

第9期津波評価小委員会（2025年度第2回） 議事次第

1. 日 時 : 2025年8月28日（木）13：00～17：00
2. 場 所 : Webexによるオンライン会議
3. 出席者 : 高橋委員長、蛇沢委員、川村委員、後藤委員、サッパシー委員、鳴原委員、菅原委員、高川委員、田島委員、田村委員、富田委員、馬場委員、福谷委員、松山委員、山中委員、米山委員、鈴木氏（加藤委員代理）、浜口氏（柴田委員代理）、川真田常時参加者、重光常時参加者、高橋常時参加者、野瀬常時参加者、野原常時参加者、渡辺常時参加者、西崎氏（西坂常時参加者代理）、木原幹事長、石島幹事、石原幹事、小川幹事、甲斐田幹事、北門幹事、木村幹事、栗田幹事、木場幹事、佐藤幹事、志方幹事、芝幹事、鶴留幹事、東幹事、藤井幹事、保坂幹事、吉井幹事
4. 議 題 :
 - (1) 2025年度第1回津波評価小委員会議事録の確認 資料-1
 - (2) 地震を要因とする津波に関する検討
 - 地震性津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討 –
 - ・偶然的不確実さに関する検討 ~データに基づく確率分布の検討~
 - ① 南海トラフ、琉球海溝、伊豆・小笠原海溝沿い海域 資料-2-1
 - ② 日本海溝・千島海溝沿い海域 資料-2-2
 - (3) 地震以外を要因とする津波に関する検討
 - 1) 地すべり津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討 資料-3-1
 - 2) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討
 - ・地すべり津波実験 資料-3-2
 - 3) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討
 - ・模式地形による比較検討
 - ① P-KLS モデル等 資料-3-3-1
 - ② 二層流モデル 資料-3-3-2
 - ③ 3D モデル 資料-3-3-3
 - (4) 津波解析手法の高度化に関する検討
 - ・津波水位の数値解析手法の高度化 資料-4
 - (5) その他

5. 議事 :

(1) 2025 年度第 1 回津波評価小委員会議事録の確認

資料-1

- 疑義等あれば幹事長および幹事団に連絡のこと。

(2) 地震を要因とする津波に関する検討

– 地震性津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討 –

・ 偶然的不確実さに関する検討 ～データに基づく確率分布の検討～

① 南海トラフ, 琉球海溝, 伊豆・小笠原海溝沿い海域

資料-2-1

Q 津波の推定値のばらつきについて、p.19 の琉球海溝のロジックツリーで、「原子力サイトに着目したκ」として分岐を設けているが、p.14 の南海トラフおよび伊豆・小笠原海溝のロジックツリーと異なる理由は何か。

A 整理して後日回答する。

Q p.14 のロジックツリーでκが小さい方に重みが偏っており、エルゴード性を仮定しない場合のκの方に重みがあるという考え方のもと重みを付けていると思ったが、そのような意図か。

A そのとおり。

C それならば、「原子力サイトに着目したκ」をあえて分岐として設ける理由が分からない。もし分かれば教えて欲しい。

A 整理して後日回答する。

C 過去の資料を遡って確認し、できる限り早めに回答すること。

⇒ 回答（小委員会後）：スライド 19 の「原子力サイトに着目したκ」は、全海域共通への適用について過去に当小委員会で検討されたものであり、今回の資料において一つの海域のロジックツリーにのみ記載したのは誤りである。また、「原子力サイトに着目したκ」に関わる分岐は津波評価技術 2016 に記載されておらず、実務でも適用されていない。このことから、「原子力サイトに着目したκ」の分岐を削除したい。なお、「原子力サイトに着目したκ」は、JNES(2014)「確率論的手法に基づく基準津波策定手引き」に記載された、原子力サイトの痕跡高に限定した 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の再現解析で得られた κ を参考にしたものである。

Q 特に伊豆・小笠原海溝のロジックツリーについて、津波の計算手法の分岐を設ける必要はないのか。具体的には、分散を入れるが入れないかなどである。また、これについて過去議論していなかったか。

A 過去の議論については確認する。

C Tanioka and Satake の斜面に関する評価を分岐に入れるか入れないかなどについても過去議論がなかったか確認して欲しい。

A 承知した。

C 津波のモデルには入っていなかったと思うが、確認すること。

⇒ 回答（小委員会後）：津波の計算手法の選択や水平地盤変位の考慮といった解析手法の選択については、ロジック分岐で表現する認識論的不確実さ（いずれかが正しいが今は知識不

足によりわからないもの）には含まれないと考えている。より正しい解が得られる手法を選択するのが原則であり、また実務においては計算負荷および計算安定性の観点も考慮して、誤差が許容できる程度に収まる手法が選択される。

② 日本海溝・千島海溝沿い海域

資料-2-2

- C Baba et al. (2020) より剛性率 52GPa としているが、より大きい 65~70GPa が適当である。次の論文で更新しているのでその値を使って欲しい。
加えて、津波高さの予測において、どのスケーリング則を使うかの影響は大きい。Álvarez-Gómez et al.が正しいのか確実ではないし、S を使うか L を使うかで答えが変わるために検討して欲しい。
- A どのように整理するか検討する。
- Q 偶然的不確実さというより認識論的不確実さについての話のように聞こえる。偶然的不確実さについての話で間違いないか。
- A まとめに記載したように偶然的ばらつきの範囲を設定するという形でまとめている。
- Q 「ロジックツリー更新の必要性」とあるが、ロジックツリーを使うこと自体が認識論的不確実さの要因に対して行うもの。さらに、震源を特定できるかできないかという観点について、認識論的不確実さは知識不足とデータ不足によるものだが、そのどちらかというと知識不足の方によるものということか。
- A そのとおり。
- C 西傾斜・東傾斜についても知識不足だと思う。「偶然的不確実さの要因だ」と話をしたこと自体が知識不足であると考えられる。
- A 傾斜方向に関しては西と東の両方がありパターンがあるため、偶然的ばらつきである。
- Q 関連して、「ばらつき」など言葉の定義が必要である。「認識論的不確実さ」と「偶然的不確実さ」、そして偶然的不確実さの場合は「ばらつき」とは標準偏差のことを言っているのかなど言葉の定義をはっきりとするべき。「ばらつき」、「不確実さ」とは何についてなのか、定義から明確にすべきである。
もう一つの観点として、「ロジックツリー更新の必要性について検討を行う」とあるが、ロジックツリーで展開している中で津波ハザードに大きく影響のあるものについて検討をしているのか。それとも最近検討していないから検討するということなのか。位置づけが分からぬ。
- A 不確実さの種類については記述を追加する。ハザード評価の観点については、今回は計算していないので、ばらつきがありそうかどうか、影響がありそうかどうかについて検討している。
- C 津波ハザードの信頼性を高めることを目的とした議論なので、津波ハザード評価に影響のありそうなパラメータについてもっと検討すべきである。影響があるのか分からぬならば試みで感度分析をするなどしても良いのではないか。
- A そこまでできていない状況である。
- Q それならば、今回は第 1 ステップとしてやっているなど、説明してくれないと分かりづらい。言葉の定義と合わせてもう少し明確に説明して欲しい。

- また、今回の内容は偶然的不確実さというより認識論的不確実さについての話だと思うが他の方々はどう考えているか。
- C 走向について±10°の中でどの走向になるのか複数計算するという点は偶然的不確実さであり、その幅を決めるとなると認識論的不確実さであると考えている。
- C 今回は逆に言うとデータ不足についての検討である。幅というのは物理的には標準偏差を指すと思うがその意味を明確にすべき。データによって標準偏差が変わる、という話なら認識論的不確実さだと思う。原子力規制委員では「幅」とは言っていないため、「幅」、「ばらつき」など言葉の定義を明確にしていくべき。
- C 言葉の定義について整理を進めていただければと思う。

(3) 地震以外を要因とする津波に関する検討

- 1) 地すべり津波の確率論的評価手法の高度化に関する検討 資料-3-1
- Q p.21にロジックツリーがあるが、地すべりの規模はどこで考慮されているのか。地すべりの幅はあるが、体積なども重要となると思う。
- A 森木ほかの論文に示されている地すべり跡地形の面積の上限が上限になると思う。本研究では、地震動ハザードを外力として、どこですべるのかは斜面安定解析で探すため、どこまで探す範囲を広げるかということについては、面積の上限を決めてスケーリングの関係で厚さも決まるということになる。それを認識論とするかどうかについては検討する必要がある。例えば、何 km^2 以上の地すべりが実際に起こり得るかということであれば分岐の中には入ってくると思うが、データに基づいて現実の範囲が決まりその中に探すということになると、ロジックツリーには明示されないため、ここでは明示していない。その辺りについては、ご指摘のとおりかと思うので、今後検討する。
- C 上限は考慮する必要があるので、既往のデータから設定することが妥当であると思う。また、確率論で考える場合、どこまでの水深を考えるのかで確率の値が変わってくると思うので、その辺りについては工夫する必要があると思う。
- A 地すべりの規模、水深、再来期間でハザードの関係が決まるので、既往知見にあるように海溝軸付近が 10 万年という間隔でしか現れないということであれば、ハザードには影響しないため、早めに関係がないところは落としてしまうという方法は実務上あり得ると思う。
- Q 実際の地形から、地すべりが起こる場所を選定すると思う。ロジックツリーの中には L/W 比が入っているが、形状は分岐させるのか。
- A L/W 比の位置が悪いかと思う。3 次元で解くと球面のモデルになり、球面で地形が削られるところがまず決まるので、その場合は L/W 比は使わない。一方、断面 2 次元で解くと、鉛直面内では決まらず幅方向をどうするのかということになるため、単純に幅を長さの何倍として決めるということから、L/W 比を入れたが、L/W 比のボックス位置は不適切であるため、修正する。
- Q 地すべりは地震起因であることは間違いないか。

- A 解析は地震起因のものを前提として行っている。比較するものがなぜすべてのかということははつきりとは分からぬ。
- Q p.5 にあるとおり、南海トラフ沿い海域、四国東部周辺を対象にしている。
能登半島地震の津波の場合は、富山湾で海底地すべりが発生し津波も発生したということで、今後他の場所でも同様のことが起きないのかということについて議論されている。今回の研究では、そのようなことを計画段階で検討しなかったのか。富山湾の海底地形の観点から検討の俎上には上がらなかったのか。
- A p.5 に、能登半島地震に伴う地すべり津波の検証は入っており、現状なかなか上手くいっていないため、今回は記載していないが、ある程度まとまった段階で報告する予定である。南海トラフ沿い海域等とは別の項目として計画している。
能登半島地震については、地震、地すべり、津波の因果関係については確証がなく、地すべり津波の波源位置についても、専門家間で異なっている。その要因として、記録が限られていることや、地すべり津波の解析手法が複数あり、それによって結果が変わってくるため、どのツールを使うかで波源の推定が異なってくることが考えられる。予測に当たっては、いずれかの津波解析手法が真値に近いという認識論として、津波解析手法のロジック分岐を設けている。
- C 能登半島地震では、津波が 5, 6 分で襲来したということがあり、それに対する公式の見解がないため、今回の資料にも、能登半島地震に関する内容について 1 ページでも良いので記載した方が良い。津波評価小委員会は原子力技術の発展に貢献していることが言えると考えているためである。津波解析手法の違いによる結果の違いについて、認識論的不確実さとして考慮しているが、優先順位の関係で次フェーズに実施するということを明確にした方が良い。
- Q 本研究のハザードカーブは地すべりによる津波のみのものという認識で良いか。
- A そのとおり。
- Q 地震による津波と地すべりによる津波を統合する方法について考えがあれば教えて欲しい。地すべりの時間差などについて感度分析などがあれば良いと思った。
- A 現状は、地震による津波は計算しない。まず地すべりによる津波のハザードを求めるなどを優先している。地震による津波については、地震動は距離減衰で行うが、津波を計算するとなると、すべり量分布等の津波解析上の設定はどうするのかという問題が出てくる。また、ご指摘のように時間差に関する追加的な問題が出てくると思われるため、こちらについては次の課題と考えている。まずは地すべりによる津波について検討している。
- C 地震による津波のハザードカーブと、地すべりによる津波のハザードカーブを線形で足し合わせても別に悪くはなく、安全側になるかと思うが、現状の展望について確認したかった。
- Q メカニズムは色々あると思うが、とりあえず地震起因を考えることについては正しい方向性ではあると思う。問題は斜面安定解析をする際に、粒状体はある程度可能だと思うが、岩盤に関しては難しいと思う。岩盤が崩壊することに関しては戸惑いがあると思う。個人的には、

能登半島地震は岩盤が崩壊していると考えている。海底谷沿いに海底地すべりがあり、形状からして堆積物ではなく岩盤であると考えている。崩壊した箇所ではインタクトロックの強度ではなくの $1/5 \sim 1/10$ が岩盤強度と言われていることもある。海底においてそれを検証するために、能登半島地震が使われるのでないかと考えている。

もし可能であれば、ROV 等の水中カメラで海底谷の崩壊している箇所、崩壊していない箇所を見ても良いと思うし、岩石について強度試験を行っているかと思うので、そこからデータを得て、インタクトロックから推測される岩盤強度はどれくらいなのか見積り、それを検討に入れた方がより良い成果になると思う。

- A 強度に関して、インタクトロックの強度だとおそらく岩盤は壊れないと思う。逆に、壊れたところがあることを根拠に一律 $1/10$ にすると、どこでも崩れるということも考えられる。
- C 斜面崩壊に関して、南海トラフを調査していたが、海底の岩盤はもたないという話もあった。海底での岩盤強度は何かということについて、今回の研究で整理した方がより良い成果となり、土と岩の両方を考慮した斜面安定解析が試みられるということになると思う。岩には必ず不連続面があるため、その効果を考慮しないと斜面安定解析はできないと思う。

2) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討

・地すべり津波実験

資料-3-2

- Q かまぼこ型の形状は既往の研究などを参照しているのか。
- A Watts の実験を参考にしつつ、ガウス分布に従う形状となるように設計している。
- Q 例えばデブリフローは再現実験がなされている。現在のようなかまぼこ型だと流線形ではなく、移動体の下部に水がまきこむような形で形状ができあがらないとすべていかない。京都大学やノルウェーのどこかで水路実験が行われているのでその形状を参照しても良いと思う。既往の研究に沿っているなら良いが、地質学的・解析学的に見ると微妙かもしれない。
- 2 点目で、地すべりには 2 タイプあるが、回転するようなタイプはどこかのタイミングで上に突き上げるような運動が生じる。津波のシミュレーションでは初期の移動が効いてくると思うが、回転したときにどのような最大波形になるのか。
- A 実験模型に関して、デブリフローの実験について後ほど確認する。ただ、現在の模型はすでに製作に入っているので、追加の模型として導入できるかについては検討する。
- C 本当に流線形なのか解析学的には言い切れないと思うので、ローテーションのほうと合わせて検討した方が良い。
- Q 模型実験のスケールについて、どのような規模の地すべりを考えているのか。
- A 昨年度の資料に記載したかもしれないが、アスペクト比については考慮している。過去の実験や過去の海底地すべり津波から推定されたアスペクト比の範囲で模型を作成している。実験全体のスケール感としても、地すべりフルード数や水深比などは無次元量を過去の事例と比較して妥当な範囲に入るよう設計・計画している。
- C 気泡について考慮するときはスケール感を把握する必要があるため、今後、スケール感についての資料も加えた方が良い。

- A 1 ページ資料に加える。
- Q 地すべり体の移動の速度について。海底の地すべり速度のデータはまだないとは思うが、陸上だと数 10m/s 程度という話を聞く。そのような観点でも、長波の波速と水深との対応付けなのかと思うがどのように考えているか。
- A 今後の検討材料ではある。斜面の長さや走行距離にも限りがあるが、最大速度という点では差があると予測している。
- C 加えて、気泡が出るので小さい没水深では行わないとのことだが、水位変動が 1 cm 以下の場合は解析時に小さすぎるという判断がされてしまいそうなので、数値解析実施者とも話をしておいて欲しい。
- C 水深が浅い実験条件について、難しいかもしれないが加えた方が良いと思う。
また、波高計について波源直上は計測が難しいかもしれない、ノイズなどの影響も出てきてしまうとは思うが、超音波変位計など水面に接しないような計測方法も検討した方が良い。
- A 没水深が浅い方が、よりはっきりと水位変化量も見えてくるので、全体のスケジュールを見ながら検討する。
超音波式の水位計については、最初に水槽を設置し、水を入れたときに試したような記憶もあるが、かなりノイズが入っていたような気もする。
- A 超音波水位計の場合、反応速度が遅く、面で測定するため良い波形をとらえることができなかつた。
- C 実験のまとめ方として、負の最大水位変化量を得ることが目的ならば映像での解析も適していると思う。

3) 初期波形、初期水位の評価方法の高度化に関する検討

- ・ 模式地形による比較検討

- ① P-KLS モデル等

資料-3-3-1

- 特段の議論なし。

- ② 二層流モデル

資料-3-3-2

- C 粗度係数（下層） n_2 や界面抵抗係数などのパラメータは実験から決められた値だと思うが、今回対象とする現象に対しては大きすぎるかもしれない。どのように得られた値なのかそのプロセスを明示し、既往の研究と比較しながら、今後は感度分析をして欲しい。

- ③ 3 D モデル

資料-3-3-3

- Q p.7 について、空隙率が 0.01 のときに上手くいかず、0.1 なら上手くいくとあるが、これは何が起きているのか。
- A まだ明確には分かっていない。

- Q 参考文献ではいくつにしているのか。
- A 0.01相当にしており、それを踏まえたが上手くいかなかった。
- Q 右側の図では走った後に流速が残っている。これは変わった現象であり、関係しているのかについて検討して欲しい。また、流体計算は全部しているのか。
- A 全部している。
- Q 半分などにはできず、全部しないといけないのか。
- A オーバーセット領域が差し替わっているところはできないが削ることはできるかと思う。
- C 流速を計算しているならば、ベクトルを見たら何が起きているのか分かるかもしれない。
- A 色がついているところについて拡大して検討していく。
- C もう一点、乱流モデルを層流としているがなぜか。後ろの方の図を見ると層流とは言い切れないのではないかとも思うので、また検討して欲しい。

資料-3-3-1, 3-3-2, 3-3-3 の全体に関して

- C 三つの比較は並べてもらわないと分からない。
- C 時間がなかったとは思うが、今後はもう少し比較しやすくなるように資料を改善して欲しい。

(4) 津波解析手法の高度化に関する検討

・津波水位の数値解析手法の高度化

資料-4

- C 平面2次元と3次元の使い分けだが、私は基本、一度すべて2次元で計算し、できないところは3次元で解析している。実地を対象にしている場合は計算してみないと分からないことが多い。波は2次元で良いが、波でないところや碎波が起こるようなところでは2次元ではできない。難しいとは思うが、なんらかの指標を作ってくれたらありがたいと思う。
- A 指標を考えるのは現実的ではないと感じるところもあるため、そのような結果も想定していく。
- C 基本的でない場合は難しいので、試した結果、難しいという結論にもなり得るかもしれない。

(5) その他

- 特段の議論なし。

以上