H4-CA-277-R01

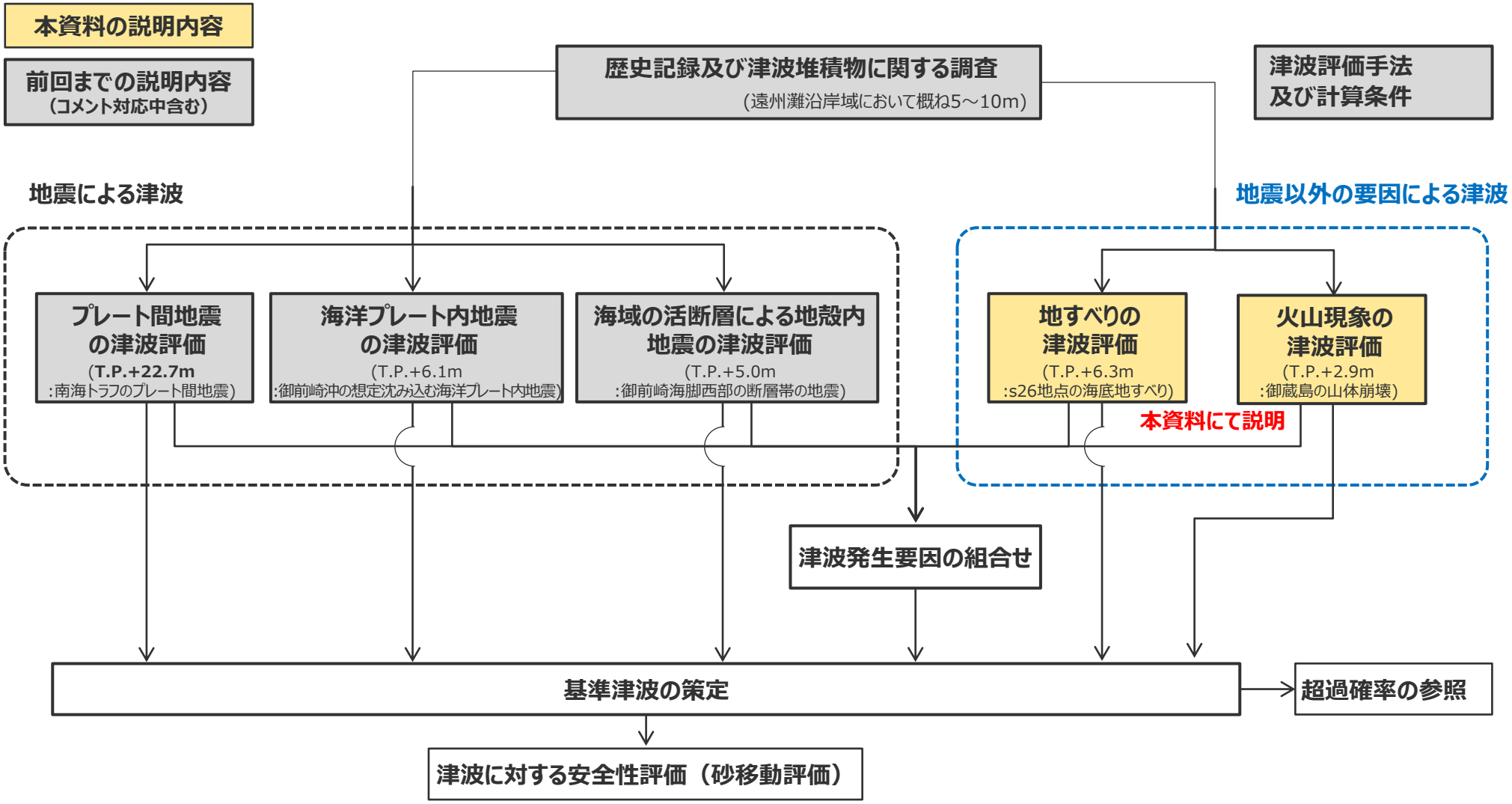
中部電力

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

２０２３年9月１９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。

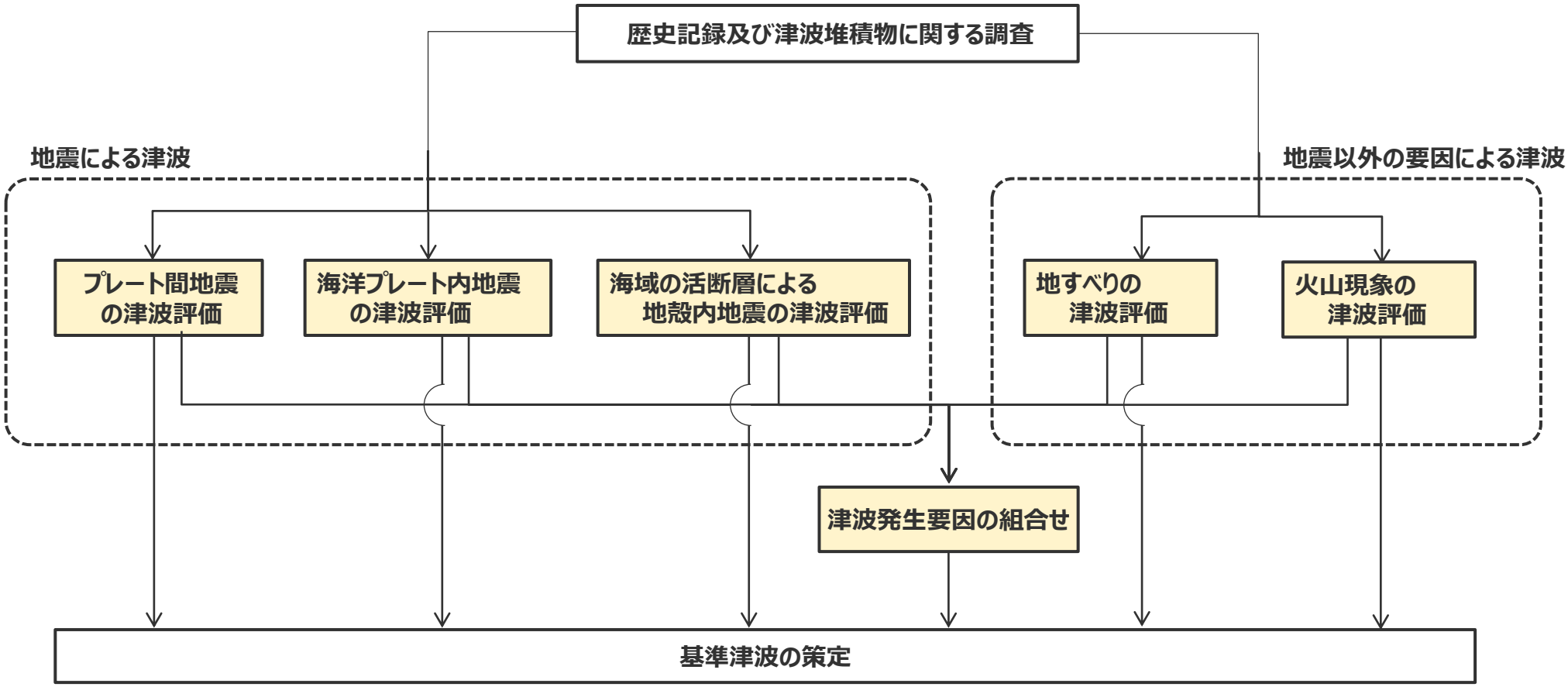
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

基準津波の策定の評価方針
（全体方針（１／２））

第1152回資料1-1
p.6再掲

全体方針

■ 基準津波は、歴史記録及び津波堆積物に関する調査を行ったうえで、敷地に影響を及ぼす可能性のある津波発生要因として、**地震による津波**（**プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震の津波**）及び**地震以外の要因による津波**（**地すべり（斜面崩壊含む）、火山現象の津波**）について、最新の科学的・技術的知見に基づき不確かさを考慮した津波評価を行うとともに、**津波発生要因の組合せ**も考慮して、水位上昇側および水位下降側のそれぞれについて、敷地に及ぼす影響が最も大きい津波を基準津波として策定する。



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

基準津波の策定の評価方針
（全体方針（２／２））

第1178回資料3-1
p.9再掲

■ 基準津波の策定に当たっては、地震規模が大きく浜岡敷地への津波影響が支配的と考えられる**プレート間地震**を中心とし、プレート間地震およびそれと組合せるその他の津波発生要因について網羅的な検討を実施する。

■ ここで、その他の津波発生要因のうち、**地すべり**および**海域の活断層による地殻内地震**について、地すべりはプレート間地震の地震動により発生し津波が重なる可能性があること、海域の活断層はプレート境界の上盤に位置しプレート間地震の破壊に伴い活動し津波が重なる可能性を否定できないことを慎重に考慮し、それぞれプレート間地震との組合せを検討する。

■ 一方、**海洋プレート内地震**および**火山現象**について、海洋プレート内地震は、海域の活断層とは異なり、プレート境界の下盤にその断層が位置しプレート間地震の破壊が伝播することは考えにくく、プレート間地震の津波と海洋プレート内地震の津波とが同時発生したことが確認された事例もないこと、火山現象は、プレート間地震から離れた地域にその波源が位置しており、またプレート間地震の津波と火山現象の津波とが同時発生することは考えにくく、それが確認された事例もないことから、いずれもプレート間地震との組合せは検討せず、敷地への津波影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを確認する。

津波影響が支配的と考えられる津波発生要因

プレート間地震

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震を中心として検討

プレート間地震との組合せを検討

その他の津波発生要因

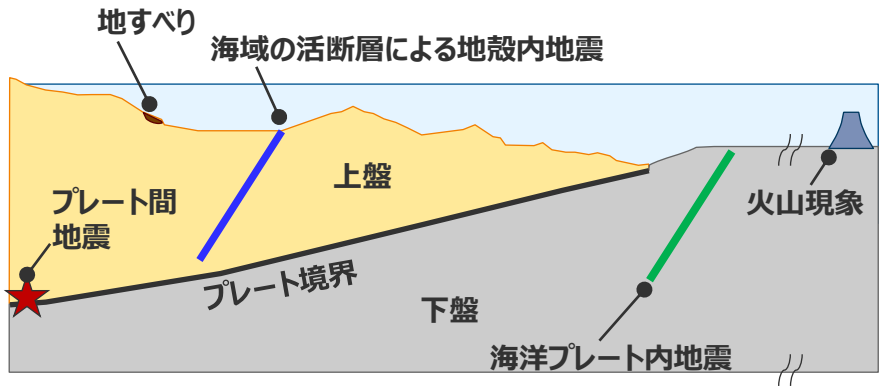
プレート間地震との組合せを検討する要因

- **地すべり**
- **海域の活断層による地殻内地震**

プレート間地震との組合せを検討しない要因

- **海洋プレート内地震**
- **火山現象**

➡敷地への津波影響がプレート間地震と比べて小さいことを確認



津波発生要因と一般的なプレート境界周辺のイメージ図

：網羅的な検討を実施する項目

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

基準津波の策定の評価方針
（各津波発生要因の津波の評価方針）

第1178回資料3-1
p.10一部修正

地震による津波（評価方針） 今後コメント回答

■ 敷地に影響を及ぼす可能性のある地震による津波として、**プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震**の津波評価を行う。

■ **プレート間地震の津波**は、地震規模が大きく敷地への影響が支配的と考えられることから、敷地への影響の観点から特に網羅的な検討を行うこととし、敷地に近い南海トラフのMw9クラスのプレート間地震を検討対象とする地震として選定し、南海トラフおよび国内外の巨大地震の最新知見に基づき、南海トラフの特徴と東北沖地震の知見とを反映した検討波源モデルを複数設定したうえで、津波評価に影響を与える主要な因子を考慮してパラメータスタディを網羅的に実施する。プレート間地震の津波の評価に当たっては、付加体が発達し分岐断層が確認されている南海トラフの特徴を踏まえて、プレート間地震に伴う分岐断層への破壊伝播を考慮する。

■ **海域の活断層による地殻内地震の津波**は、海域の活断層がプレート境界の上盤に位置しプレート間地震の破壊に伴い活動し発生する津波が重なる可能性を否定できないことを慎重に考慮して、敷地への影響の観点から網羅的な検討を行うこととし、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海域の活断層による地殻内地震を想定したうえで、阿部(1989)の予測式により敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定し、津波評価に影響を与える主要な因子を考慮してパラメータスタディを網羅的に実施する。

■ **海洋プレート内地震の津波**は、海域の活断層とは異なり、プレート境界の下盤にその断層が位置しプレート間地震の破壊が伝播することは考えにくいことから、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを確認することとし、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海洋プレート内地震を想定したうえで、阿部(1989)の予測式により敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定し、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行う。

地震以外の要因による津波（評価方針） 本資料で説明

■ 敷地に影響を及ぼす可能性のある地震以外の要因による津波として、**地すべり（斜面崩壊含む）、火山現象**の津波評価を行う。

■ **地すべりの津波**は、プレート間地震による地震動により発生し津波が重なる可能性があることから、敷地への影響の観点から網羅的な検討を行うこととし、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、地すべり体の体積及び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う。

■ **火山現象の津波**は、プレート間地震から離れた地域にその波源が位置しており、またプレート間地震の津波と火山現象の津波とが同時発生することは考えにくいことから、敷地への津波影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを確認することとし、敷地の地理的領域の火山及び敷地南方の伊豆小笠原弧の火山について、最新の科学的・技術的知見に基づき津波を発生させる火山現象の有無とその規模を調査・評価して、それぞれの火山現象に応じた津波予測式による津波評価を行うとともに、敷地への影響が相対的に大きい火山現象については、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行う。

津波発生要因の組合せ（評価方針） 今後説明

■ 津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを検討することとし、その他の津波発生要因のうち、地すべりはプレート間地震の地震動により発生し津波が重なる可能性があることから、**プレート間地震と地すべりの組合せ**を検討する。また、海域の活断層による地殻内地震は、海域の活断層がプレート境界の上盤に位置しプレート間地震の破壊に伴い活動し発生する津波が重なる可能性を否定できないことを慎重に考慮して、**プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震の組合せ**を検討する。

■ **プレート間地震と地すべり**、**海域の活断層による地殻内地震の組合せ**は、それぞれ単独の津波評価の結果から、敷地への影響が大きい津波波源を津波の時刻歴波形等に基づいて選定し、津波波源における地震動の継続時間を考慮して津波を組合せる時間差の網羅的な検討を行う。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地すべりの津波評価の全体概要

地すべりの津波評価の方針

■ 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う。

【海底地すべりの津波評価】

海底地すべりに関する調査　（➡詳細は本編1.1章）

■ 敷地に影響を及ぼす可能性のある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**及び**地形判読調査**を実施し、津波を発生させる大規模な海底地すべり地形を抽出した。**文献調査**は、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。**地形判読調査**は、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m^3以上）を抽出した。この結果、「**s1～30地点の海底地すべり地形**」（合計30地点）を抽出した。

検討対象とする海底地すべりの選定　（➡詳細は本編1.2章）

■ 抽出した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いて検討対象とする海底地すべりを選定した。この結果、「**s1～5,10,12,13,17,18, 22,26地点の海底地すべり**」（合計12地点）を選定した。

海底地すべりの津波評価　（➡詳細は本編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および音波探査記録を用いて現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、複数の地すべり評価手法（二層流モデルに基づく手法、Wattsほかの予測式に基づく手法）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。その結果、「**s26地点の海底地すべり**」の津波の影響（敷地前面でT.P.+6.3m*）が最も大きいことを確認した。

■ また、互いの地すべり地形の一部が平面的に重なっている「**s21-s25地点の海底地すべり**」、「**s26-s29地点の海底地すべり**」の同時発生について、地形判読の結果からはそれぞれの発生時期の間隔は短いものではなく、侵食過程を経るなどの時間経過を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行うこととした。Wattsほかの手法および二層流に基づく手法を用いて、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モデルを設定し、数値シミュレーションによる評価を行うとともに分析を行った結果、同時発生を仮定した場合の評価結果は、s26地点単独発生のWattsほかの手法による評価結果よりも小さく、s26地点単独発生の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。
同時発生による評価結果の分析の結果、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、検討対象とする海底地すべりの選定結果について初期位置水深の観点からの妥当性も確認した。

■ 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した。

【陸上地すべりの津波評価】　（➡詳細は本編2章）

■ 地すべり地形分布図データベース等に基づき、敷地周辺、および、距離は離れているが新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性がある伊豆半島西岸の陸上地すべり（斜面崩壊含む）の調査を実施した。その結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高（最大T.P.+1.1m）からも敷地への影響が小さいことを確認した。

地すべりの津波評価結果*　（「s26地点の海底地すべり」の津波評価結果）

・**敷地前面**の上昇水位は最大**T.P.＋6.3m**
・**1~5号取水槽**の上昇水位は**1~4号(敷地標高6m)で最大T.P.+2.1m**、**５号(敷地標高8m)で最大T.P.+2.3m**
・**3，4号取水塔**の下降水位は最大**T.P.-3.4m**（水位低下時間はなし）

*朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の全体概要

火山現象の津波評価の方針

■ 火山現象の津波評価は、敷地の地理的領域の火山及び敷地南方の伊豆小笠原弧の火山について、最新の科学的・技術的知見に基づき津波を発生させる火山現象の有無とその規模を調査・評価して、それぞれの火山現象に応じた津波予測式による津波評価を行うとともに、敷地への影響が相対的に大きい火山現象については、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行い、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを評価する。

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出（➡詳細は本編3.1章）

■ 地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山のうち、海域に分布する全ての火山、および、陸域に分布する火山のうち完新世における活動があり、かつ駿河湾に面している火山を、**敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山**（合計32火山）として抽出した。

火山現象の津波発生要因に関する調査（➡詳細は本編3.2章）

■ 抽出した**個別火山**（合計32火山）について、その**津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）**ごとに過去の発生有無とその規模に関する文献調査および地形判読調査により調査した。

■ また、伊豆小笠原弧の海域における噴火規模について、過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査、および火山帯の地殻構造に関する調査を実施した結果、いずれの結果からも、伊豆小笠原弧の海域においては、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**VEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の巨大噴火は発生していない**と考えられることを確認した。

■ 個別火山の津波発生要因の規模は、上記の個別火山の調査結果に基づいて評価した。また、過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模は、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を、保守的に伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

火山現象の津波評価（➡詳細は本編3.3章）

■ **個別火山**（合計32火山）の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた津波予測式に基づく津波評価を実施した結果、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波影響が相対的に大きいことを確認した。そこで、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波について複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、数値シミュレーションによる津波評価も行った。その結果、火山現象の津波は、敷地前面でT.P.+2.9m*等（御蔵島の山体崩壊の津波）となった。火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m*）と比べて小さいことを確認した。

■ また、伊豆小笠原弧の海域において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形成可能となるマグマ溜まりの規模が小さいこと等から巨大噴火を起こすとは考えにくいが、仮想的に伊豆小笠原弧の陸域を含めた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(100km^3)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することとし、津波予測式に基づく津波評価を行った結果、敷地への津波影響（大室ダシの海中噴火・カルデラ陥没等：敷地前面で8.4m）は、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。

火山現象の津波評価結果*（「御蔵島の山体崩壊」の津波評価結果）

・**敷地前面**の上昇水位は最大**T.P.＋2.9m**
・**1~5号取水槽**の上昇水位は**1~4号(敷地標高6m)で最大T.P.+1.2m**、**５号(敷地標高8m)で最大T.P.+1.1m**
・**3，4号取水塔**の下降水位は最大**T.P.-1.6m**（水位低下時間はなし）

*朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

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。

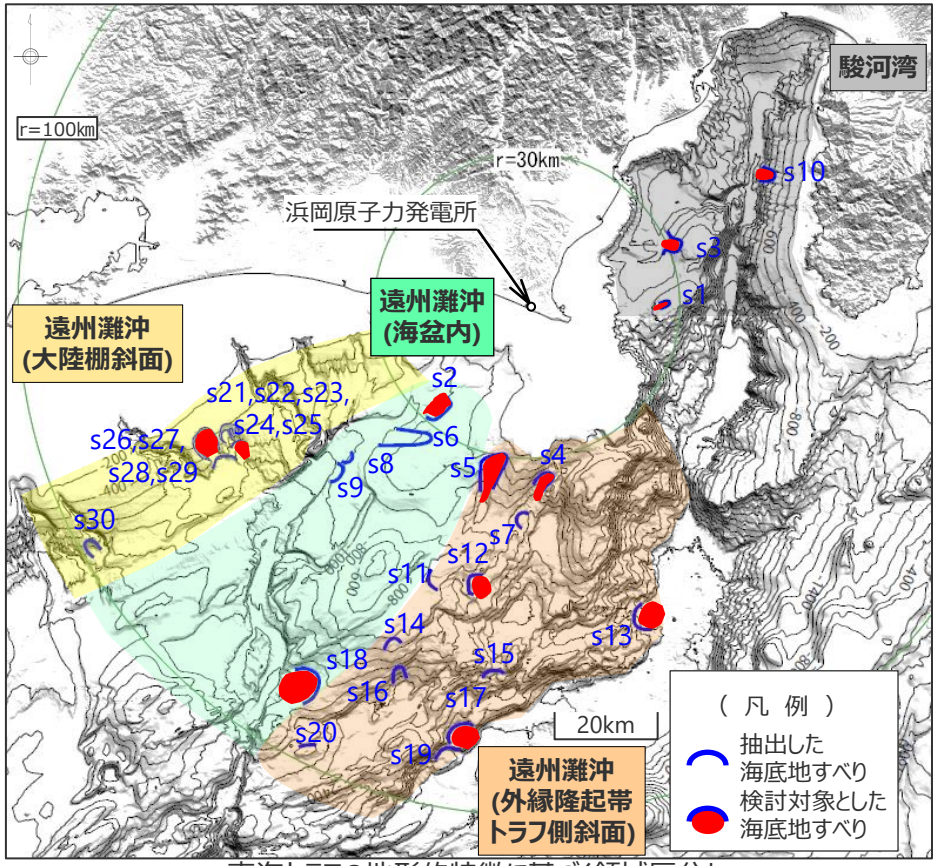
海底地すべりの津波評価（本編1.3章）

・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)				
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
6.3	1.7	2.1	2.1	2.3

最大下降水位(T.P. m)（水位低下時間）	
3号取水塔	4号取水塔
-3.4(なし)	-3.1(なし)



南海トラフの地形的特徴に基づく領域区分と
検討対象とする海底地すべり

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

・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「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。また、同時発生による評価結果の分析の結果、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、検討対象とする海底地すべりの選定結果について初期位置水深の観点からの妥当性も確認した。（本編資料補足を参照）

・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した。（第1168回補足説明資料８章を参照）

津波発生要因の組合せ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価の検討概要
（検討フロー）

第1168回資料2-2
p.15一部修正

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の手法）	s17地点の海底地すべり T.P.+3.2m（Wattsの手法）	**s26地点の海底地すべり T.P.+6.3m（Wattsの手法）**	s3地点の海底地すべり T.P.+2.5m（Watts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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

陸上地すべりの津波評価の検討概要

第1168回資料2-2
p.67再掲

■ 地すべりの津波のうち陸上地すべりの津波評価では、地すべり地形分布図データベース等に基づき、敷地周辺、および、距離は離れているが新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性がある伊豆半島西岸の陸上地すべり（斜面崩壊含む）の調査を実施した。その結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。

陸上地すべりに関する調査

・陸上地すべり（斜面崩壊含む）に関する文献調査を実施し、敷地に大きな影響を及ぼす可能性のある陸上地すべり地形を抽出。

【調査対象領域】

○敷地周辺（半径30km）

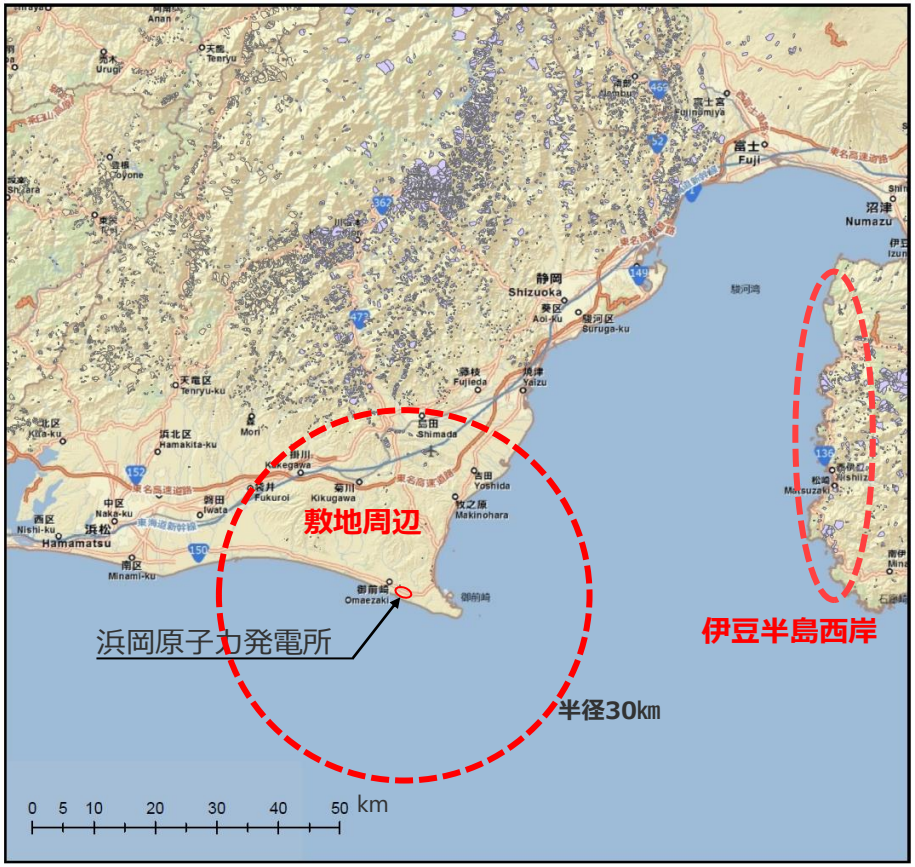
○伊豆半島西岸

（距離は離れているが、新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性が考えられる。）

【調査方法】

防災科学技術研究所による地すべり地形分布図データベース及び縮尺1/50,000地すべり地形分布図に基づき調査を実施した。

調査の結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高（最大T.P.+1.1m）からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。



※防災科学技術研究所（2002、2014）を基に作成

調査対象領域

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の検討概要

第1168回資料2-2
p.73一部修正

■ 火山現象の津波評価は、敷地の地理的領域の火山及び敷地南方の伊豆小笠原弧の火山について、最新の科学的・技術的知見に基づき津波を発生させる火山現象の有無とその規模を調査・評価して、それぞれの火山現象に応じた津波予測式による津波評価を行うとともに、敷地への影響が相対的に大きい火山現象については、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行い、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを評価した。

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出（本編3.1章）

■ 地理的領域（敷地から半径160km以内）および伊豆小笠原弧の第四紀火山から、海域に分布、もしくは駿河湾に面し完新世における活動がある火山を、**敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山**(32火山)として抽出した。

火山現象の津波発生要因に関する調査（本編3.2章）

個別火山の津波発生要因に関する調査

■ 抽出した個別火山(32火山)について、その**津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）**ごとに過去の津波発生要因の有無とその規模を調査した。

■ また、伊豆小笠原弧の海域における噴火規模について、過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査、および火山帯の地殻構造に関する調査を実施した結果、いずれの結果からも、伊豆小笠原弧の海域においては北海道・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**VEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の巨大噴火は発生していない**と考えられることを確認した。

津波発生要因の規模に関する評価

■ 個別火山の津波発生要因の規模は、当該火山の調査結果に基づいて評価した。過去の情報が不足している海底火山の噴火規模は、保守的に陸域を含む伊豆小笠原弧における過去最大の噴火規模(6DREkm^3)を考慮することとした。

火山現象の津波評価（本編3.3章）

■ 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた**津波予測式に基づく津波評価**を実施した結果、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波影響が相対的に大きいことを確認した。

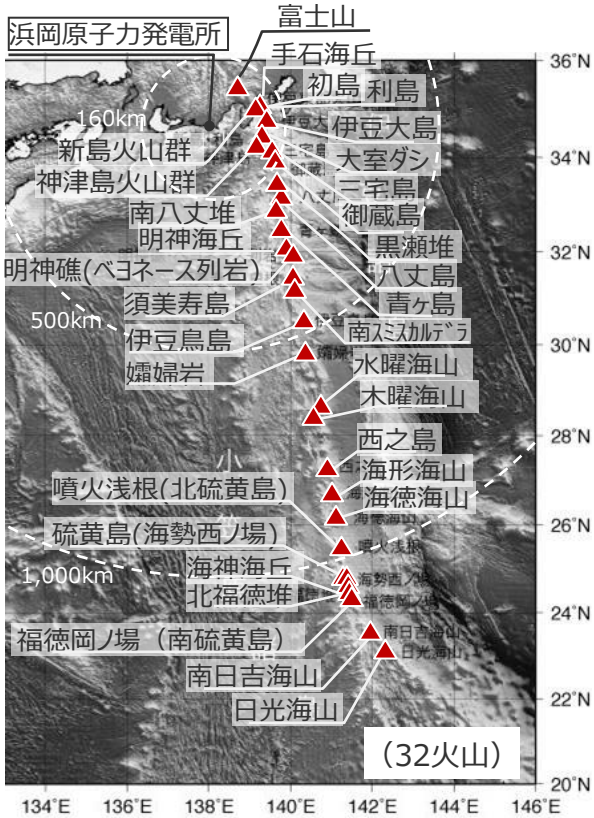
■ そこで、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波について複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、**数値シミュレーションによる津波評価**も行った。

御蔵島の山体崩壊	最大上昇水位(T.P. m)				
	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
	2.9	1.0	1.1	1.2	1.1

最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
3号取水塔	4号取水塔
-1.6(なし)	-1.6(なし)

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比べて小さいことを確認した。



（海上保安庁　海域火山データベースを基に作成）

抽出した敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山

・ 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について、仮想的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(100km^3)のウルトラプリニー式噴火) を想定した場合でも、その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2-2を参照。今後補足説明資料へ掲載）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の検討概要
（検討フロー）

第1168回資料2-2
p.74一部修正

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出

敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山（３２火山）

火山現象の津波発生要因に関する調査

過去の津波発生要因の有無とその規模を調査

	山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
調査対象：	全ての個別火山（３２火山）	火口が陸上に位置する個別火山（１３火山）	海域の個別火山（３１火山）
過去に当該津波発生要因の発生した火山：	**山体崩壊あり**（１６火山）	**火砕流あり**（１０火山）	**噴火あり**（３１火山）
津波発生要因の規模：	個別火山の調査結果の規模（~1.5km^3）	個別火山の調査結果の規模（~0.76DREkm^3）	個別火山の調査結果の規模（~1.74DREkm^3, 6.0DREkm^3※ ）

※情報不足の海底火山(１８火山)は、伊豆小笠原弧の過去最大規模とした。

火山現象の津波評価

津波予測式による評価

	山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
最も影響が大きい火山：	御蔵島	神津島火山群	大室ダシ
敷地前面最大上昇水位：	*T.P. +**2.6**m*	*T.P. +2.0m*	*T.P. +1.3m*

数値シミュレーションによる評価

評価対象の火山：	御蔵島
敷地前面最大上昇水位：	T.P. +**2.9**m

・敷地前面最大上昇水位について、津波予測式による評価では津波水位に朔望平均満潮位(T.P.+0.80m)を加算、数値シミュレーションによる評価では朔望平均満潮位を考慮して計算した数値。

➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比べて小さいことを確認。

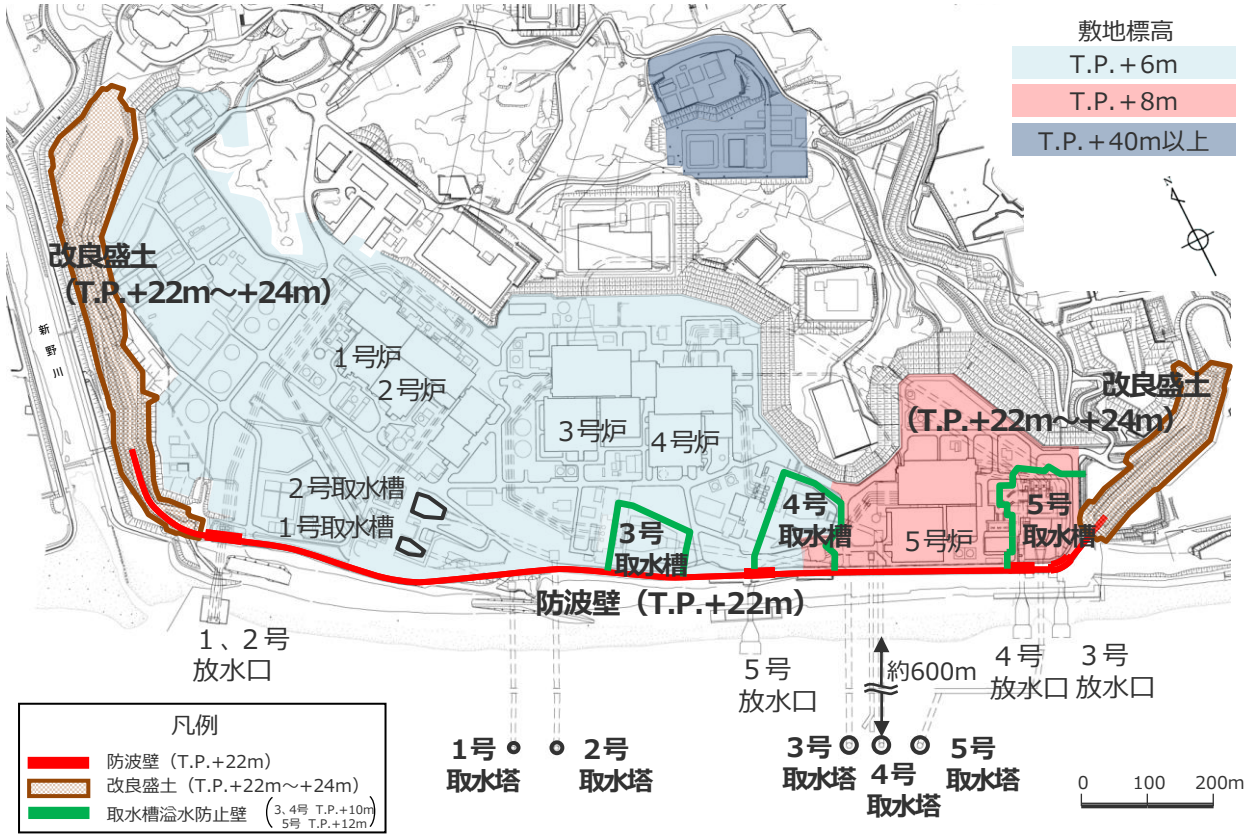
・津波評価に当たっては、過去の情報が不足している海底火山について、仮想的に陸域を含む伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模よりもさらに1オーダー大きい北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模の海中噴火・カルデラ陥没等(VEI７クラス(100km3)のウルトラプリニー式噴火) を想定した場合でも、その影響がプレート間地震による津波より小さいことを確認した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

浜岡原子力発電所の概要

第1020回資料2-1
p.55再掲

■施設の概要
- 浜岡原子力発電所の敷地標高は、1号炉～4号炉建屋周辺でT.P.＋6m、5号炉建屋周辺でT.P.＋8m。また、敷地北側に標高T.P.＋40mの高台等を有している。
- 敷地前面には、**防波壁（T.P.+22m）**を延長約1.6kmにわたって設置しており、その両端を**改良盛土（T.P.+22m～+24m）**に接続している。
- 原子炉機器冷却水系に必要な海水は、敷地沖合約600mに位置する取水塔から取水トンネルを経て敷地内の取水槽へ導き、取水している。
- 取水槽の周囲には、**取水槽溢水防止壁（3、4号：天端高T.P.+10m、5号：天端高T.P.+12m）**を設置している。



浜岡原子力発電所 全体配置図

防波壁（T.P.+22m）

取水槽溢水防止壁（T.P.＋10mもしくはT.P.＋12m）

・防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁の構造については第1168回補足説明資料１章を参照。
なお、防波壁・改良盛土等の津波対策に関しては、今後、基準津波の確定後、必要な対策を行っていく。

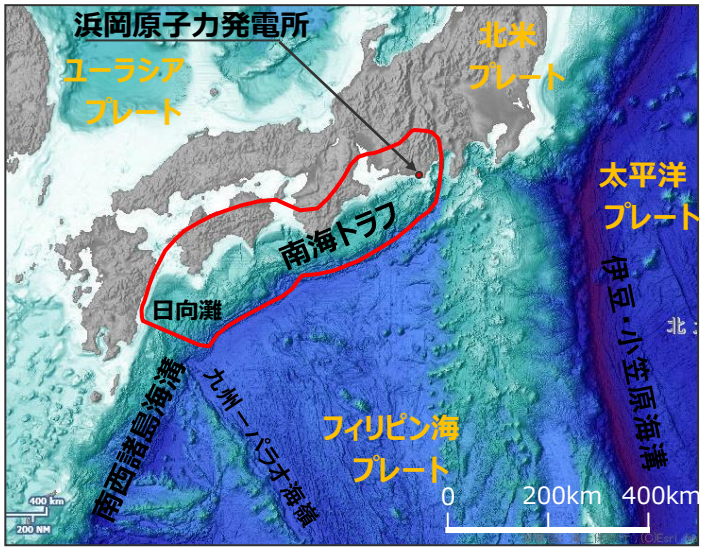
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

敷地周辺の既往津波

第1178回資料3-1
p.25再掲

■ 南海トラフの沿岸域を対象として、伝承を含む歴史記録に基づく津波痕跡の文献調査*1を実施した。
その結果、敷地が位置する遠州灘沿岸域では、南海トラフのプレート間地震が他の津波発生要因よりも大きな影響を及ぼしていることを確認。
■ プレート間地震については、南海トラフにより遠州灘沿岸域において5～10mの津波が確認されている。

*1 国内外の津波痕跡に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とし、敷地周辺を含む南海トラフの沿岸域の津波高が整理されている文献を抽出。
・津波痕跡データベース ・地震調査委員会等のHP ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO ・当社歴史地震調査



(海上保安庁「海洋台帳」を基に作成)

日本列島周辺の海底地形

各津波発生要因による敷地周辺の主な既往津波

津波発生要因		名称	Mj	Mw	敷地周辺の津波高
プレート間地震	南海トラフ	1944年昭和東南海地震	7.9	8.1-8.2	**5～10m程度**(遠州灘沿岸域)
		1854年安政東海地震	8.4	－	
		1707年宝永地震	8.6	－	
		1605年慶長地震	7.9	－	
		1498年明応地震	8.2-8.4	－	
	南西諸島海溝	敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。			－
	伊豆・小笠原海溝	1972年八丈島東方沖地震	7.2	－	**0.25m**[*2] (御前崎市)
	日本海溝	2011年東北地方太平洋沖地震	9.0	9.0	**1.44m** (御前崎市)
	遠地津波	1952年カムチャツカ地震	－	9.0	**0.3～1.9**[*2]**m**(遠州灘沿岸域)
		1960年チリ地震	－	9.5	
		1964年アラスカ地震	－	9.2	
		1996年ニューギニア島沖地震	－	8.1	
		2010チリ地震	－	8.8	
海洋プレート内地震[*3]		2004年紀伊半島南東沖の地震	7.4	7.5	**0.5m** (御前崎市)
海域の活断層による地殻内地震		敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。			－
地すべり		2009年駿河湾の海底地すべり			**0.36m** (御前崎市)
火山現象		2022年トンガの火山噴火			(0.7m (御前崎市))[*4]

*2 文献には最大全振幅が記載されているため、最大全振幅の1/2を津波高と仮定した。
*3 なお、2010年小笠原諸島父島近海の海洋プレート内地震（太平洋プレート内の地震、Mw7.3）について、敷地周辺の御前崎市では津波は観測されていない。（気象庁(2010b)）
*4 本事象に伴う潮位変化は、大気中を伝播する波による影響が支配的であったと考えられており(防災科学技術研究所 (2022) 、気象庁(2022a))、基準津波の策定において評価している海面を伝播する津波とはやや異なることから、括弧書きで表記した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地震以外の要因による津波の評価結果まとめ

第1168回資料2-2
p.10一部修正

■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）					

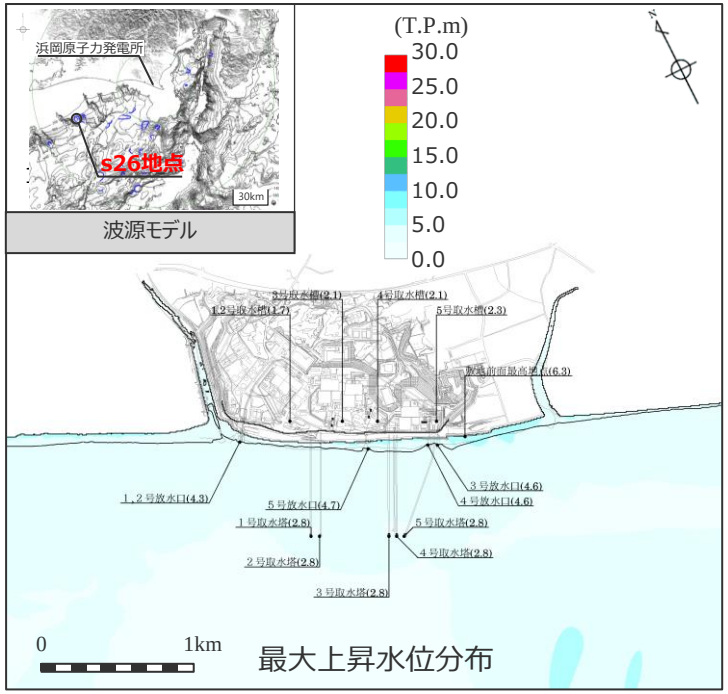
・ 水位上昇側では朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを、水位下降側では朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
（数値シミュレーションによる津波評価では数値計算の中で朔望平均潮位を考慮。津波予測式による津波評価（斜字※）では津波水位の算定後に朔望平均潮位を加算。）
・ 水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地震以外の要因による津波評価結果
（s26地点の海底地すべり）

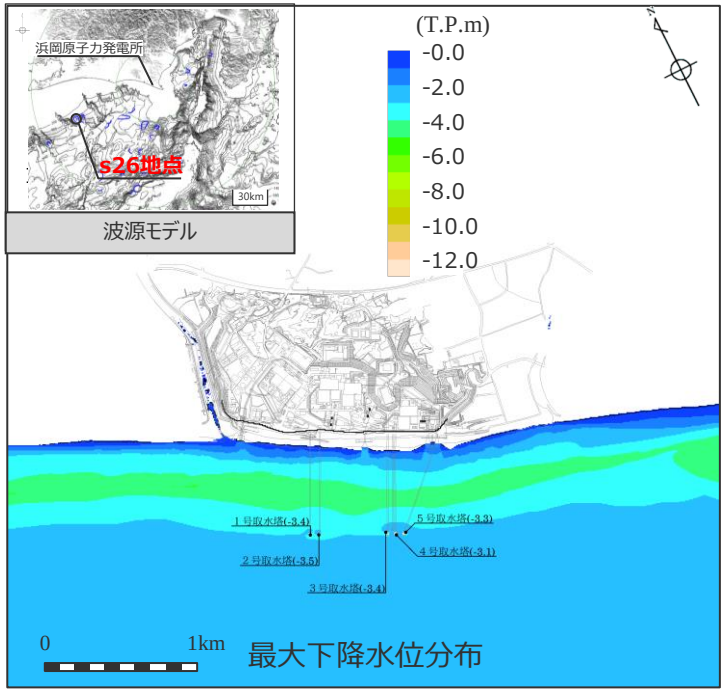
第547回資料1-1
p.82再掲

【水位上昇側】

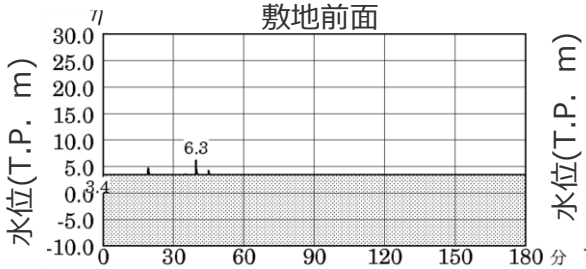


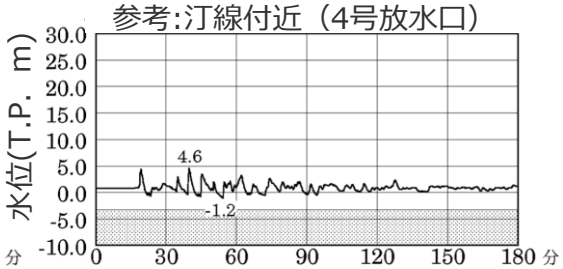
・朔望平均満潮位
T.P.＋0.80mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高

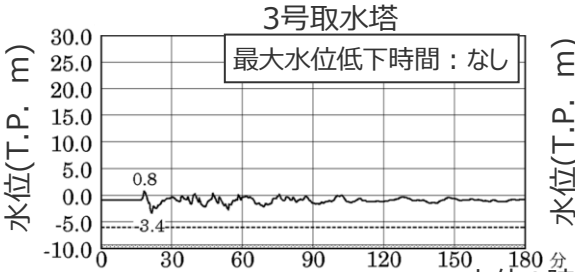
【水位下降側】

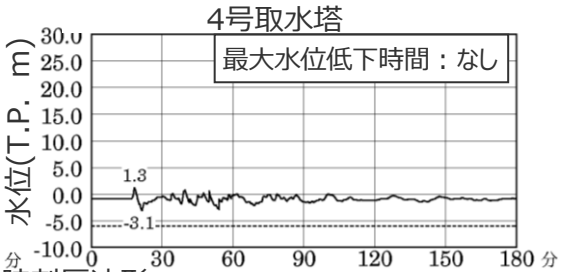


・朔望平均干潮位
T.P.－0.93mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高
・点線は取水塔呑口
下端レベル









(T.P.m)

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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18

1.1　海底地すべりに関する調査　21

1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21

1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26

1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34

1.3　海底地すべりの津波評価　37

2　陸上地すべりの津波評価　71

3　火山現象の津波評価　76

3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80

3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91

3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91

3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102

3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115

3.3　火山現象の津波評価　119

4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140

（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価の検討概要

第1168回資料2-2
p.14再掲

■ 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）

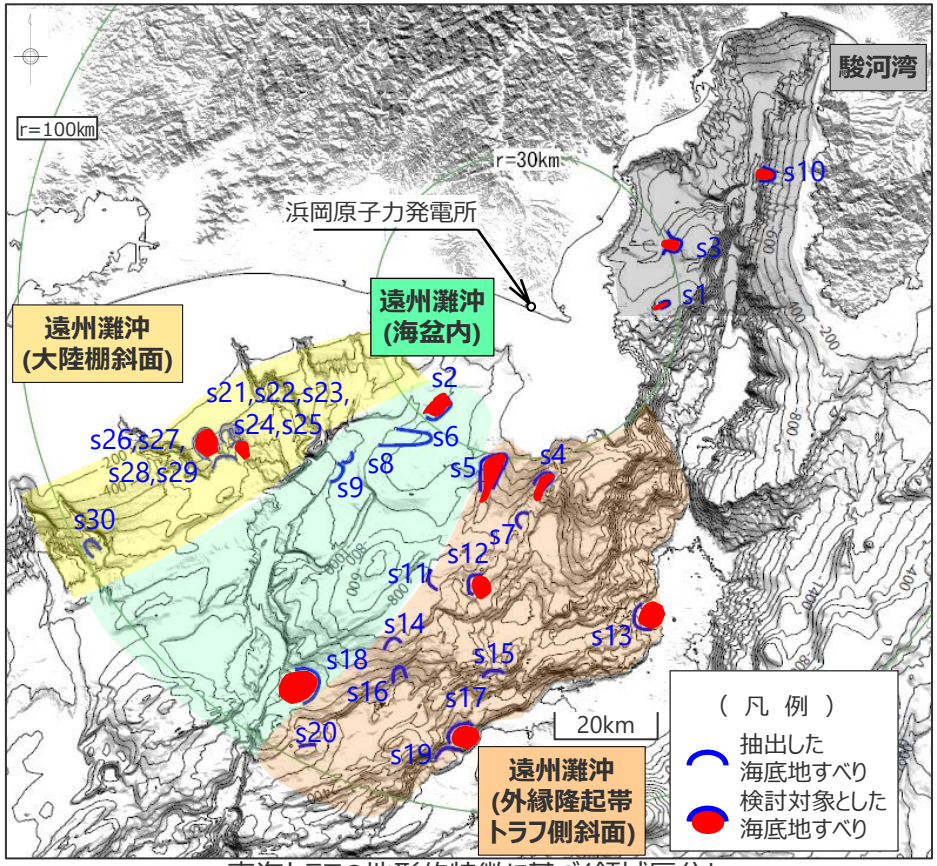
・抽出した海底地すべり地形から推定される海底地すべりについて、その津波の指向性を考慮して検討対象とする海底地すべりを選定することとし、地すべりの津波の指向性は海底地形および敷地との位置関係により規定されることを踏まえて、南海トラフの地形的特徴に基づく領域(４領域)に区分したうえで、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき「**s1～5,10,12,13,17,18,22,26地点の海底地すべり**」（12地点）を選定した。

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)				
	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
	6.3	1.7	2.1	2.1	2.3

最大下降水位(T.P. m)（水位低下時間）	
3号取水塔	4号取水塔
-3.4(なし)	-3.1(なし)



南海トラフの地形的特徴に基づく領域区分と
検討対象とする海底地すべり

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

・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「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。また、同時発生による評価結果の分析の結果、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、検討対象とする海底地すべりの選定結果について初期位置水深の観点からの妥当性も確認した。（本編資料補足を参照）
・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した。（第1168回補足説明資料８章を参照）

津波発生要因の組合せ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価の検討概要
（検討フロー）

第1168回資料2-2
p.15一部修正

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の手法)	s17地点の海底地すべり T.P.+3.2m (Wattsの手法)	**s26地点の海底地すべり T.P.+6.3m (Wattsの手法)**	s3地点の海底地すべり T.P.+2.5m (Watts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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

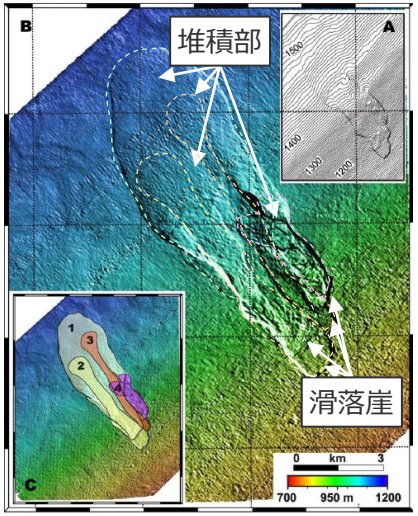
1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

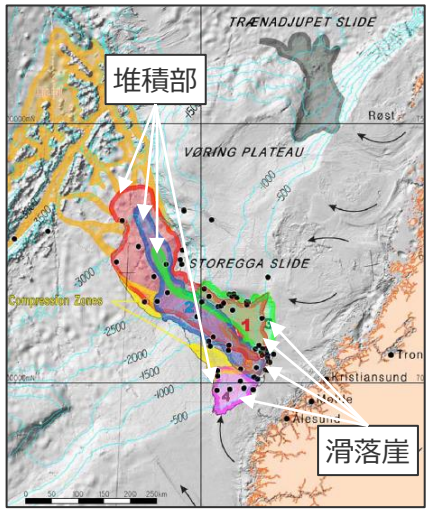
海底地すべり地形の特徴

第547回資料1-1
p.14再掲

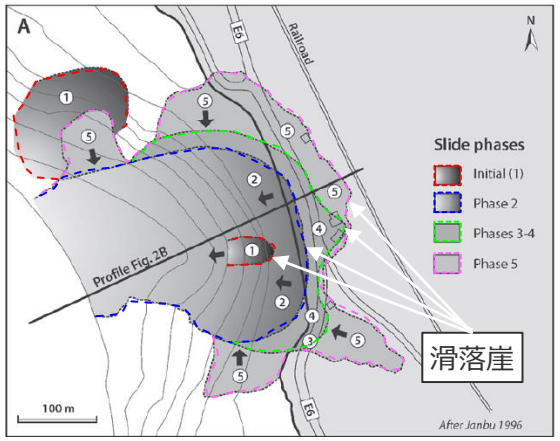
■ 海底の地すべりは、地上の地すべりと比較して、その規模及び移動距離が大きく、発生場所は、堆積供給量の大きい陸棚域、陸棚斜面上部、海底谷、海底火山周辺で多くみられる。（池原(2005)）
■ 国内外の海底地すべりの既往事例からは、海底地すべり地形の特徴として、馬蹄形等の滑落崖と流出痕跡とみられる堆積部とが対をなしていることが挙げられる。（Canals et al.(2004)、山本(1991)等）



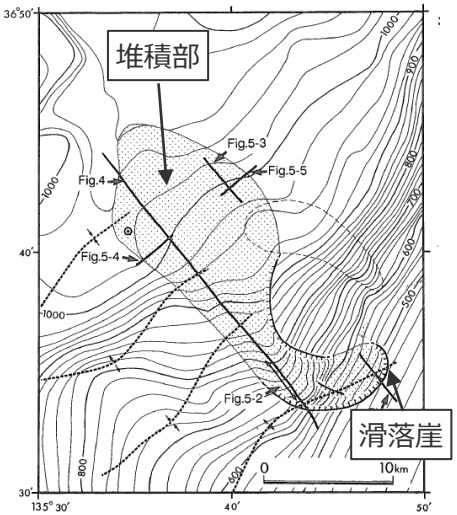
フェロー諸島付近の海底地すべり地形
（Canals et al.(2004)を基に作成）



ノルウェー沖の海底地すべり地形
（Canals et al.(2004)を基に作成）



ノルウェー・フィヨルドの海底地すべり地形
（Longva et al.(2003)を基に作成）



福井県沖の海底地すべり地形
（山本(1991)を基に作成）

発生場所	北大西洋フェロー諸島付近の大陸棚斜面	ノルウェー沖の大陸棚斜面	ノルウェー・フィヨルドの海岸付近	福井県沖の大陸棚斜面
形　状	・馬蹄形の滑落崖及び耳たぶ状の堆積部	・馬蹄形の崩落崖及び耳たぶ状、扇形の堆積部	・馬蹄形の崩落崖及び耳たぶ状、扇形の堆積部	・馬蹄形の崩落崖及び舌状のマウンド
諸　元	・長さ13km、幅3km、体積2億m^3	・長さ770km、幅115km、　体積30,000億m^3以下	・長さ1km、幅0.5km、体積0.01億m^3	・長さ約28km、幅8km、体積14億m^3
地すべり数	・４か所	・４か所	・4か所	・1か所
発生要因	・地震	・地震	・気象条件及び人為的要因による間隙水圧の上昇	・斜面上部より速い堆積速度と背斜による斜面傾斜角の増大もしくは海水準変動に伴う堆積場の移動

池原(2005)
■ 海底地すべりの特徴はまず、その規模が大きいことである。陸上の地すべりでは地すべり土塊の体積は大きいものでも数十km^3程度であるのに対して、海底地すべりでは数千～数万km^3のものもあり、移動距離も数十～数百kmに及ぶものもある。
■ 海底地すべり・斜面崩壊はさまざまな環境で発生しているが、フィヨルド、河口三角州、河口などからの堆積供給量の大きい陸棚域、陸棚斜面上部、海底谷、海底火山周辺などで多くみられる。

Canals et al.(2004)
■ 世界で最もよく研究されてきた海底地すべりを対象に、元データや最新知見に基づいて再評価した。
■ 複数の滑落崖の存在は、複数回の地すべりフェーズを示し、各フェーズの時間間隔は数分～数千年と幅広い。一般的に、大陸棚の新しい海底地すべりは、複雑で複数回の挙動をし、１つの海底地すべりは、時間的・空間的に異なる地すべりに発展する。

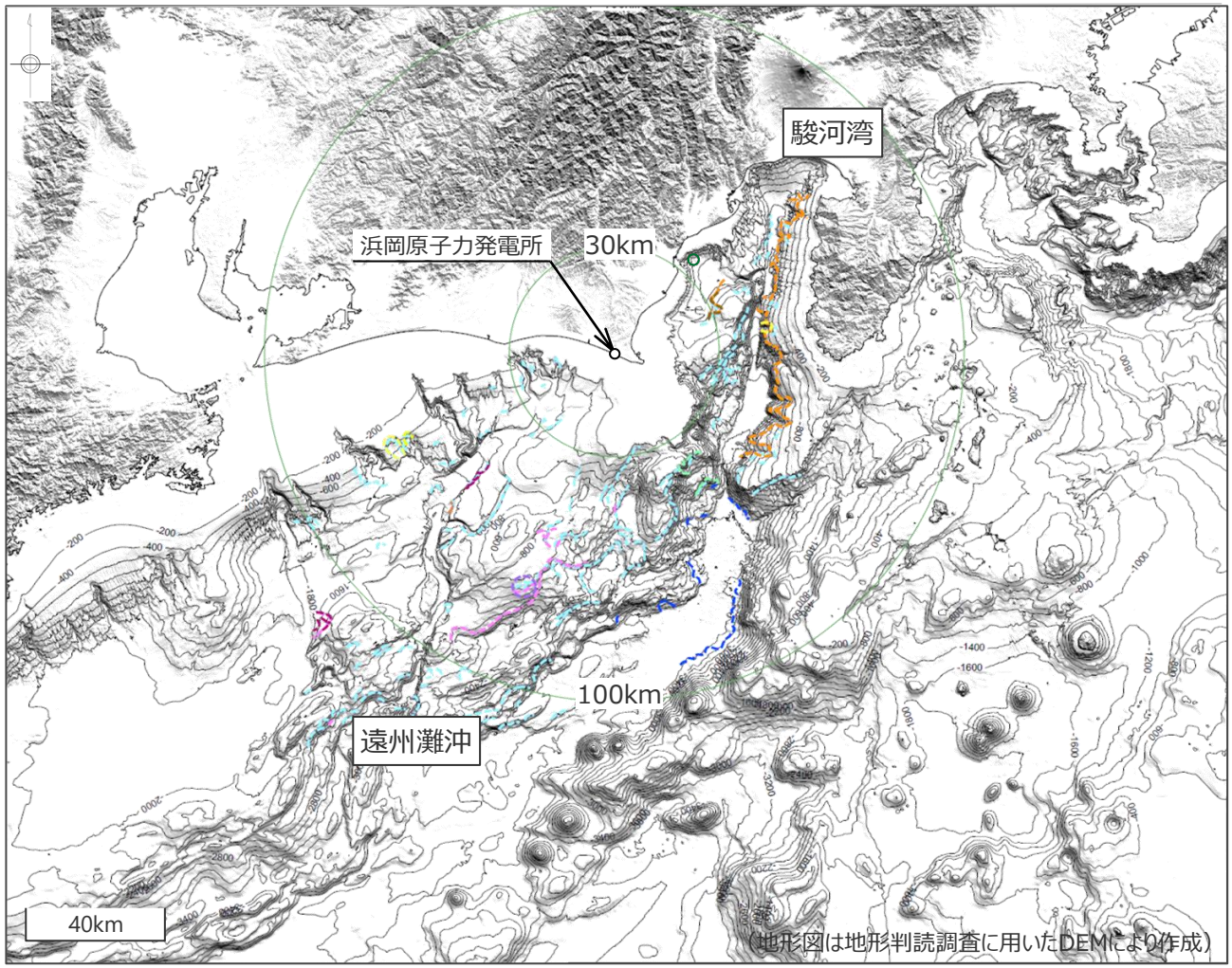
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

敷地周辺の海底地すべりに関する文献調査

第547回資料1-1
p.15再掲

■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※1を実施した。
※1 主な科学技術系論文データベース等を対象（産総研Geolis、J-STAGE、CiNii、KAKEN、JAIRO）
■文献により示されている海底地すべり地形は以下のとおり。南海トラフの大陸棚斜面からトラフ底の領域において海底地すべり地形が示されている。
なお、連続的な海底地すべり地形を示している文献については、断層運動や侵食作用による崖地形も含めて示していると考えられる。

・既往文献により示されている海底地すべり地形の詳細については、第1168回補足説明資料４章に示す。



既往文献により示されている海底地すべり地形

	文　献	手法	対象海域
①	大塚(1982)	・地形判読 ・音波探査記録	駿河湾
②	Nakamura et al.(1987)	・音波探査記録	遠州灘沖
③	加藤・山崎(1992)	・音波探査記録 ・潜水調査	駿河湾
④	海上保安庁(1995,2006)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑤	岡村ほか(1999)	・音波探査記録	駿河湾
⑥	東海沖海底 活断層研究会(1999) ※2	・音波探査記録	遠州灘沖
⑦	長久保ほか(2009)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑧	芦(2010)	・音波探査記録 ・潜水調査	遠州灘沖
⑨	梶ほか(2010)	・地形判読	遠州灘沖 ～駿河湾
⑩	馬場ほか(2010)	・地形判読 ・潜水調査	駿河湾
⑪	室井ほか(2011)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑫	森木ほか(2017)	・地形判読	遠州灘沖 ～駿河湾

※2 徳山ほか(2001)も同様の位置に図示

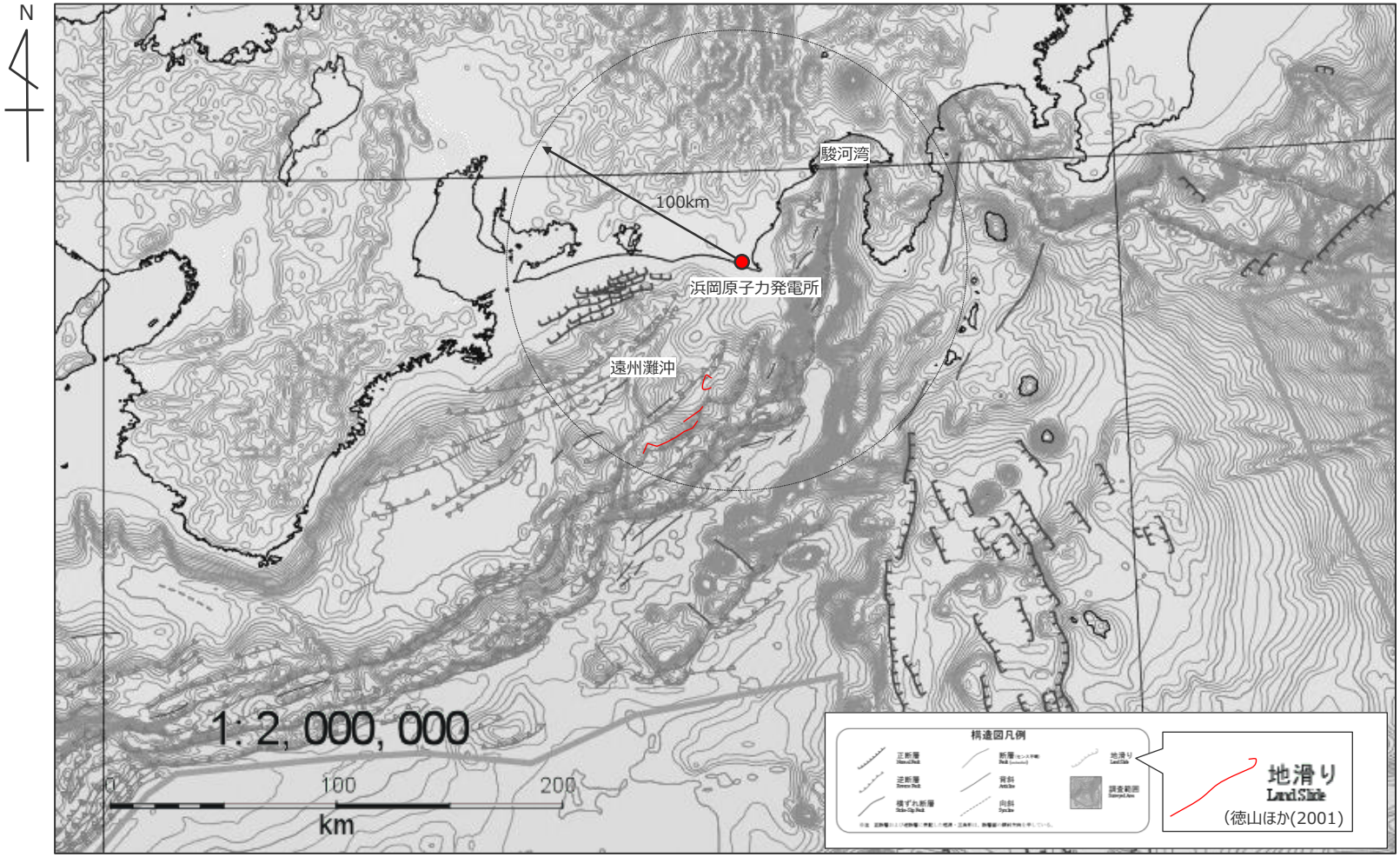
- 大塚（1982）
- Nakamura et al.（1987）
- 加藤・山崎（1992）
- 海上保安庁（1995，2006）
- 岡村ほか（1999）
- 東海沖海底活断層研究会（1999）
- 長久保ほか（2009）
- 芦（2010）（大まかな位置）
- 梶ほか（2010）
- 馬場ほか（2010）（○の中の一部）
- 室井ほか（2011）
- 森木ほか（2017）（10km²以上のもの）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

敷地周辺の海底地すべりに関する文献調査

第767回資料1-1
p.19再掲

■ 敷地遠方の海底地すべり地形について、日本周辺海域の広域の地質を地形判読および音波探査記録を用いて網羅的に調査した日本周辺海域の第四紀地質構造図(徳山ほか(2001))を示す。
■ 敷地から100km以遠には、大規模な海底地すべり地形は示されていないことを確認した。



日本周辺海域の第四紀地質構造図（徳山ほか(2001)を基に作成）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

調査文献一覧

第547回資料1-1
p.16再掲

- 芦寿一郎（2010）「メタンハイドレード分解による海底地すべり」『月刊地球』号外，No.61，pp.64-70。
- 大塚謙一（1982）「駿河湾石花海北堆西斜面の海底地すべり」『静岡大学地球科学研究報告』No.7，pp.87-95。
- 岡村行信，湯浅真人，倉本真一，石原丈実，上嶋正人，駒沢正夫（1999）「20万分の１駿河湾海底地質図及び説明書」『海洋地質図』Ｎo.52，地質調査所。
- 海上保安庁水路部（1995）「遠州灘沖（渥美半島沖）の海底地形と地質構造　Submarine topography and geological structure off the Ensyu-nada ～off Atsumi Peninsula」『地震予知連絡会会報』第53号，No.5-13，pp.514-519。
- 海上保安庁海洋情報部（2006）「遠州灘（渥美半島沖）の海底変動地形 Submarine tectonic landform at Enshu Nada （off Atsumi Peninsula）」『地震予知連絡会会報』第76号，No.7-6，pp.484-489。
- 梶琢，中田高，渡辺満久，鈴木康弘，後藤秀昭，徳山英一，隈元崇，佐竹健治，加藤幸弘，西澤あずさ，泉紀明，伊藤弘志，渡邊奈保子，植木俊明（2010）「詳細海底地形図に基づく南海トラフ域の海底地すべり分布とその特徴－南海トラフから天竜海底谷にかけての例－」『月刊地球』号外，No.61，pp.49-55。
- 加藤茂・山崎晴雄（1992）「潜水船調査による駿河トラフ南部の地辷り地形」『しんかいシンポジウム報告書』第8回，pp.171-175。
- 東海沖海底活断層研究会編（1999）『東海沖の海底活断層』東京大学出版会。
- 徳山英一，本座栄一，木村政昭，倉本真一，芦寿一郎，岡村行信，荒戸裕之，伊藤康人，徐垣，日野亮太，野原壮，阿部寛信，坂井眞一，向山建二郎（2001）「日本周辺海域の中新世最末期以降の構造発達史付図　日本周辺海域の第四紀地質構造図」『海洋調査技術』第13巻，第1号，海洋調査技術学会。
- 長久保定雄，小林稔明，佐伯龍男，下田直之，藤井哲哉，野口聡（2009）「東部南海トラフのメタンハイドレート層とメタン湧出を伴う海底面現象の関係」『地学雑誌』Vol.118，No.5，pp.835-853。
- 馬場俊孝，柏瀬憲彦，百留忠洋，松本浩幸，金田義行，佐野守（2010）「AUVうらしまによる焼津沖海底地すべりの微地形調査」『日本地質学会第117年学術大会講演要旨』。
- 室井翔太，隈元崇，中田高，後藤秀昭（2011）「詳細DEM 画像判読による南海トラフ沿いの海底地すべりと変動地形」『シンポジウム「2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う内陸活断層の挙動と地震活動・地殻変動」及び日本活断層学会2011年度秋季学術大会 講演予稿集』日本活断層学会，pp.48-49。
- 森木ひかる，隈元崇，中田高，後藤秀昭，泉紀明，西澤あずさ（2017）「アナグリフ画像による日本周辺の海底地すべりの判読と分布特性の検討」『海洋情報部研究報告』海上保安庁，第54号，pp.1-16。

- Nakamura, Kazuaki, Vincent Renard, Jacques Angelier, Jacques Azema, Jacques Bourgois, Christine Deplus, Kantaro Fujioka, Yozo Hamano, Philippe Huchon, Hajimu Kinoshita, Pierre Labaume, Yujiro Ogawa, Tetsuzo Seno, Akira Takeuchi, Manabu Tanahashi, Akinori Uchiyama, Jean-Louis Vigneresse(1987),"Oblique and near collision subduction, Sagami and Suruga Troughs - preliminary results of the French-Japanese 1984 Kaiko cruise, Leg 2", Earth and Planetary Science Letters, Vol.83, pp.229-242.

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

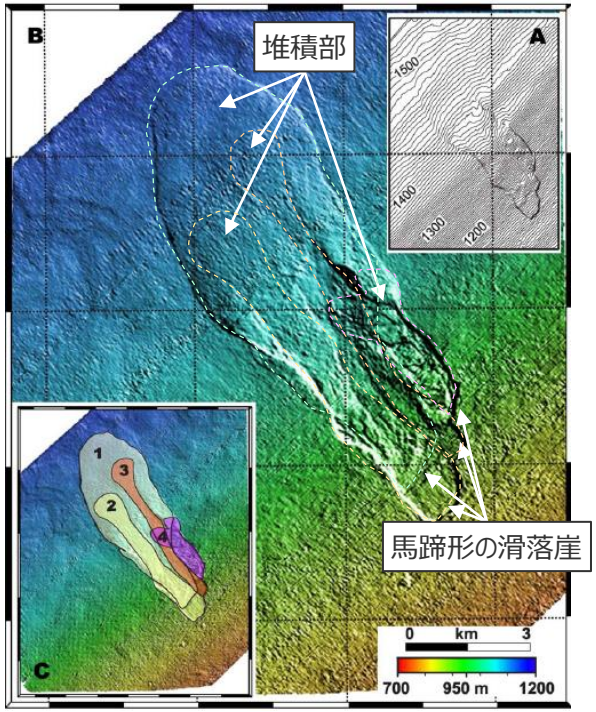
1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査の方針

第547回資料1-1
p.18再掲

■敷地周辺海域（敷地から半径約100kmを目安）を対象として、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、100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査を実施した。
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。
■抽出にあたっては、海底地すべり地形の特徴を踏まえて、以下の着目点に留意した。



（Canals et al.(2004)を基に作成）

海底地すべり地形の事例
（フェロー諸島付近の海底地すべり地形）

海底地すべり地形抽出の着目点

・海底地すべり地形は、滑落崖とその基部にある堆積部が対をなす。
　複数の地すべりにより複合的に地形が形成されている場合もある。
・陸上の地すべりに比べて、大規模、かつ薄く広がる傾向がある。
（薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。）

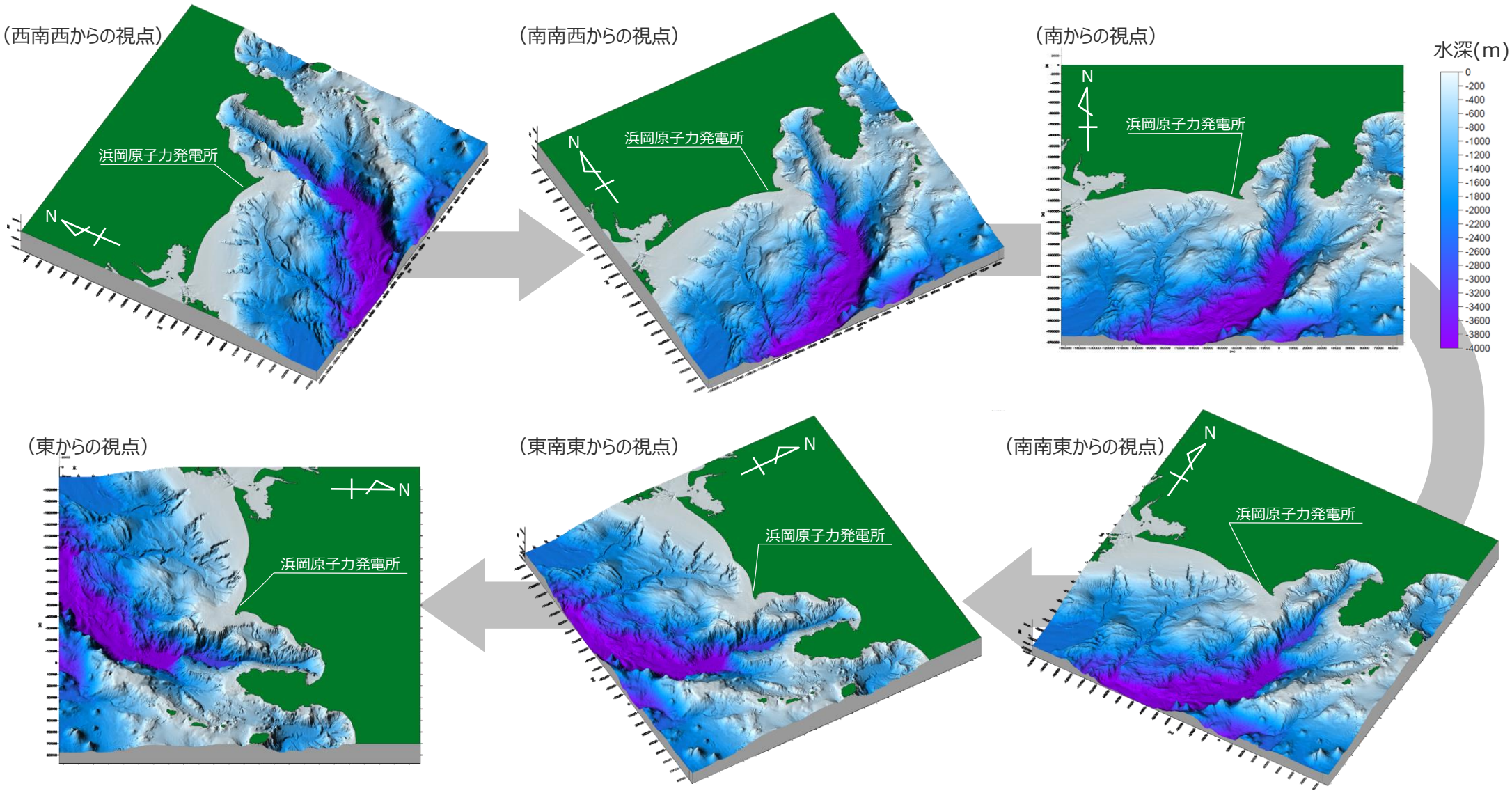
滑落崖	・馬蹄形、半円形、コの字形の平面形で、斜面下方へ開く急斜面。 ・急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で、傾斜も一定傾向。また、地すべり土塊を囲んで側方にも連続することがある。
堆積部	・滑落崖の基部にある扇状地状あるいは舌状の高まり。 ・分離丘や凸地形。 ・細長い舌状の場合や台地状を呈することもある。 ・典型的な場合には、土塊の表面に不規則な凸凹、低崖、凹地があり、凸形縦断の斜面形を示す。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査に用いたDEM

第547回資料1-1
p.19再掲

■地形判読調査に用いた100mDEMによる鯨瞰図の例を以下に示す。（なお、鯨瞰図の拡大図およびDEMにより作成したアナグリフ画像については、第1168回補足説明資料２章に記載）



敷地周辺海域の鯨瞰図

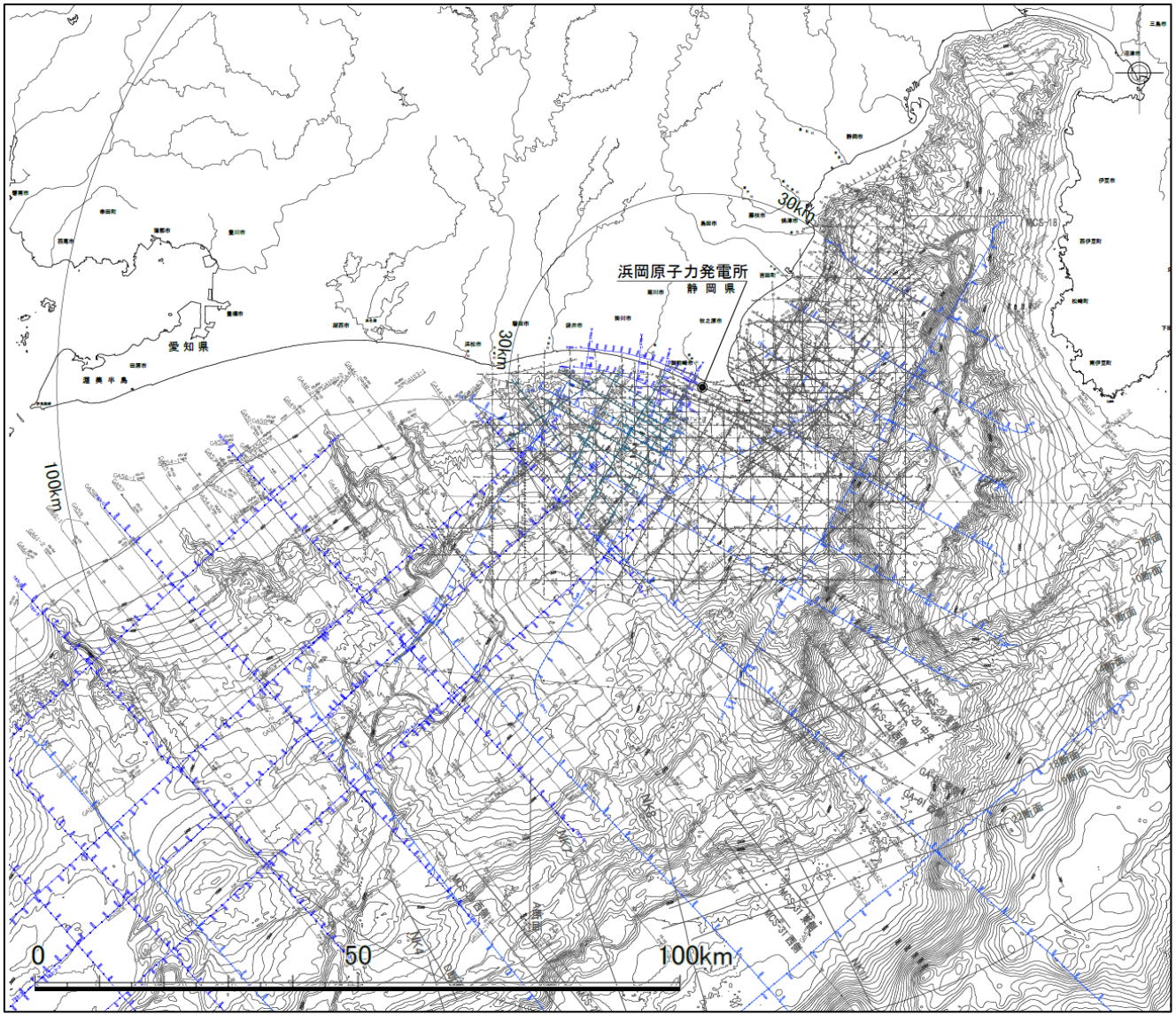
・DEMは、海上保安庁、日本海洋データセンター、日本水路協会の提供データを基に作成

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査に用いた音波探査記録

第547回資料1-1
p.20再掲

■敷地周辺海域の音波探査測線は以下のとおり。



凡　例

- シングルチャンネル・スパーカー音波探査測線 No.0～No.402（中部電力㈱による,1985,1986年調査）
- マルチチャンネル・エアガン音波探査測線 No.0M～No.503M（中部電力㈱による,1994年調査）
- マルチチャンネル・G.I.ガン音波探査測線 A1～A104（中部電力㈱による,2008～2009年調査）
- マルチチャンネル・G.I.ガン音波探査測線 G1～G104（中部電力㈱による,2009年調査）
- マルチチャンネル・ブーマー音波探査測線 B1～B104（中部電力㈱による,2009年調査）
- マルチチャンネル・G.I.ガン音波探査測線 G97～G1, G105～G109, G503～G512（中部電力㈱による,2014年調査）
- マルチチャンネル・ブーマー音波探査測線 B201～B404（中部電力㈱による,2014年調査）
- マルチチャンネル・エアガン音波探査測線（大深度探査） Line1～Line10（中部電力㈱による,2008年調査）
- マルチチャンネル音波探査測線（陸上反射） P1A～P1C,P2,P3（中部電力㈱による）
- マルチチャンネル・エアガン音波探査測線 LINE-B（海上保安庁による）
- シングルチャンネル・G.I.ガン音波探査測線 GA（地質調査所による）
- マルチチャンネル音波探査測線（陸上反射及びベイケーブル） ST99（石油公団による）
- マルチチャンネル・エアガン音波探査測線 TA83（石油公団による）

敷地周辺海域の測線図

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査結果

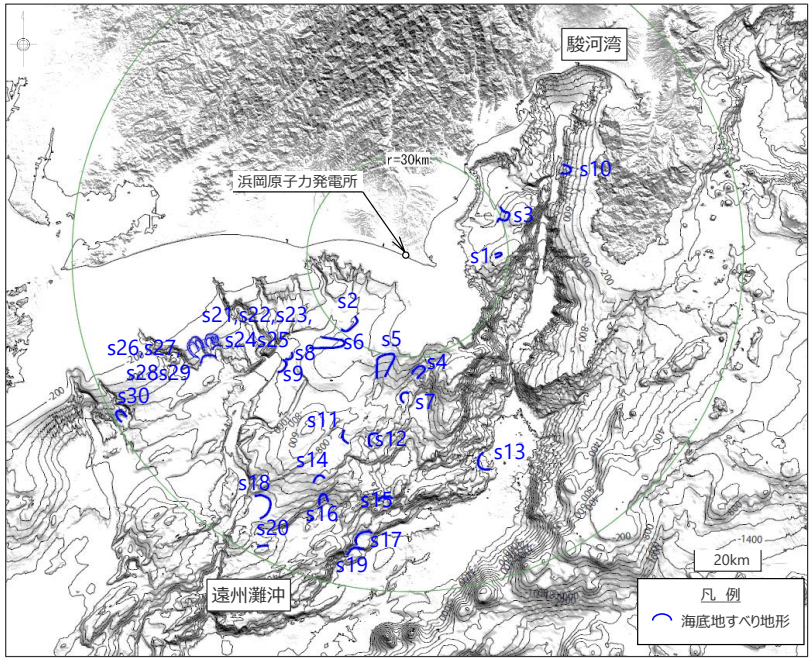
第862回資料2-1
p.26再掲

■敷地周辺海域を対象として、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。
■海底地すべり地形を抽出した各地点の地形判読調査結果を以下に示す。（詳細は第1168回補足説明資料3章）

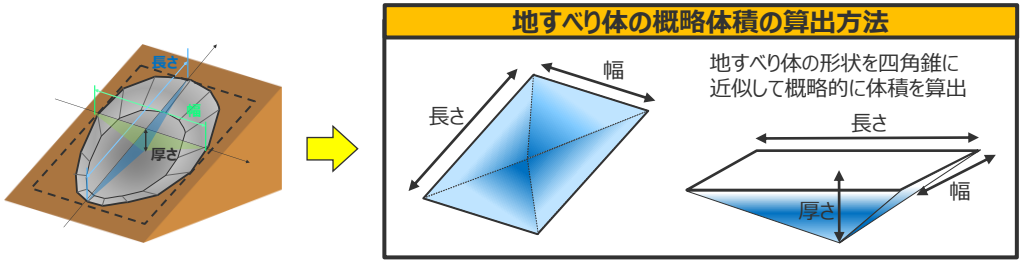
地形判読調査により抽出した敷地周辺海域の海底地すべり地形

地点名	地すべり体の概略体積（億m³）	備　考
s1	1	<当社判読>
s2	15	梶ほか(2010)
s3	5	大塚(1982)、岡村ほか(1999)、梶ほか(2010)
s4	4	梶ほか(2010)
s5	10	梶ほか(2010)
s6	7	<当社判読>
s7	5	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s8	3	<当社判読>
s9	4	梶ほか(2010)、長久保ほか(2009)
s10	11	岡村ほか(1999)
s11	8	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s12	20	梶ほか(2010)
s13	41	Nakamura et al.(1987)
s14	12	芦(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s15	5	梶ほか(2010)
s16	5	東海沖海底活断層研究会(1999)
s17	58	<当社判読>
s18	26	<当社判読>
s19	32	<当社判読>
s20	10	<当社判読>
s21	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s22	12	<当社判読>
s23	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s24	1	<当社判読>
s25	1	<当社判読>
s26	32	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s27	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s28	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s29	1	<当社判読>
s30	4	梶ほか(2010)

・既往文献により示されている海底地すべり地形の詳細については、第1168回補足説明資料４章に示す。



地形判読調査により抽出した海底地すべり地形の位置図



■地すべり体の概略体積 ＝ (長さ×幅×厚さ)×1/3

・長さ、幅、厚さ、比高：地形判読に基づく概略値
・斜面勾配　　：比高・長さより算出

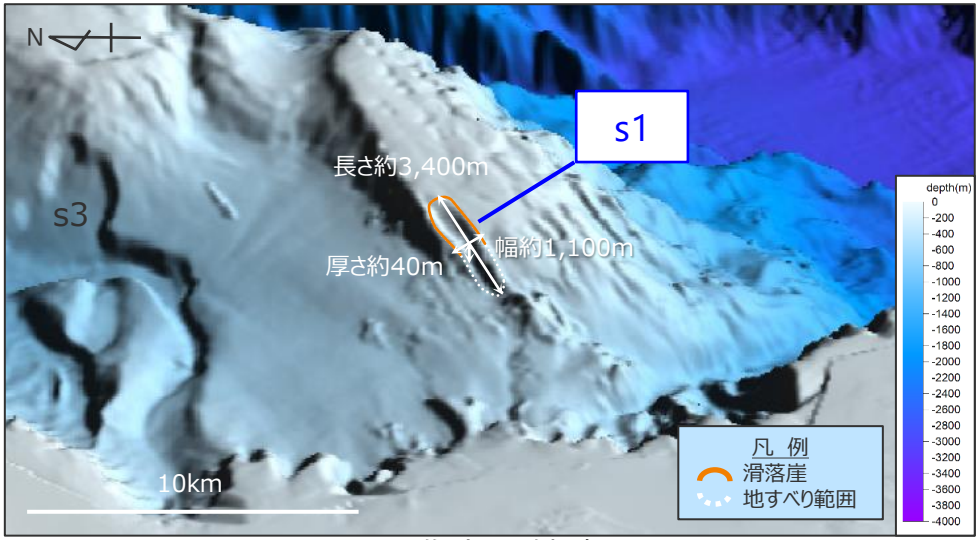
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査結果
（s1地点の海底地すべり地形の事例）

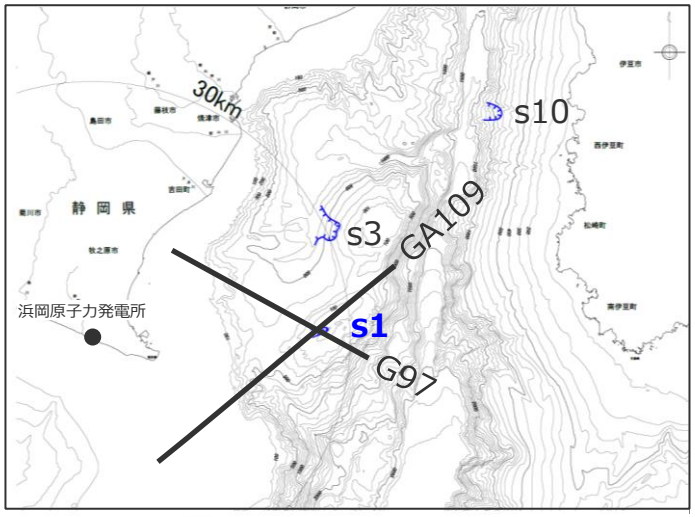
第767回資料1-1
p.26再掲

■100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河湾の海盆内にs1地点の海底地すべり地形を抽出した。

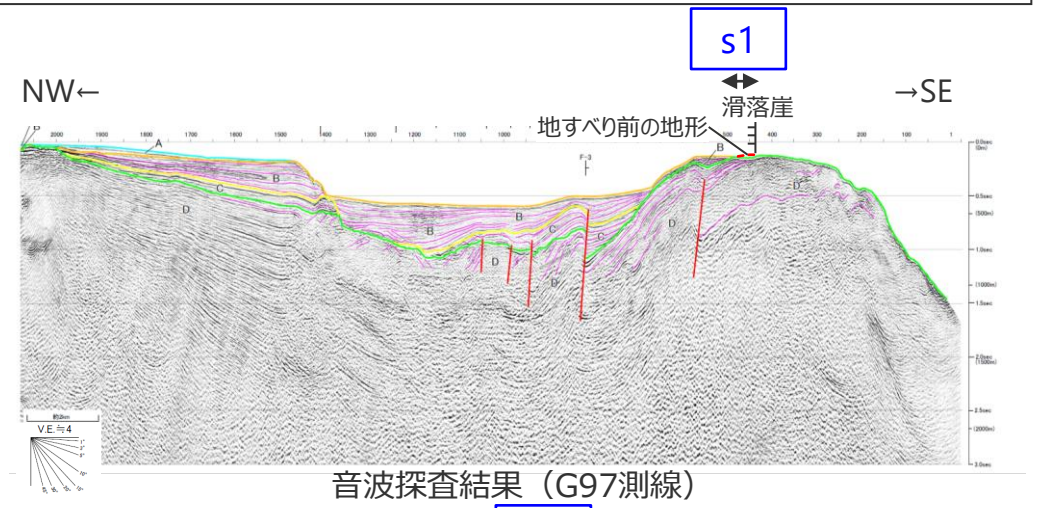
・その他地点の調査結果は第1168回補足説明資料３章に示す。



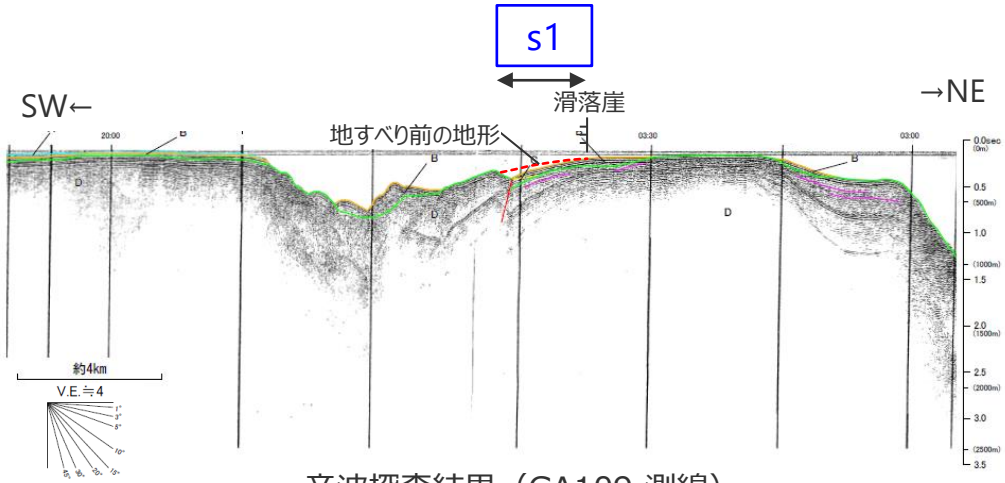
DEMより作成した鯨瞰図　（縦横比1:5）



測線図



音波探査結果（G97測線）



音波探査結果（GA109 測線）

・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s1	約3,400m	約1,100m	約40m	約1億m³	約230m	約4°

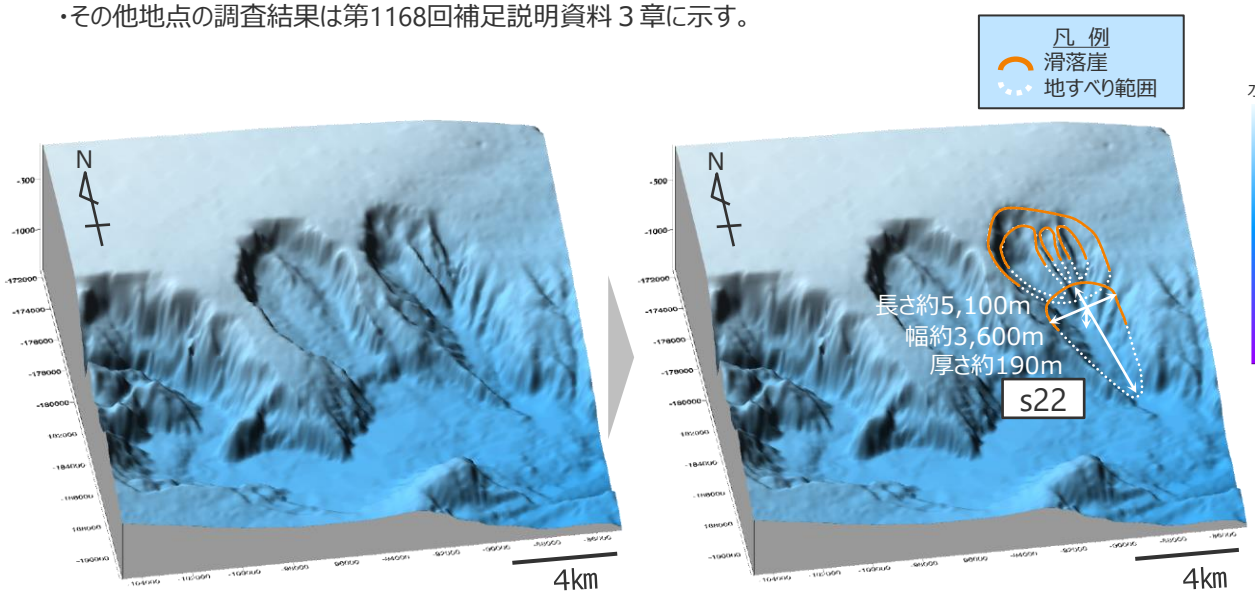
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査結果
（s22地点の海底地すべり地形の事例）

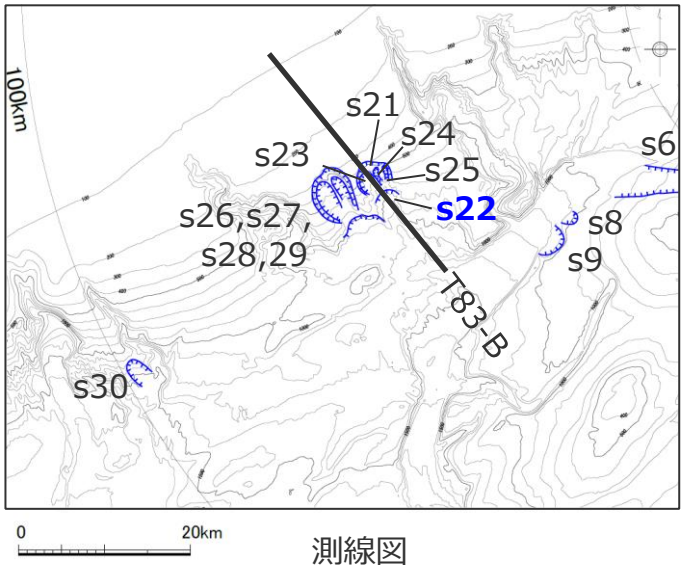
第767回資料1-1
p.27再掲

■100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs22地点の海底地すべり地形を抽出した。

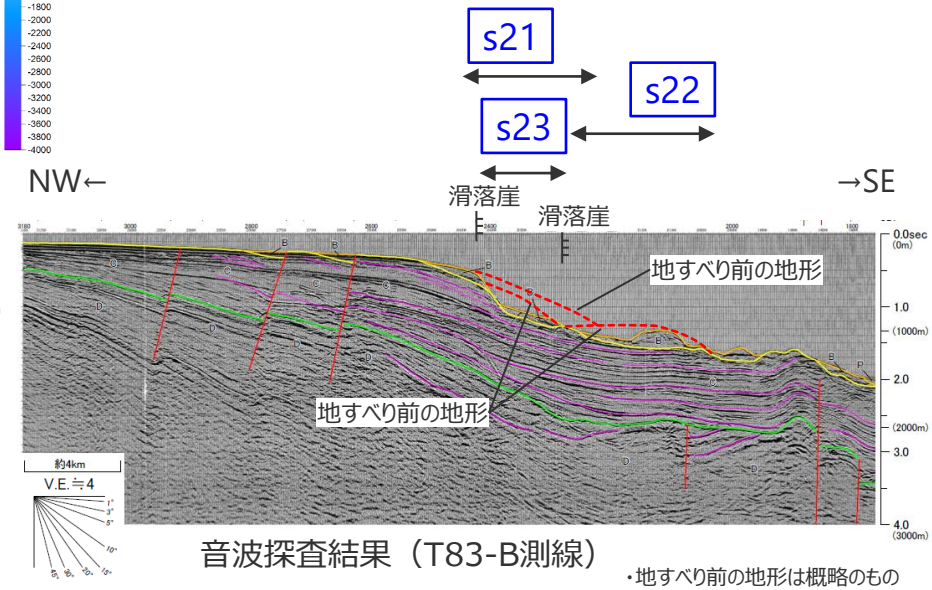
・その他地点の調査結果は第1168回補足説明資料３章に示す。



DEMより作成した鯨瞰図



測線図



音波探査結果（T83-B測線）

・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s22	約5,100m	約3,600m	約190m	約12億m^3	約420m	約5°

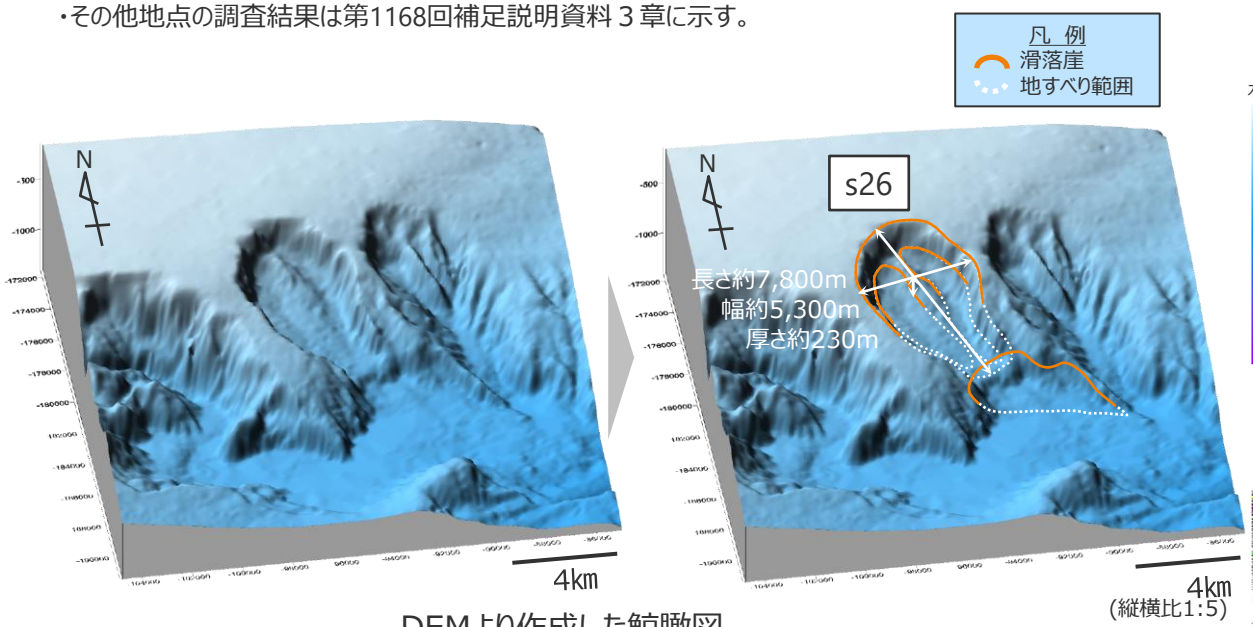
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地形判読調査結果
（s26地点の海底地すべり地形の事例）

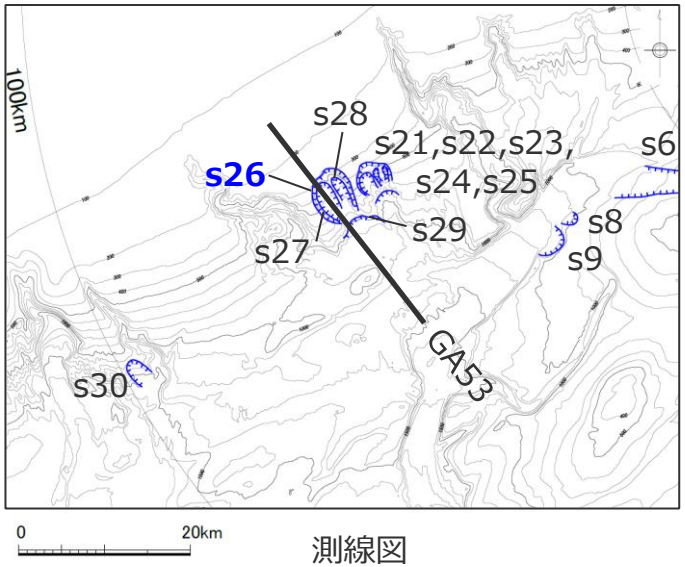
第767回資料1-1
p.28再掲

■100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs26地点の海底地すべり地形を抽出した。

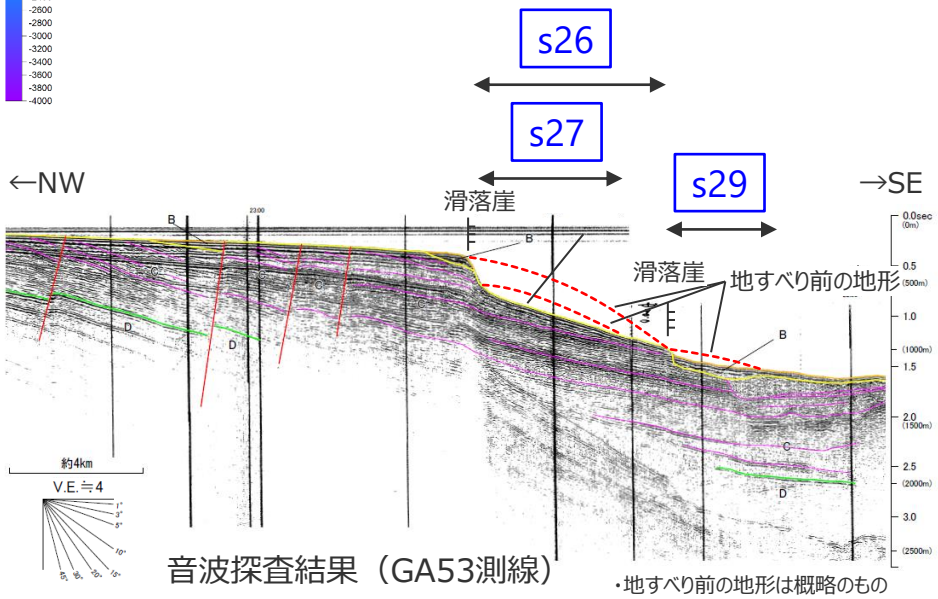
・その他地点の調査結果は第1168回補足説明資料３章に示す。



DEMより作成した鯨瞰図



測線図



音波探査結果（GA53測線）

・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s26	約7,800m	約5,300m	約230m	約32億m³	約750m	約6°

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

検討対象とする海底地すべりの選定の方針

第1168回資料2-2
p.30再掲

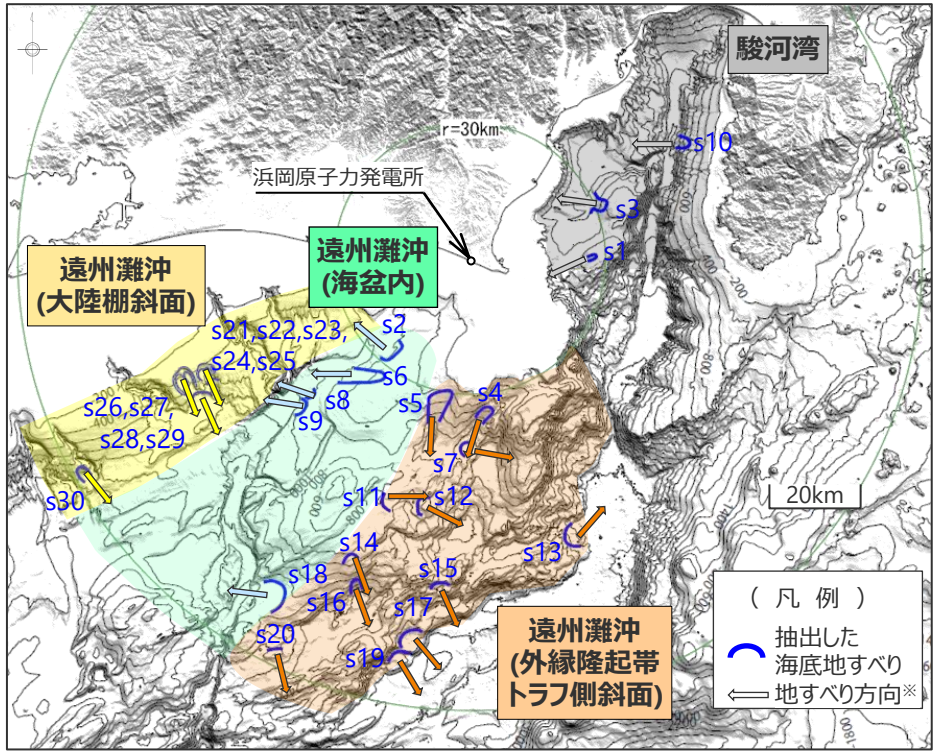
■抽出した海底地すべり地形から推定される海底地すべりについて、その津波の指向性を考慮して検討対象とする海底地すべりを選定することとし、地すべりの津波の指向性は海底地形および敷地との位置関係により規定されることを踏まえて、南海トラフの地形的特徴に基づき「遠州灘沖(海盆内)」、「遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)」、「遠州灘沖(大陸棚斜面)」、「駿河湾」の領域に区分したうえで、それぞれ地すべり体の概略体積、敷地からの距離に基づき検討対象とする海底地すべりを選定した。

抽出した海底地すべり（計30地点）

- 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

• それぞれ、地すべり体の概略体積と敷地からの距離に基づき、敷地への影響が大きいと考えられる海底地すべりを検討対象として選定した。

• 地すべり体の概略体積が相対的に小さく、また、御前崎があり津波が直接到達しにくいことから、敷地への影響は小さいと考えられるが、その影響を定量的に確認するため、検討対象として選定した。



敷地周辺海域の海底地すべり

※地すべり方向は、滑落崖の位置と水深コンターより、土砂の流下方向を想定し設定。

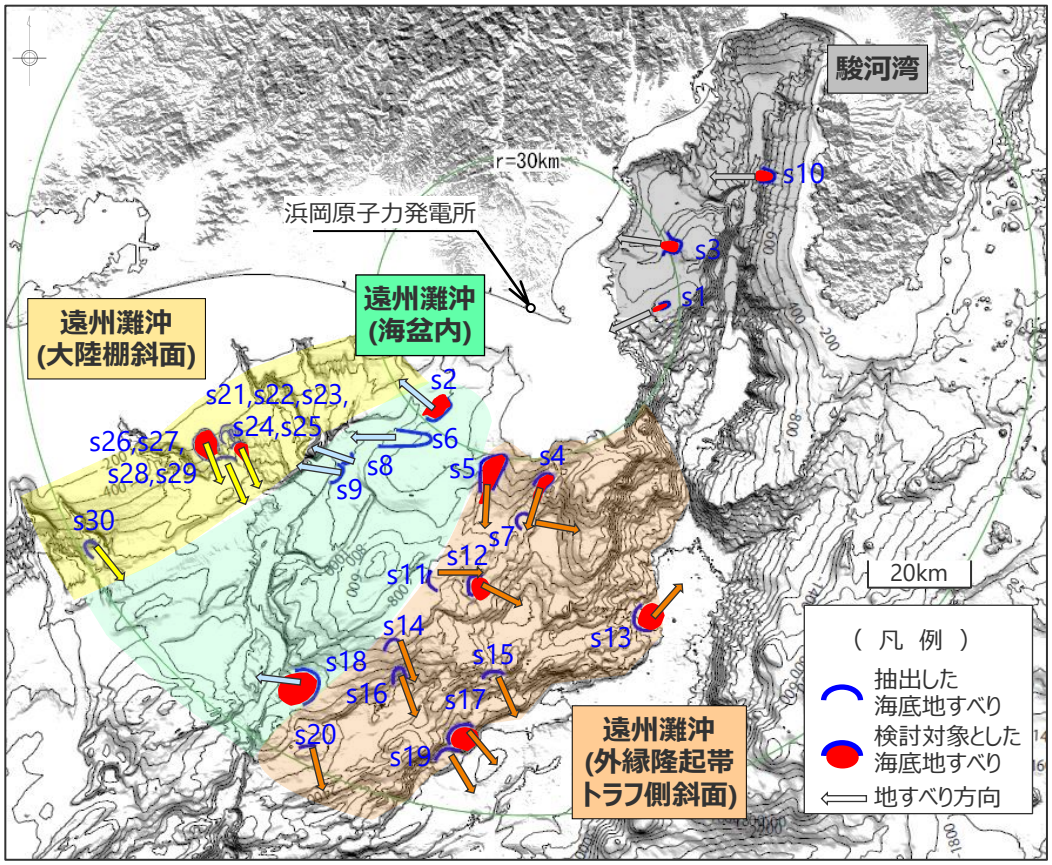
地点名			地すべり体の概略体積(億m³)	敷地からの距離(km)
遠州灘沖	遠州灘沖(海盆内)	s2	15	27
		s6	7	38
		s8	3	46
		s9	4	50
		s18	26	87
	遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)	s4	4	35
		s5	10	35
		s7	5	42
		s11	8	55
		s12	20	56
		s13	41	64
		s14	12	72
		s15	5	74
		s16	5	77
		s17	58	86
		s19	32	91
		s20	10	97
	遠州灘沖(大陸棚斜面)	s21	11	63
		s22	12	63
		s23	7	64
		s24	1	63
		s25	1	62
		s26	32	68
		s27	11	71
		s28	7	67
		s29	1	65
		s30	4	99
駿河湾	駿河湾	s1	1	25
		s3	5	31
		s10	11	52

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

検討対象とする海底地すべりの選定結果

第767回資料1-1
p.31再掲

■ 検討対象とする海底地すべりの選定結果および選定理由は以下のとおり。
遠州灘沖（海盆内、外縁隆起帯トラフ側斜面、大陸棚斜面）および駿河湾から、12地点の海底地すべりを検討対象として選定した。



検討対象とする海底地すべりの選定結果

検討対象とする海底地すべりの選定結果および選定理由
（ **赤字** ：検討対象とする海底地すべり地点 ）

地点名			地すべり体の概略体積（億m³）	敷地からの距離(km)	選定理由
遠州灘沖	遠州灘沖(海盆内)	s2	15	27	遠州灘沖(海盆内)の中で最も敷地に近い
		s6	7	38	－
		s8	3	46	－
		s9	4	50	－
		s18	26	87	s2地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
	遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)	s4	4	35	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	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	－
		s11	8	55	－
		s12	20	56	s5地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s13	41	64	s12地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s14	12	72	－
		s15	5	74	－
		s16	5	77	－
		s17	58	86	s13地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s19	32	91	－
		s20	10	97	－
	遠州灘沖(大陸棚斜面)	s21	11	63	
		s22	12	63	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	
		s24	1	63	－
		s25	1	62	－
		s26	32	68	s22地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s27	11	71	－
		s28	7	67	－
		s29	1	65	－
		s30	4	99	－
駿河湾	駿河湾	s1	1	25	駿河湾の中で最も敷地に近い
		s3	5	31	s1地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s10	11	52	s3地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい

・なお、検討対象外とした遠州灘沖の海底地すべりは、検討対象として選定した海底地すべりのいずれかと比較して、地すべり方向が共通しており、体積が小さく敷地からの距離が同じか遠いものとなっている。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

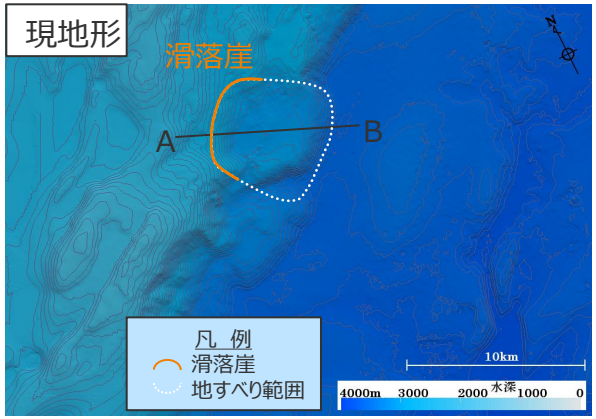
1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

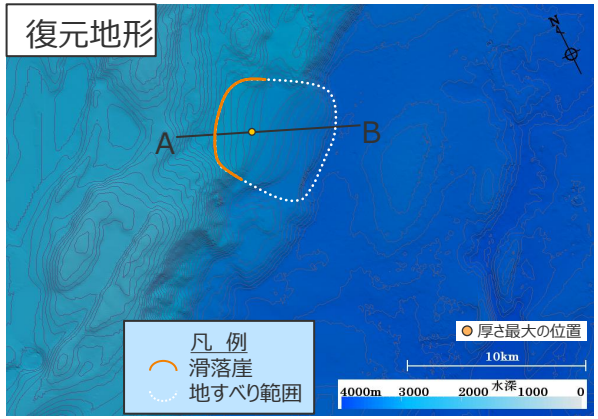
波源モデルの設定

第1168回資料2-2
p.33一部修正

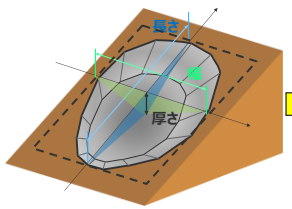
■検討対象として選定した海底地すべりについて、地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。
■海底地すべりの復元方法は以下のとおり。
・抽出された海底地すべり地形について、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、崩壊部および堆積部を判読した。
・地すべり前の復元地形は、崩壊量と堆積量のバランスおよび周辺斜面との三次元的な整合を確認しながら推定した。
・すべり面は、崩壊部の急崖には地すべり崩壊物は堆積していないと考えて、崩壊部の急崖と堆積部前方の地形面とを、滑らかに接続することで推定した。
また、土塊が薄く広がり、堆積部を認定しにくい場合には、堆積部の堆積物はすべて流出したものとし現地形をすべり面と推定した。
■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。
■地すべり長さをWattsほかの手法に基づく土塊の移動距離として設定した。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した。



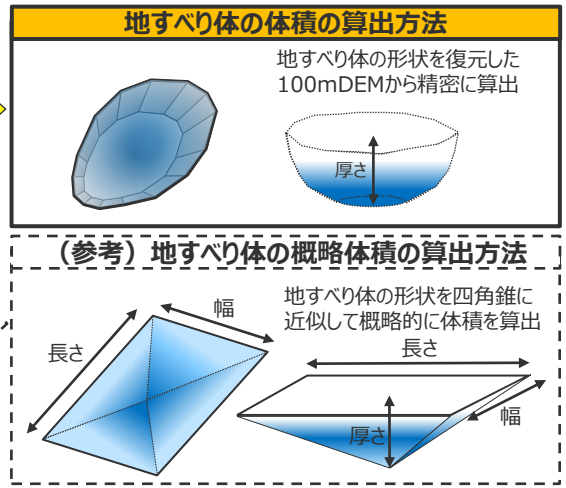
地すべり後の海底地形（現地形）



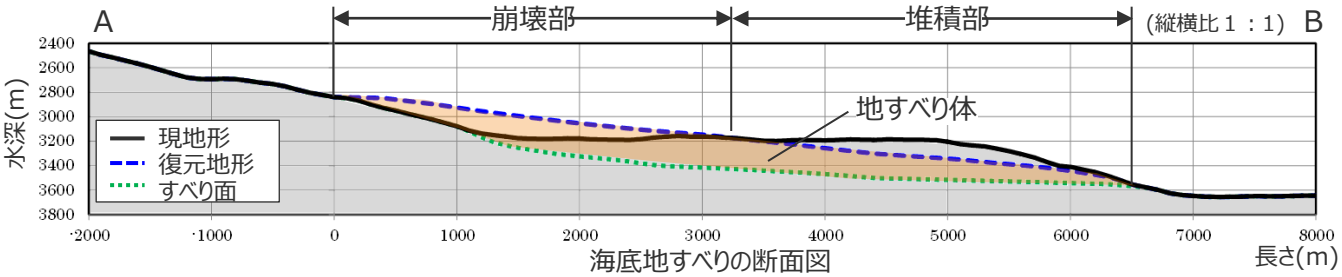
地すべり前の海底地形（復元地形）



抽出した地すべり地形



地すべり体の体積の算出方法



海底地すべりの波源モデルの設定例（s17地点の海底地すべり）

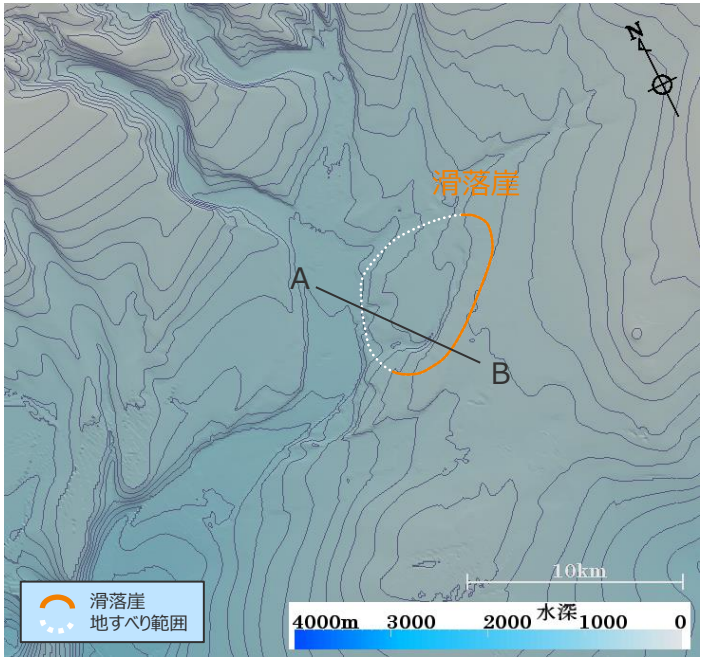
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

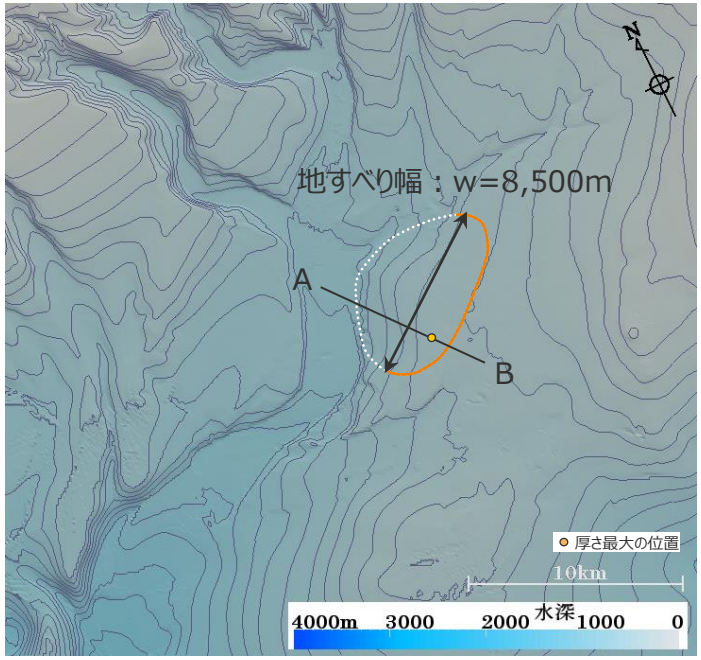
遠州灘沖（海盆内）：s2地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.35再掲

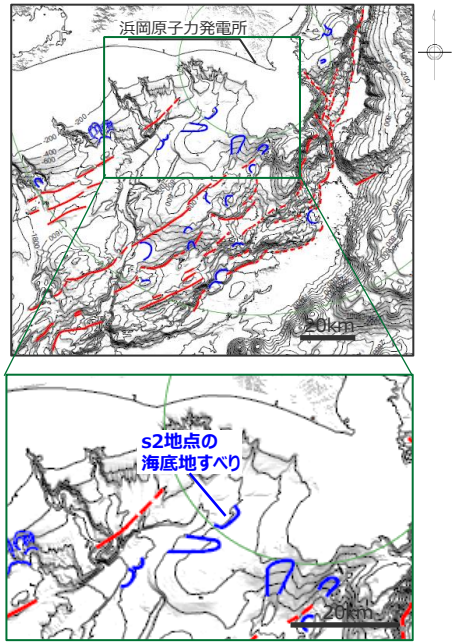
■s2地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

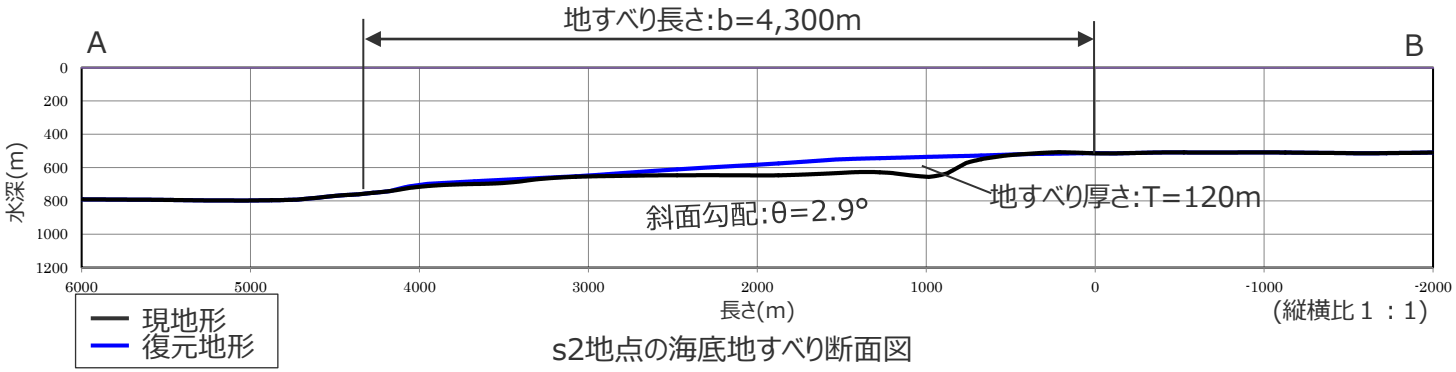


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s2地点の海底地すべり断面図

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s2地点
地すべり長さ b(m)	4,300
地すべり厚さ T(m)	120
地すべり幅 w(m)	8,500
初期位置水深 d(m)	600
斜面勾配 θ(°)	2.9
移動距離 S(m)	4,300
地すべり体の体積(億m^3)※	9

※　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。

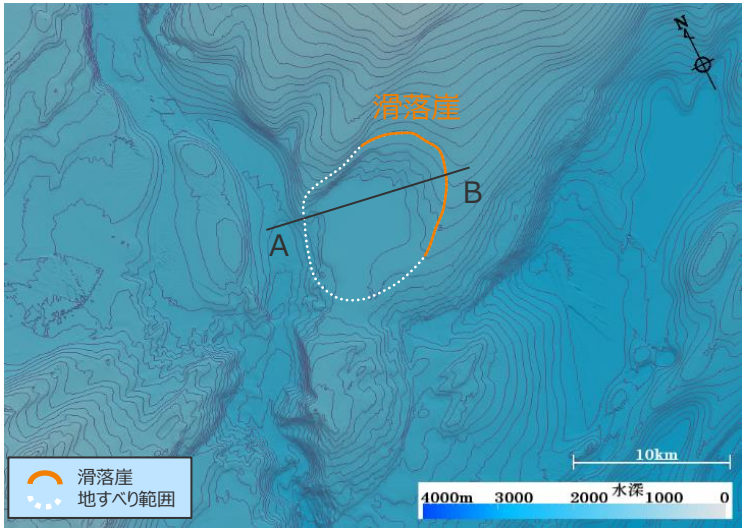
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

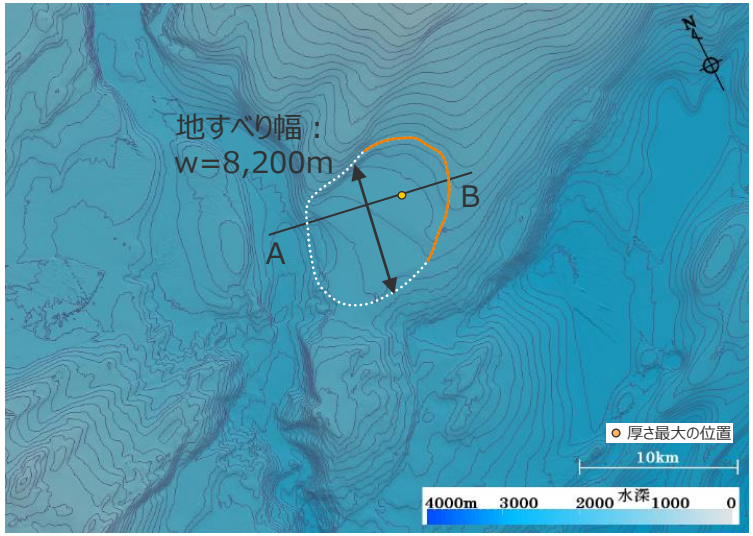
遠州灘沖（海盆内）：s18地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.36再掲

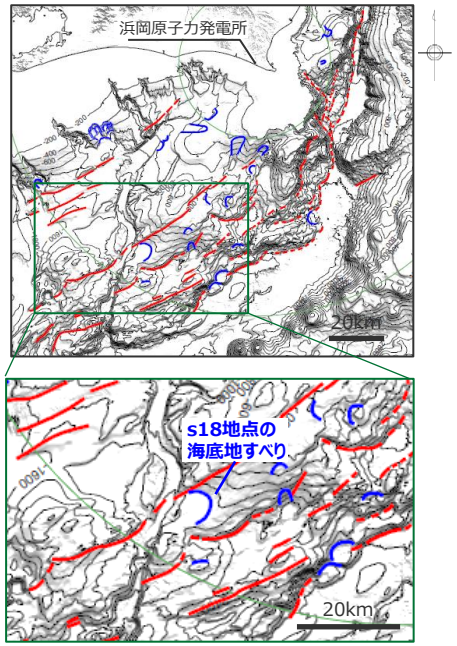
■s18地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

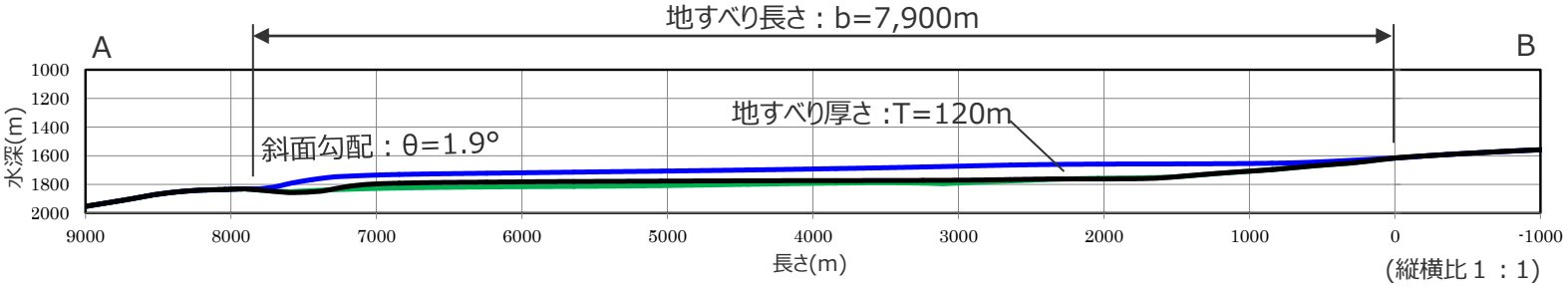


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





現地形
復元地形
すべり面

s18地点の海底地すべり断面図

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s18地点
地すべり長さ b(m)	7,900
地すべり厚さ T(m)	120
地すべり幅 w(m)	8,200
初期位置水深 d(m)	1,690
斜面勾配 θ(°)	1.9
移動距離 S(m)	7,900
地すべり体の体積(億m^3)※	29

※　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。

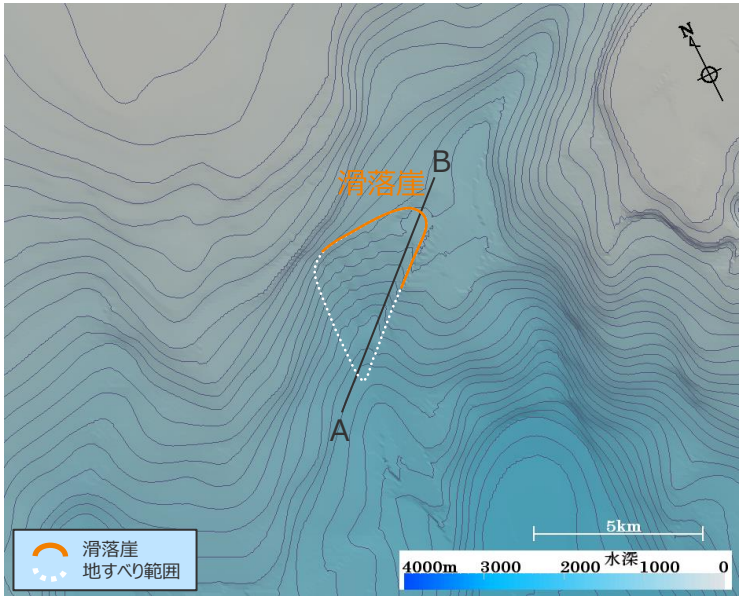
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

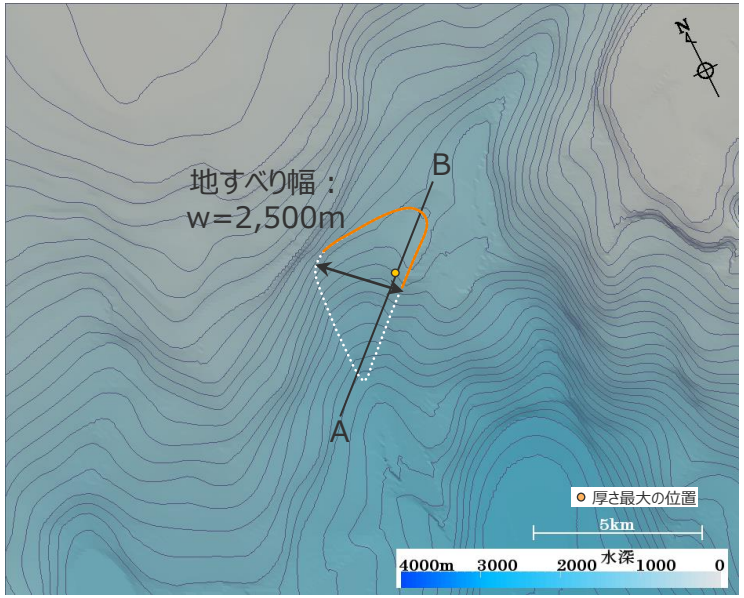
遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面）：s4地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.37再掲

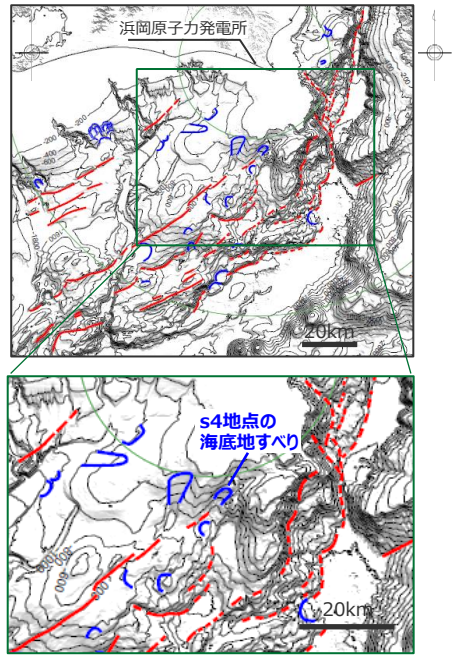
■s4地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

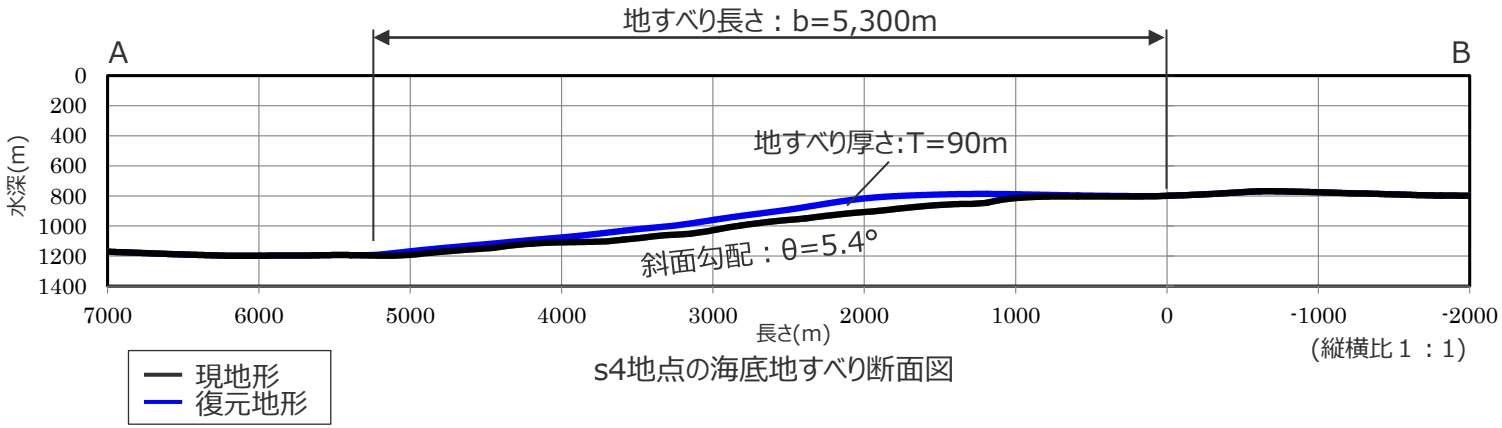


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s4地点の海底地すべり断面図

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s4地点
地すべり長さ b(m)	5,300
地すべり厚さ T(m)	90
地すべり幅 w(m)	2,500
初期位置水深 d(m)	900
斜面勾配 θ(°)	5.4
移動距離 S(m)	5,300
地すべり体の体積(億m^3)※	3

※　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。

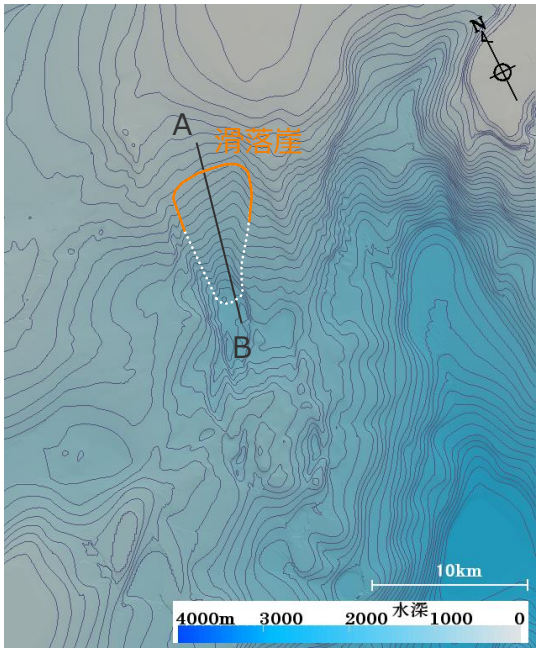
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

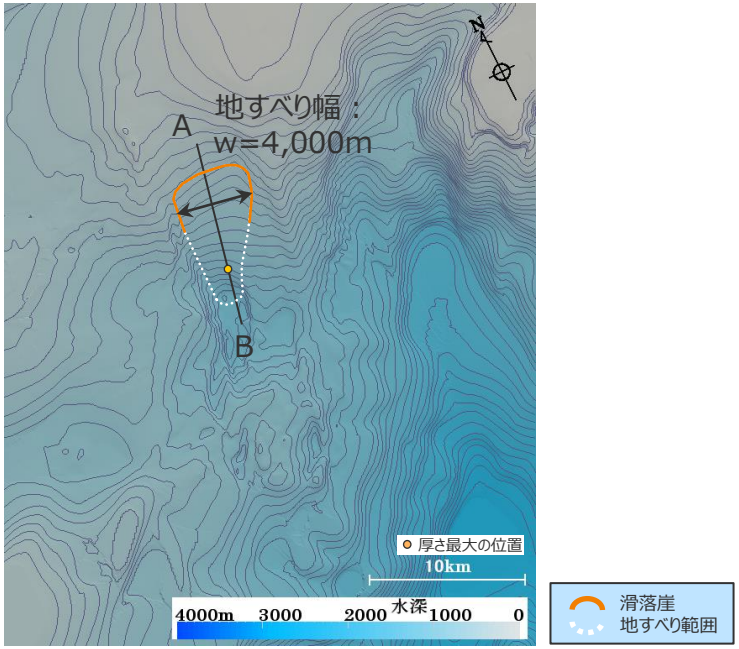
遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面）：s5地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.38再掲

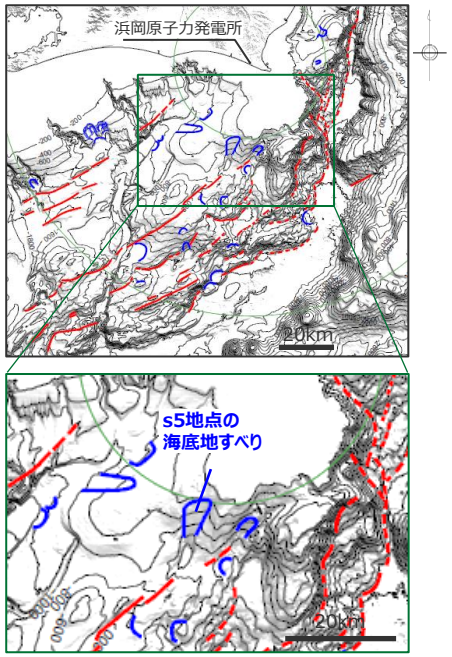
■s5地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

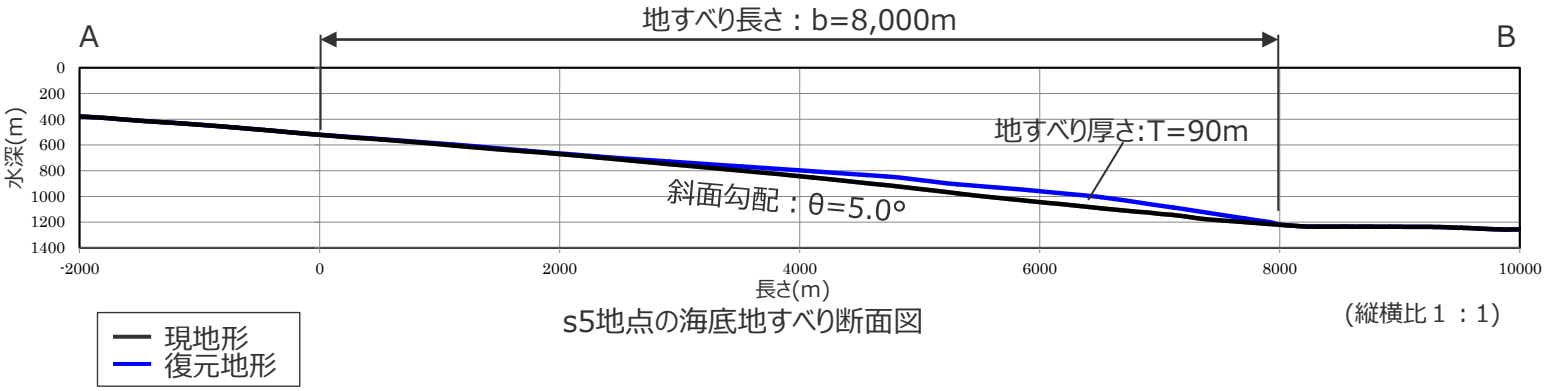


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s5地点の海底地すべり断面図

（縦横比１：1）

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s5地点
地すべり長さ b(m)	8,000
地すべり厚さ T(m)	90
地すべり幅 w(m)	4,000
初期位置水深 d(m)	820
斜面勾配 θ(°)	5.0
移動距離 S(m)	8,000
地すべり体の体積(億m^3)※	6

※　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。

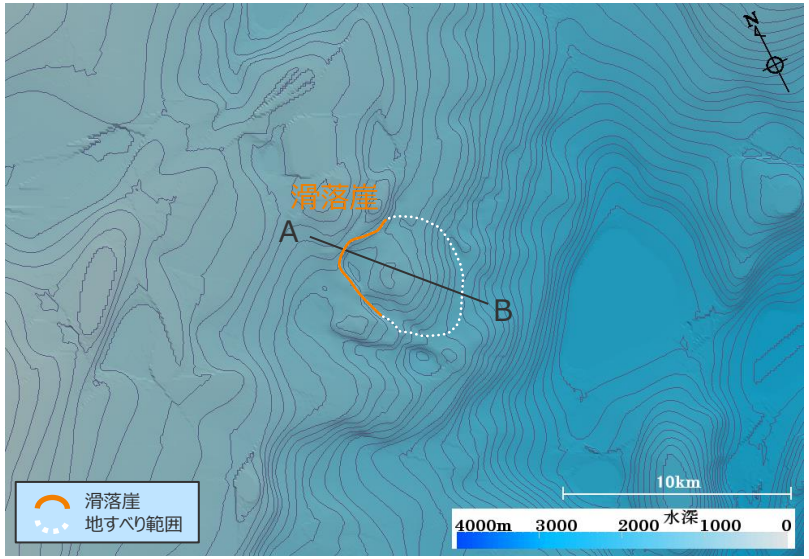
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

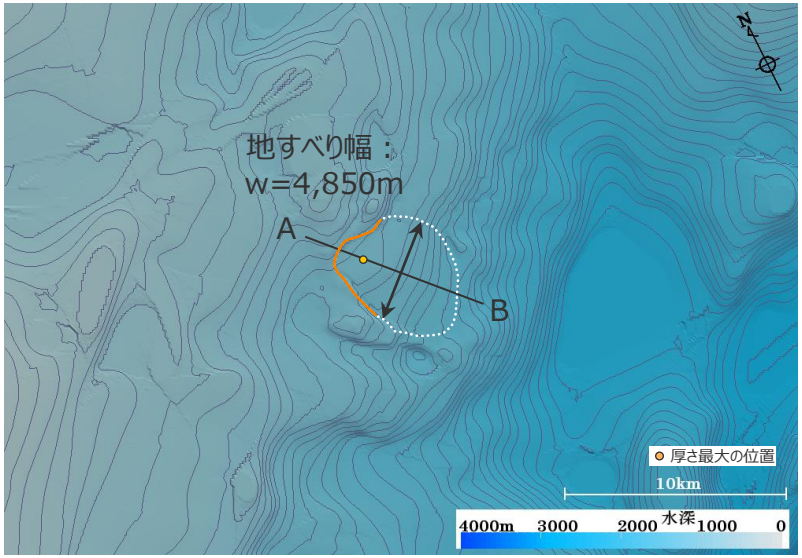
遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面）：s12地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.39再掲

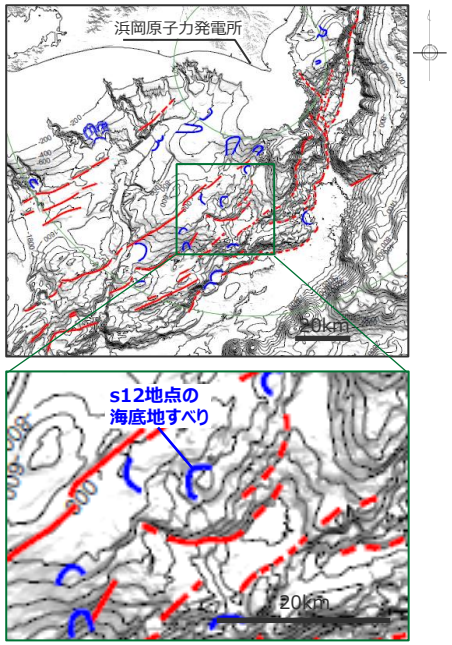
■s12地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

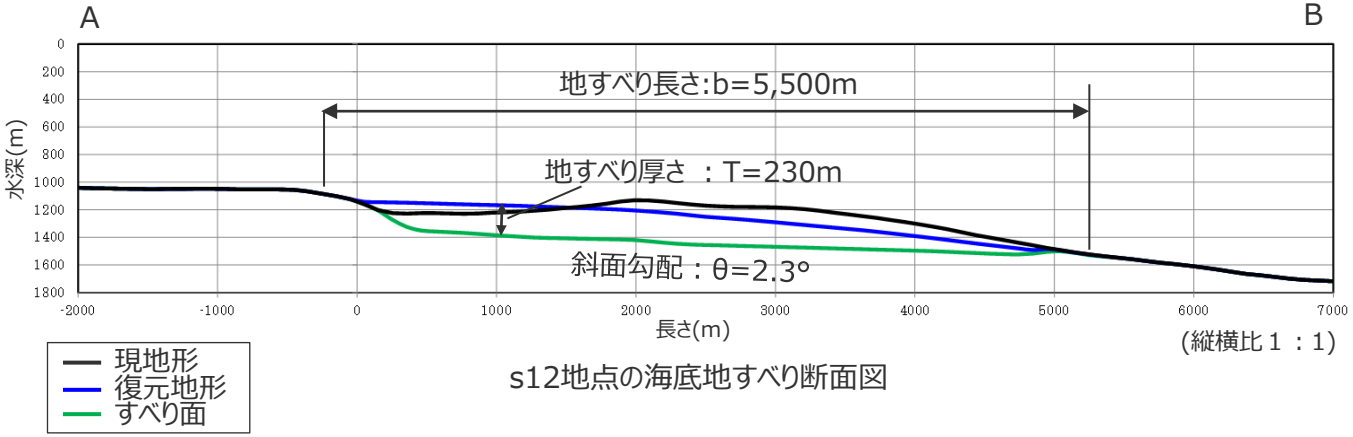


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





（縦横比１：１）

s12地点の海底地すべり断面図

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s12地点
地すべり長さ b(m)	5,500
地すべり厚さ T(m)	230
地すべり幅 w(m)	4,850
初期位置水深 d(m)	1,200
斜面勾配 θ(°)	2.3
移動距離 S(m)	1,000
地すべり体の体積(億m^3)※	17

※　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。

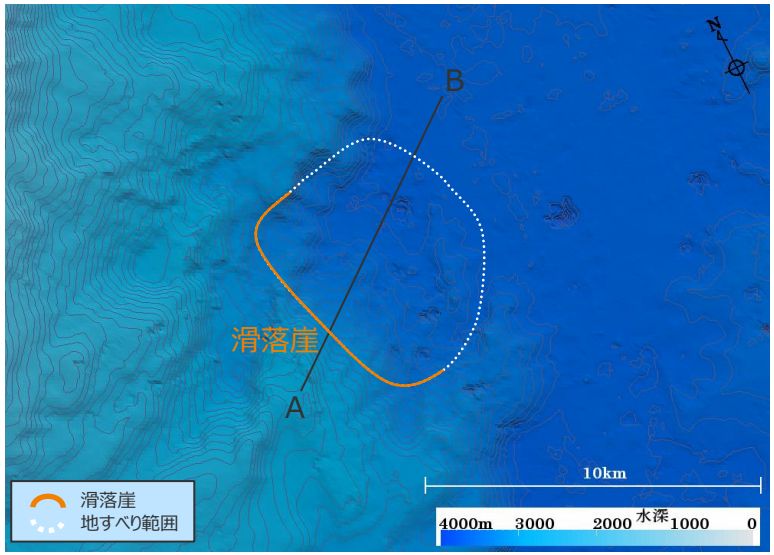
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

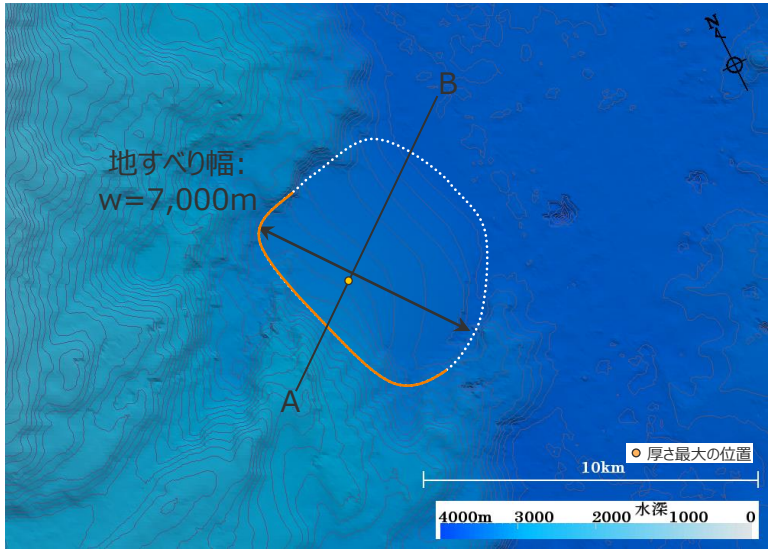
遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面）：s13地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.40再掲

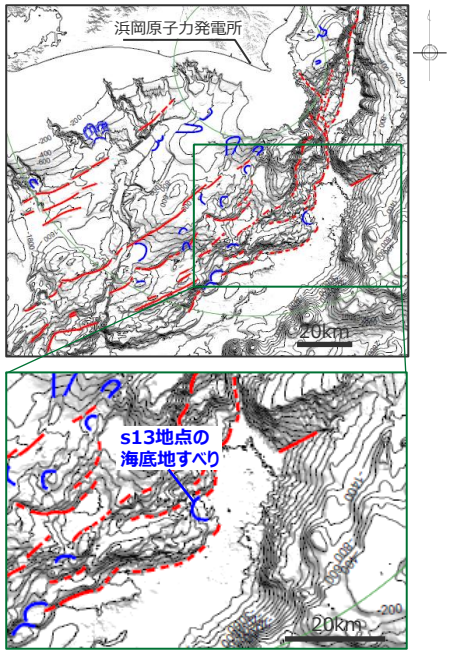
■s13地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

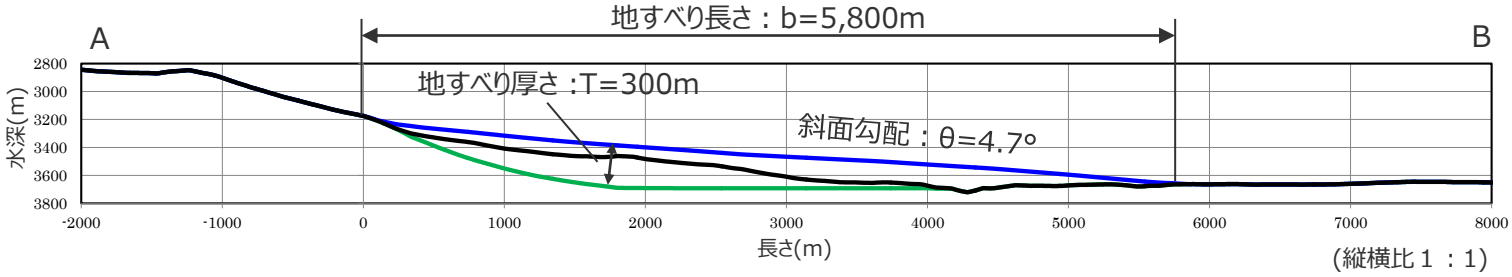


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s13地点の海底地すべり断面図

現地形
復元地形
すべり面

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s13地点
地すべり長さ b(m)	5,800
地すべり厚さ T(m)	300
地すべり幅 w(m)	7,000
初期位置水深 d(m)	3,450
斜面勾配 θ(°)	4.7
移動距離 S(m)	5,800
地すべり体の体積(億m^3)※	34

※　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。

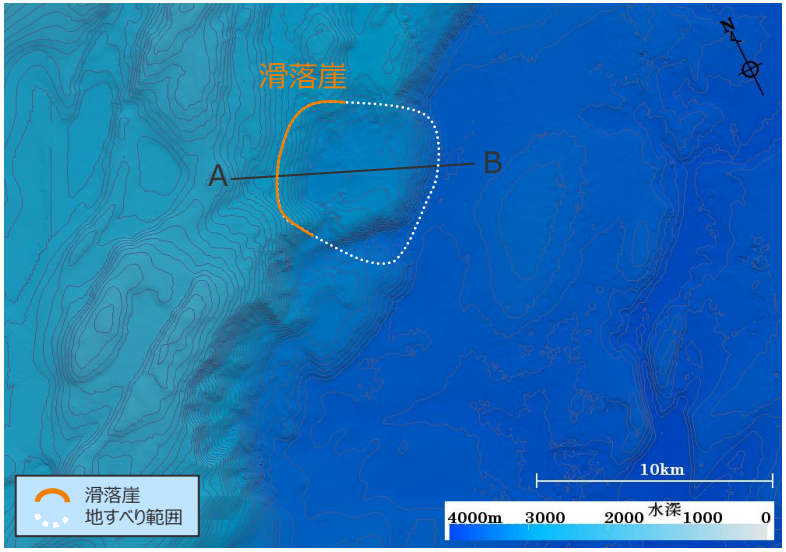
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

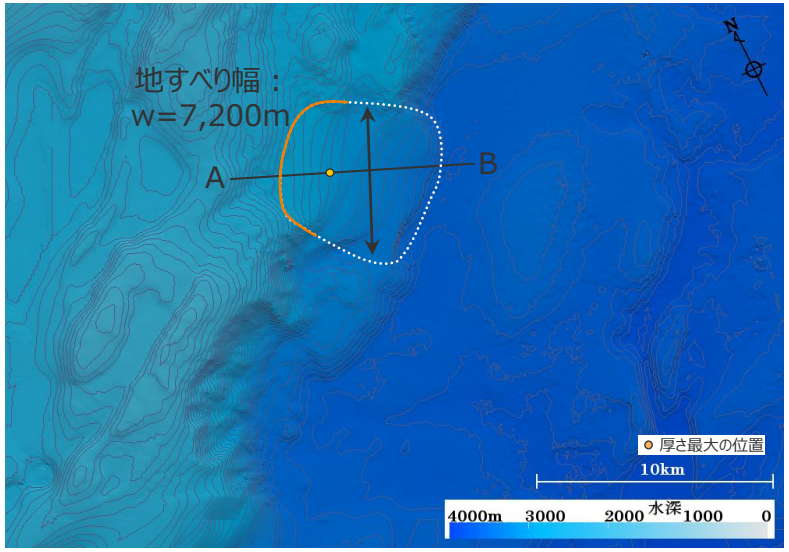
遠州灘沖（外縁隆起帯トラフ側斜面）：s17地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.41再掲

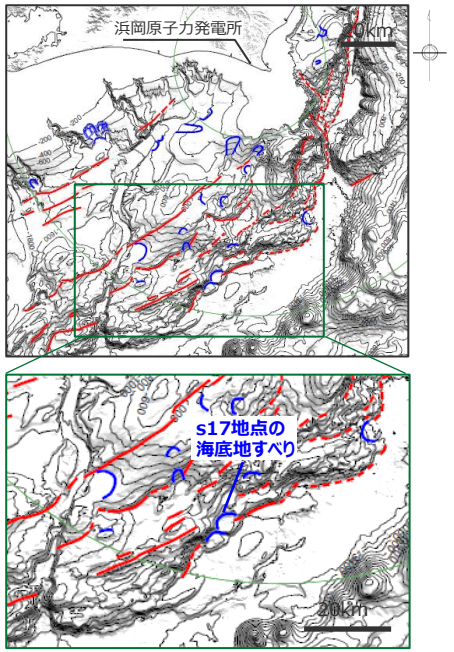
■ s17地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

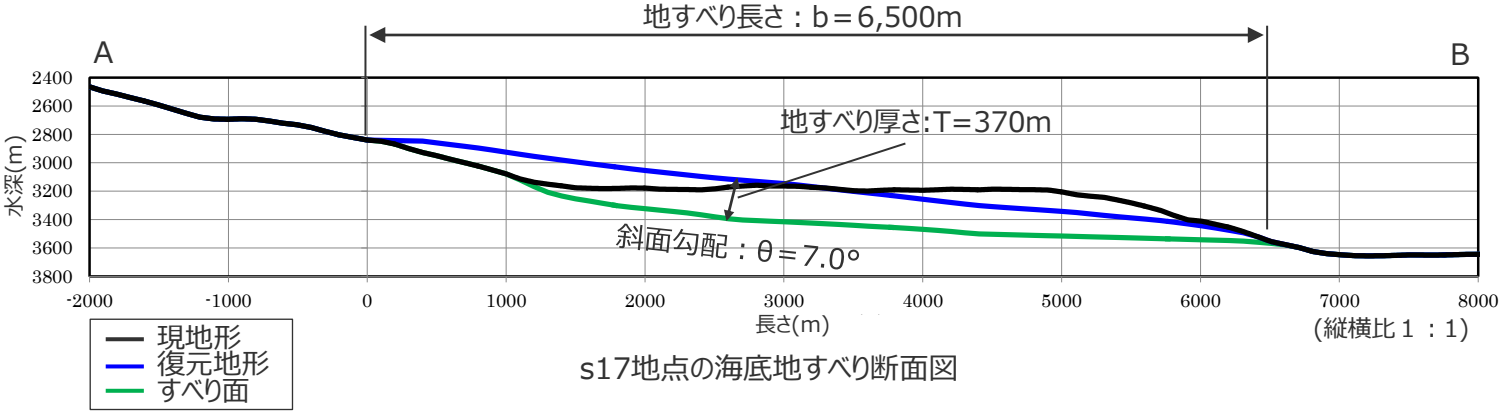


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s17地点の海底地すべり断面図

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s17地点
地すべり長さ b(m)	6,500
地すべり厚さ T(m)	370
地すべり幅 w(m)	7,200
初期位置水深 d(m)	3,200
斜面勾配 θ(°)	7.0
移動距離 S(m)	6,500
地すべり体の体積(億m^3)※	47

※　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。

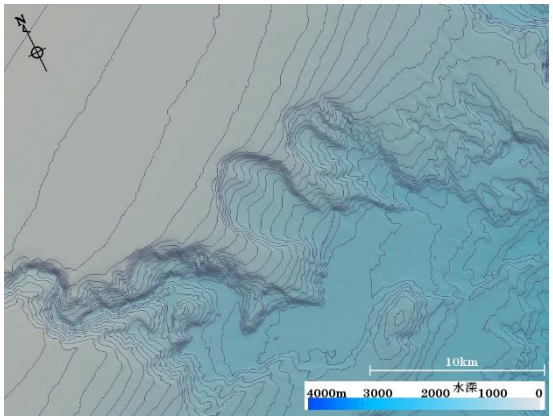
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

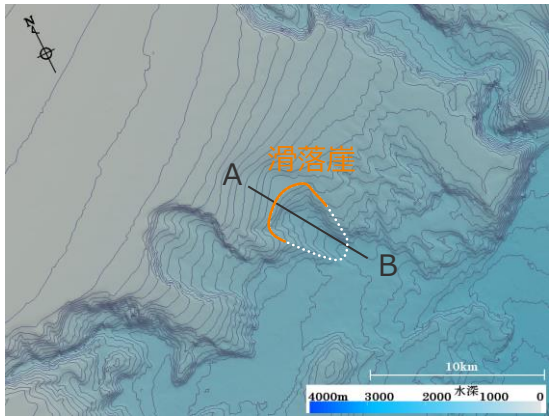
遠州灘沖（大陸棚斜面）：s22地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.42再掲

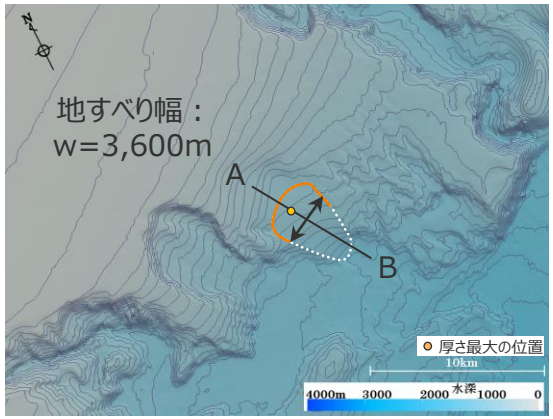
■s22地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。



現地形



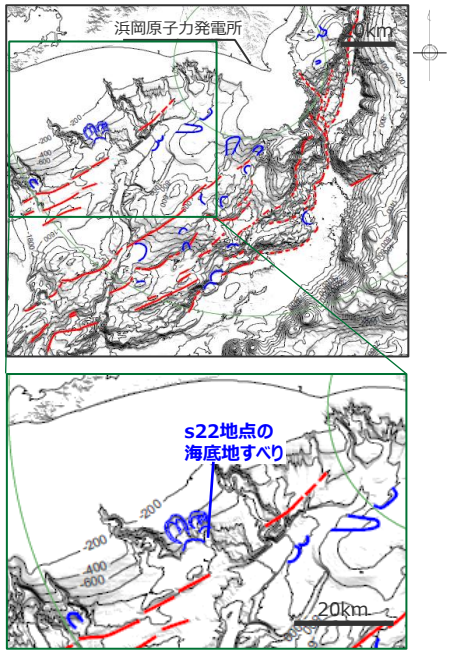
s22地点の地すべり後[1)]の地形
（復元地形）

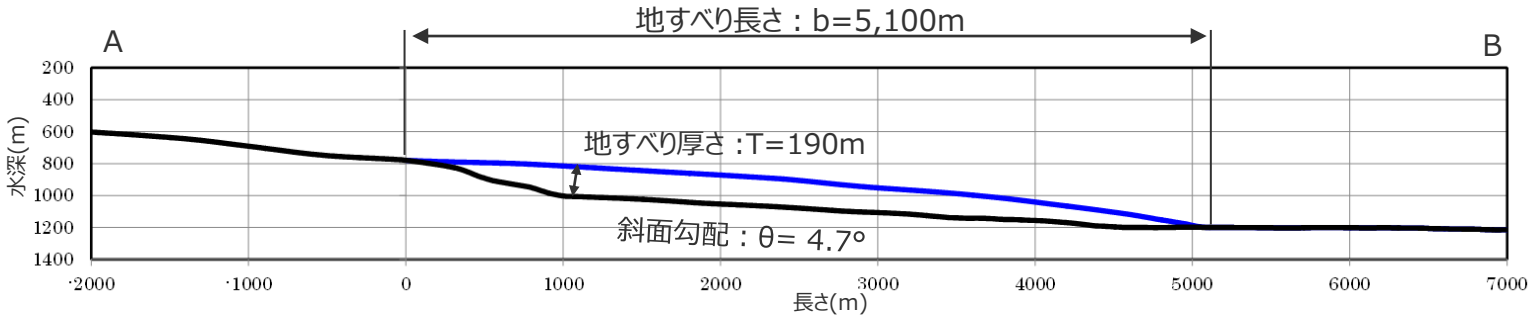


s22地点の地すべり前の地形
（復元地形）

1)s23-s25地点の地すべり前

滑落崖
地すべり範囲





s22地点の海底地すべり断面図

（縦横比１：１）

s22地点の地すべり後の地形
s22地点の地すべり前の地形

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s22地点
地すべり長さ b(m)	5,100
地すべり厚さ T(m)	190
地すべり幅 w(m)	3,600
初期位置水深 d(m)	930
斜面勾配 θ(°)	4.7
移動距離 S(m)	5,100
地すべり体の体積(億m^3)※	12

※　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。

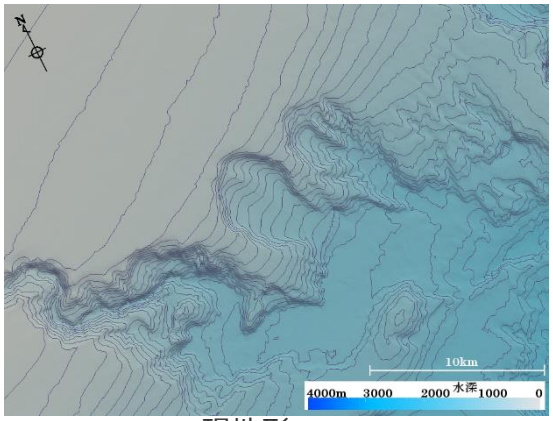
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

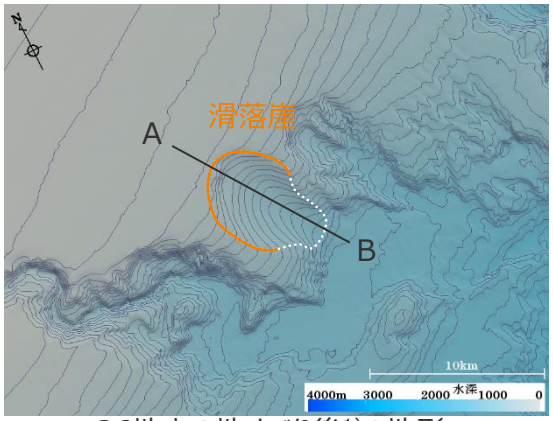
遠州灘沖（大陸棚斜面）：s26地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.43再掲

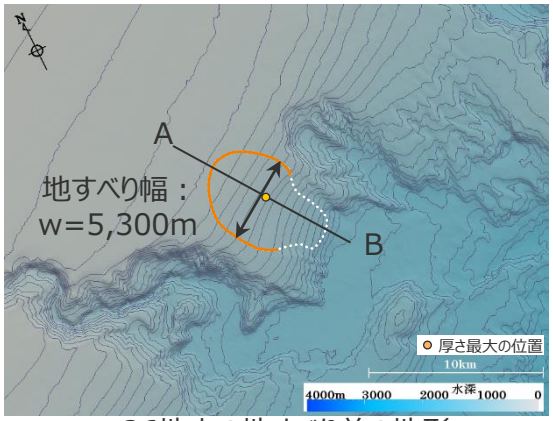
■s26地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。



現地形



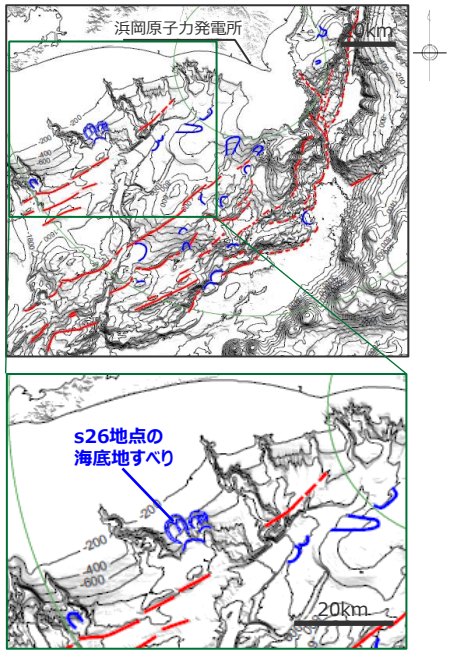
s26地点の地すべり後[1)]の地形
（復元地形）

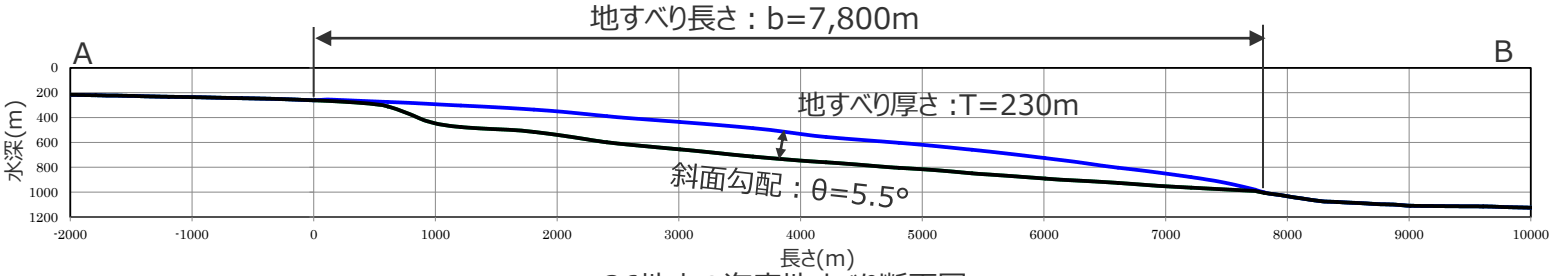


s26地点の地すべり前の地形
（復元地形）

1)s27-s29地点の地すべり前

滑落崖
地すべり範囲





s26地点の海底地すべり断面図

（縦横比１：1）

s26地点の地すべり後の地形
s26地点の地すべり前の地形

・堆積部を認定しにくいため、s27およびs28地点の復元地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s26地点
地すべり長さ b(m)	7,800
地すべり厚さ T(m)	230
地すべり幅 w(m)	5,300
初期位置水深 d(m)	510
斜面勾配 θ(°)	5.5
移動距離 S(m)	7,800
地すべり体の体積(億m^3)※	33

※　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。

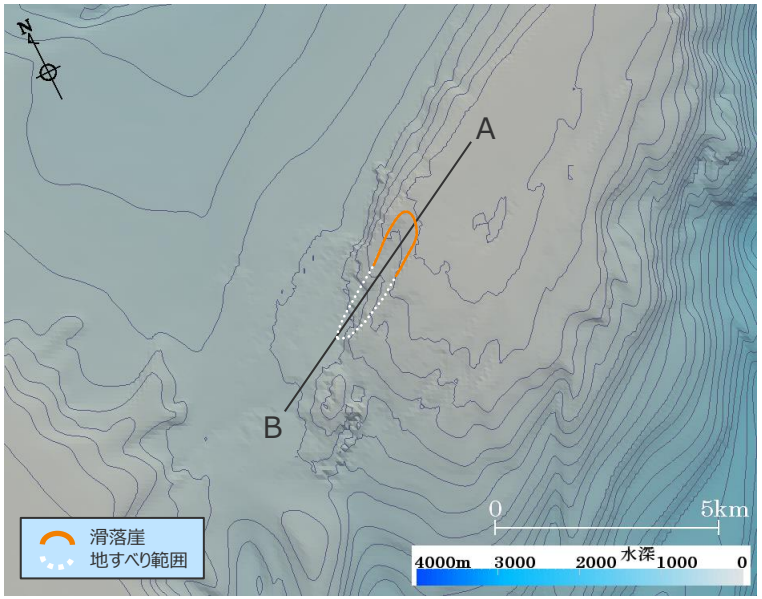
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

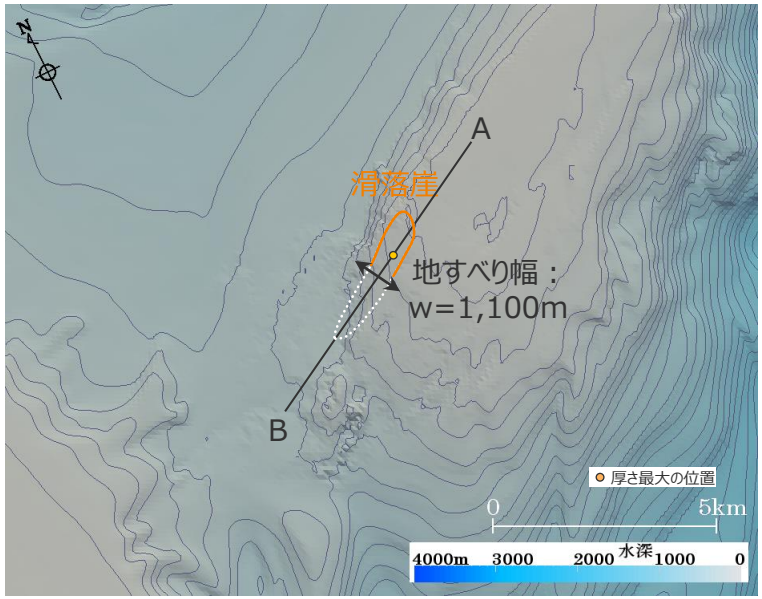
駿河湾：s1地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.44再掲

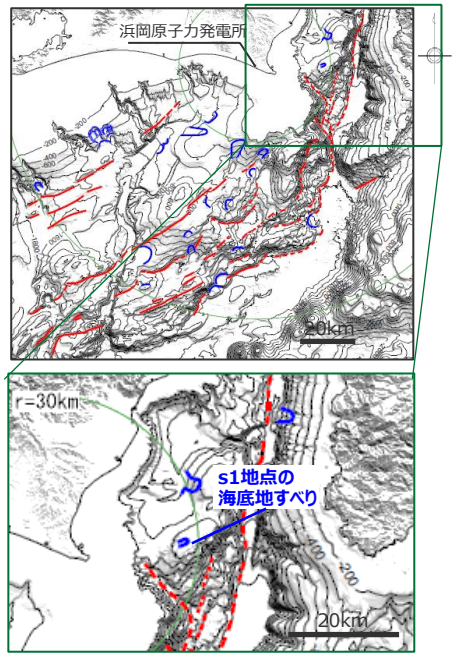
■s1地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

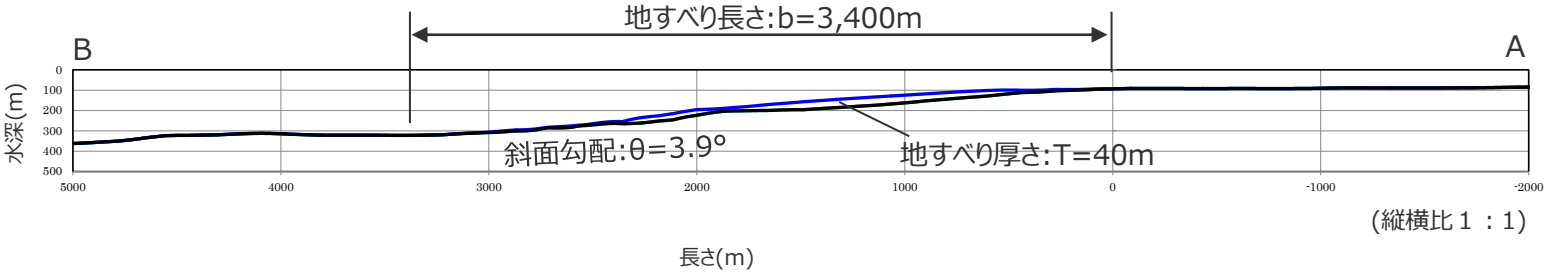


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s1地点の海底地すべり断面図

現地形
復元地形

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s1地点
地すべり長さ b(m)	3,400
地すべり厚さ T(m)	40
地すべり幅 w(m)	1,100
初期位置水深 d(m)	180
斜面勾配 θ(°)	3.9
移動距離 S(m)	3,400
地すべり体の体積(億m^3)※	1

※　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。

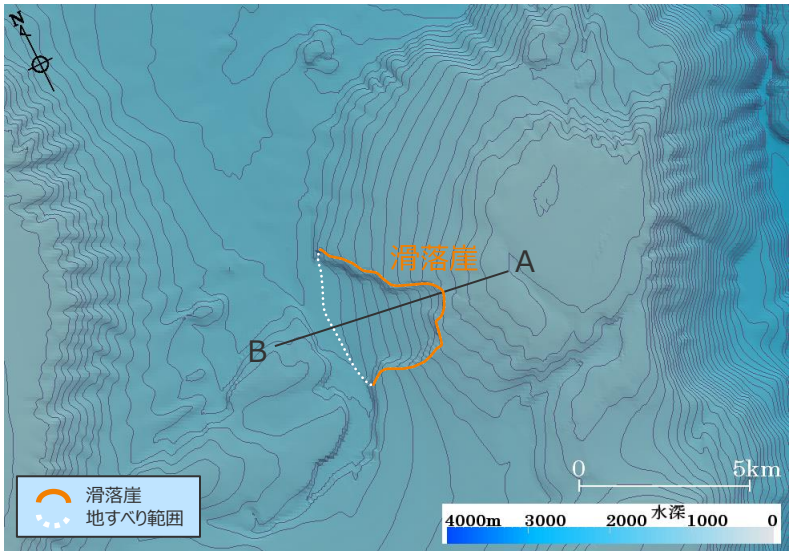
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

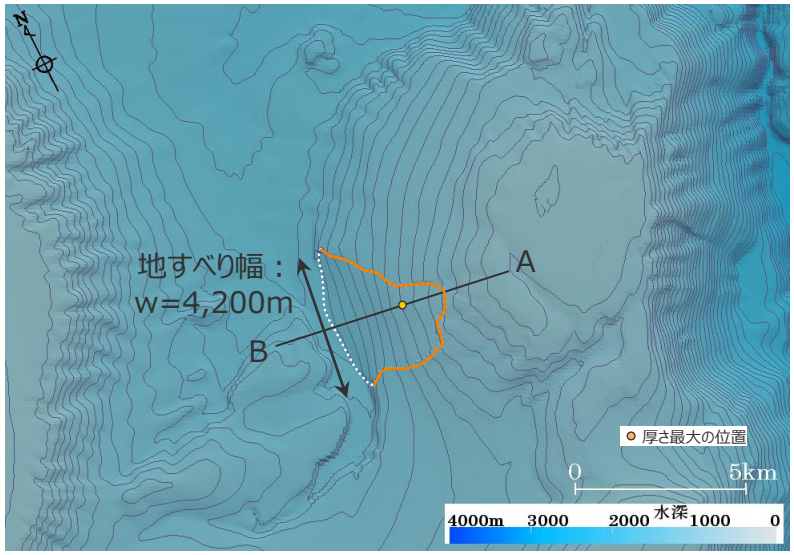
駿河湾：s3地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.45再掲

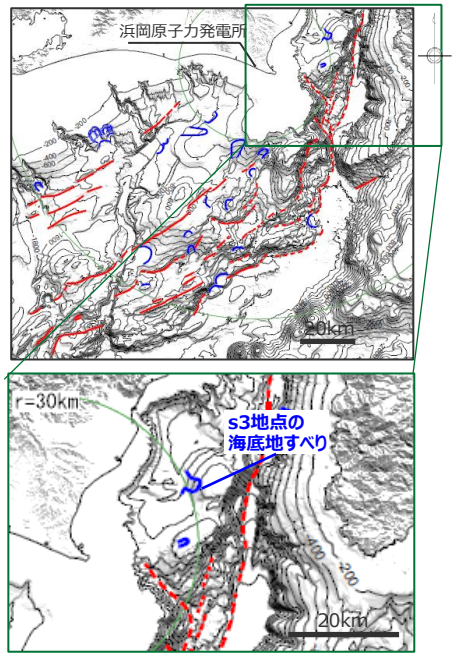
■s3地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。

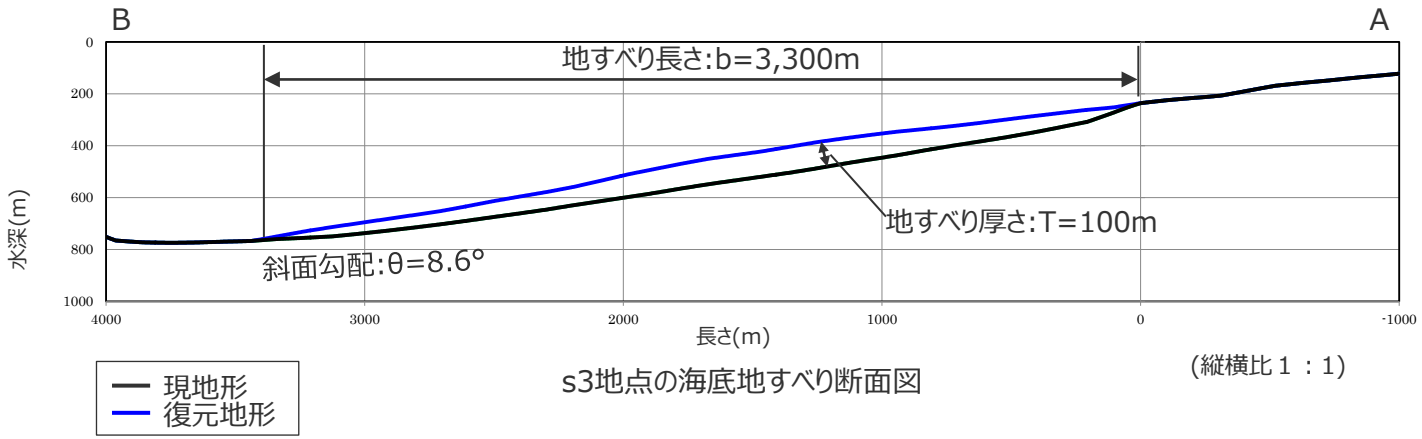


地すべり後の海底地形（現地形）



地すべり前の海底地形（復元地形）





s3地点の海底地すべり断面図

(縦横比１：1)

・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s3地点
地すべり長さ b(m)	3,300
地すべり厚さ T(m)	100
地すべり幅 w(m)	4,200
初期位置水深 d(m)	470
斜面勾配 θ(°)	8.6
移動距離 S(m)	3,300
地すべり体の体積(億m^3)※	5

※　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。

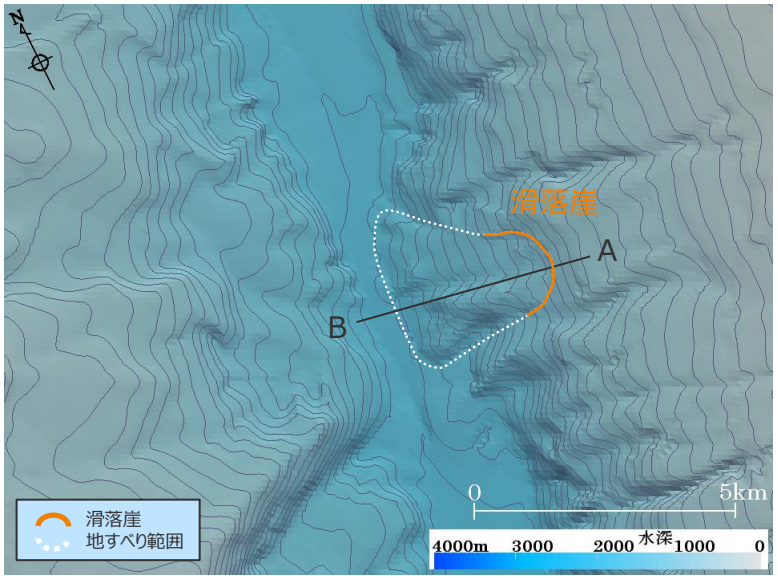
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

波源モデルの設定

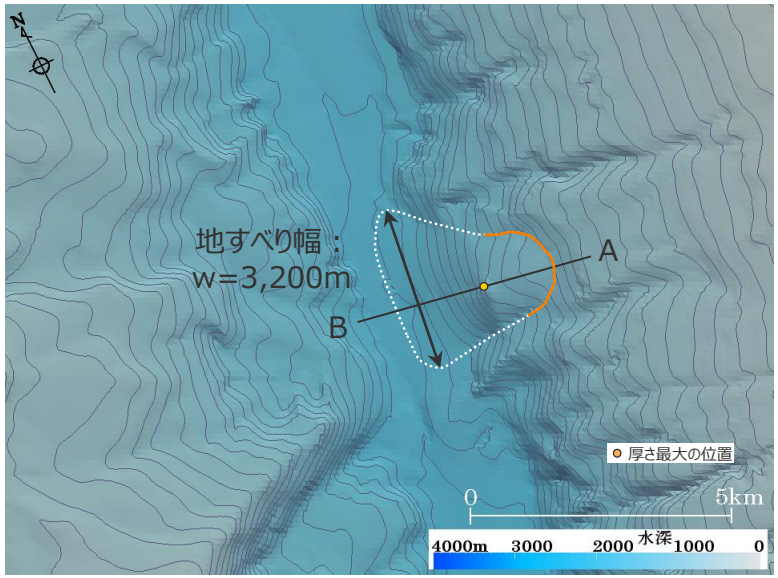
駿河湾：s10地点の海底地すべり

第862回資料2-1
p.46再掲

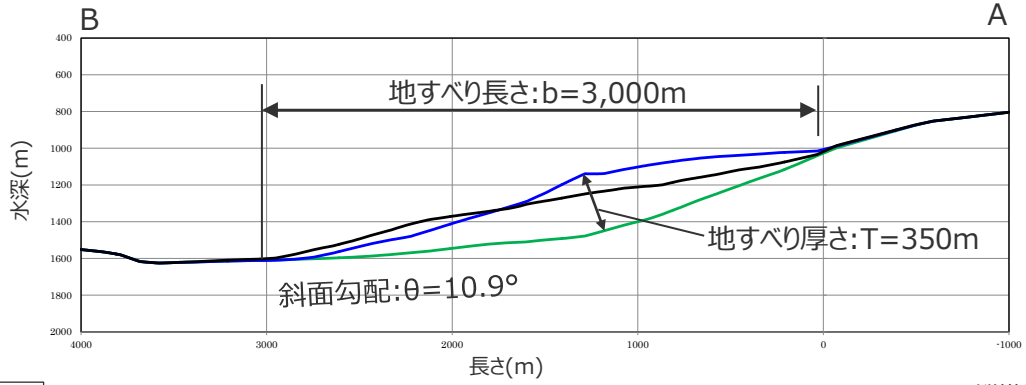
■s10地点の海底地すべりについて、100mDEMおよび音波探査記録を用いて地すべり前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。



地すべり後の海底地形（現地形）



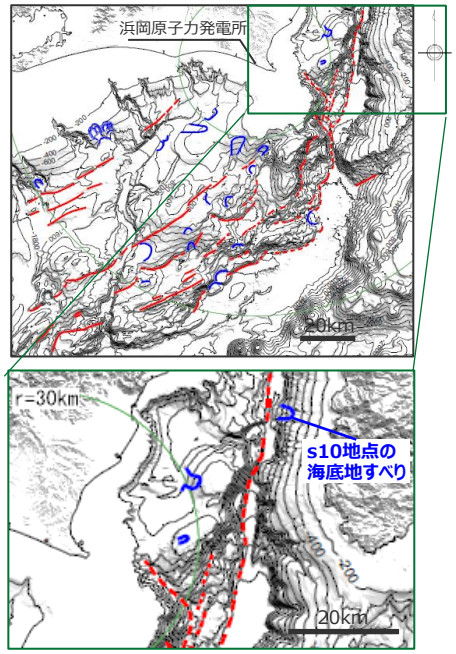
地すべり前の海底地形（復元地形）



現地形
復元地形
すべり面

s10地点の海底地すべり断面図

（縦横比１：1）



Wattsほかの手法におけるパラメータ設定値

項　目	s10地点
地すべり長さ b(m)	3,000
地すべり厚さ T(m)	350
地すべり幅 w(m)	3,200
初期位置水深 d(m)	1,250
斜面勾配 θ(°)	10.9
移動距離 S(m)	1,000
地すべり体の体積(億m^3)※	6

※　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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法
（二層流モデルに基づく手法）

第767回資料1-1
p.47再掲

■ 数値シミュレーションは、Wattsほかの予測式に基づく手法（Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)）および二層流モデルに基づく手法（Maeno and Imamura(2007)）を用いて実施した。

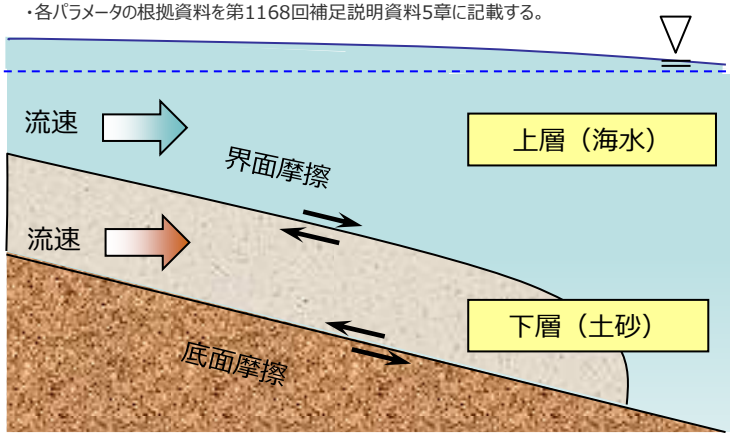
■ 二層流モデルに基づく手法の計算条件は以下のとおり。

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/cm³）	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(m²/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）

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

$$\frac{\partial M_1}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M_1^{\ 2}}{D_1}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{M_1N_1}{D_1}\right)+gD_1\frac{\partial\eta_1}{\partial x}=DIFF_{1,x}-\beta\frac{\tau_{1,x}}{\rho_1}-(1-\beta)\cdot INTF_x$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M_1N_1}{D_1}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{N_1^{\ 2}}{D_1}\right)+gD_1\frac{\partial\eta_1}{\partial y}=DIFF_{1,y}-\beta\frac{\tau_{1,y}}{\rho_1}-(1-\beta)\cdot INTF_y$$

○下層（土砂）

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

$$\frac{\partial M_2}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M_2^{\ 2}}{D_2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{M_2N_2}{D_2}\right)+gD_2\left(\alpha\frac{\partial D_1}{\partial x}+\frac{\partial\eta_2}{\partial x}-\frac{\partial h}{\partial x}\right)=DIFF_{2,x}+\alpha\cdot INTF_x-\frac{\tau_{2,x}}{\rho_2}$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M_2N_2}{D_2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{N_2^{\ 2}}{D_2}\right)+gD_2\left(\alpha\frac{\partial D_1}{\partial y}+\frac{\partial\eta_2}{\partial y}-\frac{\partial h}{\partial y}\right)=DIFF_{2,y}+\alpha\cdot INTF_y-\frac{\tau_{2,y}}{\rho_2}$$

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：底面摩擦力（n：マニングの粗度係数）

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

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

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

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

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

$DIFF$：渦動粘性項（ν：水平渦動粘性係数）

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

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

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

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法
（Wattsほかの予測式に基づく手法）

第767回資料1-1
p.48再掲

■ 数値シミュレーションは、Wattsほかの予測式に基づく手法（Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)）および二層流モデルに基づく手法（Maeno and Imamura(2007)）を用いて実施した。

■ Wattsほかの予測式に基づく手法は以下のとおり。

Wattsほかの予測式（Slump型）

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

$\eta_{(x,y)}$ ：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（κ=3）
Δx ：形状パラメータ（= 0.4λ_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)

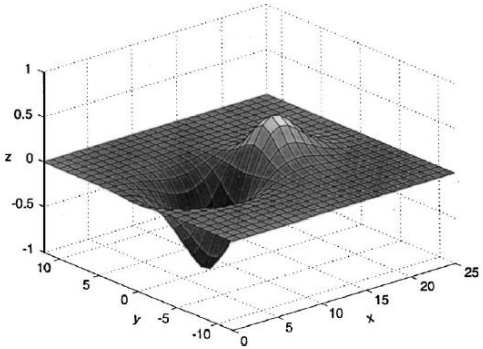


Fig. 3. Examples of double Gaussian function for approximate 3D tsunami elevations [Eq. (14)], with $\eta_{o,3D}$=1, x_o=10, y_o=0, λ_o=5, κ=3, w=2, k'=0.83, and Δx=2　Watts et al.(2005)

海面水位波形の例

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

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

$\eta_{0,3D}$: 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（=ρ_s/ρ_w）
b ：地すべり長さ
T ：地すべり厚さ
w ：地すべり幅
d ：初期位置水深
θ ：斜面勾配
C_d ：抗力係数
C_m ：付加質量係数
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（= $S_0/(Rcos\theta)$）
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

λ_0 ：特性津波波長（= $t_0\sqrt{gd}$）
$\Delta\Phi$ ：回転角（= $2S_0/R$）
U_{max} ：最大速度（= S_0/t_0）
ρ_s ：土砂の密度
ρ_w ：海水の密度(=1.03 g/cm³)
g ：重力加速度(=9.8 m/s²)

※ 地すべり長さを土塊の移動距離として設定。
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。

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

・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。

（Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法
（Wattsほかの予測式に基づく手法）

第767回資料1-1
p.49再掲

■ Wattsほかの予測式に基づく手法の計算条件は以下のとおり。

項　目	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			設定根拠
	s2地点	s18地点	s4地点	s5地点	s12地点	s13地点	s17地点	s22地点	s26地点	s1地点	s3地点	s10地点	
土砂の密度 ρ_s(g/cm³)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	地質調査所(1998)※
地すべり長さ b(m)	4,300	7,900	5,300	8,000	5,500	5,800	6,500	5,100	7,800	3,400	3,300	3,000	復元地形から判読
地すべり厚さ T(m)	120	120	90	90	230	300	370	190	230	40	100	350	復元地形から判読
地すべり幅 w(m)	8,500	8,200	2,500	4,000	4,850	7,000	7,200	3,600	5,300	1,100	4,200	3,200	復元地形から判読
初期位置水深 d(m)	600	1,690	900	820	1,200	3,450	3,200	930	510	180	470	1,250	復元地形から判読
斜面勾配 θ(°)	2.9	1.9	5.4	5.0	2.3	4.7	7.0	4.7	5.5	3.9	8.6	10.9	復元地形から判読
抗力係数 C_d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Grilli and Watts(2005)
付加質量係数 C_m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Grilli and Watts(2005)
移動距離 S(m)	4,300	7,900	5,300	8,000	1,000	5,800	6,500	5,100	7,800	3,400	3,300	1,000	復元地形から判読
特性距離 S_0(m)	2,150	3,950	2,650	4,000	500	2,900	3,250	2,550	3,900	1,700	1,650	500	$=S/2$
底面摩擦係数 C_n	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	$=S_0/(R\cos\theta)$
曲率半径 R(m)	19,260	65,010	38,166	88,889	16,440	14,017	14,274	17,112	33,065	36,125	13,613	3,214	$=b^2/8T$
初期加速度 a_0 (m/s²)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	$=S_0/t_0^2$
特性時間 t_0 (sec)	114	209	160	244	105	97	98	107	149	156	96	46	$=\sqrt{R/g}\cdot\sqrt{(\gamma+C_m)/(\gamma-1)}$
特性津波波長 λ_0 (m)	8,712	26,862	15,020	21,879	11,383	17,821	17,320	10,223	10,524	6,535	6,482	5,137	$=t_0\sqrt{gd}$
回転角 $\Delta\Phi$(rad)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	$=2S_0/R$
最大速度 U_{max}(m/s)	19	19	17	16	5	30	33	24	26	11	17	11	$=S_0/t_0$
形状パラメータκ'	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Grilli and Watts(2005)
形状パラメータΔx(m)	3,485	10,745	6,008	8,752	4,553	7,128	6,928	4,089	4,210	2,614	2,593	2,055	$=0.4\lambda_0$

※ 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初期水位の推定値

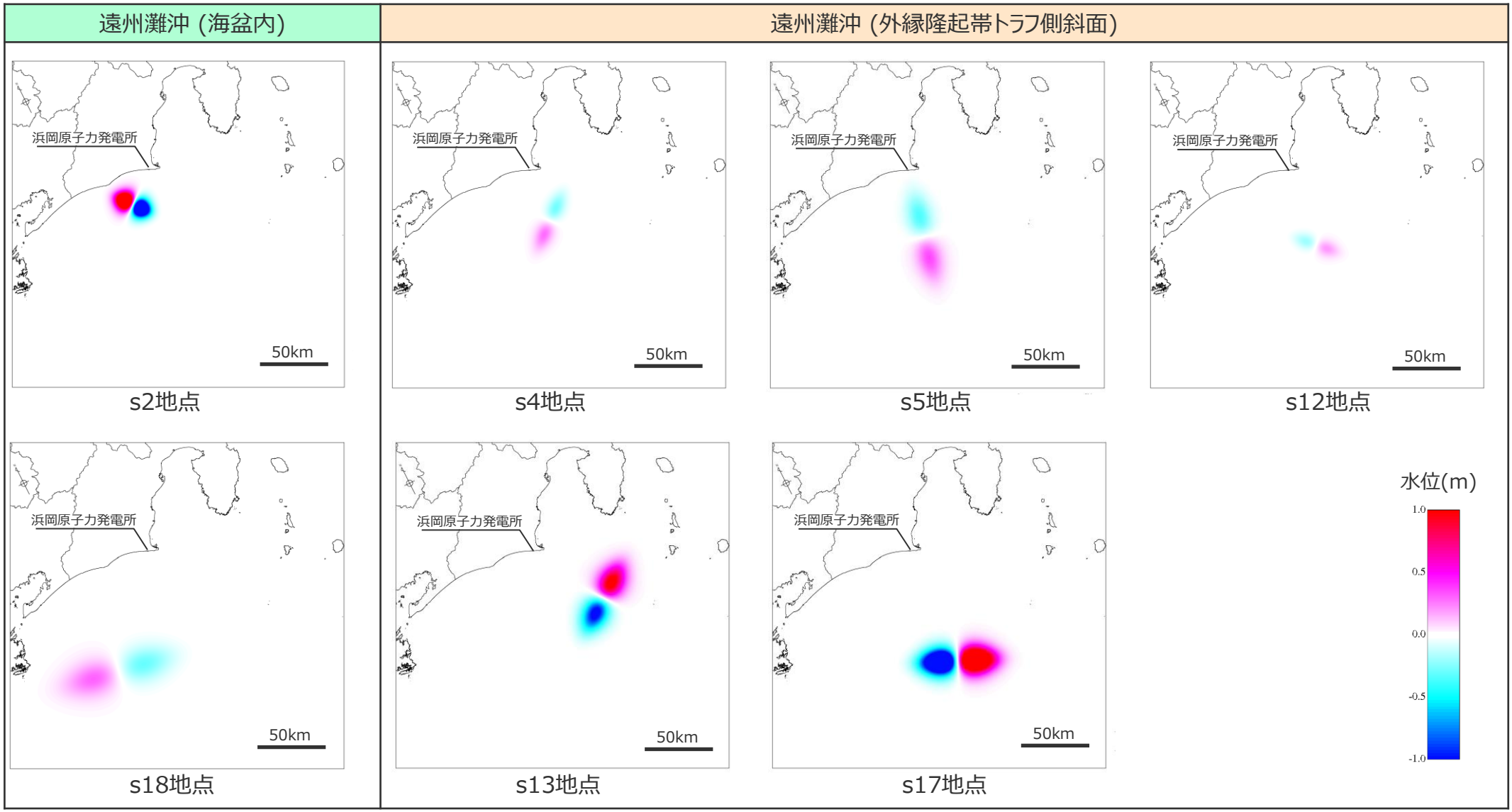
$\eta_{0,2D}$(m)	4.6	1.3	2.0	2.3	0.7	4.0	7.6	7.9	28.1	2.3	5.3	4.5	$\eta_{0,2D}=S_0\left(\frac{0.131}{\sin\theta}\right)\left(\frac{T}{b}\right)\left(\frac{b\sin\theta}{d}\right)^{1.25}\left(\frac{b}{R}\right)^{0.63}\times(\Delta\Phi)^{0.39}(1.47-0.35(\gamma-1))(\gamma-1)$
$\eta_{0,3D}$(m)	2.3	0.3	0.3	0.4	0.2	1.2	2.3	2.1	9.4	0.4	2.1	1.7	$\eta_{0,3D}=\eta_{0,2D}\left(\frac{w}{w+\lambda_0}\right)$

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法
（Wattsほかの予測式に基づく手法）

第767回資料1-1
p.50再掲

■ Wattsほかの予測式に基づく初期水位分布は以下のとおり。



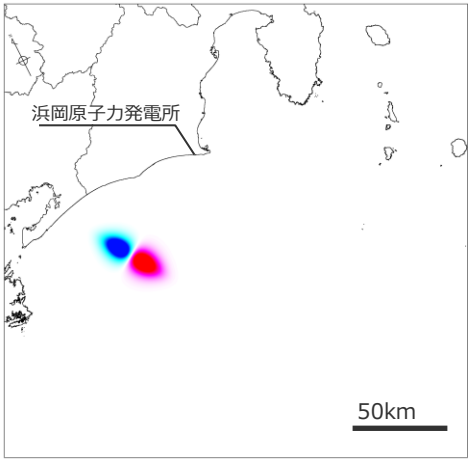
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法
（Wattsほかの予測式に基づく手法）

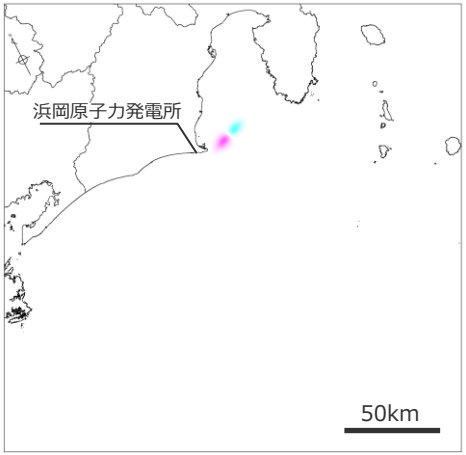
第767回資料1-1
p.51再掲

■ Wattsほかの予測式に基づく初期水位分布は以下のとおり。

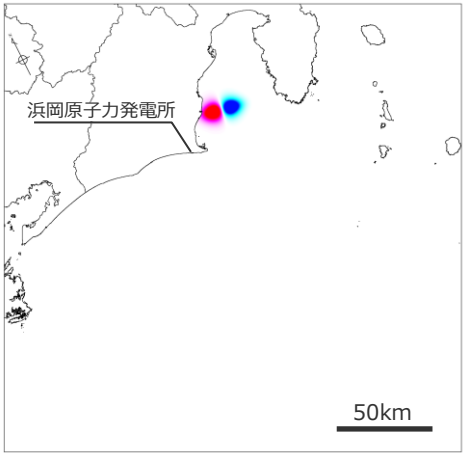
遠州灘沖 (大陸棚斜面)	駿河湾		



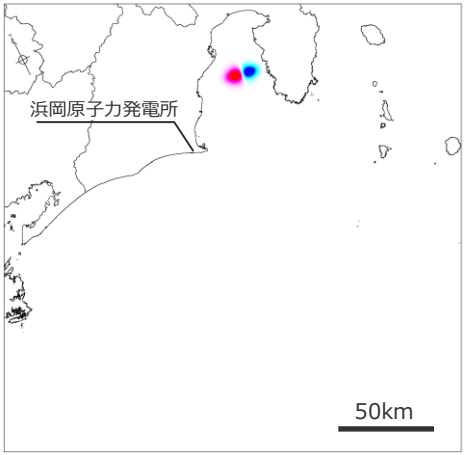
s22地点



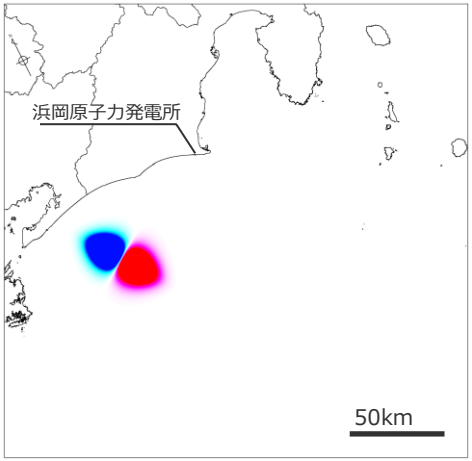
s1地点



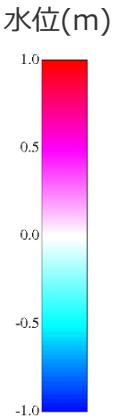
s3地点



s10地点



s26地点



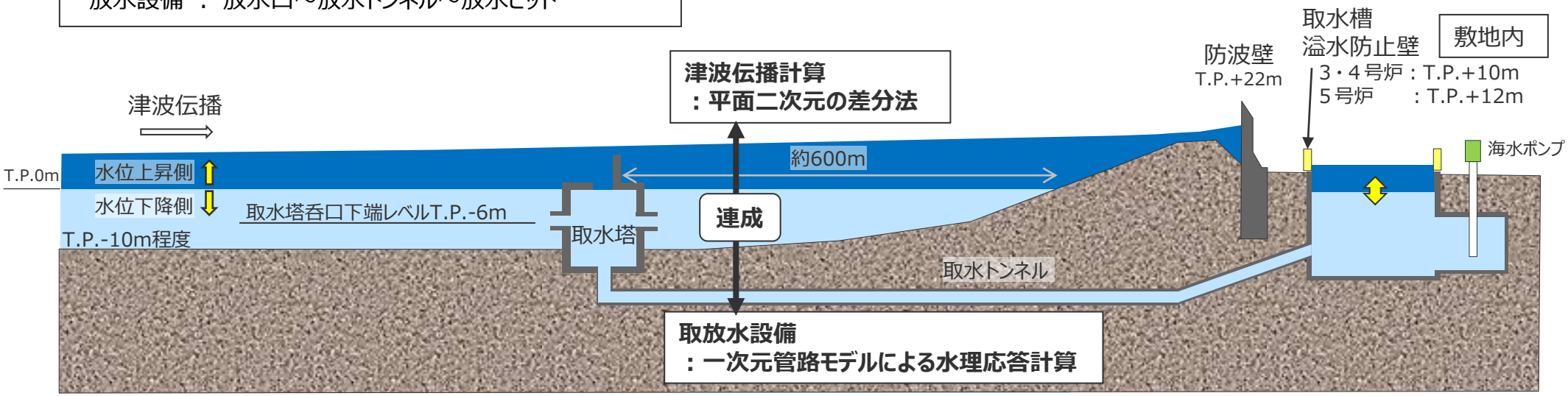
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法（計算手法）

第509回資料1-1
p.37再掲

■ 津波伝播計算には、**非線形長波理論に基づく平面二次元の差分法**を用いた。
■ 取放水設備からの敷地内への海水流入の有無について評価するため、取放水設備をモデル化し、**津波伝播計算と管路モデルの水理応答計算との連成解析**を実施した。

取放水設備のモデル化範囲（1号炉～5号炉共通）
取水設備　：　取水塔～取水トンネル～取水槽
放水設備　：　放水口～放水トンネル～放水ピット



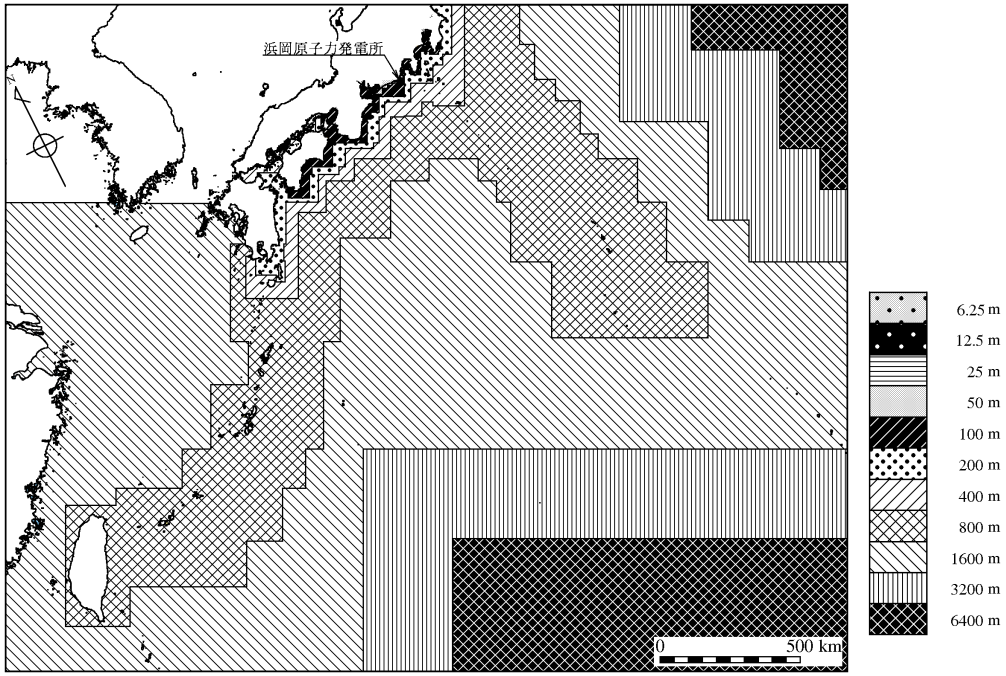
数値シミュレーションのイメージ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

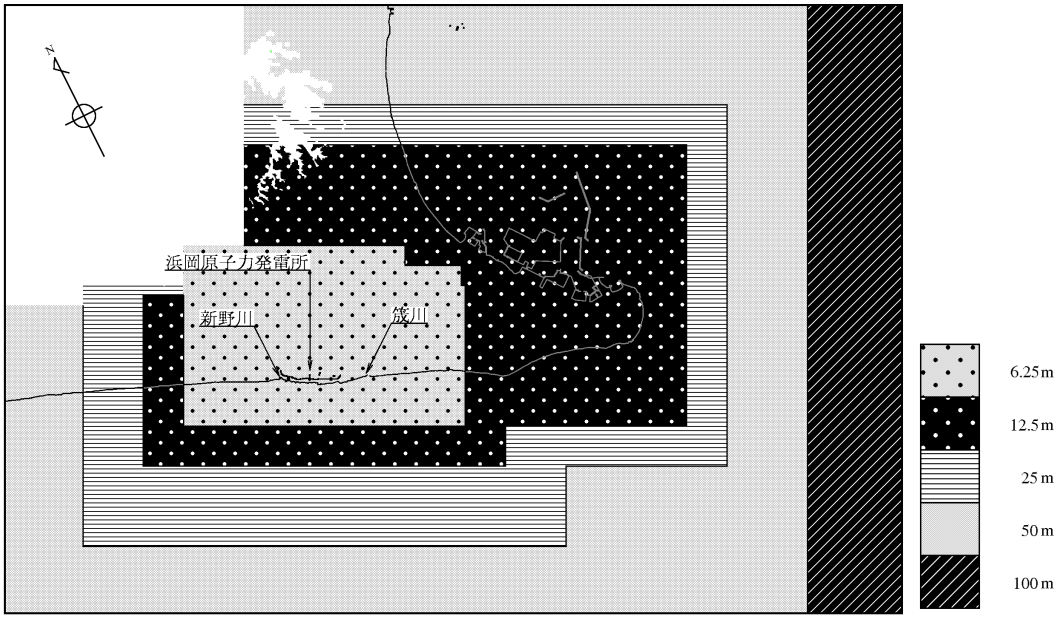
数値シミュレーションの方法（計算領域・格子分割）

第547回資料1-1
p.64再掲

- 計算領域は、南海トラフを含む南北約2,500km×東西約3,000kmの領域で設定した。
- 計算格子は、沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m･･･25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔で設定した。
  なお、波源となる海底地すべり地形周辺の計算格子は、海底地すべりの体積（長さ数km程度）を考慮して、100mの格子間隔で設定した。



格子分割サイズ（計算領域全体）



格子分割サイズ（敷地周辺）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションの方法（計算条件）

第547回資料1-1
p.65再掲

項目	計算条件　（津波の数値シミュレーション）
基礎方程式	・非線形長波理論（浅水理論）の連続式及び運動方程式
計算領域	・南北約2,500km×東西約3,000kmの領域
格子分割サイズ	・計算格子は沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m、800m、400m、200m、100m、50m、25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔を設定
境界条件	・沖側境界条件はCerjan et al.(1985)の吸収境界 ・格子分割サイズが100m以上の領域では汀線で完全反射境界 ・格子分割サイズが50m～6.25mの領域では陸域への遡上計算を実施 ・津波先端部の移動境界条件は小谷ほか（1998）
初期潮位	・水位上昇側　朔望平均満潮位　T.P.+0.80m ・水位下降側　朔望平均干潮位　T.P.－0.93m　（朔望平均満潮位・干潮位とも御前崎検潮所2003年～2012年の平均値）
海底摩擦損失係数	・マニングの粗度係数0.025$m^{-1/3}s$
水平渦動粘性係数	・10m^2/s
計算時間間隔	・0.125s
計算時間	・3時間

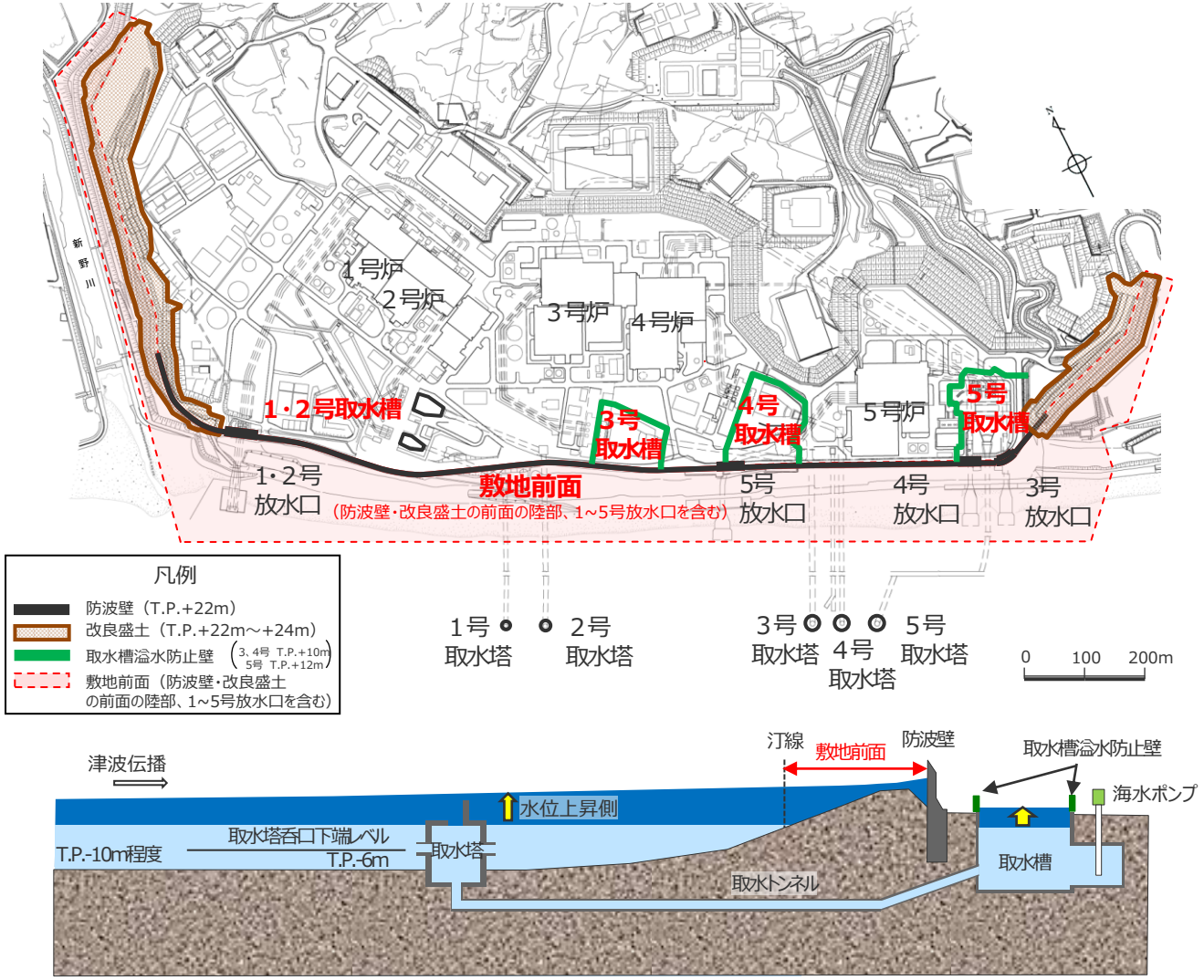
項目	計算条件　（水路及び水槽）
基礎方程式	・管水路および開水路の連続式及び運動方程式 ・水槽の水位計算式
計算領域	・取水路　(1～4号)取水塔～取水トンネル～取水槽 (5号)　取水塔～取水トンネル～取水槽～原子炉機器冷却海水取水路～原子炉機器冷却海水ポンプ室 ・連絡水路　：2号取水トンネル～3号取水槽～4号取水槽～5号取水槽 ・放水路　：放水口～放水トンネル～放水ピット
マニングの粗度係数	・取水路、連絡水路　：　n = 0.025$m^{-1/3}s$ ・放水路　：　n = 0.020$m^{-1/3}s$
計算時間間隔	・0.025s

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

水位上昇側の評価地点及び評価方法について

第981回資料1-2
p.36再掲

■水位上昇側の津波評価では、津波による敷地への影響を確認するため、敷地前面（防波壁・改良盛土の前面の陸部、1~5号放水口を含む）及び取水トンネルを介して前面海域と繋がっている取水槽地点の最大上昇水位で評価した。
■水位上昇側の津波評価では、安全評価上、地震による敷地の地盤隆起は考慮せず、地盤沈降は考慮して評価した。



浜岡原子力発電所の概要

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

水位下降側の評価地点及び評価方法

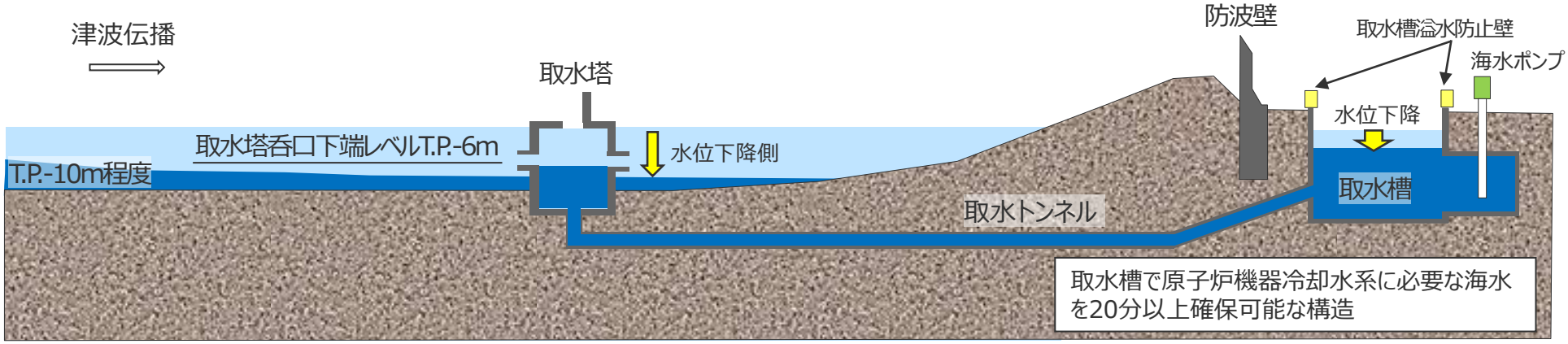
第767回資料1-1
p.56再掲

■浜岡原子力発電所は、津波時の水位低下により取水塔呑口から取水ができなくなった場合においても、敷地内に設置されている取水槽で原子炉機器冷却水系に必要な海水を20分以上確保可能な構造となっている。

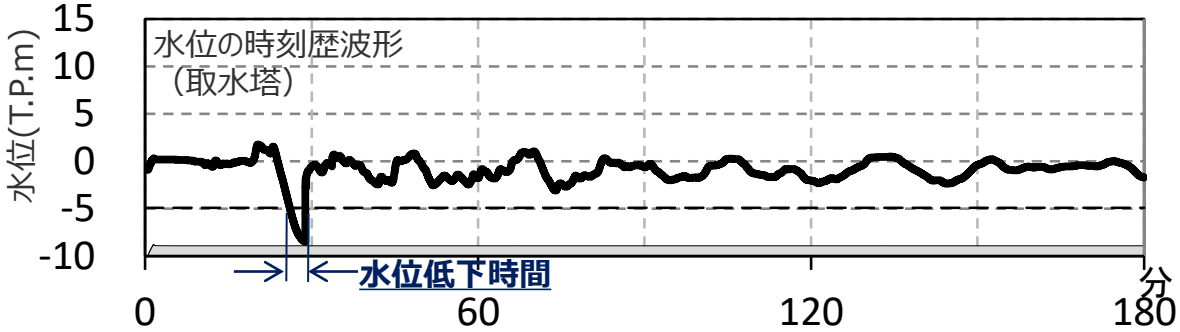
■水位下降側の津波評価では、引き津波に対する取水性を確認するため、取水塔地点の最大下降水位と、取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間（水位低下時間）を評価した。

なお、最大下降水位時に海底面がほぼ露出している（水深1m未満である）場合、最大下降水位を「海底面」と表記した。

■水位下降側の津波評価では、安全評価上、地震による敷地の地盤隆起は考慮して、地盤沈降は考慮せず評価した。



浜岡原子力発電所の概要



・点線：取水塔呑口下端レベル（地盤隆起量を考慮）
・上図は、地盤隆起が地震によって約1m生じた場合の例

「水位低下時間」の算定方法の例

「水位低下時間」の算定方法

○津波時に取水塔での水位が、地盤隆起を考慮した取水塔呑口下端レベル以下となる時間を「水位低下時間」として算定する。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位上昇側）

第1168回資料2-2
p.56再掲

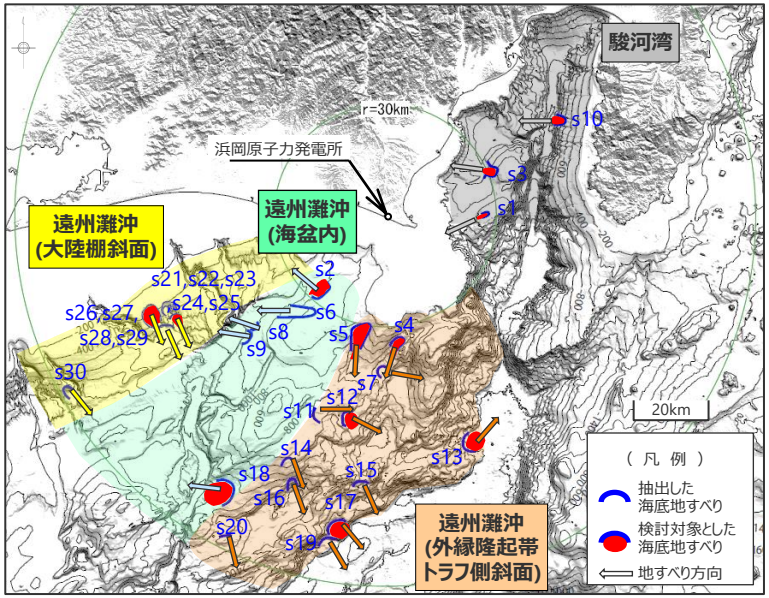
■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。

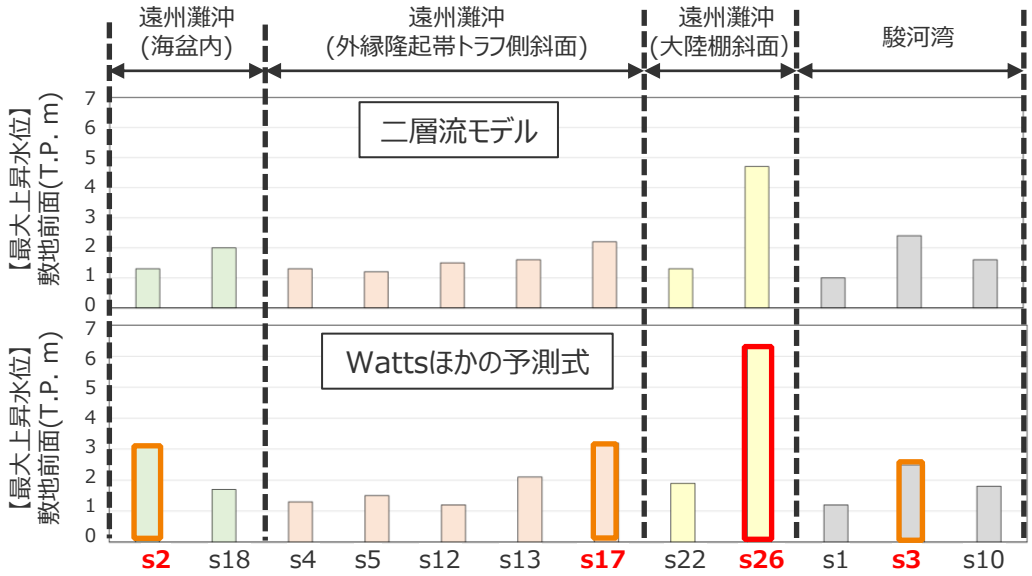
海底地すべりの津波評価結果一覧（水位上昇側）

地点名	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					
	s2		s18		s4		s5		s12		s13		s17		s22		s26		s1		s3		s10	
地すべり体の体積※1(億m³)	9		29		3		6		17		34		47		12		33		1		5		6	
敷地からの距離(km)	27		87		35		35		56		64		86		63		68		25		31		52	
計算手法※2	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts
【最大上昇水位】敷地前面(T.P.m)	1.3	**3.1**	2.0	1.7	1.3	1.3	1.2	1.5	1.5	1.2	1.6	2.1	2.2	**3.2**	1.3	1.9	4.7	**6.3**	1.0	1.3	2.4	**2.5**	1.7	1.8

・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを考慮
※1　地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出
※2　二層流：二層流モデル、Watts：Wattsほかの予測式

・s21-s25地点及び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、第1168回補足説明資料６章に示す。
・ハワイの海底地すべりの津波に関する検討について、第1168回補足説明資料８章に示す。



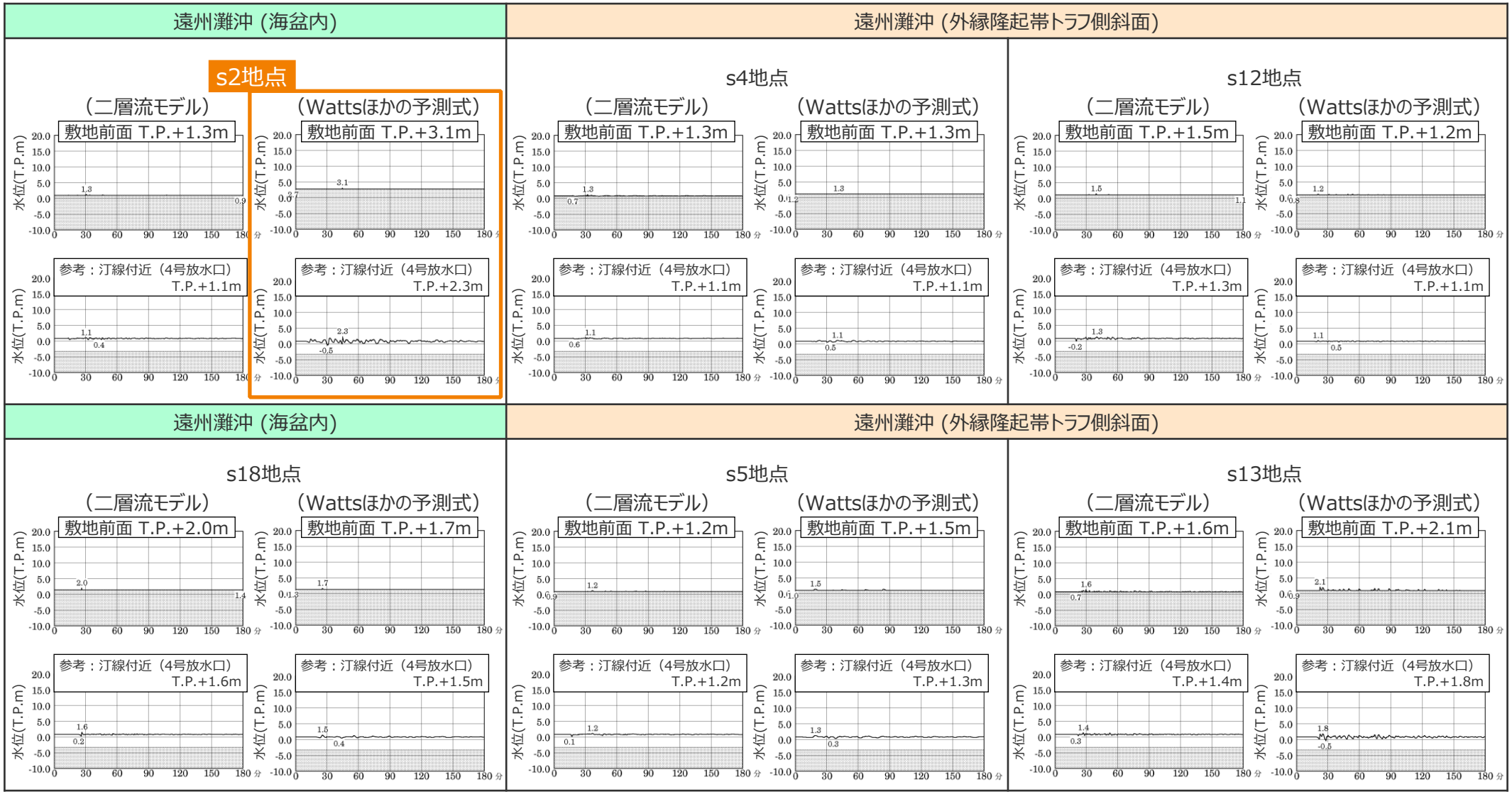


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位上昇側）

第767回資料1-1
p.59再掲

■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。

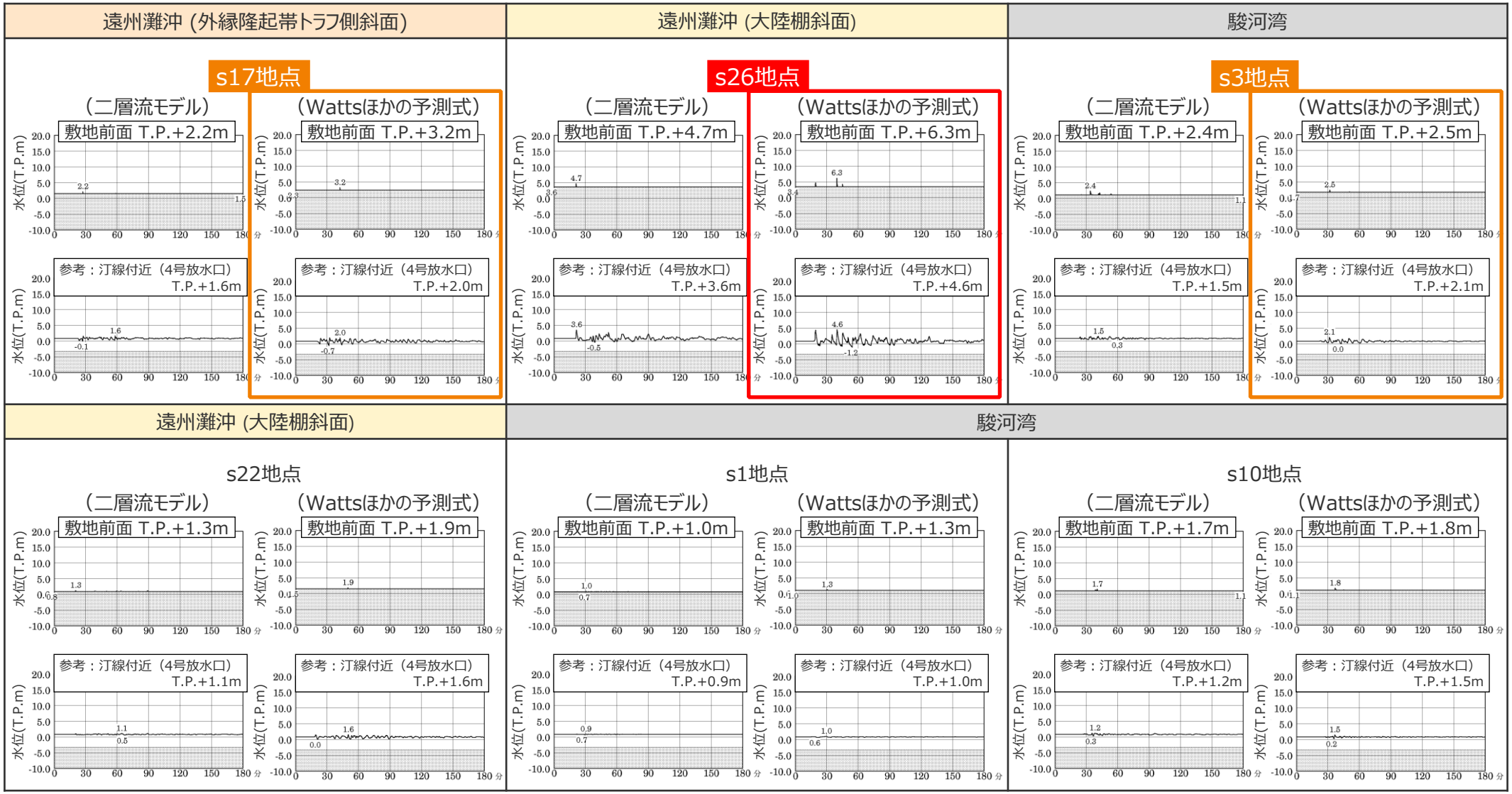


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位上昇側）

第767回資料1-1
p.60再掲

■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位下降側）

第1168回資料2-2
p.59再掲

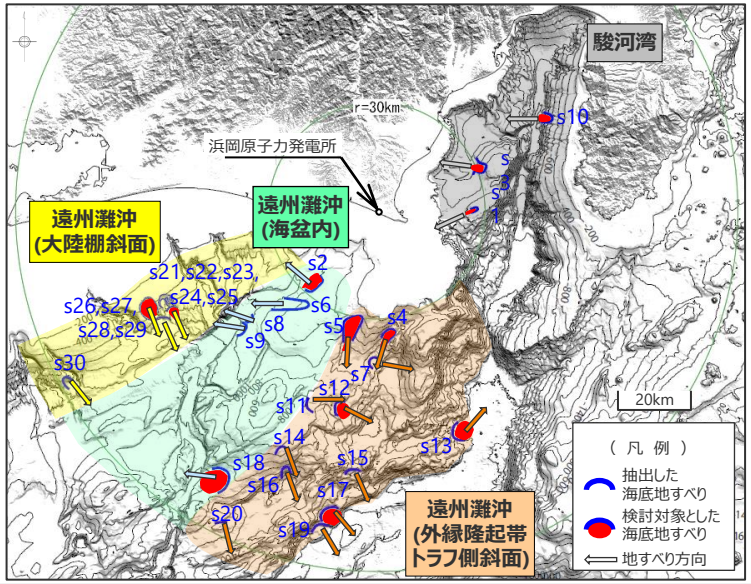
■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。

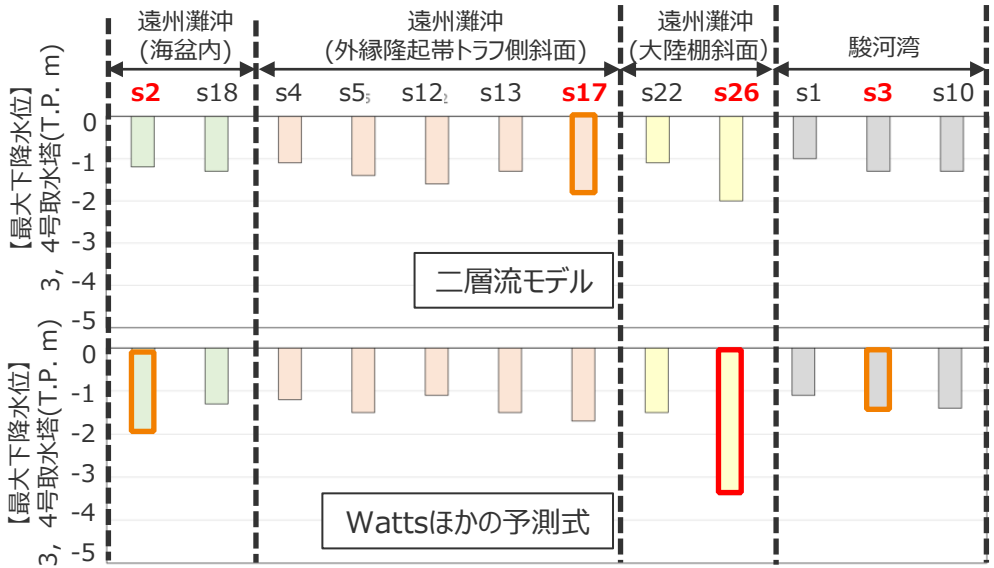
海底地すべりの津波評価結果一覧（水位下降側）

地点名	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					
	s2		s18		s4		s5		s12		s13		s17		s22		s26		s1		s3		s10	
地すべり体の体積※1 (億m³)	9		29		3		6		17		34		47		12		33		1		5		6	
敷地からの距離(km)	27		87		35		35		56		64		86		63		68		25		31		52	
計算手法※2	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts	二層流	Watts
【最大下降水位】3，4号取水塔(T.P.m)(水位低下時間)	-1.2 (なし)	**-1.9** (なし)	-1.3 (なし)	-1.3 (なし)	-1.1 (なし)	-1.2 (なし)	-1.4 (なし)	-1.3 (なし)	-1.6 (なし)	-1.1 (なし)	-1.3 (なし)	-1.5 (なし)	**-1.8** (なし)	-1.7 (なし)	-1.1 (なし)	-1.5 (なし)	-2.0 (なし)	**-3.4** (なし)	-1.0 (なし)	-1.1 (なし)	-1.3 (なし)	**-1.4** (なし)	-1.3 (なし)	-1.3 (なし)

・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。
※1　地すべり体の形状を復元した100mDEMから精密に算出
※2　二層流：二層流モデル、Watts：Wattsほかの予測式

・s21-s25地点及び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、第1168回補足説明資料６章に示す。
・ハワイの海底地すべりの津波に関する検討について、第1168回補足説明資料８章に示す。



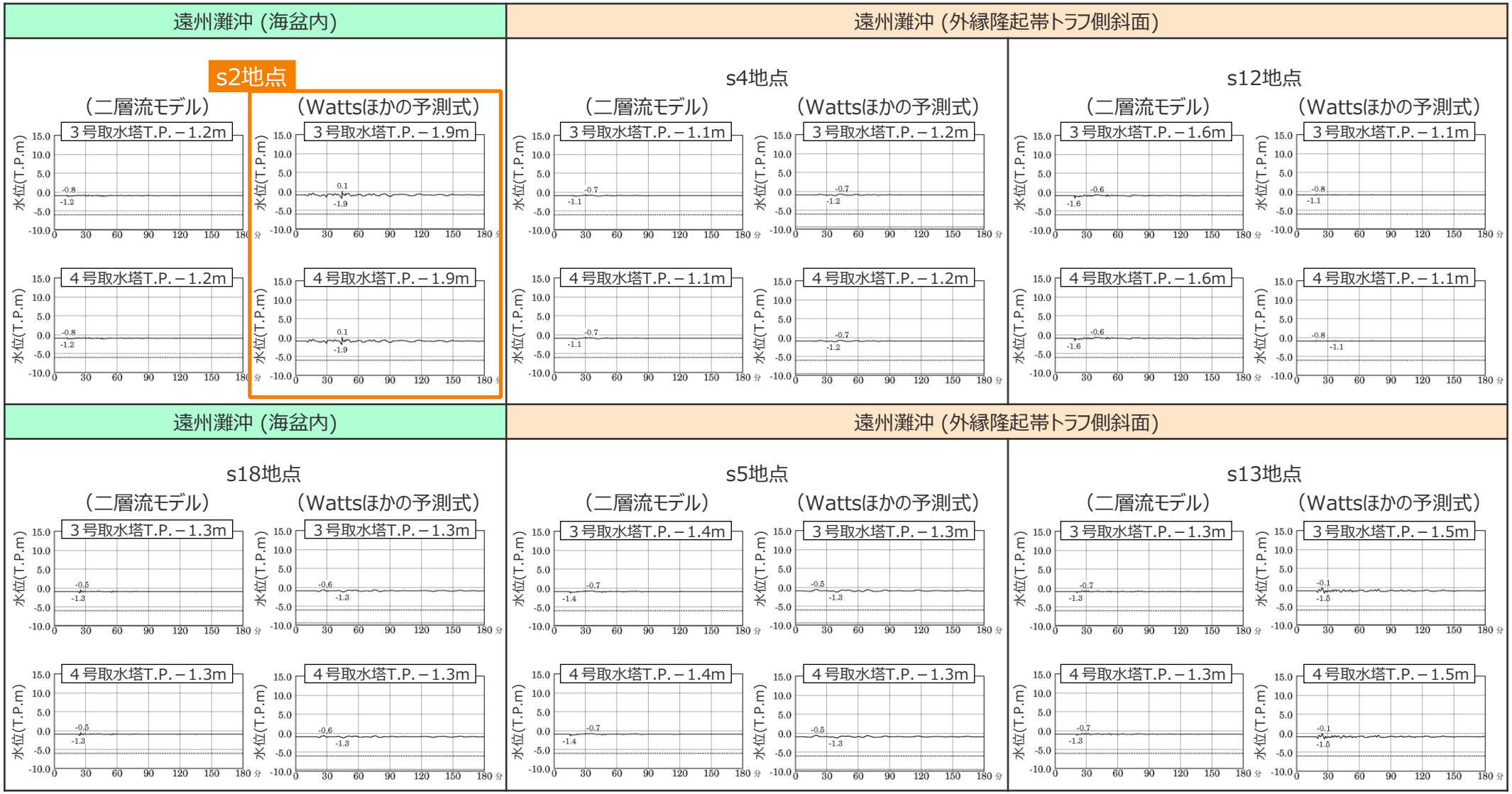


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位下降側）

第767回資料1-1
p.62再掲

■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。

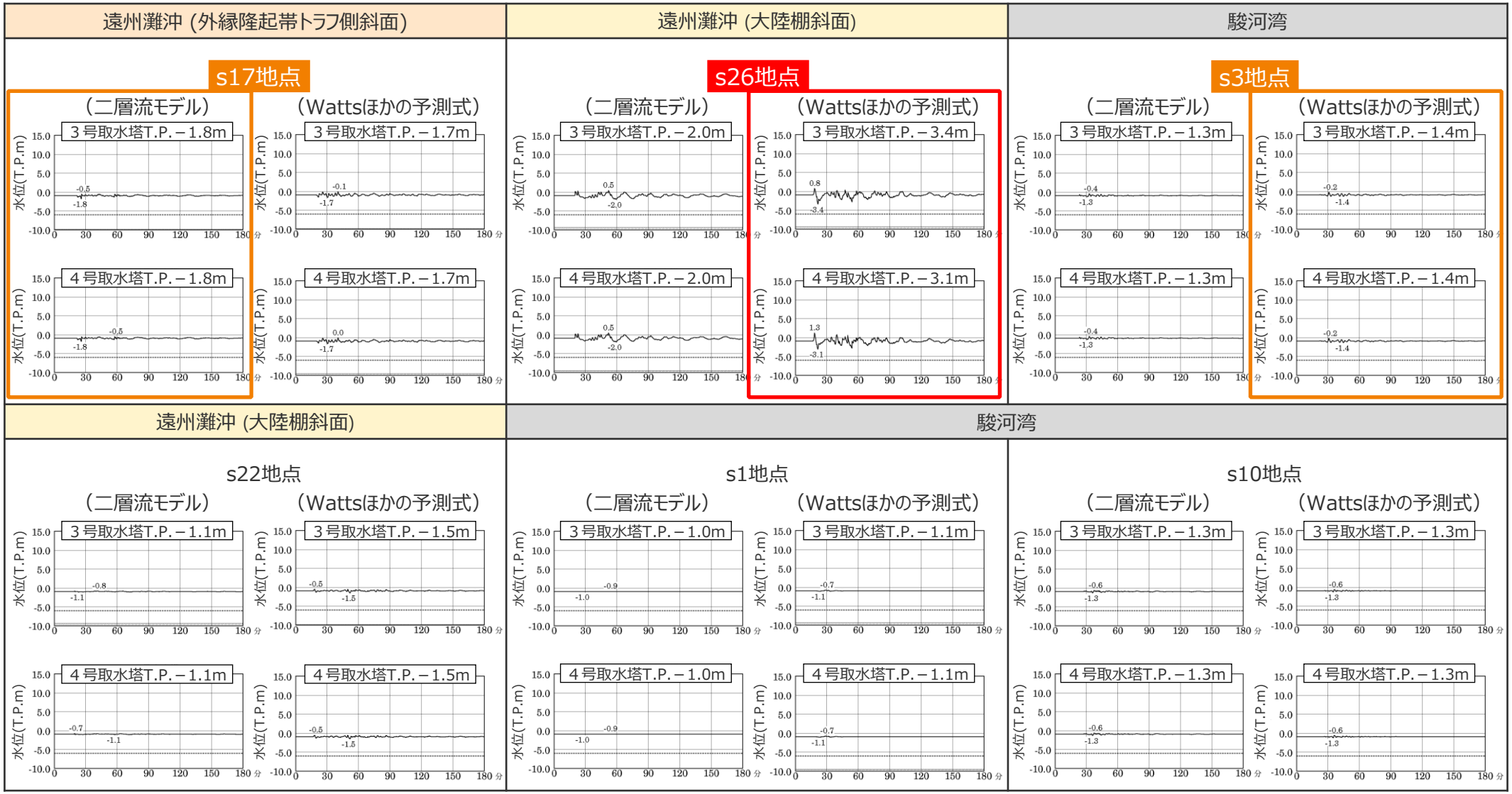


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果（水位下降側）

第767回資料1-1
p.63再掲

■検討対象とした海底地すべりについて、二層流モデル、Wattsほかの予測式を用いて、数値シミュレーションにより津波評価を実施した結果、「s26地点の海底地すべり」の津波の影響が最も大きいことを確認した。



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりによる津波のまとめ

第1168回資料2-2
p.62再掲

■海底地すべりによる津波評価結果は以下のとおり。
■水位上昇側、下降側ともにs26地点の海底地すべりの影響が最も大きく、敷地前面の最大上昇水位はT.P.+6.3m、取水塔の最大下降水位はT.P.-3.4mとなった。

【海底地すべりによる津波】

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
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)

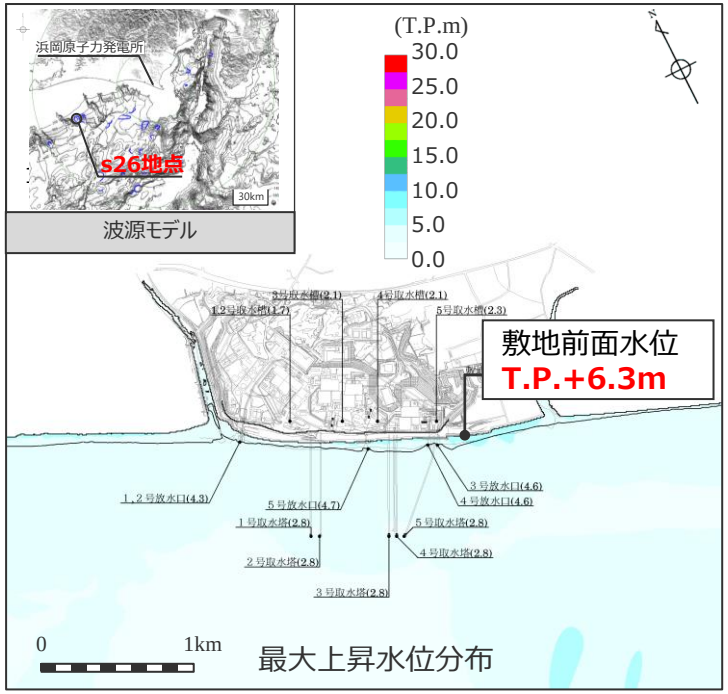
・ 水位上昇側では朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを、水位下降側では朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
・ 水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果
（s26地点の海底地すべり）

第547回資料1-1
p.72再掲

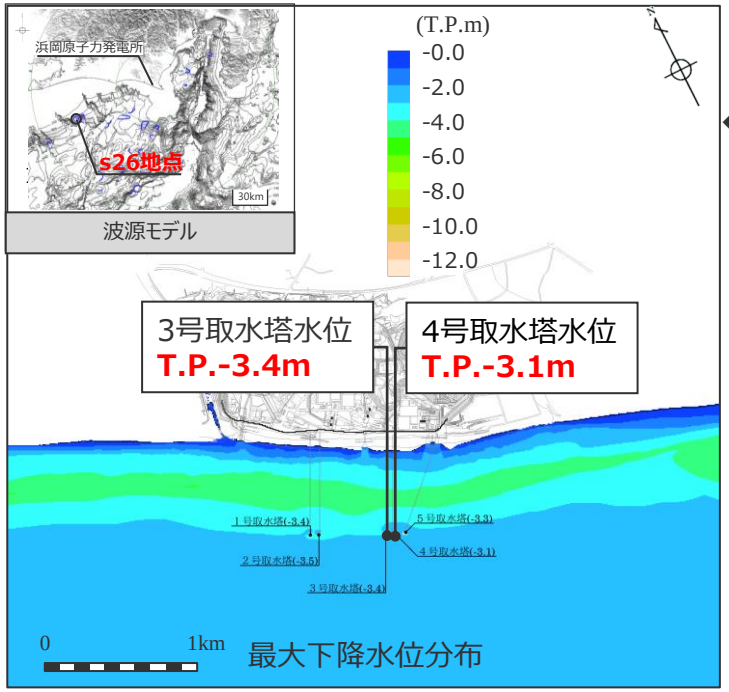
【水位上昇側】



◆Wattsほかの予測式

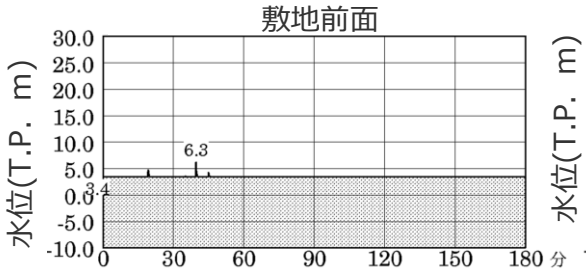
・朔望平均満潮位
　T.P.＋0.80mを考慮
・網掛け部の上端は
　当該地点の標高

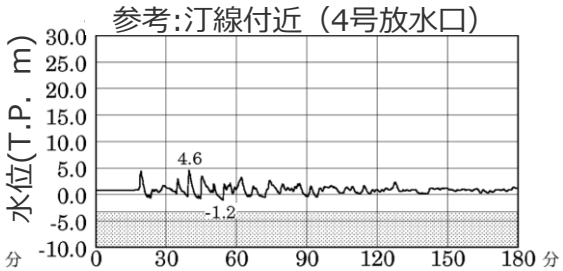
【水位下降側】



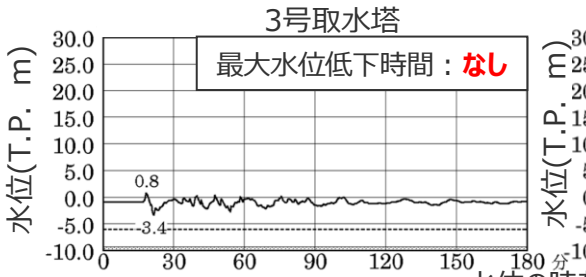
◆Wattsほかの予測式

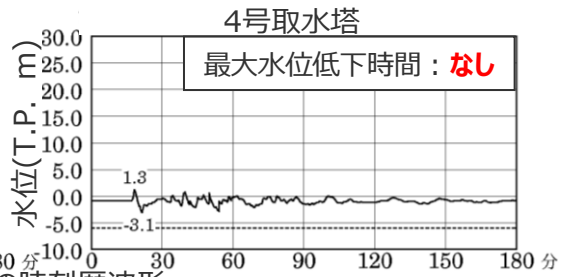
・朔望平均干潮位
　T.P.－0.93mを考慮
・網掛け部の上端は
　当該地点の標高
・点線は取水塔呑口
　下端レベル





水位の時刻歴波形





水位の時刻歴波形

(T.P.m)

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)

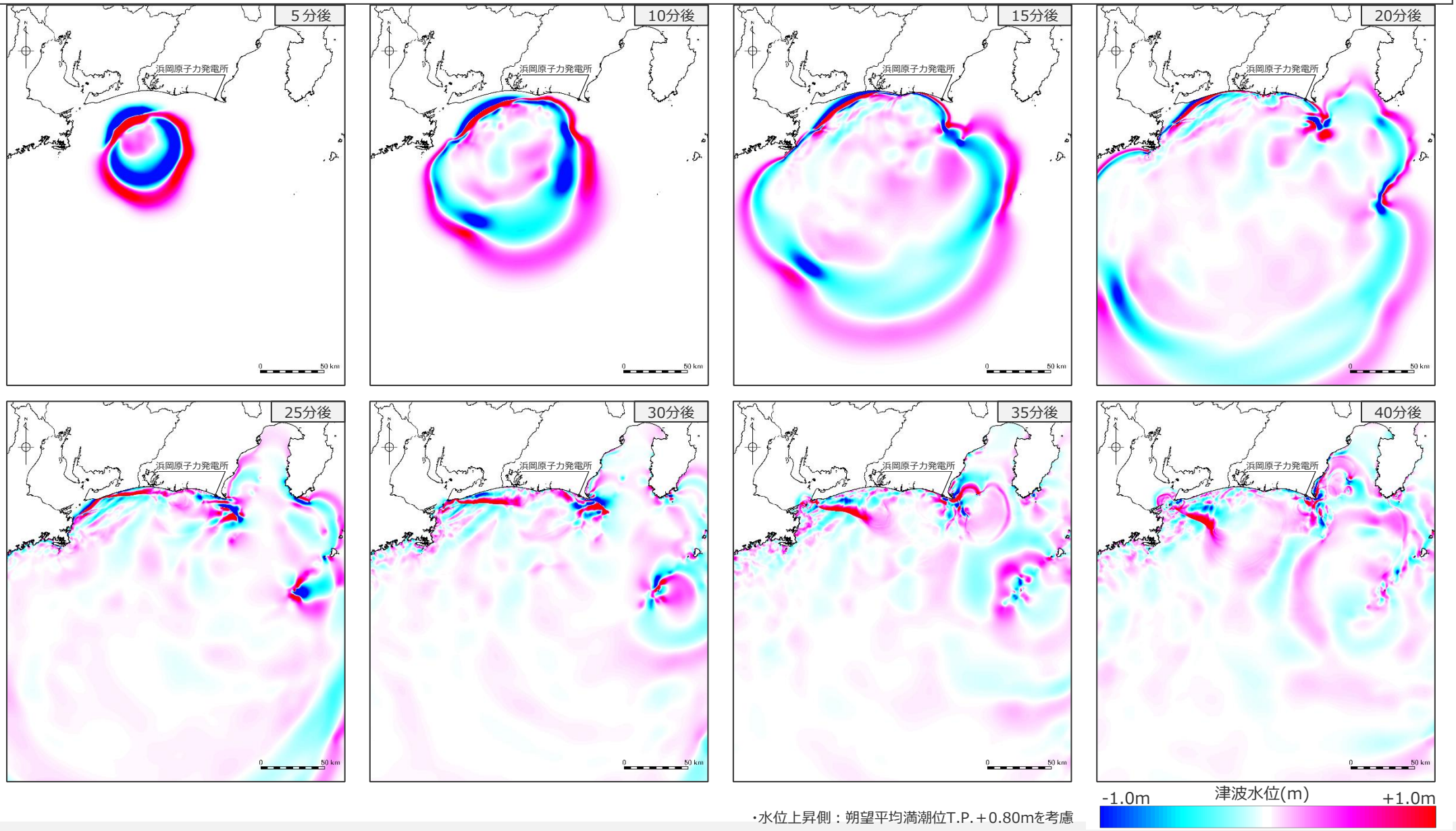
・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果
（津波伝播状況のスナップショット(水位上昇側)）

第767回資料1-1
p.65再掲

■s26地点海底地すべりによる水位上昇側の津波伝播の様子を示すスナップショットを示す。（なお、その他の海底地すべりについては、第1168回補足説明資料７章に掲載。）



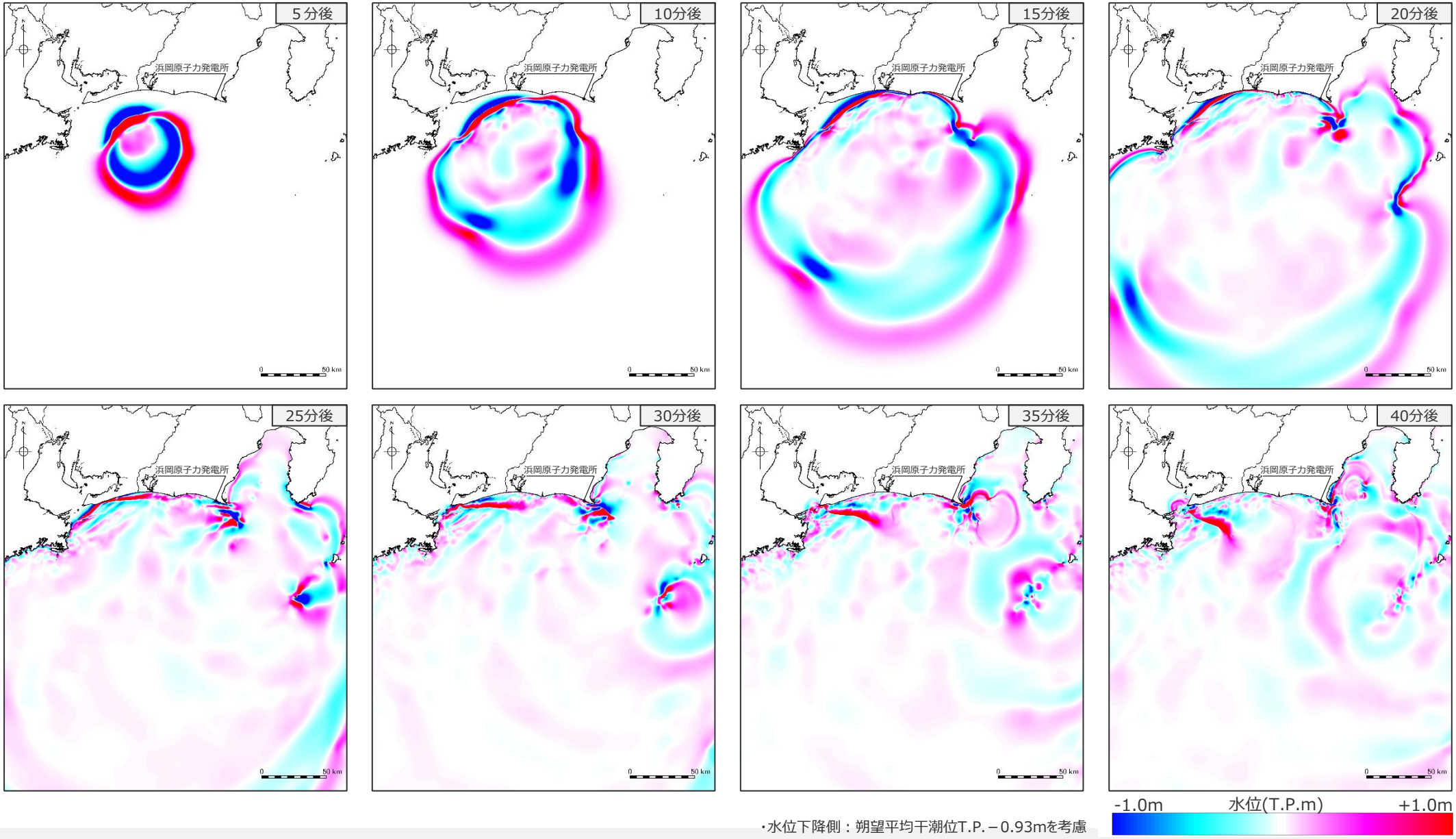
・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを考慮

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海底地すべりの津波評価結果
（津波伝播状況のスナップショット(水位下降側)）

第767回資料1-1
p.66再掲

■s26地点海底地すべりによる水位下降側の津波伝播の様子を示すスナップショットを示す。（なお、その他の海底地すべりについては、第1168回補足説明資料７章に掲載。）



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

陸上地すべりの津波評価の検討概要

第1168回資料2-2
p.67再掲

■ 地すべりの津波のうち陸上地すべりの津波評価では、地すべり地形分布図データベース等に基づき、敷地周辺、および、距離は離れているが新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性がある伊豆半島西岸の陸上地すべり（斜面崩壊含む）の調査を実施した。その結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。

陸上地すべりに関する調査

・陸上地すべり（斜面崩壊含む）に関する文献調査を実施し、敷地に大きな影響を及ぼす可能性のある陸上地すべり地形を抽出。

【調査対象領域】

○敷地周辺（半径30km）

○伊豆半島西岸

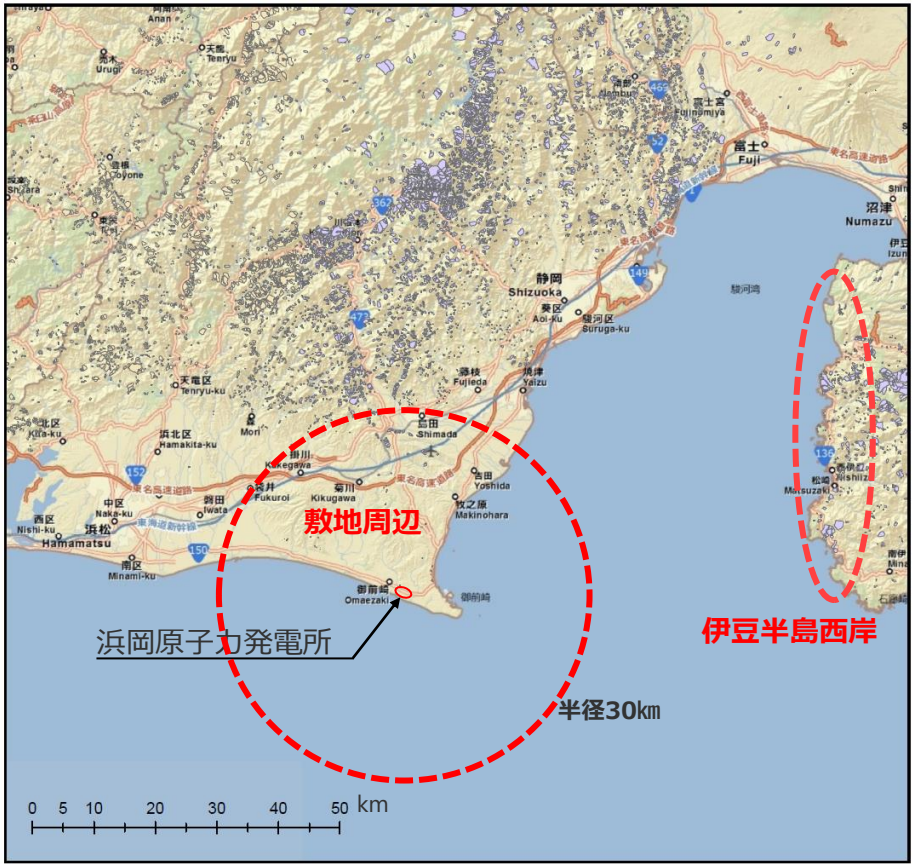
（距離は離れているが、新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性が考えられる。）

【調査方法】

防災科学技術研究所による地すべり地形分布図データベース及び縮尺1/50,000地すべり地形分布図に基づき調査を実施した。

⇩

調査の結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高（最大T.P.+1.1m）からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。



※防災科学技術研究所（2002、2014）を基に作成

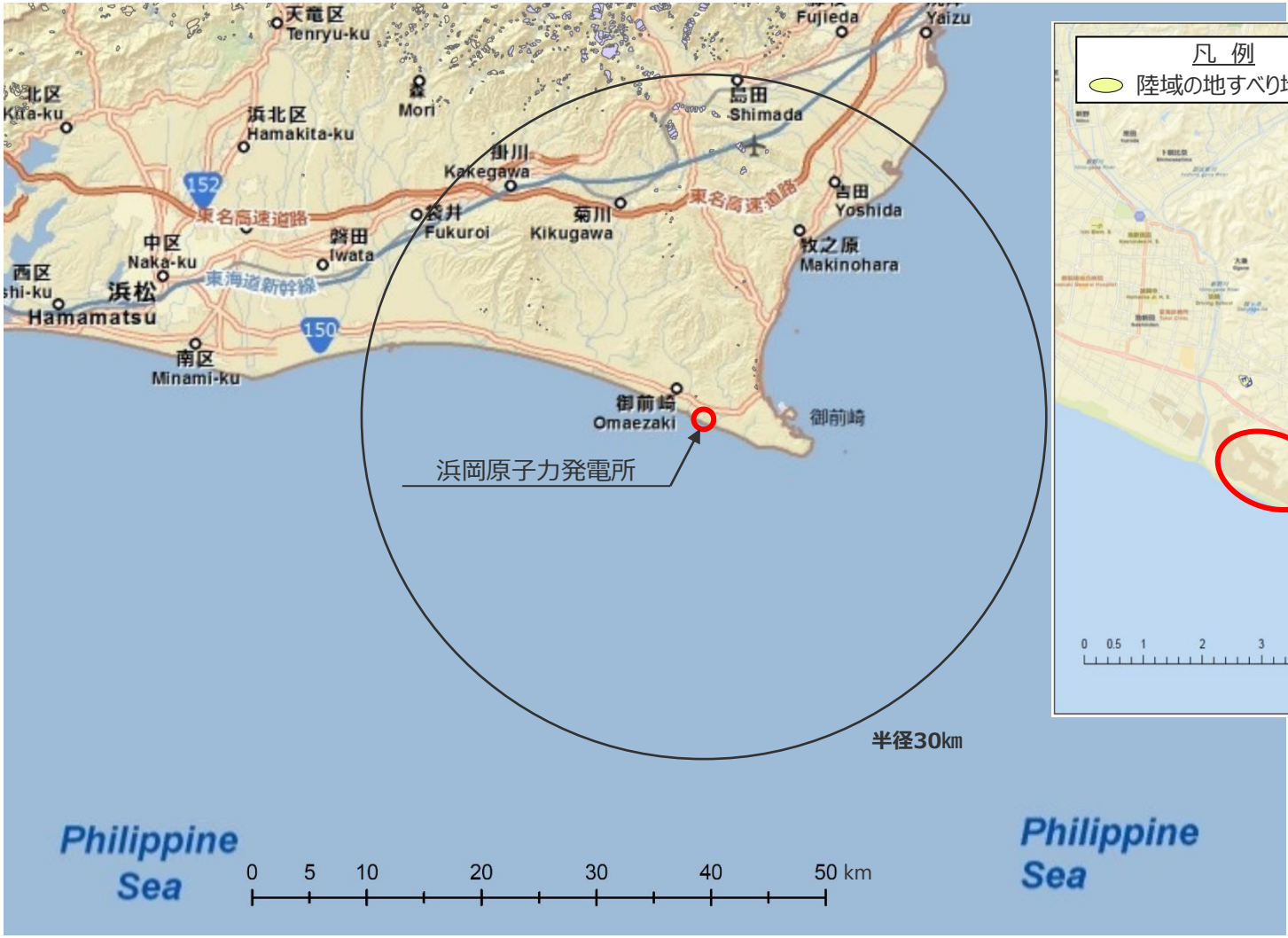
調査対象領域

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

陸上地すべり地形の調査結果（敷地周辺）

第547回資料1-1
p.9再掲

■海岸線付近では沖積低地、砂丘、砂州などが発達しており、岩盤が直接海域に崩壊・到達することが想定される地形は認められない。
■地すべり地形分布図データベースにおいて御前崎港北方に地すべり地形が認められるが、ごく小規模であり、かつ、海岸線から陸側に数百m離れた位置であることから、敷地への影響は小さいと考えられる。



敷地周辺の陸上地すべり地形分布図

敷地周辺の陸上地すべり地形拡大図

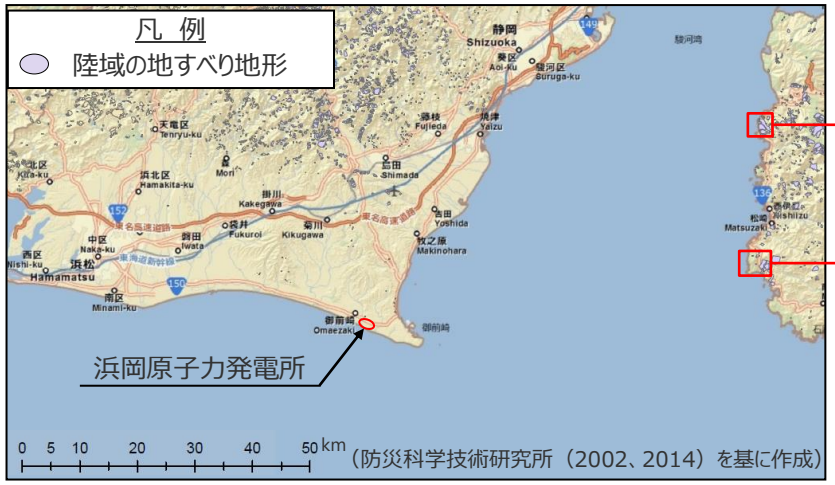
※防災科学技術研究所（2002、2014）を基に作成

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

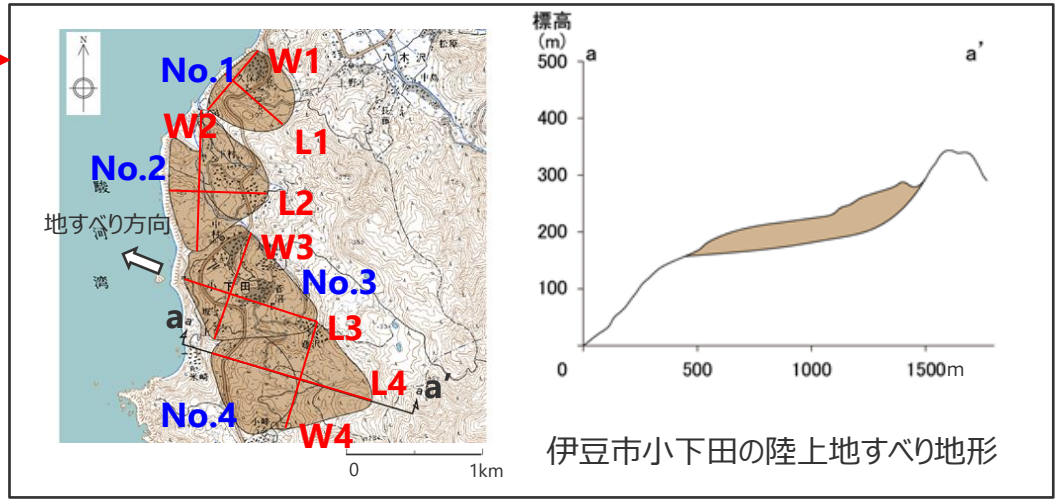
陸上地すべり地形の調査結果（伊豆半島西岸）

第1168回資料2-2
p.69再掲

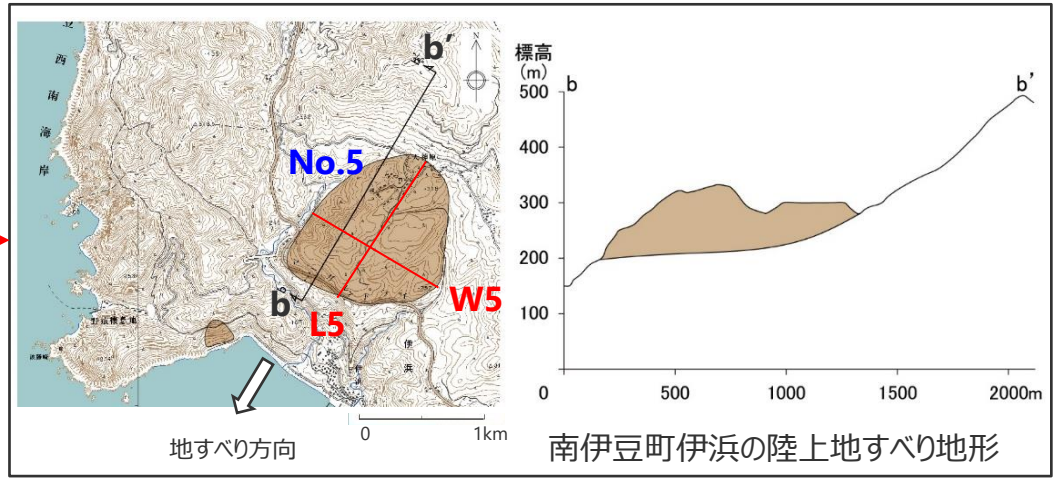
- 敷地周辺と比べて体積の大きい地すべり地形が伊豆市小下田、南伊豆町伊浜の2ヶ所に認められる。
- いずれの陸上地すべりについても、地すべり体の体積が前述の海底地すべりの体積と比べて小さく、また、敷地との位置関係において、津波伝播距離が長いとともに、御前崎があり津波が直接到達しにくいこと等から、敷地への影響は小さいと考えられる。
- また、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高（最大T.P.+1.1m （津波水位0.3mに朔望平均満潮位T.P.+0.8mを加算））からも敷地への影響が小さいことを確認した。



敷地周辺の陸上地すべり地形分布図

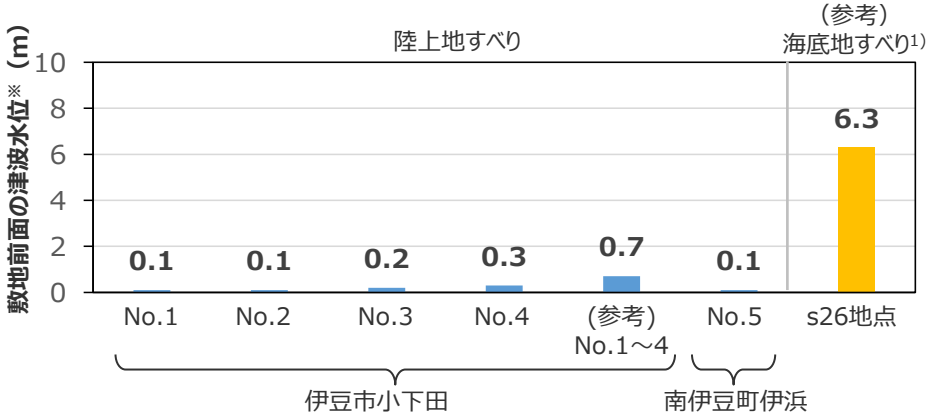


伊豆市小下田の陸上地すべり地形



南伊豆町伊浜の陸上地すべり地形

陸上地すべりの諸元及びHuber and Hager(1997)の予測式による津波高



※津波予測式による評価。朔望平均満潮位を含まず。
1)数値シミュレーションによる評価。朔望平均満潮位(T.P.+0.8m)を含む。

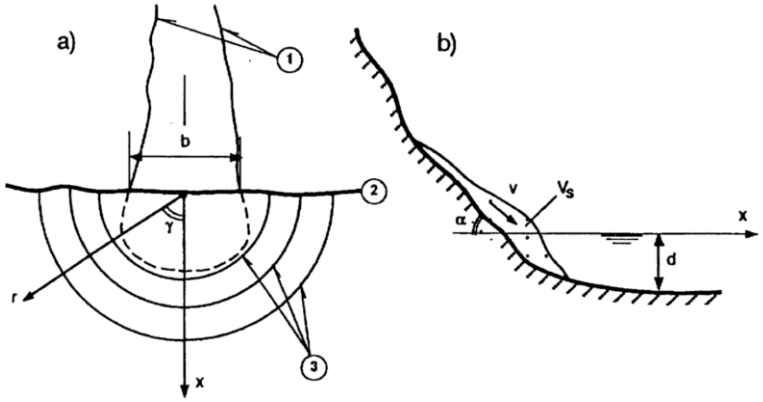
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

（補足）陸上地すべりの諸元及びHuber and Hager(1997)の予測式による津波高

第767回資料1-1
p.12再掲

■陸上地すべりの諸元及びHuber and Hager(1997)の予測式による津波高は以下のとおり。

Huber and Hager（1997）の予測式



Huber and Hager（1997）

$$\frac{H_1}{d_1} = 2 \cdot 0.88 \sin\alpha \cos^2\left(\frac{2\gamma}{3}\right)\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}\right)^{1/4} M^{1/2}\left(\frac{r}{d_1}\right)^{-2/3}$$

$$M = \frac{V_s}{b d_1^2}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{1/4}$$

H_1 ：波源位置での全振幅※
H_2 ：敷地前面での全振幅※
d_1 ：突入地点の水深
d_2 ：敷地前面の水深（=10m）
V_s ：崩壊体積
b ：地すべり幅
r ：敷地までの距離
α ：すべり面傾斜角
γ ：進行角
ρ_s ：山体の密度(=2.0g/cm^3)
ρ_w ：海水の密度(=1.03g/cm^3)

※全振幅であることから津波高は
全振幅×1/2で評価する。

陸上地すべりの諸元及びHuber and Hager(1997)の予測式による津波高

	地すべり No.	すべり面傾斜角 α（°）	進行角 γ（°）	地すべり幅 b(m)	地すべり長さ L(m)	崩壊体積 V_s（億m^3）	突入地点の水深 d_1（m）	敷地前面の水深 d_2（m）	敷地までの距離 r（km）	敷地前面の津波高（m）
伊豆市小下田	No.1	10	93	570	580	0.1	25	10	63	**0.1**
	No.2	3	51	1,000	740	0.3	46	10	63	**0.1**
	No.3	9	72	830	1,000	0.4	51	10	63	**0.2**
	No.4	9	70	820	1,200	0.5	56	10	63	**0.3**
	(参考) No.1～4	10	53	2,800	1,200	3.1	60	10	63	**0.7**
南伊豆町伊浜	No.5	3	-24	1,100	1,300	0.9	17	10	57	**0.1**

項目	設定方法
すべり面傾斜角 α	地すべり地形上端と下端を結ぶ直線と水平面がなす角
進行角 γ	地すべり地形と敷地を結ぶ直線と地すべり方向がなす角
地すべり幅 b	平面図から読み取り
地すべり長さ L	平面図から読み取り
崩壊体積 V_s	高速道路調査会(1985) V_s=0.0466・A$^{1.5}$、奥田(1984) V_s=0.052・A$^{1.45}$、上野(2001) V_s=0.0497・A$^{1.5}$のそれぞれの推定式により、概略平面積A(=b×L)から算出される地すべり体の体積の最大値。
突入地点の水深 d_1	地すべり地形前面の海岸線から地すべり長さL離れた地点の水深の1/2（平均水深）
敷地までの距離 r	地すべり地形と敷地との直線距離
最大上昇水位	Huber and Hager(1997)の予測式による津波高

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

「火山影響評価」と「火山現象の津波評価」との関係

第1168回資料2-2
p.72再掲

■「火山影響評価」と、「火山現象の津波評価」との関係は以下のとおり。
■ なお、両者に共通する「原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山の活動履歴の調査」については、「火山影響評価」において説明する。

火山影響評価

原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山の活動履歴の調査
・原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧に位置する第四紀火山を調査対象として、文献調査に基づき火山の活動年代および噴火規模等を調査した。

以降、今後説明

原子力発電所に火山影響を及ぼし得る火山の抽出
・地理的領域に位置する第四紀火山のうち「完新世に活動のある火山」および「将来の活動可能性が否定できない火山」を、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

抽出された火山の設計対応不可能な火山事象に関する個別評価
・抽出された火山について、文献調査に基づき、設計対応不可能な火山事象の有無とその影響範囲を調査し、設計対応不可能な火山事象が発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性を評価した。

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の影響評価
・抽出された火山について、文献調査に基づき原子力発電所に影響をおよぼし得る火山事象の影響を評価した。
・また、降下火砕物について、文献調査、地質調査、および火山活動履歴に基づく発電所運用期間中の噴火規模を考慮した数値シミュレーションに基づき、その影響を評価した。

火山現象の津波評価

本章の説明内容

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出
・地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山のうち、海域に分布する火山については、津波を発生させる可能性があることから、敷地に影響を及ぼし得る火山として抽出した。
・また、陸域に分布する火山については、完新世における活動があり、かつ、駿河湾側に面している火山を、敷地に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

火山現象の津波発生要因に関する調査
・抽出した火山について、文献調査および地形判読調査を実施し、津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）の有無とその規模を評価した。

火山現象の津波評価
・抽出した個別火山の火山現象による津波について、津波の予測式及び数値シミュレーションを用いて津波評価を実施した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の検討概要

第1168回資料2-2
p.73一部修正

■ 火山現象の津波評価は、敷地の地理的領域の火山及び敷地南方の伊豆小笠原弧の火山について、最新の科学的・技術的知見に基づき津波を発生させる火山現象の有無とその規模を調査・評価して、それぞれの火山現象に応じた津波予測式による津波評価を行うとともに、敷地への影響が相対的に大きい火山現象については、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行い、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを評価した。

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出（本編3.1章）

■ 地理的領域（敷地から半径160km以内）および伊豆小笠原弧の第四紀火山から、海域に分布、もしくは駿河湾に面し完新世における活動がある火山を、**敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山**(32火山)として抽出した。

火山現象の津波発生要因に関する調査（本編3.2章）

個別火山の津波発生要因に関する調査

■ 抽出した個別火山(32火山)について、その**津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）**ごとに過去の津波発生要因の有無とその規模を調査した。

■ また、伊豆小笠原弧の海域における噴火規模について、過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査、および火山帯の地殻構造に関する調査を実施した結果、いずれの結果からも、伊豆小笠原弧の海域においては北海道・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**VEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の巨大噴火は発生していない**と考えられることを確認した。

津波発生要因の規模に関する評価

■ 個別火山の津波発生要因の規模は、当該火山の調査結果に基づいて評価した。過去の情報が不足している海底火山の噴火規模は、保守的に陸域を含む伊豆小笠原弧における過去最大の噴火規模(6DREkm^3)を考慮することとした。

火山現象の津波評価（本編3.3章）

■ 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた**津波予測式に基づく津波評価**を実施した結果、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波影響が相対的に大きいことを確認した。

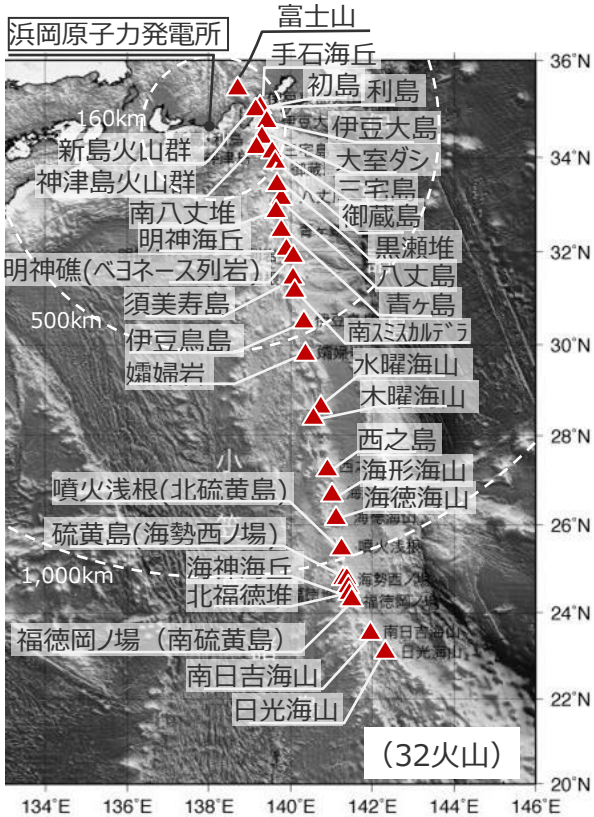
■ そこで、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波について複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、**数値シミュレーションによる津波評価**も行った。

御蔵島の山体崩壊	最大上昇水位(T.P. m)				
	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
	2.9	1.0	1.1	1.2	1.1

最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
3号取水塔	4号取水塔
-1.6(なし)	-1.6(なし)

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比べて小さいことを確認した。



（海上保安庁　海域火山データベースを基に作成）

抽出した敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山

・ 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について、仮想的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(100km^3)のウルトラプリニー式噴火) を想定した場合でも、その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2-2を参照。今後補足説明資料へ掲載）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の検討概要
（検討フロー）

第1168回資料2-2
p.74一部修正

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出

敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山（３２火山）

火山現象の津波発生要因に関する調査

過去の津波発生要因の有無とその規模を調査

	山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
調査対象：	全ての個別火山（３２火山）	火口が陸上に位置する個別火山（１３火山）	海域の個別火山（３１火山）
過去に当該津波発生要因の発生した火山：	**山体崩壊あり**（１６火山）	**火砕流あり**（１０火山）	**噴火あり**（３１火山）
津波発生要因の規模：	個別火山の調査結果の規模（~1.5km^3）	個別火山の調査結果の規模（~0.76DREkm^3）	個別火山の調査結果の規模（~1.74DREkm^3, 6.0DREkm^3※ ）

※情報不足の海底火山(１８火山)は、伊豆小笠原弧の過去最大規模とした。

火山現象の津波評価

津波予測式による評価

	山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
最も影響が大きい火山：	御蔵島	神津島火山群	大室ダシ
敷地前面最大上昇水位：	*T.P. +**2.6**m*	*T.P. +2.0m*	*T.P. +1.3m*

数値シミュレーションによる評価

評価対象の火山：	御蔵島
敷地前面最大上昇水位：	T.P. +**2.9**m

・敷地前面最大上昇水位について、津波予測式による評価では津波水位に朔望平均満潮位(T.P.+0.80m)を加算、数値シミュレーションによる評価では朔望平均満潮位を考慮して計算した数値。

➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比べて小さいことを確認。

・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について、仮想的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) を想定した場合でも、その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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

国内外の火山現象による津波の発生事例

第1168回資料2-2
p.76再掲

■ 火山性津波については、「岩屑なだれや火砕流が湖水や海へ流入したり、 海底噴火などが起こったりすると津波が引き起こされることがある。噴火津波による被害は、火山から離れた地域でも発生している。このような噴火津波は1640年の北海道駒ヶ岳、1741年の渡島大島、1792年の雲仙岳など火山災害史上大きな被害を出しているものがある。」とされている。(原子力規制委員会(2017))

■ 国内外で火山現象による津波として、「山体崩壊、火砕流、火山泥流、溶岩の海域への突入」、「カルデラ陥没または沈降」、「海中噴火」等を要因とした津波発生事例が確認されている。(原子力規制委員会(2013))

・2022年トンガの火山噴火に伴い発生した大気中を伝播する波等によって太平洋沿岸の広い範囲で潮位変化が観測された(防災科学技術研究所 2022))。本事象の概要は第1168回補足説明資料9章に示す。

国内外の主な火山現象による津波事例

発生年	火山名	噴火規模[1)]	津波発生の要因	津波記録 [地名(波源からの距離): 津波高]
1640年	北海道駒ヶ岳	VEI5	山体崩壊(1.9km^3) (西村・宮地(1998))	・アルトリ(約50km): 8.3m ・鷲の木(約20km): 6.8m 等（西村・宮地(1998)）
1741年	渡島大島	VEI4	山体崩壊(2.4km^3) (気象庁(2013))	・江良(約50km): 14.5m ・石崎(約60km): 11.5m 等（今村・松本(1998)）
1792年	眉山(雲仙岳)	VEI2	山体崩壊(0.5km^3) (都司・日野(1993))	・河内(約20km): 23.4m ・大手原(約20km): 18.0m 等（都司・日野(1993)）
1815年	タンボラ山	VEI7	火砕流の海域への突入 (Self et al. (1984))	・Sanggar (約30km): 4m 等（Stothers (1984)）
1883年	クラカタウ火山	VEI6	海中噴火もしくは カルデラ陥没 (川俣ほか(1992))	・Merak(約60km): 30~40m ・Katimbang(約50km): 22~24m 等 (NOAA、川俣ほか(1992))
2018年	クラカタウ火山	VEI3	山体崩壊(0.35km^3) (Grilli(2019))	・Java(約50km) : 1~6m 等 (Grilli(2019))

1) 日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、Global Volcanism Program (Smithsonian Institution (2013))

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.73再掲

伊豆小笠原弧の火山現象と津波観測記録

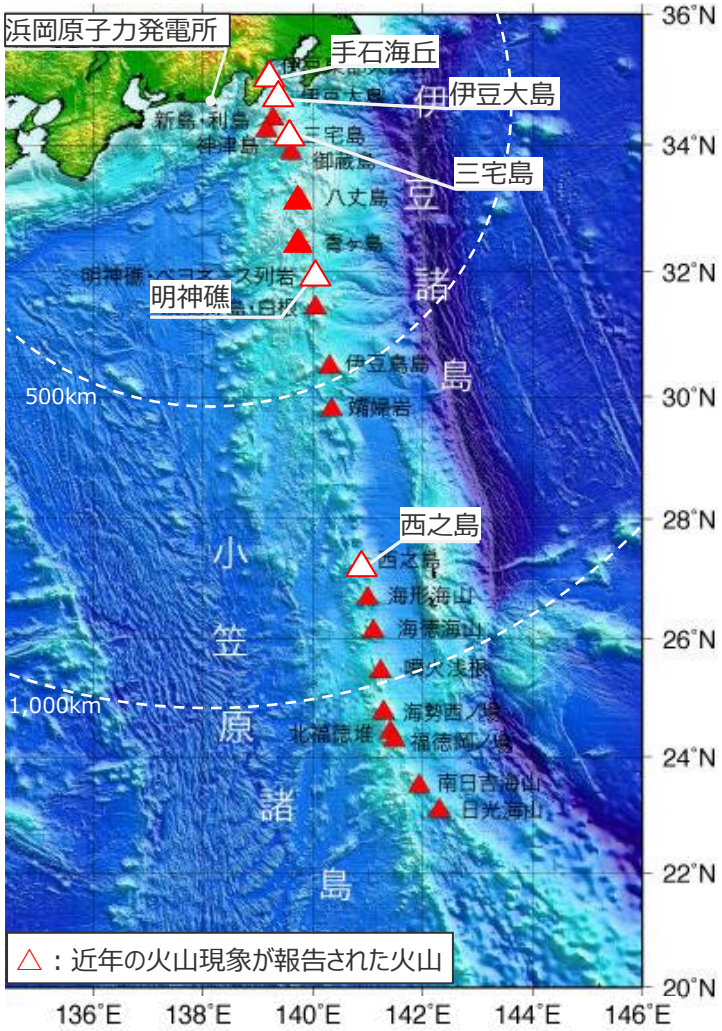
■ 伊豆小笠原弧の近年の津波発生要因となり得る火山現象は以下のとおり。そのうち、津波の発生は明神礁の火山現象で確認されている。
■ 明神礁の火山現象による津波について、1952年の明神礁の海中噴火では、明神礁から130km離れた八丈島において0.5mの津波が観測されている。
なお、明神礁から約340km離れた御前崎港では有意な海面上昇は観測されていない。

伊豆小笠原弧の近年の火山現象と津波観測記録

発生年	火山名	敷地からの距離	主な岩質	噴火規模	津波発生要因	津波観測記録		
						地点	波源からの距離	津波高
1952年	明神礁	345km	デイサイト	VEI3~4	・海中噴火	八丈島 八重根港	130km	0.5m[1)]
						御前崎港	336km	観測されず
1973年	西之島	857km	安山岩	VEI3	・海中噴火 ・溶岩の海域への突入	観測されず		
1986年	伊豆大島	114km	玄武岩	VEI3	・溶岩の海域への突入	観測されず		
1989年	手石海丘	98km	玄武岩	VEI1	・海中噴火	観測されず		
2000年	三宅島	140km	玄武岩	VEI3	・火砕流の海域への突入	観測されず		
2013年	西之島	857km	安山岩	–	・海中噴火 ・溶岩の海域への突入	観測されず		

1) 波浪計による最大全振幅の1/2の数値を記載。

・日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、海上保安庁　海域火山データベース、
高田ほか(1994)に基づき作成



（海上保安庁　海域火山データベースを基に作成）

伊豆小笠原弧の第四紀火山

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

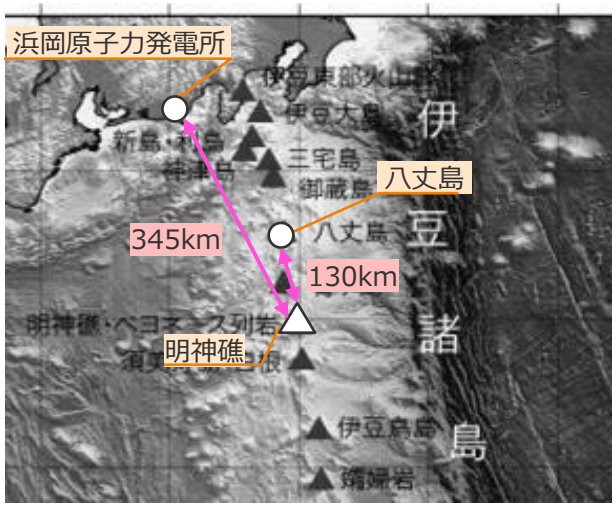
第862回資料2-1
p.74再掲

明神礁の火山現象による津波観測記録

- 明神礁では、1846年の位置確定以降、噴火活動が繰り返し発生していることが確認されており、明神礁の海中噴火によると推定される津波は八丈島で数十回観測されている。（海上保安庁　海域火山データベース、小坂(1991)等）
- 八丈島で観測された最大津波高は1952年9月24日に観測された0.5m[1)]。（Unoki and Nakano(1953)）

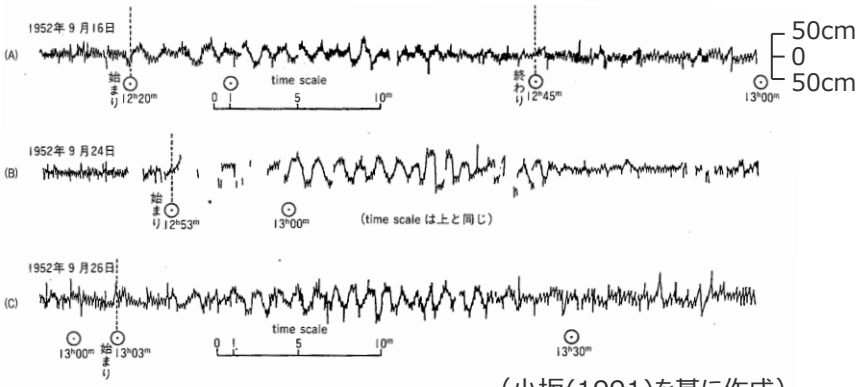
1) 最大波高の1/2の数値を記載。

・なお、1952年9月24日明神礁の噴火により、噴火を観測中の海上保安庁の測量船「第5海洋丸」が遭難する事故が発生したが、その原因は津波ではなく海中噴火の爆発による数100m/sの爆風を船体に受けたことによるとされる。（海上保安庁 海域火山データベース、兼岡・井田(1997)）



（海上保安庁　海域火山データベースを基に作成）

明神礁と八丈島の位置



（小坂(1991)を基に作成）

1952年9月24日前後の明神礁の津波の八丈島における観測波形

1952年～1953年の明神礁の津波の八丈島における観測記録

d	t_0 h	m	τ_1 sec	H_1 cm	H_2 cm	H_3 cm	t_d min	t_n min
Sept. 1952								
16	12	20	96	56	27	24	80	31
24	12	53	(93)	92	39	30	90	30
26	13	03	86	71	54	36	80	30
Mar. 1953								
11	—	—	—	—	—	58	—	—
12	16	09	88	55	—	—	60	—
14	10	03	92	57	44	—	60	29
〃	14	11	68	27	—	—	10	—
〃	16	47	73	32	—	—	20	—
〃	18	40	70	37	—	—	20	—
〃	21	05	71	30	—	—	5	—
15	03	49	72	36	21	—	60	24
〃	13	08	84	31	—	—	15	—
〃	15	16	74	25	—	—	5	—
〃	17	15	91	33	—	—	20	—
〃	18	42	83	36	—	—	40	—
〃	22	09	100	32	—	—	20	—
16	00	24	78	24	—	—	15	—
〃	00	49	93	33	—	—	15	—
〃	03	47	90	32	—	—	20	—
〃	07	34	88	50	25	—	50	26
〃	09	37	76	28	—	—	20	—
〃	11	23	78	29	—	—	20	—
〃	13	43	108	35	—	—	15	—
〃	18	46	75	37	—	—	15	—

d	t_0 h	m	τ_1 sec	H_1 cm	H_2 cm	H_3 cm	t_d min	t_n min
Mar. 1953								
17	02	24	58	36	—	—	15	—
〃	04	40	92	47	—	—	25	—
〃	12	36	86	42	—	—	15	—
〃	15	45	77	63	—	—	35	28
〃	19	18	90	48	—	—	15	—
〃	21	51	100	30	—	—	30	—
18	00	15	107	30	24	—	60	35
〃	02	44	83	30	—	—	35	—
〃	03	56	71	28	—	—	15	—
〃	11	06	69	25	—	—	10	—
〃	14	07	85	34	—	—	20	—
〃	16	25	88	27	—	—	20	—
〃	19	27	91	28	—	—	20	—
〃	21	39	86	40	—	—	25	—
〃	22	15	95	37	—	—	15	—
19	02	05	95	40	—	—	20	—
〃	05	06	69	42	—	—	45	—
〃	10	35	74	32	—	—	25	—
〃	13	16	102	28	—	—	15	—
〃	16	33	76	34	—	—	20	—
〃	20	15	95	60	28	—	50	30
20	00	42	85	47	—	—	20	—
22	21	08	106	57	40	26	120	30
23	02	23	95	58	—	—	60	27
〃	13	56	119	38	—	—	60	28
25	01	02	95	50	—	—	25	—
〃	07	13	93	54	—	—	40	—

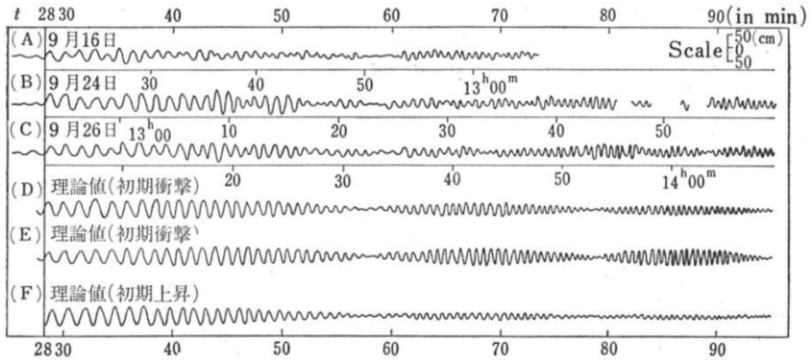
t_0:津波到達時刻　τ_1：第１波の周期(s)
H_1、H_2、H_3：第１、第２、第３波群の最大波高(cm)
t_d：津波継続時間(min)　t_n：初期波群の継続時間(min)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.75再掲

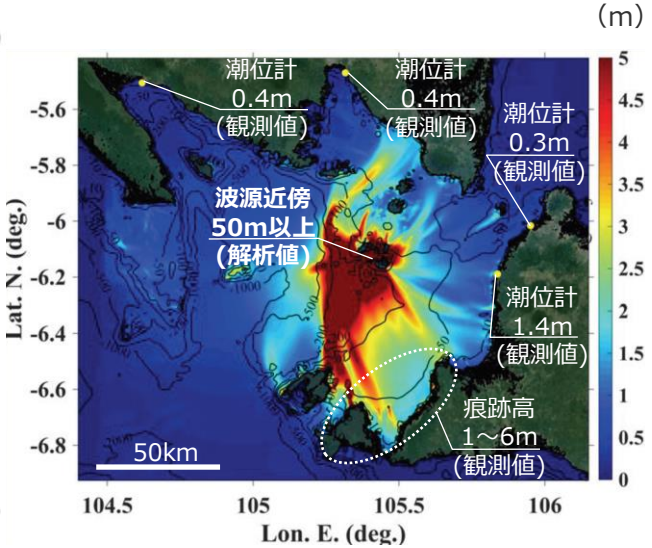
津波観測記録に基づく火山現象による津波の特徴

- 明神礁の噴火を含む火山現象による津波は、その波源サイズから、周期が1～2分と短く、また、波源から遠ざかると急速に減衰する特徴を持つとされる。(Unoki and Nakano(1953)、和達(1970)、兼岡・井田(1997)等)
- 2018年クラカタウの山体崩壊による津波の事例や、その他国内外の主な火山現象による津波事例においても、火山現象による津波高は、波源から遠ざかると急速に減衰している。



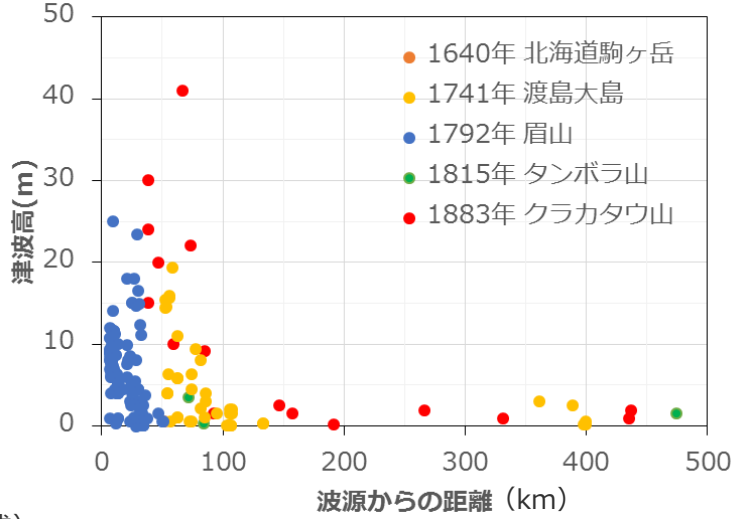
(A)、(B)、(C)は八丈島における観測波形を平滑化したもの。
(D)、(E)は初期衝撃、(F)は初期上昇の場合。
波源の半径はいずれも2.2km。
(Unoki and Nakano(1953)による、和達(1970))

1952年9月24日の明神礁の津波の
八丈島における観測波形と理論波形との比較



(Grilli(2019)を基に作成)

2018年クラカタウの山体崩壊による津波の
再現解析結果（最大波高分布）
(山体崩壊体積0.35km³)



火山現象による津波観測記録と波源からの距離
図に用いた津波記録は以下のデータベースから抽出した。
・国内の火山：津波痕跡データベース（信頼度A・B）
・国外の火山：NOAA Tsunami Website
図の基となったデータは第1168回補足説明資料９章に示す。

Unoki and Nakano(1953)
・明神礁の噴火による津波は、火山から約130km離れた八丈島の波高計で観測されている。その津波の周期は95～30秒であり、また明確なうなりの現象がみられる。
・明神礁の噴火による津波の観測記録について、無限に広い海の有限範囲に初期衝撃もしくは初期水位を与えた場合のコーシーポアソン波の理論式を検討し、観測記録と比較した。
　その結果、波源の半径を2.2kmとした場合に観測波形の周期、津波高、共鳴現象をよく再現することができた。
和達（1970）
・火山性津波など海面や海底のじょう乱源で発生する津波について、Unoki and Nakano(1953)による明神礁の噴火による津波の観測記録をレビューしながら検討。
・その理論値から、明神礁の噴火による津波の第一波の波長は波源の直径にほぼ等しく、また最大波高は波源からの距離ｒに逆比例して減少することを確認した。
兼岡・井田(1997)
・地震によって起きた津波の場合、津波の周期が長く、10分から30分くらいであることが多い。
・これに対して火山活動による津波の場合、周期は1-2分と、短いことが多い。火山性の津波は、発生源が地震のように数十kmという広範囲には広がっておらず、せいぜい１個の火山の占める範囲の程度である。
・火山性の津波は波源から遠ざかると急速に減衰し、遠方にまで大きな被害をもたらすような津波はまれである。

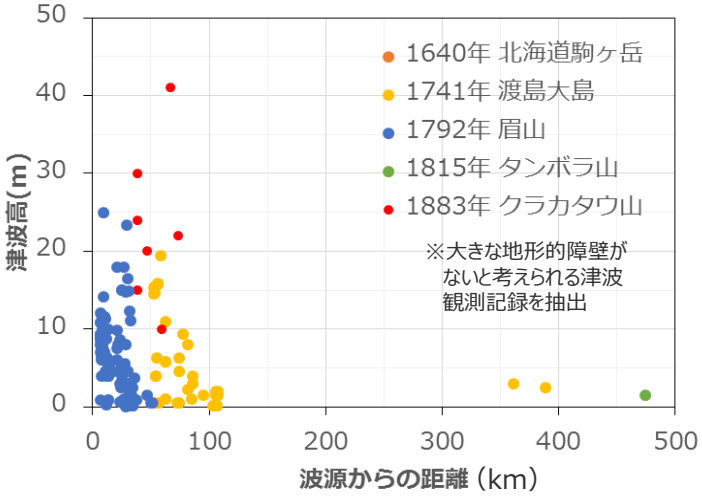
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波観測記録に基づく火山現象による津波の特徴

（参考）大きな地形的障壁がないと考えられる津波観測記録を抽出した検討

第862回資料2-1
p.76再掲

■ 国内外の主な火山現象による津波観測記録と波源からの距離の関係について、波源から観測地点までの津波伝播経路に海峡などの大きな地形的障壁がないと考えられる津波観測記録を抽出して表示した結果は以下のとおり。国内外の主な火山現象による津波高は、前頁に示した1952年明神礁津波や2018年クラカタウ山津波の事例と同様、波源からの距離に応じて減衰している。



火山現象による津波観測記録と波源からの距離

図に用いた津波記録は以下のデータベースから抽出した。
・国内の火山：津波痕跡データベース（信頼度A･B）
・国外の火山：NOAA Tsunami Website

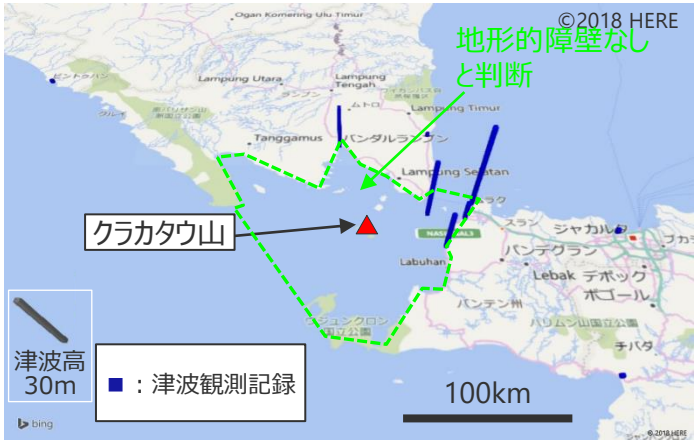
・図の基となったデータは第1168回補足説明資料９章に示す。

1640年北海道駒ヶ岳の津波観測記録

1741年渡島大島の津波観測記録

1792年眉山の津波観測記録

1815年タンボラ山の津波観測記録



1883年クラカタウ山の津波観測記録

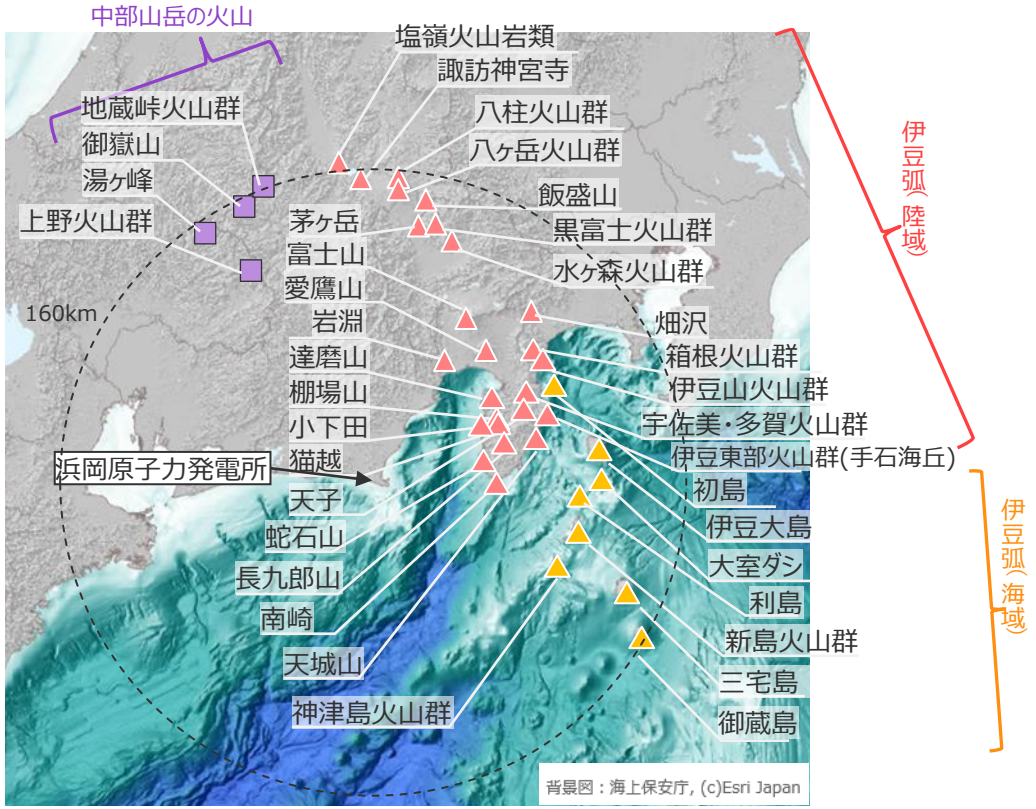
・バーの高さは津波高を表す。なお、灰色のバーは凡例。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.77再掲

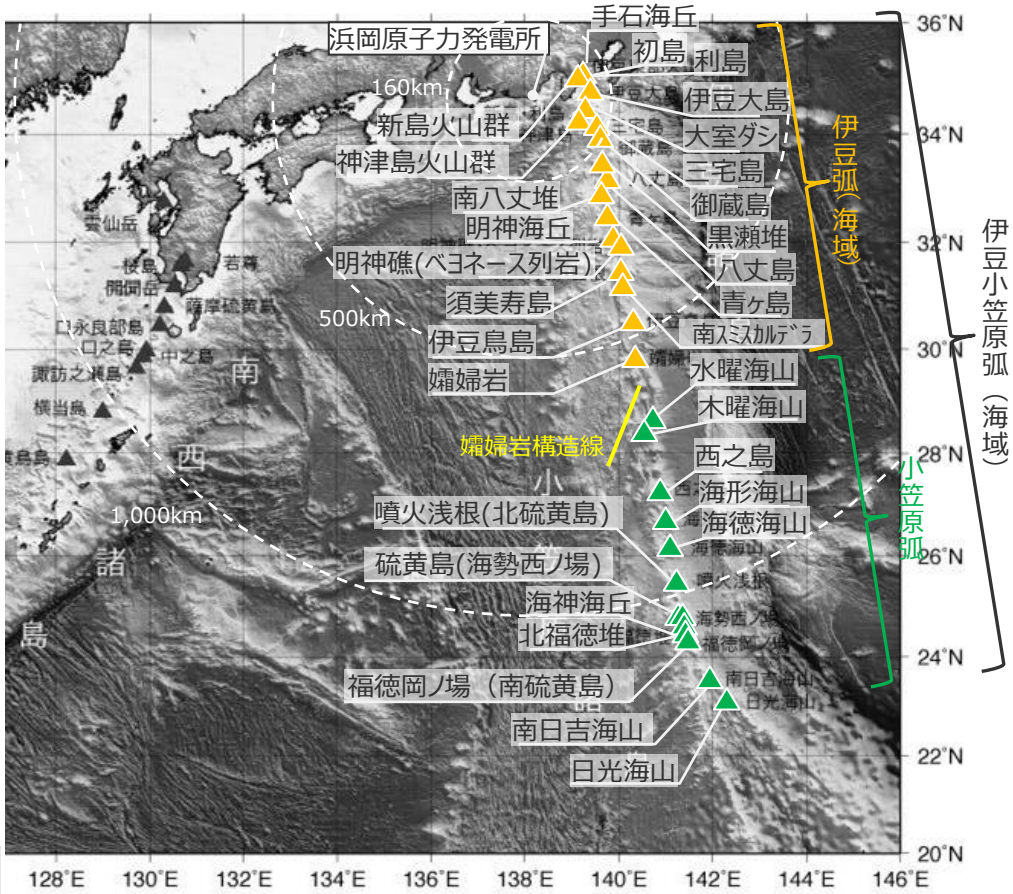
原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出方針

- 原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山について、敷地南方の伊豆小笠原弧に活発な火山が分布しているという特徴を踏まえて、敷地周辺の火山に加えて伊豆小笠原弧の火山から、火山影響評価の調査結果に基づき、原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山を抽出した。
- なお、本資料では、伊豆小笠原弧のうち孀婦岩南の「孀婦岩構造線」を境に、北部を「伊豆弧」、南部を「小笠原弧」と呼ぶ。また、伊豆弧の内、陸域の火山を「伊豆弧(陸域)」、海域の火山を「伊豆弧(海域)」と呼ぶ。さらに、伊豆弧（海域）と小笠原弧を合わせて、「伊豆小笠原弧(海域)」と呼ぶ。敷地との位置関係について、伊豆弧(海域)の第四紀火山は敷地から約100km～600kmの範囲に、小笠原弧の第四紀火山は敷地から約700km～1,300kmの範囲に分布する。



敷地周辺に位置する第四紀火山の位置図

凡　例
- ▲：伊豆弧(陸域)の火山
- ▲：伊豆弧(海域)の火山
- ▲：小笠原弧の火山
- ■：中部山岳の火山



（海上保安庁　海域火山データベースを基に作成）

伊豆小笠原弧（海域）の第四紀火山

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.78再掲

検討対象とする火山の抽出

■「火山影響評価」において活動年代および噴火規模等を調査した地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山のうち、海域に分布する全ての火山、および、陸域に分布する火山のうち完新世における活動があり、かつ駿河湾に面している火山を、敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山（合計32火山）として抽出した。

地域		火山名称	敷地からの距離(km)	完新世での活動	駿河湾に面する
敷地周辺の火山	中部山岳の火山	上野火山群	122	×	×
		御嶽山	153	○	×
		湯ヶ峰	153	×	×
		地蔵峠火山群	160	×	×
	伊豆弧(陸域)	蛇石山	59	×	○
		南崎	62	×	○
		長九郎山	68	×	○
		小下田	68	×	○
		猫越	70	×	○
		岩淵	70	×	○
		棚場山	71	×	○
		達磨山	73	×	○
		天子	82	×	×
		天城山	82	×	×
		愛鷹山	90	×	○
		宇佐美・多賀火山群	92	×	×
		伊豆東部火山群	92	○	×
		富士山	97	○	○
		伊豆山火山群	101	×	×
		箱根火山群	104	○	×
		畑沢	112	×	×

地域		火山名称	敷地からの距離(km)	完新世での活動	駿河湾に面する
敷地周辺の火山	伊豆弧(陸域)	水ヶ森火山群	132	×	×
		茅ヶ岳	135	×	×
		黒富士火山群	135	×	×
		飯盛山	147	×	×
		八ヶ岳火山群	151	○	×
		諏訪神宮寺	152	×	×
		八柱火山群	160	×	×
		塩嶺火山岩類	160	×	×
	伊豆弧(海域)	手石海丘	98	○	－
		神津島火山群	102	○	－
		初島	104	×	－
		利島	104	○	－
		新島火山群	106	○	－
		伊豆大島	114	○	－
		大室ダシ	119	○	－
		三宅島	140	○	－
		御蔵島	157	○	－
敷地南方の火山	伊豆弧(海域)	黒瀬堆	203	不明	－
		八丈島	222	○	－
		南八丈堆	259	不明	－
		青ヶ島	282	○	－

地域		火山名称	敷地からの距離(km)	完新世での活動	駿河湾に面する
敷地南方の火山	伊豆弧(海域)	明神海丘	321	○	－
		明神礁(ベヨネース列岩)	345	○	－
		須美寿島	395	○	－
		南スミスカルデラ	412	不明	－
		伊豆鳥島	501	○	－
		孀婦岩	573	○	－
	小笠原弧	水曜海山	707	○	－
		木曜海山	735	○	－
		西之島	857	○	－
		海形海山	923	○	－
		海徳海山	983	○	－
		噴火浅根(北硫黄島)	1,059	○	－
		硫黄島(海勢西ノ場)	1,134	○	－
		海神海丘	1,156	○	－
		北福徳堆	1,174	○	－
		福徳岡ノ場(南硫黄島)	1,189	○	－
		南日吉海山	1,286	○	－
		日光海山	1,341	○	－

○　：該当する
×　：該当しない
－　：駿河湾以外の海域に位置する
□　：検討対象として抽出した火山

・ 主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山(第３版)(中野ほか(2013))、日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース(西来ほか(2015))、日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))、田村(2016)を参考として抽出

（抽出した個別火山の詳細は第1168回補足説明資料10章を参照。）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

（参考）火山影響評価のうち 地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山の活動履歴の調査結果（１／３）

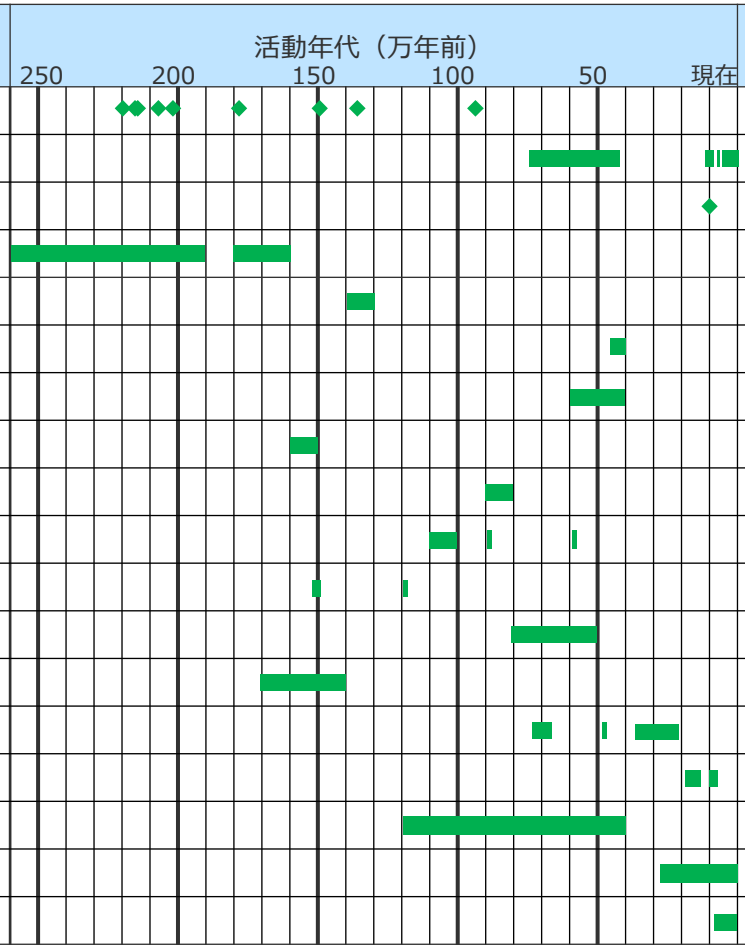
第1168回資料2-2
p.83再掲

- 浜岡原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧に位置する第四紀火山を調査対象として、主な火山カタログ等*1に基づき、火山の活動年代および噴火規模等を調査した。その結果は以下のとおり。
- なお、個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は「火山影響評価」参照。

＊1 中野ほか(2013)、産業技術総合研究所(2017)、海上保安庁　海域火山データベース、第四紀火山カタログ委員会(1999)、西来ほか(2015)、山元(2015)、一色(1978)、田村(2016)

地理的領域（敷地から半径160km以内）に位置する第四紀火山の調査結果まとめ

地域	火山名	敷地からの距離(km)	完新世の活動	確認されている最大噴火規模
中部山岳	上野火山群	122	×	－
	御嶽山	153	○	50DREkm^3
	湯ヶ峰	153	×	－
	地蔵峠火山群	160	×	－
伊豆弧（陸域）	蛇石山	59	×	－
	南崎	62	×	－
	長九郎山	68	×	－
	小下田	68	×	－
	猫越	70	×	－
	岩淵	70	×	－
	棚場山	71	×	－
	達磨山	73	×	－
	天子	82	×	－
	天城山	82	×	－
	愛鷹山	90	×	－
	宇佐美・多賀火山群	92	×	－
	伊豆東部火山群	92	○	0.3DREkm^3
	富士山	97	○	4.0DREkm^3



個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は後述のとおり。

■：活動期間　◆：単成火山の活動　○：完新世に活動有り　×：完新世に活動無し

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第1168回資料2-2
p.84再掲

（参考）火山影響評価のうち
地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山の活動履歴の調査結果（２／３）

■ 浜岡原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧に位置する第四紀火山を調査対象として、主な火山カタログ等*1に基づき、火山の活動年代および噴火規模等を調査した。その結果は以下のとおり。
■ なお、個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は「火山影響評価」参照。

＊1 中野ほか(2013)、産業技術総合研究所(2017)、海上保安庁　海域火山データベース、第四紀火山カタログ委員会(1999)、西来ほか(2015)、山元(2015)、一色(1978)、田村(2016)

地理的領域（敷地から半径160km以内）に位置する第四紀火山の調査結果まとめ

地域	火山名	敷地からの距離(km)	活動年代（万年前）250 200 150 100 50 現在	完新世の活動	確認されている最大噴火規模
伊豆弧（陸域）	伊豆山火山群	101		×	－
	箱根火山群	104		○	6DREkm^3
	畑沢	112		×	－
	水ヶ森火山群	132		×	－
	茅ヶ岳	135		×	－
	黒富士火山群	135		×	－
	飯盛山	147		×	－
	八ヶ岳火山群	151		○	1.77DREkm^3
	諏訪神宮寺	152		×	－
	八柱火山群	160		×	－
	塩嶺火山岩類	160		×	－
伊豆弧（海域）	手石海丘	98		○	0.00004DREkm^3
	神津島火山群	102		○	0.66DREkm^3
	初島	104		×	－
	利島	104		○	0.68DREkm^3
	新島火山群	106		○	0.73DREkm^3
	伊豆大島	114		○	0.25DREkm^3
	大室ダシ	119	（熱水活動。約1万年前に軽石噴火）	○	－
	三宅島	140		○	0.37DREkm^3
	御蔵島	157		○	0.03DREkm^3

・個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は後述のとおり。
・噴火の情報がない火山については噴火以外の情報（海水変色等）を記載。

■：活動期間　◆：単成火山の活動　●：活動期間は不明であるものの完新世の活動あり　○：完新世に活動有り　×：完新世に活動無し

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第1168回資料2-2
p.85再掲

（参考）火山影響評価のうち
地理的領域および伊豆小笠原弧の第四紀火山の活動履歴の調査結果（３／３）

■ 浜岡原子力発電所の地理的領域および伊豆小笠原弧に位置する第四紀火山を調査対象として、主な火山カタログ等*1に基づき、火山の活動年代および噴火規模等を調査した。その結果は以下のとおり。
■ なお、個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は「火山影響評価」参照。

＊1 中野ほか(2013)、産業技術総合研究所(2017)、海上保安庁　海域火山データベース、第四紀火山カタログ委員会(1999)、西来ほか(2015)、山元(2015)、田村(2016)、前野ほか(2018)、長井(2014)、高田ほか(1994)

地理的領域外に位置する伊豆小笠原弧の第四紀火山の調査結果まとめ

地域	火山名	敷地からの距離(km)	活動年代（万年前） 250　200　150　100　50　現在	完新世の活動	確認されている最大噴火規模
伊豆弧（海域）	黒瀬堆	203	（不明）	不明	－
	八丈島	222	■	○	1.74DREkm^3
	南八丈堆	259	（不明）	不明	－
	青ヶ島	282	■	○	0.31DREkm^3
	明神海丘	321	（熱水活動） ●	○	－
	明神礁(ベヨネース列岩)	345	最新噴火：1970年、このうち新島出現(1870,1896,1946,1952,1953年) ●	○	0.1DREkm^3
	須美寿島	395	■	○	－
	南スミスカルデラ	412	（不明）	不明	－
	伊豆鳥島	501	■	○	0.025DREkm^3
	孀婦岩	573	■	○	－
小笠原弧	水曜海山	707	（活発な熱水（290°以上）の噴出が認められる（1991年7月）） ●	○	－
	木曜海山	735	（熱水の噴出が認められる（1990年7月）） ●	○	－
	西之島	857	■	○	0.1DREkm^3
	海形海山	923	（熱水活動（1988年）） ●	○	－
	海徳海山	983	（海底噴火（1984年）） ●	○	0.001DREkm^3
	噴火浅根(北硫黄島)	1,059	（ 1945年まで噴火、以降は海水変色、2011年には気泡湧出を確認） ●	○	－
	硫黄島(海勢西ノ場)	1,134	■	○	0.5DREkm^3
	海神海丘	1,156	（硫黄流出(1938年)） ●	○	－
	北福徳堆	1,174	（海底噴火(1988年)） ●	○	－
	福徳岡ノ場(南硫黄島)	1,189	（最新噴火：2021年、新島形成（2021年ほか）） ●	○	0.1DREkm^3
	南日吉海山	1,286	（海底噴火(1976年)） ●	○	－
	日光海山	1,341	（海水変色（1979年）） ●	○	－

・個別火山の活動年代および噴火規模等の調査結果の詳細は後述のとおり。
・噴火の情報がない火山については噴火以外の情報（海水変色等）を記載。

■：活動期間
●：活動期間は不明であるものの完新世の活動あり

○：完新世に活動有り
×：完新世に活動無し

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

個別火山の津波発生要因に関する調査の方針

第1168回資料2-2
p.87再掲

■ 抽出した個別火山（合計32火山）について、その津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）ごとに過去の発生有無とその規模に関する文献調査および地形判読調査により調査し、この結果を当該個別火山の津波発生要因の規模とする。

個別火山の津波発生要因に関する調査

■ 抽出した個別火山について、津波を発生させる可能性のある火山現象に関する文献調査および地形判読調査を実施し、過去の津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）の発生状況を検討した。

調査対象とする津波発生要因*1	調査・検討方法	調査対象とする火山
山体崩壊	・山体崩壊に関する文献調査*2および地形判読調査*3を実施し、 過去の大規模な山体崩壊による岩屑なだれの海域への突入の有無を検討。	全ての個別火山
火砕流の海域への突入	・火砕流に関する文献調査*2を実施し、 過去の大規模な火砕流の海域への突入の有無を検討。	火口が陸上に位置する個別火山
海中噴火・カルデラ陥没等	・海中噴火・カルデラ陥没等に関する文献調査*2を実施し、 過去の噴火の有無と既往最大の噴火規模を検討。	海域の個別火山

*1 調査対象とする津波発生要因は“基準津波および耐津波設計方針に係る審査ガイド”に基づく。
なお、溶岩流の海域への突入については、突入速度が十分遅いことから、大きな津波は発生しないと判断した。
また、火山泥流の海域への突入については、その起因となる火山現象を踏まえて山体崩壊もしくは火砕流の海域への突入として整理した。

*2 文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山(第３版)(中野ほか(2013))、日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース(西来ほか(2015))、日本の第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会(1999))、日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

*3 地形判読調査では2万5千分の1地形図を用いて山体崩壊の可能性を示す馬蹄形の崩落崖や、土石流体（流れ山）に着目して山体を崩壊させた可能性のある場所を抽出した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

個別火山毎の調査対象とする津波発生要因

第1168回資料2-2
p.88再掲

■ 個別火山毎の調査対象とする津波発生要因は以下のとおり。

個別火山毎の調査対象とする津波発生要因

地域		火山名	敷地からの距離（km）	火口位置	津波発生要因		
					山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
伊豆弧	陸域	富士山	97	陸上	○	○	-
	海域	手石海丘	98	海底	○	-	○
		神津島火山群	102	陸上	○	○	○
		初島	104	陸上	○	○	○
		利島	104	陸上	○	○	○
		新島火山群	106	陸上	○	○	○
		伊豆大島	114	陸上	○	○	○
		大室ダシ	119	海底	○	-	○
		三宅島	140	陸上	○	○	○
		御蔵島	157	陸上	○	○	○
		黒瀬堆	203	海底	○	-	○
		八丈島	222	陸上	○	○	○
		南八丈堆	259	海底	○	-	○
		青ヶ島	282	陸上	○	○	○
		明神海丘	321	海底	○	-	○
		明神礁	345	海底	○	-	○
		須美寿島	395	海底	○	-	○
		南スミスカルデラ	412	海底	○	-	○
		伊豆鳥島	501	陸上	○	○	○
		孀婦岩	573	海底	○	-	○

地域		火山名	敷地からの距離（km）	火口位置	津波発生要因		
					山体崩壊	火砕流の海域への突入	海中噴火・カルデラ陥没等
小笠原弧	海域	水曜海山	707	海底	○	-	○
		木曜海山	735	海底	○	-	○
		西之島	857	陸上	○	○	○
		海形海山	923	海底	○	-	○
		海徳海山	983	海底	○	-	○
		噴火浅根	1,059	海底	○	-	○
		硫黄島	1,134	陸上	○	○	○
		海神海丘	1,156	海底	○	-	○
		北福徳堆	1,174	海底	○	-	○
		福徳岡ノ場	1,189	海底	○	-	○
		南日吉海山	1,286	海底	○	-	○
		日光海山	1,341	海底	○	-	○
計					32火山	13火山	31火山

○ ：調査対象
- ：調査対象外

・ 海中噴火・カルデラ陥没等の調査対象外とした富士山は、その噴火中心が海岸線から十分に離れている。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

山体崩壊に関する調査方針

第767回資料1-1
p.82再掲

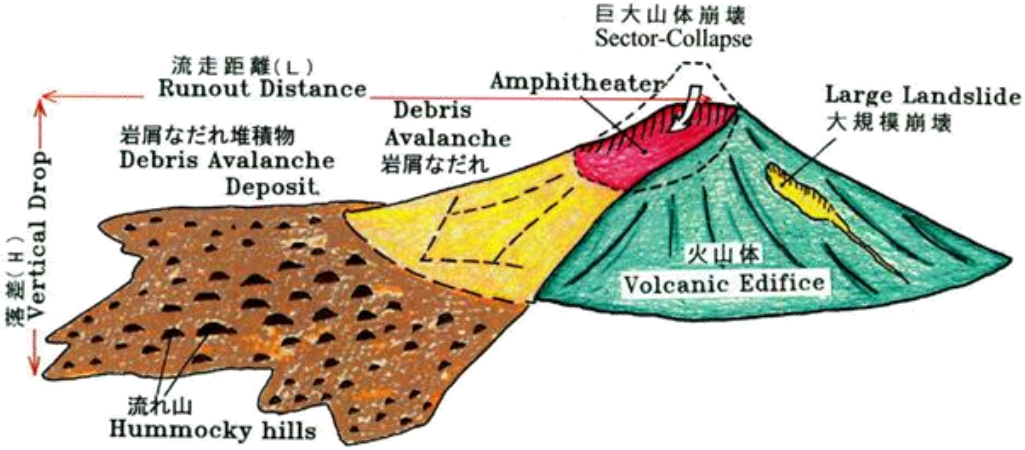
■ 全ての個別火山について、山体崩壊に関する文献調査*1及び地形判読調査*2により、過去の山体崩壊の痕跡を調査した。

*1 文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山(第３版)(中野ほか(2013))、日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース(西来ほか(2015))、日本の第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会(1999))、日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

*2 地形判読調査では、2万5千分の1地形図(国土地理院)等を用いて山頂付近を中心に山体崩壊の可能性を示す馬蹄形の崩落崖や、土石流体（流れ山）に着目して山体を崩壊させた可能性のある場所を抽出した。

【山体崩壊による津波】

■山体崩壊とは、不安定化した火山体が大規模に崩壊する現象をいい、山体崩壊で崩落した大量の土砂が山腹斜面を高速で流下する現象を岩屑なだれというとされる。山体崩壊が起こると、火山体の一部をなしていた岩石や土砂（岩屑なだれブロック）が破砕しながら、火砕流と同様に高温の空気とともに猛スピードで谷を流れ下り、そして、崩壊物が海中になだれ込むと津波を発生させるとされる。(吉田ほか(2017)など)



図－1　山体崩壊・岩屑なだれの模式図
Fig. 1　Schematic figure of sector collapse and debris avalanche

(井口(2006))

吉田ほか(2017)、守屋(1983)
・山体崩壊とは、不安定化した火山体が大規模に崩壊する現象をいい、山体崩壊で崩落した大量の土砂が山腹斜面を高速で流下する現象を岩屑なだれというとされる。通常、山体崩壊を起こした火山体の反対側は残存して馬蹄形の崩壊地形（馬蹄形カルデラ）を生じ、岩屑なだれにあたって巨大なブロックを残す場合がありこれを流れ山と呼ぶとされる。

井口(2006)
・大規模な崩壊は、山頂付近に発生する傾向があり、馬蹄形カルデラ、U字形カルデラ形状を呈するとされる。
・3～5億m^{3}規模が多く（中央値は5億m^3）、10億m^{3}を超えるものも全体の1/3を占めるとされる。

吉田ほか(2017)
・ 同一の火口から繰り返して起こる噴火により、大きな円錐形の山体が形成されたのち、活動が弱まって侵食が進んだり内部の変質が進行したりすると、山体が力学的に不安定になる場合が多い。このような不安定化した火山体が、その後の噴火や地震に伴って大規模に崩壊することがある。この現象を山体崩壊といい、水蒸気爆発や粘性の高いマグマの貫入、地震などで火山体の不安定な部分が崩壊して発生する。このような乾燥した低温の粉体流を岩屑なだれとよび、その堆積物を岩屑なだれ堆積物という。
・ 山体崩壊は円錐形成層火山の発達史のなかで普遍的に起こる現象であるが、ひとつの成層火山での発生頻度はおそらく１万年に１回程度と見積もられている。（中略）岩屑なだれによる山体崩壊にあたって、既存の火山体内部の成層構造などをある程度残しつつ山体が流下することがある。（中略）これを流れ山とよぶ。（中略）通常、山体崩壊を起こした火山体の反対側は残存して、馬蹄形の崩壊地形（馬蹄形カルデラ）を生じる。山体崩壊が起こると、火山体の一部をなしていた岩石や土砂（岩屑なだれブロック）が破砕しながら、火砕流と同様に高温の空気とともに猛スピードで谷を流れ下る。そして、崩壊物が海中になだれ込むと津波を発生させる。

守屋(1983)
・ 磐梯火山1888年の噴火では、たてつづけに起こった15～20回の水蒸気爆発の後、山頂部が大崩壊して馬蹄形カルデラをつくり、崩壊物質は北麓へ流下し、流れ山とよばれる比高数十m以下、底径数百m以下の小丘を無数にもつ緩斜面が形成された。この時の崩壊物質は体積12億m^{3}という莫大なもので、谷を埋めて桧原湖などの湖沼をつくった。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

山体崩壊に関する調査結果

第767回資料1-1
p.83再掲

■個別火山について、文献調査*1及び地形判読調査*2の結果、下表のとおり過去の山体崩壊の痕跡の有無と規模を確認した。
（調査結果の詳細については、第1168回補足説明資料10章を参照。）

*1 文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山(第３版)(中野ほか(2013))、日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース(西来ほか(2015))、日本の第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会(1999))、日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

*2 地形判読調査では、2万5千分の1地形図(国土地理院)等を用いて山頂付近を中心に山体崩壊の可能性を示す馬蹄形の崩落崖や、土石流体（流れ山）に着目して山体を崩壊させた可能性のある場所を抽出した。

山体崩壊に関する調査結果

地域	火山の名称	敷地からの距離(km)	火口位置	山体崩壊に関する調査結果		
				文献調査結果	地形判読調査結果	山体崩壊の規模(km³)
伊豆弧	富士山	97	陸上	**報告が認められる。**	（海岸線から離れていることから、省略）	**0.8**
	手石海丘	98	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	神津島火山群	102	陸上	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	初島	104	陸上	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	利島	104	陸上	**報告が認められる。**	痕跡は認められない。	**0.02**
	新島火山群	106	陸上	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	伊豆大島	114	陸上	**報告が認められる。**	痕跡は認められない。	**0.9**
	大室ダシ	119	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	三宅島	140	陸上	**報告が認められる。**	痕跡は認められない。	**1.5**
	御蔵島	157	陸上	**報告が認められる。**	痕跡は認められない。	**0.9**
	黒瀬堆	203	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	八丈島	222	陸上	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**0.5**
	南八丈堆	259	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	青ヶ島	282	陸上	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**0.4**
	明神海丘	321	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	明神礁	345	海底	報告は認められない。	**痕跡が認められる。**	**0.3**

地域	火山の名称	敷地からの距離(km)	火口位置	山体崩壊に関する調査結果		
				文献調査結果	地形判読調査結果	山体崩壊の規模(km³)
伊豆弧	須美寿島	395	海底	報告は認められない。	**痕跡が認められる。**	**0.5**
	南スミスカルデラ	412	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	伊豆鳥島	501	陸上	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**0.1**
	孀婦岩	573	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
小笠原弧	水曜海山	707	海底	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**0.06**
	木曜海山	735	海底	**報告は認められる。**	痕跡は認められない。	**0.03**
	西之島	857	陸上	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	海形海山	923	海底	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**1.3**
	海徳海山	983	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	噴火浅根	1,059	海底	**報告が認められる。**	痕跡は認められない。	**0.06**
	硫黄島	1,134	陸上	**報告が認められる。**	**痕跡が認められる。**	**0.5**
	海神海丘	1,156	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	北福徳堆	1,174	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	福徳岡ノ場	1,189	海底	報告は認められない。	**痕跡が認められる。**	**0.1**
	南日吉海山	1,286	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認
	日光海山	1,341	海底	報告は認められない。	痕跡は認められない。	痕跡がないことを確認

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火砕流の海域への突入に関する調査方針

第767回資料1-1
p.84再掲

■ 火口が陸上に位置する火山について、火砕流に関する文献調査*1により、過去の火砕流の発生履歴を調査した。

*1 文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山（第３版）（中野ほか(2013)）、日本の火山データベース（産業技術総合研究所(2017)）、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか(2015)）、日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会(1999)）、日本活火山総覧（第4版）（気象庁(2013)）、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

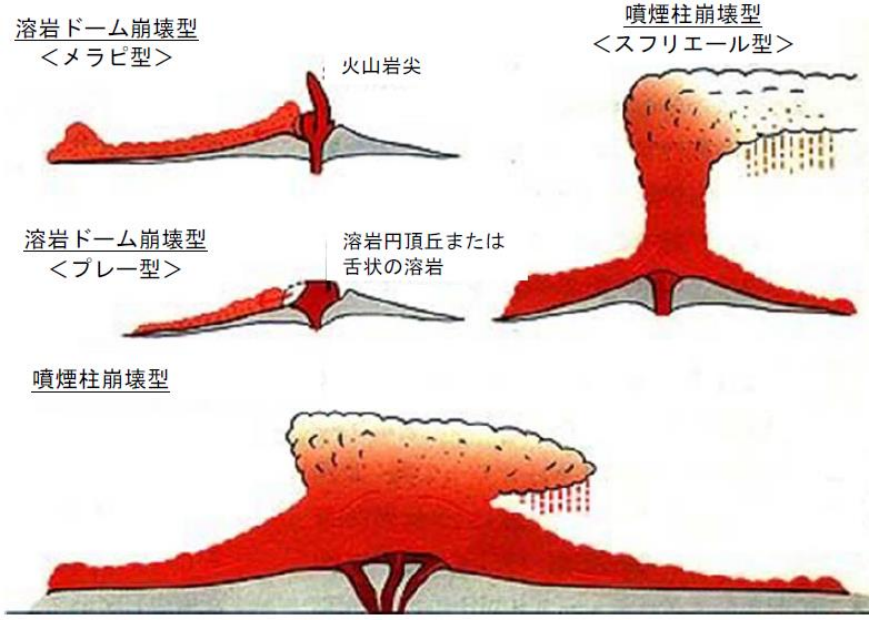
【火砕流の海域への突入による津波】

■火砕流は、火口から噴出、または溶岩ドームやスコリア丘から崩落した高温の岩塊、火山灰、軽石等の火砕物が高温の火山ガス（空気や水蒸気等）と混合し、それらが一体となって高速で地表を流下する現象であるとされる（内閣府ほか(2013)）。伊藤（1999）は、陸上で発生した10km^{3}規模の火砕流の海域への突入が大規模な津波を引き起こす可能性があるとしている。

火砕流の規模と特徴

噴出量の体積(m^3)	発生原因	事例
―10万―	●スコリア丘の一部が崩壊して発生。	約1,500年前富士山
	●溶岩ドーム・厚い溶岩流の一部が崩壊して発生。「メラピ型」とも呼ばれる。	1672, 1930年メラピ（インドネシア）
―100万―	●溶岩ドームの一部が爆発して発生。「プレー型」とも呼ばれる。	1822年有珠山 1902年プレー（フランス）
―1000万―	●噴煙柱が崩壊して発生。「スフリエール型」とも呼ばれる。	1902年スフリエール（フランス） 1990-1995年雲仙岳 2008年桜島
―1億―	●大きな噴煙柱の一部又は全部が崩壊して発生。	1783年浅間山（吾妻火砕流） 1929年北海道駒ヶ岳 1991年ピナツボ（フィリピン）
―10億― ―100億― ―1,000億― ―1兆―	●巨大な噴煙柱が崩壊して発生。	約7,300年前鬼界カルデラ形成噴火 1815年タンボラ（インドネシア） 1883年クラカトア（インドネシア） 1912年カトマイ（アラスカ）

(内閣府ほか(2013))



火砕流のイメージ

(内閣府ほか(2013))

・火砕流には、噴煙柱の崩壊によって発生する「噴煙柱崩壊型」や溶岩ドームの崩壊によって発生する「溶岩ドーム崩壊型」の火砕流などがある。
・小規模な火砕流は谷地形に沿って流下する。また、規模が大きくなれば地形的な制約を受けにくくなり、到達距離も長くなる。大型のカルデラを形成するほどの巨大噴火ともなれば、火砕流は地形の起伏に拘わらず広範囲に広がる。（内閣府ほか(2013)）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火砕流の海域への突入に関する調査結果

第1168回資料2-2
p.92再掲

■火口が陸上に位置する火山について、文献調査*1の結果、下表のとおり過去の火砕流の発生の有無とその規模を確認した。
（調査結果の詳細については、第1168回補足説明資料10章を参照。）

*1 文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山（第３版）（中野ほか(2013)）、日本の火山データベース（産業技術総合研究所(2017)）、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか(2015)）、日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会(1999)）、日本活火山総覧（第4版）（気象庁(2013)）、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

火砕流の海域への突入に関する調査結果

地域	火山名称	敷地からの距離(km)	火口位置	火砕流に関する調査結果	
				文献調査結果	火砕流の規模（DREkm^3）
伊豆弧	富士山	97	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴火は1.6~1.5kaの滝沢A火砕流噴火の0.013DREkm^3。	**0.013**
	神津島火山群	102	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、838年天上山の0.66 DREkm^3。	**0.66**
	初島	104	陸上	火砕流を示唆する報告は認められない。	履歴がないことを確認
	利島	104	陸上	火砕流を示唆する報告は認められない。	履歴がないことを確認
	新島火山群	106	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、886年向山火山の0.73 DREkm^3。	**0.73**
	伊豆大島	114	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、４世紀頃のS2.0噴火の0.05DREkm^3。	**0.05**
	三宅島	140	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、2000年噴火時の0.003 DREkm^3。	**0.003**
	御蔵島	157	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、ツブネヶ森-ヤスカジヶ森噴火の0.03 DREkm^3。	**0.03**
	八丈島	222	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、東山テフラ4,5・東山サージの0.76DREkm^3。	**0.76**
	青ヶ島	282	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、無斑晶玄武岩類噴火の0.05DREkm^3。	**0.05**
	伊豆鳥島	501	陸上	火砕流を示唆する報告は認められない。	履歴がないことを確認
小笠原弧	西之島	857	陸上	過去最大規模の噴出量は、2013-2015年の0.1 DREkm^{3}であり、火砕流の規模はこれよりも小さいと考えられる。	**0.1**
	硫黄島	1,134	陸上	火砕流を含む過去最大規模の噴出量は、元山噴火時の0.24DREkm^3。	**0.24**

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査方針

第1168回資料2-2
p.93再掲

■ 海中噴火・カルデラ陥没等の規模は当該火山の過去最大規模の噴火相当によって評価することとし、海域の全ての個別火山について、文献調査*1により過去最大の噴火規模*2を調査した。

*1　文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山（第３版）（中野ほか(2013)）、日本の火山データベース（産業技術総合研究所(2017)）、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか(2015)）、日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会(1999)）、日本活火山総覧（第4版）（気象庁(2013)）、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

*2　火口が陸上に位置する火山についても、2000年三宅島噴火に代表されるように火山体の周辺の海中部から噴火する事例があることを考慮し、当該火山の海中部で噴火が発生する場合を考慮することとした。

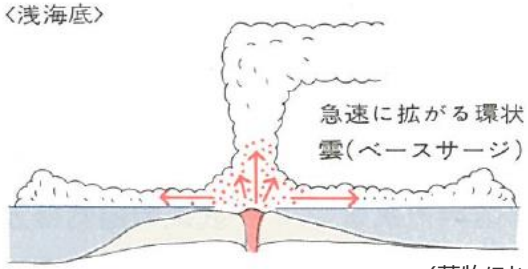
【海中噴火・カルデラ陥没等による津波】

■ 海中噴火は、浅海底の噴火ではマグマ水蒸気噴火となり、ウォータードームの形成・崩壊が津波発生の要因となる可能性があるとされる。(荒牧ほか(1978))

■ また、カルデラ崩壊とともに、中央部の空洞部分に周辺海域から海水が流入することで津波を発生させる可能性があるとされる。(井田・谷口(2009)

海中噴火

■ 浅海底の噴火ではマグマ水蒸気噴火となり、ウォータードームの形成・崩壊が津波発生の要因となる可能性があるとされるが、深海噴火となると、高い水圧によりマグマは発泡を抑えられ爆発せず静かに海底に流出するとされる。(荒牧ほか(1978))



(荒牧ほか(1978))

海中噴火の模式図

カルデラ陥没

■ カルデラとは、急壁で取り囲まれた、噴火口に比較してはるかに大きい直径を有する凹んだ火山地形で、直径2km以上のものと定義される。（山元(2005)）

■ カルデラ崩壊とともに、中央部の空洞部分に周辺海域から海水が流入することで津波が発生する可能性があるとされる。(井田・谷口(2009))

(井田・谷口(2009))

カルデラ陥没による津波の発生

海中噴火とカルデラ陥没は一体の現象であり、形成されるカルデラの体積とマグマ溜まりから流出するマグマの体積はほぼ同程度であるとされる（下司(2018)）ことから、海中噴火により評価することとし、その規模は当該火山の過去最大規模の噴火を考慮することとして、過去最大規模の噴火を文献により調査することとした。

・大規模なカルデラ地形は、幾度もの噴火を経て段階的に形成された地形であるとされる（町田・新井(2011)、萬年(2008)）こと、伊豆小笠原弧の海底のカルデラ状地形は低重力異常を伴わないことからカルデラ陥没以外の要因で形成されたとされる(藤岡ほか(2004)、石田・坂本(2004)等)ことから、ここでは海中噴火の規模を文献により調査することとした。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果（1／2）

第1168回資料2-2
p.94再掲

■ 全ての個別火山について、文献調査*1の結果、下表のとおり過去最大規模の噴火を確認した。
火口が海底に位置する個別火山の調査には限界があり、個別火山の調査では過去の海中噴火の規模に関する情報が不足している火山があることを確認した。
（調査結果の詳細については、第1168回補足説明資料10章を参照。）

*1　文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山（第３版）（中野ほか(2013)）、日本の火山データベース（産業技術総合研究所(2017)）、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか(2015)）、日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会(1999)）、日本活火山総覧（第4版）（気象庁(2013)）、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果

地域	火山名称	敷地からの距離(km)	火口位置	海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果	
				文献調査結果	過去最大噴火規模（DREkm^3）
伊豆弧（海域）	手石海丘	98	海底	過去最大規模の噴出量は、1989年噴火の0.00004DREkm^3。 手石海丘は1989年噴火により形成。	0.00004
	神津島火山群	102	陸上	過去最大規模の噴火は、838年噴火の0.66DREkm^3（山元(2015)）	0.66
	初島	104	陸上	初島の体積全てが火山噴出物であると仮定し、これが一度に噴出したとして評価。 面積0.427km^2×最大標高0.034km	0.015
	利島	104	陸上	過去最大規模の噴火は島を構成する溶岩の体積の0.68DREkm^3(一色(1978))を上回らないとした	0.68
	新島火山群	106	陸上	過去最大規模の噴火は、886年向山火山の0.73DREkm^3(山元(2015))	0.73
	伊豆大島	114	陸上	過去最大規模の噴火は、約9kaのN1.0噴火の0.25DREkm^3(山元(2015))	0.25
	大室ダシ	119	海底	1万4千年前以降に最低3回噴火したとされる（McIntosh et al.(2022)）がその規模は不明。	データ不足
	三宅島	140	陸上	過去最大規模の噴火は3kaの八丁平噴火の0.37DREkm^3(山元(2015))	0.37
	御蔵島	157	陸上	過去最大規模の噴火は6.4-6.2kaのツブネヶ森・ヤスカジヶ森噴火の0.03DREkm^3(産業技術総合研究所(2017))	0.03
	黒瀬堆	203	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	八丈島	222	陸上	過去最大規模の噴火は約30.8kaの底土テフラ1-18、底土溶岩の1.74DREkm^3(山元(2015))	1.74
	南八丈堆	259	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	青ヶ島	282	陸上	過去最大規模の噴火は2.8-2.4kaの金田ヶ浦溶岩・休戸郷降下堆積物噴火の0.31DREkm^3(産業技術総合研究所(2017))	0.31
	明神海丘	321	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	明神礁	345	海底	過去最大規模の噴出量は、1952年噴火の0.1DREkm^3。 ただし、噴出量に関するデータは近年のものに限られる。	データ不足
	須美寿島	395	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	南スミスカルデラ	412	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	伊豆鳥島	501	陸上	過去最大規模の噴火は1939年噴火の0.025DREkm^3(産業技術総合研究所(2017))	0.025
	孀婦岩	573	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果（2／2）

第1168回資料2-2
p.95再掲

■ 全ての個別火山について、文献調査*1の結果、下表のとおり過去最大規模の噴火を確認した。
火口が海底に位置する個別火山の調査には限界があり、個別火山の調査では過去の海中噴火の規模に関する情報が不足している火山があることを確認した。
（調査結果の詳細については、第1168回補足説明資料10章を参照。）

*1　文献調査では国内外の火山に関する主な科学技術系論文データベース等を対象とした。
主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）、日本の火山（第３版）（中野ほか(2013)）、日本の火山データベース（産業技術総合研究所(2017)）、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか(2015)）、日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会(1999)）、日本活火山総覧（第4版）（気象庁(2013)）、海上保安庁 海域火山データベース、気象庁等のHP、Global Volcanism Program(Smithsonian Institution(2013))、日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))

海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果

地域	火山名称	敷地からの距離(km)	火口位置	海中噴火・カルデラ陥没等に関する調査結果	
				文献調査結果	過去最大噴火規模 (DREkm^3)
小笠原弧	水曜海山	707	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	木曜海山	735	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	西之島	857	陸上	・2013年～2015年活動は溶岩流が主体の穏やかな噴火でありながらも、その噴出規模は1億m^{3}を超え、21世紀最大とされる。(前野ほか(2018)) ・島の面積も今回はおよそ2.6km^{2}に達し、前回の噴火で最も島が拡大したときと比べてもおよそ10倍の大きさまで成長した。(前野ほか(2018)) ➡以上の記載から、過去最大噴火規模は0.1DREkm^{3}とした。	0.1
	海形海山	923	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	海徳海山	983	海底	過去最大規模の噴出量は、1984年噴火の0.001DREkm^3。 ただし、噴出量に関するデータは近年のものに限られる。	データ不足
	噴火浅根	1,059	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	硫黄島	1,134	陸上	過去最大規模の噴火は元山溶岩の0.5DREkm^3(長井(2014))。	0.5
	海神海丘	1,156	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	北福徳堆	1,174	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	福徳岡ノ場	1,189	海底	過去最大規模の噴出量は、2021年噴火の0.1DREkm^3。 ただし、噴出量に関するデータは近年のものに限られる。	データ不足
	南日吉海山	1,286	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足
	日光海山	1,341	海底	過去の噴出規模に関するデータがない。	データ不足

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

（補足）個別火山の噴火規模に関する既往の知見

第767回資料1-1
p.88再掲

■ 個別火山について、噴火規模に関する既往の知見（火山に関するカタログ等）の有無を以下に整理して示す。
■ 火口が陸上に位置する火山については、既往の知見により噴火規模に関する調査・整理がなされている。
一方、火口が海底に位置する火山については、既往の知見により噴火規模に関する調査・整理がなされておらず、過去の海中噴火の規模に関するデータが不足している火山があることを確認した。

個別火山の噴火規模に関する既往の知見

（A）火口が陸上に位置する火山

地域	火山名称	敷地からの距離(km)	代表的な火山に関するカタログ			・カタログ以外の噴火規模に関する既往知見(地質断面等)*1
			・日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))	・1万年噴火イベントデータベース(産業技術総合研究所(2017)) ・日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))	・5万分の1地質図幅等	
伊豆弧	富士山	97	●	△	●	（省略）
	神津島火山群	102	●	△	●	（省略）
	初島	104	－	－	●	（省略）
	利島	104	－	△	●	（省略）
	新島火山群	106	●	●	●	（省略）
	伊豆大島	114	●	●	●	（省略）
	三宅島	140	●	●	●	（省略）
	御蔵島	157	－	●	●	（省略）
	八丈島	222	●	●	●	（省略）
	青ヶ島	282	－	●	●	（省略）
	伊豆鳥島	501	－	△	－	●
小笠原弧	西之島	857	－	△	△	●
	硫黄島	1,134	－	△	－	●

凡例
●：　過去の噴火年代および噴火規模に関するデータがあるもの
△：　過去の噴火年代に関するデータはあるが、噴火規模に関するデータがない、もしくは、あっても近年のものに限られるもの
－：　過去の噴火年代および噴火規模に関するデータがないもの

*1　主な科学技術系論文DB等（・産総研Geolis ・J-STAGE ・CiNii ・KAKEN ・JAIRO）により検索

（B）火口が海底に位置する火山

地域	火山名称	敷地からの距離(km)	代表的な火山に関するカタログ			・カタログ以外の噴火規模に関する既往知見(地質断面図等)*1
			・日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図(山元(2015))	・1万年噴火イベントデータベース(産業技術総合研究所(2017)) ・日本活火山総覧(第4版)(気象庁(2013))	・5万分の1地質図幅等	
伊豆弧（海域）	手石海丘	98	●	●	－	（省略）
	大室ダシ	119	－	－	－	－
	黒瀬堆	203	－	－	－	－
	南八丈堆	259	－	－	－	－
	明神海丘	321	－	－	－	－
	明神礁	345	－	△	－	－
	須美寿島	395	－	△	－	－
	南スミスカルデラ	412	－	－	－	－
	孀婦岩	573	－	△	－	－
小笠原弧	水曜海山	707	－	－	－	－
	木曜海山	735	－	－	－	－
	海形海山	923	－	△	－	－
	海徳海山	983	－	△	－	－
	噴火浅根	1,059	－	△	－	－
	海神海丘	1,156	－	－	－	－
	北福徳堆	1,174	－	△	－	－
	福徳岡ノ場	1,189	－	△	－	－
	南日吉海山	1,286	－	△	－	－
	日光海山	1,341	－	△	－	－

□：個別火山の調査では過去の海中噴火の規模に関する情報が不足している火山
（詳細については、第1168回補足説明資料10章を参照）

伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山の特徴を踏まえて伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査を実施した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査の方針

第862回資料2-1
p.93再掲

■ 伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山の特徴を踏まえて「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」および「②火山帯の地殻構造に関する調査」を行い、その調査結果について、巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）とで比較するとともに、伊豆弧（陸域）を含む伊豆小笠原弧内の各地域間で比較することにより、噴火規模を検討した。

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査

・巨大噴火の履歴を持つ地域の火山では、広域テフラ分布、火山周辺の重力異常等に過去の巨大噴火を示す痕跡が残されていることを踏まえて、伊豆小笠原弧の海底火山について、過去の巨大噴火を示す痕跡の有無を調査した。

②火山帯の地殻構造に関する調査

・巨大噴火の発生のためには大規模なマグマ溜まりを形成可能とする地殻構造が必要とされていることを踏まえて、大規模なマグマ溜まり形成の可能性の有無を検討するため伊豆小笠原弧の地殻構造に関して調査を行った。

調査結果について、以下の地域間で比較することにより、海底火山の噴火規模を検討した。
・巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）
・伊豆小笠原弧内の各地域間（伊豆弧（陸域）・伊豆弧（海域）・小笠原弧）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.94再掲

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査結果
（巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）との比較）

■ 伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」および「②火山帯の地殻構造に関する調査」を行い、巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）とで比較することにより、噴火規模を検討した。

➡ その結果、海底火山の噴火規模に関する情報は不足しているものの、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」、「②火山帯の地殻構造に関する調査」のいずれの結果からも、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VEI6~7（数10～100km³クラス）の噴火は発生していないと考えられる。

①過去の巨大噴火を示す痕跡

項目	巨大噴火の履歴を持つ地域（北海道・九州周辺）
テフラ分布等から確認される噴火規模［噴火様式］	最大：**数10～100km³クラス**［ウルトラプリニー式噴火］（数100km以上の広範囲に堆積するテフラ分布から、VEI6~7（数10～100km³クラス）の巨大噴火が繰り返し発生していたことが報告されている。）（町田・新井(2011)等）
火山周辺の重力異常	低重力異常を伴う（村上(1997)等）
巨大噴火の痕跡	**あり**

項目	伊豆小笠原弧（海域）
テフラ分布等から確認される噴火規模［噴火様式］	最大：**1.74DREkm³**［プリニー式噴火］（八丈島(山元(2015))（伊豆小笠原弧を起源とする、数100km以上の広範囲に堆積するような大規模なテフラ分布は報告されていない。）（町田・新井(2011)等）
火山周辺の重力異常	低重力異常を伴わない（植田ほか(2000)等）
巨大噴火の痕跡	**なし**

伊豆小笠原弧（海域）について、過去の巨大噴火を示す痕跡は確認されないことから、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VEI6~7（数10～100km³クラス）の噴火は過去に発生していないと考えられる。

②火山帯の地殻構造

項目	巨大噴火の履歴を持つ地域（北海道・九州周辺）
地殻構造	発達した大陸地殻（地殻厚さ：30-40km、地殻密度：マグマ密度と同程度）（下司(2016)等）
形成可能となるマグマ溜まりの規模	**大**

項目	伊豆小笠原弧（海域）
地殻構造	未発達な島弧地殻（地殻厚さ：15-25km、地殻密度：マグマ密度より大きい）（平田ほか(2010)等）
形成可能となるマグマ溜まりの規模	**中～小**

伊豆小笠原弧（海域）の地殻構造は、未発達な島弧地殻であり、北海道・九州周辺とは異なり地殻内に形成可能となるマグマ溜まりの規模が大きくないと考えられることから、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模のVEI6~7（数10～100km³クラス）の噴火を発生させる地域ではないと考えられる。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査結果
（伊豆小笠原弧内の各地域間での比較）

第1168回資料2-2
p.100再掲

■ 伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」および「②火山帯の地殻構造に関する調査」を行い、伊豆弧（陸域）を含む伊豆小笠原弧内の各地域間で比較し、噴火規模を検討した。
➡ その結果、海底火山の噴火規模に関する情報は不足しているものの、日本列島から離れた地域ほど、一度に噴火可能な規模は小さいと考えられる。

①過去の巨大噴火を示す痕跡

項目	伊豆小笠原弧		
		伊豆小笠原弧（海域）	
	伊豆弧（陸域）	伊豆弧（海域）	小笠原弧
テフラ分布等から確認される噴火規模［噴火様式］	最大：**6 DREkm³** ［プリニー式噴火］ （箱根火山群(山元(2015))）	最大：**1.74 DREkm³** ［プリニー式噴火］ （八丈島(山元(2015))）	最大：**0.5 DREkm³** ［プリニー式噴火］ （硫黄島(長井(2014))）
火山周辺の重力異常	低重力異常を伴わない (植田ほか(2000)等)		

伊豆小笠原弧で確認されている噴火規模は、日本列島から離れた地域ほど小さい。
（ただし、伊豆小笠原弧の火山はほとんどが火山島や海底火山であり、過去の噴火履歴に関する知見は十分に蓄積されていない可能性がある。）

②火山帯の地殻構造

項目	伊豆小笠原弧		
		伊豆小笠原弧（海域）	
	伊豆弧（陸域）	伊豆弧（海域）	小笠原弧
地殻構造	地殻発達の場 (地殻厚さ：30-35km 地殻密度：マグマ密度より大きい(一部同程度)) (平田ほか(2010)等)	未発達な島弧地殻 (地殻厚さ：20-25km 地殻密度：マグマ密度より大きい) (平田ほか(2010)等)	未発達な島弧地殻 (地殻厚さ：15km 地殻密度：マグマ密度より大きい) (平田ほか(2010)等)

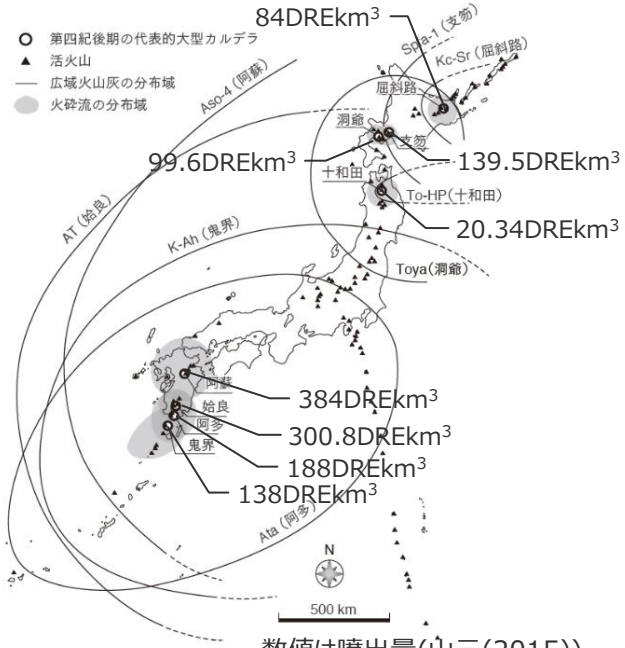
伊豆小笠原弧の地殻構造は、日本列島から離れた地域ほど地殻が薄く未発達となることから、日本列島から離れた地域ほど地殻内に形成可能となるマグマ溜まりの規模は小さく、それにより一度に噴火可能な規模も小さいと考えられる。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査
（巨大噴火の履歴を持つ火山の痕跡）

第862回資料2-1
p.96再掲

■ 北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ火山では、数100km以上の広範囲に堆積するテフラ分布から、VEI6~7 (数10~100km^{3}クラス) の巨大噴火を繰り返し発生させていることが報告されている。（町田・新井(2011)）
■ また、巨大噴火を起こした火山は、形成されたカルデラ内に大量の火砕物が堆積することにより、火山周辺の地形は低重力異常を伴うとされる。(村上(1997))

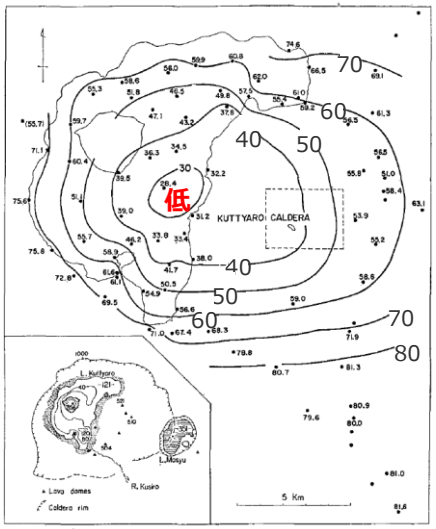


・数値は噴出量(山元(2015))
(前野 (2014)を基に作成)

代表的な巨大噴火による
広域テフラと火砕流の分布

・総量10-100km^3（VEI6-7クラス）に及ぶ大容量のテフラを噴出する巨大噴火は、大規模火砕流を発生させ、広域にテフラを飛散させるもので、ごくまれな現象である。日本列島では、1つの火山で数万年から数十万年に１度くらいの頻度で発生してきた。(町田・新井(2011))
・給源火山から千ｋｍ以上もの遠方で地層としてはっきりと認められるテフラ層は、通常のプリニー式噴火のものより多量のテフラを噴出する巨大な噴火（ウルトラプリニー式噴火）が起こったことを示唆する。(町田・新井(2011))

（クッチャロの事例）　（単位：mgal）



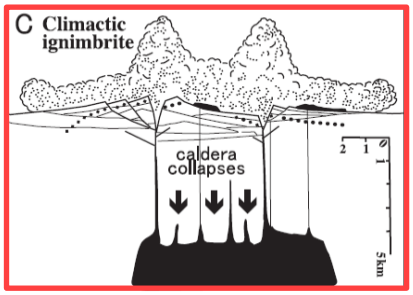
(横山(1970))

巨大噴火による重力異常

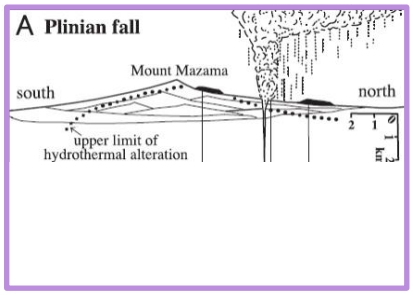
・一般に、大規模な噴火時に軽石などの大量の珪長質火山岩を噴出することによって形成されたカルデラは低重力異常を伴い、カルデラ内が低密度物質によって埋められていることを示唆する。一方、噴火口でのブーゲー異常はほとんど局所異常を示さず、カルデラと噴火口の構造の違いを示している。(村上(1997))

過去の巨大噴火を示す痕跡

地域	火山名	テフラ分布等から確認される噴火規模・噴火様式		火山周辺の重力異常	
北海道周辺	クッチャロ・摩周	**84** DREkm^3	ウルトラプリニー式	低	横山(1970)
	支笏・樽前	**139.5** DREkm^3		低	Yokoyama and Aota(1964)
	洞爺・有珠	**99.6** DREkm^3		低	Yokoyama(1964)
	十和田	**20.34** DREkm^3		低	Yokoyama and Maki(1964)
九州周辺	阿蘇	**384** DREkm^3		低	久保寺(1972)
	加久藤・霧島	**50** DREkm^3		低	小林ほか(1995)
	姶良・桜島	**300.8** DREkm^3		低	横山(1965)
	阿多・池田	**188** DREkm^3		低	荒牧・宇井(1965)
	鬼界・硫黄島	**138** DREkm^3		低	石原(1977)



<ウルトラプリニー式噴火>
マグマ溜まりが上部の地殻を破壊してその亀裂から地下のマグマが一気に地上に噴出する噴火様式



<プリニー式噴火>
山体の火道を通じて地下のマグマが噴出し噴煙柱を形成する噴火様式
(鈴木(2010))

噴火様式の模式図と概要

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査
（テフラ分布等から確認される伊豆小笠原弧の各地域の噴火規模）

第1168回資料2-2
p.102再掲

- 伊豆弧（陸域）を含む伊豆小笠原弧で活動する火山において確認されている噴火規模について、日本列島や伊豆小笠原諸島に堆積したテフラ等に関する文献を調査し既往の知見を整理した。
- その結果、テフラ分布等から確認されている噴火規模は、伊豆弧（陸域）（箱根火山群、6 DREkm^3）、伊豆弧（海域）（八丈島、1.74DREkm^3）、小笠原弧（硫黄島、0.5 DREkm^3）の順に、日本列島から離れた地域ほど小さいことを確認した。
- また、海底火山を含んだ伊豆小笠原弧を起源とする、数100km以上の広範囲に堆積するような大規模なテフラ分布の報告はないことを確認した。

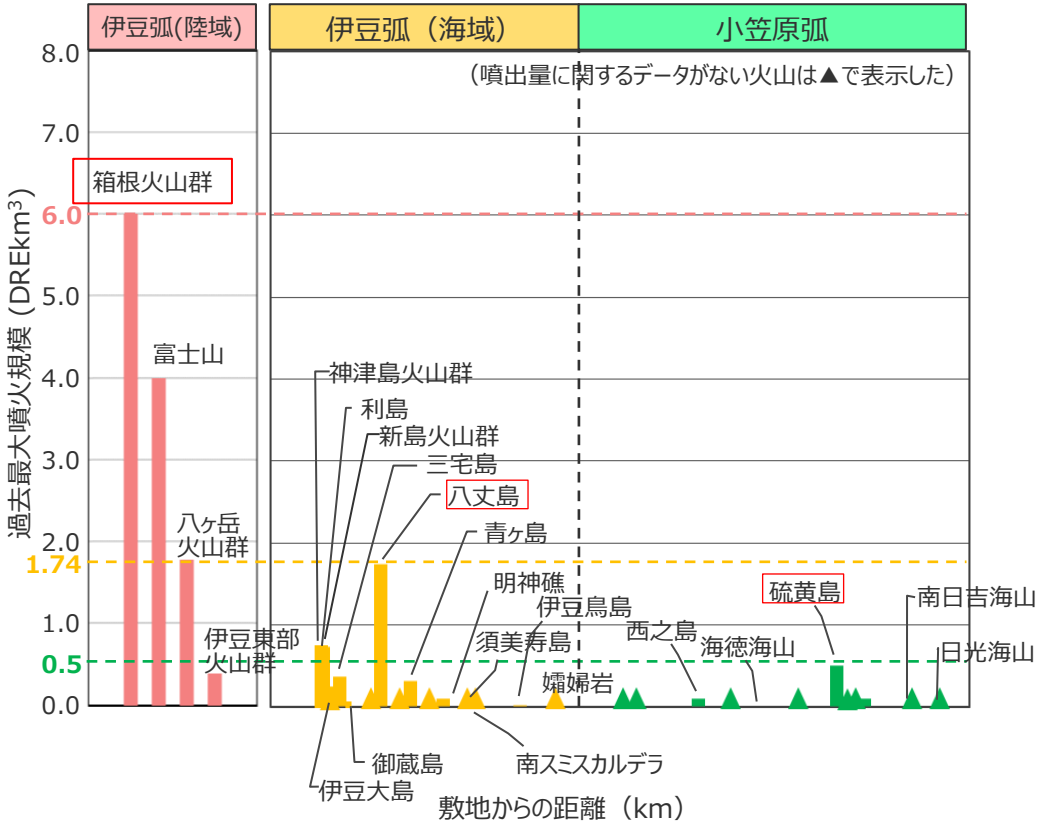
・テフラ分布等から確認されている噴火規模は、火山影響評価に基づく

テフラ分布等から確認される噴火規模

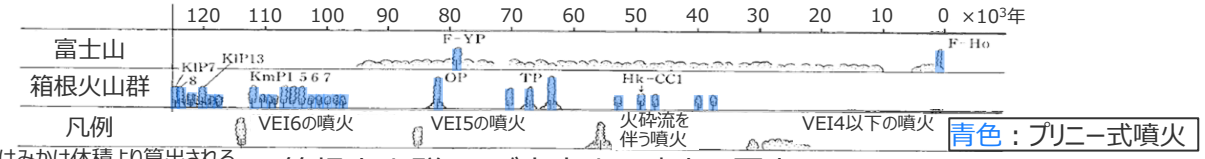
地域	火山名	敷地からの距離（km）	火口位置	確認されている噴火規模(DREkm^3)
伊豆弧陸域	伊豆東部火山群	92	陸上	0.3
	富士山	97	陸上	4.0
	箱根火山群	**104**	**陸上**	**6**
	八ヶ岳火山群	151	陸上	1.77
伊豆弧(海域)	手石海丘	98	海底	0.00004
	神津島火山群	102	陸上	0.66
	利島	104	陸上	0.68
	新島火山群	106	陸上	0.73
	伊豆大島	114	陸上	0.25
	三宅島	140	陸上	0.37
	御蔵島	157	陸上	0.03
	八丈島	**222**	**陸上**	**1.74**
	青ヶ島	282	陸上	0.31
	明神礁	345	海底	0.1
	伊豆鳥島	501	陸上	0.025
小笠原弧	西之島	857	陸上	0.1
	海徳海山	983	海底	0.001
	硫黄島	**1,134**	**陸上**	**0.5**
	福徳岡ノ場	1,189	海底	0.1

・ 伊豆弧（陸域）については、文献調査の結果、噴火規模の記載のある火山のみを示す。
・ 確認されている噴火規模が「データ不足」とした火山についても、判明している噴火イベントがある場合には記載した。

※現在の噴火ステージとは無関係に、確認されている過去最大の噴火規模を記載した。



テフラ分布等から確認される噴火規模



・VEIはみかけ体積より算出される

箱根火山群および富士山の噴火の歴史　(町田・新井 (2011)を基に作成)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査
（伊豆小笠原弧の海底火山周辺の重力異常）

第862回資料2-1
p.98再掲

- 個別火山の調査では過去の情報が不足している伊豆小笠原弧の海底火山について、火山周辺の重力異常を調査した。
- 植田ほか(2000)などによると、伊豆小笠原弧の海底火山は、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と異なり、低重力異常を伴わないとされる。
- また、地質図Navi(産業技術総合研究所)による重力異常図の判読から、伊豆小笠原弧の海底火山は明瞭な低重力異常を伴わないことを確認した。

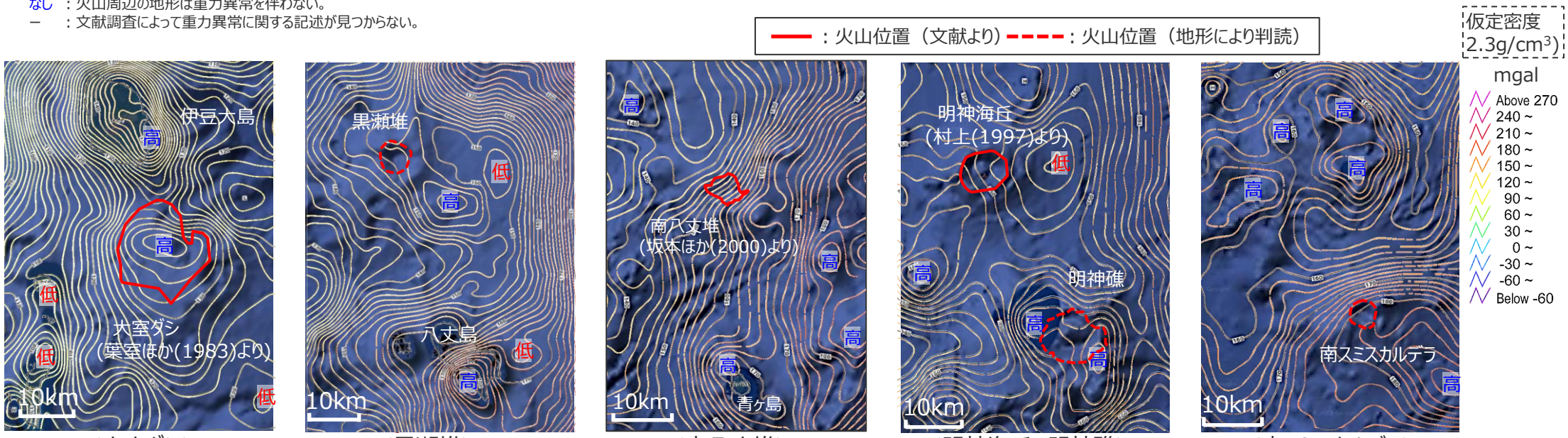
伊豆弧（海域）の火山周辺の重力異常

火山名	距離(km)	既往文献の確認結果		重力異常図の判読結果	調査結果
手石海丘	98	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
大室ダシ	119	高	植田ほか(2000)	高	**低重力異常を伴わない**
黒瀬堆	203	高	村上・斎藤(1990)	なし	**低重力異常を伴わない**
南八丈堆	259	なし	石田・坂本(2004)	なし	**低重力異常を伴わない**
明神海丘	321	なし	植田ほか(2001)	なし	**低重力異常を伴わない**
明神礁	345	高	植田ほか(2001)	なし	**低重力異常を伴わない**
須美寿島	395	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
南スミスカルデラ	412	高	村上・斎藤(1990)	なし	**低重力異常を伴わない**
孀婦岩	573	－	－	高	**低重力異常を伴わない**

高　：火山周辺の地形は高重力異常を伴う。
なし　：火山周辺の地形は重力異常を伴わない。
－　：文献調査によって重力異常に関する記述が見つからない。

小笠原弧の火山周辺の重力異常

火山名	距離(km)	既往文献の確認結果		重力異常図の判読結果	調査結果
水曜海山	707	－	－	高	**低重力異常を伴わない**
木曜海山	735	－	－	高	**低重力異常を伴わない**
海形海山	923	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
海徳海山	983	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
噴火浅根	1,059	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
海神海丘	1,156	－	－	高	**低重力異常を伴わない**
北福徳堆	1,174	－	－	高	**低重力異常を伴わない**
福徳岡ノ場	1,189	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**
南日吉海山	1,286	－	－	高	**低重力異常を伴わない**
日光海山	1,341	－	－	なし	**低重力異常を伴わない**



＜大室ダシ＞　＜黒瀬堆＞　＜南八丈堆＞　＜明神海丘、明神礁＞　＜南スミスカルデラ＞

伊豆小笠原弧の海底火山周辺のブーゲー異常例（背景は海底地形）　(産業技術総合研究所　地質図Naviより作成)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②火山帯の地殻構造に関する調査
（巨大噴火の履歴を持つ地域の地殻構造）

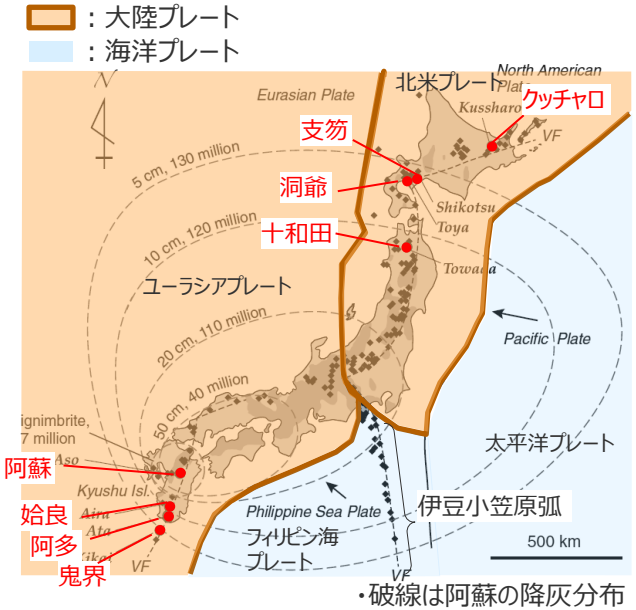
第862回資料2-1
p.99再掲

■巨大噴火の履歴を持つ火山は、大陸プレート内で形成された発達した大陸地殻に存在し、その地殻は厚く、地殻密度がマグマ密度と同程度という特徴を持つとされる。(高橋ほか(1997))

■ 下司(2016)は、大陸地殻に存在する火山において巨大噴火が発生するメカニズムを検討し、巨大噴火を発生させるためには、地殻内部に大規模なマグマ溜まりを形成する必要があるとし、地殻内に大規模なマグマ溜まりを形成可能とする２つの条件を以下のとおり示している。

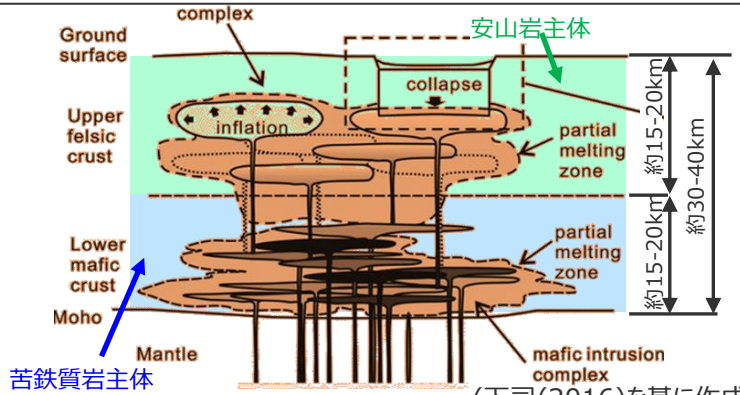
・地殻内部にそのスペースを与えることができること（地殻が厚いこと）

・地殻との密度差による浮力を受けて上昇するマグマを地表に噴出させずに蓄積できること（地殻密度がマグマ密度と同程度であること）



（Tatsumi and Suzuki-Kamata (2014)を基に作成）

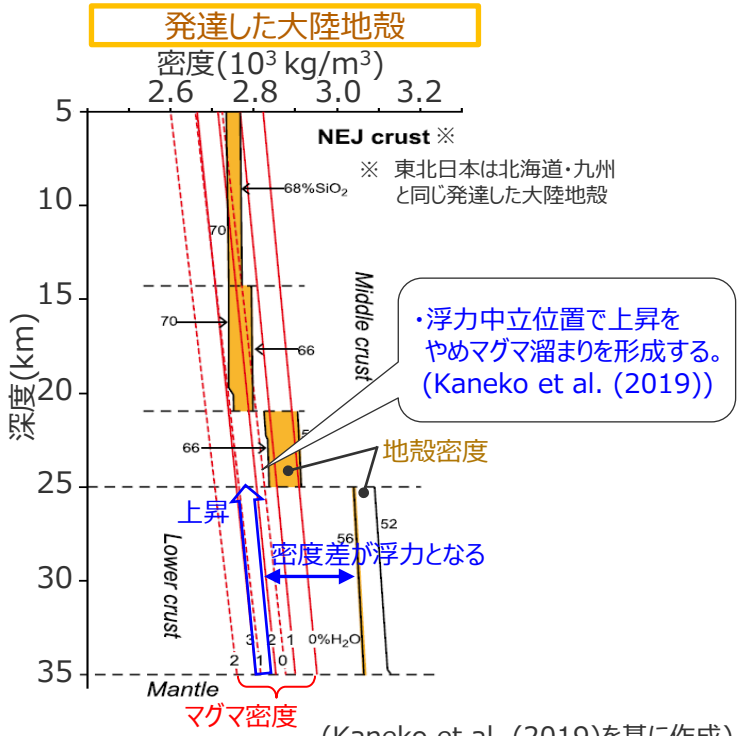
巨大噴火の履歴を持つ地域とプレート区分



（下司(2016)を基に作成）

発達した大陸地殻の模式図

地域	火山名	地殻構造
北海道周辺	クッチャロ・摩周	**発達した大陸地殻**（地殻厚さ：**30-40km**　地殻密度：**マグマ密度と同程度**）(平田ほか(2010))
	支笏・樽前	
	洞爺・有珠	
	十和田	
九州周辺	阿蘇	**発達した大陸地殻**（地殻厚さ：**30-40km**　地殻密度：**マグマ密度と同程度**）(平田ほか(2010))
	加久藤・霧島	
	姶良・桜島	
	阿多・池田	
	鬼界・硫黄島	



(Kaneko et al. (2019)を基に作成)

発達した大陸地殻とマグマの密度

・　地殻の厚い地域(東日本、北海道、九州)では大規模カルデラ火山が卓越している。地殻の薄い伊豆マリアナ弧との火山のタイプの差については、地殻内部にできるマグマ溜まりがその鍵を握っている。密度の低い大陸性の地殻では、地殻の岩石との比較から深さおよそ15～20km程度の位置でマグマと地殻の岩石との密度差の無くなる浮力の中立位置がある。もしマグマがマントルの部分融解層から切り離されて独立の液塊として地殻内部を上昇するとしたら、深さ15～20kmの浮力中立位置で上昇を停止して、横に広がったマグマ溜まりを形成する可能性が高い。（高橋ほか(1997)）

・　大規模噴火を発生させるためには地殻内部に多量のマグマを溶融状態で貯留する、すなわち地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある。地殻内部に巨大な体積のマグマを蓄積する条件は、マグマの生産量が十分であることに加え、地殻内部にそのスペースを与えることができる条件と、もう一つ重要な条件としてマグマを地表に噴出させずにマグマ溜まりに溶融状態のまま蓄積できる条件を考える必要がある。なぜなら、生成したマグマが直ちに地表に噴出するならば、地殻内部にマグマ溜まりは形成されないからである。（下司(2016)）

・　地殻との密度差による浮力でマントルから上昇してきたマグマは、一般的に、マグマ密度と地殻密度が一致する深さで浮力を失って上昇をやめ、マグマ溜まりを形成する。(Kaneko et al. (2019))

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

第862回資料2-1
p.100再掲

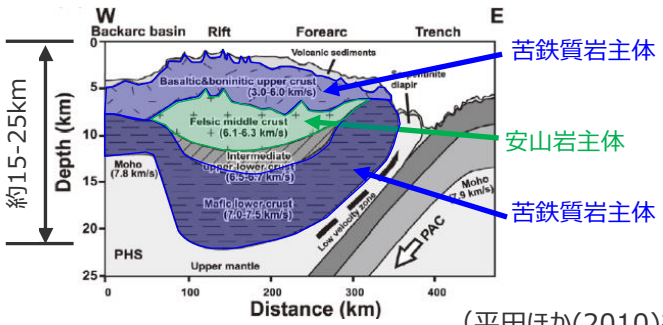
②火山帯の地殻構造に関する調査
（伊豆小笠原弧の地殻構造）

- 伊豆小笠原弧（海域）は、海洋プレート内で形成された未発達な島弧地殻であるとされ、その地殻は薄く、地殻密度がマグマ密度より大きいという特徴を持つとされる。(高橋ほか(1997))
- 地殻が薄く、地殻密度がマグマ密度より大きい伊豆小笠原弧の火山では、地殻内部にマグマ溜まりはできないか、またはできたとしても比較的浅いところにのみマグマ溜まりができるとされる。（高橋ほか(1997)）

：大陸プレート
：海洋プレート
・破線は阿蘇の降灰分布

(Tatsumi and Suzuki-Kamata (2014)を基に作成)

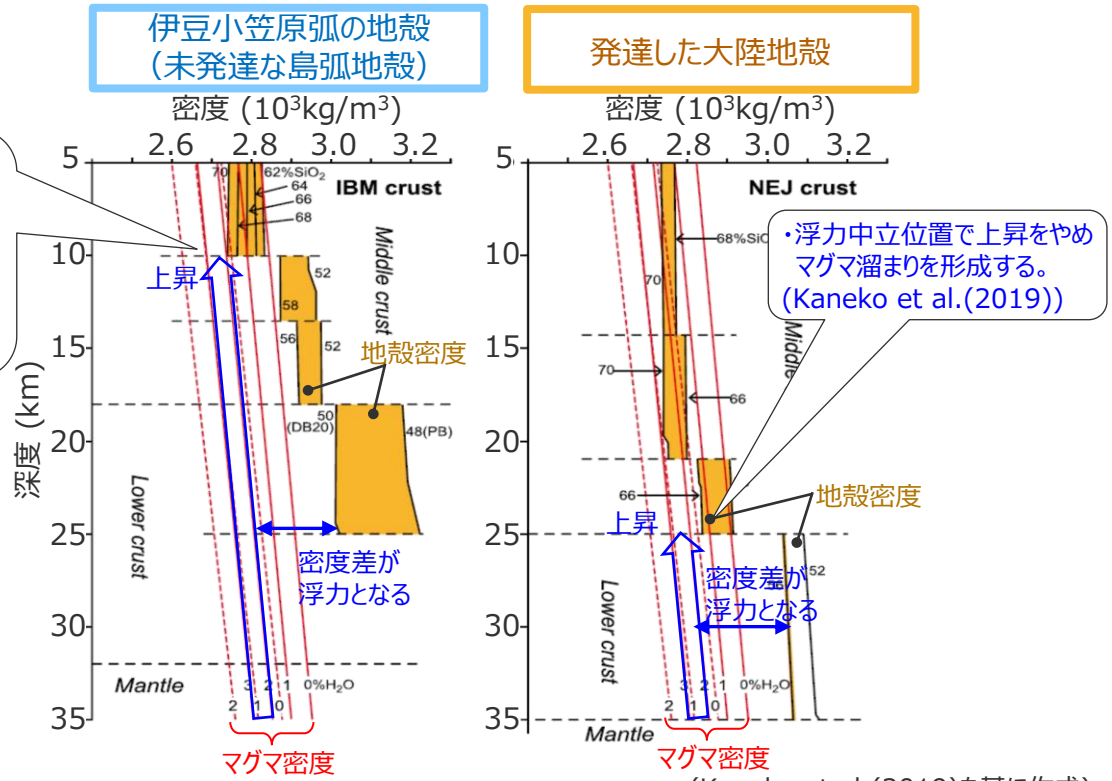
伊豆小笠原弧とプレート区分



(平田ほか(2010)を基に作成)

伊豆小笠原弧の地殻の模式図

・マグマは途中で浮力を失うことなく、容易に地表に噴出する。(高橋ほか(1997))
・マグマ溜まりが浅いと、少しの結晶化で発泡し、容易に噴出する。(Kaneko et al.(2019))



地殻の密度とマグマ密度　(Kaneko et al.(2019)を基に作成)

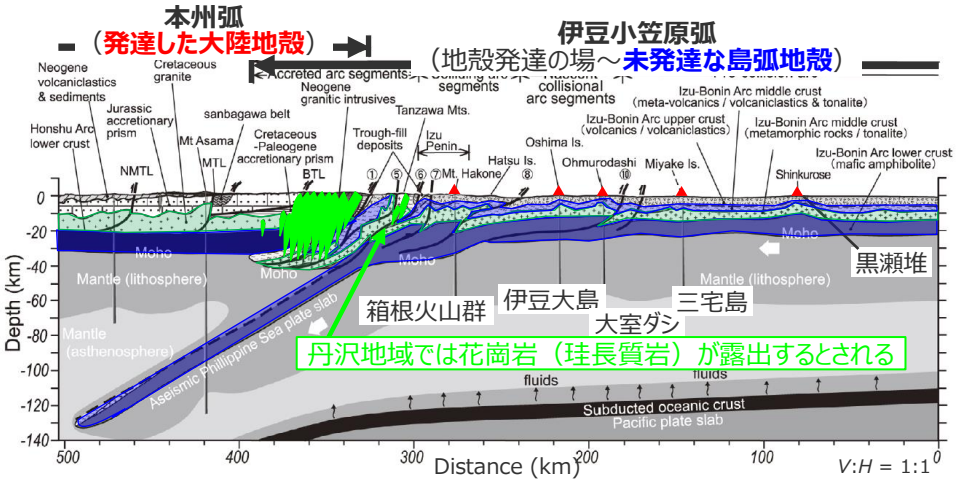
- 伊豆小笠原弧は、厚さ30km以上の発達した大陸性地殻を持つ東北日本弧の、半分以下の厚さの未発達な地殻を持つに過ぎない。地殻が薄くかつその化学組成が玄武岩質である伊豆小笠原弧では、マグマは、極浅い地殻部分を除いて、いずれの深さでも周囲の岩石よりも密度が著しく低い。従ってマグマは、途中で浮力を失うことなく容易に地表に噴出することができる。このような場所に形成された玄武岩質火山では、地殻内部にマグマ溜まりはできないか、またはできたとしても比較的浅いところにのみマグマ溜まりができる。（高橋ほか(1997)）
- 大規模噴火を発生させるためには地殻内部に多量のマグマを溶融状態で貯留する、すなわち地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある。地殻内部に巨大な体積のマグマを蓄積する条件は、マグマの生産量が十分であることに加え、地殻内部にそのスペースを与えることができる条件と、もう一つ重要な条件としてマグマを地表に噴出させずにマグマ溜まりに溶融状態のまま蓄積できる条件を考える必要がある。なぜなら、生成したマグマが直ちに地表に噴出するならば、地殻内部にマグマ溜まりは形成されないからである。（下司(2016)）
- 地殻との密度差による浮力でマントルから上昇してきたマグマは、一般的に、マグマ密度と地殻密度が一致する深さで浮力を失って上昇をやめ、マグマ溜まりを形成する。薄い地殻はより大きなV_pを持ち、あらゆる深度において厚い地殻よりも大きな密度を有する。浮力中立にあるマグマが地表に噴出するためには、マグマ中の水が過飽和となり発泡する必要がある。水の過飽和はマグマの結晶化と共に進行する。より深い深度ではマグマへの水の溶解度はより大きい。(Kaneko et al. (2019))

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②火山帯の地殻構造に関する調査
（伊豆小笠原弧に沿った方向の地殻構造の変化）

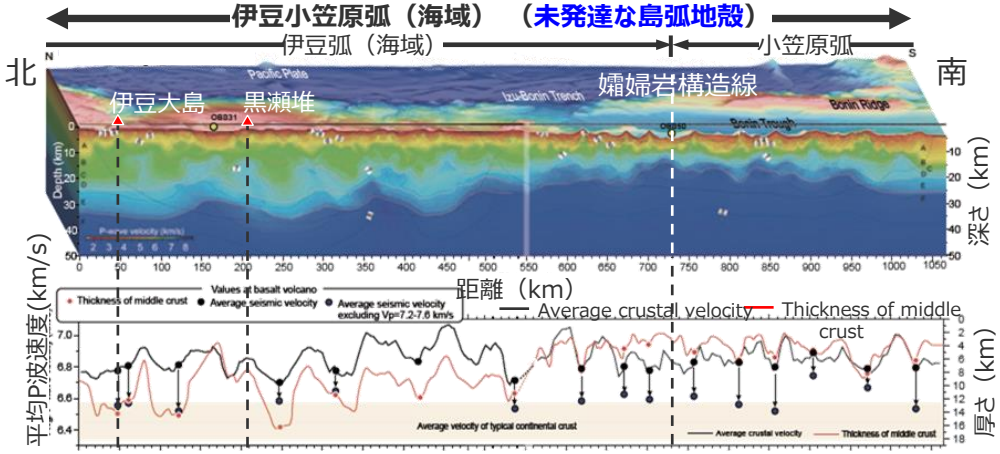
第862回資料2-1
p.101再掲

■ 伊豆小笠原弧の地殻厚さは、日本列島から離れた地域ほど薄くなっており、伊豆弧(陸域)では30-35km、伊豆弧(海域)では20-25km、小笠原弧では15km程度であるとされる。(湯浅(1991)、Gong et al.(2018)、平田ほか(2010))
■ 伊豆弧（陸域）は、大陸地殻と島弧地殻の衝突帯に位置し、地殻発達の場（島弧地殻から大陸地殻への発達途中の場）であるとされる。(平田ほか(2010)、田村(2011))



（平田ほか(2010)を基に作成）

本州弧-伊豆小笠原弧衝突帯の模式断面図



(小平(2009)を基に作成)

伊豆小笠原弧（海域）の地震波速度構造と中部地殻厚さ

- 伊豆・小笠原弧南北の違いは、熱的にアクティブで地殻の厚さが厚い北部とその逆の様相を示す南部という図式を浮かび上がらせる。(湯浅(1991))
- 伊豆小笠原弧北部セグメント（伊豆弧(海域)）の地殻厚さ（20-25km）は南部セグメント（小笠原弧）の地殻厚さ（~15km）よりも厚い。この傾向は、中部地殻の厚さの違いによるものと考えられる。（Gong et al. (2018)）
- 伊豆弧の下部地殻をとり除くことによって大陸地殻の組成に近づくという議論がされている。丹沢岩体は下部地殻をとり除かれた伊豆島弧の地殻であり、その生成そのものが島弧地殻から大陸地殻への進化を解明する鍵である。実際，丹沢岩体においても甲府花崗岩体においても流紋岩質から安山岩質の深成岩体が存在する。(田村(2011))
- 伊豆ーマリアナ島弧に関してもう1つの重要な点は，島弧同士の衝突付加プロセスである。本州と伊豆弧の衝突プロセスの研究によっても、島弧から大陸への進化プロセスが議論された。丹沢山地の中央部には、東西約25 km、南北約7 km の範囲にわたり、トーナル岩、石英閃緑岩、斑レイ岩からなる丹沢深成岩体（花崗岩）が分布する。伊豆半島地殻の厚さは30-35kmである。(平田ほか(2010))
- 地殻との密度差による浮力でマントルから上昇してきたマグマは、一般的に、マグマ密度と地殻密度が一致する深さで浮力を失って上昇をやめ、マグマ溜まりを形成する。薄い地殻はより大きなV_pを持ち、あらゆる深度において厚い地殻よりも大きな密度を有する。浮力中立にあるマグマが地表に噴出するためには、マグマ中の水が過飽和となり発泡する必要がある。水の過飽和はマグマの結晶化と共に進行する。より深い深度ではマグマへの水の溶解度はより大きい。(Kaneko et al. (2019))

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②火山帯の地殻構造に関する調査

（伊豆弧（海域）の地殻構造）

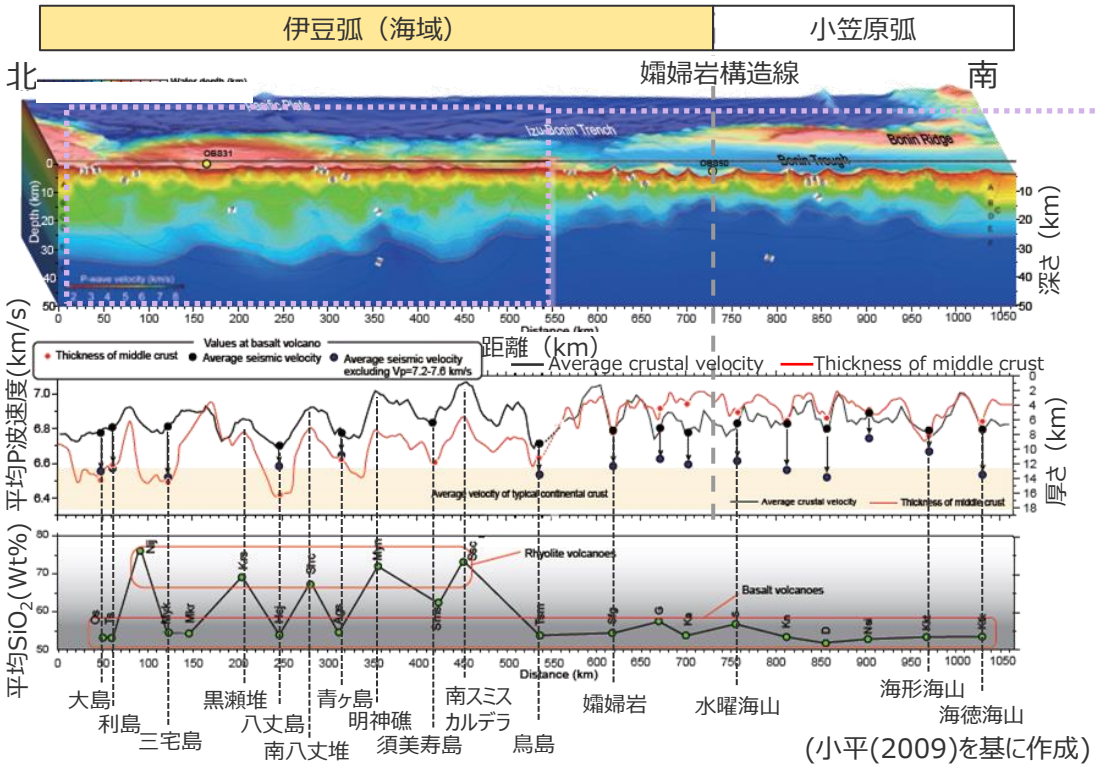
第862回資料2-1
p.102再掲

■ 伊豆弧（海域）の地殻構造について、玄武岩質の火山島とデイサイト質～流紋岩質の海底火山とが交互に出現するとされ、火山島の地殻は相対的に厚く、海底火山の地殻は相対的に薄くなっているとされる。(小平(2009)、田村(2016))

■ 伊豆弧（海域）の海底火山の噴出物の主な岩質がデイサイト質～流紋岩質となることについては、伊豆小笠原弧の地殻構造の特徴から大規模なマグマ溜まりを形成することなく珪長質マグマが生成されるメカニズムが推定されている。(高橋ほか(1997)、田村(2016))

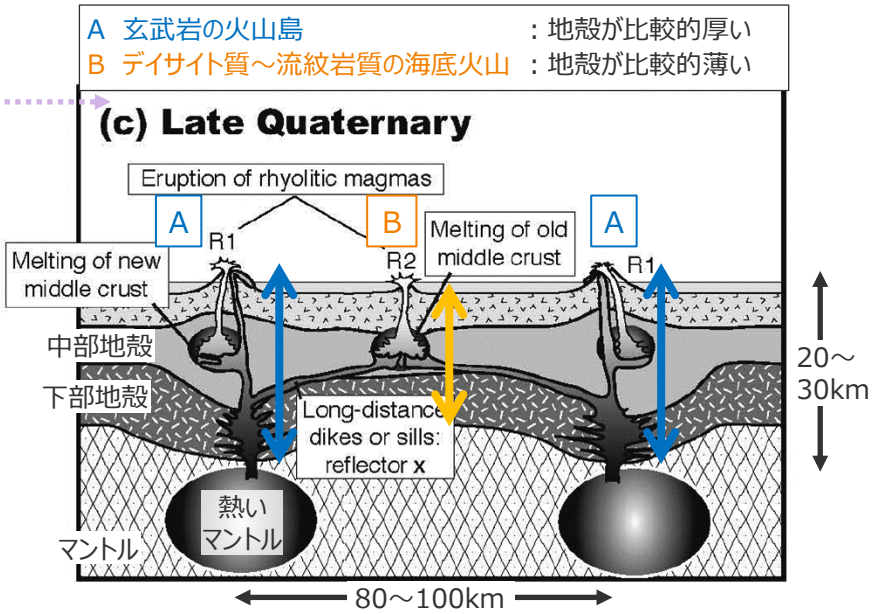
➡ 伊豆弧（海域）で噴出する珪長質マグマは巨大噴火の準備段階※と関連するものではないと考えられる。

※「巨大噴火の履歴を持つ火山」の次の巨大噴火の準備段階の判断においては、珪長質マグマの噴出の有無等が重要であるとされている。（安池ほか(2019)）



(小平(2009)を基に作成)

地震波速度構造から推定される地殻の厚さと噴出マグマの関係



※R1:玄武岩火山に噴出する少量の流紋岩マグマ。
R2:流紋岩火山に噴出する大量の流紋岩マグマ。

(田村(2016)を基に作成)

伊豆弧（海域）の地殻の厚さと噴出マグマの関係

- 地殻が薄くかつその化学組成が玄武岩質である伊豆小笠原弧では、マグマは、極浅い地殻部分を除いて、いずれの深さでも周囲の岩石よりも密度が著しく低い。従ってマグマは、途中で浮力を失うことなく容易に地表に噴出することができる。このような場所に形成された火山では、地殻内部にマグマ溜まりはできないか、またはできたとしても比較的浅いところにのみマグマ溜まりができる。浅いマグマ溜まりでは、周囲の岩石の温度が低いために、玄武岩マグマが冷却して結晶分化作用が進行する。(高橋ほか(1997))
- 伊豆弧の玄武岩質マグマの卓越する火山島（大島、三宅島、八丈島など）の直下のマントルにはマグマ源となるマントルが存在するが、火山島の間に産する流紋岩質カルデラの地下にはマグマ源マントルは存在しない。(田村(2011))
- 地殻構造と噴出するマグマの組成は関連があり、玄武岩を噴出する火山の中部地殻は厚く、流紋岩を噴出する火山の中部地殻は薄くなっている。玄武岩質の火山島（八丈島や大島）から側方にマグマが長距離移動していることが明らかになってきている。これは、流紋岩マグマのカルデラは、玄武岩火山の間の中部地殻に側方に長距離移動し貫入したマグマが地殻を融解して生成した、という考えと整合的である。(田村(2016))

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査結果まとめ
（巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）との比較）

第862回資料2-1
p.103再掲

■ 伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」および「②火山帯の地殻構造に関する調査」を行い、巨大噴火の履歴を持つ地域と伊豆小笠原弧（海域）とで比較することにより、噴火規模を検討した。

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査

■ 北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ火山では、数100km以上の広範囲に堆積する広域テフラ分布から、VEI6~7（数10~100km^{3}クラス）の巨大噴火を繰り返し発生させていることが報告されている。また、巨大噴火を起こした火山は、形成されたカルデラ内に大量の火砕物が堆積することにより、火山周辺の地形は低重力異常を伴うとされる。

■ 伊豆小笠原弧の火山について、日本列島や伊豆小笠原諸島に堆積したテフラ等に関する文献を調査した結果、海底火山を含んだ伊豆小笠原弧を起源とする、数100km以上の広範囲に堆積するような大規模なテフラ分布の報告はないことを確認した。また、地質図Navi等の重力異常図を確認した結果、伊豆小笠原弧の海底火山は明瞭な低重力異常を伴わないことを確認した。

➡ 伊豆小笠原弧（海域）について、過去の巨大噴火を示す痕跡は確認されないことから、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VEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の噴火は過去に発生していないと考えられる。

②火山帯の地殻構造に関する調査

■ 巨大噴火の履歴を持つ火山は、大陸プレート内で形成された発達した大陸地殻に存在し、その地殻は厚く、地殻密度がマグマ密度と同程度という特徴を持つとされる。巨大噴火を発生させるためには、地殻内部に大規模なマグマ溜まりを形成する必要があり、地殻内に大規模なマグマ溜まりを形成可能とする２つの条件を以下のとおり示している。

・地殻内部にそのスペースを与えることができること（地殻が厚いこと）

・地殻との密度差による浮力を受けて上昇するマグマを地表に噴出させずに蓄積できること（地殻密度がマグマ密度と同程度であること）

■ 伊豆小笠原弧（海域）は、海洋プレート内で形成された未発達な島弧地殻であるとされ、その地殻は薄く、地殻密度がマグマ密度より大きいという特徴を持つとされる。地殻が薄く、地殻密度がマグマ密度より大きい伊豆小笠原弧の火山では、地殻内部にマグマ溜まりはできないか、またはできたとしても比較的浅いところにのみマグマ溜まりができるとされる。

➡ 伊豆小笠原弧（海域）の地殻構造は、未発達な島弧地殻であり、北海道・九州周辺とは異なり地殻内に形成可能となるマグマ溜まりの規模が大きくないと考えられることから、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模のVEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の噴火を発生させる地域ではないと考えられる。

伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、噴火規模に関する情報は不足しているものの、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」、「②火山帯の地殻構造に関する調査」のいずれの結果からも、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VEI6~7（数10～100km^{3}クラス）の噴火は発生していないと考えられる。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査結果まとめ
（伊豆小笠原弧内の各地域間での比較）

第1168回資料2-2
p.109再掲

■ 伊豆小笠原弧（海域）の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、「①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査」および「②火山帯の地殻構造に関する調査」を行い、伊豆弧（陸域）を含む伊豆小笠原弧内の各地域間で比較し、噴火規模を検討した。

①過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査

■ テフラ分布等から確認されている噴火規模は、伊豆弧（陸域）(箱根火山群、6 DREkm^3)、伊豆弧（海域）（八丈島、1.74DREkm^3)、小笠原弧 (硫黄島、0.5 DREkm^3) の順に、日本列島から離れた地域ほど小さいことを確認した。また、地質図Navi等の重力異常データを確認した結果、伊豆小笠原弧の海底火山は明瞭な低重力異常を伴わないことを確認した。

➡ 伊豆小笠原弧で確認されている噴火規模は、日本列島から離れた地域ほど小さい。（ただし、伊豆小笠原弧の火山はほとんどが火山島や海底火山であり、過去の噴火履歴に関する知見は十分に蓄積されていない可能性がある。）

②火山帯の地殻構造に関する調査

■ 伊豆小笠原弧の地殻厚さは、日本列島から離れた地域ほど薄くなっており、それぞれ伊豆弧（陸域）では30-35km、伊豆弧（海域）では20-25km、小笠原弧では15km程度であるとされる。

■ 伊豆弧（陸域）は、大陸地殻と島弧地殻の衝突帯に位置し、地殻発達の場（島弧地殻から大陸地殻への発達途中の場）であるとされる。

➡ 伊豆小笠原弧の地殻構造は、日本列島から離れた地域ほど地殻が薄く未発達となることから、日本列島から離れた地域ほど地殻内に形成可能となるマグマ溜まりの規模は小さく噴火規模も小さいと考えられる。

伊豆小笠原弧の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、噴火規模に関する情報は不足しているものの、日本列島から離れた地域ほど、一度に噴火可能な規模は小さいと考えられる。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波発生要因の規模に関する評価の方針

第1168回資料2-2
p.111再掲

■ 個別火山の津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）の調査結果を当該個別火山の津波発生要因とした。
■ また、伊豆小笠原弧の海域において過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模については、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原噴火弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

火山現象の津波発生要因に関する調査

個別火山の津波発生要因に関する調査
・抽出した個別火山について、その津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）ごとに過去の発生の有無とその規模を調査した。

山体崩壊
・全ての個別火山を対象に、文献調査と地形判読により、過去の山体崩壊の痕跡を調査した。

個別火山について、過去の山体崩壊の痕跡の有無とその規模を確認した。

火砕流の海域への突入
・火口が陸上に位置する個別火山を対象に、文献調査により、過去の火砕流の発生履歴を調査した。

火口が陸上に位置する個別火山について、過去の火砕流の発生の有無とその規模を確認した。

海中噴火・カルデラ陥没等
・全ての個別火山について、文献調査により過去最大の噴火規模を調査した。

火口が海底に位置する個別火山について、過去の情報が不足している海底火山があることを確認した。

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査
・伊豆小笠原弧における噴火規模について、巨大噴火の履歴を持つ地域の火山の特徴を踏まえて調査し、比較検討した。

津波発生要因の規模に関する評価
・ 上記調査結果を当該個別火山の津波発生要因の規模とした。また、伊豆小笠原弧の海域において過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模については、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原噴火弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波発生要因の規模に関する評価結果

第1168回資料2-2
p.112再掲

- 津波発生要因の規模に関する評価結果は、以下のとおり。
- 個別火山の津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）の調査結果（3.2.1）を当該個別火山の津波発生要因の規模とした。
- また、伊豆小笠原弧の海域において過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模については、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原噴火弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

地域	火山名	火口位置	敷地からの距離(km)	津波発生要因の規模		
				山体崩壊(km^3)	火砕流の海域への突入(DREkm^3)	海中噴火・カルデラ陥没等(DREkm^3)
伊豆弧	富士山	陸上	97	**0.8**	**0.013**	-
	手石海丘	海底	98	痕跡がないことを確認	-	**0.00004**
	神津島火山群	陸上	102	痕跡がないことを確認	**0.66**	**0.66**
	初島	陸上	104	痕跡がないことを確認	履歴がないことを確認	**0.015**
	利島	陸上	104	**0.02**	履歴がないことを確認	**0.68**
	新島火山群	陸上	106	痕跡がないことを確認	**0.73**	**0.73**
	伊豆大島	陸上	114	**0.9**	**0.05**	**0.25**
	大室ダシ	海底	119	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	三宅島	陸上	140	**1.5**	**0.003**	**0.37**
	御蔵島	陸上	157	**0.9**	**0.03**	**0.03**
	黒瀬堆	海底	203	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	八丈島	陸上	222	**0.5**	**0.76**	**1.74**
	南八丈堆	海底	259	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	青ヶ島	陸上	282	**0.4**	**0.05**	**0.31**
	明神海丘	海底	321	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	明神礁	海底	345	**0.3**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	須美寿島	海底	395	**0.5**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	南スミスカルデラ	海底	412	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	伊豆鳥島	陸上	501	**0.1**	履歴がないことを確認	**0.025**
	孀婦岩	海底	573	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
小笠原弧	水曜海山	海底	707	**0.06**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	木曜海山	海底	735	**0.03**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	西之島	陸上	857	痕跡がないことを確認	**0.1**	**0.1**
	海形海山	海底	923	**1.3**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	海徳海山	海底	983	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	噴火浅根	海底	1,059	**0.06**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	硫黄島	陸上	1,134	**0.5**	**0.24**	**0.5**
	海神海丘	海底	1,156	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	北福徳堆	海底	1,174	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	福徳岡ノ場	海底	1,189	**0.1**	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	南日吉海山	海底	1,286	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価
	日光海山	海底	1,341	痕跡がないことを確認	-	データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0で評価

※海中噴火・カルデラ陥没等については仮想的に大きな噴火規模を想定した場合の津波高をプレート間地震の津波高との比較を別途示す。

凡例
：評価対象外

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波発生要因の規模に関する評価結果
（過去の情報が不足している海底火山の噴火規模の評価）

第1168回資料2-2
p.113再掲

■ 伊豆小笠原弧の海域において過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模については、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原噴火弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査結果

■ 伊豆小笠原弧の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、噴火規模に関する情報は不足しているものの、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VEI6~7 (数10～100km^{3}クラス) の噴火は発生していないと考えられる。

■ 伊豆小笠原弧の火山のうち、個別火山の調査では過去の情報が不足している海底火山について、噴火規模に関する情報は不足しているものの、日本列島から離れた地域ほど、その噴火規模は小さいと考えられる。（ただし、伊豆小笠原弧の火山はほとんどが火山島や海底火山であり、過去の噴火履歴に関する知見は十分に蓄積されていない可能性がある。）

巨大噴火の履歴を持つ地域の特徴

項目	巨大噴火の履歴を持つ地域 （北海道・九州周辺）
確認されている噴火規模 ［噴火様式］	最大：**10～100km^{3}クラス** ［ウルトラプリニー式噴火］ （町田・新井(2011)等）
形成可能となるマグマ溜まりの規模 （噴火規模）	**巨大噴火の痕跡があり**、 発達した大陸地殻を有することから、**形成可能となるマグマ溜まりの規模が大きい**

伊豆小笠原弧の各地域の特徴

	伊豆小笠原弧		
		伊豆小笠原弧（海域）	
	伊豆弧（陸域）	伊豆弧（海域）	小笠原弧
確認されている噴火規模 ［噴火様式］	最大：**6DREkm^3** ［プリニー式噴火］ （箱根火山群(山元(2015))）	最大：**1.74DREkm^3** ［プリニー式噴火］ （八丈島(山元(2015))）	最大：**0.5DREkm^3** ［プリニー式噴火］ （硫黄島(長井(2014))）
形成可能となるマグマ溜まりの規模 （噴火規模）	・**巨大噴火の痕跡がなく、**未発達な島弧地殻を有することから、**形成可能となるマグマ溜まりが大きくない** ・伊豆小笠原弧の地殻構造は、日本列島から離れた地域ほど地殻が薄く未発達となることから、**日本列島から離れた地域ほど地殻内に形成可能となるマグマ溜まりの規模は小さく**、それにより一度に噴火可能な規模も小さいと考えられる。		
	地殻発達の場 （地殻厚さ：30-35km 地殻密度：マグマ密度より大きい （一部同程度）） （平田ほか(2010)等）	未発達な島弧地殻 （地殻厚さ：20-25km 地殻密度：マグマ密度より大きい） （平田ほか(2010)等）	未発達な島弧地殻 （地殻厚さ：15km 地殻密度：マグマ密度より大きい） （平田ほか(2010)等）

情報が不足している海底火山の噴火規模の評価

【評価方針】
伊豆小笠原弧の海域において過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等の規模については、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域よりも地殻が発達し、大規模なマグマ溜まりが形成可能な伊豆小笠原噴火弧の陸域を含めた伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模（箱根火山群：6DREkm^3）を伊豆小笠原弧の地域に関わらず考慮することとした。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

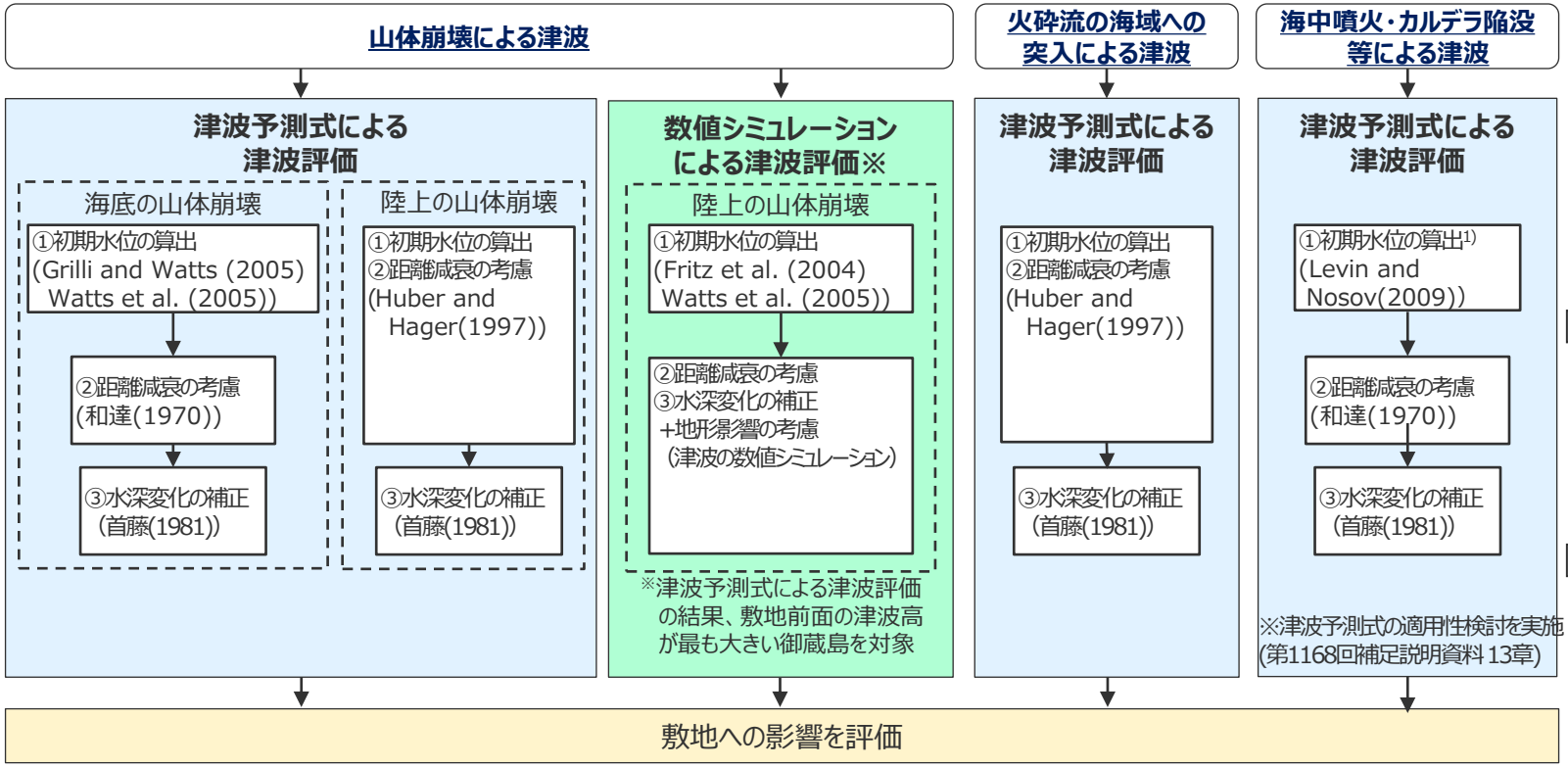
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

火山現象の津波評価の方針

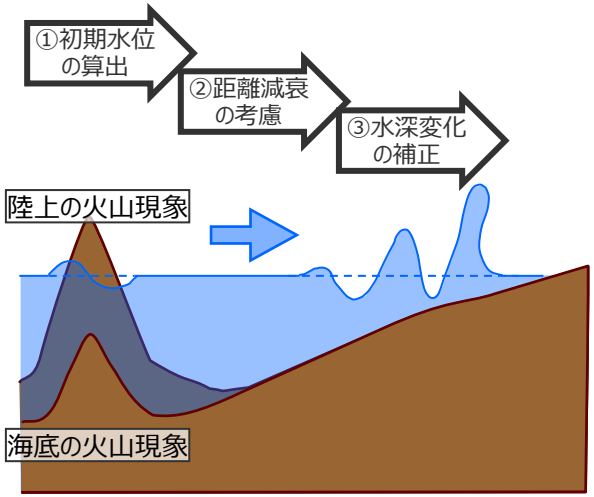
第1168回資料2-2
p.115再掲

■ 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた津波予測式を用いて津波評価を行った。
■ さらに、津波予測式に基づく津波評価の結果、敷地への影響が相対的に大きい「御蔵島の山体崩壊」の津波については、複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、数値シミュレーションによる津波評価も行った。
■ なお、海中噴火が発生した場合、海中噴火による海面上昇とカルデラ陥没等による海面下降の両要因により津波が発生する可能性があるが、海中噴火とカルデラ陥没等は一体の現象であり、幾度もの噴火を経て段階的に形成されるカルデラの体積と、過去にマグマ溜まりから流出した総マグマ体積は同程度であるとされる(下司(2018))こと、噴火現象による津波とカルデラ陥没による津波は第一波の押し引きが異なるが、津波の大きさは同程度とされる（Maeno and Imamura(2011)等）ことから、海中噴火の津波により評価することとした。

【火山現象の津波評価の算定方法】



【津波評価のイメージ】



○ Maeno et al.(2006)：7.3kaの鬼界アカホヤ噴火を対象として、カルデラ陥没の陥没速度と津波高との関係を数値計算により検討した。その結果、無次元陥没速度が0.01（陥没の継続時間が数十分）の時に津波発生効率が最も高くなることを確認した。また、薩摩半島で確認される地質学的痕跡と調和するカルデラ陥没の無次元陥没速度は0.03以下（陥没の継続時間が1-2時間以上）であるとした。
○ Maeno and Imamura (2011)：1883年のクラカタウ火山の噴火を対象として、カルデラ陥没等による津波の数値計算を実施し観測記録の再現を試みた。その結果、カルデラ陥没の津波計算結果は第一波が水位下降からはじまり、水位上昇から始まる観測記録と異なる結果となった。また、カルデラ陥没の継続時間を複数設定して数値計算を実施した結果、Maeno et al.(2006)における最も津波発生効率の高いカルデラ陥没の継続時間を適用した場合でも噴火現象による津波とその大きさは同程度となった。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価

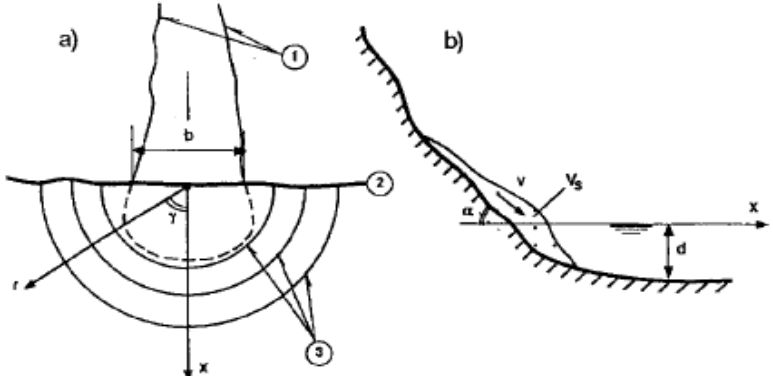
（陸上の山体崩壊、火砕流の海域への突入による津波の予測式）

第767回資料1-1
p.103再掲

■陸上の山体崩壊、火砕流の海域への突入による津波について、敷地前面の津波高の算定に用いた予測式は以下のとおり。

Huber and Hager(1997)の予測式

（初期水位の算出、距離減衰の考慮）



$$\frac{H_1}{d_1} = 2 \cdot 0.88 \sin\alpha \cos^2\left(\frac{2\gamma}{3}\right)\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}\right)^{1/4} M^{1/2}\left(\frac{r}{d_1}\right)^{-2/3}$$

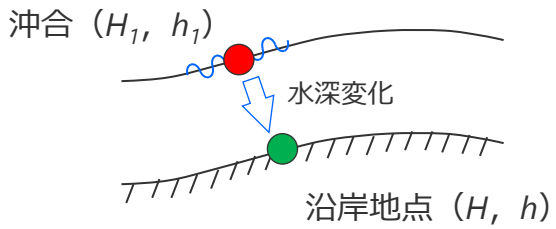
$$M = \frac{V_s}{b d_1^2}$$

H_1 ：波源位置での全振幅※
d_1 ：突入地点の水深
V_s ：突入物の体積
b ：崩壊幅
r ：敷地までの距離
α ：すべり面傾斜角
γ ：進行角
ρ_s ：突入物の密度
ρ_w ：海水の密度（=1.03g/cm³）

※全振幅であることから津波高は全振幅×1/2で評価する。

グリーンの法則（首藤(1981)）

（水深変化の補正）



$$H = \sqrt[4]{\frac{h_1}{h}} H_1$$

H_1 ：沖合における津波波高
h_1 ：沖合における水深
H ：沿岸地点における津波波高
h ：沿岸地点における水深（=10m）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価
（海底の山体崩壊による津波の予測式）

第767回資料1-1
p.104再掲

■海底の山体崩壊による津波について、敷地前面の津波高の算定に用いた予測式は以下のとおり。

Wattsほかの予測式
（Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)）
（初期水位の算出）

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

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

$\eta_{0,3D}$：現象が三次元的な場合の最大水位低下量

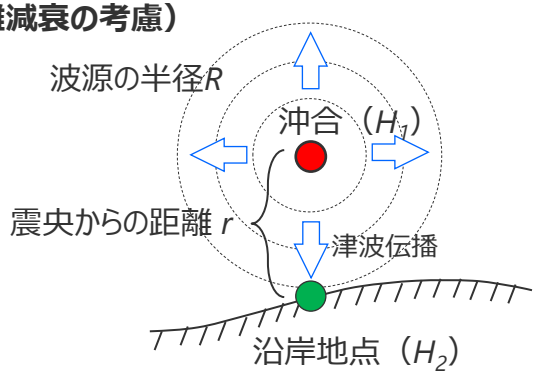
$\eta_{0,2D}$：現象が二次元的な場合の最大水位低下量

γ	：山体の比重（$=\rho_s/\rho_w$）	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	：山体の密度
d	：初期位置水深	ρ_w	：海水の密度(=1.03 g/cm³)
θ	：斜面勾配	g	：重力加速度(=9.8 m/s²)
C_d	：抗力係数		
C_m	：付加質量係数		
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（$=S_0/(Rcos\theta)$）		
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		

※ 地すべり長さを土塊の移動距離として設定。
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。

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

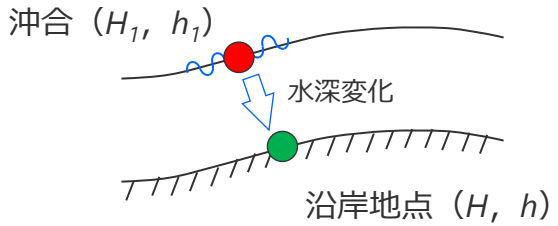
点震源の距離減衰（和達(1970)）
（距離減衰の考慮）



$$H_2 = \frac{R}{r}H_1$$

H_1：沖合における津波波高
H_2：沿岸地点における津波波高
R　：波源の半径
r　：震央からの距離

グリーンの法則（首藤(1981)）
（水深変化の補正）



$$H = \sqrt[4]{\frac{h_1}{h}}H_1$$

H_1：沖合における津波波高
h_1：沖合における水深
H　：沿岸地点における津波波高
h　：沿岸地点における水深（=10m）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価

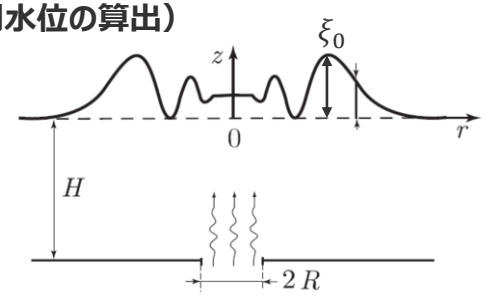
（海中噴火・カルデラ陥没等による津波の予測式）

第862回資料2-1
p.113再掲

■海中噴火・カルデラ陥没等による津波について、敷地前面の津波高の算定に用いた予測式は以下のとおり。

Levin and Nosov(2009)の予測式

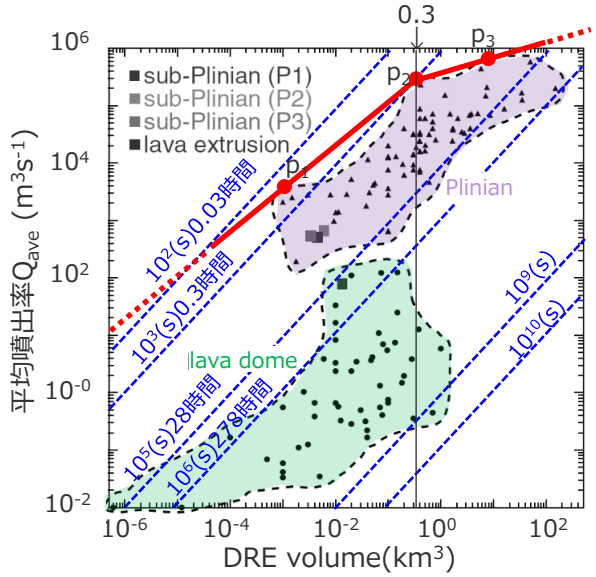
（初期水位の算出）



$$\xi_0 = \frac{V_0}{\pi \tau^2 g H}$$

$$r = \tau \cdot (g \cdot H)^{0.5}$$

ξ_0 ：初期水位
H ：火山周辺水深
τ ：噴火継続時間
V_0 ：噴出物の体積
g ：重力加速度
r ：波源の半径



p_i(噴出量，噴火継続時間)
$=p_1(0.001,\ 4\times10^3)$、$p_2(0.3,\ 3\times10^5)$、$p_3(6,\ 7\times10^5)$

噴火継続時間一定線
採用した噴火継続時間
（破線は噴火規模として評価した値の範囲外）

世界のプリニー式噴火および溶岩ドーム噴火における
マグマ噴出量とマグマ噴出率の関係
（Kozono et al.（2013）を基に作成）

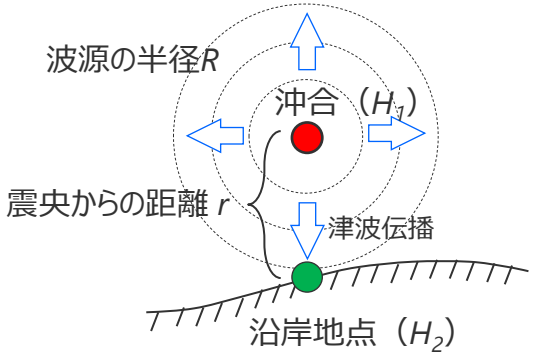
プリニー式噴火の噴火継続時間、平均マグマ噴出率

噴出量V ($DREkm^3$)		0.001	0.01	0.1	0.3	1	10	100
噴火継続時間 τ(s)	時間	4分	7分	13分		40分	3.4時間	18時間
	関係式	$=1340V^{0.243}$				$=2371V^{0.717}$		
平均噴出率Q_{ave}(m^3/s)		$=7.5\times10^5V^{0.757}$				$=4.2\times10^5V^{0.283}$		

※Kozono et al.(2013)のマグマ噴出率と噴出量の関係図から、マグマ噴出量に対する噴火継続時間と平均噴出率を読み取り。

点震源の距離減衰（和達(1970)）

（距離減衰の考慮）

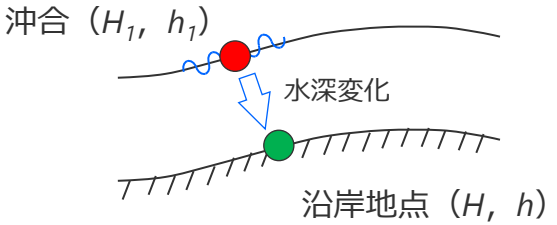


$$H_2 = \frac{R}{r} H_1$$

H_1：沖合における津波波高
H_2：沿岸地点における津波波高
R ：波源の半径
r ：震央からの距離

グリーンの法則（首藤(1981)）

（水深変化の補正）



$$H = \sqrt[4]{\frac{h_1}{h}} H_1$$

H_1：沖合における津波波高
h_1：沖合における水深
H ：沿岸地点における津波波高
h ：沿岸地点における水深（=10m）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価（陸上の山体崩壊）

（津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果）

第1168回資料2-2
p.119再掲

■陸上の山体崩壊による津波の予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は以下のとおり。

地域	伊豆弧								小笠原弧			設定根拠
火山名	富士山	利島	伊豆大島	三宅島	御蔵島	八丈島	青ヶ島	伊豆鳥島	噴火浅根*1	硫黄島	福徳岡ノ場*1	
標高(m)	3,776	508	764	813	851	854	423	394	792	161	916	中野ほか(2013)等
島の平均半径(km)	19	1.125	6.25	4.65	2.75	5.75	1.5	1.35	1.35	3.325	1.175	渡辺(2013)等
山体の密度 ρ_s(g/cm^3)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	山体密度(松本ほか(1998)に基づく)
突入物の体積V_s(km^3)（山体崩壊規模）	0.8	0.02	0.9	1.5	0.9	0.5	0.4	0.1	0.06	0.5	0.1	津波発生要因の規模に関する評価結果に基づく
崩壊幅 b(km)	19.0	1.1	6.3	3.4	1.4	1.0	1.5	0.5	0.9	2.4	0.8	崩壊幅が不明な場合は、島の半径＝崩壊幅と仮定
すべり面傾斜角α(°)	11.2	24.3	7.0	9.9	17.2	8.4	15.7	16.3	30.4	2.8	37.9	標高/島の半径から算出
進行角 γ(°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	保守的に０°と設定
突入地点の水深 d_1(m)	50	50	50	50	50	50	70	50	50	50	50	渡辺(2013)に基づく火山島周辺の浅海域の水深
敷地前面の水深 d_2(m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
敷地までの距離 r(km)	97	104	114	140	157	222	282	501	1,059	1,134	1,189	
突入地点の水位$H_1/2$(m)	0.27	0.35	0.28	0.60	1.15	0.40	0.58	0.28	0.18	0.03	0.27	$\frac{1}{2}d_1 \cdot 2 \cdot 0.88 \sin\alpha \cos^2\left(\frac{2\gamma}{3}\right) \times \left(\frac{\rho_s}{\rho_w}\right)^{1/4} M^{1/2} \left(\frac{r}{d_1}\right)^{-2/3}$ $M = \frac{V_s}{bd_1^2}$
敷地前面の津波高 (m)	0.4	0.6	0.5	0.9	**1.8**	0.6	1.0	0.5	0.3	0.1	0.5	

*1 火口が海底に位置する火山であるが、火山の海面上の突出部で山体崩壊が発生していることから、陸上の山体崩壊として評価した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価（海底の山体崩壊）

（津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果）

第767回資料1-1
p.107再掲

■海底の山体崩壊による津波の予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は以下のとおり。

地域	伊豆弧		小笠原弧			設定根拠
火山名	明神礁	須美寿島	水曜海山	木曜海山	海形海山	
標高(m)	-50	136	-1,418	-920	-162	中野ほか(2013)等
火山体の比高(m)	1,410	1,000	1,380	1,780	2,350	菅・藤岡(1990)等
山体の密度 ρ_s(g/cm^3)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	山体密度(松本ほか(1998)に基づく)
山体の比重 ρ_s/ρ_w	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	山体の密度2.0g/cm^{3}と海水の密度1.03g/cm^{3}との比(=2.0/1.03)
崩壊体積 V_s(km^3)	0.3	0.5	0.06	0.03	1.3	津波発生要因の規模に関する評価結果に基づく
崩壊長さ b(m)	2,200	2,300	2,000	600	4,400	〃
崩壊厚さ T(m)	140	230	30	100	300	〃
崩壊幅 w(m)	2,100	2,400	2,600	1,100	2,900	〃
初期位置水深 d(m)	830	490	1,460	890	590	〃
斜面勾配 θ(°)	14.1	9.5	15.8	5.3	6.8	〃
抗力係数 C_d	0	0	0	0	0	Grilli and Watts(2005)
付加質量係数 C_m	1	1	1	1	1	Grilli and Watts(2005)
移動距離 S(m)	2,200	2,300	2,000	600	4,400	=b
特性距離 S_0(m)	1,100	1,150	1,000	300	2,200	=S/2
底面摩擦係数 C_n	0.3	0.4	0.1	0.7	0.3	$=S_0/(R\cos\theta)$
曲率半径 R(m)	4,321	2,875	16,667	450	8,067	$=b^2/8T$
初期加速度 a_0 (m/s^2)	0.8	1.3	0.2	2.2	0.9	$=S_0/t_0^2$
特性時間 t_0 (sec)	36	30	71	12	50	$=\sqrt{R/g}\cdot\sqrt{(\gamma+C_m)/(\gamma-1)}$
特性津波波長 λ_0 (m)	3,280	2,056	8,544	1,096	3,778	$=t_0\sqrt{g\,d}$
回転角 $\Delta\Phi$(rad)	0.5	0.8	0.1	1.3	0.6	$=2S_0/R$
最大速度 U_{max}(m/s)	30	39	14	26	44	$=S_0/t_0$
$\eta_{0,2D}$(m)	12.3	59.2	0.3	3.3	86.0	$\eta_{0,2D}=S_0\left(\frac{0.131}{\sin\theta}\right)\left(\frac{T}{b}\right)\left(\frac{b\sin\theta}{d}\right)^{1.25}\left(\frac{b}{R}\right)^{0.63}\times(\Delta\Phi)^{0.39}\left(1.47-0.35(\gamma-1)\right)(\gamma-1)$
$\eta_{0,3D}$(m)	4.8	31.9	0.1	1.7	37.4	$\eta_{0,3D}=\eta_{0,2D}\left(\frac{w}{w+\lambda_0}\right)$
敷地前面の水深 d_2 (m)	10	10	10	10	10	
敷地までの距離 r (km)	345	395	707	735	923	
敷地前面の津波高 (m)	0.2	**0.5 (0.44)**	0.1	0.1	0.5 (0.43)	

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価（火砕流の海域への突入）

（津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果）

第1168回資料2-2
p.121再掲

■火砕流の海域への突入による津波の予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は以下のとおり。

地域	伊豆弧								小笠原弧		設定根拠
火山名	富士山	神津島火山群	新島火山群	伊豆大島	三宅島	御蔵島	八丈島	青ヶ島	西之島	硫黄島	
標高(m)	3,776	571	432	764	813	851	854	423	160	161	中野ほか(2013)等
島の半径(km)	19	2.8	3.625	6.25	4.65	2.75	5.75	1.5	0.35	3.325	渡辺(2013)等
突入物の密度 ρ_s(g/cm^3)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	火砕物の密度 (Maeno and Imamura(2007)に基づく)
噴火規模V(DREkm^3)	0.013	0.66	0.73	0.05	0.003	0.03	0.76	0.05	0.1	0.24	津波発生要因の規模に関する評価結果に基づく
突入物の体積V_s(km^3)	0.026	1.32	1.46	0.1	0.006	0.06	1.52	0.1	0.2	0.48	噴火規模V(DREkm^3)を、マグマの密度2.5g/cm^{3}と突入する火砕流の密度1.25g/cm^{3}との比(2.5/1.25=2)により換算
崩壊幅 b(km)	19.0	2.8	3.6	6.3	4.7	2.8	5.8	1.5	0.4	3.3	島の半径=崩壊幅と仮定
すべり面傾斜角 α(°)	11.2	11.5	6.8	7.0	9.9	17.2	8.4	15.7	24.6	2.8	標高/島の半径から算出
進行角 γ(°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	保守的に0°と設定
突入地点の水深 d_1(m)	50	50	50	50	50	50	50	70	50	50	渡辺(2013)に基づく火山島周辺の浅海域の水深
敷地前面の水深 d_2(m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
敷地までの距離 r(km)	97	102	106	114	140	157	222	282	857	1,134	
突入地点の水位$H_1/2$(m)	0.04	0.79	0.42	0.08	0.03	0.19	0.26	0.26	0.44	0.02	$\frac{1}{2}d_1 \cdot 2 \cdot 0.88 \sin\alpha \cos^2\left(\frac{2\gamma}{3}\right)\left(\frac{\rho_s}{\rho_w}\right)^{1/4} M^{1/2}\left(\frac{r}{d_1}\right)^{-2/3}$ $M = \frac{V_s}{bd_1^2}$
敷地前面の津波高（m）	0.1	**1.2**	0.7	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.1	

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価（海中噴火・カルデラ陥没等　１／２）

（津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果）

第1168回資料2-2
p.122再掲

■ 海中噴火・カルデラ陥没等による津波の予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は以下のとおり。

・海中噴火・カルデラ陥没等の津波予測式の適用性検討について第1168回補足説明資料13章に記載。

地域	伊豆弧																			設定根拠
火山名	手石海丘	神津島火山群	初島	利島	新島火山群	伊豆大島	大室ダシ	三宅島	御蔵島	黒瀬堆	八丈島	南八丈堆	青ヶ島	明神海丘	明神礁	須美寿島	南スミスカルデラ	伊豆鳥島	孀婦岩	
火口位置	海底	陸上	陸上	陸上	陸上	陸上	海底	陸上	陸上	海底	陸上	海底	陸上	海底	海底	海底	海底	陸上	海底	
標高 h (m)	-81	-14*2	-14*2	-14*2	-14*2	-14*2	-28	-14*2	-14*2	-114	-14*2	-260	-14*2	-364	-50	136	-270	-14*2	99	中野ほか(2013)等
噴出物の密度 ρ_{s1}(g/cm^3)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	火砕物の密度(Maeno and Imamura(2007)に基づく)
マグマの密度 ρ_{s2}(g/cm^3)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	中野ほか(2013)
噴火規模 V(DREkm^3)	0.00004	0.66	0.015	0.68	0.73	0.25	6.0	0.37	0.03	6.0	1.74	6.0	0.31	6.0	6.0	6.0	6.0	0.025	6.0	津波発生要因の規模に関する評価結果に基づく*1
噴火継続時間 τ(s)	114	1,760	483	1,798	1,892	957	8,568	1,162	572	8,568	3,527	8,568	1,024	8,568	8,568	8,568	8,568	547	8,568	Kozono et al.(2013)に基づく*1
平均噴出率 Q_{ave}(DREm^3/s)	3.5×10^2	3.7×10^5	3.1×10^4	3.8×10^5	3.8×10^5	2.6×10^5	7.0×10^5	3.2×10^5	5.3×10^4	7.0×10^5	4.9×10^5	7.0×10^5	3.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	4.6×10^4	7.0×10^5	Kozono et al.(2013)に基づく*1
最大噴出率 Q_{max}(DREm^3/s)	5.5×10^2	5.9×10^5	4.9×10^4	5.9×10^5	6.0×10^5	4.1×10^5	1.1×10^6	5.0×10^5	8.3×10^4	1.1×10^6	7.7×10^5	1.1×10^6	4.7×10^5	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	7.2×10^4	1.1×10^6	$Q_{ave}\times\pi/2$ (Maeno and Imamura(2011)に基づく)
噴出物の体積 V_0 (km^3)	0.00013	2.10	0.05	2.10	2.30	0.80	18.8	1.20	0.10	18.8	5.40	18.8	1.00	18.8	18.8	18.8	18.8	0.10	18.8	$Q_{max}\times\tau\times\rho_{s2}/\rho_{s1}$
火山周辺水深 H (m)	81	14	14	14	14	14	28	14	13	114	14	260	13	364	50	14*2	270	14	14*2	水深が浅いほど津波効率が高いため、火山体の最浅部（標高）を火山周辺水深とした
波源の半径 r_0(km)	3	21	6	21	22	11	142	14	6	286	41	432	12	512	190	100	441	6	100	$\tau\times(g\cdot H)^{0.5}$
敷地前面の水深 d_2 (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
敷地までの距離 r (km)	98	102	104	104	106	114	119	140	157	203	222	259	282	321	345	395	412	501	573	
噴火継続時間終了時の津波高 ξ_0 (m)	0.004	1.57	0.47	1.51	1.49	2.03	0.30	2.06	0.76	0.07	1.01	0.03	2.38	0.02	0.17	0.59	0.03	0.78	0.59	$V_0/\pi\tau^2gH$
敷地前面の津波高 (m)	0.1	0.4	0.1	0.4	0.4	0.3	**0.5**	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	

*1　V<0.3DREkm^{3}の時：τ(s)=1340$V^{0.243}$、Q_{ave}(DREm^3/s)=7.5×10$^5V^{0.757}$　　V≧0.3DREkm^{3}の時：τ(s)=2371$V^{0.717}$、Q_{ave}(DREm^3/s)=4.2×10$^5V^{0.283}$

*2　孀婦岩と須美寿島の頂部は海面上であるものの火口の大部分は海面下であること、海食による火山島周辺の浅海域の平坦面は浅くとも10～20m程度（渡辺(2013)等）であることから、海底火山のうち水深の最も浅い噴火浅根、福徳岡ノ場の頂部が海面下14mであることを踏まえ、火口が陸上に位置する火山および孀婦岩と須美寿島の火山周辺水深は、噴火浅根、福徳岡ノ場と同じと評価した。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価（海中噴火・カルデラ陥没等　２／２）

（津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果）

第1168回資料2-2
p.123再掲

■ 海中噴火・カルデラ陥没等による津波の予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は以下のとおり。

・海中噴火・カルデラ陥没等の津波予測式の適用性検討について第1168回補足説明資料13章に記載。

地域	小笠原弧												設定根拠
火山名	水曜海山	木曜海山	西之島	海形海山	海徳海山	噴火浅根	硫黄島	海神海丘	北福徳堆	福徳岡ノ場	南日吉海山	日光海山	
火口位置	海底	海底	陸上	海底	海底	海底	陸上	海底	海底	海底	海底	海底	
標高 h (m)	-1,418	-920	-14*2	-162	-95	-14	-14*2	-198	-73	-14	-97	-612	中野ほか(2013)等
噴出物の密度 ρ_{s1}(g/cm^3)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	火砕物の密度(Maeno and Imamura(2007)に基づく)
マグマの密度 ρ_{s2}(g/cm^3)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	中野ほか(2013)
噴火規模 V(DREkm^3)	6.0	6.0	0.10	6.0	6.0	6.0	0.50	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	津波発生要因の規模に関する評価結果に基づく*1
噴火継続時間 τ(s)	8,568	8,568	766	8,568	8,568	8,568	1,442	8,568	8,568	8,568	8,568	8,568	Kozono et al.(2013)に基づく*1
平均噴出率 Q_{ave}(DREm^3/s)	7.0×10^5	7.0×10^5	1.3×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	3.5×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	7.0×10^5	Kozono et al.(2013)に基づく*1
最大噴出率 Q_{max}(DREm^3/s)	1.1×10^6	1.1×10^6	2.1×10^5	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	5.4×10^5	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	$Q_{ave}\times\pi/2$ (Maeno and Imamura(2011)に基づく)
噴出物の体積 V_0 (km^3)	18.8	18.8	0.30	18.8	18.8	18.8	1.60	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	$Q_{max}\times\tau\times\rho_{s2}/\rho_{s1}$
火山周辺水深 H (m)	1,418	920	14	162	95	14	14	198	73	14	97	612	水深が浅いほど津波効率が高いため、火山体の最浅部（標高）を火山周辺水深とした
波源の半径 r_0(km)	1,010	814	9	341	261	100	17	377	229	100	264	664	$\tau\times(g\cdot H)^{0.5}$
敷地前面の水深 d_2 (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
敷地までの距離 r (km)	707	735	857	923	983	1,059	1,134	1,156	1,174	1,189	1,286	1,341	
噴火継続時間終了時の津波高ξ_0(m)	0.01	0.01	1.19	0.05	0.09	0.59	1.78	0.04	0.11	0.59	0.09	0.01	$V_0/\pi\tau^2gH$
敷地前面の津波高 (m)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	

*1　$V<0.3$DREkm^{3}の時：τ(s)$=1340V^{0.243}$、Q_{ave}(DREm^3/s)$=7.5\times10^5V^{0.757}$　　$V\geqq0.3$DREkm^{3}の時：$\tau(s)=2371V^{0.717}$、Q_{ave}(DREm^3/s)$=4.2\times10^5V^{0.283}$

*2　孀婦岩と須美寿島の頂部は海面上であるものの火口の大部分は海面下であること、海食による火山島周辺の浅海域の平坦面は浅くとも10～20m程度（渡辺(2013)等）であることから、海底火山のうち水深の最も浅い噴火浅根、福徳岡ノ場の頂部が海面下14mであることを踏まえ、火口が陸上に位置する火山および孀婦岩と須美寿島の火山周辺水深は、噴火浅根、福徳岡ノ場と同じと評価した。

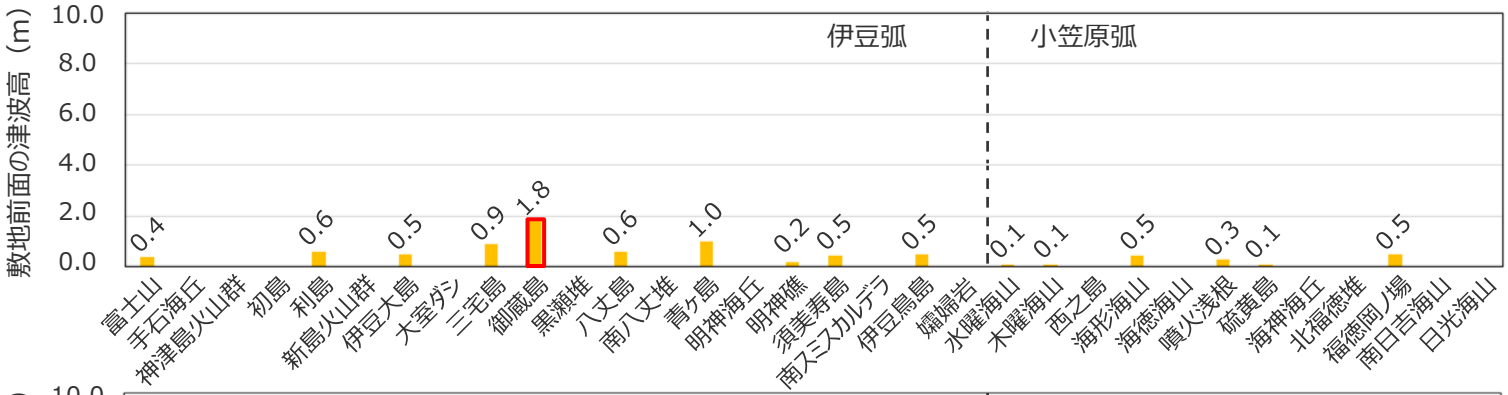
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価結果

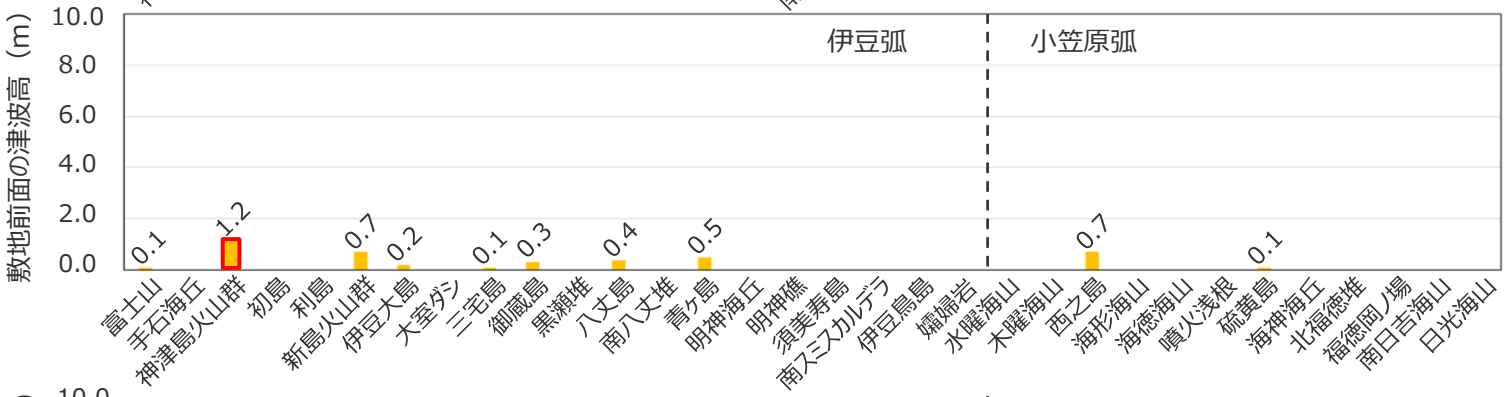
第1168回資料2-2
p.124再掲

■津波予測式を用いた敷地前面の津波高の算定結果は、以下のとおり。

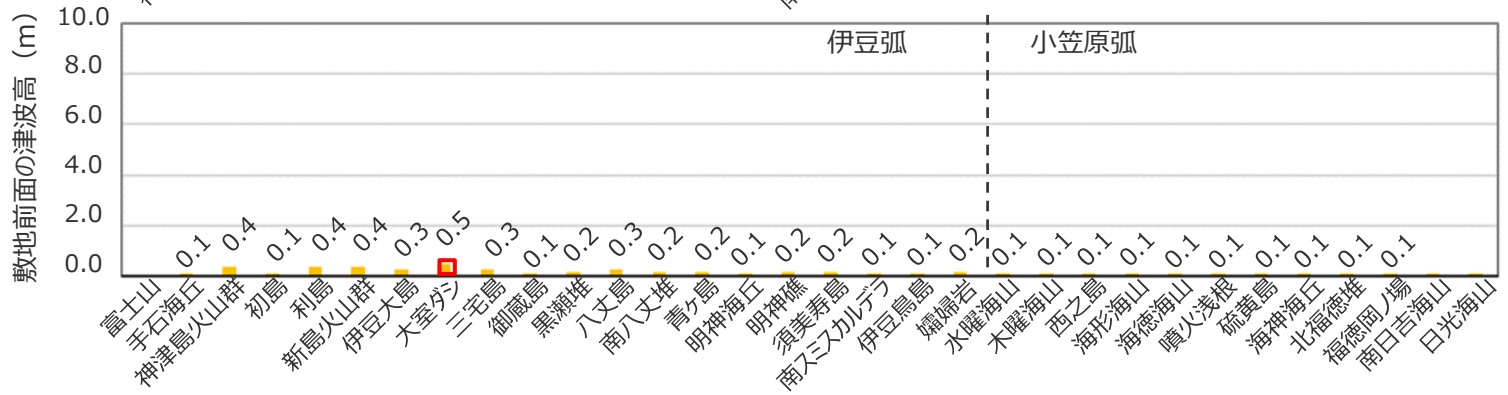
山体崩壊



火砕流の海域への突入



海中噴火・カルデラ陥没等



・値のないものは評価対象外。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

津波予測式による津波評価結果

第1168回資料2-2
p.125再掲

■火山現象の津波について津波予測式による津波評価結果は以下のとおり。

地域	火山名	火口位置	敷地からの距離(km)	津波発生要因					
				山体崩壊		火砕流の海域への突入		海中噴火・カルデラ陥没等	
				火山現象の規模(km³)	敷地前面津波高(m)	火山現象の規模(DREkm³)	敷地前面津波高(m)	火山現象の規模(DREkm³)	敷地前面津波高(m)
伊豆弧	富士山	陸上	97	0.8	0.4	0.013	0.1		
	手石海丘	海底	98	痕跡がないことを確認	－			**0.00004**	0.1
	神津島火山群	陸上	102	痕跡がないことを確認	－	0.66	**1.2**	**0.66**	0.4
	初島	陸上	104	痕跡がないことを確認	－	履歴がないことを確認	－	**0.015**	0.1
	利島	陸上	104	0.02	0.6	履歴がないことを確認	－	**0.68**	0.4
	新島火山群	陸上	106	痕跡がないことを確認	－	0.73	0.7	**0.73**	0.4
	伊豆大島	陸上	114	0.9	0.5	0.05	0.2	**0.25**	0.3
	大室ダシ	海底	119	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	**0.5**
	三宅島	陸上	140	1.5	0.9	0.003	0.1	**0.37**	0.3
	御蔵島	陸上	157	0.9	**1.8**	0.03	0.3	**0.03**	0.1
	黒瀬堆	海底	203	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	八丈島	陸上	222	0.5	0.6	0.76	0.4	**1.74**	0.3
	南八丈堆	海底	259	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	青ヶ島	陸上	282	0.4	1.0	0.05	0.5	**0.31**	0.2
	明神海丘	海底	321	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	明神礁	海底	345	0.3	0.2			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	須美寿島	海底	395	0.5	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	南スミスカルデラ	海底	412	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	伊豆鳥島	陸上	501	0.1	0.5	履歴がないことを確認	－	**0.025**	0.1
	孀婦岩	海底	573	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
小笠原弧	水曜海山	海底	707	0.06	0.1			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	木曜海山	海底	735	0.03	0.1			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	西之島	陸上	857	痕跡がないことを確認	－	0.1	0.7	**0.1**	0.1
	海形海山	海底	923	1.3	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	海徳海山	海底	983	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	噴火浅根	海底	1,059	0.06	0.3			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	硫黄島	陸上	1,134	0.5	0.1	0.24	0.1	**0.5**	0.1
	海神海丘	海底	1,156	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	北福徳堆	海底	1,174	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	福徳岡ノ場	海底	1,189	0.1	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	南日吉海山	海底	1,286	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	日光海山	海底	1,341	痕跡がないことを確認	－			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1

■：火口位置により評価対象外。　「痕跡がないことを確認」：文献調査および地形判読によって、火山現象の痕跡が確認されなかったもの。　「履歴がないことを確認」：文献調査において、火山現象の発生履歴が確認されなかったもの。

山体崩壊の津波の中で、御蔵島の山体崩壊の津波による影響が最も大きいことから、御蔵島の山体崩壊の津波を対象として数値シミュレーションによる津波評価を行った。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価
（山体崩壊による津波の初期水位の設定手法）

第1168回資料2-2
p.126再掲

■ 津波予測式に基づく津波評価の結果、敷地への影響が相対的に大きい「御蔵島の山体崩壊」の津波について、Huber and Hager(1997)の予測式による津波評価に加えて、Wattsほかの予測式を用いた数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

■ 初期水位の設定手法について、Fritz et al.(2004)より崩壊物が陸域から海域に突入する際の最大水位変動量および第1波の波長を求め、その値をWatts et al.(2005)に適用して、設定した。

Wattsほかの予測式
（Watts et al.(2005)およびFritz et al.(2004)）

Watts et al.(2005)による予測式

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

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

$\eta_{(x,y)}$ ：初期水位波形
w ：突入物幅
η_{min} ：振幅を除く右項の最小値
κ, κ' ：形状パラメータ
Δx ：形状パラメータ
x_0, y_0 ：地すべり体の中心の初期位置
x, y ：地すべり体平面位置
$\eta_{0,3D}$ ：現象が三次元的な場合の最大水位変動量
$\eta_{0,2D}$ ：現象が二次元的な場合の最大水位変動量（$=a_c$）
λ_0 ：特性津波波長（$=L_1$）

Fritz et al.(2004)による予測式

$$\frac{a_c}{h} = 0.25\left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}}\right)^{1.4}\left(\frac{s}{h}\right)^{0.8}$$

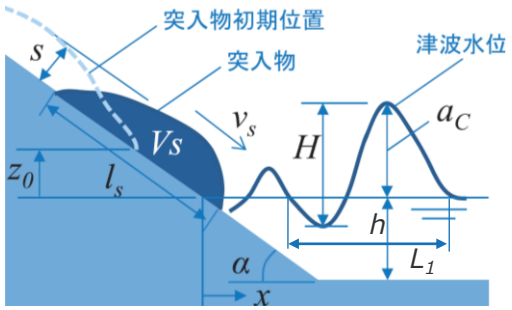
$$\frac{L_1(x/h=5)}{h} = 8.2\left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}}\right)^{0.5}\left(\frac{V_s}{wh^2}\right)^{0.2}$$

$$v_s = \sqrt{2gz_0(1-\tan\delta\cot\alpha)}$$

(Heller and Hager(2014))

・予測式に必要となる突入物の突入速度v_sについて、Heller and Hager(2014)によると、突入物の初期位置の標高と突入位置の標高とのエネルギー保存則に基づく関係式により概ね見積もることができるとされるため、これを採用した。

a_c ：最大水位変動量
h ：水域静水深
v_s ：突入物の突入速度
g ：重力加速度(=9.8m/s²)
H ：全振幅
L_1 ：第1波の波長
s ：突入物厚さ
w ：突入物幅
l_s ：突入物長さ
V_s ：突入物体積
x ：観測位置
z_0 ：突入物の初期標高
α ：斜面勾配
δ ：突入物の内部摩擦角



（Fritz et al.(2004)に基づき作成）

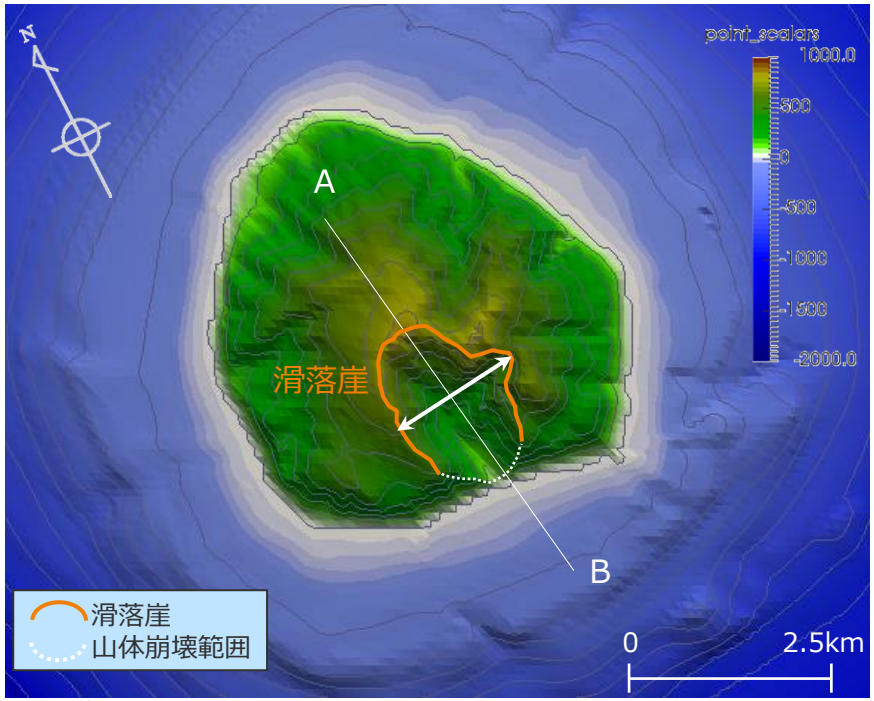
海面水位波形の例

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価
（山体崩壊による津波の波源モデルの設定：御蔵島）

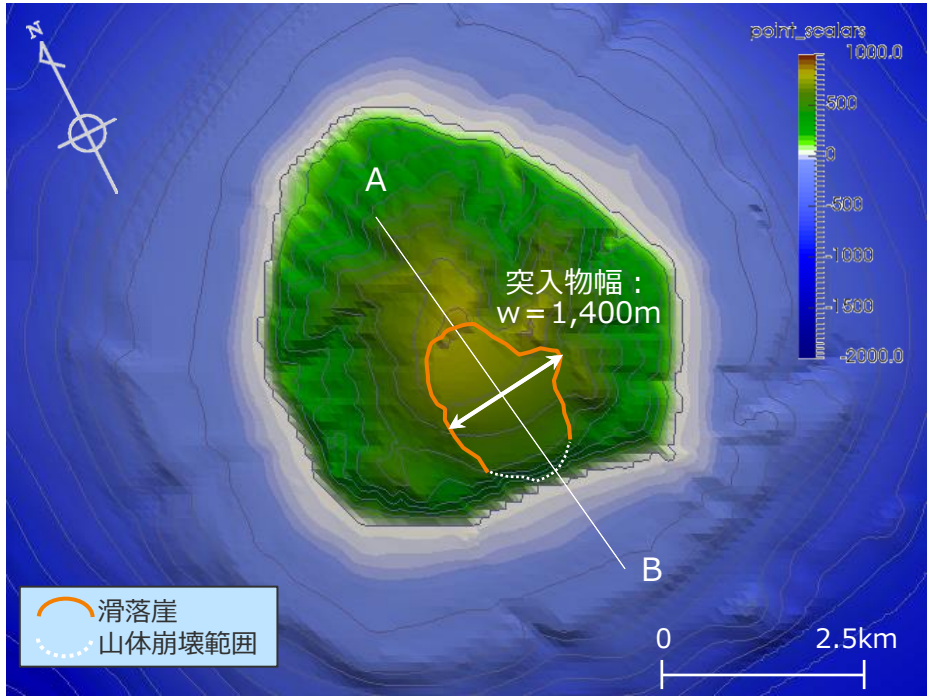
第862回資料2-1
p.121再掲

■御蔵島の山体崩壊について、海底地すべりの波源モデル設定と同様に、100mDEMを用いて崩壊前の地形を復元し、数値シミュレーション用の波源モデルを設定した。



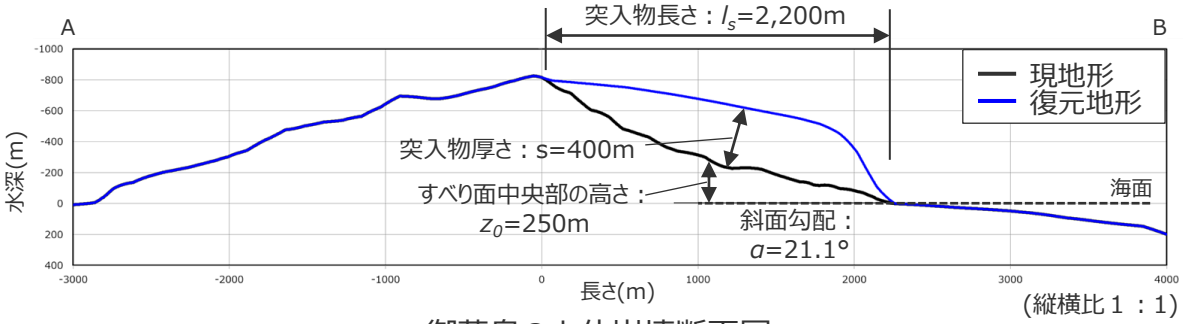
・等高線は100m間隔

山体崩壊後の地形（現地形）



・等高線は100m間隔

山体崩壊前の地形（復元地形）



御蔵島の山体崩壊断面図 ・堆積部を認定しにくいため、現地形をすべり面とする。

突入物諸元

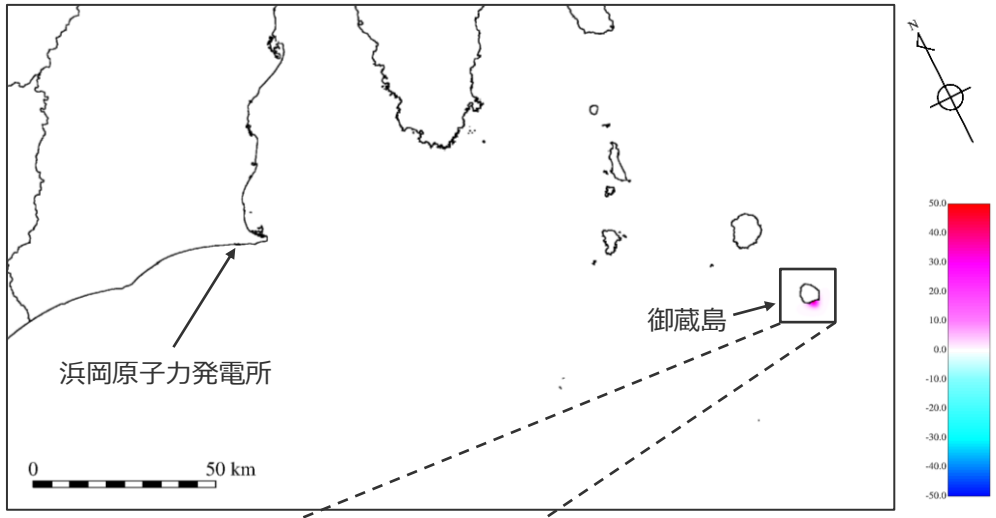
項　目	御蔵島	設定根拠
突入物長さ l_s(m)	2,200	復元地形から判読
突入物厚さ s(m)	400	
突入物幅 w(m)	1,400	
斜面勾配 α(°)	21.1	
すべり面中央部の高さ z_0(m)	250	

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

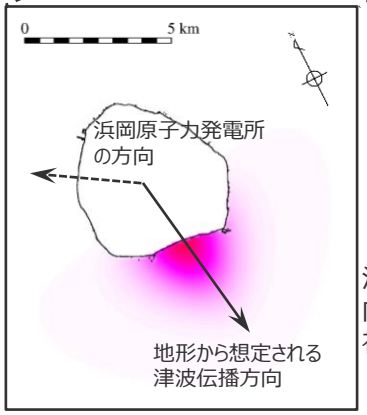
数値シミュレーションによる津波評価
（山体崩壊による津波の波源モデルの設定：御蔵島）

第862回資料2-1
p.122再掲

■御蔵島の山体崩壊は南向きであり、津波が浜岡原子力発電所から遠ざかる方向に伝播するため、津波予測式による津波評価と同様の条件で比較する観点から、津波が浜岡原子力発電所に向かう方向に初期水位分布を設定して数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

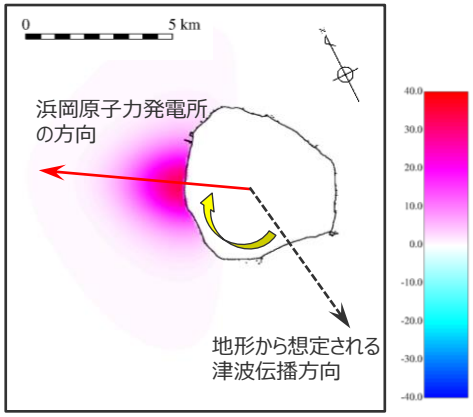


位置図



地形から想定される初期水位分布

浜岡原子力発電所に
向かう方向に
初期水位分布を設定



数値シミュレーションに用いる初期水位分布

パラメータの設定値

項　目	御蔵島	設定根拠
突入物長さ l_s(m)	2,200	復元地形から判読
突入物厚さ s(m)	400	
突入物幅 w(m)	1,400	
斜面勾配 α(°)	21.1	
すべり面中央部の高さ z_0(m)	250	
突入物体積 V_s(億m³)	4.9	100mDEMから精密に算出
突入物の内部摩擦角 δ(°)	15	種別：普通土 状態：軟らかいもの 全国治水砂防協会(1984)に基づく
水域静水深 h(m)	150	地すべり地形前面の海岸線から突入物長さl_s離れた地点の水深の1/2（平均水深）
突入速度 v_s(m/s)	38.8	$=\sqrt{2gz_0(1-\tan\delta\cot\alpha)}$
第1波の波長 L_1(m)	2,141	$=8.2h\left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}}\right)^{0.5}\left(\frac{V_s}{wh^2}\right)^{0.2}$
特性津波波長 λ_0(m)	2,141	$=L_1$
最大水位変動量 a_c(m)	83.4	$=0.25h\left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}}\right)^{1.4}\left(\frac{s}{h}\right)^{0.8}$

Wattsほかの予測式に基づく初期水位の推定値

$\eta_{0,2D}$(m)	83.4	$=a_c$
$\eta_{0,3D}$(m)	33.0	$=\eta_{0,2D}\left(\frac{w}{w+\lambda_0}\right)$

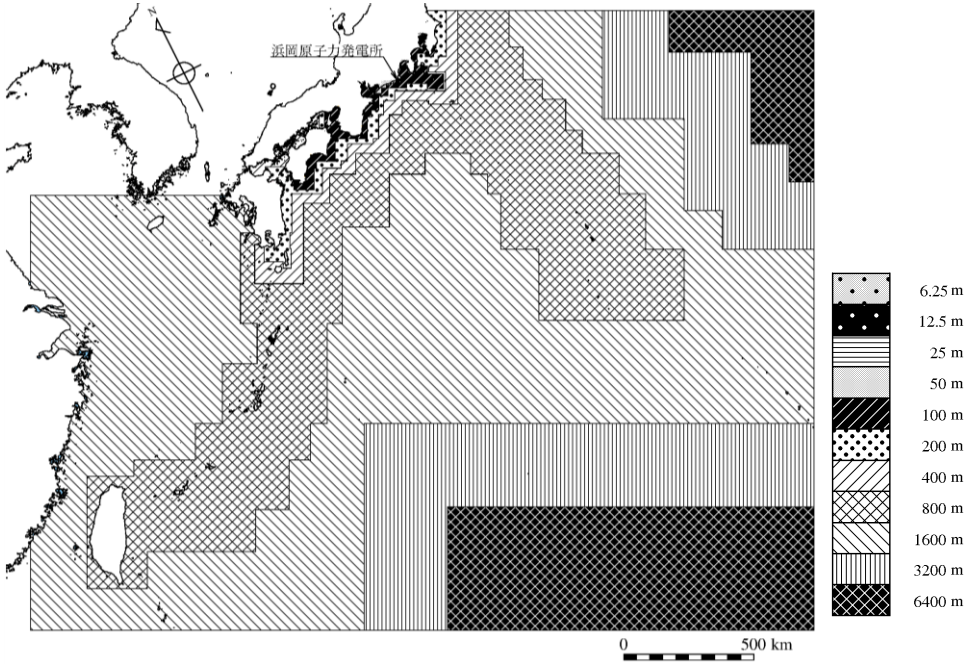
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価

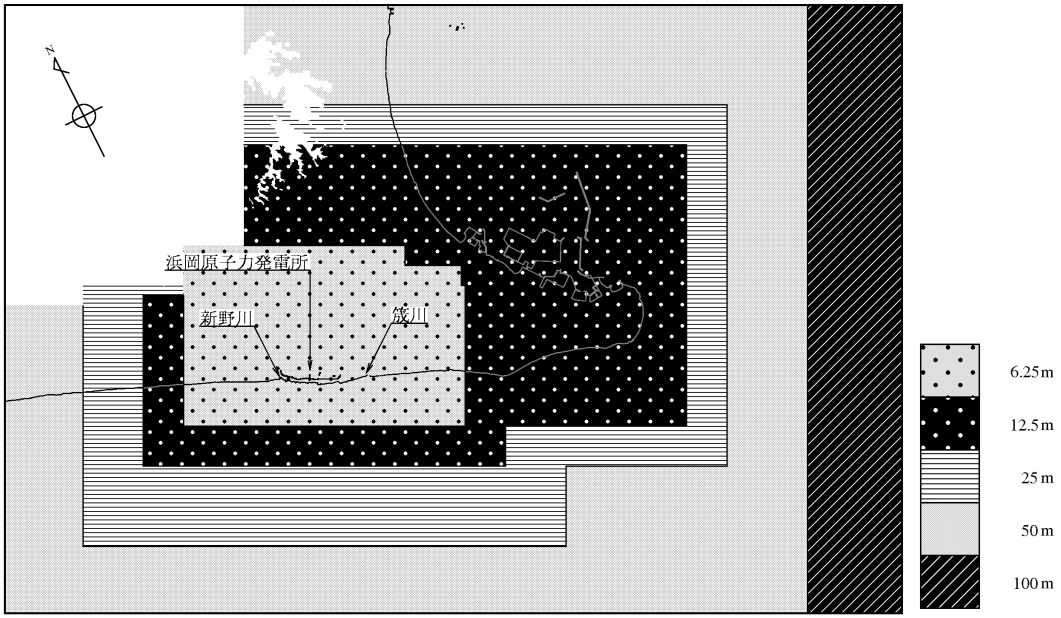
(山体崩壊による津波の数値シミュレーションの方法（計算領域・格子分割））

第862回資料2-1
p.123再掲

- 計算領域は、南海トラフを含む南北約2,500km×東西約3,000kmの領域で設定した。
- 計算格子は、沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m･･･25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔で設定した。
  なお、波源となる御蔵島周辺の計算格子は、山体崩壊の規模（長さ数km程度）を考慮して、100mの格子間隔で設定した。



格子分割サイズ（計算領域全体）



格子分割サイズ（敷地周辺）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価
(山体崩壊による津波の数値シミュレーションの方法（計算条件）)

第547回資料1-1
p.65再掲

項目	計算条件　（津波の数値シミュレーション）
基礎方程式	・非線形長波理論（浅水理論）の連続式及び運動方程式
計算領域	・南北約2,500km×東西約3,000kmの領域
格子分割サイズ	・計算格子は沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m、800m、400m、200m、100m、50m、25m、12.5m、6.25m と1/2ずつ徐々に細かい格子間隔を設定
境界条件	・沖側境界条件はCerjan et al.(1985)の吸収境界 ・格子分割サイズが100m以上の領域では汀線で完全反射境界 ・格子分割サイズが50m～6.25mの領域では陸域への遡上計算を実施 ・津波先端部の移動境界条件は小谷ほか（1998）
初期潮位	・水位上昇側　朔望平均満潮位　T.P.+0.80m ・水位下降側　朔望平均干潮位　T.P.－0.93m　（朔望平均満潮位・干潮位とも御前崎検潮所2003年～2012年の平均値）
海底摩擦損失係数	・マニングの粗度係数0.025$m^{-1/3}s$
水平渦動粘性係数	・10m^2/s
計算時間間隔	・0.125s
計算時間	・3時間

項目	計算条件　（水路及び水槽）
基礎方程式	・管水路および開水路の連続式及び運動方程式 ・水槽の水位計算式
計算領域	・取水路　(1～4号)取水塔～取水トンネル～取水槽 (5号)　取水塔～取水トンネル～取水槽～原子炉機器冷却海水取水路～原子炉機器冷却海水ポンプ室 ・連絡水路　：2号取水トンネル～3号取水槽～4号取水槽～5号取水槽 ・放水路　：放水口～放水トンネル～放水ピット
マニングの粗度係数	・取水路、連絡水路　：　n = 0.025$m^{-1/3}s$ ・放水路　：　n = 0.020$m^{-1/3}s$
計算時間間隔	・0.025s

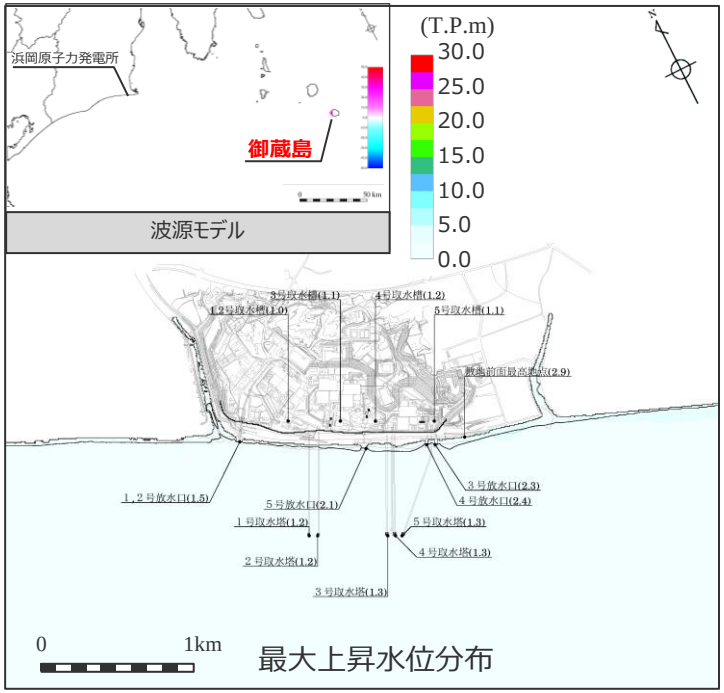
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価結果

（山体崩壊による津波の津波評価結果（水位上昇側・水位下降側））

第862回資料2-1
p.125再掲

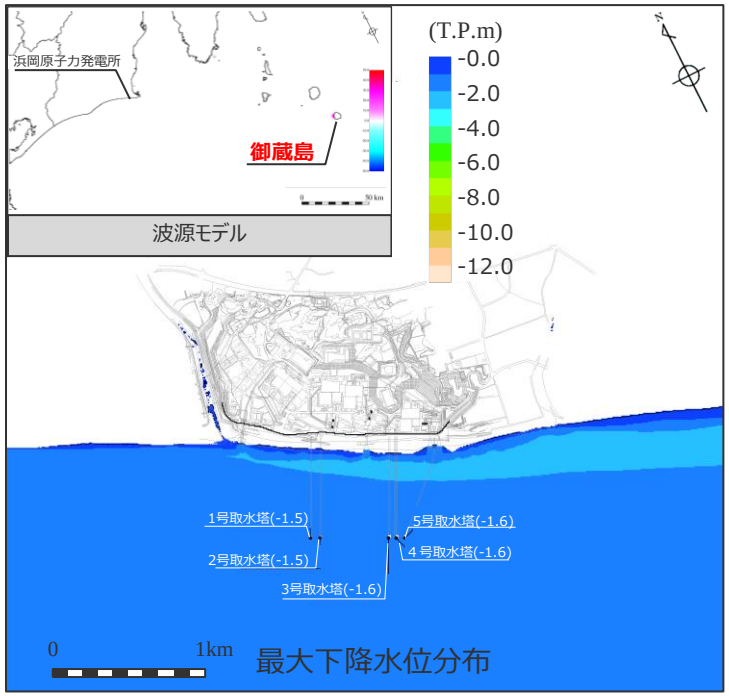
【水位上昇側】



◆Wattsほかの予測式

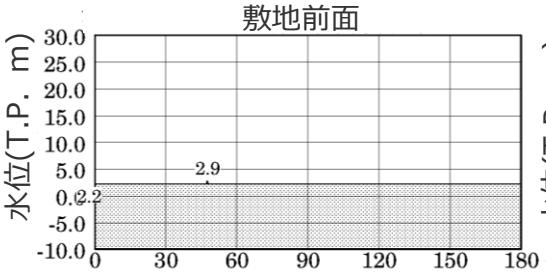
・朔望平均満潮位
T.P.＋0.80mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高

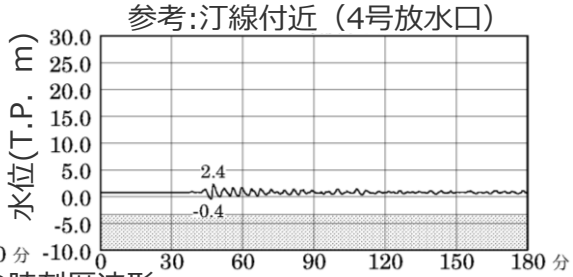
【水位下降側】



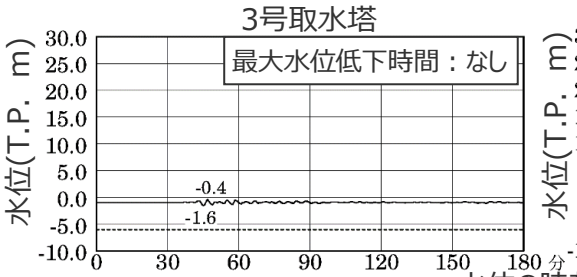
◆Wattsほかの予測式

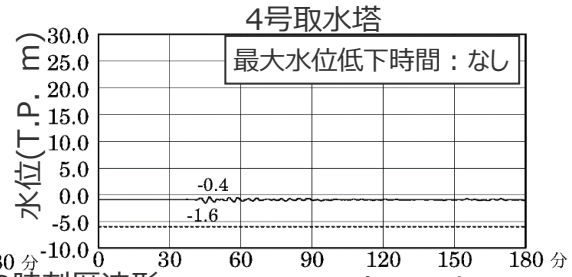
・朔望平均干潮位
T.P.－0.93mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高
・点線は取水塔呑口
下端レベル





水位の時刻歴波形





水位の時刻歴波形

(T.P.m)

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
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）

・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。

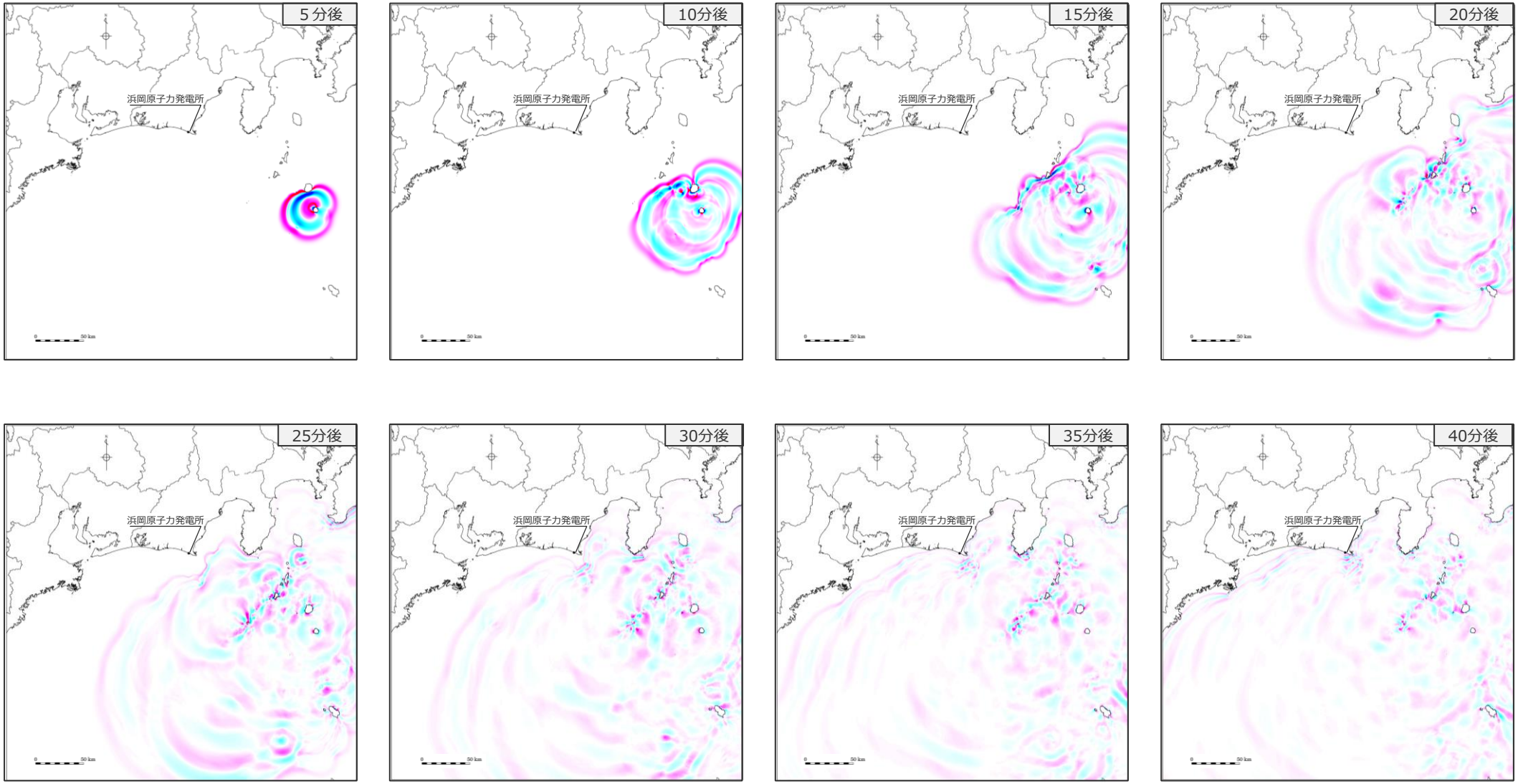
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価結果

（山体崩壊による津波の津波伝播状況のスナップショット(水位上昇側)）

第862回資料2-1
p.126再掲

■御蔵島の山体崩壊による水位上昇側の津波伝播の様子を示すスナップショットを示す。



・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを考慮

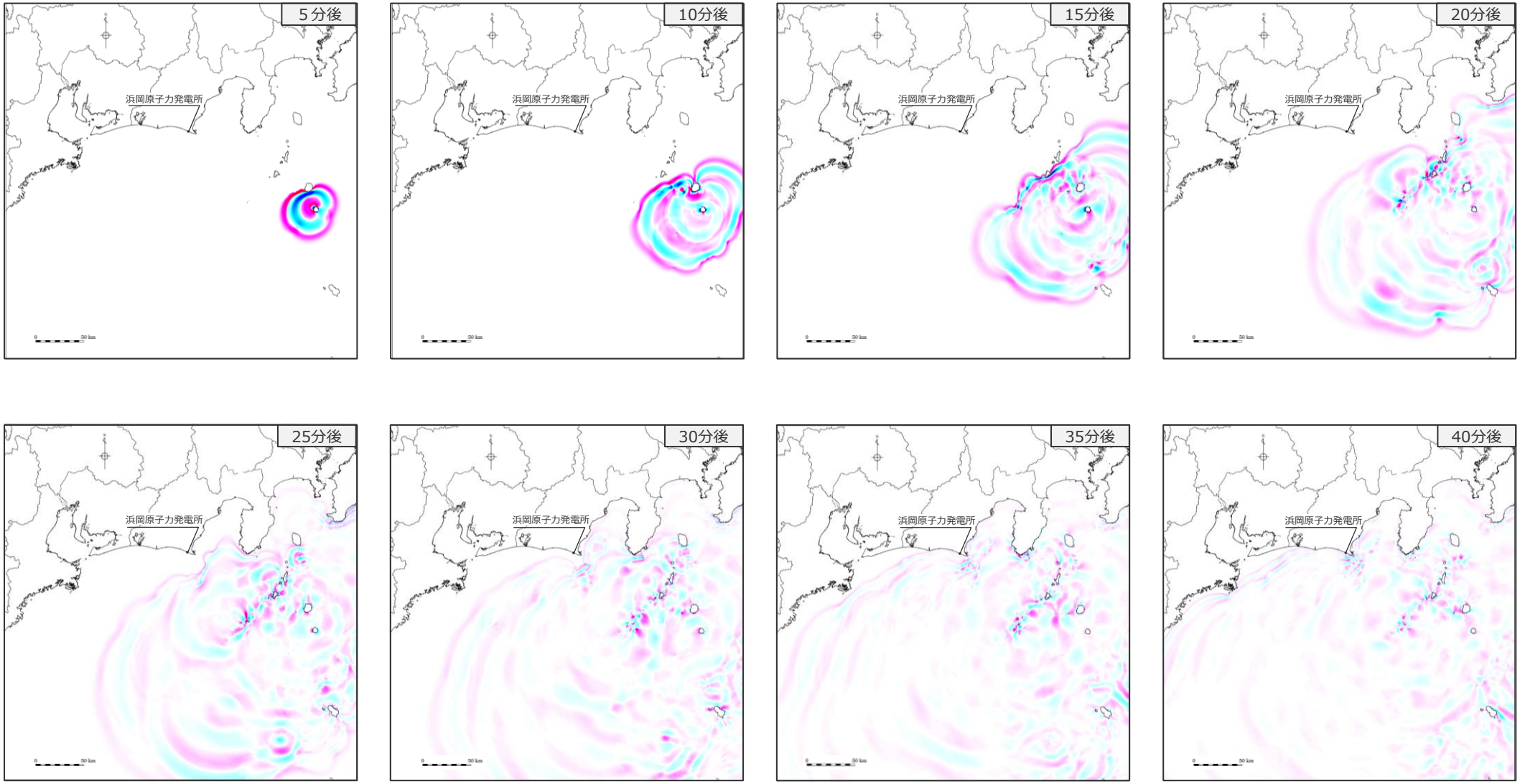
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーションによる津波評価結果

（山体崩壊による津波の津波伝播状況のスナップショット(水位下降側)）

第862回資料2-1
p.127再掲

■御蔵島の山体崩壊による水位下降側の津波伝播の様子を示すスナップショットを示す。



・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

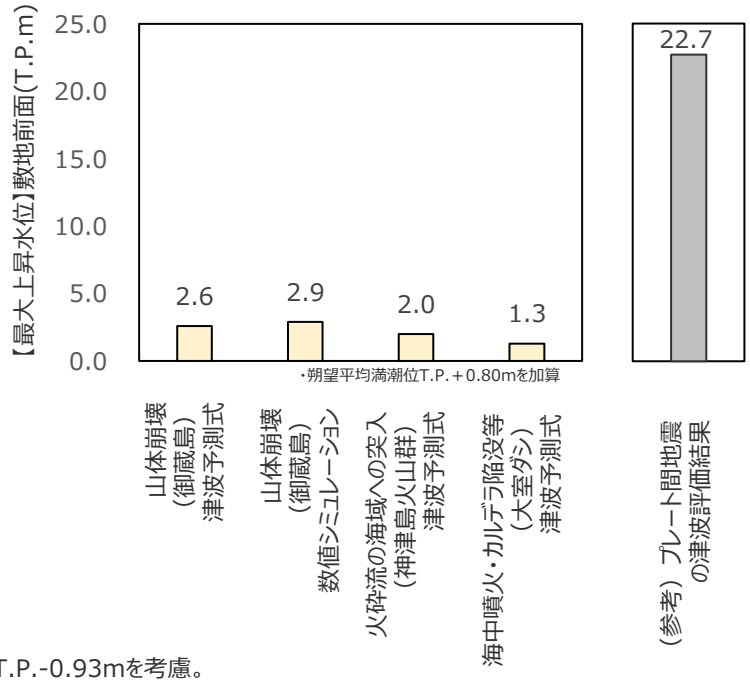
火山現象の津波評価結果

第1168回資料2-2
p.134一部修正

■ 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた津波予測式を用いて津波評価を行った。
さらに、相対的に影響の大きい御蔵島の山体崩壊による津波については複数の手法で検討することとし、数値シミュレーションによる津波評価を行った。
■ その結果、いずれの火山現象の津波についても、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比較して敷地への影響が小さく、プレート間地震の津波影響の方が支配的であることを確認した。

火山現象の津波評価結果

津波発生要因	火山名	評価手法	【最大上昇水位】敷地前面(T.P.m)	【最大下降水位】3,4号取水塔(T.P.m)（水位低下時間）
山体崩壊	御蔵島	津波予測式 (Huber and Hager(1997)他)	*2.6*※ *(1.8)*	–
		数値シミュレーション (Wattsほかの予測式)	**2.9**	**-1.6** (なし)
火砕流の海域への突入	神津島火山群	津波予測式 (Huber and Hager(1997)他)	*2.0*※ *(1.2)*	–
海中噴火・カルデラ陥没等	大室ダシ	津波予測式 (Levin and Nosov(2009))	*1.3*※ *(0.5)*	–



※津波予測式による津波評価
上段：津波予測式による津波高に朔望平均満潮位(T.P.+0.8m)を加算した数値
下段（カッコ内）： 津波予測式による津波高
・ 数値シミュレーションによる津波評価においては、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。
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について、仮想的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) を想定した場合でも、その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2-2を参照。今後補足説明資料へ掲載）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　海底地すべりの津波評価　18
1.1　海底地すべりに関する調査　21
1.1.1　海底地すべりに関する文献調査　21
1.1.2　海底地すべりに関する地形判読調査　26
1.2　検討対象とする海底地すべりの選定　34
1.3　海底地すべりの津波評価　37
2　陸上地すべりの津波評価　71
3　火山現象の津波評価　76
3.1　原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出　80
3.2　火山現象の津波発生要因に関する調査　91
3.2.1　個別火山の津波発生要因に関する調査　91
3.2.2　伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査　102
3.2.3　津波発生要因の規模に関する評価　115
3.3　火山現象の津波評価　119
4　地震以外の要因による津波の評価結果まとめ　140
（補足）複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響確認　143

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地震以外の要因による津波の評価結果まとめ（再掲）

第1168回資料2-2
p.139一部修正

■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）					

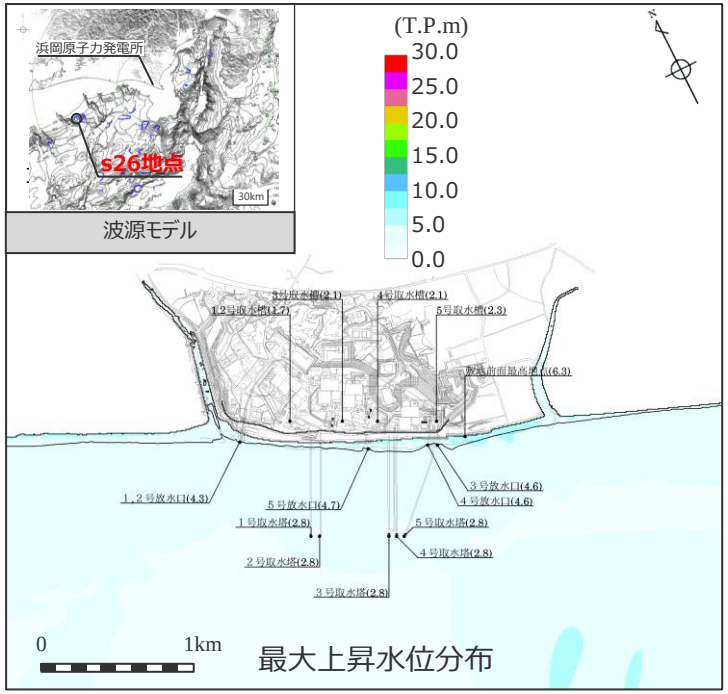
・ 水位上昇側では朔望平均満潮位T.P.＋0.80mを、水位下降側では朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
（数値シミュレーションによる津波評価では数値計算の中で朔望平均潮位を考慮。津波予測式による津波評価（斜字※）では津波水位の算定後に朔望平均潮位を加算。）
・ 水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地震以外の要因による津波評価結果（再掲）
（s26地点の海底地すべり）

第547回資料1-1
p.82再掲

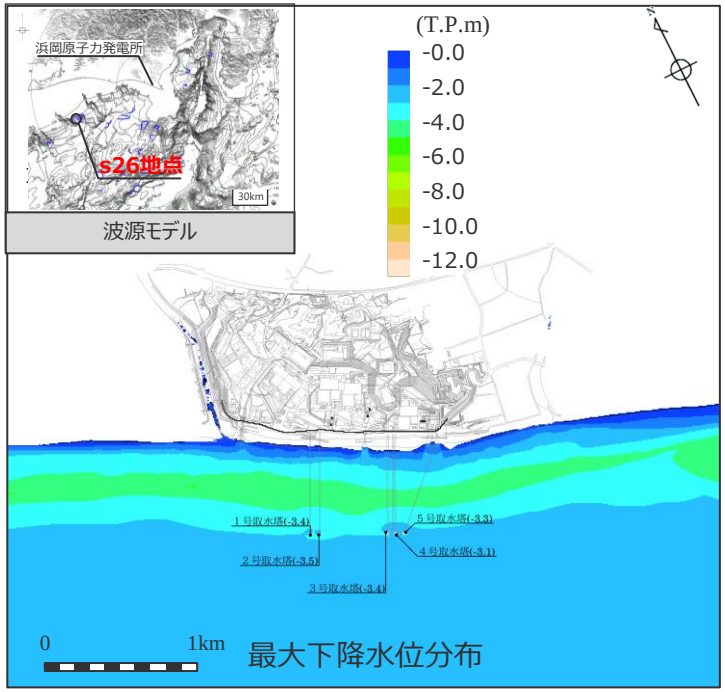
【水位上昇側】



◆Wattsほかの予測式

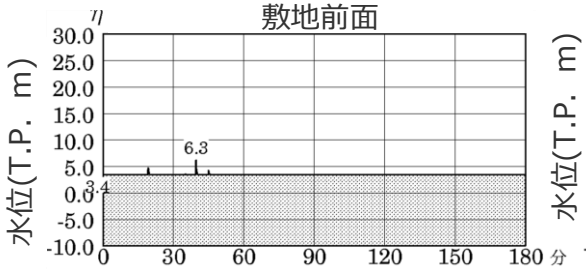
・朔望平均満潮位
T.P.＋0.80mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高

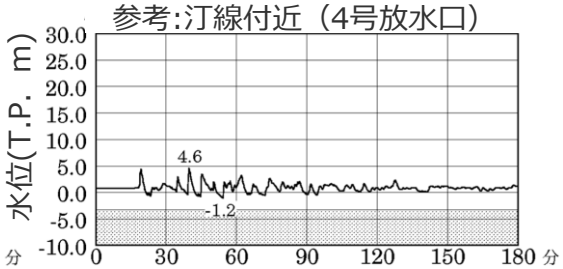
【水位下降側】



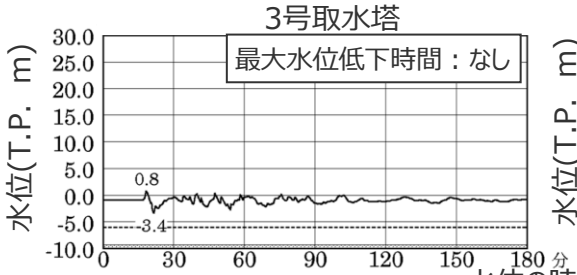
◆Wattsほかの予測式

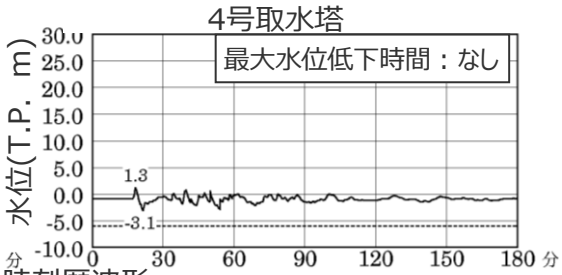
・朔望平均干潮位
T.P.－0.93mを考慮
・網掛け部の上端は
当該地点の標高
・点線は取水塔呑口
下端レベル





水位の時刻歴波形





水位の時刻歴波形

(T.P.m)

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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.