

## 第 25 回 津波検討会 議事録

1. 開催日時：2022 年 3 月 7 日(月) 10:00～11:35

2. 開催場所：Web 会議

3. 出席者：(順不同、敬称略)

委員：吉村主査（東京大学）、奈良林副主査（東京工業大学）、  
綿引幹事(東京電力 HD)、野元(関西電力)、橋(中部電力)、  
富田（名古屋大学）、重光(関西電力)、室井(日本原子力発電)、  
熊谷(日立 GE ニュクリア・エンジニアリング)、平井(三菱重工業)、藪内(鹿島建設)、  
吉田(大林組)、是永(伊藤忠テクノソリューションズ)、帆足(九州電力)、  
角野(東京電力 HD)、吉川(東北電力 HD) (16名)  
代理出席：木原(電力中央研究所、池野委員代理) (1名)  
欠席委員：松山(電力中央研究所)、堤(中部電力)、横山(東芝エネルギーシステムズ) (3名)  
常時参加者：田村(東北電力)、角田(伊藤忠テクノソリューションズ) (2名)  
説明者：井村(東京電力 HD)、佐藤(九州電力) (2名)  
事務局：米津、田邊(日本電気協会) (2名)

4. 配付資料

資料 No.25-1 第 24 回津波検討会議事録（案）  
資料 No.25-2 耐震設計分科会 津波検討会 委員名簿  
資料 No.25-3-1 JEAC4629 次回改定に向けた津波検討会の活動計画について  
資料 No.25-3-2 別紙 1\_次回改定に向けた全体活動計画（案）  
資料 No.25-3-3 別紙 2-1\_次回改定に向けた今後の検討項目（案）  
資料 No.25-3-4 別紙 2-2\_原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629）高度化方針  
資料 No.25-3-5 別紙 3\_原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629）改定スケジュール案  
資料 No.25-4 原子力規格委員会 耐震設計分科会 2022 年度活動計画（案）

5. 議事

会議に先立ち事務局から、本会にて、私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律及び諸外国の競争法に抵触する行為を行わないことを説明の後、議事が進められた。

(1) 配付資料・会議定足数の確認等

事務局から、配付資料の確認の後、代理出席者 1 名の紹介があり、主査の承認を得た。事務局から、出席委員数確認時点で、出席委員数代理出席者も含め 16 名で、分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項に基づき、委員総数 20 名に対し決議に必要な「委員総数の 3 分の 2 以上の出席（14 名以上）」を満たしていることが確認し、説明者 2 名の紹介を行った。

## (2) 検討会主査の選任について

吉村主査の主査任期 2 年が経過したため主査の選任を行った。事務局より、主査候補の立候補、推薦を確認したところ、綿引幹事から吉村委員の主査候補への推薦があった。その他に推薦がないことを確認して、分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項に基づき Web の挙手機能により決議し、全員の賛成で、吉村委員が主査に再任され、吉村主査から、再任のご挨拶があった。

## (3) 前回議事録の確認

事務局から資料 No.25-1 に基づき、前回議事録(案)の紹介があり、正式議事録にするかについて、分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項に基づき Web の挙手機能により決議の結果、出席委員の 5 分の 4 以上の賛成により承認された。

## (4) 検討会委員の変更について

事務局より、資料 No.25-2 に基づき、下記検討会委員変更について紹介し、分科会後に委員委嘱することを説明した。

- ・ 退任予定 池野 委員（電力中央研究所）                      ・ 新委員候補 木原 氏（同左）
- ・ 退任予定 松山 委員（電力中央研究所）

## (5) 次回改定に向けた活動計画について

角野委員より資料 No.25-3 他にに基づき、次回改定に向けた活動計画について説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・ 各発電所等の防潮堤等の審査で液状化に対する評価が行われている。液状化に対する防潮堤の評価は、波力ではなく耐震の話であり、耐震の複数の検討会にまたがることになるが、液状化によって、例えば防潮堤の一部に亀裂が生じる等、審査を見ているとそういったところも注意を払って審査が行われている。この検討会の範囲ではないが、先ほど事故のシーケンスを見た場合の検討というのが入っており、大事であると思った。例えば、地震等により損傷を受けた場合に津波が来た時に、損傷部分から津波が侵入するというケースが考えられると思うが、例えば、電線管、コンジットが地震により、根元を塞いでいたパテ等の色々な浸水防止の構造物が損傷した時に津波が来た場合、そこから海水が入ってしまうということも考えられる。女川発電所を見学した際、海水ポンプピットはしっかりして背の高いものであったが、電線管が通るところが目の高さくらいの所にあり、そこから津波が入ってしまったということを実際に見ている。潮位計が損傷し、潮位計の穴から津波が侵入したということもあった。津波本体の波力を受ける前に、地震や地震に伴う液状化により、部分的な損傷を受けた場合に、それをどの様にして防ぐのか、移動式機器を使用した例もあったし、福島第二原子力発電所では、海水ポンプのモータを新品に変えて冷却機能を回復したりしている。耐津波に対するロバストな対策を実施するには、今後の検討項目には入っているが可搬式機能の活用や、その前段で起きた地震荷重、あるいは液状化による荷重により一部損傷を受けた場合に対して津波の侵入を防ぐこと、貫通部にフレキ管を使用する等、変形が生じ

た後の備えも考えることが重要であり、検討項目には入っているが検討して欲しい。余震や、荷重、液状化も改定の中に入れ込んで、単にハードウェアだけではなく、人間を加えたアクシデントマネジメントを含めたロバスト性の向上も検討してもよいと思った。

- 今の意見のとおりで、地震や液状化の影響、余震荷重が当然想定されると考えている。設計でいうと、基準地震動の範囲においては止水等の機能は担保されると考えている。それらの想定を超える部分で何かしら漏えいが発生した場合について意見を頂いたと考えている。新規規制基準を踏まえた実機プラント設計としては、設計基準を超える津波を超える場合においても、特重施設で対応できるということがある。とはいえ信頼性向上対策としては、先ほど言われたように、可搬式設備の活用等は有効であるので、今後それも含め整理を図っていければ良いと考える。
- ・ 大きな方向性に関しては賛成するが、細かな点で2つコメントがある。1つはSWG2で、資料 No.25-3-3 の SWG2-2 頁の 4.1 津波防護施設の設計方針を検討するということになっているが、ここではSWG1と連携と書いてあるが、むしろ防護施設の設計であれば、原子力発電所のシステムとしてどう考えるかということが非常に大きいかと考えており、SWG2を主体として考えるよりも、SWG1で考えた方が良いような気がする。2つ目は細かい話であるが、資料 No.25-3-4 別紙 2-2 の3頁の多重化に関する記述に多重化・多様化の定義が曖昧であるので、そこを明確化するというのはぜひ実施して頂きたいと思うが、右側の部分に「(完全な多重化というわけではない。)」と記載されており、これは何かと思い聞いていた。原子力発電所の分野では、壁を2枚立てることが多重化と思っていたが、内閣府や国土交通省で言っている多重化は、ハード、ソフトを総動員して多重防御を図るということを言っているもので、必ずしも壁が2枚あることが多重化であるとは言っていない。そういう意味でいうと、一般的な防災における多重化と、原子力発電所の多重化は、かなり違うと認識を持ってしまったので、むしろ括弧書きは要らないのではないかと考えた。
- 2点目の方から説明する。本来、原子力発電所の多重化は、同等の設備が2つあることをいうが、ここの記載の趣旨は、深層防護の観点で外郭防護を否定したときに、内郭防護だけで必要な設備が守れるのかというようにみたときに「(完全な多重化というわけではない)」ということで記載している。
- ・ 今の話だと守れないということを言っているのか。
- 多重化の要求が、外郭防護を完全に否定した上で内郭防護のみで防護するかのように読めてしまう部分があるが、信頼性向上の考慮としては、ソフト面や可搬式機器で対応についても言及しており、実際のプラントにおいてもSA設備等がある。必ずしも物理的な2枚の壁のようなもののみで、前段を否定して多重化に対応するものではないと考えているので、記載を適正化したいと考えている。
- ・ 多重化というのは、今までは5重の壁ということで、燃料ペレット、燃料被覆管、原子炉圧力容器、格納容器、建屋により放射性物質を漏らさないということであったが、福島第一原子力発電所事故の反省として、メルトダウンすると放射性物質が全部の壁を貫通し、外部に放出してしまった。私も新規規制基準の策定に関与していたので、3.11後の新規規制基準で重視しているのは多様性であり、壁で守ると言うのではなく、違う手段を組み合わせ、前段が否定されても違う手段だからそれは破られないという深層防護自体は多様性（Diversity）を

重視している。そのため多様性を重視するということが分かる形で記載した方が良いと考える。外郭防護と内郭防護というのは多様性ということで、壁という概念ではなく、外側がだめになっても建物の内側に備えがあるということが深層防護となるので、そのような形で記載した方が分かりやすいと考える。

- 言われるとおり、外郭防護と内郭防護は、多様化を図ったものになる。多重化に関しては、工認の審査ガイドでも記載されており、外郭防護に対して内郭防護で多重的に設計することで、趣旨としては、外郭防護をしているものの、低耐震クラスの機器の破損により津波が流入した場合においても内郭防護で守れるというところを意図した基準要求になっており、この規格もそのような事を踏まえて策定した規格だと認識している。そのあたりについて、規格の記載がやや不明確となっているところがあるので、見直していきたいと考えている。
- ・ 1つ目の質問の趣旨を確認したいが、防潮壁の設計で防潮堤の位置付けについて津波設計全般の中における考え方は、個別の方針ではなく、全体論として整理するべきということか。
- 個別の話をするのではないと思っている。例えば性能設計や、仕様規程等あり、確率論で行くのか、決定論で行くのかという話もあるし、色々な考え方があると思う。それは防潮堤だけで決まる話ではないと思っており、全体でどうするのかと考えていたが、どのようなことを書こうとしているのか。
- 附属書（参考）4.1 津波防護施設の設計方針で防潮堤、防潮壁の設計の概略について記載しているが、このあたりについて具体的な審査を踏まえて記載を拡充できないかという趣旨である。設計については、基準津波に対しては、それが起こるものとして、必要な設計を実施する。それ以上の確率論な所については、津波 PRA 等を踏まえ設計裕度をみていくと考えているが、答えになっているか。
- ・ 先ほどの質問は、もしこれを SWG1 が中心になって行うということであれば、それはどういう点を扱うので SWG1 が実施するのかということが、記載されている内容だと良く分からないためコメントを頂いたということだと思う。
- ・ そのとおりである。
- ・ 今の話だと設計方針だけを書いてあるが、もう少し具体的に設計事例的な話まで書けそうである。そうすると、SWG2 担当だというように説明されたように聞こえたが、具体的な説明がなかったので、先ほどの質問があったと思う。今後決めていけば良い話ではあるが、追加で説明できるようであれば頂きたいと思う。
- 今の附属書では、防護施設に対する基本的な設計方針ということで、基本的な概念というか、そういう所を書いてある。ここからは個人的な意見となるが、これまでの審査などを踏まえて、詳細に記載できるところ、または注意すべき点だとか、特に個別の設備に対して記載できるところがないかという点で、追記していくものかと思っている。どちらかというとも全体というよりは、個別の設計での配慮事項とは思っているが、そのあたりは先ほどのご意見にもあったように、今後調整なり、検討なりを進めていき記述されるものと思う。
- ・ 今の意見については SWG2 で議論しており、設計方針という観点でいうと SWG1 が中心となり活動するが、審査事例、設計事例を記載するところは SWG2 が中心となり対応する形になるとしている。

- ・ 今の点についてはそのような事を念頭に置きつつ、どちらの SWG が主となるのかということとは徐々に決めていって欲しい。
- ・ 2 つほどコメントがあり、1 つ目は液状化に関するコメントであるが、耐津波設計の規程は単独で完結するというよりも、耐震設計技術規程の更新の状況とか、機器に関しては、防水機能に関するまた別の規程も出来ている。基準津波を大きく超えるような、程度によっては、PSA 的な話とも絡むところもあるので、JEAC4629 と連携するような規格を確認しながら、他の規格も少しずつ改定が進んでいるはずなので、そちらとの関係がどうなっているのかというのもレビューしながら進めていくと良いのかと思った。一旦 JEAC4629 が出来上がってしまうと、視点がどんどん狭められるので、周辺規格との連携が特に必要なのが津波関係の特徴であると考え。その中で先程の液状化のような話とか、どの様に絡みながら JEAC4629 に関係してくるのか検討するということだと思う。もう 1 点として多重化とか多様化に関連する部分で簡潔な説明ということでスライドにまとめると、多重化とか多様化とかという言葉だけが独り歩きするので、先ほどの話の中でも、多重化、多様化、多重防護とか、深層防護とか幾つかの重要なワーディングが出てくるので、そのあたりの使い方に関しては、きちんと定義等が混ざらないように、定義を明確にしながら資料を作る方が、無用な誤解は生まないのかと思う。特にこの津波検討会で議論していったものは、その先に耐震設計分科会とか、原子力規格委員会の方に徐々に上げていくことがあるので、そういう所でワーディングの使い方が混乱していると、その段階で大きな問題を引き起こすことがあるので、そのような点においても留意頂くと良いか考える。
- 1 点目の関連規格との連携については承知した。SWG や関係各社と連携し、JEAC4629 が誤った方向に進まないよう対応したい。液状化の JEAC4629 に対する影響に対しても検討を進めたいと考えるが、液状化を受けて応答特性が変わってくるということは、入力が変わり、津波防護施設等の設計に影響するものかと考えている。多重化、多様化の記載、定義に沿って適切に記載していきたいと考える。また、ご指摘のあった（完全に多重化というわけではない）の箇所については、趣旨が誤解される可能性があるため、本日の資料を修正させていただく。
- ・ 周辺の連携する規格を見ながら検討してほしいというご意見に関連して、JEAC4629 のなかで上流側になる基準津波の方は、JEAG4601 の方に自然現象として地震の大きさ、津波の大きさについてまとめている。以前も津波検討会に報告しているが、津波に関して今 JEAG4601 から分離して、津波の指針の規格とする動きがある。JEAC4629 に関しては 5 年後の改定を目指しているが、JEAG4601 も改定を進めているところであり、タイミング的には似たようなところもあるが、若干時期的に外れている。今後改定にあたり JEAG4601 と上手く連携、タイミングを取り、検討を進めるとともに、他の規格についても配慮していきたいと考える。
- ・ 今思ったが、JEAC4629 の中に関連する規格として何があるとか、その規格間の連携について記載している箇所はあるのか。ないような気がするが。
- 必要に応じて規格を読み込んでいる程度で全体的な規格間の連携についての記載はない。
- ・ 規格というのは、規格の内部を正確に読み、その中で関連する所があれば、必要に応じてこちらも読むということで、規格の使用者が実施するということであるが、ただ津波の場合は、全体像をきっちりと把握した上で、JEAC4629 を使いこなすことが必須だと思う。そうする

と、一部の細かいところに関わっているところは良いが、主な関連規格の相対的な関係性のようなものを 1 頁用意しておくだけでもすごく良いのかと思ったので、次回改定時にそのような頁を書くことが出来るのであれば、記載方法も含めて検討してもらいたいと思った。

- 承知した。個別に基準津波は JEAG4601 を参照すると個別には書いてあるが、先ほどの意見のように、どういう成り立ち、どういう関連になるかを整理しておくことは規格を参照する際に有効であると考え。そういった意味で第 2 章に耐津波設計の流れを全体的に記載しているところがあるので、このあたりに前提条件として基準津波はここから与えられるものであるとか、個別の浸水防止設備の設計は、JEAG の浸水防止設備技術指針に結びつくとかを記載すると、比較的整理がしやすいのかと思う。
- ・ 波力関係とかに関係するものについても記載を充実していくということだが、このあたりについては、基本的に公開のしっかりしたところに情報が出ていることを前提に規格の中に記載を行うという流れが必須と思うので、途中止まっているジャーナル論文とか、今後新しく出すジャーナル論文について引き続きよろしく願います。
- 研究ではないと言われたのが大きく、今後検討させてもらいたい。
- ・ 規格の前に原子力学会及び土木学会で東日本大震災以降、東北地方の原子力発電所でどのような津波の被害を受けたかということ踏まえて、かなりの検討をした報告書がある。そのような情報も事務局に提供する。津波の影響についてはかなり判明しているので、そういったものを規格に反映して頂くと良いか考える。先程深層防護の多重性や冗長性等は IAEA の INSAG の処から紐解いて保全ハンドブックに細かく書いてあるので、それも参考にすると、先ほどのワーディングの定義とか参考になるか考える。

#### (6) その他

次回津波検討会開催については、各 SWG の進捗状況を確認しつつ、2022 年度秋頃とし、詳細については事務局と相談し決定することとする。名簿の内容について変更点等あれば事務局に連絡する。

以 上