

本県で過去に発生した津波高の整理及び再現計算による津波高の算出について

1. 本県において過去に発生した津波

本県において過去に発生した津波としては、南海トラフを震源とする地震に伴う津波やチリで発生した地震による遠地津波などが知られている。(表-1)

南海トラフでは、マグニチュード8クラスの地震が90~150年程度の間隔で繰返し発生し、それに伴う津波が本県沿岸にも来襲している。しかし、本県は、瀬戸内海側に位置しており、しかも、東側は紀伊水道や淡路島、西側は豊後水道、佐田岬半島、芸予諸島などに囲まれていることから、太平洋側から来る津波が減衰し、そのため、四国の太平洋側と比べると津波高はかなり低い。

表-1 香川県沿岸に影響を及ぼした既往津波

発生年	地震名	震源	地震の規模 (M)	痕跡の有無 (香川県)	最大痕跡高 (参考)
684年	白鳳南海地震	南海トラフ	8.0~8.3	×	—
887年	仁和地震	南海トラフ	8.0~8.5	×	—
1096年	永長地震	南海トラフ	8.0~8.3	×	—
1099年	康和地震	南海トラフ	8.0~8.3	×	—
1361年	正平地震	南海トラフ	8.4	×	—
1498年	明応地震	南海トラフ	8.6	×	—
1605年	慶長地震	南海トラフ	7.9	×	—
1707年	宝永地震	南海トラフ	8.6	○	3.0m
1854年	安政東海地震 安政南海地震	南海トラフ	8.4	○	1.5m
1944年	東南海地震	南海トラフ	7.9	×	—
1946年	昭和南海地震	南海トラフ	8.0	○	0.9m
1960年	チリ地震	チリ沖	9.5	○	0.2m
2011年	東北地方太平洋沖地震	太平洋三陸沖	9.0	○	0.17m

(出典：日本津波被害総覧(第2版)、東北大学津波痕跡データベース他)

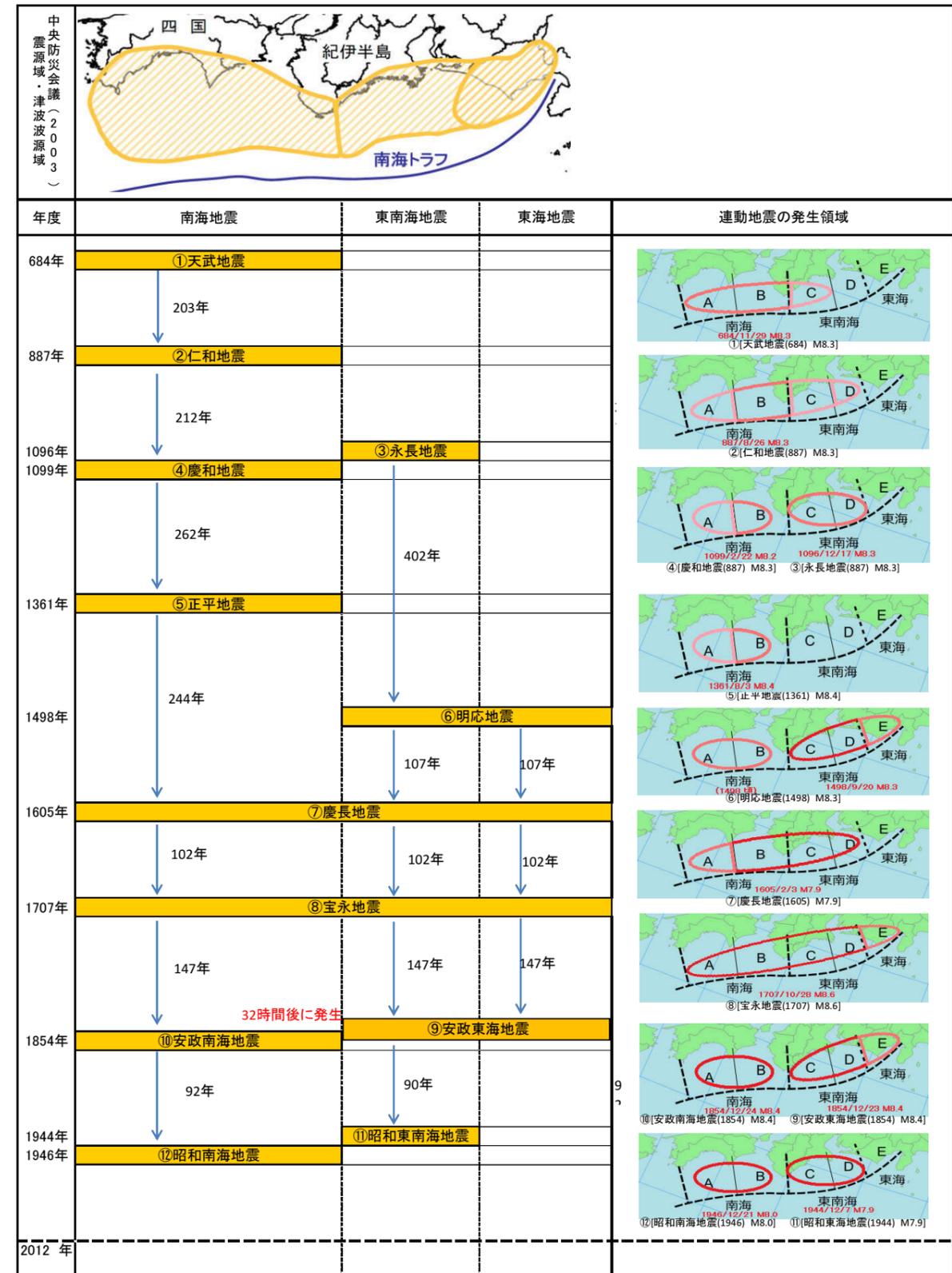


図-1 南海トラフ地震の発生頻度と発生域

2. 過去に発生した津波の実績津波高の整理

2.1 資料の収集

本県において過去に発生した津波の実績津波高については、「東北大学津波痕跡データベース」及び「日本被害津波総覧（第2版）」のデータを基本とする。

東北大学津波痕跡データベースは、津波痕跡データ（津波がその場所に到達したことを示す情報）を原子力発電所等の安全性評価に活用するために、津波専門家との協働で整備されたもので、登録された約25,000件のデータは、専門家による精査によって痕跡の信頼度が、表-2のとおり付与されている。本県では、痕跡の場所や津波高が具体的に特定可能である「信頼度A（信頼度大なるもの）」及び「信頼度B（信頼度中なるもの）」のデータを採用する。

日本津波被害総覧（第2版）【渡邊偉夫著 東京大学出版会 1998】は、津波発生のメカニズムに加え、将来の津波研究に欠かせない過去の歴史地震による津波被害に関する情報が国内外を問わず広く収集整理したものである。なお、本資料に記載された痕跡のうち、東北大学津波痕跡データベースと重複とするものは、データベースを基に検討する。

表-2 東北大学津波痕跡データの信頼度

表(2) 津波痕跡高の信頼度の分類（1960年チリ地震津波以前）

判断基準			
信頼度	A	信頼度大なるもの	古文書・郷土史等に記載され、痕跡の場所を現在でも確認でき、しかも近年になって測量されて高さの確定されたもの
	B	信頼度中なるもの	古文書・郷土史等に記載され、痕跡の場所を現在でも確認できるが、近年の再測量のなされていないもの
	C	信頼度小なるもの	古文書等に記載、或いは言い伝えられてはいるが、字名、集落名などにとどまり、到達地点を確かめることのできないもの
	D	参考値にとどまるもの	古文書等の関連現象・被害の記述から推測されたもの

出典：[4]

表(3) 痕跡高の信頼度の分類（X、Zの定義(暫定)）

判断基準			
信頼度	X	全く信頼できないもの	・明らかに引用の間違い、記載間違いであるもの ・利用すべきでないもの、除外すべきもの ・歴史津波の場合で、古文書資料などの精査により文献信頼度を×と判定したもの
		カタログ作成の元になった原文献に戻って判定すべきもの	・カタログ類と分類された場合 ・その地区（かなり広い範囲）の値を総括した値と思われるもの
	Z	重複	・痕跡データベースに登録された別の文献からの孫引き（同じ地点の値が重複）
		浸水計算の確認に利用できる定性的な情報	・高さに関する記述ではないため、痕跡信頼度（A、B、C、D及びX）を評価しようがないが、遡上位置、範囲に関する記述など、浸水計算結果（浸水の有無）の確認に利用できる定性的な情報。

平成22～23年度 津波痕跡データベース検討委員会 作成

2.2 資料の検討

「東北大学津波痕跡データベース」及び「日本被害津波総覧（第2版）」に記載されているデータは、表-3のとおり、宝永地震4件、安政南海地震4件、昭和南海地震6件の14件となっている。なお、日本被害津波総覧(第2版)には、香川県の津波痕跡については記載されていないことから、津波痕跡データベースの「信頼度」によって、データを採用するか判断する。

まず、宝永地震については、4件のデータがあるが、「到達地点が不明」として信頼度Cが2件、「参考値にとどまるもの」として信頼度Dが1件、信頼度Zが1件となっており、採用すべきデータはない。

安政南海地震については、「資料が全く信頼できない」として信頼度Xが3件、信頼度Zが1件となっており、採用すべきデータはない。

昭和南海地震については、高松検潮所で観測されたデータが信頼度Aとなっているが、その他の5件は、信頼度Zとなっており、採用すべきデータは、信頼度Aの1件となっている。

表-3 津波痕跡一覧

地震	地点	緯度	経度	痕跡パターン	測定基準面	津波痕跡高	痕跡信頼度
宝永地震	① 高松市 玉藻公園(高松城跡)	34.35194	134.0517	—	平均海面上	3	D
	② 小豆郡小豆島町 坂手港	34.45556	134.3211	—	平均海面上	2	C
	③ 丸亀市 土器川河口部	34.30056	133.8025	—	平均海面上	2	C
	④ 高松市 玉藻公園(高松城跡)	34.35194	134.0517	—	—	0	Z
安政南海	⑤ 高松市 玉藻公園(高松城跡)	34.35194	134.0517	浸水高	—	1.5	X
	⑥ 坂出市 木沢港	34.37972	133.9214	浸水高	—	1	X
	⑦ 三豊市 石川(石川橋地点)	34.21917	133.6869	浸水高	—	1.5	X
	⑧ 高松市 玉藻公園(高松城跡)	34.35194	134.0517	記載なし	—	—	Z
昭和南海	⑨ 高松市 高松町	34.33619	134.1134	浸水高	M.S.L.	0.9	Z
	⑩ 高松市	34.33619	134.1134	浸水高	M.S.L.	0.9	Z
	⑪ 高松市	34.33619	134.1134	浸水高	M.S.L.	0.9	Z
	⑫ 高松市(高松港船場場付近)	34.35194	134.0506	浸水高	M.S.L.	0.9	Z
	⑬ 高松検潮所	34.35139	134.0569	浸水高	年平均水面(T.P.)	0.25 (0.88※)	A
	⑭ 高松市	34.35139	134.0569	浸水高	—	0.3	Z

①、④、⑤、⑧は同一地点 ⑨、⑩、⑪は同一地点、⑬、⑭も同一地点
※ ⑬の年平均水面は0.63であることから換算水位はT.P.0.88

2.3 まとめ

本県において、具体的な津波高として信頼することのできる痕跡は、昭和南海地震の際に高松検潮所で観測されたデータ1件のみで、過去に発生した津波の津波高を検証するには、データが不足しており、再現計算（シミュレーション）を実施して、データを補完する必要がある。

3. 再現計算による津波高の算出

3.1 再現計算を行う津波

再現計算を行う津波について、昭和南海地震は、本県で唯一信頼できる津波高データがあるが、その高さは 0.9m で、宝永地震や安政南海地震による津波高より小さいと推測できること、その波源が安政南海地震波源とほぼ同一で、規模も小さく、高知県、徳島県などと異なり紀伊水道、豊後水道からの伝播で、波源からの波向きによる津波高の増大なども少ないと考えられることから、対象とはしない。

したがって、対象とする地震は、宝永地震と安政南海地震とする。

以上については、平成 24 年 10 月 22 日に開催した「香川県地震・津波被害想定調査委員会（第 4 回）」に諮り、了承を得たものである。

表-5 再現計算を行う津波

発生年	地震名	震源	地震の規模 (M)
1707 年	宝永地震	南海トラフ	8.6
1854 年	安政南海地震	南海トラフ	8.4

【参考】

東北大学津波痕跡データベースに記載されている高松港地点における津波痕跡高を整理すると、図-3 のとおりである。信頼度に違いはあるが、宝永地震、安政南海地震に比べ、昭和南海地震による津波高は定性的には低いと推察される。

また、南海トラフ地震の香川県への津波の到達ルートにおける徳島県の海岸毎の痕跡水位のデータを図-4 に示すが、宝永地震、安政南海地震に比べ昭和南海地震の波高は小さい。

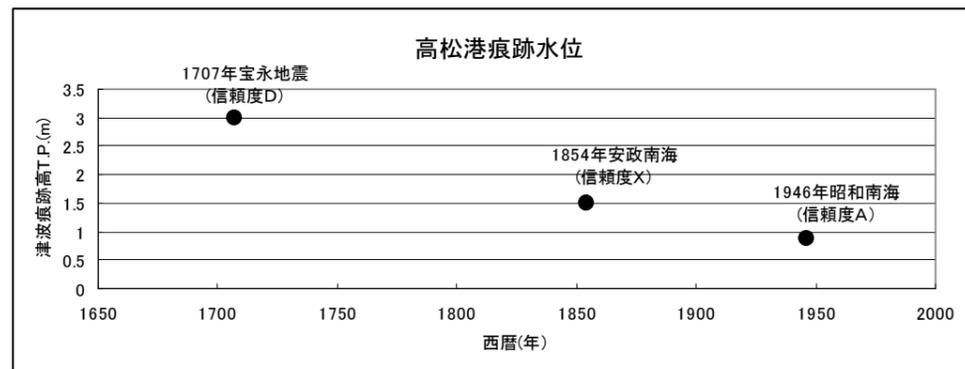


図-3 高松港既往津波高実績

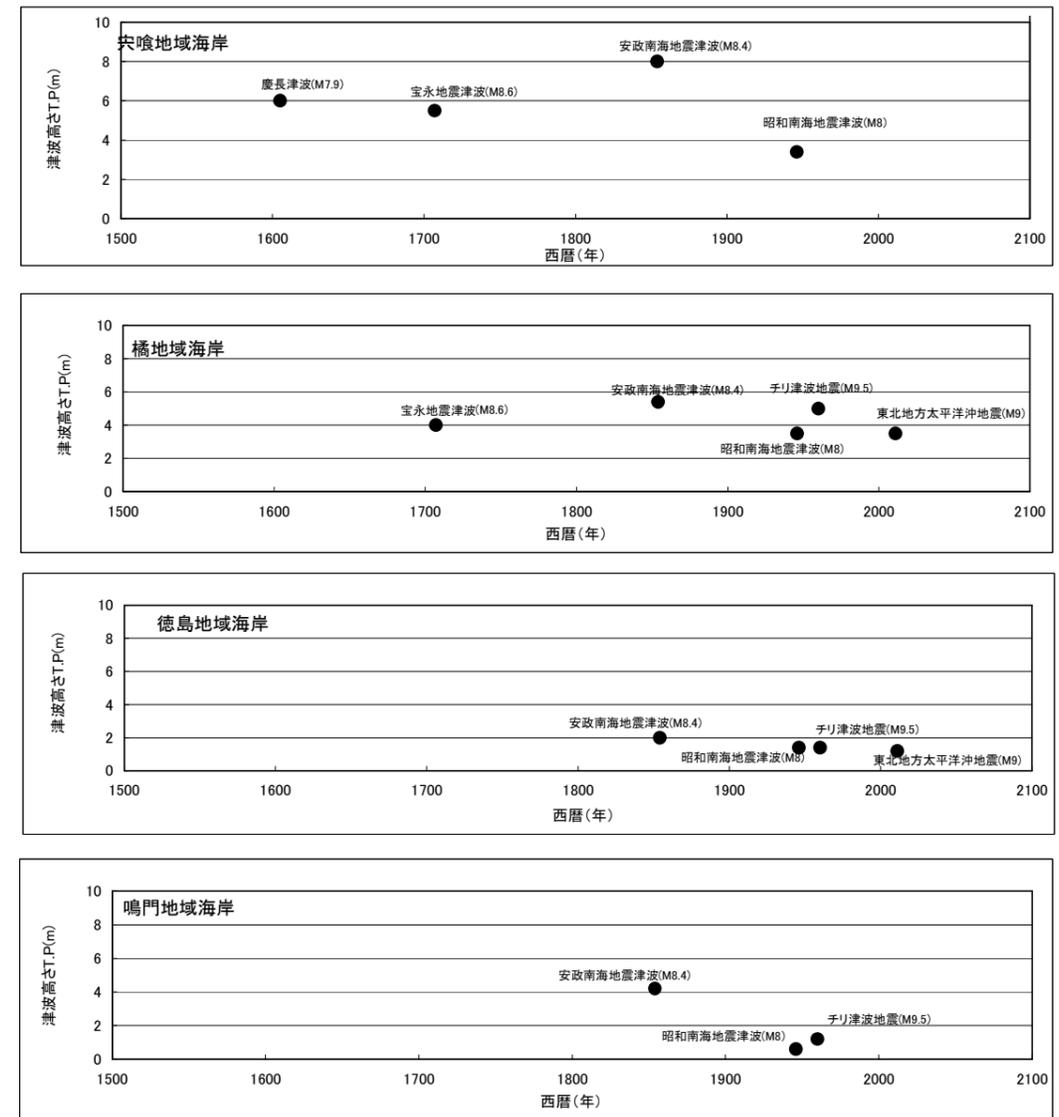


図-4 徳島県地域海岸における歴史津波高

3.2 宝永地震と安政南海地震の波源モデルについて

宝永地震と安政南海地震の波減モデルについては、これまで色々なモデルが提案され、検証が行われている。

本県では、「日本の地震断層パラメータ・ハンドブック」に提案されている断層の中から、平成 24 年 10 月 22 日に開催した「香川県地震・津波被害想定調査委員会（第 4 回）」に諮った上で、下記のモデルを選定した。

- ① 宝永地震モデル : 相田(1981)モデル
- ② 安政南海地震モデル : 相田(1981)モデル

① 宝永地震モデル

宝永地震モデルの代表的なものとして、相田（1981）モデルや Ando（1975）モデルなどがある。
相田モデルは津波数値解析と津波痕跡水位の検証を踏まえモデル化されたもので、四国側の断層として4種類のモデルを用いて津波痕跡と比較して選定されたモデルである。村上らによる検証※によると、本県に影響する津波の影響範囲での南四国、甲浦領域において実測値と適合性が高く、精度が高いモデルとして示されており、さらに、近県（徳島県、愛媛県）でも用いられている。

上記のことから、安政南海地震も出るとして、相田モデル（1981）を用いる。

※ 村上仁士・伊藤貞彦・山本尚明：各種断層モデルによる四国沿岸域の津波シミュレーションに関する考察（徳島大学工学部研究報告 第41号(1996)）

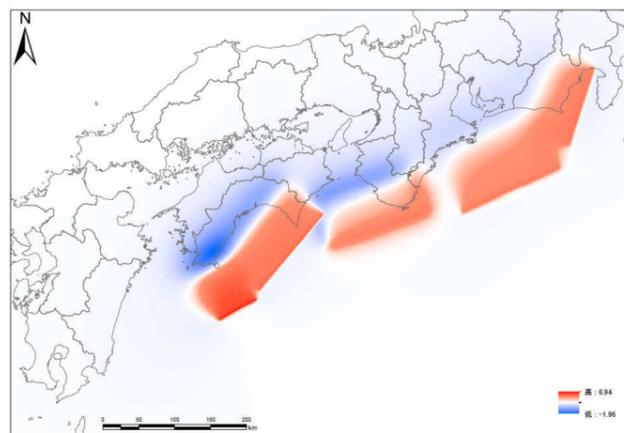
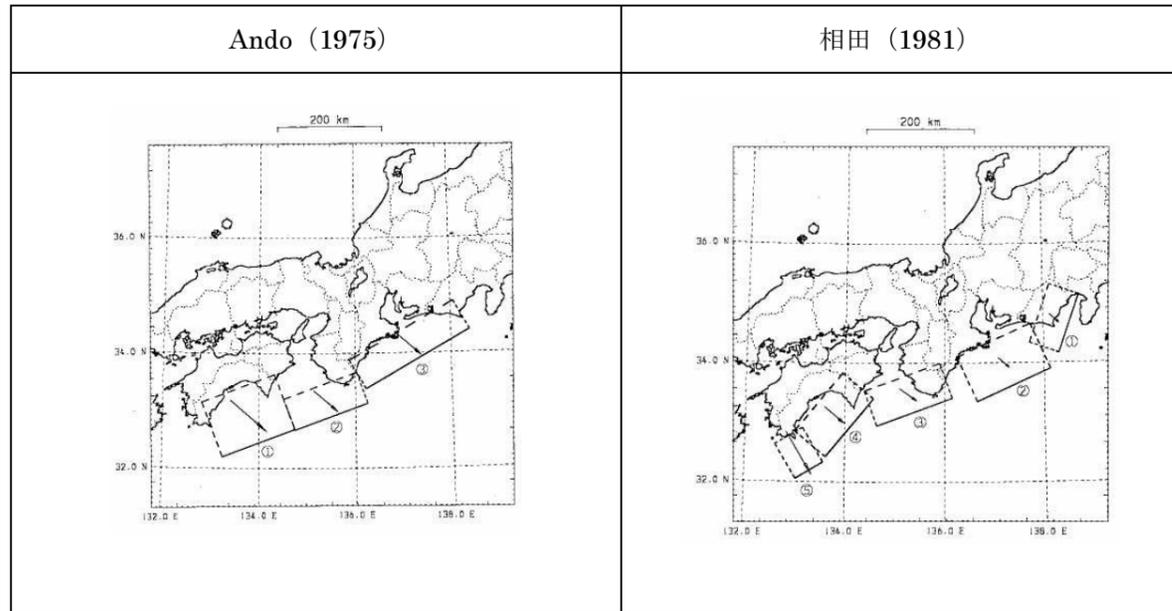


図-5 宝永地震・相田モデルの初期地盤変動量

Table 7 Values K and κ for tsunami in Hoei earthquake, 1707

(南四国全体)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	0.92	0.92
	κ	1.52	1.34
1.25km (K2)	K	1.10	1.21
	κ	1.39	1.47
5km (K1)	K	1.70	1.72
	κ	1.55	1.49
(甲浦領域)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	0.66	0.89
	κ	1.29	1.21
1.25km (K2)	K	0.88	1.31
	κ	1.29	1.46
5km (K1)	K	1.48	2.55
	κ	1.29	1.13
(足摺・宿毛領域)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	1.27	0.88
	κ	1.28	1.32
1.25km (K2)	K	1.35	1.11
	κ	1.26	1.42
5km (K1)	K	2.15	1.41
	κ	1.26	1.31

② 安政南海地震モデル

安政南海地震モデルの代表的なものとして、相田（1981）モデルと Ando（1975）モデルなどがある。

相田モデルは、1964年の Matuzawa の報告に基づき、大きな地殻変動が紀伊水道の奥まで及んでいたとして紀伊半島側の断層を北側にずらしたものであり、紀伊水道のずれ量も Ando の 4.0m に対し 4.7m と規模も大きく、紀伊水道からの津波の伝播を受ける本県としては安全側の評価となる。

また、村上らによる検証でも、本県に影響する南四国において実測値と適合性が高く、さらには、近県（徳島県）でも波源モデルとして用いられている。

上記のことから、安政南海地震モデルとして相田モデル（1981）を用いる。

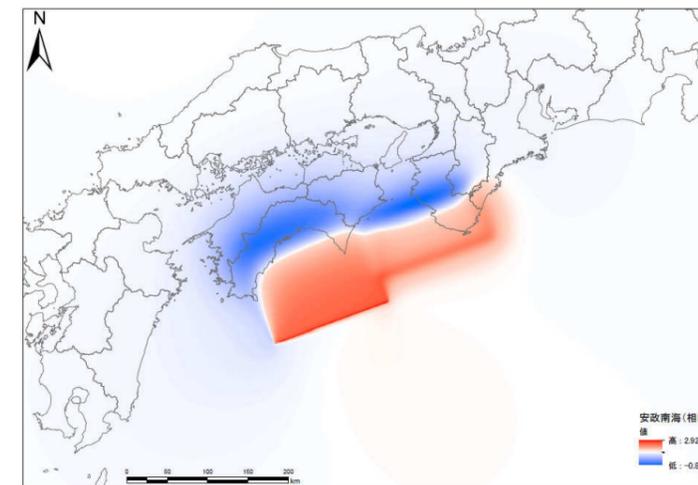
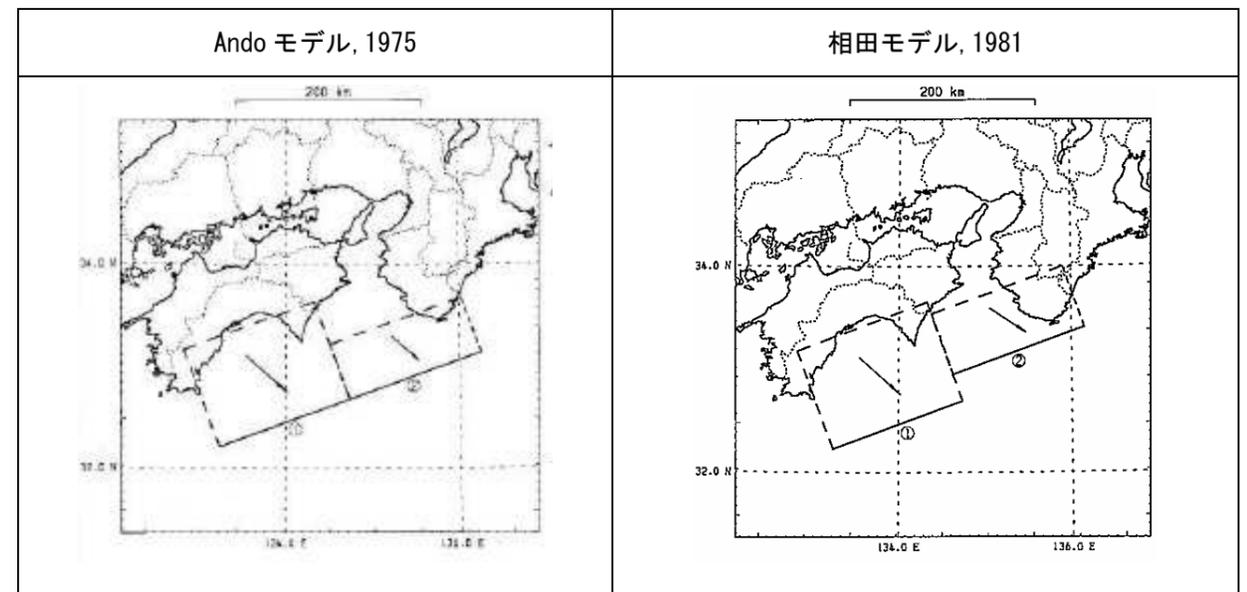


図-6 安政南海・相田モデルの初期地盤変動量

Table 6 Values K and κ for tsunami in Ansei earthquake, 1854

(南四国全体)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	1.27	1.18
	κ	1.44	1.51
1.25km (K2)	K	1.41	1.38
	κ	1.39	1.45
5km (K1)	K	2.38	2.25
	κ	1.44	1.67
(甲浦領域)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	1.06	1.08
	κ	1.28	1.38
1.25km (K2)	K	1.30	1.35
	κ	1.34	1.45
5km (K1)	K	2.33	2.03
	κ	1.25	1.15
(足摺・宿毛領域)			
計算格子間隔 (領域)	断層モデル	Ando (1975)	相田 (1981)
312.5m (K3)	K	1.44	1.31
	κ	1.47	1.49
1.25km (K2)	K	1.60	1.56
	κ	1.35	1.43
5km (K1)	K	2.85	2.80
	κ	1.27	1.68

3.3 再現計算の解析条件

再現計算における解析条件は、内閣府南海トラフの巨大地震のモデルを用いて解析を行った。過去の津波の再現では、初期潮位が不明であり、詳細な検証は困難なことから内閣府モデルの 30m 領域モデルを用いて解析を行った。

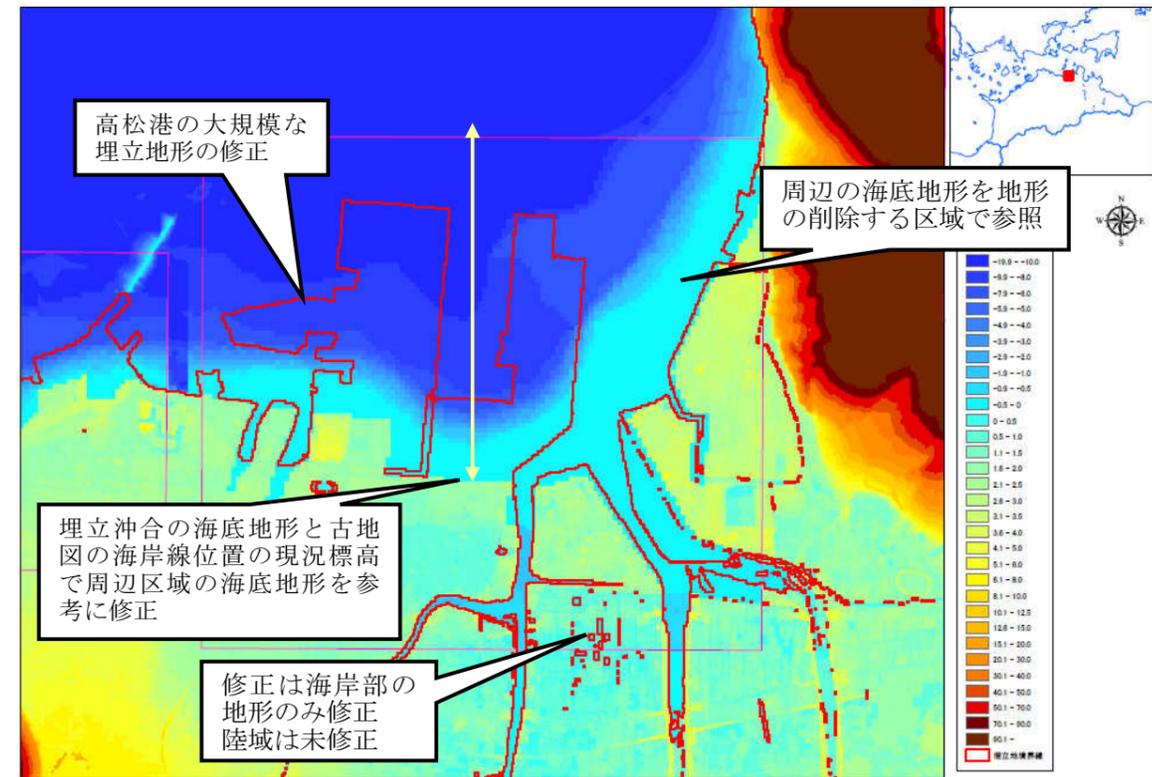
過去津波時の地形条件としては、国土地理院の古地図（明治 43 年測図、昭和 3 年測図）を用いて現況の沿岸部との差分地形について削除し、過去の地形を再現した。

右図に高松港、坂出港周辺で削除した地形範囲を示す。（赤線枠が現況の沿岸線）

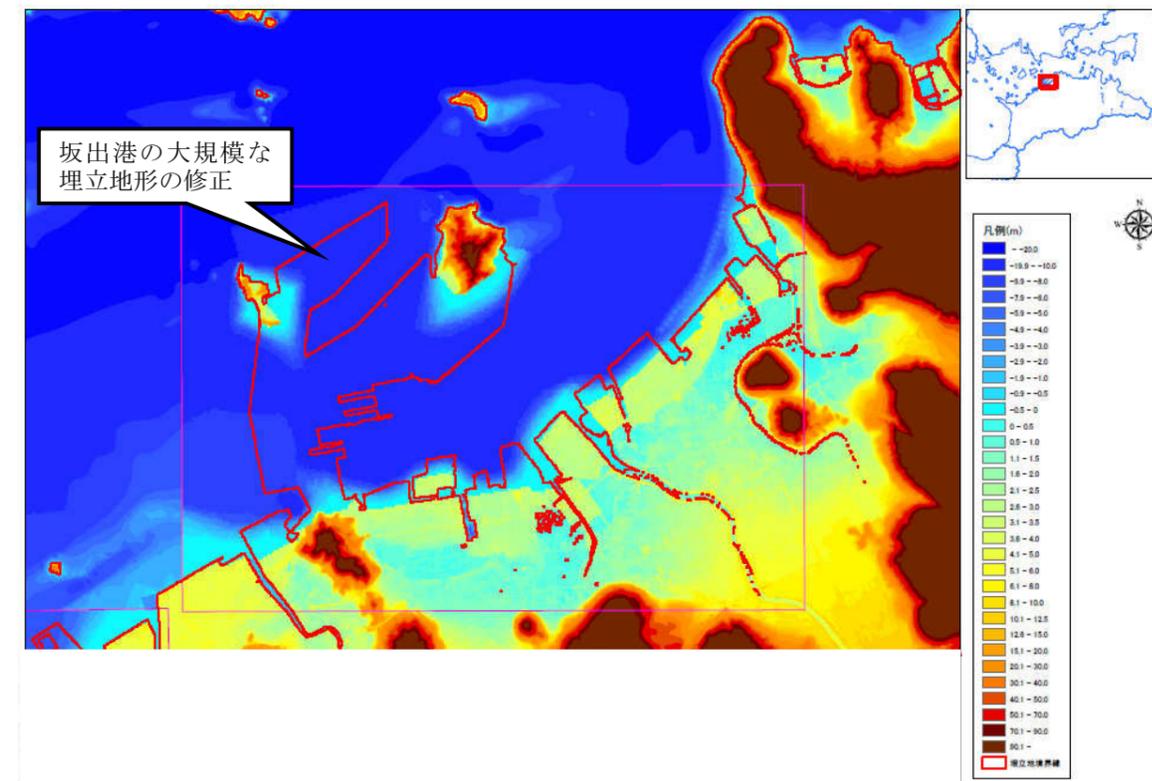
- ・ 地形の修正においては、大規模な埋立地形について削除した。
- ・ 削除した区域の海底地形は、埋立地の沖合海底地形から周辺海岸の海底地形形状を参考にすり付けを行った。すり付けた陸側の地盤高は、過去地形での海岸線位置での現況の地盤高とした。

表－6 再現計算条件

設定項目	諸元
波源、断層モデル	宝永地震モデル：相田(1981)モデル
	安政南海地震モデル：相田(1981)モデル
地形モデル	2012年内閣府地形モデルをもとに、過去には存在しなかったと判断される施設を古地図から判読し、削除することで過去地形を再現した
堤防条件	堤防なし条件
計算格子	2430m→810m→270m→90m→30m
計算潮位	T.P.O.0
計算時間	12時間



図－7 沿岸地形の修正事例（高松港）



図－8 沿岸地形の修正事例（坂出港）

3.4 再現計算結果

