各小グループの検討の進捗状況を確認するとともに、各小グループ間の課題や検討事項に漏れがないか等についても、分

	野間で横断的に議論していくことを心掛けながら進めている。 ・資料 4-2 にある「検討項目等」とは、報告書の目次案なのか。資料 4-1 にあるような構造とかシステム評価の方にこの委員会の活動のウェイトが移ってきているのではないか。そのことによって工学の責任を果たしていけると感じている。 ←さる 2 月の委員会で提示し議論した「検討項目等」は目次案として作成したものだが、今後の検討の中で見直していくものである。検討を進めていく中で、この「検討項目等」から発展的に最終的な報告書の構成ができていくという理解でよい。 ・米国の地震学会誌（BSSA：Bulletin of the Seismological Society of America）に掲載されている断層変位に関する知見も参考にすることは有益である。 （4）資料 4-3-1、4-3-2 に基づき、小早川委員、澤田様から土木学会原子力土木委員会断層変位評価小委員会の研究報告書の内容について説明いただき、内容の確認、議論を行った。 ＜調査 WG＞ ・過去の副断層の出現事例のデータ（主断層からの距離と副断層による変位量の整理）には、3.11 後の 4.11 湯之岳断層の事例や、昨年の長野県北部地震（神城断層地震）の事例も取り込んでいくことが重要。非常に重要な整理なので、写真などの証拠も含めて示すことができるとよい。 ・主断層なのか、副断層なのか、現地を見ても専門家でも判断がし難い事例があると考えるが、成因について考えることは重要なこと。 ・評価のプロセスにおいて、“安全側”の判断をどこで入れるのかは重要な論点である。地質調査の段階ではよく分からなかったり、あるいは複数の調査をやって結果が整合しないような場合がある。その際に、その段階で“安全側”の取扱いとしての評価をしている場合があるが、それは正しいことをやっていることになっているのか気になる。“安全側”というのは、サイエンスとしてはそもそも決められないはずなのだが、全体の評価の非常には早い段階（上流側の段階）でそれが出てくるのが気になる。 ・データが少ない中でものを決めていかないといけない状況で、データのないところでは考え方によって意見が一致しない場合が出てくる。そのような場合に、“安全側”の扱いをするとなってしまうのかが気になっている。地震動で Ss を決める場合も、分からないときは安全側にモデルを設定して、不確かさを考慮してとなっている。断層変位に対しても、同じようにして決めていかざるを得ないところがあると思うが、そのときに、どのぐらい“安全側”をとればいいのかの議論なしにやっているところがあって、非常に気になる。また、そのデータを使って確率論的な評価をやると、ただ数値を“確率化”しただけかとなってしまい、全然違うことをやっていることになってしまう。 ・副断層のデータに関しては、主断層から1km、2km離れても変形の可能性が

	あるということを逆に明示的に表しているのではないかと思う。断層の直上ではないところも、変形のことをきちんと議論する必要があるということ。 ＜解析 WG＞ ・シナリオを決めた上での解析結果を示すことはできる技術レベルにある。 ・台湾・集集地震の事例でも、地表に人工的な盛土がある場合は、そこを避けて地表断層が現れたという事例があった。構造物側がしっかりとしていれば、表層の副断層のようなものは、構造物を避けることがある。事例として幾つか確認されている。 ・地盤の条件が、膨張性なのか収縮性なのかで影響が変わってくる。膨張性であれば、ブロードの変形メカニズムとなり、収縮性であれば、断層の直上近辺だけに集中した影響が生じる。砂や粘土と異なって、原子力発電所の設置されている岩盤に関して言えば、岩盤に不連続面がどのように入っているかによって変わってくる。これを予測するのはかなり難しく、適用性に課題があると思う。 ・地質調査の結果から信頼性の高い断層変位の情報が得られるのであれば、それを使うことでよいと思う。しかし、それは過去の痕跡のデータであって、不確実性も伴っているもの。施設への影響評価として用いる入力としては、地質調査の結果も踏まえて、解析的な結果も合わせて判断していくのではないか。 ・地表の変形の観測技術（InSAR、RiDAR）はすごく進歩してきているが、すべて地表の情報。地盤や岩盤の中の情報は得られないところに限界がある。そしてそれは、既存の施設への影響評価の場合に困難が伴うことになる。新設であれば、間に工学的なクッション層を入れるなどの対処策が考えられるのだが。このような状況を踏まえると、数多くのシナリオを作って、影響評価を工学的に考えていくことが必要なのだと思う。 ・予め数多くのシナリオを考えておけば、断層の直上だろうがどこであろうが、関係なくなるのではないか。 ＜活用 WG＞ ・あらゆるシナリオが同時に起こるわけではない。資料 4-3-2 の 97 頁のような評価の流れを示した上で、シナリオを決めた影響評価を数多く示していくことが重要だと考える。 ・難しい課題であることは認識しつつも、「損傷イメージの共有」というのは重要な点で、評価を行って、例えば炉心損傷まで至るのか、それともそこまでは至らないのか、きちんとした技術的な整理をすることが必要。直下で断層のずれが生じても、単に建屋が股割きになるというようなイメージだけではいけない。 ・例えば、資料 4-3-2 の 81 頁の原子炉建屋の解析結果に機器・配管系の配置図を合わせてみて、どの系統に損傷が至っていて、どの系統は健全なのかを見ていけば、止める・冷やす・閉じ込めるの機能がどのような状態に至ってい

	るかを示していけるのではないか。 ・あらゆるケースを検討していくことは困難であるが、代表的なケースを設定して、それがどのような状態なのかを把握しておくことが必要なことである。 ・この話は 3.11 の後に出てきたものではなくて、旧原子力安全委員会の手引きの議論から惹起されてきた問題。そのときに、“活断層の直上に設置をすることは想定していない”という文言が提起されて、活断層の直上に施設を設置しているところはないのでよいとは思ったのだが、言葉の使い方が変えられたときにはおかしなことになるなと気になっていた。それが、規制委員会になって、“活断層”という言葉が外されて、“将来活動する可能性のある断層等”となってしまい、話を難しくさせてしまっている。 ・ずれの量も大きくて、繰り返し動くから断層変位地形が残るというのが活断層であるが、ずれの量が小さいものもある。副断層が繰り返し動かないものかというと、地震動による受動的な力を受けて繰り返しズレが生じている事例もある。定義のところで分けるというよりは、ある程度のところまでは工学で対処するという考え方が必要だと思う。 ・土木の橋脚の杭設計をするときに、ある程度までは変形する前提で考える場合がある。一般化するのは難しいが、地盤の剛性と施設の剛性の兼ね合いで、この程度までの変位・変形なら問題ないということを我々が提示していかないと、ちょっとでもずれたらダメであるとしては、そこで思考停止してしまう。活断層であろうが副断層であろうが関係なくて、どのように影響評価を見ていくのかを提示していくことが必要。 ・活断層の定義が地質学的な常識から外れてしまっていることが最大の問題。可能性があれば何でも活断層となってしまっていることに関しては、それが間違っているということはきちんと言っていかないといけない。過去に活動している痕跡はないが、将来活動する可能性があるとしてしまったら、それは学問的に意味のないことになってしまう。 ・副断層に関しても、過去の地震に伴って、主断層からの距離に応じてどのぐらいのずれが生じているのかは、我々は過去の経験値（知）から知っていて、ある程度予測はできる。経験値から外れたことが実際に起きているかというとそんなことはほとんど起きていない。特に日本ではそう言える。我々はそういう知識もデータも持っているので、“可能性は否定できない”と言われても、黙っている必要はない。 ・学会レベルでは、活断層の定義には何の変更もない。ただ、勘違いをして、原子力の規制での言葉使いで学会レベルでの定義も変えるかのようなことを学術的な場で発言されている方がいる。学会レベルでは、変える理由もないし、必要もないと思う。 ・“可能性が否定できない”というのは学術の世界での取り扱いではないのではないか。 ・一方で、事業者が実施している調査レベルというのは極めて学術的で、立証を

	試みていると思う。 ・東電福島事故のときのように、津波で安全系の設備がすべて機能しなくなるようなクリフエッジが、断層のずれによっても生じるのかどうかをしっかりと見ていかないといけない。危ないのであれば、どのように危ないのかを学術的に検討しておくことが重要。 （5）土木学会側の今後の取組みについて、谷委員から紹介があった。 ・土木学会側としては、今後は地盤安定解析高度化小委員会の下に断層変位評価に関するWGを設置して、一つはこの原子力学会側とのコミュニケーションの窓口として機能させ、もう一つは断層変位評価についての解析技術の高度化に取り組んでいくという目的で進めていく。 ・また、本日ご紹介した断層変位評価小委員会の報告のうち、資料 4-3-2 の 94 頁以降に関しても、議論の積み残しの部分については、WG で検討していければと思っている。 （6）今後の予定 原子力分科会第3回 平成 27 年 9 月 30 日（水）13:30～＠北海道大学東京オフィス会議室 調査専門委員会第5回 平成 27 年 10 月 20 日（火）13:30～＠北海道大学東京オフィス会議室 以上
備　考	配布資料： 4-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 4-2 検討項目についての主な議論 4-3-1 断層変位評価小委員会研究報告書 4-3-2 断層変位評価小委員会研究報告書の概要

平成 27 年 5 月 31 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	第 3 回「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会
開催日時	平成 27 年 5 月 15 日（金）13:30～16:50
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	31 名 奈良林主査（北大）、小西幹事（京大）、神谷幹事（原電）、 山崎委員（首都大学東京）、小長井委員（横浜国大）、亀田委員（電中研）、 酒井委員（電中研）、柴田委員（東大）、宮野委員（法大）、高田委員（東大）、 百々委員（JANSI）、鈴木委員（JANSI）、辻委員（JANSI）、星野委員（原電）、 佐藤委員（三菱重工業）、田中委員（原燃）、佐々木委員（原燃）、 伊藤委員（元電中研）、谷委員（防災科研）、京谷委員（東北大）、 秋元委員代理（大林）、兼近委員（鹿島）、三浦委員（清水）、高尾委員（東電）、 小山委員（大成）、朝倉委員（日立 GE）、羽田野委員（東芝）、 竹島ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ（東北電）、小林ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ（東北電）、尾形ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ（東北電） 話題提供者　澤田様（電中研）
議　事	（1）開会挨拶　奈良林主査 ・2 月 14 日の特別講演会および 3 月 21 日学会春の年会での企画セッションは、非常に充実した講演会になり、好評をいただいた。 ・今回からゼネコン殿、メーカ殿の委員を拡充した。検討を本格化していく。 （2）今後の調査・検討の進め方について資料 3－1 に基づき議論を行い、本委員会の進め方、土木学会側の検討との連携の方向性、原子力分科会での作業の進め方等について確認を行った。今後、以下の議論も踏まえて調査・検討を進めていくこととした。 ・日本機械学会の安全規制最適化研究会において、断層変位の施設に対する影響評価事例について事業者から紹介を受け、議論を行うこととしている。その状況についても、この委員会で紹介し、検討に活用していきたい。 ・土木学会原子力土木委員会断層変位評価小委員会（以下「小委員会」という。）では、現在報告書作成を進めており、7 月 3 日のシンポジウムで披露する予定。報告書の発刊により小委員会の活動は一旦区切りとなるが、本委員会の活動との連携もあるので、何らかの形で土木学会側のハブ的機能を持たせながら、引き続き必要な対応を相談していきたい。 ・本委員会の原子力分科会こそが、今回の検討を原子力学会において行う最大の意義だと思う。そういう意味で、原子力分科会の活動は非常に重要である。 ・原子力分科会の検討においては、土木構造物への影響評価は小委員会の検討スコープに入っているとしても、原子力分科会としても主体的に吟味を行い、本委員会の検討として漏れのないようにする必要がある。また、事故シナ

	リオの検討は、当然土木構造物も含めたトータルの問題として考える必要があるので、総合性を持たせて検討していくことが重要である。 ・電中研 NRRC で取り組んでいる断層変位に関する検討内容についても、本委員会でご紹介いただいて、反映できるようにお願いしたい。 ・原子力分科会での議論に供する作業は、百々委員に作業主査的な役割をお願いして、施設や現場の実情を把握している委員を中心に分担を決めて、作業を推進していく。 ・本委員会の検討においては、リスク評価の手法を使っていくのが大きな幹になっているように見えるが、例えばストレステストはクライテリアがないので、評価した後のマネジメントというか意思決定をどうやっていくのかを考えておくことが重要になる。その点を本委員会の検討スコープに入れて、進めていくことが必要ではないか。 ・変位が大きくなった場合にどういう事象が起きるのか、危ない探しをきちんと検討して、その危ないところをどう手当てするかを整理していきたい。 ・施設が耐えられるかどうかということと、壊れた場合にシステムとしてトータルのリスクがどうなるのかの両方の議論をしていくことがポイントとなる。 ・断層変位に対する影響はアクシデントマネジメントとして対応するんだということを最初から縛りをかけるのではなく、学会のこの委員会としては、設計領域でも対応できるということもきちんと検討をして、設計でも許容できるという枠組みを学術的に提示できる議論をしておくべき。設計できちんと対応するというのは、非常に重要なことである。 （3）参考資料に基づき、本委員会の調査・検討の背景について確認を行った。 ・この資料で指摘されていることに対して答えていくということだけでは現実対応的過ぎる気がする。断層変位の影響やそれに対する対処はこういうものだと、もっと内圧的に打ち出していくことが必要ではないか。それによって検討する側のモティベーションも高めて、自分たちの論理を前面に出していった方がよい。 ・まずはこのような背景も認識して、ということなのだと思う。 （4）断層変位に関連した地盤評価に係る諸課題について、委員等からの話題提供に基づき、分野横断的な議論を行った。 ①京谷委員からの発表要旨（資料 3-2） ・岩盤力学は、第二次大戦後のインフラ復興に追従する形で提唱され、欧州での岩盤崩壊事象を契機に発展してきた。学問的には、土質力学と比較して歴史が浅いもの。 ・岩盤は複雑な構造体で、岩石の材料特性をしっかりと押さえて、数多くの不連続面が存在するという構造特性を扱わないといけないという難しさがある。 ・力学モデルとしては、不連続体モデルと連続体モデルがあり、各種モデルが検

	討されている。それぞれのモデルには一長一短があるが、計算機技術の発展を活用して、実現象への適用に取り組んでいる。 主な議論は以下のとおり。 ・InSARやリモートセンシングによる地表の地殻変動情報から、岩盤のマクロな情報を得ることはできないのか？ ←岩盤内部の情報は分からない。岩盤中の弱層がどのように組み合わさっているのかによって挙動は変わってくる。 弱層の入り方を概ね推定して、平均化したようなモデル化をすることは可能だが、金属材料と違って、セルフキャリブレーションというか検証の困難性がある。地下構造物を建設した際に、解析と実際の現場での計測結果を比較しての検討はできた。 一方で、計算機力学は大きく進歩しているので、様々な解析手法が解けるようになっている。結局は、岩盤中に弱層がるということでの力学を、どのように数式に表現していくかという、力学屋としての原点に戻っての検討に力を入れているというところ。 ・同じ岩盤力学に取り組んでいるものとして、モデルの中に岩盤力学の特性というか不連続面の特性というのをどのように取り込んでいくかが一番の悩みである。 ・物性の与え方については、概ねこんな幅に入るということが分かれば、あとは計算機が進歩しているので、様々なパラメータ同定法も使って、相応の予測はできていくと思う。 ・土質力学はかなり体系化されているが、岩盤力学はそのレベルまでは至っていないとの説明があったが、なぜ難しいのか？データが足りないのならたくさんとればいいと思うのだが？ ←土質力学の方では、例えばある沖積平野を見た場合に、ある一定の広さにおいて粘土層や砂層などが堆積していて、ボーリング調査を幾つかすれば、その結果を平野全体に展開することができる。一方、岩盤力学では、試験室で試験ができるのは小さな供試体だけだし、また、その結果が岩盤全体の強度特性や変形特性を代表しているのではなくて、そういう材料と数多くの弱層が介在してできているものなので、試験室で得られた材料物性をそのまま持ち込めないという難しさがある。原位置試験の方法もあるが、対象としたい岩盤の大きさに対して、どのような規模の現地試験をすれば岩盤全体の特性を捕まえたことになるのかは課題がある。土質力学の方は、土骨格と水が共存するような連続体なので、水との挙動とのやり取りの中でのロジックがそれなりに使える。 ・工学的応用という観点からすると、この分野での不確定性の問題へのアプローチの状況はどうか？ ←不確定性の問題に関しては、地下構造物の建設の際に解析と現場での計測という一期一会的な検証はしてきているが、十分な議論がされているとは

	言えないと思う。 ・不確かさに関しては、工学的には、評価の対象とその影響によって、どこにどれだけの不確かさを考慮すればよいかという議論だと考える。例えば、耐震を考えた場合には、地震動のばらつきの方が圧倒的に岩盤物性のばらつきよりも大きいので、トータルで見たときには地震動のばらつきをきちんと見ることに意味がある。したがって、この委員会の対象である断層変位による影響を考える場合には、どこの不確かさが一番重要になって、評価プロセスの中に出てくる個々の不確かさはどこまで詰めておけばよいのかの整理が必要だと思う。 ・断層変位に関して言うと、対象となるのは地表に近いところの岩盤である。紹介のあった解析モデルは、金属材料の場合とほとんど同じもので、岩盤の中の欠陥（弱層）を仮定して、それがどのように発展するかという問題なので、理解できる。 ②伊藤委員からの発表要旨（資料 3-3） ・断層変位による地表変動量予測法の現状について、特に動的アプローチによる予測評価法の過去の文献リストとともに紹介。 ・動的アプローチは、断層破壊モデルを用いて、地震動評価そのもの、あるいは断層破壊の地震動への影響について評価するべく発展してきたものであるが、その解析の中で、断層による変位量もアウトプットとしてきちんと出てくる。したがって、断層変位量予測の解析手法がないということではない。色々な解析手法はあるが、それぞれの長所、短所を理解して評価すれば何ら問題なく、工学的な判断に用いることができる現状にある。 ・文献リストは、この委員会の報告書を作成するときに活用できればと思い、整理してきたものである。 ③澤田様からの発表要旨（資料 3-4） ・スウェーデン SKB による廃棄物地中管理施設と断層が交差する場合の検討事例の紹介。 ・断層の動力学的破壊進展による変位評価の試み（主断層と分岐断層によるベンチマーク問題による検証、主断層周辺に副断層を配置した場合の解析）について紹介。 主な議論は以下のとおり。 ・主断層周辺に副断層を配置した場合の動力学的な解析は、非常に興味深い試解析で、かなり評価できているという印象をもった。主断層に近いところで、副断層は 20 ㎜ぐらい動いて、そこを外れるとほとんどゼロに近いと見ればよいのか？ ←ここでの試解析はそのような結果。どれだけの破壊範囲があるかは副断層のサイズ依存がある。 ・対象範囲が広域であれば、平均像としての結果はそれなりのものが出ると思う。現在、広域モデルから狭域の詳細モデルに変えていくような手順に取り組

	んでいるところ。 ・解析なので、破砕部の物性の条件とか配置とか、様々なケーススタディができると思うが、破壊がステップするようなことが解析上はあり得るのか？ ←この解析は、破壊する場所を条件として配置している。無垢のところが壊れるかという議論ではない。 ・主断層が深いところにあって、地表は主断層と副断層と、そして岩盤にはその他の弱層もある。主断層が動いたときに、岩盤が動いて揺れて、構造物を支えている岩盤にも変状が生ずる。そして、結局、構造物が壊れるのかどうかということをやらないと、工学と工学の外との議論が絶えないような気がする。 ④谷委員からの発表要旨（資料 3-5） ・断層変位（Fault Rupture Hazards）を、その特徴を考慮して、設計フローの中の断層変位の評価と施設への影響評価のそれぞれに上手く考慮していくことが必要。具体的に、断層変位の特徴は、頻度：非常に低い、場所：震源断層の直上で狭い幅に限定（場所は分かっている）、性状：局所的なせん断変形、非常にランダム性があり複雑等、タイミング：地震時。これらを設計の中で考慮していくことが必要（変位の予測と検証が困難、大きな変位は構造物に対して影響が厳しい、耐変位構造は不利など）。 ・不確かさとしては、地震動よりはるかに大きな不確かさを設定することが必要。一方で、作用の上限を設定することの可能性も模索できるのではないか。 ・地震動に対する耐震設計は長い歴史と経験（高頻度事象）があり、社会に受け入れられている。断層変位は極低頻度で検証実験も難しいものであり、社会とのコミュニケーションのハードルが高い。そのときに、副断層という難しい対象から入っていくことがよいのか議論が要る。 主な議論は以下のとおり。 ・個人的には、決定論か確率論かというのは結果的な話であって、あまり本質的なことではないと思っている。本質は不確かさをどうやって担保するのかということ。発表の中では、不確かさの評価が重要だとしつつ、決定論が主で確率論が従とすることが受け入れやすいというご意見のように伺ったが、決定論でみるときの不確かさをどの程度とればいいかという考えはあるか？ ←具体的な回答は持っていない。確率論については、JANSI報告の“参照する”というところに味噌があるのだと思う。 ・主断層と副断層というのが学術的な定義が確定していないというのであれば、この委員会ではどういうにするのかは定義しておかないといけない。過不足のない表現で、しかし、2～3 行程度で。そうしないと、今後の議論が混乱した状態で進んでしまう。 ・実際の現場では、それが主断層に繋がっているかという情報をどこまで得られるかは分からない。主断層なのか副断層なのか区別は難しいのではないか。先日のネパールの地震のPALSARによる地殻変動を見ても、カトマンズの辺

	りで断層でもなんでもない地表の陥没が起きている。そのようなものも地表に現れた変化は変化であって、それが主断層であろうが副断層であろうが、変化は変化である。だから、どの程度の変化に対してどの程度の機能損傷があるのかというレベルを明確にしていくのがこの委員会で取り組むべきことではないかと思う。 （5）次回：第4回 調査専門委員会 平成 27 年 7 月 21 日（火）13:30～ ＠北海道大学東京オフィス会議室 以上
備 考	配布資料： 3-1 調査・検討の進め方について（案） 3-2 岩盤の変形強度特性評価手法について 3-3 「断層変位による地表変動量予測手法」について～現状の考え方とその概要紹介～ 3-4 主断層周辺に分布する副断層・破砕帯の変位の数値解析による評価の試み 3-5 断層変位問題に関する評価技術の課題 参考資料 調査・検討の背景