

泊発電所3号炉

基準津波に関するコメント回答

(地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ)

(水位下降側の検討状況について)

令和5年10月4日
北海道電力株式会社

本資料の説明範囲

令和5年3月24日審査会合の指摘事項

○本資料では、前回の審査会合（令和5年3月24日審査会合）の指摘事項である以下のうち、**指摘事項No.33-3:水位下降側の評価の妥当性**について、検討状況を説明する。

- 指摘事項No.33-1:陸上地すべり(川白)の第1波の組合せ評価(本資料の説明範囲外)
- 指摘事項No.33-2:陸上地すべり(川白)の第2波以降の影響(本資料の説明範囲外)
- **指摘事項No.33-3:水位下降側の評価の妥当性(本資料の説明範囲)**
- 指摘事項No.34:敷地に対して大きな影響を及ぼす波源の選定(本資料の説明範囲外)

○なお、指摘事項No.33については、検討の具体例である指摘事項No.33-1～No.33-3に分割している。

指摘時期	No	指摘事項
令和5年3月24日 審査会合	33	地震による津波と陸上地すべりによる津波の組合せ評価において、地震による津波の評価結果のうち水位下降側の波源として選定したものが、組合せ後に水位上昇側の最大水位となったことを踏まえ、現在の組合せ候補としている波源で、組合せ後の水位に影響の大きい波源が選定できているのかについて、分析結果を踏まえて根拠を明確にした上で説明すること。 検討の具体例は以下のとおり。
	33-1	【水位上昇側】 ➢ 陸上地すべり(川白)の第1波を対象としたこれまでの分析・評価結果を踏まえ、地震に伴う津波のうち組合せ時間範囲において第1波又は第2波のピークが生じる波源を特定して示すこと。 ➢ そのうえで、組合せ時間範囲における組合せ後の津波水位が高くなる波源の組合せについて、波源のパラメータを変更した場合の波形に与える影響を考慮して検討すること。
	33-2	➢ 加えて、陸上地すべり(川白)の第1波に加え第2波による影響を示すこと。
	33-3	【水位下降側】 ➢ 位相の変動を考慮する必要がないとする根拠について、位相の変動が水位低下時間の算出結果に影響しないという具体例で示すなど、明確に説明すること。
	34	敷地に対して大きな影響を及ぼす波源の選定については、現在の選定方針では、各地形モデルについて影響が大きな波源の選定が適切になされているかが判然としない。 先行サイトの評価例(防波堤の有無を分けて波源を選定する)も参考にした上で泊サイトの特徴も踏まえた考え方を整理すること。

検討の具体例

水位下降側の検討状況について

説明フロー

○水位下降側の評価について、以下の説明フローに示すとおり、「評価目的」、「波源の特徴」、「選定方針・選定結果」、「分析・妥当性確認」の順で説明を行い、「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの選定結果と、その妥当性を示す。

【(1) 水位下降側の評価目的】

P4参照

○「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」に基づき、基準津波として「施設に最も大きな影響を与える波源」である「貯留堰を下回る時間」※1の最大ケースを選定することを目的とする。

※1:「貯留堰を下回る時間」を以下のとおり定義する。

- 地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波の間の引き波時を対象とする。
- 上記対象のうち、一時的な水位上昇による水位回復を見込まない3号炉貯留堰天端高さ(T.P.-4.00m)を下回る時間とする。



【(2) 泊発電所の波源の特徴(水位下降側)】

P5~7参照

- 地震に伴う津波の上昇側の第2波(岩内側で反射した津波)と上昇側の第4波(積丹半島北西部から伝播した津波)は、伝播経路の違いにより、第2波・第4波それぞれの発生時刻に約20分(約1,200秒)の差が発生する。
- 波源位置を東西に移動させた場合においても、津波の伝播経路・波速が概ね同じであるため、第2波・第4波の間の時間(約20分)の差に大きな変化は生じない。



【(3) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの選定方針・選定結果】

P8参照

- 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースを選定するに当たっては、以下の①②を踏まえ、水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源の組合せ評価より最大ケースを選定する。
 - ①水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源は、水位が低下する時間が長くなる傾向があること。
 - ②地震に伴う津波の上昇側のピークと陸上地すべり(川白)の上昇側のピークが重なる位相であれば、その後の下降側の波が重なり、水位が低下する時間が長くなること。



【(4) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの分析・妥当性確認】

P9~12参照

- 組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」は、「地震に伴う津波の下降側の波」と「陸上地すべり(川白)の下降側の波」が重なることを確認する。
- 上昇側の第2波・第4波が貯留堰を下回ることはないことから、上昇側の第2波・第4波の間で組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」が長くなっている(上限値に近い)ことを確認する。
- 以上の確認結果より、「位相の変動を考慮する必要がないとする根拠」・「波源選定の妥当性」を示す。

水位下降側の検討状況について

(1) 水位下降側の評価目的

【耐津波設計方針における評価】

- 耐津波設計（施設評価）では、基準津波による「貯留堰を下回る時間」※1に対して、貯留堰の容量が確保できることを示す。
- 水位下降側の時間評価としては、一時的な水位上昇による水位回復を見込まないことで安全側の評価となるように「貯留堰を下回る時間」※1を用いる。

※1：貯留堰を下回る時間の定義は、右図のとおりである。

【基準津波の審査における評価】

- 基準津波の審査では、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」に基づき、基準津波として「施設に最も大きな影響を与える波源」である「貯留堰を下回る時間」の最大ケースを選定することを目的とする※2。

※2：耐津波設計方針での評価内容を踏まえ、基準津波の評価でも「貯留堰を下回る時間」を評価項目に変更し、最大ケースを基準津波に選定する。

【水位下降側の評価の考え方】

貯留堰の容量

上昇側の第2波・第4波の間の時間：約1,200秒※

「貯留堰を下回る時間」は、
上昇側の第2波・第4波の間の
引き波時を対象として定義する。

施設に最も大きな影響を与える波源
（「貯留堰を下回る時間」の最大ケース）

基準津波の審査では、「施設に最も大きな影響を与える波源」である「貯留堰を下回る時間」の最大ケースを選定する。

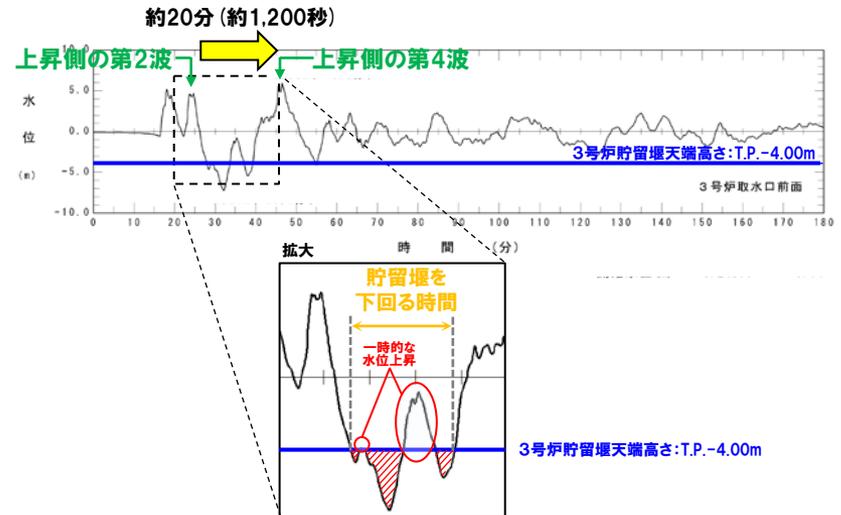
耐津波設計（施設評価）
では、貯留堰の容量が
確保できることを示す。

「貯留堰を下回る時間」の定義

【泊発電所の波源の特徴（水位下降側）】

- 地震に伴う津波の上昇側の第2波（岩内側で反射した津波）と上昇側の第4波（積丹半島北西部から伝播した津波）は、伝播経路の違いにより、それぞれの発生時刻に約20分（約1,200秒）の差が発生する（次頁参照）。
- 地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波は、3号炉貯留堰天端高さ（T.P.-4.00m）と比較して十分に水位が高く、必ず貯留堰内の水位が回復する。
- 水位下降側に対して影響の大きい波形は、地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波の間に発生する。
- 上昇側の第4波以降にも3号炉貯留堰天端高さ（T.P.-4.00m）を下回る波形もあるが、その時間は上昇側の第2波・第4波の間と比較すると十分に小さい。

- 上記の特徴を踏まえて、「貯留堰を下回る時間」を以下のとおり定義する。
 - 地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波の間の引き波時を対象とする。
 - 上記対象のうち、一時的な水位上昇による水位回復を見込まない3号炉貯留堰天端高さ（T.P.-4.00m）を下回る時間とする。



※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。

水位下降側の検討状況について

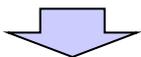
(2) 泊発電所の波源の特徴 (水位下降側) (1/3) 上昇側の第2波・第4波の間の時間

○「貯留堰を下回る時間」は、地震に伴う津波の**上昇側の第2波・第4波**の間の引き波時を対象としている (前頁参照)。

○ここで、**上昇側の第2波・第4波**は、以下の伝播経路により、泊発電所に到達する。

- **上昇側の第2波**: 波源からの入射波が岩内側に伝播し、その反射波が第2波として、泊発電所へ到達する。
- **上昇側の第4波**: 波源からの入射波が積丹半島北西部に伝播した後に水位が低下する。その後、再び水位が上昇側に転じた後、第4波として沿岸部を敷地方向に伝播する。

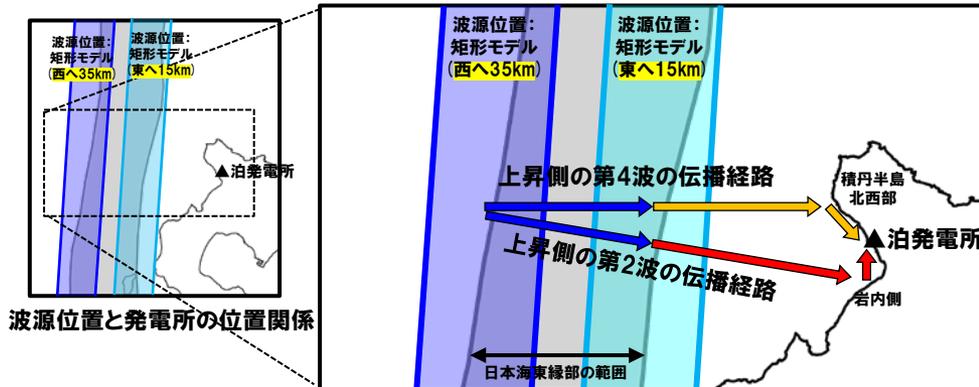
※津波の伝播経路の詳細は次頁以降を参照



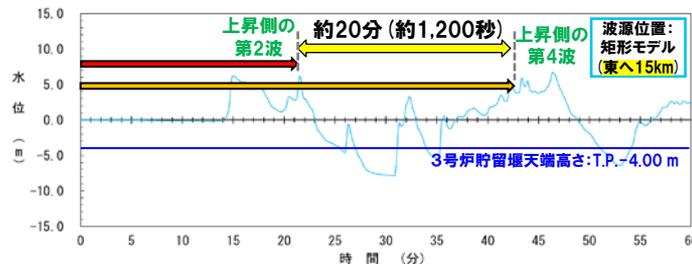
○**上昇側の第2波** (岩内側で反射した津波) と**上昇側の第4波** (積丹半島北西部から伝播した津波) は、伝播経路の違いにより、第2波・第4波それぞれの発生時刻に約20分 (約1,200秒) の差が発生する。

○なお、波源位置を東西に移動させた場合においても、津波の伝播経路・波速が概ね同じであるため、第2波・第4波の間の時間 (約20分) の差に大きな変化は生じない。

※水位時刻歴波形より、東西へ変動させた場合における水位時刻歴波形の比較を実施している (右図参照)。

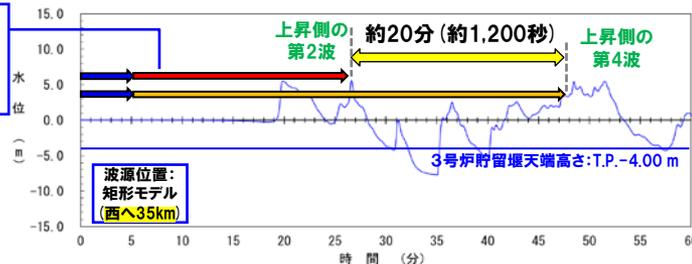


【上昇側の第2波・第4波の伝播経路イメージ】



※波源: 断層パターン7, 波源位置: 矩形モデル (東へ15km), アスペリティ位置: de, 断層面上縁深さ: 5km, 地形モデル: 防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の結果を用いて整理した。

東西方向位置の差分 (50km) として、約5分 (300s) 位相が遅くなる (上記平面図における青矢印)。



※波源: 断層パターン7, 波源位置: 矩形モデル (西へ35km), アスペリティ位置: de, 断層面上縁深さ: 5km, 地形モデル: 防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の結果を用いて整理した。

【東西方向位置の違いによる水位時刻歴波形の影響】

※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。

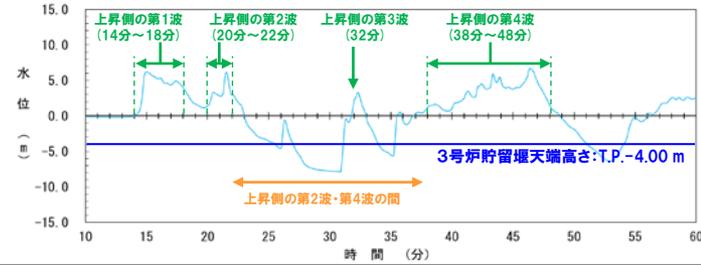
水位下降側の検討状況について

(2) 泊発電所の波源の特徴(水位下降側) (2/3) 津波の伝播経路

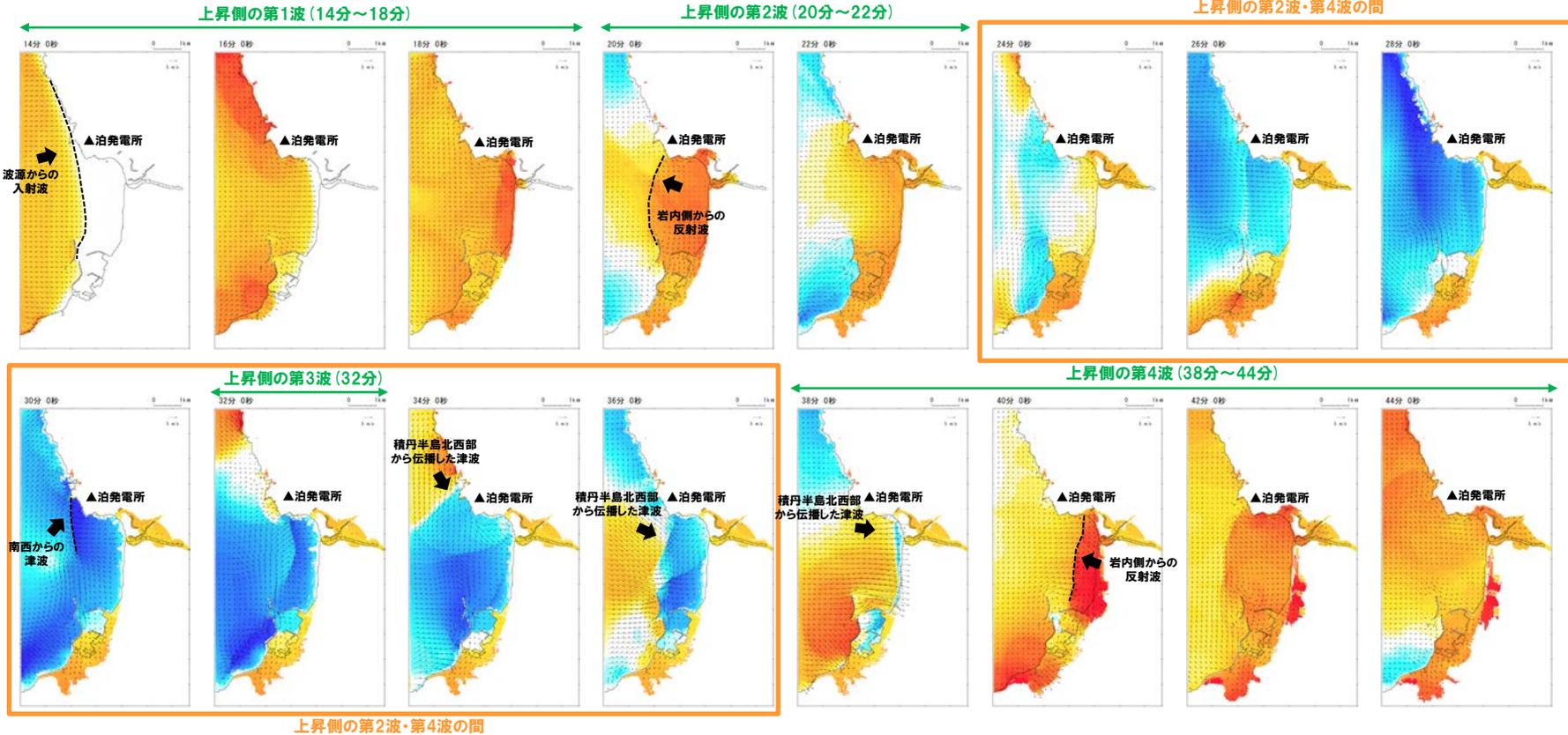
- 地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波の津波の伝播状況は、以下のとおりであり、**上昇側の第2波・第4波**で水位が上昇する時間が長い。
- また、地震に伴う津波の**上昇側の第2波・第4波の間**において水位が最も低下する。

※補足: 水位上昇側の各波の説明は、以下のとおりである。

- 第1波: 波源からの入射波
- 第2波: 岩内側からの反射波
- 第3波: 南西からの津波
- 第4波: 積丹半島北西部から伝播した津波(詳細は次頁参照)



津波の伝播状況(詳細)



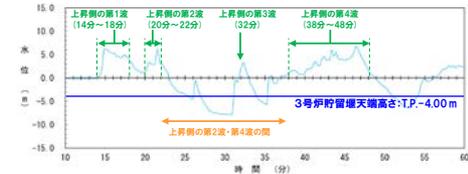
※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。 ※波源: 断層パターン7, 波源位置: 矩形モデル(東へ15km), アスベリティ位置: de, 断層面上縁深さ: 5km, 地形モデル: 防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の結果を用いて整理した。

水位下降側の検討状況について

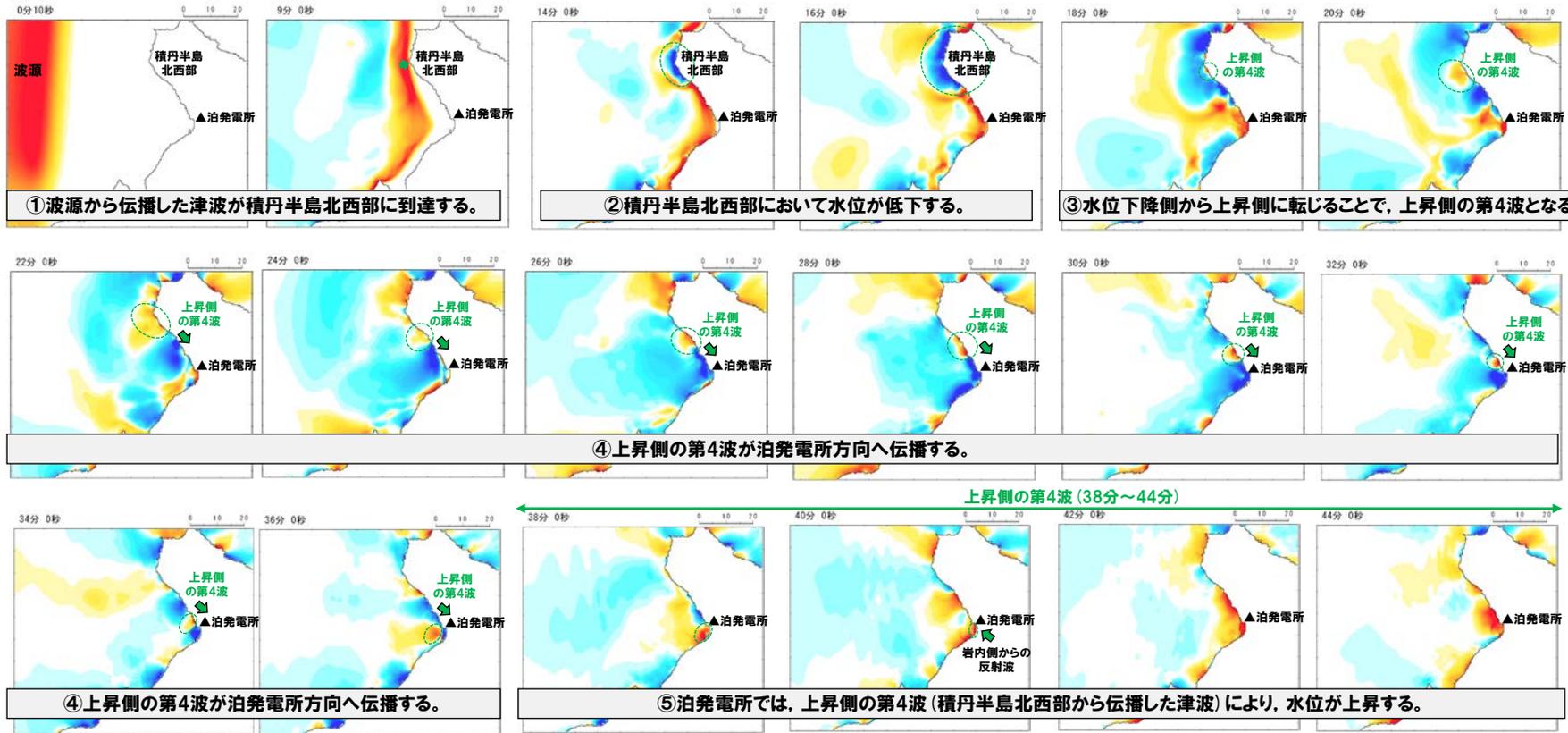
(2) 泊発電所の波源の特徴 (水位下降側) (3/3) 上昇側の第4波の伝播経路

○地震に伴う津波の**上昇側の第4波**について、波源から泊発電所までの伝播状況は以下のとおりである。

- ①波源から伝播した津波が積丹半島北西部に到達する(～9分頃)。
- ②積丹半島北西部において水位が低下する(14分～16分頃)。
- ③水位下降側から上昇側に転じることで、**上昇側の第4波**となる(18分～20分頃)。
- ④**上昇側の第4波**が泊発電所方向へ伝播する(22分～36分頃)。
- ⑤泊発電所では、**上昇側の第4波**(積丹半島北西部から伝播した津波)により、水位が上昇する(38分～44分頃)。



津波の伝播状況 (広域)



※水位時刻歴波形は、3号取水口前面の代表点から抽出した。 ※波源:断層パターン7、波源位置:矩形モデル(東へ15km)、アスベリティ位置:de、断層面上縁深さ:5km、地形モデル:防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の結果を用いて整理した。

水位下降側の検討状況について

(3) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの選定方針・選定結果

【選定方針】

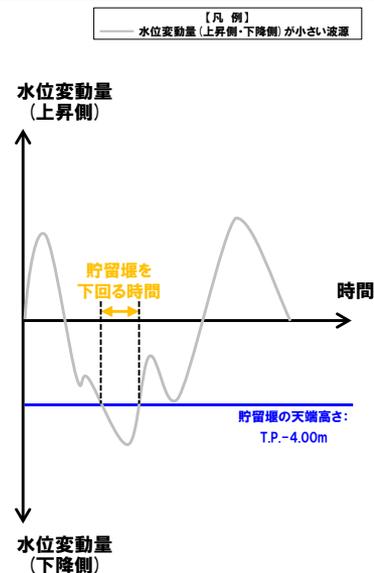
○「貯留堰を下回る時間」の最大ケースを選定するに当たっては、以下の①②を踏まえ、水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源の組合せ評価※1より最大ケースを選定する。

- ①水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源は、水位が低下する時間が長くなる傾向があること(右図における①参照)
- ②地震に伴う津波の上昇側のピークと陸上地すべり(川白)の上昇側のピークが重なる位相であれば、その後の下降側の波が重なり、水位が低下する時間が長くなること(右図における②及び次頁以降参照)

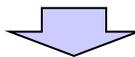
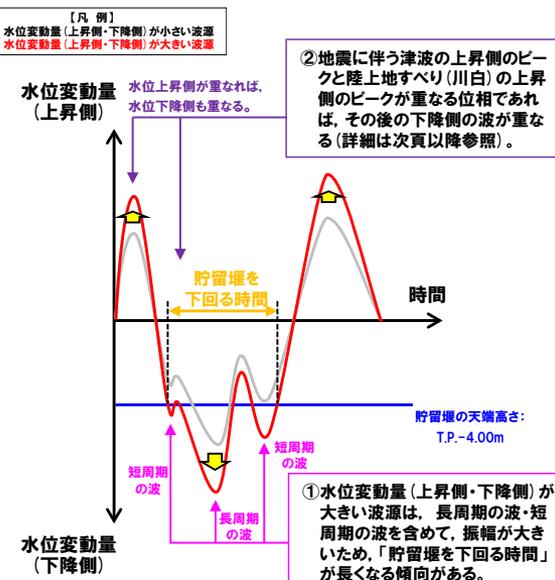
※1:水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源の組合せ評価は、以下のとおりである。

- A:ピークが重なる波源の組合せ評価
- B-1:地震に伴う津波の最大ケースの組合せ評価
- B-2:地震に伴う津波の最大ケースの位相変動を考慮した波源の組合せ評価

水位変動量(上昇側・下降側)が小さい波源



水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源



【選定結果】

○上記の選定方針に基づき、健全地形モデル・防波堤の損傷を考慮した地形モデル①～③について、水位変動量(上昇側・下降側)が大きい波源の組合せ評価より、以下の最大ケースを選定した。

「貯留堰を下回る時間」の最大ケース

評価項目	健全地形モデル		防波堤の損傷を考慮した地形モデル①		防波堤の損傷を考慮した地形モデル②		防波堤の損傷を考慮した地形モデル③	
	評価値	断層パラメータの概要	評価値	断層パラメータの概要	評価値	断層パラメータの概要	評価値	断層パラメータの概要
「貯留堰を下回る時間」	721s	「B-2:地震に伴う津波の最大ケースの位相変動を考慮した波源の組合せ評価」 ・断層パターン:6 ・波源位置:くの字モデル(西へ20km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:40s	698s	「A:ピークが重なる波源の組合せ評価」 ・断層パターン:7 ・波源位置:くの字モデル(西へ25km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:45s	743s	「A:ピークが重なる波源の組合せ評価」 ・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s	863s	「B-1:地震に伴う津波の最大ケースの組合せ評価」 ・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de ・断層面上縁深さ:3km ・組合せの時間差:90s

水位下降側の検討状況について

(4) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの分析・妥当性確認 (1/4) 「貯留堰を下回る時間」が長くなるメカニズムの分析

○「(3) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの選定方針・選定結果」において選定した「貯留堰を下回る時間」の最大ケースを対象に、分析を行い、その妥当性を示す。

【「貯留堰を下回る時間」が長くなるメカニズムの分析】

○組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」は、「地震に伴う津波の下降側の波」と「陸上地すべり(川白)の下降側の波」が重なることで長くなる※1。

※1:地震に伴う津波の上昇側のピークと陸上地すべり(川白)の上昇側のピークが重なる位相であれば、その後の下降側の波が重なる。

○また、以下を踏まえると「地震に伴う津波の引き波時」※2が、組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」の上限値となる。

- 3号炉貯留堰天端高さ:T.P.-4.00mに対して、陸上地すべり(川白)の最大水位下降量は4m程度と同程度である。
- 上記より、「地震に伴う津波」の水位がT.P.0m~T.P.-4.00mの間で、陸上地すべり(川白)の下降側の波が重なり、組合せ評価において3号炉貯留堰天端高さ:T.P.-4.00mを下回る場合がある。
- 地震に伴う津波の第2波・第4波がT.P.0mを上回る範囲においては、陸上地すべり(川白)の下降側の波を重ねた場合においても、組合せ評価において3号炉貯留堰天端高さ:T.P.-4.00mを下回ることはない。

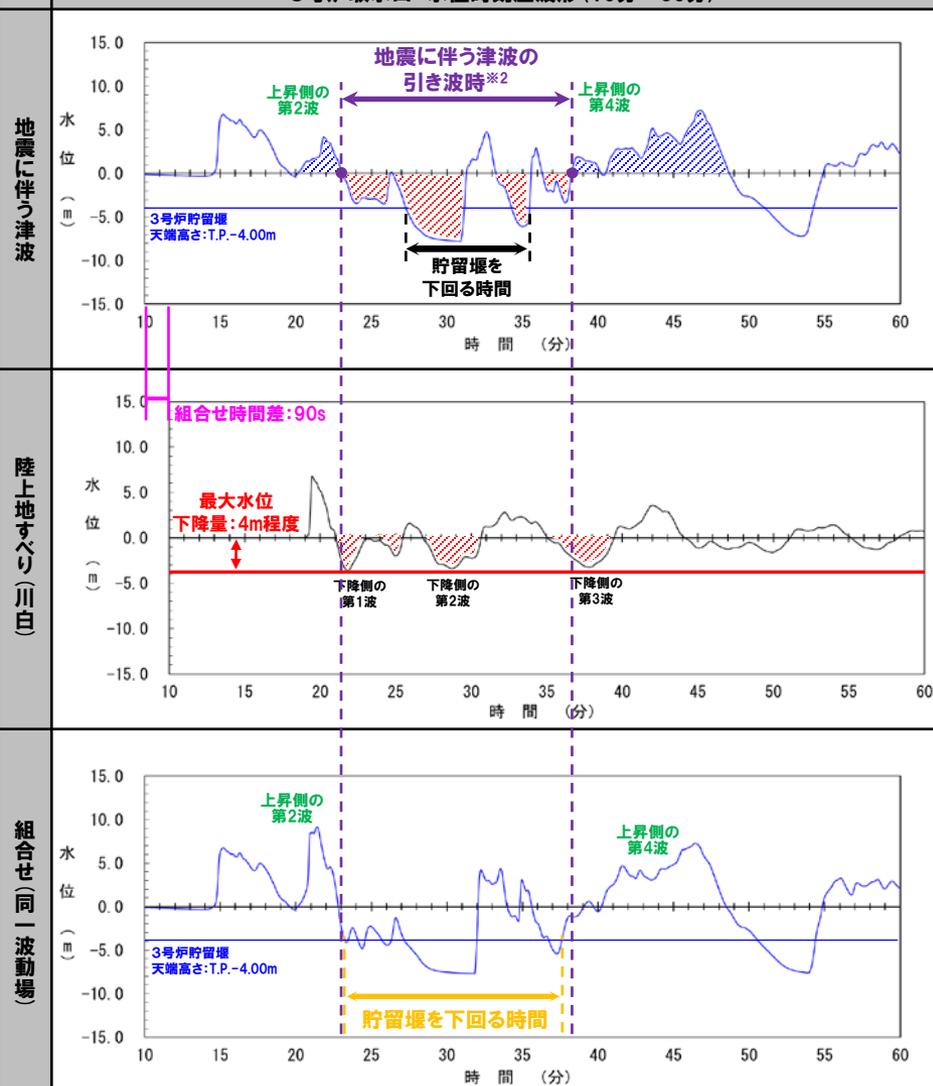
※2:「地震に伴う津波の引き波時」を以下のとおり定義する。

- 地震に伴う津波の上昇側の第2波・第4波の間のT.P.0m以下を対象とする。
- 上記対象の間の一時的な水位上昇(T.P.0m以上)は見込まない時間とする。

水位下降側の評価の妥当性確認については、次頁以降で説明

水位時刻歴波形の代表例:防波堤の損傷を考慮した地形モデル③, 3号炉取水口

3号炉取水口 水位時刻歴波形(10分~60分)



※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。

水位下降側の検討状況について

(4) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの分析・妥当性確認 (2/4) 水位下降側の評価の妥当性確認の方針

【水位下降側の評価の妥当性確認の方針】

○前頁の「貯留堰を下回る時間」が長くなるメカニズムの分析を踏まえたうえで、以下の2つを示す。

- 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースに対して位相の変動を考慮する必要がないとする根拠 (指摘事項No.33-3に関連)
- 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの波源選定の妥当性

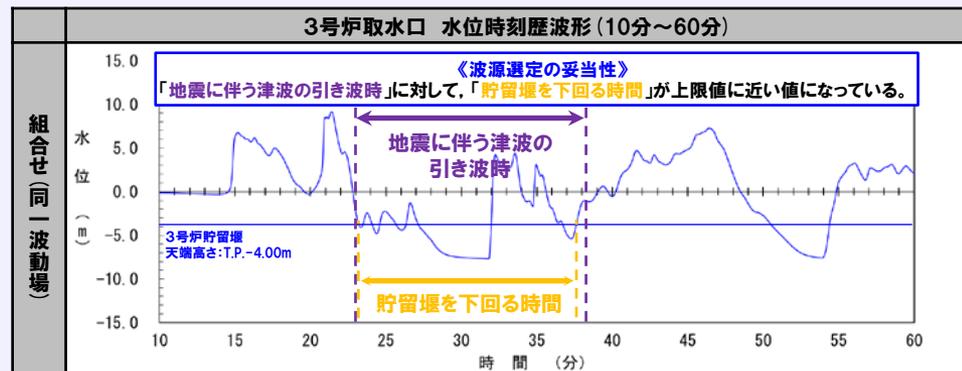
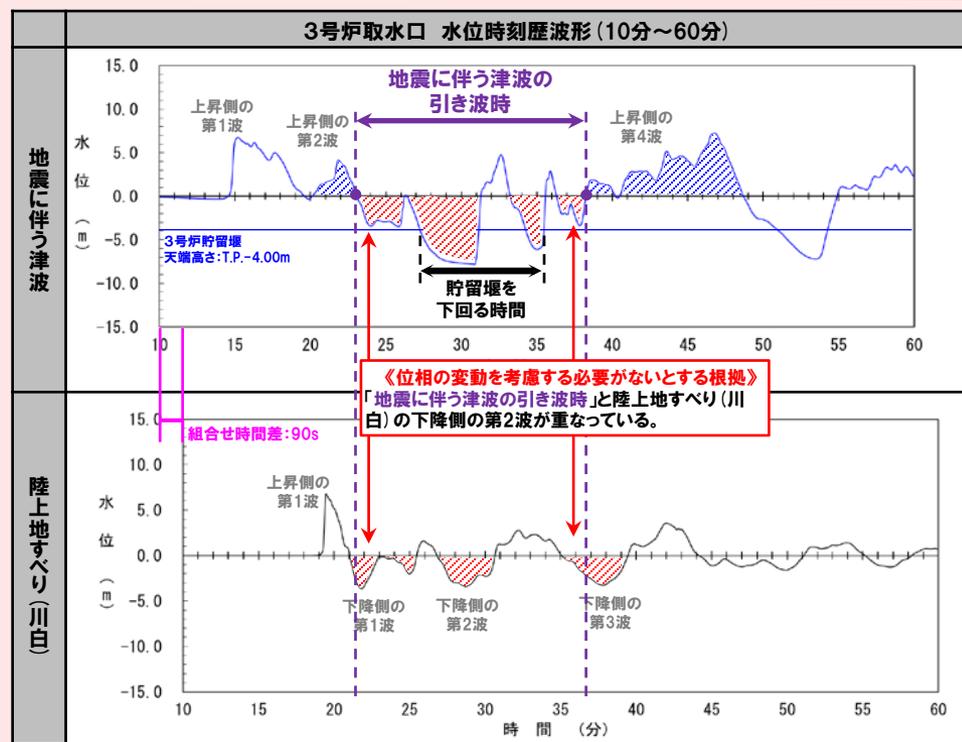
【位相の変動を考慮する必要がないとする根拠】

- 「地震に伴う津波の下降側の波」と「陸上地すべり(川白)の下降側の波」が重なっていることを確認する。
- 具体的には、「地震に伴う津波の引き波時」において、陸上地すべり(川白)の下降側の波が重なる位相の関係になっていること※1を確認する(右図参照)。

※1:地震に伴う津波の上昇側のピークと陸上地すべり(川白)の上昇側のピークが重なる位相であれば、その後の下降側の波が重なることを確認する。

【波源選定の妥当性】

- 上昇側の第2波・第4波が3号炉貯留堰天端高さ:T.P.-4.00mを下回ることから、上昇側の第2波・第4波の間で組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」が長くなっている(上限値に近い)ことを確認する。
- 具体的には、「地震に伴う津波の引き波時」に対して、組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」が上限値に近い値になっていることを確認する(右図参照)。

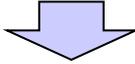


※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。

水位下降側の検討状況について

(4) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの分析・妥当性確認 (3/4) 妥当性確認の結果 (1/2)

○健全地形モデルと防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の「貯留堰を下回る時間」最大ケースを対象とした、「位相の変動の考慮の必要性の確認」・「波源選定の妥当性の確認」の結果は、以下のとおりである。



《位相の変動を考慮する必要がないとする根拠》

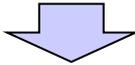
○「地震に伴う津波の引き波時」(貯留堰を下回る時間の左側)において、陸上地すべり(川白)の下降側の第2波が重なる位相の関係になっていることを確認した※1(右図赤枠参照)。

※1:地震に伴う津波の上昇側の第1波と、陸上地すべり(川白)の上昇側の第1波が重なる位相の関係であり、その後の下降側の波が重なることを確認した。

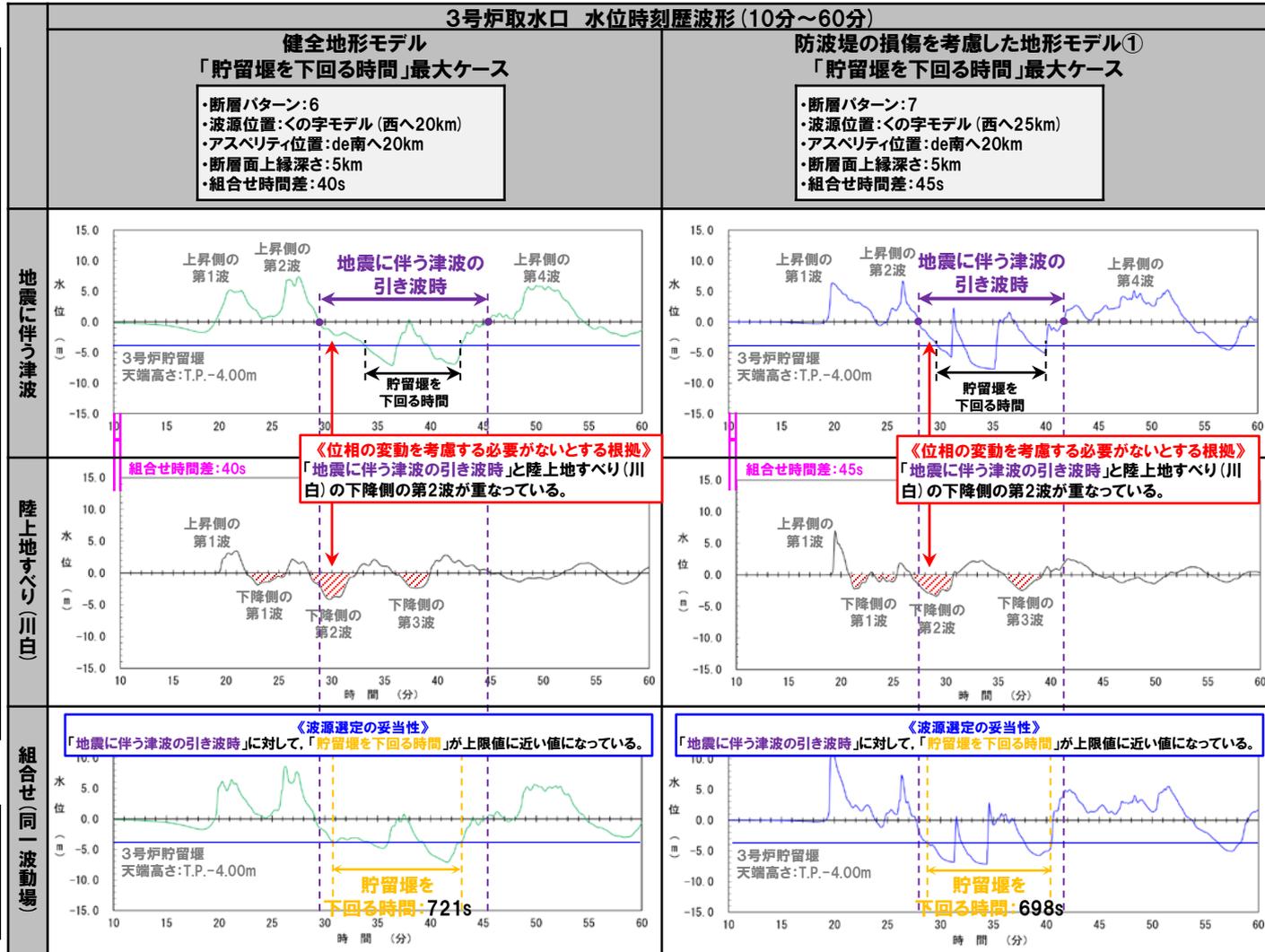
《波源選定の妥当性》

○上記の結果、「地震に伴う津波の引き波時」に対して、組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」が上限値に近い値になっていることを確認した※2(右図青枠参照)。

※2:参考として、「貯留堰を下回る時間」は、施設評価のクライテリアである貯留堰の容量(ポンプ取水可能時間:7,680秒)に対して十分な余裕がある(設定根拠は、耐津波設計方針において説明する)。



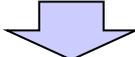
○以上の確認結果より、健全地形モデルと防波堤の損傷を考慮した地形モデル①の「貯留堰を下回る時間」の最大ケースは妥当である。



※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。

(4) 「貯留堰を下回る時間」の最大ケースの分析・妥当性確認 (4/4) 妥当性確認の結果 (2/2)

○防波堤の損傷を考慮した地形モデル②と防波堤の損傷を考慮した地形モデル③の「貯留堰を下回る時間」最大ケースを対象とした、「位相の変動の考慮の必要性の確認」・「波源選定の妥当性の確認」の結果は、以下のとおりである。



《位相の変動を考慮する必要がないとする根拠》

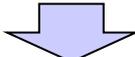
○「地震に伴う津波の引き波時」(貯留堰を下回る時間の両端)において、陸上地すべり(川白)の下降側の第1波・第3波が重なる位相の関係になっていることを確認した※1(右図赤枠参照)。

※1:地震に伴う津波の上昇側の第2波と、陸上地すべり(川白)の上昇側の第1波が重なる位相の関係であり、その後の下降側の波が重なることを確認した。

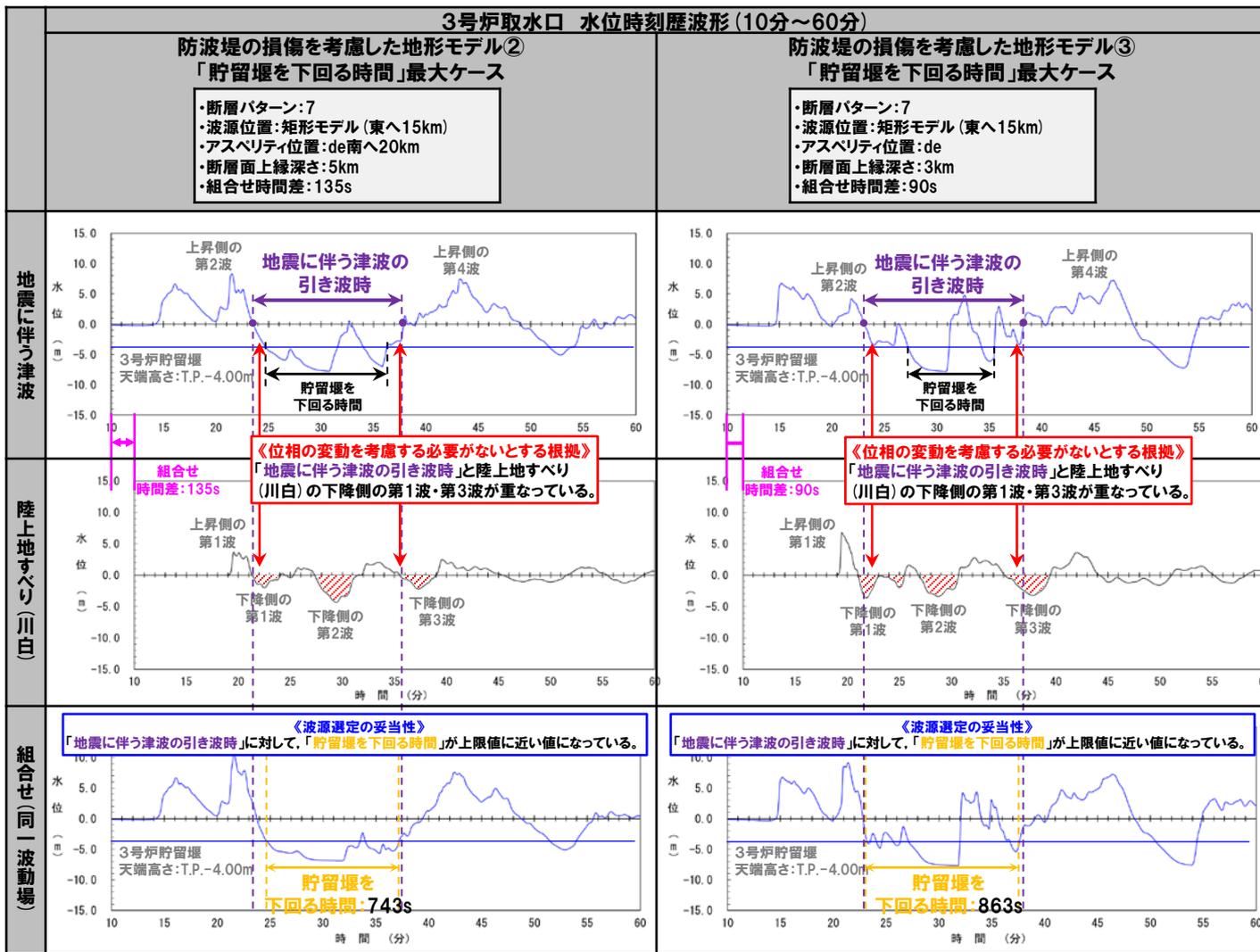
《波源選定の妥当性》

○上記の結果、「地震に伴う津波の引き波時」に対して、組合せ評価における「貯留堰を下回る時間」が上限値に近い値になっていることを確認した※2(右図青枠参照)。

※2:参考として、「貯留堰を下回る時間」は、施設評価のクライテリアである貯留堰の容量(ポンプ取水可能時間:7,680秒)に対して十分な余裕がある(設定根拠は、耐津波設計方針において説明する)。



○以上の確認結果より、防波堤の損傷を考慮した地形モデル②と防波堤の損傷を考慮した地形モデル③の「貯留堰を下回る時間」の最大ケースは妥当である。



※水位時刻歴波形は、3号炉取水口前面の代表点から抽出した。