

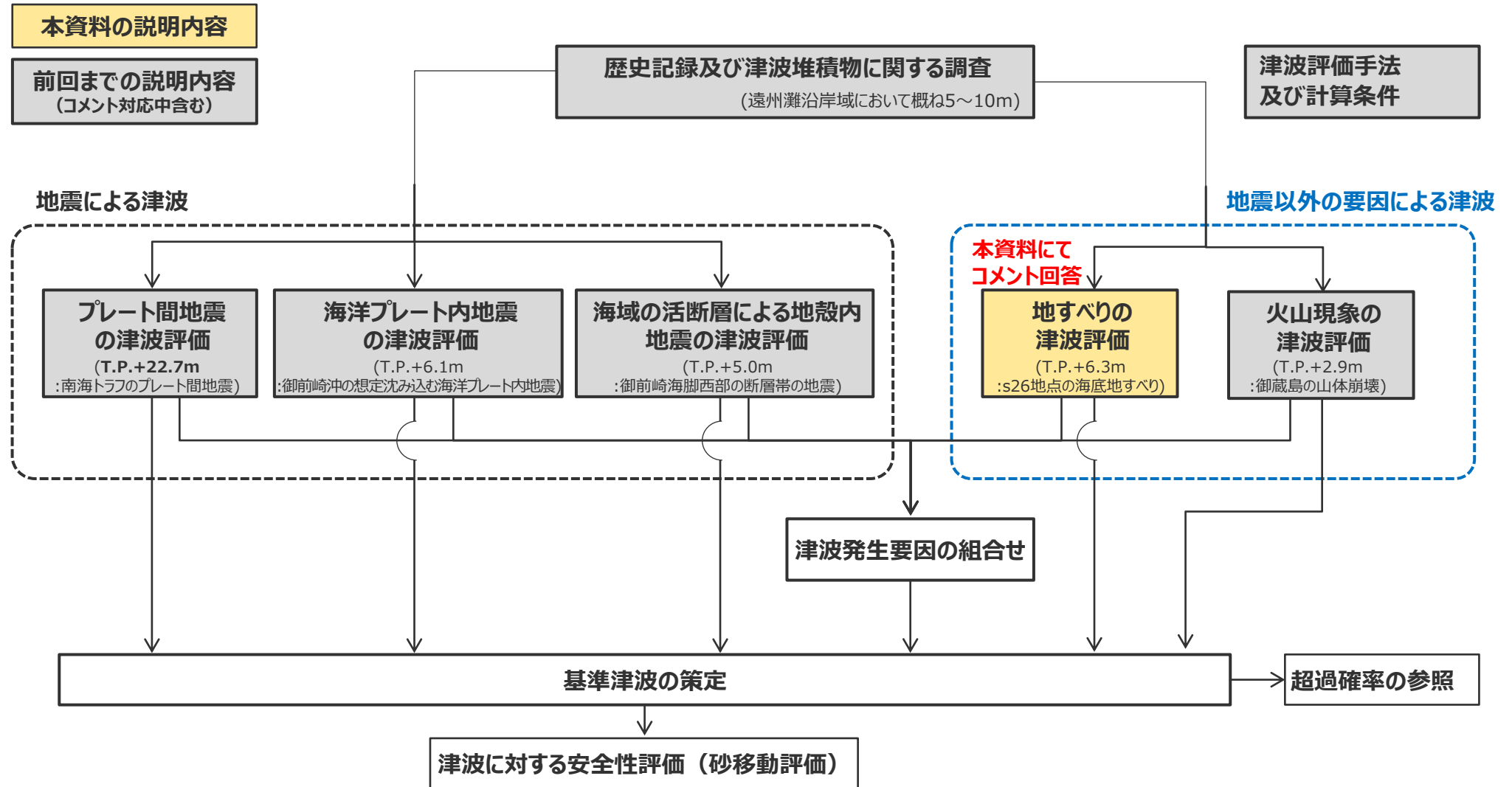


浜岡原子力発電所
基準津波の策定のうち
地震以外の要因による津波について
(コメント回答)

2023年9月29日

本資料の説明内容

■ 本資料の主な説明内容は以下に示すとおり。



・それぞれの津波発生要因の津波評価等の下には、津波の大きさの程度を示すため、敷地前面の津波高（現時点の評価結果）等を記載している。なお、津波発生要因の組合せの津波高は、検討中のため記載していない。

地震以外の要因による津波について

第1168回審査会合（2023年7月14日）コメント一覧表

| 項目 | No. | コメント | 該当箇所 |
|-----------------------|-----|--|---------|
| 地すべりの津波評価 (海底地すべり) | 1 | 【二層流モデルの手法による同時発生の影響確認】 ・複数の地すべりの同時発生に関する影響確認について、同時発生を対象とした二層流モデルの手法による評価結果を示したうえで、s26地点単独発生を対象としたWattsほかの手法による評価結果により代表できることを確認すること。 | ・コメント回答 |

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 【海底地すべりの津波評価】 | 5 |
| 全体概要 | 5 |
| コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） | 8 |
| 【地震以外の要因による津波の評価結果まとめ】 | 29 |

参考文献は本編資料に掲載

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 【海底地すべりの津波評価】 | 5 |
| 全体概要 | 5 |
| コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） | 8 |
| | |
| 【地震以外の要因による津波の評価結果まとめ】 | 29 |

海底地すべりの津波評価の検討概要

■ 地すべりの津波のうち海底地すべりの津波評価は、最新の科学的・技術的知見に基づき敷地に影響を及ぼす可能性のある敷地周辺の地すべり地形を抽出したうえで、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離等に基づき敷地に影響が大きいものを検討対象とする地すべりとして複数選定し、地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し複数の地すべり評価手法で津波評価を行った。

海底地すべりに関する調査 (本編1.1章)

・海底地すべりに関する文献調査及び地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形を抽出した。

■ 海底地すべりに関する文献調査

・敷地周辺海域を対象として、海底地すべりに関する文献調査を実施し、既往文献により示されている海底地すべり地形を確認するとともに、既往事例から海底地すべり地形の特徴も確認した。

■ 海底地すべりに関する地形判読調査

・敷地周辺海域（敷地から半径約100kmを目安）を対象として、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、既往文献により示されている海底地すべり地形も含めて地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）を抽出した。

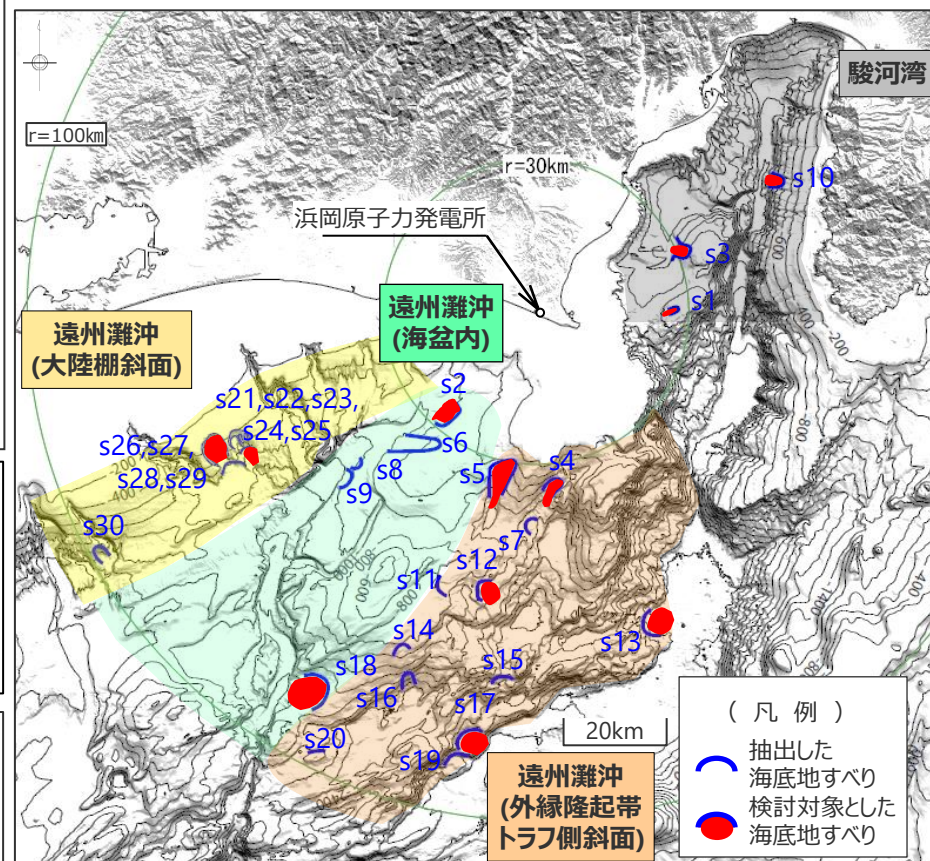
検討対象とする海底地すべりの選定 (本編1.2章)

・抽出した海底地すべり地形から推定される海底地すべりについて、その津波の指向性を考慮して検討対象とする海底地すべりを選定することとし、地すべりの津波の指向性は海底地形および敷地との位置関係により規定されることを踏まえて、南海トラフの地形的特徴に基づく領域(4領域)に区分したうえで、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき「s1~5,10,12,13,17,18,22,26地点の海底地すべり」(12地点)を選定した。

海底地すべりの津波評価 (本編1.3章)

・検討対象として選定した海底地すべりについて、100mDEM等を用いて現地地形から地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し、以下の複数の手法を用いて数値シミュレーションによる津波評価を実施した。
 ✓Wattsほかの予測式に基づく手法 ✓二層流モデルに基づく手法

| s26地点の 海底地すべり | 最大上昇水位(T.P. m) | | | | | 最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間) | |
|------------------|----------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|----------|
| | 敷地前面 | 1,2号取水槽 | 3号取水槽 | 4号取水槽 | 5号取水槽 | 3号取水塔 | 4号取水塔 |
| | 6.3 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | -3.4(なし) | -3.1(なし) |



海底地すべりの津波評価の検討概要

(検討フロー)

海底地すべりに関する調査

文献調査及び地形判読調査

敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形：

s1~s30地点の海底地すべり地形
(30地点)

検討対象とする海底地すべりの選定

津波の指向性を考慮した領域に区分

領域区分：

遠州灘沖
(海盆内)

遠州灘沖
(外縁隆起帯トラフ側斜面)

遠州灘沖
(大陸棚斜面)

駿河湾

各領域の地すべり地形：

(5地点)

(12地点)

(10地点)

(3地点)

地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき検討対象を選定

検討対象とする海底地すべり：

s2, s18
(2地点)

s4, s5, s12, s13, s17
(5地点)

s22, s26
(2地点)

s1, s3, s10
(3地点)

海底地すべりの津波評価

複数の手法を用いた数値シミュレーションによる評価

最も影響が大きい海底地すべり：敷地前面最大上昇水位：

s2地点の海底地すべり
T.P.+3.1m
(Wattsほかの手法)

s17地点の海底地すべり
T.P.+3.2m
(Wattsほかの手法)

s26地点の海底地すべり
T.P.+6.3m
(Wattsほかの手法)

s3地点の海底地すべり
T.P.+2.5m
(Wattsほかの手法)

・津波評価に当たっては、以下の検討も実施。

- ✓複数の海底地すべりが一体となって移動すると仮定した場合の影響確認 →s26-s29地点同時発生：敷地前面T.P.+6.0m (Wattsほかの手法、二層流モデルの手法)
- ✓ハワイ付近の海底地すべりに関する検討 →敷地への津波影響が小さいことを確認

津波発生要因の組合せ (第1152回審査会合資料1-1 p.18参照)

今後詳細を説明

・敷地への影響が最も大きいs26地点の海底地すべりを、プレート間地震の津波影響が大きい時間帯における影響も大きいことを確認したうえで検討対象として選定し、組合せ評価を実施。

・敷地前面最大上昇水位は、朔望平均満潮位T.P.+0.8mを考慮。

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 【海底地すべりの津波評価】 | 5 |
| 全体概要 | 5 |
| コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） | 8 |
| 【地震以外の要因による津波の評価結果まとめ】 | 29 |

海底地すべりの津波評価の概要とコメント回答との関係

- 海底地すべりの津波評価の概要とコメント回答との関係は以下のとおり。なお、コメント回答に伴う津波評価の変更はない。

海底地すべりに関する調査

- ・海底地すべりに関する文献調査及び地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形を抽出。

■ 海底地すべりに関する文献調査

- ・敷地周辺海域を対象として、海底地すべりに関する文献調査を実施し、既往文献により示されている海底地すべり地形を確認するとともに、既往事例から海底地すべり地形の特徴も確認した。



■ 海底地すべりに関する地形判読調査

- ・敷地周辺海域（敷地から半径約100kmを目安）を対象として、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、既往文献により示されている海底地すべり地形も含めて地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）を抽出。



検討対象とする海底地すべりの選定

- ・抽出した海底地すべり地形から推定される海底地すべりについて、その津波の指向性を考慮して検討対象とする海底地すべりを選定することとし、地すべりの津波の指向性は海底地形および敷地との位置関係により規定されることを踏まえて、南海トラフの地形的特徴に基づく領域(4領域)に区分したうえで、地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき検討対象とする海底地すべりを選定。



海底地すべりの津波評価

- ・検討対象として選定した海底地すべりについて、100mDEM等を用いて現地地形から地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し、以下の複数の手法を用いて数値シミュレーションによる津波評価を実施。

✓Wattsほかの予測式に基づく手法 ✓二層流モデルに基づく手法

- ・津波評価に当たっては、互いの地すべり地形の一部が平面的に重なっている複数の地すべりの同時発生について、地形判読の結果からは侵食過程を経るなどの時間経過において順番に発生したと考えられるが、仮に複数の海底地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認も実施。
- ・さらに、「ハワイの海底地すべり」の津波について、地すべり体積と津波水位の関係を用いて日本沿岸における津波水位を推定し、敷地への影響は小さいことも確認。

コメント回答：

二層流モデルの手法による同時発生の影響確認

- ・「s21-s25地点の海底地すべり」、「s26-s29地点の海底地すべり」の同時発生による影響確認について、複数の手法で評価することとし、単独発生の評価において影響の大きいWattsほかの手法を用いた数値シミュレーションだけでなく、二層流モデルの手法を用いた数値シミュレーションも行うとともに、それぞれの手法において同時発生の評価結果に影響を与えている要因の分析を行った。

コメント回答概要

○第1168回審査会合（2023年7月14日）におけるコメント

- 複数の地すべりの同時発生に関する影響確認について、同時発生を対象とした二層流モデルの手法による評価結果を示したうえで、s26地点単独発生を対象としたWattsほかの手法による評価結果により代表できることを確認すること。



○コメント回答（概要）

- 「s21-s25地点の海底地すべり」、「s26-s29地点の海底地すべり」の同時発生による影響確認について、複数の手法で評価することとし、単独発生の評価において影響の大きいWattsほかの手法を用いた数値シミュレーションだけでなく、二層流モデルの手法を用いた数値シミュレーションも行うとともに、それぞれの手法において同時発生の評価結果に影響を与えている要因の分析を行った。
- その結果、二層流モデルによる評価結果を考慮しても、最大上昇水位・最大下降水位ともにWattsほかの手法によるs26地点単独発生の影響が最も大きい結果に変わりはないことから、s26地点単独発生を対象としたWattsほかの手法による評価結果により代表できることを確認した。

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）

複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認の検討概要

海底地すべりの同時発生による影響確認

海底地すべり地形とその周辺の地形判読調査（詳細は本編資料の補足を参照）

- 遠州灘沖の大陸棚斜面のs21-s25地点（s21,s22,s23,s24,s25地点）、および s26-s29地点（s26,s27,s28,s29地点）の海底地すべりは、複数の滑落崖が認められ、海底地すべりの進展メカニズムおよび進展事例を踏まえると、個々の地すべりが徐々に進展して発生したと考えられ、また、海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目した地形判読を行った結果、個々の地すべりの発生間隔は同時発生とみなせるような短いものではなく、侵食過程を経るなどの時間経過において発生したと考えられる。

海底地すべりの同時発生による影響確認（詳細は本編資料の補足を参照）

- ここでは、「s21-s25地点の海底地すべり」、「s26-s29地点の海底地すべり」について、仮に個々の地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認を行うこととした。地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源を設定し、単独発生の評価と同様に複数の手法（Wattsほかの手法および二層流モデルの手法）を用いて数値シミュレーションによる評価を行い、地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波高と比較した。
- 複数の手法により評価した結果、最大上昇水位・最大下降水位ともに、Wattsほかの手法によるs26地点単独発生の影響が最も大きく安全側の評価になることを確認した。また、二層流モデルの手法では同時発生の評価結果が単独発生よりも大きくなっているのに対して、Wattsほかの手法ではs26-s29地点同時発生の評価結果がs26地点単独発生よりもやや小さくなっていることを確認した。

同時発生の評価結果の分析（詳細は本編資料の補足を参照）

- s26-s29地点の同時発生の評価結果の分析を行った結果、二層流モデルの手法では、土砂の移動体積が大きくなるに伴い発生する水位変動が大きくなることの影響により、同時発生の際の敷地前面の津波高が単独発生よりも大きくなっていることを確認した。一方、Wattsほかの手法では、Wattsほかの手法に基づく地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）があまり大きくならない一方で、波源が下方に広がり初期位置水深が大きくなることで発生する初期水位が小さくなることの影響により、同時発生の際の敷地前面の津波高が単独発生よりもやや小さくなっていることを確認した。

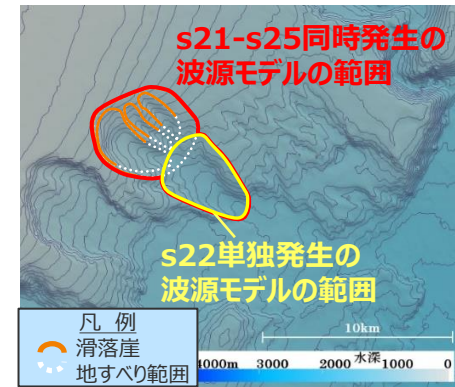
- 以上より、s26地点の単独発生の際のWattsほかの手法による評価結果は、同時発生を仮定した場合のWattsほかの手法および二層流モデルの手法による評価結果よりも大きく、これらの評価結果を代表できることを確認した。

検討対象とする海底地すべりの選定

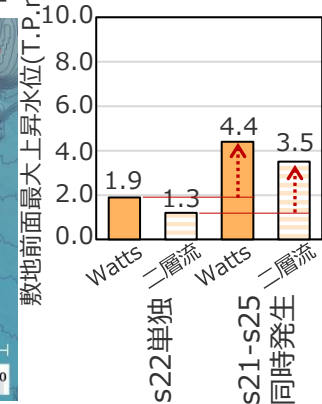
選定結果の妥当性確認（詳細は本編資料の補足を参照）

- 同時発生による評価結果の分析の結果から、地すべり体の体積、敷地からの距離に加え、地すべり体の初期位置水深が津波評価に与える影響も比較的大きいと考えられることを踏まえ、地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき行った検討対象とする海底地すべりの選定結果が初期位置水深の観点からも妥当であることを確認した。

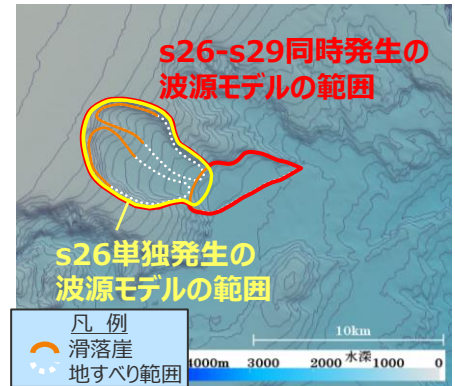
s21-s25地点における 同時発生と単独発生の影響確認



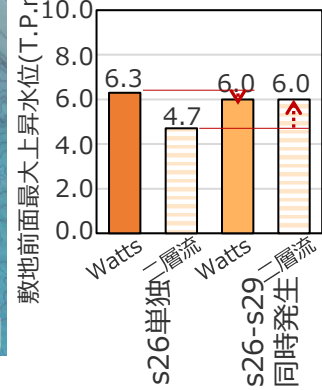
単独発生よりも同時発生の影響確認結果が大きくなっている



s26-s29地点における 同時発生と単独発生の影響確認



Wattsほかの手法では単独発生よりも同時発生の影響確認結果がやや小さくなっている

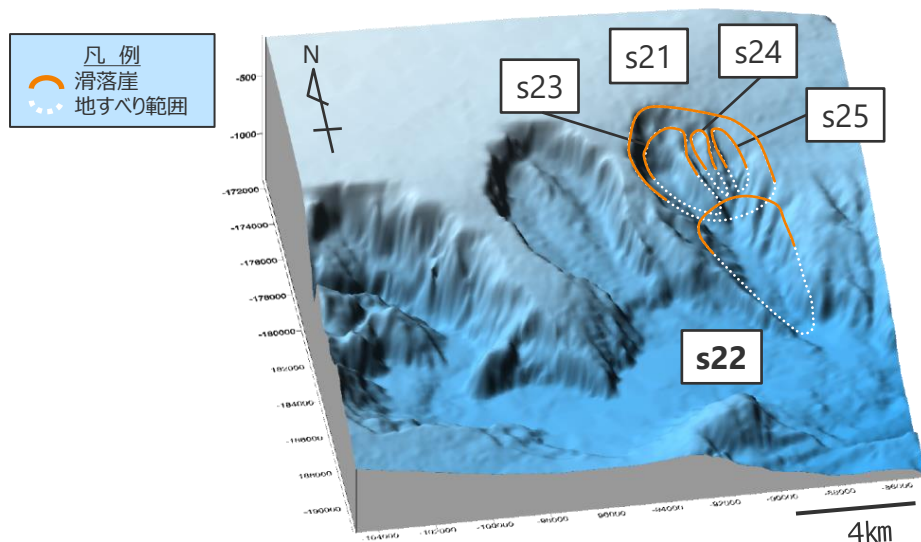


・朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮

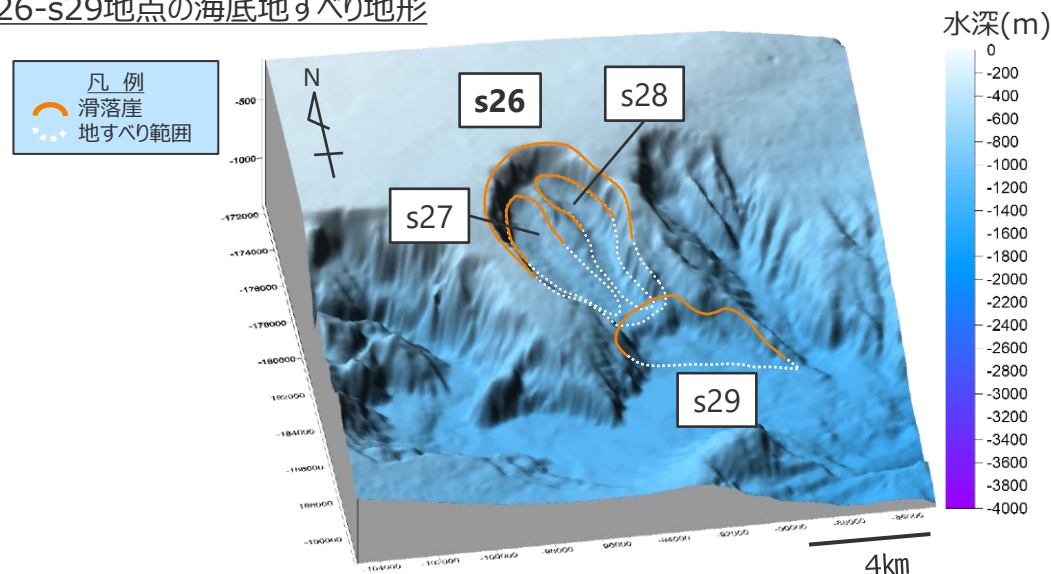
コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） 海底地すべり地形とその周辺の地形判読調査

- 遠州灘沖の大陸棚斜面のs21-s25地点（s21,s22,s23,s24,s25地点）、およびs26-s29地点（s26,s27,s28,s29地点）の海底地すべり地形について、複数の滑落崖が認められ、海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目して地形判読を行った結果、複数の地すべりが侵食過程を経るなどの時間経過において発生したと考えられる。
- そのため、s21-s25地点およびs26-s29地点の海底地すべり地形は、それぞれ個別に抽出し検討を行っている。

s21-s25地点の海底地すべり地形



s26-s29地点の海底地すべり地形



【地すべりプロセス（地形判読結果）】

・海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目して地形判読を行った結果、s21地点の海底地すべりが発生した後、侵食作用による海底谷のレベル低下を要因としてs22地点の海底地すべりが発生し、その後、その上部のs23、s24、s25地点の海底地すべりが発生したと評価した。

【地すべりプロセス（地形判読結果）】

・海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目して地形判読を行った結果、s26地点の海底地すべりが発生した後、侵食作用により同海底地すべり地形内に形成された尾根・谷に沿ってs27、s28地点の海底地すべりが発生し、その後、海底谷のレベル低下を要因としてs29地点の海底地すべりが発生したと評価した。

- 地形判読の結果から、個々の地すべりの発生間隔は同時発生とみなせるような短いものではなく、侵食過程を経るなどの時間経過において発生したと考えられる。しかしながら、この侵食過程等の時間経過を定量的に示すことは困難であることから、仮に個々の地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認を行う。

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）

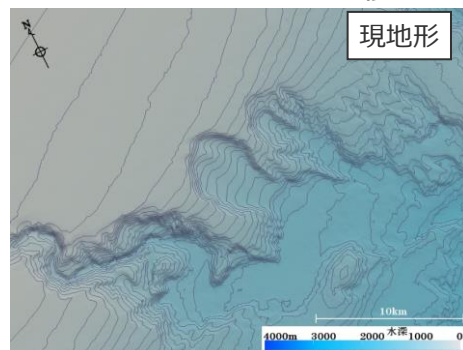
海底地すべりの同時発生による影響確認

（検討方針）

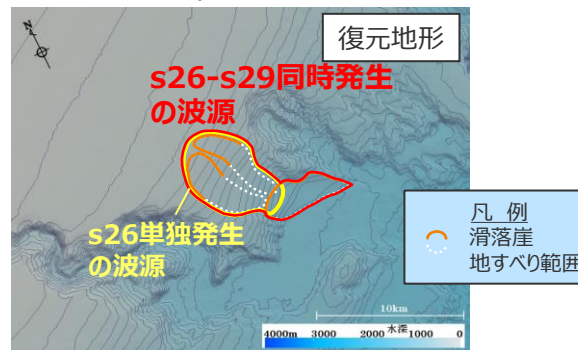
- 「s21-s25地点の海底地すべり」および「s26-s29地点の海底地すべり」について、地形判読の結果からは侵食過程を経るなどの時間経過をとおいて発生したと考えられるが、仮に個々の地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認を行うこととした。
- 地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源を設定し、単独発生の検討と同様に複数の手法（Wattsほかの手法および二層流モデルの手法）を用いて数値シミュレーションによる評価を行い、地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波水位と比較した。

同時発生を 仮定した場合の評価

同時発生の波源の設定： 100mDEMを用いて現地形から、個々の地すべりが一体となって移動すると仮定して（s26-s29地点の例） 地すべり前の地形を復元し、地すべり地形群を包絡する同時発生の波源を設定。



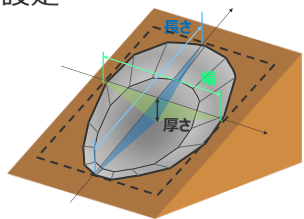
地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）

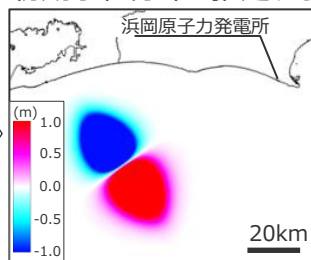
Wattsほかの手法による検討（地すべり体の寸法等から初期水位分布を推定し、それを用いた津波シミュレーションにより水位変動を推定する手法）

①地すべり体の形状等を基に地すべり体の寸法等のパラメータを設定



寸法等のパラメータ設定イメージ

②Wattsほかの予測式により初期水位分布を推定する。

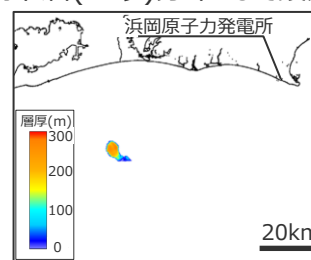


初期水位分布(例)

③津波シミュレーション

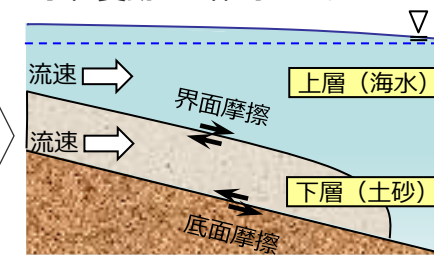
二層流モデルの手法による検討（上層(海水)と下層(土砂)の二層の流体を考慮したシミュレーションにより水位変動を推定する手法）

①地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定。



初期下層分布(例)

②下層(土砂)の移動と上層(海水)の水位変動を一体的にシミュレーション

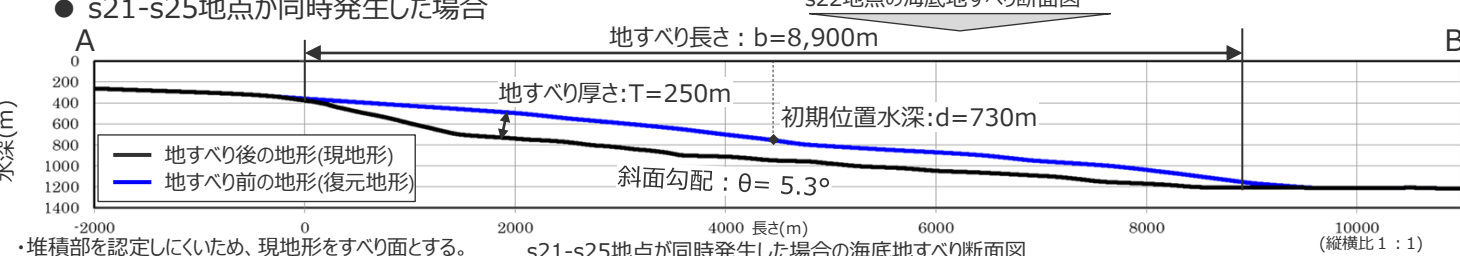
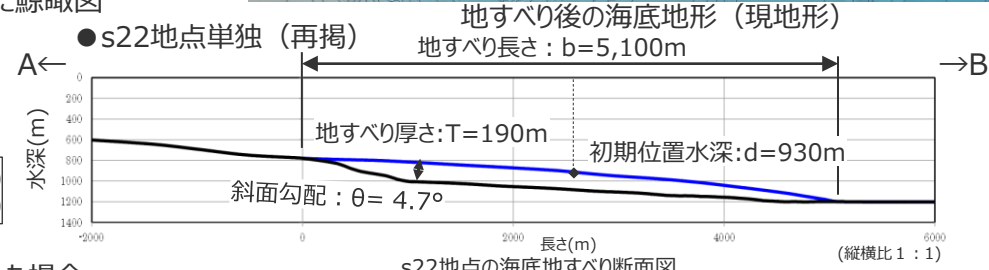
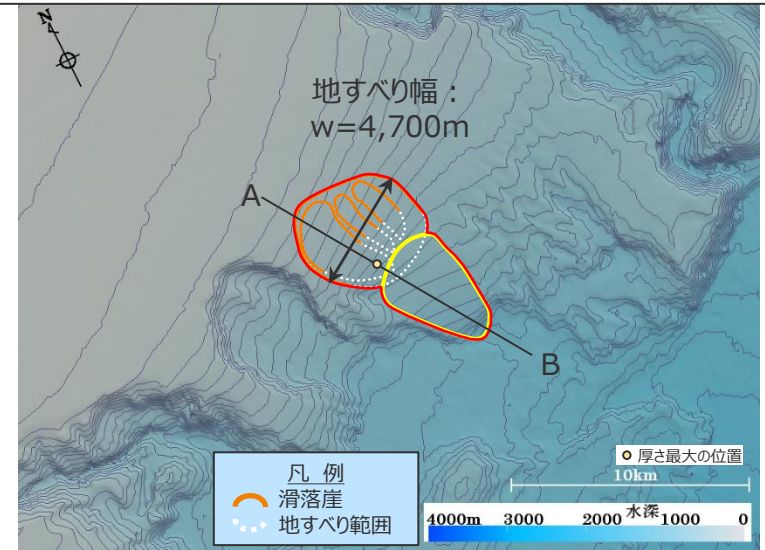
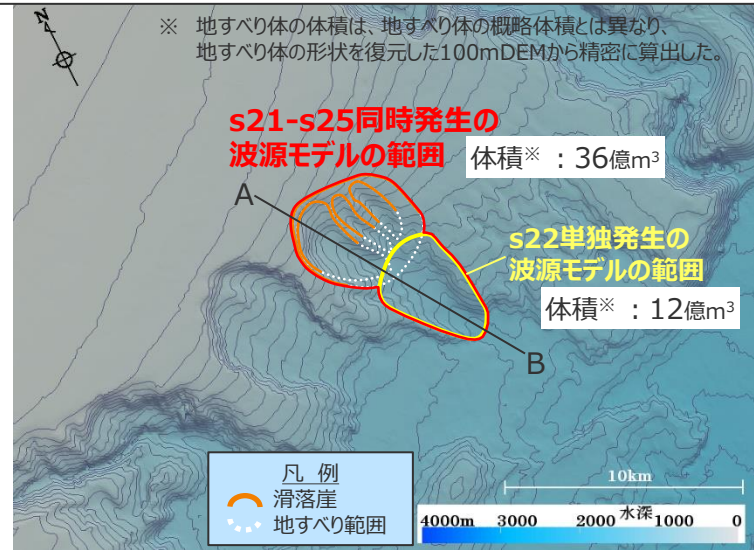
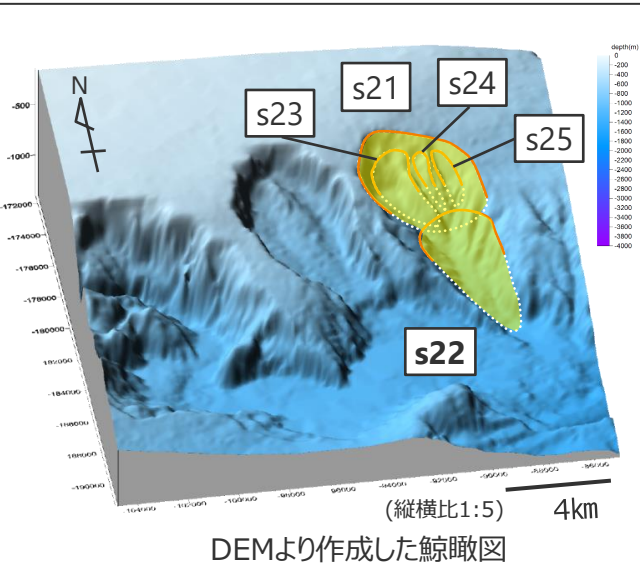


計算イメージ

s22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波水位と比較

コメント回答 (二層流モデルの手法による同時発生の影響確認) 海底地すべりの同時発生による影響確認 (s21-s25地点の同時発生の波源モデル)

- s21-s25地点の同時発生の波源モデルは、s21-s25地点の地すべり地形群の複数の馬蹄形状を包絡する一つの地すべりとして設定し、Wattsほかの手法および二層流モデルの手法により検討した。
- Wattsほかの手法では、地すべり体の形状等から下表に示す寸法等のパラメータを設定し、地すべり方向を地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独の地すべりと同じとし、Wattsほかの予測式により初期水位分布を推定した。二層流モデルの手法では、地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定し数値シミュレーションに用いた。なお、地すべり方向(土砂の移動方向)は数値シミュレーションの中で計算される。



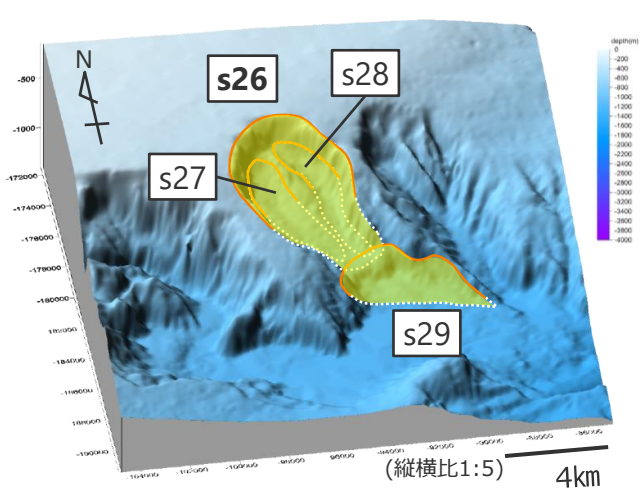
Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

| 項目 | s22地点単独(再掲) | s21-s25地点同時発生 |
|-------------------------|-------------|---------------|
| 地すべり長さ $b(m)$ | 5,100 | 8,900 |
| 地すべり厚さ $T(m)$ | 190 | 250 |
| 地すべり幅 $w(m)$ | 3,600 | 4,700 |
| 初期位置水深 $d(m)$ | 930 | 730 |
| 斜面勾配 $\theta(^{\circ})$ | 4.7 | 5.3 |
| 移動距離 $S(m)$ | 5,100 | 8,900 |

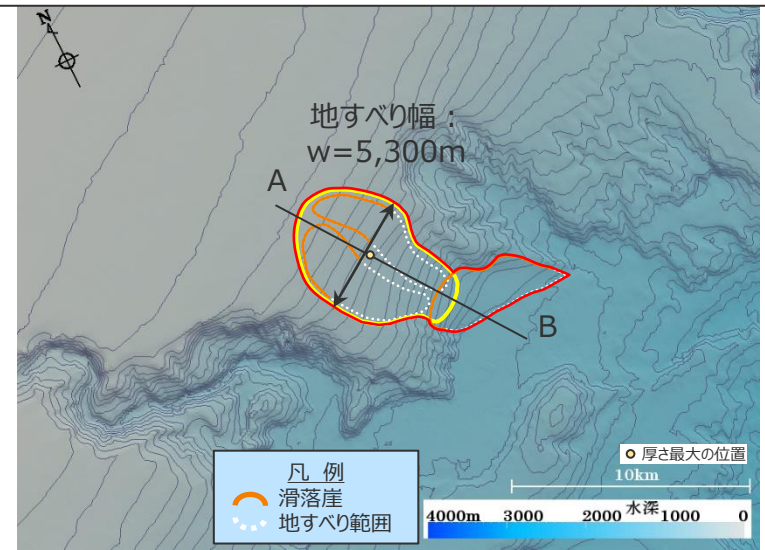
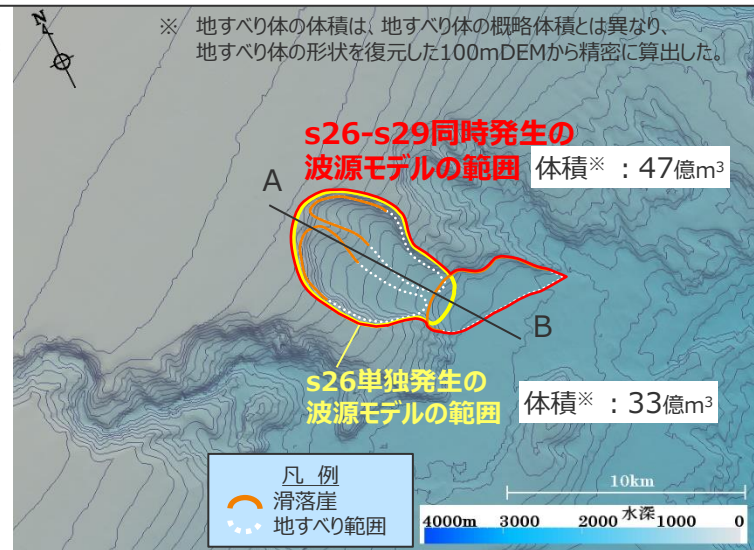
・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。
 ・同時発生と単独発生の復元地形は個別に作成しているため、同時発生の復元地形は、厚さのほとんどない地すべり体長さの下方端部において単独発生の復元地形とわずかな差があるが、津波評価上影響する部分ではないと考えられる。

コメント回答 (二層流モデルの手法による同時発生の影響確認) 海底地すべりの同時発生による影響確認 (s26-s29地点の同時発生の波源モデル)

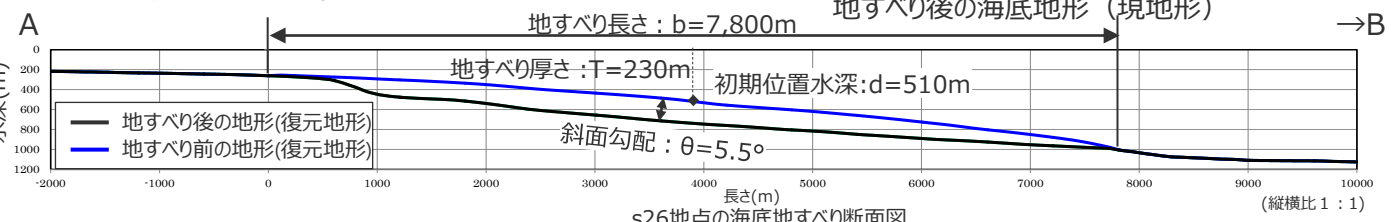
- s26-s29地点の同時発生の波源モデルは、s26-s29地点の地すべり地形群の複数の馬蹄形状を包絡する一つの地すべりとして設定し、Wattsほかの手法および二層流モデルの手法により検討した。
- Wattsほかの手法では、地すべり体の形状等から下表に示す寸法等のパラメータを設定し、地すべり方向を地すべり体の体積が最も大きいs26地点単独の地すべりと同じとしWattsほかの予測式により初期水位分布を推定した。二層流モデルの手法では、地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定し数値シミュレーションに用いた。なお、地すべり方向(土砂の移動方向)は数値シミュレーションの中で計算される。



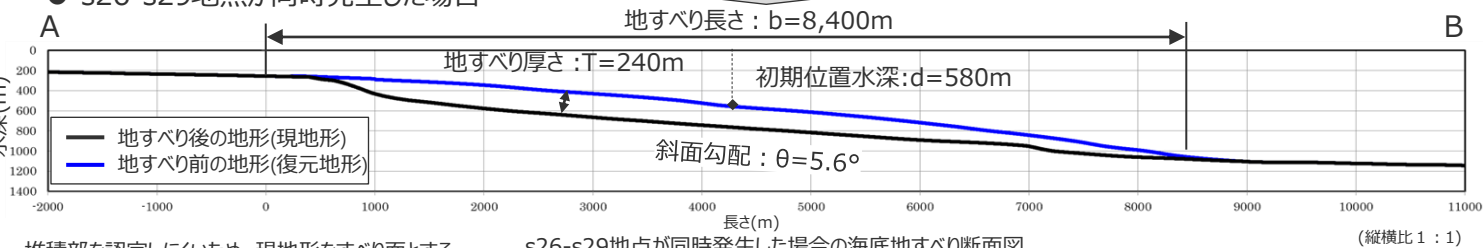
DEMより作成した鯨瞰図



● s26地点単独 (再掲)



● s26-s29地点が同時発生した場合



・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。 s26-s29地点が同時発生した場合の海底地すべり断面図

・同時発生の復元地形は、地すべり長さの下方端部において厚さのほとんどない部分があるが、津波評価上影響する部分ではないと考えられる。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

| 項目 | s26地点 単独(再掲) | s26-s29地点 同時発生 |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| 地すべり長さ $b(\text{m})$ | 7,800 | 8,400 |
| 地すべり厚さ $T(\text{m})$ | 230 | 240 |
| 地すべり幅 $w(\text{m})$ | 5,300 | 5,300 |
| 初期位置水深 $d(\text{m})$ | 510 | 580 |
| 斜面勾配 $\theta(^{\circ})$ | 5.5 | 5.6 |
| 移動距離 $S(\text{m})$ | 7,800 | 8,400 |

コメント回答 (二層流モデルの手法による同時発生の影響確認) 海底地すべりの同時発生による影響確認 (Wattsほかの手法の数値シミュレーション方法 (再掲))

- Wattsほかの手法は、地すべり体の寸法等からWattsほかの予測式 (Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)) により初期水位分布を推定し、それを用いた津波シミュレーションにより水位変動を推定する手法である。
- Wattsほかの予測式に基づく初期水位分布の設定方法は以下のとおり。

Wattsほかの予測式 (Slump型)

$$\eta(x,y) = -\frac{\eta_{0,3D}}{\eta_{min}} \operatorname{sech}^2\left(\kappa \frac{y-y_0}{w+\lambda_0}\right) \left(\exp\left\{-\left(\frac{x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} - \kappa' \exp\left\{-\left(\frac{x-\Delta x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} \right)$$

$\eta(x,y)$: 初期水位波形

η_{min} : 振幅を除く右項の最小値

κ, κ' : 形状パラメータ ($\kappa=3$)

Δx : 形状パラメータ ($= 0.4\lambda_0$)

x_0, y_0 : 地すべり体の中心の初期位置(m)

x, y : 地すべり体平面位置(m)

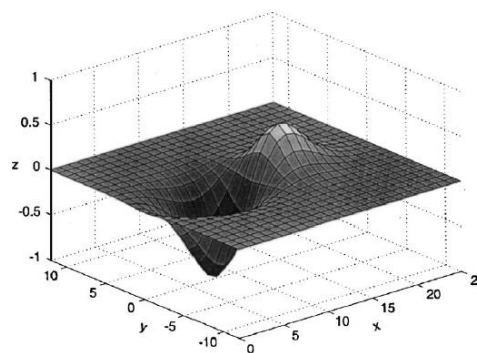


Fig. 3. Examples of double Gaussian function for approximate 3D tsunami elevations [Eq. (14)], with $\eta_{0,3D}=1$, $x_0=10$, $y_0=0$, $\lambda_0=5$, $\kappa=3$, $w=2$, $\kappa'=0.83$, and $\Delta x=2$ Watts et al.(2005)

海面水位波形の例

$$\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w+\lambda_0} \right)$$

$$\eta_{0,2D} = S_0 \left(\frac{0.131}{\sin\theta} \right) \left(\frac{T}{b} \right) \left(\frac{b \sin\theta}{d} \right)^{1.25} \left(\frac{b}{R} \right)^{0.63} \times (\Delta\Phi)^{0.39} (1.47 - 0.35(\gamma - 1)) (\gamma - 1)$$

$\eta_{0,3D}$: 現象が三次元的な場合の最大水位低下量

$\eta_{0,2D}$: 現象が二次元的な場合の最大水位低下量

γ : 土砂の比重 ($=\rho_s/\rho_w$) λ_0 : 特性津波波長 ($= t_0\sqrt{gd}$)

b : 地すべり長さ $\Delta\Phi$: 回転角 ($= 2S_0/R$)

T : 地すべり厚さ U_{max} : 最大速度 ($= S_0/t_0$)

w : 地すべり幅 ρ_s : 土砂の密度

d : 初期位置水深 ρ_w : 海水の密度 ($=1.03 \text{ g/cm}^3$)

θ : 斜面勾配 g : 重力加速度 ($=9.8 \text{ m/s}^2$)

C_d : 抗力係数

※ 地すべり長さを土塊の移動距離として設定。

C_m : 付加質量係数

ただし、復元前後の地形から土塊の移動が地すべり長さとは比べてごく小さいと判断できる場合には、復元地形の頂部と現地形の頂部との距離を移動距離として設定。

S : 移動距離※

S_0 : 特性距離 ($= S/2$)

X_g : 初期水深がdとなる位置の座標

C_n : 底面摩擦係数 ($= S_0/(R \cos\theta)$)

R : 曲率半径 ($= b^2/(8T)$)

a_0 : 初期加速度 ($= S_0/t_0^2$)

t_0 : 特性時間

$$t_0 = \sqrt{\frac{R}{g}} \sqrt{\frac{\gamma + C_m}{\gamma - 1}}$$

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） 海底地すべりの同時発生による影響確認 （Wattsほかの予測式に基づく初期水位の推定結果）

■ Wattsほかの予測式に基づく初期水位の推定結果は以下のとおり。

- ・ 波源モデルは、個々の地すべりが一体となって移動すると仮定し、馬蹄形状を持つ地すべり地形群を包絡する一つの地すべりを想定してWattsほかの予測式に基づき設定した。

Wattsほかの予測式に基づく数値シミュレーションの計算条件

| 項目 | (再掲)s22地点単独 | s21-s25地点が同時発生した場合 | (再掲)s26地点単独 | s26-s29地点が同時発生した場合 | 設定根拠 |
|--|-------------|--------------------|-------------|--------------------|---|
| 土砂の密度 ρ_s (g/cm ³) | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 地質調査所(1998)* |
| 地すべり長さ b(m) | 5,100 | 8,900 | 7,800 | 8,400 | 復元地形から判読 |
| 地すべり厚さ T(m) | 190 | 250 | 230 | 240 | 復元地形から判読 |
| 地すべり幅 w(m) | 3,600 | 4,700 | 5,300 | 5,300 | 復元地形から判読 |
| 初期位置水深 d(m) | 930 | 730 | 510 | 580 | 復元地形から判読 |
| 斜面勾配 θ (°) | 4.7 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 復元地形から判読 |
| 抗力係数 Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | Grilli and Watts(2005) |
| 付加質量係数 Cm | 1 | 1 | 1 | 1 | Grilli and Watts(2005) |
| 移動距離 S(m) | 5,100 | 8,900 | 7,800 | 8,400 | 復元地形から判読 |
| 特性距離 S ₀ (m) | 2,550 | 4,450 | 3,900 | 4,200 | =S/2 |
| 底面摩擦係数 Cn | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | =S ₀ /(Rcos θ) |
| 曲率半径 R(m) | 17,112 | 39,605 | 33,065 | 36,750 | =b ² /8T |
| 初期加速度 a ₀ (m/s ²) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | =S ₀ /t ₀ ² |
| 特性時間 t ₀ (sec) | 107 | 163 | 149 | 157 | = $\sqrt{R/g} \cdot \sqrt{(\gamma + C_m)/(\gamma - 1)}$ |
| 特性津波波長 λ_0 (m) | 10,223 | 13,780 | 10,524 | 11,832 | =t ₀ $\sqrt{g d}$ |
| 回転角 $\Delta\Phi$ (rad) | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | =2S ₀ /R |
| 最大速度 U _{max} (m/s) | 24 | 27 | 26 | 27 | =S ₀ /t ₀ |

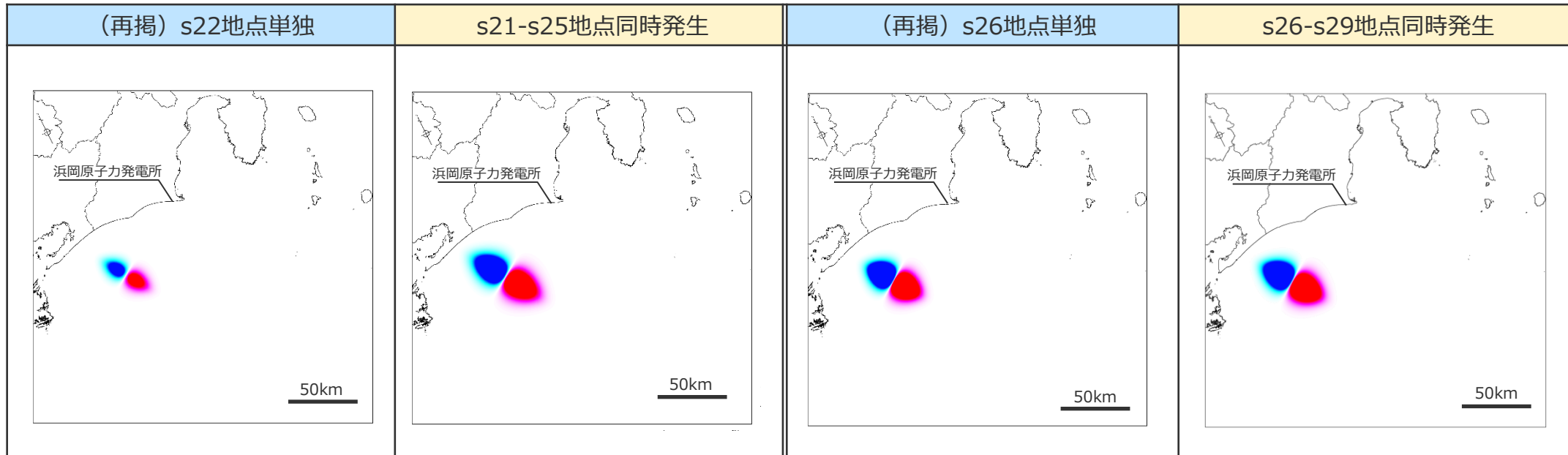
* 地質調査所(1998)：「東海沖堆積物の物理的性質」、
『東海沖海域の海洋地質学的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究』、平成9年度研究概要報告書

Wattsほかの予測式に基づく波源振幅の推定値

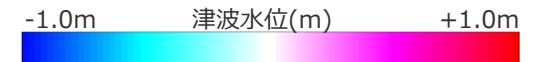
| | | | | | |
|-------------------|-----|------|------|------|--|
| $\eta_{0,2D}$ (m) | 7.9 | 21.7 | 28.1 | 26.6 | $\eta_{0,2D} = S_0 \left(\frac{0.131}{\sin\theta} \right) \left(\frac{T}{b} \right) \left(\frac{b \sin\theta}{d} \right)^{1.25} \left(\frac{b}{R} \right)^{0.63} \times (\Delta\Phi)^{0.39} (1.47 - 0.35(\gamma - 1))(\gamma - 1)$ |
| $\eta_{0,3D}$ (m) | 2.1 | 5.6 | 9.4 | 8.3 | $\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w + \lambda_0} \right)$ |

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）
海底地すべりの同時発生による影響確認
(Wattsほかの予測式に基づく初期水位分布)

■ Wattsほかの予測式に基づく初期水位分布は以下のとおり。



初期水位分布



コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）

海底地すべりの同時発生による影響確認

（二層流モデルの手法の計算条件（再掲））

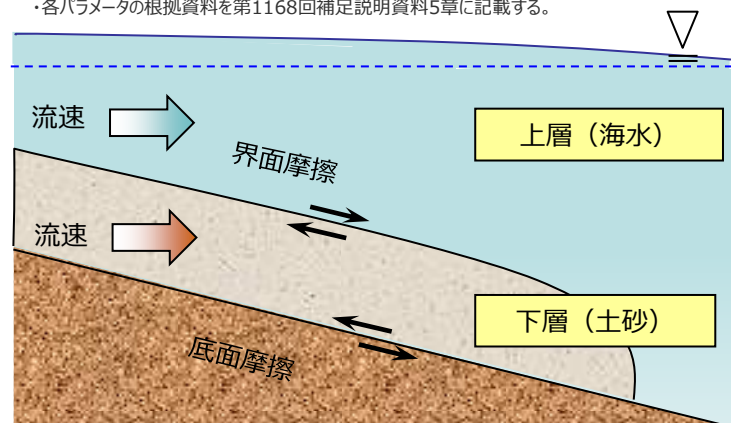
- 二層流モデルの手法は、上層（海水）と下層（土砂）の二層の流体を考慮したシミュレーションにより水位変動を推定する手法である。
- 二層流モデルに基づく津波シミュレーションの計算条件は以下のとおり。

二層流モデルに基づく数値シミュレーションの計算条件

| 項目 | | 設定値 |
|--------------------------------|----------|-------|
| 密度 (g/cm ³) | 上層（海水） | 1.03 |
| | 下層（土砂）※1 | 1.40 |
| マニングの粗度係数(m ^{-1/3} s) | 上層（海水） | 0.025 |
| | 下層（土砂）※2 | 0.40 |
| 界面抵抗係数※2 | | 0.2 |
| 水平渦動粘性係数(m ² /s)※2 | | 0.1 |

※1 地質調査所(1998)：「東海沖堆積物の物理的性質」、
『東海沖海域の海洋地質学的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究』、平成9年度研究概要報告書
※2 Kawamata et al.(2005)

・各パラメータの根拠資料を第1168回補足説明資料5章に記載する。



二層流モデルでは、
上層（海水）と下層（土砂）
を同時に計算する。

○上層（海水）

$$\frac{\partial(\eta_1 - \eta_2)}{\partial t} + \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1^2}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x} = DIFF_{1,x} - \beta \frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} - (1 - \beta) \cdot INTF_x$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_1^2}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial y} = DIFF_{1,y} - \beta \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} - (1 - \beta) \cdot INTF_y$$

○下層（土砂）

$$\frac{\partial \eta_2}{\partial t} + \frac{\partial M_2}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2^2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \right) = DIFF_{2,x} + \alpha \cdot INTF_x - \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2}$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_2^2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial y} + \frac{\partial \eta_2}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial y} \right) = DIFF_{2,y} + \alpha \cdot INTF_y - \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2}$$

η : 水位変動量 (η_1 : 静水面からの水位変化量、 η_2 : 土砂流の厚さ)、 h : 水深、 D : 全水深、
 M, N : x, y 方向の線流量、 u, v : x, y 方向の流速、 g : 重力加速度、 ρ : 密度、 α : 密度比 ($=\rho_1/\rho_2$)、
 β : 下層に土砂がない場合 $\beta = 1$ 、土砂がある場合 $\beta = 0$ 、

τ/ρ : 底面摩擦係数 (n : マニングの粗度係数)

$$\frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} = \frac{gn_1^2}{D_1^{7/3}} M_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2} \quad \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2} = \frac{gn_2^2}{D_2^{7/3}} M_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$$\frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} = \frac{gn_1^2}{D_1^{7/3}} N_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2} \quad \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2} = \frac{gn_2^2}{D_2^{7/3}} N_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$INTF$: 界面抵抗力 (f_{int} : 界面抵抗係数、 u, v : x 方向、 y 方向の流速)

$$INTF_x = f_{int} \bar{u} \sqrt{u^2 + v^2} \quad \bar{u} = u_1 - u_2$$

$$INTF_y = f_{int} \bar{v} \sqrt{u^2 + v^2} \quad \bar{v} = v_1 - v_2$$

$DIFF$: 渦動粘性項 (ν : 水平渦動粘性係数)

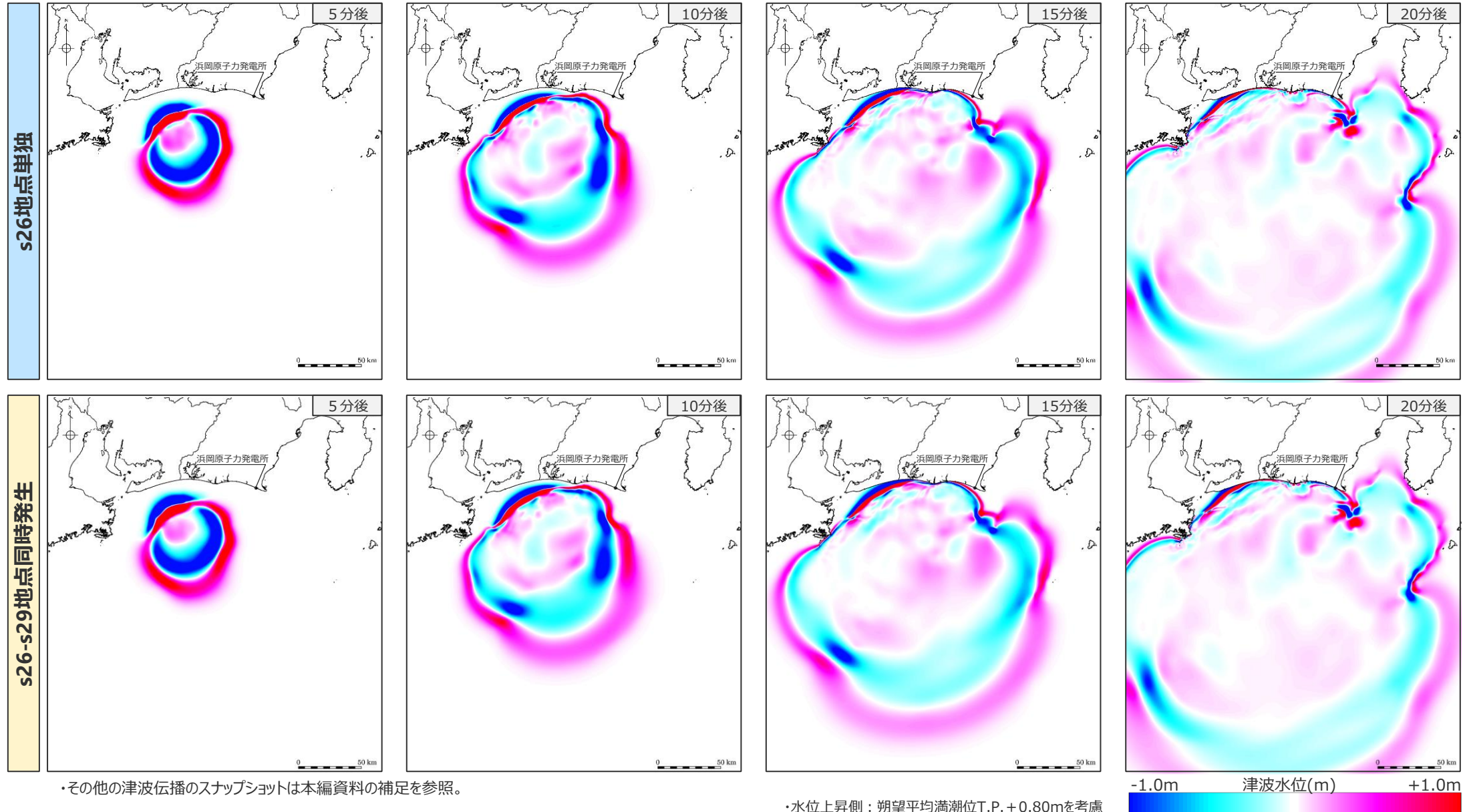
$$DIFF_{1,x} = \nu_1 \left(\frac{\partial^2 M_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_1}{\partial y^2} \right) \quad DIFF_{2,x} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right)$$

$$DIFF_{1,y} = \nu_1 \left(\frac{\partial^2 N_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_1}{\partial y^2} \right) \quad DIFF_{2,y} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right)$$

※添え字の1・2はそれぞれ上層・下層を、 $x \cdot y$ はそれぞれ x 方向・ y 方向を示す。

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）
海底地すべりの同時発生による影響確認
 （津波伝播状況（Wattsほかの手法：水位上昇側））

■ Wattsほかの手法によるs26地点単独発生とs26-s29地点同時発生の水面上昇側の津波について、5～20分後までの津波伝播のスナップショットを示す。



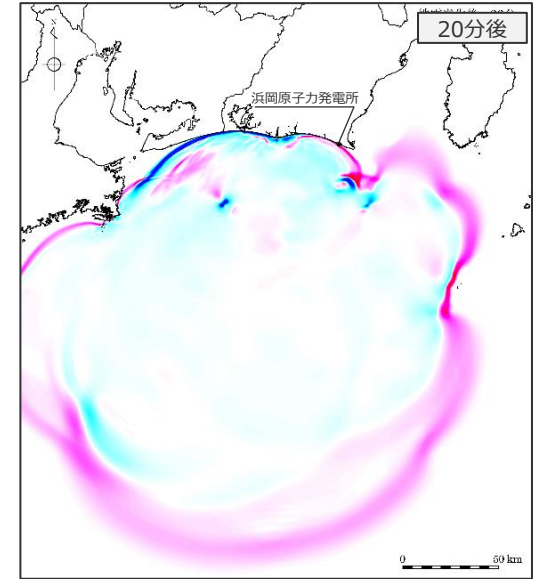
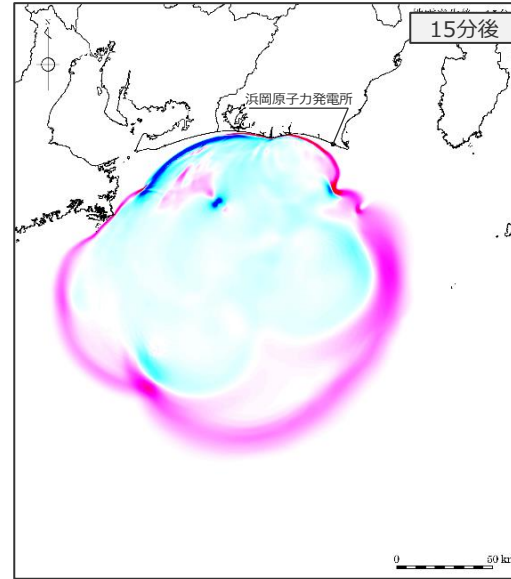
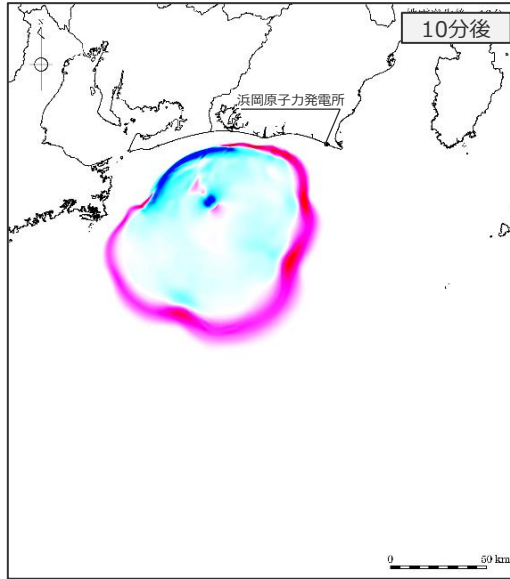
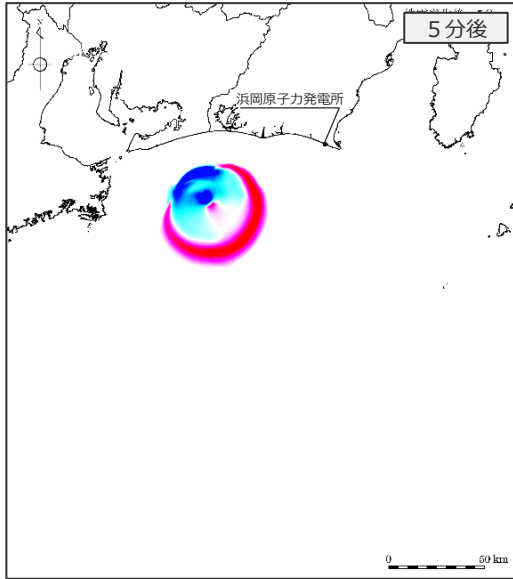
・その他の津波伝播のスナップショットは本編資料の補足を参照。

・水位上昇側：朔望平均満潮時T.P.+0.80mを考慮

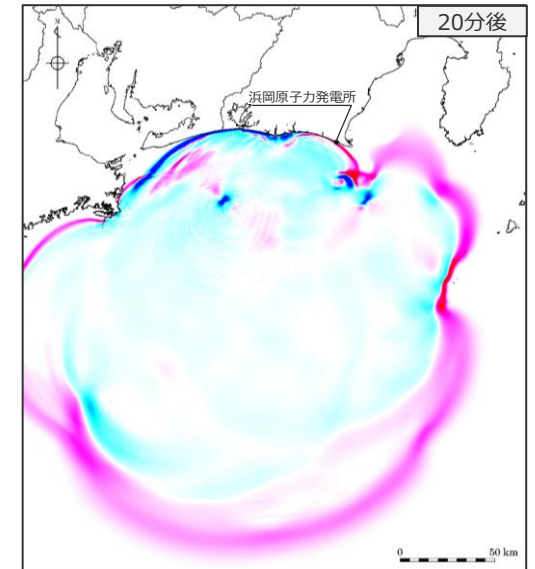
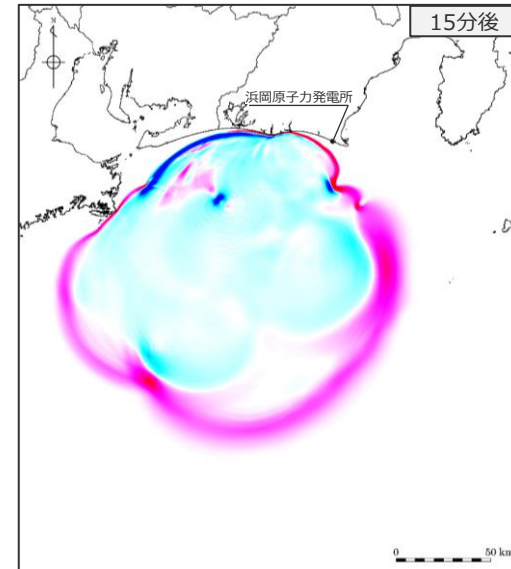
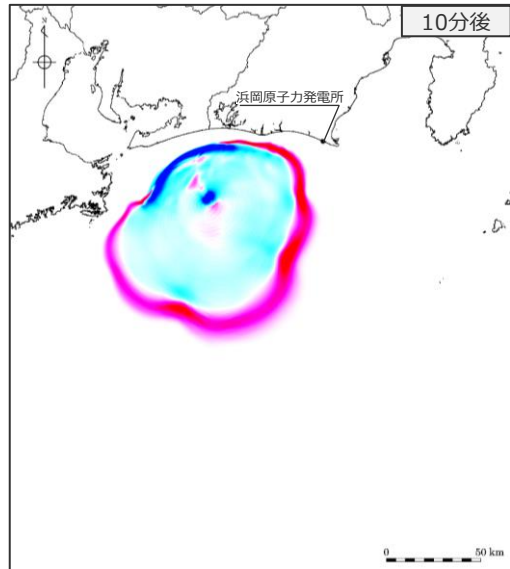
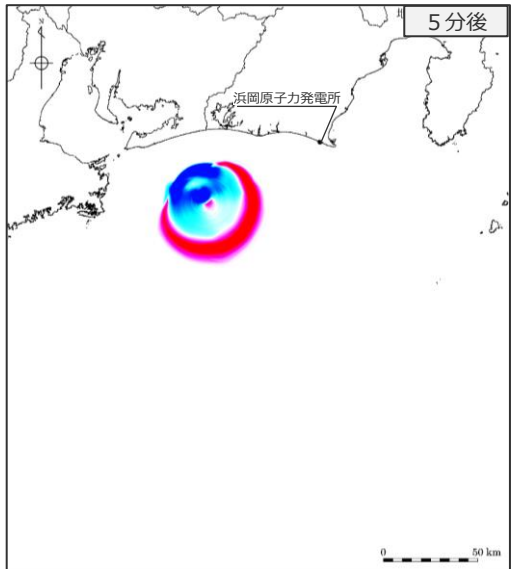
コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認）
海底地すべりの同時発生による影響確認
 （津波伝播状況（二層流モデルの手法：水位上昇側））

■ 二層流モデルの手法によるs26地点単独発生とs26-s29地点同時発生の水面上昇側の津波について、5～20分後までの津波伝播のスナップショットを示す。

s26地点単独

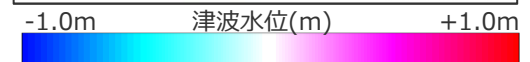


s26-s29地点同時発生



・その他の津波伝播のスナップショットは本編資料の補足を参照。

・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮



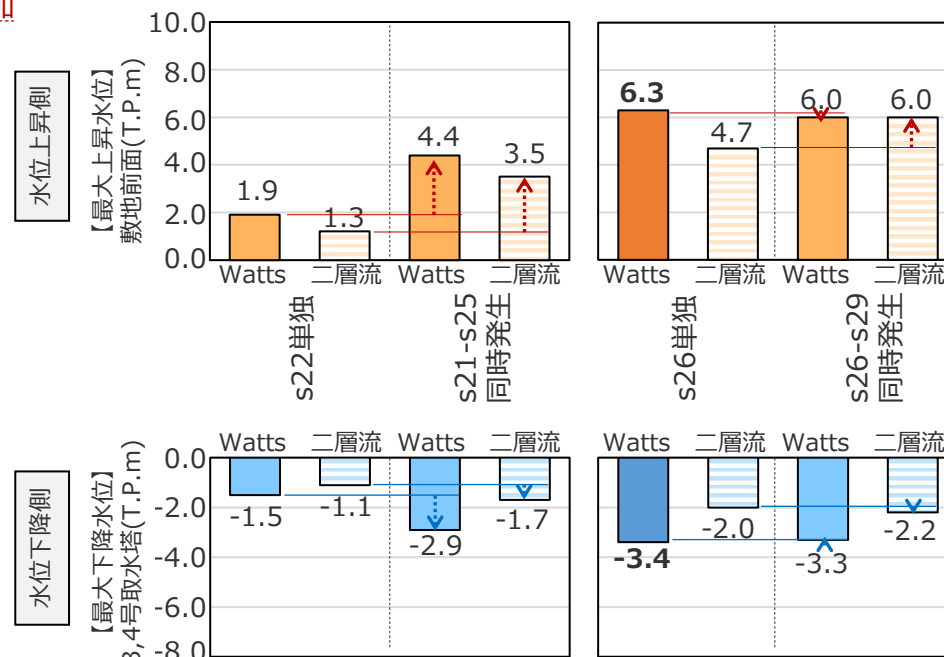
コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） 海底地すべりの同時発生による影響確認 （確認結果）

■ 「s21-s25地点の海底地すべり」および「s26-s29地点の海底地すべり」について、地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源を設定し、単独発生の検討と同様に複数の手法（Wattsほかの手法および二層流モデルの手法）を用いて数値シミュレーションによる評価を行い、地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波水位と比較した。その結果は、以下のとおり。

単独発生と同時発生の評価結果の比較 コメント回答に伴い追加

| 地点名 | s21-s25地点 | | | | s26-s29地点 | | | |
|--|---------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|
| | s22地点 単独発生 | | s21-s25地点 同時発生 | | s26地点 単独発生 | | s26-s29地点 同時発生 | |
| 地すべり体の体積 (億m ³) | 12 | | 36 | | 33 | | 47 | |
| 敷地からの距離 (km) | 63 | | | | 68 | | | |
| | Watts | 二層流 | Watts | 二層流 | Watts | 二層流 | Watts | 二層流 |
| 【最大上昇水位】 敷地前面(T.P.m) | 1.9 | 1.3 | 4.4 | 3.5 | 6.3 | 4.7 | 6.0 | 6.0 |
| 【最大下降水位】 3,4号取水塔(T.P.m) (水位低下時間) | -1.5 (なし) | -1.1 (なし) | -2.9 (なし) | -1.7 (なし) | -3.4 (なし) | -2.0 (なし) | -3.3 (なし) | -2.2 (なし) |

・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
 ・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
 ・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間



単独発生と同時発生の評価結果の比較

・時刻歴波形、津波伝播状況は本編資料の補足参照

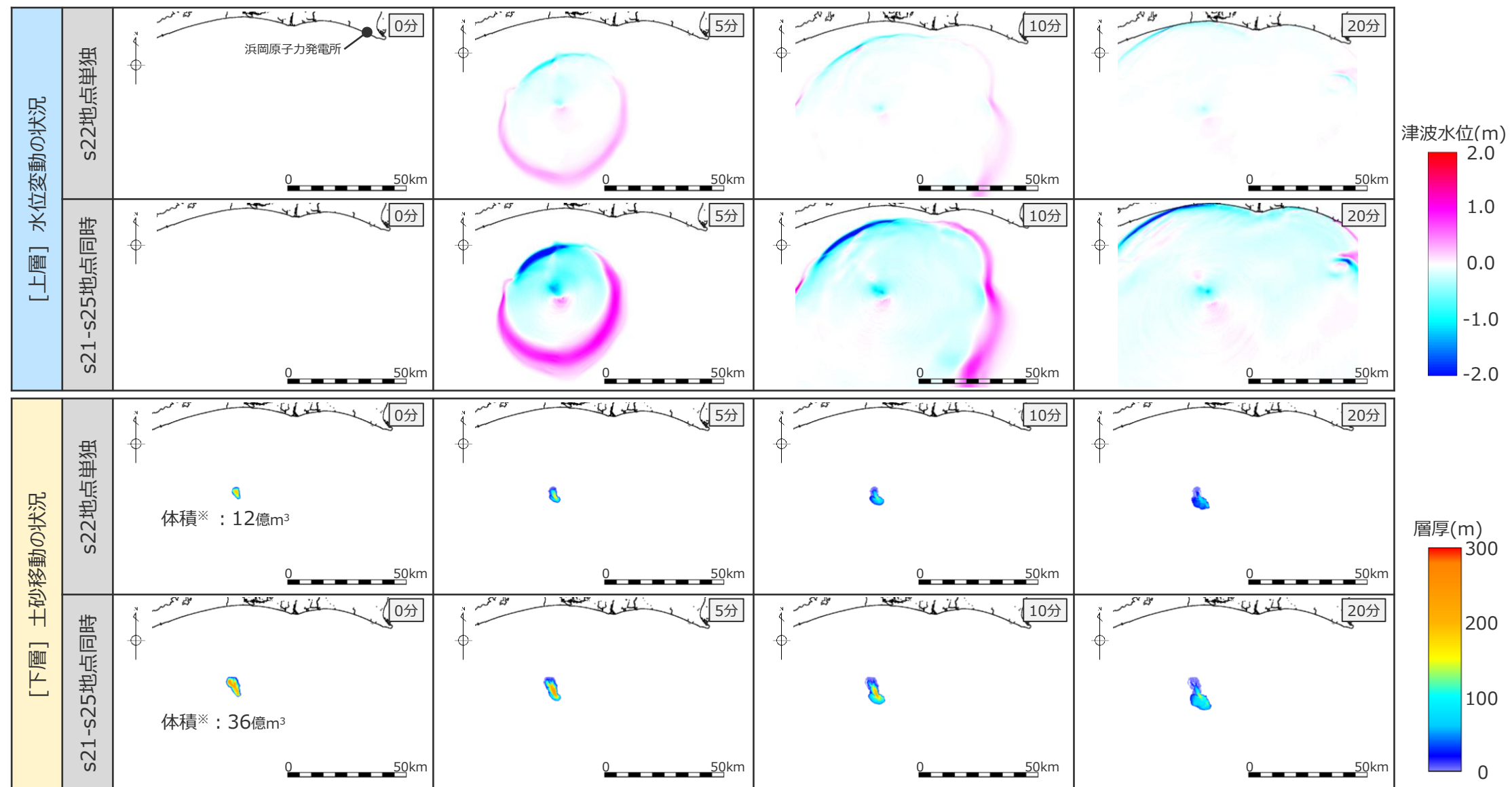
■ 最大上昇水位・最大下降水位ともに、Wattsほかの手法によるs26地点単独発生の影響が最も大きく安全側の評価になることを確認した。
 ■ 二層流モデルの手法では同時発生の評価結果が単独発生よりも大きくなっているのに対して、Wattsほかの手法ではs26-s29地点同時発生の評価結果がs26地点単独発生よりもやや小さくなっていることを確認した。

■ 二層流モデルの手法およびWattsほかの手法による同時発生の評価結果の分析を実施し、Wattsほかの手法によるs26-s29地点同時発生の評価結果がs26地点単独発生よりもやや小さくなっている要因を検討。

同時発生の評価結果の分析

(二層流モデルの手法による同時発生の評価結果の分析：土砂移動と水位変動のスナップショット(s21-s25地点))

- 二層流モデルの手法における土砂移動と水位変動のスナップショットについて、s22地点単独発生とs21-s25地点同時発生とを比較して示す。
- 二層流モデルの手法では、地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定しており、同時発生の評価結果は、単独発生と比較して、土砂の移動体積が大きく、それに伴い発生する水位変動も大きくなっていることが確認できる。この影響により、敷地前面の津波高が大きくなっていると考えられる。

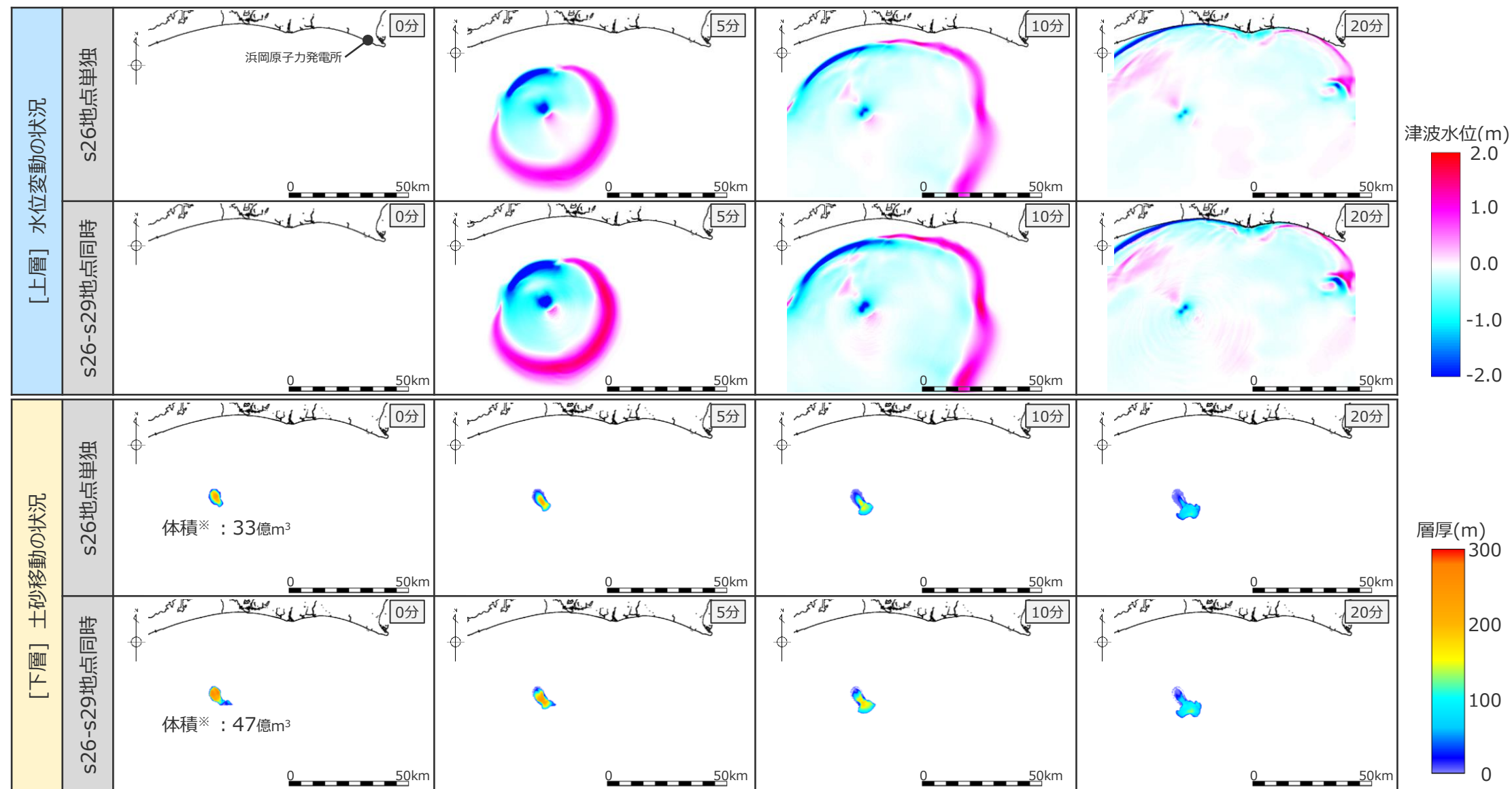


※ 地すべり体の体積は、地すべり体の概略体積とは異なり、地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出した。

同時発生の評価結果の分析

(二層流モデルの手法による同時発生の評価結果の分析：土砂移動と水位変動のスナップショット(s26-s29地点))

- 二層流モデルの手法における土砂移動と水位変動のスナップショットについて、s26地点単独発生とs26-s29地点同時発生とを比較して示す。
- 二層流モデルの手法では、地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定しており、同時発生の評価結果は、単独発生と比較して、土砂の移動体積が大きく、それに伴い発生する水位変動も大きくなっていることが確認できる。この影響により、敷地前面の津波高が大きくなっていると考えられる。



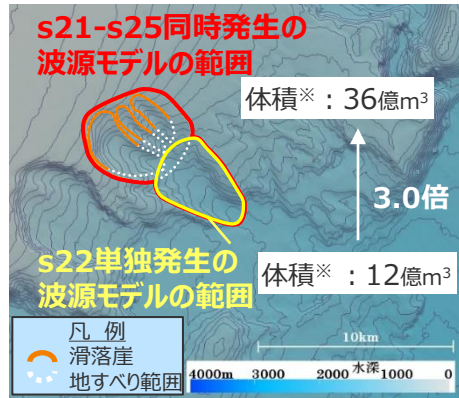
※ 地すべり体の体積は、地すべり体の概略体積とは異なり、地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出した。

同時発生の評価結果の分析

（Wattsほかの手法による同時発生の評価結果の分析：初期水位の変化率）

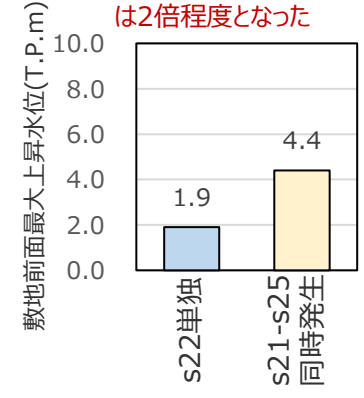
- s21-s25地点およびs26-s29地点の海底地すべりについて、地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとしてWattsほかの手法に基づき設定した同時発生の波源モデルのパラメータは、単独発生の波源モデルと比較して、地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）、地すべり体の初期位置水深、斜面勾配に差異がある。
- ここでは、同時発生と単独発生のWattsほかの手法に基づくパラメータの違いが、波源位置における初期水位の最大値に与える影響を分析した。その結果は以下のとおり。
 - ・ s21-s25地点の同時発生では、Wattsほかの手法に基づく地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）が特に大きくなること、単独発生の波源よりも上方に波源が広がり初期位置水深が小さくなることにより、初期水位の最大値が約2.7倍となっている。この影響により敷地前面の津波水位が大きくなっていると考えられる。
 - ・ s26-s29地点の同時発生では、Wattsほかの手法に基づく地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）があまり大きにならない一方で、単独発生の波源よりも下方に波源が広がり初期位置水深が大きくなることにより、初期水位の最大値が約0.9倍となっている。この影響により敷地前面の津波水位がやや小さくなっていると考えられる。

s21-s25地点における同時発生と単独発生の波源モデルの比較

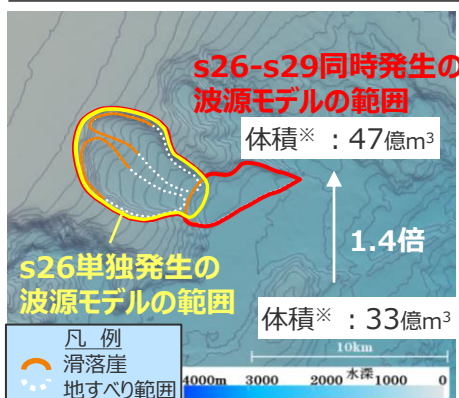


| 項目 | 地すべり体の寸法 | | | 地すべり体の初期位置水深 d (m) | 斜面勾配 θ (°) |
|--|----------------|----------------|---------------|----------------------|-------------------|
| | 地すべり長さ b (m) | 地すべり厚さ T (m) | 地すべり幅 w (m) | | |
| 波源モデルのパラメータの変化率 (同時発生 / s22地点単独発生) | 1.75 倍 | 1.32 倍 | 1.31 倍 | 0.78 倍 | 1.13 倍 |
| 上記による、Wattsほかの予測式の初期水位の最大値 $\eta_{0,3D}$ の変化率 (同時発生 / s22地点単独発生) | 1.8 倍 | | | 1.5 倍 | 1.0 倍 |
| | = 計 2.7 倍 | | | | |

敷地前面最大上昇水位は2倍程度となった

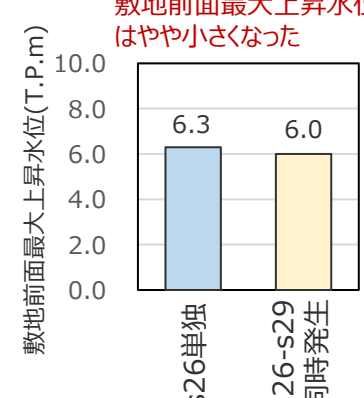


s26-s29地点における同時発生と単独発生の波源モデルの比較



| 項目 | 地すべり体の寸法 | | | 地すべり体の初期位置水深 d (m) | 斜面勾配 θ (°) |
|--|----------------|----------------|---------------|----------------------|-------------------|
| | 地すべり長さ b (m) | 地すべり厚さ T (m) | 地すべり幅 w (m) | | |
| 波源モデルのパラメータの変比率 (同時発生 / s26地点単独発生) | 1.08 倍 | 1.04 倍 | 1.00 倍 | 1.14 倍 | 1.02 倍 |
| 上記による、Wattsほかの予測式の初期水位の最大値 $\eta_{0,3D}$ の変化率 (同時発生 / s26地点単独発生) | 1.1 倍 | | | 0.8 倍 | 1.0 倍 |
| | = 計 0.9 倍 | | | | |

敷地前面最大上昇水位はやや小さくなった



※ 地すべり体の体積は、地すべり体の概略体積とは異なり、地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出した。

・朔望平均満潮位T.P. + 0.80mを考慮

同時発生の評価結果の分析

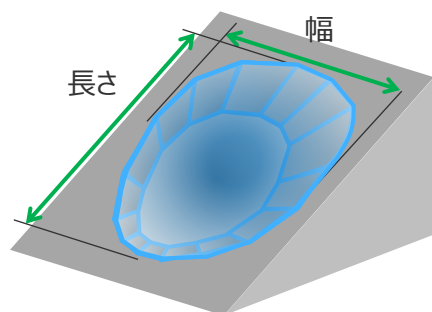
（両手法によるs26-s29地点の同時発生の分析結果の考察）

- 二層流モデルの手法では、地すべり体の形状そのものを初期下層(土砂)分布として設定しており、s26-s29地点の同時発生の評価結果は、単独発生と比較して、土砂の移動体積が大きく、それに伴い発生する水位変動も大きくなっていることが確認できる。この影響により、敷地前面の津波高が大きくなっていると考えられる。(p.24)
- Wattsほかの手法では、地すべり体の形状等からWattsほかの手法に用いる地すべり体の寸法等を設定しており、s26-s29地点の同時発生の評価結果は、単独発生と比較して、Wattsほかの手法に基づく地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）があまり大きくならない一方で、単独発生の波源よりも下方に波源が広がり初期位置水深が大きくなることにより、初期水位が小さくなっていることが確認できる。この影響により敷地前面の津波水位がやや小さくなっていると考えられる。(p.25)

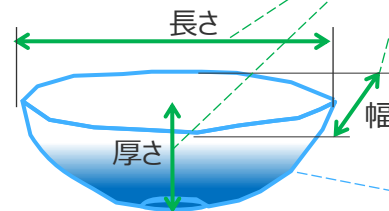


■ このように両手法では、評価手法の違いに伴って、計算に用いる地すべり体の情報なども異なり、その結果、同時発生と単独発生の評価結果の関係にも差異が生じている。本検討の実施により、評価手法が確立していない海底地すべりについて、複数の手法を用いて総合的に評価することで安全側の評価となることを再確認できた。

- : 二層流モデルの手法の計算に用いる地すべり体の情報
- : Wattsほかの手法の計算に用いる地すべり体の情報



地すべり体の形状イメージ（上から）



地すべり体の形状イメージ（横から）

Wattsほかの手法の計算に用いる
地すべり体の情報
: 地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）

二層流モデルの手法の計算に用いる
地すべり体の情報
: 地すべり体の形状そのもの

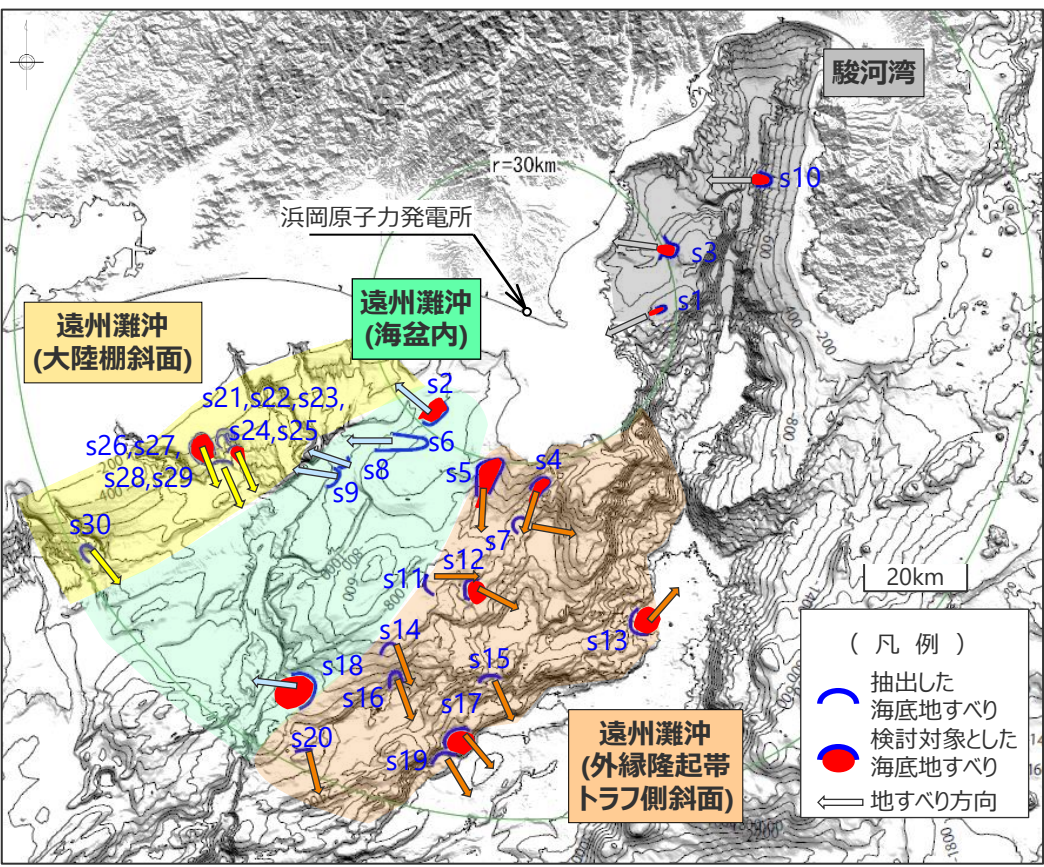
二層流モデルの手法、Wattsほかの手法の計算に用いる地すべり体の情報

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） 検討対象とする海底地すべりの選定結果の妥当性確認

- 検討対象とする海底地すべりは、その津波の指向性を考慮し、南海トラフの地形的特徴に基づく領域ごとに、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき選定した。
- ここで、同時発生に関する影響分析の結果から、地すべり体の体積、敷地からの距離に加え、地すべり体の初期位置水深が津波評価に与える影響も比較的大きいと考えられることを踏まえ、検討対象の選定結果の妥当性確認として、個々の地すべりの初期位置水深を確認した。
- その結果、敷地に最も影響の大きいs26地点の海底地すべりの初期位置水深は比較的小さいこと、また、初期位置水深がs26地点より小さい海底地すべりは全て検討対象として選定できていることを確認し、地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき行った検討対象とする海底地すべりの選定結果について、地すべりの初期位置水深の観点からも妥当であることを確認した。

検討対象とする海底地すべりの選定結果と、海底地すべりの初期位置水深

(赤字: 検討対象とする海底地すべり地点)



検討対象とする海底地すべりの選定結果

・南海トラフの地形的特徴に基づく領域(4領域)それぞれの中で見て、初期位置水深の比較的小さい海底地すべりが検討対象として選定されており、選定されたものよりも初期位置水深が極端に小さい海底地すべりは存在しない。

| 地点名 | 選定に用いたパラメータ | | 海底地すべりの初期位置水深(m) | 選定理由 | |
|---------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------|-----------------------------|
| | 地すべり体の概略体積(億m ³) | 敷地からの距離(km) | | | |
| 遠州灘沖 (海盆内) | s2 | 15 | 27 | 600 | 遠州灘沖(海盆内)の中で最も敷地に近い |
| | s6 | 7 | 38 | 580 | - |
| | s8 | 3 | 46 | 980 | - |
| | s9 | 4 | 50 | 1,040 | - |
| 遠州灘沖 (外縁隆起帯 トラフ側斜面) | s18 | 26 | 87 | 1,690 | s2地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| | s4 | 4 | 35 | 900 | 遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)の中で最も敷地に近い |
| | s5 | 10 | 35 | 820 | 遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)の中で最も敷地に近い |
| | s7 | 5 | 42 | 1,300 | - |
| | s11 | 8 | 55 | 970 | - |
| | s12 | 20 | 56 | 1,200 | s5地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| | s13 | 41 | 64 | 3,450 | s12地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| | s14 | 12 | 72 | 1,200 | - |
| | s15 | 5 | 74 | 2,460 | - |
| | s16 | 5 | 77 | 2,120 | - |
| | s17 | 58 | 86 | 3,200 | s13地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| | s19 | 32 | 91 | 3,220 | - |
| | s20 | 10 | 97 | 1,980 | - |
| | 遠州灘沖 (大陸棚斜面) | s21 | 11 | 63 | 580 |
| s22 | | 12 | 63 | 930 | 遠州灘沖(大陸棚斜面)の中で敷地に近く、体積が大きい |
| s23 | | 7 | 64 | 610 | - |
| s24 | | 1 | 63 | 690 | - |
| s25 | | 1 | 62 | 720 | - |
| s26 | | 32 | 68 | 510 | s22地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| s27 | | 11 | 71 | 670 | - |
| s28 | | 7 | 67 | 660 | - |
| s29 | | 1 | 65 | 1,000 | - |
| s30 | | 4 | 99 | 1,370 | - |
| 駿河湾 | | s1 | 1 | 25 | 180 |
| | s3 | 5 | 31 | 470 | s1地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |
| | s10 | 11 | 52 | 1,250 | s3地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい |

コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） 複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認のまとめ（再掲）

海底地すべりの同時発生による影響確認

海底地すべり地形とその周辺の地形判読調査（詳細は本編資料の補足を参照）

- 遠州灘沖の大陸棚斜面のs21-s25地点（s21,s22,s23,s24,s25地点）、および s26-s29地点（s26,s27,s28,s29地点）の海底地すべりは、複数の滑落崖が認められ、海底地すべりの進展メカニズムおよび進展事例を踏まえると、個々の地すべりが徐々に進展して発生したと考えられ、また、海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目した地形判読を行った結果、個々の地すべりの発生間隔は同時発生とみなせるような短いものではなく、侵食過程を経るなどの時間経過において発生したと考えられる。

海底地すべりの同時発生による影響確認（詳細は本編資料の補足を参照）

- ここでは、「s21-s25地点の海底地すべり」、「s26-s29地点の海底地すべり」について、仮に個々の地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認を行うこととした。地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源を設定し、単独発生の検討と同様に複数の手法（Wattsほかの手法および二層流モデルの手法）を用いて数値シミュレーションによる評価を行い、地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波高と比較した。
- 複数の手法により評価した結果、最大上昇水位・最大下降水位ともに、Wattsほかの手法によるs26地点単独発生の影響が最も大きく安全側の評価になることを確認した。また、二層流モデルの手法では同時発生の評価結果が単独発生よりも大きくなっているのに対して、Wattsほかの手法ではs26-s29地点同時発生の評価結果がs26地点単独発生よりもやや小さくなっていることを確認した。

同時発生の評価結果の分析（詳細は本編資料の補足を参照）

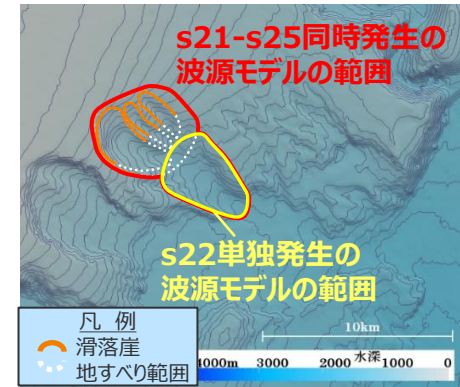
- s26-29地点の同時発生の評価結果の分析を行った結果、二層流モデルの手法では、土砂の移動体積が大きくなるに伴い発生する水位変動が大きくなることの影響により、同時発生の敷地前面の津波高が単独発生よりも大きくなっていることを確認した。一方、Wattsほかの手法では、Wattsほかの手法に基づく地すべり体の寸法（長さ・厚さ・幅）があまり大きくならない一方で、波源が下方に広がり初期位置水深が大きくなることで発生する初期水位が小さくなることの影響により、同時発生の敷地前面の津波高が単独発生よりもやや小さくなっていることを確認した。
- 以上より、s26地点の単独発生のWattsほかの手法による評価結果は、同時発生を仮定した場合のWattsほかの手法および二層流モデルの手法による評価結果よりも大きく、これらの評価結果を代表できることを確認した。

検討対象とする海底地すべりの選定

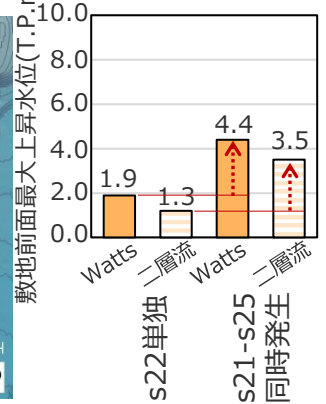
選定結果の妥当性確認（詳細は本編資料の補足を参照）

- 同時発生による評価結果の分析の結果から、地すべり体の体積、敷地からの距離に加え、地すべり体の初期位置水深が津波評価に与える影響も比較的大きいと考えられることを踏まえ、地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき行った検討対象とする海底地すべりの選定結果が初期位置水深の観点からも妥当であることを確認した。

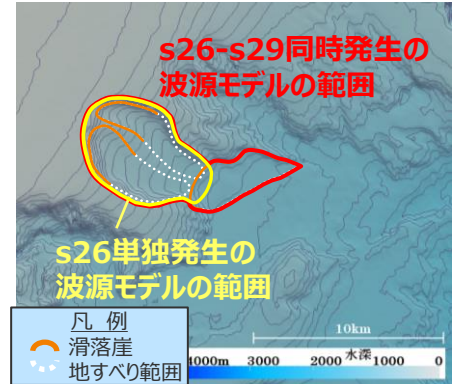
s21-s25地点における 同時発生と単独発生の波源モデル



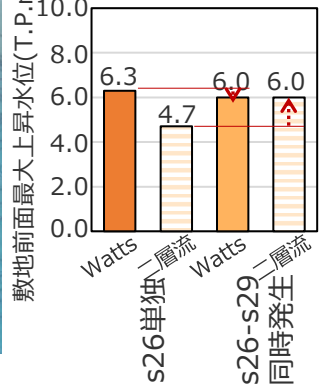
単独発生よりも同時発生の評価結果が大きくなっている



s26-s29地点における 同時発生と単独発生の波源モデル



Wattsほかの手法では単独発生よりも同時発生の評価結果がやや小さくなっている



・朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮

目次

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 【海底地すべりの津波評価】 | 5 |
| 全体概要 | 5 |
| コメント回答（二層流モデルの手法による同時発生の影響確認） | 8 |
| 【地震以外の要因による津波の評価結果まとめ】 | 29 |

地震以外の要因による津波の評価結果まとめ

■ 地震以外の要因による津波評価結果は以下のとおり。

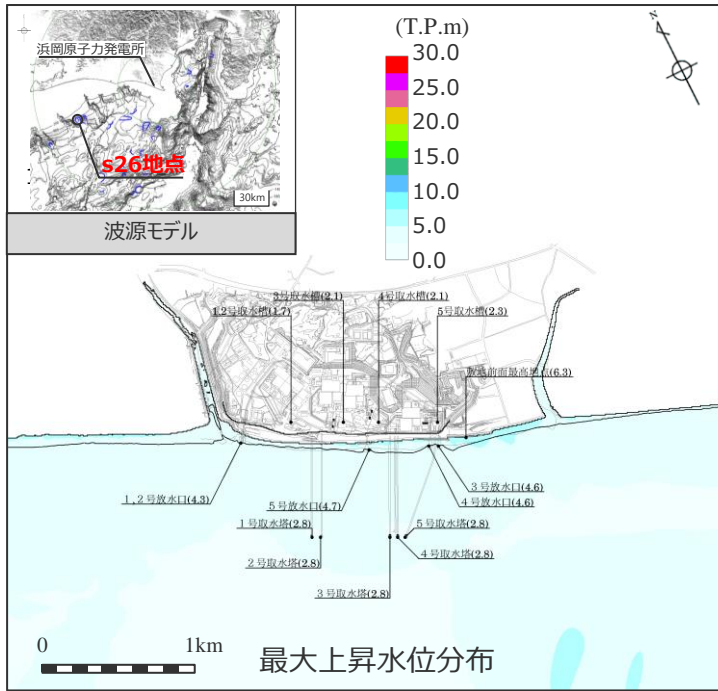
【地震以外の要因による津波】

| 津波発生要因 | | | | 【水位上昇側】 最大上昇水位 (T.P.m) | | | | | 【水位下降側】 最大下降水位 (T.P.m) (水位低下時間) | |
|--------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| | | | | 敷地外 | 敷地内 | | | | 敷地外 | |
| | | | | 敷地 前面 | 1,2号 取水槽 | 3号 取水槽 | 4号 取水槽 | 5号 取水槽 | 3号 取水塔 | 4号 取水塔 |
| 地すべり | 海底地すべり | 遠州灘沖 (海盆内) | s2地点の海底地すべり | 3.1 | 1.4 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | -1.9(なし) | -1.9(なし) |
| | | | s18地点の海底地すべり | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | -1.3(なし) | -1.3(なし) |
| | | 遠州灘沖 (外縁隆起帯 トラフ側斜面) | s4地点の海底地すべり | 1.3 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | -1.2(なし) | -1.2(なし) |
| | | | s5地点の海底地すべり | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | -1.4(なし) | -1.4(なし) |
| | | | s12地点の海底地すべり | 1.5 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | -1.6(なし) | -1.6(なし) |
| | | | s13地点の海底地すべり | 2.1 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | -1.5(なし) | -1.5(なし) |
| | | | s17地点の海底地すべり | 3.2 | 1.3 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | -1.8(なし) | -1.8(なし) |
| | | 遠州灘沖 (大陸棚斜面) | s22地点の海底地すべり | 1.9 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | -1.5(なし) | -1.5(なし) |
| | | | s26地点の海底地すべり | 6.3 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | -3.4(なし) | -3.1(なし) |
| | 駿河湾 | s1地点の海底地すべり | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | -1.1(なし) | -1.1(なし) | |
| | | s3地点の海底地すべり | 2.5 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.6 | -1.4(なし) | -1.4(なし) | |
| | | s10地点の海底地すべり | 1.8 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | -1.3(なし) | -1.3(なし) | |
| | 陸上地すべり | 伊豆市小下田 | No.4地すべり | 1.1* | (敷地前面の津波高から影響が小さいと評価) | | | | | |
| 火山現象 | 山体崩壊 | 御蔵島 | 2.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | -1.6(なし) | -1.6(なし) | |
| | 火砕流の海域への突入 | 神津島火山群 | 2.0* | (敷地前面の津波高から影響が小さいと評価) | | | | | | |
| | 海中噴火・カルデラ陥没等 | 大室ダシ | 1.3* | (敷地前面の津波高から影響が小さいと評価) | | | | | | |

- ・ 水位上昇側では朔望平均満潮位T.P. + 0.80mを、水位下降側では朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮
(数値シミュレーションによる津波評価では数値計算の中で朔望平均潮位を考慮。津波予測式による津波評価(斜字*)では津波水位の算定後に朔望平均潮位を加算。)
- ・ 水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間
- ・ 津波評価に当たっては、過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等について、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域では巨大噴火を起こすとは考えにくい、仮に陸域を含む伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模よりもさらに1オーダー大きい北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模の海中噴火・カルデラ陥没等(VEI7クラス(100km³)のウルトラプリニー式噴火)を想定した場合の影響確認も実施し、敷地への津波影響(敷地前面で最大8.4m(大室ダシ))が、プレート間地震の津波と比較して十分小さいことを確認した。

地震以外の要因による津波の評価結果まとめ (s26地点の海底地すべり)

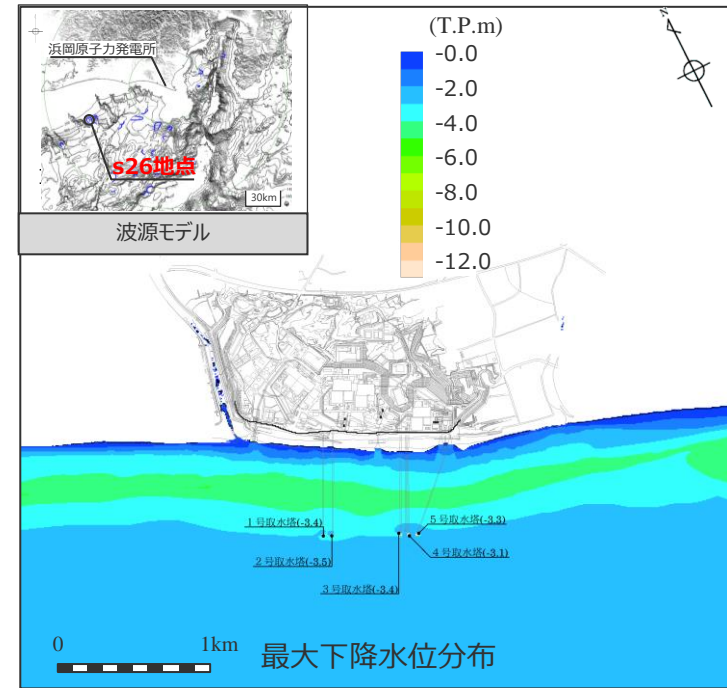
【水位上昇側】



◆ Wattsほかの予測式

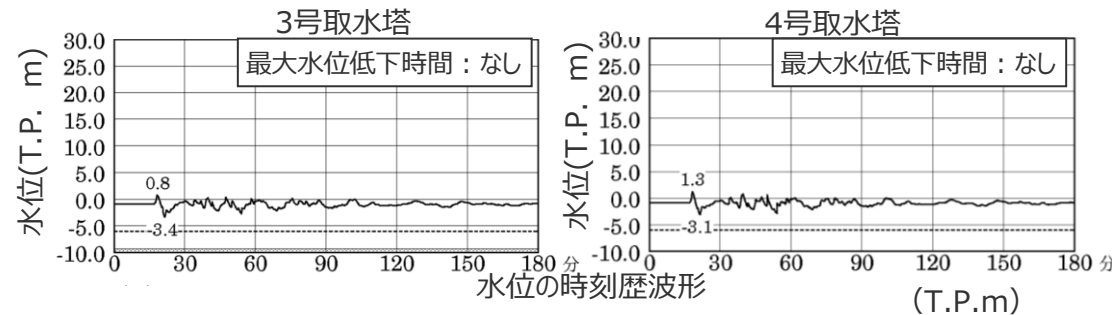
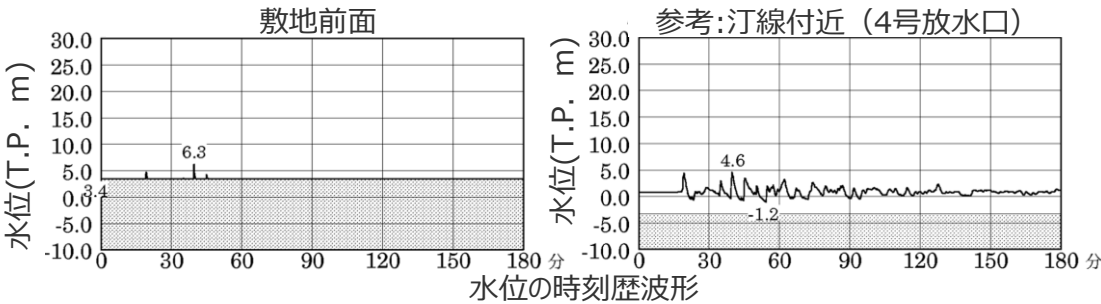
・朔望平均満潮位
T.P. + 0.80mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高

【水位下降側】



◆ Wattsほかの予測式

・朔望平均干潮位
T.P. - 0.93mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高
・点線は取水塔呑口
下端レベル



| ケース名 | 【水位上昇側】 最大上昇水位 | | | | | 【水位下降側】 最大下降水位 (水位低下時間) | |
|--------------|----------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|--------------|
| | 敷地前面 | 1,2号取水槽 | 3号取水槽 | 4号取水槽 | 5号取水槽 | 3号取水塔 | 4号取水塔 |
| s26地点の海底地すべり | 6.3 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | -3.4 (なし) | -3.1 (なし) |

・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間。

地震以外の要因による津波について

第547回審査会合（2018年2月9日）コメント一覧表

| 項目 | No. | コメント | コメント回答の概要 | 該当箇所 |
|-----------------------|-----|--|---|----------------------|
| 地すべりの津波評価 (海底地すべり) | 1 | 【海底地すべりの諸元の根拠】 ・海底地すべりの諸元の根拠を示すこと。 | ・地形判読調査により抽出した個々の海底地すべり地形について、地すべり地形の長さ、幅等の情報を地形図上に追記した。また、海底地すべりの規模（地すべり体の体積）の算定方法を統一し、関係頁に記載した。 | ・第767回資料1-1 2章他回答済 |
| | 2 | 【駿河湾の海底地すべりの検討】 ・駿河湾内の海底地すべりについて、定量的に津波影響を評価すること。 | ・コメントを踏まえて駿河湾内の海底地すべりを数値シミュレーションによる津波評価の対象として選定することに変更した。 | ・第767回資料1-1 2章回答済 |
| | 3 | 【s2地点の海底地すべりの波源モデル設定】 ・s2地点の海底地すべりの波源モデルについて、他の海底地すべりの波源モデルと同様、統一的な方法で設定すること。 | ・s2地点の海底地すべりの波源モデルについて、他の海底地すべりの波源モデルと同様に、周辺の地山へのすりつけ部分も含めて長さ・幅等を設定するように変更した。 | ・第767回資料1-1 2.3章回答済 |
| | 4 | 【海底地すべりの同時発生に関する検討】 ・遠州灘の大陸棚斜面に分布する隣り合った海底地すべりについて、同時発生した場合の影響検討を行うこと。 | ・遠州灘の大陸棚斜面に分布するs21-s25地点の海底地すべり、s26-s29地点の海底地すべりについて、同時発生した場合の影響検討を行った結果、個別の海底地すべりにより津波影響を代表できること確認した。 | ・第767回資料1-1 2.3章他回答済 |
| | 5 | 【海底地すべりの津波伝播状況】 ・海底地すべりの津波伝播状況のスナップショットを示すこと。 | ・海底地すべりの津波伝播状況のスナップショットについて、資料へ反映した。 | ・第767回資料1-1 2.3章他回答済 |
| 火山現象の津波評価 | 6 | 【検討対象とする火山の抽出範囲】 ・浜岡原子力発電所は敷地南方の伊豆小笠原弧に活発な火山があるという特徴を有しているため、地理的領域外の伊豆小笠原弧の火山も含めて検討すること。 | ・敷地南方の伊豆小笠原弧に活発な火山が分布するという特徴を踏まえて、地理的領域外の伊豆小笠原弧の火山も含めて調査および影響評価を行った。 | ・第767回資料1-1 3.1章回答済 |
| | 7 | 【火山現象の規模に関する評価結果の根拠】 ・個別火山の火山現象の規模に関する評価について、その過程や判断根拠を明確に示すこと。 | ・個別火山の調査・評価を再整理するとともに、その根拠が明確になるよう文献の追記、補足説明資料の追加を行った。また、火口が海底に位置する個別火山の調査には限界があることから、伊豆小笠原弧に関する調査も実施し、その地域性を踏まえて個別火山の火山現象の規模を検討した。 | ・第767回資料1-1 3.2章他回答済 |
| | 8 | 【火山現象の津波影響評価の方法】 ・地形的障壁と津波伝播距離とにより火山現象による津波の影響は小さいとしていることについて、火山現象ごとの具体的な検討内容を示すこと。 | ・地形的障壁による火山現象の津波評価を取り止め、火山現象ごとに津波の予測式を用いた影響評価を行うことに変更した。 | ・第767回資料1-1 3.3章回答済 |

地震以外の要因による津波について

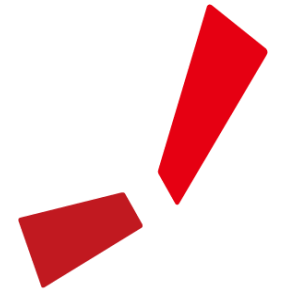
第767回審査会合（2019年9月6日）コメント一覧表

| 項目 | No. | コメント | コメント回答の概要 | 該当箇所 |
|-----------------------|-----|--|---|-------------------------|
| 地すべりの津波評価 (海底地すべり) | 1 | 【地すべり規模の算出方法の例示】 ・地すべり規模の三次元的な算出方法を具体的に示す図や説明を代表地点において例示すること。 | ・地すべり規模(地すべり体の体積)は、地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出していることを示す図と説明を追加した。 ・なお、用語を統一して分かりやすくする観点から、“地すべり規模”を、“地すべり体の体積”に統一した。 | ・第767回資料2-1 2.3章他回答済 |
| | 2 | 【同時発生に関する水位下降側の影響検討】 ・海底地すべりの同時発生に関する影響検討では、水位上昇側と合わせて水位下降側の検討結果も示すこと。 | ・同時発生に関する影響検討について、同時発生の場合の地すべり方向を再整理した上で、水位上昇側の検討結果と水位下降側の検討結果を合わせて示した。 | ・第767回資料2-1 2.3章他回答済 |
| | 3 | 【同時発生に関する影響検討の考え方】 ・s21-s25地点の海底地すべりの同時発生、s26-s29地点の海底地すべりの同時発生について影響検討を実施しているが、もう少し大局的に見て同じ海底斜面の中で隣接しているs21-s29地点の海底地すべりの同時発生を考慮する必要がないか検討すること。 | ・海底地すべりの進展メカニズムおよび進展事例を踏まえて、海底地すべりの同時発生に関する検討方針を明確にした。 ・s21-s25地点の海底地すべりとs26-s29地点の海底地すべりとは、地すべり地形の位置関係および傾斜方向の特徴から一方の地すべりの発生が他方の地すべりの発生に進展したのではないと考えられ、同時発生の影響検討を行うことまでは必要ないと考えられる。 | ・第767回資料2-1 2.3章他回答済 |
| 火山現象の津波評価 | 4 | 【伊豆小笠原弧の火山の噴火規模の根拠】 ・箱根火山群を含む伊豆小笠原弧の火山について、活動年代や噴出量が分かる火山は階段ダイアグラムを示すなど、噴火規模の根拠となるデータを示すとともに、改めて噴火規模の設定の妥当性を説明すること。 | ・箱根火山群を含む伊豆小笠原弧の火山の階段ダイアグラムなど噴火規模の根拠となるデータを「火山影響評価」の一部として示し、火山現象の津波評価における噴火規模の設定の妥当性を補強した。 | ・第767回資料2-1 3.1章他回答済 |
| | 5 | 【海中噴火による津波の予測式の適用性】 ・海中噴火・カルデラ陥没等による津波の予測式を国内外の海中噴火・カルデラ陥没等の観測事例や計算事例等に適用して、その適用性を検討すること。その際、地形的障壁による影響を考察すること。 | ・海中噴火・カルデラ陥没等による津波の予測式を1883年クラカタウ火山の津波と1952年明神礁の津波の事例に適用し、観測記録の津波高を概ね再現できることを確認した。 ・また、波源と観測地点との間に海峡などの大きな地形的障壁がある場合、津波の予測式により算定される津波高は観測記録と比べて過大になることを確認した。 | ・第767回資料2-1 3.3章他回答済 |
| | 6 | 【山体崩壊による津波の複数手法での検討】 ・山体崩壊による津波波源のうち最も影響の大きい波源については、津波の審査ガイドに照らして、複数の手法により検討すること。 | ・山体崩壊による津波のうち最も影響の大きい御蔵島の山体崩壊の津波について、津波の予測式による津波評価に加えて、数値シミュレーションによる津波評価を行った。 | ・第767回資料2-1 3.3章回答済 |
| | 7 | 【記載適正化】 ・津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定について、その過程や根拠の記載を再確認すること。 ・伊豆弧（海域）の中部地殻の厚さと噴出マグマの関係の図について、引用文献と資料内容との整合を確認すること。 | ・資料の記載を再確認し適正化した。 | ・第767回資料2-1 3.2章他回答済 |

地震以外の要因による津波について

第862回審査会合（2020年5月21日）コメント一覧表

| 項目 | No. | コメント | コメント回答の概要 | 該当箇所 |
|-----------------------|-----|---|---|-----------------------------|
| 地すべりの津波評価 (海底地すべり) | 1 | 【地すべりの同時発生における波源想定のお考え方の記載】 ・海底地すべりが同時発生した場合の影響検討について、Wattsの予測式に基づいてどのような海底地すべりを想定して津波高を計算したのかを示すこと。 | <ul style="list-style-type: none"> ・海底地すべりの同時発生による影響確認では、複数の地すべりが一体となって移動すると仮定し、地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源モデルを設定して津波評価を行っていることを明記した。 ・また、同時発生による評価結果の分析を追加で実施し、s26-29地点の同時発生は単独発生と比較して、地すべり体の寸法があまり大きくならない一方で、波源が下方に広がり初期位置水深が大きくなっている影響により、単独発生よりも津波高がやや小さくなっていることを確認した。 ・この同時発生による評価結果の分析の結果から、地すべり体の体積、敷地からの距離に加え、地すべり体の初期位置水深が津波評価に与える影響も比較的大きいと考えられることを踏まえ、地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき行った検討対象とする海底地すべりの選定結果が初期位置水深の観点からも妥当であることを確認した。 | ・第1168回資料2-1 No.1コメント回答 回答済 |
| 火山現象の津波評価 | 2 | 【海中噴火の調査対象の追加】 ・海中噴火・カルデラ陥没等の調査対象について、火口が海底に位置する火山に限定せず、火口が陸上に位置する火山も調査対象とすること。 | <ul style="list-style-type: none"> ・海中噴火・カルデラ陥没等の調査対象について、前回までは火口が海底に位置する火山のみを対象としていたが、今回は、火口が陸上に位置する火山も火山体の海中部から噴火する可能性があることなどを考慮し、全ての火山を調査対象とした。 | ・第1168回資料2-1 No.2コメント回答 回答済 |
| | 3 | 【海中噴火の規模の想定と敷地への影響確認】 ・過去の噴火に関するデータが不足している海底火山の海中噴火の規模の想定と敷地への影響について、仮想的に噴火規模を大きく想定して評価しても、その津波影響が浜岡で最も影響が大きいプレート間地震による津波より小さいことを示すことも含めて、検討すること。 | <ul style="list-style-type: none"> ・噴火規模に関するデータが不足している海底火山について、前回までは地域性を考慮して伊豆弧と小笠原弧とで異なる噴火規模（それぞれ6DREkm³、1.74DREkm³）を想定していたが、今回は、特に遠方の小笠原弧に関する情報が少ないことをより慎重に考慮し、伊豆小笠原弧の全域で伊豆小笠原弧の過去最大の噴火規模（6DREkm³）を考慮して津波評価を実施することとした。 ・さらに、仮想的に非常に大きな規模の海中噴火（VEI 7クラスのウルトラプリニー式噴火）を想定した場合の影響確認も実施し、敷地への津波影響がプレート間地震による津波より小さいことを確認した。 | ・第1168回資料2-1 No.3コメント回答 回答済 |



中部電力