

## 土木学会論文集掲載の論文「海底地すべりによる津波の将来想定手法の提案」について（案）

令和 3 年 1 月 27 日  
技術基盤グループ地震・津波研究部門  
原子力規制部地震・津波審査部門

### 1. 背景

設置許可基準規則<sup>1</sup>第 5 条（津波による損傷の防止）は「設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」とし、その解釈別記 3 第 5 条第 2 項において、津波を発生させる要因として海底地すべりを考慮することを求めている。

審査においては、基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（以下「津波審査ガイド」という。）に基づき、事業者が海底地すべりによる津波評価を実施していることを確認しており、海底地すべりによる津波評価には、過去の海底地すべりの痕跡を復元する方法が用いられている。

令和 2 年 11 月公表の土木学会論文集 B2(海岸工学)において、海底地すべりによる津波評価に関し、過去の海底地すべりの痕跡を復元する方法と異なる方法が提案され、柏崎刈羽原子力発電所における海底地すべりによる津波評価を 2 つの方法で行った場合の比較が報告された。

### 2. 本論文の内容と得られた新知見

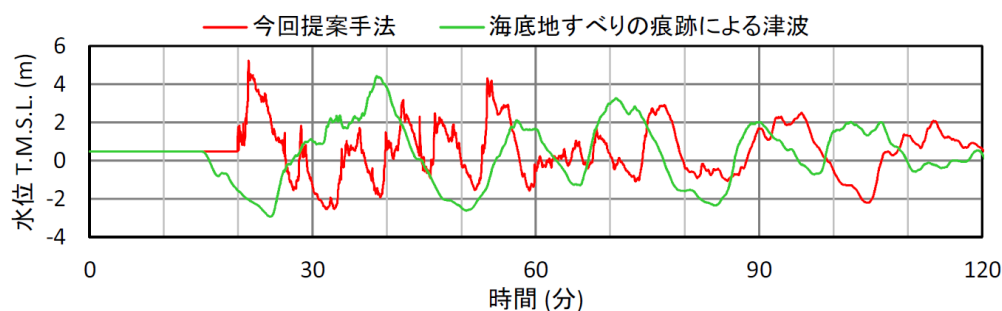
金戸<sup>2</sup>らは、土木学会論文集 B2(海岸工学)「海底地すべりによる津波の将来想定手法の提案」（以下「本論文」という。）において、「原子力発電所における海底地すべりによる津波評価は、過去の海底地すべり（以下「既往地すべり」という。）の痕跡を復元することで評価を行っている（以下「従来手法」という。）。一方、将来発生し得る海底地すべりによる津波は、既往地すべりサイト以外の不安定斜面で発生する地すべり（以下「初生地すべり」という。）も評価対象とすべきである。」と述べた上で、柏崎刈羽原子力発電所の半径 100km の範囲において、海底地すべりパラメータの経験モデルを用いて、海底地すべりによる津波の発電所への影響が大きなエリアを特定し、3 次元地盤安定解析と 2 層流モデルによる津波評価を行う手法（以下「提案手法」という。）を提案した。

<sup>1</sup> 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

<sup>2</sup> 東京電力ホールディングス株式会社

柏崎刈羽原子力発電所における津波水位<sup>3</sup>は、提案手法による初生地すべりを対象とした解析の結果約 5m となり、従来手法による既往地すべり<sup>\*</sup>を対象とした解析の結果約 4.5m に比べやや上回る結果となった。なお、同発電所の基準津波は、海底地すべりと地震による津波とを位相差を考慮した上で組み合わせて設定されており、地震のみによる津波に対して概ね 0.3m 程度高くなる結果となるが、既に設計工事計画を認可した 7 号機の入力津波は許容津波高さに対して余裕があることから、施設の安全性に直ちに影響を与えるものではない。

※従来の地すべり痕のパラメータは、論文中に発電所から距離約 30km、厚さ 130m、面積 33.5km<sup>2</sup>、体積 2.2km<sup>3</sup>と示されている。このパラメータは、審査会合資料<sup>4</sup>において、取水口前面水位上昇側最大ケースとして選定された海底地すべり「LS-2」のパラメータと一致する。加えて、従来の地すべり痕による津波水位の時刻歴波形が論文中の図に示されており、これは同審査会合資料の「LS-2」を波源とした場合の 1 号炉取水口前面の水位の時刻歴波形と同じと考えられる。



転載元：金戸俊道、山本和哉、木場正信、木村達人、西愛歩、渡部靖憲：海底地すべりによる津波の将来想定手法の提案、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.76、No.2、I\_349-I\_354。

図 提案手法と従来手法による津波水位の比較

<sup>3</sup> 本論文中の図からの読み取り値

<sup>4</sup> 第 404 回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料 4-4-1

なお、確率論的なアプローチになるが、初生地すべりを対象とした津波ハザード評価の研究例として、Grilli ら<sup>5</sup>や、嶋原・Horrillo<sup>6</sup>、佐藤・杉野<sup>7</sup>があげられる。Grilli ら<sup>5</sup>は、アメリカ東海岸の大陸斜面を対象として、あらかじめ設定した斜面断面について、既往の調査結果から得られている海底表層の物性値や地すべり斜面長等のパラメータを統計的に整理して、モンテカルロシミュレーションを用いた斜面安定解析による地すべりのハザード評価を実施し、抽出した地すべり形状より初期水位分布を求め、対象地域の 100 年確率及び 500 年確率の津波高を推定する津波のハザード評価を行った。嶋原・Horrillo<sup>6</sup>は、メキシコ湾沿岸に設定した 2 つの斜面断面について、断面上の掘削データから得られた深度と物性値の散布図より平均的な傾向を表す回帰式を算定した。そして、Grilli ら<sup>5</sup>の手法を踏襲し、この回帰式による物性値を用いて斜面安定解析による地すべりのハザード評価を実施し、この結果を踏まえ同沿岸の津波ハザードを評価した。また、佐藤・杉野<sup>7</sup>は、海底地すべり起因津波の確率論的ハザード評価手法の整備の一環として、地盤物性値（せん断強さ等）の深度に応じたばらつき及び平面的な地すべり発生位置や移動方向を考慮し、確率論的手法を用いた海底地すべり危険度判定手法を構築した。また、モデル地形を対象に海底地すべり危険度マップを試作し、手法の適用性を確認した。

本論文は、既往の研究論文で確率論的に取り扱われてきた初生地すべりの評価に関し、決定論的手法として提案したものである<sup>8</sup>。計算条件の設定には、幾つか経験的な方法（例えば、地すべり斜面長と幅の関係式の設定、想定する地すべりの面積の上限値の設定、発電所の地層区分と海域の地層区分を対比しての地盤物性値の設定）を組み合わせており、初生地すべりを決定論的に評価するための工夫がみられる。

### 3. 規制対応案

本論文は、海底地すべりによる津波波源の設定に際し、既往地すべり以外の地すべりを用いて波源を設定する手法の提案及び適用例を示すものである。設置許可基準規則の解釈において、津波を発生させる要因として海底での地すべりを考慮するよう既に求め、津波審査ガイドに基づいて確認しているこ

---

<sup>5</sup> Grilli, S. T., Taylor, O. D. S., Baxter, C. D. P., Marezki, S., : A probabilistic approach for determining submarine landslide tsunami hazard along the upper east coast of the United States, *Marine Geology*, 264, pp. 74-97, 2009.

<sup>6</sup> 嶋原良典, Horrillo Juan: 確率論的手法を用いた海底地すべり津波波源の推定—メキシコ湾への適用—, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, Vol. 70, No. 2, 2014, I\_281-I\_285.

<sup>7</sup> 佐藤太一, 杉野英治: 確率論的手法を用いた海底地すべり危険度判定手法の構築、*日本地震工学会論文集*, Vol. 19, No. 6, 2019, p. 283-295.

<sup>8</sup> 土木学会論文集 B2(海岸工学)に掲載された本論文は、3名の専門家による査読を受けたものである。

とから、本知見により設置許可基準規則の解釈及び津波審査ガイドを変更する必要はない。

新規制基準適合性審査では、従来の手法が用いられている。従来手法では、海底地すべりが経験的にほぼ同じ場所で繰り返す特徴を踏まえており、過去の痕跡を復元した上で、同時すべりの想定やパラメータ設定において不確かさを考慮しており、信頼性のある確立された手法である。一方、本論文の提案手法は、発生頻度が低く、発生場所を特定できない不確かさの大きい初生地すべりを取り入れようとする新たな試みである。

また、従来手法は詳細なデータが入手可能な海底地形データを基に評価を行うことができるが、提案手法ではそれに加え、3次元の地盤安定性解析を行うための詳細な海底地質データ等が必要になるという側面もあり、本論文の評価対象地域以外でそのような情報・データが入手可能かどうかは定かではない。

以上のことから、本論文の提案手法については、事業者の自主的な取り組みである安全性向上評価の中で取り扱うのが適当であると考ええる。