

論点No.41【津波対策(漂流物選定の考え方)】

基準津波やそれ以下で比較的大きい津波及び敷地に遡上する津波等の想定される様々な津波を考慮した場合における漂流物選定の考え方について

【説明概要】

発電所と周辺地域を調査し、漂流物となる可能性、発電所への到達の可能性を考慮して漂流物を抽出し、防潮堤への衝突、冷却用海水系の取水性への影響を検討し、安全性を確保できることを確認している。これらの検討結果は基準津波に基づくものであるが、敷地に遡上する津波に対しても、この漂流物選定の内容は適用できると判断している。

1. 津波によって発生する漂流物の評価の概要

- 津波によって発生する漂流物に対して、発電所への影響を評価する。
 - ・漂流物となる可能性のあるものを抽出し、発電所への到達の可能性を考慮して、発電所への影響を評価する。
 - ・防潮堤は、到達する可能性がある漂流物(漁船, 流木, 車両)の衝突を考慮して設計している。
 - ・漂流物(建物のガレキ等)が冷却用海水系の取水性へ影響を及ぼさないことを確認している。

▶ 発電所と周辺地域を調査*^①し、漂流物となる可能性*^②，発電所への到達の可能性*^③を考慮して、漂流物を抽出*^④

抽出した漂流物: **漁船, 建物のガレキ等**(防潮堤外側)
足場板(防潮堤内側*)

※防潮堤内側の漂流物は、敷地に遡上する津波の評価において考慮する。

抽出した漂流物: **流木, 車両**(防潮堤外側)
流木, 車両(防潮堤内側*)

^①~^⑤の詳細を次項以降に示す。

▶ 過去の被災事例を考慮*^⑤して、防潮堤に到達する可能性のあるものを安全側に想定

○ 防潮堤や取水口に到達する可能性があるとした漂流物について、防潮堤等への衝突、冷却用海水系の取水性への影響を検討し、安全性が確保できることを確認した。

評価, 設計の内容

- 建物のガレキ等による冷却用海水系の取水性への影響(取水口の閉塞の可能性)を評価し、影響を及ぼさないことを確認 <別紙12参照>
- 防潮堤外側については、漁船, 流木, 車両のうち, 最大荷重となる車両が衝突することを想定した場合でも, 防潮堤の健全性が確保できるように設計 <論点No.32, 34参照>
- 防潮堤内側については、足場板, 流木, 車両のうち, 最大荷重となる足場板が衝突することを想定した場合でも, 健全性が確保できるように水密扉を設計 <別紙13参照>

2. 津波によって発生する漂流物の評価(漂流物となる可能性のあるものの抽出)



●津波によって漂流物となる可能性のあるものを調査

- ・基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、**東海第二発電所から半径5kmの範囲**を対象に漂流物となる可能性のあるものを調査し、漂流物となる可能性のあるものを抽出
- ・**発電所周辺の港湾(茨城港日立港区, 茨城港常陸那珂港区)**、**工場及び研究施設**を含めて調査



調査範囲は、津波のシミュレーション結果を踏まえて、津波の流向・流速から、漂流物が発電所へ向かって移動する可能性のある距離を評価した結果が約3.6kmとなったことから、漂流物の移動距離より大きくなるように設定し、**発電所から半径5kmの範囲**とした。

【漂流物調査範囲図】

■ : 調査範囲(基準津波の遡上域を包絡した範囲)

調査の結果、漂流物となる可能性のあるものとして、船舶、建物、設備等を抽出。主な漂流物となる可能性のあるものは以下のとおり。

発電所敷地内

- 船舶
 - ・燃料等輸送船, 作業台船等
- 建物類
 - ・プラント設備の建物(鉄筋コンクリート造)
 - ・事務所等(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
- 設備類
 - ・プラント設備(配管, 弁, クレーン等), 資機材類
- その他
 - ・車両, 植生等

発電所敷地外

- 船舶
 - ・漁船, 大型船(貨物船等)
- 建物類
 - ・商業施設, 公共施設, 倉庫等(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
 - ・プラント・工場設備の建物(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
 - ・家屋
- 設備類
 - ・プラント・工場設備(大型タンク, 配管, 弁, クレーン等)
 - ・資機材類
- その他
 - ・車両, 植生等

p2の*①関連

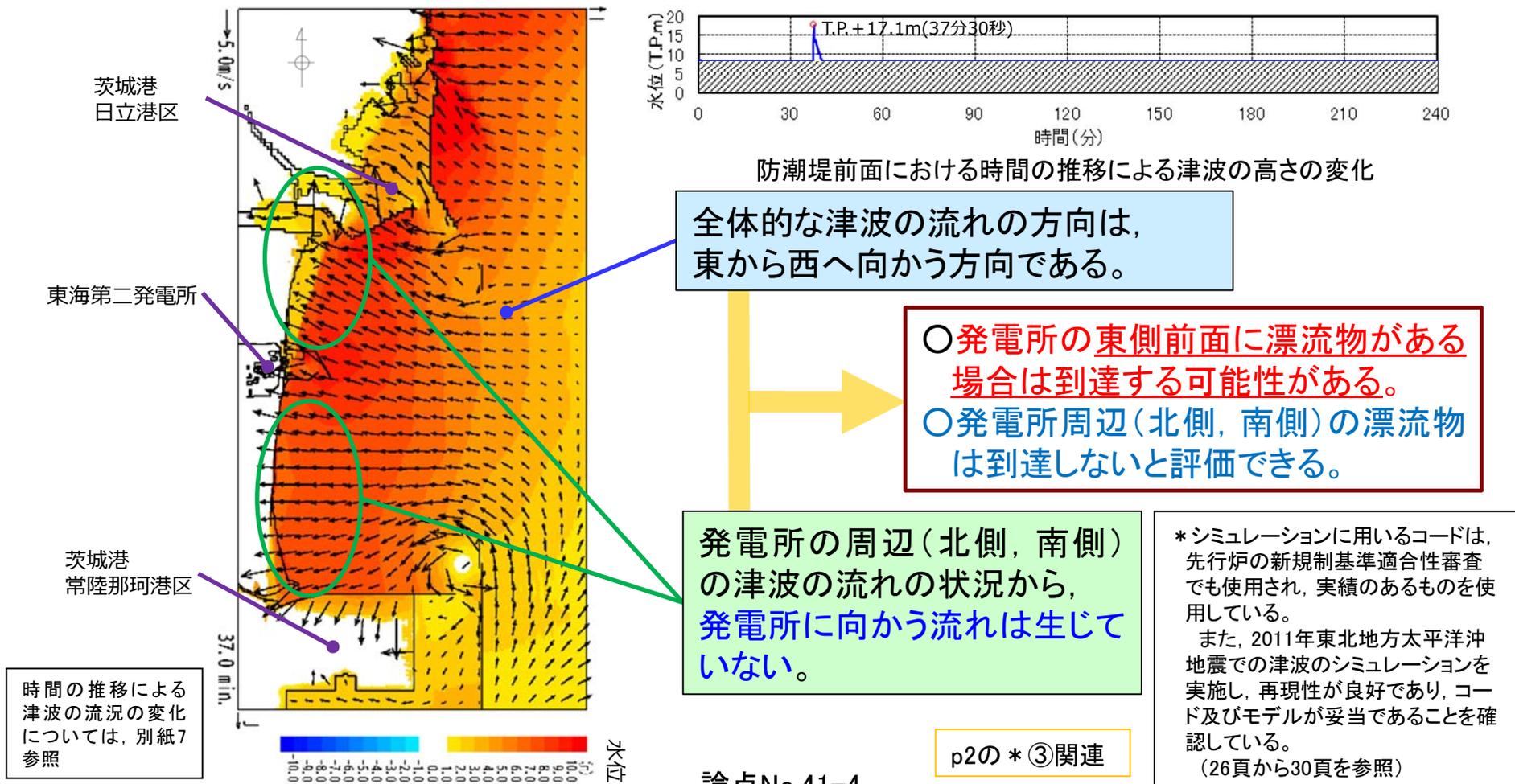
論点No.41-3

p2の*②関連

2. 津波によって発生する漂流物の評価(津波の流況の確認)

●津波の流況を確認し、漂流物の発電所への到達の可能性を評価する。

- ・漂流物は津波の流れに沿って漂流することを踏まえ、基準津波の流れの状況をシミュレーション*により解析し、発電所への到達の可能性を評価する。
- ・ここでは、基準津波が発電所に襲来する際の押し波の様子を示す。
- ・津波の流況から、発電所の東側前面に漂流物がある場合は到達する可能性があるが、北側及び南側からは到達しないと評価できる。



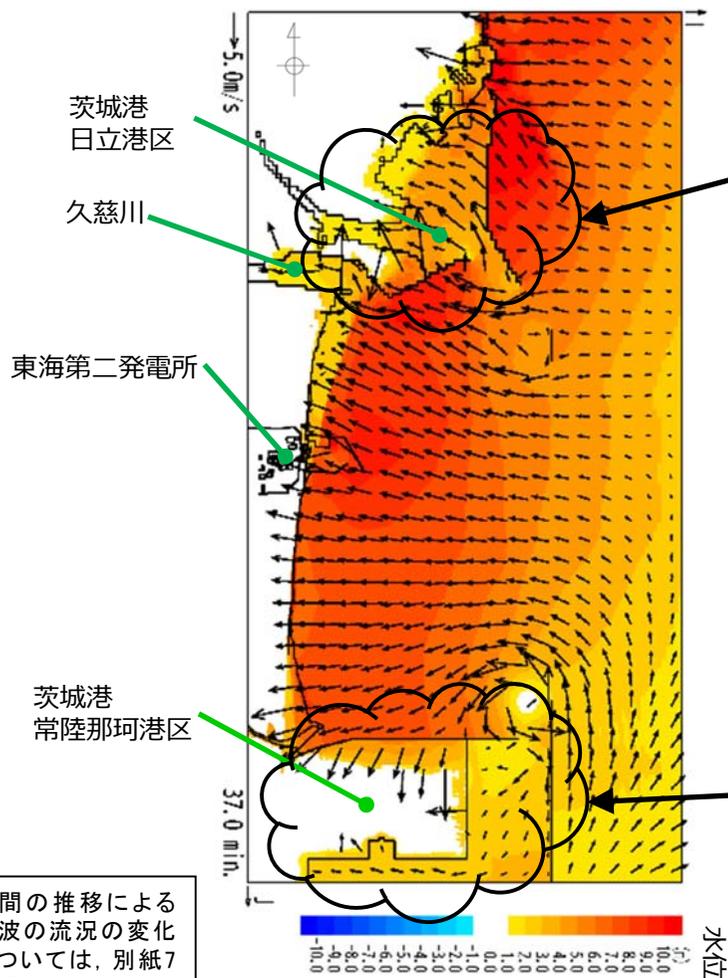
論点No.41-4

2. 津波によって発生する漂流物の評価(発電所への到達の可能性の評価)(1/2)



●津波によって発生する漂流物が発電所へ到達する可能性を評価する。

- ・漂流物となる可能性のあるものの調査結果及び津波の流況確認から、発電所へ到達する可能性のある漂流物を抽出する。
- ・敷地周辺の漂流物は、**発電所には到達しない**と評価した。



時間の推移による津波の流況の変化については、別紙7参照

- ・茨城港日立港区の周辺には、**大型船が入港する他に、大型タンク等のプラント・工場の設備等**がある。
- ・津波の流れの方向は、岸壁や久慈川沿いに遡上する方向であることから、漂流物は岸壁や港の西側の陸域に乗り上げる、または、久慈川沿いに遡上していくと評価できる。このため、漂流物は**発電所には向かうことはなく、到達しない**。

発電所の北側及び南側にある港湾からの漂流物(大型船、設備等)は、**発電所には到達しない**と評価した。

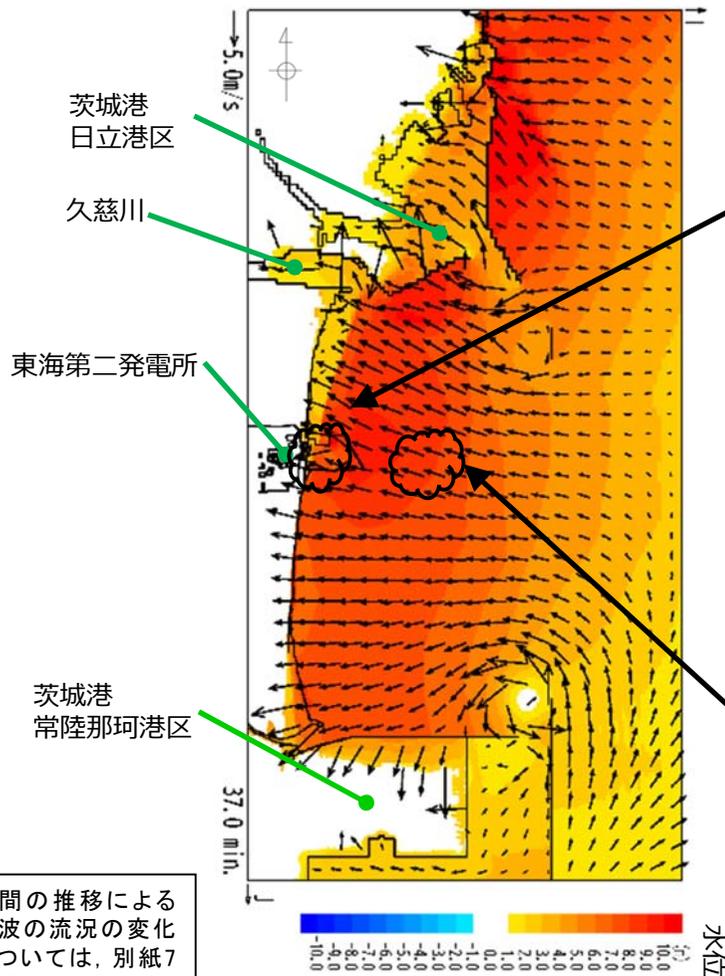
- ・茨城港常陸那珂港区の周辺には、**大型船が入港する他に、火力発電所等のプラントの設備等**がある。
- ・しかし、津波の流れの方向は、岸壁に遡上する方向であることから、漂流物は岸壁や港の西側の陸域に乗り上げると評価できる。このため、漂流物は**発電所には向かうことはなく、到達しない**。

2. 津波によって発生する漂流物の評価(発電所への到達の可能性の評価)(2/2)



●津波によって発生する漂流物が発電所へ到達する可能性を評価する。

- ・漂流物となる可能性のあるものの調査結果及び津波の流況確認から、発電所へ到達する可能性のある漂流物を抽出する。
- ・**漁船及び建屋のガレキ等が到達する可能性がある**と評価した。



- ・発電所の海沿いには、建屋等の構造物がある。
- ・建屋等の構造物は、取水口の近傍にもあり、津波の押し波・引き波によって、**建屋のガレキ等が取水口に到達する可能性がある**。

* 使用済燃料乾式貯蔵建屋評価では大型の作業台船(50t)が運用廃止する以前の評価をしており漂流物として保守的な想定のためそのまま採用したが、原則として緊急離岸する大型船等は評価対象から排除できる

発電所に到達する可能性のある漂流物のうち、**最も質量が大きい漁船が防潮堤に衝突することを考慮する**。
(その他に、過去の被災事例から、流木・車両についても防潮堤への衝突を考慮する。)

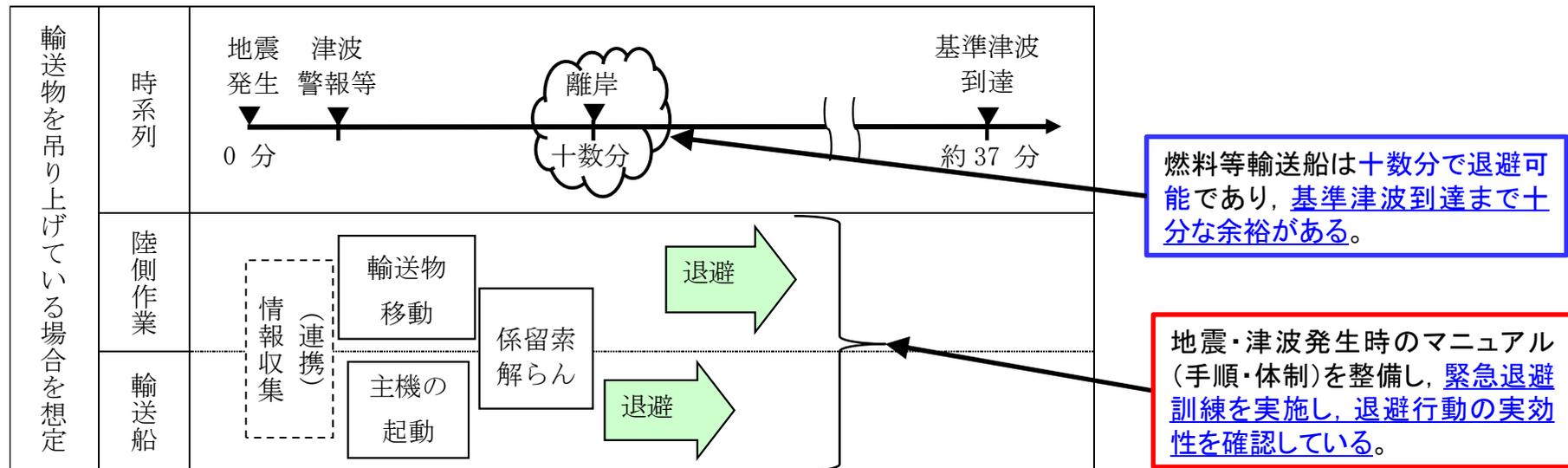
- ・発電所の東側の比較的近い海域では、漁船が操業する可能性がある。
- ・津波の流れ方向は西向きであるため、**漁船が防潮堤に到達する可能性がある**。

2. 津波によって発生する漂流物の評価（発電所の港湾に入港する船舶の評価）



- 東海第二発電所の港湾には、燃料等輸送船、浚渫（しゅんせつ）船、貨物船等が入港するが、**緊急退避又は係留避泊（けいりゅうひはく）等の措置により漂流物とはならないことから、取水口及び防潮堤へは到達しない。**
 - ・燃料等輸送船は、津波警報等の発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、**輸送に先立ち、マニュアルを整備している。**
 - ・当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時のマニュアルを整備し、整備した手順・体制に沿った**緊急退避訓練を輸送船の船員及び荷役担当者が参加して実施し、退避行動の実効性を確認している。**
 - ・退避までに最も時間を要する燃料等輸送船が荷役中（輸送物吊り上げ中）に津波が発生した場合においても、これまでの緊急退避訓練の実績より、**緊急離岸が可能となる時間は地震発生後十数分であり、基準津波の到達時間である約37分後までに港外に退避することが可能である。**
 - ・浚渫（しゅんせつ）船、貨物船等は、**入港前に、緊急退避、係留避泊（けいりゅうひはく）又は陸上避難の手順及び体制が整備され、実効性のある措置であることを確認したうえで入港させるため、漂流物とはならない。**
 - ・港外では、港内で生じるような複雑な流れではなく、比較的長周期で波長が長くなっていることから、**比較的大型の船舶については適切な操船により津波を乗り越えることが可能な状況であり、漂流物とはならない。**
 - ・防潮堤の健全性に影響を与えないような比較的小型の船舶については、**係留強化又は陸上避難の措置をとる場合がある。**

<燃料等輸送船の緊急退避のタイムチャート>



2. 津波によって発生する漂流物の評価(大型船舶に対する評価のまとめ)



○敷地内(東海港)

敷地内に入港する船舶は、漂流物とならないように以下のとおり運用・管理を確実に実施していく。(当社の管理)

- ▶燃料等輸送船は、津波警報等の発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、輸送に先立ち、マニュアルを整備している。(p7)
- ▶当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時のマニュアルを整備し、緊急退避訓練を実施し、退避行動の実効性を確認している。(p7)
- ▶退避までに最も時間を要する燃料等輸送船が荷役中(輸送物吊り上げ中)に津波が発生した場合においても、これまでの緊急退避訓練の実績より、緊急離岸が可能となる時間は地震発生後十数分であり、基準津波の到達時間である約37分までに緊急退避が可能である。(p7)
- ▶浚渫(しゅんせつ)船、貨物船等については、入港前に、緊急退避、係留避泊(けいりゅうひはく)又は陸上避難の手順及び体制を整備され、津波が到達するまでに、当社がいずれかの措置について、実効性がある措置であることを確認したうえで入港させるため、漂流物とはならない。(p7)

p2の*②関連

○敷地外(茨城港日立港区, 茨城港常陸那珂港区)

敷地外の港湾に入港する船舶は、安全性及び防災の観点から漂流物とならないような措置をする運用(他事業者の管理)となっているが、万が一、漂流した場合についても評価し、発電所への影響がないことを確認している。

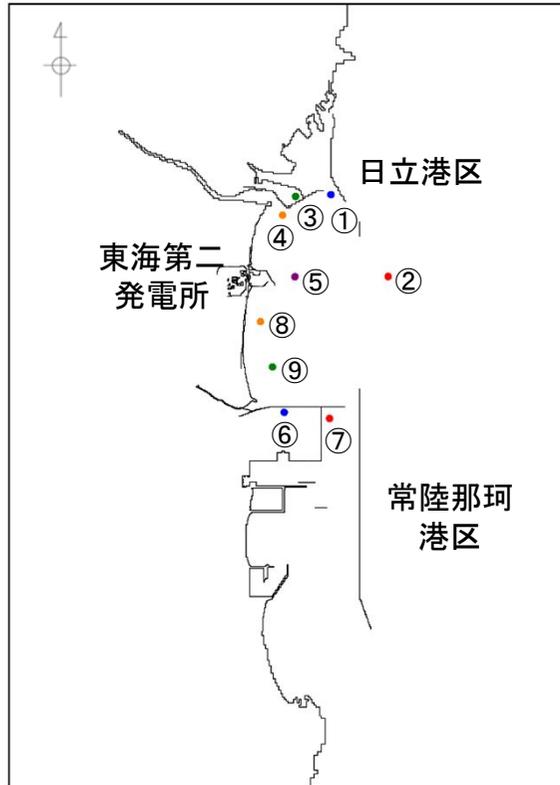
- ▶茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区に入港している大型船舶は、緊急退避又は係留避泊(けいりゅうひはく)の措置を行うとされていることから、漂流物にはならないと評価できる。
- ▶万が一、大型船舶が津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、停泊地近傍で漂流するか港湾近傍の陸域に座礁するため、発電所には到達しないと評価できる。(p5,9)
- ▶茨城港日立港区への入港・出港の際に発電所東側海域を通過するが、比較的大型の船舶は適切な操船により津波を乗り越えることが可能であり、漂流物とはならない。万が一、津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、航行している場所の近傍で漂流するため、発電所には到達しないと評価できる。(p5,9)
- ▶船舶は荒天時は、安全性及び災害防止の観点から、係留避泊(けいりゅうひはく)・安全な海域に避難する等の措置を講じることから、漂流しない。万が一、係留避泊(けいりゅうひはく)又は海域に避難し停泊している時に、大型船舶が津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、停泊地近傍で漂流するか港湾近傍の陸域に座礁するため、発電所には到達しないと評価できる。(p5,9)

p2の*②, *③関連

2. 津波によって発生する漂流物の評価(漂流物の軌跡の確認)(1/2)

● 発電所の周辺地域に漂流物を想定して、基準津波を用いた漂流物の軌跡を解析し、**発電所への影響はないことを確認**している。(発電所及び周辺施設に防波堤がある場合)

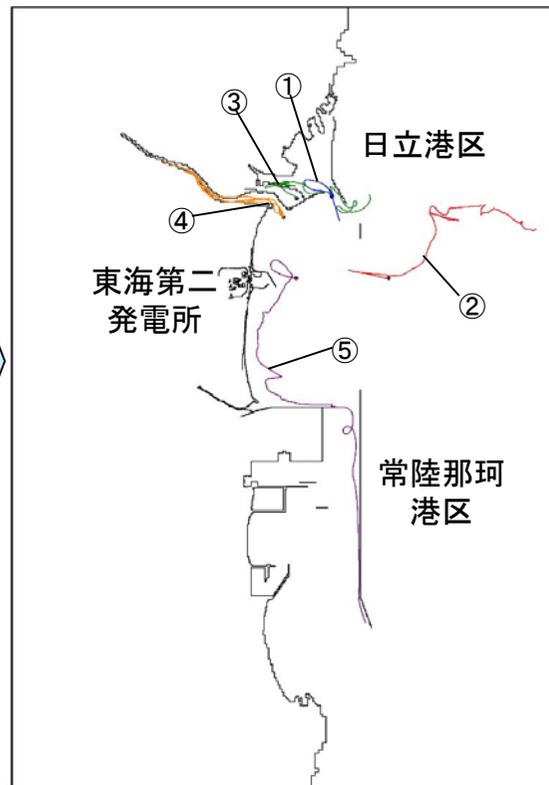
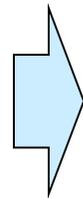
- ・p4～p6に示した津波の流況の分析による評価に加えて、水粒子の軌跡を解析した。
- ・漂流物の軌跡は、発電所には向かう傾向とはなっておらず、津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。



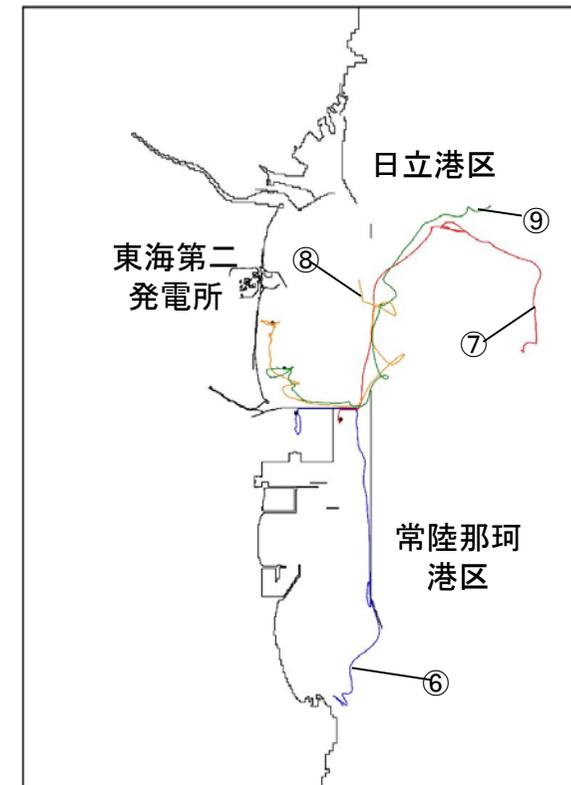
評価点(9地点)の初期配置図

海水の流れにより、それぞれの箇所に設定した漂流物がたどる軌跡を解析*する。

* 解析は、津波の流況等の模擬に用いた数値シミュレーションの解析データにより、体積及び質量を持たない水粒子の軌跡を描いたシミュレーションであり、津波を引き起こす地震の発生から、津波が収まる時間(240分後)までの間で実施する。実際の漂流物は、慣性力や抵抗を受ける影響により、津波の流速より緩慢な動きとなる。これに比べて、水粒子は、津波と同じ挙動で移動し、より鋭敏な動きとなる。



①～⑤の軌跡(防波堤あり)



⑥～⑨の軌跡(防波堤あり)

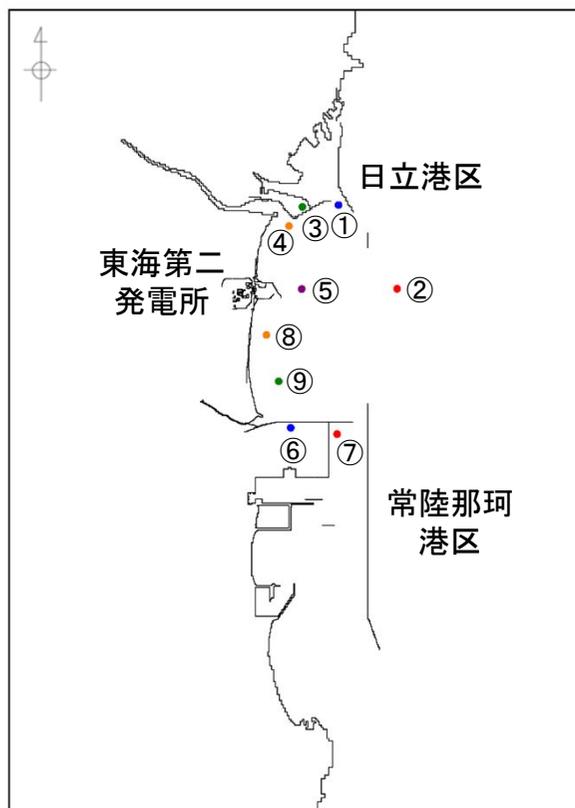
- ・発電所周辺に漂流物があつたとしても、初期地点の近傍に留まるか、あるいは、発電所から離れていく傾向となった。
- ・軌跡の解析の結果からは、漁船が発電所の東側で操業する可能性を想定して設定した⑤についても、発電所に到達しない結果となったが、津波の流況を踏まえて評価した結果を考慮し、安全側に漁船が防潮堤に衝突することを想定して設計している。

論点No.41-9

p2の*③関連

2. 津波によって発生する漂流物の評価(漂流物の軌跡の確認)(2/2)

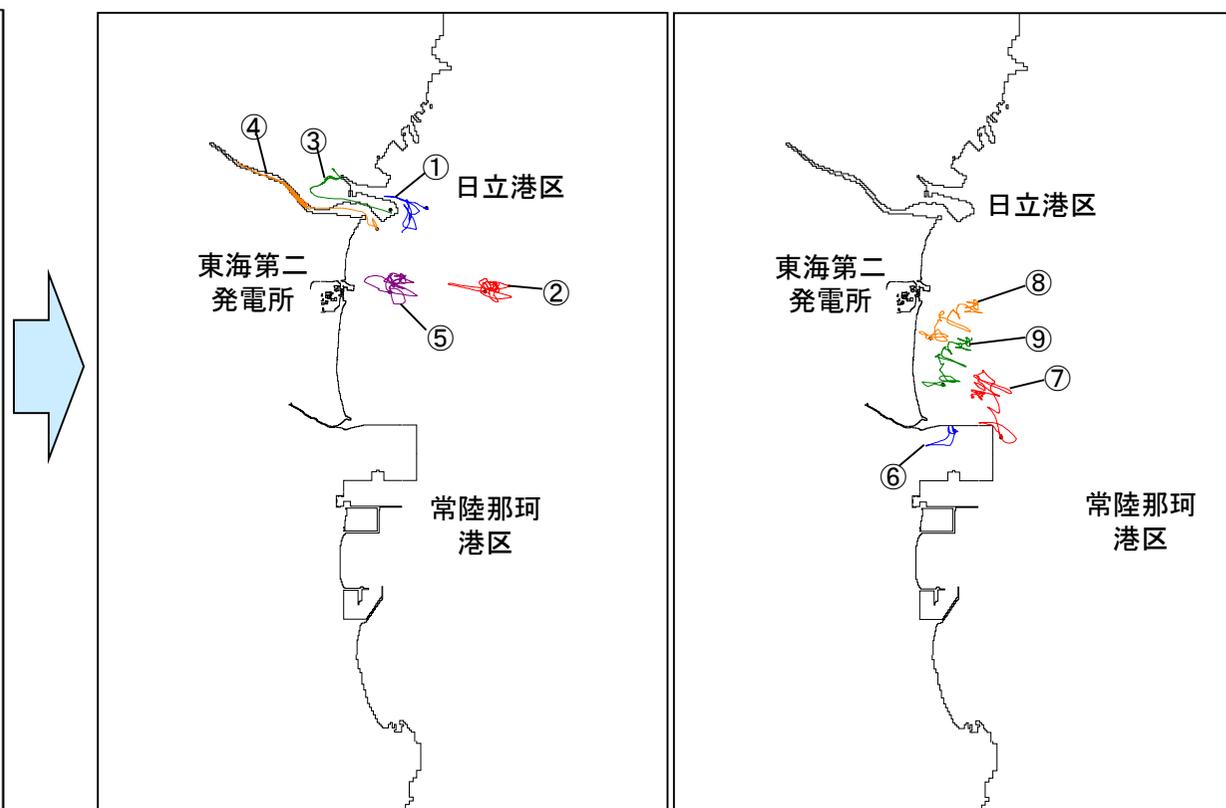
- 発電所の周辺地域に漂流物を想定して、基準津波を用いた漂流物の軌跡を解析し、**発電所への影響はないことを確認**している。(発電所及び周辺施設に防波堤がない場合)



評価点(9地点)の初期配置図

海水の流れにより、それぞれの箇所に設定した漂流物がたどる軌跡を解析*する。

* 解析は、津波の流況等の模擬に用いた数値シミュレーションの解析データにより、体積及び質量を持たない水粒子の軌跡を描いたシミュレーションであり、津波を引き起こす地震の発生から、津波が収まる時間(240分後)までの間で実施する。実際の漂流物は、慣性力や抵抗を受ける影響により、津波の流速より緩慢な動きとなる。これに比べて、水粒子は、津波と同じ挙動で移動し、より鋭敏な動きとなる。



①～⑤の軌跡(防波堤なし)

⑥～⑨の軌跡(防波堤なし)

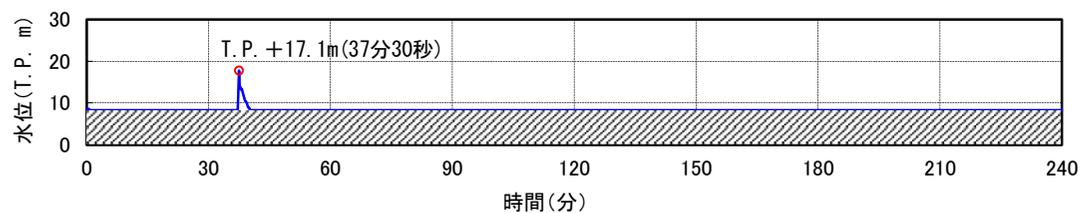
- ・防波堤がない場合は津波の流況については、防波堤の影響を受けないので、防波堤近傍に乱れた流れが生じにくい状況となっている。
- ・このため、漂流物は、押し波と引き波の影響により、**初期地点の近傍を往復するような軌跡となる傾向が強まっている。**

3. 基準津波と敷地に遡上する津波の比較(時間の推移による津波高さ)

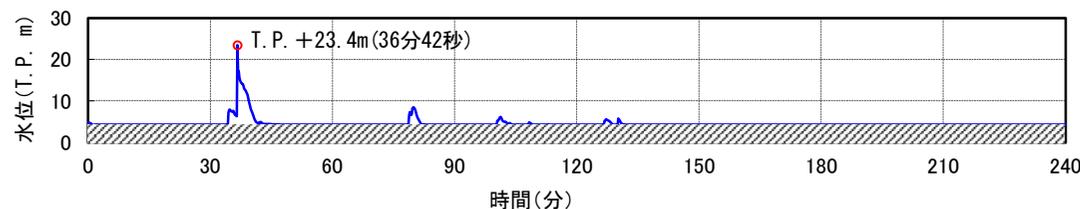


● 基準津波と敷地に遡上する津波の時間の推移による津波の高さの変化を比較した。

- ・防潮堤前面における津波高さで時間の推移による変化を比較した。
- ・基準津波, 敷地に遡上する津波とも, 37分前後に最大の高さとなる津波が襲来し, 時間の経過とともに収まっている。
- ・基準津波, 敷地に遡上する津波とも, 時間の推移による津波高さの変化は同じ傾向となっている。



基準津波



敷地に遡上する津波

防潮堤前面における時間の推移による津波の高さの変化

3. 基準津波と敷地に遡上する津波の比較(流況の比較)

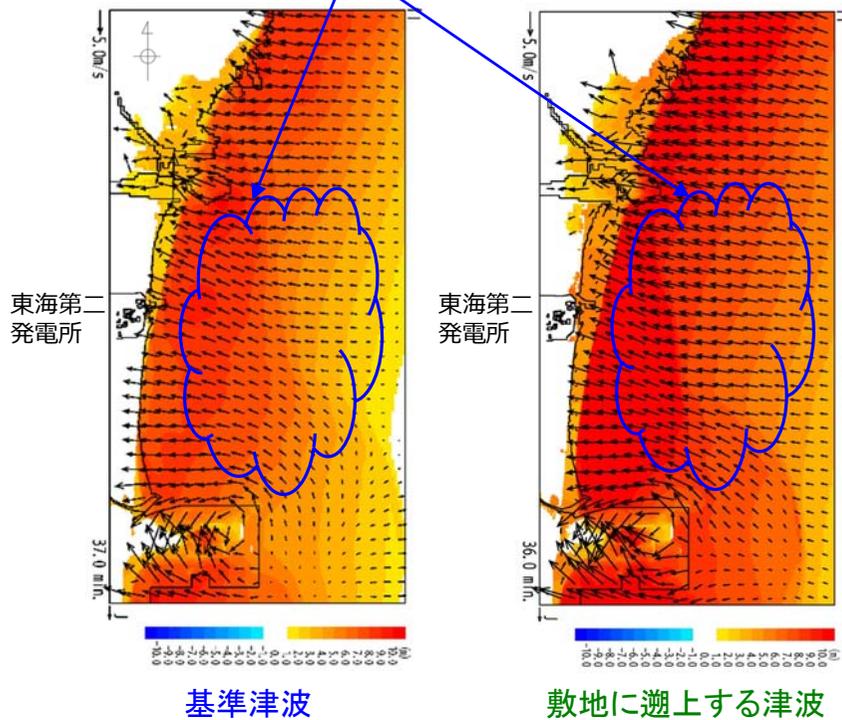
●基準津波と敷地に遡上する津波の流況を比較した。

- ・津波が発電所へ襲来する時は、基準津波、敷地に遡上する津波とも全体的に東から西へ向かう流れとなっている。
- ・発電所の周辺で陸域に遡上した津波は、基準津波、敷地に遡上する津波とも地形の高低の影響を受けながら進行するが、**発電所に向かうような流れにはなっていない。**
- ・茨城港日立港区周辺では、基準津波、敷地に遡上する津波とも久慈川沿いに遡上していく流れとなっている。
- ・**基準津波、敷地に遡上する津波とも同じ傾向の流況となっており、漂流物の挙動も同じ傾向になると評価できる。**

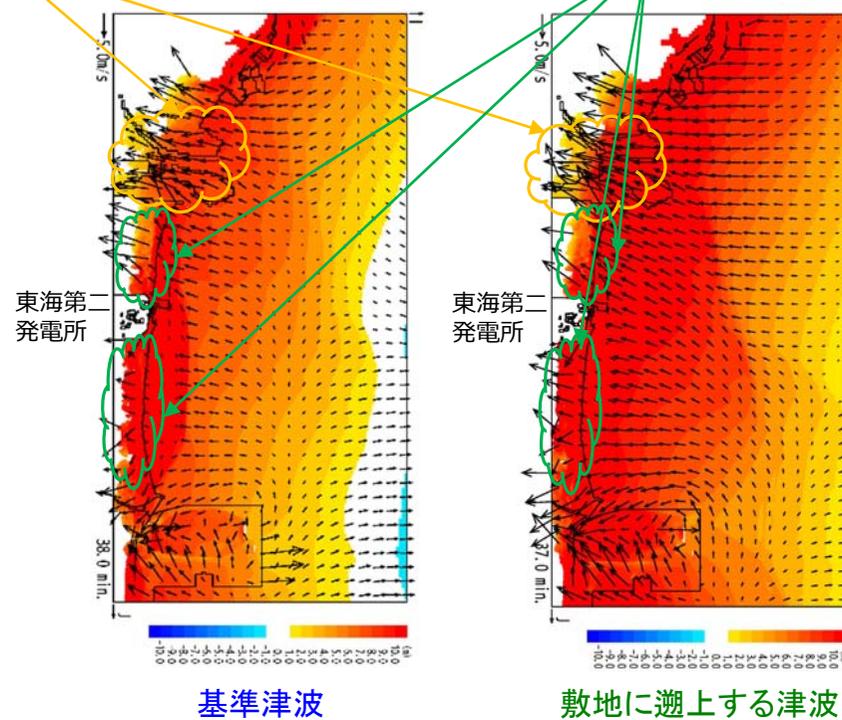
全体的な津波の流れの方向は、**東から西へ向かう方向**である。

茨城港日立港区周辺は、**久慈川沿いに遡上していく流れ**となっている。

発電所の周辺(北側、南側)の津波の流れの状況から、**発電所に向かう流れは生じていない。**



津波が襲来するときの状況



陸域に遡上するときの状況

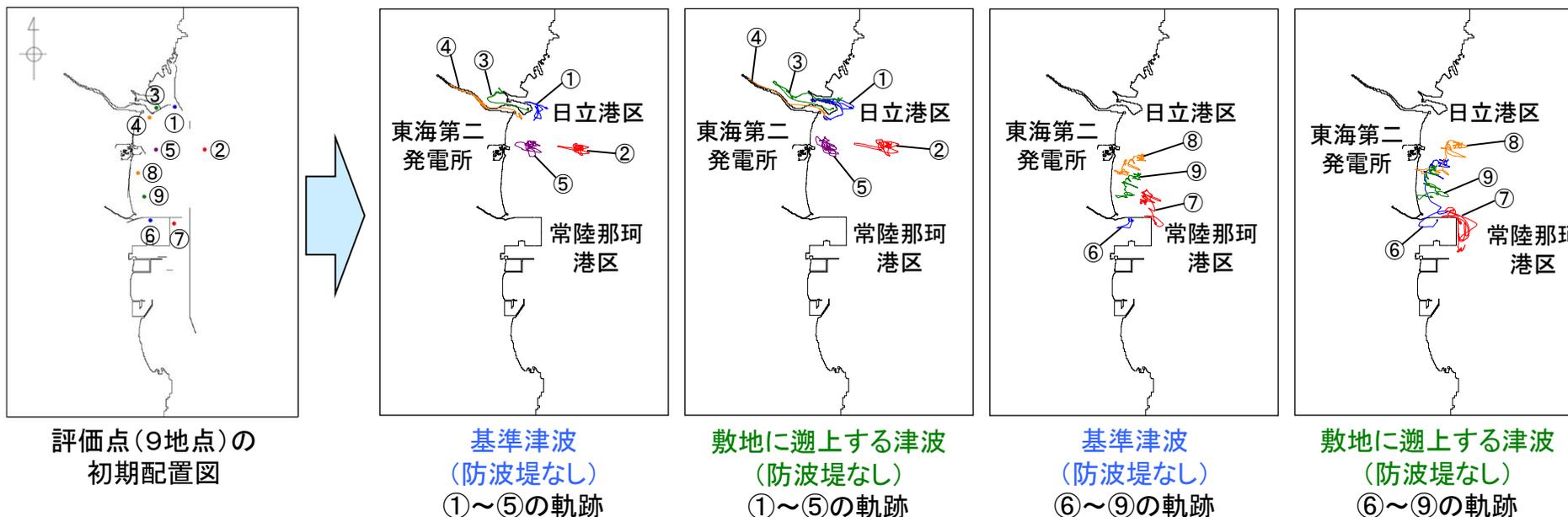
時間の推移による津波の流況の変化については、別紙7.8参照

注：敷地に遡上する津波は、防波堤がない状態で、防潮堤前面においてT.P.+24mになるように設定している。このため、防波堤がない場合のデータのみとなる。

p2の*③関連

3. 基準津波と敷地に遡上する津波の比較(漂流物の軌跡)

- 基準津波による漂流物の軌跡と敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡を比較した。
 - ・ 敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡は、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっている。
 - ・ 基準津波による漂流物の軌跡と敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡は、概ね同様の傾向となっている。
 - ・ 基準津波、敷地に遡上する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
 - ・ 以上のとおり、基準津波と敷地に遡上する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、9地点の漂流物の軌跡の傾向から発電所への影響がないことを確認できる。
 - ・ なお、漂流物の軌跡は、p12に示した津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。



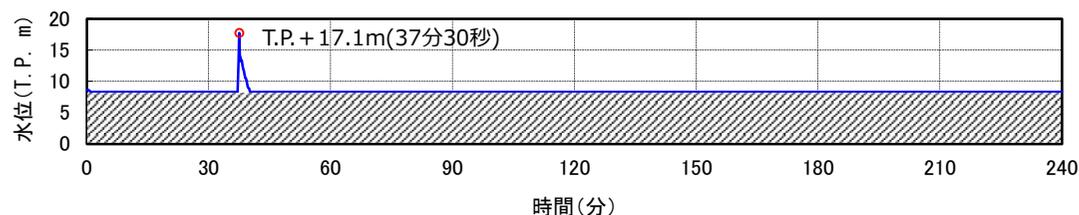
注: 敷地に遡上する津波は、防波堤がない状態で、防潮堤前面においてT.P.+24mになるように設定している。このため、防波堤がない場合のデータのみとなる。

4. 基準津波と北方から襲来する津波の比較(時間の推移による津波高さ)

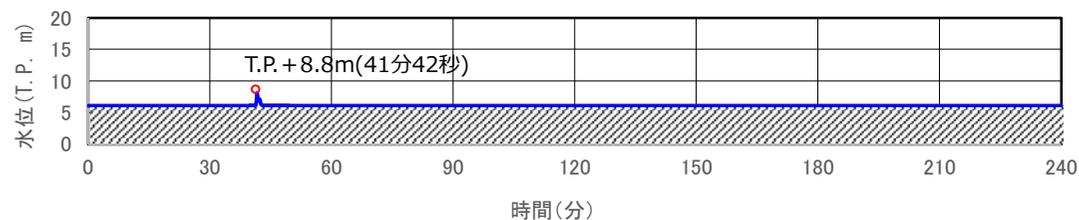


● 基準津波と北方から襲来する津波の時間の推移による津波の高さの変化を比較した。

- ・発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、防潮堤前面における津波高さについて時間の推移による変化を比較した。
- ・基準津波が約37分、北方から襲来する津波が約42分に最大の高さとなる津波が襲来し、時間の経過とともに収まっている。
- ・最大高さは、基準津波がT.P.+17.1mに対して、北方から襲来する津波はT.P.+8.8mと低くなっている。
- ・基準津波、北方から襲来する津波とも、時間の推移による津波高さの変化は同じ傾向となっている。



基準津波



北方から襲来する津波

防潮堤前面における時間の推移による津波の高さの変化

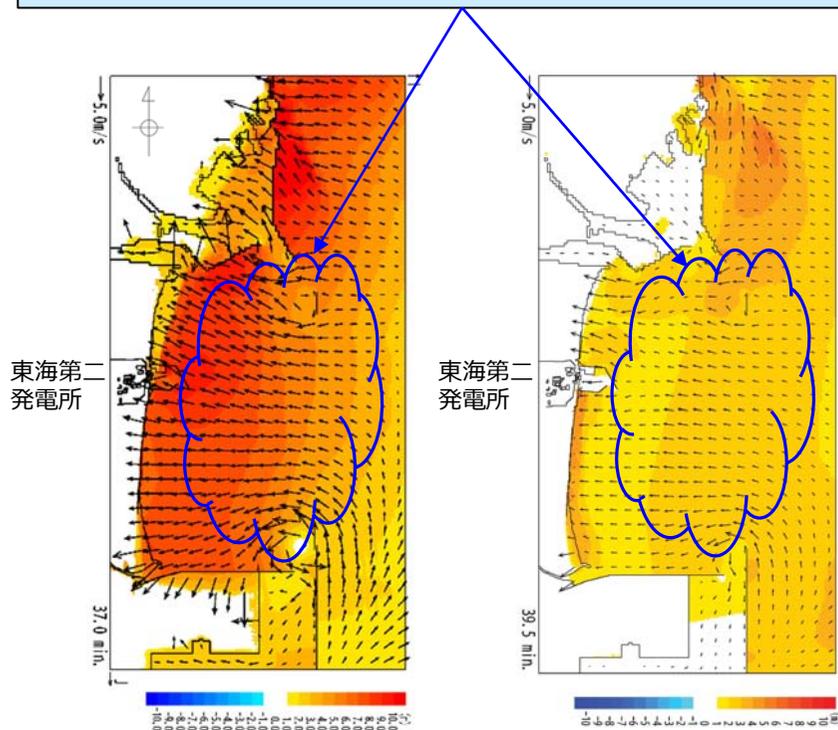
4. 基準津波と北方から襲来する津波の比較(流況の比較)

● 基準津波と北方から襲来する津波の流況を比較した。

- ・ 発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、津波の流況を比較した。
- ・ 津波が発電所へ襲来する時は、基準津波、北方から襲来する津波とも全体的に東から西へ向かう流れとなっている。
- ・ 発電所の周辺(北側、南側)では、基準津波は陸域に遡上するが、北方から襲来する津波は海岸線付近で反射するような状況であり、陸域への遡上が少なく、流速も小さくなる傾向である。
- ・ 北方から襲来する津波による漂流物の挙動は、基準津波による漂流物の挙動と同じ傾向か、緩慢になる傾向と評価できる。

全体的な津波の流れの方向は、東から西へ向かう方向である。

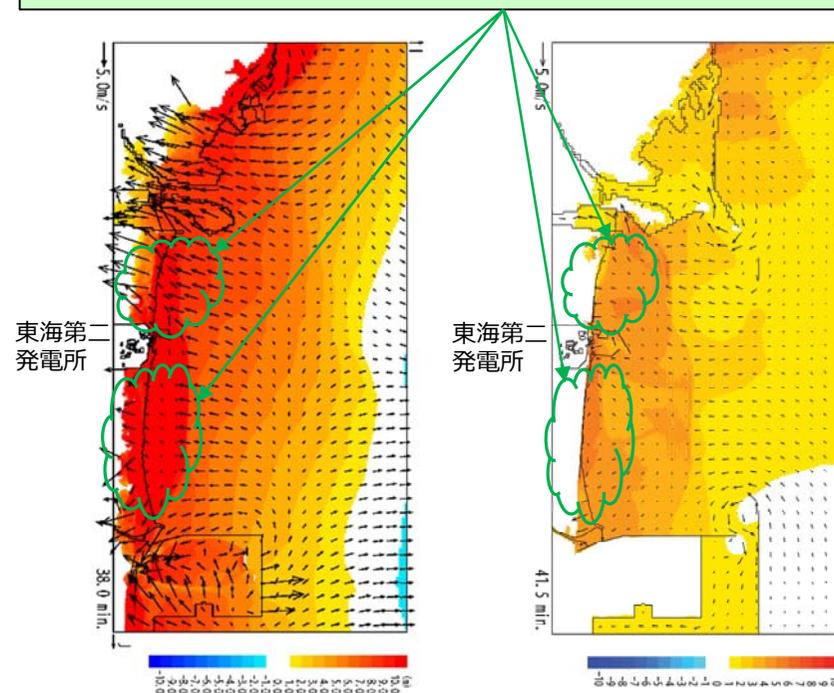
発電所の周辺(北側、南側)では、津波は海岸線付近で止まっており、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。



基準津波

北方から襲来する津波

津波が襲来するときの状況



基準津波

北方から襲来する津波

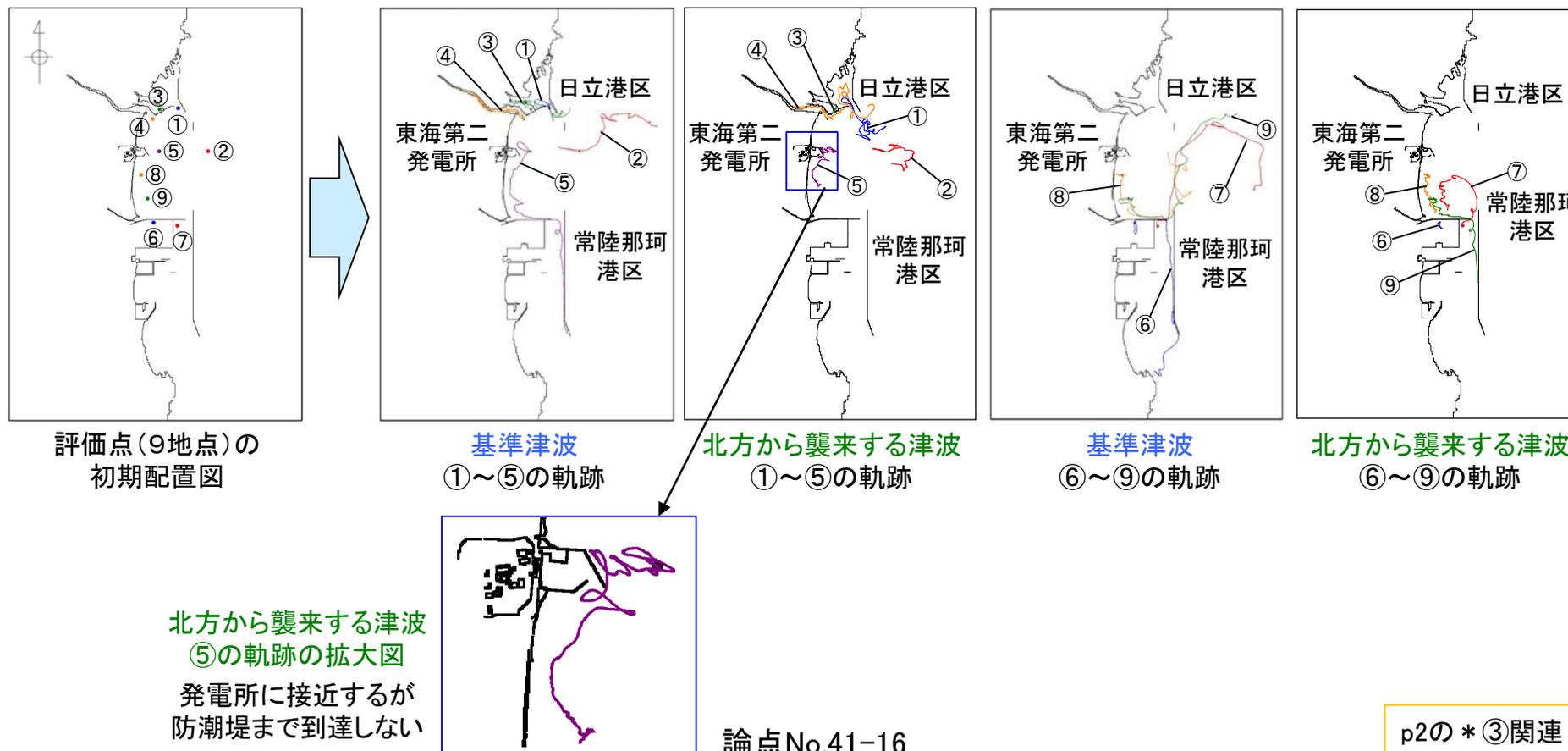
陸域に遡上するときの状況

時間の推移による津波の流況の変化については、別紙7.9参照

4. 基準津波と北方から襲来する津波の比較(漂流物の軌跡)(1/2)

●基準津波による漂流物の軌跡と北方から襲来する津波による漂流物の軌跡を比較(防波堤あり)

- ・発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、漂流物の軌跡を比較した。
- ・北方から襲来する津波による漂流物の軌跡は、基準津波による漂流物の軌跡よりもやや南側に移動する傾向があるが、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっており、基準津波よりも緩慢な動きとなっている。
- ・基準津波、北方から襲来する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
- ・基準津波と北方から襲来する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、発電所への影響がないことを確認できる。
- ・なお、漂流物の軌跡は、p15に示した津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。

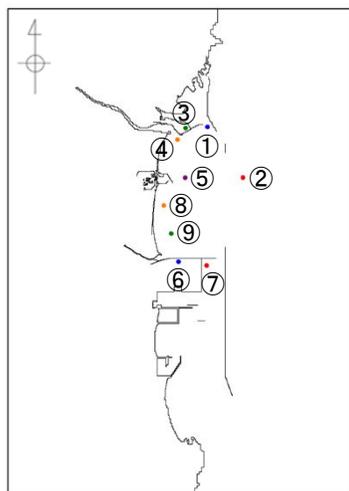


4. 基準津波と北方から襲来する津波の比較(漂流物の軌跡)(2/2)

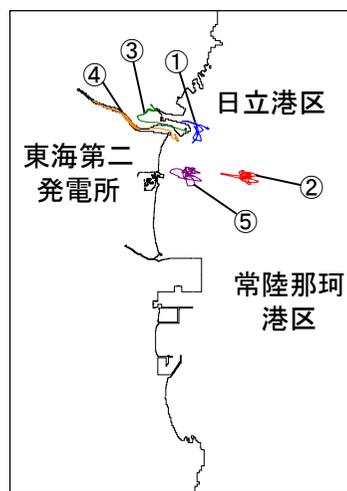
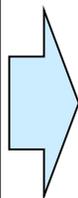


●基準津波による漂流物の軌跡と北方から襲来する津波による漂流物の軌跡を比較(防波堤なし)

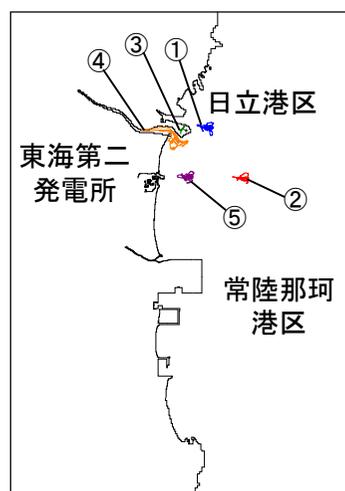
- ・防波堤なしの場合の漂流物の軌跡は、防波堤ありのときと同様に、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっており、基準津波よりも緩慢な動きとなっている。
- ・防波堤ありのときと同様に、基準津波、北方から襲来する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
- ・防波堤ありのときと同様に、基準津波と北方から襲来する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、発電所への影響がないことを確認できる。



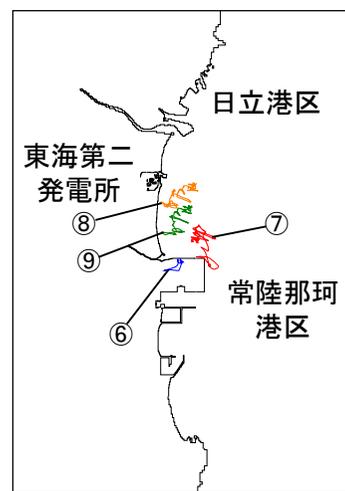
評価点(9地点)の初期配置図



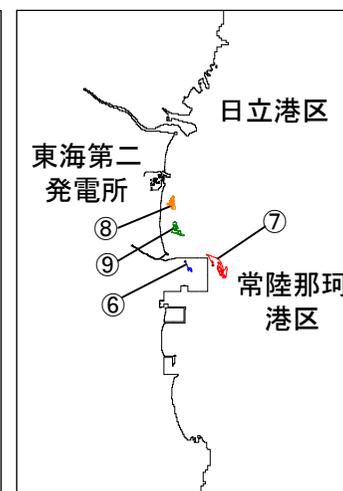
基準津波
①～⑤の軌跡



北方から襲来する津波
①～⑤の軌跡



基準津波
⑥～⑨の軌跡



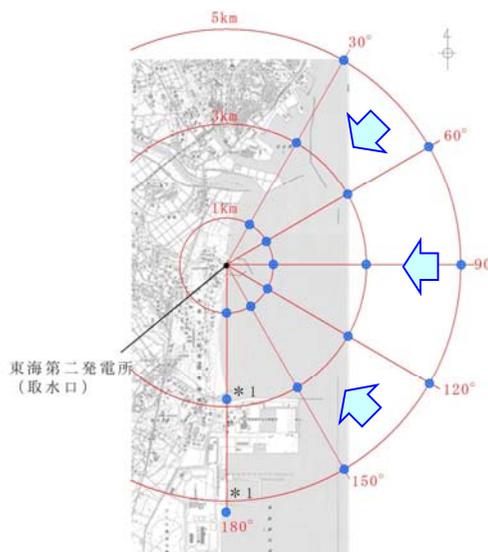
北方から襲来する津波
⑥～⑨の軌跡

<別紙1> 東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (1/4)



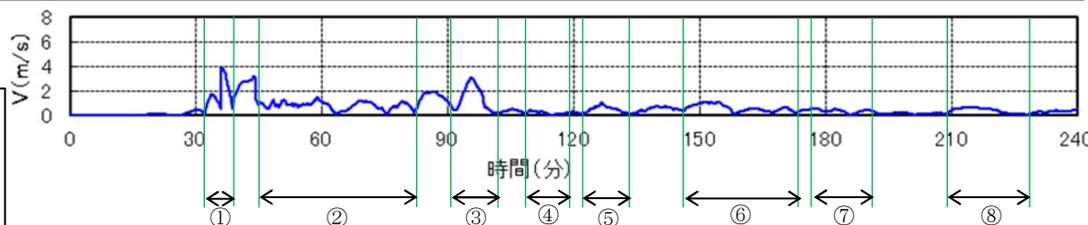
● 基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、東海第二発電所から半径5kmの範囲を調査の対象とした。

・ 発電所周辺の海域18か所の流向、流速及び継続時間から、津波により漂流物が発電所に向かって移動する可能性のある距離を約3.6kmと算出し、安全側に丸めて半径5kmを調査範囲とした。



・ 漂流物調査の範囲を設定するために、以下のように保守的に漂流物が移動する可能性のある距離を算出する。

・ 津波は、押し波と引き波を繰り返し、流向と流速は時々刻々に変化するため、漂流物が最大流速の速度のまま移動することはないが、保守的に、発電所へ向かう流向となっている間は最大流速で進むことを仮定して、移動距離を算出する。



津波の流れが、発電所へ向かう流向となっている時の流速と継続時間から、水粒子の移動距離を算出した。
 移動距離 = 継続時間 × 最大流速
 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤あり) の算出例を示す。

	継続時間	×	最大流速	=	移動距離
①	6.9分	×	4.0m/s	=	1.66km
②	37.2分	×	1.6m/s	=	3.57km
③	10.8分	×	3.1m/s	=	2.01km
④	10.9分	×	0.5m/s	=	0.33km
⑤	11.1分	×	1.1m/s	=	0.73km
⑥	26.9分	×	1.1m/s	=	1.78km
⑦	14.5分	×	0.6m/s	=	0.52km
⑧	19.1分	×	0.8m/s	=	0.92km

移動量算出結果(防波堤あり)

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	0.21km	0.51km	3.57km	1.28km	2.10km	2.27km
3km	0.17km	1.13km	1.77km	0.02km	1.01km	1.51km
5km	0.43km	0.57km	1.58km	0.64km	0.61km	1.42km

移動量算出結果(防波堤なし)

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	0.46km	0.79km	1.45km	1.27km	1.16km	1.71km
3km	0.45km	0.86km	1.77km	1.56km	3.09km	0.01km
5km	1.23km	1.06km	1.58km	1.58km	1.47km	1.62km

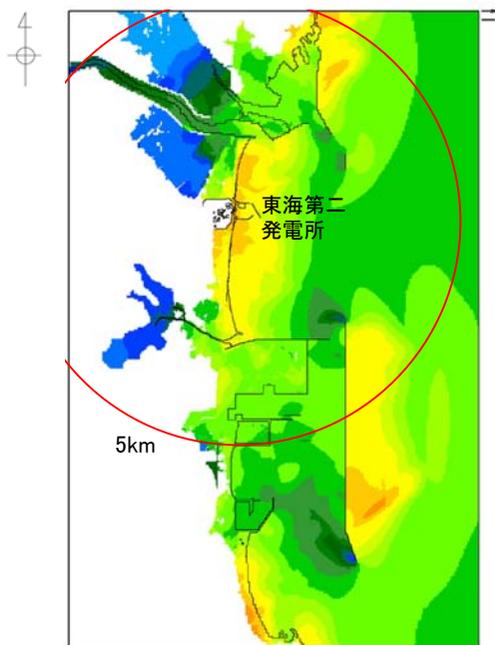
漂流物が発電所に向かって移動する可能性のある距離約3.6km ⇒ 調査範囲: 半径5km

論点No.41-18

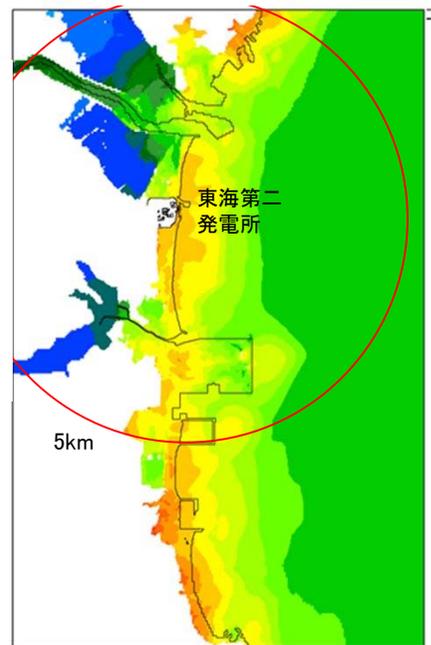
<別紙1> 東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (2/4)



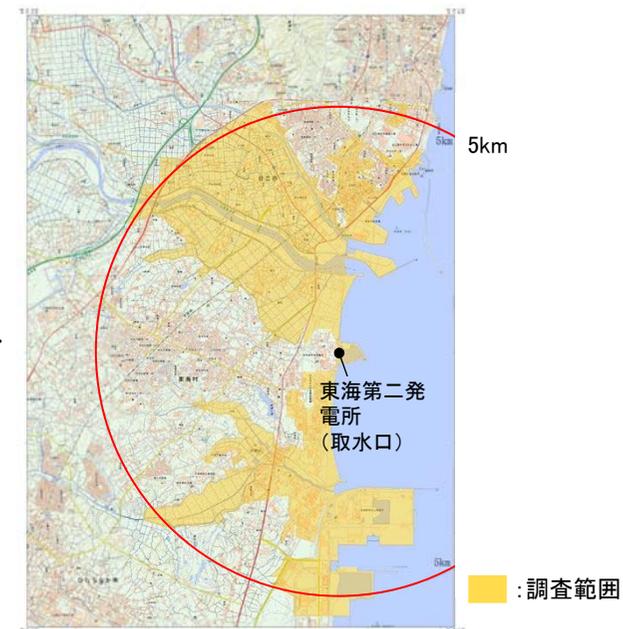
- 基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、東海第二発電所から半径5kmの範囲を調査の対象とした。
- ・半径5kmの範囲において、基準津波が遡上する範囲を包絡するように調査範囲を設定した。



遡上解析結果
(防波堤あり)



遡上解析結果
(防波堤なし)

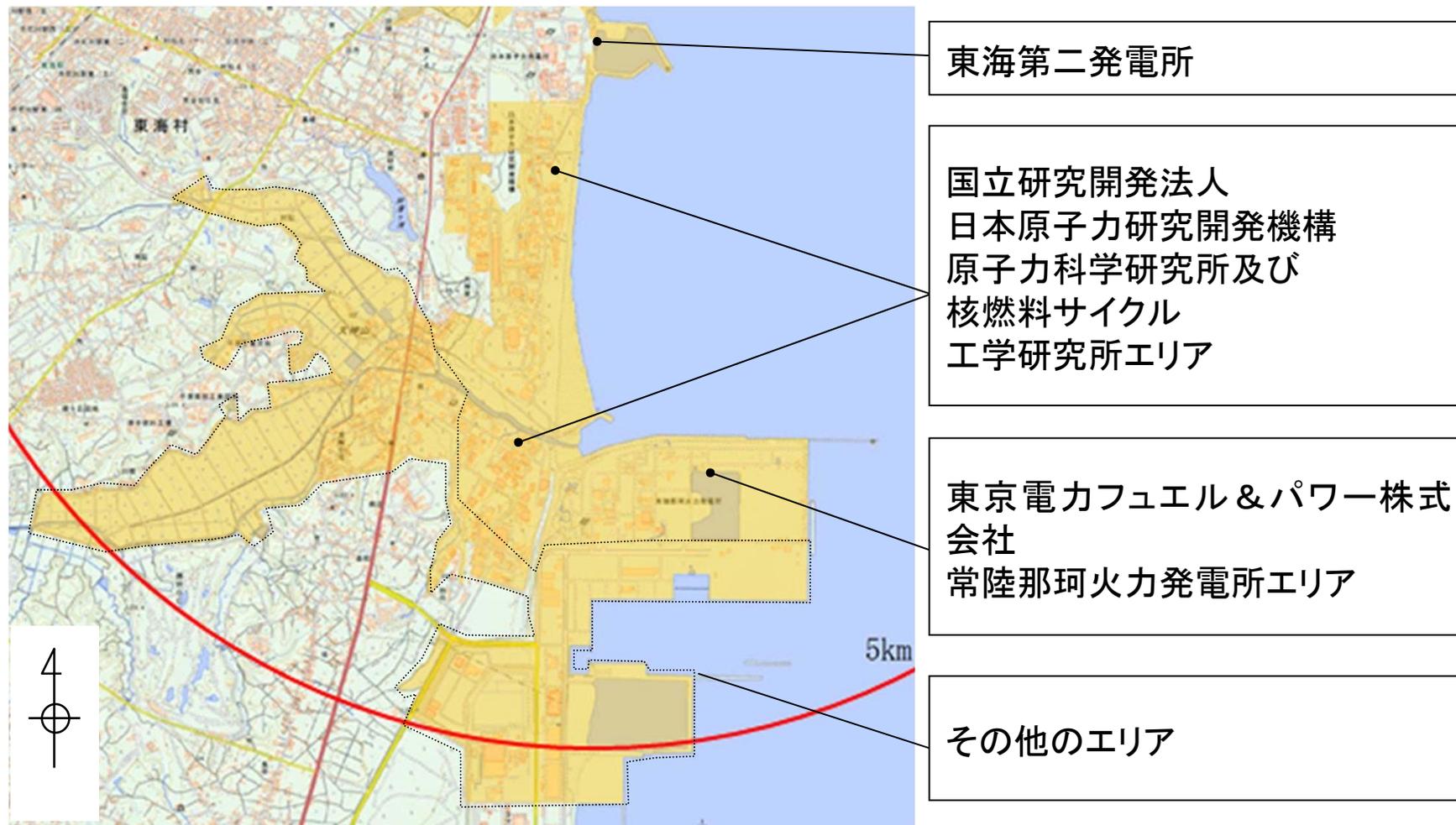


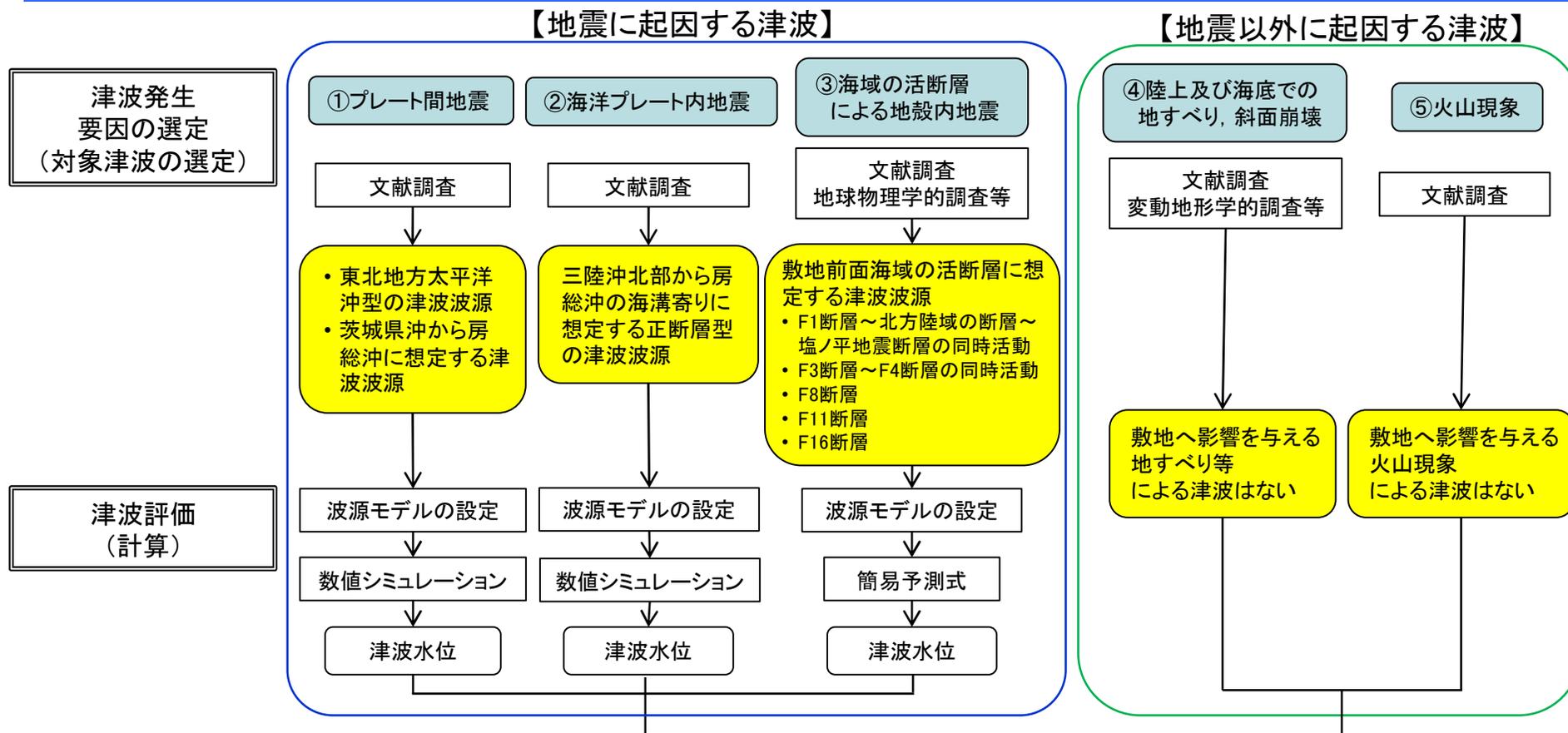
漂流物調査範囲

＜発電所北側エリア＞



<発電所南側エリア>





「① プレート間地震」を選定

基準津波の選定

①プレート間地震	「茨城県沖から房総沖」で発生する津波が発電所に最も大きな影響を与える。
②海洋プレート内地震	プレート間地震による津波の最大高さを上回る津波はない。
③海域の活断層による地殻内地震	
④地すべりや斜面崩壊	敷地へ影響を与える地すべり、火山現象等による津波はない。
⑤火山現象	

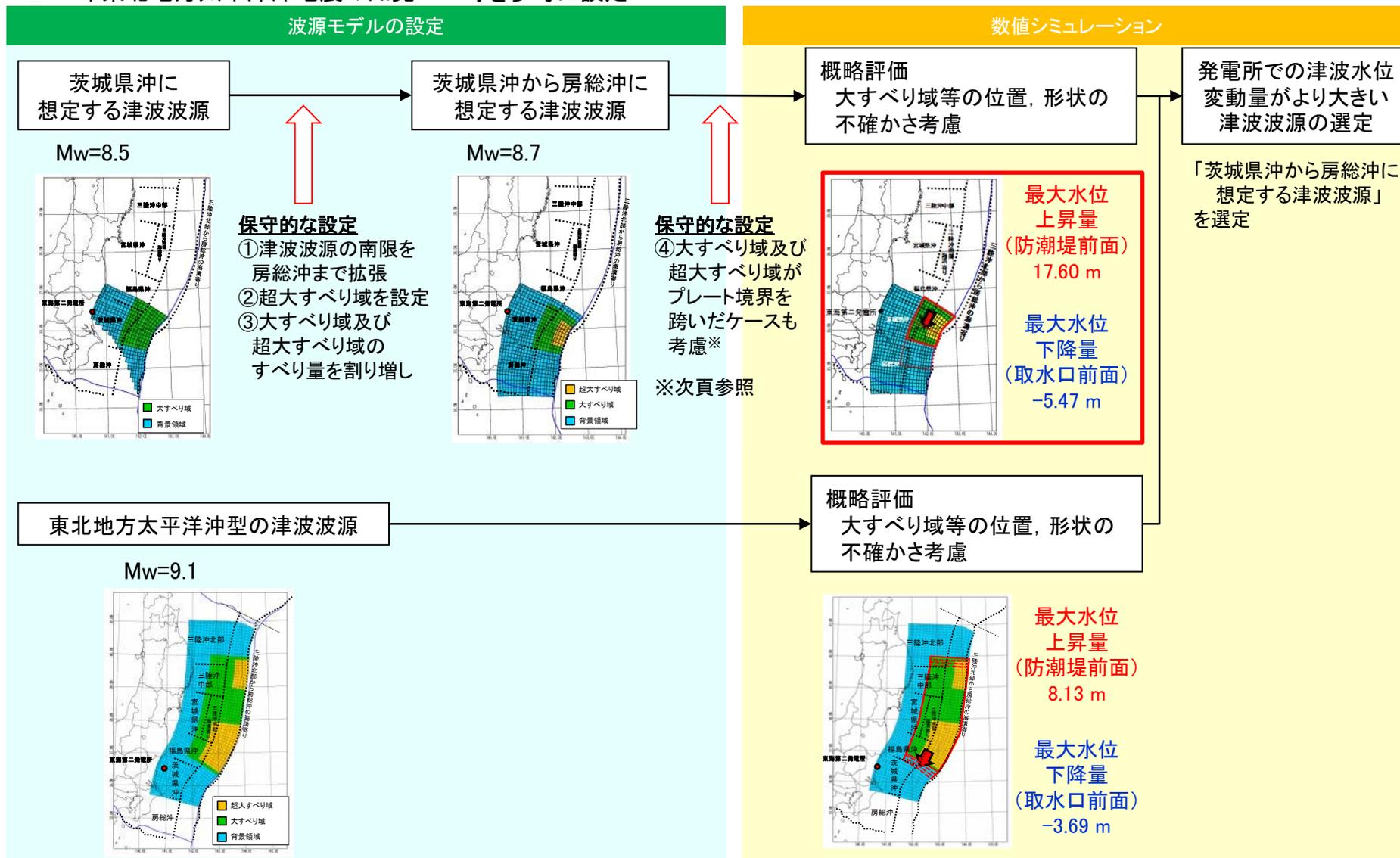
<別紙2> 津波評価のあらまし (地震に起因する津波 ①プレート間地震に起因する津波)



想定津波波源について

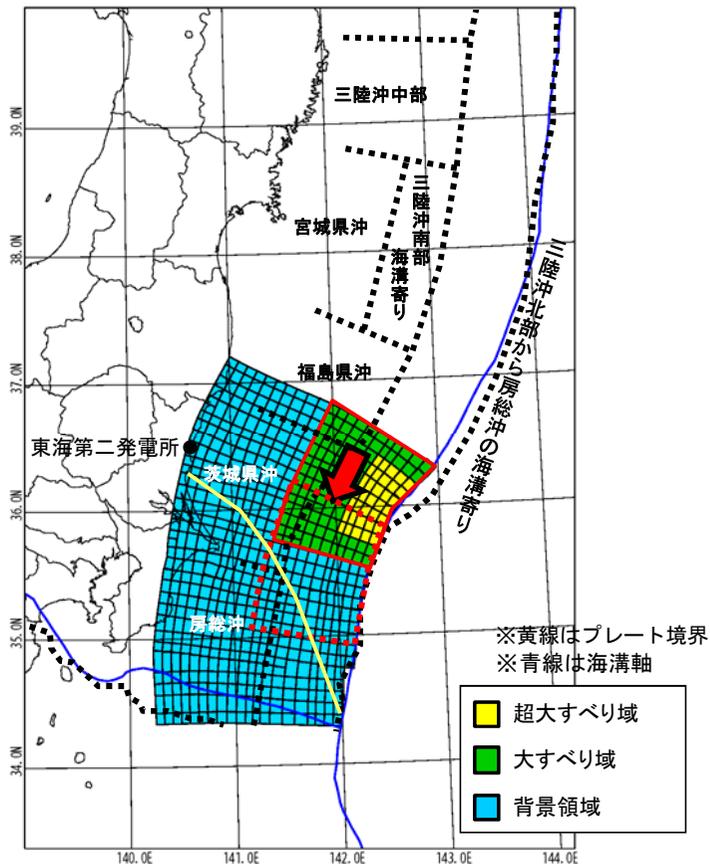
- ・過去に発生した津波
- ・2011年東北地方太平洋沖地震の知見 等を参考に設定

第10回ワーキングチーム
資料2-2再掲

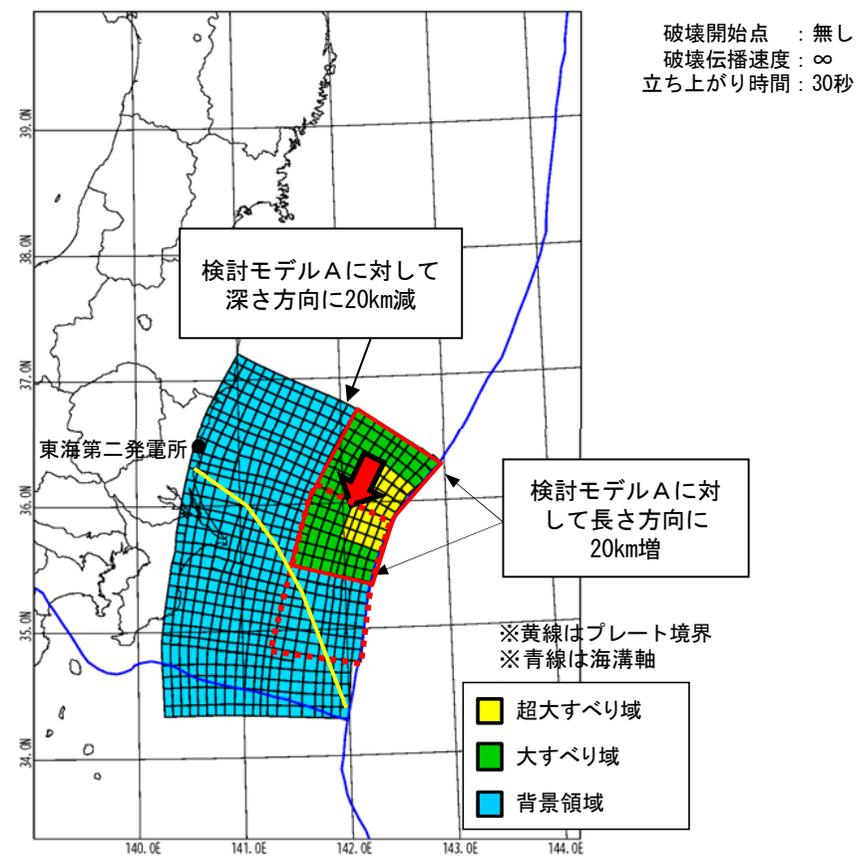


- 大すべり域の形状の違いが津波水位変動量に与える影響を把握するため、大すべり域の形状を変えた2パターンのモデルについて検討した。
- 波源モデルの北限を基準に、大すべり域、超大すべり域を茨城県沖から房総沖の範囲で南へ10kmずつ移動させて、発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は17.60m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-5.47mとなることを確認した。

保守的な設定4. 大すべり域及び超大すべり域がプレート境界を跨いだケースも考慮



検討モデルA

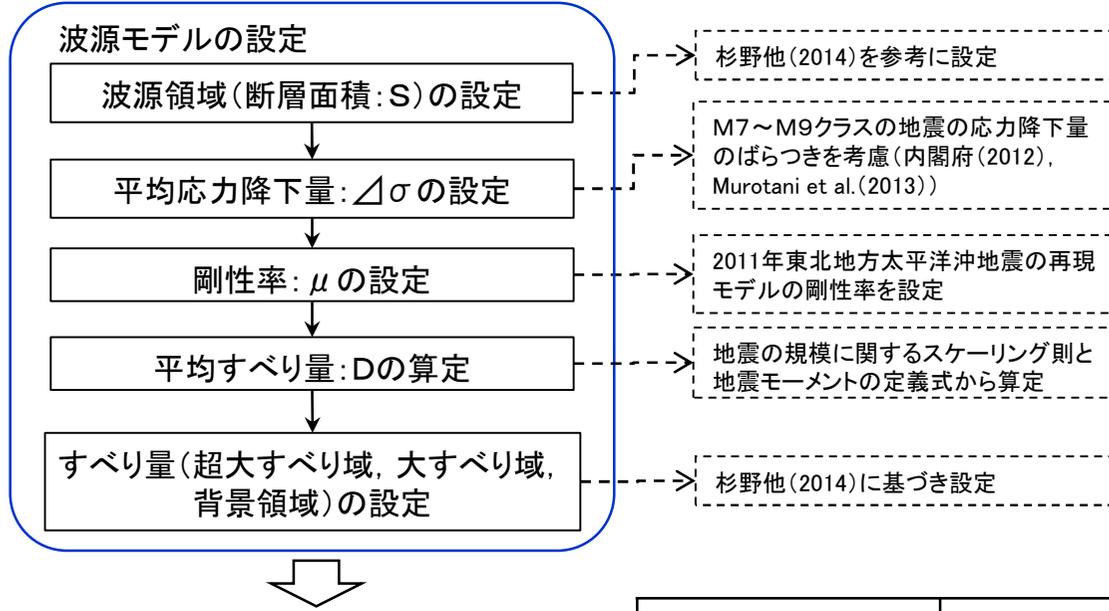


検討モデルB

- 文献調査の結果から敷地に比較的大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波として、2011年東北地方太平洋沖地震津波を抽出した。
- 2011年東北地方太平洋沖地震の波源モデルについては、破壊伝播を考慮した特性化波源モデルとした。
- 破壊開始点は震源位置、破壊伝播速度は3.0km/s、立ち上がり時間は30秒とした。

【設定フロー】

【設定根拠】

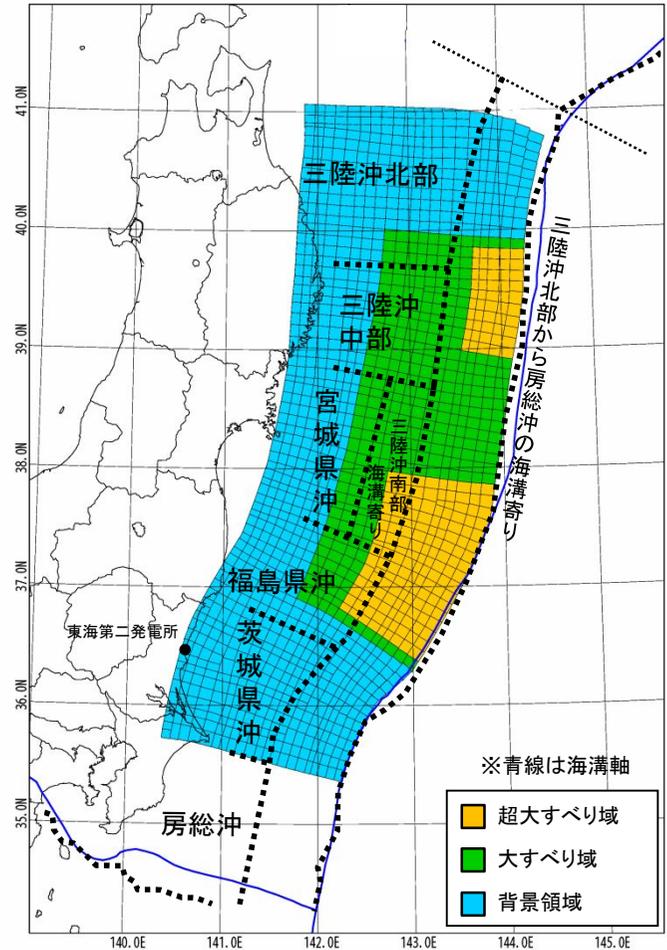


- 杉野他(2014)を参考に設定
- M7~M9クラスの地震の応力降下量のばらつきを考慮(内閣府(2012), Murotani et al.(2013))
- 2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルの剛性率を設定
- 地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの定義式から算定
- 杉野他(2014)に基づき設定

パラメータ	設定値
断層面積: S	134,733 km ²
平均応力降下量: Δσ	3.0 MPa
剛性率: μ	4.7 × 10 ¹⁰ N/m ²
モーメントマグニチュード: Mw	9.1
平均すべり量: D	9.6 m
地震モーメント: M ₀	6.1 × 10 ²² Nm

パラメータ		設定値
超大すべり域	すべり量	28.9 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の15% (20,010 km ²)※
大すべり域	すべり量	13.5 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の25% (33,825 km ²)※
背景領域	すべり量	3.2 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の60% (80,898 km ²)※

※ 断層面積は右図の特性化波源モデル値
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する。

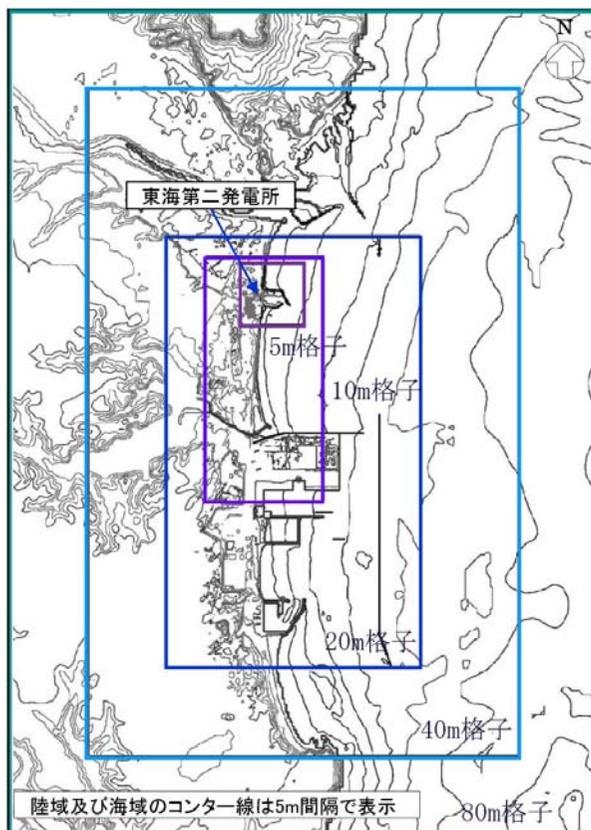


特性化波源モデル(一例)

● 津波の流況の等の模擬に用いた数値シミュレーションコード

- ・シミュレーションに用いるコードは、先行して許認可を得たプラントの新規制基準適合性審査でも使用され、実績のあるものを使用している。
- ・2011年東北地方太平洋沖地震での津波のシミュレーションを実施し、再現性が良好であり、コード及びモデルに適用性があることを確認している。
- ・妥当性を確認した本コードにより、地形(斜面, 道路等)やその標高, 人口構造物の設置状況等をモデル化して遡上計算に用いる。

津波シミュレーションの概略及び詳細計算手法



シミュレーションコードによる
敷地及び敷地周辺の格子構成図

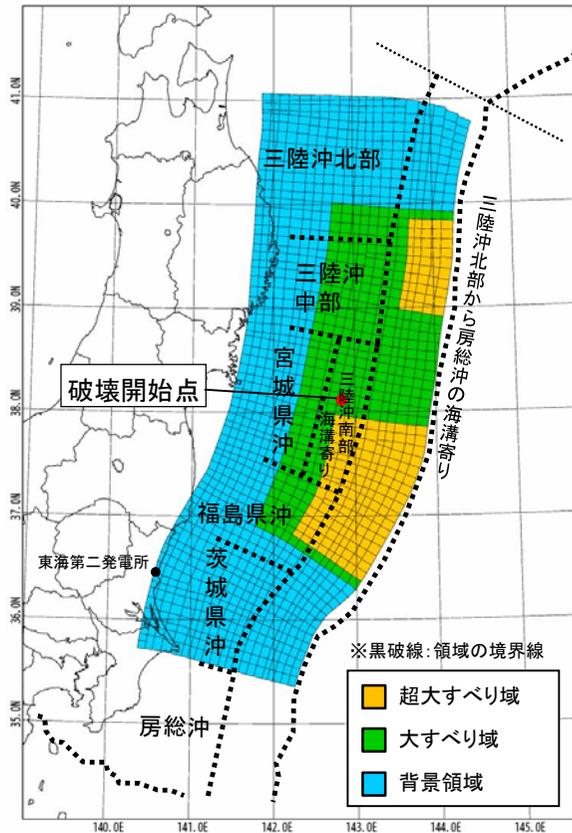
項目	条件	備考	
解析領域	北海道から千葉房総付近までの太平洋 (南北約1,300km, 東西約800km)		
メッシュ構成	沖合4,320m→2,160m→720m→沿岸域240m→ 発電所周辺80m→40m→20m→10m→5m	長谷川他(1987)	
基礎方程式	非線形長波理論	後藤・小川(1982)の方法	
計算スキーム	スタッガード格子, リープ・フロッグ法	後藤・小川(1982)の方法	
初期変動量	Mansinha and Smylie(1971)の方法		
境界条件	沖合: 後藤・小川(1982)の自由透過の条件 陸域: 敷地周辺(計算格子間隔80m~5m)の領 域は小谷他(1998)の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件		
越流条件	防波堤: 本間公式(1940) 護岸: 相田公式(1977)		
海底摩擦係数	マニングの粗度係数($n=0.03m^{-1/3s}$)		
水平渦動粘性係数	考慮していない($Kh=0$)		
計算時間間隔	$\Delta t=0.05$ 秒	C.F.L.条件を満たすように 設定	
計算時間	津波発生後240分間	十分な計算時間となるよう に設定	
潮位条件*	概略パラメータ スティ	T.P.+0.22m	茨城港常陸那珂港区(茨 城港日立港区)の潮位表 (平成16年~平成21年)を 用いて設定
	詳細パラメータ スティ	T.P.+0.81m(上昇側) T.P.-0.61m(下降側)	

<別紙5> 東北地方太平洋沖型の津波波源(広域の再現性の確認結果)



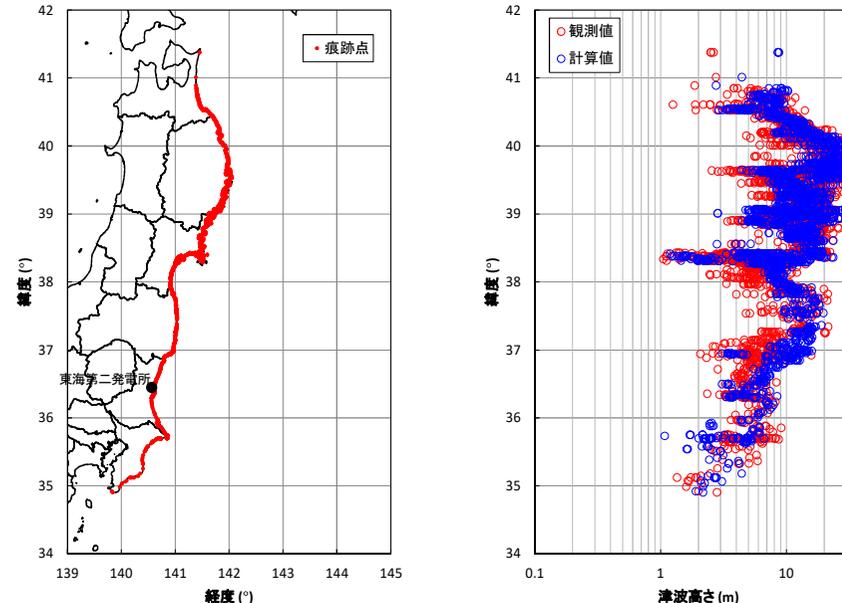
- 設定した波源モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震の津波痕跡高(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012))に対して計算値の方が大きくなっているが(幾何平均 $K=0.94$)、幾何標準偏差($\kappa=1.43$)は土木学会(2016)の再現性の目安値を満足している。
- なお、幾何平均 K は1より小さい(痕跡高に対して計算値の方が大きい)ため保守的である。

【東北地方太平洋沖型の波源モデル】



破壊開始点 : 震源位置
 破壊伝播速度 : 3.0km/s
 立ち上がり時間 : 30秒

【再現性の確認結果】



青森県北部～千葉県南部における2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡地点(左図)及び痕跡高(右図)
 (東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)のデータを使用)

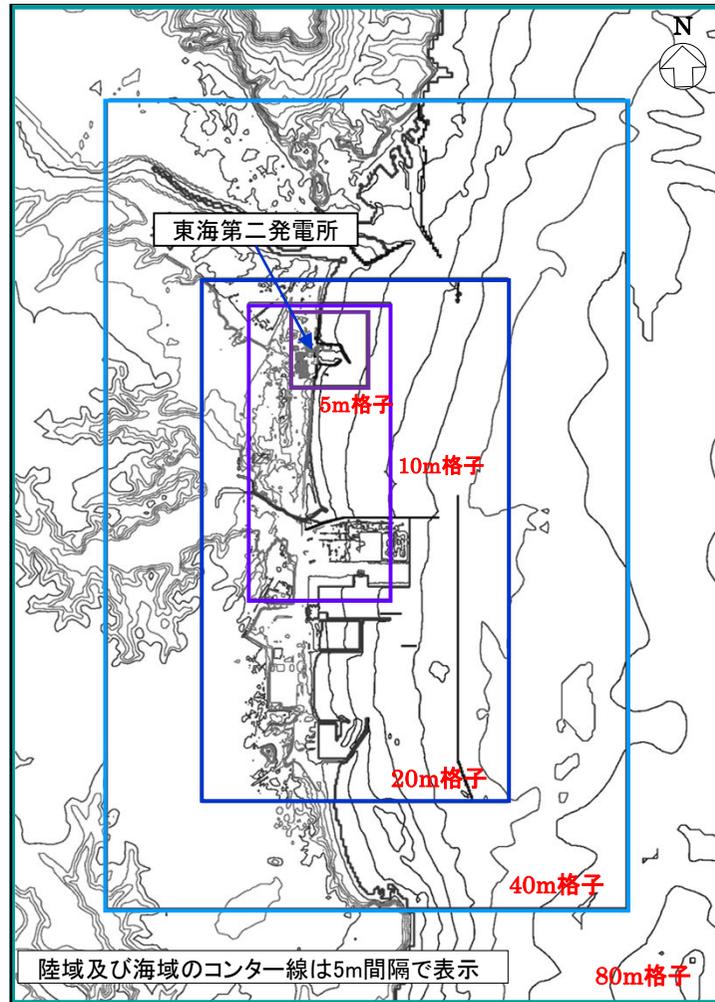
地点数 n	幾何平均 K	幾何標準偏差 κ
2,772	0.94	1.43

【幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の再現性の目安】
 $0.95 < K < 1.05$
 $\kappa < 1.45$

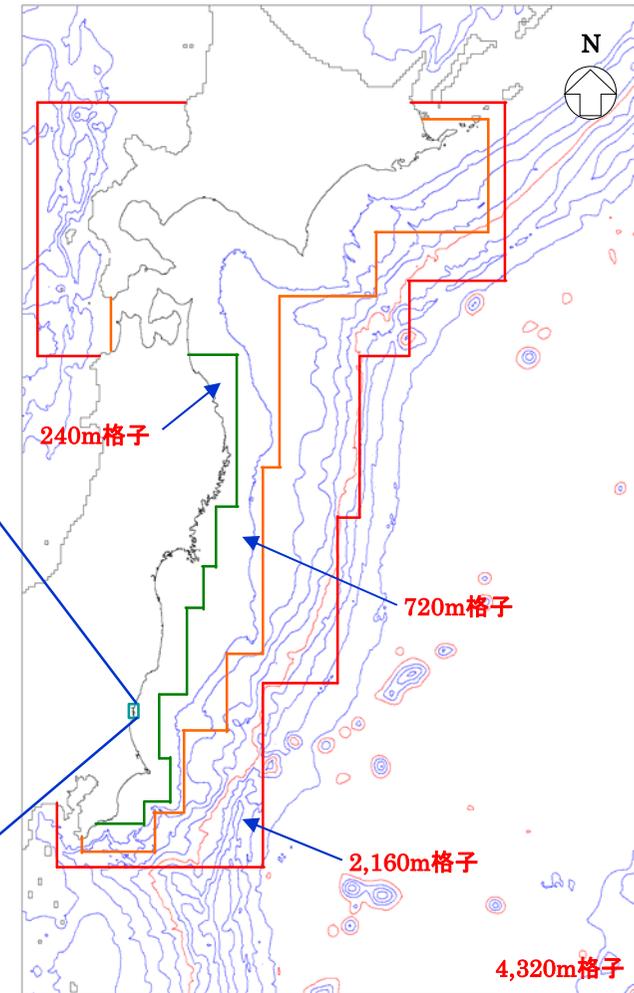
(土木学会(2016))

幾何平均 K : 計算による津波高さ(計算値)と津波痕跡高(観測値)の平均的な対応関係を示す。
 幾何標準偏差 κ : 計算値と観測値との対応関係のばらつきを示す。

波源モデルや広域(最小50mのメッシュサイズ)の津波伝播に関するモデルについて、2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを良好に再現出来ることを確認している。



計算領域と格子分割(発電所周辺)

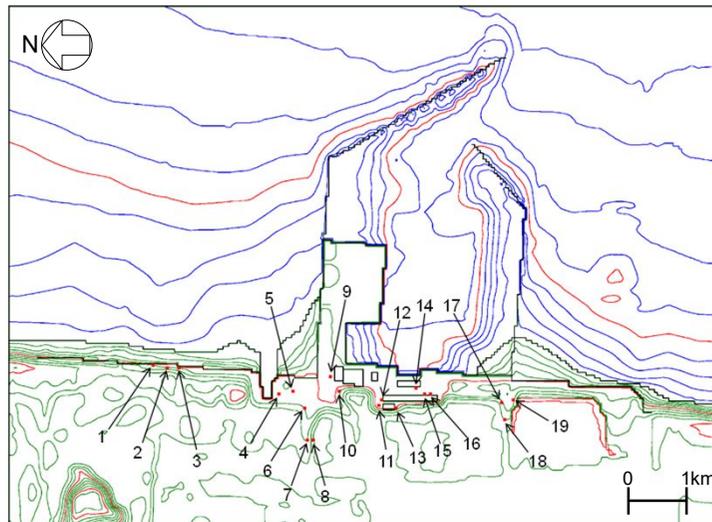


計算領域と格子分割(沖合～沿岸域)

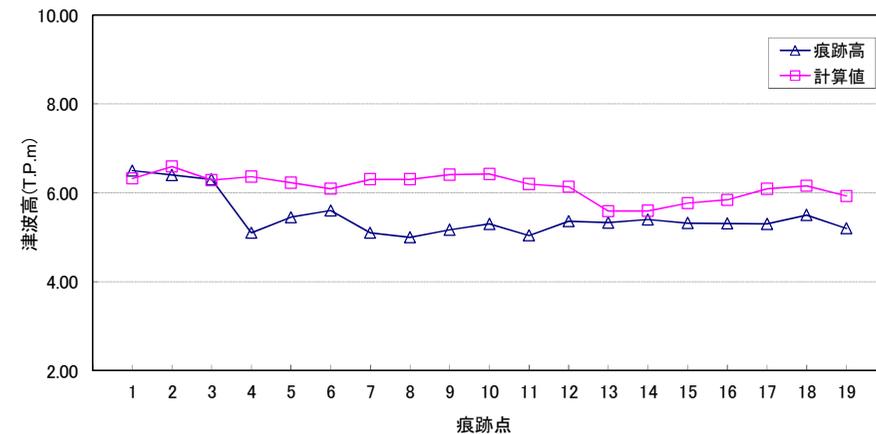
<別紙5> 東北地方太平洋沖型の津波波源(発電所周辺の再現性の確認結果)



- 設定した波源モデルは、発電所では痕跡高に対して計算値の方が大きくなっているが(幾何平均 $K=0.89$)、幾何標準偏差($\kappa=1.08$)は土木学会(2016)の再現性の目安値を満足している。
- なお、幾何平均 K は1より小さい(痕跡高に対して計算値の方が大きい)ため保守的である。



敷地内評価点



計算値と痕跡高の比較

地点数 n	幾何平均 K	幾何標準偏差 κ
19	0.89	1.08

【幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の再現性の目安】

$$0.95 < K < 1.05$$

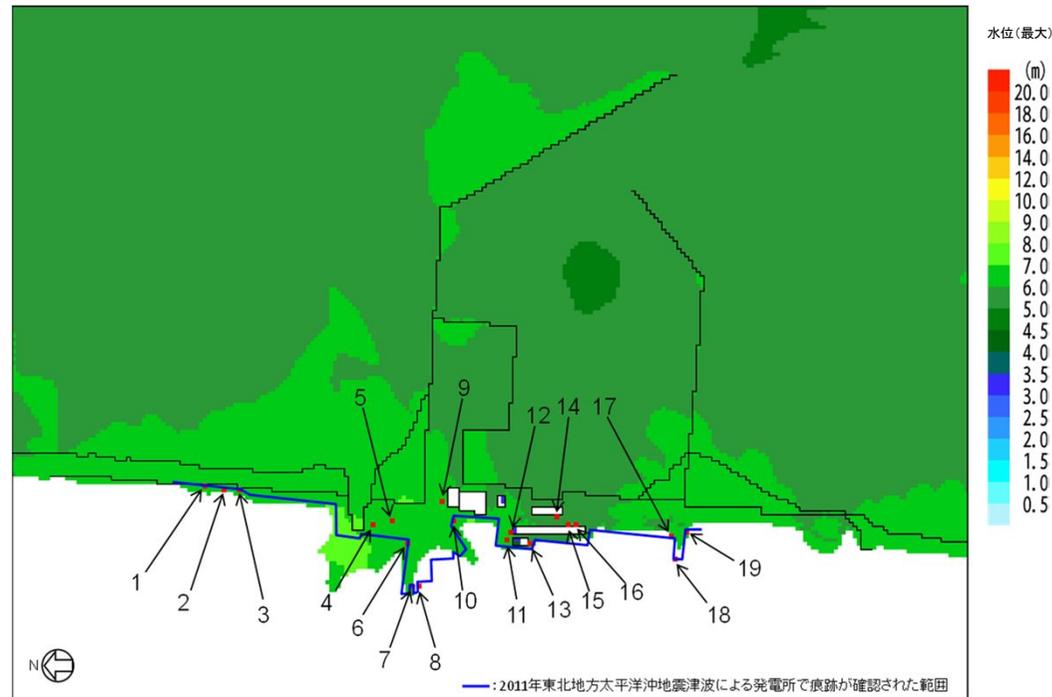
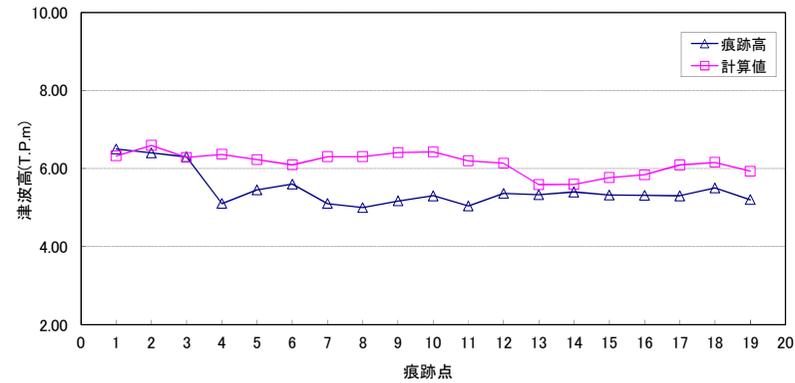
$$\kappa < 1.45$$

(土木学会(2016))

- 以上から、計算条件及び破壊伝播(破壊開始点、破壊伝播速度及び立ち上がり時間)を考慮した特性化波源モデルの妥当性が確認された。

<別紙6> 2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡域と再現計算の浸水範囲との比較

- 2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所で痕跡が確認された範囲と再現計算による浸水範囲を比較した結果、同程度であり、波源モデルや津波伝播に関するモデル(評価するモデル)は妥当であることを確認している。

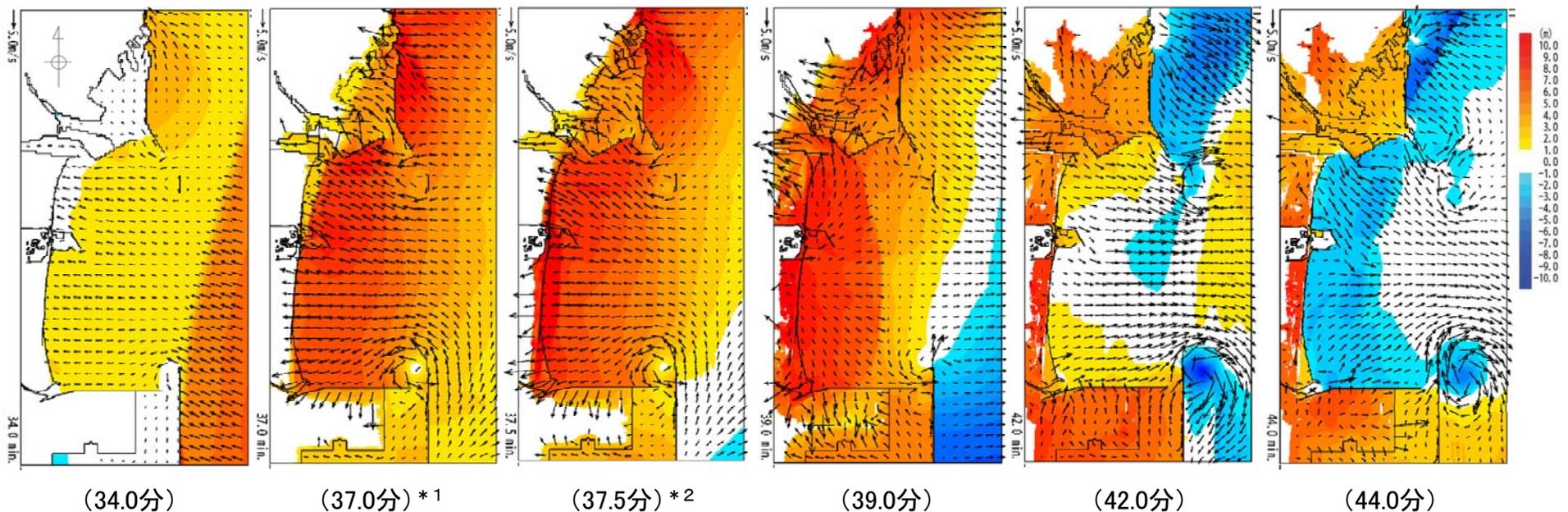


2011年東北地方太平洋沖地震津波の再現計算の浸水範囲

論点No.41-30

＜別紙7＞ 基準津波の流況(防波堤あり)

- 基準津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、旋回流などが生じて、複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
 - ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、37分を過ぎたころから陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、37.5分頃に最大水位となる。
 - ・39分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、押し波時と同様に、旋回流などが生じて、複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。

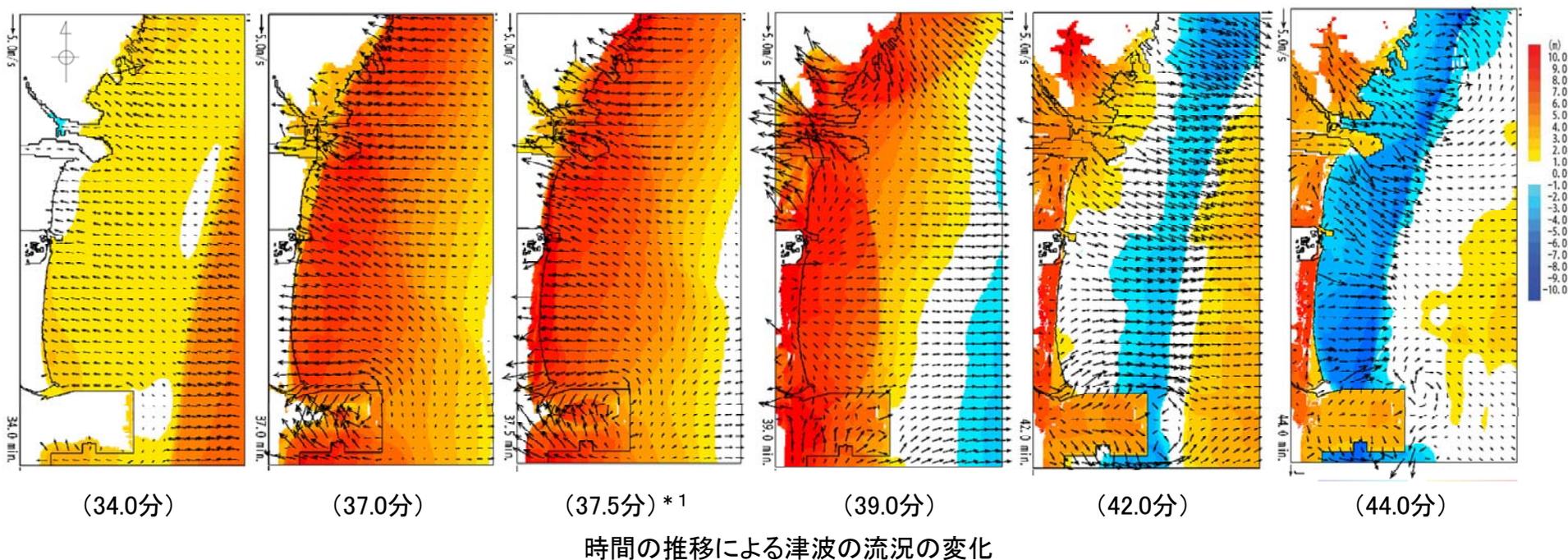


時間の推移による津波の流況の変化

- *1 津波の流況の説明に用いている図
- *2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

<別紙7> 基準津波の流況(防波堤なし)

- 基準津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。
 - ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、37分を過ぎたころから陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、37.5分頃に最大水位となる。
 - ・39分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。

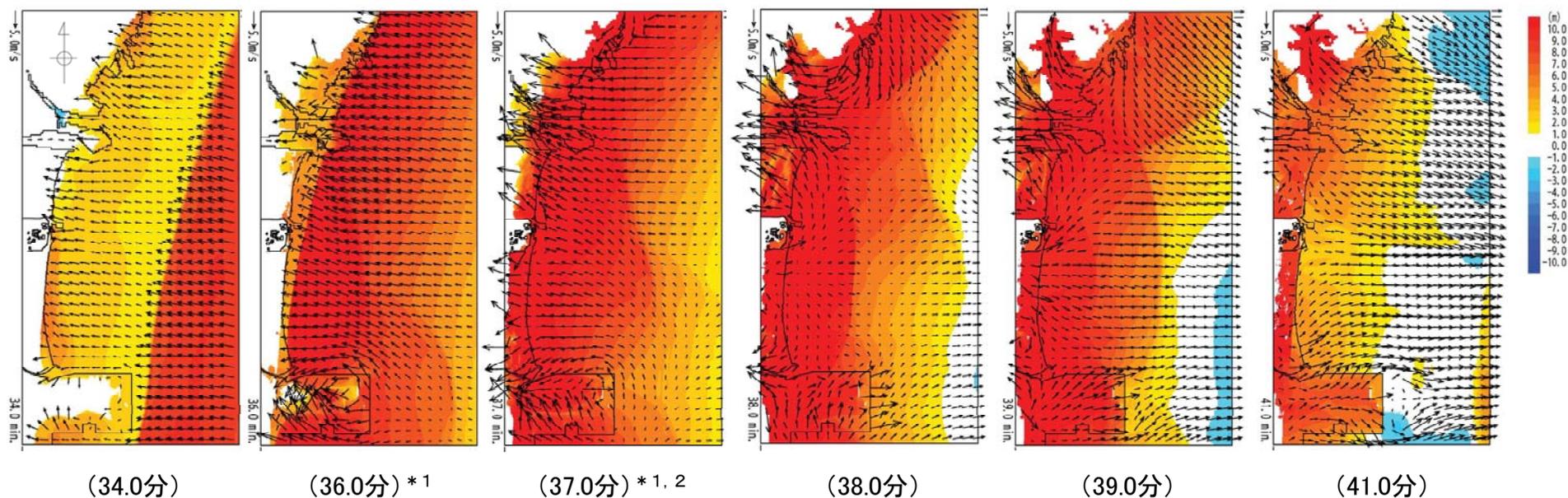


*1 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

<別紙8> 敷地に遡上する津波の流況(防波堤なし)

●敷地に遡上する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。

- ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。
- ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後から陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、36.7分頃に最大水位となる。
- ・38分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
- ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。



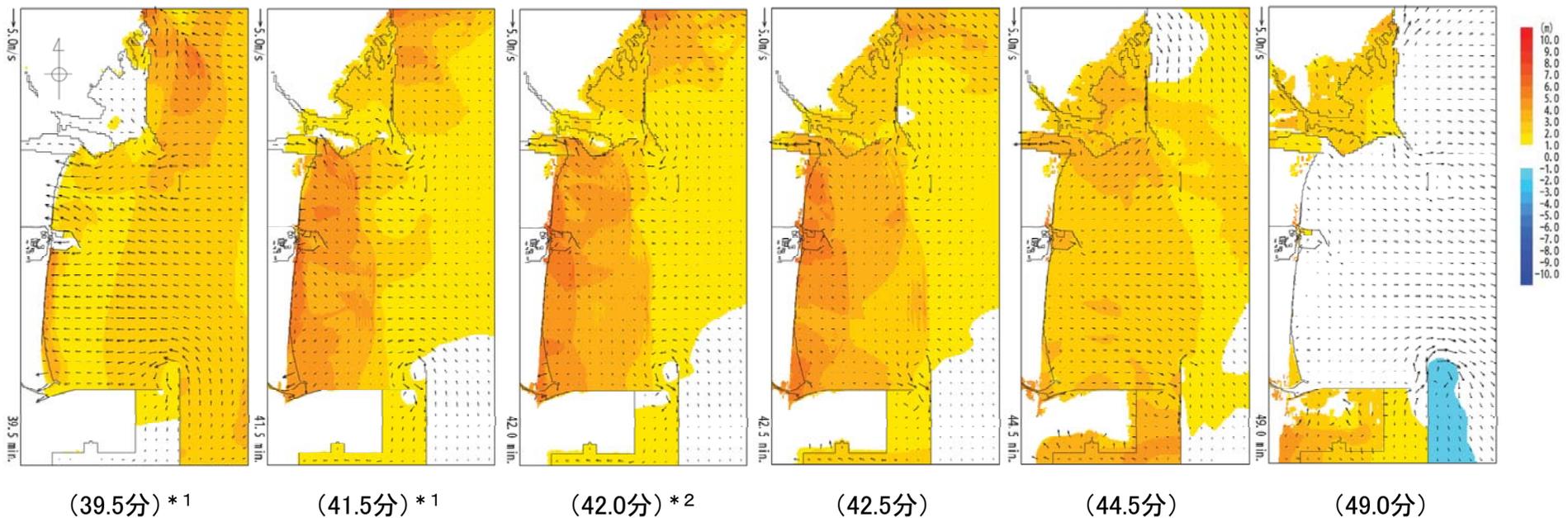
時間の推移による津波の流況の変化

*1 津波の流況の説明に用いている図

*2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

<別紙9> 北方から襲来する津波の流況(防波堤あり)

- 北方から襲来する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
 - ・39.5分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後、遡上するが、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。防潮堤前面(東側)においては、41.7分頃に最大水位となる。
 - ・42.5分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、押し波時と同様に、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。



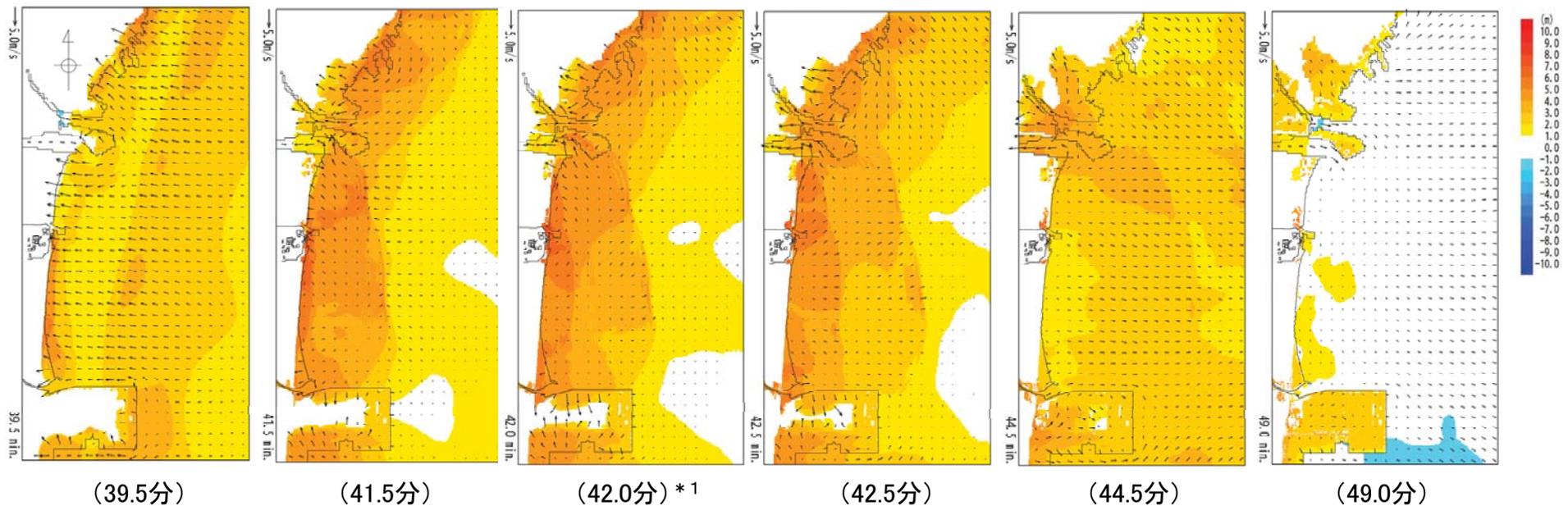
時間の推移による津波の流況の変化

- *1 津波の流況の説明に用いている図
- *2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

＜別紙9＞北方から襲来する津波の流況(防波堤なし)

●北方から襲来する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。

- ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
- ・39.5分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後、遡上するが、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。防潮堤前面(東側)においては、41.7分頃に最大水位となる。
- ・42.5分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
- ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、押し波時と同様に、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。



時間の推移による津波の流況の変化

*1 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

● 東北地方太平洋沖地震時の津波被害状況の特徴

・鉄筋コンクリート造の建築物:

浸水深が15mを超えるような規模の津波襲来を受けた建築物も存在し、壁面や窓等の損傷が確認されたが、**建築物全体が滑動し、漂流するような事例は確認されていない。**

・鉄骨造建築物:

外装板が波力により破損し漂流した事例を確認。津波襲来により早期に外装板が破損し大きな波力を受けなかったと推測される建築物は残存し、**外装板が破損する前に大きな波力を受けたと推測されるものは崩壊、転倒したのも確認**

・木造建築物:

最大浸水深が2m程度以下の規模の地域ではほぼ残存していたが、**最大浸水深が4mを超える規模の地域では流失する可能性が高い。**

漂流物評価及び発電所施設への影響評価でこれらの知見を考慮



構造: 鉄筋コンクリート造
津波浸水深: 15.4m

【被害状況】
構造的な被害は発生していない。※1



構造: 鉄筋コンクリート造
規模: 3階建て
(詳細寸法記載なし)

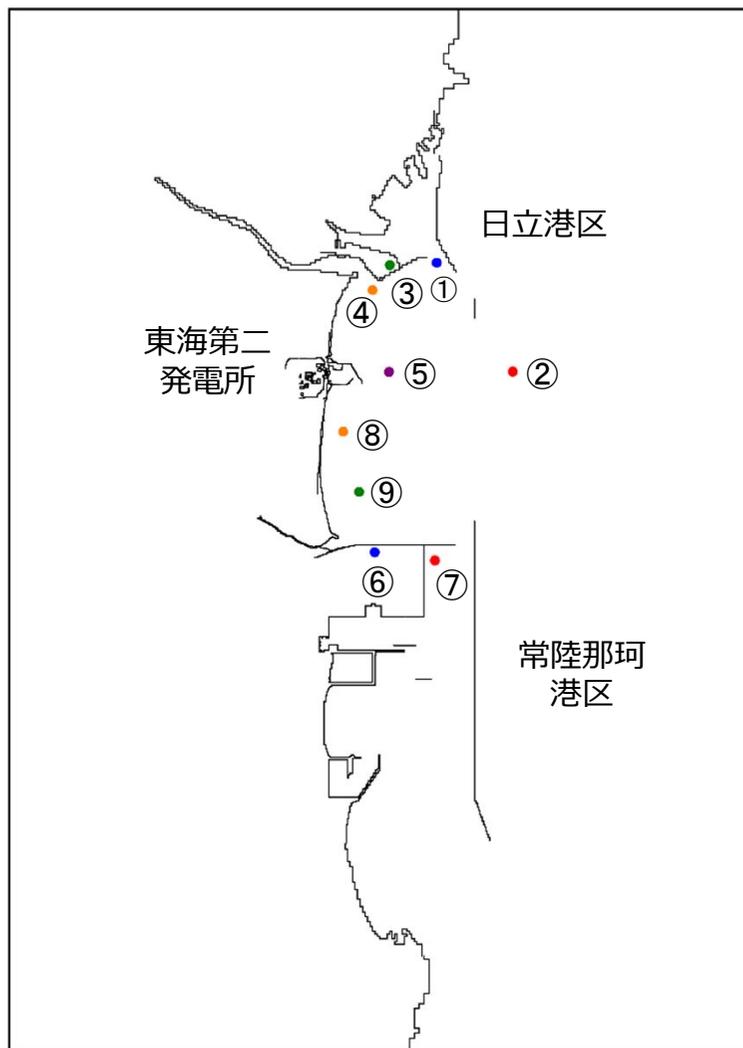
【被害状況】
柱、梁の損壊が確認された。※2



構造: 鉄骨造
規模: 3階建て 縦11.4m × 横8.8m × 高さ10.9m

【被害状況】
外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。※3

※1 復興への技術支援に関する活動記録
 ※2 東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報
 ※3 東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について



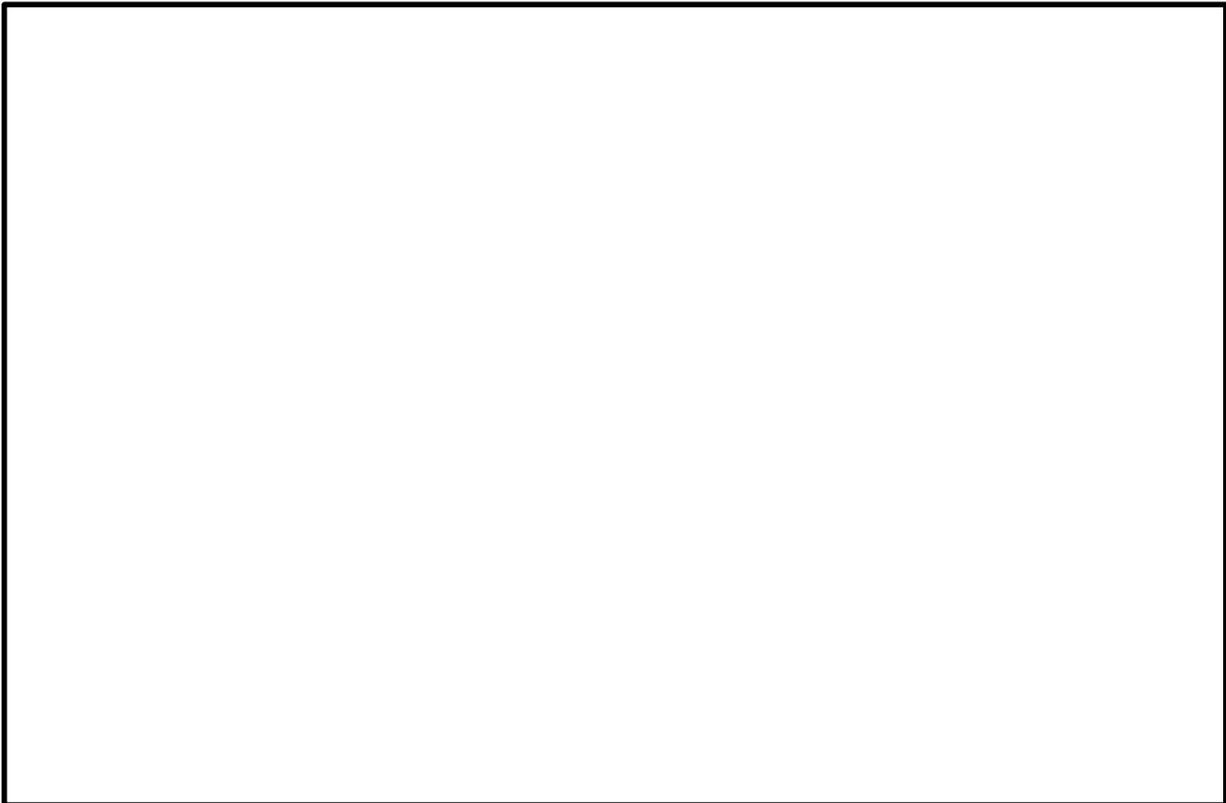
【漂流物の軌跡解析の評価点の初期配置】

初期配置の考え方

評価点の初期配置については、発電所への影響の可能性を考慮し、周辺海域に以下のとおり設定する。

- ① 茨城港日立港区に入港・出港する大型船(貨物船等)を考慮し、設定した。
- ② 茨城港日立港区へ入港・出港する際に、大型船が発電所東側を航行する経路を考慮し、設定した。
- ③ 茨城港日立港区にはLNG基地があるため、大型タンク等の設備を考慮し、設定した。
- ④ 茨城港日立港区にはLNG基地があるため、LNG基地に隣接して大型船(LNGタンカー)が停泊することを考慮し、設定した。
- ⑤ 漁船が発電所東側の近傍で操業する可能性を考慮し、設定した。
- ⑥ 茨城港常陸那珂港区の岸壁には火力発電所があるため、大型の発電設備を考慮し、設定した。
- ⑦ 茨城港常陸那珂港へ入港・停泊する大型船(石炭運搬船, 貨物船等)を考慮し、設定した。
- ⑧ 発電所南側には、研究施設があるため、万が一、漂流物が生じた場合を仮定し、設定した。
- ⑨ ⑧と同じ。

- 建物のガレキ等が取水口に到達した場合でも、取水口を完全に閉塞させることはなく、冷却用海水系の取水性は確保される。
 - ・津波の流況から、多量の漂流物が取水口前面に到達することは考え難いため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。
 - ・建物等については、地震・津波により損傷してガレキ化することによって漂流物となることから、取水口前面に到達した場合でも、隙間なく整列し取水口に密着することは考え難く、取水口を完全に閉塞させることはないため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。
 - ・保守的に、取水口近傍の建屋（メンテナンスセンター）の壁一面分の外装板が取水口に貼りつくような状況を想定した場合でも、取水口を完全に閉塞させることはないため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。



建屋（メンテナンスセンター）の壁一面分の外装板がそのままの形状を保って取水口に到達した場合であっても、左図に示すように、取水口を閉塞させるような形状・大きさとはなっていないため、冷却用海水系の取水性は確保できる。

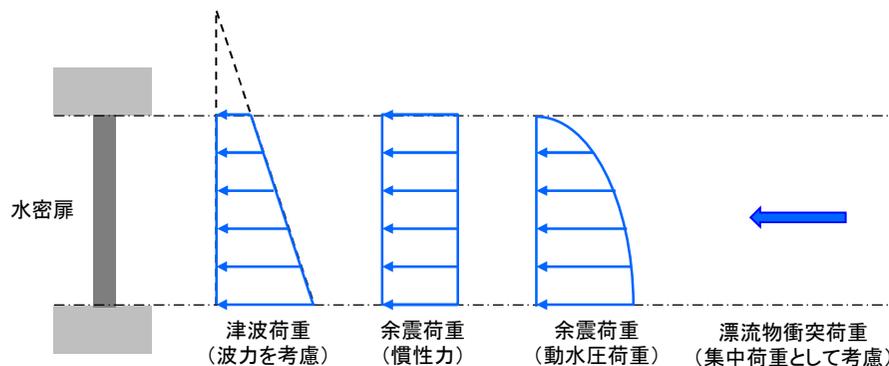
<別紙13>水密扉の津波に対する強度評価



●防潮堤内側の水密扉については、漂流物が衝突することを想定した場合であっても、健全性が確保できるように設計している。

- ・原子炉建屋の敷地に遡上する津波から防護するために設置する水密扉のうち、漂流物が衝突する可能性がある水密扉については、津波に対する強度評価を実施する際には、漂流物衝突荷重も考慮したうえで、健全性が確保できるように設計する。
- ・防潮堤内側の漂流物として抽出した足場板、流木、車両のうち、荷重として最大となる足場板の衝突を考慮する。
- ・津波荷重は、波力を考慮した荷重とする。

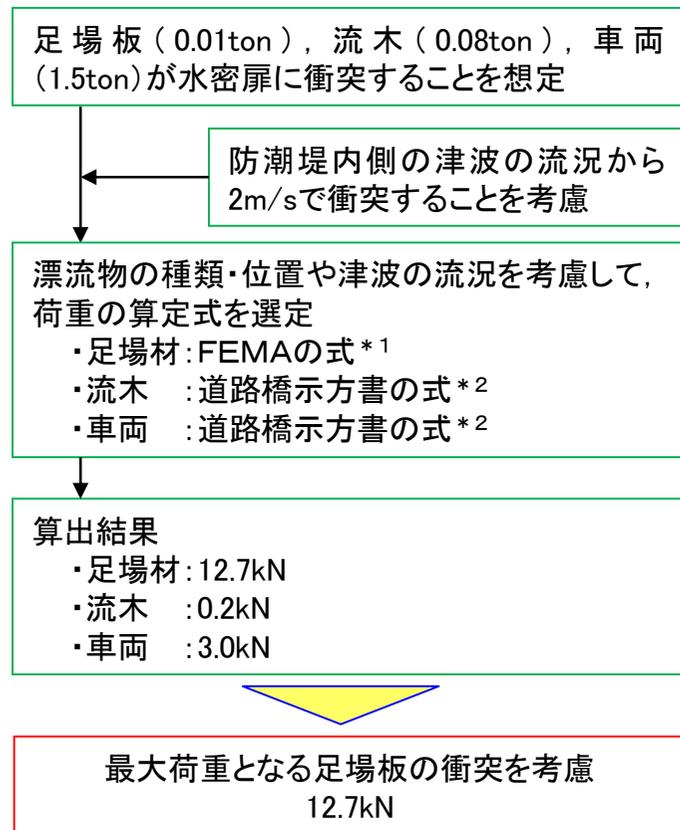
水密扉の津波に対する評価では、保守的な評価となるように、津波荷重、余震荷重(慣性力及び動水圧荷重)、漂流物衝突荷重の組合せを考慮して評価する。



水密扉の津波に対する強度評価時の荷重の作用図

* 1 「Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012」に示される算定式

* 2 「道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会,平成14年3月)」に示される算定式



漂流物衝突荷重の算出フロー図

【論点No.41】

基準津波やそれ以下で比較的大きい津波及び敷地に遡上する津波等の想定される様々な津波を考慮した場合における漂流物選定の考え方について

【委員からの指摘事項等】

No.34

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

周りにいろいろな漁港もあるし、常陸那珂港もあるし、漂流のルートもあるが、漂流物を漁船5トンにしたことについて、その選定の考え方を説明すること。

No.35

敷地に遡上する津波による使用済燃料乾式貯蔵建屋への漂流物について50tとあるが、どのような想定によるものか。

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.206

それから、漁船が日立港に入っているというのを書いてありましたけれども、そういうものではなくて、日立港は自動車輸入港では日本で3番目に多い港ということになっております。そのあたり、非常に大きな自動車専用の運搬船が入ってきている。一昨年あたりの実績ですと大体4万台は入ってきている。そういうふうなことも書いてあります。そういうふうなことが全然。

P.3-5,8,9

それから、毎日、北海道の釧路港との間で、RORO船といまして、大きなトラックトレーラー車の後ろだけ、荷物のところだけですけれども、あれが毎日入ってきます。そういうふうな船も毎日ですから、350隻とか入ってくるということでありまして、ものすごい巨大な自動車船や、ガスタンク船や、それから、RORO船と言われるものも入ってきて、毎日のようになってくる。

P.3-5,8,9

先だつての東日本大震災のときには、津波で生乳タンクが岸壁の上から流されまして、日立市内だったと思えますけれども、海岸に漂着しているというものもあります。

もう一つ、39ページ、関連してですが、津波の高さが20メートルぐらいあるということはどういうことを意味するか。18メートルなら18メートルでもいいですが、大型船舶の喫水というのは10メートルぐらいしかありません。ですから、20メートルの津波の上に10メートルの喫水、喫水というのは、船の水と触るところから底までの深さをいいますが、これは持ち上がって流れてしまうんですね。流れてきて、その状態でもって東海第二原発の今回計画している、現在ある防波堤は高さは数メートルしかありませんから、もちろんそれも通り越して、今、これをつくるという20メートルのコンクリートの擁壁の上にぶつかってくると、今度はそこから横倒しになってくるということになるんです。だから、水面から上だけでもろに高さ30数メートルもあるんです。あれが倒れてくる。

P.11,12

それから、RORO船と言われる北海道から毎日来ている定期船、これも倒れてくる。あのあたりは全部、水の中になっってしまうわけですから、そういう事態が全く想定されていない。

P.11,12

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.206(続き)

それから、もう一つ、大型船舶等の漂流物について一切記載がないと。実は、あえて書いてあったものがあるんですよ。それは5トン未満の船舶があるというふうなことは、今日の文書ではありませんけれども、あえて書いてあるんですよ。それ以外が全くないということはどういうことなんだろうと。日立港に入っている船舶は、5トン未満船というのは港湾統計上は書かないことになっておりますから、5トン以上を書くことになっております。5トンぐらいの小さな船を、漁船をもともと数字として出していたということ自体が全く理解できない。現状を見ていない。日本でベンツとか外国からいろいろな自動車が入ってきますけれども、いろいろなものを含めて、輸入だけ見ても日立港は全国3位なんです。だから聞いているんです。大型船舶が入ってきていますよと。1年に1隻とか2隻とかという次元ではございませんよと。そういうことを言っているんです。

P.2-9

No.261

大型船、万トン級の船が津波でやってこない保証はほしかった。

No.340

P.3-5,8,9

3. 津波による大型船舶の衝突(対策に説得力がない) P.27

No.508

P.3-5,8,9

⑥P.27船舶は津波のとき沖へは逃げられないと専門家が言っていた。

No.829

P.3-5,8,9

〈大型台風による二次災害の対策が不十分〉

大型船が津波で防潮堤に激突し破壊する可能性の対策がなされていない。

P.3-5,8,9

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.853

(21)津波漂流物や海砂等による冷却水の取水阻害(津波)

漂流物となる可能性のある施設、設備等を調査し、発電所から半径5kmには定期航路がなく、小さな漁船が漂流して防潮堤等に衝突しても冷却水の取水に影響しないとしているが、直ぐ北の日立港や南約3kmにある常陸那珂港には、国内外の大型船が頻繁に寄港している。これらの大型船が、津波警報に従って短時間で確実に沖合まで退避するのは難しい。 P.8

昨年、タンカーが漂流して関空連絡橋を破損した事例のように、漂流した大型船等が取水口等を破損する可能性も考えられる。 P.8

また、大小の様々な津波漂流物が取水口を塞いだり、海砂等が貯留堰の内側に堆積して取水できなくなるおそれがないか心配である。 P.2,4,6

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.970

東海第2発電所への海からの脅威は単に津波ばかりではない。本発電所の近傍にある日立港には自動車の輸入基地があり、また日立製作所の工場で作られた各種の製品が運び出され、それらの原料資材等も搬入されている。さらに、石油・LPGの基地がある。日立港区事業所に問い合わせたところによると、2000t級の油タンカーがかなり頻繁に出入りしている。さらに長さ300m幅50mのおそらく総トン数3～5万以上はある巨大なLPGタンカーがほぼ月一度のペースで荷揚げに来ているとのことであった。日立港の船の出入りは少なくないのだ。 P.2,3

まず想定しなければならないのは、8年が経過しても記憶に新しい津波の襲来である。昨年は政府の地震調査委員会が今後30年以内に全国各地の震度6弱以上の地震が起きる確率を発表した。それによると水戸は確率82%で全国2位の高さである。さらに今年になって、同委員会が関東・東北沖の日本海溝で起きる海溝型地震の起きる確率は茨城沖はM8で確率は80%である。いずれも80%を超えている。天気予報で降水確率80%以上であれば、外出には雨具の携行は必須であろう。つまり今後20年以内に「大地震は起きる」と覚悟すべきだ。まず地震の揺れによって老朽化した本原発の機器の損傷が心配されるが、テーマが広がり過ぎるので、この論考では海からの脅威、それも津波そのものではなく、船舶による危険について論じることとする。まず考えられるのが津波によって東海港内または日立港へ出入りする船舶、さらに付近で航行・漁労をしている漁船が津波により押し流されて冷却水取水口にぶちあたり機器を損傷することである。原電の予測では船舶が押し流されて来る方向は南東に限られ、船は5t以下としている。しかし、上記のように日立港には多くの船が出入りしている。原電の予測は何の根拠もない希望的予測に過ぎない。真面目に危険性を予測しているとは思えない。 P.4-6,8,9,13-15

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.970(続き)

さらに考えねばならないのは日立港に出入りする船舶同士の衝突がある。これには深刻な前例がある。1974年に東京湾でLPG・石油混載タンカー第十雄洋丸44,723tとリベリア籍の貨物船パシフィックアレス15,000tが衝突、漏れたガスに衝突の際の火花が引火して爆発炎上を起こした。大火災となった雄洋丸が一時は横須賀港の防波堤の1.8Kmまで接近して横須賀の市街が焦土化する恐れもあった。タグボート乗組員の決死の作業で曳航索をとり、引き離すことができた。最終的にはサルベージ船で東京湾外銚子沖まで曳航され、海上自衛隊の砲撃雷撃で沈没処理された。

以下にウィキペディアの一部を引用する

炎上[編集]「第十雄洋丸」の衝突箇所には穴が開き、漏れ出した積荷のナフサが衝突時に生じた火花で引火して爆発、衝突箇所からは炎が噴き出して「第十雄洋丸」の右舷船首に食い込んだままの「パシフィック・アレス」を巻き込む大火災に発展、さらに周辺海域へ流れ出したナフサが海面で炎上したため、辺り一面が火の海と化した。海上保安庁は巡視船を動員して、事故に気づいて戻ってきた「第十雄洋丸」の水先艇の「おりおん1号」とともに救助活動を開始した他、消火活動を行うために自前の消防船「ひりゆう」及び「しゅうりゆう」を出動させ、海上消防委員会並びに沿岸の東京消防庁、横浜市消防局及び川崎市消防局にも応援出動を依頼し、海上消防委員会からは所属する消防船「おおたき」が派遣された他、東京消防庁、横浜市消防局及び川崎市消防局も所属する消防艇を派遣したこうして消火が開始されたものの、「第十雄洋丸」は当時日本最大のLPG・石油混載タンカーで、合計57,000トンに及ぶ多量の可燃物を積んでいたため消火は困難を極め、16時40分頃には「第十雄洋丸」が積荷の可燃物に引火して大爆発を起こした。この間にも「第十雄洋丸」は「パシフィック・アレス」とともに衝突時の形態を保ったまま、現場から南西方向に漂流を続けていたため、衝突した両船を引き離すことが急がれ、19時頃に火勢が衰えたのを見計らって接近したタグボートが「パシフィック・アレス」に曳索を掛けて引き離し、現場から10 kmほど離れた場所まで曳航した。この時に至っても一方の「第十雄洋丸」は炎上し、横須賀市方向へ向けて漂流を続けていたため、海上保安庁は「第十雄洋丸」を安全な場所へ座礁させることにしたが、当時の海上保安庁に大型船舶を曳航できる機材はなく、深田サルベージ建設に曳航を依頼した。

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

論点に対応する委員からの指摘事項等及び県民意見

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.970(続き)

深田サルベージ及び現場のタグボートは、消防艇の放水支援の下、民間タグボートの船長が放水支援を受けながら船体後部に接近、直接船体を手で触って温度確認を実施した後、進入可能として船員3名が船尾のパイロットラダー[3]より乗船、船尾作業甲板に曳索を取り付けて曳航を開始し、千葉県富津沖の浅瀬に座礁させた。なお曳航開始地点は横須賀市の防波堤から1.8 kmの位置であり、曳航に失敗した場合、横須賀市が焦土化する恐れもあった。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%AC%AC%E5%8D%81%E9%9B%84%E6%B4%8B%E4%B8%B8%E4%BA%8B%E4%BB%B6>

画像; <https://search.yahoo.co.jp/image/search?rkf=2&ei=UTF->

[8&p=%E9%9B%84%E6%B4%8B%E4%B8%B8#mode%3Ddetail%26index%3D0%26st%3D0](https://search.yahoo.co.jp/image/search?rkf=2&ei=UTF-8&p=%E9%9B%84%E6%B4%8B%E4%B8%B8#mode%3Ddetail%26index%3D0%26st%3D0)

ウィキの記述にあるように、雄洋丸事故は東京湾内の事故であったから、東京消防庁・海上消防委員会・横浜市消防局・川崎市消防局さらに海上保安庁所属の消防船艇が多数消火に参加したが、鎮火は全く不可能であった。この論考を書くにあたって茨城海上保安部・日立市臨港消防署などに電話で問い合わせたが、茨城県内には専門の消防船艇は皆無であることが分かった。わずかに巡視船とタグボートに搭載されている放水設備に頼るほかない。雄洋丸事故の事例で見ると専門の消防船艇が多数出動しても、一旦燃え上がった大型タンカーの消火はほとんど絶望的であると認識しておく必要がある。消防船艇が皆無の茨城県の港湾ではなおさらである。まして日立港にはLNGを満載した巨大タンカーが入港する。東海港の至近海面で雄洋丸事故のようなことが起こらない保障は何処にもない。雄洋丸が横須賀の市街を焦土にしそうなったように、本原発も炎上するタンカーの接近によって類焼の危険があることを認識すべきである。さらに巨大なLNGタンカーが原発近傍で爆発を起こした場合はさらに危険である。

第16回論点No.59参照

まかり間違えれば本原発が制御不能になれば近接する再処理施設も制御不能になる可能性が高く、そうなれば千万人単位の死者が出ることもあり得るのだからその危険性は計り知れない。

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1018

Q3:資料(27)漂流物(83)取水口付近の漂流物の評価

”日立港や常陸那珂港に停泊中または付近を航行中の大型船舶については(中略)発電所には漂流してこない事を確認した”とあるが、津波の流速と流向だけを踏まえた結論のように見受けられる。台風、強風時は船舶等が漂流する可能性がある。過去には、強風で流された船舶が日立港防波堤にぶつかった事例がある。 P.8

東北震災では、津波に流された船舶等が防波堤を超えて港に侵入した。日立港では数多くの船がほぼ毎日往来している。自然条件や港の現状を踏まえた結論とは思えない。現実とはかけ離れた結論である、との印象を持つ。

No.1113

P.3-5,8,9,13-15

・付近の港や、河口などから津波により流された漂流物が、施設に被害を与えることが考えられる。

No.1160

P.2-6

3)津波で、日立港や常陸那珂港へ出入りする大型船が原発の防潮堤へぶつかってくることは本当にはないと言えますか。 P.3-5,8,9

基準津波及び敷地に遡上する津波の策定における保守性について

【説明概要】

基準津波の波源は津波高さが高くなるように設定しており、また、基準津波に自然現象(潮位の変動、高潮の影響)を考慮した高さを上回るように、防潮堤の高さを設定している。

敷地に遡上する津波は、潮位の変動及び高潮の影響等の自然現象の有無に関わらず、確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる事象として、防潮堤内側に流入した津波によって設備の機能が喪失するような津波高さとして設定している。

1. 保守性を考慮した基準津波の設定について

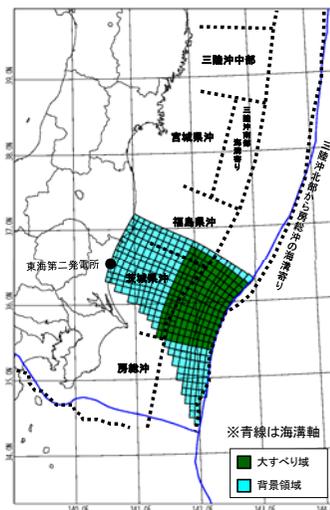
- 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見からは、「茨城県沖に想定する津波波源」が波源として妥当であるが、保守的設定(波源領域の拡張, 超大すべり域の設定, すべり量の割り増し等)を行った「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」を基準津波の波源として選定している。
- なお、解析における水位上昇量の最大値である最大水位上昇量が「茨城県沖に想定する津波波源」は約8mに対し、「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」は約16mであり、約8mの裕度を確保していることを確認している。

茨城県沖に想定する津波波源の諸元

パラメータ		設定値
断層面積:S		29,630 km ²
モーメントマグニチュード:Mw		8.5
平均すべり量:D		4.5 m
すべり量	超大すべり域 (面積比率)	—
	大すべり域:2D (面積比率)	9.0 m (全体面積の40%)
	背景領域:0.33D	1.5 m
最大水位上昇量:m		8.17

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の諸元

パラメータ		設定値
断層面積:S		53,684 km ²
モーメントマグニチュード:Mw		8.7
平均すべり量:D		6.1 m
すべり量	超大すべり域:4D (面積比率)	24.3 m (全体面積の5%)
	大すべり域:2D (面積比率)	12.1 m (全体面積の15%)
	背景領域:0.62D	3.8 m
最大水位上昇量:m		16.08

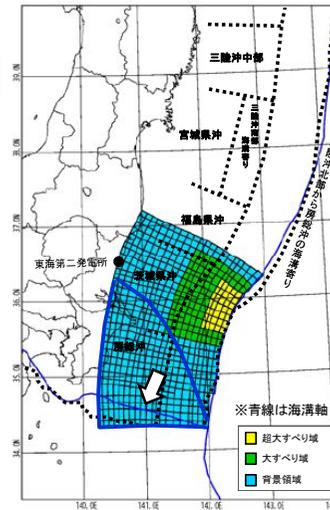


茨城県沖に想定する津波波源

保守的設定1, 2, 3を考慮

保守的設定1. 津波波源の南限を房総沖まで拡張

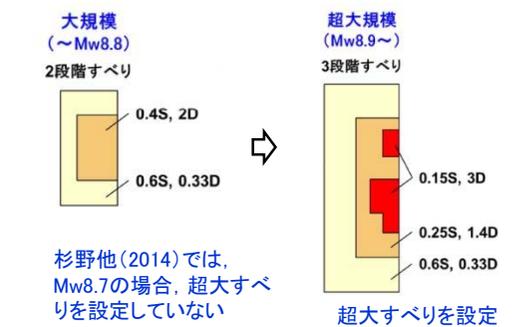
※北米プレートとフィリピン海プレートの境界を越えて矩形となるように設定



茨城県沖から房総沖に想定する津波波源

論点No.42-2

保守的設定2. 超大すべり域を設定



保守的設定3. 大すべり域及び超大すべり域のすべり量を割り増し



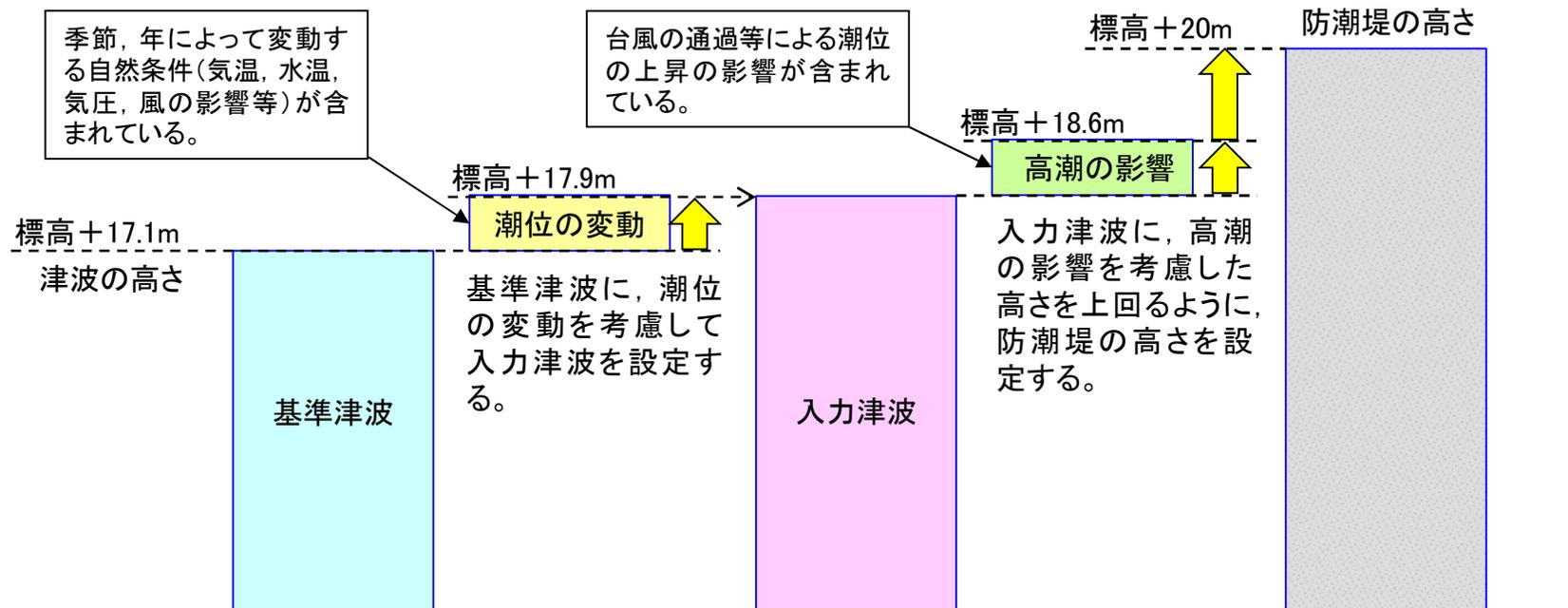
(杉野他(2014))

2. 基準津波での潮位の変動及び高潮の影響の考慮について

●防潮堤は、基準津波に潮位の変動と高潮の影響を考慮した高さを超えるような高さで設置する。

○基準津波に潮位の変動を考慮して、入力津波高さを設定している。さらに、入力津波高さに高潮の影響を考慮した高さを上回るように、防潮堤の高さを決めている。

- ・潮位の変動は、敷地周辺の港湾における過去の潮位記録を基に設定しているため、季節、年によって変動する自然条件(気温、水温、気圧、風の影響等)が含まれている。
- ・高潮の影響は、敷地周辺の港湾における過去の年最高潮位記録を基に設定しているため、台風の通過等による潮位の上昇の影響が含まれている。



基準津波の高さに対する防潮堤高さの設定の考え方

3. 敷地に遡上する津波での潮位の変動及び高潮の影響の考慮について



●敷地に遡上する津波は、潮位の変動及び高潮の影響等の**自然現象の有無に関わらず**、確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる事象として、**防潮堤内側に流入した津波によって設備の機能が喪失するような津波高さとして設定している。**

- ①防潮堤を越えて流入した津波が防潮堤内側に浸水することによって、設備の機能が喪失し、**全炉心損傷頻度への影響を評価する。**
- ②評価の結果、**標高+20m～+24mの津波については、論点No.45-2に示すように非常用海水ポンプ等の機能喪失が生じることにより、津波のリスクが有意となる。**
- ③この評価に基づき、**非常用海水ポンプ等の機能喪失が生じるような高さの津波になるように、防潮堤前面において標高+24mの津波を敷地に遡上する津波として設定した。**
- ④このため、**敷地に遡上する津波は、潮位の変動や高潮の影響等の自然現象の考慮の有無に関わらず、津波のリスクが有意になる事象として、非常用海水ポンプ等の設備の機能を喪失させるような津波高さとして設定している。**

➡ この敷地に遡上する津波(津波区分1, 津波区分2)に対しては、**重大事故等対処設備等**を活用して、**炉心の損傷を防止する等の対策**を図っていく。

津波区分	津波高さ	津波による影響を受ける建屋・機器	起回事象	
津波区分1	T. P. +20m～T. P. +22m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失	・ 最終ヒートシンク喪失	炉心損傷頻度 約4×10^{-6}/年 (全炉心損傷頻度の約5.3%)
津波区分2	T. P. +22m～T. P. +24m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器, 予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失	・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失	
津波区分3	T. P. +24m～	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器, 予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失 ・ 防潮堤損傷	・ 防潮堤損傷	炉心損傷頻度 約3×10^{-7}/年 (全炉心損傷頻度の約0.4%)

(参考) 基準津波策定に係る保守性を考慮した特性化波源モデルの設定

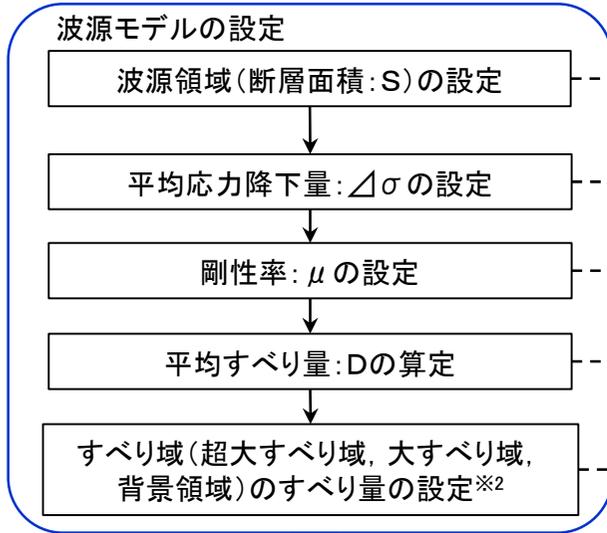


波源		茨城県沖に想定する津波波源	茨城県沖から房総沖に想定する津波波源		
		<ul style="list-style-type: none"> プレート間地震と津波地震の連動型地震を仮想的に考慮 プレート境界及び構造境界から波源領域を設定 	【保守的設定1】 津波波源の南限を房総沖まで拡張	【保守的設定1.2】 津波波源の南限を房総沖まで拡張 + 超大すべり域を設定	【保守的設定1.2.3】 津波波源の南限を房総沖まで拡張 + 超大すべり域を設定 + 大すべり域及び超大すべり域のすべり量を割り増し
断層面積:S		29,630 km ²	53,684 km ²	53,684 km ²	53,684 km ²
モーメントマグニチュード:Mw		8.5	8.7	8.7	8.7
平均すべり量:D		4.5 m	6.1 m	6.1 m	6.1 m
すべり量	超大すべり域 (面積比率)	—	—	18.2 m(3D) (全体面積の15%)	24.3 m(4D) (全体面積の5%)
	大すべり域 (面積比率)	9.0 m(2D) (全体面積の40%)	12.1 m(2D) (全体面積の40%)	8.5 m(1.4D) (全体面積の25%)	12.1 m(2D) (全体面積の15%)
	背景領域 (面積比率)	1.5 m(0.33D) (全体面積の60%)	2.0 m(0.33D) (全体面積の60%)	2.0 m(0.33D) (全体面積の60%)	3.8 m(0.62D) (全体面積の80%)
特性化波源モデル(一例)					

(参考) 基準津波の想定波源(特性化波源モデル)の設定について

- 基準津波の設定においては、以下の津波の想定波源の設定フローに従って設定している。

【設定フロー】



【設定根拠】

- 茨城県沖から房総沖に設定
- M7~M9クラスの地震の応力降下量のばらつき※1を考慮(内閣府(2012), Murotani et al.(2013))
- 2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルの剛性率を設定
- 地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの定義式から算定
- 保守的に大すべり域及び超大すべり域のすべり量を割り増し

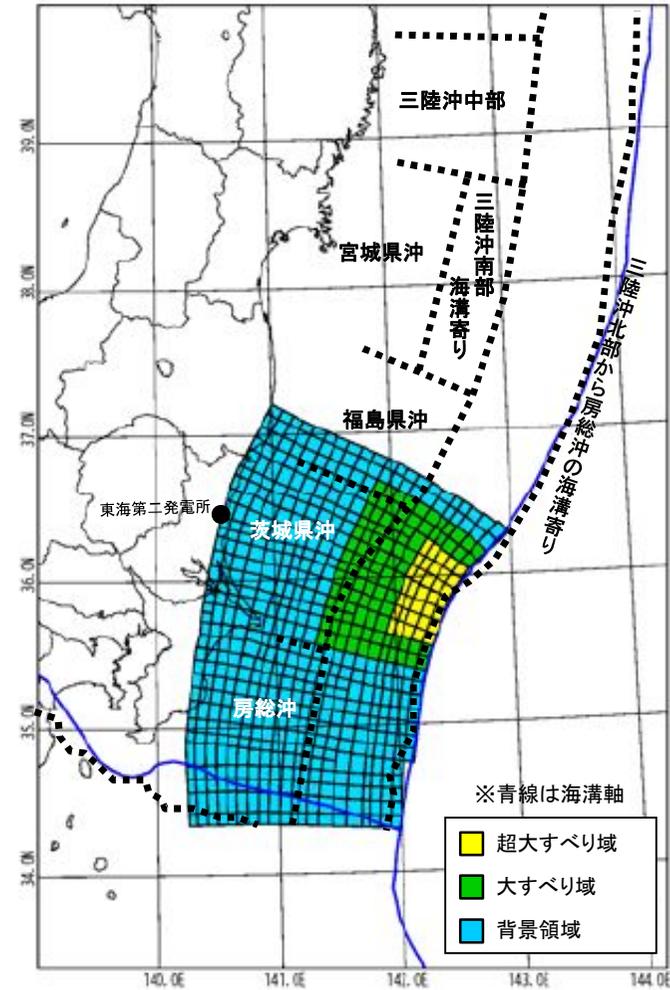
パラメータ	設定値
断層面積: S	53,684 km ²
平均応力降下量: Δσ	3.00 MPa
剛性率: μ	4.7 × 10 ¹⁰ N/m ²
モーメントマグニチュード: Mw	8.7
平均すべり量: D	6.1 m
地震モーメント: M ₀	1.5 × 10 ²² Nm

パラメータ		設定値
超大すべり域	すべり量	24.3 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の5% (2,659 km ²)※3
大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の15% (8,231 km ²)※3
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の80% (42,794 km ²)※3

※1 M7~M9クラスの地震の応力降下量のばらつきは、標準偏差を考慮すると0.82~3.00MPaの範囲であり、保守的な値としてばらつき範囲の上限値である3.00MPaを平均応力降下量として設定する。

※2 上段で設定したS, Δσ, μから求まるモーメントマグニチュードが変動しないようにすべり量を設定する。
なお、Δσの設定において「ばらつきを考慮」していることから、マグニチュードは保守的となっている。

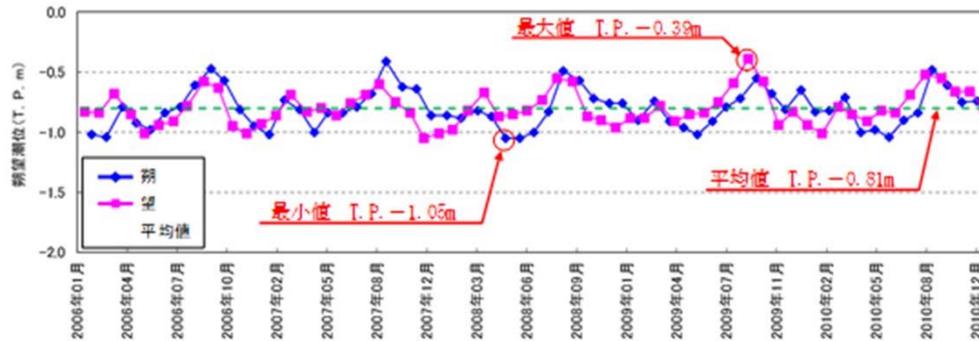
※3 断層面積は右図の特性化波源モデル値。ただし、超大すべり域, 大すべり域の位置により若干変動する。



特性化波源モデル(一例)

(参考) 茨城港日立港区の潮位観測記録

- ・潮位の変動は、茨城港日立港区における潮位変動の観測記録(2006年1月～2010年12月)に基づき設定している。
- ・高潮の影響は、茨城港日立港区における年最高潮位の観測記録(1971年～2010年)に基づき設定している。



茨城港日立港区における潮位変動の観測記録

茨城港日立港区における年最高潮位の観測記録

年	年最高潮位			順位	発生要因
	月	日	潮位(m)		
1971	9	1	0.89		
1972	11	21	0.80		
1973	10	28	0.73		
1974	1	10	0.85		
1975	9	8	0.76		
1976	9	28	0.83		
1977	9	19	0.86		
1978	9	17	0.79		
1979	10	7	1.00	4	台風18号から温帯低気圧へ
1980	12	24	1.11	2	二つ玉低気圧通過
1981	10	2	0.78		
1982	10	20	0.80		
1983	9	9	0.75		
1984	10	27	0.79		
1985	8	31	0.87		
	11	14	0.87		
1986	10	8	0.94	9	台風第18号通過
1987	9	17	0.74		
	2	4	0.74		
1988	9	16	0.94	9	台風第18号通過
1989	8	6	0.99	6	台風第13号通過
1990	10	8	0.89		
1991	10	13	1.00	4	台風第21号通過
1992	9	11	0.85		
1993	11	14	0.69		
1994	10	22	0.78		
1995	11	24	0.75		
1996	9	22	0.79		
1997	9	19	0.91		
1998	11	17	0.75		
1999	10	27	0.83		
2000	9	4	0.76		
	12	11	0.76		
2001	8	22	0.79		
2002	10	1	1.10	3	台風第21号通過
2003	10	26	0.81		
2004	9	30	0.78		
2005	12	5	0.82		
2006	10	7	1.44	1	台風16号から温帯低気圧へ
2007	7	16	0.95	8	台風4号から温帯低気圧へ
2008	12	14	0.78		
2009	10	8	0.97	7	台風第18号通過
2010	9	25	0.89		

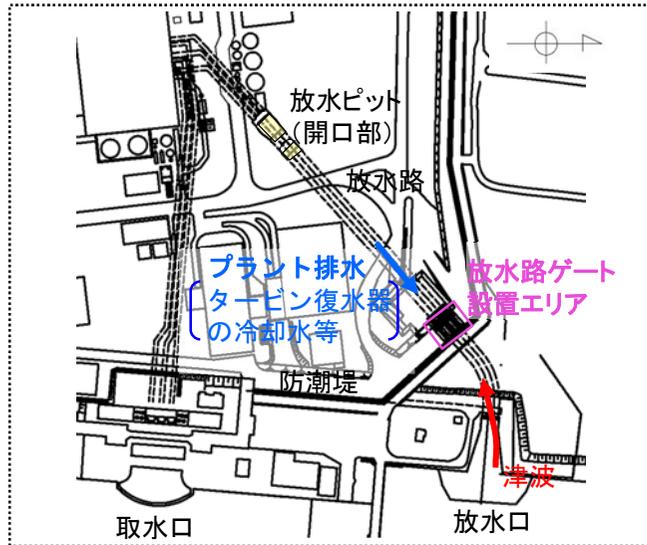
(参考)防潮堤内側の雨水の排水について

- ・防潮堤内側の雨水を排水するために、放水路に接続される場所(1箇所)及び防潮堤の地下部を横断する場所(9箇所)に、排水路を設置する。
- ・排水路は、水戸地方気象台の観測記録の日最大降水量81.7mm/hを上回るように、127.5mm/hの雨水を排水できる設備を設置する。
- ・排水路からの津波の流入を防止するために、放水路に接続される場所には放水路ゲート、防潮堤の地下部を横断する場所には構内排水路逆流防止設備を設置する。



(参考)放水路ゲートについて

○津波が放水路を経由し、放水ピットの開口部から敷地内に流入することを防止するため、放水路ゲートを設置する。



放水路ゲート設置エリア

○主要仕様

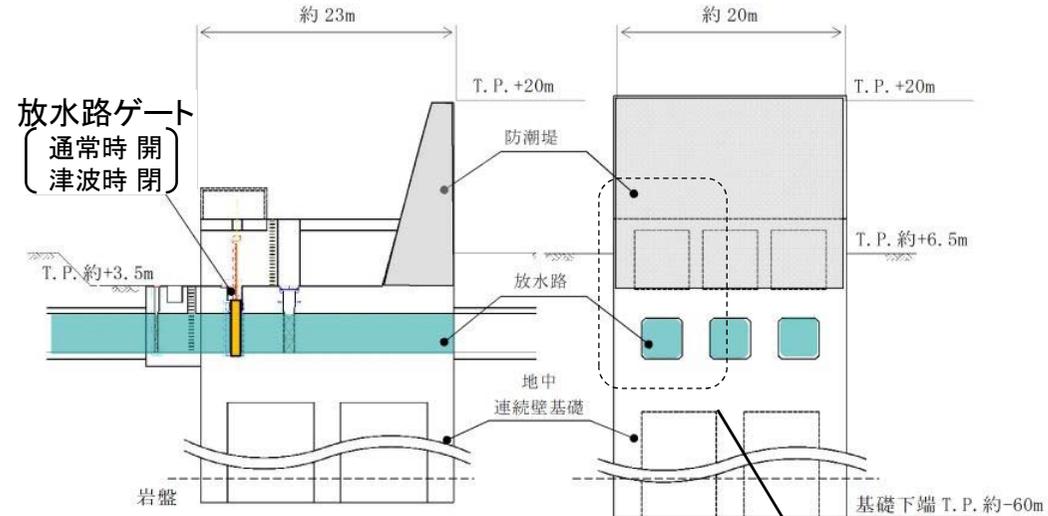
➢主要材料

- ・基礎：鉄筋コンクリート製
- ・扉体：鋼製
- ・台数：3台(各放水路1台)

➢駆動方式：電動駆動式、自重降下式

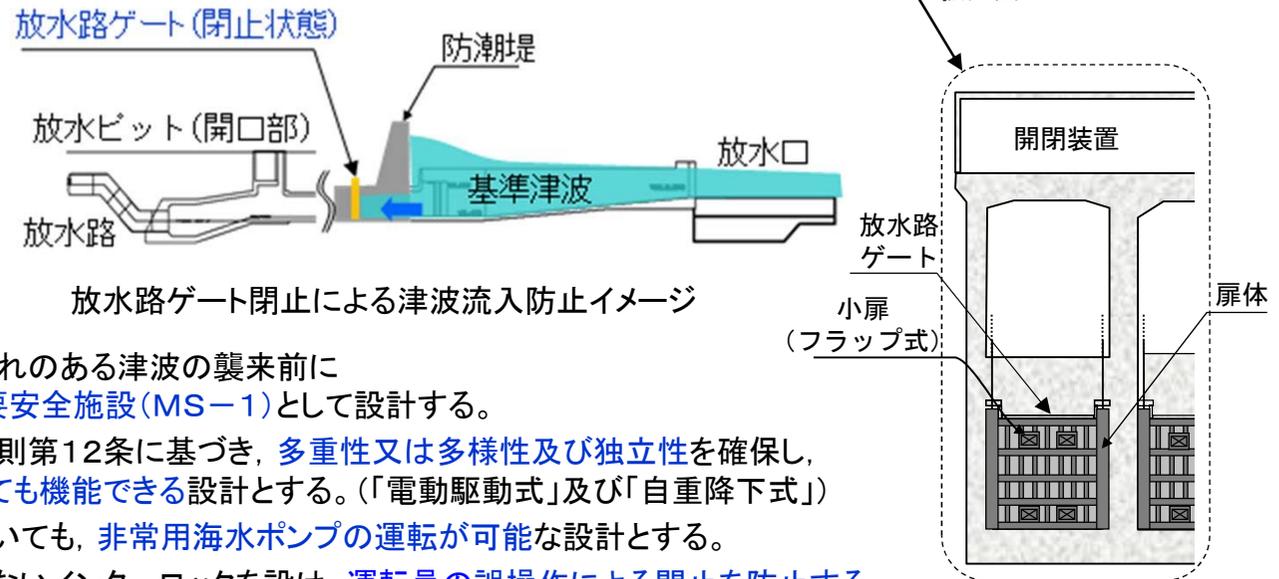
○設計方針

- 放水路ゲートは、敷地への遡上のおそれのある津波の襲来前に遠隔閉止を確実に実施するため、重要安全施設(MS-1)として設計する。
- 重要安全施設として、設置許可基準規則第12条に基づき、多重性又は多様性及び独立性を確保し、外部電源が利用できない場合においても機能できる設計とする。(「電動駆動式」及び「自重降下式」)
- 放水路ゲートが閉止している状態においても、非常用海水ポンプの運転が可能な設計とする。
- また、循環水ポンプが運転中は閉止しないインターロックを設け、運転員の誤操作による閉止を防止する。



放水路ゲート概略構造図 (閉止状態)

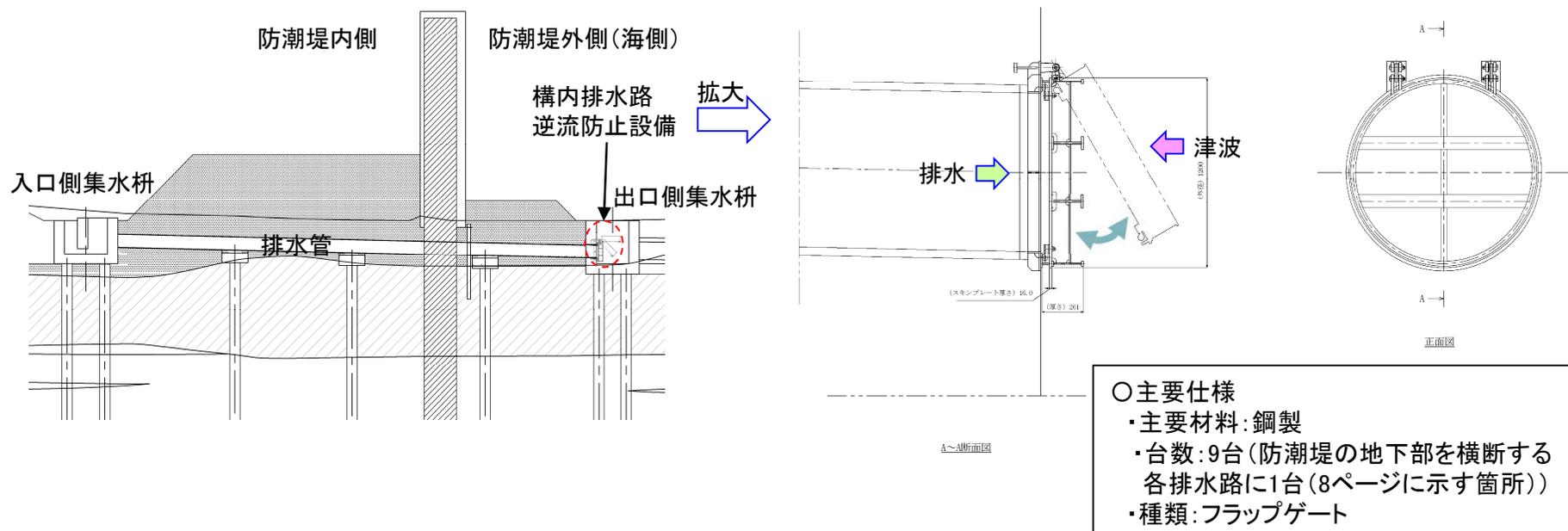
拡大図



放水路ゲート閉止による津波流入防止イメージ

(参考) 構内排水路逆流防止設備について

- 防潮堤内側の雨水は、入口側集水枡に集められ、防潮堤下部に埋設された排水管により防潮堤の外側に導かれ、出口側集水枡を経由して、海に排水される。
- 出口側集水枡には、防潮堤内側からの水圧で開、防潮堤外側からの水圧で閉となる構造の構内排水路逆流防止設備を設置し、排水路から津波が流入することを防止する。



- 津波が襲来した場合には、構内排水路逆流防止設備が閉となり排水できない状況となるが、津波は押し波と引き波が繰り返されることから閉となるのは一時的な状況であり、且つ雨水排水設備は観測された最大1時間降水量(81.7mm/h※)に対して降水量127.5mm/hを排水できるよう余裕を持った設計であるため、大雨の影響で敷地浸水深が上昇する恐れはない。

※: 最寄りの気象官署である水戸地方気象台における観測値

【論点No.42】

基準津波及び敷地に遡上する津波の策定における保守性について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.1016

Q1:資料(25)基準津波

基準津波(Mw8.7)は海水温度, 気圧, 風向き, 台風などの自然条件を考慮したかどうかの説明が無い。海水温度は夏と冬では異なる。従って, 一定の値にはならないと推定される。計算誤差の記述が無い。季節や気象条件に関係なく, なぜ年中同じ値を使用するのか疑問である。

P.2-4

No.1023

Q8:資料(39)基準津波を超え敷地に遡上する津波の発生の想定

P.4

防潮堤を超える津波は, 台風や強風など自然条件も想定して計算されたものか, 説明がないので良く分からない。日立港では, 強風で打ち寄せられた波が, 防波堤を超えて港に流れ込む様子が度々見られる。風の影響は無視出来ないはずだ。また, 雨水排水路や海水ポンプ配管路は, 津波が侵入し逆流する可能性がある。台風, 強風時は, 想定浸水深がより高くなると予想される。

P.8-10

P.2-4, 7

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1025

Q10:資料(42)炉心損傷防止対策③

P.2-4, 7

海水の遡上限界値や浸水深の記載がある。この値は台風, 大雨, 強風など自然条件を考慮したものなのか説明が無く良く分からない。Q2で示したとおり, 防潮堤で囲んだ敷地内は水が溜まりやすく排水しにくい。昨今は異常気象が目立つ。毎時50mmの大雨など, 発生してもおかしくはない。限界降雨量はどの位なのか, 評価値があれば知りたいところである。大雨時の地震発生は無いとは言えず, むしろ日本の気候では現実的である。この場合, 浸水想定レベルは, 資料記載の値より上昇する可能性がある。予想される過酷な自然条件で検討した, 有効性のある安全対策が求められる。

P.2-4, 7, 8, 10