

副本

平成28年(ワ)第289号

原告 [REDACTED] 外65名

被告 四国電力株式会社

平成30年1月15日

準備書面(6)

広島地方裁判所民事第2部 御中

被告訴訟代理人弁護士

田代



同弁護士

松繁



同弁護士

川本賢



同弁護士

水野絵里奈



同弁護士

福田



同弁護士

井家武



目次

第1	基準津波の策定について	1
1	既往津波に関する調査	2
2	津波発生要因の検討（対象津波の選定）と津波評価	3
(1)	地震に起因する津波の検討	3
ア	海域の活断層による地震に伴う津波の検討	4
イ	プレート間地震に伴う津波の検討	6
	(ア) 南海トラフの巨大地震に伴う津波	8
	(イ) 南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした 津波	11
(2)	海底及び陸上での地すべりに伴う津波の検討	14
(3)	火山現象に伴う津波の検討	16
3	重畳津波の検討	19
4	基準津波の策定	19
第2	原告らの主張に対する反論	22
1	プレート間地震に伴う津波について	22
2	海域の活断層による津波について	28
(1)	「慶長豊予地震」に伴う津波の考慮について	28
(2)	海域の活断層の考慮について	30
第3	まとめ	34

原告らは、原告ら準備書面（13）において、被告が本件3号機の基準津波を策定するにあたり考慮した地震に伴う津波が過小評価であるとして、縷々主張する。しかし、被告は、答弁書「被告の主張」第7の3(4)（220頁以下）で述べたとおり、本件3号機の基準津波を適切に策定しており、原告らの主張はいずれも理由がない。

本書面では、まず、第1において被告が基準津波を適切に設定していることについて答弁書の内容を敷衍して述べた上で、第2において原告らの主張する各論点の誤りについて述べる。

第1 基準津波の策定について

被告は、津波の評価において、文献調査並びに本件発電所の敷地及び敷地周辺の津波堆積物に関する調査により抽出した、過去に本件発電所の敷地に影響を及ぼしたと考えられる既往津波を考慮した上で、本件3号機の敷地に影響を及ぼすと考えられる、海域の活断層による地震及びプレート間地震に伴う津波並びに火山現象、地すべり等の地震以外の事象に起因する津波の選定を行い、数値シミュレーション¹による津波水位の算定を行った。また、これらの津波発生要因の組み合わせ（重畳）についても、本件3号機への影響等を検討し、数値シミュレーションによる評価を行った。

そして、評価結果のうち、本件3号機へ最も大きな影響を与える津波を基準津波として策定することとした。（図1）

なお、以下において評価結果として記載している水位変動の値は、水位上昇側は朔望平均満潮位²（T.P. + 1.62m）を、水位下降側は朔望

¹ 津波の数値シミュレーションとは、実際の海底と海岸の地形を再現したモデルを作成し、津波の発生源となる領域に波源モデルを設定した上で、地盤の隆起・沈降（海面の押し上げ・引き下げ）を発生させ、波の伝播計算を行うことにより、敷地における津波の高さ等を得る手法である。

平均干潮位² (T. P. - 1. 69 m) を考慮した値を示している。

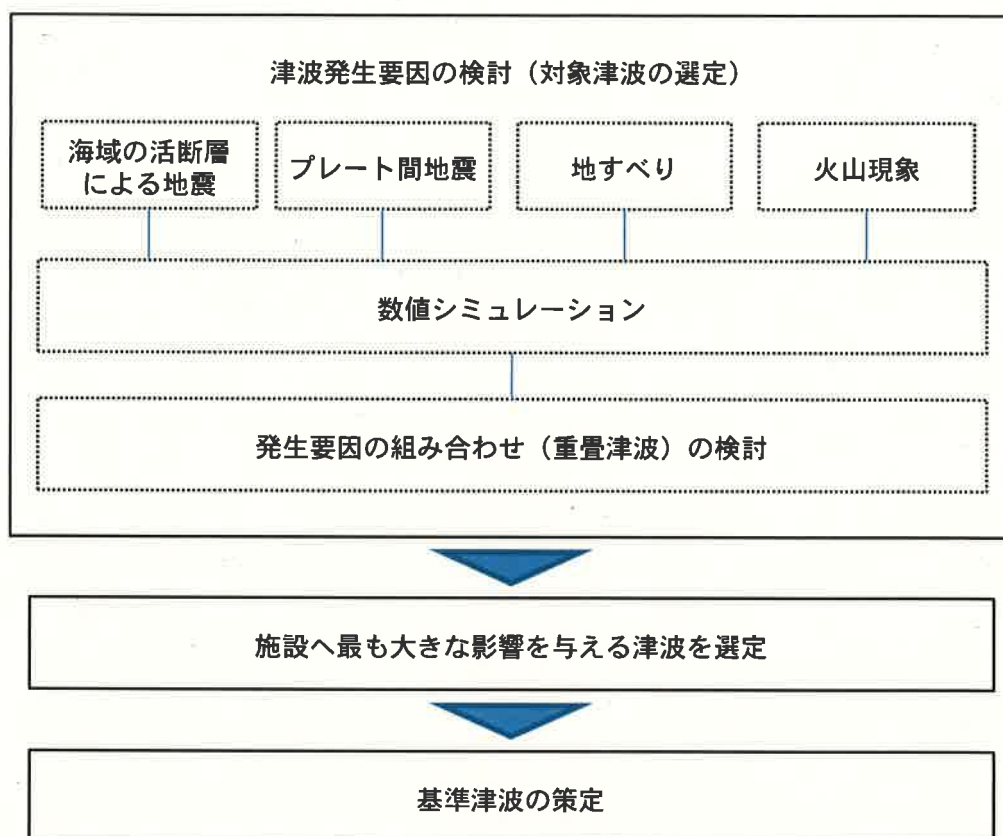


図1 基準津波の策定の流れ

1 既往津波に関する調査

被告は、本件発電所の敷地に影響を及ぼしたと考えられる既往津波に関し、文献調査及び津波堆積物に関する調査を行った。

文献調査の結果、瀬戸内海地域を震源とする地震による津波記録としては1596年に発生した別府湾における豊後地震による津波の記録があるものの、被害の記録は別府湾沿岸のみであり、本件発電所の敷地周辺において被害があったという記録はなかった。太平洋側で発生する南海トラフ

² 朔望平均満潮位、朔望平均干潮位とは、新月(朔)及び満月(望)の日から前2日、後4日の期間に観測された各月の最高満潮面又は最低干潮面を、それぞれ1年以上にわたって平均した海面の高さのことである。

沿いのプレート境界地震に伴う津波については、過去の津波痕跡高さからも瀬戸内海沿岸における津波高さは最大で3 m程度とされている。

また、敷地前面海域である伊予灘をはじめ、別府湾、周防灘及び豊後水道の沿岸部を調査対象とし、当該地域における津波堆積物の報告事例を調査した。その結果、豊後水道沿岸では比較的顕著な津波の痕跡が残されているものの、佐田岬西端の調査地点ではこれらの痕跡は残っておらず、太平洋側から本件発電所が立地する伊予灘側に入り込んでくる津波の影響は小さいと考えられる。また、瀬戸内海側においても、正断層型の海底活断層が分布する別府湾では津波の痕跡が見られるものの、横ずれ型の海底活断層が分布する伊予灘での津波の痕跡を報告したものはなかった。（乙13（6-7-1～6-7-5頁））

2 津波発生要因の検討（対象津波の選定）と津波評価

上記1の調査結果等を踏まえ、津波発生要因ごとの検討を行い、数値シミュレーションによる評価の対象とする津波（対象津波）の選定を行った。そして、対象津波について、不確かさを考慮した数値シミュレーションを実施し、本件3号機への影響を評価した。

(1) 地震に起因する津波の検討

本件3号機に影響を与える可能性がある地震に起因する津波として、海域の活断層に想定される地震に伴う津波及びプレート境界付近に想定される地震に伴う津波について検討した。以下、具体的に述べる。

なお、海洋プレート内地震に伴う津波については、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに潜り込む境界（南海トラフ）よりも海側、つまり、本件3号機に影響を与える可能性のあるプレート間地震に伴う津波よりも遠方での発生が想定されるが、想定される津波の規模及び敷

地とプレート境界との位置関係から、プレート境界付近に想定される地震に伴う津波と比較して影響が小さいことは明らかである。このため、その影響は、プレート境界付近に想定される地震に伴う津波に包含されるものとして、個別の検討は必要ないと判断した。

ア 海域の活断層による地震に伴う津波の検討

敷地に最も近い海域の活断層は、敷地前面海域の断層群であり、横ずれの断層である。横ずれ断層は、地震に伴って大きな津波が生じる可能性は低いが、仮に縦ずれとなるすべり成分を加味して津波を想定した場合には、敷地との距離から見て当該断層群に想定される地震による津波が本件3号機に影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。そこで、海域の活断層については当該断層群の地震による津波を対象津波として選定することとした。そして、敷地前面海域の断層群（長さ約54km）は、中央構造線断層帯を構成する活断層であることから、地震動評価と同様、中央構造線断層帯及び別府－万年山断層帯の連動を最大限考慮する（長さ約480km）こととした上で、津波の波源となる伊予灘から別府湾にかけての海域を横断する、伊予セグメント、敷地前面海域の断層群及び別府－万年山断層帯の3区間（全長約130km）での連動を考慮した（図2）。

地震規模については、地震調査研究推進本部による「活断層の長期評価手法」報告書（乙185）の長大断層の地震規模の考え方（乙185（26頁））に基づき、土木学会（2002）³（乙186）に記載の武村（1998）⁴（乙135）の手法で設定した。伊予セグメン

³ 「原子力発電所の津波評価技術」土木学会原子力土木委員会津波評価部会，2002.

⁴ 「日本列島における地殻内地震のスケーリング則」武村雅之，地震2，51，211-228，1998.

ト（断層長さ約33km）及び敷地前面海域の断層群（断層長さ約54km）については、断層長さ約87kmを地震規模想定区間とし、武村（1998）（乙135）に基づき断層長さより地震規模を設定した。別府-万年山断層帯については、別府湾沿岸に甚大な津波被害を及ぼしたとされる豊後地震津波の痕跡高を精緻に再現する波源モデルを用いて大分県（2013）⁵（乙187）が津波浸水予測を実施している（乙187（1～2頁））。このため、大分県（2013）（乙187）の断層モデル（以下「大分県モデル」という。）を用いることを基本とし、豊予海峡断層を佐田岬西端まで延伸することで、保守的に地震規模が大きくなるように設定した（乙188（43～44頁））。

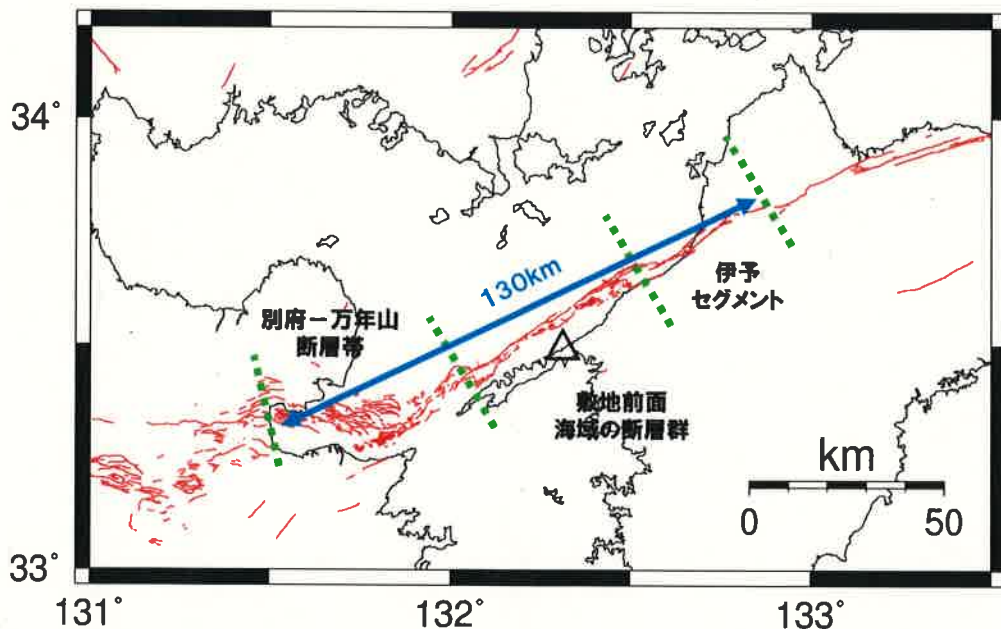


図2 敷地前面海域の断層群による地震に伴う津波の評価において連動を考慮した区間（被告作成）

⁵ 「大分県津波浸水予測調査結果（確定値）について」大分県，2013.

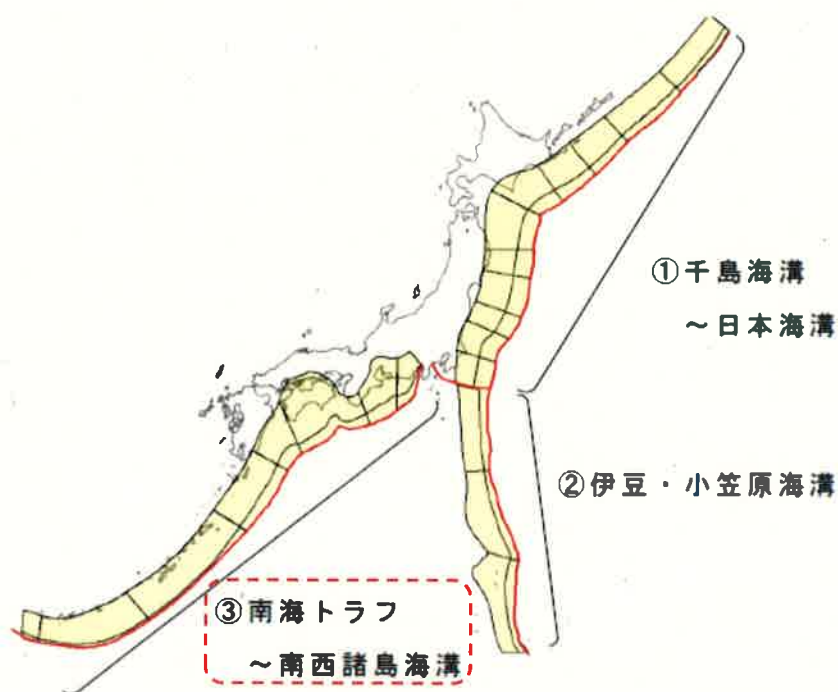
数値シミュレーションの実施にあたっては、不確かさを考慮し、断層傾斜角、すべり角、すべり量等、計算に必要なデータをそれぞれ複数設定し、様々な組み合わせを検討した。その結果、水位上昇は最大でT. P. + 7. 5 6 m (= 5. 9 4 m + 1. 6 2 m, 評価地点：本件3号機敷地前面) であり、水位下降はT. P. - 4. 0 8 m (= - 2. 3 9 m - 1. 6 9 m, 評価地点：本件3号機海水取水口) であった。(以上、乙13(6-7-12~6-7-16頁, 6-7-38~6-7-39頁, 6-7-66頁))

イ プレート間地震に伴う津波の検討

既往津波に関する文献調査の結果、プレート境界付近に想定される地震に伴う津波については、南海トラフ沿いのプレート境界で発生する地震に伴う津波を検討対象とした。

南海トラフ沿いのプレート境界における地震に伴う津波のモデルについては、過去の地震津波に基づくものがある他、過去の津波の波高を包絡するように設定された中央防災会議の「想定東南海・南海津波」、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を踏まえてこれを上回る地震規模で設定された、南海トラフの巨大地震対策を検討する際に想定すべき最大クラスの地震を想定した内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(以下「内閣府検討会」という。)の「南海トラフの巨大地震に伴う津波」がある。被告は上記のうち、地震規模が最も大きく、本件3号機に対して最も影響が大きいと考えられる津波、すなわち「南海トラフの巨大地震に伴う津波」を対象津波として選定した。

また、津波ガイド⁶（乙189）では、プレート間地震に起因する津波波源を設定する対象領域として、図3に示す3つの領域を例示しており、南海トラフについては、南海トラフから南西諸島海溝まで含めた領域を対象領域として区分している（津波ガイド3.3.2〔解説〕(2)）。そして、南海トラフの海域は、テクトニクス的背景が2004年スマトラ島沖地震と類似しているとの指摘があること等を踏まえ、「南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした津波」についても、検討用津波として選定した。



（津波ガイド（乙189）を基に作成）

図3 南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域

⁶ 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月）

(ア) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

内閣府検討会は、東北地方太平洋沖地震を契機として中央防災会議の下に設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」により示された「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、発生し得る最大クラスの地震・津波を検討し、公表している（内閣府検討会（2012）⁷（乙190（1～3頁）））。

想定津波波源域については、東側（駿河湾側）は駿河湾における南海トラフのトラフ軸から、南西側（日向灘側）は九州・パラオ海嶺の北側付近でフィリピン海プレート境界面の深さ約30 km からそれよりもやや深い深部低周波地震が発生している領域まで（日向灘の領域はプレート境界面の深さ約40 km まで）としている（図4）。

⁷ 「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）」内閣府検討会，2012.

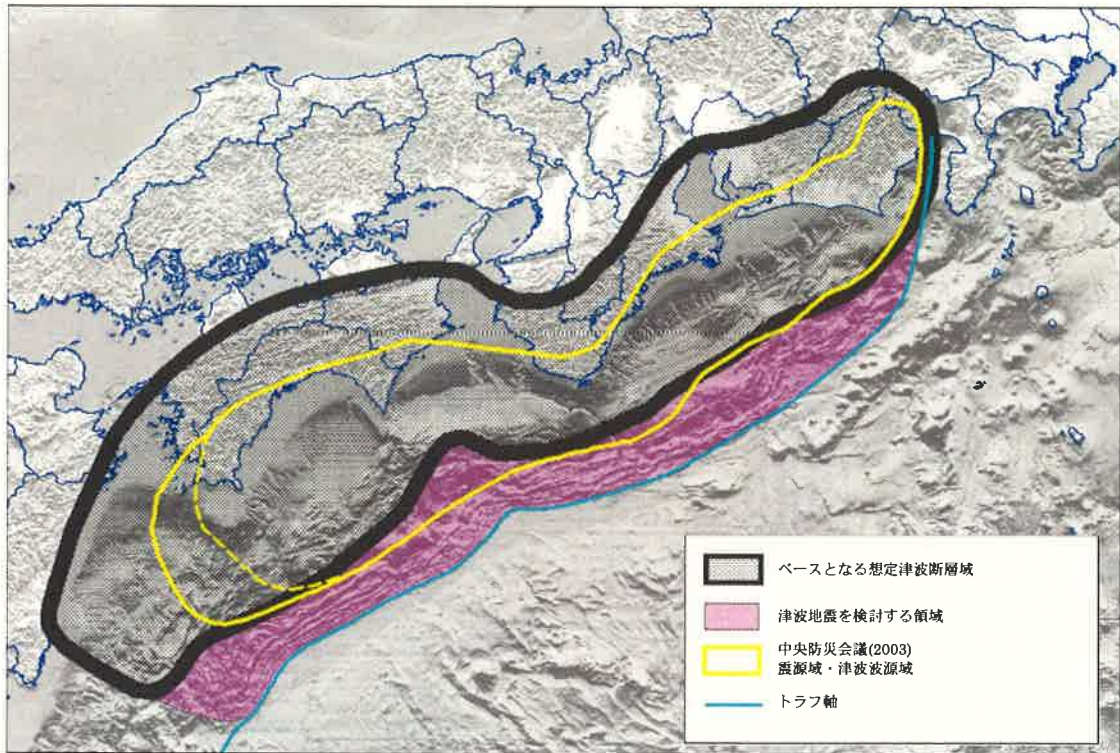


図4 内閣府検討会の想定津波波源域（乙13（6-7-63）より）

津波波源モデルの設定にあたっては、南海トラフで発生した過去の地震に加えて、世界の海溝型地震の震源断層モデルの調査結果も踏まえて、地震規模（ $M_w 9.1$ ）を設定するとともに、津波水位への影響が大きい断層のすべり量に関して、「大すべり域（約20m）」、「超大すべり域（約40m）」の設定を行っている。波源が広大であるため、「大すべり域」等の設定位置により地域毎の影響度合いが異なることから、「大すべり域」等の位置を複数想定し、全11ケースの検討を実施している。

被告は、内閣府検討会が公表した全11ケースのうち、本件3号機への影響が大きいと考えられる四国沖から九州沖に大すべり域及び超大すべり域が設定されているケース（乙190（7頁，49頁）

のケース⑤（「四国沖～九州沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定したケース）による津波を対象津波として選定した（以下、これを「南海トラフの巨大地震に伴う津波」という。）。南海トラフの巨大地震に伴う津波の津波波源となる断層モデルを図5に示す。

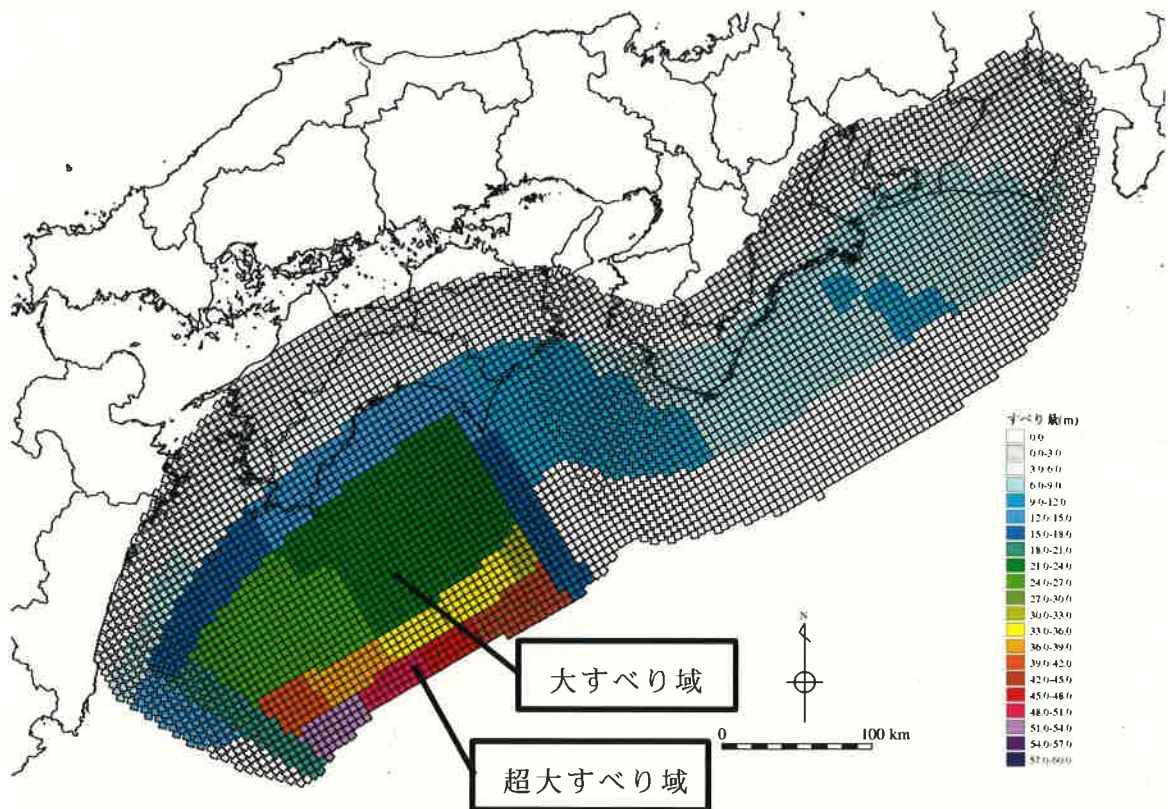


図5 南海トラフの巨大地震に伴う津波の断層モデル
 (乙13(6-7-64)を基に作成)

南海トラフの巨大地震に伴う津波の数値シミュレーションの結果、水位上昇は最大でT. P. +2.45m(=0.83m+1.62m, 評価地点:本件3号機敷地前面)であり、水位下降は最大でT. P. -2.55m(=-0.86m-1.69m, 評価地点:本件3号機海水取水口)であった。

(イ) 南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした津波

南海トラフから南西諸島海溝までの領域を対象とした津波については、この海域の「テクトニクス背景が2004年スマトラ島沖地震と類似している」との指摘がなされていることを踏まえ、同地震をはじめとする世界の超巨大地震（ M_w 9.0程度以上の地震）の発生地域において、地震との関連性が高い「プレート境界面の固着域⁸」（図6）に着目した分析を行い、この海域において超巨大地震の発生が想定されるか否か等について検討を行った。

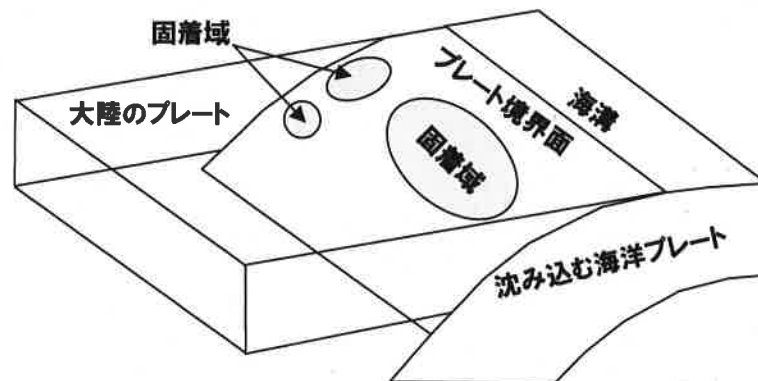


図6 プレート境界面の固着域の模式図（乙188（25頁）より）

南海トラフから南西諸島までの海域で発生する地震について、垣見ほか（2003）⁹（乙191）の地震地体構造区分等を参考に、4つの領域（南海トラフ、琉球海溝北部、琉球海溝中部、琉球海溝

⁸ 南海トラフなどのプレート境界では繰り返し大地震が起きているが、これはプレートの沈み込み口である海溝に近いところでプレート境界が強く固着していることと関係しており、2つのプレートが境界で強く固着している場所を「固着域」と呼ぶ。ここでは数十年から百年以上の間、プレート同士がくっついていて、あるとき大きくずれて、強い地震動や大きな津波が引き起こされる。

⁹ 「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」垣見俊弘・松田時彦・相田 勇・衣笠善博，地震2，55，389-406，2003.

南部)に区分し、各領域での固着域に関する分析及び領域境界を越えて固着域が破壊する可能性の検討を行ったところ、4つの各領域内における最大規模の歴史地震は、南海トラフではMw8.5クラス、琉球海溝北部・中部ではそれぞれMw8.0クラス、琉球海溝南部ではMw8.5クラスであり、南海トラフから南西諸島までの領域においては、世界の超巨大地震発生地域にみられるような規模の大きな固着域はなく、各領域内で知られている歴史地震の規模と整合的な規模の固着域が想定された。さらに、固着域及び構造的な境界に関する分析結果から、南海トラフから南西諸島までの領域において、各領域を横断するような破壊伝播(スケーリング的な運動)を考慮する必要はないと考えられた。

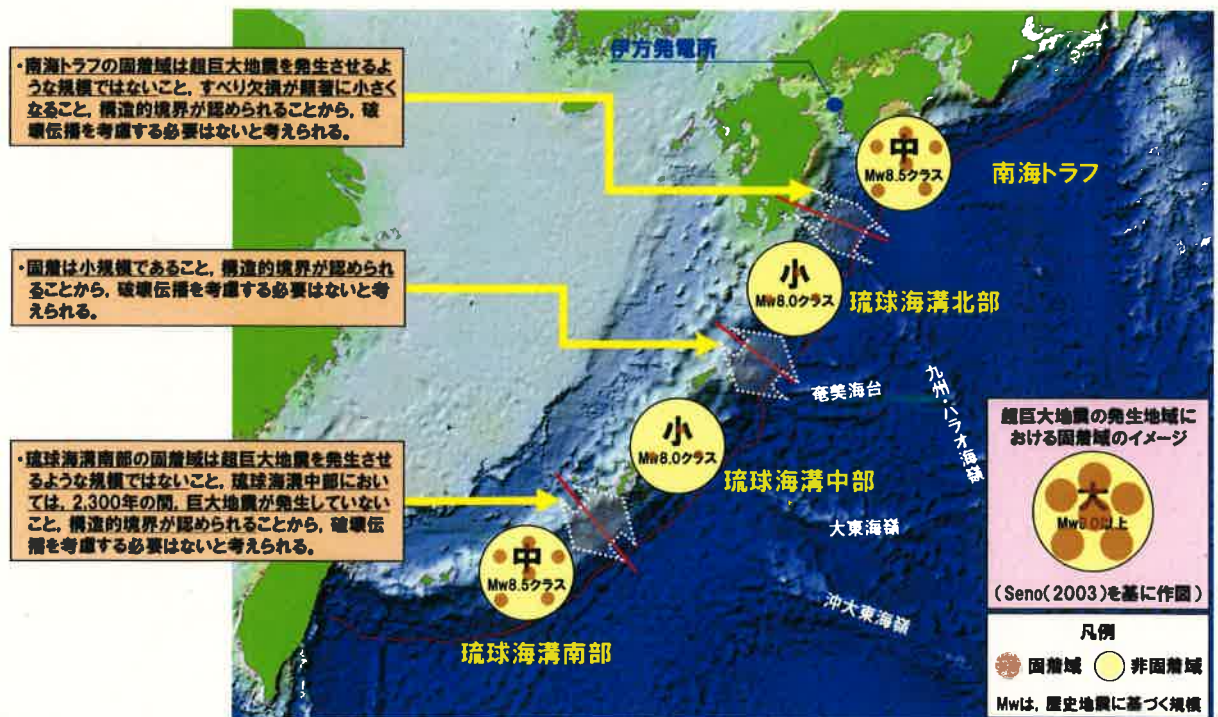


図7 各領域の固着域のイメージ (乙188 (28頁) より)

しかしながら、不確かさを十分に安全側に考慮し、さらに東北地方太平洋沖地震での教訓を踏まえ、科学的・技術的知見に基づく想定を超える事態があり得るとの観点から、東北地方太平洋沖地震と同様のMw9.0クラスの地震を想定することとし、本件3号機への影響が最も大きくなるよう琉球海溝北部から中部の領域での連動を考慮し、プレート境界面の破壊の伝わり方が異なる3ケース(図8)の津波波源を設定した。

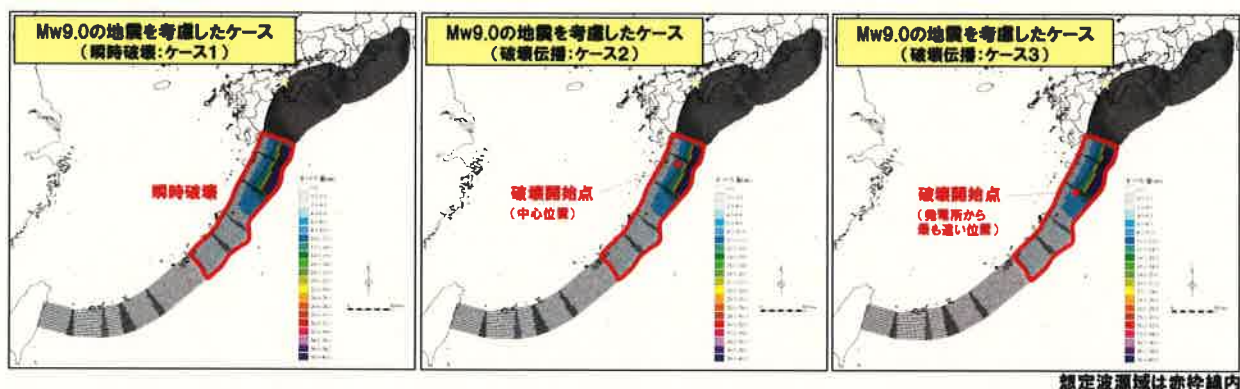


図8 琉球海溝北部から中部の領域にMw9.0の地震を考慮した津波波源
(乙13(6-7-65)より)

そして、数値シミュレーションの結果、水位上昇は最大でT.P.+2.02m(=0.40m+1.62m、評価地点：本件3号機敷地前面)であり、取水口における水位下降はT.P.-2.05m(=-0.36m-1.69m、評価地点：本件3号機海水取水口)となり、「南海トラフの巨大地震に伴う津波」に比べ、本件3号機への影響は小さいことを確認した。

(以上、乙13(6-7-7~6-7-12頁、6-7-35頁))

(2) 海底及び陸上での地すべりに伴う津波の検討

ア 海底地すべりについて

本件発電所の敷地は外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面しており、その海底地形は極めて平坦であり、また敷地周辺において海底地すべりによる津波被害があったという記録も見当たらない。さらに、敷地周辺の海底地形判読を行うとともに、音波探査記録を用いた検討も行ったが、本件発電所の敷地周辺に海底地すべりの痕跡は認められなかった。このため、仮に海底地すべりを要因とする津波があったとしても本件3号機に与える影響は、他の要因による津波に比べ小さいものであると判断した。

イ 陸上での地すべりについて

本件発電所の敷地周辺の陸域には、三波川帯の塩基性片岩が広く分布し、地すべりの痕跡が点在している。地すべりを引き起こす「きっかけ」としては地震又は降雨が考えられる。このうち、地震に伴う地すべりについては、地すべり学会（2012）¹⁰（乙192）によって総括されており、豊後地震（中央構造線断層帯の延長部が活動したとされている地震）の際に大分県で発生した事例を含め、過去の地震に伴う地すべりの発生箇所が整理されているが、本件発電所の敷地周辺において地震に伴う10万m³を超える地すべりの報告はない（乙192（1～13頁，表3））。また、四国における三波川帯の大規模崩壊は、剣山北東から石鎚山南方の四国山地部で多く、中央構造線沿いではむしろ少ないとの指摘もある（寺戸（1986）¹¹（乙193））。これらのことを踏ま

¹⁰ 「地震地すべり」，社団法人日本地すべり学会，2012.

¹¹ 「四国島における大規模崩壊地形の分布と地域特性」寺戸恒夫，地質学論集，28，221-232，1986.

えれば、本件発電所の敷地周辺において地震に伴う地すべりが発生し、敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は極めて低い。一方、三波川変成岩類分布域においては、古い地すべり地が部分的に降雨地すべりを発生した事例の報告があることなどから、本件発電所の敷地周辺で見られる地すべりの痕跡は降雨に伴う地すべりによるものであると考えられる。しかし、その多くは地形の開析状況等から形成時期が非常に古く、現在は安定していることから、降雨に伴う地すべりによって本件発電所の敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は低い。また、敷地周辺では深層崩壊の報告事例も認められない。こうしたことなどから、伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波のリスクは小さいと考えられるものの、福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、津波に対する備えに万全を期し、津波に対する安全余裕を十分に確保する観点から、沿岸部の自然斜面で降雨に伴う地すべりが発生して岩屑流（地すべり土塊）が海面に突入することで生じる津波について影響を検討することとした。検討の対象とする地すべり地点の選定にあたっては、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図に示された地すべり地形及び1万分の1空中写真を用いた独自の地形判読によって敷地付近の伊予灘沿岸部に分布する地すべり地形を抽出し、地表踏査等によって地すべりの認定、さらには地すべり範囲の確認を行い、縮尺5千分の1の地形図に整理した。認定した地すべり地について、その規模と敷地までの距離等を勘案し、立神岩、小島、海岬西、海岬及び亀浦の5地点（図9）において発生する地すべりに伴う津波を対象津波として選定した。

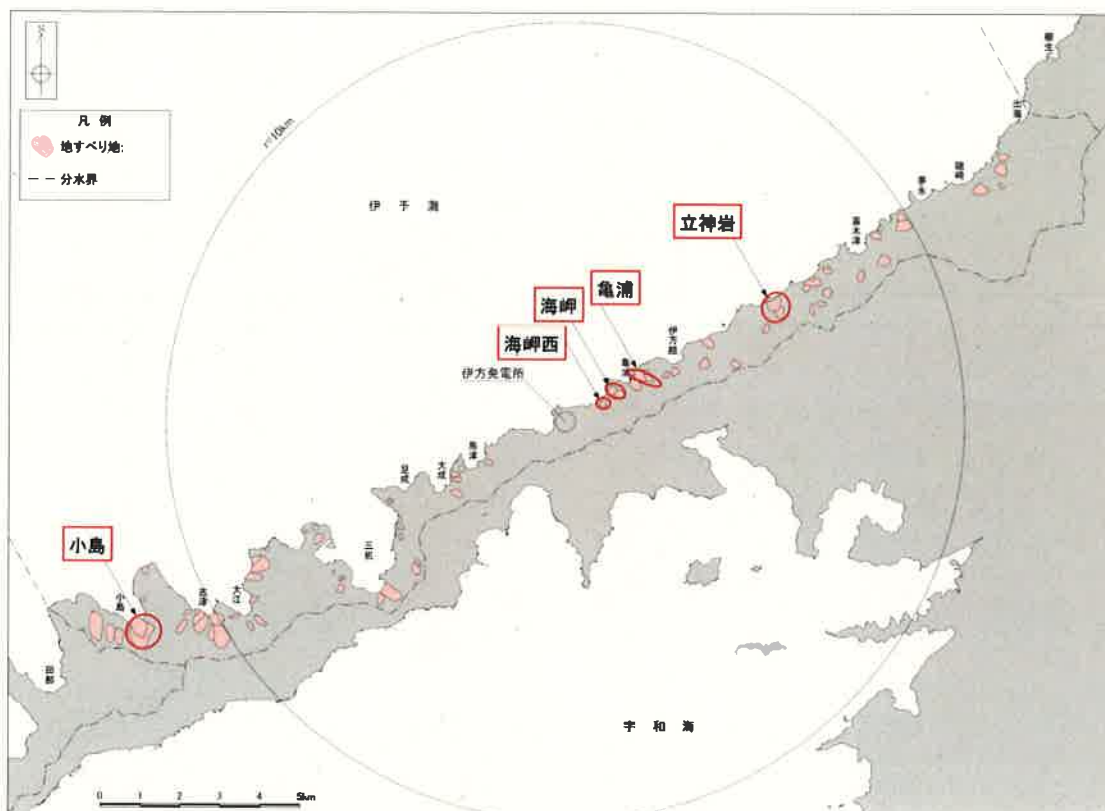


図9 地すべり津波の評価対象とした5地点(乙188(82頁)を基に作成)

数値シミュレーションの結果、水位上昇は最大でT.P.+6.35m(=4.73m+1.62m, 評価地点:本件3号機敷地前面)であり、水位下降は最大でT.P.-3.36m(=-1.67m-1.69m, 評価地点:本件3号機海水取水口)であった。

(以上、乙13(6-7-19~23頁, 6-7-43頁))

(3) 火山現象に伴う津波の検討

本件発電所の敷地前面海域である伊予灘沿岸において将来の活動性を考慮する火山としては、伊予灘西方の別府湾沿いに位置する鶴見岳が存在する。別府湾沿岸では、鹿鳴越などの古い第四紀火山が過去に大規模な山体崩壊を発生させた痕跡が岩屑なだれ堆積物として残っている。ま

た、歴史時代（文献等の記録が残っている時代）にも、1596年に発生した豊後地震に伴って内陸の水口山北斜面で津江岩屑なだれが発生している。この地震の際には沿岸の高崎山で崖崩れが発生したとされ、津波の二次的な要因となった可能性も指摘されている。

このようなことから、本件3号機への影響を考慮すべき津波として、別府湾沿岸の火山の山体崩壊に起因する津波を考慮することとし、中でも活火山であり山体規模も突出して大きい鶴見岳（伽藍岳含む。）の山体崩壊に伴う津波を検討することとした。検討にあたっては、鶴見岳の地形、過去の崩壊規模等を考慮し、山体が大きく別府湾への崩壊物の流入量も大きい鶴見岳東麓の崩壊を想定することとし、①既往最大規模の山体崩壊（崩壊土砂の体積：2000万 m^3 ）及び②仮想的に山頂を含む大規模な山体崩壊（同5億4000万 m^3 ）に起因する津波を対象津波として選定した。

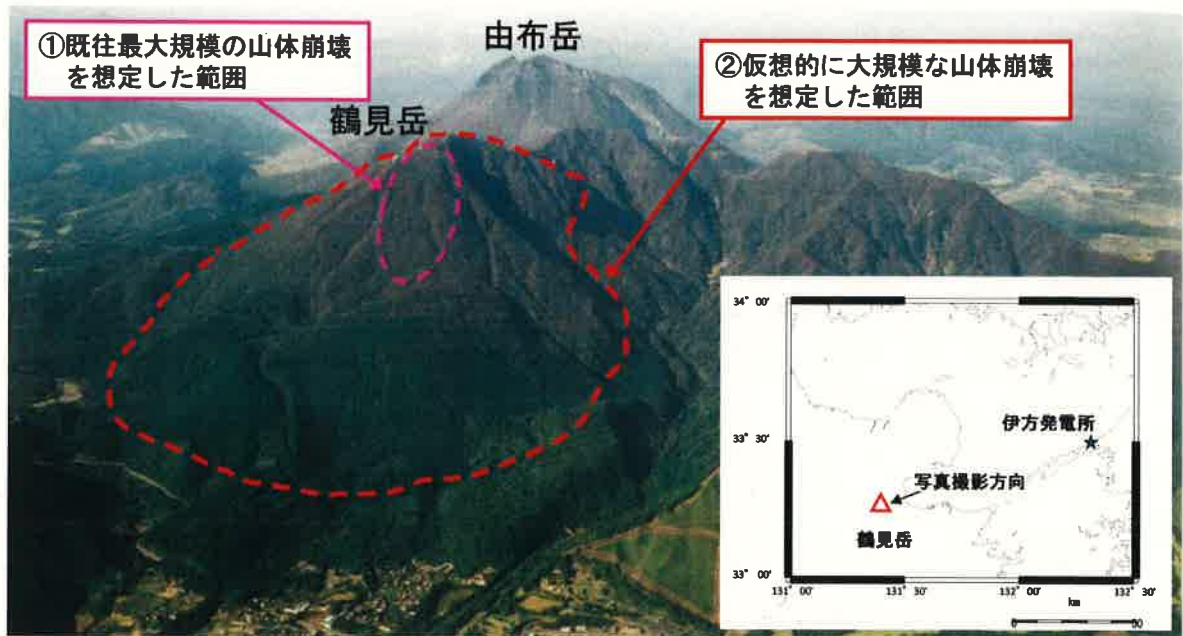


図10 別府湾側から見た鶴見岳と想定する山体崩壊の範囲
(乙188(60頁)を基に作成)

数値シミュレーションの結果、最も厳しいケースとなったのは水位上昇側及び水位下降側のいずれも仮想的なケースである上記②であり、水位上昇は最大でT. P. + 2. 56 m (= 0. 94 m + 1. 62 m, 評価地点：本件3号機敷地前面)であり、水位下降は最大でT. P. - 2. 40 m (= - 0. 71 m - 1. 69 m, 評価地点：本件3号機海水取水口)であった。

なお、津波の要因となる火山現象としては、山体崩壊以外にも、海底火山の噴火、火砕流等が考えられるが、本件発電所において活動を考慮すべき火山には海底火山は存在せず、また、これらの火山の火砕流堆積物の分布も内陸部に限定されることから、これらを要因とする津波の発生は想定されない。

(以上、乙13(6-7-16~19頁, 6-7-42頁))

3 重畳津波の検討

上記2の津波発生要因は、相互の関連性が低いことから、基本的にはこれらの組み合わせを考慮する必要はないと考えられる（例えば、南海トラフの巨大地震に伴う津波と敷地前面海域の断層群による地震に伴う津波については、これらの震源域が互いに遠く離れていることなどから関連性は低い。）。

しかしながら、敷地前面海域の断層群の地震によって上記2(2)イで評価対象とした地すべり地点において小規模な地すべり又は斜面崩壊が発生する可能性は否定できないことなどから、津波に対する備えに万全を期し、さらなる安全性向上を図る観点から、敷地前面海域の断層群による地震に伴う津波と上記2(2)イで検討した地すべりに伴う津波（地震に伴う小規模な地すべり又は斜面崩壊はこれに包含される。）をあえて重畳させ、数値シミュレーションによる評価を行った。

数値シミュレーションの実施にあたっては、地震発生後、地すべりが発生するタイミングを調整するなどの不確かさを考慮し、十分に安全側の結果が得られるよう複数の検討ケースで評価を行った。数値シミュレーションの結果、水位上昇は最大でT.P.+8.12m（=6.50m+1.62m、評価地点：本件3号機敷地前面）であり、水位下降は最大でT.P.-4.60m（=-2.91m-1.69m、評価地点：本件3号機海水取水口）であった。

（以上、乙13（6-7-23～6-7-25頁、6-7-44～6-7-45頁））

4 基準津波の策定

以上の数値シミュレーションによる評価を踏まえ、本件3号機に最も大

きな影響を与える津波を基準津波として策定することとした（乙13（6-7-25～6-7-27頁，6-7-46～6-7-47頁，6-7-49頁））。

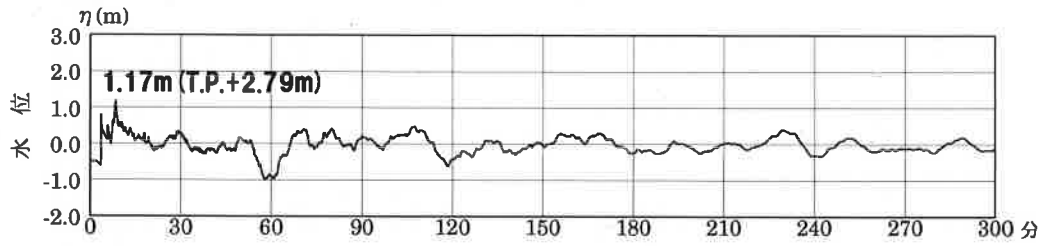
そして，施設からの反射波の影響が微小となるよう，敷地から沖合いへ約2.5km離れた水深約47mの地点を定義地点（図11）として選定し，5波の基準津波を策定した¹²（図12）。



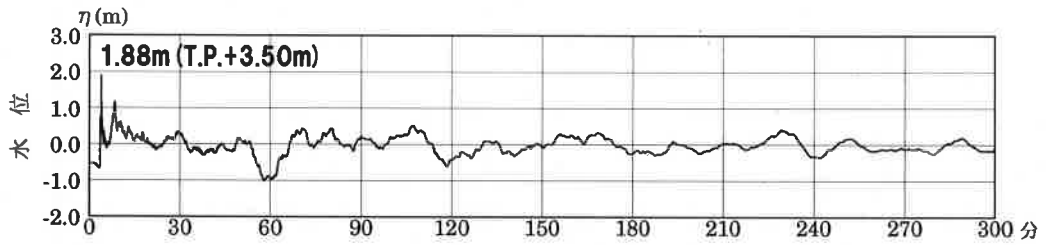
図11 基準津波定義地点（乙13（6-7-89）より）

¹² 津波ガイドは，「基準津波は，敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ，時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう，施設から離れた沿岸域で定義し，時刻歴波形として示されていること」を求めている（津波ガイド3.5.2(1)）。

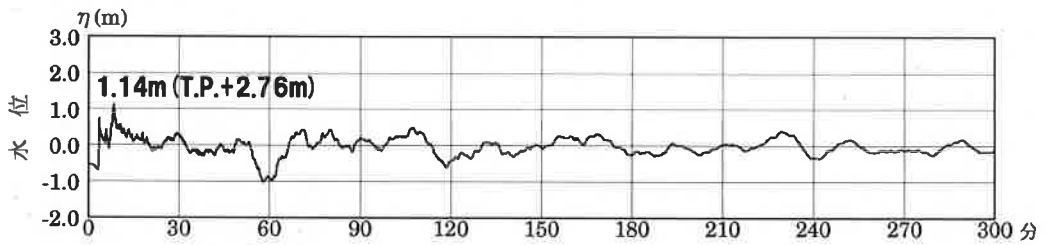
(基準津波 1)



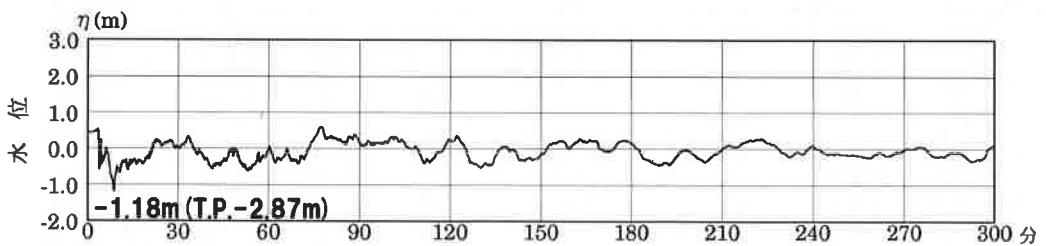
(基準津波 2)



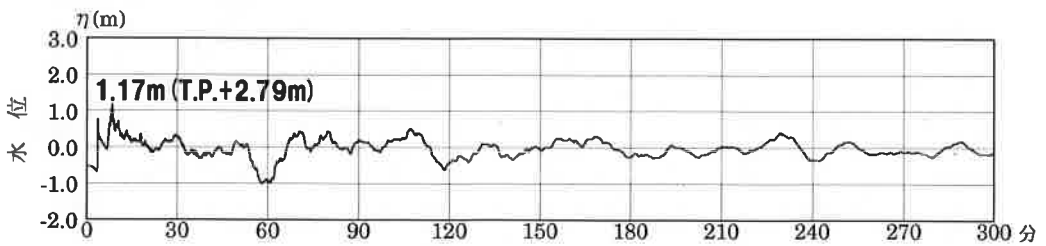
(基準津波 3)



(基準津波 4)



(基準津波 5)



()内の数値は朔望平均満潮位 (T.P.+1.62m) 又は朔望平均干潮位 (T.P.-1.69m) を考慮した値

図 1 2 基準津波定義地点における時刻歴水位

(乙 1 3 (6-7-90, 6-7-91) を基に作成)

表1 基準津波による水位変動の例

	検討ケース	評価地点	水位
水位上昇側	重畳津波	本件3号機	T. P. + 8. 1 2 m
		敷地前面	[- 0. 3 6 m] (注)
水位下降側	重畳津波	本件3号機	T. P. - 4. 6 0 m
		海水取水口	[+ 0. 3 4 m] (注)

(注) 水位の欄の [] は、地殻変動量 (+が隆起, -が沈降)

第2 原告らの主張に対する反論

1 プレート間地震に伴う津波について

(1) 被告の評価が津波ガイドの要求を踏まえたものであること

原告らは、南海トラフの地震に伴う津波について、津波ガイドがMw 9. 6の地震規模の想定を求めているとして、これを想定していない被告の評価結果が過小である旨主張する(原告ら準備書面(13)第2(5頁以下))。

しかしながら、津波ガイドは、プレート間地震に起因する津波波源の設定について、「対象海域における既往地震の発生位置や規模を参考に、プレート境界面の領域区分(以下「セグメント」という。)を設定し、セグメントの組合せにより、津波波源の位置、面積、規模を設定していること」(津波ガイド3. 3. 2(3))、「セグメントの組合せに応じた津波波源の総面積に対し、地震の規模に関するスケーリング則に基づいてモーメントマグニチュード及び平均すべり量を設定していること」(津波ガイド3. 3. 2(4))を求めているが、想定すべき地震規模を具体的数値で定めてはいない。確かに、津波ガイドは、3. 3. 2の〔解説〕

において、プレート間地震に起因する津波波源を設定する対象領域の1つとして南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域を例示し（図3）、当該領域の規模の最大値として「Mw 9.6程度」と記述しているが、その「地震規模は参考値である。」と明記している。つまり、津波ガイドは、本件3号機の基準津波を策定するにあたっては、南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域にプレート境界面のセグメントを設定し、その組み合わせにより波源の位置、面積、規模を想定しているかどうか、当該セグメントを組み合わせ設定した波源の総面積に相応のモーメントマグニチュードが設定されているかどうかを確認すると定めているにすぎず、Mw 9.6の地震を想定するよう求めるものではなく、原告らは、津波ガイドの理解を誤っている。



この点、被告は、南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域において、南海トラフ、琉球海溝北部、琉球海溝中部及び琉球海溝南部の各セグメントを設定し、その組合せ（各領域を横断するような破壊伝播の可能性）を考慮し、琉球海溝北部から琉球海溝中部までの範囲にMw 9クラスの津波波源を設定した（上記第1の2(1)イ(イ)）。そして、その総面積に対して、地震の規模に関するスケーリング則に基づいてモーメントマグニチュード及び平均すべり量を設定しており（乙194（34頁、37頁））、津波ガイドを踏まえた適切な評価を行っているところである。よって、被告の評価を過小であるとする指摘は当たらず、原告らの主張は理由がない。

ちなみに、津波による影響の大きさは、地震の規模よりも、屈折や回り込みなどの伝播経路に大きく左右される、すなわち波源に対する観測位置の地理的条件に大きく左右される。特に本件発電所の地理的条件が

ら；太平洋側で発生し本件発電所が立地する伊予灘側に入り込んでくる津波の影響は限定的であることは明らかである。現に，本件3号機における津波による水位上昇時の最大水位を比較すると，琉球海溝北部及び中部のMw9クラスの地震による津波ではT.P.+2.02m，南海トラフにおけるMw9クラスの地震による津波ではT.P.+2.45mであり，基準津波によるT.P.+8.12mと比較して有意に小さい（表2）。

表2 プレート間地震による津波と基準津波との比較（被告作成）



	最高水位	
		潮位の影響(+1.62m)を除いた水位 (津波による純粋な水位変動量)
南海トラフにおける Mw9クラス 	T.P.+2.45m	+0.83m
琉球海溝北部及び中部の Mw9クラス 	T.P.+2.02m	+0.40m
基準津波（重畳津波）	T.P.+8.12m	+6.50m

また，津波ガイドに参考値として記載されたMw9.6の地震の地震規模（Mw）の算定根拠は津波ガイドにも示されていないが，南海トラフから南西諸島海溝までの領域での最大の値として記載されていることからすれば，同領域全体での地震規模を何らかの手法で算定した値であると推定されるところ，もし仮に，本件発電所の津波評価において，Mw9.6の地震を想定する場合には，被告が想定した琉球海溝北部から琉球海溝中部までの範囲よりも敷地から遠い琉球海溝南部の領域（表2の左の図の枠囲いしていない領域）に津波波源を追加（延長）することとなる。その津波波源は本件発電所の敷地から遠ざかる方向に広がるこ

とから、その影響は軽微であり（津波波源評価地点との距離が離れれば離れるほど、津波による影響は小さくなる。）、被告が策定している基準津波を変更することにはならない。

こうした点を踏まえると、仮に原告らが主張するような南海トラフから琉球海溝南部までの領域におけるMw9.6の地震を考慮したとしても、その影響が軽微であることは明らかであり、この点からも、原告らの主張には理由がない。

なお、原告らは、内閣府検討会が、「今回の検討は、一般的な防災対策を検討するための最大クラスの地震・津波を検討したものであり、より安全に配慮する必要がある個別施設については、個別の設計基準等に基づいた地震・津波の推計が必要である」と述べているとし、原子力発電所のような「より安全性に配慮する必要がある個別施設」については、内閣府検討会の南海トラフの巨大地震を想定するだけでは足りず、「個別の設計基準等」である津波ガイドの要求を満たす必要があるとも主張するが（原告ら準備書面（13）第2の2（5頁以下））、被告は、津波ガイドの要求を踏まえた適切な評価を行ったうえで基準津波を設定しており、そのことについては原子力規制委員会による確認を受けているのであるから、原告らの主張は的を射ていない。念のため付言すれば、被告は、内閣府検討会のモデルを用いつつ、それに加えて種々の考慮を行うこと、具体的には、本件発電所の沿岸において1mメッシュサイズという非常に詳細な海底地形を取得して津波計算のモデルに反映させたり（乙195（54～56頁））、津波高さに直結するパラメータである渦動粘性係数¹³を、保守側に $0 \text{ m}^2/\text{s}$ と仮定し（土木学会（2002）

¹³ 時間的・空間的に不規則に変動する流れである乱流は、大小さまざまな渦から構成され

(乙186)においては「水位変化を評価対象とする場合には、最大値として $10\text{ m}^2/\text{s}$ ($10^5\text{ cm}^2/\text{s}$)を目安とすることができる。」(乙186(1-54頁))とされている。)、最大波高となる時間が数秒程度と極めて短く、大量の水が押し寄せる本来の津波の姿とは異なる(図13)単なる波浪に近いものをも津波として評価することで津波高さが高く評価される手法を採用する(乙195(3~60頁))ことにより、より精緻かつ保守的な津波評価を行っている。

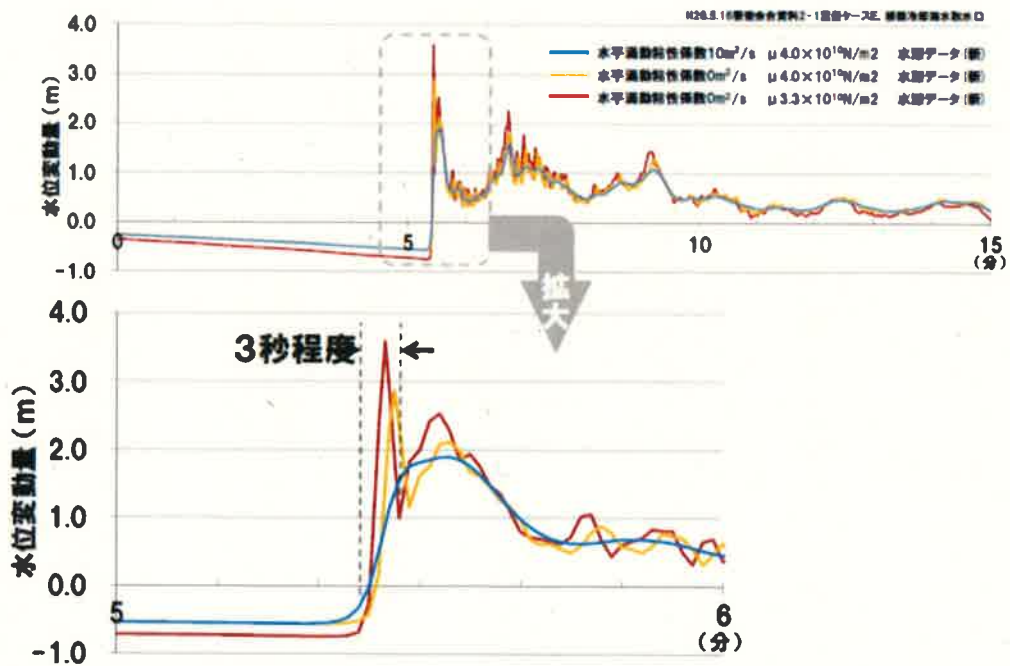


図13 渦動粘性係数を $0\text{ m}^2/\text{秒}$ とした場合の水位変動の例(被告作成)

(2) 南海トラフの巨大地震を想定した被告の評価が妥当であること

原告らは、I A E Aの文書において、 $M_w 9.5$ のチリ地震や $M_w 9.$

ていると考えられており、流体の巨視的で乱雑な移動によって運動量の輸送が分子運動にくらべてはるかに大規模に行なわれるので、見かけ上粘性率が非常に大きい値をとる。これを渦動粘性という。これに対して普通の粘性を分子粘性といい、渦動粘性係数は、分子粘性係数に比べて桁違いに大きい。

2のアラスカ地震を踏まえた検討を行ってれば、福島第一原子力発電所においても、日本海溝における地震の最大地震規模として同程度の地震規模を想定することが可能であった（すなわち2011年東北地方太平洋沖地震を想定することが可能であった）と述べられているとし、この教訓を踏まえれば、歴史時代の最大規模の地震（1707年宝永地震）のマグニチュード（M8.6）に0.5を上乗せしたに過ぎない南海トラフの巨大地震に伴う津波の想定（Mw9.1）は明らかに過小評価であり、Mw9.6を想定すべきであると主張する（原告ら準備書面（13）第2の4（10頁以下））。

しかしながら、原告らの主張は、南海トラフの地域的な特徴等について詳細な検討を行うことなく、単純に世界の既往最大クラスの地震と比較して、Mw9.1の地震規模の想定では過小であると非難するものである。IAEAは、日本海溝における地震の最大地震規模として2011年東北地方太平洋沖地震と同程度の地震規模を想定することが可能であったとしているのであって、地域的な特徴の異なる南海トラフにおいても世界の既往最大クラスの地震規模を想定するべきとしているわけではない。

南海トラフの巨大地震は、内閣府検討会が、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方に基づき、南海トラフにおいて発生し得る最大クラスの地震・津波として想定したものであり、「巨大地震の中でも最大級のものであること」が確認されている（乙190（1頁，32頁））。また、同検討会は、「今回の推計結果は、決して、南海トラフ沿いにおいて次に起こる地震・津波を予測して検討したものではない」、「現在の科学的知見の

下で、今回推計し設定する最大クラスの地震・津波の発生確率、そしてその発生時期の予測をすることは不可能に近い」とも述べており、この点からも、発生し得る最大規模の巨大地震・津波であることが読み取れる（乙190（2頁））。

したがって、南海トラフの巨大地震を想定した被告の津波評価が過小であるかのように述べる原告らの主張は当を得ない。なお、仮に、南西諸島海溝への連動を考慮してさらに大きな規模の地震を想定するとしても、上記(1)で述べたとおり、津波波源が本件発電所の敷地から遠ざかる方向に広がるに過ぎず、その影響は軽微であることから、被告が策定している基準津波を変更することにはならない。

2 海域の活断層による津波について

(1) 「慶長豊予地震」に伴う津波の考慮について

原告らは、「慶長豊予地震」（1596年に発生した別府湾を震源とする地震）を基準津波策定の考慮から除外していると非難し、甲B37が示す古文書に基づき合理的に推測すると、本件発電所の所在地が6～10mの津波に襲われる可能性がある」と主張する（原告ら準備書面（13）第3（14頁以下））。

甲B37が「慶長豊予地震」と呼ぶ地震は、一般には豊後地震と呼ばれるものであると思料される。別府湾沿岸地域には豊後地震に伴う津波の記録が残されているものの、本件発電所の敷地周辺地域において、豊後地震に伴う津波高さを推定できる記録は残っていない。このため、甲B37では、「中央構造線を構成する複数の活断層が連動した地震であった」などとしたうえで、別府湾沿岸地域における豊後地震に伴う津波の記録を基に、本件発電所の敷地における津波高さの推定がなされてい

る。しかしながら、豊後地震に伴う津波を含め、別府湾沿岸地域の津波に最も大きな影響を及ぼすと考えられる別府一万年山断層帯が正断層である（乙40）のに対し、本件発電所敷地前面の伊予灘に位置する中央構造線断層帯は横ずれ断層である（乙39）。海域の活断層の活動に伴う津波は、活断層の上下方向の変位量が大きいほど、津波も大きくなるため、上下方向のずれが大きい正断層である場合と上下方向のずれが小さい横ずれ断層である場合とでは、その活動に伴う津波の大きさが当然異なってくることから、本件発電所の敷地における津波高さを、別府湾沿岸地域における津波の記録と同程度なものとして推定するのは合理性に欠ける。さらに、仮に伊予灘沿岸においても津波被害が発生していたのであれば、愛媛県や対岸の山口県・広島県に津波被害を伝える古文書が残っていてもよいはずであるが、その存在は知られていない。大分県には津波被害を記す古文書が数多く残っているのに対し、伊予灘沿岸の、愛媛県、山口県及び広島県には残されていないということは、実際に伊予灘沿岸には津波被害は発生しなかったと考えるのが合理的である。よって、甲B37は信用性を欠いており、それに依拠する原告らの主張は理由がない。

また、被告は、基準津波の策定にあたり、上記第1の2(1)アのとおり伊予セグメント、敷地前面海域の断層群及び別府一万年山断層帯の連動を考慮し、別府一万年山断層帯のモデル設定においては、豊後地震に伴う津波における別府湾沿岸の記録を精緻に再現する大分県モデルを用いて数値シミュレーションを行い、豊後地震に伴う津波を適切に評価している（乙13（6-7-12～6-7-14頁））。つまり、原告らは、別府湾の活断層と中央構造線断層帯が連動した地震が「慶長豊予地震」

であるとの認識のもと主張していると解釈されるところ、被告はほぼその認識に合致した波源モデルを設定して（図2）津波評価を行っているのである。したがって、「慶長豊予地震」を考慮していないという原告らの主張は失当である。

ちなみに、甲B37においては、本件敷地における津波高を6～10mと推定するに際し、その根拠として、早吸日女神社（原告ら準備書面（13）の17頁11行目には「速吸日女神社」とあるが、誤記だと思われる。甲B37の記載「早吸日女神社」が正しい。）の浸水高さ10.6m（かそれ以上）や奈多八幡神社の浸水高さ8.6mを示している（甲B37（20頁））。そもそも、別府湾沿岸における津波記録から伊予灘沿岸の津波高を想定するのが不合理であるのは上記の通りであるが、それを措いても、これらの値は、最新の研究によってより低い値に見直されており、例えば、早吸日女神社における津波高さは、最新の査読論文によって約6mと再評価されている（松崎ほか（2015）¹⁴（乙196））。したがって、原告らが主張する「6～10mの津波に襲われる可能性がある」という主張はその根拠に乏しいと言わざるを得ない。

(2) 海域の活断層の考慮について

原告らは、被告が、地震規模の設定にあたり、中央構造線断層帯と別府－万年山断層帯の400kmを超える連動を考慮すると言いつつ、「別府湾一日出生断層帯（東部）と四国の中央構造線断層帯はカスケードモデルが支持される」として、結局は「伊予セグメントと敷地前面海域の断層群をあわせた87kmを「地震規模想定区域」として取り扱う」こと

¹⁴ 「文禄五年豊後地震における早吸日女神社の津波痕跡高の推定」松崎伸一，日名子健二，平井義人，歴史地震，30，23-42，2015.

とし、100 km 未満に区分された活断層について地震規模を検討しているに過ぎないとして批判する（原告ら準備書面（13）第4の1（20頁））。

被告は、地震規模を算出するのに用いる経験式（武村（1998）（乙135））の適用範囲が最大で断層長さ85 kmとされており、津波波源を想定する断層長さ全長に対して適用するのは適当ではないことから、当該経験式の適用範囲等を踏まえ、断層長さが概ね80 kmを超えない範囲で地震規模を想定する断層を区分することとし、地震学・地質学的見地から区分の仕方について検討した。そして、別府湾－日出生断層帯と敷地前面海域の断層群との間で地震環境が異なること（前者が正断層であるのに対し、後者は横ずれ断層であることなど）（乙39、乙40）から、別府湾－日出生断層帯と四国側の中央構造線断層帯（敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント）とを地震規模を想定する上で区分することとし、断層長さを区分してモデルを設定する手法を用いたものである。このように、経験式の適用範囲を考慮し、長さを区分して地震規模を求める手法自体は、地震調査研究推進本部による「活断層の長期評価手法」報告書（乙185）が採用する手法、すなわち、断層長さが断層面の幅の4倍を超える場合には長さが4倍を超えないように区分した区間が連動するモデルを設定する方法を踏まえたものであり（乙185（26頁））、手法として何ら合理性を欠くものではなく、原告らの批判は当たらない。

次に、原告らは、被告が断層長さ130 kmの区間において設定した波源モデルは、セグメントごとにMw7.1－7.6程度を想定しているに過ぎず、地震調査研究推進本部が示す360 km連動ケースで最大Mw8.4と想定していることと比較して、過小評価であると主張する（原

告ら準備書面（13）第4の3（20頁））。

まず、被告は、中央構造線断層帯について、地震動評価においては、400 km を超える連動を想定するが、津波評価においては、津波の波源となり得ない陸域を除く海域の活断層部分の断層長さ約130 km の区間を想定するものであり、両者の地震規模を単純に比較するのは適切ではない。

また、津波評価においてはすべり量（変位量）の観点が重要であるところ、断層長さを約130 km としたからといって、すべり量が過小となっているということもない。すなわち、室谷ほか（2010）¹⁵（乙146）の知見によれば、断層が長くなるにしたがい地表最大変位量も大きくなっていくが、長さが100 km を超えるあたりで地表最大変位量が約10 m に飽和するとされており、さらに室谷ほか（2009）¹⁶（乙145）で長大断層に限ると震源断層での平均すべり量は地表最大変位量の1/2～1/3倍との関係が示されていることを勘案すれば、震源断層の平均すべり量は3～5 m に飽和すると解釈できる。本件発電所の津波波源モデルの断層長さが約130 km であることから、飽和域にあると考えられ、室谷ほか（2010）（乙146）及び室谷ほか（2009）（乙145）の知見からは3～5 m の平均すべり量を設定すべきと考えられるところ、被告は7～8 m の平均すべり量を設定しており、長大断層の過去のデータと比して十分保守的な値を設定しているといえる。さらに、地形地質調査の結果からは、四国西部の中央構造線断層帯の1

¹⁵ 「内陸の長大断層に関するスケーリング則の検討」室谷智子，松島信一，吾妻崇，入倉孝次郎，北川貞之，日本地震学会講演予稿集，B12-02，2010.

¹⁶ 「長大断層に関するスケーリング則」室谷智子，松島信一，吾妻崇，入倉孝次郎，日本地震学会講演予稿集，A12-05，2009.

回あたりのすべり量は、堤・後藤（2006）¹⁷（乙151）の知見から2～4mとされているところ、被告はこれも上回る値を設定している。

よって、過小評価という指摘は当たらず、原告らの主張は理由がない。

また、原告らは、敷地前面海域の断層群＋伊予セグメントの断層傾斜角の不確かさ考慮において、地震動評価における北傾斜30度の考慮と対比し、北傾斜80度までの考慮では不十分であると主張する（原告ら準備書面（13）第4の4（21頁））。

しかしながら、被告が設定した断層傾斜角は、敷地前面海域の断層群が横ずれ・高角断層であることを踏まえて90度を基本とし、不確かさとして±10度を考慮したものである。その上で、パラメータスタディの結果、最も厳しい結果を与える断層傾斜角を基本として、さらに断層傾斜角を±5度変化させたものであり、断層傾斜角のばらつきとしては適切な考慮である。

津波評価においては、断層を極端に傾斜させると、鉛直方向のすべり量が小さくなる（代わりに水平方向のすべり量が大きくなる）ため、地盤の上下変動量は小さくなり、津波発生源としての影響は小さくなることから、被告は、北傾斜30度のモデルを想定していない。ちなみに、被告は、平成25年7月の設置変更許可申請書において、地質境界断層と震源断層が一致する可能性を念のため考慮し、北傾斜30度モデルを想定した数値シミュレーションを行っているが、その結果は、津波発生源としての影響が小さく、基準津波に選定されるに至っていない。（乙197（6（3）－7－6－10頁））

¹⁷ 「四国の中央構造線断層帯の最新活動に伴う横ずれ変位量分布」堤浩之・後藤秀昭，地震2，59，117-132，2006.

よって、断層傾斜角の不確かさ考慮が不十分であるとする指摘は当たらず、原告らの主張は理由がない。

第3 まとめ

以上のとおり、被告は、本件3号機に影響を与える可能性のある津波の評価を適切に行い、津波に対する安全性を確保しており、原告ら準備書面(13)における原告らの主張にはいずれも理由がない。

以 上