

第1回技術文書審議タスク（津波漂流物の影響評価技術の体系化）  
議事録

- 日 時：2023年10月18日（水）15：00～17：00
- 場 所：Zoom によるオンライン会議
- 出席者（順不同・敬称略）
  - 技術文書審議タスク：水谷主査（名古屋大学）、庄司副査（筑波大学）、池谷委員（東京海洋大学）、奥田委員（建築研究所）、佐藤委員（大林組）
  - 以下はオブザーバー(OBS)参加
    - ◇ 原子力土木委員会：中村委員長（日本大学）、中島幹事長（電力中央研究所）、篠田幹事（防衛大学校）、中村幹事（電力中央研究所）
    - ◇ 津波評価小委員会：木原幹事長（電力中央研究所）、永松幹事（中部電力）、鈴木幹事（中部電力）
    - ◇ 津波漂流物の影響評価技術の体系化WG：富田主査（名古屋大学）、甲斐田幹事長（電力中央研究所）
- 資 料：
  - 資料 1-1 第1回技術文書（津波評価小委員会津波漂流物の影響評価技術の体系化）の審議
  - 資料 1-2 土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会「津波漂流物の影響評価技術の体系化WG」説明資料

1. 技術文書審議に係る委員会内規等説明

資料 1-1 により、中村委員長より技術文書審議の位置づけ、審議タスクの役割、基本方針段階における意見・評価記入表について説明があった。

2. 審議対象となる技術文書の作成背景と作成方針等の説明

甲斐田 OBS より資料 1-2 に基づき、津波漂流物の影響評価技術の体系化 WG の活動と技術文書の作成背景・作成方針等について説明が行われ、以下の質疑応答があった。

■ 資料全体に対する質疑応答

庄司委員：目的は明確であるが、影響評価技術の範囲は衝突力や被衝突体の応答となるのか。

甲斐田 OBS：評価を行う目的は衝突力や被衝突体の応答評価である。これらの評価を行う過程において必要となる技術も対象に含めており、これらを体系的に取り纏める。

水谷主査：衝突以外の漂流物による二次的影響は対象とせず、衝突力の評価とそれに対する施設応答評価に絞った記載をするのか。

甲斐田 OBS：その通りである。ただし、漂流物の到達範囲の推定などにおいて今回取り纏める各種技術は活用可能であると考えており、衝突以外の二次的影響においても参考になるものと考えている。

奥田委員：建築分野における津波荷重の取り纏めにおいては、漂流物の衝突だけではなく漂流物の堆積（damming）による荷重の増加を考慮すべきという意見もあるが、この活動ではこれらは考えないのか。

水谷主査：漂流物が構造物にもたれるような形で静的な応答に影響することもあると思う。

甲斐田 OBS：今回はご指摘のような現象は対象とせず、漂流物が津波により漂流して構造物へ衝突するシンプルな条件に絞った取り纏めを考えている。

佐藤委員：既存資料をベースとした体系化であり、新たな知見として挙動解析などを追加した技術資料を作成する考えか。

甲斐田 OBS：その通りである。挙動解析のほか、評価フローや衝突解析など現在の技術資料に含まれていない技術も対象に広げて、既存の知見をベースとした体系化を行う。

佐藤委員：現在も原子力発電所を対象とした審査の中で、既存の知見を引用して漂流物の審査は行われていると思う。単にとりまとめるだけでは、既存の指針の中の1つに埋もれてしまうことを懸念する。規制庁への説明性の高さから、電力会社は保守的な厳しい条件を好んで設計することになると思う。実験データ等を使って合理的な設計法を説明していこうとすると、これがベストという説明が必要になると思う。必要性＝有用性と思うが、どの程度突っ込んだ説明資料にしていくと考えているのか。

甲斐田 OBS：ご指摘の通り現状では非常に保守的な条件での設計がなされていて、あらゆるところに安全率が設定されている。安全側の仮定が重畳することによって、過度に安全側の設計となることも懸念される。今回作成する技術資料では、こうした点の合理化に貢献するために、漂流物の影響評価において用いられる様々な手法が持つ保守性の程度や評価結果が有する不確かさの幅の程度の整理を多くの文献を基に行って取り纏める。これにより、審査する側／される側にとって使いやすいような形にしていきたいと考えている。

佐藤委員：関連技術の成熟度とは。

甲斐田 OBS：漂流物の影響評価をする際に活用される様々な技術がどの程度のレベル

にあり、技術資料として取り纏めるレベルに達しているかどうかであると考えている。

水谷主査：説明によると個別の技術としては成熟しているけれども、個別要素で評価は完結しないので、どのように体系化していくのかというのをこれから考えていかなければいけないということか。

甲斐田 OBS：その通りである。

池谷委員：津波漂流物の定義についてはどのように考えているか。漂流物の種類やサイズ、船の場合だと操船の可否などの要因をどのように考えるか。

甲斐田 OBS：例えば原子力発電所では、発電所ごとに調査範囲を決めてその中で漂流物になりそうな物体を調査する。そうすると船やコンテナや車両が出てくる。主に想定されるこれらの漂流物に対する評価手法を整理する。船舶についてはサイズが千差万別で、衝突力の評価手法はそのサイズによって大きく異なるため、考え得る範囲で網羅的な調査をする。操船の可否は資料を使う側の条件設定と考えており、操船不能になった船舶の地点を評価実施者が仮定して、この活動の中で整理する技術を使って評価対象の構造物への衝突の有無を検討するという形になると考えられる。

池谷委員：メガフロートや浮体式の洋上風力発電設備は漂流物になる可能性があるのではないか。

甲斐田 OBS：現状ではそれらを対象とした知見は少ないと考えられるが、今回作成する技術資料は新たに漂流物として考慮すべき物体を対象とした評価をする際の基礎資料として活用できるようにしていきたい。

佐藤委員：各事業者が立地条件や構造条件など自らの発電所の特性や津波の発生源などを踏まえながら、考慮すべき漂流物を特定する方法を示していくような形を考えているということか。

甲斐田 OBS：その通りである。

水谷主査：原子力発電所を想定すると、考える必要のある漂流物や活用可能な技術が既にあってこれらを体系化していくという前提があるのか。

甲斐田 OBS：技術文書の作成に際し、原子力発電所への適用は念頭にある。しかしながら、漂流物の影響評価技術は対象を厳しく限定するものではないと考えている。漂流物の種類が違ったとしても、その挙動や衝突条件、衝突力の評価に活用する技術は共通する場合が多いと考えられるため、漂流物の種類には厳密な前提を持たさず、汎用性を持った取り纏めをしていきたい。

庄司副査：対象とする漂流物によって技術の成熟度は異なるし、確率論的評価ではサイトに接近する漂流物がランダムに振る舞うかもしれないので、対象を切り分

けないといけないのではないかと思う。

甲斐田 OBS：漂流物の種類によっては衝突荷重の評価ができるもの・できないものがあるので、対象が切り分けられるところもあると思う。しかしながら全体の評価としては、将来の課題として残るところもあると思うが、対象を厳しく限定せずに広く使えるような方法論として体系化したいと考えている。

水谷主査：現状で検討が難しい対象については、将来こういったことも課題にして考えていく必要があるという課題の提示にとどめるのか。

甲斐田 OBS：そのように考えている。

奥田委員：漂流物や対象である原子力発電所の建屋や防潮堤がどんなものかを明確にした方が良くと思った。

甲斐田 OBS：この体系化の中では評価手法を示していくことを目標にしている。冒頭の段階で漂流物や評価対象の建屋を限定することはせず、各評価技術の様々な漂流物への適用性を明確にしていきたいと考えている。項目として被衝突体の応答評価を設定しているので、建屋や堤防などの被衝突体についても評価の可否や課題の有無を明確化し、評価できるもの・出来ないものを整理していきたいと考えている。

奥田委員：東日本大震災のときに、原子力発電所における被害は公表されているか。

甲斐田 OBS：東北地方太平洋沖地震に伴う津波による原子力発電所における津波漂流物の被害については、原子力土木委員会津波評価小委員会による「津波評価技術 2016」や、日本地震工学会「原子力安全のための耐津波工学・地震・津波防御の総合技術体系を目指して－」（2015）に記載されている。津波の被害を受けた各電力会社においても被害をまとめて HP などで公開している。

奥田委員：被害事例の報告で、どういう被害があったのか、どういうものがあるのか。そういうのは参考になると思う。

水谷主査：海上の構造物・陸上の構造物の双方の評価が可能になるようなものを目指しているということか。

甲斐田 OBS：その通りである。

佐藤委員：津波に対してはドライサイトであることが要求されていることを踏まえると、漂流物が衝突するのは防潮堤が基本になるかと思うが、敷地内の設備への衝突も考慮するのか。

甲斐田 OBS：防潮堤は陸上にあるので陸上にある漂流物が衝突することもある。発電所敷地内の評価も同様の考え方・技術で実施可能と考えている。配管やタンクなどの機械設備については機械的な専門知識が必要になるため、今回はカバーしきれない可能性がある。

■ 技術資料の必要性に関する議論，質疑応答

佐藤委員：既存の指針やガイドラインの1つになってしまうものだと、必要性に疑義がつく。津波の評価、漂流物の評価をするときにはまずはこれを見なさいよと、思われるような整理をしていただけるとよいと思う。

庄司副査：原子力発電所のサイトについては必要だと思う。既往の指針や技術資料があるけれども、原子力発電所を対象として考えると非常に重要な課題であると思う。

奥田委員：この技術文書は最終的には指針とか推奨事項のようなものになるのか、法律のようなものになるのか。

甲斐田 OBS：法律への反映に位置付けられるものではない。原子力土木委員会から出している技術資料は電気協会の技術基準への反映なども行われ、二段階の審議を経て強い説得力を持って活用されているものと考えている。ただの体系化で終わらず、まずこれを参考にしようという技術資料としていきたいと考えている。

木原 OBS：学会から発刊される技術資料は、原子力規制委員会による審査において参照可能なものであり、参照できる技術を網羅しているものとして発刊している。電気協会は土木学会とは無関係の組織であり、原子力土木委員会の議論とは別に電気協会でオーソライズされて出版物が出されている。あくまで技術資料ではある、IAEA の TECDOC や電気協会には引用していただいている。

水谷主査：そういったことにも耐え得るような技術資料としての完成度を指すということでもよろしいのか。

甲斐田 OBS：そのように考えている。

水谷主査：技術資料を見れば考えたい課題に対して適用可能な技術が記載されていて、詳しく知りたければReferenceがあって深堀もできるという技術資料になれば色んな人が共通して使える意義のあるものに仕上がらると思う。必要性という意味では意義のあるものではないかと考えているがよろしいか。以上はタスクメンバー間で共有いただけたということでもよろしいか。

→異論は出ず。

■ 関連技術の成熟度に関する議論，質疑応答

佐藤委員：個々の技術については水谷主査の言われたように Reference を明確化して、利用者が深堀して技術的妥当性を確認できるような形にしていただけるとよい。

池谷委員：確率論的評価ということをやることがあるということでの必要性については同意する。しかしながら、相当難しいのではないかと考えている。かつて

船の漂流挙動に関する実験行ったが、砕波するときには挙動がばらつくが、砕波しないとばらつかないなどの状況があった。こうしたことを考えると、入射波の波形などの津波の場の評価が確率論的評価をする上で大きな課題になるのではないかと思う。どんなアプローチを考えているか。

甲斐田 OBS：既に存在する技術や情報をどのように使えば確率論的評価を出来るのかを考える計画である。既往の知見は原子力安全の分野などで幾つかあるため、これらをレビューして現状の課題をWGの中で議論していきたい。原子力安全の分野では、データの充足により低減可能な不確かさやランダムな不確かさに分けて検討することが主流となっており、こうしたアプローチも参考にしつつ、衝突速度や衝突力の確率論的評価手法を考えるほか、設定すべき不確かさの幅に関する情報を収集し、どれくらいの精度で評価が可能でどの程度の幅がでるのかをまずは考えていきたいと考えている。漂流物の挙動に対して入射波の影響が顕著に出るということは認識しており、漂流物の挙動に関する不確かさを生じさせる要因として考えることとし、そうした観点での調査をしていくものと考えている。

池谷委員：ソリトン分裂の有無など、非線形性が強い場の表現はなかなかうまくできないが、漂流物の挙動には聞いて効いてくるはずであり、十分整理していただいて、どこまでどういう風にやるか検討してほしい。

甲斐田 OBS：ソリトン分裂に関する細かい検討は予定していないが、砕波などの影響が漂流物の挙動にどういう影響があるかというんのは纏めていくように考えている。確率論的な評価に向けて、今回のフェイズでは今後の検討に繋がる整理をしていきたいと考えている。

水谷主査：確率論的な評価の結果は平均的な値になるのか。場合によっては現状よりも1割増し、2割増しになることもあるということを考えるのか。

甲斐田 OBS：確率論的評価手法の原則としては最も確からしい中央値とそれに対する不確か性の幅をセットで出力することであると考えている。不確か性の大きな現象を扱うたね、中央値に対する不確かさが非常に大きくなる可能性はある。結果をどのように使っていくべきかについても、今後考えていかないといけないところである。

水谷主査：成熟度といっても、漂流挙動、荷重、衝突に対する応答評価それぞれに応じて成熟度は異なると思うが、項目毎に判断すると良いのか。技術的に成熟度が高いから大きくぶれないだろうとか、発展の余地が大きくある項目については今後方法が変わる可能性があるとか、そういうまとめ方を想定するのか。

甲斐田 OBS：高い成熟度でまとまる項目もあれば課題が残る項目もあると思う。纏め方は仰る通りであり、各手法について、評価結果が安全側／危険側のいずれ

に寄るのかなどを踏まえた取りまとめを考えている。

池谷委員：漂流物の駆動力としては津波だけを考えるのか。

甲斐田 OBS：その通りである。

池谷委員：船の船長・艇長と話すと、船体の挙動に対する風や風波の影響を気にされている。今回は考慮されないと思うが、本来的には確率論的評価をするのであればこうした影響も考えると良い。

水谷主査：津波が作用した場合に風の影響も考えるということか。

池谷委員：津波と風の重畳や、津波と波浪の重畳のことである。

奥田委員：衝突力の推定式が多数あるとのことだが、適用範囲をまとめていくのか。

甲斐田 OBS：衝突過程における物理現象や例示計算・入力するパラメータの整備状況を踏まえて、適用範囲や汎用性をまとめていく。

奥田委員：衝突力の推定式は決定論的な式であると思われるが、確率論的評価することは入力条件を確率論的に扱うのか。

甲斐田 OBS：その通りである。同一の条件に対して複数の式を適用可能な場合には式の選択による評価結果の不確実さも考慮する必要があると考えている。

水谷主査：検討すべき内容がリストアップできているか否かも重要な観点である。

甲斐田 OBS：資料 1-2 の P14・P15 に整理した内容が検討項目である。

水谷主査：衝突角度のように評価の難しいものに対しては安全側の条件設定を原則とするのか。船の漂流挙動も、初期位置によって結果は大きく変わってくる。

甲斐田 OBS：適切に評価する方法が無いものについては安全側の条件設定をせざるを得ないと考えている。船の漂流挙動は数値計算で評価することは可能であり、ある程度現実的な結果を得ることも可能になりつつあると考えている。しかしながら数値計算を実施せずに衝突条件を設定する場合などは安全側になるような評価が基本になると考えている。

奥田委員：現状の実務で衝突力を評価する際には既往の推定式を使っていると思うが、どのように適用しているのか。

甲斐田 OBS：発電所周辺の物体を網羅的に調査し、漂流物化する可能性のあるものについては調査結果に含まれる質量などの諸元をそのまま入力条件として衝突力を推定する。把握の難しい漂流物の剛性などは既往知見から最も近いと思われる値を入力条件とする場合が多い。

奥田委員：漂流物の調査範囲はどのように決めているのか。ASCE が採用している扇形

の調査範囲の決定法などが使われているのか。

甲斐田 OBS：原子力発電所を対象とした評価では、津波の数値計算結果から発電所方向を流向とする流れの最大流速とその継続時間を抽出し、これらを用いて発電所を中心として半径数kmの範囲を調査範囲とする場合が多い。

以 上