資料１－３

中部電力

浜岡原子力発電所
基準津波の策定のうち
プレート間地震の津波評価について
（補足説明資料）

２０２３年1月２７日

目次(1/2)

1　防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造　4
2　津波痕跡高の調査結果一覧　17
3　津波評価手法及び計算条件の詳細
　3-1　津波評価手法及び計算条件　31
　3-2　朔望平均潮位　46
　3-3　敷地前面海域の経年変化　50
　3-4　数値シミュレーション手法の妥当性の確認　72
　3-5　水平渦動粘性係数に関する検討　75
　3-6　取放水設備の評価地点　80
　3-7　砂丘堤防の標高低下　99
4　検討対象領域の選定の詳細
　4-1　各沈み込み帯に関する文献調査　118
　4-2　敷地を波源とした津波の伝播特性に関する検討　155
5　行政機関等の津波波源モデルの詳細
　5-1　内閣府の最大クラスの津波の波源モデル　159
　5-2　地方自治体の最大クラスの津波想定の波源モデル　193
　5-3　その他行政機関の津波想定の波源モデル　197
　5-4　土木学会(2016)モデルの津波評価　203
　5-5　内閣府の最大クラスモデルの位置づけの再整理　220
　5-6　内閣府の最大クラスモデルに対する不確かさの考慮　290

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

目次(2/2)

6　検討波源モデルの津波評価の詳細

6-1	検討波源モデルのパラメータ	345
6-2	超大すべり域の位置に関する検討	425
6-3	国内外の巨大地震に関する最新の科学的知見の収集・分析	435
6-4	浅部の破壊形態	462
6-5	ライズタイムの設定	481
6-6	海溝軸付近のすべりの不均質性の影響	575
6-7	日本海溝の手法による妥当性確認	595
6-8	パラメータスタディモデルの設定	644
6-9	敷地に影響の大きいケースの選定基準	677
6-10	遷移領域の有無が津波評価に与える影響の確認	680
6-11	（補足）取水槽の詳細パラメータスタディに関する追加検討	697

7　痕跡再現モデルの波源モデルの詳細

7-1	痕跡再現モデルのパラメータ	718
7-2	敷地のイベント堆積物の堆積標高に関する検討	736

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

1　防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

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

防波壁・改良盛土の構造：概要

第717回資料1-2
p.5再掲

■防波壁は、基準津波による遡上波の地上部からの流入を防止するため、敷地前面の海側に沿って延長約1.6kmにわたり設置。
　天端高さはT.P.+22mで、設置位置の状況を考慮した構造形式。
■改良盛土は、防波壁両端部の東西敷地境界付近に設置。天端高さはT.P.+22～24mで、セメント改良土を主体とした盛土構造。



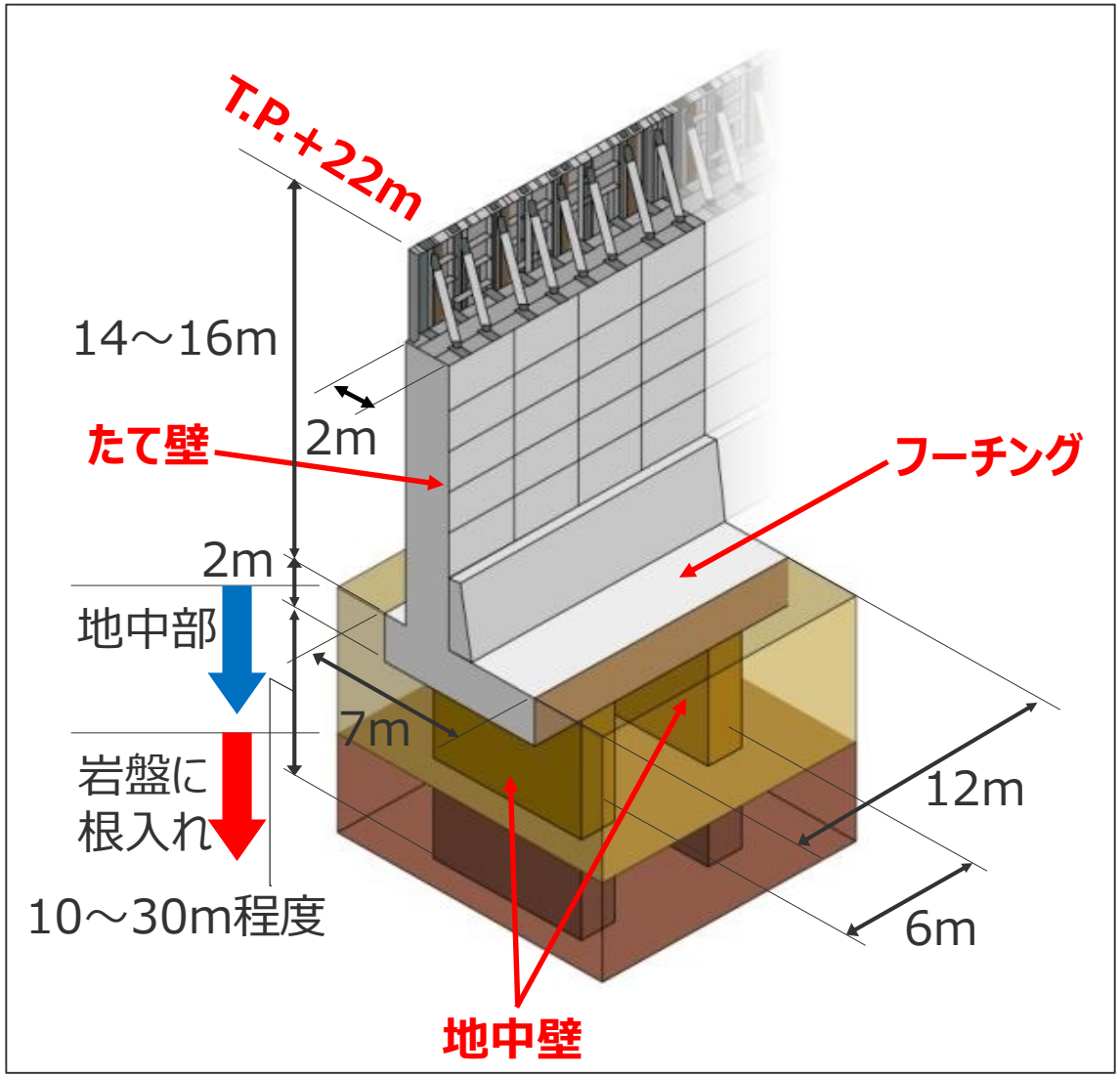
防波壁・改良盛土に関しては、今後、基準津波の確定後、必要な対策を施していく。

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

防波壁の構造：一般部の構造

第509回資料1-3
p.5再掲

■ L 型形状の壁で、たて壁、フーチング、地中壁で構成。
■壁 1 ブロックの幅は12mで、延長方向に計109ブロック構築。



<たて壁>
・ 鋼構造で、下部については内部の充填コンクリートおよび鉄筋コンクリートで補強している。（表面は鉄筋コンクリート製パネルで被覆している。）

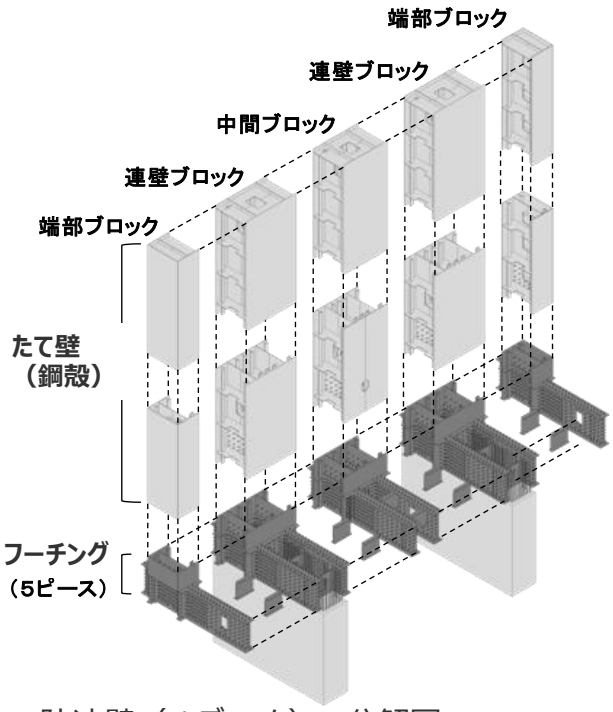
<フーチング>
・ 壁の底版部で、鉄骨鉄筋コンクリート構造であり、地中壁と結合している。

<地中壁>
・ 鉄筋コンクリート構造で、岩盤に根入れした構造としている。
・ 壁 1 ブロックあたり 2 基を設置している。

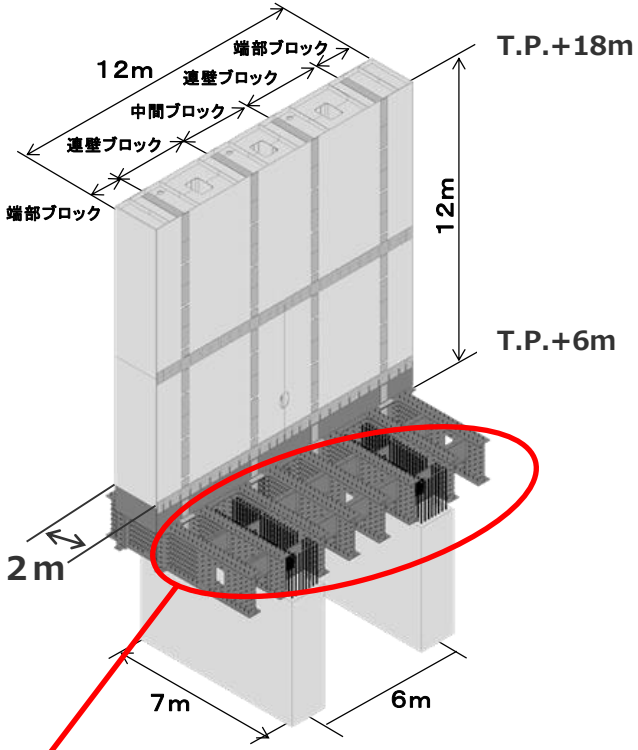
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

防波壁の構造：一般部の組立概要

第509回資料1-3
p.6再掲



防波壁（１ブロック）の分解図



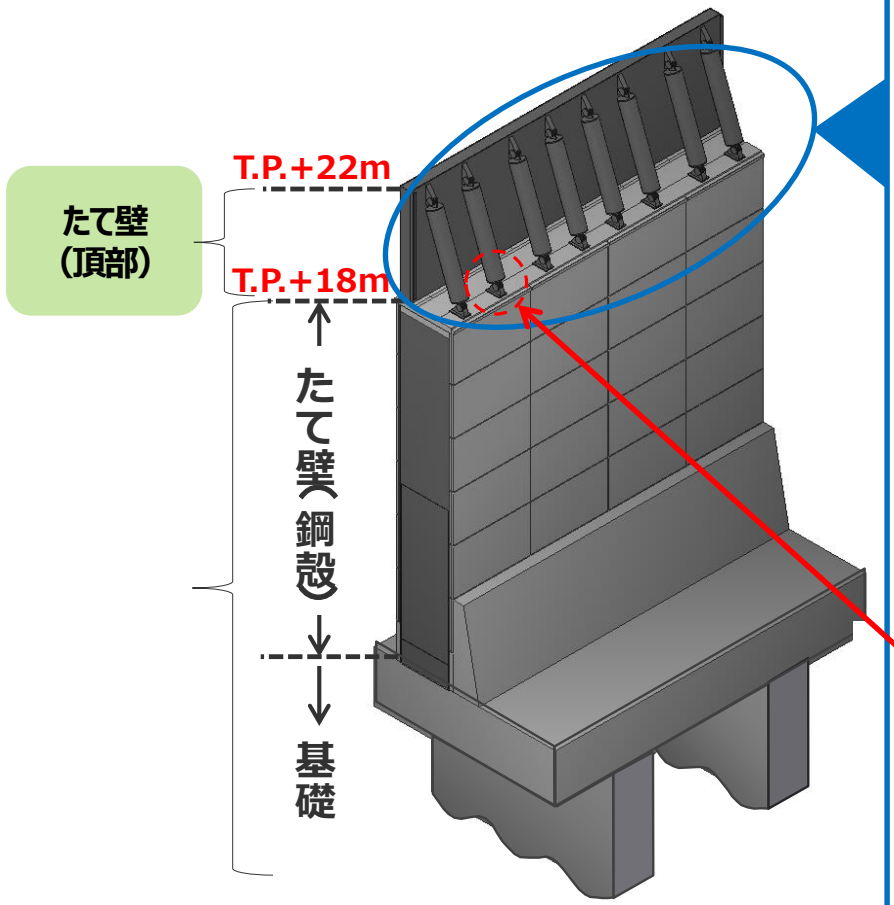
１ブロック（長さ12m）の完成図

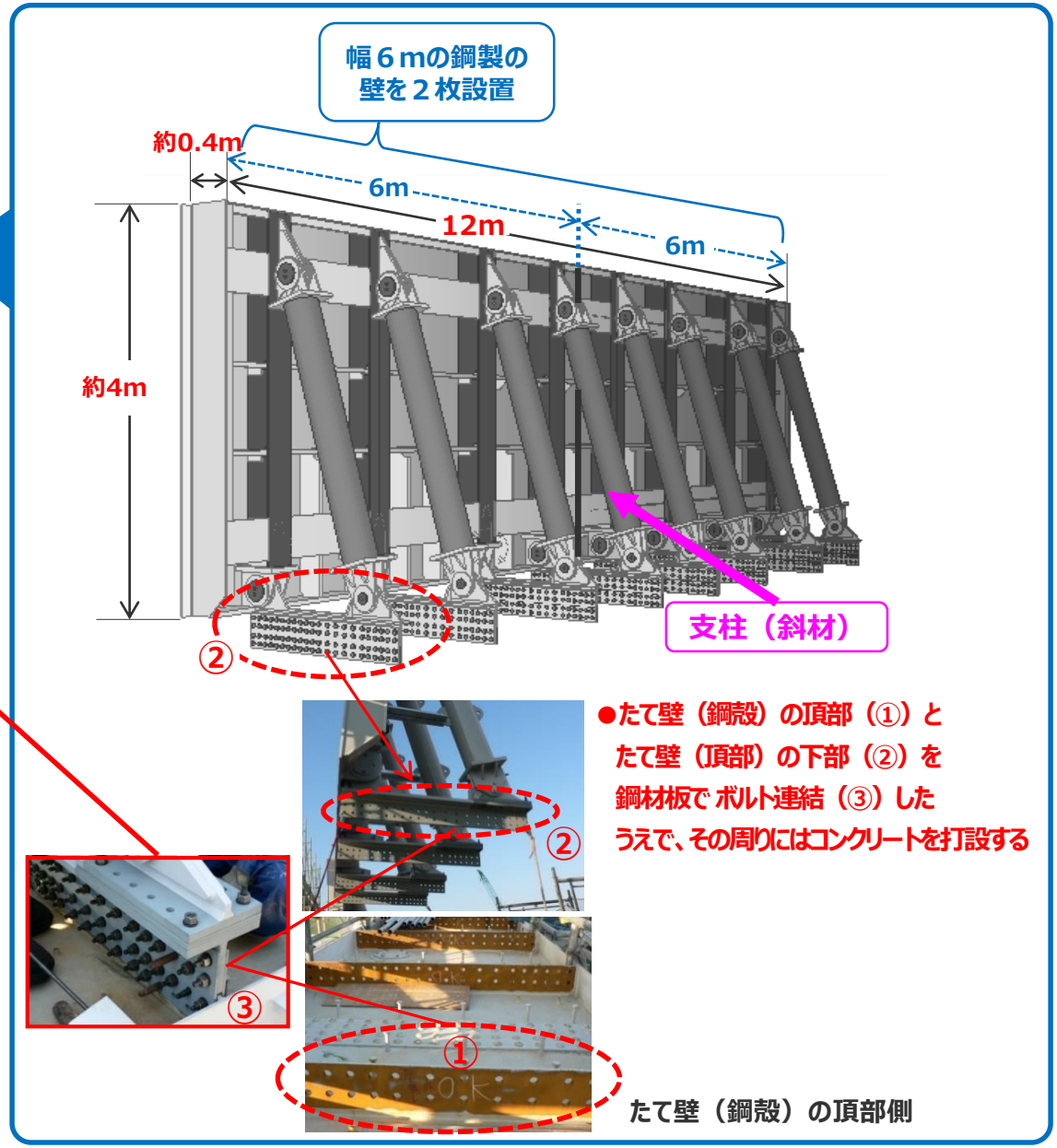


フーチング組立状況

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

防波壁の構造：一般部の組立概要

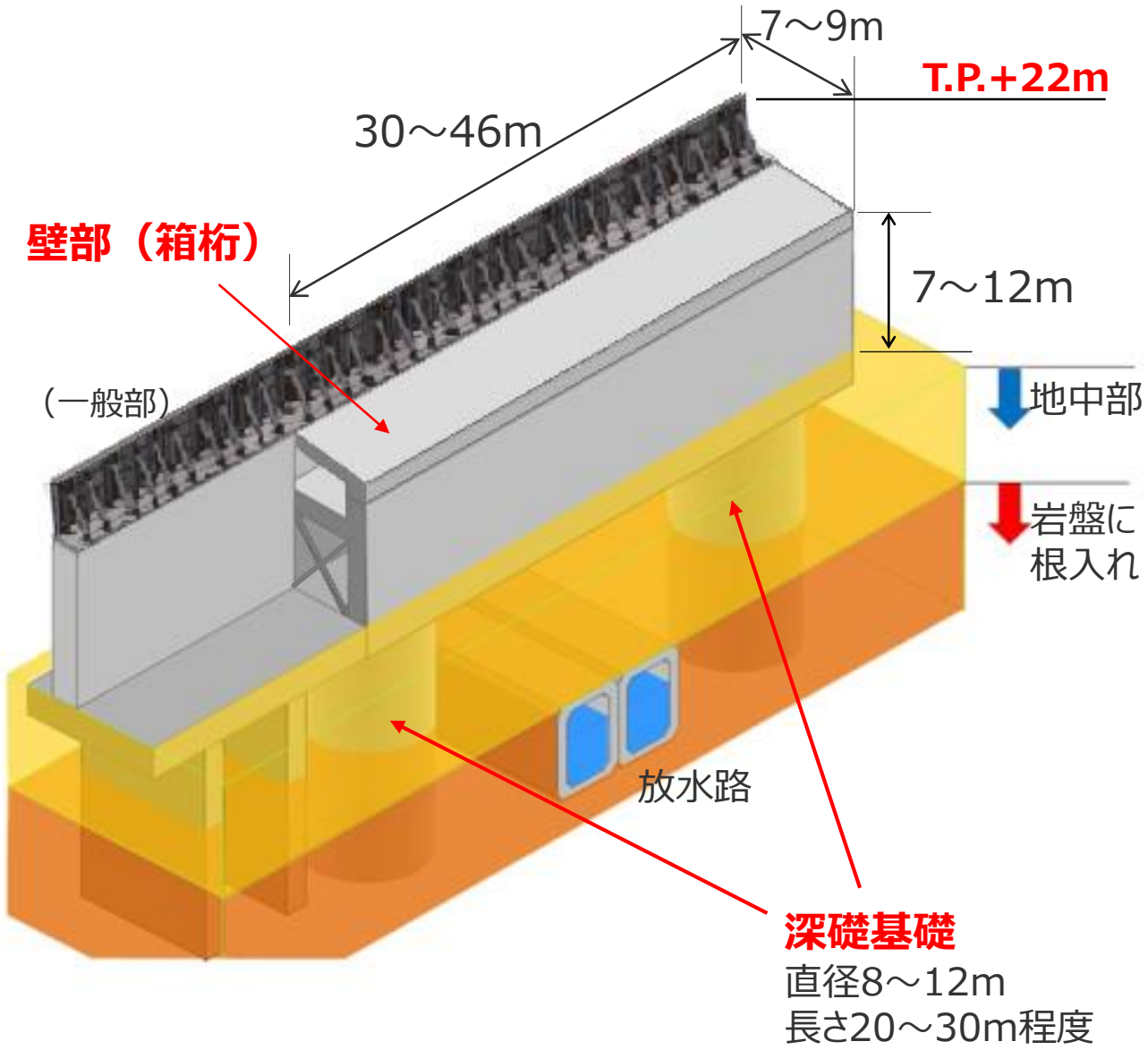




Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

防波壁の構造：放水路部の構造

第509回資料1-3
p.8再掲

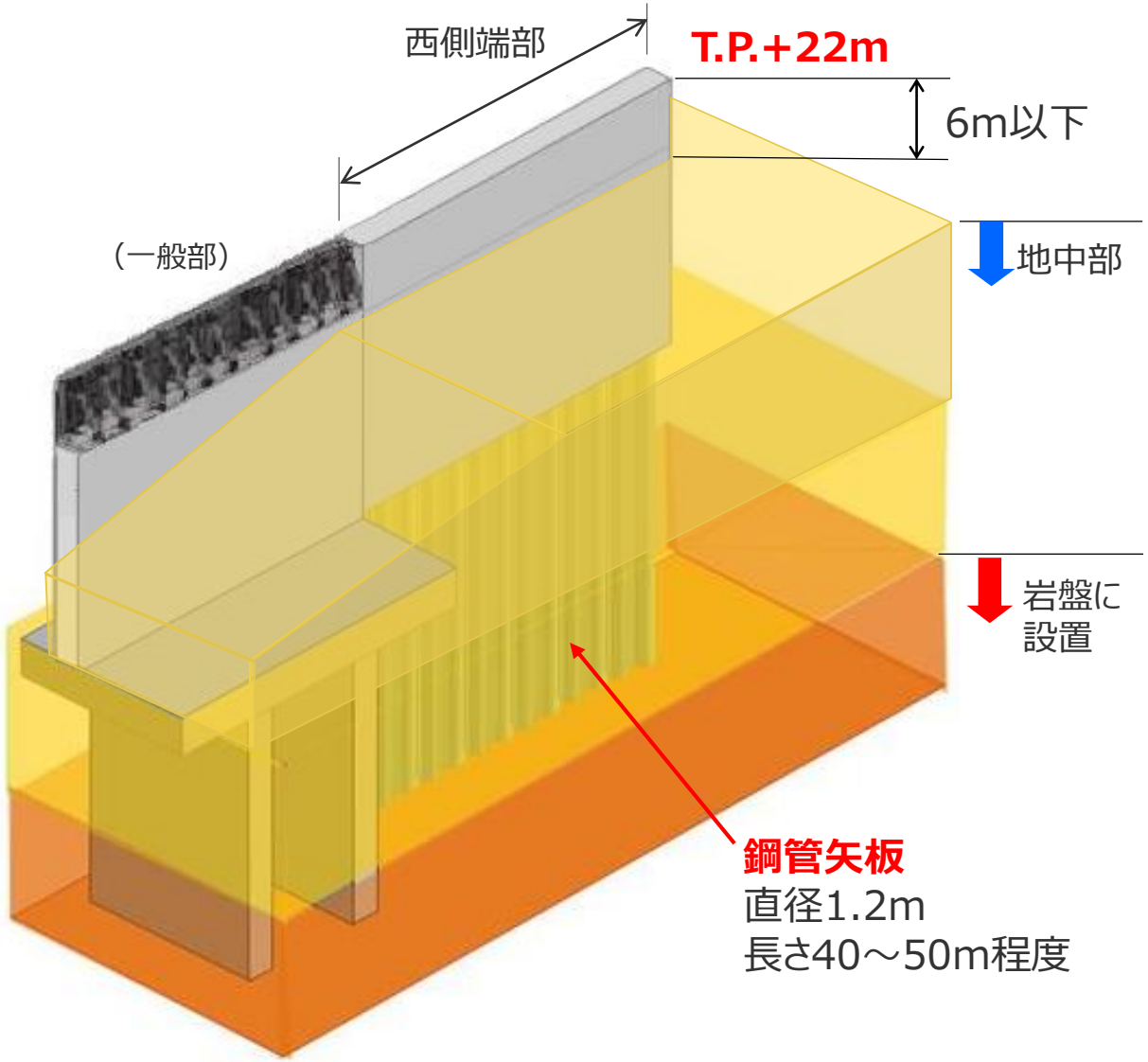


- 放水路を横断することから、基礎の間隔が長くなる。
- 深礎基礎と箱桁構造の壁部を組み合わせた構造としている。
- 壁部は、鉄筋コンクリート構造を基本とし、一部（海側頂部）は鋼構造としている。
- 深礎基礎は、鉄筋コンクリート構造で、岩盤に根入れしている。

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

防波壁の構造：西側端部の構造

第509回資料1-3
p.9再掲



- 設置する地盤の標高が高い（地上の壁の高さが低い）ため、防波壁に作用する波力が小さい。

⇩

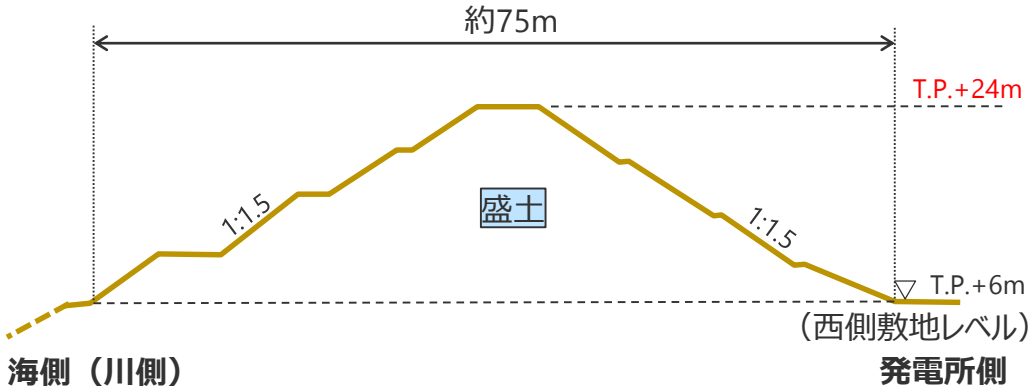
- 壁部と基礎を鋼管矢板で構成する構造としている。
- 壁部の鋼管矢板の表面は鉄筋コンクリートで被覆している。

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

改良盛土の構造：西側盛土・東側盛土

第509回資料1-3
p.10再掲

- 防波壁両端部の東西敷地境界付近に設置。
- 天端高さはT.P.+22～24mで、セメント改良土を主体とした盛土構造。

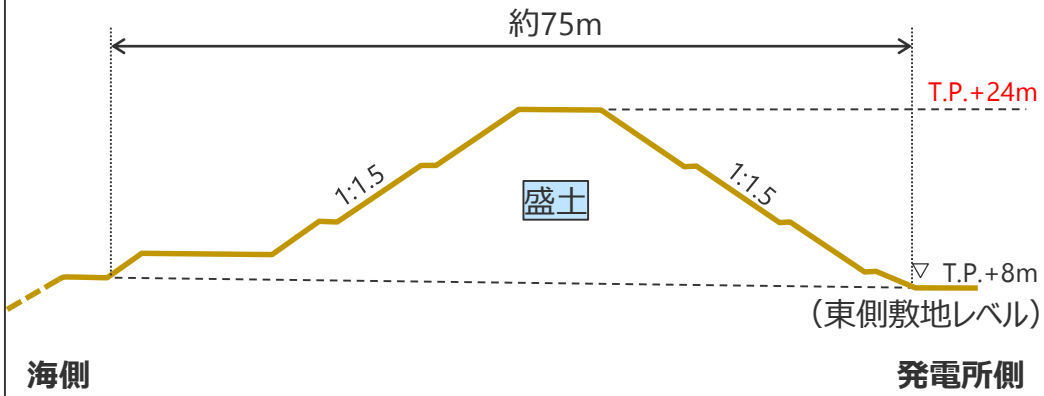


断面図



全景

西側盛土



断面図



全景

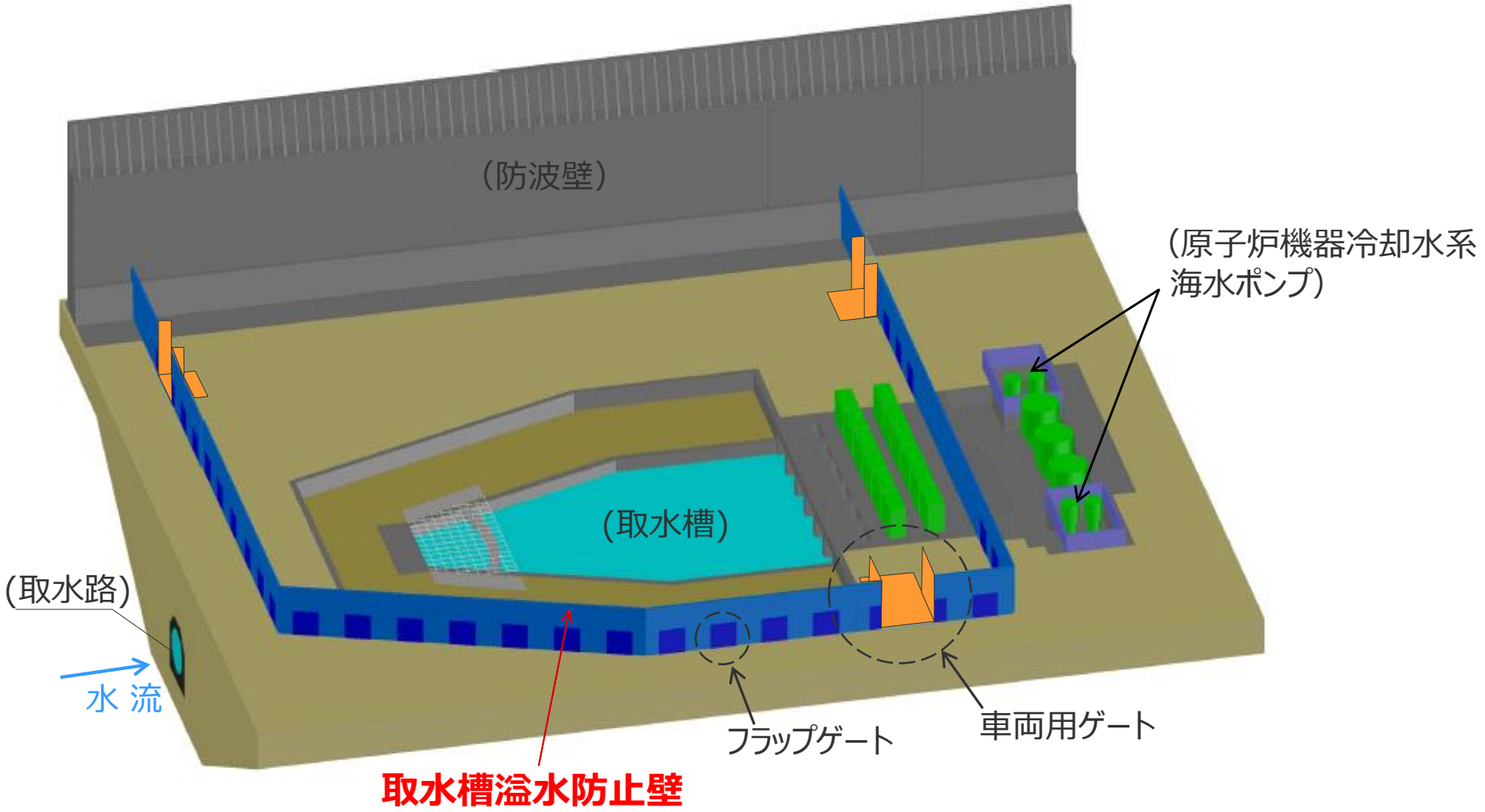
東側盛土

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

取水槽溢水防止壁の構造：概要

第509回資料1-3
p.11再掲

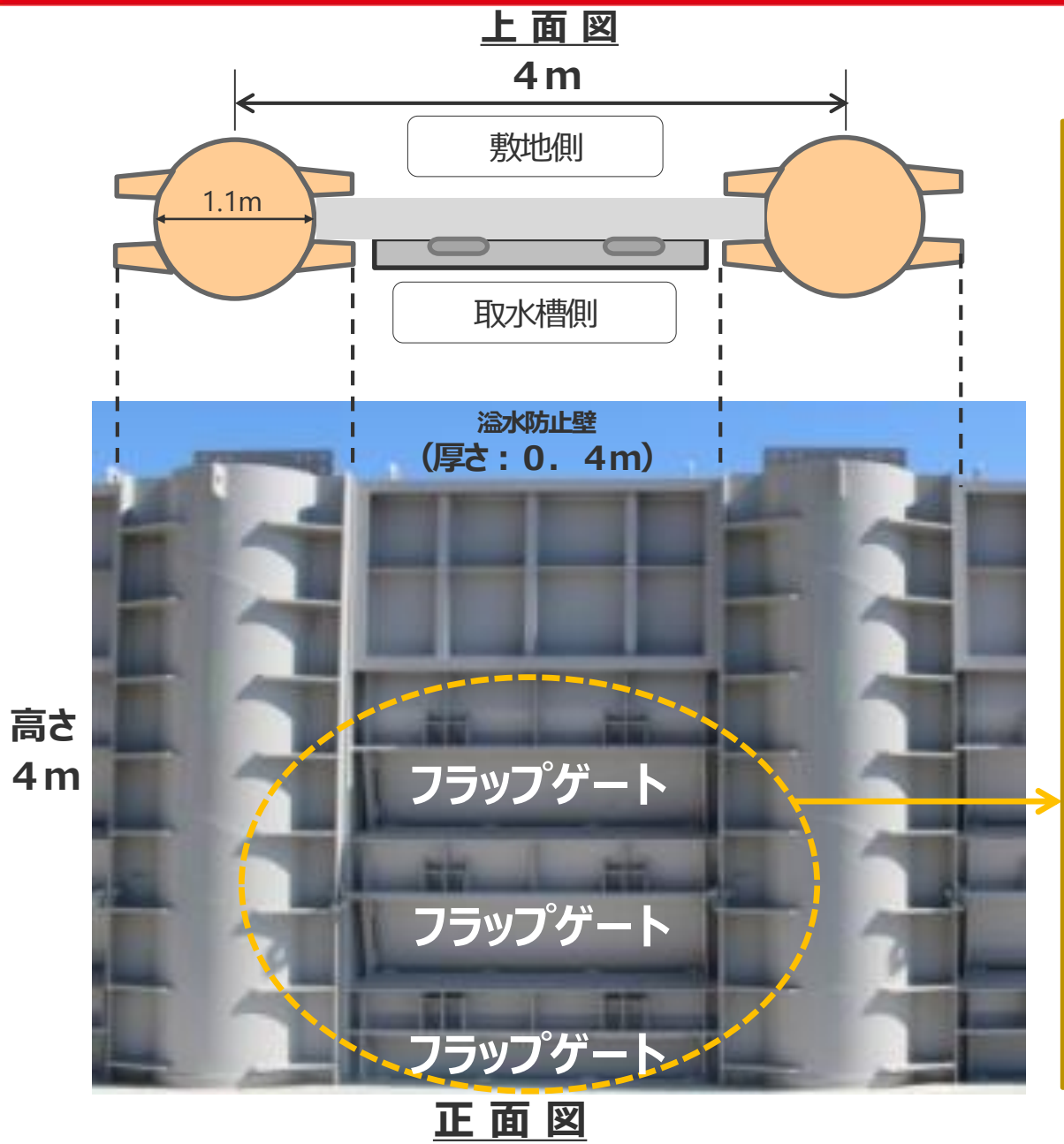
■基準津波による海水面上昇により取水槽から溢れた海水が敷地に流入することを防止するため、取水槽周囲に設置する津波防護施設。
■取水槽の周りを囲むように、溢水防止壁（３、４号：天端高さT.P.+10m、５号：天端高さT.P.+12m）を構築。
■壁部には敷地側から取水槽への排水を促すための排水用フラップゲートを設置。また、壁内へのアクセスのため車両用ゲートを設置。

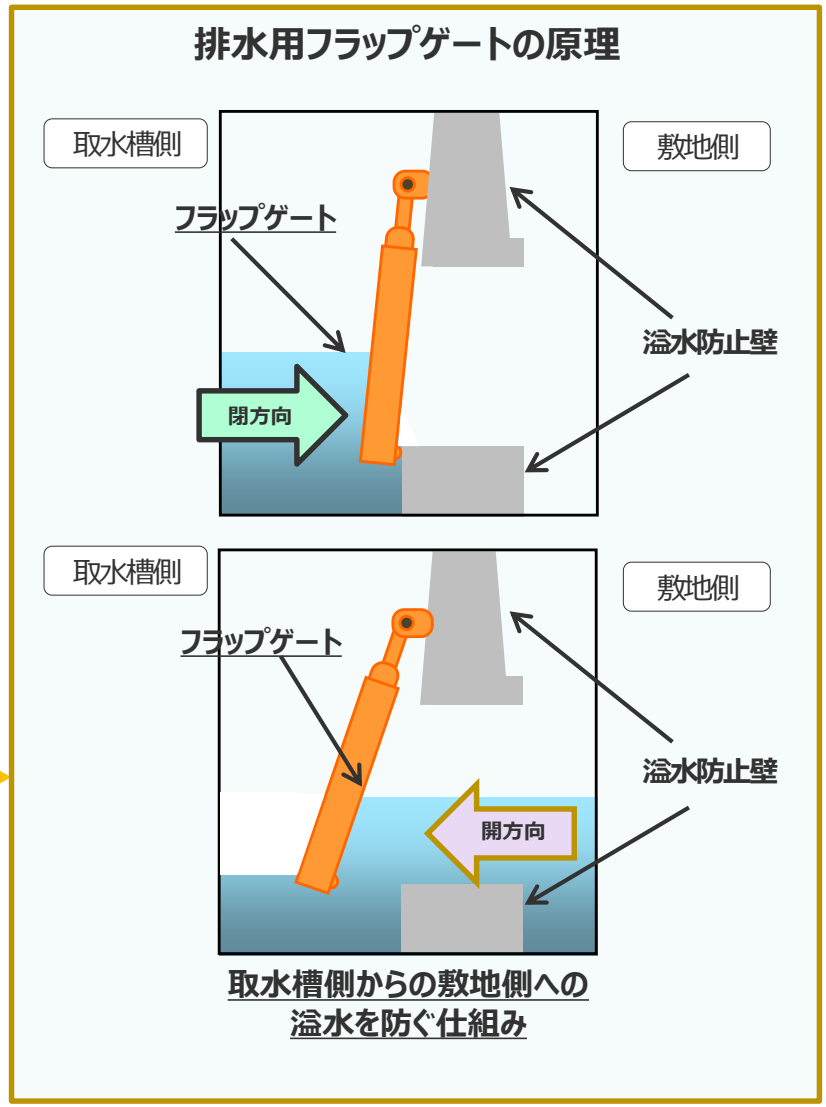


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

取水槽溢水防止壁の構造：フラップゲートの作動原理

第662回資料1-2
p.13再掲





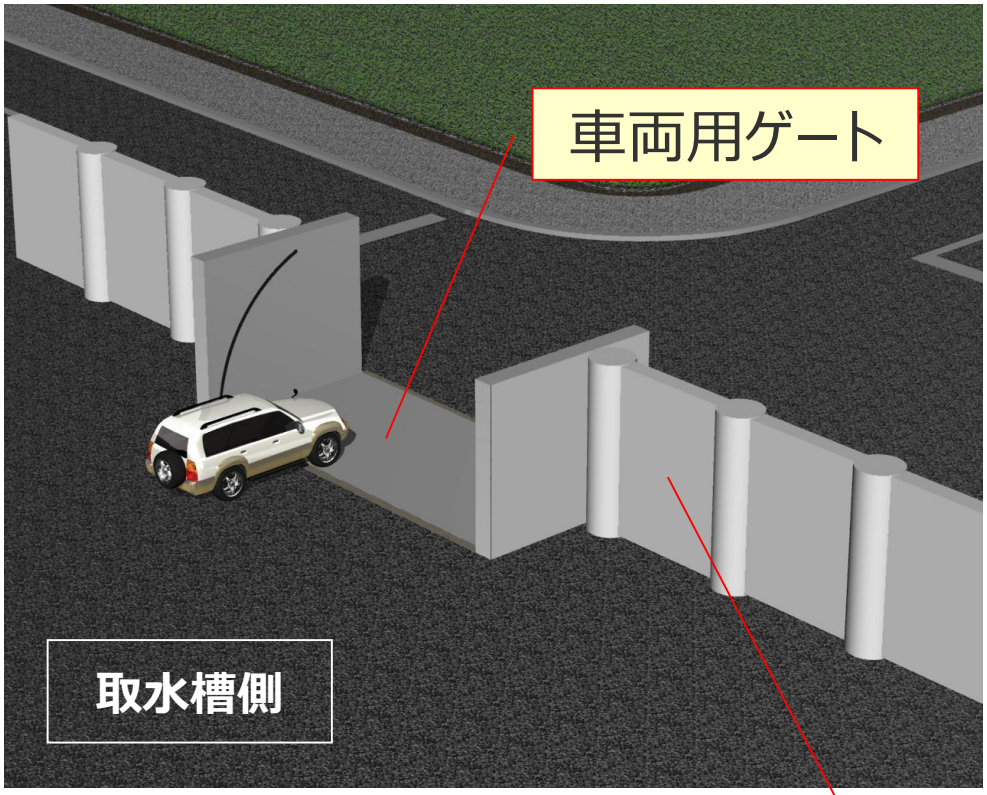
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

取水槽溢水防止壁の構造：車両用ゲート起立時イメージ

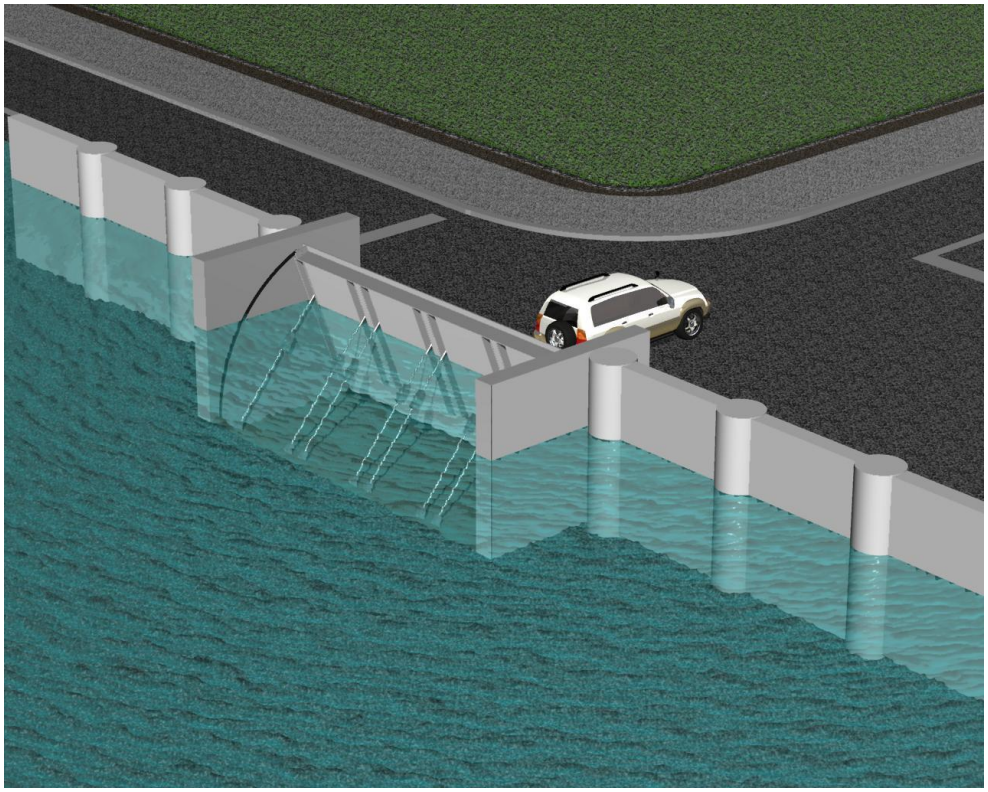
第509回資料1-3
p.13再掲

■取水槽からの溢水時、水の浮力等により車両用ゲートが起き上がり、周囲の溢水防止壁と連なって壁構造となる。

<通常時>



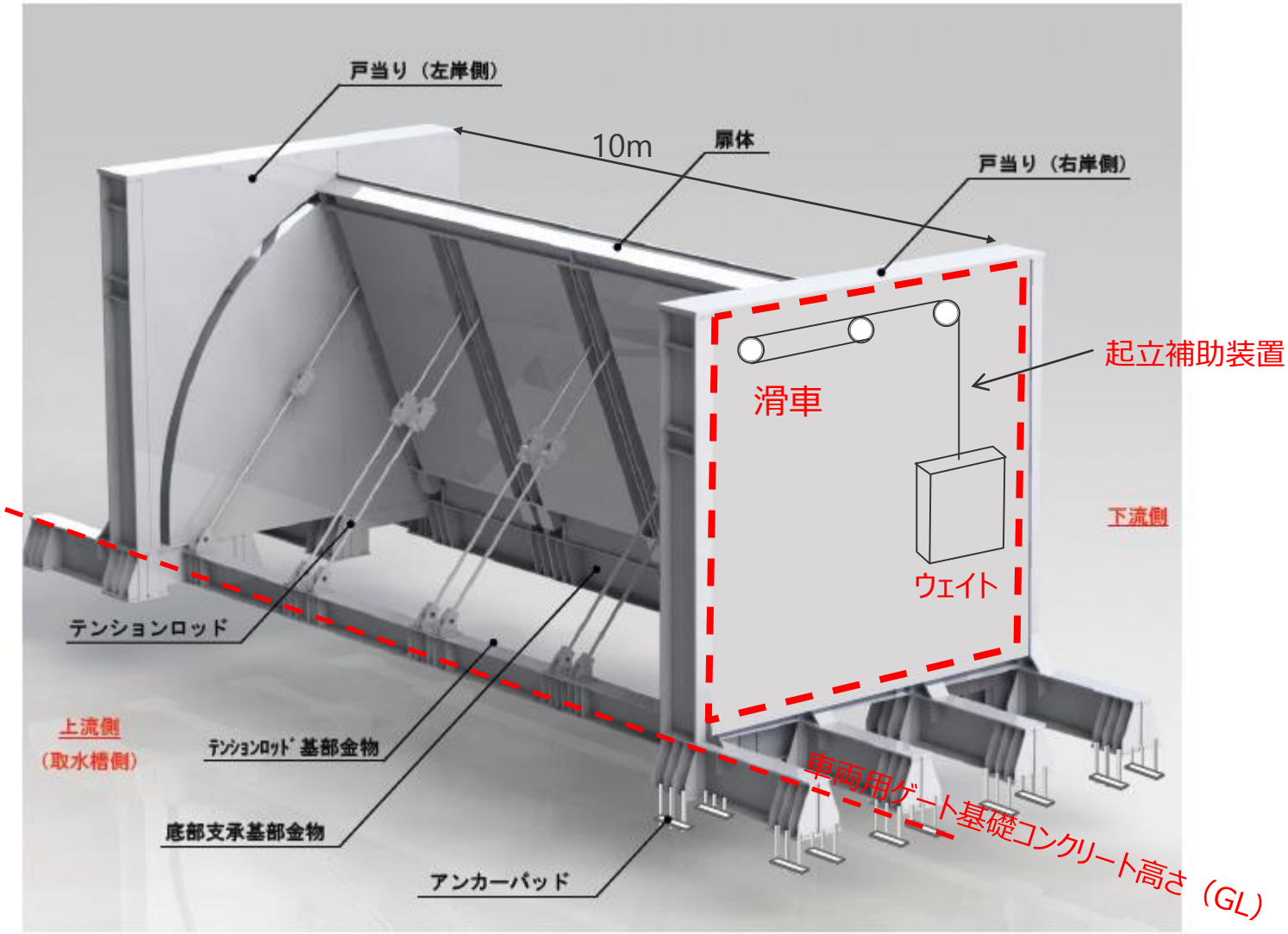
<取水槽溢水時>



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

取水槽溢水防止壁の構造：車両用ゲートの構造

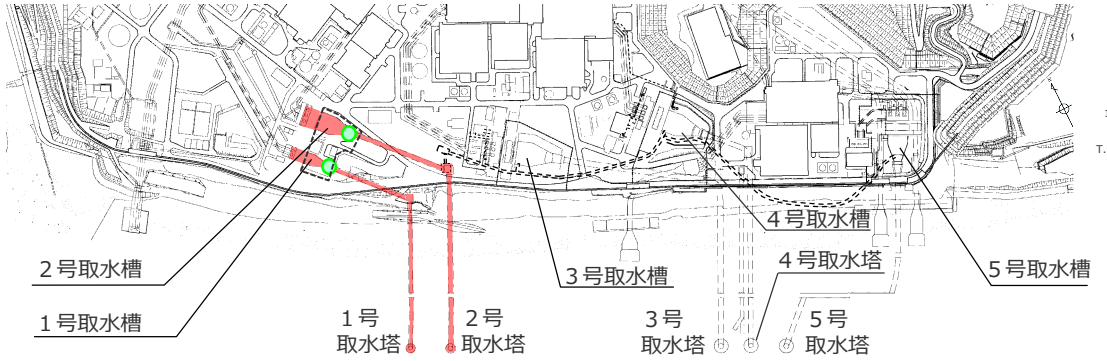
第509回資料1-3
p.14再掲

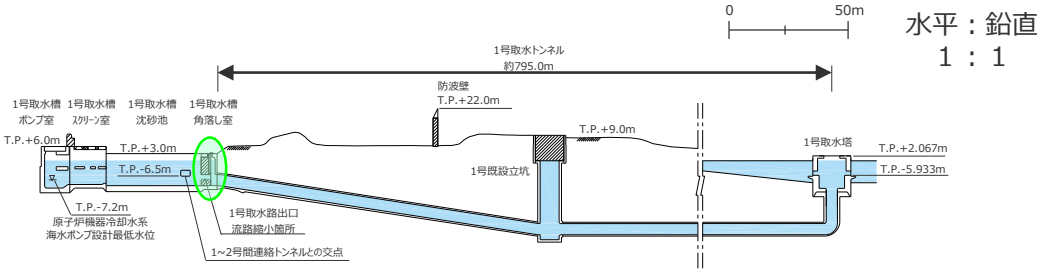


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

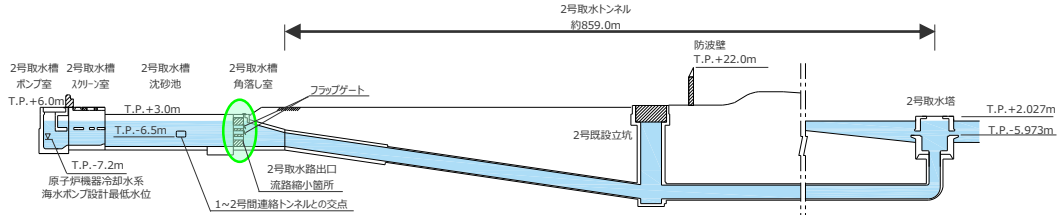
取水路出口流路縮小箇所の構造

第1020回資料2-2
p.16再掲



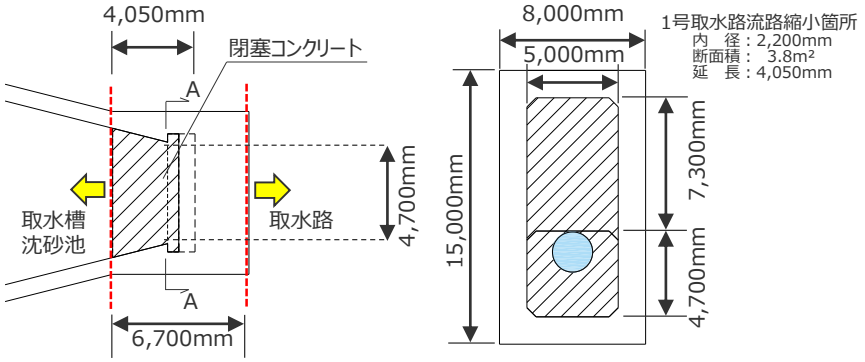


1号取水塔～1号取水トンネル～1号取水槽縦断面図

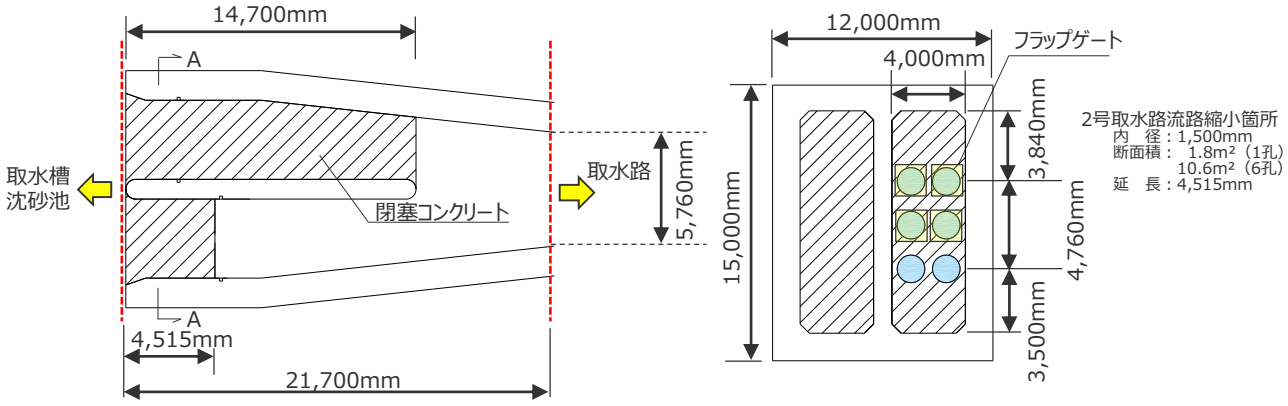


2号取水塔～2号取水トンネル～2号取水槽縦断面図

凡　例
- 1・2号取水設備
- 取水路出口流路縮小箇所
- T.P.+3.0m盤



1号取水路出口流路縮小箇所　平面図・A-A断面図



2号取水路出口流路縮小箇所　平面図・A-A断面図

1,2号取水路に関しては、基準津波の確定後、必要な対策を施していく。

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

2　津波痕跡高の調査結果一覧

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

2　津波痕跡高の調査結果一覧

敷地周辺の津波痕跡高の調査結果

■敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる既往津波について、文献調査[1)]を実施。
　調査文献： 羽鳥(1980a,b)、静岡県(1986)等、計51文献
■文献調査の結果は以下のとおり。

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

敷地周辺の主な既往津波

津波発生要因		地震の名称	Mj	Mw	敷地周辺の痕跡高	根拠となる文献
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)	文献１～４３
		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**※ (御前崎市)	文献４４
	遠地津波	1952年カムチャッカ地震	–	9.0	**0.3～1.9**※**m** (遠州灘沿岸域)	文献４５～４９
		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年チリ地震	–	8.8		
海洋プレート内地震		2004年紀伊半島南東沖の地震	7.4	7.5	**0.5m** (御前崎市)	文献５０
海域の活断層による内陸地殻内地震		敷地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)	文献５１
火山現象		敷地に影響を及ぼした津波は確認されていない。			–	–

※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。

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧（1）

第509回資料1-3
p.17再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
静岡県	下田市			4.4 ～ 6.7	3.5 ～ 6.8	2.5 ～ 4.5
	南伊豆町			1.7 ～ 5.4	2 ～ 16.5	
	松崎町				3.3 ～ 5	1.5
	西伊豆町	4 ～ 5			4 ～ 6	
	伊豆市			6 ～ 8	4.4 ～ 6	1
	沼津市	3 ～ 10		3.9 ～ 4	1 ～ 7.2	1 ～ 2
	富士市				1 ～ 3	1
	静岡市	4 ～ 6		2 ～ 4	2 ～ 6	2
	焼津市	3 ～ 8	1		4	
	吉田町				5 ～ 6	
	牧之原市			4.9 ～ 6	4.5 ～ 6	2
	御前崎市				5 ～ 6	2 ～ 2.5
	掛川市				1.2 ～ 6	
	袋井市	5		3	3	
	磐田市			3	3～ 6	1.5 ～ 2
	浜松市	4 ～ 8	5 ～ 6	3 ～ 5	2.5 ～ 9	1
	湖西市	5 ～ 6	5 ～ 7	3 ～ 9	6	1

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧 (2)

第509回資料1-3
p.18再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
愛知県	豊橋市	3 ～ 4	4	3 ～ 7	3 ～ 7	
	田原市	3 ～ 8	3 ～ 5	3 ～ 7	3 ～ 10	0.5
	豊川市				4 ～ 5	
	蒲郡市	4			2	0.5
	西尾市			3 ～ 4	2 ～ 4	
	碧南市			3 ～ 4	2 ～ 3	
	美浜町				2 ～ 3	
	南知多町				1.2	0.7 ～ 0.9
	常滑市			3 ～ 5	3 ～ 4	
	名古屋市			2 ～ 3	2 ～ 3	0.5

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧 (3)

第509回資料1-3
p.19再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
三重県	桑名市	3 ～ 4	2	3	2 ～ 6	0.5
	川越町			2.4	3	
	四日市市	3 ～ 4		3	2.5	0.5
	津市	3 ～ 5	2 ～ 3	2.9 ～ 3.7	2.1 ～ 3.9	1
	松阪市			3 ～ 4	2 ～ 3.6	1.2
	明和町				3.3	
	伊勢市	4 ～ 5	3 ～ 5	5 ～ 8	3 ～ 8	2
	鳥羽市	8 ～ 15		4 ～ 6	2.6 ～ 20	0.53 ～ 3
	志摩市	8 ～ 15		3.5	2 ～ 18	2 ～ 5
	南伊勢町			2.1 ～ 11	2 ～ 7	3 ～ 6.7
	大紀町			6	6	6
	紀北町		3 ～ 4	4 ～ 7.3	2.3 ～ 6	4 ～ 8
	尾鷲市			3 ～ 10	3 ～ 10	2.8 ～ 10
	熊野市	4 ～ 5		5 ～ 10	3 ～ 11.5	3 ～ 10
	美浜町					4
	紀宝町				3	2 ～ 3.5

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧 (4)

第509回資料1-3
p.20再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
和歌山県	新宮市			3	3	2.4 ～ 3
	那智勝浦町			6	5 ～ 6	3 ～ 6.2
	太地町				3 ～ 4	4.5
	串本町			5 ～ 6	2 ～ 4	1.5 ～ 6.2
	すさみ町			5.5 ～ 6		2.5
	白浜町			4.5		1 ～ 4
	田辺市			4.5 ～ 7		1
	みなべ町			6		
	印南町			7	2 ～ 3	1.5
	御坊市			3.5	1 ～ 2	0.5
	日高町			5		
	由良町			5 ～ 6		
	広川町	1	5	10 ～ 14		
	湯浅町			3 ～ 6	4.2	
	有田市		5			
	海南市			4.5 ～ 5		0.4 ～ 0.5
	和歌山市	5 ～ 6		14		

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧 (5)

第509回資料1-3
p.21再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
徳島県	徳島市			1		
	阿南市			3 ～ 4		
	美波町			6 ～ 7	1	
	牟岐町		6	6 ～ 8	2	
	海陽町		4 ～ 9	3 ～ 7		
高知県	東洋町		5 ～ 6	6		
	室戸市		8 ～ 13	5 ～ 7		0.8
	奈半利町		6			
	安芸市		3 ～ 4	6 ～7		
	香南市			4 ～ 9.3		
	南国市			7 ～ 8		
	高知市			2 ～ 7.7		
	土佐市			7 ～ 13		
	須崎市			3.1 ～ 18		
	中土佐町			4 ～ 8		
	黒潮町			6 ～ 8.6		

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

南海トラフ沿岸域における津波痕跡高一覧 (6)

第509回資料1-3
p.22再掲

■南海トラフの沿岸域における既往津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1498年 明応地震津波	1605年 慶長地震津波	1707年 宝永地震津波	1854年 安政東海地震津波	1944年 東南海地震津波
高知県	土佐清水市		4 ～ 5	3 ～ 16		0.5
	大月町				1	
	宿毛市			4.5 ～ 9.8		
愛媛県	宇和島市			5 ～ 5.1		
大分県	大分市			2 ～ 3		
	臼杵市			3 ～ 3.5		
	佐伯市			3 ～ 4		0.1
宮崎県	延岡市			3 ～ 5.5		
	日向市					0.1
	高鍋町			3		
	宮崎市			2		
	日南市					0.2
鹿児島県	肝付町		1 ～ 2			

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

主な既往の遠地津波の痕跡高一覧（1）

第509回資料1-3
p.23再掲

■主な既往の遠地津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1952年 カムチャッカ地震	1960年 チリ地震	1964年 アラスカ地震	1996年 ニューギニア島沖地震	2010年 チリ地震
静岡県	下田市		1.8			0.55 ～ 1.44
	南伊豆町					0.20 ～ 0.84
	松崎町					0.20 ～ 0.40
	西伊豆町					0.05 ～ 0.20
	伊豆市					0.51
	沼津市	0.47		0.12	0.88※	0.06 ～ 0.25
	富士市					0.11
	静岡市		1.3	0.06	0.3※	0.05 ～ 0.10
	焼津市					0.56
	吉田町					0.40
	牧之原市					0.20 ～ 0.71
	御前崎市		3.8※	0.3	0.99※	0.4
	掛川市					1.13
	磐田市					0.78 ～ 1.33
	浜松市		1.1		0.36※	

※検潮記録による最大全振幅

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

主な既往の遠地津波の痕跡高一覧（2）

第509回資料1-3
p.24再掲

■主な既往の遠地津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1952年 カムチャッカ地震	1960年 チリ地震	1964年 アラスカ地震	1996年 ニューギニア島沖地震	2010年 チリ地震
愛知県	豊橋市		1.3			
	田原市		0.9			0.40
	蒲郡市		1.1			
	南知多町		0.9			
	常滑市					0.10
	名古屋市		1.3		0.12※	
三重県	桑名市		2.3			
	四日市市		1.3		0.14※	
	津市		1.8			
	松阪市		1.2			
	伊勢市		2.2			
	鳥羽市	0.33	1.6 ～ 2.5	0.15	0.76※	0.30 ～0.50
	志摩市		1 ～ 2.6			0.10 ～ 0.37
	南伊勢町		3.1			0.48 ～ 0.90
	大紀町		2.1			0.77 ～ 1.27

※検潮記録による最大全振幅

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

主な既往の遠地津波の痕跡高一覧（3）

第509回資料1-3
p.25再掲

■主な既往の遠地津波の痕跡高は下表のとおり。

単位：m

市町村名		1952年 カムチャッカ地震	1960年 チリ地震	1964年 アラスカ地震	1996年 ニューギニア島沖地震	2010年 チリ地震
三重県	紀北町		2.9 ～ 3.5			0.50 ～ 1.29
	尾鷲市		1.4 ～ 4		1.32※	0.10 ～ 1.04
	熊野市		1.1 ～ 2.1			0.10 ～ 0.50
	御浜町		0.2			
	紀宝町		0.6			
和歌山県	新宮市		0.5			0.21
	那智勝浦町		1.3 ～ 2.4	0.25	1.22※	0.30 ～ 0.66
	太地町		0.8			0.42
	串本町	0.83	1.2 ～ 2.2	0.45	1.7※	0.36 ～ 1.18

※検潮記録による最大全振幅

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

調査文献一覧 (1)

1. 相田勇（1981）「東海道沖におこった歴史津波の数値実験」『地震研究所彙報』Vol.56，pp.367-390。
2. 相田勇（1985）「東海地震津波の挙動－その数値実験－」『月刊地球』Vol.7，No.4，pp.204-215。
3. 飯田汲事（1981a）「宝永4年10月4日（1707年10月28日）の宝永地震の津波被害」『愛知県被害津波史』愛知県防災会議地震部会，pp.36-49。
4. 飯田汲事（1981b）「嘉永7年（安政元年）11月4日（1854年12月23日）の安政地震の津波被害」『愛知県被害津波史』愛知県防災会議地震部会，pp.50-78。
5. 飯田汲事（1985a）「愛知県および隣接県被害津波史」『東海地方地震・津波災害誌』飯田汲事教授論文選集発行会。
6. 飯田汲事（1985b）「歴史地震の研究 (4):慶長9年12月16日(1605年2月3日)の地震及び津波災害について」『愛知工業大学研究報告. B, 専門関係論文集』Vol.16，pp.159-164。
7. 飯田汲事（1985c）「昭和19年12月7日東南海地震の震害と震度分布」『東海地方地震・津波災害誌』飯田汲事教授論文選集発行会，pp.449-570。
8. 岩瀬浩之，原信彦，田中聡，都司嘉宣，今井健太郎，行谷佑一，今村文彦（2011）「高知県土佐清水市内における1707年宝永地震の津波痕跡に関する現地調査報告」『津波工学研究報告』第28号 ，pp.105-116。
9. 蝦名裕一，今井健太郎，大林涼子，柄本邦明，都司嘉宣（2020）「古絵図に基づく安政東海地震の浜名湖周辺における津波浸水域の分析」『歴史地震』第35号，pp.187-206。
10. 岡村眞・松岡裕美（2012）「津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し」『科学』Vol.82，No.2，pp.182-191。
11. 気象庁（1945）『昭和十九年十二月七日東南海大地震調査概報』中央気象台。
12. 宍倉正展，前杢英明，越後智雄，行谷佑一，永井亜沙香(2011)「潮岬周辺の津波石と隆起痕跡から推定される南海トラフの連動型地震履歴」『日本地球惑星科学連合2011年大会講演要旨』，SSS035-13。
13. 宍倉正展(2013a)「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波（南海地域の例）」『GSJ地質ニュース』Vol.2，No.7，pp.201-204。
14. 静岡県地震対策課（1986）『安政東海地震津波被害調査報告書（特に伊豆半島東海岸について）』静岡県地震対策課。
15. 都司嘉宣，上田和枝，荒井賢一（1994）「須崎市を襲った歴史津波」『歴史地震』第10号， pp.95-115。
16. 都司嘉宣（2006）「小笠原諸島の津波史」『歴史地震』第21号，pp.65-79。
17. 都司嘉宣（2012）「第二章 古文書から読む大地震・大津波の記憶」『千年に一度の大地震・大津波に備える』しずおかの文化新書。
18. 行谷佑一，都司嘉宣（2005）「宝永（1707）・安政東海（1854）地震津波の三重県における詳細津波浸水高分布」『歴史地震』第20号，pp.33-56。
19. 行谷佑一，前杢英明，宍倉正展，越後智雄，永井亜沙香(2011)「和歌山県串本町橋杭岩周辺の漂礫分布の形成要因」『日本地球惑星科学連合2011年大会講演要旨』，SSS035-12。
20. 萩原尊禮（1989）『続古地震-実像と虚像』東京大学出版会。
21. 萩原尊禮（1995）『古地震探究－海洋地震へのアプローチ』東京大学出版会。
22. 羽鳥徳太郎（1975）「明応7年・慶長9年の房総および東海南海道大津波の波源」『地震研究所彙報』Vol.50，pp.171-185。

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

調査文献一覧 (2)

第920回資料1-2
p.29再掲

23. 羽鳥徳太郎（1977）「静岡県沿岸における宝永・安政東海地震の津波調査」『静岡県地震対策基礎調査報告書－第2次調査・津波第1報－』静岡県地震対策課，pp.14-38。
24. 羽鳥徳太郎（1978a）「高知・徳島における慶長・宝永・安政南海道津波の記念碑－1946年南海道津波の挙動との比較－」『地震研究所彙報』Vol.53， pp.423-445。
25. 羽鳥徳太郎（1978b）「三重県沿岸における宝永・安政東海地震の津波調査」『地震研究所彙報』Vol.53，No.4，pp.1191-1225。
26. 羽鳥徳太郎（1980a）「宝永・安政津波の現地調査による波高の検討」『月刊海洋科学』Vol.12，No.7，pp.495-503。
27. 羽鳥徳太郎（1980b）「大阪府・和歌山県沿岸における宝永・安政南海道津波の調査」『地震研究所彙報』Vol.55，pp.505-535。
28. 羽鳥徳太郎（1982）「高知県南西部の宝永・安政南海道津波の調査－久礼・入野・土佐清水の津波の高さ」『地震研究所彙報』Vol.56，pp.547-570。
29. 羽鳥徳太郎（1984）「関東・伊豆東部沿岸における宝永・安政東海津波の挙動」『地震研究所彙報』Vol.59，pp.501-518。
30. 羽鳥徳太郎（1985a）「東海地方の歴史津波」『月刊地球』Vol.7，No.4，pp.182-191。
31. 羽鳥徳太郎（1985b）「小笠原父島における津波の挙動」『地震研究所彙報』Vol.60，pp. 97-104。
32. 羽鳥徳太郎（1986）「九州東部沿岸における歴史津波の現地調査－1662年寛文・1769年明和日向灘および1707年宝永・1854年安政南海道津波－」『地震研究所彙報』Vol.60， pp.439-459。
33. 羽鳥徳太郎（1988）「瀬戸内海・豊後水道沿岸における宝永（1707）・安政（1854）・昭和（1946）南海道津波の挙動」『歴史地震』第4号，pp.37-46。
34. 羽鳥徳太郎（1991）「鎌倉における明応（1498）・元禄（1703）・大正（1923）津波の浸水域」『歴史地震』第7号，pp.1-10。
35. 羽鳥徳太郎（2005）「伊勢湾岸市街地における安政東海津波(1854)の浸水状況」『歴史地震』第20号，pp.57-64。
36. 羽鳥徳太郎（2006）「東京湾・浦賀水道沿岸の元禄関東（1703），安政東海（1854）津波とその他の津波の遡上状況」『歴史地震』第21号，pp.37-45。
37. 藤原治，青島晃，佐藤善輝，北村晃寿，小野映介，谷川晃一朗(2012)「静岡県磐田市の太田川低地で見られる歴史津波堆積物」『日本第四紀学会講演要旨集』第42巻，pp.46-47。
38. 藤原治(2013)「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波（東海地域の例）」『GSJ地質ニュース』Vol.2， No.7，pp.197-200。
39. 松岡裕美，岡村眞(2012)「津波堆積物から見た南海トラフ沿いの巨大地震履歴」『地震予知連絡会会報』第87巻，12-2，pp.495-496。
40. 村上仁士，島田富美男，伊藤禎彦，山本尚明，石塚淳一（1996）「四国における歴史津波（1605慶長・1707宝永・1854安政）の津波高の再検討」『自然災害科学』Vol.15-1，pp.39-52。
41. 矢沼隆，都司嘉宣，今井健太郎，行谷佑一，今村文彦（2011）「静岡県下における1707年宝永地震津波の痕跡調査」『津波工学研究報告』第28号，pp.93-103。
42. 渡辺偉夫（1998）『日本被害津波総覧（第2版）』東京大学出版会。
43. Komatsubara, Junko, Osamu Fujiwara, Keita Takada, Yuki Sawai, Than Tin Aung and Takanobu Kamataki(2008), "Historical tsunamis and storms recorded in a coastal lowland, Shizuoka Prefecture, along the Pacific Coast of Japan", Sedimentology, Vol.55, pp.1703-1716.

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

調査文献一覧 (3)

第920回資料1-2
p.30再掲

44. 気象庁（1973）「1972年12月4日八丈島東方沖地震について」『地震予知連絡会会報』第9巻，3-4，pp.46-50。
45. 気象庁（2004）『2004 年9月5日23 時57 分頃の東海道沖の地震について（第2報）』平成16年9月6日。
46. 気象庁（2009）『平成21年8月11日の駿河湾の地震で発表した津波注意報について』（ http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunamihyoka/20090811suruga-wan/index.html）。
47. 気象庁（2010）『2010年2月27日15時34分頃にチリ中部沿岸で発生した地震について(第３報) 』平成22年2月28日。
48. チリ中部地震津波合同調査グループ（2012）「2010年チリ中部地震津波に関する日本での現地調査の報告」『津波工学研究報告』第29号，pp.37-54。
49. 都司嘉宣，大年邦雄，中野晋，西村裕一，藤間功司，今村文彦，柿沼太郎，中村有吾，今井健太郎，後藤和久，行谷佑一，鈴木進吾，城下英行，松﨑義孝（2010）「2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査」『土木学会論文集B2（海岸工学）』Vol.66, No.1, pp.1346-1350。
50. 三上貴仁，柴山知也，武若聡，Miguel ESTEBAN，大平幸一郎，Rafael ARANGUIZ，Mauricio VILLAGRAN，Alvaro AYALA（2011）「2010年チリ沖地震津波災害の現地調査」『土木学会論文集B3（海洋開発）』Vol.67，No.2, pp.I_529-I_534。
51. NOAA(2010), " TSUNAMI BULLETIN NUMBER 015", PACIFIC TSUNAMI WARNING CENTER, ISSUED AT 2082z 27 FEB 2010", National Oceanic and Atmospheric Administration, (http://www.prh.noaa.gov/ptwc/messages/pacific/2010/pacific.2010.02.27.202736.txt, http://oldwcatwc.arh.noaa.gov/2010/02/27/725245/15/message725245-15.htm).

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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

3-1　津波評価手法及び計算条件

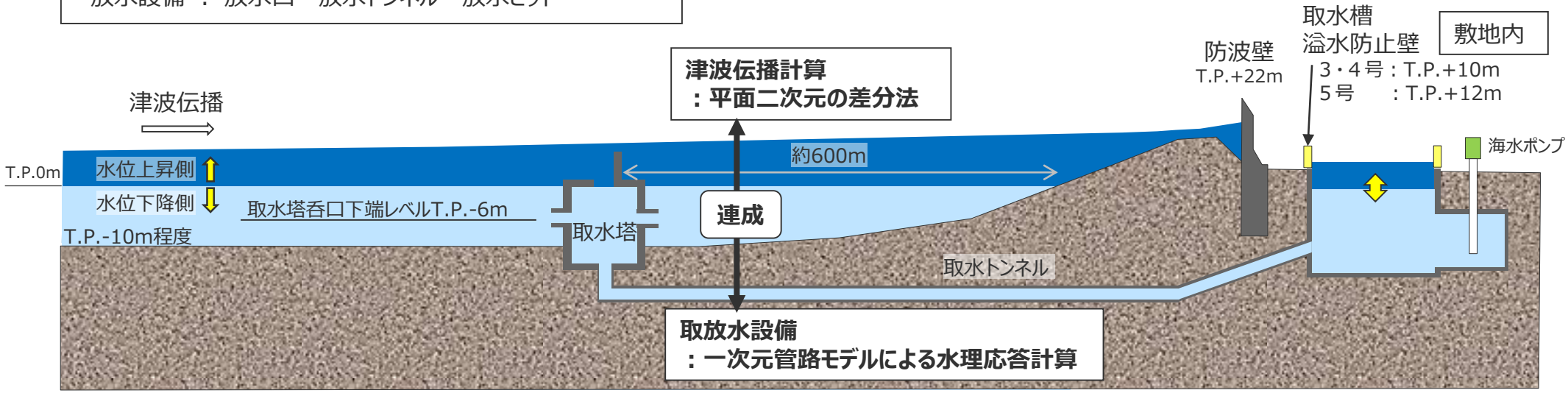
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

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

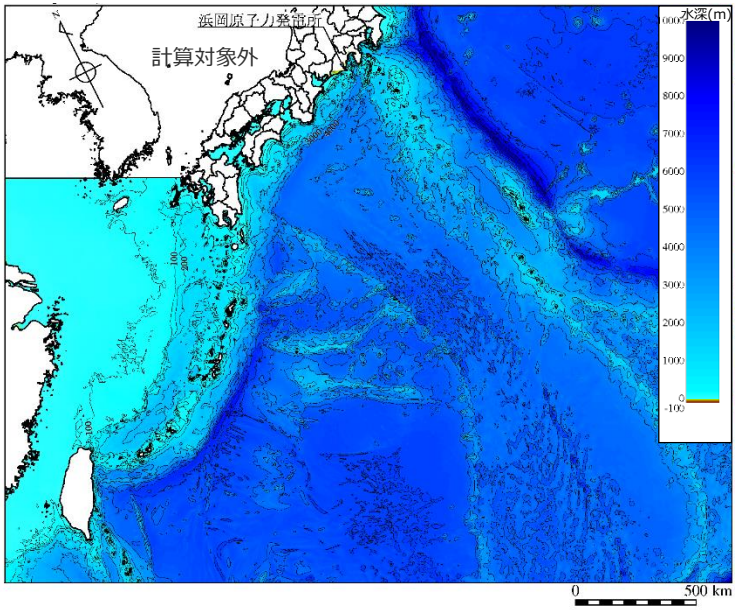
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

計算領域・格子分割（１）

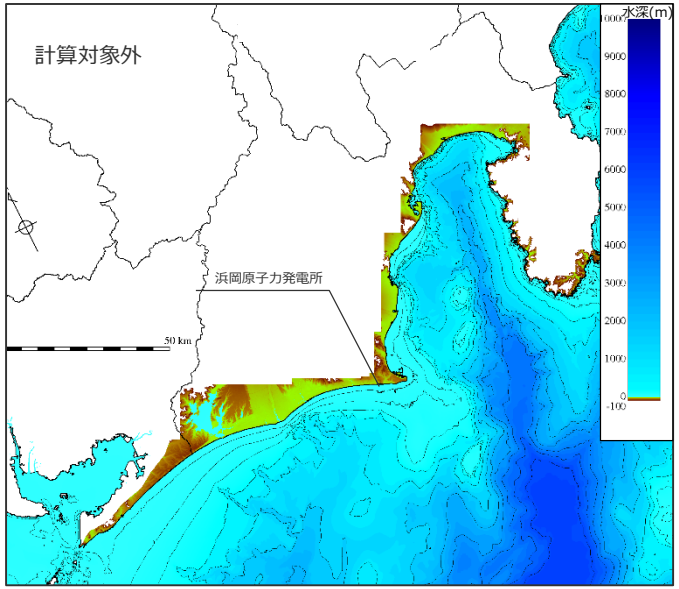
第615回資料1-2
p.9再掲

■解析領域は、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。

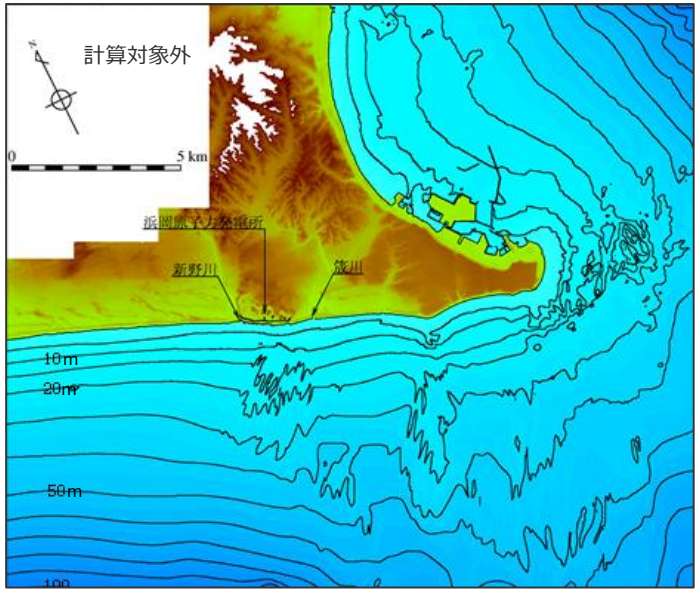
種別	データ名
広域海底地形	・M7000シリーズ(2008～2013年)　：日本水路協会 ・J-EGG500(2005年)　：日本海洋データセンター ・JTOPO30v2(2011年)　：日本水路協会 ・GEBCO(2010年)：BODC（British Oceanographic Data Centre）
陸域・敷地周辺 海底地形	・基盤地図情報　数値標高モデル（10m、5mメッシュ）(2012年)：国土地理院 ・敷地前面地形測量データ(2003～2012年の平均値) ・御前崎港関連図面(2012年)：静岡県御前崎港管理事務所 ・新野川、筏川関連図面(1991年)：静岡県袋井土木事務所 ・港湾・河川地形データ(2003年)　：中央防災会議(2003)



（１）解析領域全体



（２）遠州灘周辺
海底地形（水深分布）



（３）敷地周辺

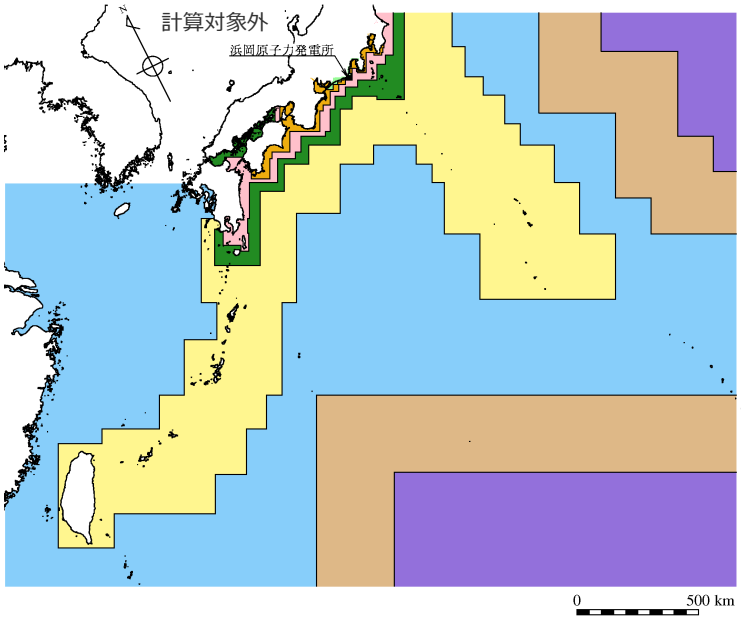
・敷地前面海域の海底地形の経年変化の確認については補足説明資料3-3を参照

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

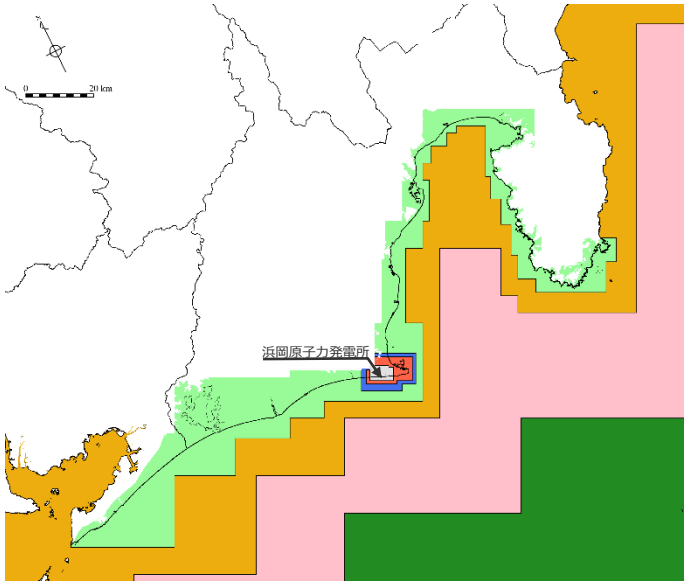
計算領域・格子分割（２）

第509回資料1-1
p.39再掲

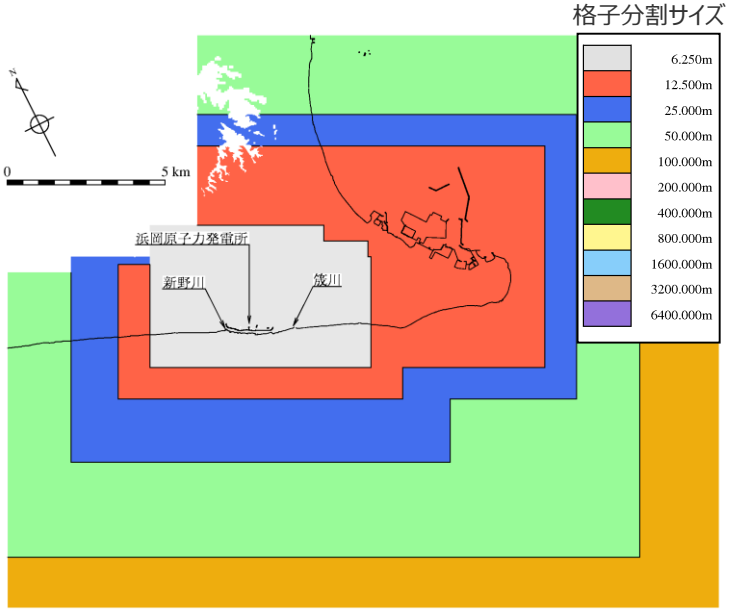
■計算格子は沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m･･･25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔を設定した。



（１）解析領域全体



（２）遠州灘周辺



（３）敷地周辺

格子分割サイズ

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

計算条件

第717回資料1-2
p.35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2003～2012年の平均値）
海面変位	・弾性体理論に基づく方法により計算した地盤変位に基づき設定 鉛直変位量のみでなく水平方向の海底地形の起伏の移動による鉛直方向の地形変化量も考慮（Tanioka and Satake(1996)）
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

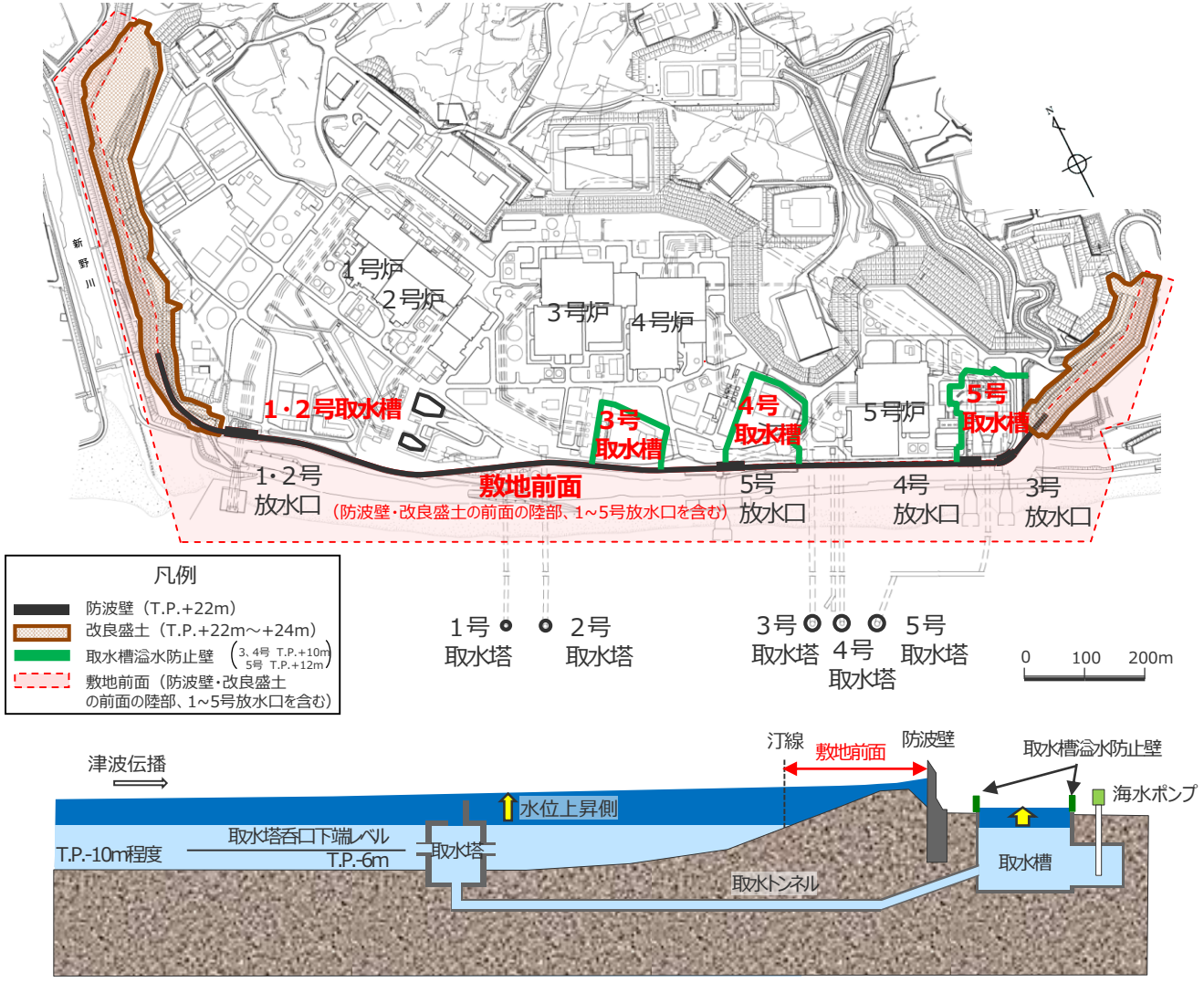
・数値シミュレーション手法の妥当性の確認については、3-4を参照
・潮位条件の詳細については3-2を参照

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について

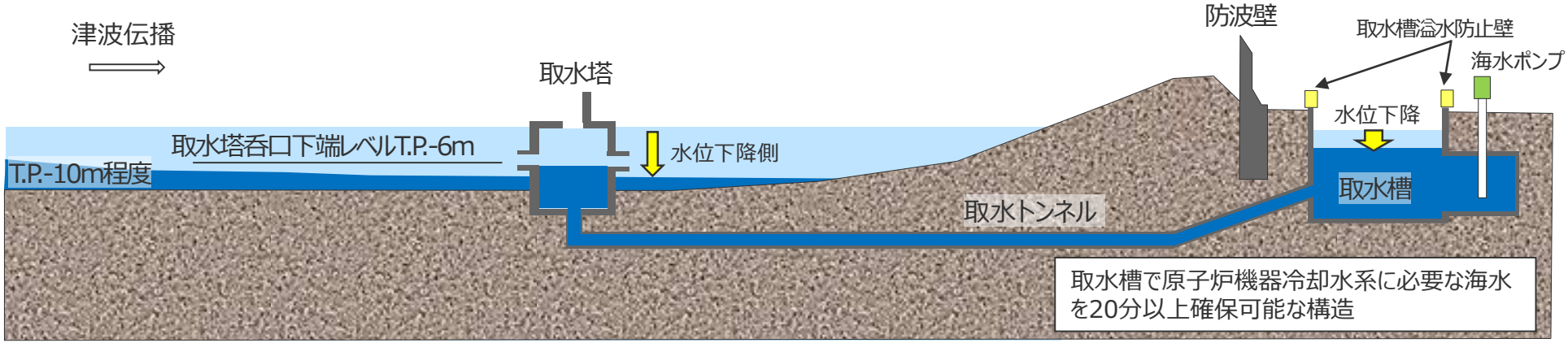
第509回資料1-1
p.42再掲

■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。

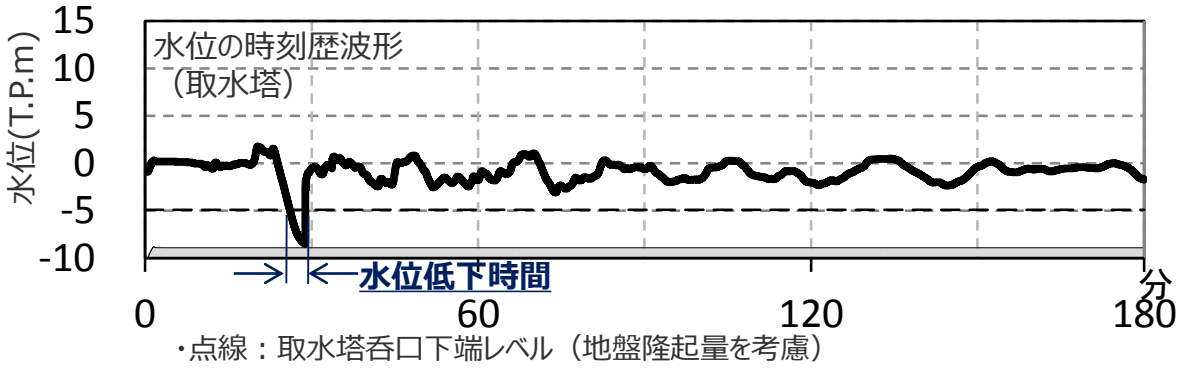
■水位下降側の津波評価では、引き津波に対する取水性を確認するため、取水塔地点の最大下降水位と、取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間（水位低下時間）を評価した。

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



「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.

取水塔水位低下時間の算出方法

第1061回資料2-2
p.38再掲

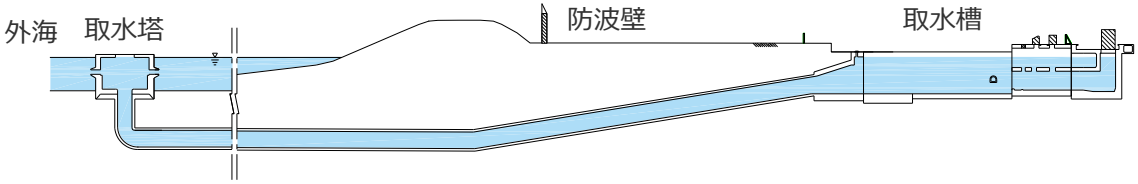
■ 取水塔の水位低下時間の算出について、取水塔地点の外海水位が取水塔呑口下端レベルを一時的に上回り、かつ、その時間が短い場合には、取水槽内の水位は回復しないと考えられる。
■ そこで、外海水位を一定値とした管路解析による取水槽内水位の時間変化に関する検討結果に基づき、「一時的な水位上昇時間のうち、外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」には取水槽内の水位が回復しないとして、その前後の水位低下時間を合算して算出することとした。

○管路解析による取水槽内水位の時間変化に関する検討

検討条件

項目	数値*1	設定方法
取水塔呑口下端レベル	T.P.-6.0m	取水塔の構造に基づく
初期取水槽内水位	T.P.-6.8m	取水塔地点の外海水位が、取水塔呑口下端レベルを下回って15分間*2、RCWSポンプが全台稼働し続けた場合の水位 =取水塔呑口下端レベル(T.P.-6m) −ポンプ流量(175m³/分)×時間(15分)/取水槽の面積(3,200m²)
外海水位	T.P.-5.0m	一定値を仮定し、取水塔呑口から有意な流入量が得られるよう、取水塔呑口下端レベル＋1mとした。

*1 数値は地震発生前のもの。実際には地震による地盤隆起が発生するため、各数値に地盤隆起量がプラスされる。
*2 プレート間地震の津波評価結果における水位低下時間の最大値13.5分を踏まえて設定した。



取水設備（取水塔～取水トンネル～取水槽）の縦断面図



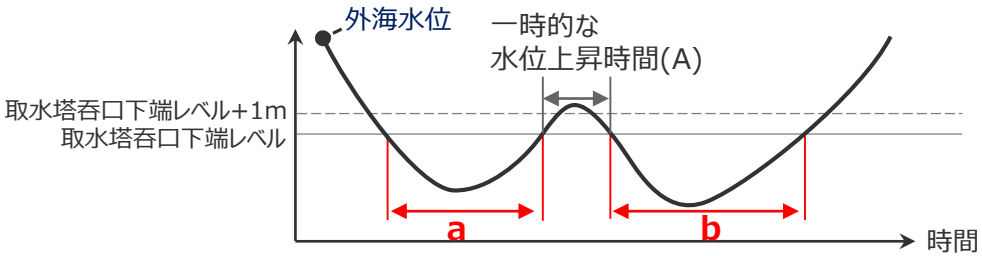
・グラフは4号取水槽のもの。3号取水槽も同様の結果。

管路解析による取水槽内水位の時間変化

○水位低下時間の算出方法

・一時的な水位上昇時間が短時間の場合：

一時的な水位上昇時間(A)のうち、外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合

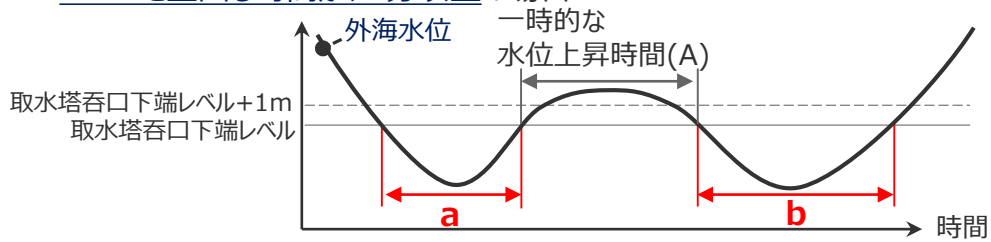


➡一時的な水位上昇時間によって取水槽内の水位は回復しないとし、その前後の水位低下時間を合算して算出

水位低下時間：a+b

・一時的な水位上昇時間が短時間でない場合：

一時的な水位上昇時間(A)のうち、外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分以上の場合



➡一時的な水位上昇時間によって取水槽内の水位が回復するため、その前後の水位低下時間のうち、長い方を採用

水位低下時間：a もしくは bの長い方

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

（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響

第1061回資料2-2
p.39再掲

■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較することとした。

■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、外海水位を取水塔呑口下端レベル+0.5m、＋2mとした管路解析による取水槽内水位の時間変化に関する検討結果に基づき、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法とも、パラメータスタディ結果を比較することとした。

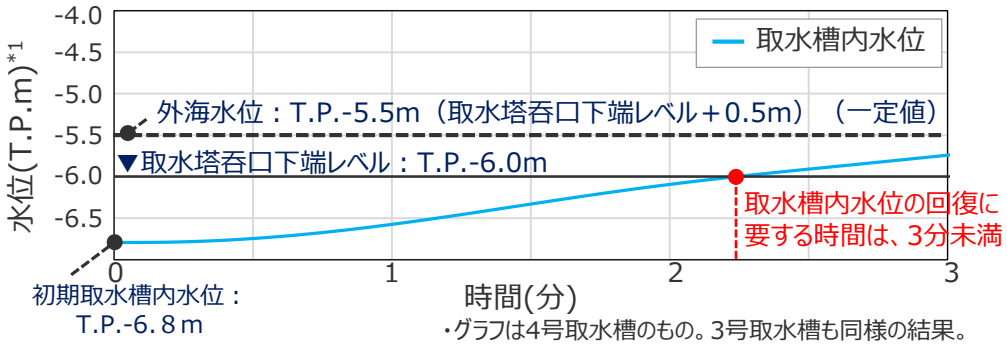
○管路解析による取水槽内水位の時間変化に関する検討

◆ 外海水位が取水塔呑口下端レベル**＋0.5m**の場合に、取水槽内水位の回復に要する時間の検討

検討条件

項目	数値*1	設定方法
取水塔呑口下端レベル	T.P.-6.0m	取水塔の構造に基づく
初期取水槽内水位	T.P.-6.8m	取水塔地点の外海水位が、取水塔呑口下端レベルを下回って15分間*2、RCWSポンプが全台稼働し続けた場合の水位 =取水塔呑口下端レベル(T.P.-6m) −ポンプ流量(175m³/分)×時間(15分)/取水槽の面積(3,200m²)
外海水位	**T.P.-5.5m**	取水塔呑口下端レベル**＋0.5m**とした。

*1 数値は地震発生前のもの。実際には地震による地盤隆起が発生するため、各数値に地盤隆起量がプラスされる。
*2 プレート間地震の津波評価結果における水位低下時間の最大値13.5分を踏まえて設定した。



・グラフは4号取水槽のもの。3号取水槽も同様の結果。

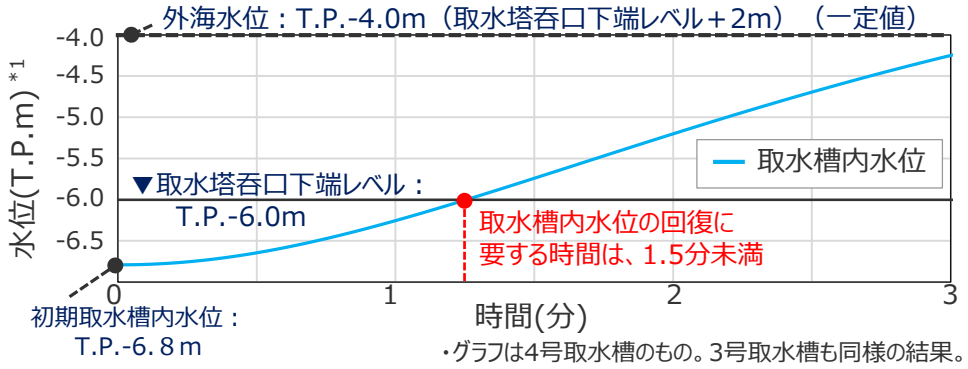
管路解析による取水槽内水位の時間変化

◆ 外海水位が取水塔呑口下端レベル**＋2m**の場合に、取水槽内水位の回復に要する時間の検討

検討条件

項目	数値*1	設定方法
取水塔呑口下端レベル	T.P.-6.0m	取水塔の構造に基づく
初期取水槽内水位	T.P.-6.8m	取水塔地点の外海水位が、取水塔呑口下端レベルを下回って15分間*2、RCWSポンプが全台稼働し続けた場合の水位 =取水塔呑口下端レベル(T.P.-6m) −ポンプ流量(175m³/分)×時間(15分)/取水槽の面積(3,200m²)
外海水位	**T.P.-4.0m**	取水塔呑口下端レベル**＋2m**とした。

*1 数値は地震発生前のもの。実際には地震による地盤隆起が発生するため、各数値に地盤隆起量がプラスされる。
*2 プレート間地震の津波評価結果における水位低下時間の最大値13.5分を踏まえて設定



・グラフは4号取水槽のもの。3号取水槽も同様の結果。

管路解析による取水槽内水位の時間変化

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

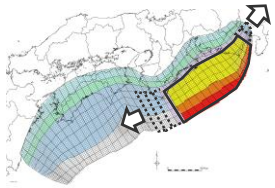
（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響
（概略パラメータスタディ：検討波源モデルA）

第1061回資料2-2
p.40再掲

■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

東海地域の大すべり域が1箇所のケース

大すべり域の位置	4号取水塔水位低下時間(min)			
	①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
E2.0	4.4	4.2	4.4	4.4
E1.5	4.2	4.2	4.2	4.2
E1.0	4.3	4.3	4.3	4.3
E0.5	4.3	4.3	4.3	4.3
0	4.3	4.3	4.3	4.3
W0.5	4.6	4.6	4.6	4.6
W1.0	4.5	4.5	4.5	4.5
W1.5	4.4	4.4	4.4	4.4
W2.0	6.9	5.0	6.9	6.9
W2.5	4.8	4.7	4.8	4.8
W3.0	5.2	4.7	5.2	5.2



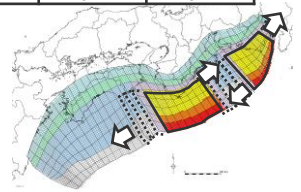
・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

東海地域の大すべり域が2箇所のケース

敷地に近い大すべり域の位置	東西の大すべり域間の距離(km)	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する場合(+1.0m)	②合算せずに算出する場合	(参考)合算して算出する場合(+0.5m)	(参考)合算して算出する場合(+2.0m)
E2.0	20	4.1	4.1	4.1	4.1
	40	4.0	4.0	4.0	4.0
	60	5.2	5.2	5.2	5.2
	80	6.0	6.0	6.0	7.2
	100	9.2	6.0	9.2	9.2
	120	12.1	7.1	12.1	12.1
	140	**12.5**	12.5	**12.5**	**12.5**
	160	11.9	11.9	11.9	11.9
E1.0	20	4.6	4.6	4.6	4.6
	40	5.7	4.5	5.7	5.7
	60	7.7	6.2	7.7	7.7
	80	9.5	6.3	9.5	9.5
	100	12.1	12.1	12.1	12.1
	120	11.8	11.8	11.8	11.8
	140	11.5	11.5	11.5	11.5
	160	11.1	5.7	11.1	11.1
0	20	6.2	6.2	6.2	6.2
	40	8.7	6.2	8.7	8.7
	60	11.9	11.9	11.9	11.9
	80	12.2	12.2	12.2	12.2
	100	11.9	11.9	11.9	11.9
	120	11.6	11.6	11.6	11.6
	140	11.6	6.2	11.6	11.6
	160	11.3	6.3	11.3	11.3
E2.0	130	**12.5**	12.5	**12.5**	**12.5**
	140	12.5	12.5	12.5	12.5
	150	12.0	12.0	12.0	12.0
E1.5	120	12.5	12.5	12.5	12.5
	130	12.4	12.4	12.4	12.4
	140	11.7	11.7	11.7	11.7

：基準断層モデルとして選定したケース

敷地に近い大すべり域の位置	東西の大すべり域間の距離(km)	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
W1.0	20	11.3	11.3	11.3	11.3
	40	11.7	11.7	11.7	11.7
	60	11.7	11.7	11.7	11.7
	80	11.4	11.4	11.4	11.4
	100	11.2	11.2	11.2	11.2
	120	11.2	11.2	11.2	11.2
	140	11.4	11.4	11.4	11.4
	160	8.2	6.2	8.2	8.2
W2.0	20	11.3	11.3	11.3	11.3
	40	11.3	11.3	11.3	11.3
	60	10.5	10.5	10.5	10.5
	80	10.0	10.0	10.0	10.0
	100	9.8	9.8	9.8	9.8
	120	8.2	8.2	8.2	8.2
	140	7.2	7.2	7.2	7.2
	160	5.9	5.9	5.9	6.5
W3.0	20	8.3	8.3	8.3	8.3
	40	8.1	8.1	8.1	8.1
	60	7.0	7.0	7.0	7.0
	80	6.5	6.5	6.5	6.5
	100	6.4	6.4	6.4	6.4
	120	8.1	8.1	8.1	8.1
	140	5.2	4.9	5.2	5.2
	160	6.2	6.2	6.2	6.2



・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

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

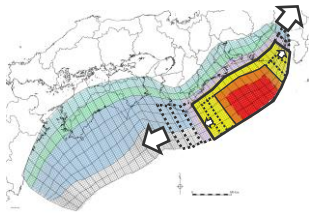
（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響
（概略パラメータスタディ：検討波源モデルD）

第1061回資料2-2
p.41再掲

■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

東海地域の大すべり域が1箇所のケース

大すべり域の位置	4号取水塔水位低下時間(min) ①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
E5.0	5.1	5.1	5.1	5.1
E4.5	5.1	5.1	5.1	5.1
E4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
E3.5	5.1	5.1	5.1	5.1
E3.0	5.5	5.0	5.5	5.5
E2.5	7.2	5.2	7.2	7.2
E2.0	7.9	7.9	7.9	7.9
E1.5	8.2	8.2	8.2	8.2
E1.0	8.7	8.7	8.7	9.7
E0.5	8.4	8.4	8.4	8.5
0	8.8	8.8	8.8	8.8
W0.5	9.2	9.2	9.2	9.2
W1.0	8.9	8.9	8.9	8.9
W1.5	7.5	7.5	7.5	7.5
W2.0	8.0	8.0	8.0	8.0
W2.5	7.3	7.3	7.3	7.3
W3.0	6.9	6.9	6.9	6.9



・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

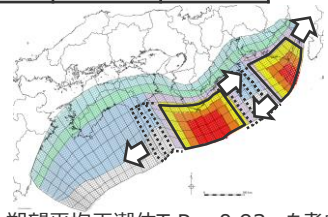
東海地域の大すべり域が2箇所のケース

敷地に近い大すべり域の位置	東西の大すべり域間の距離(km)	4号取水塔水位低下時間(min) ①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
E2.0	20	5.8	5.8	5.8	5.8
	40	5.3	5.3	5.3	5.9
	60	4.6	4.6	4.6	9.1
	80	7.4	7.4	7.4	7.4
	100	9.4	9.4	9.4	9.4
	120	11.1	11.1	11.1	11.1
	140	11.5	11.5	11.5	11.5
	160	12.3	12.3	12.3	12.3
E1.0	20	5.0	5.0	5.0	5.0
	40	6.4	6.4	6.4	6.4
	60	7.1	7.1	7.1	7.1
	80	10.0	10.0	10.0	10.0
	100	10.9	10.9	10.9	10.9
	120	11.3	11.3	11.3	11.3
	140	11.8	11.8	11.8	11.8
	160	12.1	12.1	12.1	12.1
0	20	6.5	6.5	6.5	6.5
	40	8.0	8.0	8.0	8.0
	60	10.2	10.2	10.2	10.2
	80	11.3	11.3	11.3	11.3
	100	11.4	11.4	11.4	11.4
	120	12.0	12.0	12.0	12.0
	140	**12.3**	12.3	**12.3**	**12.3**
	160	11.7	11.7	11.7	11.7

敷地に近い大すべり域の位置	東西の大すべり域間の距離(km)	4号取水塔水位低下時間(min) ①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
E0.5	140	11.9	11.9	11.9	11.9
	150	12.1	12.1	12.1	12.1
	160	11.9	11.9	11.9	11.9
0	130	12.0	12.0	12.0	12.0
	140	**12.3**	12.3	**12.3**	**12.3**
	150	12.1	12.1	12.1	12.1
W0.5	120	11.7	11.7	11.7	11.7
	130	12.0	12.0	12.0	12.0
	140	11.9	11.9	11.9	11.9

：基準断層モデルとして選定したケース

敷地に近い大すべり域の位置	東西の大すべり域間の距離(km)	4号取水塔水位低下時間(min) ①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
W1.0	20	10.8	10.8	10.8	10.8
	40	11.4	11.3	11.4	11.4
	60	11.5	11.5	11.5	11.5
	80	11.6	11.6	11.6	11.6
	100	11.9	11.9	11.9	11.9
	120	11.9	11.9	11.9	11.9
	140	11.5	11.5	11.5	11.5
	160	9.5	9.5	9.5	9.5
W2.0	20	10.6	10.6	10.6	10.6
	40	11.0	11.0	11.0	11.0
	60	10.9	10.9	10.9	10.9
	80	11.2	11.2	11.2	11.2
	100	11.3	11.3	11.3	11.3
	120	10.7	10.7	10.7	10.7
	140	9.0	9.0	9.0	9.0
	160	7.8	7.8	7.8	7.8
W3.0	20	9.6	9.6	9.6	9.6
	40	9.7	9.7	9.7	9.7
	60	9.0	8.4	9.0	9.0
	80	7.8	7.8	7.8	7.8
	100	7.8	7.8	7.8	7.8
	120	8.6	8.6	8.6	8.6
	140	7.4	6.1	7.4	7.4
	160	7.5	7.4	7.5	7.5



・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

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

（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響（詳細パラメータスタディ：基準断層モデル2-1）

第1061回資料2-2
p.42再掲

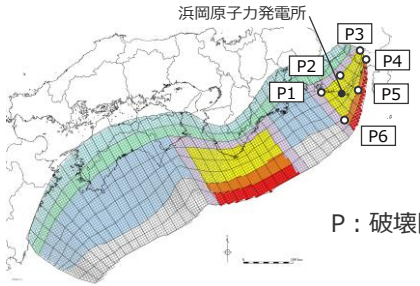
■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

【水位下降側】基準断層モデル2-1：検討波源モデルA　東海地域の大すべり域が2箇所のケース（敷地に近い大すべり域：東へ40km移動、東西の大すべり域間の距離：130km）

ライズタイムの不確かさ考慮

ライズタイム(s)	4号取水塔水位低下時間(min)			
	①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
60	12.2	12.2	12.2	12.2
90	12.3	12.3	12.3	12.3
120	**12.5**	12.5	**12.5**	**12.5**
150	12.5	12.5	12.5	12.5
180	12.4	12.4	12.4	12.4
210	12.3	12.3	12.3	12.3
240	12.1	12.1	12.1	12.1
270	11.8	11.8	11.8	11.8
300	11.6	11.6	11.6	11.6

・破壊伝播速度2.0km/s、破壊開始点P2として検討



P：破壊開始点

・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

：ライズタイムの不確かさ考慮の結果、敷地への影響が最も大きいケース

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、
津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

破壊伝播速度、破壊開始点の不確かさ考慮

破壊伝播速度(km/s)	破壊開始点	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
0.7	P1	13.1	13.1	13.1	13.1
	P2	9.6	6.7	9.6	9.6
	P3	8.3	6.3	8.3	8.3
	P4	8.0	6.3	6.3	8.0
	P5	7.7	6.6	6.6	7.7
	P6	**13.2**	13.2	**13.2**	**13.2**
1.0	P1	12.7	12.7	12.7	12.7
	P2	12.3	9.1	12.3	12.3
	P3	11.6	8.7	11.6	11.6
	P4	11.1	7.2	11.1	11.1
	P5	10.6	7.2	10.6	10.6
	P6	12.9	12.9	12.9	12.9
1.5	P1	12.9	12.9	12.9	12.9
	P2	12.2	12.2	12.2	12.2
	P3	12.2	12.2	12.2	12.2
	P4	12.2	12.2	12.2	12.2
	P5	12.3	12.3	12.3	12.3
	P6	12.7	12.7	12.7	12.7
2.0	P1	13.0	13.0	13.0	13.0
	P2	12.5	12.5	12.5	12.5
	P3	12.3	12.3	12.3	12.3
	P4	12.2	12.2	12.2	12.2
	P5	12.2	12.2	12.2	12.2
	P6	12.8	12.8	12.8	12.8
2.5	P1	13.0	13.0	13.0	13.0
	P2	12.7	12.7	12.7	12.7
	P3	12.6	12.6	12.6	12.6
	P4	12.5	12.5	12.5	12.5
	P5	12.5	12.5	12.5	12.5
	P6	12.9	12.9	12.9	12.9

：最も影響が大きいケース　・ライズタイム120sとして検討

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

（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響（詳細パラメータスタディ：基準断層モデル2-2）

第1061回資料2-2
p.43再掲

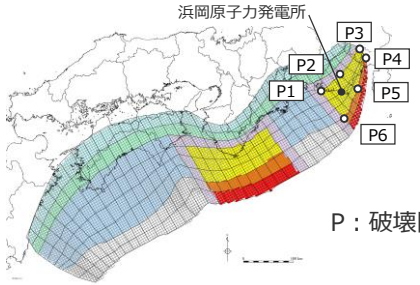
■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

【水位下降側】基準断層モデル2-2：検討波源モデルA 東海地域の大すべり域が2箇所のケース（敷地に近い大すべり域：東へ40km移動、東西の大すべり域間の距離：140km）

ライズタイムの不確かさ考慮

ライズタイム(s)	4号取水塔水位低下時間(min)			
	①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
60	12.3	12.3	12.3	12.3
90	12.3	12.3	12.3	12.3
120	12.3	12.3	12.3	12.3
150	12.4	12.4	12.4	12.4
180	**12.4**	12.4	**12.4**	**12.4**
210	12.3	12.3	12.3	12.3
240	12.2	12.2	12.2	12.2
270	12.0	12.0	12.0	12.0
300	11.7	11.7	11.7	11.7

・破壊伝播速度2.0km/s、破壊開始点P2として検討



P：破壊開始点

・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

：ライズタイムの不確かさ考慮の結果、敷地への影響が最も大きいケース

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、
津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

破壊伝播速度、破壊開始点の不確かさ考慮

破壊伝播速度(km/s)	破壊開始点	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
0.7	P1	**13.1**	13.1	13.1	**13.1**
	P2	9.0	6.7	6.7	9.0
	P3	8.5	6.6	6.6	8.5
	P4	6.4	6.4	6.4	7.6
	P5	7.1	6.7	6.7	7.1
	P6	13.1	13.1	13.1	13.1
1.0	P1	12.7	12.7	12.7	12.7
	P2	11.9	7.1	7.1	11.9
	P3	11.2	7.0	7.0	11.2
	P4	10.6	6.9	6.9	10.6
	P5	9.9	7.1	7.1	9.9
	P6	12.8	12.8	12.8	12.8
1.5	P1	12.6	12.6	12.6	12.6
	P2	12.4	12.4	12.4	12.4
	P3	12.3	12.3	12.3	12.3
	P4	12.3	12.3	12.3	12.3
	P5	12.4	12.4	12.4	12.4
	P6	12.5	12.5	12.5	12.5
2.0	P1	12.5	12.5	12.5	12.5
	P2	12.4	12.4	12.4	12.4
	P3	12.4	12.4	12.4	12.4
	P4	12.4	12.4	12.4	12.4
	P5	12.4	12.4	12.4	12.4
	P6	12.4	12.4	12.4	12.4
2.5	P1	12.4	12.4	12.4	12.4
	P2	12.3	12.3	12.3	12.3
	P3	12.3	12.3	12.3	12.3
	P4	12.4	12.4	12.4	12.4
	P5	12.4	12.4	12.4	12.4
	P6	12.4	12.4	12.4	12.4

：最も影響が大きいケース　・ライズタイム180sとして検討

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

（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響（詳細パラメータスタディ：基準断層モデル2-3）

第1061回資料2-2
p.44再掲

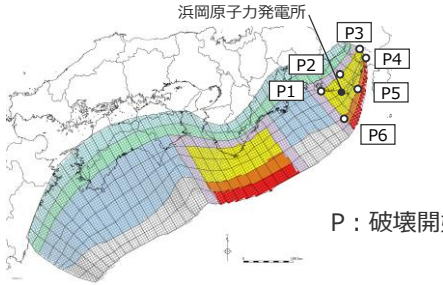
■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

【水位下降側】基準断層モデル2-3：検討波源モデルA　東海地域の大すべり域が2箇所のケース（敷地に近い大すべり域：東へ30km移動、東西の大すべり域間の距離：120km）

ライズタイムの不確かさ考慮

ライズタイム(s)	4号取水塔水位低下時間(min)			
	①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
60	12.3	12.1	12.3	12.3
90	12.4	12.4	12.4	12.4
120	12.6	12.6	12.6	12.6
150	**12.6**	12.6	**12.6**	**12.6**
180	12.5	12.5	12.5	12.5
210	12.2	12.2	12.2	12.2
240	12.0	12.0	12.0	12.0
270	11.8	11.8	11.8	11.8
300	11.6	11.6	11.6	11.6

・破壊伝播速度2.0km/s、破壊開始点P2として検討



P：破壊開始点

・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

：ライズタイムの不確かさ考慮の結果、敷地への影響が最も大きいケース

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、
津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

破壊伝播速度、破壊開始点の不確かさ考慮

破壊伝播速度(km/s)	破壊開始点	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考)合算して算出する方法(+0.5m)	(参考)合算して算出する方法(+2.0m)
0.7	P1	**13.5**	13.5	**13.5**	**13.5**
	P2	10.9	6.9	10.9	10.9
	P3	8.8	6.3	8.8	8.8
	P4	8.5	6.3	8.5	8.5
	P5	8.6	6.5	8.6	8.6
	P6	13.2	13.2	13.2	13.2
1.0	P1	13.2	13.2	13.2	13.2
	P2	12.6	12.6	12.6	12.6
	P3	12.3	12.3	12.3	12.3
	P4	11.9	7.0	11.9	11.9
	P5	12.0	7.2	12.0	12.0
	P6	13.0	13.0	13.0	13.0
1.5	P1	13.0	13.0	13.0	13.0
	P2	12.4	12.4	12.4	12.4
	P3	12.3	12.3	12.3	12.3
	P4	12.3	12.3	12.3	12.3
	P5	12.4	12.4	12.4	12.4
	P6	12.8	12.8	12.8	12.8
2.0	P1	12.9	12.9	12.9	12.9
	P2	12.6	12.6	12.6	12.6
	P3	12.4	12.4	12.4	12.4
	P4	12.3	12.3	12.3	12.3
	P5	12.4	12.4	12.4	12.4
	P6	12.8	12.8	12.8	12.8
2.5	P1	12.8	12.8	12.8	12.8
	P2	12.7	12.7	12.7	12.7
	P3	12.5	12.5	12.5	12.5
	P4	12.5	12.5	12.5	12.5
	P5	12.5	12.5	12.5	12.5
	P6	12.8	12.8	12.8	12.8

：最も影響が大きいケース　・ライズタイム150sとして検討

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

（補足）水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響（詳細パラメータスタディ：基準断層モデル4-1）

第1061回資料2-2
p.45再掲

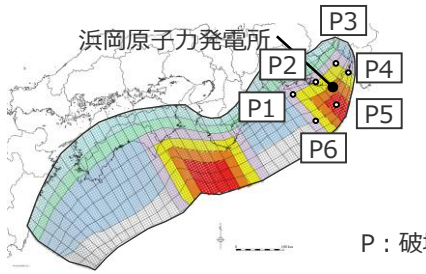
■ 水位低下時間の算出方法の違いによるパラメータスタディへの影響について、①一時的な水位上昇時間が短時間の場合(「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋1mを上回る時間が、2分未満の場合」)にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法と、②一時的な水位上昇時間が短時間の場合でも水位低下時間を合算せずに算出する方法とで、パラメータスタディ結果を比較したところ、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。
■ なお、①の合算して算出する方法については、参考として、「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋0.5mを上回る時間が、3分未満の場合」および「外海水位が取水塔呑口下端レベル＋2mを上回る時間が、1.5分未満の場合」にその前後の水位低下時間を合算して算出する方法での水位低下時間も確認し、同様に、取水塔の水位低下時間が最も大きいケースの選定およびその水位低下時間に影響がないことを確認した。

【水位下降側】 基準断層モデル4-1：検討波源モデルD 東海地域の大すべり域が2箇所のケース（敷地に近い大すべり域：基準位置、東西の大すべり域間の距離：140km）

ライズタイムの不確かさ考慮

ライズタイム(s)	4号取水塔水位低下時間(min)			
	①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考) 合算して算出する方法(+0.5m)	(参考) 合算して算出する方法(+2.0m)
60	**12.2**	12.2	**12.2**	**12.2**
90	12.1	12.1	12.1	12.1
120	12.0	12.0	12.0	12.0
150	11.9	11.9	11.9	11.9
180	11.8	11.8	11.8	11.8
210	11.7	11.7	11.7	11.7
240	11.5	11.5	11.5	11.5
270	11.3	11.3	11.3	11.3
300	11.1	11.1	11.1	11.1

・破壊伝播速度2.0km/s、破壊開始点P2として検討



P：破壊開始点

・朔望平均干潮位T.P.－0.93mを考慮

：ライズタイムの不確かさ考慮の結果、敷地への影響が最も大きいケース

・取水塔の評価地点に着目し、小数点第一位までの津波評価結果から、
津波影響を代表する(その他のケースによる津波影響を包絡する)ケースを選定した。

破壊伝播速度、破壊開始点の不確かさ考慮

破壊伝播速度(km/s)	破壊開始点	4号取水塔水位低下時間(min)			
		①合算して算出する方法(+1.0m)	②合算せずに算出する方法	(参考) 合算して算出する方法(+0.5m)	(参考) 合算して算出する方法(+2.0m)
0.7	P1	12.1	12.1	12.1	12.1
	P2	9.8	9.8	9.8	9.8
	P3	9.0	9.0	9.0	9.0
	P4	8.7	8.7	8.7	8.7
	P5	9.3	9.3	9.3	9.3
	P6	10.0	10.0	10.0	10.0
1.0	P1	12.2	12.2	12.2	12.2
	P2	11.2	11.2	11.2	11.2
	P3	10.5	10.5	10.5	10.5
	P4	9.5	9.5	9.5	9.5
	P5	9.9	9.9	9.9	9.9
	P6	11.6	11.6	11.6	11.6
1.5	P1	12.4	12.4	12.4	12.4
	P2	11.8	11.8	11.8	11.8
	P3	11.5	11.5	11.5	11.5
	P4	11.2	11.2	11.2	11.2
	P5	11.4	11.4	11.4	11.4
	P6	11.9	11.9	11.9	11.9
2.0	P1	**12.4**	12.4	**12.4**	**12.4**
	P2	12.2	12.2	12.2	12.2
	P3	11.8	11.8	11.8	11.8
	P4	11.7	11.7	11.7	11.7
	P5	11.8	11.8	11.8	11.8
	P6	12.1	12.1	12.1	12.1
2.5	P1	12.4	12.4	12.4	12.4
	P2	12.2	12.2	12.2	12.2
	P3	12.1	12.1	12.1	12.1
	P4	11.9	11.9	11.9	11.9
	P5	12.0	12.0	12.0	12.0
	P6	12.1	12.1	12.1	12.1

：最も影響が大きいケース　・ライズタイム60sとして検討

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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

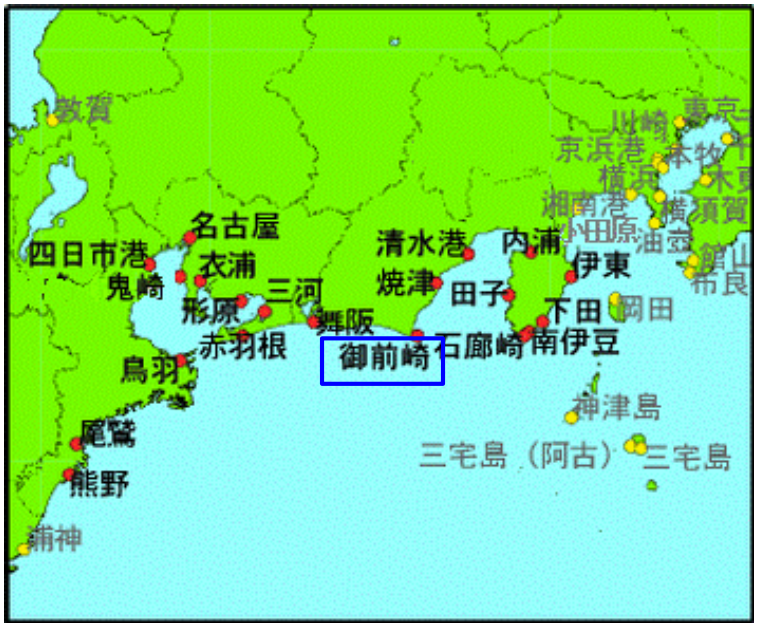
3-2　朔望平均潮位

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

潮位条件（敷地周辺の潮位観測）

第662回資料1-1
p.32再掲

- 敷地周辺では、御前崎港内（敷地東方約8km）の気象庁御前崎検潮所で潮位の観測が行われている。
- 御前崎検潮所における1958年～2017年の最高潮位は以下のとおりであり、最高潮位は1981年の台風襲来時におけるT.P.＋1.36mである。



御前崎検潮所位置図

1958年～2017年の最高潮位（御前崎）

年	発生月日	年最高潮位(T.P.m)	備考
1958	12月26日	0.824	6月に観測開始
1959	12月3日	0.984	
1960	9月7日	0.964	
1961	10月10日	1.154	
1962	10月15日	0.920	
1963	10月30日	0.781	
1964	9月25日	0.782	
1965	5月31日	0.852	
1966	5月23日	0.714	
1967	10月6日	0.994	
1968	10月24日	1.114	
1969	10月25日	0.924	
1970	10月16日	0.793	
1971	9月7日	1.113	
1972	11月21日	0.983	
1973	7月30日	1.059	
1974	9月1日	0.979	
1975	9月8日	1.179	台風8号
1976	10月24日	1.139	
1977	7月2日	1.039	
1978	9月16日	1.159	
1979	10月4日	1.279	
1980	10月25日	1.154	
1981	8月22日	1.364	台風15号
1982	9月4日	1.064	
1983	7月12日	1.004	
1984	10月12日	1.002	
1985	7月1日	1.312	台風6号
1986	8月4日	0.952	
1987	9月9日	1.002	

年	発生月日	年最高潮位(T.P.m)	備考
1988	9月26日	1.012	
1989	10月15日	0.942	
1990	8月10日	1.342	台風11号
1991	9月9日	1.152	
1992	10月25日	1.032	
1993	11月14日	0.992	
1994	10月5日	0.932	
1995	10月25日	1.014	
1996	11月13日	0.957	
1997	9月19日	1.117	
1998	9月7日	1.010	
1999	10月27日	1.280	低気圧
2000	9月15日	1.061	
2001	8月22日	1.131	
2002	10月7日	1.151	
2003	9月28日	1.062	
2004	10月9日	1.342	台風22号
2005	8月25日	1.148	
2006	10月7日	1.179	台風16号、低気圧
2007	9月6日	1.057	
2008	11月28日	0.958	
2009	12月4日	1.048	
2010	10月10日	1.052	
2011	9月28日	1.039	
2012	9月30日	1.272	台風17号
2013	10月16日	1.072	
2014	9月10日	1.045	
2015	8月30日	1.055	
2016	11月15日	1.043	
2017	10月22日	1.230	台風21号

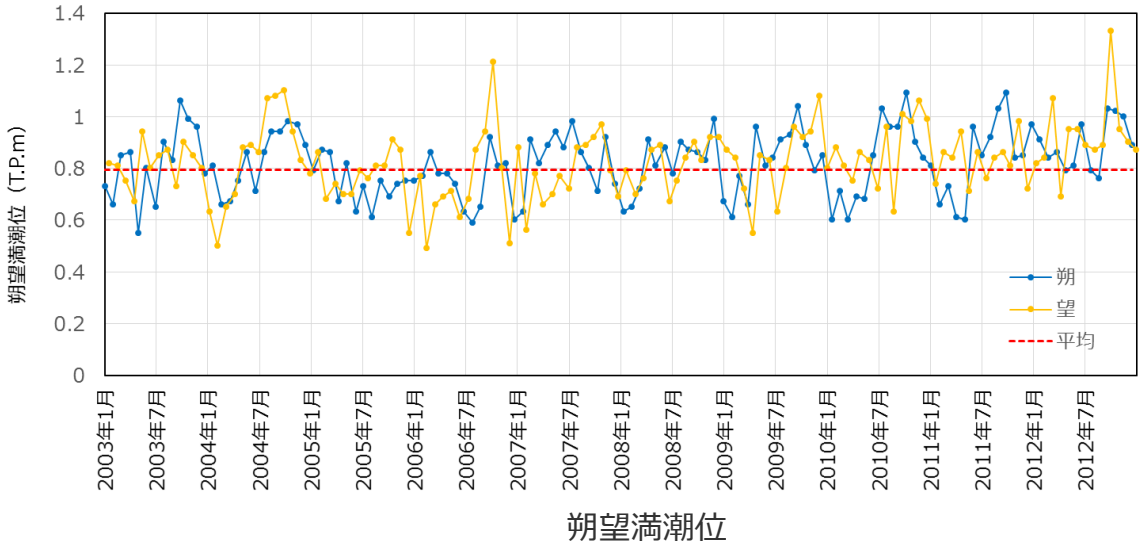
（気象庁潮汐観測資料に基づき作成）

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

3-2 朔望平均潮位

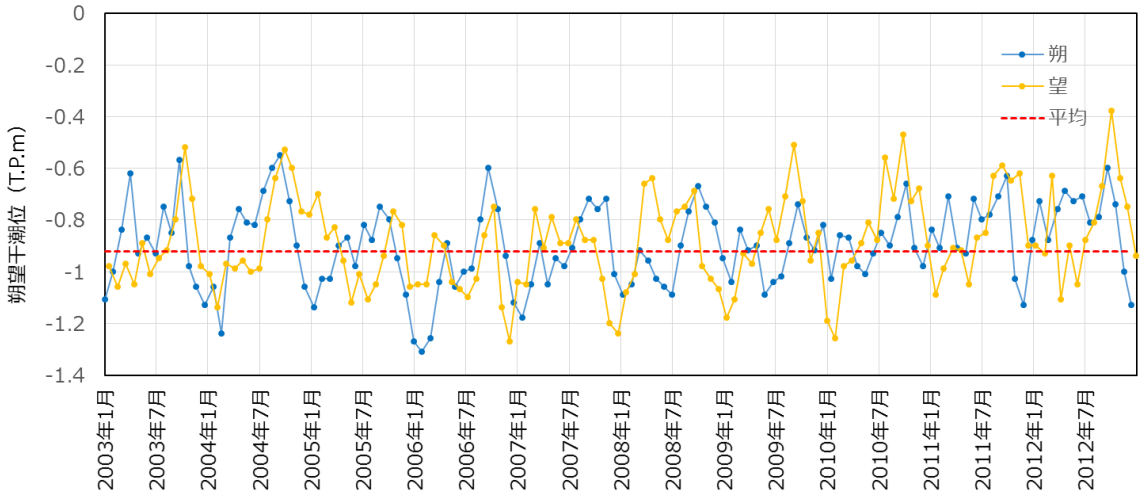
潮位条件（初期潮位：朔望平均満潮位、朔望平均干潮位）の設定

■ 津波評価に用いる初期潮位については、気象庁御前崎検潮所の2003年～2012年の10年間の記録から、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位を整理した上で、水位上昇側で朔望平均満潮位T.P.+0.80m、水位下降側で朔望平均干潮位T.P.-0.93mを適用した。
■ なお、発電所で用いるすべての基準面は東京湾平均海面（T.P.）を適用した。



朔望満潮位

水位上昇側初期潮位
朔望平均満潮位
T.P.+0.80m



朔望干潮位

水位下降側初期潮位
朔望平均干潮位
T.P.-0.93m

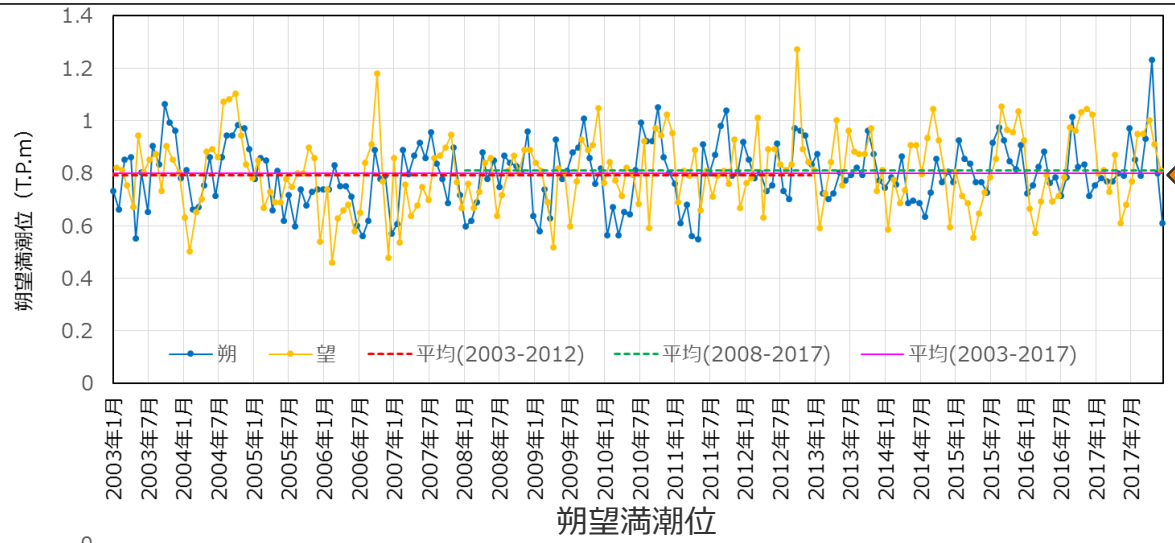
（気象庁潮汐観測資料に基づき作成）

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

3-2　朔望平均潮位

初期潮位（朔望平均満潮位、朔望平均干潮位）への影響確認

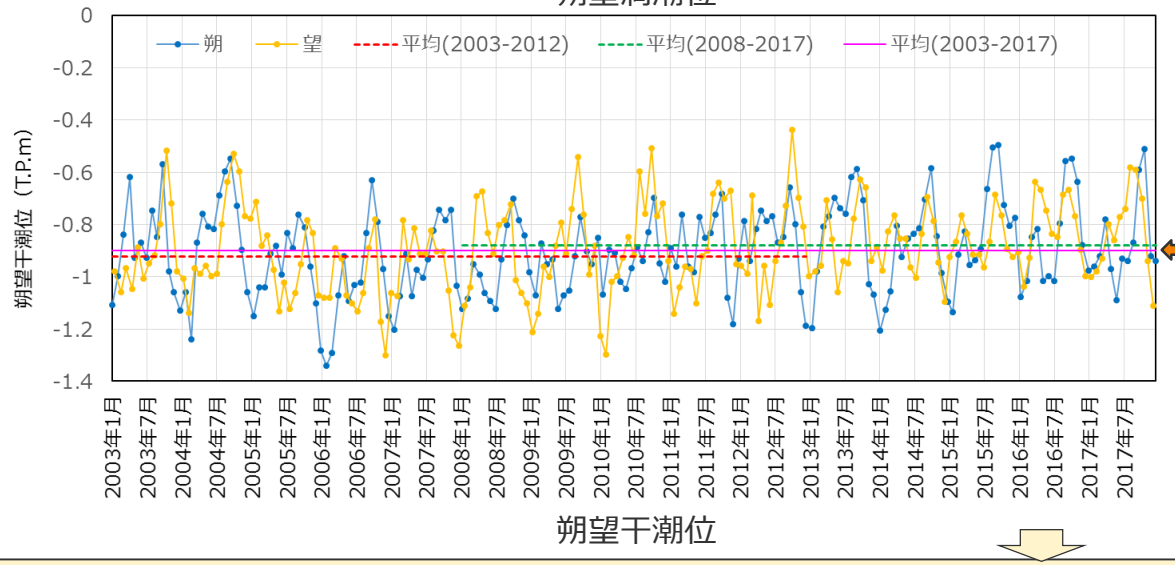
■ 津波評価の初期潮位について、気象庁御前崎検潮所の2013年～2017年の5年間の記録を追加し、初期潮位に対する影響を確認した。
■ 申請時の初期潮位設定に用いている2003年～2012年の10年間の朔望平均潮位に対して、最新の2008年～2017年の10年間の朔望平均潮位、申請時から最新を含む2003年～2017年の15年間の朔望平均潮位を算出し比較した結果、それぞれの朔望平均潮位に大きな違いはないことを確認した。



朔望満潮位

水位上昇側初期潮位
朔望平均満潮位
T.P.+0.80m

期間	朔望平均満潮位
2003年～2012年 (津波評価に用いている初期潮位)	T.P.+0.80m
2008年～2017年	T.P.+0.81m
2003年～2017年	T.P.+0.80m



朔望干潮位

水位下降側初期潮位
朔望平均干潮位
T.P.-0.93m

期間	朔望平均干潮位
2003年～2012年 (津波評価に用いている初期潮位)	T.P.-0.93m
2008年～2017年	T.P.-0.88m
2003年～2017年	T.P.-0.90m

（気象庁潮汐観測資料に基づき作成）

■ 上記検討の結果、現在適用している2003年～2012年の10年間の朔望平均潮位について変更する必要がないことを確認した。

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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

3-3　敷地前面海域の経年変化

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

検討の概要

第662回資料1-1
p.9再掲

■ 以下のフローに基づき、敷地前面海域の海底地形の経年変化が浜岡原子力発電所の津波評価へ及ぼす影響について検討し、津波の数値シミュレーションに用いる敷地前面海域の海底地形を設定した。

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

■ 浜岡原子力発電所では、敷地前面海域の海底地形の経年変化について、年2回の敷地前面地形測量により継続的に確認している。
■ ここでは、敷地前面地形測量の概要を示すとともに、最新および発電所運転時を含む測量データを用いて、平面図および代表地点の数値等で海底地形の経年変化を確認した。

⇩

②敷地前面海域の海底地形が津波評価へ与える影響の確認

■ 敷地前面海域の海底地形の変化が浜岡原子力発電所の津波評価へ与える影響について確認するため、複数の時期における敷地前面海域の海底地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った。

⇩

③敷地前面海域の海底地形の設定

■ 上記検討を踏まえて、津波の数値シミュレーションに用いる敷地前面海域の海底地形を設定した。

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

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析
（敷地前面地形測量の概要）

第662回資料1-1
p.10再掲

■浜岡原子力発電所の敷地前面における海岸線および海底地形の経年変化を把握する目的で、敷地前面地形測量として、海岸線地形測量（陸上部、汀線部）と深浅測量（海中部）をそれぞれ春季（5月頃）と秋季（11月頃）の年2回実施している。
■海岸線地形測量では、陸上部および汀線部における南北方向の横断測量を、トータルステーション等を用いて50m・250m間隔で実施している。
■深浅測量では、海中部における南北方向の測量を、音響測探機等の測量機材を搭載した作業船舶上から50m間隔で実施している。



（国土地理院を基に作成）

測量実施範囲

海岸線地形測量実施範囲（50m間隔で実施）

海岸線地形測量実施範囲（250m間隔で実施）

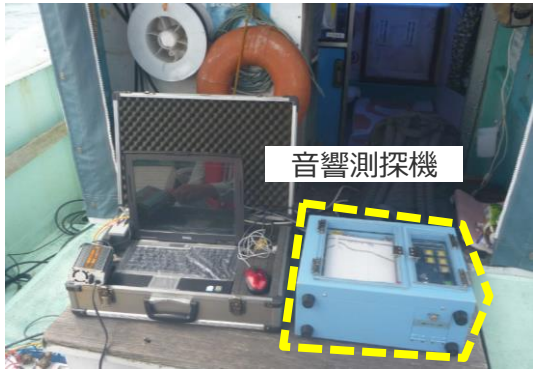
深浅測量実施範囲（50m間隔で実施）



海岸線地形測量実施状況
（陸上部）



海岸線地形測量実施状況
（汀線部）



深浅測量使用機材



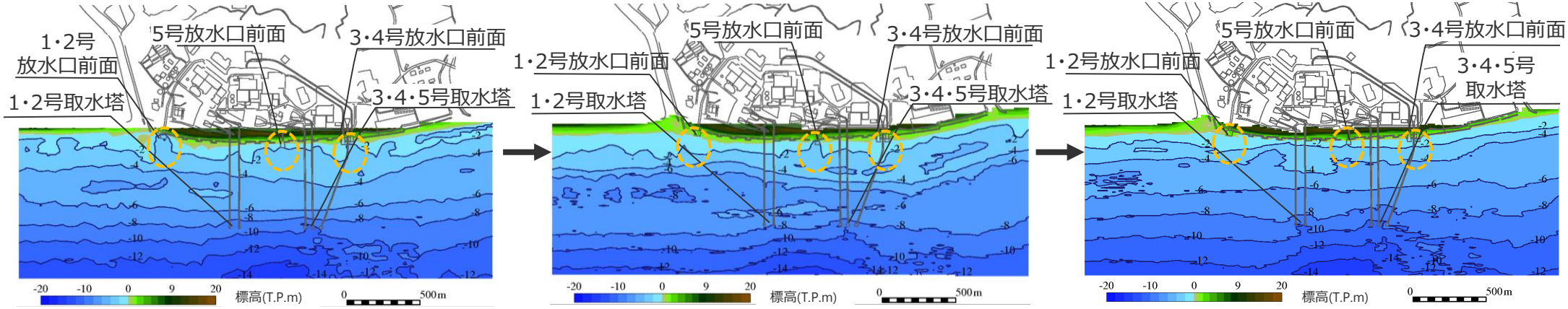
深浅測量実施状況
（作業船舶航行）

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

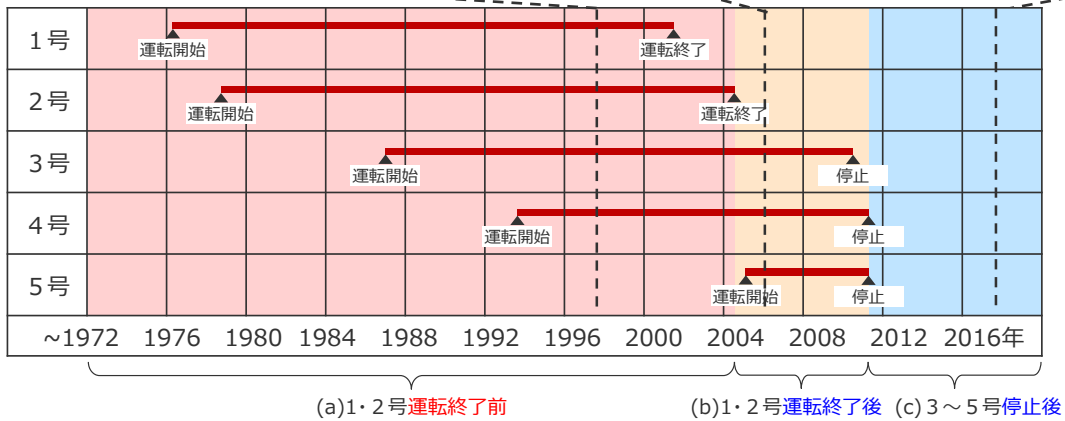
①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析
（海底地形の経年変化の確認）

第662回資料1-1
p.11再掲

■ 敷地前面海域の海底地形の経年変化について、測量データの存在する1973年～2017年の過去45年間の敷地前面地形測量結果（各年5月頃と11月頃の年2回測量、計90回分）を用いて確認した。
■ その結果、海底地形の標高に変化はあるものの全体として大きな差はなく、海底地形の経年による継続的な変化は認められないことを確認した。
特に、発電所の運転・停止による海底地形の標高への影響について、放水口前面地点においては発電所運転時に変化が大きくなる傾向がみられるが、その影響は放水口前面に限定されることを確認した。



（a）1997年11月頃（ 1・2号運転終了前）　（b） 2005年11月頃（1・2号運転終了後）　（c）2017年11月頃（3～5号停止後）



浜岡原子力発電所１～５号運転状況

■ 上記測量結果および一般的に津波の波長が数kmに及ぶことを考えると、敷地前面海域の海底地形の経年変化が津波評価へ与える影響は小さいと考えられる。

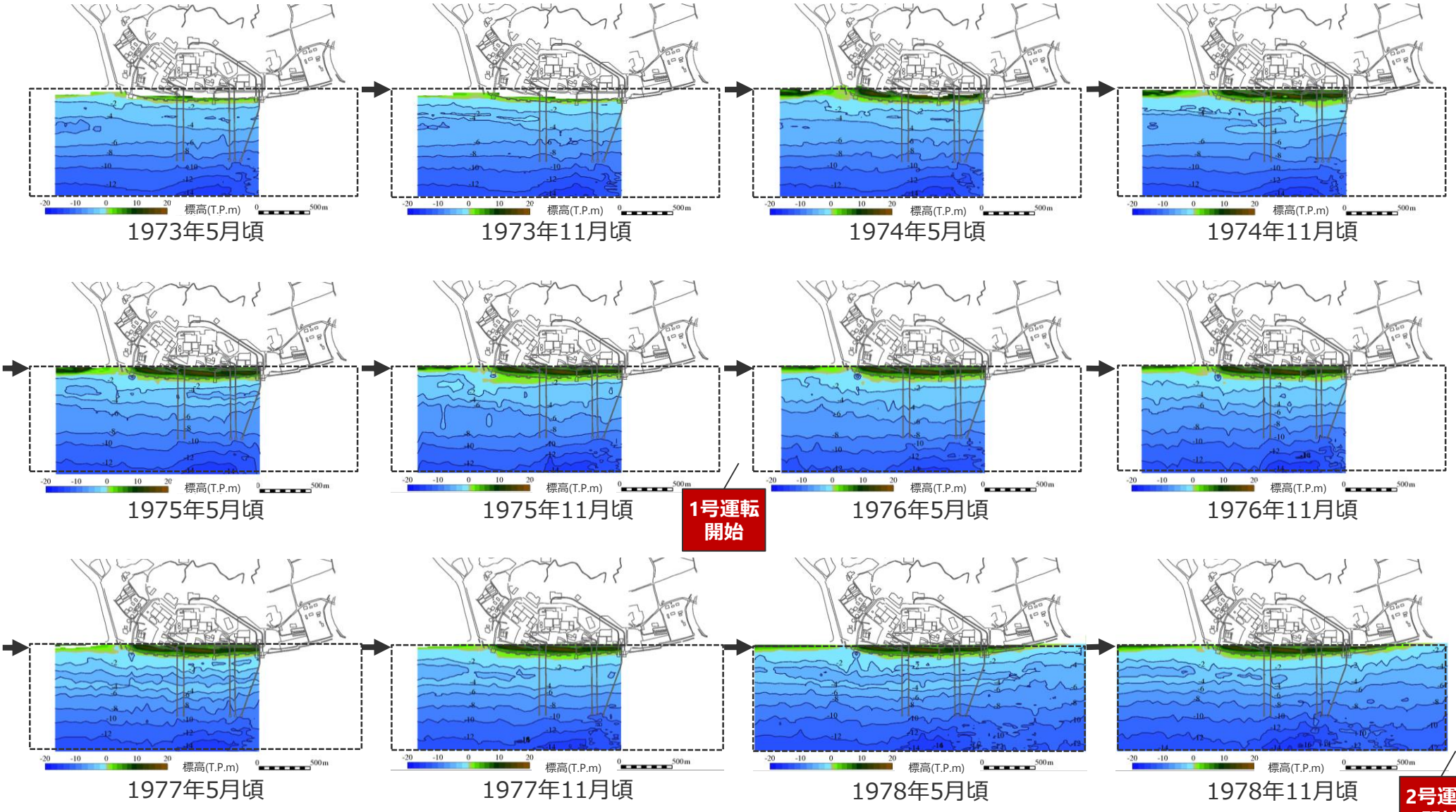
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　1/8）

第662回資料1-1
p.12再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



・1973年5月頃～1977年11月頃までは、現在と測量実施範囲が異なっていたことから、測量結果がある範囲について図化している。

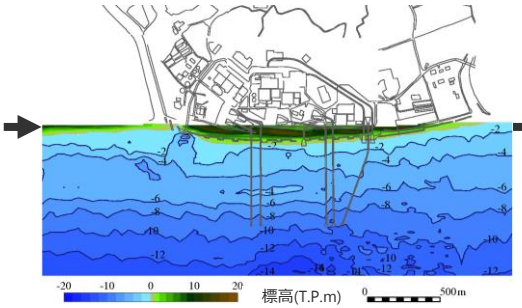
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

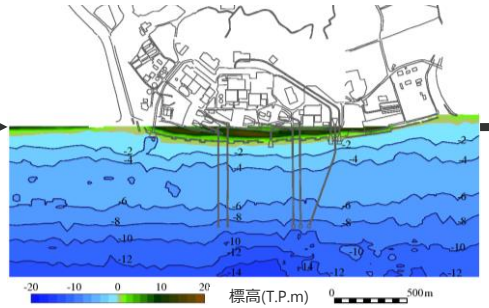
（海底地形の経年変化の確認　2/8）

第662回資料1-1
p.13再掲

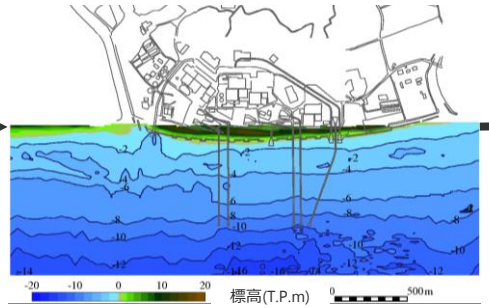
■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



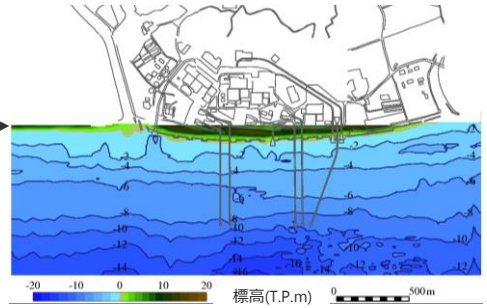
1979年5月頃



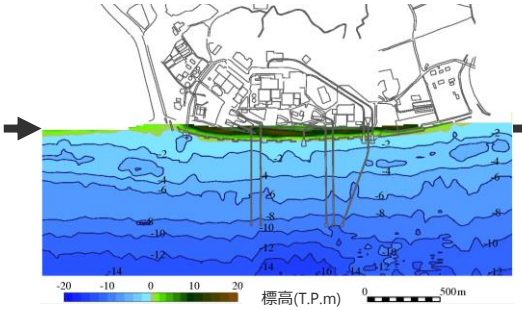
1979年11月頃



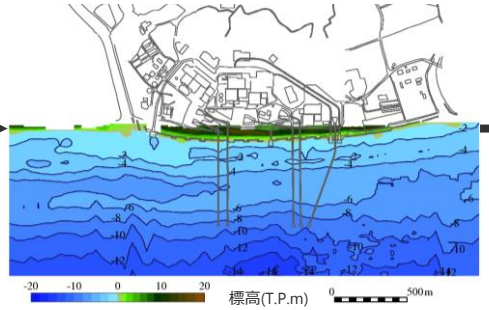
1980年5月頃



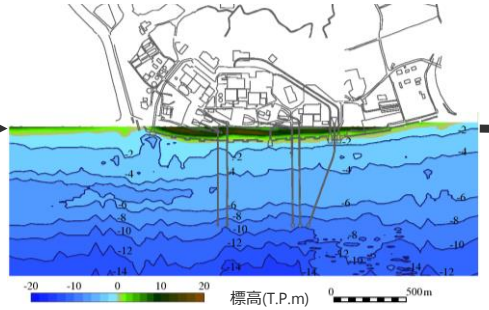
1980年11月頃



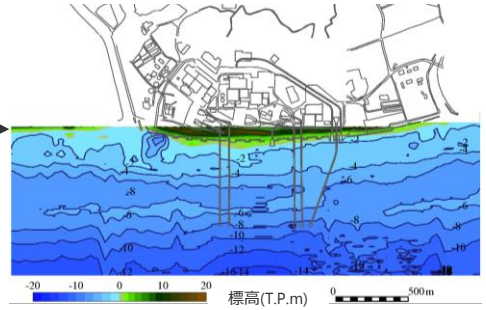
1981年5月頃



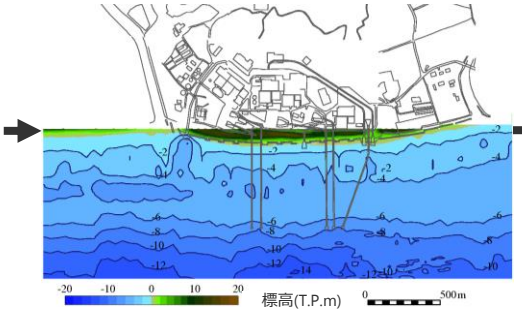
1981年11月頃



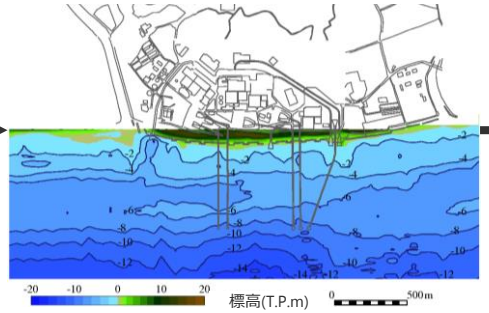
1982年5月頃



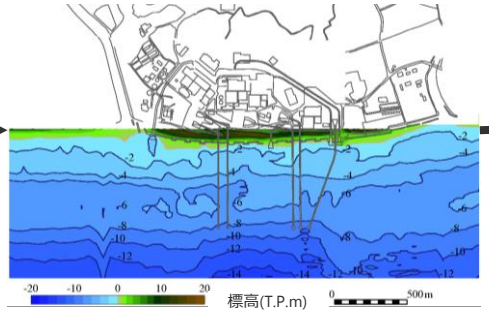
1982年11月頃



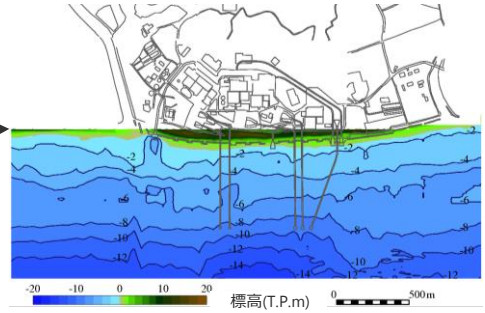
1983年5月頃



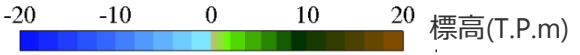
1983年11月頃



1984年5月頃



1984年11月頃



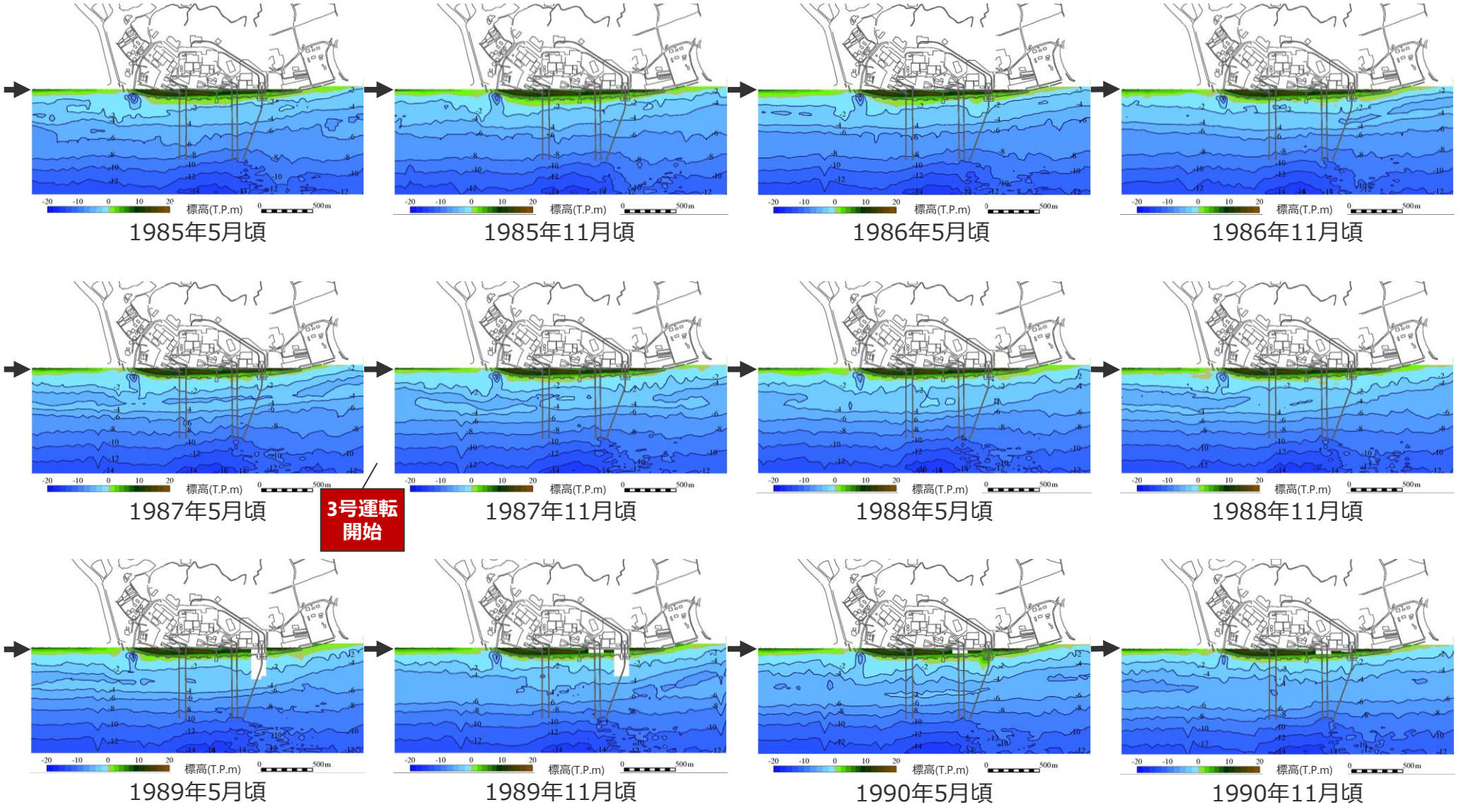
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　3/8）

第662回資料1-1
p.14再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



・3・4号放水口前面地点では、1989年5月頃および1989年11月頃に一部欠測がある。

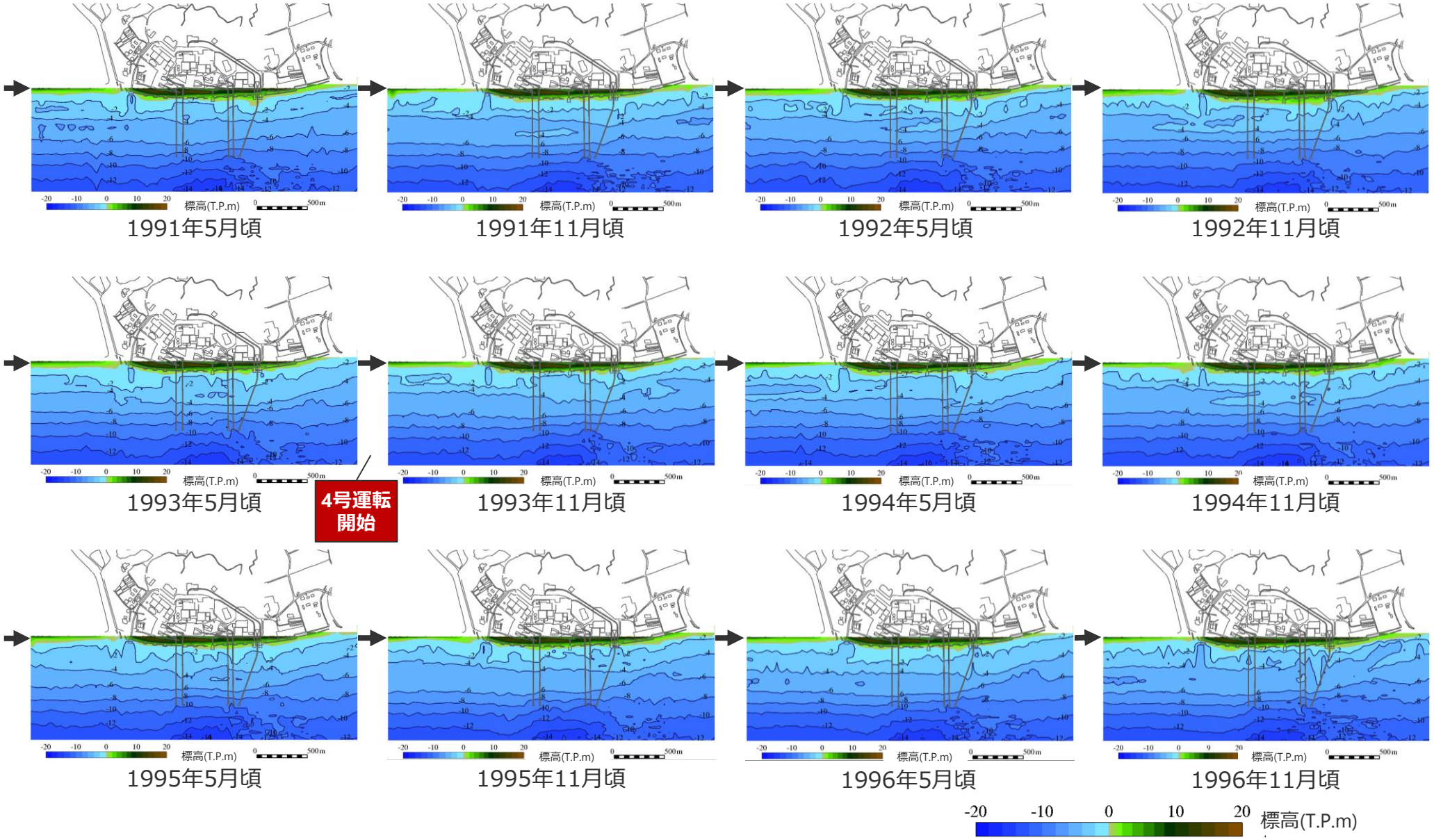
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　4/8）

第662回資料1-1
p.15再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



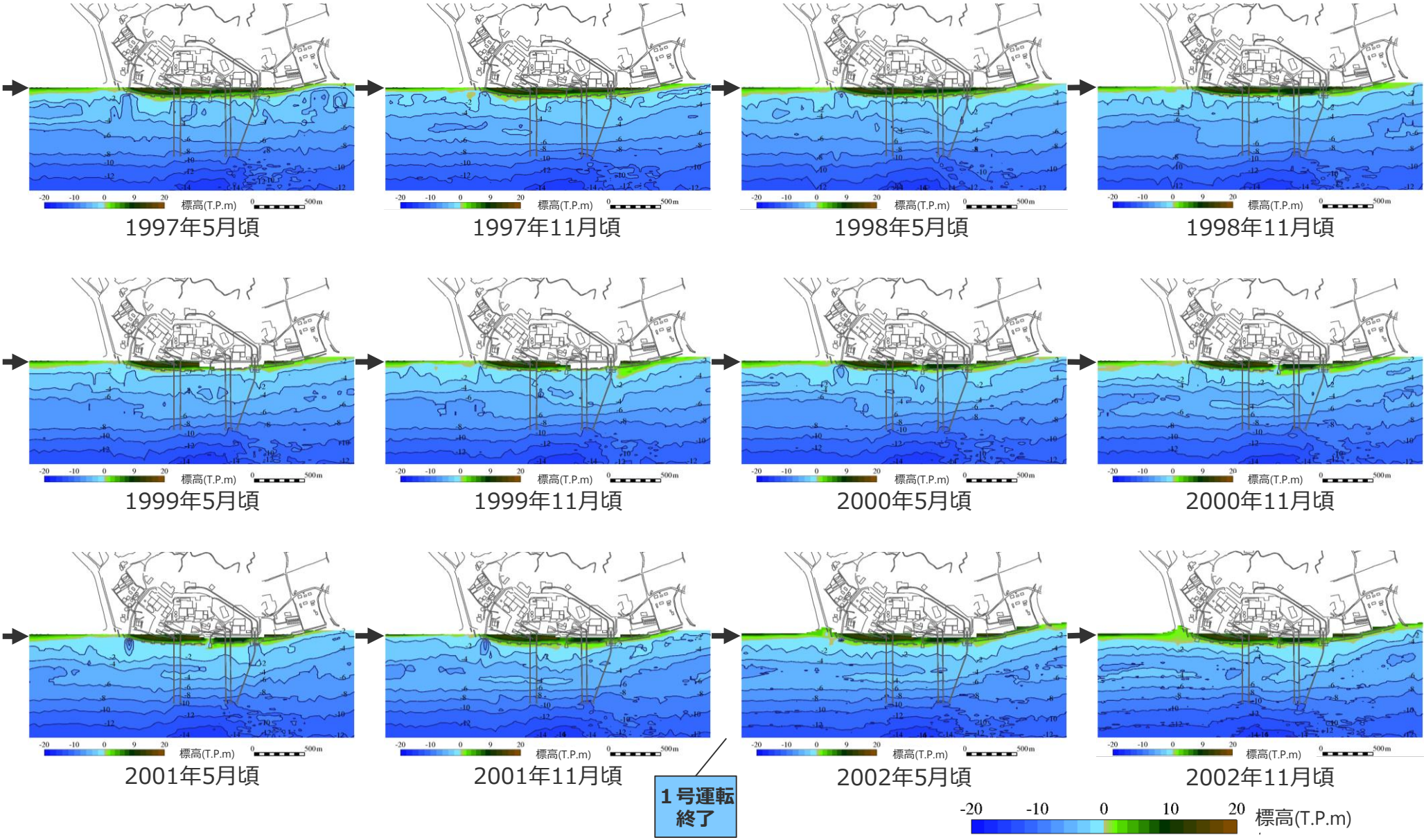
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　5/8）

第662回資料1-1
p.16再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



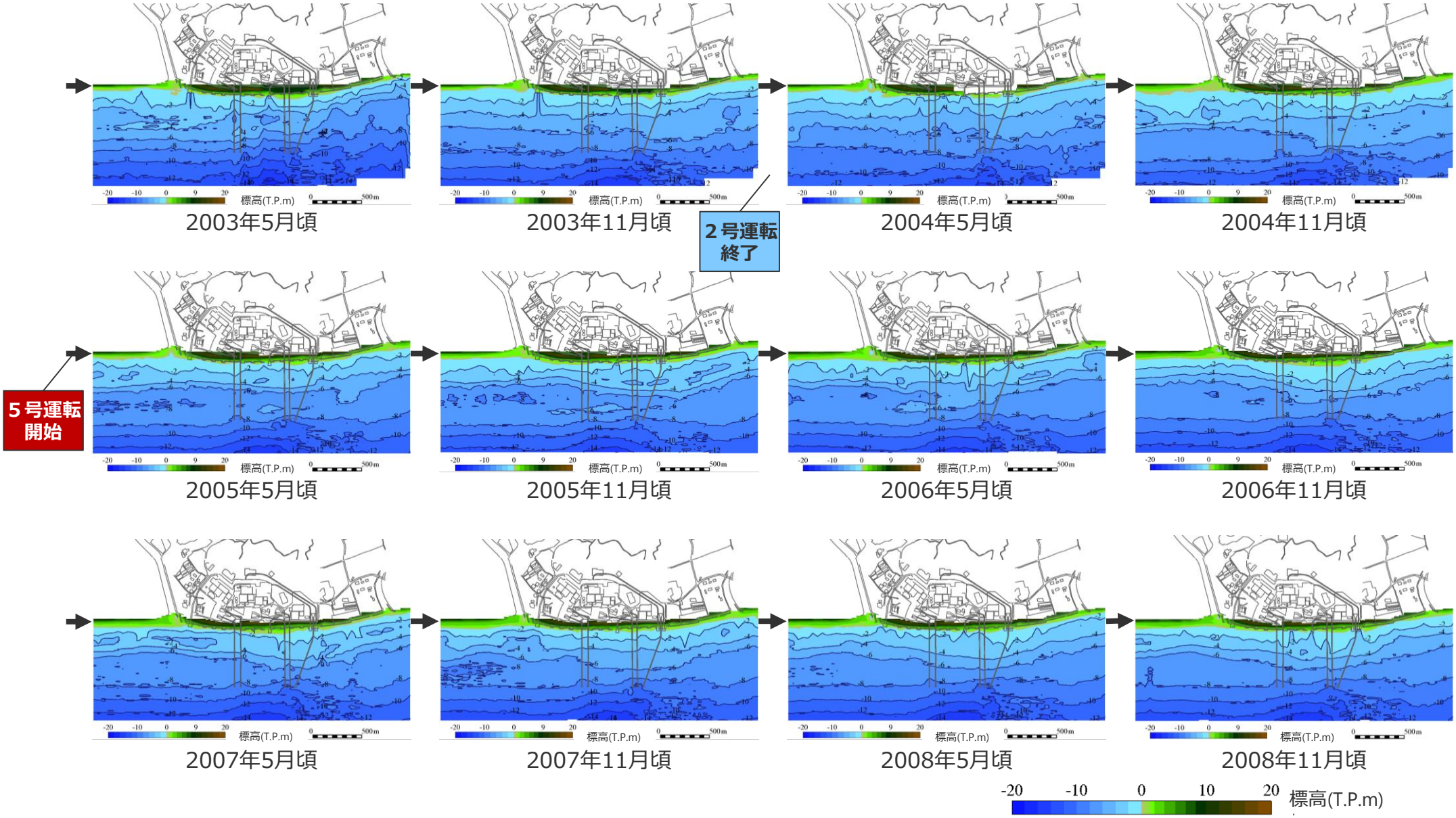
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　6/8）

第662回資料1-1
p.17再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



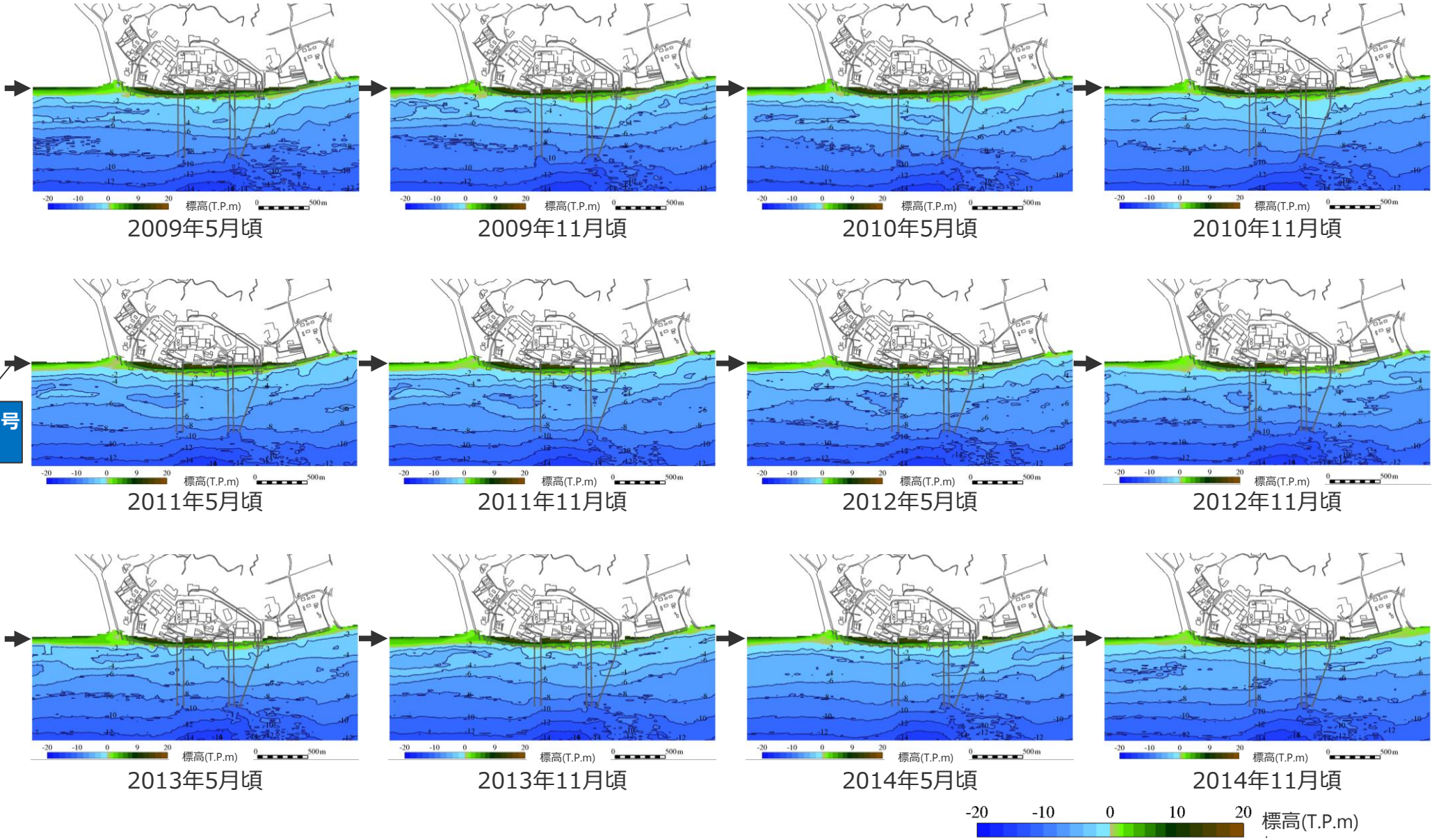
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

（海底地形の経年変化の確認　7/8）

第662回資料1-1
p.18再掲

■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



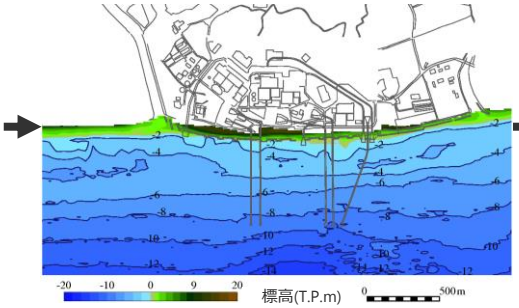
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

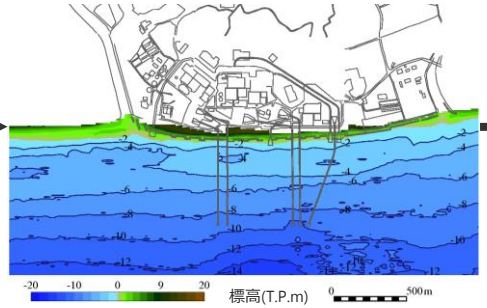
（海底地形の経年変化の確認　8/8）

第662回資料1-1
p.19再掲

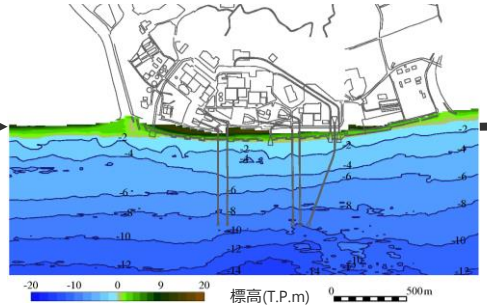
■1973年5月頃～2017年11月頃までの計90回（各年5月頃と11月頃の年2回測量）の敷地前面地形測量の結果を示す。



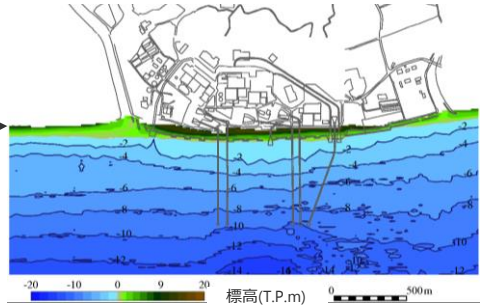
2015年5月頃



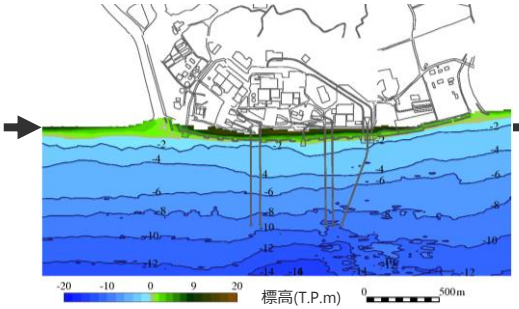
2015年11月頃



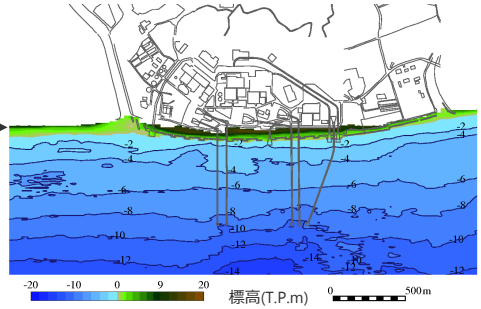
2016年5月頃



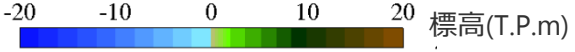
2016年11月頃



2017年5月頃



2017年11月頃

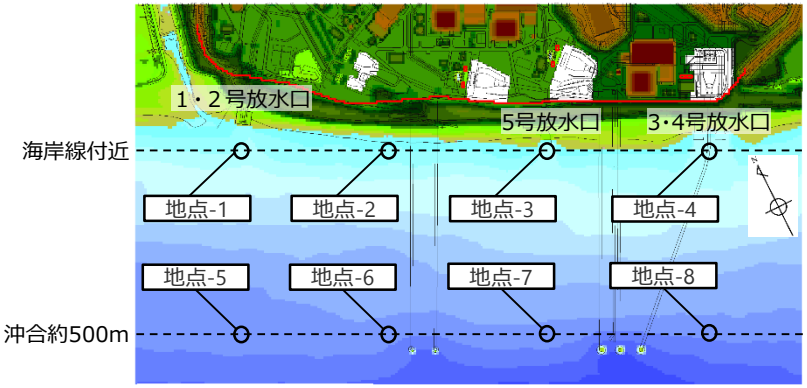


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析
（代表地点における海底地形の経年変化）

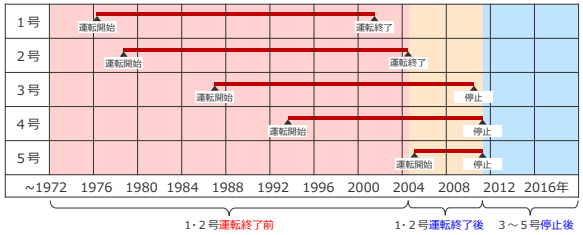
第662回資料1-1
p.20再掲

■敷地前面海域の海底地形の標高について、時期および地点による変化の傾向を分析するために、比較的変動が大きいと考えられる放水口前面等の海岸線付近の地点、およびそれらの約500m沖合地点において、1973年～2017年の45年間の海底地形の経年変化を確認した。
■その結果、代表地点の標高について、時期による変化、および地点による変化の傾向の違いはあるが、経年による継続的な変化は認められないことを確認した。

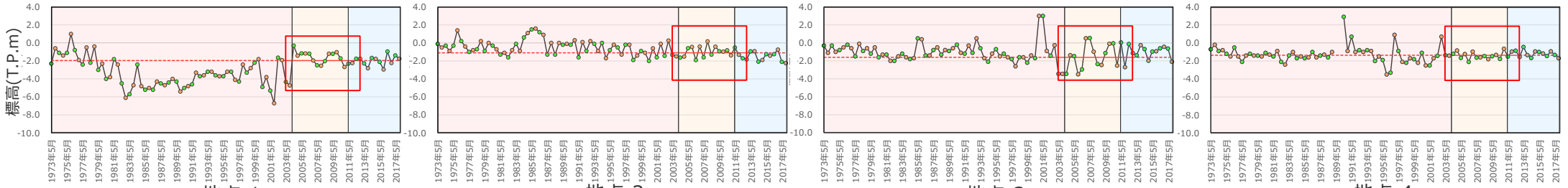


地点位置図

凡例
春季（ 5月頃）観測値
秋季（11月頃）観測値
2003年~2012年の平均値



1～5号運転状況

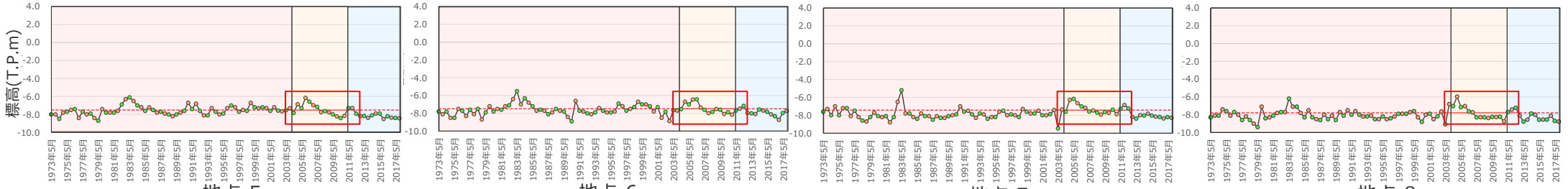


地点-1
（1・2号放水口前面地点）

地点-2
（1・2号放水口前面と5号放水口前面の中間地点）

地点-3
（5号放水口前面地点）

地点-4
（3・4号放水口前面地点）



地点-5
（ 1・2号放水口前面より約500m沖合地点）

地点-6
（地点-2より約500m沖合地点）

地点-7
（ 5号放水口前面より約500m沖合地点）

地点-8
（ 3・4号放水口前面より約500m沖合地点）

代表地点の標高の経年変化

・申請時の海底地形として用いている2003年～2012年の期間のデータを赤枠で囲んでいる。
・3・4号放水口前面地点では1989年5月頃および1989年11月頃に一部欠測がある。

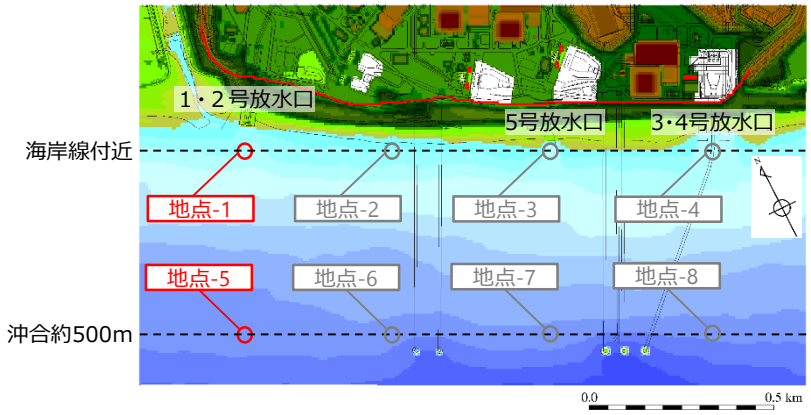
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

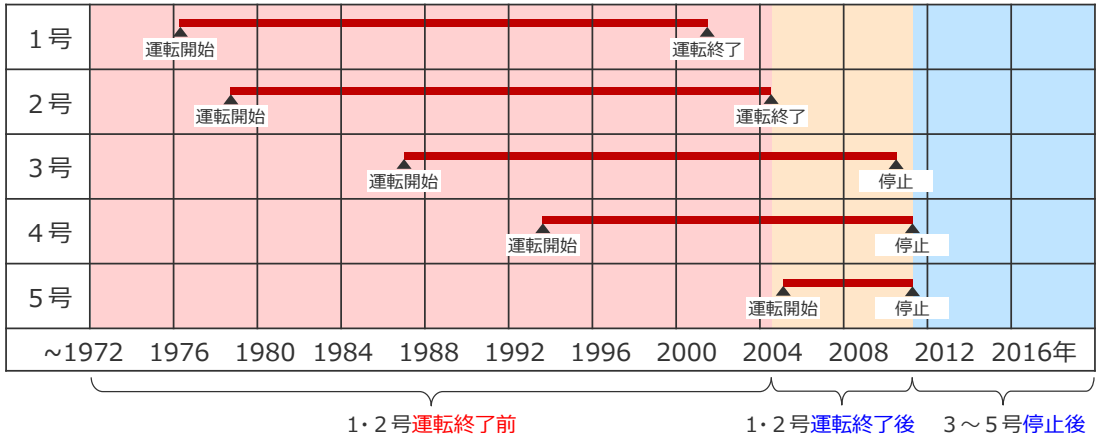
（代表地点における海底地形の経年変化　地点-1および地点-5）

第662回資料1-1
p.21再掲

■ 地点-１（１・２号放水口前面地点）では、１・２号運転時および１・２号放水口周辺で工事を実施した時期に標高の変化が大きい傾向が見られるが、１・２号運転終了以降の標高の変化は小さい傾向にある。
■ また、地点-5（１・２号放水口前面より約500m沖合地点）では、発電所運転時・停止時によらず、地点-1と比較して標高の変化は小さい傾向にある。



地点位置図



1～5号運転状況



・申請時の海底地形として用いている2003年～2012年の期間のデータを赤枠で囲んでいる。

代表地点の標高の経年変化

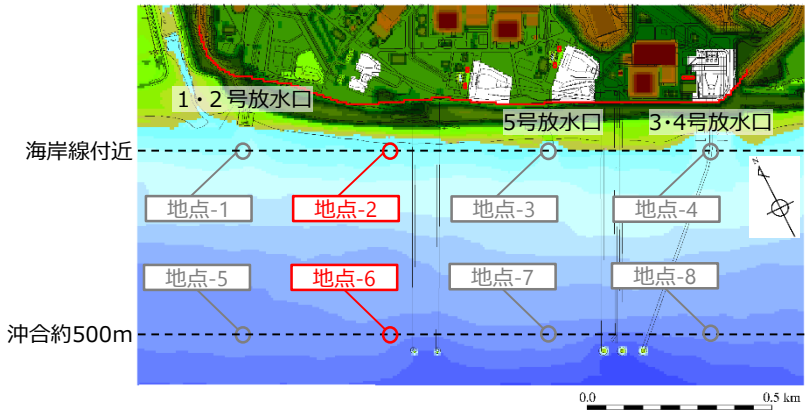
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

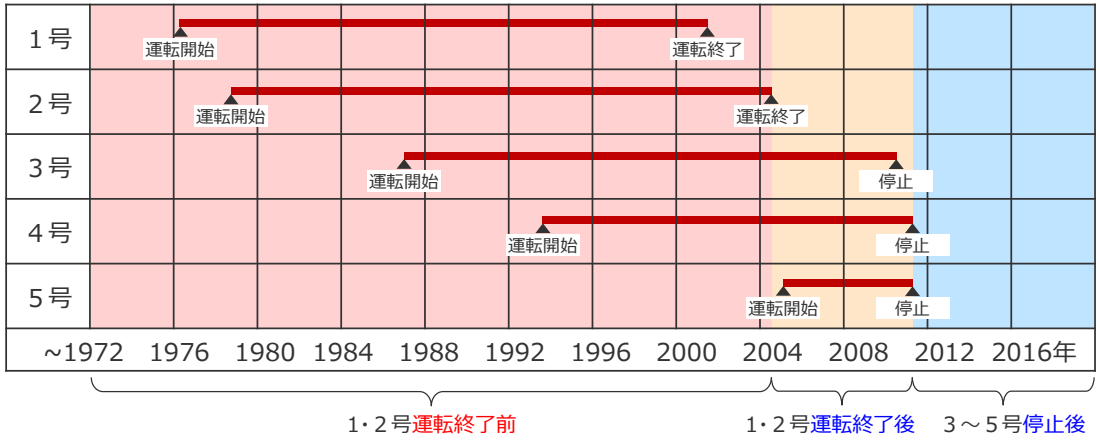
（代表地点における海底地形の経年変化　地点-2および地点-6）

第662回資料1-1
p.22再掲

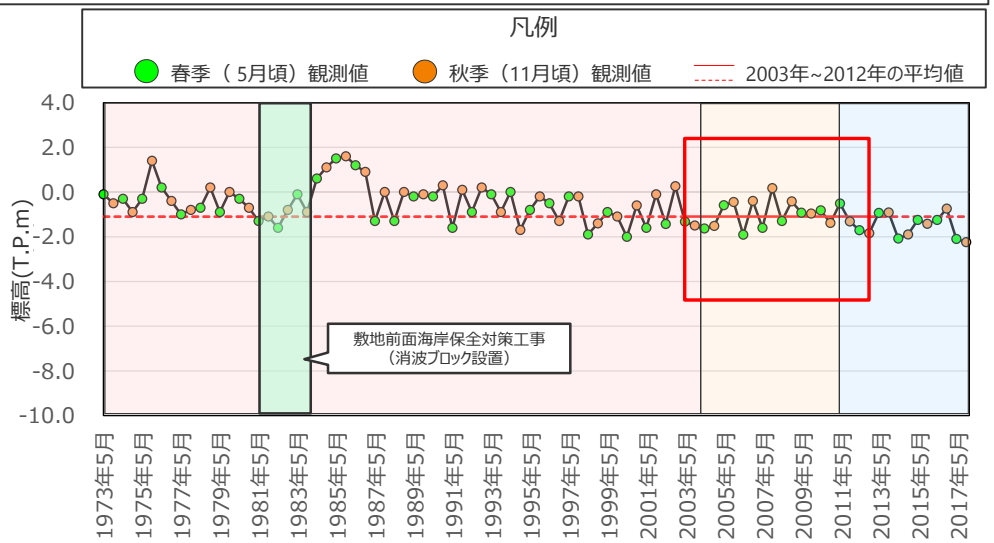
■ 地点-2（１・２号放水口前面と５号放水口前面の中間地点）では、周辺で工事を実施した時期に標高の変化が大きい傾向が見られるが、発電所運転時・停止時によらず、標高の変化は小さく、継続的な標高の変化は見られない。
■ 地点-6（地点-2より約500m沖合地点）では、発電所運転時・停止時によらず、地点-2と比較して標高の変化は小さい傾向にある。



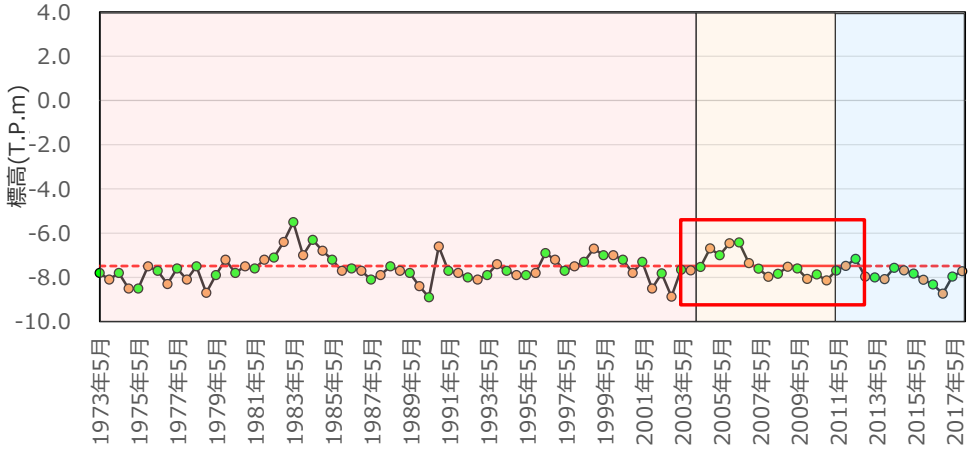
地点位置図



1～5号運転状況



地点-2（１・2号放水口前面と5号放水口前面の中間地点）



地点-6（地点-2より約500m沖合地点）

・申請時の海底地形として用いている2003年～2012年の期間のデータを赤枠で囲んでいる。

代表地点の標高の経年変化

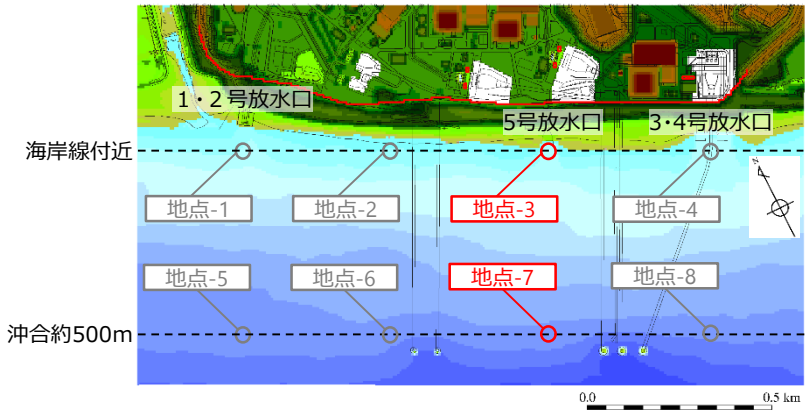
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

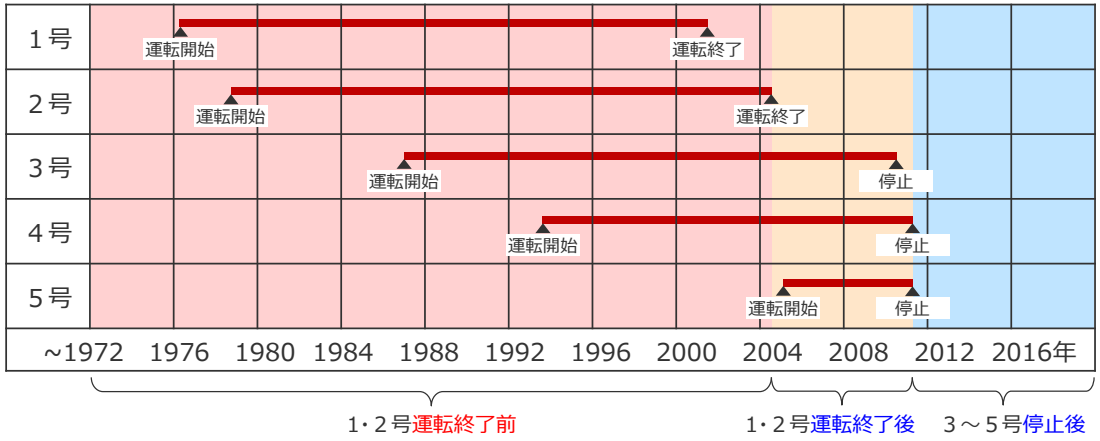
（代表地点における海底地形の経年変化　地点-3および地点-7）

第662回資料1-1
p.23再掲

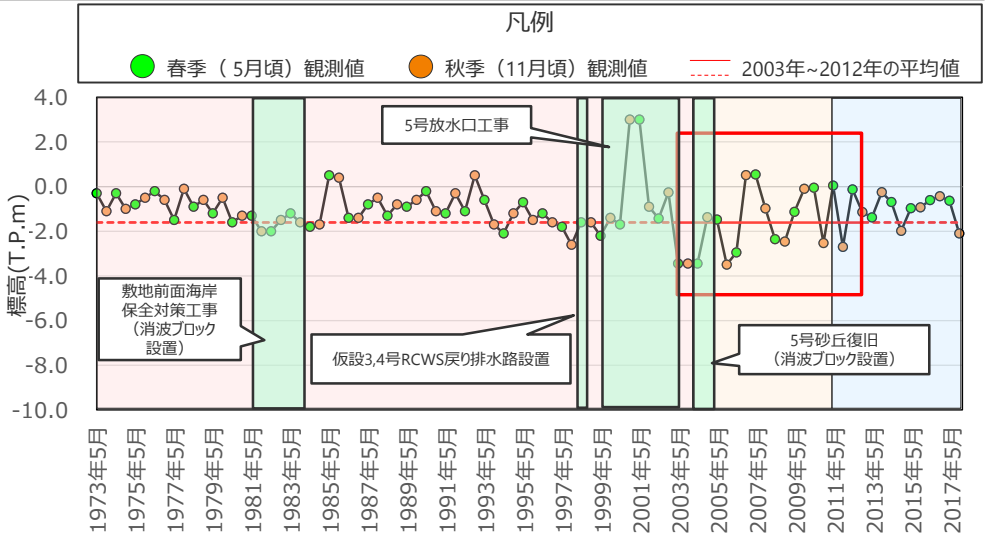
■ 地点-3（５号放水口前面地点）では、５号建設工事時期および５号運転開始後に標高の変化が大きい傾向が見られるが、継続的な標高の変化は見られない。
■ 地点-7（５号放水口前面より約500m沖合地点）では、発電所運転時・停止時によらず、地点-3と比較して標高の変化は小さい傾向にある。



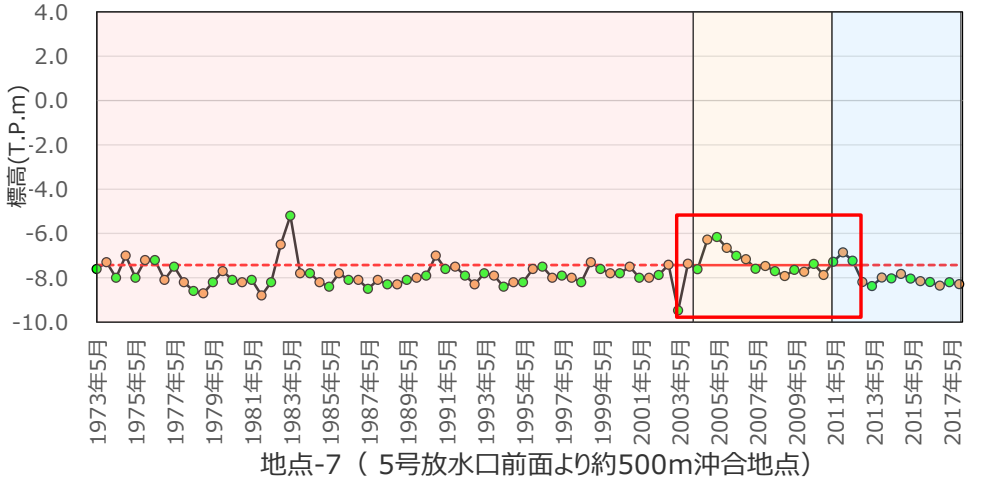
地点位置図



1～5号運転状況



地点-3（5号放水口前面地点）



地点-7（ 5号放水口前面より約500m沖合地点）

・申請時の海底地形として用いている2003年～2012年の期間のデータを赤枠で囲んでいる。

代表地点の標高の経年変化

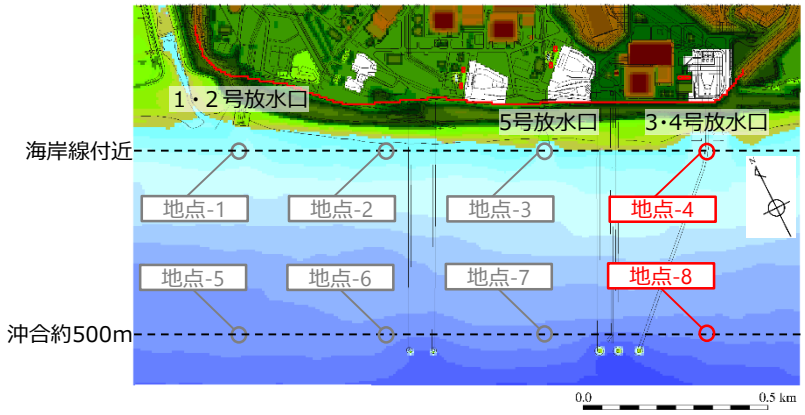
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

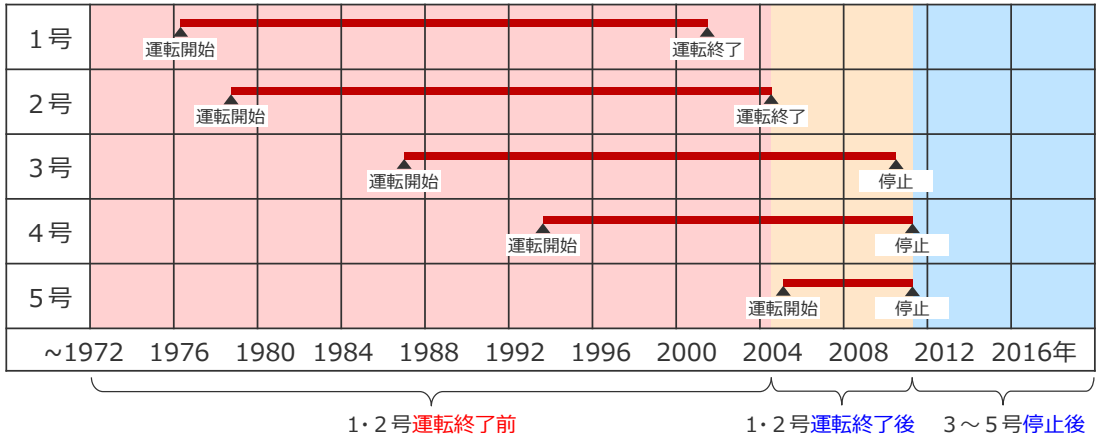
（代表地点における海底地形の経年変化　地点-4および地点-8）

第662回資料1-1
p.24再掲

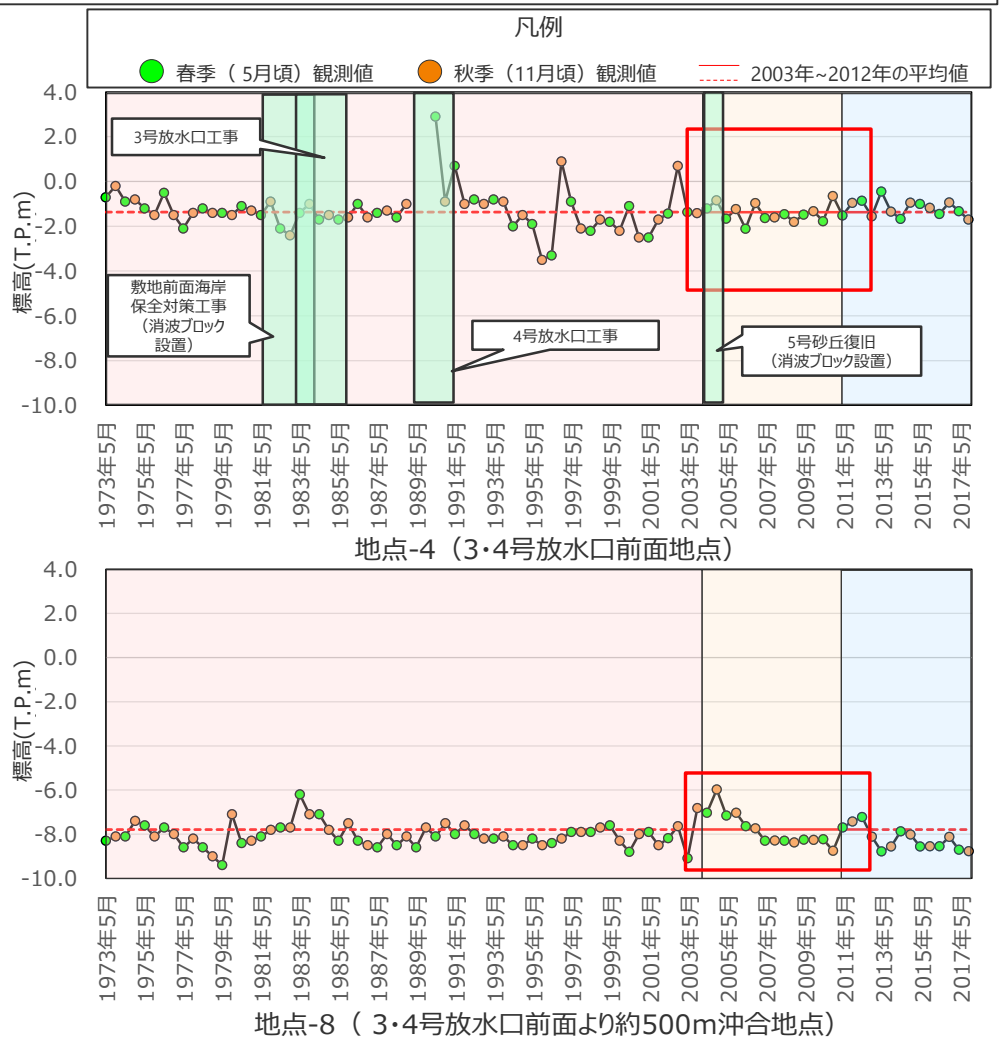
■ 地点-4（３・４号放水口前面地点）では、３・４号建設工事時期および３・４号運転開始後に標高の変化が大きい傾向が見られるが、継続的な標高の変化は見られない。
■ 地点-8（３・４号放水口前面より約500m沖合地点）では、発電所運転時・停止時によらず、地点-4と比較して標高の変化は小さい傾向にある。



地点位置図



1～5号運転状況



・申請時の海底地形として用いている2003年～2012年の期間のデータを赤枠で囲んでいる。
・3･4号放水口前面地点では1989年5月頃および1989年11月頃に一部欠測がある。

代表地点の標高の経年変化

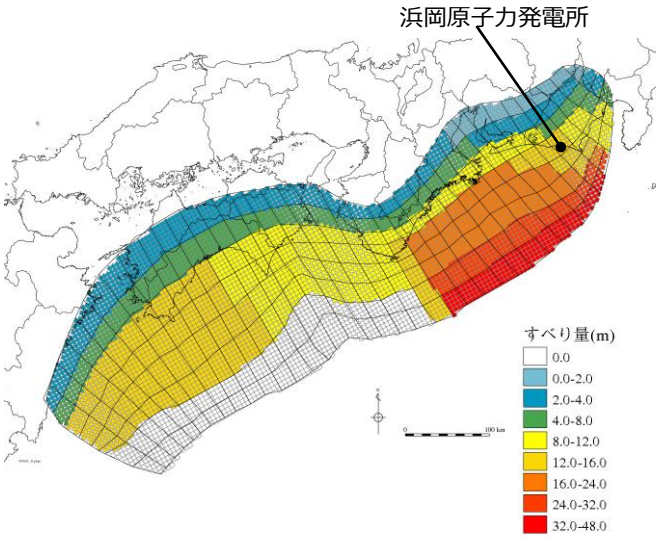
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②敷地前面海域の海底地形が津波評価へ与える影響の確認（検討方針）

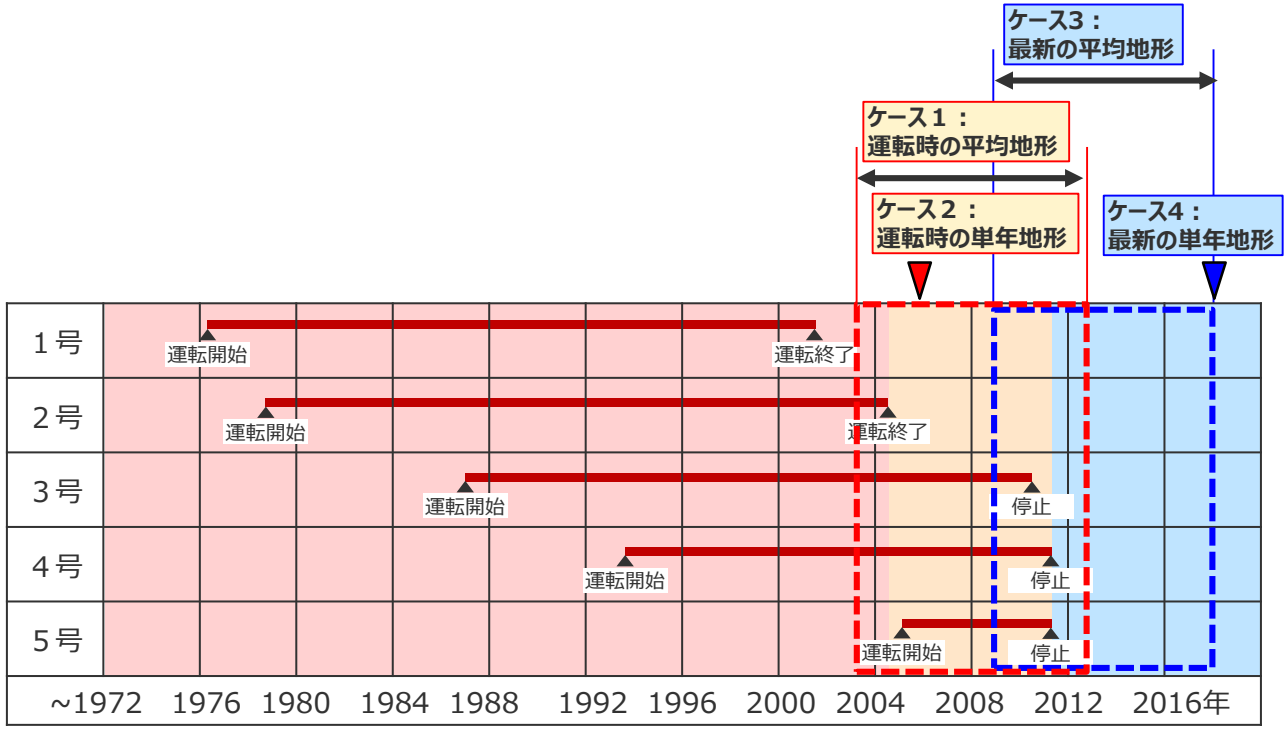
第662回資料1-1
p.25再掲

■ 敷地前面海域の海底地形の標高について、時期による変化および発電所運転・停止による変化傾向の違いはあるが、敷地前面海域全体として大きな変化はなく、海底地形の経年による継続的な変化は認められないことを確認した。
■ ここでは、敷地前面海域の海底地形の時期による変化および発電所運転・停止による変化傾向の違いが浜岡原子力発電所の津波評価へ与える影響について確認するために、以下の時期における敷地前面海域の海底地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った。
　○ケース1：運転時の平均地形（2003年～2012年の10年間平均の海底地形）(津波評価に用いている海底地形)
　○ケース2：運転時の単年地形（2005年11月頃の海底地形）
　○ケース3：最新の平均地形（2008年～2017年の10年間平均の海底地形）
　○ケース4：最新の単年地形（2017年11月頃の海底地形）
■ 数値シミュレーションに用いる波源モデルは内閣府の最大クラスモデル（ケース①）とし、敷地への影響の観点から水位上昇側で代表して検討した※。

※ 水位下降側の津波評価においては、プレート間地震の津波による取水塔付近の最大下降水位は海底面に達し、敷地周辺の海水は沖合に移動していることから、同領域の海底地形の変化が津波の流況に与える影響は小さいと考えられるため、水位上昇側で代表して検討することとした。



内閣府の最大クラスモデル（ケース①）



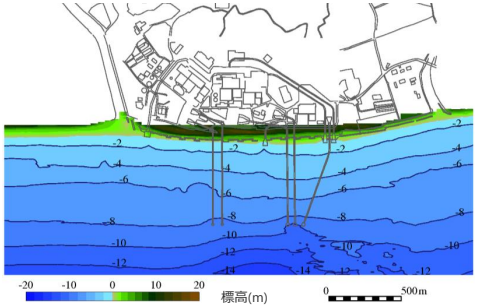
1～5号運転状況と検討した海底地形の時期

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

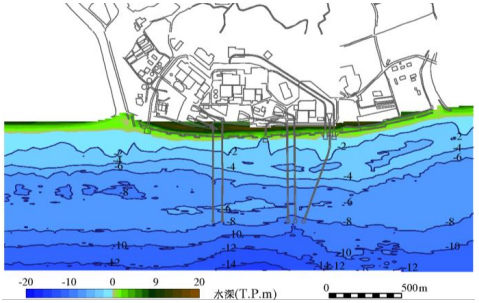
②敷地前面海域の海底地形が津波評価へ与える影響の確認
（各時期の地形モデルの設定）

第662回資料1-1
p.26再掲

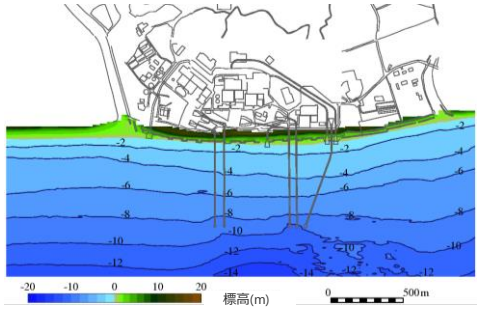
■ 津波評価における海底地形は、敷地前面海域の領域について、2003年～2012年の10年間平均の海底地形を用いてモデル化を行っている。
■ ここでは、敷地前面海域の領域の海底地形を、各時期の海底地形に置き換えて地形モデルを設定し、数値シミュレーションを行った。



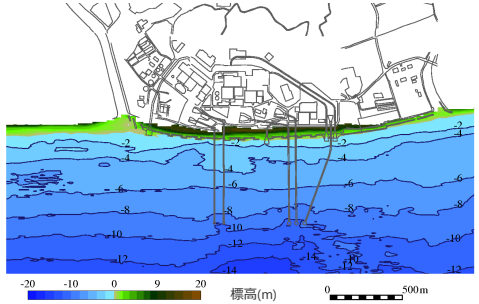
ケース１：運転時の平均地形
（2003年~2012年の10年間平均）
（津波評価に用いている海底地形）



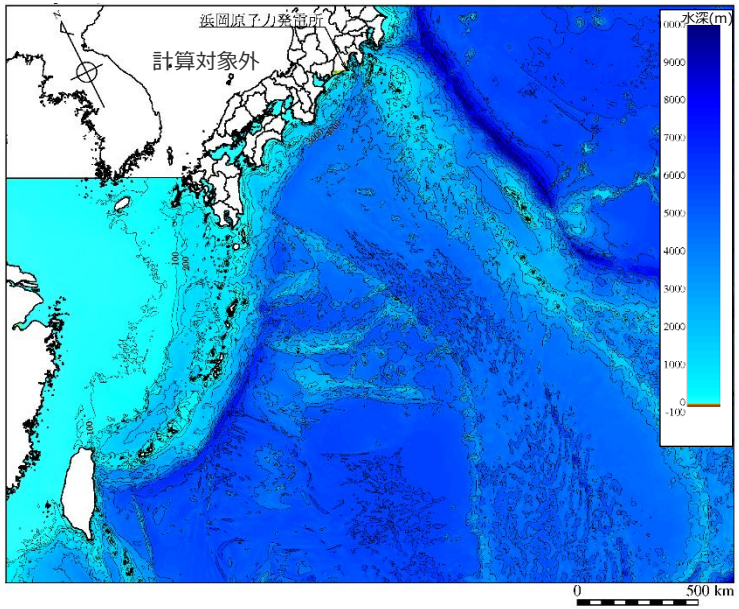
ケース２：運転時の単年地形
（2005月頃11月頃）



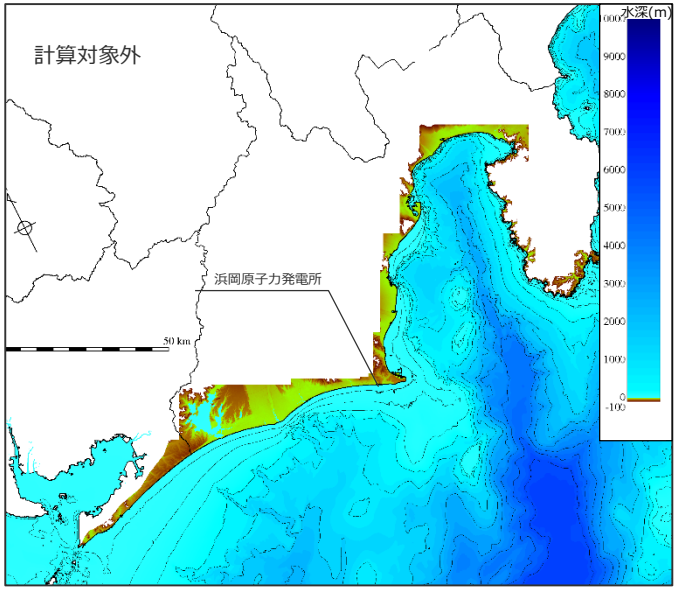
ケース３：最新の平均地形
（ 2008年~2017年の10年間平均）



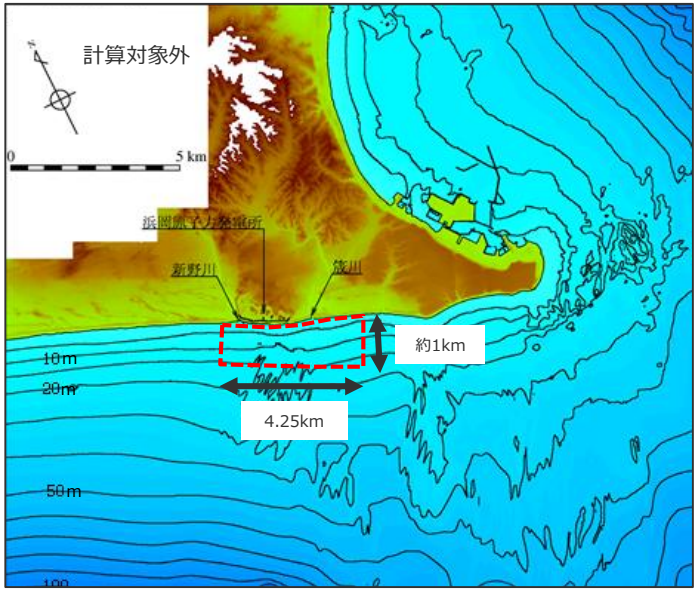
ケース４：最新の単年地形
（2017年11月頃）



（１）解析領域全体



（２）遠州灘周辺



（３）敷地周辺

数値シミュレーションに用いる海底地形

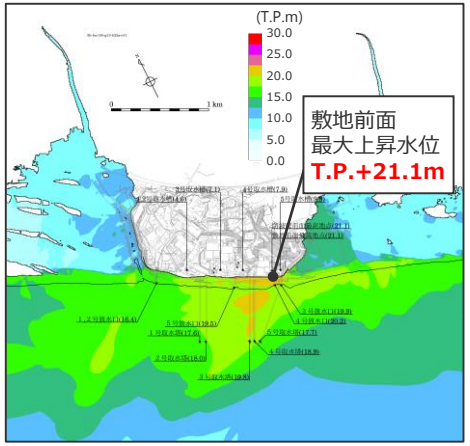
敷地前面海域の領域
（地形データを置き換える範囲）

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

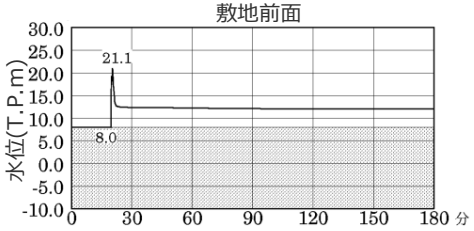
②敷地前面海域の海底地形が津波評価へ与える影響の確認
（各時期の地形モデルを用いた数値シミュレーションの結果）

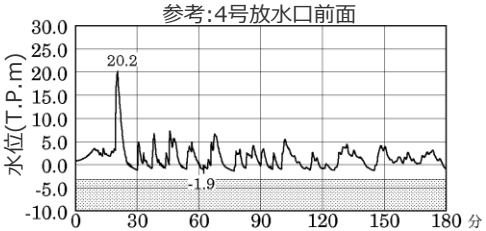
第662回資料1-1
p.27再掲

■ 敷地前面海域の領域の海底地形を、各時期の海底地形に置き換えて数値シミュレーションを行った結果は以下のとおり。
■ 最大上昇水位分布および水位の時刻歴波形に大きな違いはなく、海底地形の経年変化が津波評価に与える影響は小さいことを確認した。



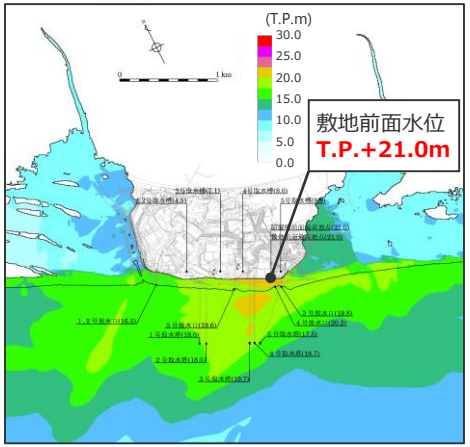
最大上昇水位分布



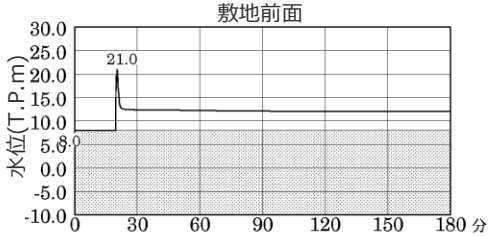


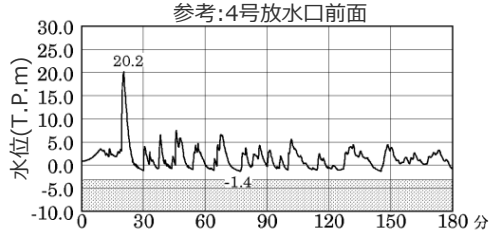
水位の時刻歴波形
・朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
・網掛け部の上端は当該地点の標高

ケース１：運転時の平均地形
（2003年~2012年の10年間平均）
（津波評価に用いている海底地形）



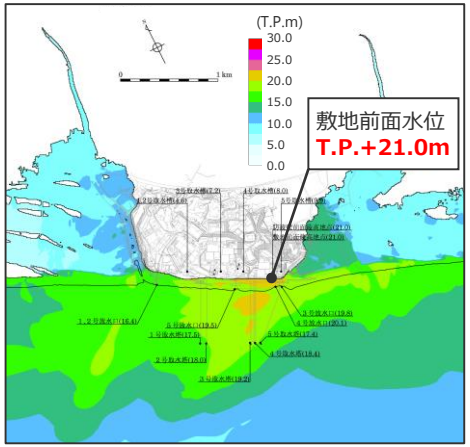
最大上昇水位分布



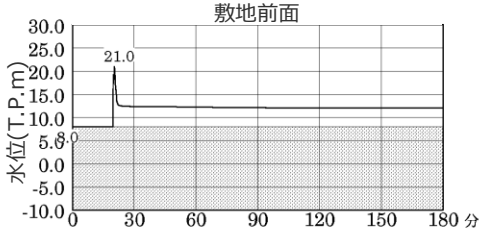


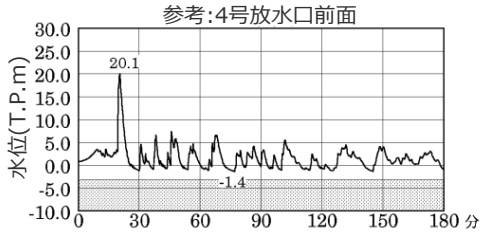
水位の時刻歴波形
・朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
・網掛け部の上端は当該地点の標高

ケース２：運転時の単年地形
（2005年11月頃）



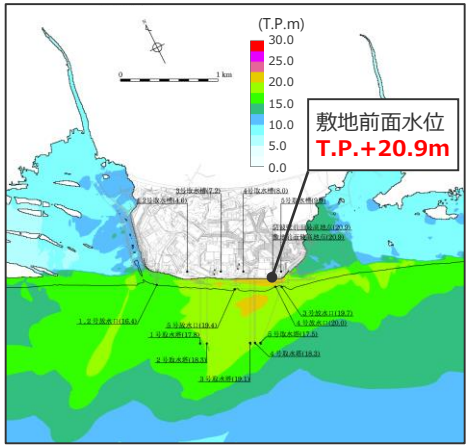
最大上昇水位分布



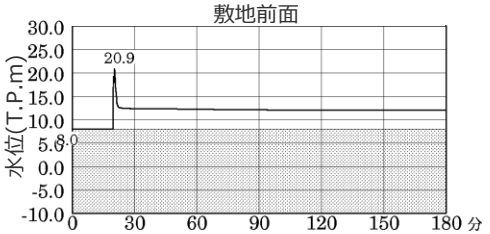


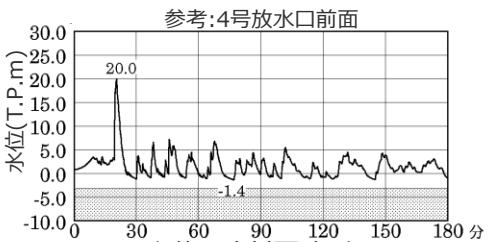
水位の時刻歴波形
・朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
・網掛け部の上端は当該地点の標高

ケース３：最新の平均地形
（2008年~2017年の10年間平均）



最大上昇水位分布





水位の時刻歴波形
・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

ケース４：最新の単年地形
（2017年11月頃）

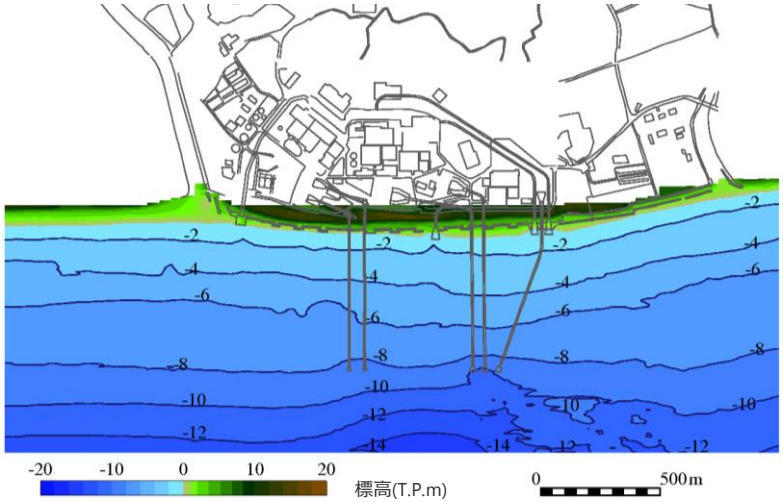
各ケースの数値シミュレーション結果

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

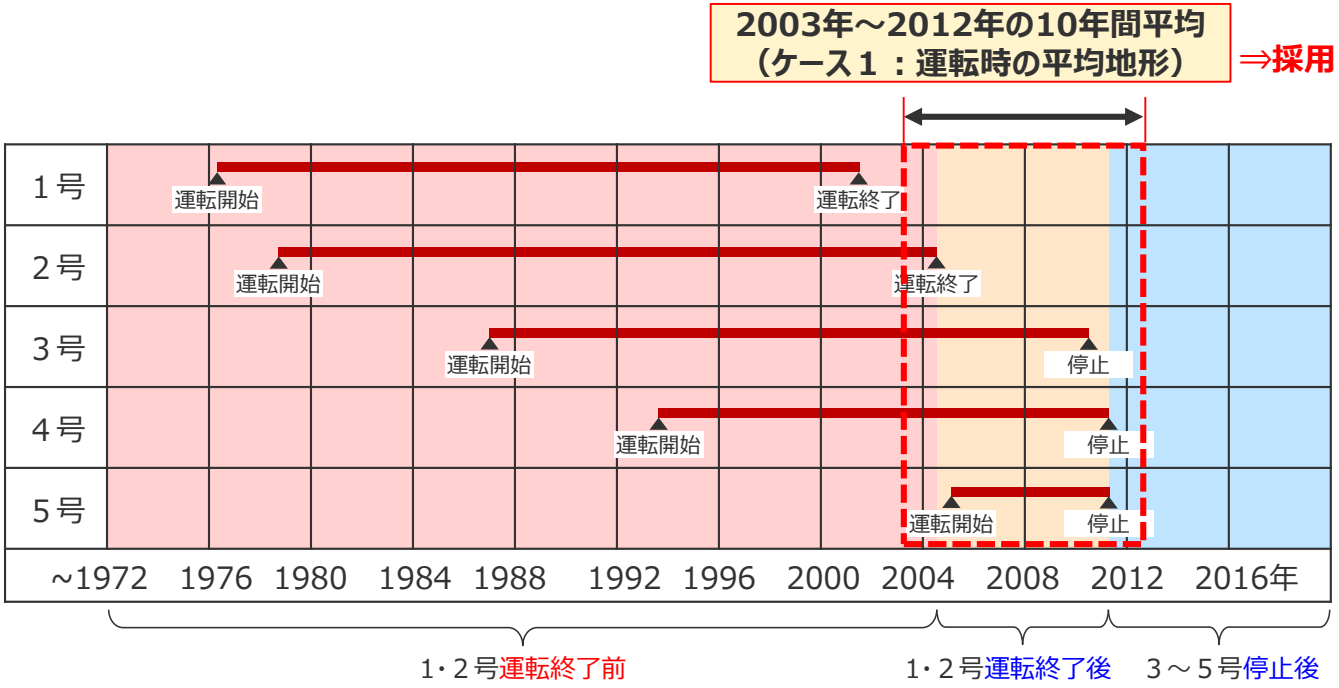
③敷地前面海域の海底地形の設定

■ ここまでの検討を踏まえて、以下の考え方に基づき、津波の数値シミュレーションに用いる敷地前面海域の海底地形を設定した。
　○ 敷地前面海域の海底地形の標高には時期による変化があることから、10年間の平均値を、敷地前面海域の海底地形の標高として用いる。
　○ 発電所の運転・停止による津波評価への影響は小さいことを確認したが、発電所運転時の津波評価であることを踏まえ、３～５号運転時期を考慮して敷地前面海域の海底地形の標高として採用する。

⇒津波評価に用いる敷地前面海域の海底地形の標高として、2003年～2012年の10年間平均の海底地形の標高を採用した。



2003年～2012年の10年間平均の海底地形の標高
（ケース１：運転時の平均地形）



1～5号運転状況と採用した海底地形の時期

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

まとめ

第662回資料1-1
p.29再掲

■ 以下のフローに基づき、敷地前面海域の海底地形の経年変化が浜岡原子力発電所の津波評価へ及ぼす影響について検討し、津波の数値シミュレーションに用いる敷地前面海域の海底地形を設定した。

①敷地前面海域の海底地形の経年変化の分析

■ 浜岡原子力発電所では、敷地前面海域の海底地形の経年変化について、年2回の敷地前面地形測量により継続的に確認している。
■ ここでは、敷地前面地形測量の概要を示すとともに、最新および発電所運転時を含む測量データを用いて、平面図および代表地点の数値等で海底地形の経年変化を確認した。
■ その結果、海底地形の標高に変化はあるものの全体として大きな差はなく、海底地形の経年による継続的な変化は認められないことを確認した。
特に、発電所の運転・停止による海底地形の標高への影響について、放水口前面地点においては発電所運転時に変化が大きくなる傾向が見られるが、その影響は放水口前面地点に限定されることを確認した。

⇩

②敷地前面海域の海底地形が津波評価へ与える影響の確認

■ 敷地前面海域の海底地形の変化が浜岡原子力発電所の津波評価へ与える影響について確認するため、複数の時期における敷地前面海域の海底地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った。
■ その結果、最大上昇水位分布および水位の時刻歴波形に大きな違いはなく、海底地形の経年変化が津波評価に与える影響は小さいことを確認した。

⇩

③敷地前面海域の海底地形の設定

■ 上記検討を踏まえて、以下の考え方に基づき、津波の数値シミュレーションに用いる敷地前面海域の海底地形を設定した。
　○ 敷地前面海域の海底地形の標高には時期による変化があることから、10年間の平均値を、敷地前面海域の海底地形の標高として用いる。
　○ 発電所の運転・停止による津波評価への影響は小さいことを確認したが、発電所運転時の津波評価であることを踏まえ、３～５号運転時期を考慮して敷地前面海域の海底地形の標高として採用する。

⇒ 津波評価に用いる敷地前面海域の海底地形の標高として、2003年～2012年の10年間平均の海底地形の標高を採用した。

⇩

■ 上記検討の結果、現在適用している2003年～2012年の10年間平均の敷地前面海域の海底地形の標高について変更する必要がないことを確認した。

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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

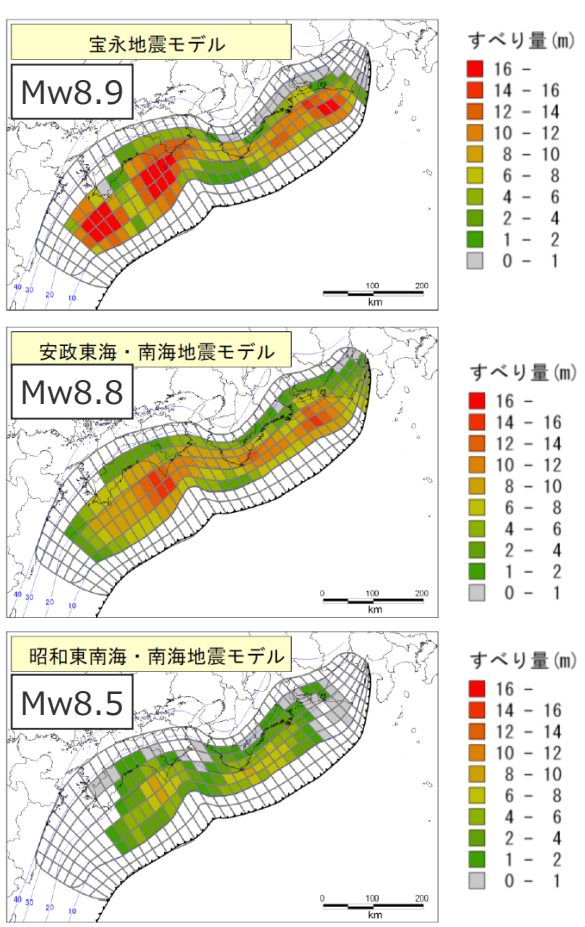
3-4　数値シミュレーション手法の妥当性の確認

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

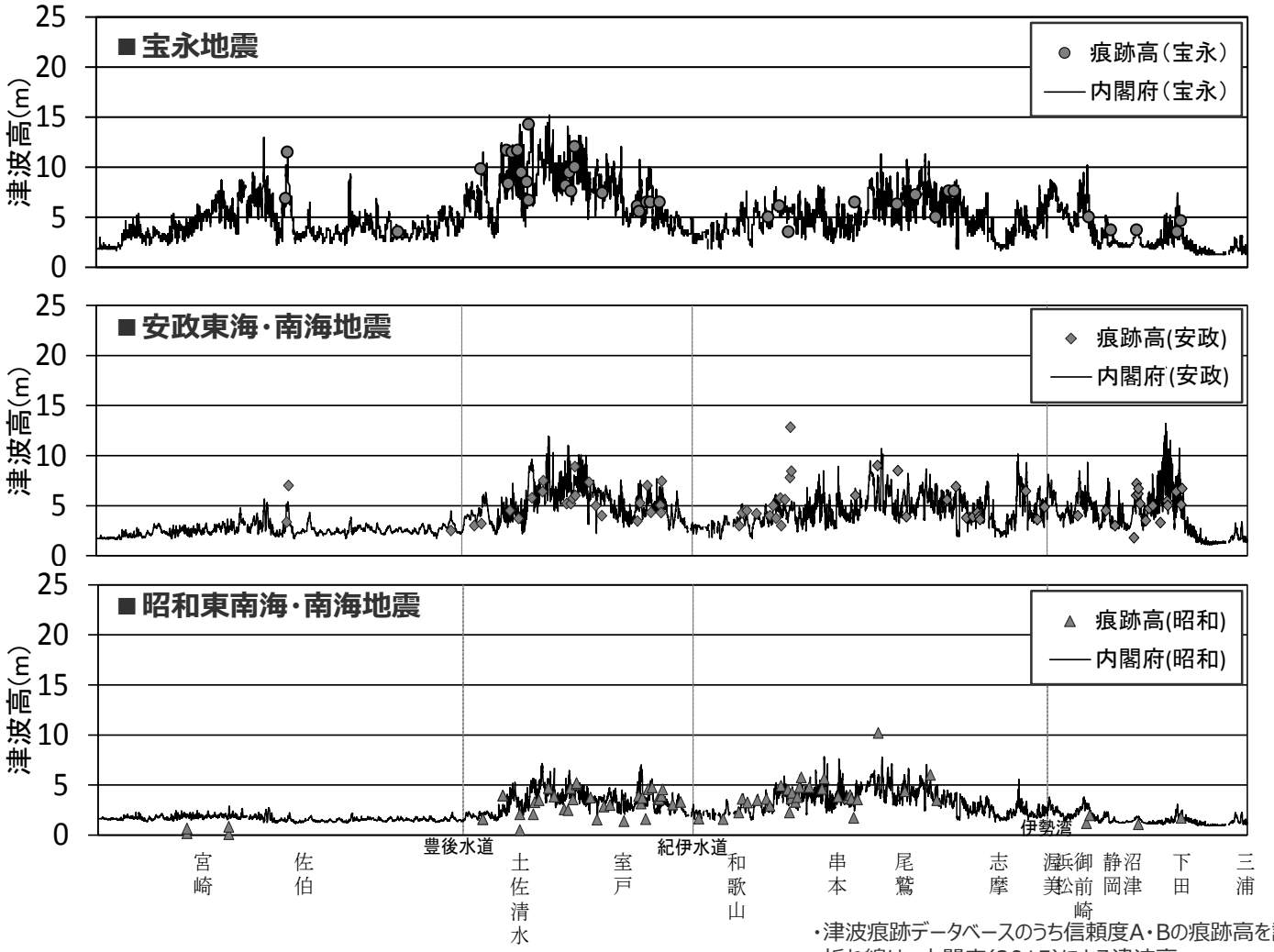
数値シミュレーション手法の妥当性の確認（既往津波の再現性の確認）（１）

第509回資料1-3
p.36再掲

■当社の数値シミュレーション手法（計算条件、地形モデル）の妥当性を確認するため、南海トラフの既往津波の再現性を確認した。
■南海トラフの既往津波については、内閣府(2015)が津波痕跡データ、地殻変動データ等を用いたインバージョン解析により下記のとおり既往津波の波源モデルと沿岸域の津波高を推定していることから、内閣府(2015)と同じ波源モデルを用いた数値シミュレーションを実施し、その結果が既往津波の痕跡高を再現できることを確認した。



内閣府(2015)による既往津波の波源モデル



・津波痕跡データベースのうち信頼度A・Bの痕跡高を記載
・折れ線は、内閣府(2015)による津波高

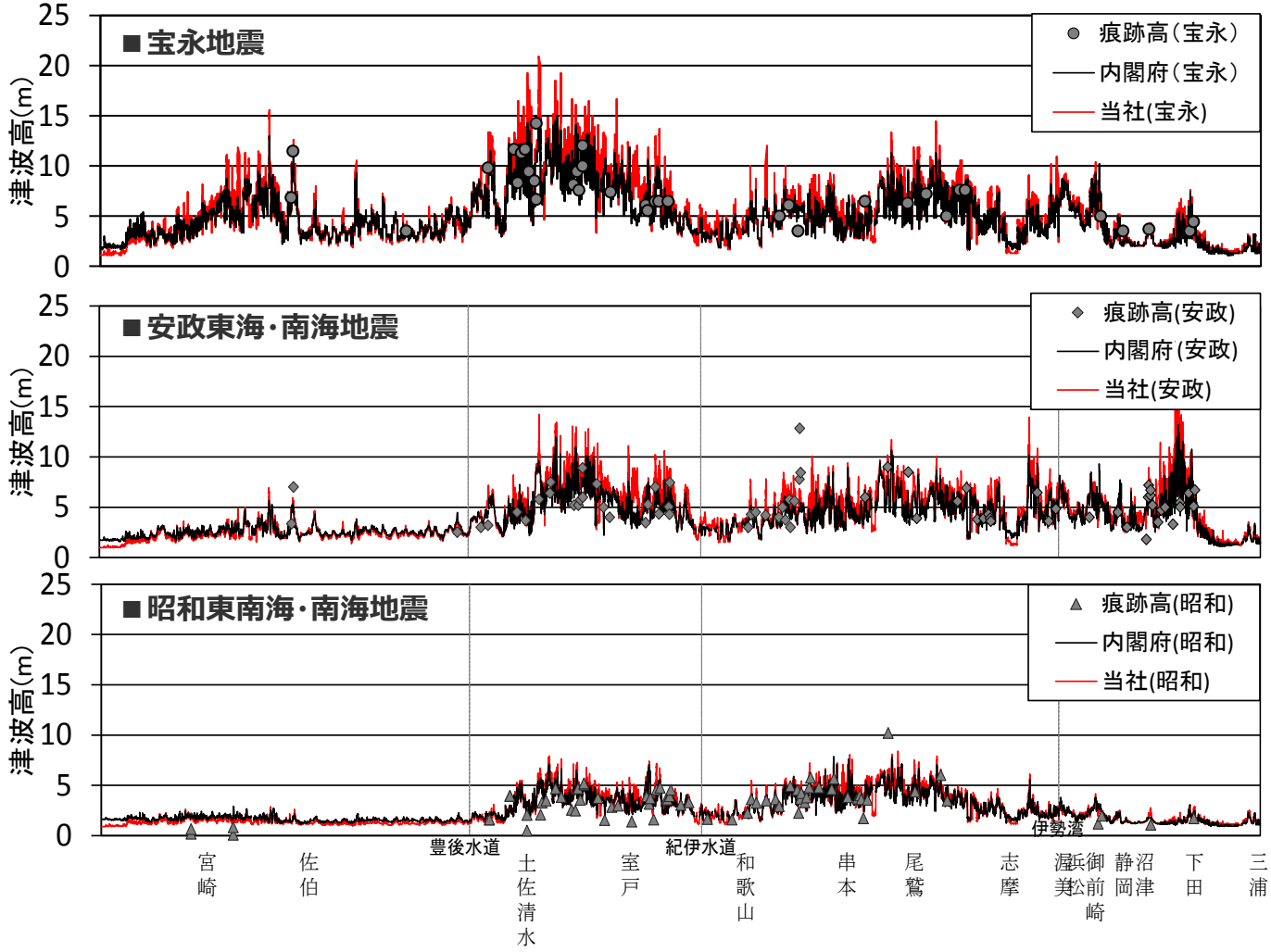
南海トラフの沿岸域の津波痕跡高

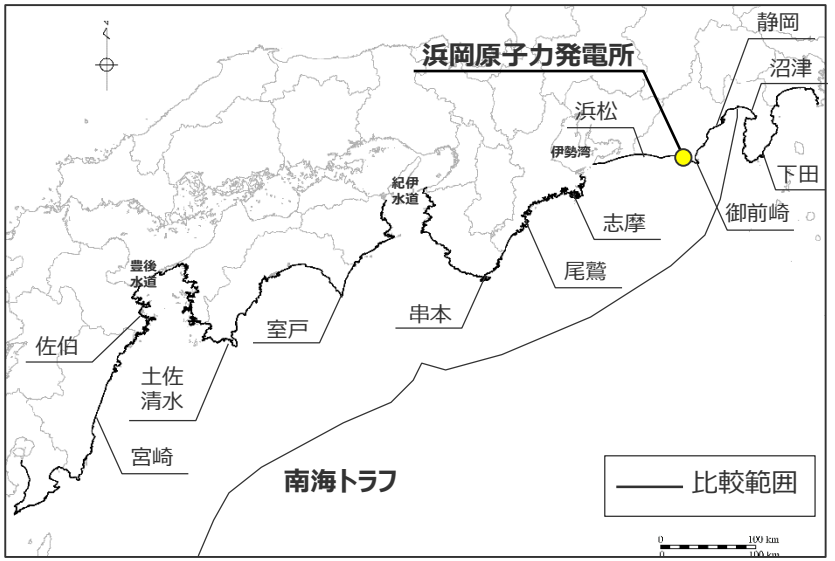
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

数値シミュレーション手法の妥当性の確認（既往津波の再現性の確認）（２）

第662回資料1-2
p.39再掲

■ 当社の数値シミュレーション結果と既往津波の痕跡高の比較結果は、以下のとおり。
■ 当社の数値シミュレーション結果は、既往津波の痕跡高を概ね再現していることを確認した。また、同じ波源モデルを用いた内閣府(2015)の数値シミュレーション結果とも一致していることも併せて確認した。





	南海トラフの沿岸域
宝永地震	K=0.98、κ=1.37 (K=0.95、κ=1.18)
安政東海・南海地震	K=0.96、κ=1.37 (K=0.97、κ=1.21)
昭和東南海・南海地震	K=1.02、κ=1.34 (K=1.04、κ=1.18)

・相田の指標K、κは、津波痕跡データベースの津波痕跡高(信頼度A・B)を痕跡値として算出
　また括弧内のK、κは、内閣府(2015)の津波高を痕跡値として算出（参考値）
・土木学会(2016)による再現性の目安：　0.95＜K＜1.05、κ＜1.45

・数値シミュレーション手法のうち水平渦粘性係数に関する検討については3-5を参照

既往津波の再現性の確認（津波痕跡高および内閣府(2015)の数値シミュレーション結果との比較）

■以上から、既往津波の再現性を確認し、基準津波の策定に用いる数値シミュレーション手法（計算条件、地形モデル）の妥当性を確認した。

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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

3-5　水平渦動粘性係数に関する検討

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

水平渦動粘性係数に関する検討（１）

第509回資料1-3
p.39再掲

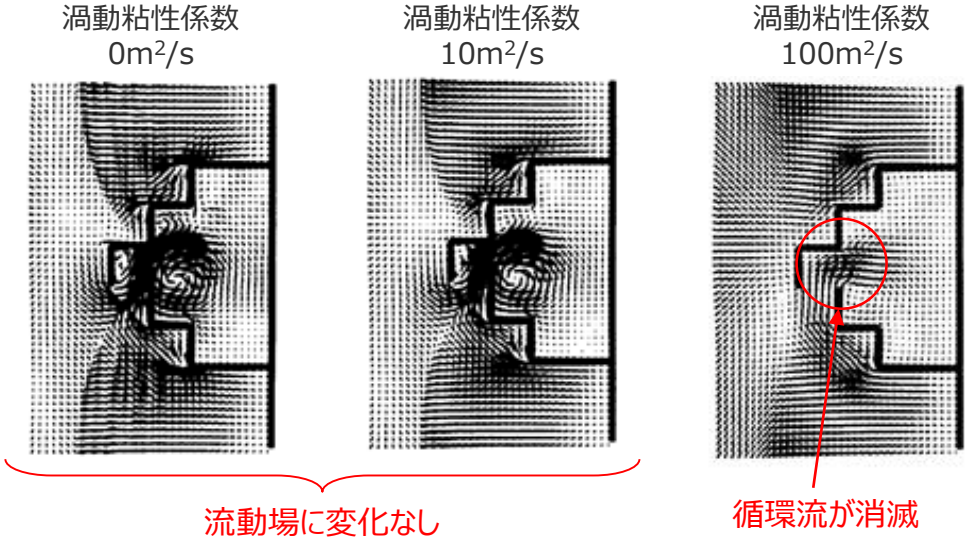
■当社の数値シミュレーション手法（計算条件、地形モデル）の妥当性については既往津波の再現性確認により確認しているが、その計算条件の１つである水平渦動粘性係数についても、水平渦動粘性を0とした場合との水位の変化が土木学会(2016)の検討と整合的であることを確認する。
■土木学会(2016)によると、水平渦動粘性係数の影響は「数値計算スキームとセットで検討する必要がある」とされ、流動場の検討により、最大水位上昇量は水平渦動粘性係数が10m²/sのケースで、0m²/sのケースに比べ5～10%程度低下するとしている。

土木学会（2016）

・最大水位上昇量は水平渦動粘性係数が10m²/sで、0m²/sの場合に比べ5～10%程度低下し、100m²/sになると大幅に小さくなる。

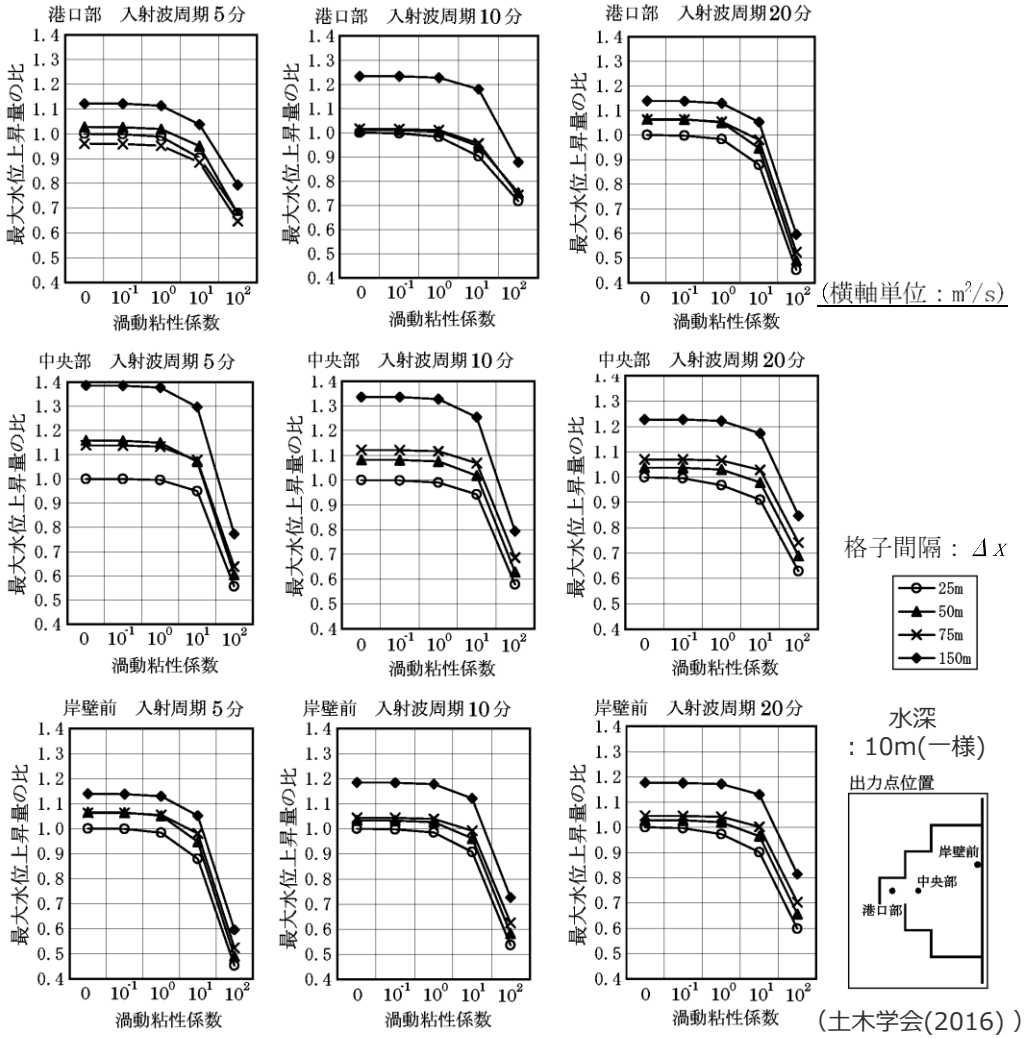
・渦動粘性係数は流速のオーダー、地形変化および計算スキーム等によって影響度が異なるので一般論は難しいが、ここに示すモデルのスケールでは10m²/s以上で最大水位上昇量が小さくなる。

・ 流動パターンは、渦動粘性係数が10m²/s以下ではほとんど相違が見られないが、100m²/sでは港口部の循環流が消滅する。



（土木学会(2016)を基に作成）

流動パターンの相違（格子間隔25mのケース）



（土木学会(2016)）

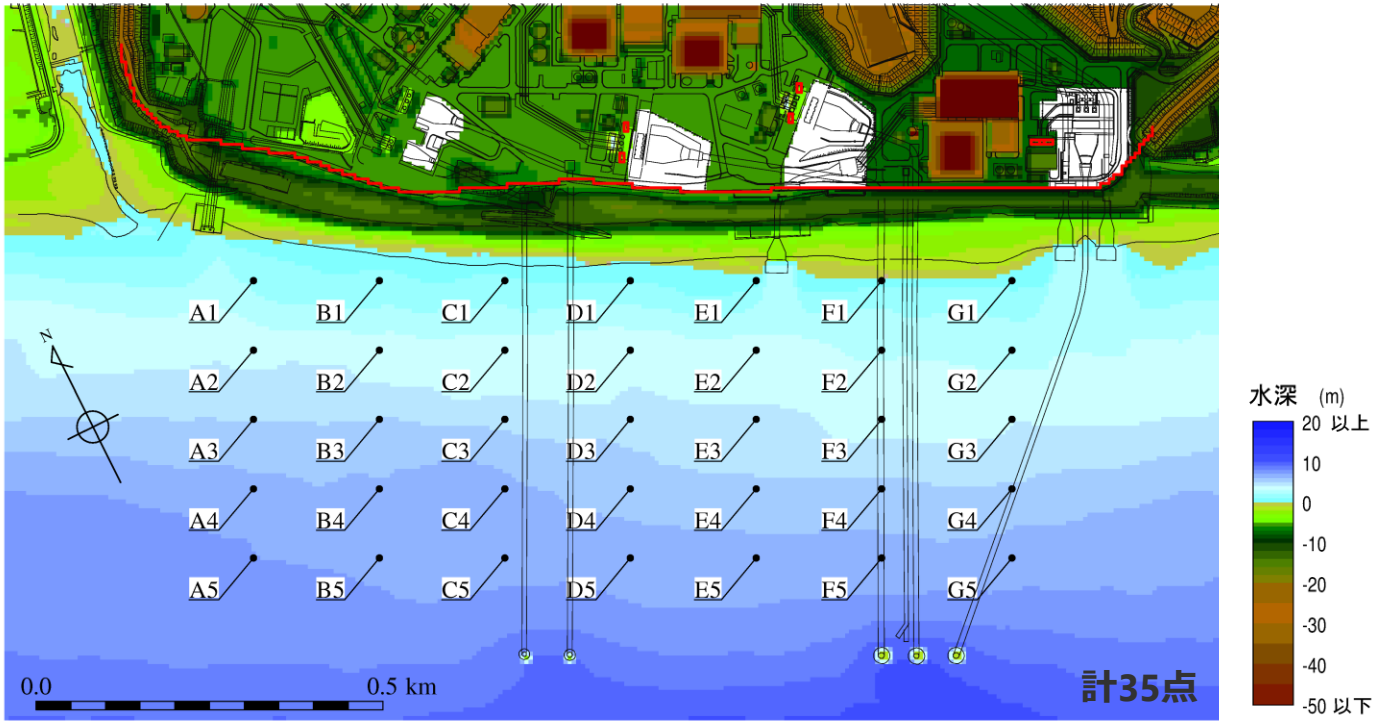
格子間隔25m･渦動粘性係数0m²/sの場合を基準とした最大水位上昇量の比較

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

水平渦動粘性係数に関する検討（２）

第509回資料1-3
p.40再掲

■水平渦動粘性係数が浜岡原子力発電所の津波評価に及ぼす影響を把握するため、内閣府(2015)の波源モデルを対象として、水平渦動粘性係数を10m^2/sとしたケースと0m^2/sとしたケースの計算を行い、下図に示す敷地前面海域の複数地点において、最大上昇水位を比較した。



最大上昇水位の比較点

【最大上昇水位比の算定】

■下式により、水平渦動粘性係数を10m^2/sとしたケースと0m^2/sとしたケースの最大上昇水位比を算定する。

最大上昇水位比（%）　＝ Ev10／Ev0×100

ここで、Ev10：水平渦動粘性係数10m^2/sのケースの最大上昇水位

Ev0　：　〃　0m^2/s　〃

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

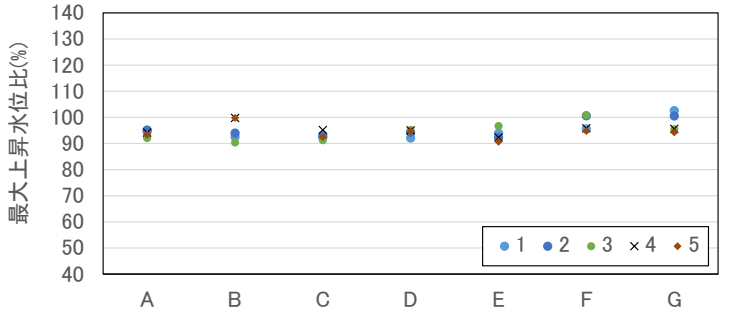
水平渦動粘性係数に関する検討（3）

第509回資料1-3
p.41再掲

■水平渦動粘性係数を10m²/sとしたケースと0m²/sとしたケースの最大上昇水位比は、波源・地点に関わらず概ね90～100%程度であり、土木学会(2016)の検討結果（概ね90～95%程度）と整合的であることを確認した。

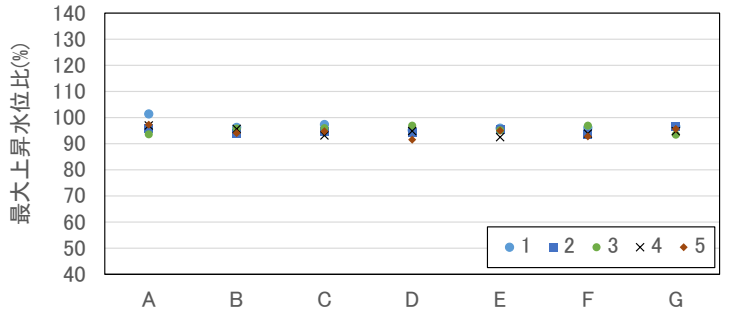
●宝永地震モデル

	A	B	C	D	E	F	G
1	94.6	92.5	93.3	92.1	94.0	95.6	102.6
2	95.2	94.0	92.4	94.3	92.2	100.6	100.5
3	92.1	90.4	91.3	95.2	96.7	100.8	95.5
4	94.2	99.8	95.2	95.0	92.3	95.8	95.6
5	93.4	99.8	92.5	94.7	90.7	94.8	94.3



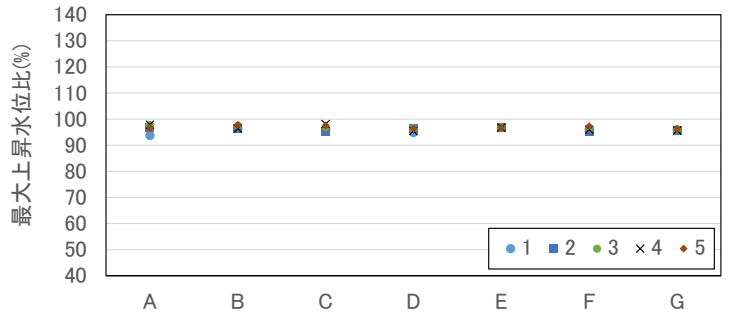
●安政東海・南海地震モデル

	A	B	C	D	E	F	G
1	101.4	96.3	97.4	95.2	96.0	96.2	96.6
2	95.7	93.8	94.7	94.3	95.3	93.7	96.5
3	93.6	95.8	96.0	96.9	95.2	96.9	93.5
4	97.0	95.7	93.2	94.9	92.5	93.9	94.8
5	97.3	94.1	94.8	91.6	95.0	92.8	95.7



●昭和東南海・南海地震モデル

	A	B	C	D	E	F	G
1	93.8	96.6	95.9	94.9	96.8	96.1	95.9
2	96.9	96.6	95.3	96.6	96.8	95.5	95.7
3	97.8	97.5	96.9	96.5	96.7	96.6	96.1
4	97.9	96.4	98.1	95.5	96.8	96.0	95.7
5	96.7	97.8	97.5	96.5	96.7	97.3	96.3



最大上昇水位比（単位：%）

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

水平渦動粘性係数に関する検討（４）

第509回資料1-3
p.42再掲

■水平渦動粘性係数を10m²/sとしたケースと0m²/sとしたケースについて、代表点（D3地点）における水位の時刻歴波形を示す。
■水平渦動粘性係数0m²/sのケースでは、津波ではなく数値分散によるものと考えられる数秒程度の極短周期の振動が生じている。
　一方、水平渦動粘性係数10m²/sのケースでは数値分散の影響が見られず、水平渦動粘性係数の設定も含めて、数値シミュレーション手法の妥当性を確認した。

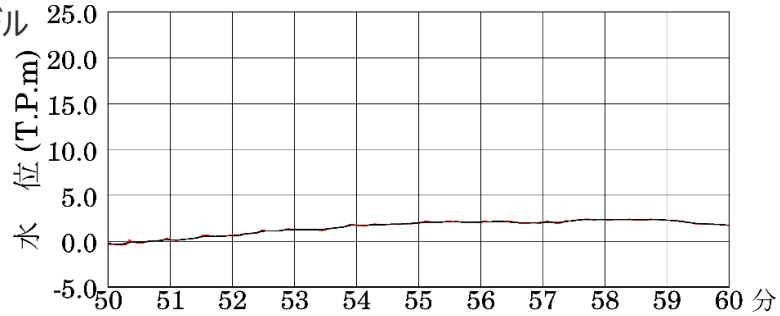
●宝永地震モデル



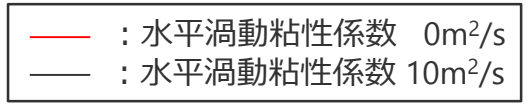
●安政東海・南海地震モデル



●昭和東南海・南海地震モデル



代表点（D3地点）の水位の時刻歴波形



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

3　津波評価手法及び計算条件の詳細

3-6　取放水設備の評価地点

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

検討の概要

①取放水設備の構造

■ 浜岡原子力発電所では、原子炉機器冷却水系に必要な海水を、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。また各取水槽間は、取水経路の多重化の観点から、連絡トンネルにより接続されている。

■ これらの取放水設備の構造について詳細を示した。

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

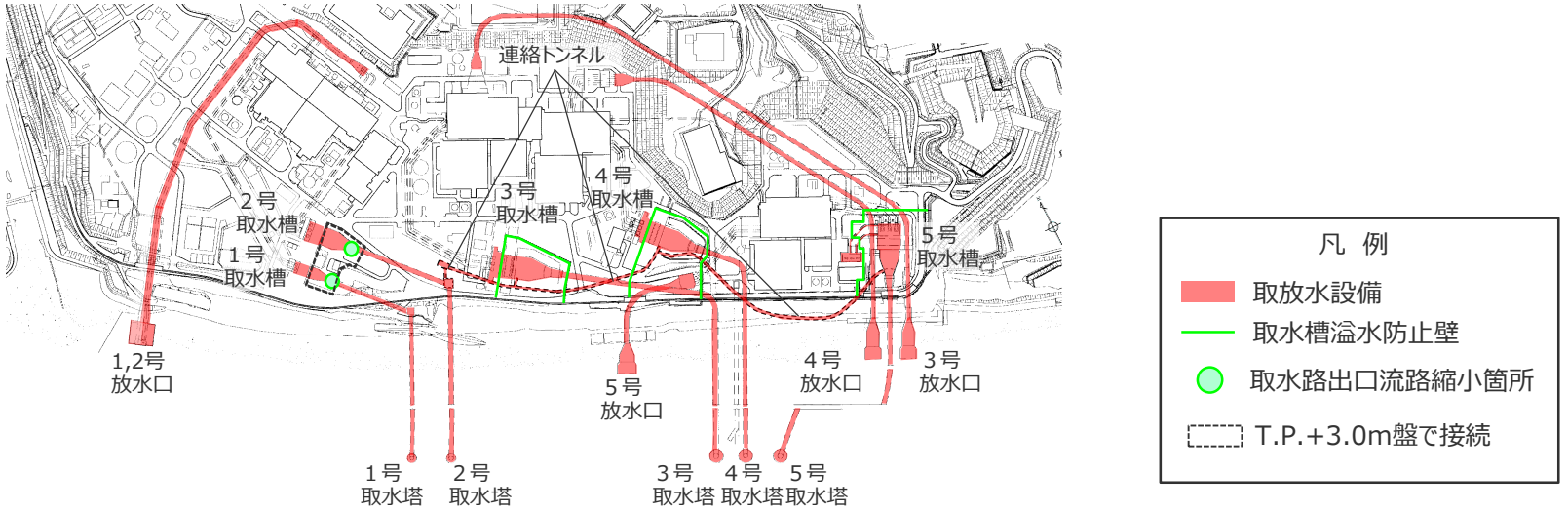
■ 取水槽間の連絡トンネルを含めた取放水設備について、津波時の流量を比較・分析した。

■ また、取放水設備を取水槽間の連絡トンネル有り／無しでモデル化して数値シミュレーションを実施し、連絡トンネルの有無が津波評価に与える影響について確認した。

■ その結果、内径の小さい連絡トンネルの流量は、取水トンネルと比べて小さく、連絡トンネルの有無が津波時の取放水設備内の水位・流量等に与える影響は小さいことを確認した。

③取放水設備の評価地点の選定

■ 上記検討結果を踏まえて、基準津波の策定において考慮する取放水設備の評価地点を設定した。

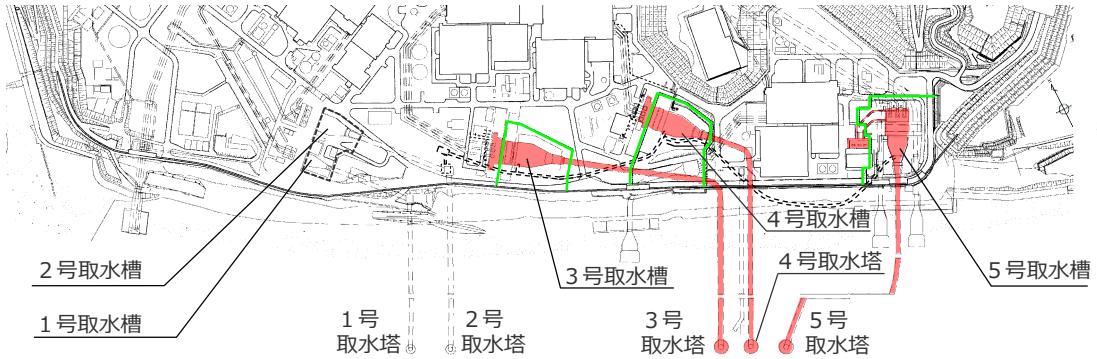


浜岡原子力発電所の取放水設備

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

①取放水設備の構造
（3~5号取水設備の構造）

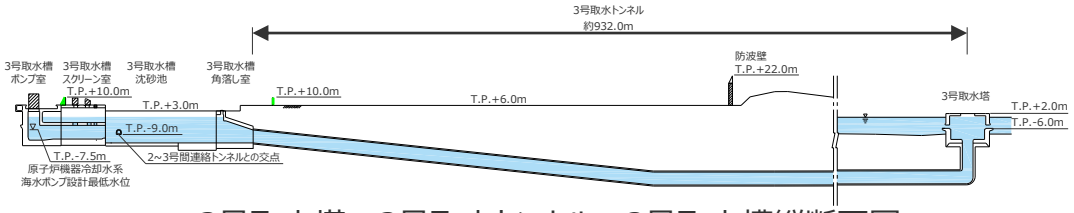
■浜岡原子力発電所の3～5号取水設備は、敷地沖合約600mに位置する取水塔から海水を取り込み取水トンネルを経て敷地内の取水槽に導水する構造としている。
■敷地内の3~5号取水槽周りにはT.P.+10~12mの溢水防止壁が設置されており、津波時に取水槽周辺の開口部からの溢水が敷地内へ浸水しない構造としている。



取水設備の概要

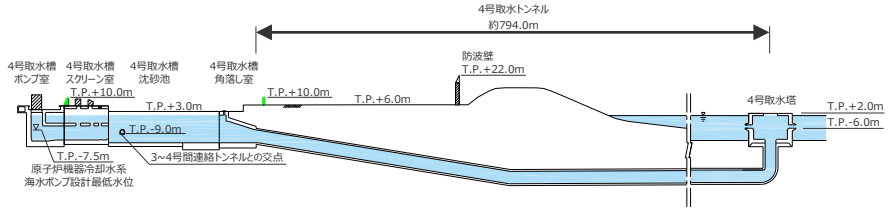
凡　例
溢水防止壁

0　100m　水平：鉛直　1：1

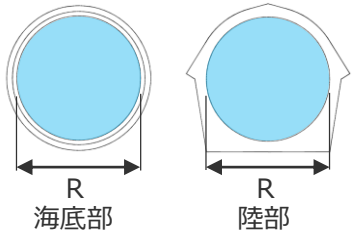


3号取水塔～3号取水トンネル～3号取水槽縦断面図

凡　例
3～5号取水設備
溢水防止壁
T.P.+3.0m盤

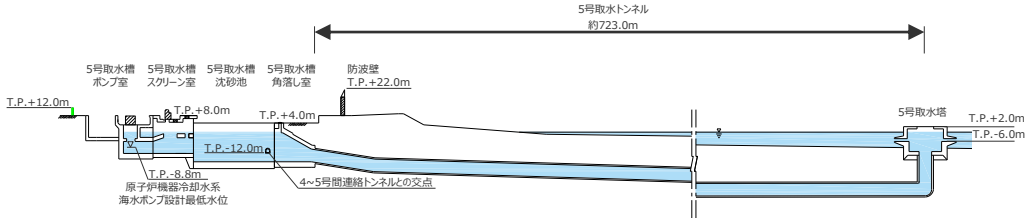


4号取水塔～4号取水トンネル～4号取水槽縦断面図



3~5号取水トンネル標準断面図

号機	内径R (mm)	断面積A (m²)
3号取水ﾄﾝﾈﾙ	7,000	38.5
4号取水ﾄﾝﾈﾙ	6,700	35.3
5号取水ﾄﾝﾈﾙ	6,800	36.3



5号取水塔～5号取水トンネル～5号取水槽縦断面図

・溢水防止壁の構造の詳細は補足説明資料1を参照

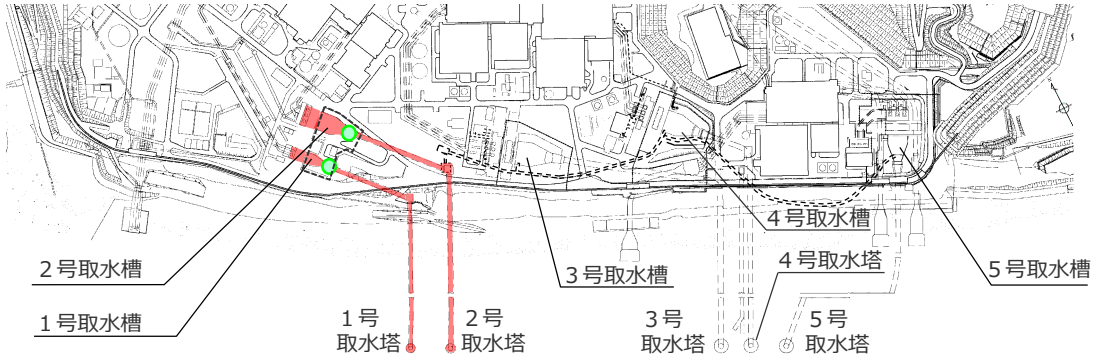
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①取放水設備の構造

（1・2号取水設備の構造（廃止措置中））

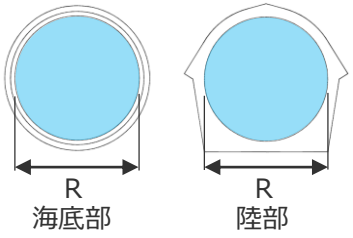
第717回資料1-1
p.148再掲

■浜岡原子力発電所の1・2号取水設備は、敷地沖合約600mに位置する取水塔から海水を取り込み取水トンネルを経て敷地内の取水槽に導水する構造としている。
■取水路出口流路縮小箇所は、最低限の取水ができる通水孔を確保したうえで、それ以外はコンクリートで閉塞している。
■1・2号取水槽周辺の標高は、周辺の標高（T.P.+6.0m）よりも低いT.P.+3.0m盤で接続している。



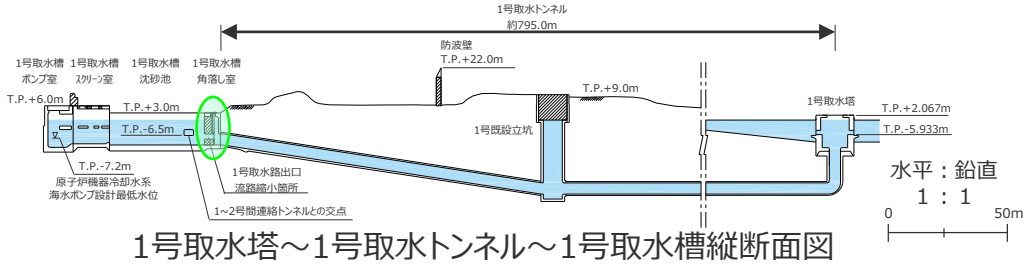
取水設備の概要

凡　例
1・2号取水設備
取水路出口流路縮小箇所
T.P.+3.0m盤

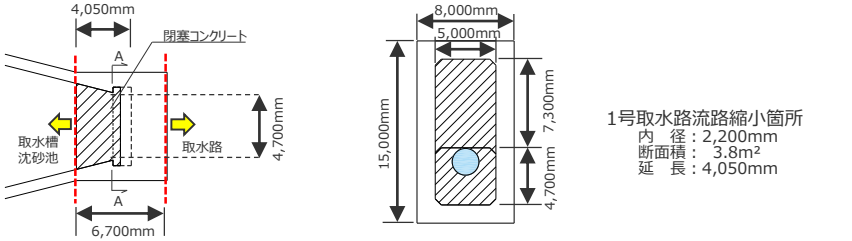


1・2号取水トンネル標準断面図

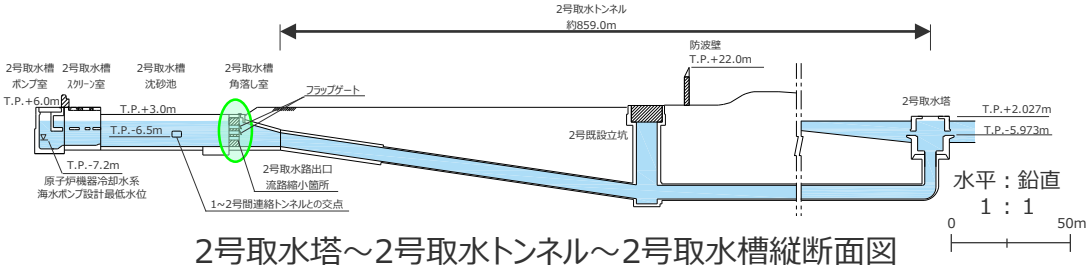
号機	内径R（mm）	断面積A（m²）
1号取水ﾄﾝﾈﾙ	4,700	17.3
2号取水ﾄﾝﾈﾙ	5,760	26.1



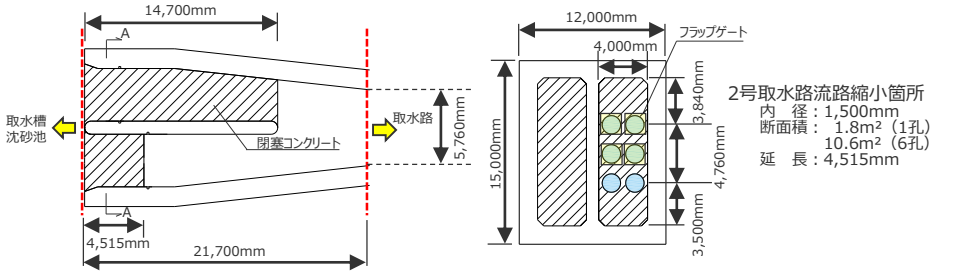
1号取水塔～1号取水トンネル～1号取水槽縦断面図



1号取水路出口流路縮小箇所　平面図・A-A断面図



2号取水塔～2号取水トンネル～2号取水槽縦断面図



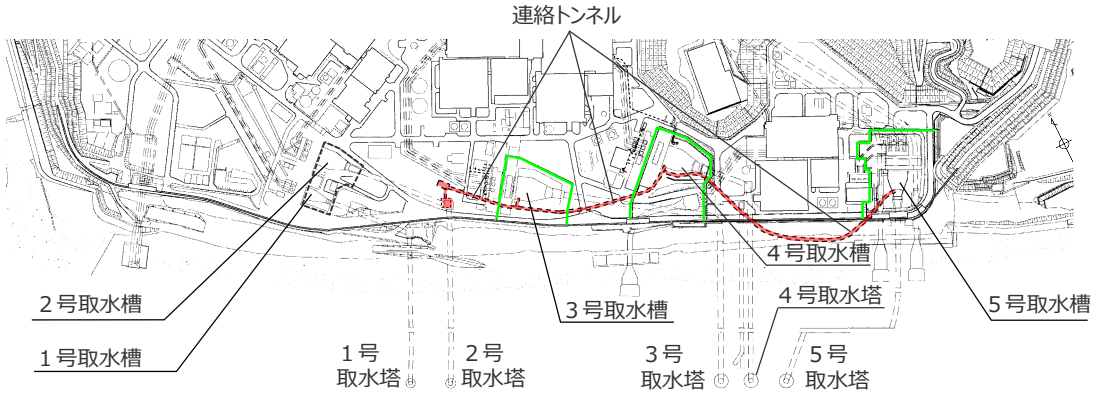
2号取水路出口流路縮小箇所　平面図・A-A断面図

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

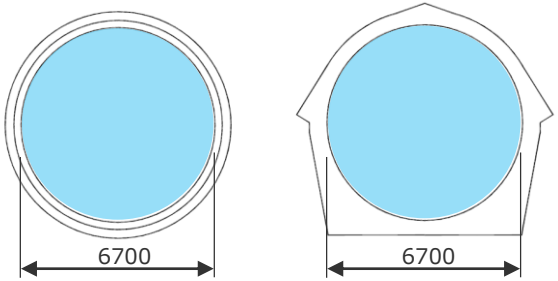
①取放水設備の構造
（連絡トンネルの構造）

第717回資料1-1
p.149再掲

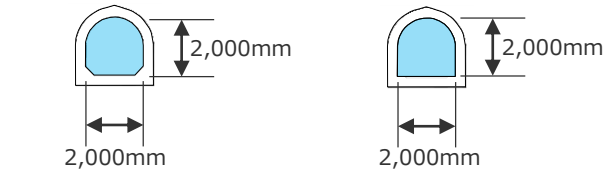
■各取水槽は連絡トンネルにより接続されており、連絡トンネルの断面積は3~5号取水トンネルの約1/10程度である。



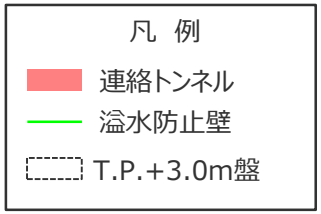
取水設備の概要

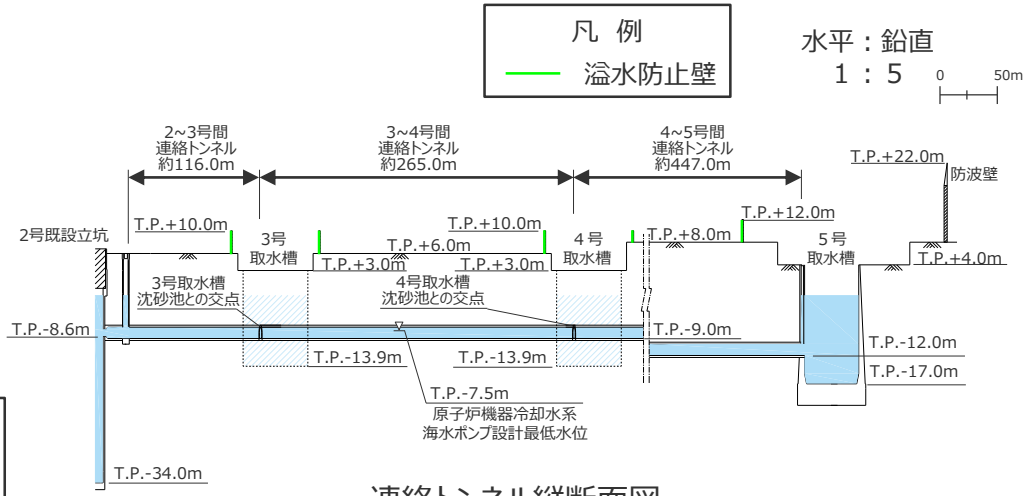


4号取水トンネル標準断面図



連絡トンネル標準断面図





連絡トンネル縦断面図

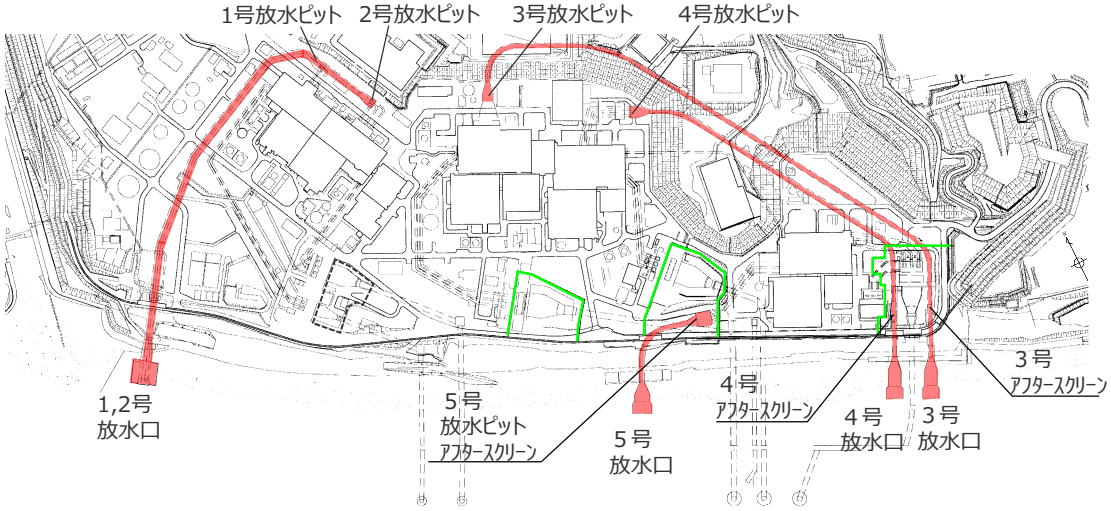
号機	内径R（mm）	断面積A（m²）
連絡ﾄﾝﾈﾙ（2~3号間、3~4号間）	2,000	3.5
連絡ﾄﾝﾈﾙ（4~5号間）	2,000	3.6
（参考）4号取水ﾄﾝﾈﾙ	6,700	35.3

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

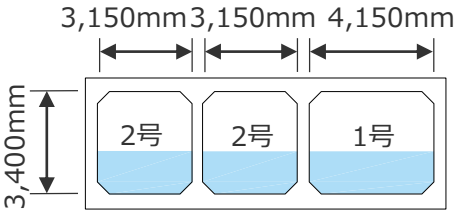
①取放水設備の構造

（放水設備の構造）

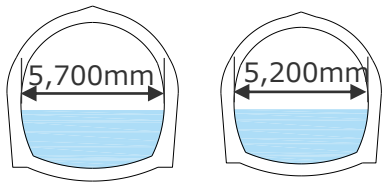
■発電所で使用された海水は、放水ピットから放水路を経て、各号機放水口から外海へ放水される。
■放水ピットとアフタースクリーンには開口部があるが、放水ピット開口部は蓋で閉塞されており、アフタースクリーン開口部は溢水防止壁の内側にあるため津波時に敷地内へ浸水しない構造となっている。



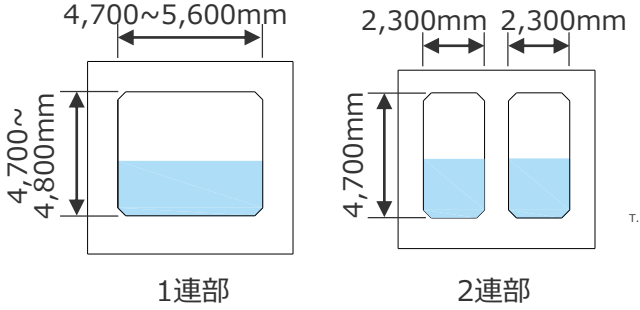
放水設備の概要



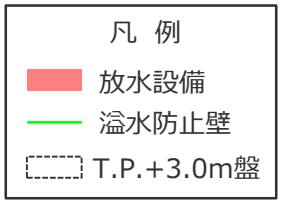
1,2号放水路標準断面図

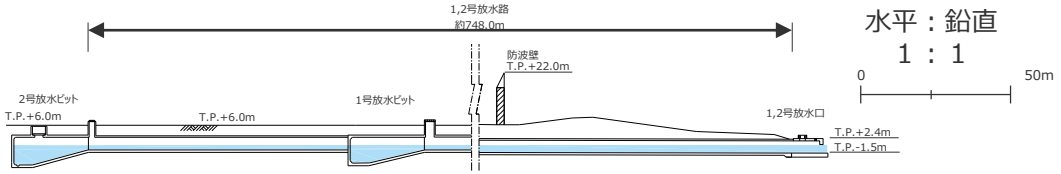


3,4号放水路標準断面図

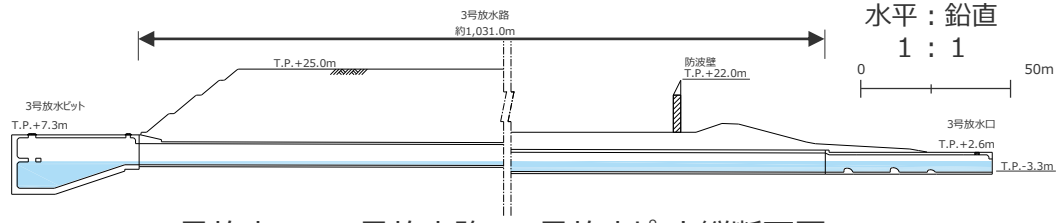


5号放水路標準断面図

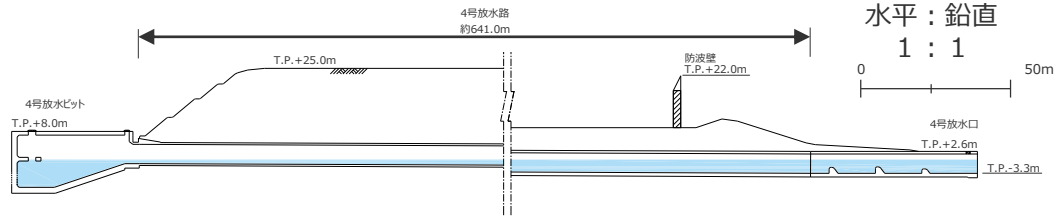




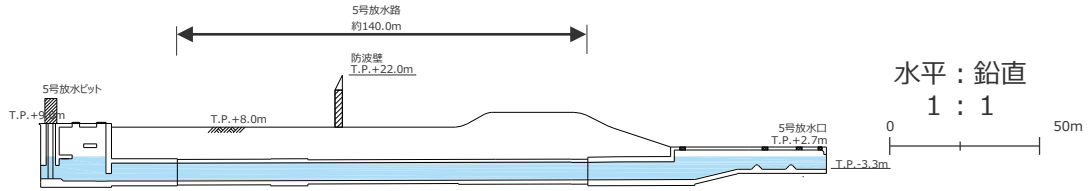
1・2号放水口～1・2号放水路～1・2号放水ピット縦断面図



3号放水口～3号放水路～3号放水ピット縦断面図



4号放水口～4号放水路～4号放水ピット縦断面図



5号放水口～5号放水路～5号放水ピット縦断面図

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

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

①取放水設備の構造

■ 浜岡原子力発電所では、原子炉機器冷却水系に必要な海水を、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。また各取水槽間は、取水経路の多重化の観点から、連絡トンネルにより接続されている。

■ これらの取放水設備の構造について詳細を示した。

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

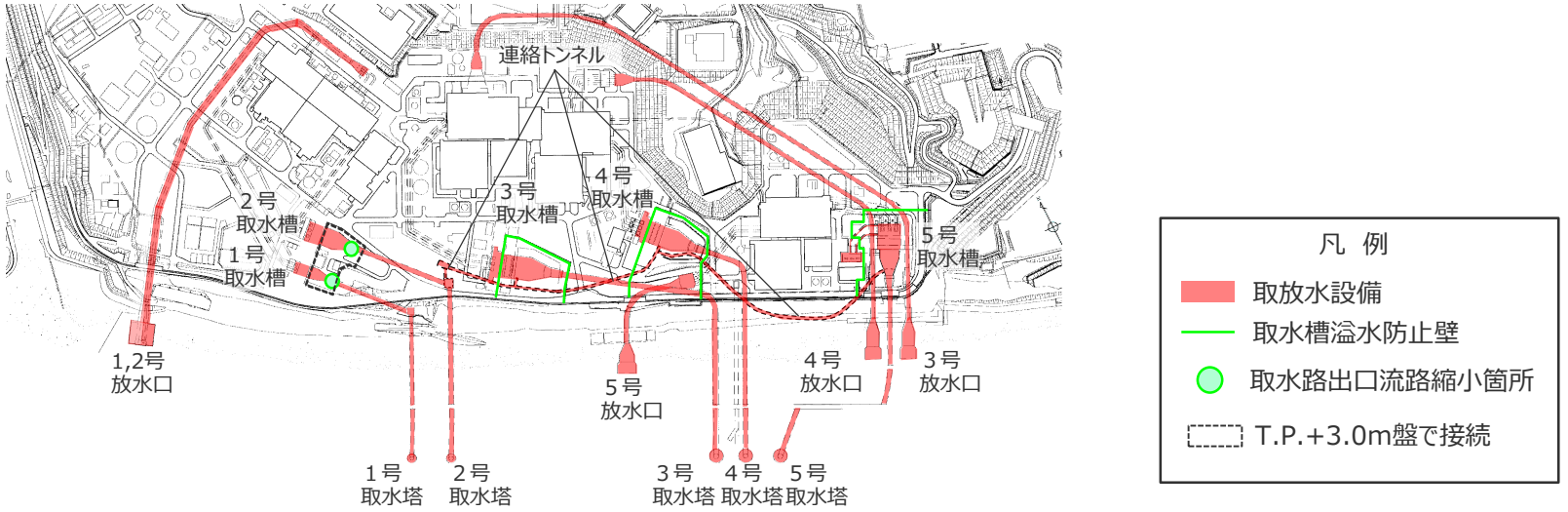
■ 取水槽間の連絡トンネルを含めた取放水設備について、津波時の流量を比較・分析した。

■ また、取放水設備を取水槽間の連絡トンネル有り／無しでモデル化して数値シミュレーションを実施し、連絡トンネルの有無が津波評価に与える影響について確認した。

■ その結果、内径の小さい連絡トンネルの流量は、取水トンネルと比べて小さく、連絡トンネルの有無が津波時の取放水設備内の水位・流量等に与える影響は小さいことを確認した。

③取放水設備の評価地点の選定

■ 上記検討結果を踏まえて、基準津波の策定において考慮する取放水設備の評価地点を設定した。



浜岡原子力発電所の取放水設備

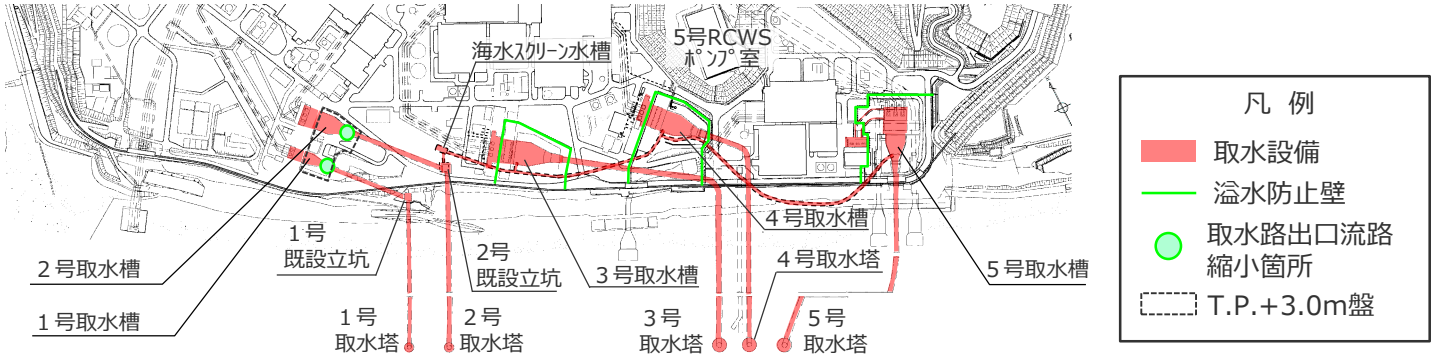
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

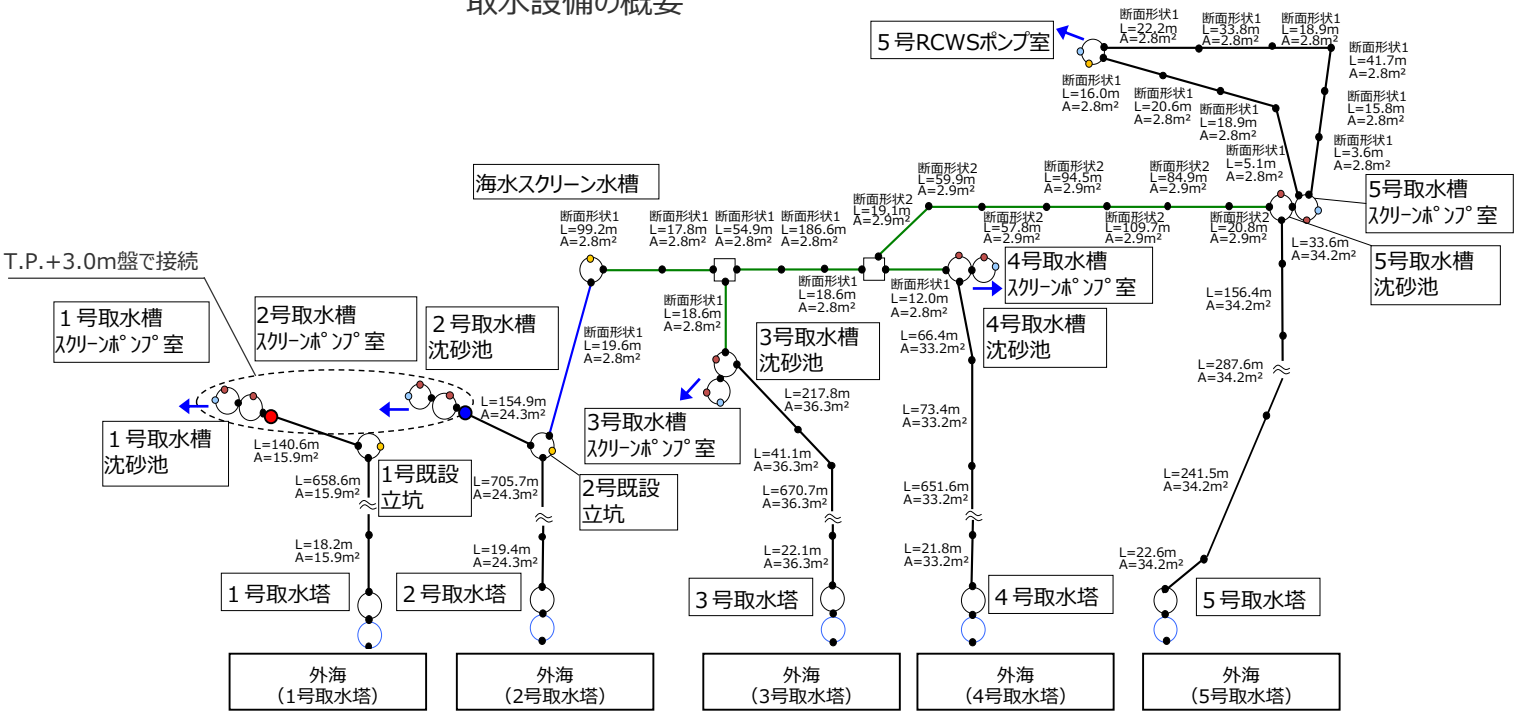
（連絡トンネルを含む取水設備の解析モデル）

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）の水位上昇側の津波シミュレーションを行い、取放水設備内の津波時の挙動を確認した。

■連絡トンネルを含む取水設備の解析モデルは以下のとおり。

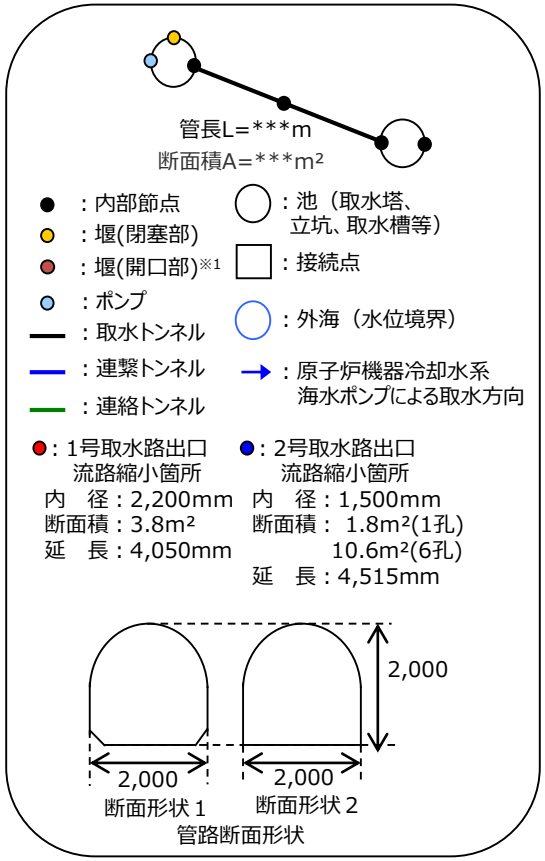


取水設備の概要



取水設備の解析モデル※2

凡　例



- 原子炉機器冷却水系海水ポンプは運転中とし、各号機とも約1m³/s程度取水している。
- 循環水ポンプは、各号機とも停止としている。

※1　開口部は全て取水槽溢水防止壁内にあり、津波時に敷地内へ浸水することはない。

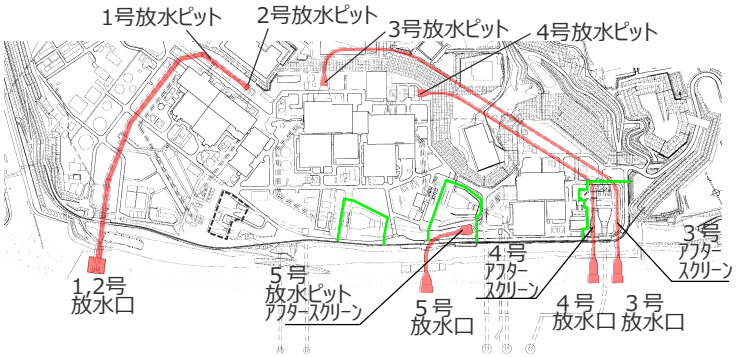
※2　管路断面には貝が一様に10cm付着しているものとして、その分を管路断面積から控除している。

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

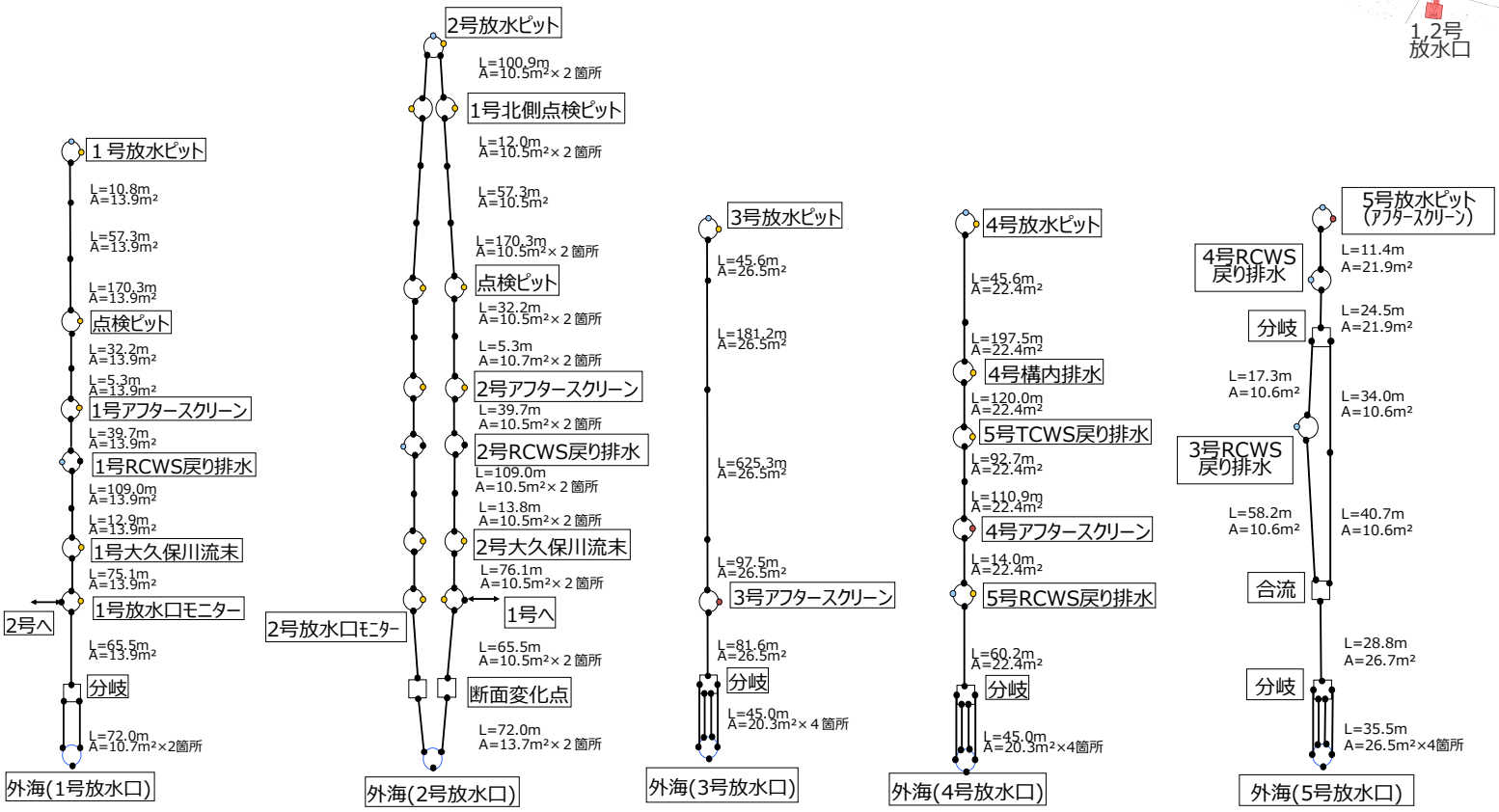
②津波時の取放水設備内の挙動の確認
（放水設備の解析モデル）

第717回資料1-1
p.153再掲

■放水設備の解析モデルは以下のとおり。



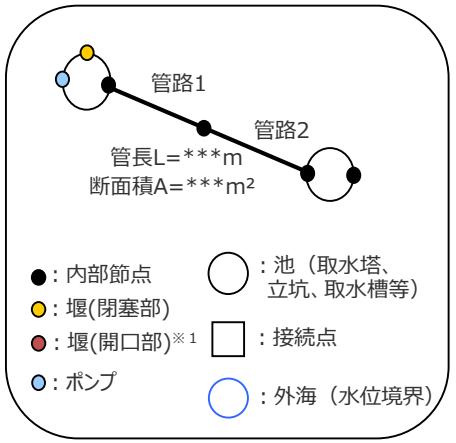
放水設備の概要



放水設備の解析モデル

凡　例
- 放水設備
- 溢水防止壁
- T.P.+3.0m盤

凡　例



※1　開口部は全て取水槽溢水防止壁内にあり、津波時に敷地内へ浸水することはない。

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

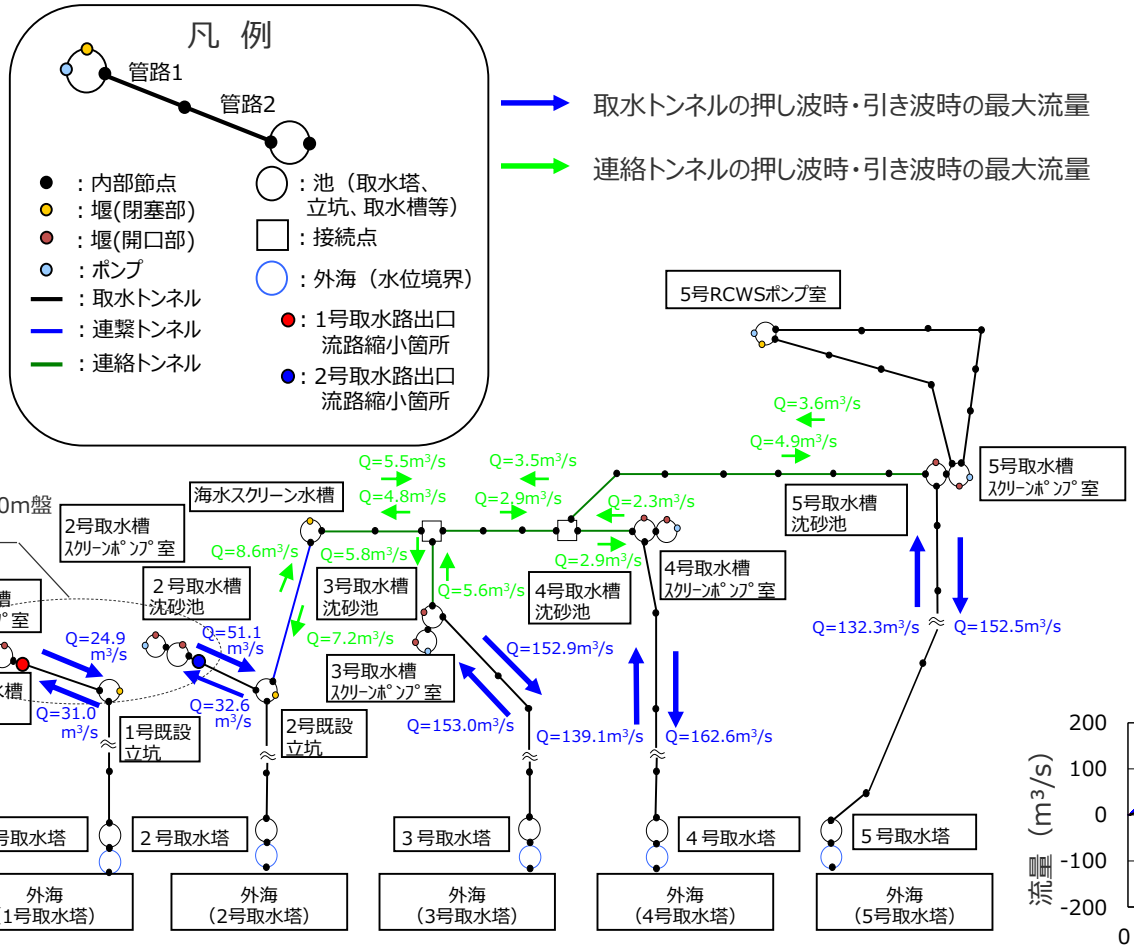
②津波時の取放水設備内の挙動の確認

（連絡トンネルを含む取水設備内の流量の挙動（水位上昇側））

第717回資料1-1
p.154再掲

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）の水位上昇側の津波シミュレーションを行い、取水トンネルと連絡トンネルの流量を比較した。
■その結果、連絡トンネルの流量は、取水トンネルの流量と比べて極めて小さいことを確認した。

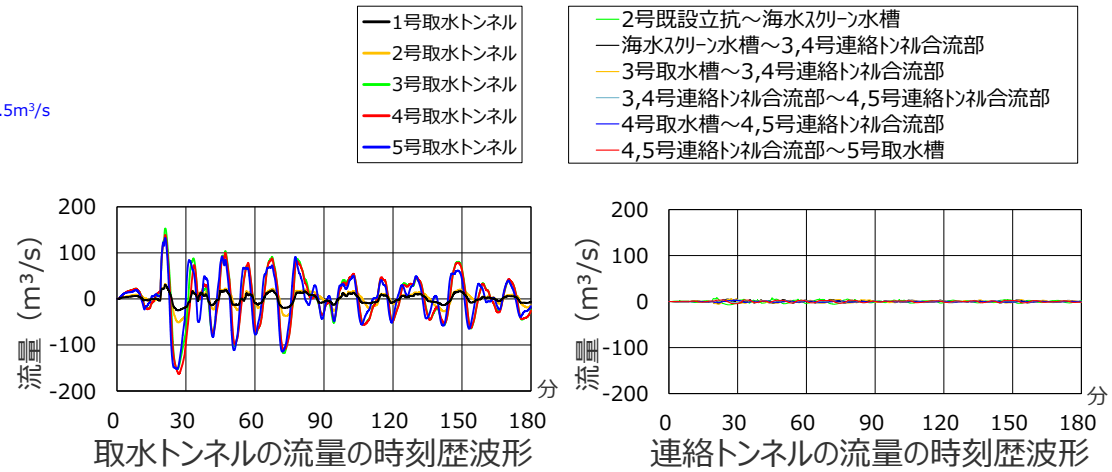
【水位上昇側】



取水設備の解析モデル

取水トンネルと連絡トンネルの最大流量

水路の種類	水路名称	最大流量(m³/s)
取水トンネル	1号取水トンネル	31.0
	2号取水トンネル	51.1
	3号取水トンネル	153.0
	4号取水トンネル	162.6
	5号取水トンネル	152.5
連絡トンネル	2号既設立坑～海水スクリーン水槽	8.6
	海水スクリーン水槽～3,4号連絡トンネル合流部	5.5
	3号取水槽～3,4号連絡トンネル合流部	5.8
	3,4号連絡トンネル合流部～4,5号連絡トンネル合流部	3.5
	4号取水槽～4,5号連絡トンネル合流部	2.9
	4,5号連絡トンネル合流部～5号取水槽	4.9



取水トンネルの流量の時刻歴波形

連絡トンネルの流量の時刻歴波形

■連絡トンネルの流量は、取水トンネルの流量と比べて十分に小さい。

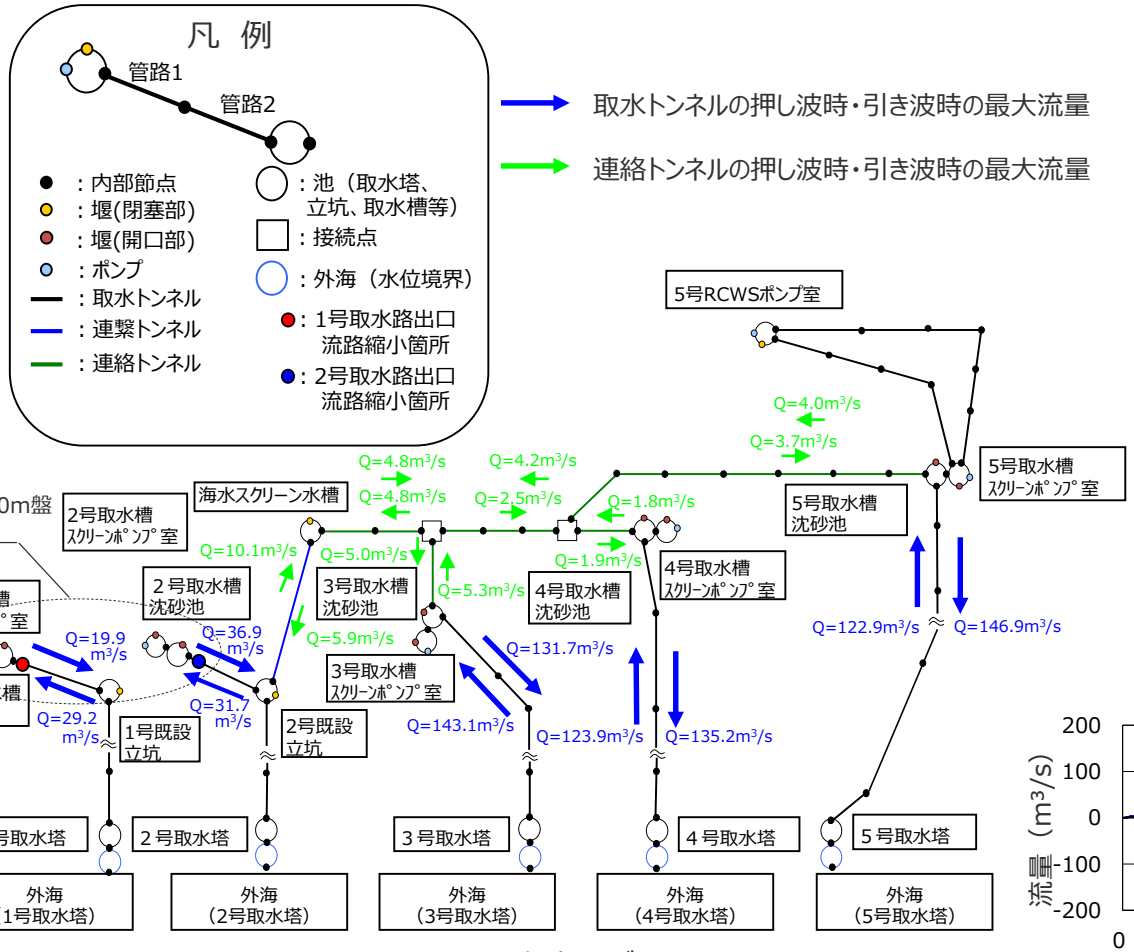
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

（連絡トンネルを含む取水設備内の流量の挙動（水位下降側））

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）の水位上昇側の津波シミュレーションを行い、取水トンネルと連絡トンネルの流量を比較した。
■その結果、連絡トンネルの流量は、取水トンネルの流量と比べて極めて小さいことを確認した。

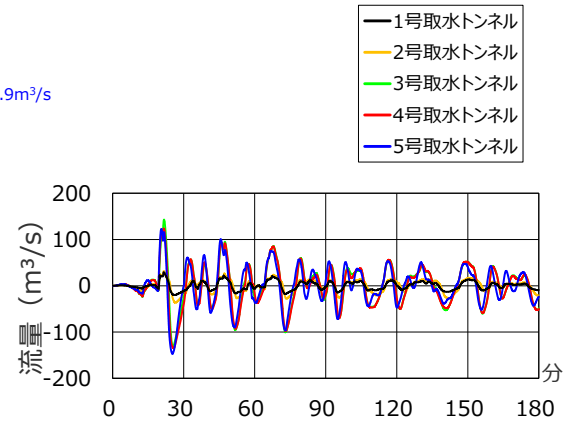
【水位下降側】



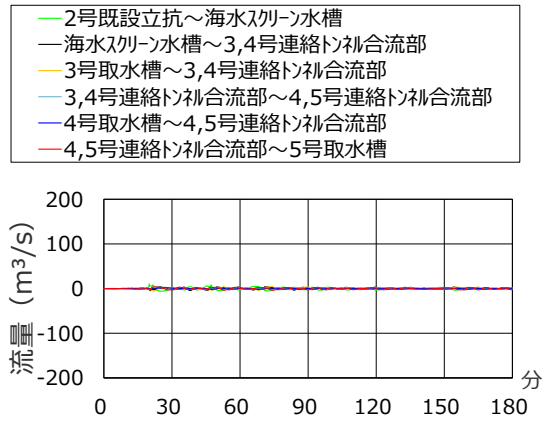
取水設備の解析モデル

取水トンネルと連絡トンネルの最大流量

水路の種類	水路名称	最大流量(m³/s)
取水トンネル	1号取水トンネル	29.2
	2号取水トンネル	36.9
	3号取水トンネル	143.1
	4号取水トンネル	135.2
	5号取水トンネル	146.9
連絡トンネル	2号既設立坑～海水スクリーン水槽	10.1
	海水スクリーン水槽～3,4号連絡トンネル合流部	4.8
	3号取水槽～3,4号連絡トンネル合流部	5.3
	3,4号連絡トンネル合流部～4,5号連絡トンネル合流部	4.2
	4号取水槽～4,5号連絡トンネル合流部	1.9
	4,5号連絡トンネル合流部～5号取水槽	4.0



取水トンネルの流量の時刻歴波形



連絡トンネルの流量の時刻歴波形

■連絡トンネルの流量は、取水トンネルの流量と比べて十分に小さい。

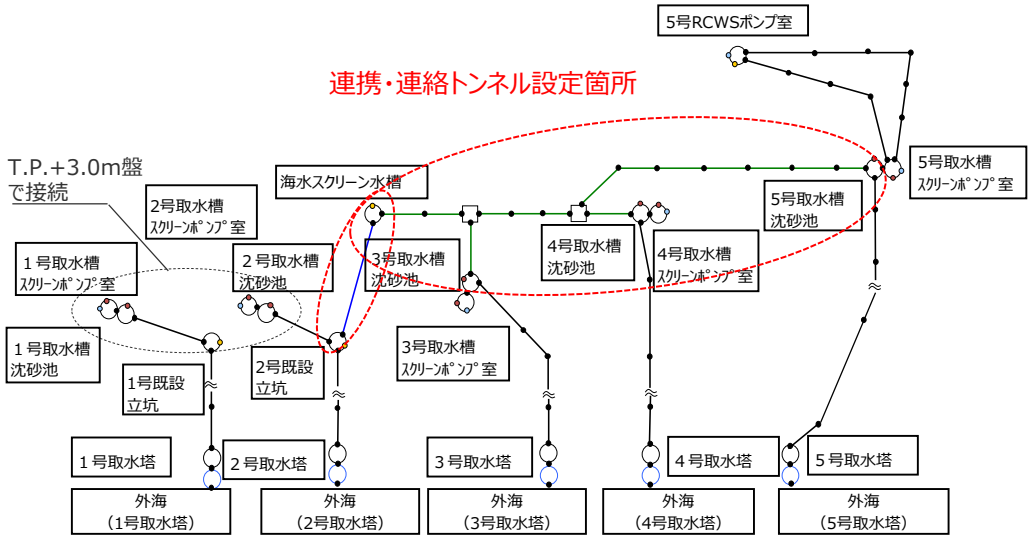
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

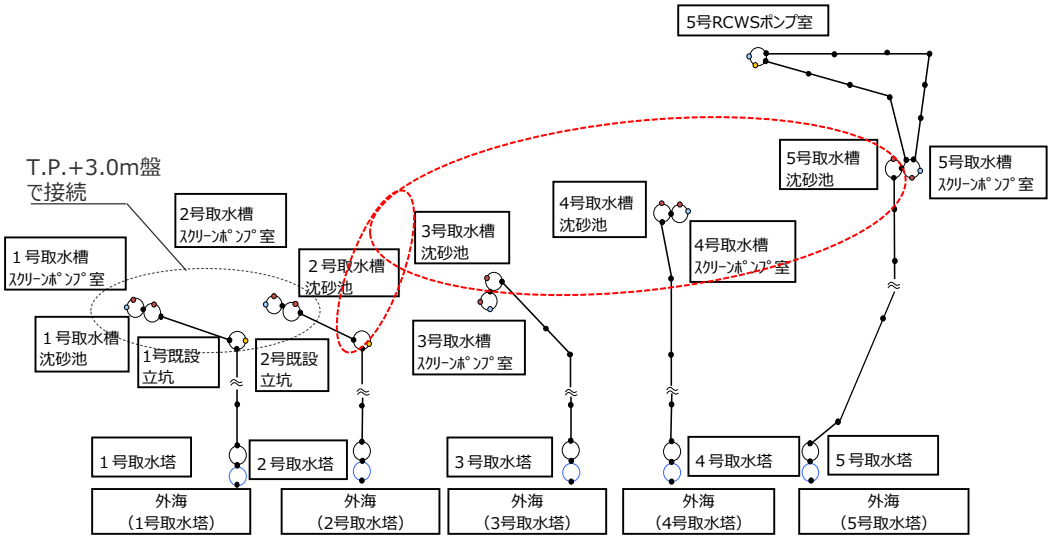
（連絡トンネル有り／無しの場合における取水設備の解析モデル）

第717回資料1-1
p.156再掲

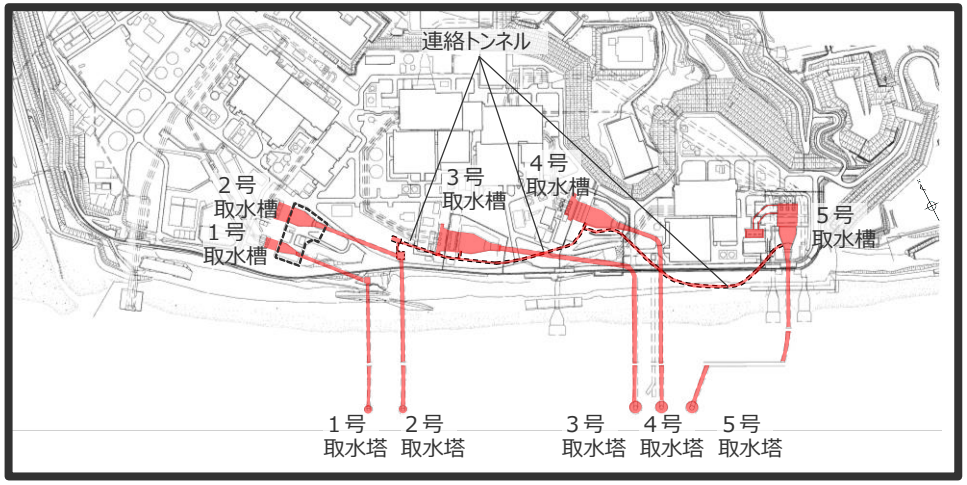
■連絡トンネルの有無が津波シミュレーション結果に与える影響について検証するために、連絡トンネルを除いた解析モデル（管路モデル）を作成し解析を実施した。



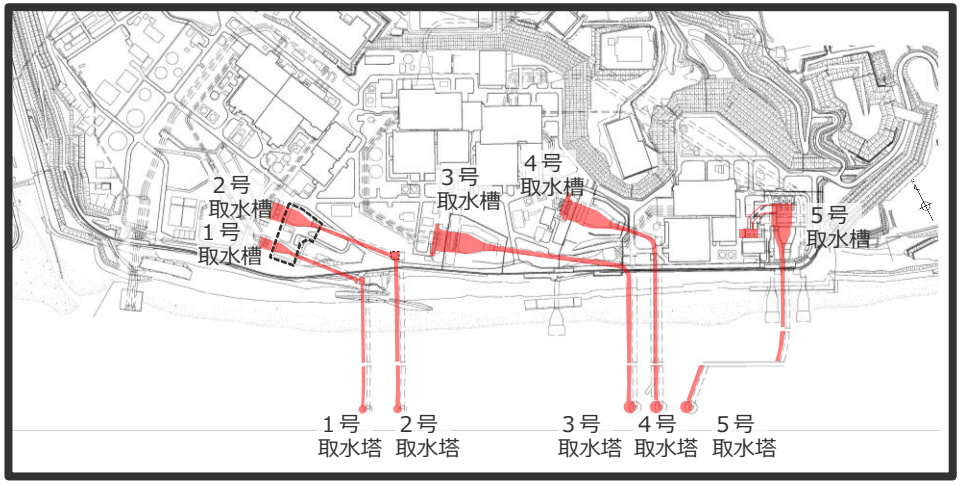
取水設備の解析モデル（**連絡トンネル有**）



取水設備の解析モデル（**連絡トンネル無**）



取水設備平面図のモデル化範囲（**連絡トンネル有**）



取水設備平面図のモデル化範囲（**連絡トンネル無**）

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

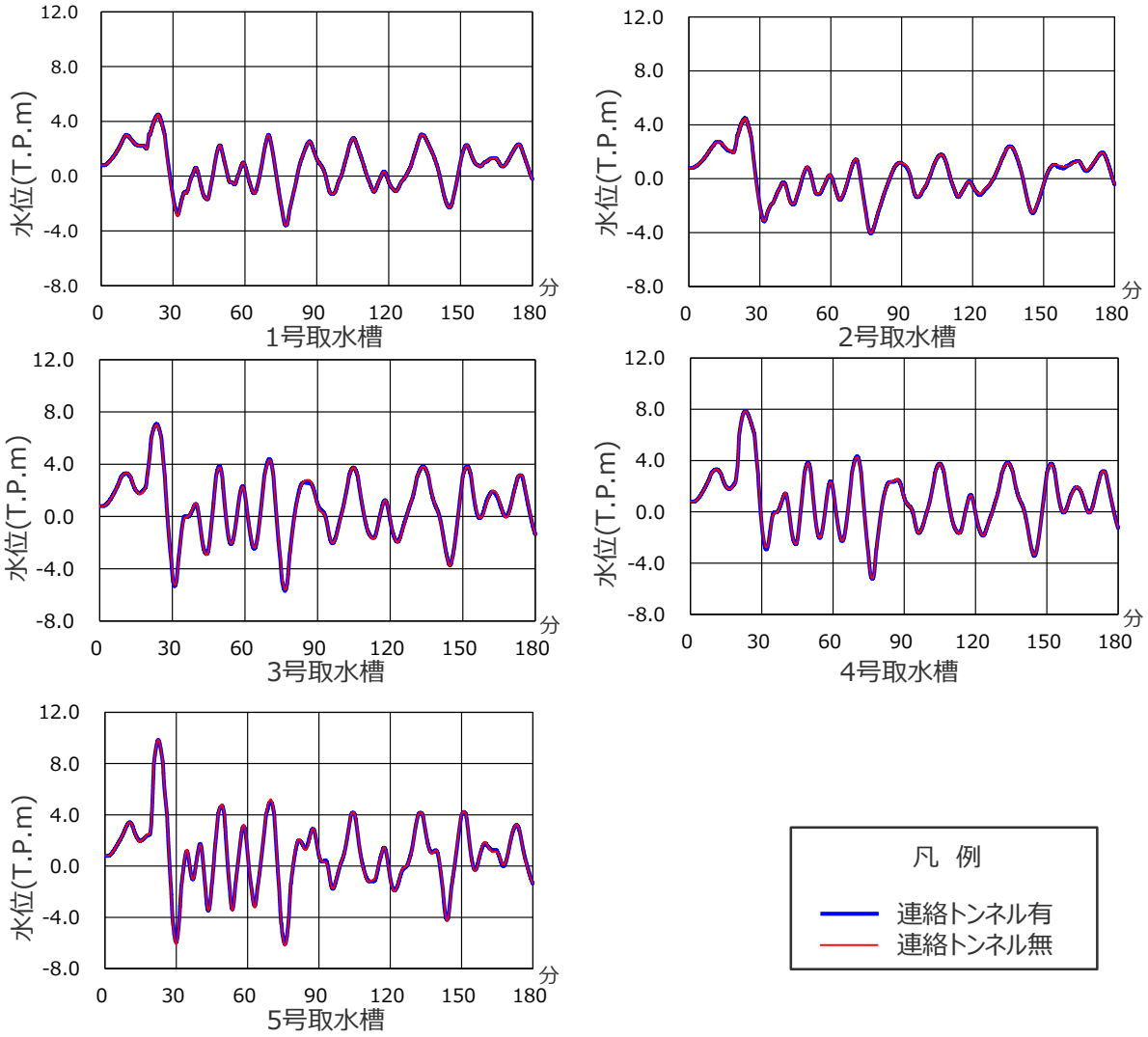
②津波時の取放水設備内の挙動の確認

（連絡トンネル有り／無しの場合における取水槽水位の挙動（水位上昇側））

第717回資料1-1
p.157再掲

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）について、連絡トンネルが有る場合と無い場合における、水位上昇側の取水槽水位の挙動を確認した。

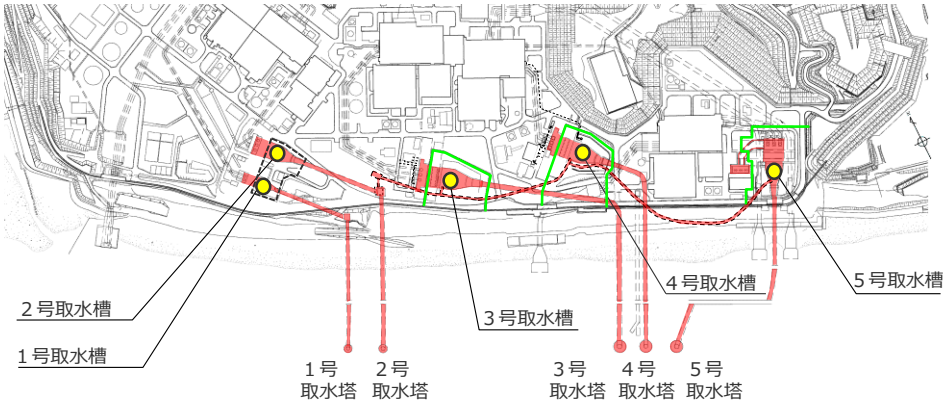
取水槽水位
（水位上昇側）



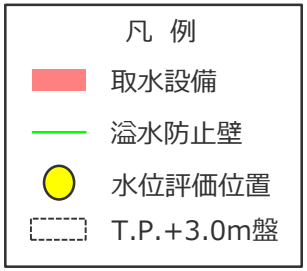
取水槽水位の時刻歴波形

取水槽の最大上昇水位（水位上昇側）

箇　所	最大上昇水位（T.P.m）	
	連絡トンネル有	連絡トンネル無
1号取水槽	4.6	4.5
2号取水槽	4.5	4.5
3号取水槽	7.1	7.0
4号取水槽	7.9	7.9
5号取水槽	9.9	9.9



取水槽水位の評価位置



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

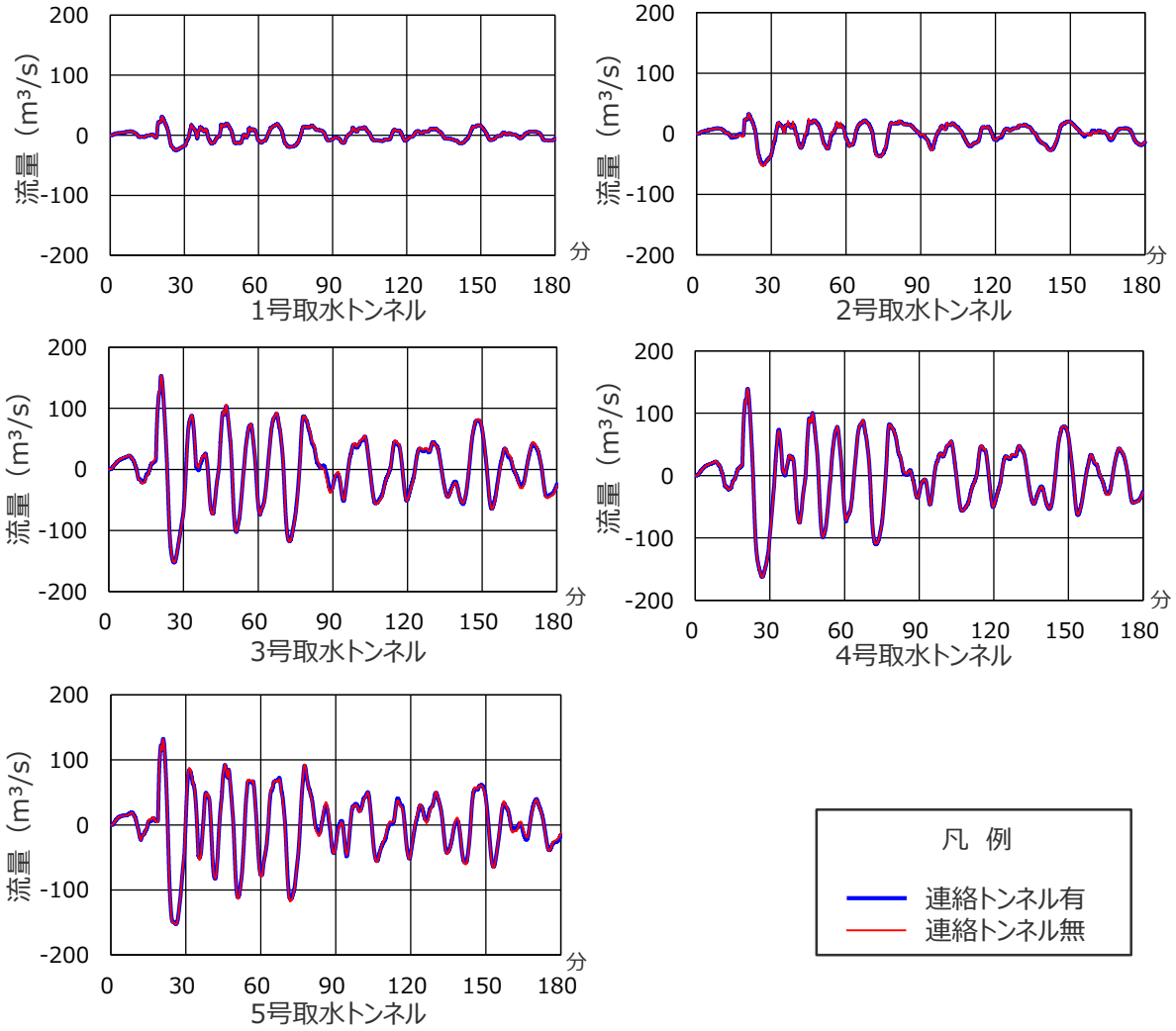
②津波時の取放水設備内の挙動の確認

（連絡トンネル有り／無しの場合における取水トンネル流量の挙動（水位上昇側））

第717回資料1-1
p.158再掲

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）について、連絡トンネルが有る場合と無い場合における、水位上昇側の取水トンネル流量の挙動を確認した。

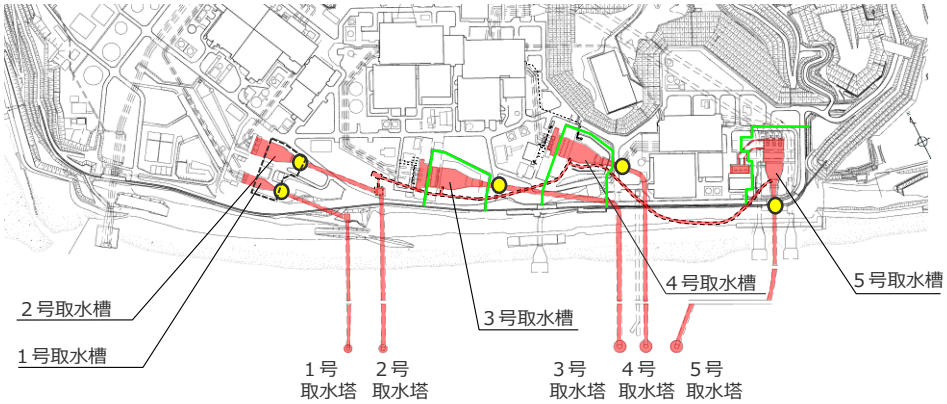
取水トンネル流量
（水位上昇側）



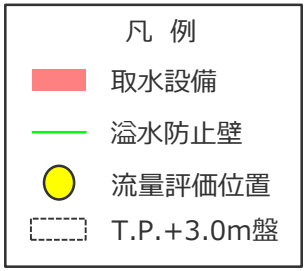
取水トンネル流量の時刻歴波形

取水トンネルの最大流量（水位上昇側）

箇　所	最大流量（m³/s）	
	連絡トンネル有	連絡トンネル無
1号取水トンネル	31.0	31.0
2号取水トンネル	51.1	52.9
3号取水トンネル	153.0	153.7
4号取水トンネル	162.6	162.7
5号取水トンネル	152.5	153.2



取水トンネル流量の評価位置



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

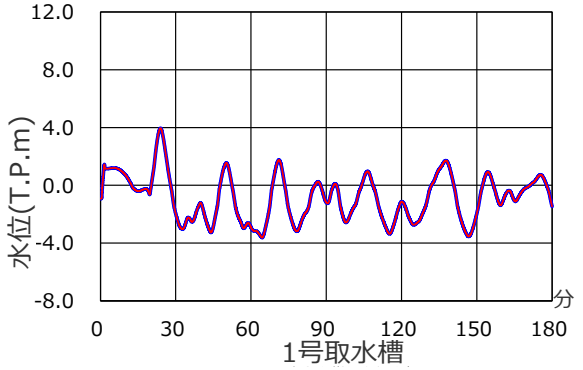
②津波時の取放水設備内の挙動の確認

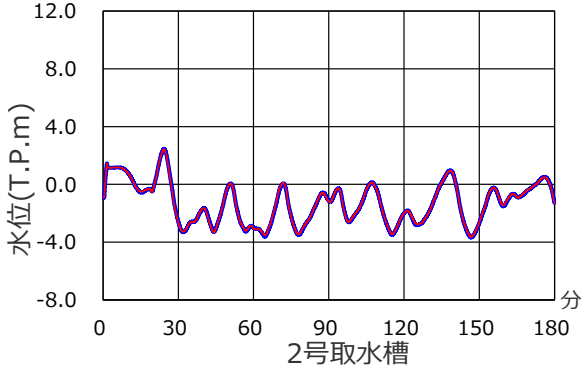
（連絡トンネル有り／無しの場合における取水槽水位の挙動（水位下降側））

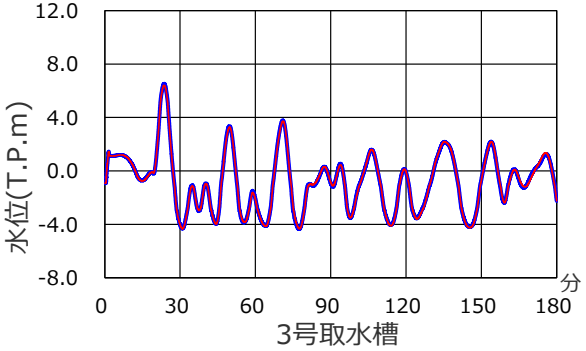
第717回資料1-1
p.159再掲

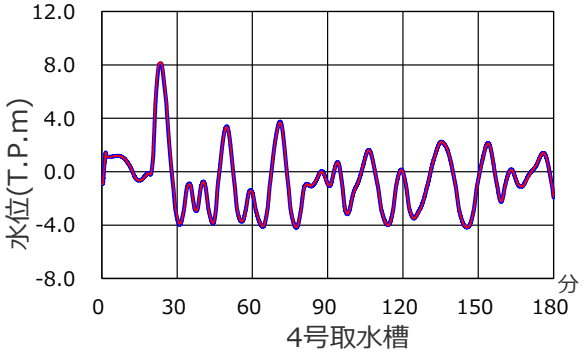
■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）について、連絡トンネルが有る場合と無い場合における、水位下降側の取水槽水位の挙動を確認した。

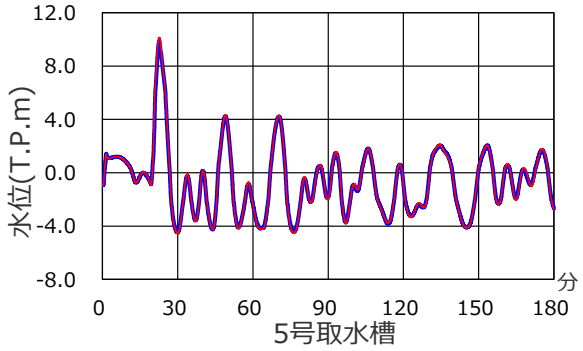
取水槽水位
（水位下降側）



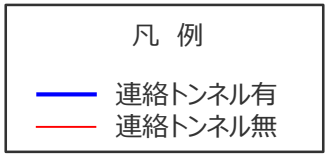






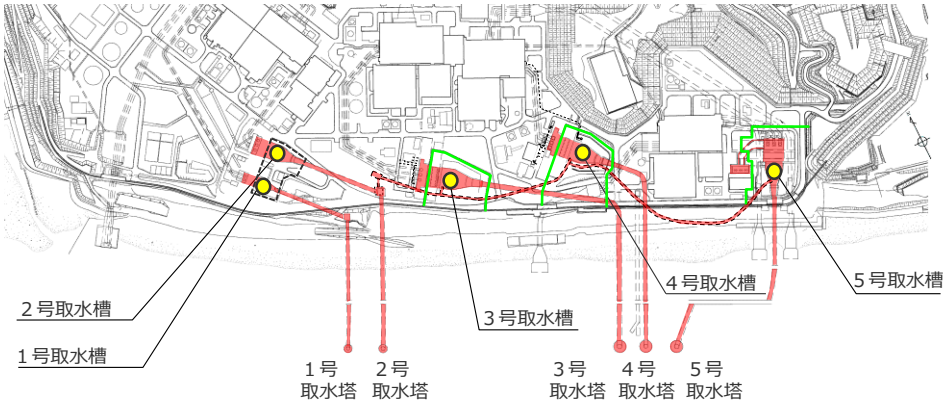


取水槽水位の時刻歴波形

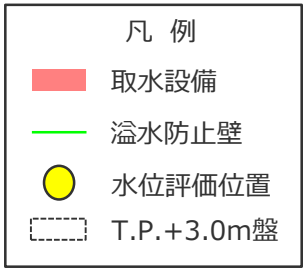


取水槽の最大下降水位（水位下降側）

箇　所	最大下降水位（T.P.m）	
	連絡トンネル有	連絡トンネル無
1号取水槽	-3.7	-3.7
2号取水槽	-3.7	-3.7
3号取水槽	-4.4	-4.4
4号取水槽	-4.2	-4.2
5号取水槽	-4.5	-4.6



取水槽水位の評価位置



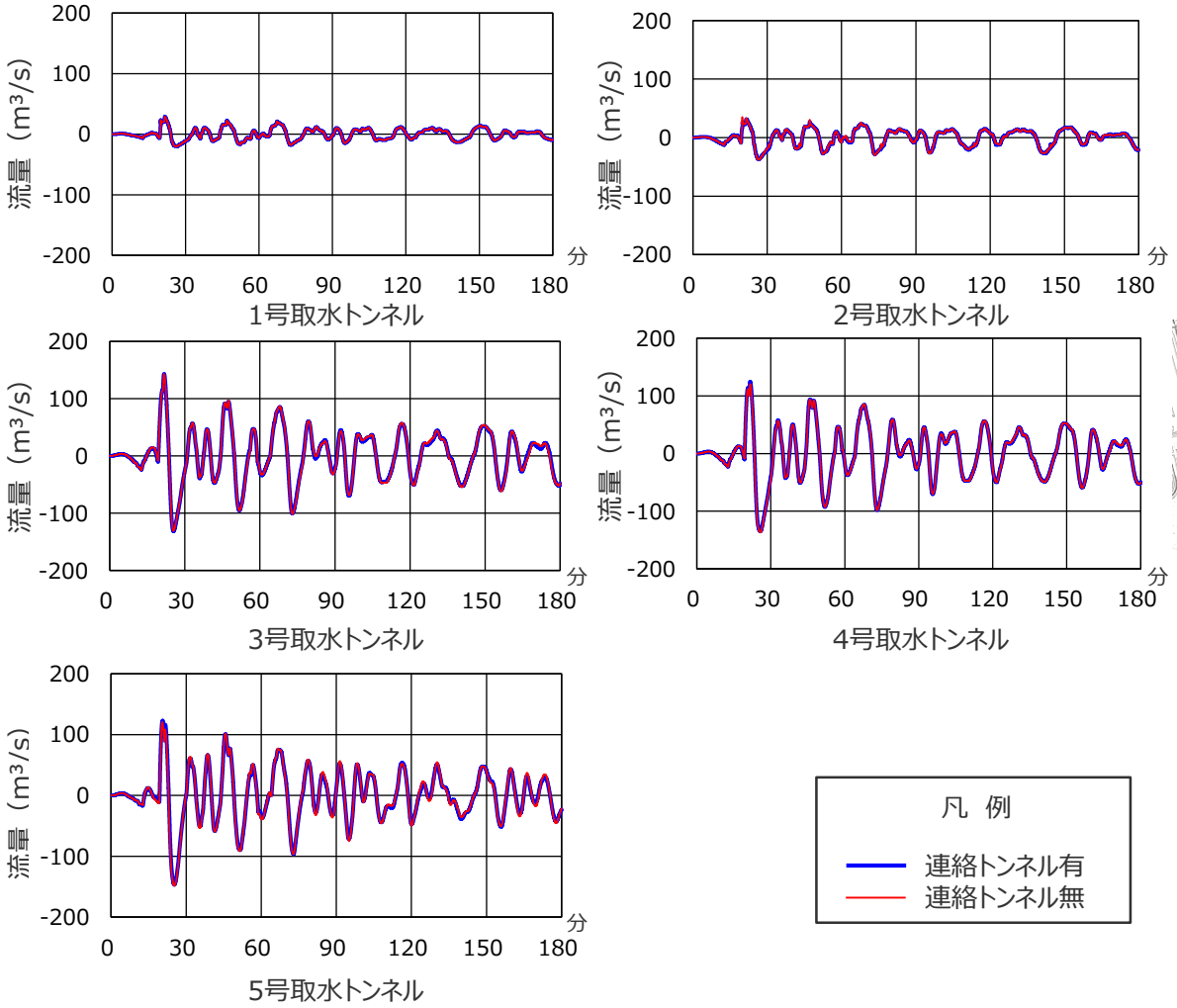
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②津波時の取放水設備内の挙動の確認

（連絡トンネル有り／無しの場合における取水トンネル流量の挙動（水位下降側））

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）について、連絡トンネルが有る場合と無い場合における、水位下降側の取水トンネル流量の挙動を確認した。

取水トンネル流量
（水位下降側）

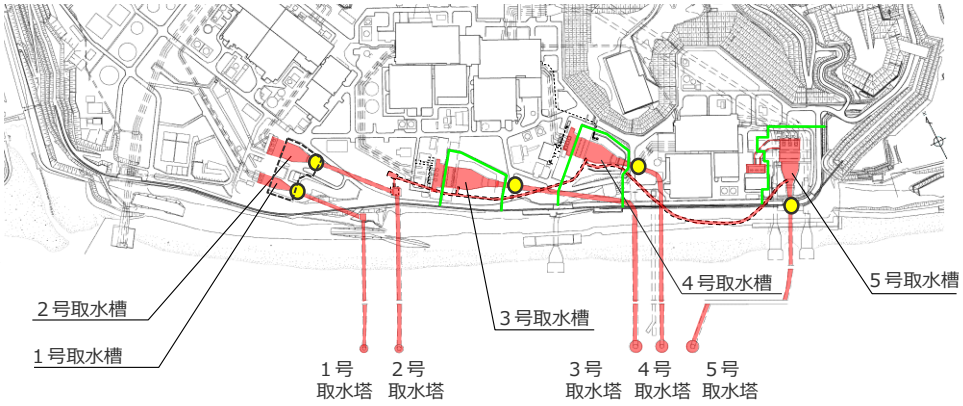


凡　例
連絡トンネル有
連絡トンネル無

取水トンネル流量の時刻歴波形

取水トンネルの最大流量（水位下降側）

箇　所	最大流量（m³/s）	
	連絡トンネル有	連絡トンネル無
1号取水トンネル	29.2	29.2
2号取水トンネル	36.9	37.9
3号取水トンネル	143.1	143.2
4号取水トンネル	135.2	136.6
5号取水トンネル	146.9	148.6



取水トンネル流量の評価位置

凡　例
取水設備
溢水防止壁
流量評価位置
T.P.+3.0m盤

■連絡トンネルの有無が、津波時の取放水設備内の水位・流量等に与える影響は小さいことを確認した。

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

③取放水設備の評価地点

第717回資料1-1
p.161再掲

■ 以下のフローに基づき、取放水設備の構造について示した上で、津波時の取放水設備内の挙動および連絡トンネルの有無が津波評価に与える影響について確認し、これらを踏まえて基準津波の策定において考慮する取放水設備の評価地点を設定した。

①取放水設備の構造
■ 取水槽間の連絡トンネルを含めた取放水設備の構造について詳細を示した。

⇩

②津波時の取放水設備内の挙動の確認
■ 内径の小さい連絡トンネルの流量は、取水トンネルと比べて小さく、連絡トンネルの有無が津波時の取放水設備内の水位・流量等に与える影響は小さいことを確認した。

⇩

③取放水設備の評価地点の設定
■ 上記検討を踏まえて、基準津波の策定において考慮する取放水設備の評価地点を設定した。

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

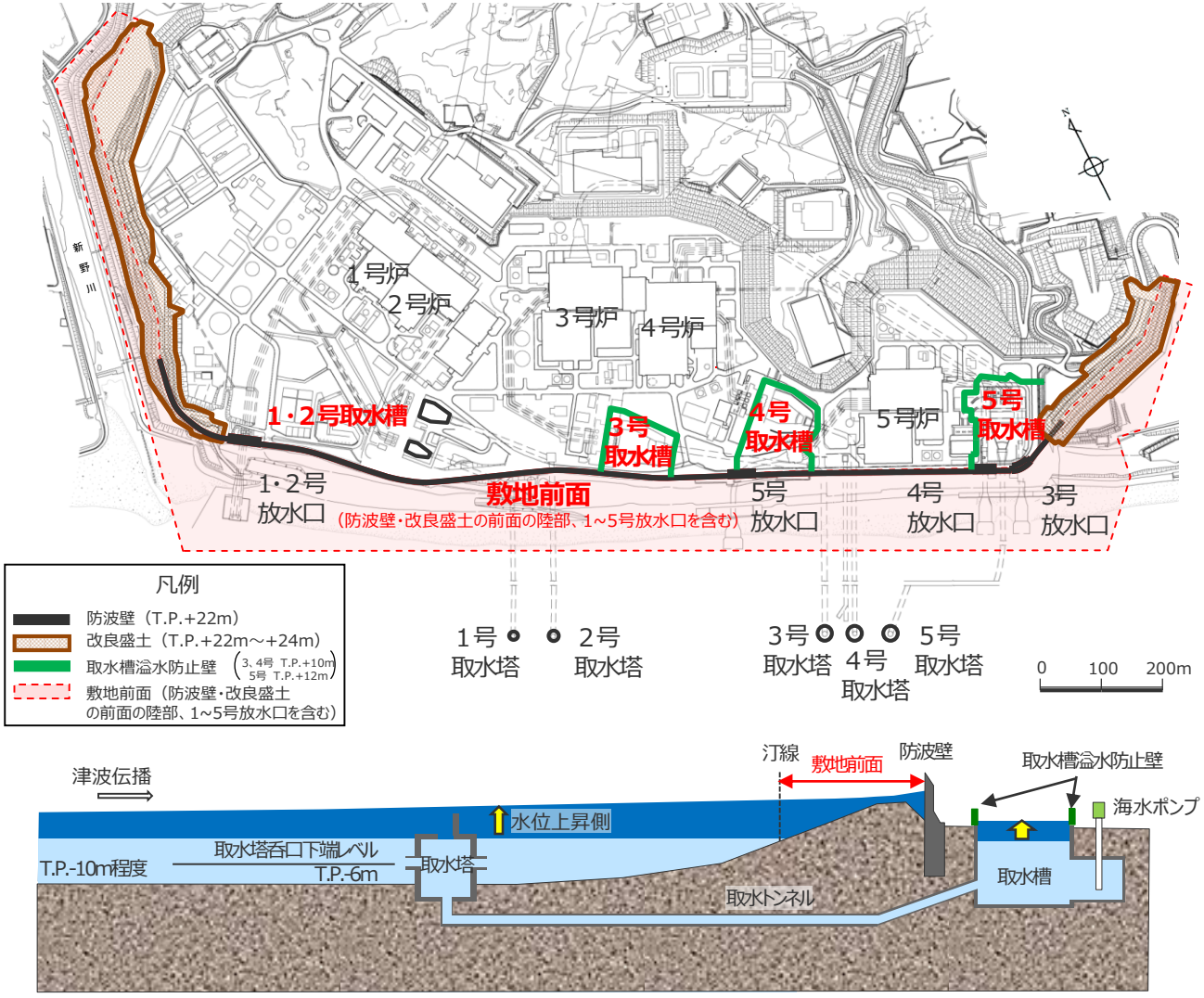
③取放水設備の評価地点
（水位上昇側）

第981回資料1-2
p.89再掲

■水位上昇側の津波評価においては、津波の敷地への流入防止の観点から、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）、および、取水トンネルを介して前面海域と繋がっている1~5号取水槽を評価地点とした。
■なお、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。
また、基準津波の策定においては、連絡トンネルを考慮して数値シミュレーションを実施した。

水位上昇側の評価地点

- ○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



浜岡原子力発電所の概要

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

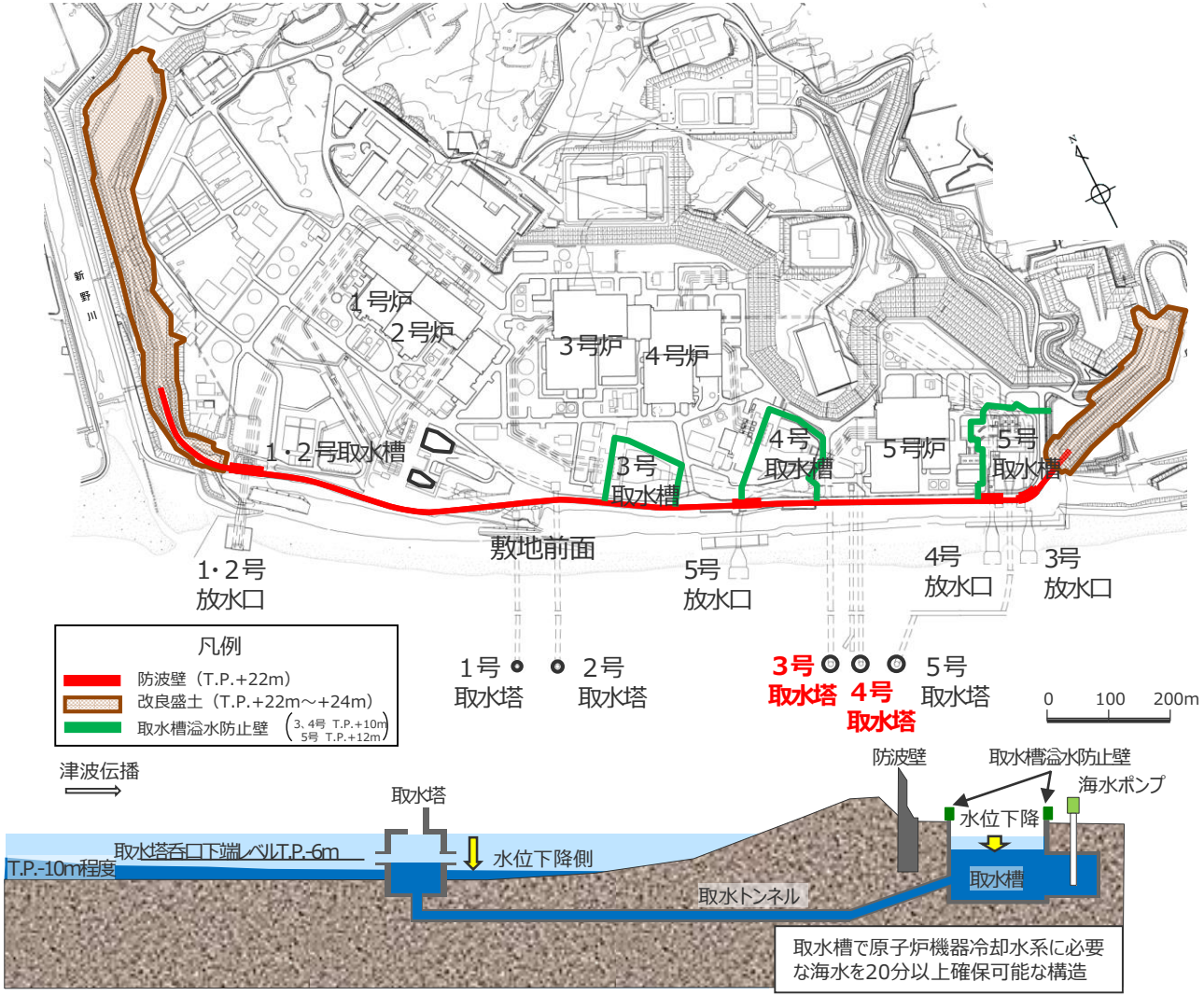
③取放水設備の評価地点
（水位下降側）

第717回資料1-1
p.163再掲

■ 連絡トンネルの有無が津波時の取放水設備内の水位・流量等に与える影響は小さいことを確認したことから、水位下降側の津波評価においては、申請号機である3、4号取水塔を評価地点とし、引き津波に対する取水性を確認した。
■ なお、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。
また、基準津波の策定においては、連絡トンネルを考慮して数値シミュレーションを実施した。

水位下降側の評価地点

- ○3号取水塔
- ○4号取水塔



浜岡原子力発電所の概要

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

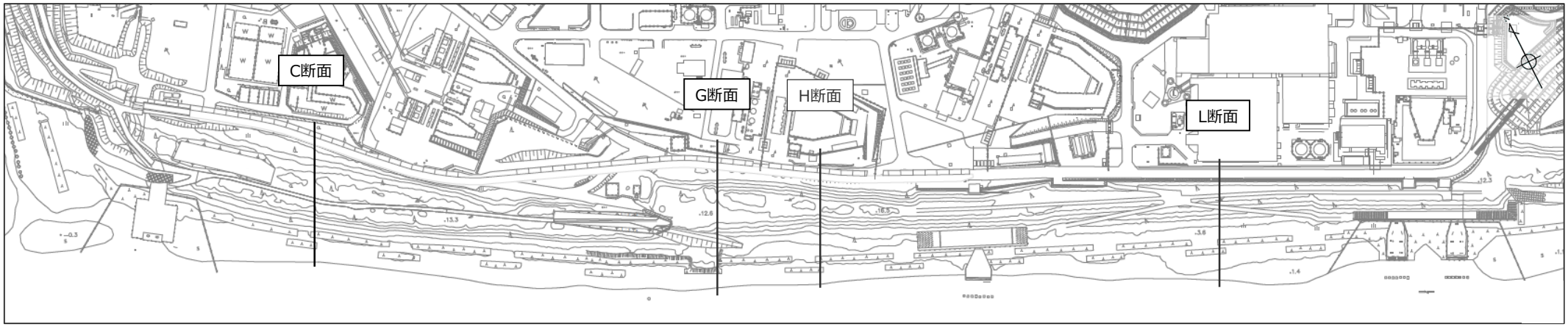
3　津波評価手法及び計算条件の詳細

3-7　砂丘堤防の標高低下

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

砂丘堤防の概要

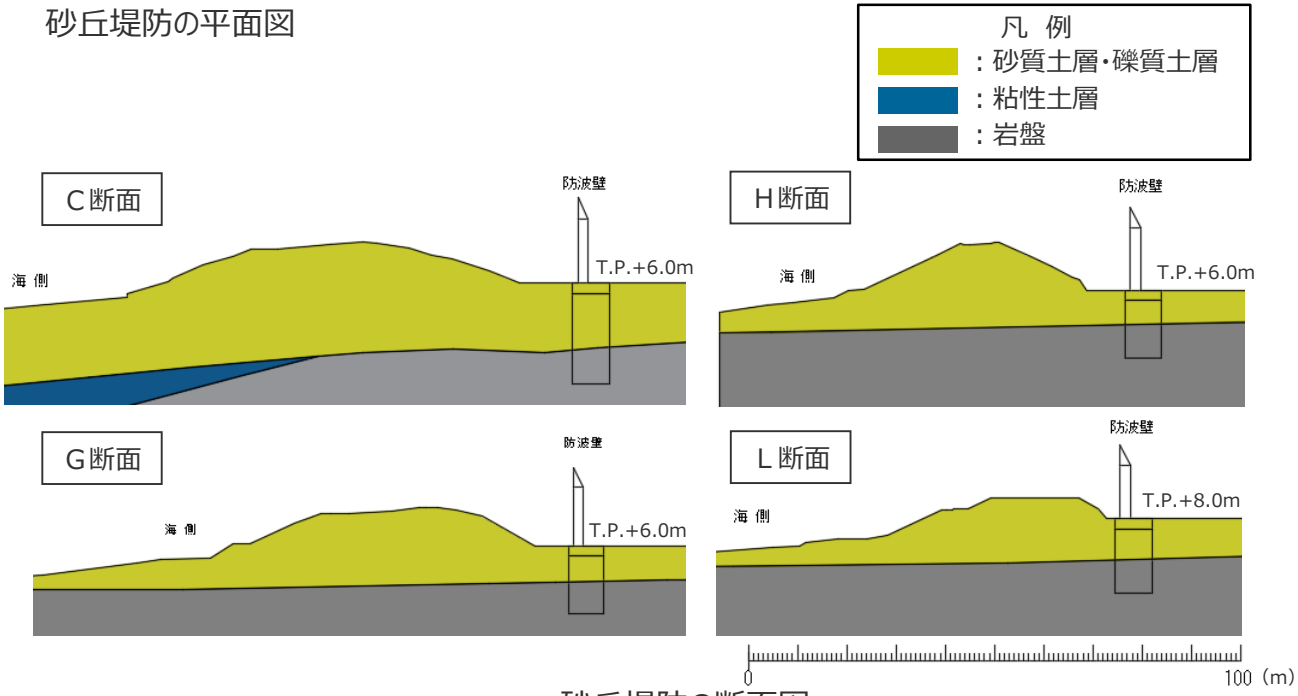
■ 防波壁の前面には、幅60～80m、高さT.P.+12～15mの緩やかな斜面構造の砂丘堤防が存在する。
■ 砂丘堤防には、クロマツ等の低木が群生しているとともに、竹簀・そだを設置し適切に維持管理している。



砂丘堤防の平面図



防波壁前面の砂丘堤防（海側から撮影）



砂丘堤防の断面図

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

検討概要

■ 以下のフローに基づき、砂丘堤防の標高低下が津波評価に与える影響について確認し、基準津波の策定に用いる砂丘堤防の地形を設定した。

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

■浜岡原子力発電所では、防波壁の前面に砂丘堤防が存在する。砂丘堤防は、地震動による地盤変形、津波による侵食等により、標高が低下する可能性がある。
■ ここでは、地震動・津波による砂丘堤防の標高低下についてその程度を確認した。
■その結果、地震時および津波時における砂丘堤防の標高低下は、平均約1m、最大約2m程度であり、大きな標高低下を生じないことを確認した。

⇩

②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認

■ 砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響について確認するため、砂丘堤防の標高を変えた複数の地形モデルを作成し、数値シミュレーションを行った。
■ その結果、敷地前面の最大上昇水位および水位の時刻歴波形に大きな違いはなく、砂丘堤防の標高低下が津波評価に与える影響は小さいことを確認した。

⇩

③砂丘堤防の地形標高の設定

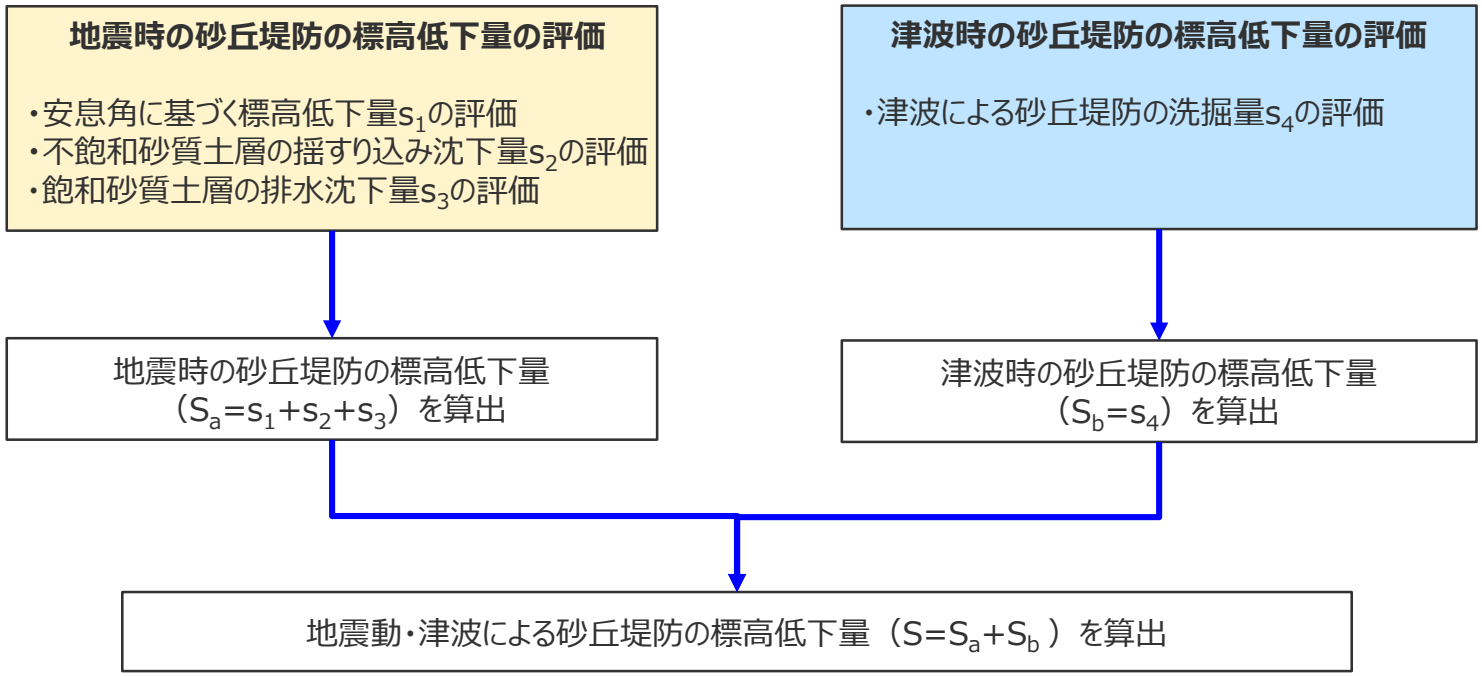
■ 上記検討結果を踏まえ、基準津波の策定においては、砂丘堤防の標高低下が基準津波の選定に与える影響は小さいと判断し、現況の砂丘堤防の地形を用いることとした。

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認（検討方針）

第717回資料1-1
p.168再掲

■砂丘堤防は、地震動による地盤変形、津波による侵食等により、標高が低下する可能性があることから、地震動・津波による標高低下についてその程度を確認する。
■検討方針を以下に示す。



地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の検討フロー

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

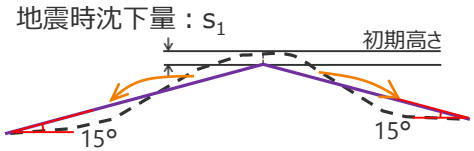
（地震時の砂丘堤防の標高低下量の評価－評価方針）

■ 地震時の砂丘堤防の標高低下量の評価においては、①安息角に基づく標高低下量s_1、②不飽和砂質土層の揺すり込み沈下量s_2、③飽和砂質土層の排水沈下量s_3をそれぞれ保守的に考慮する。
■ 評価フローを以下に示す。

地震時の砂丘堤防の標高低下量の評価

①安息角に基づく標高低下量s_1

・法面に安息角（15°）を適用して沈下量s_1を算定



法面に安息角を適用して沈下量を算定
（崩壊土量＝堆積土量）

安息角と内部摩擦角の関係を考慮
土砂の移動時の内部摩擦角の下限値として砂防フロンティア整備推進機構(2001)、全国治水砂防協会(1984)に基づき15°と設定

②不飽和砂質土層の揺すり込み沈下量s_2

・不飽和砂質土層に対し、鉄道総合技術研究所(2007)に基づき揺すり込み沈下による沈下量s_2を算定

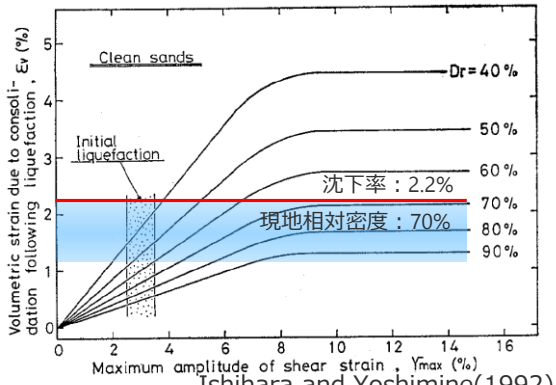
$$S_g = \int_h^H \left(\frac{1}{E_{aft(z)}} - \frac{1}{E_{bef(z)}} \right) \sigma_v(z) dz$$

S_g：変位量、h：盛土上面から基盤層上面までの距離
H：盛土高さ、σ_v：鉛直応力、
E_{aft}：地震後の変形係数、E_{bef}：地震前の変形係数

沈下量は、砂丘堤防で岩盤深度が最大となる位置での沈下率0.6%を各評価断面の不飽和砂質土層に適用して算定

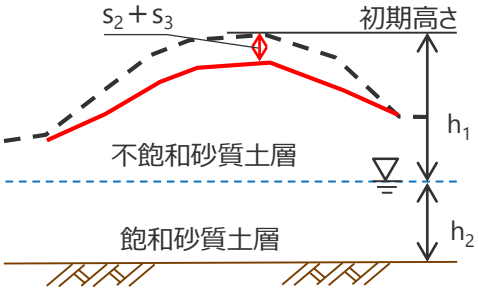
③飽和砂質土層の排水沈下量s_3

・飽和地盤の現地相対密度（70%～90%)から排水沈下率を保守的に設定し、沈下量s_3を算定



Ishihara and Yoshimine(1992)
排水沈下の沈下率とせん断ひずみの最大振幅との関係

相対密度70% ⇒沈下率：2.2%



揺すり込み沈下量：$s_2 = h_1 \times 0.6\%$

排水沈下量：$s_3 = h_2 \times 2.2\%$

地震時の砂丘堤防の標高低下量（$S_a = s_1 + s_2 + s_3$）を算出

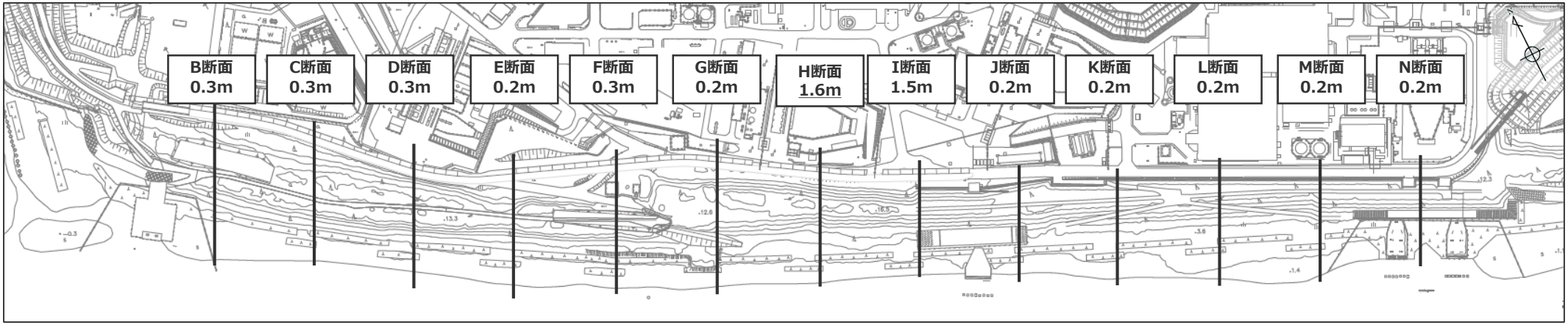
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

（地震時の砂丘堤防の標高低下量の評価－評価結果）

第717回資料1-1
p.170再掲

■浜岡原子力発電所の防波壁前面の各検討断面において、地震時の砂丘堤防の標高低下量の算出結果は以下のとおり。



評価断面は敷地の地質・地質構造で使用している100m四方のグリッド線に沿って設定
図中の数字は地震時の砂丘堤防の標高低下量S_a

地震時の砂丘堤防の標高低下量の算出結果

（単位：m）

検討断面	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
安息角に基づく標高低下量：s_1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
不飽和砂質土層厚	12.6	12.5	13.2	11.1	10.0	12.8	14.7	14.3	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
ゆすり込み沈下率	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
不飽和砂質土層の揺すりこみ沈下量：s_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
飽和砂質土層厚	7.4	8.3	5.5	3.5	4.3	3.9	2.6	2.3	0.4	1.4	1.4	1.1	1.2
排水沈下率	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%
飽和砂質土層の排水沈下量：s_3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
地震時の砂丘堤防の標高低下量 $S_a(=s_1+s_2+s_3)$	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	1.6	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

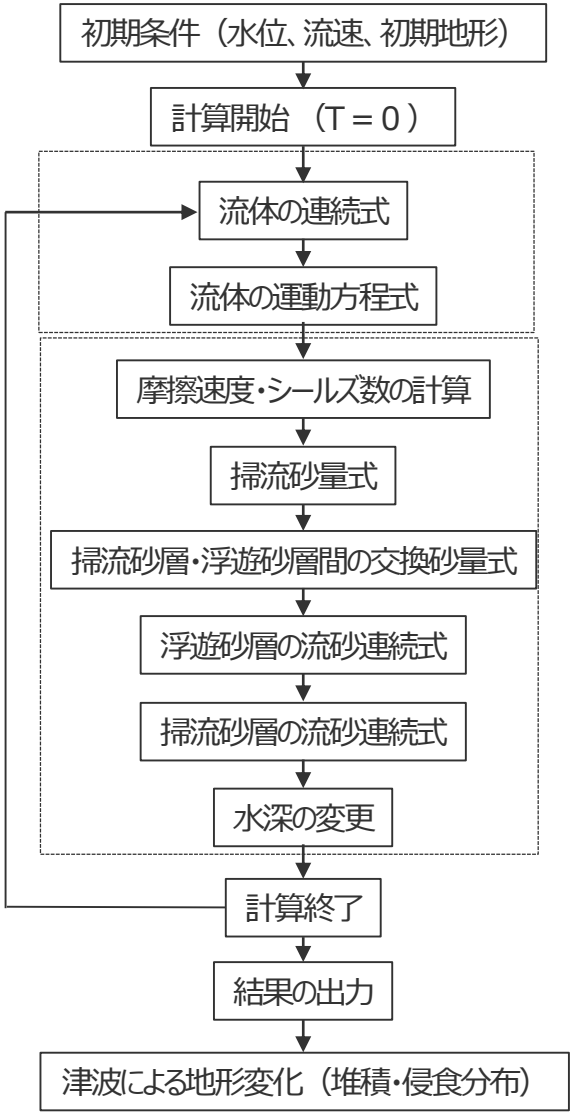
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価－評価方針）

■砂丘堤防を対象として津波に伴う砂移動評価を行い、津波時の砂丘堤防の最大洗掘量を評価した。
■津波に伴う砂移動評価にあたっては、高橋ほか（1999）の手法に基づき数値シミュレーションを実施した。計算条件は以下のとおり。
■数値シミュレーションに用いる波源モデルは内閣府の最大クラスモデル（ケース①）とし、砂丘堤防への影響の観点から水位上昇側で代表して検討した。

【数値シミュレーションフロー】



【数値シミュレーション手法】

算定式	高橋ほか（1999）によるモデル
掃流砂層の流砂連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t}+\frac{1}{1-\lambda}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{E-S}{\sigma}\right)=0$
浮遊砂層の流砂連続式	$\frac{\partial (C_S D)}{\partial t}+\frac{\partial (MC_S)}{\partial x}-\frac{E-S}{\sigma}=0$
掃流砂量式	$Q=21.0\psi^{1.5}\sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の算定式	$E=1.2\times10^{-2}\psi^{2}\sqrt{sgd}\cdot\sigma$
沈降量の算定式	$S=wC_S\cdot\sigma$
摩擦速度の算定式	マニング則より算出 $u_*=\sqrt{gn^2U^2/D^{1/3}}$

Z：水深変化量(m)　　t：時間(s)
Q：単位幅、単位時間当たりの掃流砂量(m³/s/m)
x：平面座標　　Ψ：シールズ数
σ：砂の密度(kg/m³)　　ρ：海水の密度(kg/m³)
s：σ/ρ-1　　g：重力加速度(m/s²)
d：砂の粒径(m)　　D：全水深(m)
M：U×D(m²/s)　　U：流速(m/s)
λ：空隙率　　n：マニングの粗度係数(s/m$^{1/3}$)
w：土粒子の沈降速度(m/s)　　C_s：浮遊砂体積濃度

【計算条件】

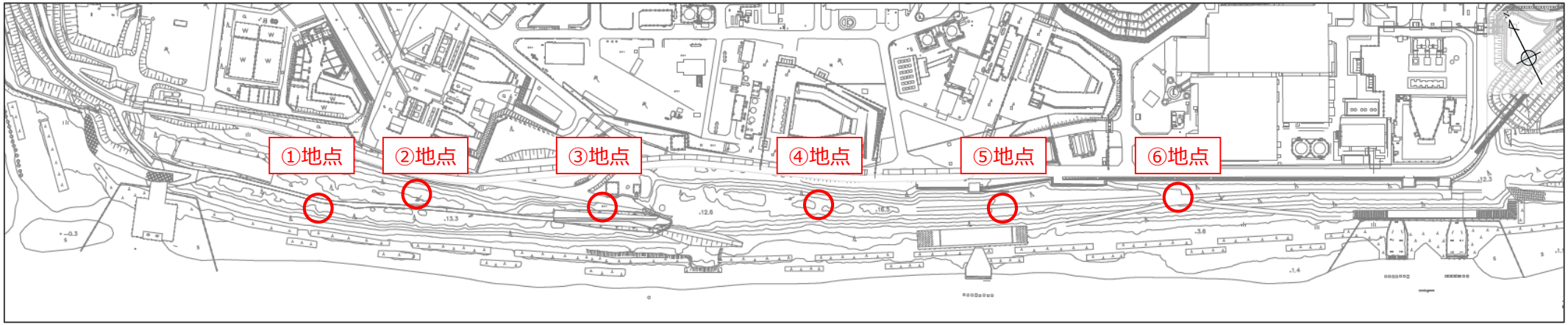
項目	設定
砂移動モデル	高橋ほか（1999）によるモデル
空間格子間隔	計算格子は沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m、800m、400m、200m、100m、50m、25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔を設定
計算時間間隔	0.0625s
ﾏﾆﾝｸﾞの粗度係数	0.025s/m$^{1/3}$
浮遊砂上限濃度	1%（高橋ほか（1999））
砂の粒径	0.27mm
砂の密度	2.67g/cm^3
空隙率	0.4
海水の密度	1.03g/cm^3
潮位条件	・水位上昇側 朔望平均満潮位　T.P.+0.80m ・水位下降側 朔望平均冠潮位　T.P.-0.93m
計算時間	6時間
初期砂層厚	無限
潮位	T.P.+0.8m（朔望平均満潮位）

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価－砂の粒径、密度）

■砂丘堤防における調査結果に基づき、砂の粒径、密度を設定した。



試料採取位置

・調査は昭和56年～昭和60年に実施

調査結果

試料採取位置	中央粒径D_{50} (mm)	土粒子密度ρ_s (g/cm^3)
①地点	0.28	2.67
②地点	0.30	2.66
③地点	0.34	2.67
④地点	0.28	2.67
⑤地点	0.28	
⑥地点	0.27	2.68
平均値	**0.29**	**2.67**

設定値

項目	設定値	設定根拠
粒径d (mm)	0.27	全調査地点の中央粒径D_{50}のうち最小粒径を採用した。
土粒子密度σ (g/cm^3)	2.67	全調査地点の平均値を採用した。

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認
（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価ー浮遊砂上限濃度の検証）

第717回資料1-1
p.173再掲

■高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度について、砂移動評価に関する論文を整理し検証した。
■浮遊砂上限濃度5%は過大評価であり、1%は再現性が良好であるとされる。

高橋ほか(1999)の検証事例

実規模検証	参考文献	計算に使用する砂の粒径	計算格子間隔	浮遊砂上限濃度	浮遊砂上限濃度に関する評価
気仙沼湾（1960年チリ地震津波）	玉田ほか(2009)	0.001~1mm	25m、5m	1%、5%	・計算格子間隔5mの場合、浮遊砂上限濃度5%では実績値より侵食深を過大に評価
八戸港（1960年チリ地震津波）	藤田ほか(2010)	0.26mm	10.3m	1%、2%、5%	・浮遊砂上限濃度5%は過大に評価 ・浮遊砂上限濃度1~2%の場合の再現性が良好
宮古沖（2011年東北地方太平洋沖地震津波）	近藤ほか(2012)	0.08mm	10m	1%	・土砂移動の全体的な傾向は良く一致 ・防波堤堤頭部の最大洗掘深や断面地形も定量的に概ね良く一致
気仙沼湾（2011年東北地方太平洋沖地震津波）	森下・高橋(2014)	0.3mm	10m	1% $C_{sat} = \alpha \times \sqrt{U^2 \times V^2}$	・砂移動評価に影響を及ぼす因子として、無次元掃流力、流砂量式係数、飽和浮遊砂濃度の3つを抽出 ・上記の3つの因子を同時に変えたモデルにより、再現性が向上する可能性を示唆 ・飽和浮遊砂濃度については、摩擦速度の関数とすることで再現性向上につながることを示唆

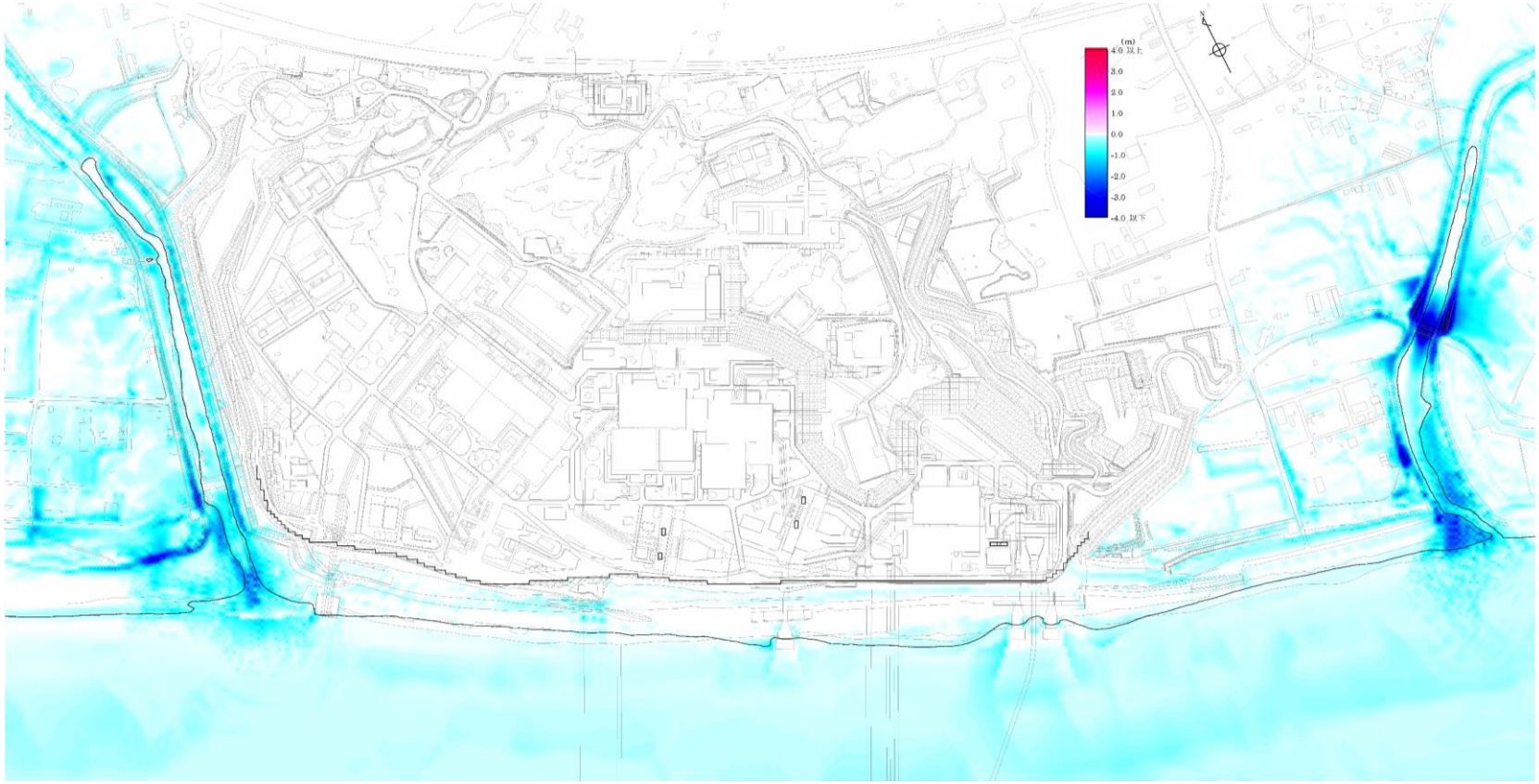
C_{sat}：飽和浮遊砂濃度
U、V：断面平均流速分布
α：係数（0.11）

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認
（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価ー最大洗掘量分布）

第717回資料1-1
p.174再掲

■内閣府の最大クラスモデル（ケース①）による砂移動評価の結果、津波が内陸まで遡上し流れが継続する敷地西側および東側では全面的に洗掘が発生しているが、防波壁により流れが継続しない敷地前面の砂丘堤防においてはほとんど洗掘が発生していないことを確認した。



内閣府の最大クラスモデル（ケース①）による地震発生から6時間後までの最大洗掘量分布

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認
（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価ー砂丘頂部の最大洗掘量）

第717回資料1-1
p.175再掲

■津波による砂丘堤防の最大洗掘量は以下のとおり。
■津波が砂丘を越流している時間は数分程度であり、津波による砂丘堤防の最大洗掘量は1m未満となっている。



砂丘堤防における津波の最大浸水深、浸水継続時間および最大洗掘量

検討断面	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
砂丘堤防の高さ(T.P.m)	13.0	13.5	14.3	12.5	12.0	14.4	15.6	15.0	12.7	12.4	12.4	12.3	12.3
津波の最大浸水深(m)	2.5	2.4	2.1	5.1	5.0	3.1	2.9	3.5	6.1	6.6	6.4	6.5	6.7
浸水継続時間(min)	3	3	1	5	170※	2	2	2	3	7	4	5	2
津波による砂丘堤防の最大洗掘量s_4 (m)	**0.0**	**0.2**	**0.1**	**0.3**	**0.6※**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.3**	**0.2**	**0.2**	**0.1**

※ F断面では、他の地点と比べて最も砂丘堤防が低いこと、数値シミュレーションにおいて海水の砂丘への浸透を考慮していないことから、津波到来後に防波壁ー砂丘堤防間に滞留した海水がF断面付近からのみ継続して流下する結果となっており、それにより、他断面と比べて極端に浸水継続時間が長く、砂丘堤防の洗掘量が大きくなっている。

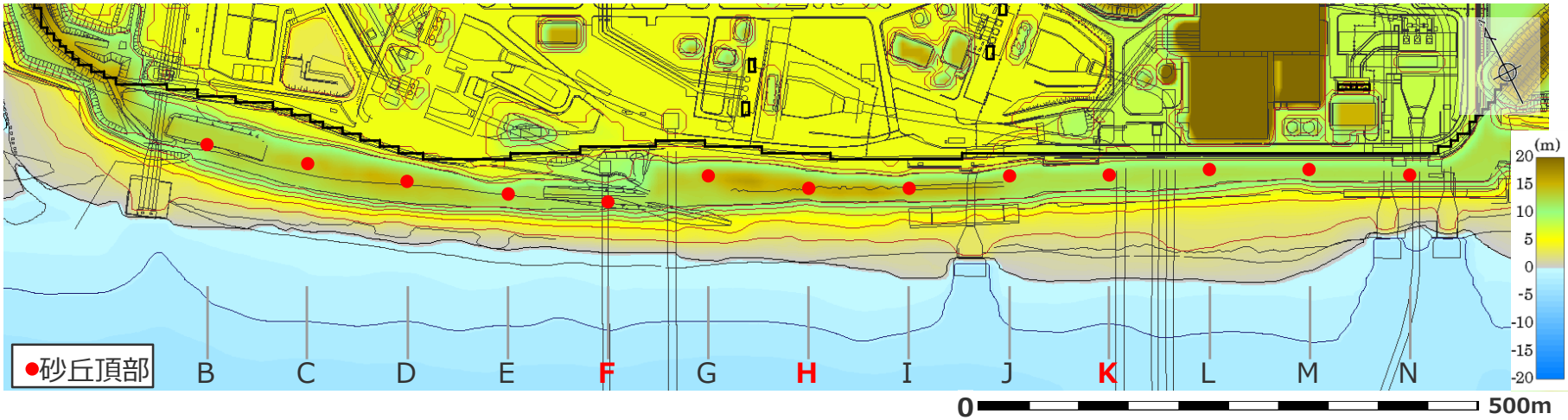
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

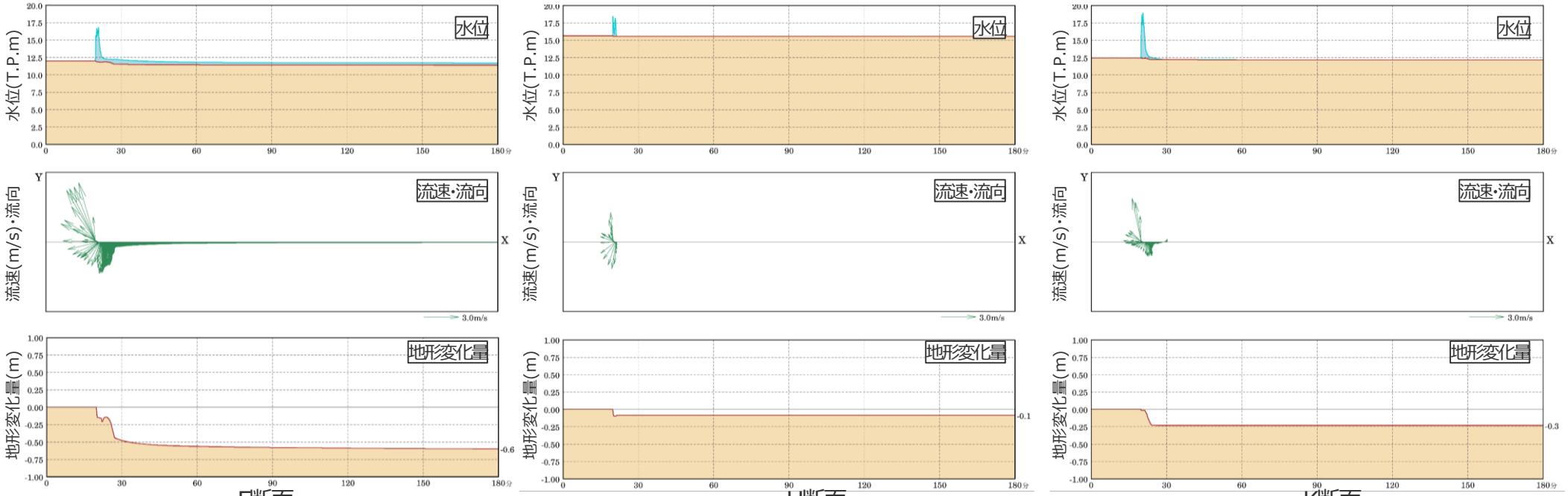
①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

（津波時の砂丘堤防の標高低下量の評価ー砂丘頂部の地形標高の時間変化）

第717回資料1-1
p.176再掲

■代表断面の砂丘頂部の水位・流速・地形変化量の時間変化は以下のとおり。





F断面　H断面　K断面

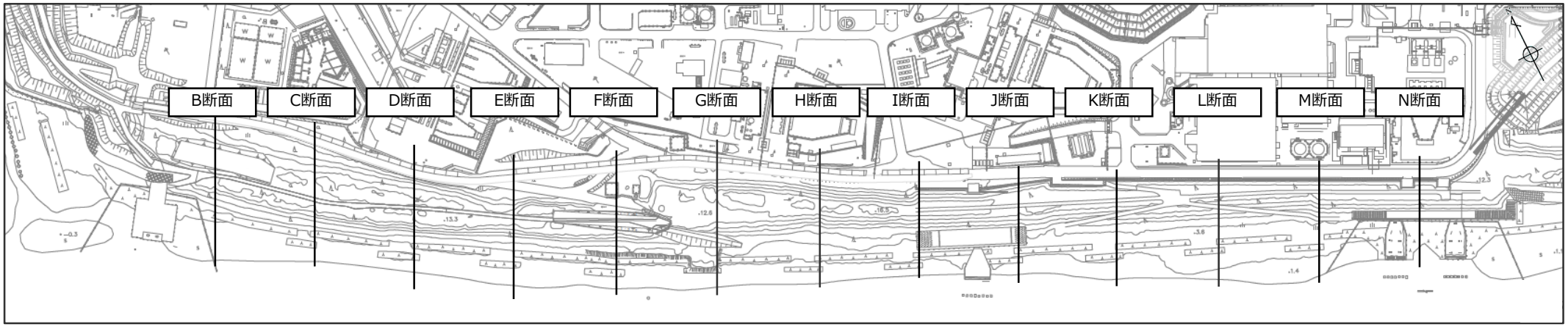
砂丘頂部の水位・流速・地形変化量の時間変化

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

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認

（地震動・津波による砂丘堤防の標高低下量）

■地震時および津波時の砂丘堤防の標高低下を足し合わせ、各検討断面における砂丘堤防の標高低下量を算出した。



検討断面における地震時および津波時の砂丘堤防の標高低下量

（単位：m）

断面	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
地震時の砂丘堤防の標高低下量 $S_a(=s_1+s_2+s_2)$	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	1.6	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
津波時の砂丘堤防の標高低下量 $S_b(=s_4)$	0.0	0.2	0.1	0.3	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1
地震動・津波による砂丘堤防の標高低下量 $S(=S_a+S_b)$	**0.3**	**0.5**	**0.4**	**0.5**	**0.9**	**0.3**	**1.7**	**1.6**	**0.3**	**0.5**	**0.4**	**0.4**	**0.3**

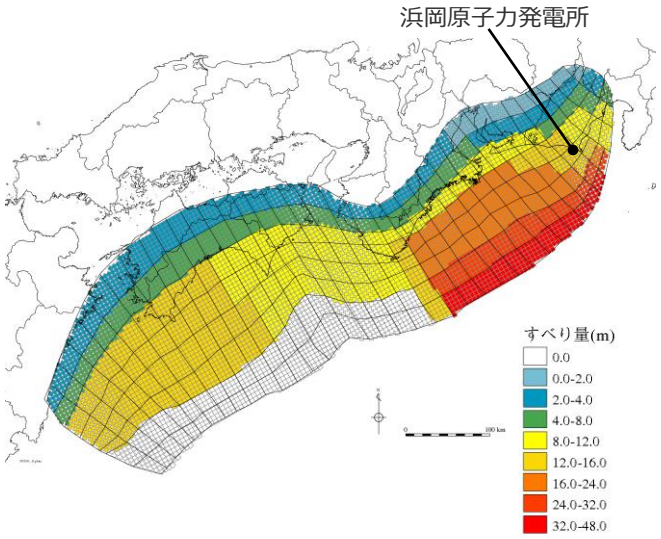
地震動および津波による砂丘堤防の標高低下は、平均で約1m、最大で約2m程度であり、大きな標高低下を生じないことを確認した。

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

②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認（検討方針）

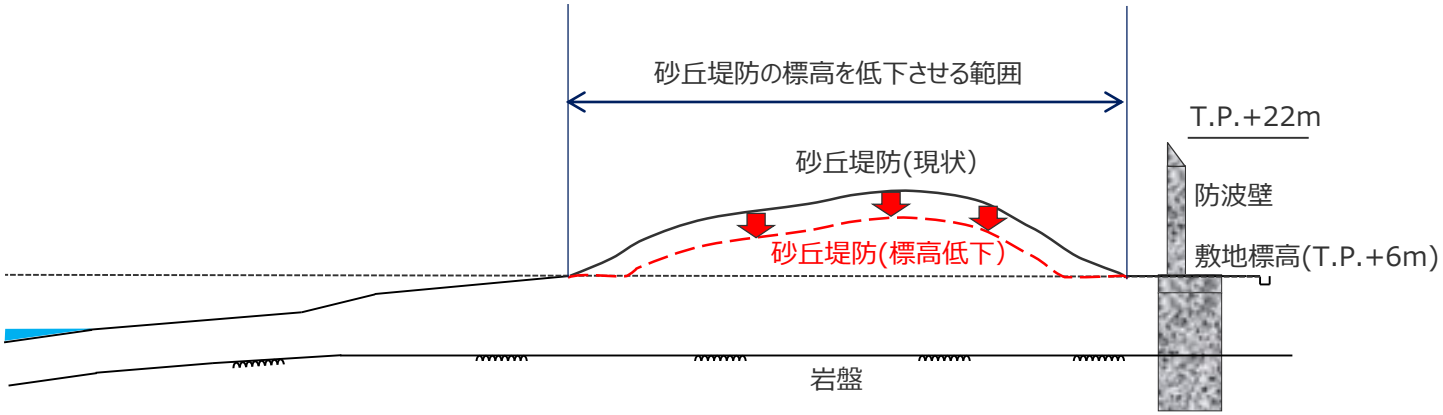
第717回資料1-1
p.178再掲

■地震時および津波時における砂丘堤防の標高低下は、平均で約1m、最大で約2mであることを確認した。
■ここでは、砂丘堤防の標高低下が発電所の津波評価へ与える影響について確認するために、以下の条件で砂丘堤防の地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った。
　○ケース1：現況の砂丘堤防の地形（砂丘堤防の標高低下がない地形）
　○ケース2：砂丘堤防の標高を1m低下させた地形
　○ケース3：砂丘堤防の標高を2m低下させた地形
　○ケース4：砂丘堤防の標高を3m低下させた地形
■砂丘堤防の標高低下の方法は以下のとおり。敷地標高（T.P.+6m）以上の範囲について、砂丘頂部を含め全体的に低下させて検討した。
■数値シミュレーションに用いる波源モデルは内閣府の最大クラスモデル（ケース①）とし、敷地への影響の観点から水位上昇側で代表して検討した 。



内閣府の最大クラスモデル（ケース①）

【砂丘堤防の標高低下の方法】
・砂丘堤防のうち、敷地標高（T.P.+6m）以上の範囲について、砂丘頂部を含め全体的に低下させる。
・敷地標高（T.P.+6m)以下には低下させない。



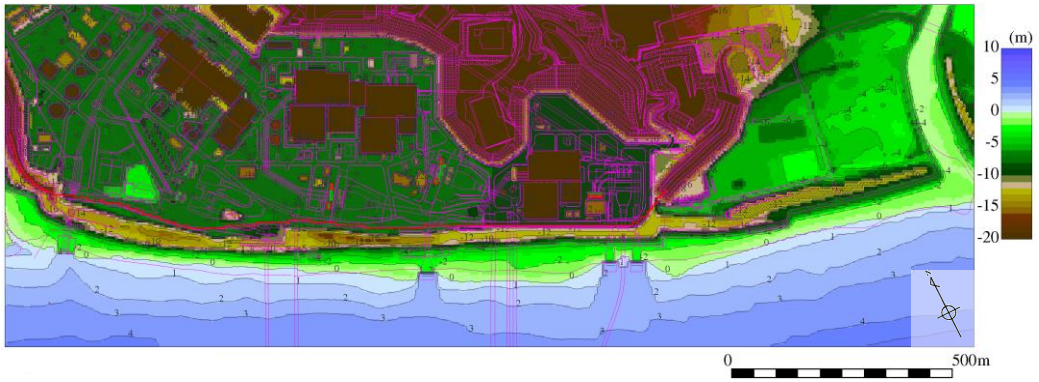
砂丘堤防の標高低下のイメージ

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

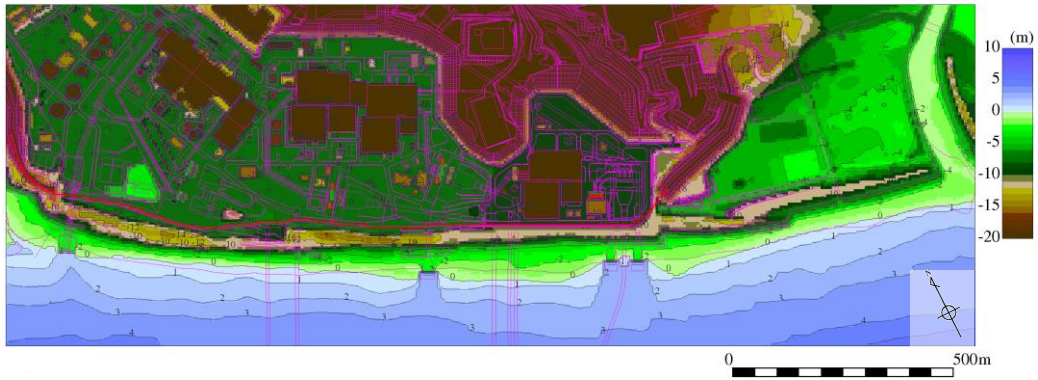
②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認
（地形モデルの設定）

第717回資料1-1
p.179再掲

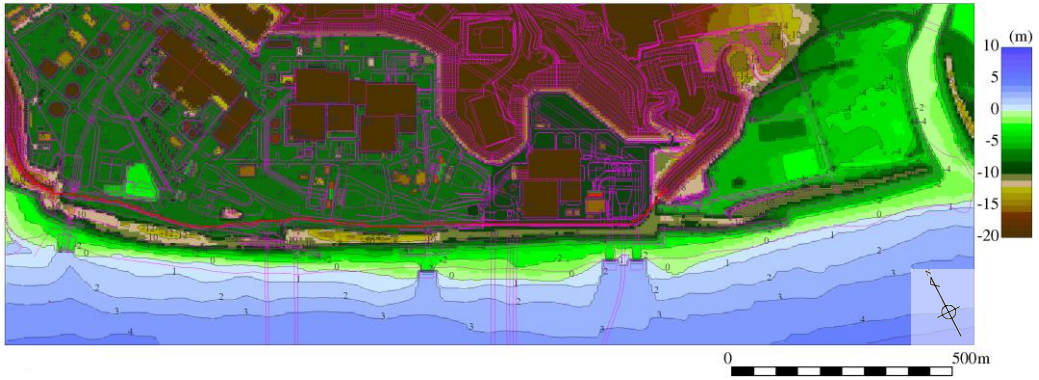
■それぞれのケースの地形標高は以下のとおり。



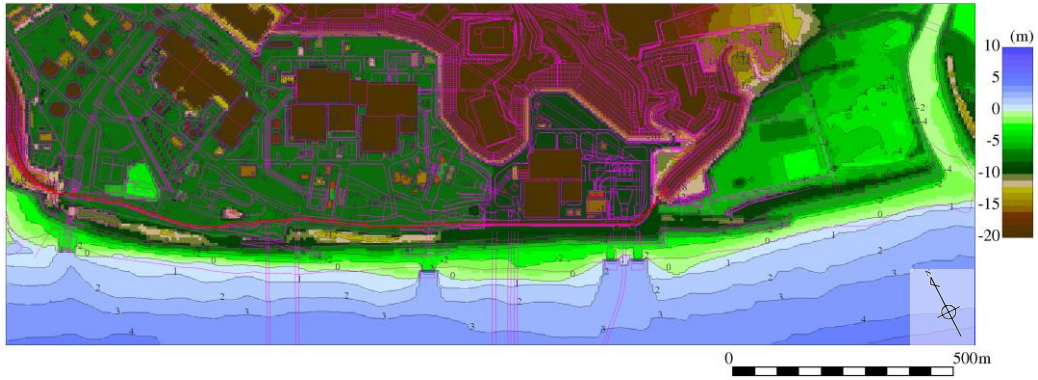
ケース1：現況の砂丘堤防の地形
（砂丘堤防の標高低下がない地形）



ケース2：砂丘堤防の標高を1m低下させた地形



ケース3：砂丘堤防の標高を2m低下させた地形



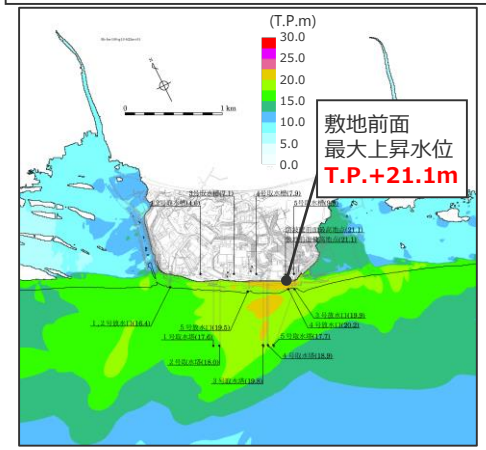
ケース4：砂丘堤防の標高を3m低下させた地形

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

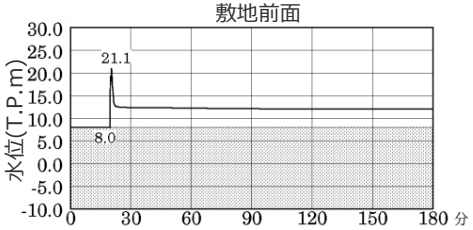
②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認
（砂丘堤防の標高低下を考慮した数値シミュレーションの結果）

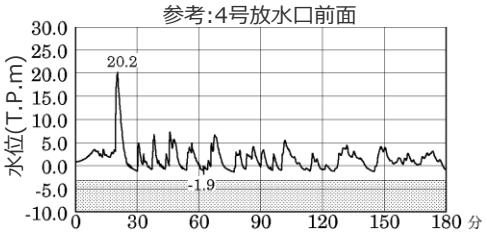
第717回資料1-1
p.180再掲

■砂丘堤防の標高低下を考慮した数値シミュレーションの結果、地形の違いにより最大上昇水位分布に変化が見られるものの、敷地前面の最大上昇水位及び水位の時刻歴波形に大きな違いはないことを確認した。
■ これは、砂丘堤防の高さ（T.P.+12～15m）および幅（60～80m）が津波の高さや周期と比べて小さく、津波評価に大きな影響を与えるスケールの地形の変更ではないことが理由と考えられる。
➡以上から、砂丘堤防の標高低下が津波評価に与える影響は小さいことを確認した。



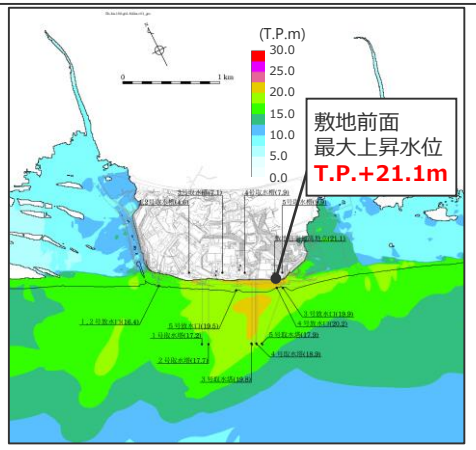
最大上昇水位分布



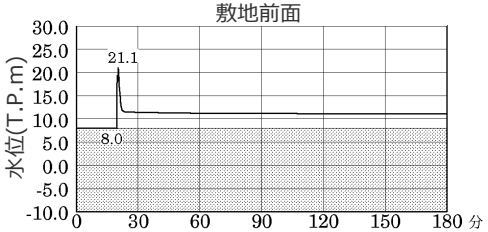


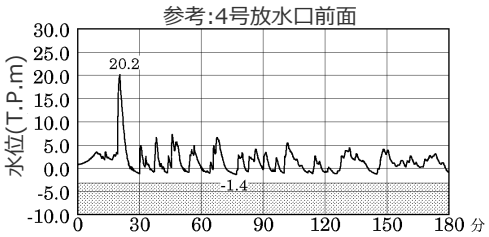
水位の時刻歴波形

ケース１：現況の砂丘堤防の地形
（砂丘堤防の標高低下がない地形）



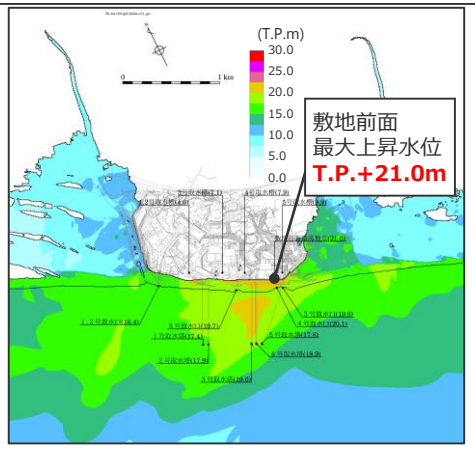
最大上昇水位分布



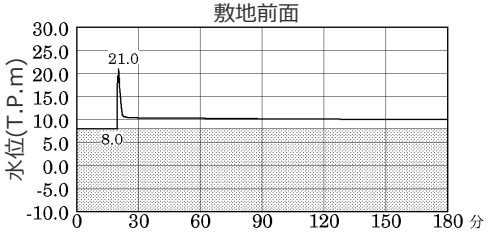


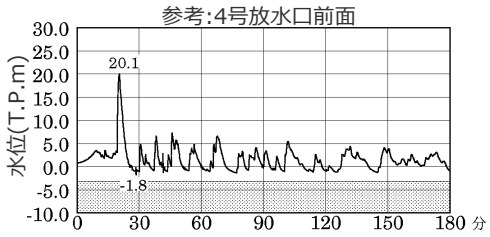
水位の時刻歴波形

ケース２：砂丘堤防の標高を1m低下させた地形



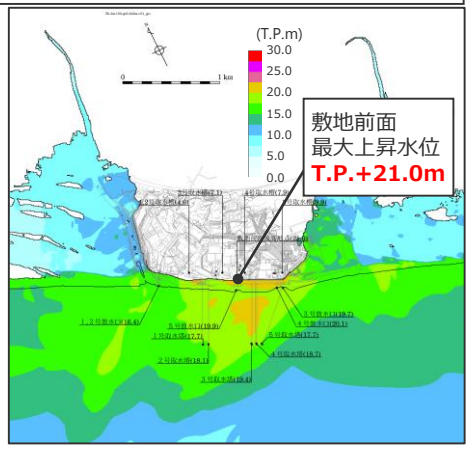
最大上昇水位分布



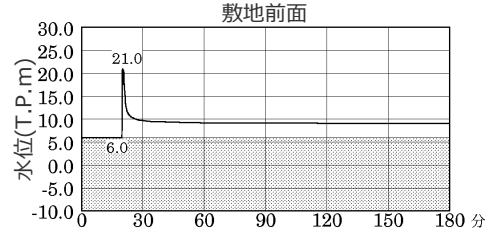


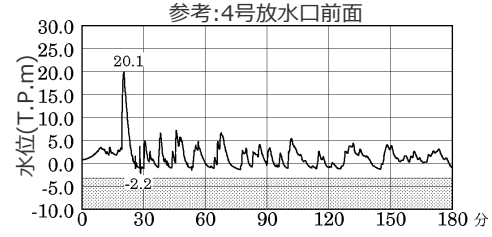
水位の時刻歴波形

ケース３：砂丘堤防の標高を2m低下させた地形



最大上昇水位分布





水位の時刻歴波形

ケース４：砂丘堤防の標高を3m低下させた地形

・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

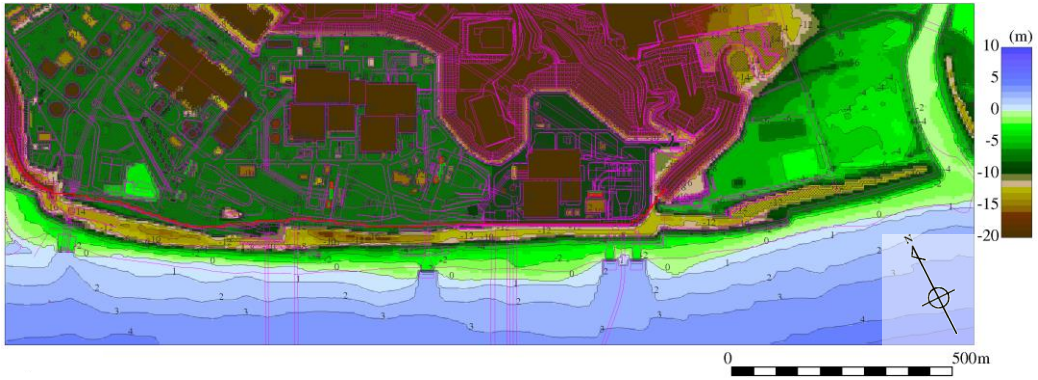
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認

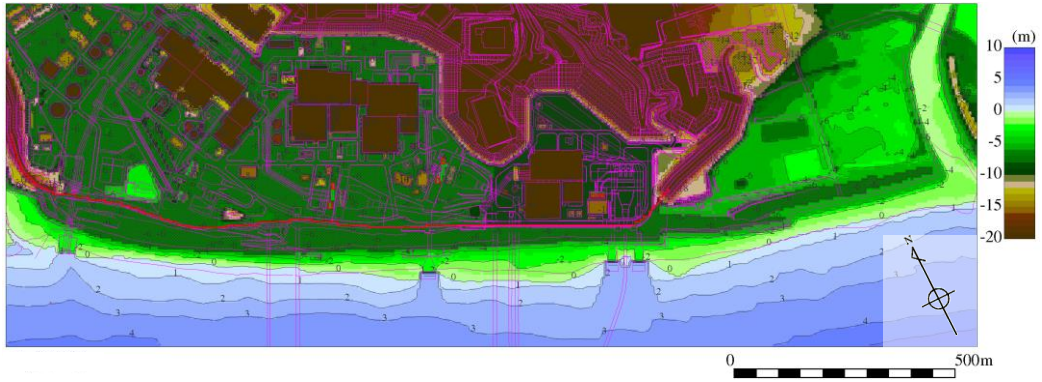
（参考）ケース5：砂丘堤防を仮想的になくした地形での数値シミュレーション

第717回資料1-1
p.181再掲

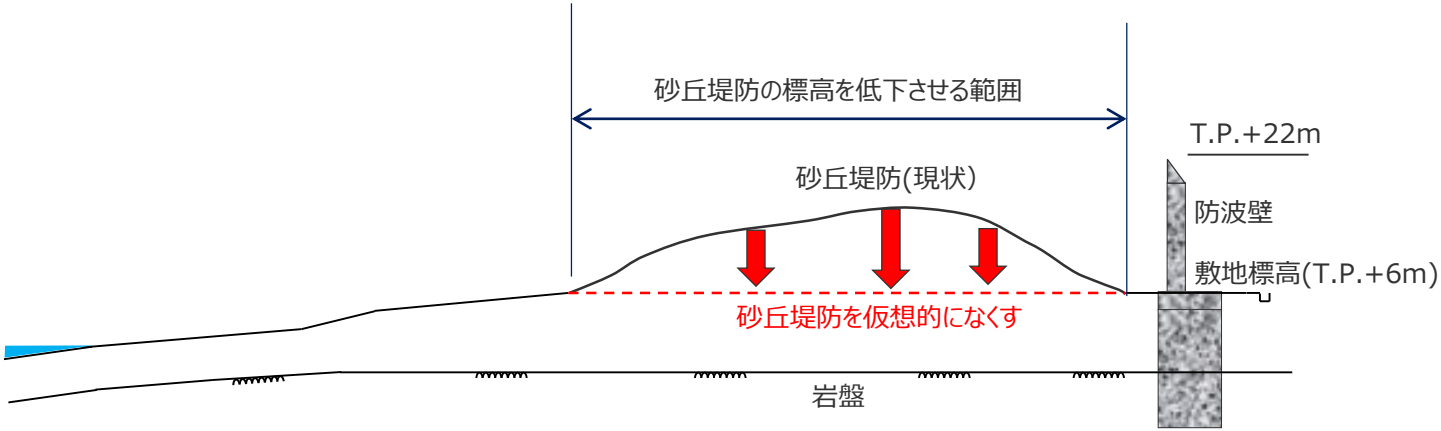
■さらに、参考として、砂丘堤防を仮想的になくした地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った。
　○ケース５：砂丘堤防を仮想的になくしたケース
■ ケース５の地形モデルは、砂丘堤防のうち敷地標高（T.P.+6m)以上の範囲全てを一律T.P.+6mまで切り下げて設定した。



ケース1：現況の砂丘堤防の地形
（砂丘堤防の標高低下がない地形）



ケース5：砂丘堤防を仮想的になくした地形



砂丘堤防の標高低下のイメージ

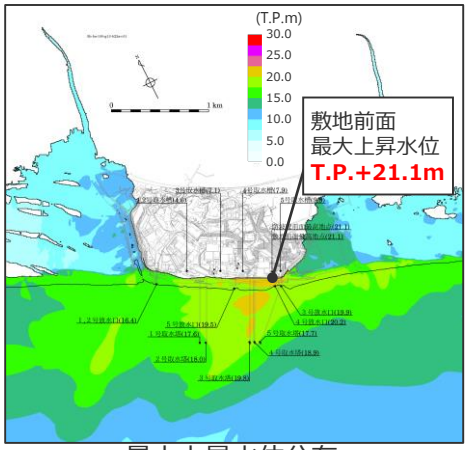
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認

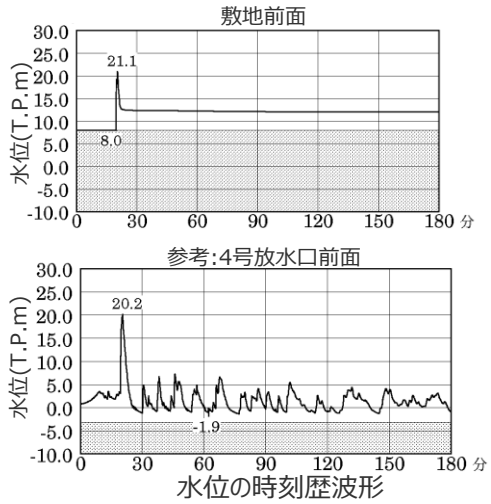
（参考）ケース5：砂丘堤防を仮想的になくした地形での数値シミュレーション

第717回資料1-1
p.182再掲

■砂丘堤防を仮想的になくした地形をモデル化し、数値シミュレーションを行った結果、ケース２～４と同様、地形の違いにより最大上昇水位分布に多少の違いはあるものの、敷地前面の最大上昇水位及び水位の時刻歴波形に大きな違いはないことを確認した。



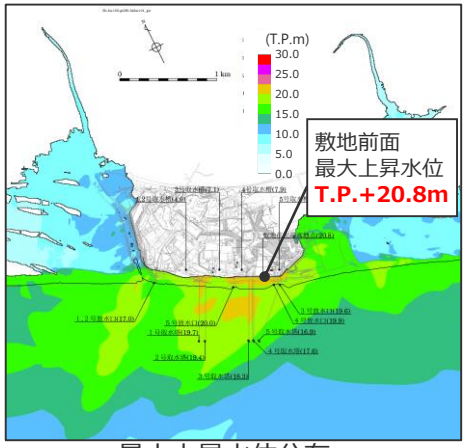
最大上昇水位分布



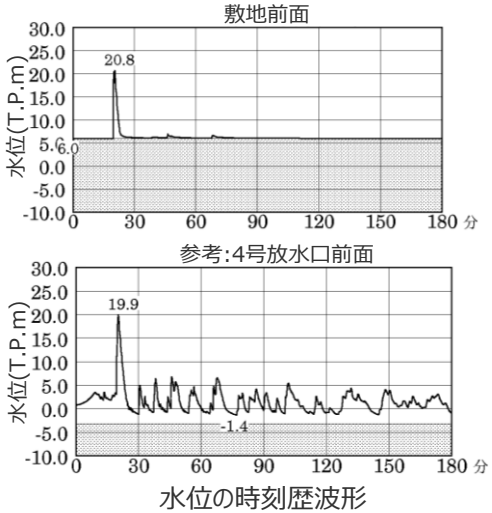
水位の時刻歴波形

・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

ケース１：砂丘堤防の標高低下がない地形



最大上昇水位分布



水位の時刻歴波形

・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

ケース5：砂丘堤防を仮想的になくした地形

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

第717回資料1-1
p.183再掲

③砂丘堤防の地形標高の設定（まとめ）

①地震動・津波による砂丘堤防の標高低下の確認
■防波壁前面の砂丘堤防について、地震動・津波による標高低下についてその程度を確認した。
■その結果、地震時および津波時における砂丘堤防の標高低下は、平均約1m、最大約2mであり、大きな標高低下を生じないことを確認した。

⇩

②砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響の確認
■ 砂丘堤防の標高低下が津波評価へ与える影響について数値シミュレーションにより確認した。
■ その結果、敷地前面の最大上昇水位および水位の時刻歴波形に大きな違いはなく、砂丘堤防の標高低下が津波評価に与える影響は小さいことを確認した。

⇩

③砂丘堤防の地形標高の設定
■ 上記検討結果を踏まえ、基準津波の策定においては、砂丘堤防の標高低下が基準津波の選定に与える影響は小さいと判断し、現況の砂丘堤防の地形を用いることとする。
■ なお、地震時の砂丘堤防の標高低下量の評価については、基準地震動の審査結果を踏まえて、耐津波設計方針の審査の中で再度詳細に説明する。

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

４　検討対象領域の選定の詳細

4-1　各沈み込み帯に関する文献調査

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

目次

4-1.1　南西諸島海溝に関する調査

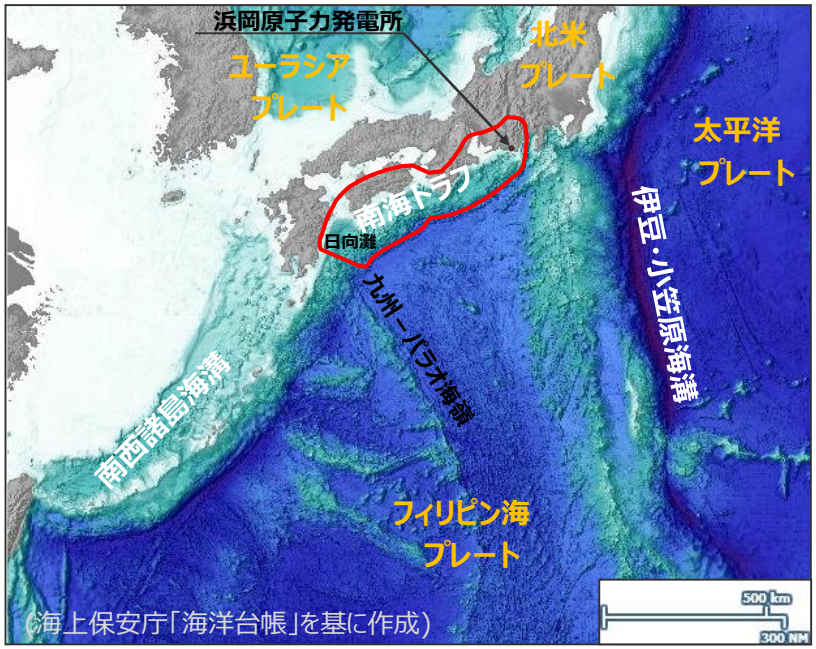
4-1.2　伊豆・小笠原海溝に関する調査

4-1.3　南海トラフ～南西諸島海溝での分析

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

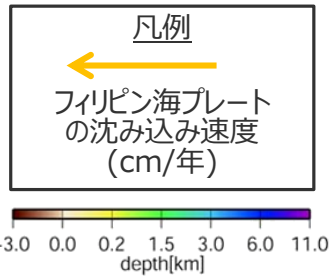
沈み込み帯の特徴

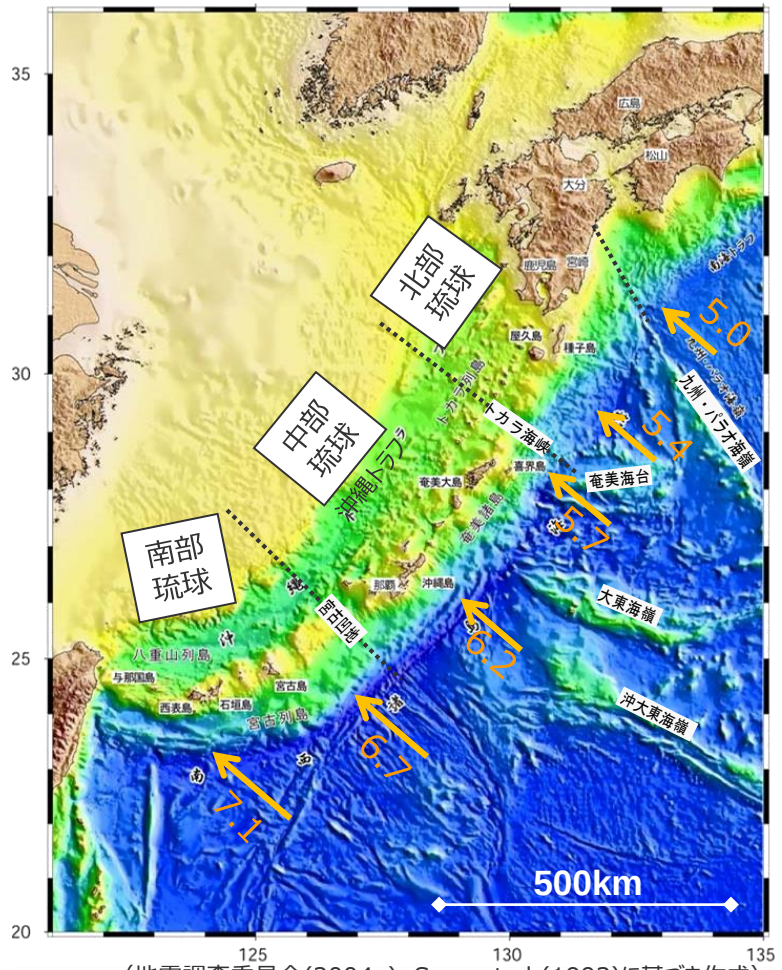
■南西諸島海溝は、フィリピン海プレートの西端部がユーラシアプレートに沈み込んでいる九州南部から台湾に至る海溝である。
■北西側には、活動的な背弧海盆である沖縄トラフがある。
■海底地形は、**南部では比較的起伏に乏しいフィリピン海盆が広がるのに対し、北部では起伏に富んだ海底の高まりが存在**する。また、トカラ海峡と宮古凹地を境界として**海溝軸方向に3つの地質構造区分（北部琉球、中部琉球、南部琉球）**が示されている。
（荒井ほか（2013）、横瀬ほか（2010）、小西（1965）等）
■フィリピン海プレートの沈み込み速度は5.0～7.1cm／年程度。（Seno et al.（1993））



（海上保安庁「海洋台帳」を基に作成）

※地震調査委員会(2013)における南海トラフの最大クラスの地震の震源域を赤線で図示





南西諸島海溝周辺の海底地形

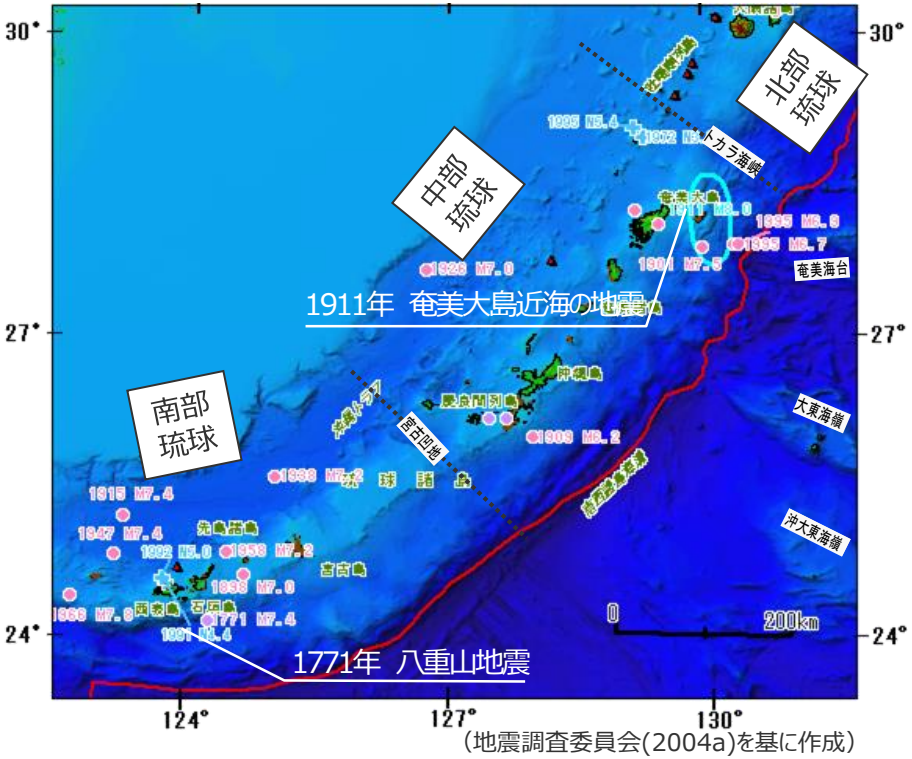
（地震調査委員会(2004a)、Seno et al.(1993)に基づき作成）

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

過去の大地震の発生状況

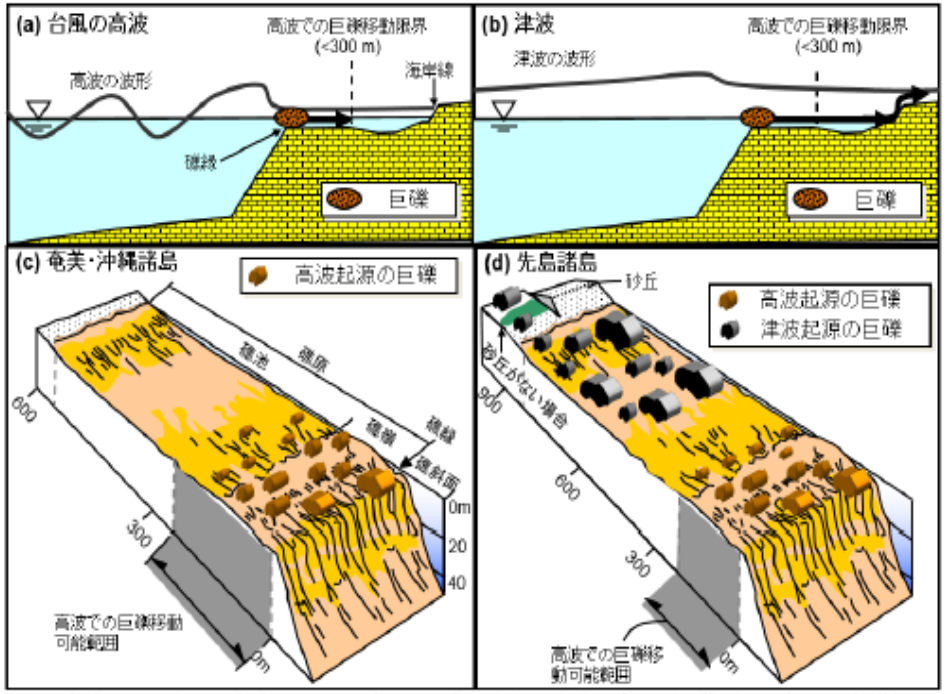
■津波を伴った大地震は、**北部琉球では記録がなく、中部琉球では1911年奄美大島近海の地震、南部琉球では1771年八重山地震等がある。**
（地震調査委員会(2009a)）

■また、津波石の調査からは、南部琉球では大きな津波が繰り返し到来した形跡が約2,400年前まで確認されているが、中部琉球では大きな津波が到来した形跡が確認されないなど、**顕著な地域差がある**とされる。（Araoka et al.(2013)、後藤・島袋(2012) 等）



（地震調査委員会(2004a)を基に作成）

南西諸島海溝周辺の海底地形



中部琉球　　南部琉球 (後藤(2012))

津波および台風の高波により運ばれた巨礫の分布の特徴の違い

・先島諸島では、津波石を動かす規模の津波が約150～400年間隔で繰り返し発生していたことが、少なくとも過去2,400年まで確認される。
（Araoka et al.(2013)）
・各島で合計5,000個以上の岩塊を調査した結果、津波石と特定できる岩塊は先島諸島にしか存在せず、奄美、沖縄諸島のリーフ上の岩塊は、いずれも台風の高波による打ち上げで説明できる。　（後藤・島袋（2012））
・奄美諸島、沖縄諸島では、先島諸島で発生しうる規模の大津波は、少なくとも過去2,300年間は来襲した痕跡がない。つまり、奄美諸島から先島諸島まで琉球列島全域に影響を及ぼしうる巨大津波は、少なくとも過去2,300年間は発生した形跡がない。（Goto et al.(2013)）

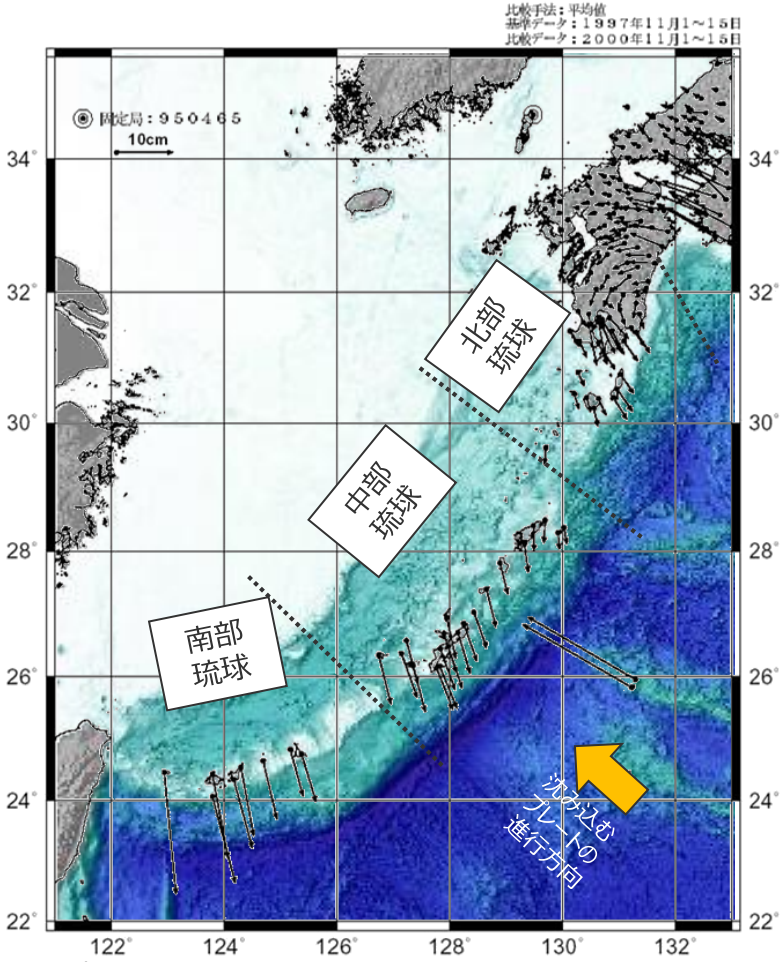
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

地殻変動観測

第509回資料1-3
p.47再掲

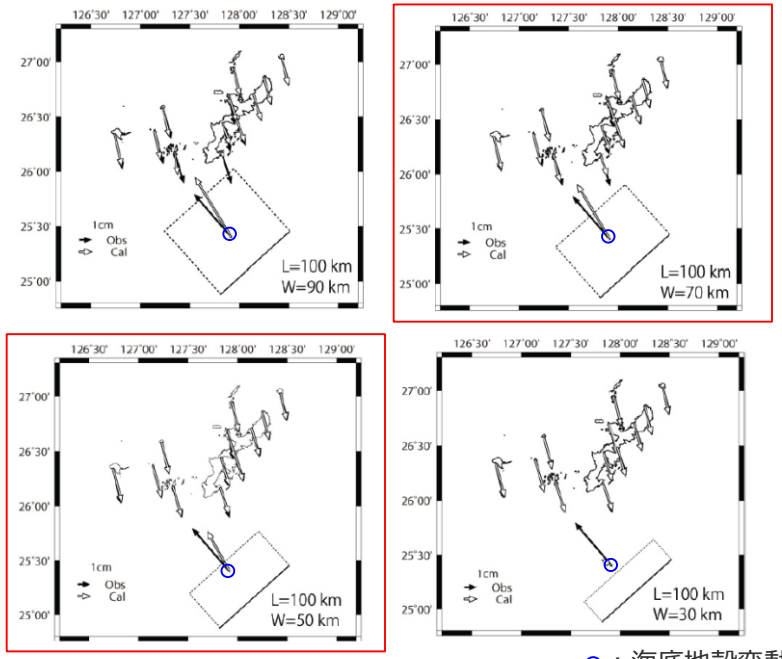
■南西諸島周辺の陸域の地殻変動観測結果によると、南西諸島は沈み込むプレートの進行方向とは逆方向に移動しており（地震調査委員会(2004a)）、**プレート間の固着を示唆するパターンは認められない。**

■Nakamura(2011)は、沖縄本島沖の海溝付近で実施した海底地殻変動観測結果から、上盤側のプレートが沈み込むプレートの進行方向と同じ方向に移動していることを確認。観測結果とシミュレーション結果の比較から、**海溝軸付近に部分的な固着域**を推定している。



・陸域の矢印は水平方向の変動ベクトル
（地震調査委員会(2004a)を基に作成）

南西諸島周辺の陸域地殻変動観測結果



○：海底地殻変動観測地点
（Nakamura(2011)を基に作成）

観測結果とシミュレーション結果の比較から、**海溝軸付近に幅50～70kmの固着域**（その下端深さは12～14kmにあたる）を推定。

沖縄本島沖の海溝付近の海底地殻変動観測結果と
シミュレーションから想定される固着域

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

目次

4-1.1　南西諸島海溝に関する調査

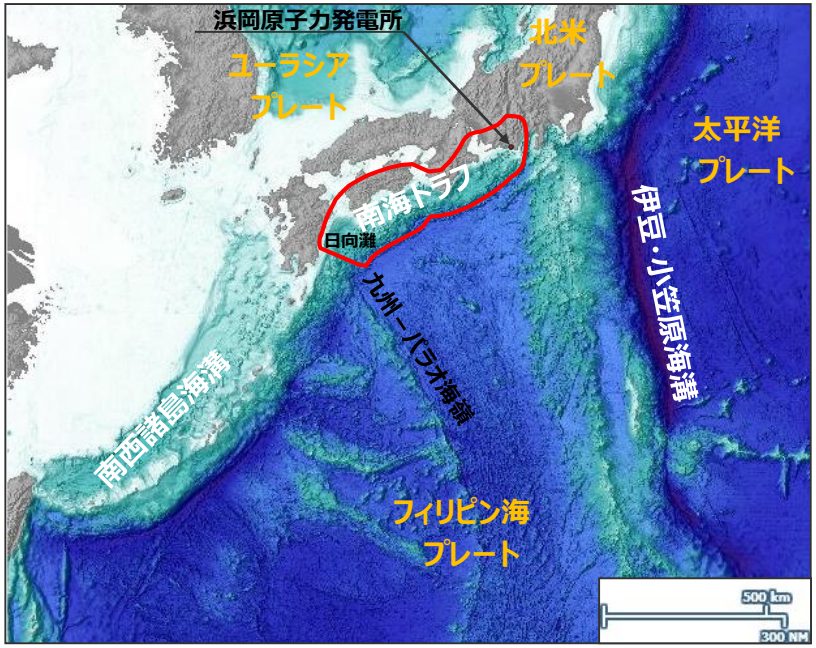
4-1.2　伊豆・小笠原海溝に関する調査

4-1.3　南海トラフ～南西諸島海溝での分析

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

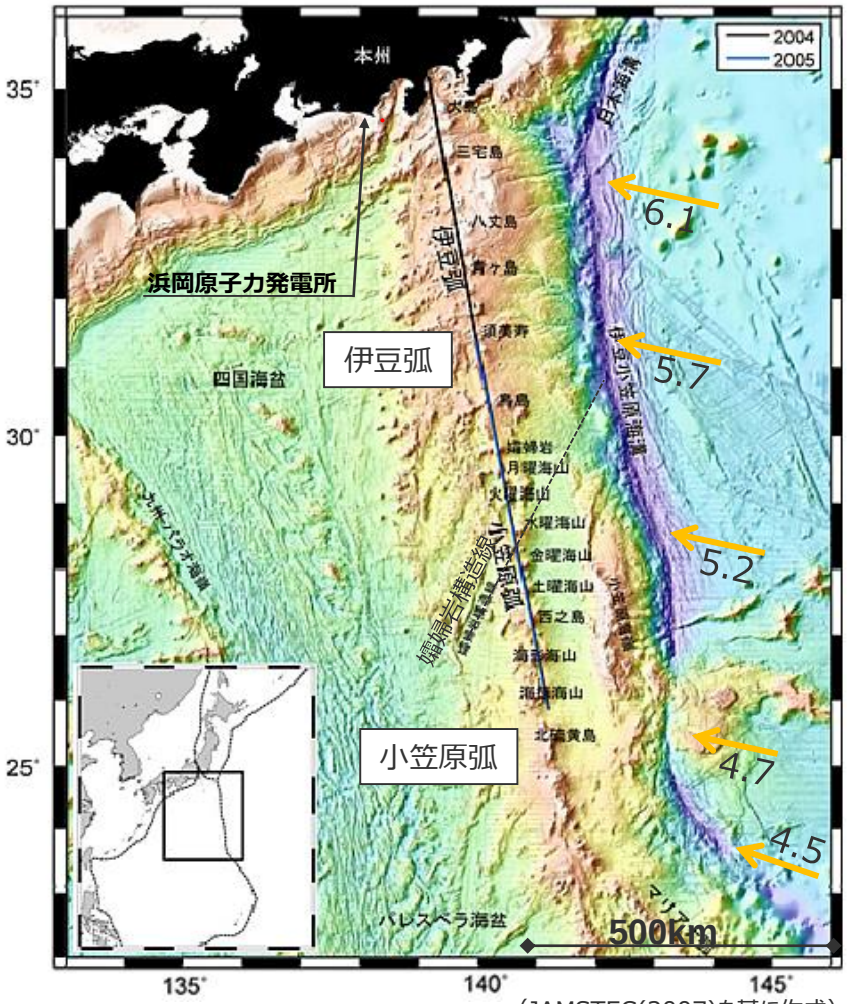
沈み込み帯の特徴

■伊豆・小笠原海溝は、太平洋プレートがフィリピン海プレートに沈み込んでいる海溝である。
■孀婦岩構造線を境界とした地質構造区分が示されており、**フィリピン海プレートの構造や島弧の形成年代等が構造区分ごとに異なっている**とされる。
（Stern et al.(2001)、湯浅(1991)等）
■太平洋プレートの沈み込み速度は4.5～6.1cm／年程度。（Seno et al.(1993)）
■地殻変動観測結果から、**プレート境界の固着は小さい**とされている。（西村(2013)）



(海上保安庁「海洋台帳」を基に作成)

・地震調査委員会(2013)における南海トラフの最大クラスの地震の震源域を赤線で図示



(JAMSTEC(2007)を基に作成)

伊豆・小笠原海溝の海底地形図

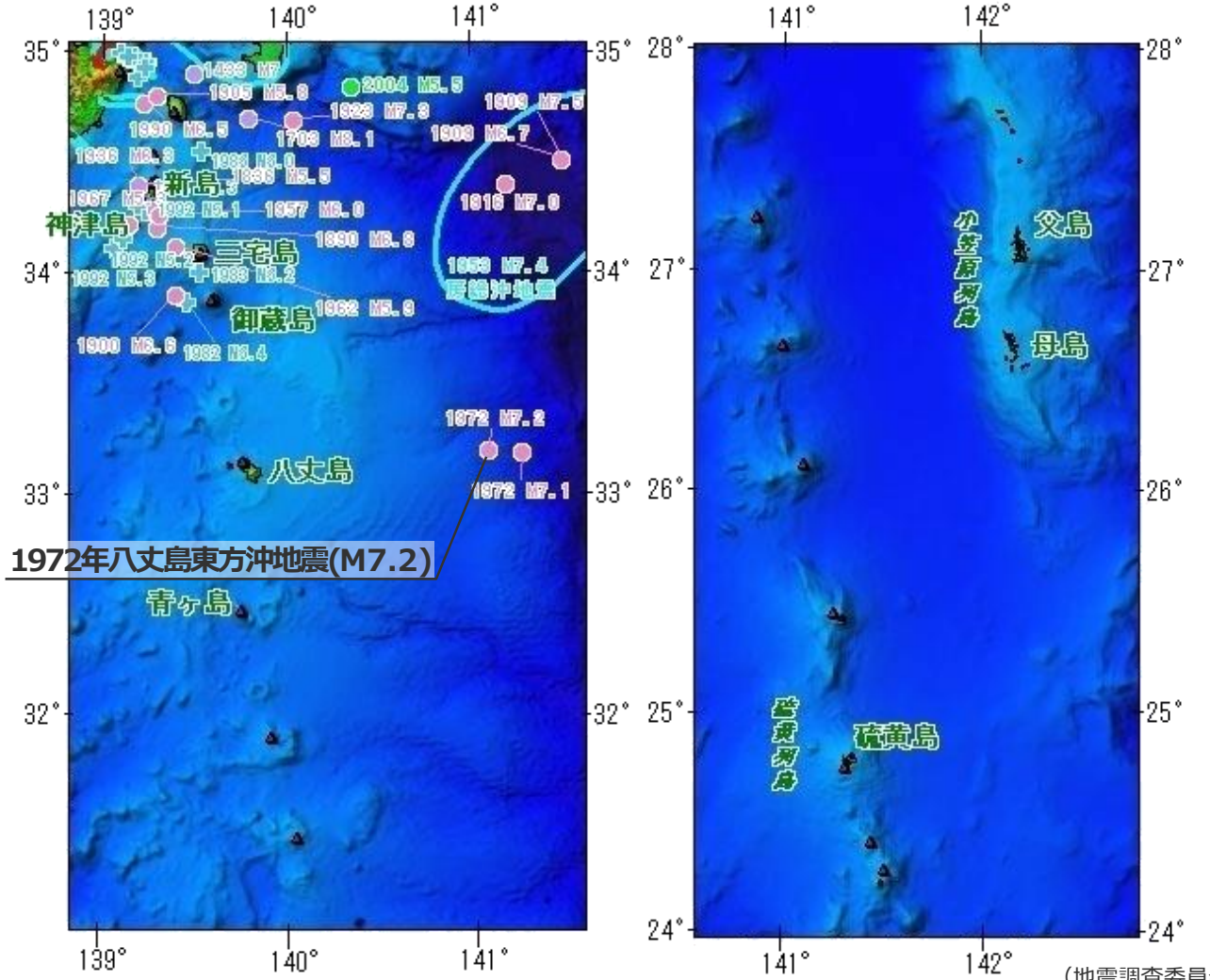
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

過去の大地震の発生状況

第509回資料1-3
p.50再掲

■伊豆・小笠原海溝周辺で発生したプレート間地震には、1972年八丈島東方沖地震（M7.2）などがあるが、**M8クラスの巨大地震の発生は知られていない。**（地震調査委員会(2009b)）

■津波については、1972年八丈島東方沖地震の際に発生した津波が本州太平洋沿岸で観測されており、敷地周辺の御前崎において最大波高は約0.5m（最大全振幅）。（気象庁(1973)）



伊豆・小笠原海溝周辺の主な過去の地震

（地震調査委員会(2009b)を基に作成）

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

目次

4-1.1　南西諸島海溝に関する調査
4-1.2　伊豆・小笠原海溝に関する調査
4-1.3　南海トラフ～南西諸島海溝での分析

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

第615回資料1-2
p.52再掲

固着域に関する分析

○世界の超巨大地震の発生地域において、「プレート境界面の固着域」に着目した分析を実施

○その科学的・技術的知見に基づき、南海トラフ～琉球海溝での固着域を評価

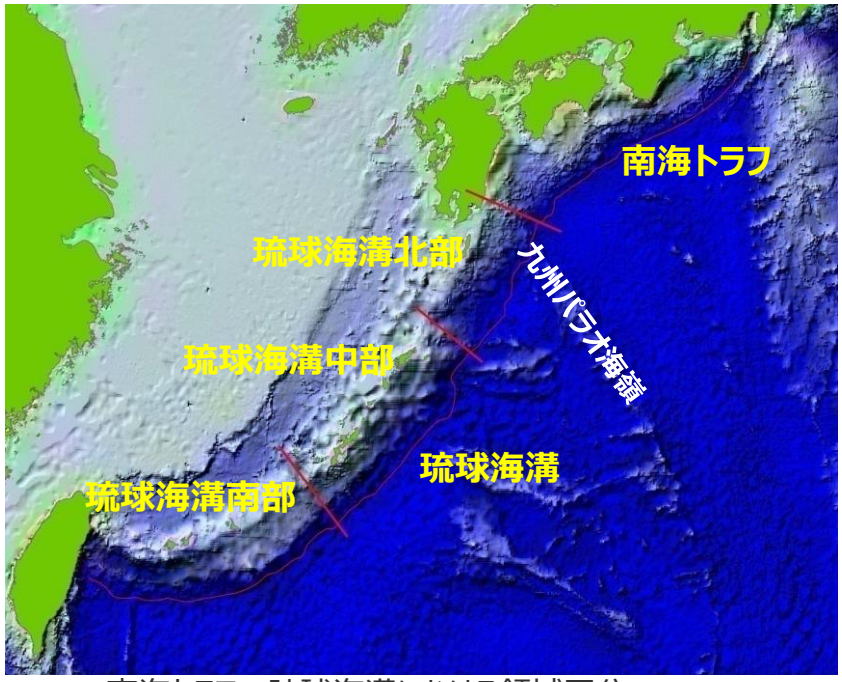
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

固着域に関する分析

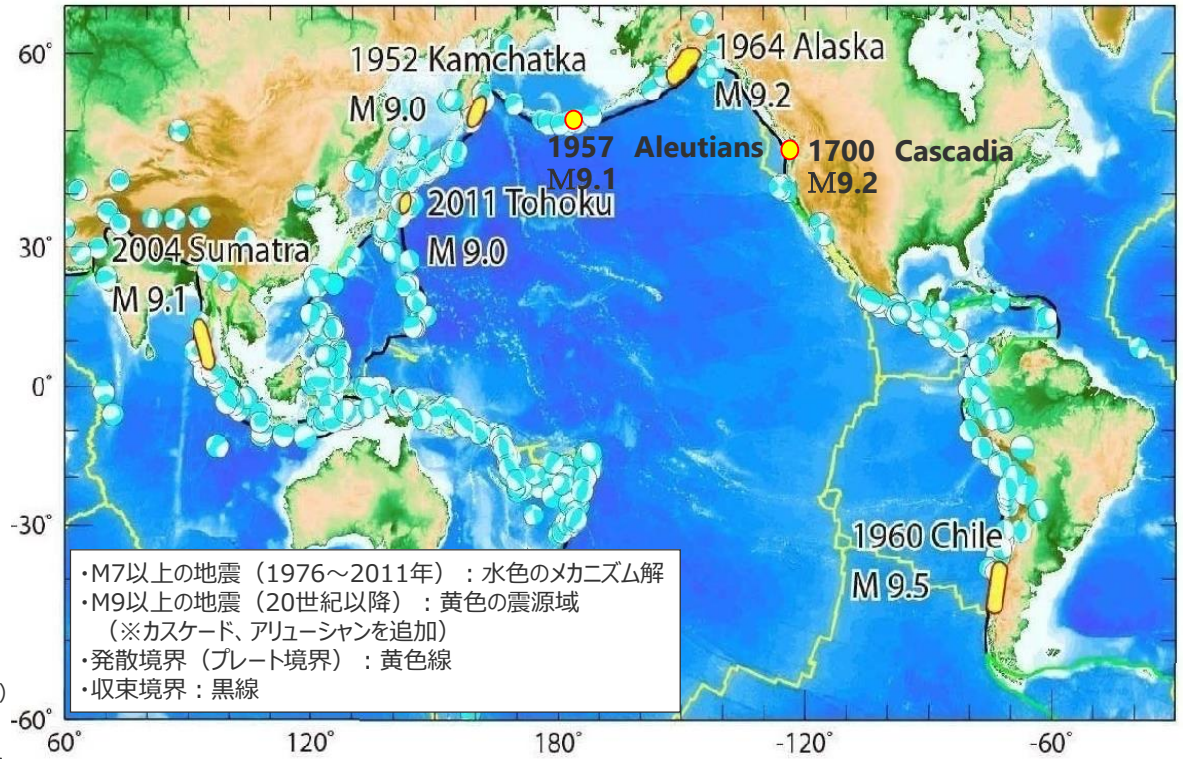
第615回資料1-2
p.53再掲

○南海トラフ～琉球海溝について、垣見ほか（2003）の地震地体構造区分等を参考に、4領域（南海トラフ、琉球海溝北部、琉球海溝中部、琉球海溝南部）に区分し、各領域での固着域を評価した。

○固着域の評価においては、(1)地震履歴、(2)テクトニクス等の情報に着目し、南海トラフ～琉球海溝と世界の超巨大地震（Mw9.0以上）の発生地域との比較・分析を行い、超巨大地震を発生させるような大規模な固着域の存否等を検討した。



南海トラフ～琉球海溝における領域区分（NOAA Mapを基に作成）



Global CMT による M≧7の地震　（佐竹（2012）を基に作成）

・世界の超巨大地震（Mw9.0以上）の発生地域として、チリ、カスケード（カナダ・北米）、アラスカ、カムチャッカ、東北、スマトラが挙げられる。

固着域に関する分析における検討項目

		南海トラフ	琉球海溝
(1)地震履歴		詳細は次頁以降。	
(2)テクトニクス等の情報	①測地学的検討		
	②沈み込み帯の特徴		
評価結果			

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

(1)地震履歴

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

(1)地震履歴（巨大地震の発生有無）

第615回資料1-2
p.55再掲

○世界の超巨大地震の発生地域において、津波堆積物調査等による知見を踏まえた地震履歴を整理し、Mw8.5クラスの巨大地震の発生有無について、分析した。
○その結果、世界の超巨大地震の発生地域においては、Mw8.5クラスの巨大地震が、数百年間隔で繰り返し発生していると考えられる。

	チリ	カスケード	アラスカ・アリューシャン	カムチャッカ	東北	スマトラ	南海トラフ	琉球海溝
地震履歴	・AD1960年 チリ地震（Mw9.5） ・BC80年以降、8回のMw9クラスの津波が、300年間隔で発生 ・歴史上、津波を伴う地震が16世紀以降に100～150年間隔で3回発生	・AD1700年 カスケード地震（Mw9.0） ・過去約1万年間に発生した41回の地震の平均間隔は約240年 ・1700年地震のようにカスケード沈み込み帯の全域を破壊したMw9クラスの地震の数は上記の約半分とされている	（アラスカ） ・AD1964年 アラスカ地震（Mw9.2） ・過去6,000年間で11の地震が発生。 ・約900年前、約1,500年前の波源域はアラスカ地震より大きい（アリューシャン） ・AD1957年 アリューシャン地震（Mw9.1） ・AD1965年 ラッツアイランド地震（Mw8.7）	・AD1952年 カムチャッカ津波（Mw9.0） ・AD1737年 カムチャッカ津波 歴史文献に基づくと、過去300年間で最大 ・過去3,000年間で1,000 年当たり平均12回の津波が発生、大規模な津波が約1,000 年毎に一回発生	・AD2011年 東北地方太平洋沖地震（Mw9.0） ・AD869年 貞観地震（Mw8.4もしくはそれ以上） ・東北地方の仙台平野、石巻平野、福島県沿岸域の平野では、約500年間隔で巨大津波が発生	・AD2004 スマトラ沖地震（Mw9.1） ・過去に、Mw8.5以上の地震が、複数回（2,100～2,500年前頃、1,000～1,400年前頃、西暦1500年頃）発生	・AD1946年 昭和南海地震（Mw8.2～8.5） ・AD1944年 昭和東南海地震（Mw8.1～8.2） ・AD1854年 安政南海地震（M8.4） ・AD1854年 安政東海地震（M8.4） ・AD1707年 宝永地震（M8.6）	（琉球海溝北部） ・M8クラスの地震は確認されていない。 （琉球海溝中部） ・AD1911年 喜界島地震（M8.0） （琉球海溝南部） ・AD1771年 八重山地震（Mt※8.5） （琉球海溝中部・南部） ・南部では、八重山地震クラスの地震が繰り返し発生した証拠として、津波石が認められるものの、中部では、2,300年前以降に、津波石は認められない
参照文献	Cisternasほか（2006）等	Goldfinger et al.（2012）等	Shennan et al.（2009）等	Pinegina et al.（2003）等	文部科学省（2010）、地震調査委員会（2011）等	Rajendran(2013)、藤野（2013）等	地震調査委員会（2013）等	地震調査委員会(2009a)、後藤（2012）等
考察	・Mw9クラスの津波が300年間隔で発生	・Mw9クラスの津波が約500年間隔で発生	（アラスカ） ・Mw9クラスの地震が数100年間隔で繰り返し発生（アリューシャン） ・確認されていない（十分な調査が行われていない）	・過去に、Mw9クラスの津波が発生 ・大規模な津波が繰り返し発生している	・過去に、Mw8.5クラスの地震が発生 ・約500年間隔で大規模な津波が発生	・約500年間隔で、少なくともMw8.5以上の地震が発生	・南海トラフでは、Mw8.5クラスの巨大地震が繰り返し発生していると考えられる	・南部では、八重山地震クラスの巨大地震が繰り返し発生していると考えられる ・中部では、過去2,300年に八重山地震クラスの巨大地震が発生していないと考えられる

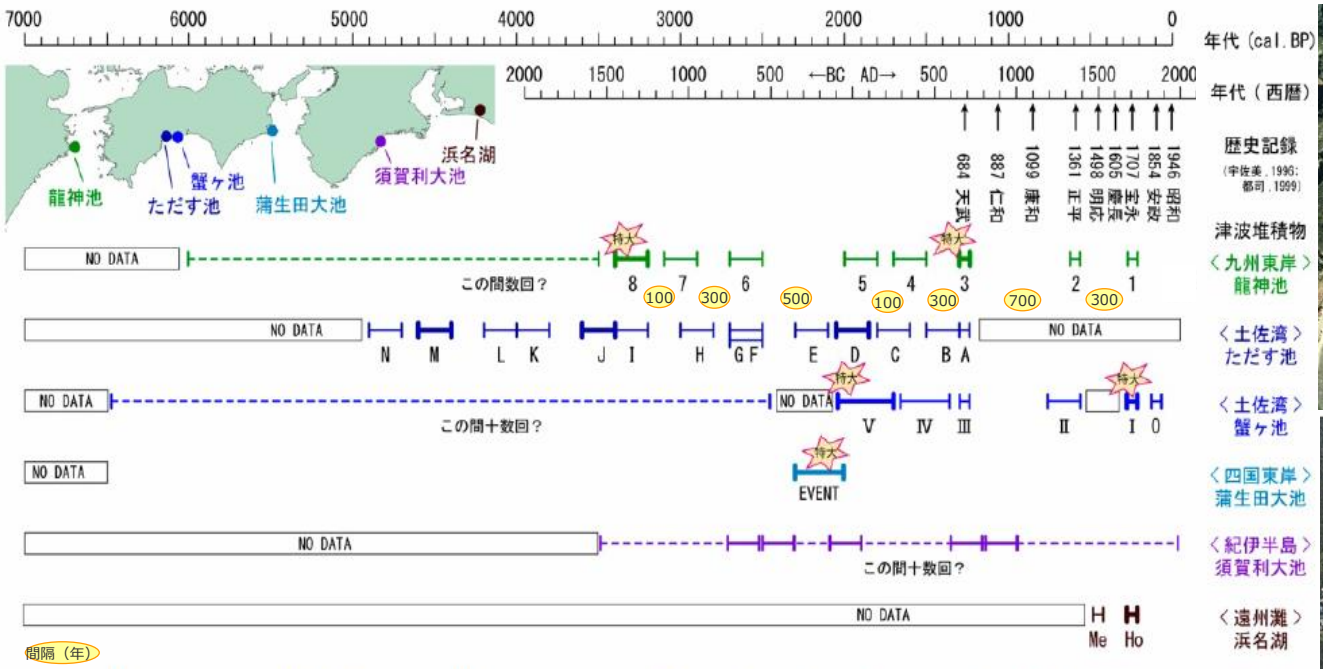
※Mt：津波マグニチュード

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

(1)地震履歴（南海トラフ）

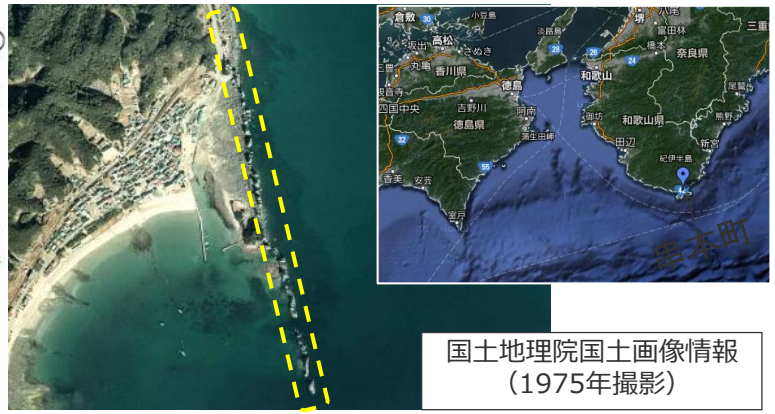
第615回資料1-2
p.56再掲

○南海トラフでは、津波堆積物調査等による知見から、Mw8.5クラスの巨大地震が繰り返し発生しているとされており、世界の超巨大地震の発生地域との差異は認められない。
○ただし、約5,000年間の地質記録において、九州パラオ海嶺までの南海トラフ全域を波源域とする超巨大地震が発生した証拠は認められず、過去6,000年間に超巨大地震が発生していないことを示唆する情報がある。



沿岸湖沼の津波堆積物調査による南海トラフ沿いの津波履歴
（文部科学省・海洋研究開発機構(2013)を基に作成）

・南海トラフでは、過去5,000年間に、1707年宝永地震（M8.6）などの巨大地震が認められ、その発生間隔は、300～600年と考えられる。（内閣府(2012)）
・約5,000年間の地質記録において、九州パラオ海嶺までの南海トラフ全域を波源域とする地震が発生した証拠は認められない。（地震調査委員会(2013)）
・過去7,000年間の津波記録の中では、湖沼の堆積物が大きく削剥されてしまうような想定外な規模の津波痕跡は、まだ発見されていない。（松岡・岡村(2012)）
・東海地域では、過去4,000年程度について見ると、他の津波より極端に規模が大きな津波の痕跡は見つかっていない。（藤原(2013)）



国土地理院国土画像情報
（1975年撮影）



和歌山県串本町の橋杭岩の知見

・過去6,000年間を通して、平地の上まで巨礫を運ぶような規模の津波はなかった可能性がある。（宍倉(2013a)）
・漂礫の移動に必要な滑動の流速と、1707年宝永地震の流速が一致するなどの理由から、宝永など歴代の津波によって漂礫の分布が形成された可能性が高い。（行谷ほか(2011)）

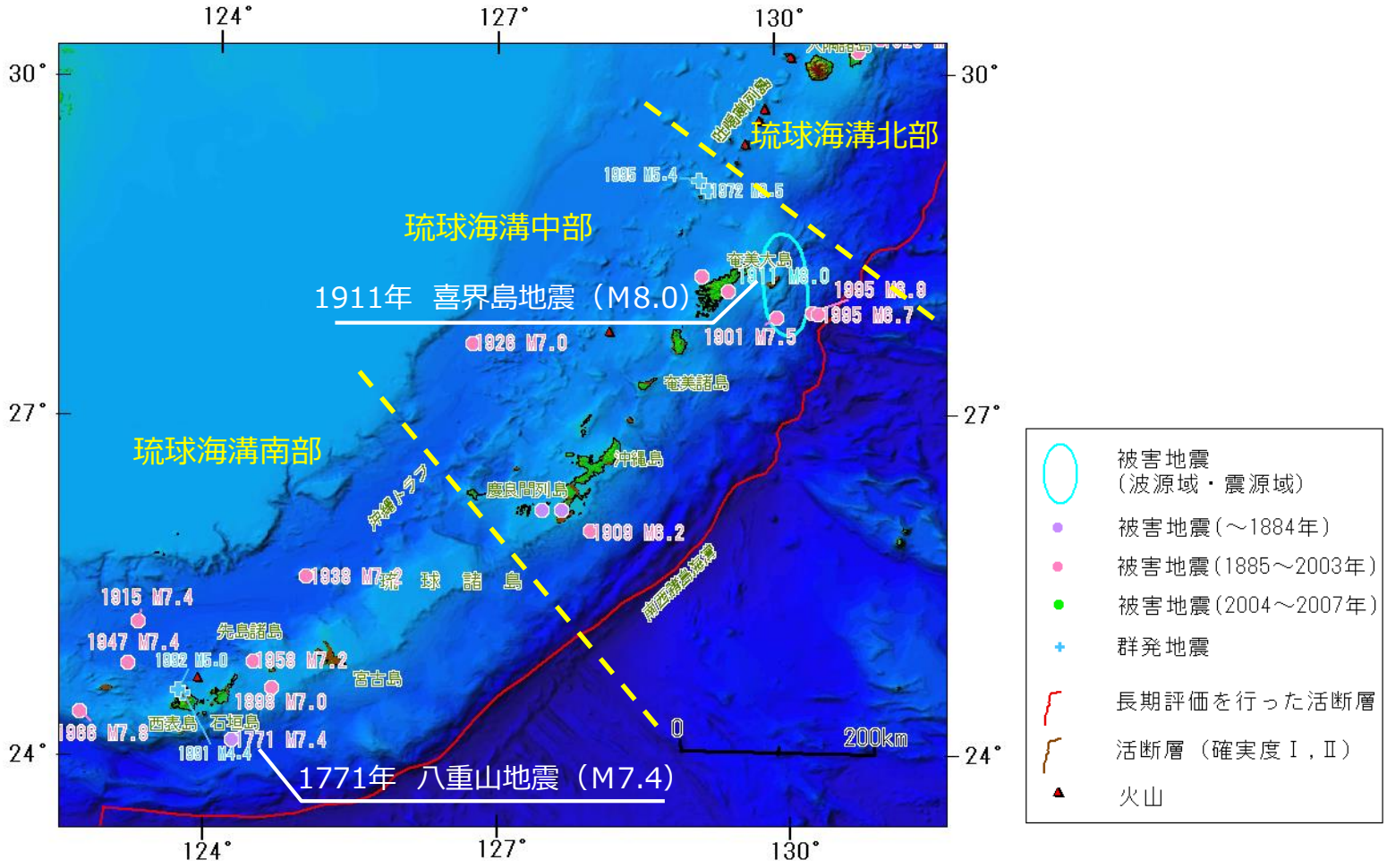
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

(1)地震履歴（琉球海溝）

第615回資料1-2
p.57再掲

○南西諸島では、プレート間地震として、琉球海溝南部で1771年八重山地震（Mt8.5※1）、琉球海溝中部で1911年喜界島地震（M8.0※2）が確認されている。
○なお、琉球海溝北部では、M8クラスの地震は確認されていない。

※1　中村(2012b)によればM7.4。
※2　地震のタイプについては諸説あるが、近年の研究（後藤(2013)）から、プレート間地震とした。



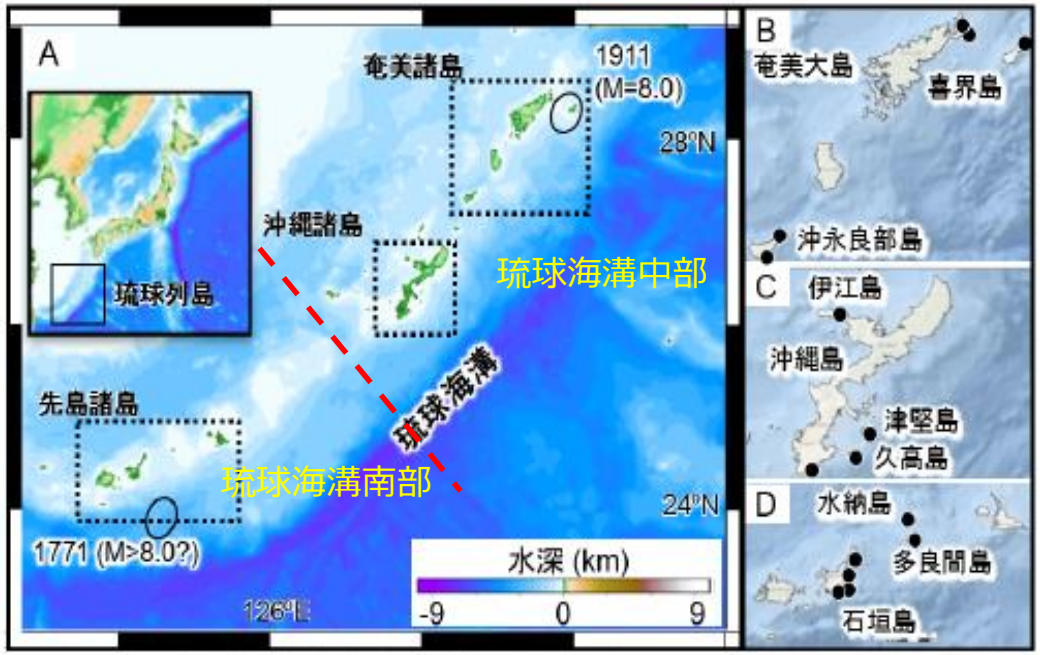
南西諸島の歴史地震（地震調査委員会(2004a)を基に作成）

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

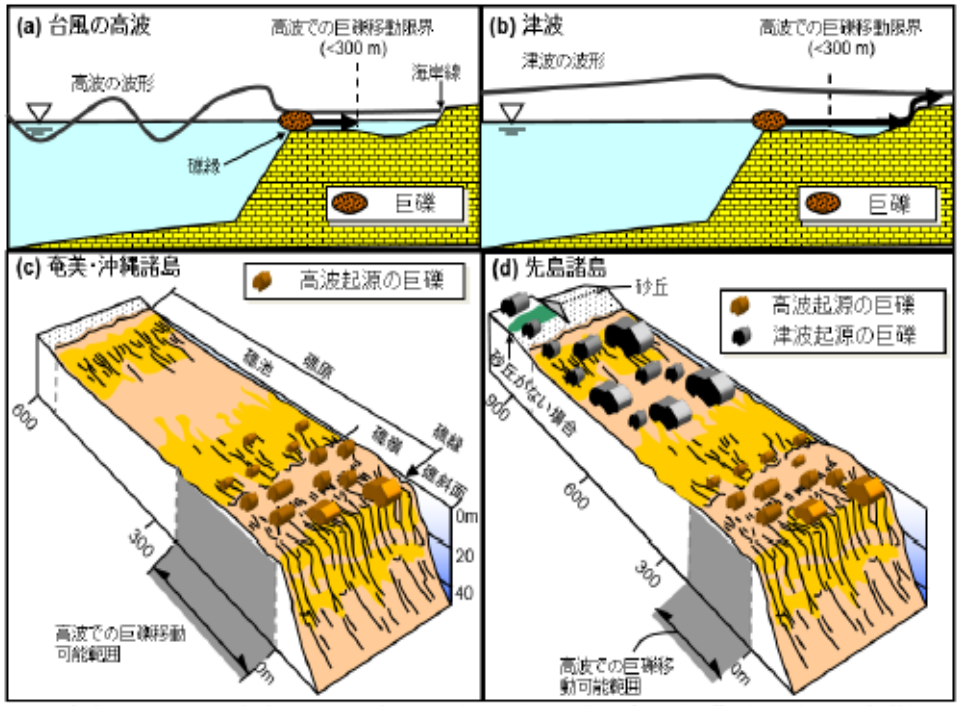
(1)地震履歴（琉球海溝）

第615回資料1-2
p.58再掲

○津波石に関する研究から、琉球海溝南部においては、八重山地震クラス（Mw8.5クラス）の巨大地震が繰り返し発生しているとされており、世界の超巨大地震発生地域との差異は認められない。
○また、琉球海溝中部においては、過去2,300年の間に、喜界島地震（M8.0）クラスの地震は認められるものの、Mw8.5クラスの巨大地震が発生していないと考えられ、世界の超巨大地震発生地域との差異が認められる。



調査対象地域



琉球海溝中部　　琉球海溝南部

津波および台風の高波により運ばれた巨礫の分布の特徴の違い　（後藤(2012)を基に作成）

・先島諸島では、津波石が特定の時期に集中して打ち上げられている（約200年前、約500年前、約1,000年前、約2,200年前、約2,600年前）。（Goto et al.(2010)）
・各島で合計5,000個以上の岩塊を調査した結果、津波石と特定できる岩塊は先島諸島にしか存在せず、奄美、沖縄諸島のリーフ上の岩塊は、いずれも台風の高波による打ち上げで説明できる。　（後藤・島袋(2012)）
・奄美諸島、沖縄諸島では、先島諸島で発生しうる規模の大津波は、少なくとも過去2,300年間は来襲した痕跡がない。つまり、奄美諸島から先島諸島まで琉球列島全域に影響を及ぼしうる巨大津波は、少なくとも過去2,300年間は発生した形跡がない。（Goto et al.(2013)）

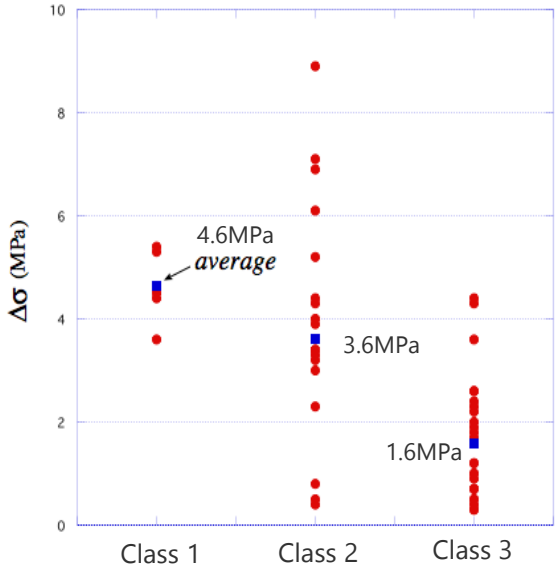
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

(1)地震履歴（南海トラフの応力降下量）

第615回資料1-2
p.59再掲

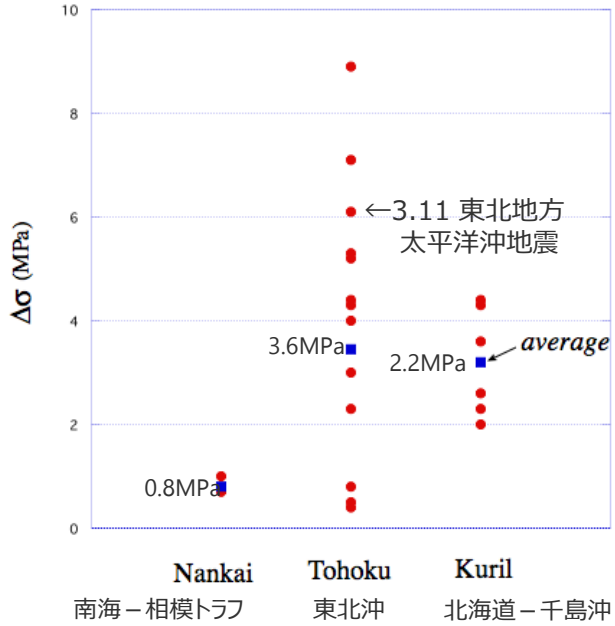
○瀬野(2013)によれば、南海トラフで発生した地震の応力降下量は、超巨大地震発生地域の地震の応力降下量に比べて小さく、超巨大地震が発生する可能性は低いとされている。

世界全体



Class 1：M≧9 地震（18世紀以降の8地震）
Class 2：M≧9 が起こった沈み込み帯で、M9 より小さい地震
Class 3：M≧9 が知られていない沈み込み帯で起こった地震
赤　丸：各Class の地震の応力降下量
青四角：平均値

日　本



世界の沈み込み帯での応力降下量（瀬野(2013)に加筆）

南海トラフ三連動型地震 M9 はあり得るか（瀬野（2013）を要約）
・世界で発生地震について、以下のクラス分けを行い、応力降下量を算定した。
Class 1：M≧9 地震（18世紀以降の8地震）
Class 2：M≧9 が起こった沈み込み帯で、M9 より小さい地震
Class 3：M≧9 が知られていない沈み込み帯で起こった地震
・Class1の応力降下量（4.6MPa）及びClass2の応力降下量（3.6MPa）は、Class3の応力降下量（1.6MPa）より、数倍高い。
・南海トラフの応力降下量（0.8MPa）は、Class1（4.6MPa）、Class2（3.6MPa）と比べて更に低く、応力降下量を見ると、南海トラフにおいて、M9以上の巨大地震が起こる可能性は低いと考えられる。

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

(2)テクトニクス等の情報
①測地学的検討

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

(2)テクトニクス等の情報　①測地学的検討（固着の程度）

第615回資料1-2
p.61再掲

○世界の超巨大地震の発生地域における測地学的検討による知見を整理した。
○世界の超巨大地震の発生地域におけるすべり欠損速度を整理した知見から、世界の超巨大地震の発生地域においては、年間2cm以上のすべり欠損速度が認められると考えられる。

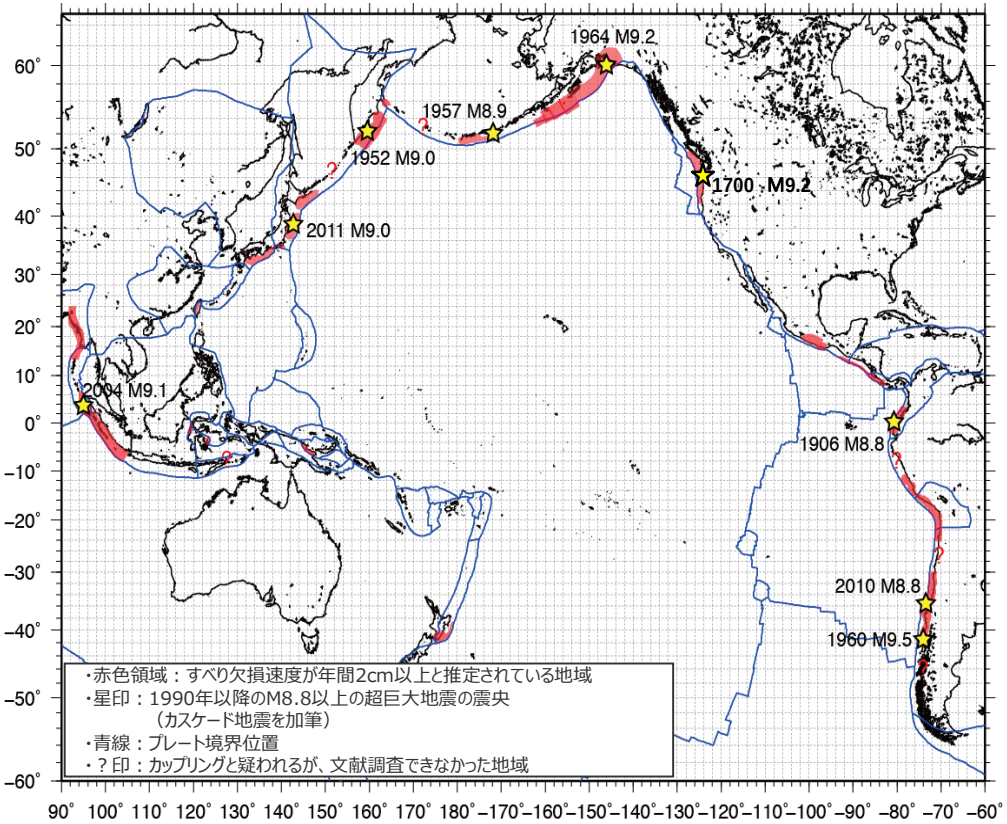
	チリ	カスケード	アラスカ・アリューシャン	カムチャッカ	東北	スマトラ
カップリング係数※1	0.96 ～1.0	1.0	0.62～0.96	0.48～0.67	0.54～0.65	1.0
すべり欠損速度※2	年間2cm以上	年間2cm以上	年間2cm以上	年間2cm以上	年間2cm以上	年間2cm以上

南海	琉球
1.0	0.0
年間2cm以上	–

※1 世界のプレート沈み込み帯におけるカップリングパラメータ（Scholz and Campos（2012）より記載）
※2 環太平洋とその周辺の測地データから推定されたプレート間カップリングの分布図（下図、西村（2013）より記載）

ＧＰＳ観測結果から、
固着域を分析

詳細は次頁以降



環太平洋とその周辺の測地データから推定されたプレート間カップリングの分布図（西村(2013)）

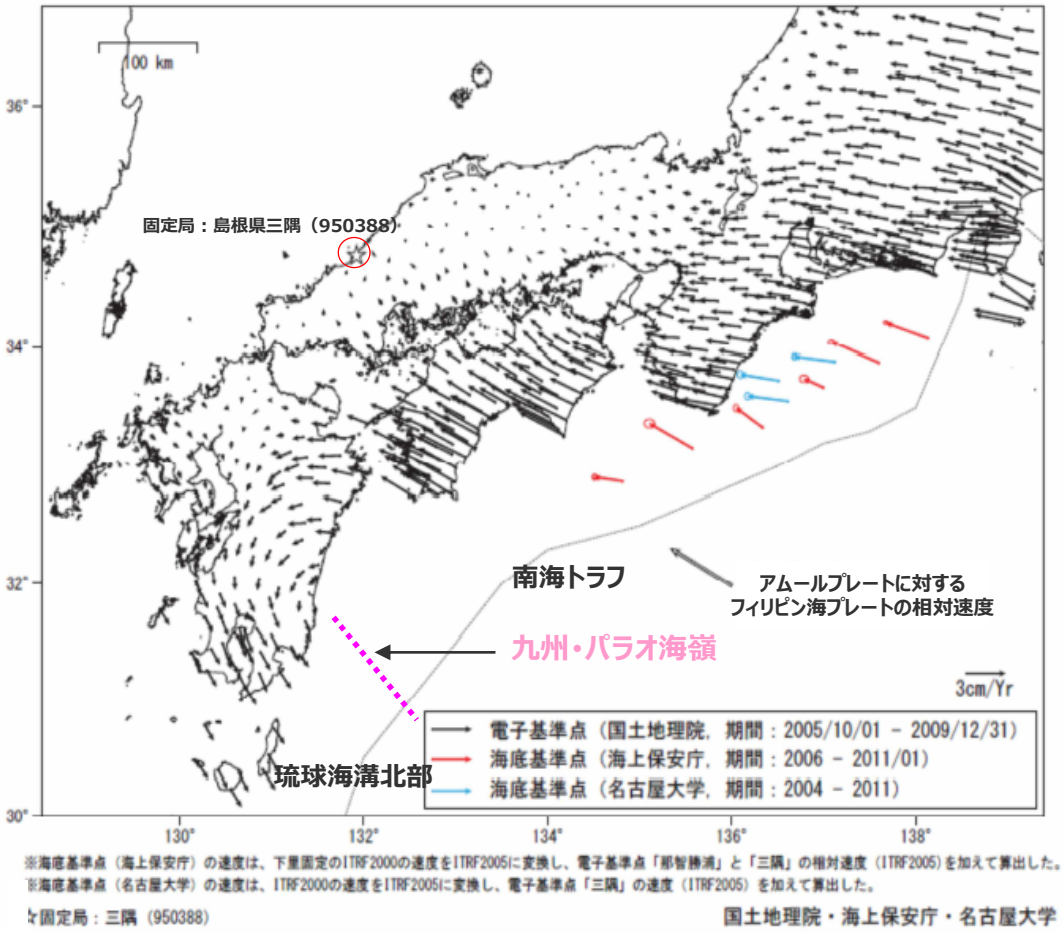
・すべり欠損速度（すべり遅れ速度）
→プレート境界面において、陸側プレートが海側プレートの沈み込みに引きずられる速度
・カップリング係数
→すべり欠損速度を、陸側プレートに対する海側プレートの相対速度で割ったもの

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

(2)テクトニクス等の情報　①測地学的検討（南海トラフ、琉球海溝）

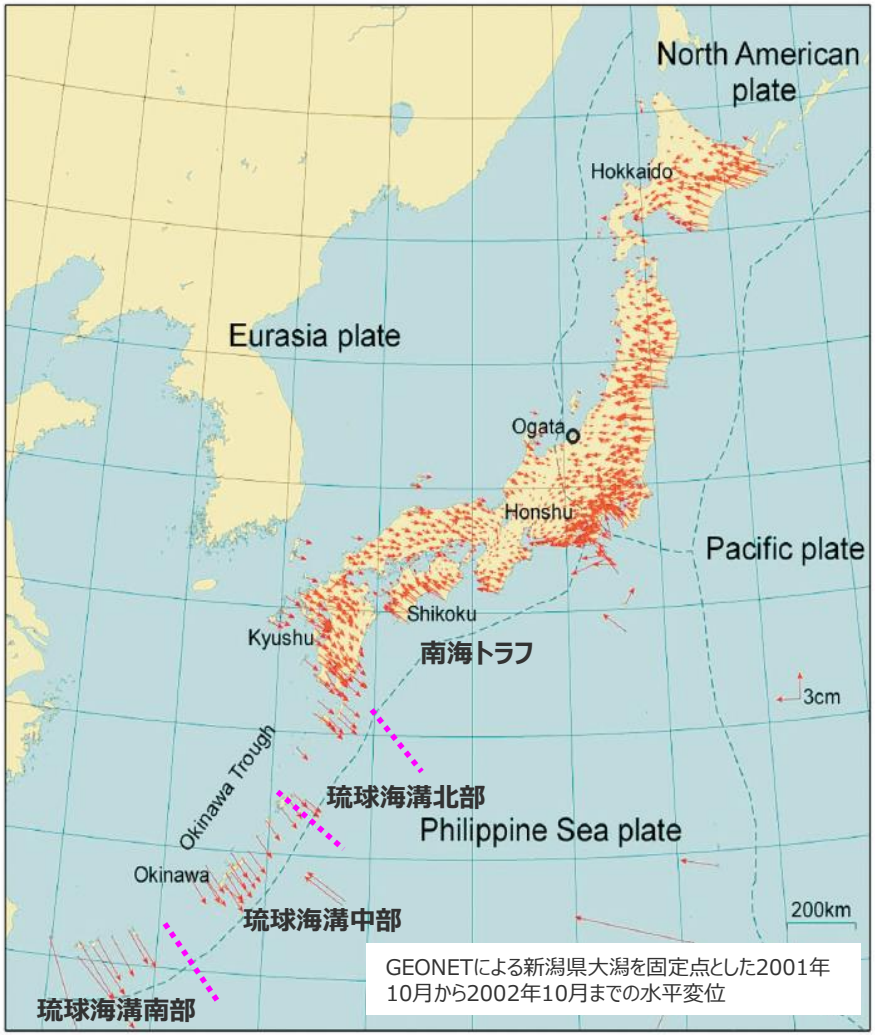
第615回資料1-2
p.62再掲

○GPS観測データから、四国はフィリピン海プレートのカップリングの強いブロック、九州はカップリングが弱く、反時計回りに回転するブロックとされており、南海トラフでは、固着が強く、琉球海溝北部では、固着が弱いと考えられる。
○GPS観測データから、琉球海溝においては、陸側プレートの変位ベクトルは海側プレートに向いており、大規模な固着は想定されない。



西南日本の平均変位速度ベクトル（水平）
（地震調査委員会(2013)を基に作成）

・四国はフィリピン海プレートのカップリングの強いブロック、九州はカップリングが弱く、反時計回りに回転するブロックとされている。（Wallace et al.(2009)）



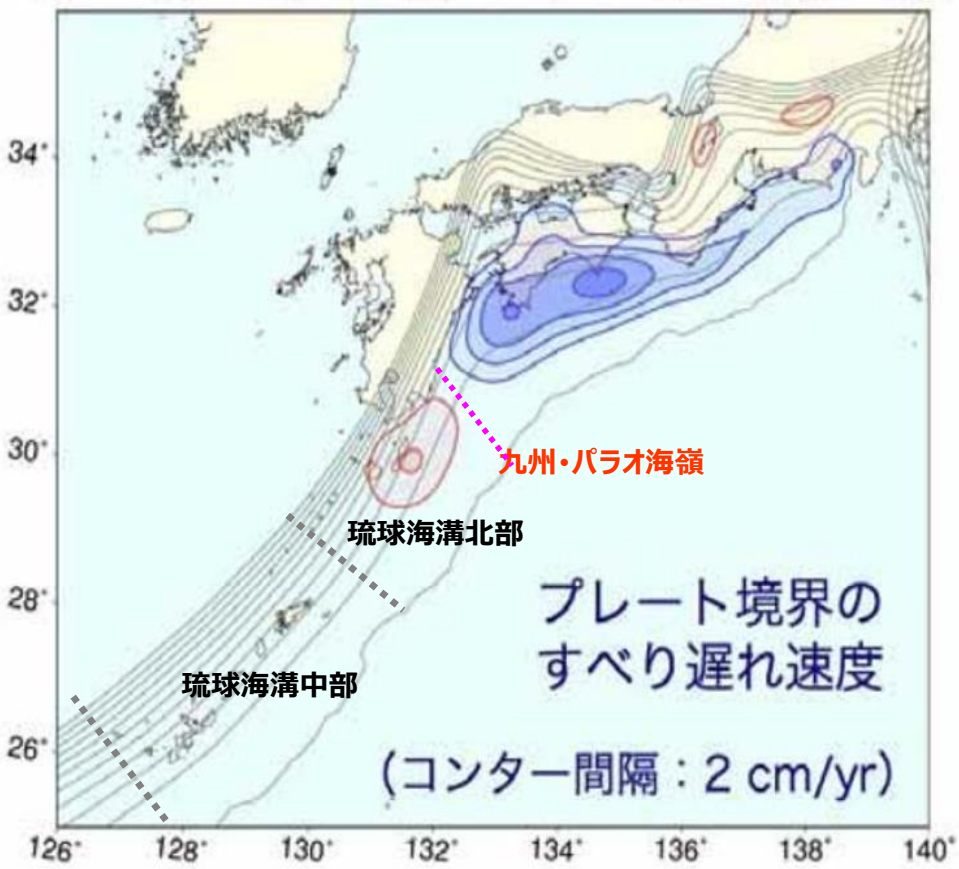
日本全国の変位速度ベクトル（水平）
（Kato and Kubo (2006)を基に作成）

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

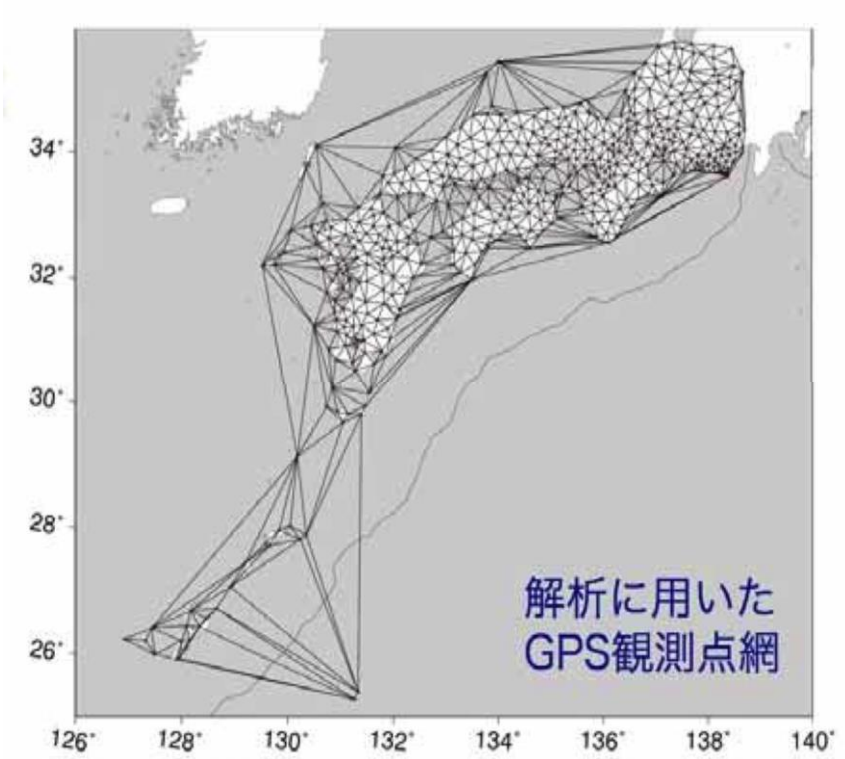
(2)テクトニクス等の情報　①測地学的検討（南海トラフ、琉球海溝）

第615回資料1-2
p.63再掲

○GPS観測データを用いたすべり欠損分布によると、南海トラフでは、年間2cm以上のすべり欠損速度が認められるものの、九州・パラオ海嶺付近では、すべり欠損速度が年間2cm以下となる。
○琉球海溝北部及び中部では、年間2cm以上のすべり欠損速度は認められない。（琉球海溝北部では、すべり過剰が認められる）



GPSデータからの推定によるすべり遅れ速度の等値線（2cm/年の間隔）
青線：すべり遅れ、赤線：すべり過剰（黒線はプレート境界面の等深線）



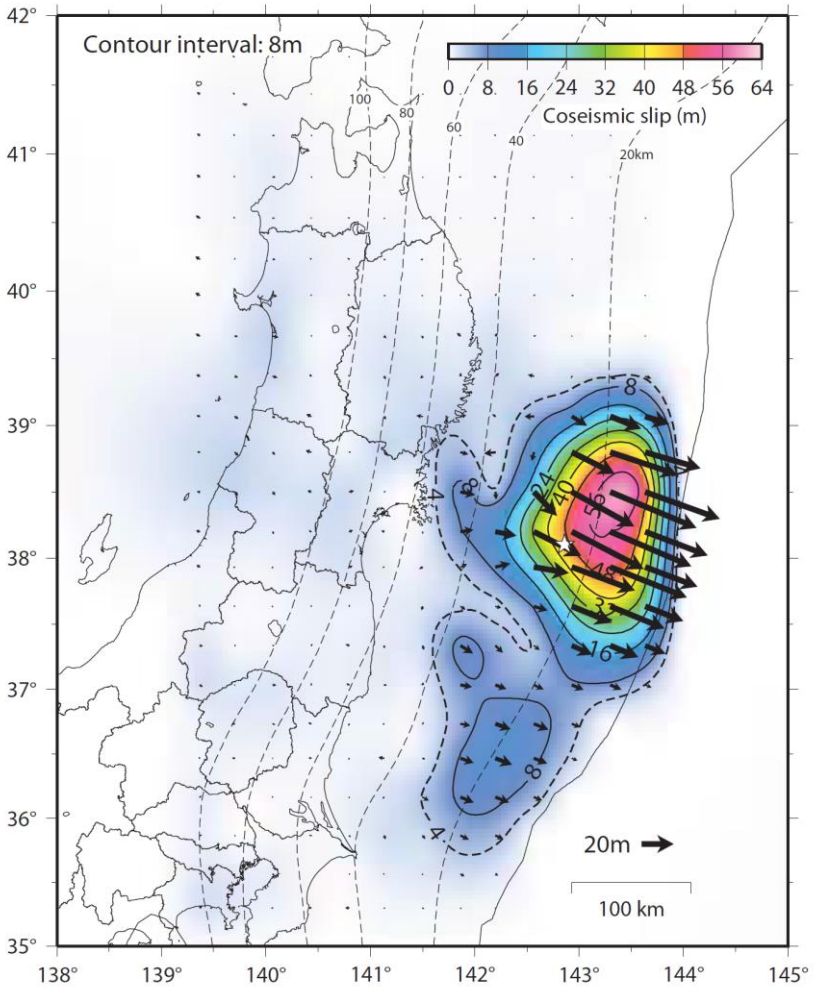
プレート境界でのすべり遅れ速度（すべり欠損速度）の分布
（文部科学省・海洋研究開発機構(2013)を基に作成）

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

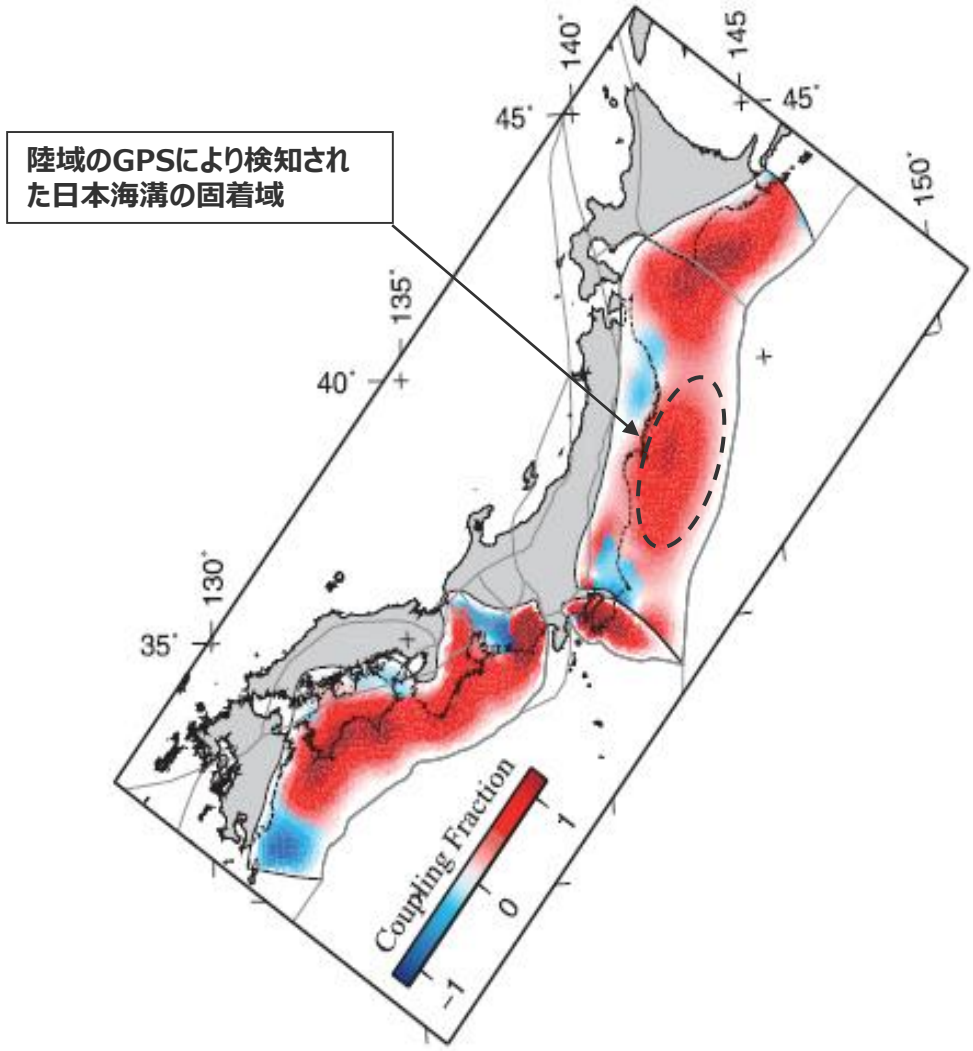
(2)テクトニクス等の情報　①測地学的検討（東北地方太平洋沖地震での知見）

第615回資料1-2
p.64再掲

○日本海溝においては、陸域のGPSにより、大規模な固着域が検知されており、東北地方太平洋沖地震レベルの固着域の有無については、海溝軸から離れた陸域のGPSでも、検知可能と考えられる。



東北地方太平洋沖地震時のすべり分布モデル
（国土地理院・海上保安庁(2011)）



陸域のＧＰＳ データから推定したプレート間のカップリング係数
（Loveless and Meade(2010)を基に作成）

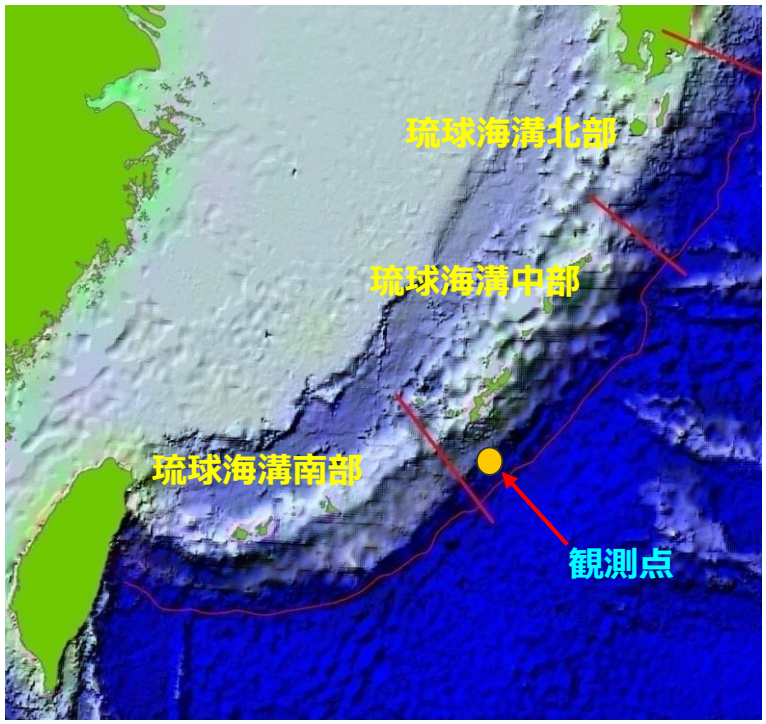
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

(2)テクトニクス等の情報　①測地学的検討（琉球海溝）

第615回資料1-2
p.65再掲

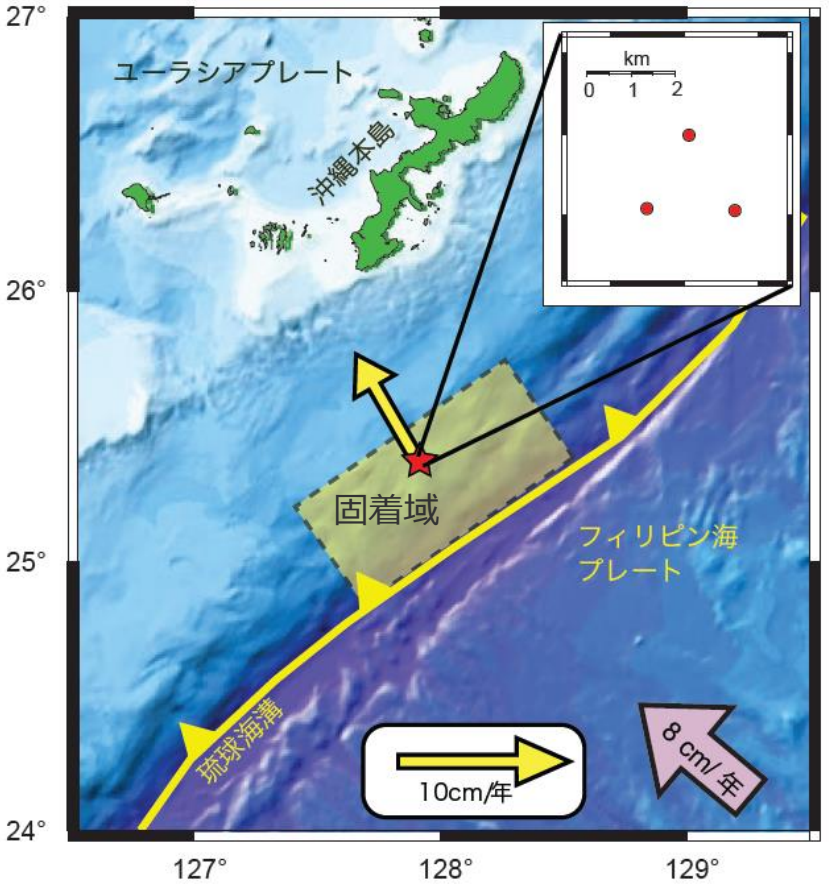
○中村(2012a)によれば、琉球海溝中部では、固着域が確認されている。
○しかし、琉球海溝中部の固着域については、南海トラフと比べて小さいと考えられる。
（琉球海溝：深さ12～14ｋｍ（断層幅50～70km）、南海トラフ：深さ30～40ｋｍ※（断層幅200km程度））

※　カップリング係数は、プレート境界の深度約10～20kmで最大となり、それより深部では小さくなっていき、深さ40kmでほぼゼロになると推定される。（地震調査委員会(2013)）

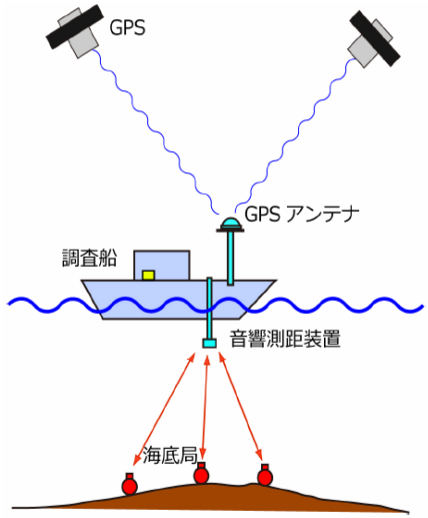


（NOAA Mapを基に作成）

観測点の位置



海底局で観測された水平変位と推定された固着域 (中村(2010))



海底地殻変動観測の概要図
（中村(2010)）

・琉球海溝中部で実施された海底地殻変動観測による調査結果から、沖縄本島沖の琉球海溝にも固着域が分布することが推定されている。
・この固着域の最深部は、海溝軸から50～70kmの位置にあり、プレートの深さで12～14kmにあたる。(中村(2012a))

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

(2)テクトニクス等の情報
②沈み込み帯の特徴

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

(2)テクトニクス等の情報　②沈み込み帯の特徴

第615回資料1-2
p.67再掲

○世界の超巨大地震の発生地域において、巨大地震に関連していると考えられている特徴を整理し、その特徴を踏まえた分析を行った。
○なお、巨大地震に関連していると考えられている特徴については、沈み込み帯の両極の型として「チリ型」「マリアナ型」を提案した文献（上田(1989)）を参考とした。

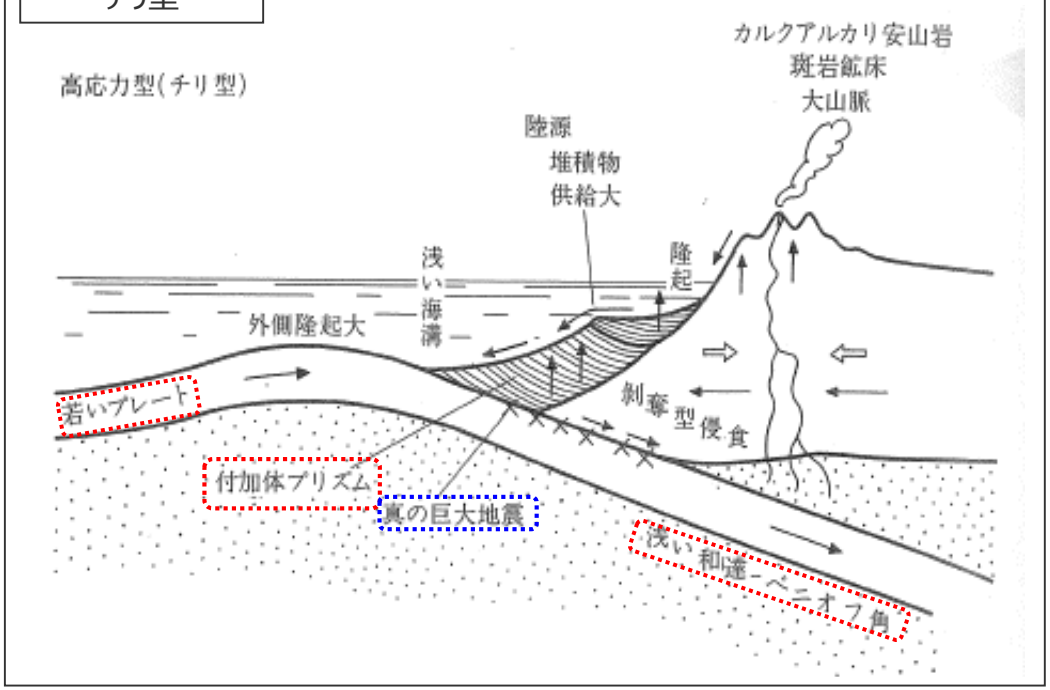
両型の特徴

	チリ型	マリアナ型
海洋プレートの年代	新しい（15Ma）	古い（160Ma）
沈み込むスラブの傾斜	緩い（30°）	急（90°）
付加体	発達	なし
海洋プレートの凹凸地形	凸凹なし	凸凹あり
背弧拡大	なし	あり

「チリ型」と「マリアナ型」の
沈み込み帯の比較
（上田(1989)に加筆）

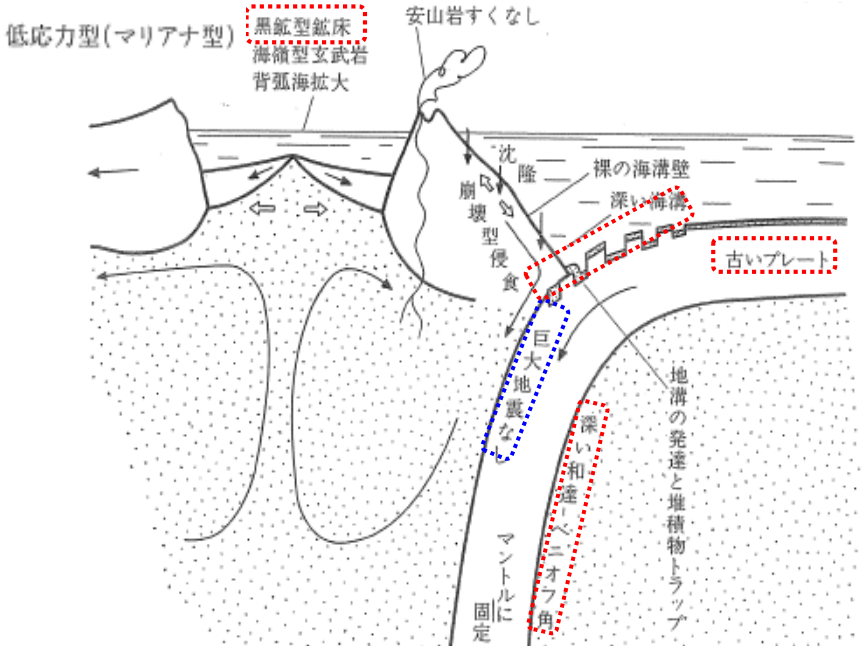
チリ型

・チリは、Mw9クラスの地震が300年間隔で起こっている海溝



マリアナ型

・マリアナは、巨大地震が起こっていない海溝



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

(2)テクトニクス等の情報　②沈み込み帯の特徴

第615回資料1-2
p.68再掲

○知見を収集・分析した結果、海洋プレートの年代、スラブの傾斜、付加体、海洋プレートの凹凸地形については、世界の超巨大地震発生地域に共通性は認められないものの、背弧拡大については、世界の超巨大地震発生地域に共通性が認められる。

○蓬田(2013)によると、スマトラ・東北における超巨大地震の発生により、巨大地震に関連していると考えられていたプレート年代などは、巨大地震との関連性がないとされる意見はあるものの、世界には地震活動がほとんどない沈み込み帯も多く存在し、こうした沈み込み帯ではマリアナ型の特徴である背弧の拡大を伴っており、プレートの相対運動の大部分はaseismic な滑りで解放されるという従来の考えを現時点でも否定はできないとしている。

分析結果

（凡例）
：マリアナ型の特徴
：チリ型の特徴

	超巨大地震の発生地域						左記が発生していない地域		
	チリ(南部)	カスケード	アラスカ・アリューシャン	カムチャッカ	東北	スマトラ	マリアナ	南海トラフ	琉球海溝
海洋プレートの年代※1	新しい（15Ma）	新しい（3Ma）	アラスカ：46Ma アリューシャン：54Ma	古い（90Ma）	古い（130Ma）	55Ma	古い（160Ma）	新しい（17Ma）	49Ma
沈み込むスラブの傾斜※2	緩い（30°）	（－）	アラスカ：中程度（55°） アリューシャン：中程度（65°）	中程度（50°）	中程度（40°）	スマトラ：ゆるい（30°） アンダマン海：中程度（50°）	急（90°）	（－）	中程度（45°）
付加体※3	発達	発達	発達	発達	なし	発達	なし	発達	なし
海洋プレートの凹凸地形※4	凹凸なし	凹凸なし	アラスカ：凹凸なし アリューシャン：凹凸あり	凹凸なし	凹凸あり	凹凸なし	凹凸あり	凹凸なし	北部：凹凸あり 南部：凹凸なし
背弧拡大	なし	なし	なし	なし	なし※5	アンダマン海	マリアナトラフ	なし	沖縄トラフ

※1 Mantovani et al.(2001)
※2 Uyeda and Kanamori(1979)
※3 Clift and Vannucchi (2004)
※4 Ruff(1989)
※5 日本海は古い時代に活動（15Maにほぼ終了）した背弧海盆であり、現在は非活動。

アンダマン海 → leaky transform型の拡大（Diehl et al.(2013)による）　詳細は次頁以降

マリアナトラフ → back-arc spreading型の拡大（Uyeda and Kanamori（1979）による）

沖縄トラフ → 詳細は次頁以降

沈み込み帯の特徴と巨大地震の関連性に関する見解（蓬田(2013)を要約）

○地震活動がほとんどない沈み込み帯のほとんどはこれまでマリアナ型と呼ばれた様式として、沈み込み帯をはさむ2つのプレートの相対運動はむしろ離れていくセンスで、背弧の拡大を伴う。このような沈み込み帯では、プレートの相対運動の大部分は、aseismicな（非地震性の）滑りで解放されるという従来の考えを現時点でも否定はできない。

○琉球トラフでは背弧側の海底は拡大しており、2004 年スマトラ地震のような純粋な逆断層を生じさせる地震を発生することは難しく、よって、南海トラフとの連動による超巨大地震は発生できないと考える。

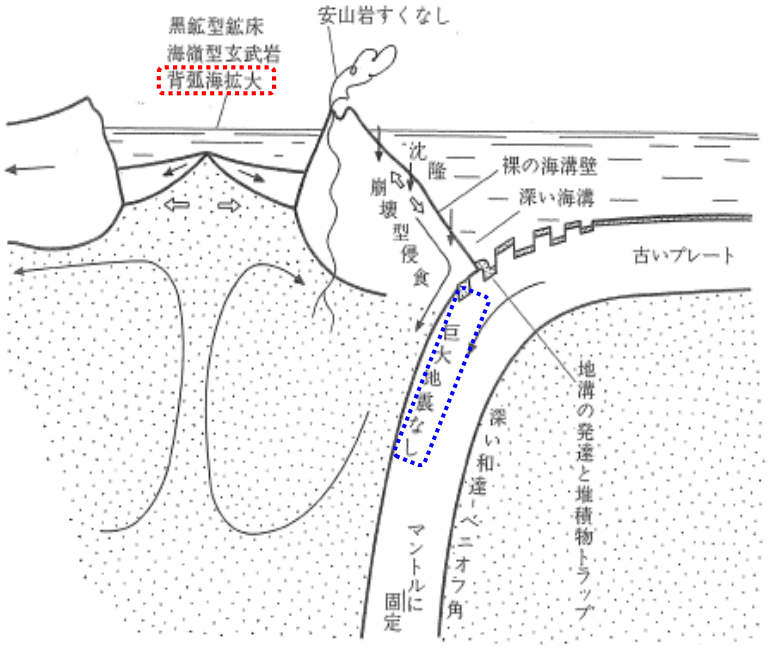
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

(2)テクトニクス等の情報　②沈み込み帯の特徴：マリアナ型の背弧拡大

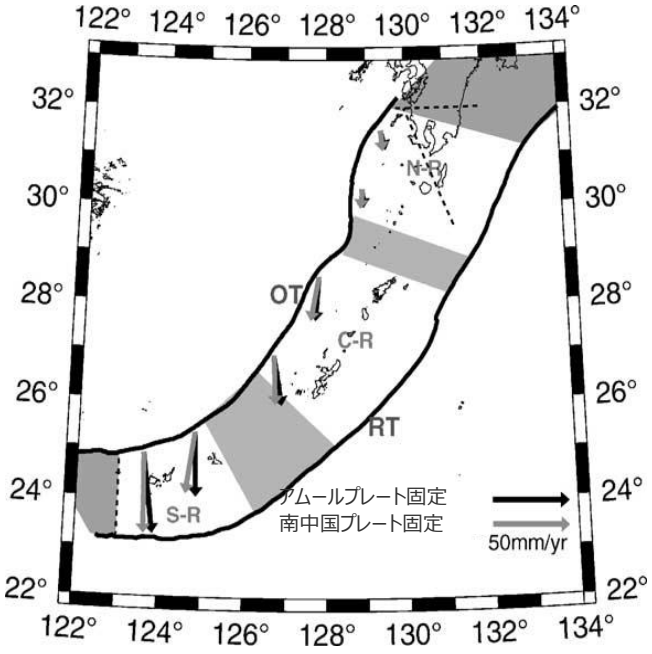
第615回資料1-2
p.69再掲

○ Uyeda and Kanamori（1979）によると、「マリアナでは、プレート間が固着していないため、背弧が拡大する。」とされ、マリアナでは、海溝軸に直交方向（拡大軸は海溝軸にほぼ平行）に背弧が拡大する特徴を持つと考えられる。なお、その機構については、上田(1989)によると、くさび型マントル流モデル等の諸説があるとされている。

○ＧＰＳの観測結果から、琉球海溝の背弧海盆（沖縄トラフ）は、マリアナ型と同様、海溝軸に直交方向（拡大軸は海溝軸にほぼ平行）に背弧が拡大する特徴が認められ、プレート間の固着は弱いと考えられる。



マリアナ型の沈み込み帯（上田(1989)に加筆：再掲）

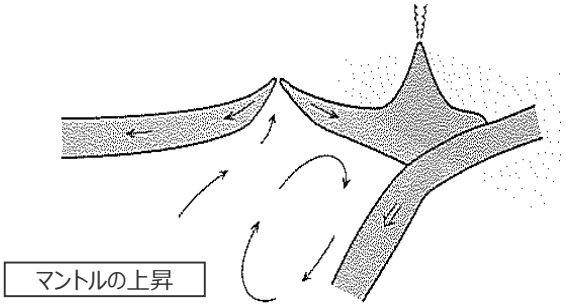


沖縄トラフの拡大速度（Nishimura et al.(2004)）

背弧海盆の拡大機構（上田(1989)を要約）

o沈み込みのモデルとして、スラブ上のくさび型マントルを粘性流体とみたて、スラブの運動によって、誘起される流れを想定するモデル（Toksoz and Hsui(1978)：右図）がある。それによると、背弧域には、高温マントル物質の上昇に伴い、海嶺がつくられ、伸張的応力が生ずるため、背弧が拡大するが、その当否は、張力場が十分か否かにあると考えられる。

o上記以外のモデルについても、提案されている。



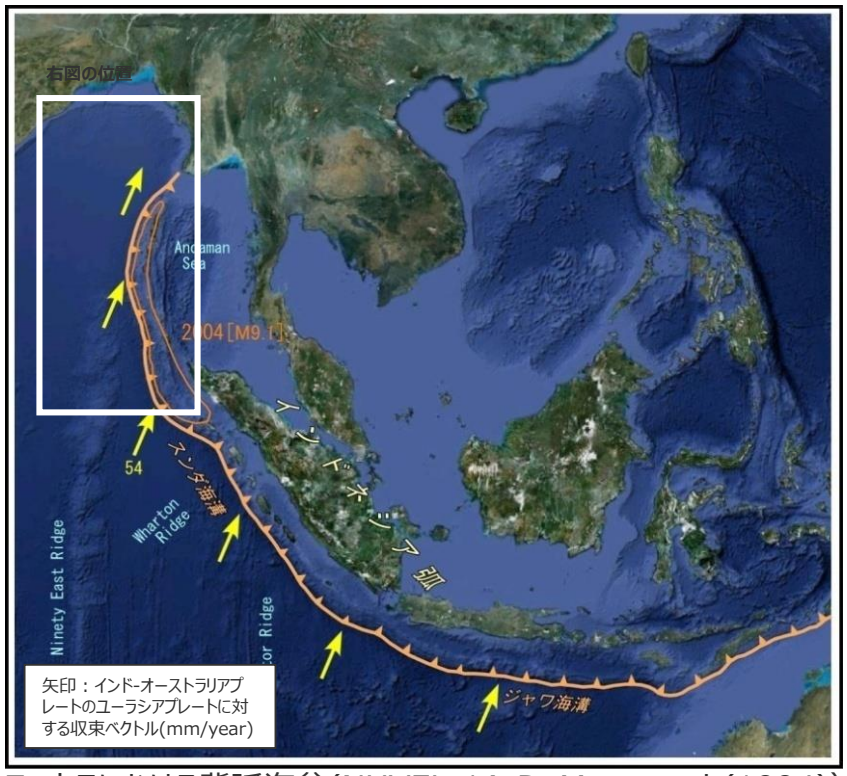
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

(2)テクトニクス等の情報　②沈み込み帯の特徴：スマトラにおける背弧海盆

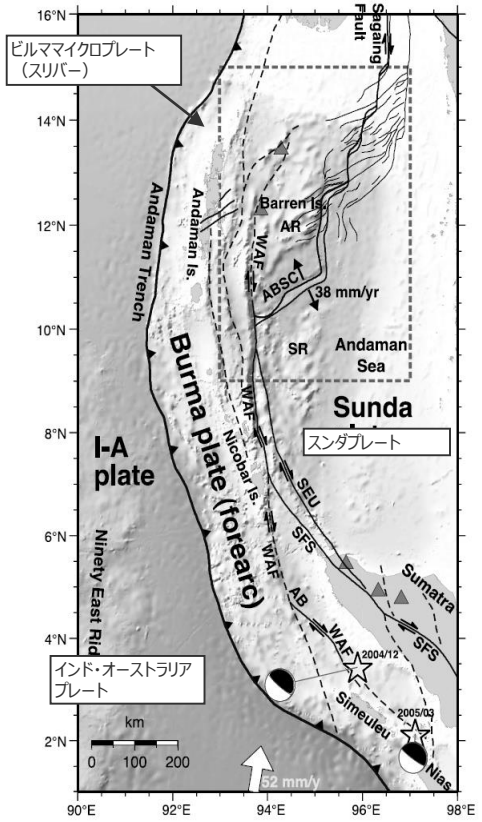
第615回資料1-2
p.70再掲

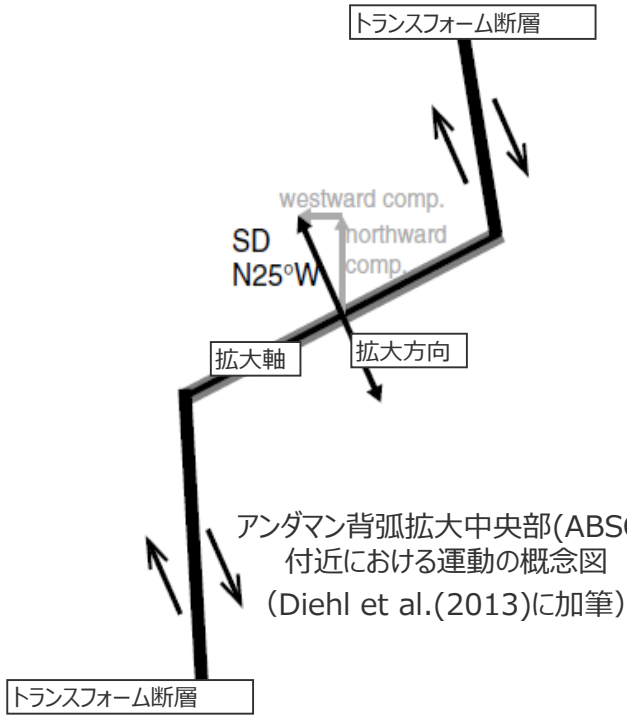
○Diehl et al.(2013)によると、スマトラにおける背弧海盆（アンダマン海）は、海溝軸に平行方向（拡大軸は海溝軸にほぼ直交）に拡大する、プルアパートを成因とした背弧拡大とされ、マリアナ型の背弧拡大とは異なると考えられる。

○超巨大地震が発生する原因は、斜め衝突の海溝軸に平行な成分はスリバーの動きで緩和されるが、海溝軸に直交する成分がひずみとして、蓄積されるためであると考えられる。



スマトラにおける背弧海盆(NUVEL-1A:DeMets et al.(1994))





アンダマン背弧拡大中央部(ABSC)付近における運動の概念図
（Diehl et al.(2013)に加筆）

アンダマン海の成因について（Diehl et al. (2013)）
○Burma Plate（スリバー）が沈み込むプレートにより北へ引きずられることにより、プルアパート盆地がプレート境界沿いに形成され、NE-SW方向に拡大することとなった。

超巨大地震が発生する原因について（小山ほか(2012)）
○インド・オーストラリアプレートの斜め衝突の海溝軸に平行な成分は、ビルママイクロプレート（スリバー）の動きで緩和され、結果として、アンダマン・ニコバール海溝に直交する成分のみが卓越することになる。

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

固着域に関する分析（検討項目毎のまとめ）

第615回資料1-2
p.71再掲

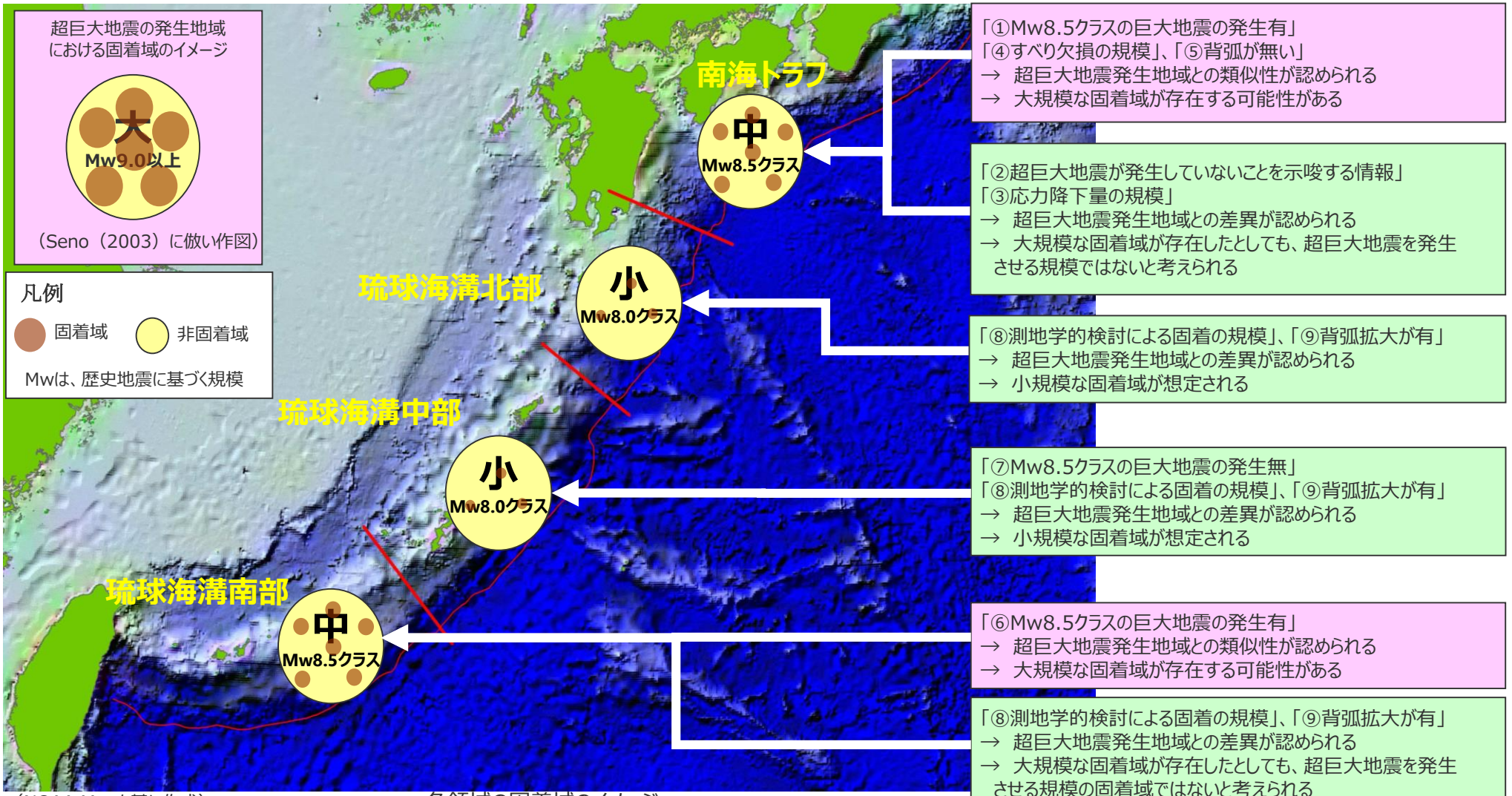
○以上の検討を項目毎にまとめ、下表に示す。

		南海トラフ	琉球海溝
(1)地震履歴 凡例 世界の超巨大地震発生地域との差異がない 世界の超巨大地震発生地域との差異がある		・過去5,000年間に、1707年宝永地震（M8.6）などの巨大地震が認められ、その発生間隔は、300～600年と考えられる。（内閣府(2012)） ・約5,000年間の地質記録において、九州パラオ海嶺までの南海トラフ全域を波源域とする地震が発生した証拠は認められない。（地震調査委員会(2013)） ・過去6,000年間を通して、平地の上まで巨礫を運ぶような規模の津波はなかった可能性がある。（宍倉(2013a)） ・南海トラフにおける地震の応力降下量は、超巨大地震発生地域における地震の応力降下量に比べ、小さく、超巨大地震が発生する可能性は低い。（瀬野(2013)）	【南部】・1771年八重山地震（Mt8.5）が確認されている。（地震調査委員会（2004a）、中村(2012b)） 【中部】・1911年喜界島地震（M8.0）が確認されている。(地震調査委員会(2004a)) 【南部】・先島諸島では、2,600年前以降、150～400年間隔で繰返し地震が発生した痕跡（津波石）が認められる。（後藤(2012)） 【中部】・奄美・沖縄諸島では、規模の小さな石が認められるのみであり、2,300年前以降に巨大津波は発生していないと考えられる。（Goto et al.(2013)）
		①：津波堆積物調査等による知見から、Mw8.5クラスの巨大地震が繰り返し発生しているとされ、世界との差異は認められない。	【南部】⑥：津波石等による知見からMw8.5クラスの巨大地震が繰り返し発生しているとされ、世界との差異は認められない。
		②：地質記録等から超巨大地震が発生した証拠は認められず、世界との差異が認められる。 ③：応力降下量から、世界との差異が認められる。	【中部】⑦：津波石等による知見からMw8.5クラスの巨大地震は発生していないとされ、世界との差異が認められる。
(2)ﾃｸﾄﾆｸｽ等の情報	測地学的検討	・ＧＰＳ観測データを用いたすべり欠損分布（文部科学省・海洋研究開発機構(2013)）において、年間2cm以上のすべり欠損速度が認められる。	【共通】・GPS観測データから、琉球海溝においては、陸側プレートの変位ベクトルは海側プレートに向いており、大規模な固着は想定されない。 【北部・中部】・ＧＰＳ観測データを用いたすべり欠損分布（文部科学省・海洋研究開発機構(2013)）において、年間2cm以上のすべり欠損速度は認められない。 【中部】・海底ＧＰＳ観測データにより固着域が確認されているが、最深部は、12～14ｋｍとされ（中村(2012a)）、南海トラフと比べて浅いと考えられる。
		④：南海トラフでは固着が強く、世界との差異が認められない。	【共通】⑧：固着が弱く、世界との差異が認められる。
	沈み込み帯の特徴	・背弧海盆がない。	・拡大している背弧海盆（沖縄トラフ）がある。
		⑤：背弧海盆がなく、世界との差異が認められない。	【共通】⑨：背弧拡大が認められ、世界との差異が認められる。
評価結果		・南海トラフについては、Mw8.5クラスの巨大地震が発生していることなど（①・④・⑤）から、大規模な固着域が存在する可能性があるものの超巨大地震を発生させるような規模ではない（②・③）と想定される。	・北部については、世界の超巨大地震発生地域との差異が認められ（⑧・⑨）、小規模な固着域が想定される。 ・中部についても、差異が認められ（⑦・⑧・⑨）、小規模な固着域が想定される。 ・南部については、Mw8.5クラスの巨大地震が発生していること（⑥）から、大規模な固着域が存在する可能性があるものの、超巨大地震を発生させるような規模ではない（⑧・⑨）と想定される。

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

固着域に関する分析（評価結果）

○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Mw8.0クラス、琉球海溝南部ではMw8.5クラスであるものの、それらを超える可能性を検討した。
○世界の超巨大地震発生地域と南海トラフ～琉球海溝を比較・分析した結果から、南海トラフ～琉球海溝においては、世界の超巨大地震発生地域レベルの固着域はなく、各領域内における最大規模の歴史地震と整合的な固着域が想定される。



（NOAA Mapを基に作成）

各領域の固着域のイメージ

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

破壊伝播の検討

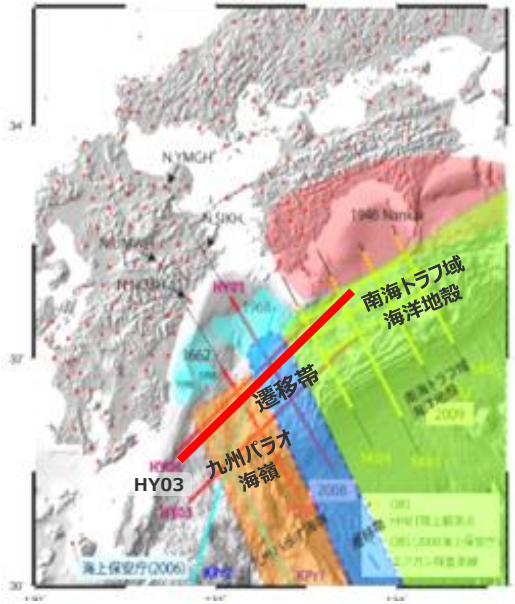
○固着域の評価結果に、構造的境界に関する知見の分析結果を加え、破壊伝播の可能性を検討

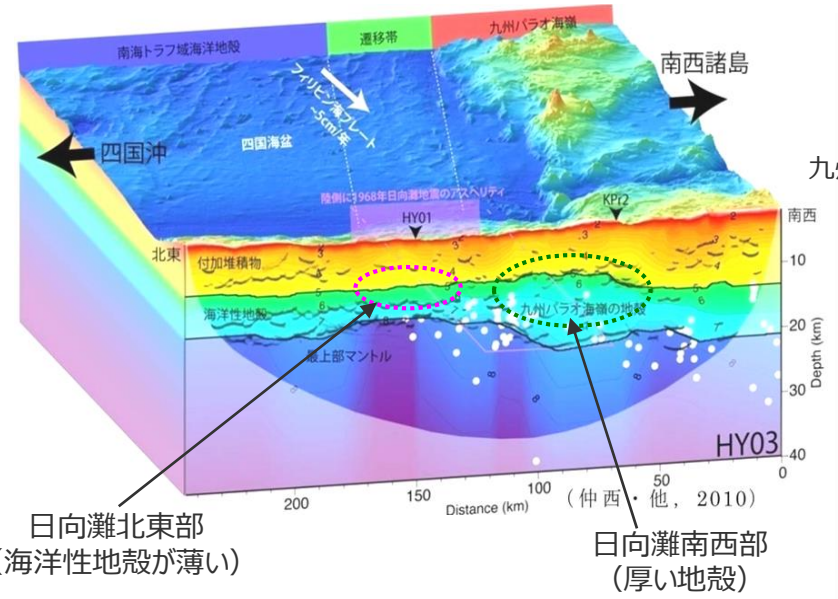
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

南海トラフと琉球海溝の構造的境界に関する知見

第615回資料1-2
p.74再掲

○構造探査等の結果から、九州・パラオ海嶺付近を境に、海洋プレート浅部（地殻）の厚さ等の構造が異なるとされている。
○九州・パラオ海嶺付近を境に、プレートの年代が異なるとされている。



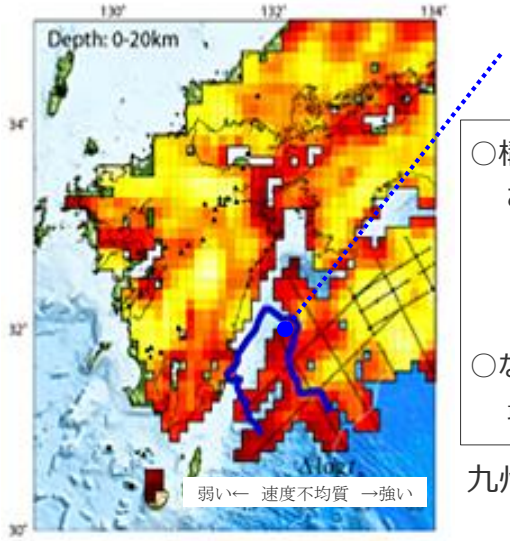


日向灘北東部
（海洋性地殻が薄い）

日向灘南西部
（厚い地殻）



フィリピン海プレートを構成する海盆の年代
（Okino et al.(1998)などによる、Seno(2000)に加筆）



九州・パラオ海嶺が沈み込む部分（青線内）に
速度不均質の強い領域（赤）が存在

○構造探査の結果を踏まえ、九州・パラオ海嶺で、南海トラフと構造が区分されると考えられる。
・九州・パラオ海嶺が沈み込む周辺で、地殻の厚さが大きく変化
・九州・パラオ海嶺が沈み込む部分では、速度不均質が強い
（顕著な空間変化を示す）
○なお、南海トラフの巨大地震の想定（内閣府(2012)）において、最大クラスの津波波源の西端を九州・パラオ海嶺の北側付近としている。

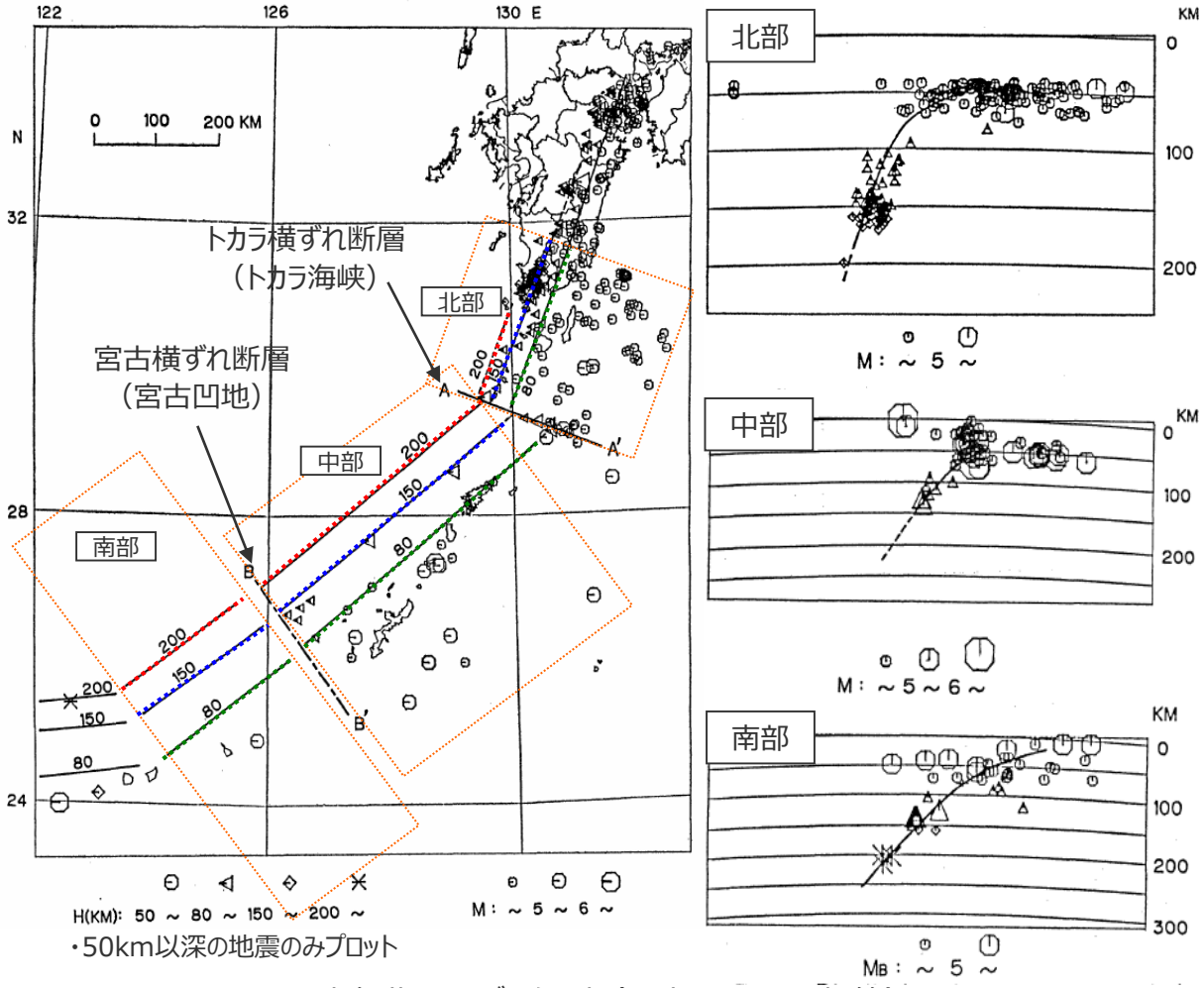
九州・パラオ海嶺での構造変化と南海トラフにおける地震に関する見解
（文部科学省・海洋研究開発機構（2013)に加筆）

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

琉球海溝内の構造的境界に関する知見：海洋プレート

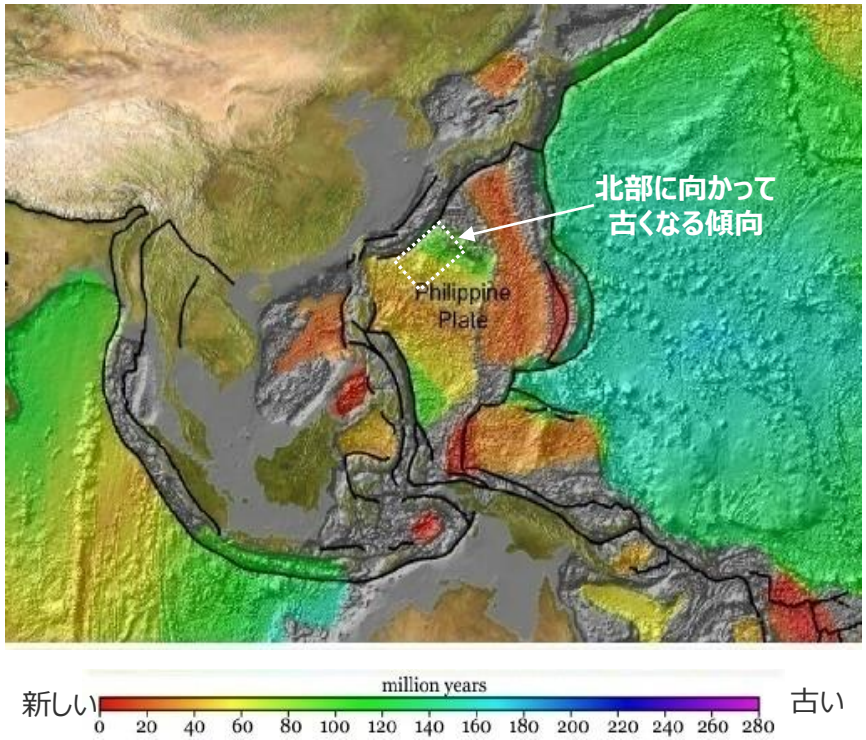
第615回資料1-2
p.75再掲

○稍深発地震の分布から、海洋プレートの傾斜が琉球海溝北部から南部で変化するとされている。（北部は急、南部は緩い）
○琉球海溝北部から南部で、海洋プレートの年代が変化するとされている。（北部は古く、南部は新しい）



・50km以深の地震のみプロット

琉球海溝のスラブの傾斜（長宗(1987)に加筆）



フィリピン海と周辺の海洋プレートの年代
（NOAA(2008)に加筆）

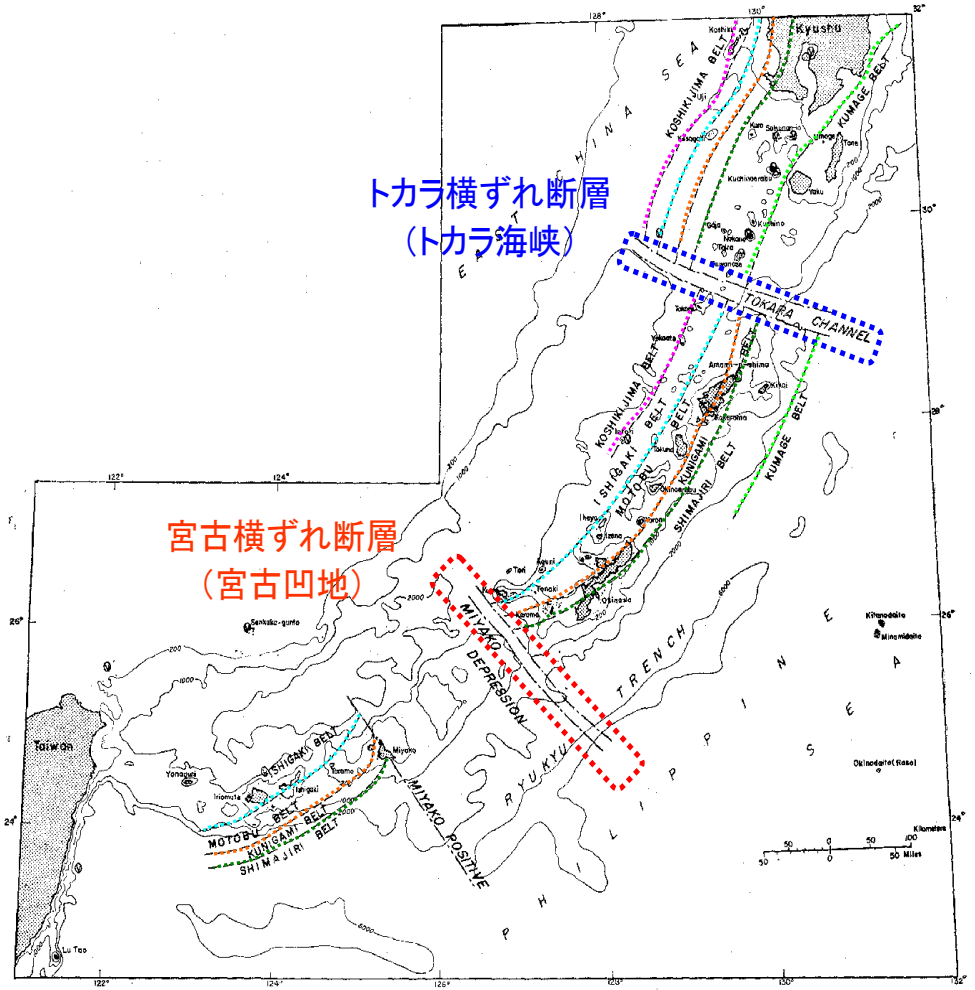
・稍深発地震の分布から、北部は高角度でもぐり込み、南部は比較的に緩やかにもぐり込んでいると見られる。
・北部・中部・南部で、海洋プレートの傾斜が異なっていると見られる。

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

琉球海溝内の構造的境界に関する知見：陸側プレート

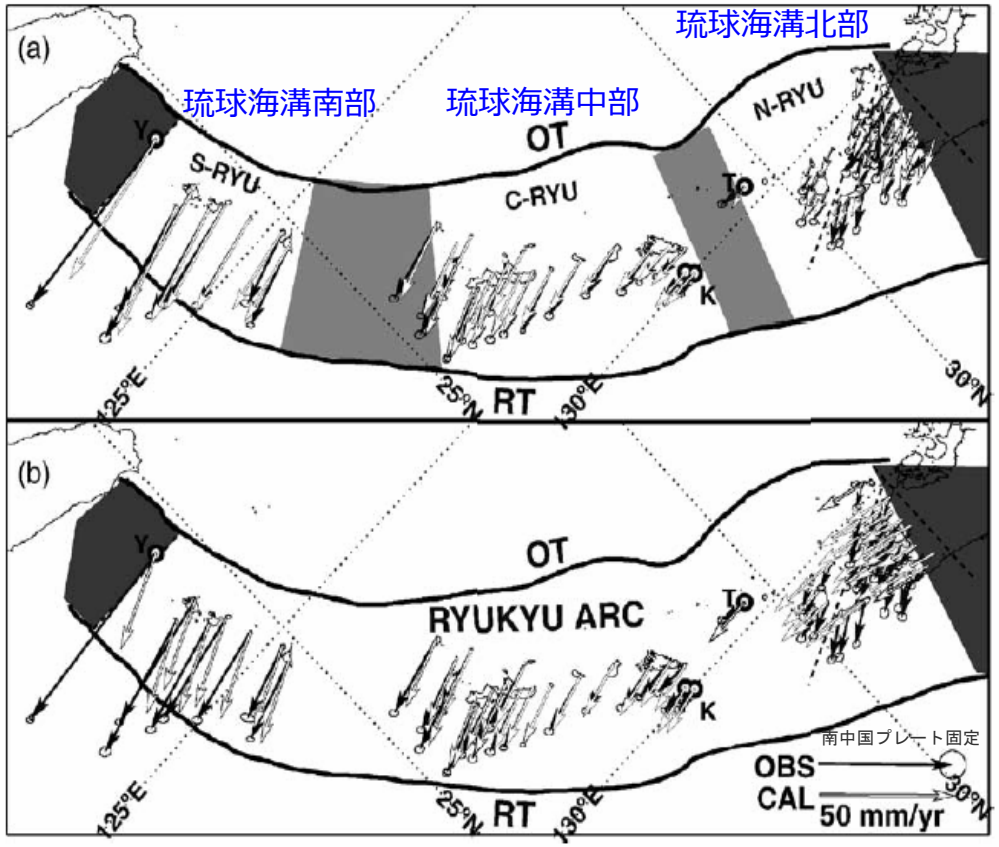
第615回資料1-2
p.76再掲

○琉球地域は、横ずれ断層により、地質学的に３分割されるとされている。
○琉球地域は、測地学的検討により、琉球北部・中部・南部の３ブロックに分かれるとされている。



琉球地背斜の先中新世基盤岩類にみられる帯状構造
（小西(1965)に加筆）

・基盤構造の帯状配列が絶たれるトカラ海峡や宮古凹地に左横ずれ断層を置き、琉球弧はこの2つにより、地質学的に3分割されている。



琉球海溝における測地学的検討（Nishimura et al.(2004)）

・琉球弧のＧＰＳ観測データを説明するモデルとして、1ブロックのモデル(ｂ)と、トカラギャップ（トカラ横ずれ断層）及び慶良間ギャップ（宮古横ずれ断層）で分けられる北部・中部・南部の3ブロックからなるモデル(a)の2種類を想定。
・2種類のモデルとGPS観測データを比較した結果、ブロックが1つと仮定するよりも、ブロックが3つと仮定した方が、琉球弧の動きをよく説明できる。

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

破壊伝播の検討（評価結果）

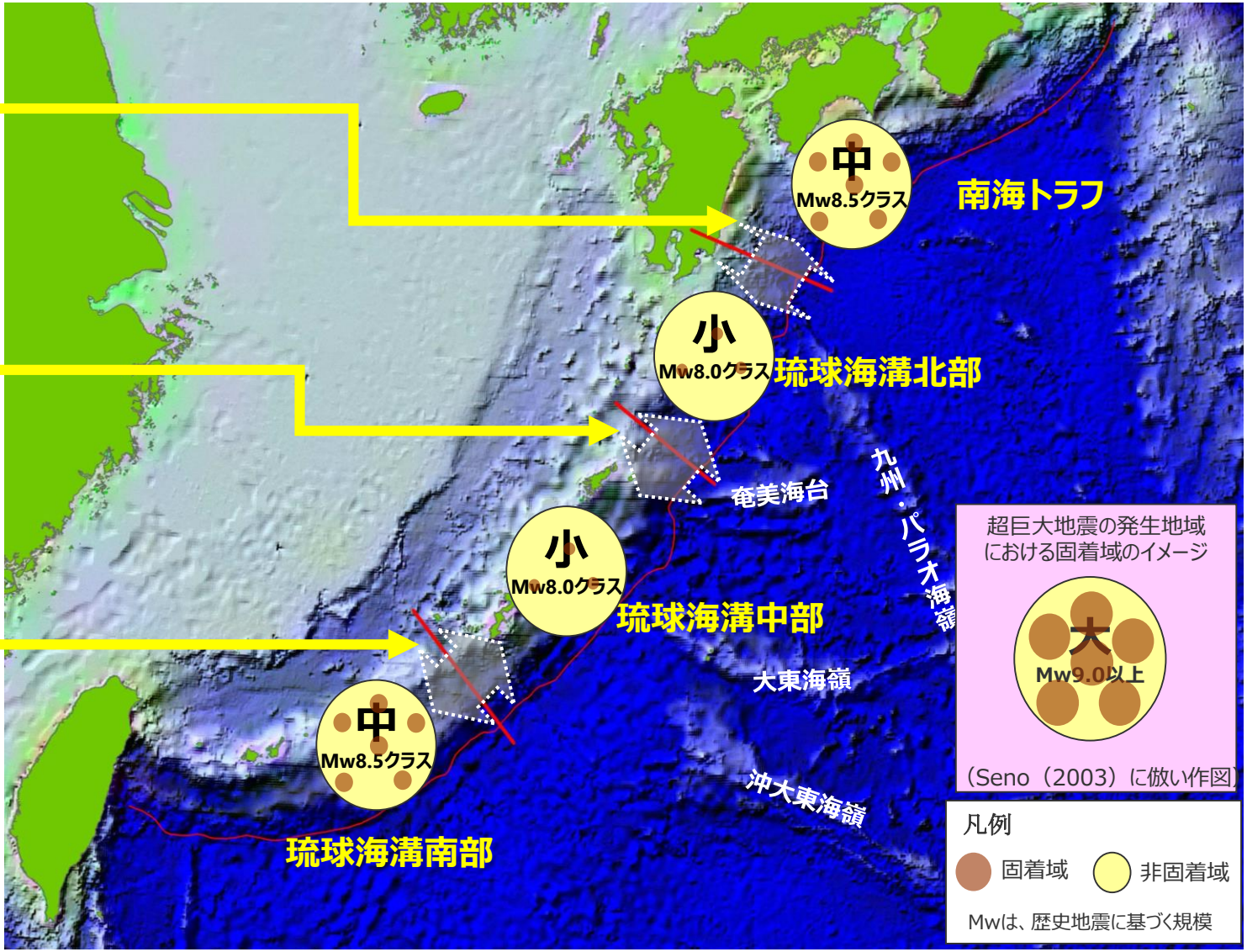
第615回資料1-2
p.77再掲

○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～琉球海溝において、各領域を横断するような破壊伝播（スケーリング的な連動）を考慮する必要はないと考えられる。

・南海トラフの固着域は超巨大地震を発生させるような規模ではないこと、すべり欠損が顕著に小さくなること、構造的境界が認められることから、破壊伝播を考慮する必要はないと考えられる。

・固着は小規模であること、構造的境界が認められることから、破壊伝播を考慮する必要はないと考えられる。

・琉球海溝南部の固着域は超巨大地震を発生させるような規模ではないこと、琉球海溝中部においては、2,300年の間、巨大地震が発生していないこと、構造的境界が認められることから、破壊伝播を考慮する必要はないと考えられる。



（NOAA Mapを基に作成）

各領域の固着域のイメージ

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

南海トラフ～琉球海溝での分析のまとめ

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

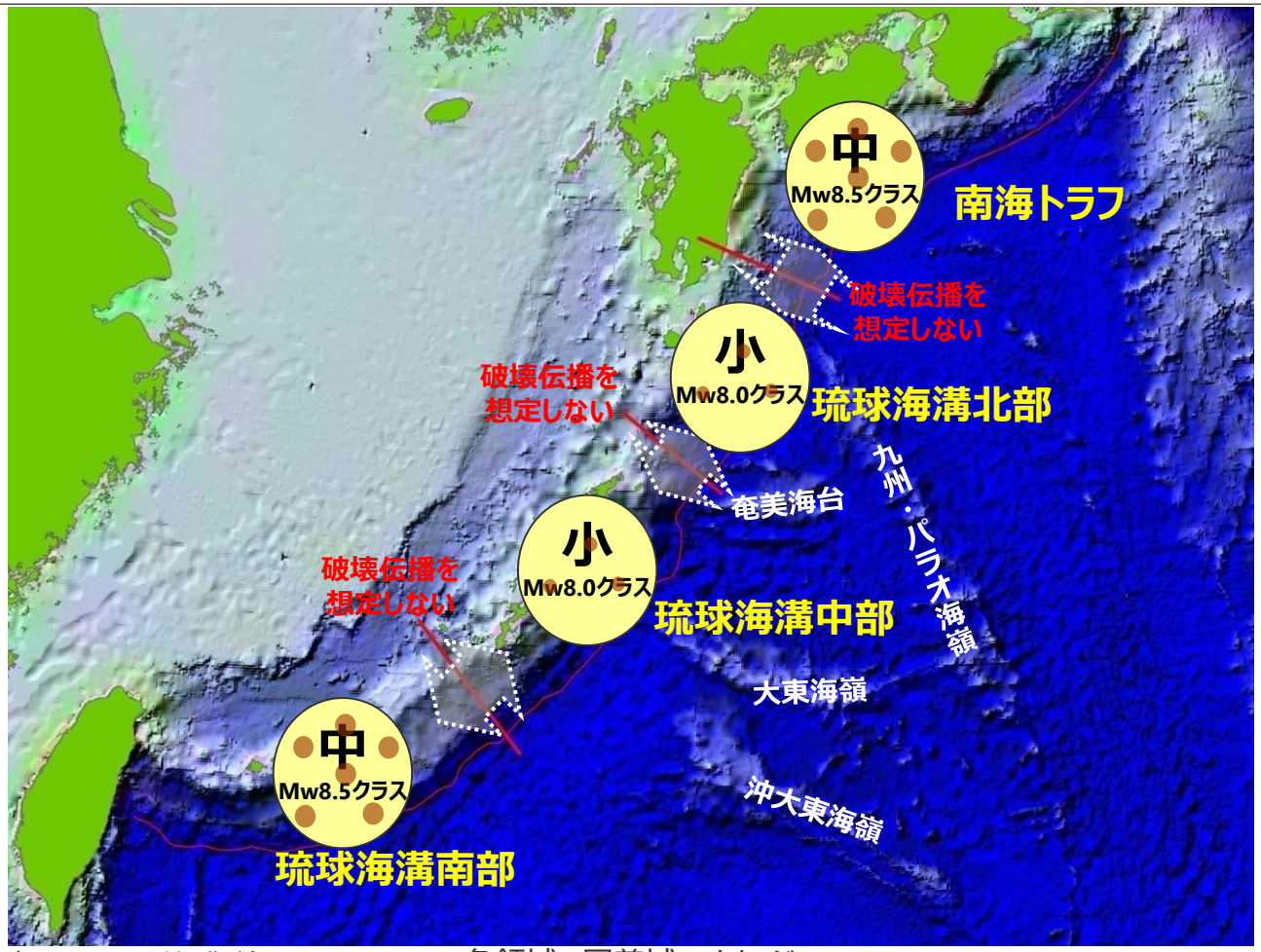
南海トラフ～琉球海溝での分析のまとめ

第615回資料1-2
p.79再掲

○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Mw8.0クラス、琉球海溝南部ではMw8.5クラスであるものの、それらを超える可能性を検討した。

○世界の超巨大地震発生地域と南海トラフ～琉球海溝を比較・分析した結果から、南海トラフ～琉球海溝においては、世界の超巨大地震発生地域レベルの固着域はなく、各領域内における最大規模の歴史地震と整合的な固着域が想定される。

○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～琉球海溝において、各領域を横断するような破壊伝播（スケーリング的な連動）を考慮する必要はないと考えられる。



（NOAA Mapを基に作成）

各領域の固着域のイメージ

超巨大地震の発生地域
における固着域のイメージ



（Seno（2003）に倣い作図）

凡例
固着域　非固着域
Mwは、歴史地震に基づく規模

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

4　検討対象領域の選定の詳細

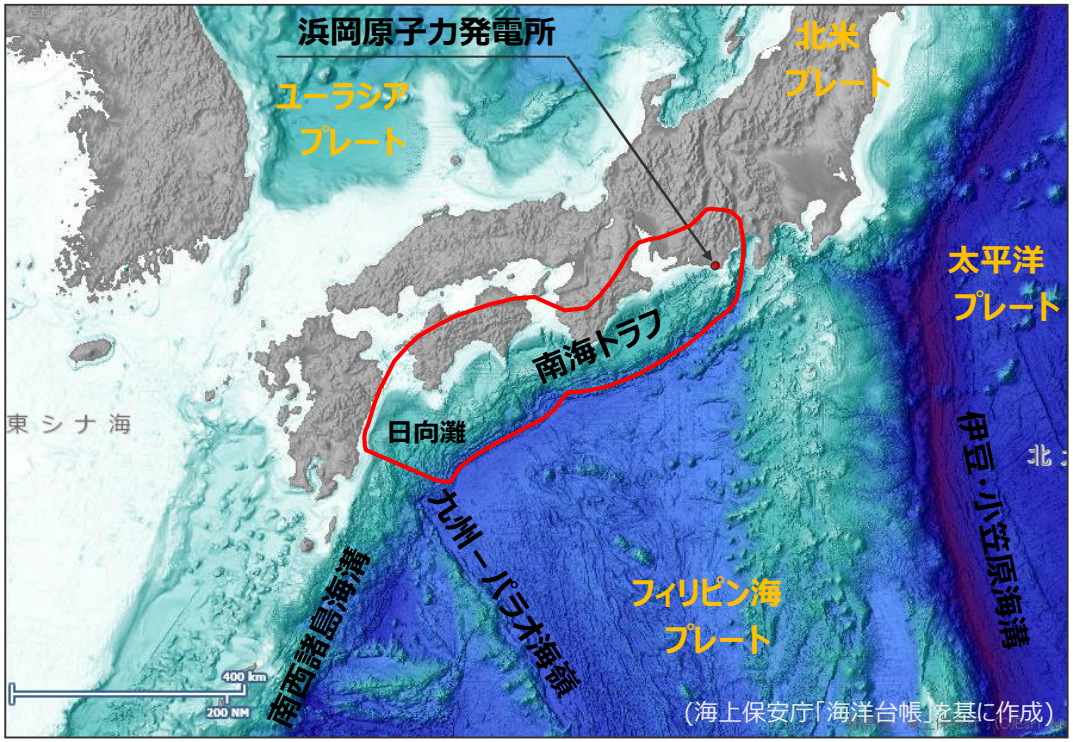
4-2　敷地を波源とした津波の伝播特性に関する検討

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

敷地を波源とした津波の伝播特性に関する検討(1)

第509回資料1-3
p.81再掲

■敷地前面の海域から広く到来する津波の指向性の傾向を把握し、基準津波の波源との関係を確認するため、発電所敷地前面に波源を仮定した場合の津波数値シミュレーションを実施。



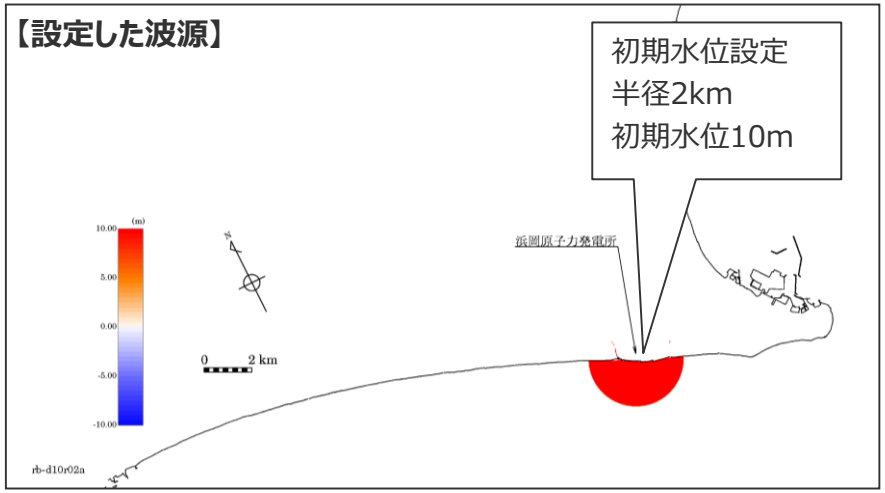
※地震調査委員会(2013)における南海トラフの最大クラスの地震の震源域を赤線で図示

日本列島周辺の海底地形

【解析の方法】

○発電所敷地前面に波源（半径2km　初期水位10m）を仮定し、敷地前面海域における最大上昇水位を数値シミュレーションで確認する。

【設定した波源】

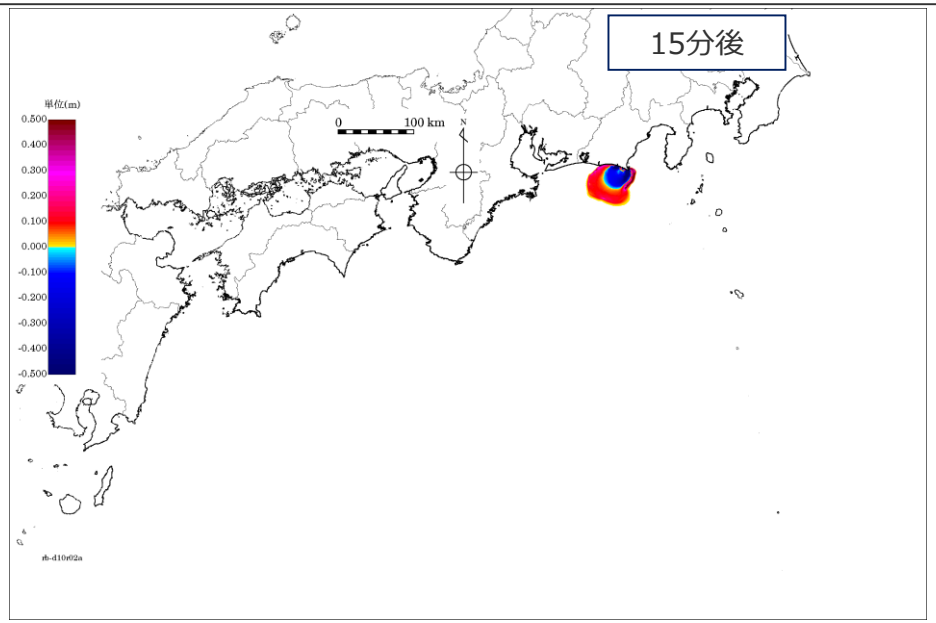


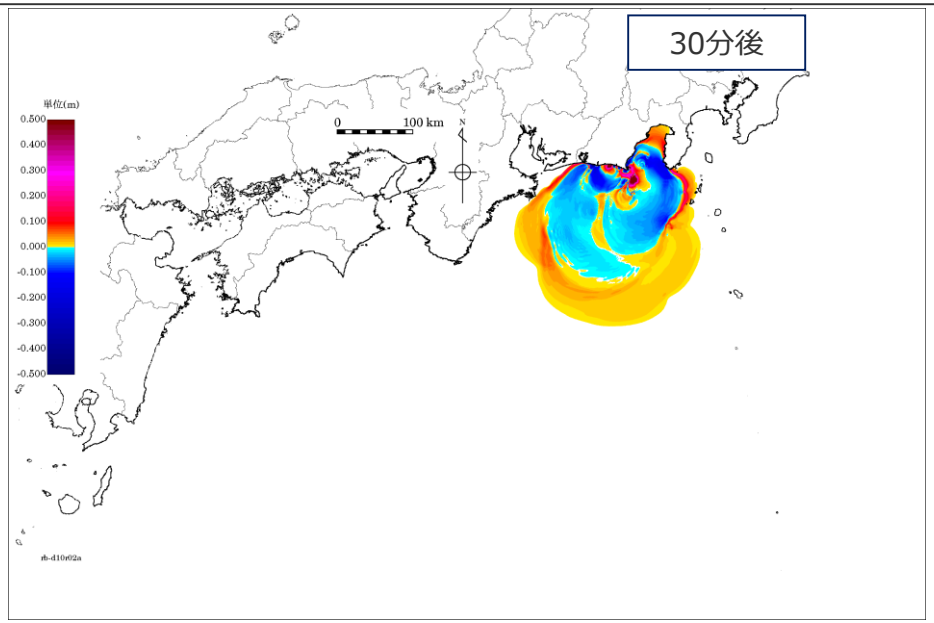
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

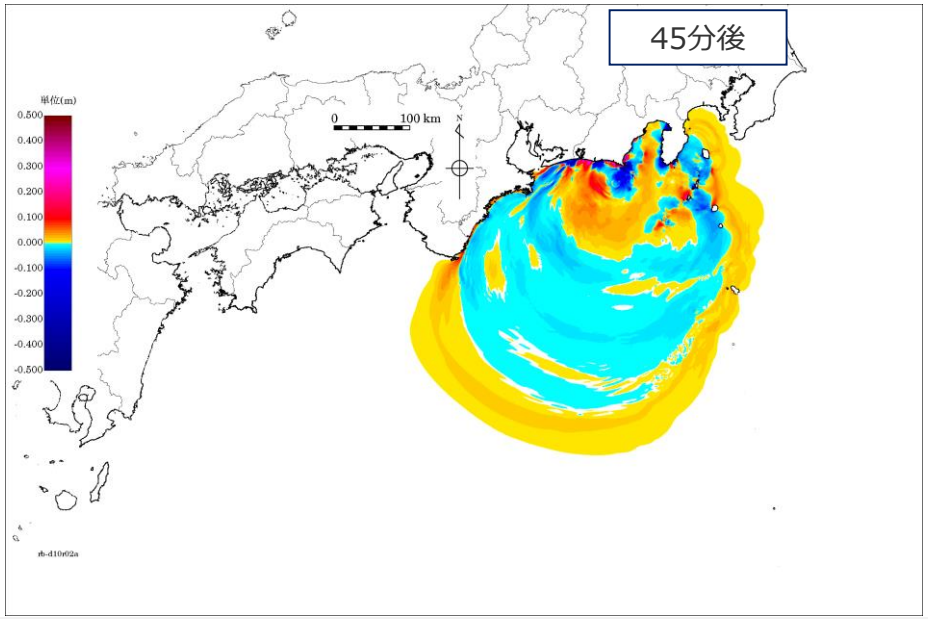
敷地を波源とした津波の伝播特性に関する検討(2)

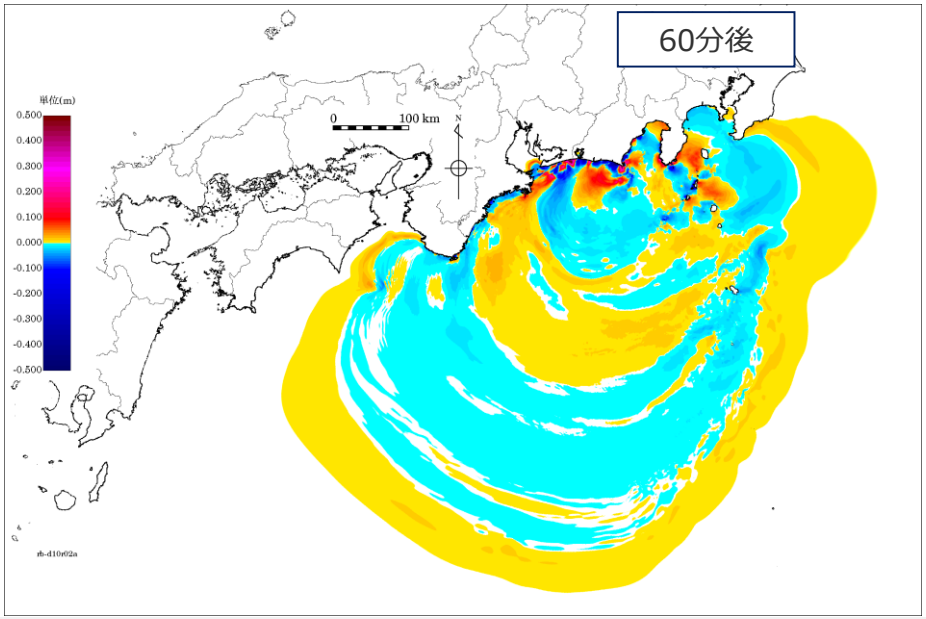
第509回資料1-3
p.82再掲

■解析の結果、時刻ごとの水位分布は以下のとおりとなった。







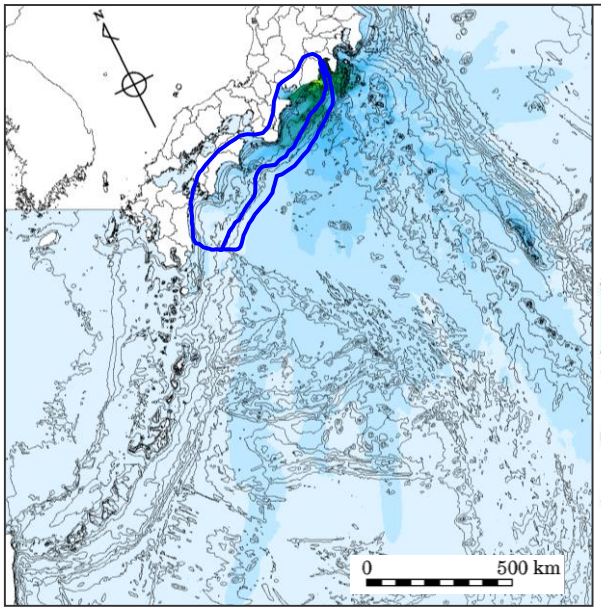


Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

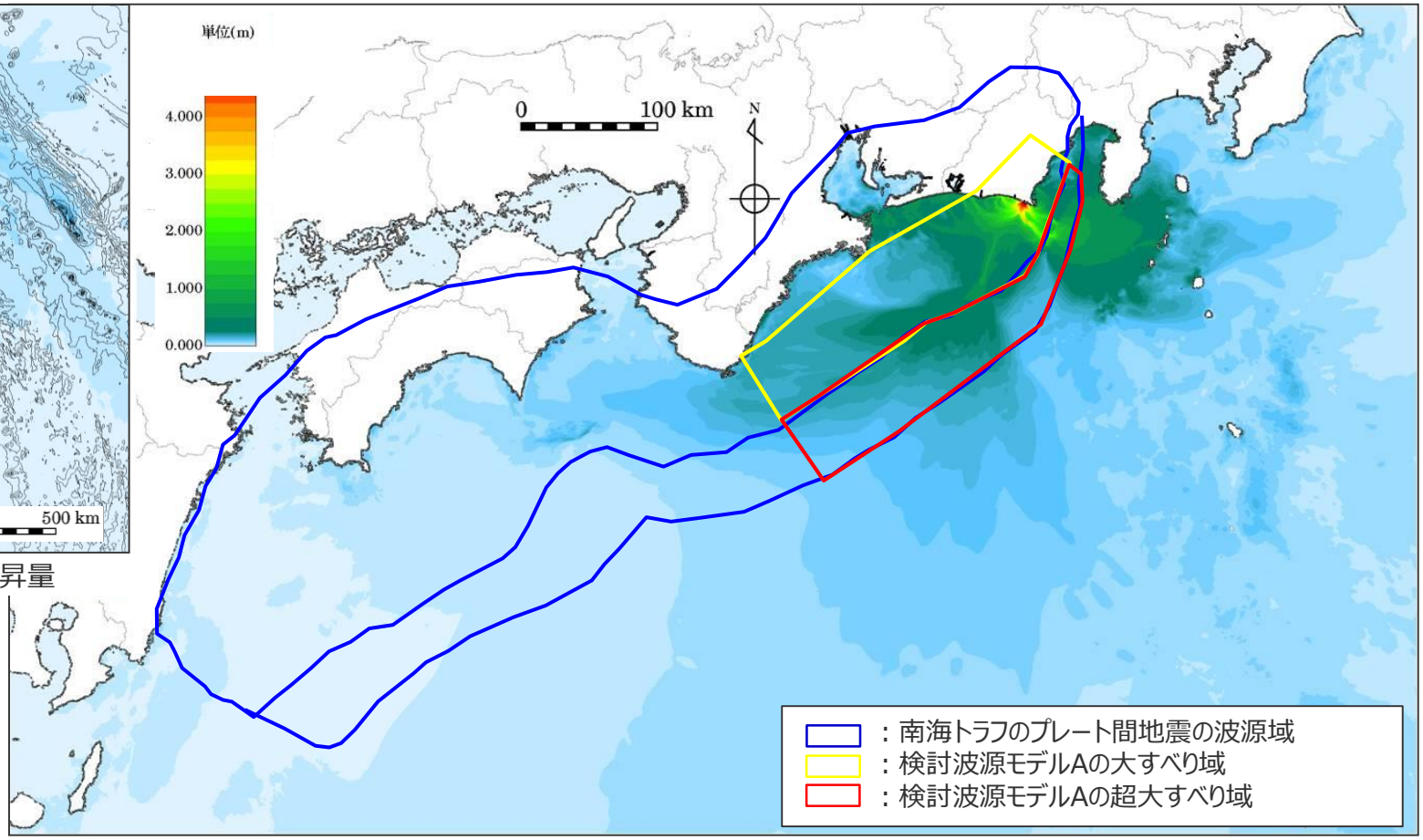
敷地を波源とした津波の伝播特性に関する検討(3)

第1020回資料1-2
p.150再掲

■解析の結果、敷地前面に与えた初期水位による津波伝播の指向性が強いのは、敷地前面の南海トラフである。
■検討波源モデルAの大すべり域、超大すべり域は、津波伝播特性の指向性が強い範囲を含んでいる。
■南西諸島海溝や伊豆・小笠原海溝への指向性は認められない。



解析領域全体の最大水位上昇量



・グリーンの法則に基づき、水位を修正している。

南海トラフ周辺の最大水位上昇量

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

5　行政機関等の津波波源モデルの詳細

5-1　内閣府の最大クラスの津波の波源モデル

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

検討概要

第1020回資料2-2
p.152再掲

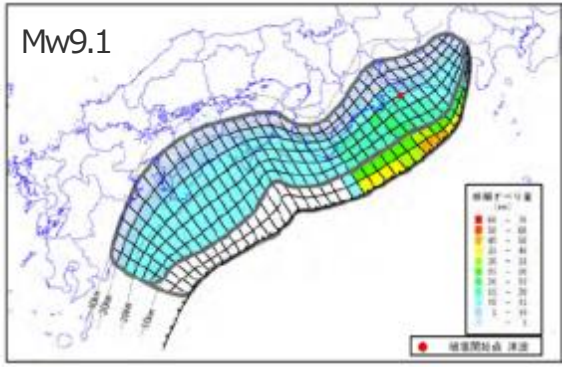
■内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」が設定した最大クラスの津波の波源モデルについて、内閣府の報告書および内閣府から提供を受けたデータに基づき、以下のとおりパラメータ設定の詳細を確認し、分析を行った。

＜内閣府による最大クラスの津波の推計経緯＞

■ 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」では2011年東北沖地震発生後、中央防災会議 「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報告」（平成23年9月28日）の「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」との提言を受けて以下のとおり検討を進め、最大クラスの津波の推計を行っている。

➢ 南海トラフの巨大地震モデル検討会　中間とりまとめ（平成23年12月27日）
➡ 南海トラフの巨大地震モデルの想定震源断層域・想定津波断層域の設定の考え方や最終とりまとめに向けた検討内容等についてとりまとめを実施。

➢ 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告）（平成24年3月31日）
➡ 津波高等の概ねの傾向を把握するため、50mメッシュの地形データ等を用いて、海岸線における津波高等を推計。



最大クラスの津波の波源モデル
（ケース①の例）（内閣府(2012)）

➢ 南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）（平成24年8月29日）
➡ 第一次報告に対し、10m メッシュの地形データ等を用いるなど計算条件を精緻化し、海岸線における津波高等に加え津波が遡上した浸水域・浸水深等を推計。

■ 当社は、これらの検討について、内閣府から津波断層パラメータ、地形データ、推計された津波高等のデータ提供を受けている。※

※南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された震度分布・浸水域等に係るデータ提供について（http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/data_teikyou.html）

＜検討概要＞

①内閣府の最大クラスモデルのパラメータ設定の確認

■ 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による最大クラスの津波の波源モデル（以降、「内閣府の最大クラスモデル」とする。）のパラメータの設定方法について、上記報告書および内閣府からの提供データ（以降、これらを内閣府(2012)とする。）に基づき、確認した。

②内閣府の最大クラスモデルの分析

■内閣府の最大クラスモデルについて、以下に関する分析を行った。

○平均応力降下量・平均すべり量の分析
○杉野ほか(2014)に基づくすべり量との比較分析
○最大クラスモデルの津波評価結果の分析

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