南海トラフ巨大地震モデル・ 被害想定手法検討会

地震モデル 報告書

令和7年3月31日

目 次

1.	はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
	南海トラフ沿いの大規模地震の震源域について························)	
	() プレート形状について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
3.	津波高等の推計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
(1		
(2	2) 津波断層モデルの検討ケース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
(3	7 17 25 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75	
(4	.) 地形データ等の作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
(5	5) 津波高等の推計結果等について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
(6	う)時間差をおいて地震が発生した場合の津波・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
(7	')津波高等の推計の留意点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.	震度等の推計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
(1) 強震断層モデルについて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
(2	2) 強震動生成域(SMGA)の位置と検討ケース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
(3	。)震度分布の推計手法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
(4	.) 震度分布の推計結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	31
(5	う)時間差をおいて地震が発生した場合の震度分布・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
(6		33
(7		34
(8	3) 今後の検討事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
5.	おわりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	38

1. はじめに

南海トラフでは、陸のプレートの下にフィリピン海プレートが沈み込んでおり、プレートの境界にはひずみが蓄積されている。過去、南海トラフ沿いでは約 100~200年の間隔で蓄積されたひずみを解放する大規模地震が発生しており、近年では、昭和東南海地震(1944年)、昭和南海地震(1946年)が発生し、大きな被害が発生している。

政府の地震調査研究推進本部では、南海トラフにおいてマグニチュード(M)8~9クラスの地震が今後30年以内に発生する確率を80%程度と評価しており(令和7年1月1日時点)、昭和東南海地震及び昭和南海地震から約80年が経過し、南海トラフにおける次の大地震発生の可能性が高まっている状況であると考えられる。また、過去に南海トラフ沿いで発生した大規模地震の震源域には多様性があり、南海地域における地震と東海地域における地震が、同時に発生する場合と、時間差をおいて発生する場合があることも知られている。

南海トラフ沿いで発生する大規模地震を想定するに当たっては、平成23年9月28日に公表された、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」報告に示された「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」という考え方を踏まえ、「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において南海トラフ沿いの最大クラスの地震による震度分布・津波高等を推計し「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)(以下、「前回報告」という。)を公表した。この結果を踏まえ、「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」では、最大クラスの地震・津波に対する被害想定を公表するとともに、国においては平成26年3月に被害想定に基づく10年間の減災目標を基本計画に定め、防災対策を推進してきたところである。

本報告は、基本計画の策定から約 10 年が経過し、南海トラフ沿いの大規模地震の被害想定について見直しの検討を行うため、「南海トラフ巨大地震モデル・被害想定手法検討会」(座長:平田直 東京大学名誉教授)において、前回報告以降に得られた科学的な調査・研究成果に基づく最新の知見を踏まえて地震モデルや推計手法等の見直しの検討を行った結果を取りまとめたものである。

今回設定した地震モデル等は、決して、南海トラフ沿いにおいて次に起こる地震・ 津波を特定するものではない。別の言い方をすれば、今回設定した最大クラスの地 震・津波の発生確率、そしてその発生時期を予測することは、現在の科学的知見にお いては極めて難しいということである。

こうした現状を十分に踏まえ、南海トラフ沿いで起こる発生頻度の高い地震・津波 への備えを万全にするとともに、最大クラスの地震・津波に対し十分に配慮した備え への強化が必要である。

「備えあれば憂いなし」の格言のとおり、本検討結果が、事前の備えの一つとして、今後の防災対策の充実、強化の契機となることを期待する。

- ※本報告は、「南海トラフ巨大地震モデル・被害想定手法検討会」において検討した内容のうち、 津波高や震度といった地震モデルに関する検討内容及びその推計結果を取りまとめたもので ある。他方、当該検討会で検討した被害想定手法については、「南海トラフ巨大地震対策検討 ワーキンググループ」報告書において、定量的な被害量の推計と併せて「被害想定項目及び 手法の概要」として掲載している。
- ※資料の構成について、「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)では、震度の推計、津波高の推計の順で掲載しているが、前回報告 (南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告))では津波高の推計、震度の推計の順で 整理されていることから、本報告では、前回報告に倣い津波高の推計、震度の推計の順でま とめている。

2. 南海トラフ沿いの大規模地震の震源域について

(1) 想定震源域について

南海トラフ沿いで発生する最大クラスの震源域について、前回報告で検討した結果を変更する新たな知見は無いことから、本報告で想定する最大クラスの震源域(津波波源域を含む)は、前回報告と同様、浅い側はトラフ軸、深い側はプレート境界面の深さ約 40 km までの領域、また、東側は富士川河口断層帯北端、南西側は九州・パラオ海嶺の北側付近までの領域とした(図 2.1)。

また、南海トラフで発生した過去の地震の事例を見ると、1707 年宝永地震は全域がほぼ同時に破壊された地震と考えられているが、1854 年安政東海地震と 1854 年安政南海地震は約30時間の時間差をおいて発生し、1944年昭和東南海地震と1946年昭和南海地震は、約2年間の時間差をおいて発生した。南海トラフで発生する地震は、全域がほぼ同時に破壊する場合、時間差をおいて別々に破壊する場合など、地震の発生様式に多様性がある。

そのため、本報告では、最大クラスの地震のみでなく、いわゆる半割れの地震モデルについても検討を行った(3. (6)及び4. (5)参照)。半割れの地震自体にも様々な発生様式が想定されるが、本報告では紀伊半島沖を境界とし、駿河湾域から東海域が震源域となる東割れの地震と南海域から日向灘域が震源となる西割れの地震を想定した。なお、今回想定した半割れの地震は、安政東海地震・南海地震、昭和東南海・南海地震など過去に発生した地震を再現するものではなく、様々な発生様式の可能性の中の一つの例として示すものである。そのため、次に発生する半割れの地震による地震動や津波高が、本報告で想定したものと大きく異なる場合があることにも注意が必要である。

(2) プレート形状について

本報告で強震断層モデル・津波断層モデルを設定するに当たり用いたプレート形状は前回報告と同じものを用いた。なお、検討に当たっては、前回報告以降に公表されたプレート形状モデルである Iwasaki et al. (2015)や Nakanishi et al. (2018)のモデルと今回用いるプレート形状モデルを比較し、大きな違いが無いことを確認した。

3. 津波高等の推計

本報告の津波断層モデルは、前回報告と同様 Mw9クラスの巨大地震の中でも最大級の地震を想定し、最大クラスの津波高・浸水域等を最新の地形データ等に基づき推計するものである。

(1) 津波断層モデル

津波断層モデルの平均応力降下量、大すべり域、超大すべり域等の設定は、前回報告と同様、次のとおりとする。

なお、具体的な大すべり域等の設定に当たっては、3次元的に複雑な曲面構造を持つ津波断層面を、図3.1に示すように約5kmのメッシュの小断層で近似し設定した。

1) 津波断層モデルの平均応力降下量

南海トラフ巨大地震の津波断層モデルで用いる平均応力降下量は、海溝型地震の平均的な値である 3.0 MPa とする。この値を主部断層(断層面の中でプレート境界面の深さ 10 km より深い領域、図 3.1) に適用し、主部断層の平均すべり量を算出する。

主部断層の平均すべり量と平均応力降下量、断層面積との関係は、Eshelby (1957) による円形クラックモデルにおける関係式を用い、次式で表される。

 $D_m = \alpha \boldsymbol{\cdot} \Delta \sigma_m \boldsymbol{\cdot} S_m^{1/2} / \mu$

ここで、D_m : 主部断層の平均すべり量

Δσ_m : 主部断層全体の平均の応力降下量

Sm : 主部断層全体の面積

 α : 係数(ここで、 $\alpha = 16/(7 \cdot \pi^{3/2})$ を用いる。)

μ :剛性率

 $\mu = \rho \cdot V_s^2$

ρ は密度で 2.8g/cm³、vsは S 波速度で 3.82km/s とする

2) 大すべり域、超大すべり域

2011 年東北地方太平洋沖地震などの巨大な地震の津波断層モデルの解析事例では、 平均すべり量の2倍程度のすべり量を持つ「大すべり域」に加えて、トラフ軸沿いに 平均すべり量の4倍程度のすべり量を持つ「超大すべり域」を設定していることから、 本報告においても

- ①津波断層面の中で、特に大きくすべる領域「大すべり域」を、主部断層の深さ方向のおおむね半分より浅い側(深さおおむね 20 km よりも浅い側)に設定する。
- ②大すべり域の中のトラフ沿いの領域は、津波地震を発生させる可能性がある領域

であり、「大すべり域」よりも更に大きくすべる可能性がある「超大すべり域」として設定する。

3) 大すべり域、超大すべり域の形状とその数

- ①超大すべり域を含む大すべり域は、地震調査研究推進本部(2017)などと同様、おおおね矩形型で設定し、その面積は、巨大な地震の津波断層モデルの解析事例から、断層全体の20%程度とする。
- ②また、超大すべり域を含む大すべり域は1~2か所とする。

4) 津波断層モデルにおける各小断層のすべり量

- ①地震の規模に関する相似則(スケーリング則)を基に、設定された平均応力降下量と主部断層の面積から主部断層の地震モーメントを計算し、地震モーメントの定義式(後述の6)参照)から平均すべり量を算出する。
- ②津波断層モデルにおける各小断層のすべり量は、フィリピン海プレートの沈み込み速度に比例し(図 3.2 参照)、かつ主部断層内の各小断層の地震モーメントの総和が主部断層の地震モーメントになるよう配分する。
- ③大すべり域における各小断層のすべり量は上記①で設定した平均すべり量の2 倍とする。超大すべり域の各小断層のすべり量については、平均すべり量の4倍 で配分する。
- ④超大すべり域とするトラフ軸に沿って平行に並ぶ2段の小断層について、断層変位が滑らかになるよう、主部断層に近い側の小断層のすべり量は、大すべり域と超大すべり域のすべり量の中間の値とする。なお、駿河湾内については、他の領域に比べ、プレート境界面の深さ10kmの位置がトラフ軸に近く、トラフ軸沿いの断層面積も狭くなることから、この領域が超大すべり域となる場合においても、大すべり域のすべり量と同じとする。
- ⑤大すべり域の小断層に接する背景領域の小断層(大すべり域及び超大すべり域以外の領域)のすべり量は、大すべり域から背景領域にかけての断層変位が滑らかになるよう、大すべり域と背景領域のすべり量の中間の値とする。
- ⑥最も深い側の小断層のすべり量は、背景領域の 1/4 のすべり量とする。また、最も深い側の小断層に接する小断層は、背景領域の 1/2 のすべり量とする。
- ⑦主部断層の背景領域における小断層のすべり量は、プレートの沈み込む速度に比例し、かつ、上記②に従い、背景領域における小断層の地震モーメントと大すべり域における小断層の地震モーメントとな

るよう配分する。

⑧なお、トラフ軸沿いの断層面の小断層について、超大すべり域に設定していない小断層のすべり量については、超大すべり域の小断層に接している小断層のすべり量は上記の大すべり域と背景領域のすべり量の中間の値を設定し、それ以外の小断層のすべり量は0(ゼロ)とする。

5) 分岐断層とそのすべり量

- ①分岐断層としては、構造探査でその存在が確認されている熊野灘のもののみを対象とする。
- ②分岐断層は、プレート境界から分岐する場所(深さ 10 km)の所が大すべり域となった場合のみ活動するとし、分岐断層のすべり量は、主部断層の大すべり域のすべり量と同じとする。また、その際には、分岐する場所より浅いプレート境界上のトラフ軸沿いの小断層のすべり量は0(ゼロ)とする。

6) 津波断層モデルの地震モーメント及びモーメントマグニチュード

津波断層モデル全体の地震モーメント (Mo_t) 及びモーメントマグニチュード (Mw_t) は、次の式を用い、小断層のすべり量から各小断層の地震モーメント (Mo_i) を求め、その総和から算出する。

 $\begin{aligned} \text{Mo}_t &=& \sum \text{Mo}_i \\ \log \text{Mo}_t &=& 1.5 \text{Mw}_t + 9.1 \\ &=& \text{CC}, \ \text{Mo}_i = \mu \cdot D_i \cdot S_i \end{aligned}$

ここで、D_i:i番目の小断層の断層すべり量

S_i: i 番目の小断層の断層面積

μ:剛性率

(2) 津波断層モデルの検討ケース

1) 大すべり域+超大すべり域等の位置と検討ケース

巨大地震の津波断層モデルとしては、前回報告と同様、大すべり域+超大すべり域が1か所の場合を、「基本的な検討ケース」として検討し、さらに、「その他派生的な検討ケース」として、分岐断層が動くケースと、大すべり域及び超大すべり域が2か所のケースを検討する。

これら検討ケースは、「基本的な検討ケース」は計5ケース、「その他派生的な検討ケース」は計6ケースで、合計11ケースとなる(図3.3)。各検討ケースの津波断層

モデルの地震モーメント、モーメントマグニチュード、平均すべり量等を、表 3.1 に示す。

○ [基本的な検討ケース] (計5ケース)

<大すべり域+超大すべり域が1か所のパターン【5ケース】>

ケース①:「駿河湾〜紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり」域を設定

ケース②:「紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

ケース③:「紀伊半島沖~四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

ケース④:「四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

ケース⑤:「四国沖~九州沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

〇 [その他派生的な検討ケース] (計6ケース)

<大すべり域+超大すべり域が1か所に分岐断層も考えるパターン【2ケース】>

ケース⑥:「駿河湾〜紀伊半島沖」に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」 を設定

ケース⑦:「紀伊半島沖」に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」を設定

<大すべり域+超大すべり域が2か所のパターン【4ケース】>

ケース®:「駿河湾〜愛知県東部沖」と「三重県南部沖〜徳島県沖」に「大すべり 域+超大すべり域」を設定

ケース⑨:「愛知県沖〜三重県沖」と「室戸岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」 を設定

ケース⑩:「三重県南部沖〜徳島県沖」と「足摺岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

ケース(1):「室戸岬沖」と「日向灘」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

2) 各検討ケースの破壊開始点等

津波断層モデルの破壊開始点及び破壊伝播速度等は、次のとおりとする。なお、実際には、津波断層の破壊開始点、破壊伝播は必ずしも想定どおりでない可能性があることから、破壊開始点や破壊伝播等の違いにより、津波の高さや津波到達時間等に幅があることに留意する必要がある。

○各検討ケースの津波断層モデルの破壊開始点

基本的な検討ケース(ケース①~ケース⑤)の破壊開始点は、それぞれの検討ケースの大すべり域の中心付近の深さ 20 km 付近に設定する。ケース②については、過去の昭和東南海地震及び昭和南海地震の破壊開始点の位置を参考に、紀伊半島の潮岬沖の場所とする(図 3.3、図 3.4)。

その他派生的な検討ケース (ケース⑥~ケース⑪) の破壊開始点は、基本的な検討ケースの破壊開始点のいずれかを適用することとし、具体的には、各検討ケースについて、それぞれの大すべり域の中心付近にある破壊開始点を選択し、それをその検討ケースの破壊開始点として設定する (図 3.3)。

〇破壊伝播速度及びライズタイム:

破壊伝播速度及びすべりの継続時間を表すライズタイムについては、東北地方太 平洋沖地震の解析結果などを参考に、次のとおりに設定する。

破壊速度 : 2.5 km/s

ライズタイム : 1分

(3) 津波の浸水域・浸水深等の推計手法

今回の検討では、前回報告と同様、10 m メッシュの地形データ等を用い、津波が 遡上する浸水域・浸水深等を推計する。また、堤防が機能する条件についても、より 現実的な条件とするため、津波が堤防を越えると当該堤防は破壊する(堤防なし)条 件で推計することとした。

津波の具体的な計算条件等は、以下による。

1) 津波断層モデルによる地殻変動

津波断層面を近似した小断層ごとに、食い違いの弾性体論に基づき海底地殻変動を 求める。各小断層は、破壊開始点からそれぞれの小断層に破壊が伝播する時間になっ た時点で破壊を開始し、ライズタイムの時間でその小断層に設定された最終変位に達 するとする。この間の変位は一定の割合で増加するとする。

海底及び陸上の地殻変動は、地震発生からの経過時間に応じ、それぞれの経過時間までの小断層による地殻変動量の合計と等しいとし、地殻変動による海面変位は、経過時間とともに変化する地殻変動により時間差なしで与えられるとする。この際、地殻変動による海面変位は、地殻変動の垂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上下方向の地形変化量も加えたものとする。

津波断層モデルから計算された地殻変動により地盤が隆起する陸域の地点においては、防災上危険側を考える観点から、隆起しないものとして評価する。具体的には、

その地点の陸域側の隆起量を0(ゼロ)m とし、海岸から沖合10 km までの範囲で海底の地殻変動量を低減しスムーズに接続した(図3.5 参照)。

津波断層モデルによる地殻変動は、破壊開始点から順次破壊が伝播する過程で算出される地殻変動の時間的な変化に対応するものとし、逐次、上記条件を適用した。このことにより、時間的に変化する地殻変動について、沈降は累積するが隆起は考慮されなくなることから、津波断層モデルにより隆起が算出される地域も全体的には沈降地域となる。図 3.6 に、各ケースの最終の隆起・沈降量を示す。ここで、海岸の津波高は、算出された T.P.上の津波の高さに地殻変動の沈降量を加えた値とする。

2) 津波伝播·遡上計算

- ・海底での摩擦及び移流を考慮した非線形長波理論により計算を行う(津波浸水想定の設定の手引きなど)。
- ・津波伝播の計算は差分法により数値的に行う。
- ・計算は、陸域側を最小 10 m メッシュとし、外洋側により大きなメッシュを設定して (30 m, 90 m, 270 m, 810 m, 2430 m)、接続計算により行う (23.7)。なお、島嶼部についても、有人の島については 10 m メッシュで計算した。
- ・陸上の遡上部分における家屋等の障害物の効果は粗度係数で表現した。

3) 堤防等の条件

堤防(水門を含む。)がある場合の津波の計算は、次の2つの条件で推計する。

○地震動の強さによらず堤防が機能する場合の条件

堤防がある程度の耐震性を持っている場合、地域によって揺れの強さは異なるが、 震度によらず一律に堤防は機能するものとする。

一方、堤防を越える津波が襲来した場合、その堤防は、「破壊される」(越流破堤)、「破壊されない」のいずれかの状況が想定される。将来的な粘り強い堤防については、後者が想定されるが、マクロな被害を想定するための本報告において、個々の堤防の越流破堤の可能性について検討することは困難である。

このことから、堤防が機能する場合の条件は、

「地震動の強さによらず堤防は機能するが、津波が堤防を越えると当該堤防は破壊 される(堤防なし)」

の条件で計算する。本報告では、この条件に基づく計算を基本とする。

なお、粘り強い堤防等によって津波が堤防を越えても破堤しないと仮定した場合の結果についても、参考として参考資料集に掲載する。実際の現象では、堤防が壊れる場合や壊れない場合があると考えられるが、堤防が壊れる場合の方が浸水範囲は広がることから、避難を軸にした総合的な津波対策を検討する場合は、防災上安全側を想定するため、津波が堤防を越えると破壊する場合を設定することが妥当で

ある。

○地震動により堤防が機能しなくなる場合(堤防なし)の条件

上述では、地震動の強さによらず堤防が機能することを想定しているが、実際には震度6弱以上の地震動により堤防が「沈下する」、「破壊する」可能性はある。そのため、本報告においては、震度6弱以上の地域については、上記の「堤防が機能する場合」に加え、「地震動により堤防が機能しなくなる場合」についても、津波の計算を行うこととする。

今回の検討では、震度6弱以上の地震動が想定される市区町村では一律に、

「地震発生から3分後に堤防が破壊される(堤防なし)」

の条件で計算することとする。なお、震度5強以下の地震動が想定される市区町村においては、前述の「堤防が機能する場合」と同様、津波が堤防を越えた場合のみ破堤する条件とした。本報告では、この条件に基づく計算について、参考として参考資料集に掲載する。

(注) 地形データとして設定されている堤防等の取扱い

今回収集した地形データにおいて、幅 10 m 程度を超えるような堤防などの構造物は、地形として標高が与えられている場合がある。このような構造物は、計算上は地形とみなされるため、「地震動の強さによらず堤防が機能する場合」、「地震動により堤防が機能しない場合」のいずれの条件においても、常に「堤防あり」の条件と同等の計算が行われていることとなる。

各地域で詳細な浸水域等を検討するにおいては、このことに留意する必要がある。

4) 計算時間等

津波の計算時間については、12時間とした。

計算に当たっての潮位条件は、満潮位とする。なお、満潮位の設定は、推計結果について前回報告との比較が容易となるよう、前回報告と同じく「平成 24 年気象庁潮位表」による各地の年間最高潮位を参考に設定した。

5)推計範囲

津波高・浸水域を推計する範囲は、福島県から鹿児島県までの太平洋沿岸、瀬戸内海沿岸、長崎県・熊本県・鹿児島県の東シナ海側、沖縄県、伊豆諸島、小笠原諸島とする(規模の大きな湖沼岸、河川岸を含む。)。

(4) 地形データ等の作成

津波計算で用いた地形データ等は、次のとおりである。ここでの地形データ等とは、

①海域の地形データ、②陸域の地形データ、③粗度データ、④堤防データ4種類とする。

1) 地形データ等の構成、座標系等

作成したデータは、地形データ (海域の地形データ、陸域の地形データ)、粗度データ、堤防データ (構造物のデータ (河川堤防、防潮堤、突堤、離岸堤含む。)) である。

地形データ等は、平面直角座標系で作成し、間隔(メッシュサイズ)は、浸水計算するエリアは $10\,\mathrm{m}$ 、それ以外では最小 $10\,\mathrm{m}$ で、 $30\,\mathrm{m}$ 、 $90\,\mathrm{m}$ 、 $270\,\mathrm{m}$ 、 $810\,\mathrm{m}$ 、 $2430\,\mathrm{m}$ と設定した。

2) 海域等の地形データ

海域や湖沼の地形データは、前回報告と同じ海上保安庁や日本水路協会のデータを 用いた。

3) 陸域の地形データ

浸水計算に用いる陸域の地形メッシュデータは、前回報告以降に各都道府県による 津波浸水想定の計算の際に用いたデータを収集し、これらを統合して計算に用いた (表 3.2)。これらの地形データの多くは、航空レーザー測量 (LP) データ等による 精度の高い数値標高モデル (DEM) データを用いていることから、前回報告と比較 して地形データが高精度されている地域が多数存在する (図 3.8)。

4) 粗度データ

粗度データについても、前回報告以降に各自治体による津波浸水想定の計算の際に 用いたデータが入手できる場合はそれを用いた(表 3.2)。

5) 堤防データ

堤防データは、前回報告以降に各自治体が津波推計の際に用いたデータや、構造物に係る図面資料を基に作成した(表 3.2)。各地域における堤防の整備状況がデータに反映されることで、堤防データ上の堤防総延長は前回報告では約 2.0 万 km であったが、今回の計算では堤防総延長約 2.6 万 km のデータを用いて計算を行った。

(5) 津波高等の推計結果等について

「基本的な検討ケース」及び「その他派生的な検討ケース」の各検討ケースについて、満潮位での津波高、到達時間、浸水深等を推計した。これらの詳細な結果等については、計算結果集に示す。

これら推計結果の概要及び活用するに当たっての留意点等は、以下のとおりである。

1)海岸の津波高について

海岸の津波高は、原則として、陸域メッシュと海域メッシュの境界から3メッシュ沖合(海岸線からおおむね20~30 m沖合)の海域メッシュにおける津波の高さとし、全ての海岸線にわたり算出した。

各検討ケースの津波高について、全体が概観できるよう、各市町村の津波高の最高値に加え、各市町村の全域の津波高の平均値を算出し、合わせて整理した(図 3.9、表 3.3、表 3.4 参照)。

各検討ケースの津波高をみると、大すべり域+超大すべり域が設定されている地域の津波高は、明らかに他の地域に比べ高くなっていることが分かる。また、東京都島嶼部、静岡県、紀伊半島、四国及び九州地域については、地形的な特徴等により、それぞれの沖合に大すべり域及び超大すべり域がないケースにおいても、津波高は比較的高いものとなっている。

本報告における津波高の推計結果については、大局的には前回報告から大きな傾向の変化はないが、地形データの更新により海岸線が変化した等の影響で局所的な増減がみられる地域もある(図 3.10、図 3.11)。

2) 津波の到達時間等

津波断層モデルは南海トラフの最大クラスの津波を想定したもので、その津波断層域は、駿河湾域から四国の内陸の直下、日向灘にまで及んでおり、地震の発生と同時に津波が来襲し始め、次に、トラフ軸近くの超大すべり域で発生した大きな津波が押し寄せてくることとなる。

このような大きな津波がそれぞれの海岸に襲来するまでに要する時間は、駿河湾の沿岸地域のようにトラフ軸がすぐそばにある地域では、地震発生から数分後には $5 \,\mathrm{m}$ を超える津波が襲来し、高知県のようにトラフ軸から少し離れた場所では、 $5 \sim 10 \,\mathrm{m}$ を超える大きな津波は地震発生から $20 \sim 30$ 分後となる。また、伊勢湾や大阪湾奥に 津波が襲来するには更に時間を要し、 $1 \,\mathrm{eff} \sim 1 \,\mathrm{eff}$ 半程度後となる。

長大な津波断層域のそれぞれの場所で発生した津波は、互いに重なり合い、更にそ

れらが海岸で反射しながら、各地域の海岸に何度も押し寄せる。第1波だけでなく、その後も、5、6時間から半日程度は繰り返し大きな津波が襲来する。また、津波の第1波が押しで始まるか引きで始まるかについては、津波断層のメカニズムや地域によって異なる。

なお、前回報告の津波到達時間は、地殻変動直前の水位レベルを基準とし、そこから一定以上の高さの津波が到達する時間として計算していたが、本報告においては、 実際に沿岸で観測される津波の高さと整合するよう計測方法を精査し、地殻変動直後 の水位レベルを基準とした(図 3.12)。このため、前回報告よりも津波到達時間が早 まっている地域が多くみられる(図 3.13)。水位レベルの基準の変化以外にも、地形 データ等の更新により到達時間が変化している地域もある。

なお、Murotani et al. (2015)で指摘されているように、震源域周辺において生じた津波が到達する前に局所的な地殻変動によって海水面の変動が生じる可能性があり、実際に、2011年東北地方太平洋沖地震では、日本海側において地震発生後10分程度で若干の海面変動が観測されている。南海トラフ巨大地震においても同様の現象が発生する可能性があることから、震源から離れた地域においても注意が必要である。

3) 各検討ケースの津波高・浸水域等

各検討ケースについて、市町村ごとに、津波高の平均値、ある浸水深以上の面積を整理した結果の概況を示す。なお、浸水面積については、4)(i)に記述する切り上げ前の浸水深の値で処理したものである。

(i) [基本的な検討ケース] 計5ケース

ケース①:駿河湾〜紀伊半島沖に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]: 124 市区町村(千葉県、東京都(島嶼部)、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の13 都県)

[10 m 以上が想定される地域]:19 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、高知県、宮崎県の5 都県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千ha)	約 132	約 81	約 48	約 12	約1

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1 千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定

される市町村は32市区町村(静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、 香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の10県)

ケース②:紀伊半島沖に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:94 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の12 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]:12 市区町村(三重県、和歌山県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

	浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
ĺ	面積(千 ha)	約 122	約 75	約 43	約 10	約1千

(1千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は28 市区町村(愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の9県)

ケース③:紀伊半島沖~四国沖に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:88 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、大阪府、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の12 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]: 26 市区町村(和歌山県、徳島県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千ha)	約 120	約 74	約 43	約 10	約1

(1千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は26 市区町村(三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の8県)

ケース4:四国沖に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:90 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、大阪府、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の12 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]:18 市区町村(徳島県、高知県、宮崎県の3 県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 118	約 72	約 42	約 12	約1

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は26 市区町村(三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の8県)

ケース⑤:四国沖~九州沖に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]: 91 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の11 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]: 20 市区町村(和歌山県、高知県、宮崎県の3県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 123	約 77	約 46	約 15	約3

(1千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は29 市区町村(三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の8県)

(ii)「その他派生的な検討ケース」計6ケース

ケース⑥:駿河湾~紀伊半島沖に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]: 122 市区町村(千葉県、東京都(島嶼部)、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の13 都県)

[10 m以上が想定される地域]:22 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三

重県、高知県、宮崎県の5都県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 130	約 81	約 48	約 13	約 2

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は33市区町村(静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の10県)

ケース⑦:紀伊半島沖に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:92 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の12 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]:15 市区町村(三重県、和歌山県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 121	約 75	約 44	約 11	約1

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は28 市区町村(愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の9県)

ケース⑧:「駿河湾〜愛知県東部沖」と「三重県南部沖〜徳島県沖」に「大すべり 域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]: 123 市区町村(千葉県、東京都(島嶼部)、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の14 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]: 20 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、和歌山県、高知県、宮崎県の6 都県)

○浸水面積

ĺ) = 1 \mt	AM == +> + I	1.0 0.1	1.14 0.0	110 0 =	100 011
	浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
	面積(千 ha)	約 131	約 80	約 47	約 12	約1

(1千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は31市区町村(静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の10県)

ケース⑨:「愛知県沖~三重県沖」と「室戸岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]: 109 市区町村(千葉県、東京都(島嶼部)、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の13 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]: 21 市区町村(和歌山県、徳島県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 127	約 79	約 47	約 11	約1

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は26 市区町村(愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の9県)

ケース⑩:「三重県南部沖〜徳島県沖」と「足摺岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:93 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、大阪府、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、 鹿児島県の12 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]:17 市区町村(三重県、和歌山県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 121	約 74	約 43	約 12	約1

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km²)以上の浸水面積が想定される市町村は27 市区町村(三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の8県)

ケース(11):「室戸岬沖」と「日向灘」に「大すべり域+超大すべり域」

○津波高(平均津波高)

[5 m 以上が想定される地域]:92 市区町村(東京都(島嶼部)、静岡県、三重県、大阪府、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県の11 都府県)

[10 m 以上が想定される地域]: 25 市区町村(和歌山県、徳島県、高知県、宮崎県の4県)

○浸水面積

浸水深	微弱以上	1.0 m 以上	2.0 m 以上	5.0 m 以上	10.0 m 以上
面積(千 ha)	約 121	約 77	約 47	約 15	約 2

(1 千 ha (ヘクタール) 単位に四捨五入)

浸水深が微弱以上(0.01 m 以上)で1千 ha(10 km2)以上の浸水面積が想定される市町村は25 市区町村(三重県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県の8県)

浸水面積については、地形データの更新等により、前回報告から浸水範囲が変化した地域がある。

4) 本報告の推計結果の利用に当たっての留意事項

(i)各メッシュの個々の値ではなく浸水域の広がり等をマクロ的に捉えること

本報告では、地形の条件を便宜上 10 m メッシュ単位で区分し、津波の高さや浸水深等を計算しており、これら計算結果は各メッシュでそれぞれ異なる値をとり、隣接メッシュの値が大きく異なる値になる場合がある。しかしながら、津波は、その先端等を除くと、基本的には連続的に変化しており、隣り合うメッシュで津波の高さが大きく異なる値になるというものでもない。また、浸水深は地面の標高との差で算出されることから、窪地、河川、湖沼等の 10 m メッシュでは区別し切れなかった地形条件等による標高データのばらつきにより、陸上での津波の高さ(標高)が同程度の地域であっても、各メッシュの浸水深にばらつきがあり、隣接メッシュで大きく異なる値になる場合もある。

したがって、津波高、浸水域・浸水深の資料を見る際には、計算されたメッシュの個々の数値や、ある値になるメッシュがどこに位置するかを厳密に捉えることは適切ではなく、どの程度の高さ(あるいは浸水深)の津波がどのような地域に分布し広がっているのかをマクロ的に見る必要がある。

特に、浸水深を見る際には、注意が必要である。平時、水が溜まっている窪地、 湖沼、河川等の地点のうち、川幅 30 m 程度以上の河川等、ある程度規模が大きく あらかじめこれら種別と対応付けられているメッシュについては、その地点の浸水 深は算出していない。しかし、そうでない大半の地点については、それら地点の深 さを標高として浸水深を算出している。周りに比べ明らかに深い浸水深の地点は、 このような場所である可能性が高い。

浸水域及び浸水深の資料については、その地点がどのような場所であるかを認識の上、浸水域の広がり等をマクロ的に見る必要がある。

これらの観点を踏まえ、本報告では、津波高や浸水深の数値及び対象とする市町 村の抽出等については、次のとおりとしている。

①津波高及び浸水深の数値

津波の高さ(津波高)及び津波の浸水深を表す数値は、メートル以下第 2 位を四捨五入し第 1 位を切り上げたメートル単位の数値とする。ただし、 $1 \,\mathrm{m}$ 以下については、 $0.3 \,\mathrm{m}$ 以上 $1.0 \,\mathrm{m}$ 以下を「 $1 \,\mathrm{m}$ 」、 $0.01 \,\mathrm{m}$ 以上 $0.3 \,\mathrm{m}$ 未満を「微弱」、 $0.01 \,\mathrm{m}$ 未満を「津波なし」とする。

②津波高が一定の高さ以上の市町村

例えば、津波高 10 m 以上が想定される市町村等、海岸での津波高がある一定以上の高さとなる市町村の抽出は、海岸の津波高の数値が地形条件等によりある程度 ばらついていることを踏まえ、抽出対象とする津波高以上となっている 10 m メッシュの個数が 10 個以上ある場合とする。

③津波の浸水域の面積と浸水する市町村

浸水域の面積は、陸域メッシュのうち、河川及び湖沼に識別されるメッシュを除き、津波の浸水深が 0.01 m 以上 (微弱以上) のメッシュを浸水ありメッシュとし、その総面積を浸水域面積とする。

津波が浸水する市町村の抽出においては、地形データ等のある程度のばらつきを 考慮し、浸水ありメッシュの個数が 10 個以上ある場合に、その市町村は浸水する とし、10 個未満の場合は、浸水しない市町村として分類する。

ただし、この浸水域には、あらかじめ対応が付いていない規模の小さな窪地や河川等の領域を含んでいることから、浸水域面積が 10 ha 未満の市町村については、浸水している可能性がある市町村として抽出するものの、浸水面積は示さないこととしている(必要に応じ、「*」印で表記)。

④浸水深が一定以上の深さの市町村

例えば、浸水深 2 m 以上が想定される市町村等、浸水深がある一定上の深さとなる市町村等の抽出は、地形データ等のある程度のばらつきを考慮し、当該市町村において抽出対象とする浸水深以上となっているメッシュの個数が 10 個以上ある場合とする。

ただし、この浸水域には、あらかじめ河川等の扱いとなっていない規模の小さな

窪地や河川等の領域を含んでいることから、浸水域面積が 10 ha 未満の市町村については、浸水している可能性がある市町村として抽出するものの、浸水面積は示さないこととしている(必要に応じ、「*」印で表記)。

(ii)陸域における津波被害と浸水深との関係

海岸における津波高よりも標高の低い全ての地域が浸水すると誤解している方も少なくない。海岸の津波高は、港湾等の岸壁、堤防等の形状や砂浜海岸、海食崖等の地形条件により高さが異なる。また、陸域に津波が浸水すると、陸域の地形等の形状や津波の周期等によっても異なるが、一般的には津波は減衰し、浸水深は内陸に入るにつれて小さくなる。ただし、津波はある程度の流速を持っていることから、津波高よりも標高の高い陸域にも浸水する場合もある。

陸域における津波の被害は、この浸水深の深さにより被害の程度は大きく異なる。 避難や防災対策を検討する上では、海岸の津波高ではなく、津波の浸水域及び浸水 深を用いて検討する必要がある。

浸水した面積等の分類整理に当たり、目安とした浸水深の深さは、次のとおり。

- \bigcirc 0.3 m 以上:避難行動がとれなく(動くことができなく)なる
- ○1 m 以上: 津波に巻き込まれた場合、ほとんどの人が亡くなる
- ○2 m 以上:木造家屋の半数が全壊する(注;3 m 以上でほとんどが全壊する)
- $\bigcirc 5$ m 以上: 2 階建ての建物(あるいは2 階部分までが)が水没する
- ○10 m 以上: 3 階建ての建物(あるは3 階部分までが)が完全に水没する

(iii) 地震動により堤防が機能しなくなる場合の浸水域等について

津波の推計は、(3) 3) 堤防等の条件で示したとおり、「地震動の強さによらず 堤防が機能する場合の条件(津波が堤防を越えるまでは当該堤防は機能し、堤防を 越えた時点で破壊(堤防なし)とする)」を基本とし、加えて、「地震動により堤防 が機能しなくなる場合の条件(地震発生から3分後に、震度6弱以上となる可能性 のある地域の堤防・水門が破壊(堤防なし)とする)」の浸水域も推計している。

「地震動により堤防が機能しなくなる条件の場合」の浸水域は、より厳しい状況を想定するための基礎データとして推計したものであり、実際の地震時に震度 6 弱以上となる堤防が全て壊れるというものではない。

この資料の活用に当たっては、これらのことに十分留意して活用する必要がある。 なお、本報告では津波の遡上計算において地形データは変化しないものとしてい るが、実際には津波によって浜提の一部が流されるなど自然地形が変化することで、 津波の浸水範囲が影響を受ける可能性も考えられる。また、大きな土堤などの構造 が地形データの中に残っている場合は、その地域の地形として入力されることから、 津波が土提を乗り越えても、本報告の推計上は、常に機能するものとして取り扱われている。 実際には津波が土提を乗り越えた場合に破壊される可能性もあるため、 地域によっては、浸水域が広がる可能性もあることに留意する必要がある。

(iv) 地殻変動により沈降し、海水に覆われた状態となる地域について

地震時の地殻変動で沈降し、地面が海面よりも低くなった標高の地域では、津波が収まった後でも、海水に覆われた状態となる。また、ゼロメートル地域等は、大きな津波の襲来がなくとも、地震で堤防等が破損した場合には、その破損が一部であっても全ての地域が海水に覆われた状態となる可能性がある。

このような状況となった場合、浸水した海水の深さが浅くても、特に、それら地域の地下街、地下室等の地下空間は完全に水没した状態となることから、留意が必要である。これら空間を多く持つ都市部においては、特に留意する必要がある。

なお、津波が収まった後でも海水に覆われた状況となる地域の広がりと、津波による浸水域とを比較すると、ある程度大きな津波が遡上する地域は、津波の浸水域の方が広く、津波が小さな地域では、 $6\sim12$ 時間までの津波の浸水域より、その後海水に覆われる地域の方が広くなる。

津波の浸水域及び地殻変動により海水に覆われた状態となる地域の資料の活用 に当たっては、このことに留意する必要がある。

(6) 時間差をおいて地震が発生した場合の津波

前回報告では、最大クラスの地震に対する津波を検討したが、数日や数年の時間差をおいて地震が発生した場合には、被害様相や必要となる対策が最大クラスの地震とは異なることが想定される。そこで、本報告では、そのような地震が発生することも想定し、最大クラスの想定震源域のおおむね半分が別々に破壊された場合(いわゆる半割れ地震)の津波を想定した。

1) 半割れ地震の津波断層モデル

最大クラスの地震の震源断層域は、「大すべり域」に加え「超大すべり域」を持つ巨大なモデルである。本報告で想定する半割れ地震も、最大クラスの地震よりは規模が小さいものの、Mw8.6を超える巨大な地震であることから、トラフ軸沿いの浅部領域まで破壊する「超大すべり域」を考慮した津波断層モデルを(1)の手法に基づき設定した。検討する津波断層モデルを図 3.14 に示す。これら地震の津波断層モデルを、それぞれ「東側半割れモデル」、「西側半割れモデル」と呼ぶこととする。

なお、前回報告では、数時間程度の時間差をおいて発生した地震に伴う津波が重なることで最大クラスの津波高を超えることがないか確認しているが、本報告では、最初の地震から十分時間が経過した後に次の地震が発生するものとし、東側半割れモデル、西側半割れモデルについてそれぞれ独立に計算を行った。

2) 地震が時間差をおいて発生した場合の津波高と最大クラスの津波高との比較

巨大地震による最大クラスの津波高と、東側半割れモデル、西側半割れモデルの津波高を比較した(図 3.15)。なお、比較に用いた最大クラスの津波高は、ケース①~ ⑪の 11 ケースの最大値である。

東側半割れモデル及び西側半割れモデルの津波高は、最も高くなる地域でも最大クラスの津波高と比較して低い。これは、津波断層モデルの設定に当たっては断層面積からスケーリング則を用いて地震の規模やすべり量が設定されるため、面積の小さい半割れモデルは超大すべり域を含め全体的に最大クラスの地震よりすべり量が小さいためである。また、片方の半割れ地震により津波高が5m以上、もう片方の半割れで津波高が10m以上になる市町村も複数あることから、これらの地震が時間差をおいて発生した場合、大きな津波が2回襲来する地域があることになる。

浸水面積についても同様の傾向であり、最大クラスの地震と比較して浸水面積は小さくなるものの、東側半割れのモデルと西側半割れモデル、両方で浸水深が1 m以上になる地域が存在する(図3.16)。

これらの詳細な結果等は、計算結果集に示す。推計結果の利用に当たっての留意事項は、(5) 4)と同様である。

なお、時間差をおいて発生する地震においては、最初の地震で堤防が破堤する地域 や地殻変動により沈降する地域に、続いて発生する地震による津波が襲来することも 想定される。一方で、そのような計算を行うためには、最初の地震の発生から、続い て発生する地震の津波が十分に収束するまでの長時間の計算時間が必要となる。

このため、本報告ではそれぞれの地震が独立して発生した場合の津波について推計を行うこととしたため、前述のような最初の地震による影響を続いて発生する地震の 津波計算では考慮できていないことに留意が必要である。

なお、前述の最初の地震による堤防破堤や地殻変動の影響について確認を行うため、 最初の地震から 12 時間が経過した後に次の地震が続いて発生する場合について参考 として計算し、独立して計算した場合の推計結果との比較を行った。その結果、次の 地震が続いて発生する場合の計算と、独立して計算した場合の浸水深 1m 以上の面積 の差異は、浸水面積全体の 2%程度であることから、最初の地震による地殻変動や堤 防破堤の影響は、全体の傾向を変えるほど大きなものではないことを確認している。 なお、この浸水面積の差異には、全体の計算時間が 24 時間と長くなったことによる 影響も含まれることに留意が必要である。

(7) 津波高等の推計の留意点

・ 本報告で示した推計は、関東地方から九州・沖縄地方にわたる極めて広範囲の領域において被害の全体像を統一的に捉え、対策検討の参考とする目的で実施したものであり、それぞれの局所的な地点における最大の津波高を必ずしも示すものではない。個別防災対応を検討するに当たっては、それぞれの地域の実情を踏まえ、本報告で述べた事項に加え、大きな津波が襲来するまでの時間、その時の潮位、海岸堤防等の高さとその耐震性、津波の引き波の大きさ等を考慮する必要がある。

このため、地方公共団体等が個別地域の防災対策を検討するに当たっては、各地域のより詳細な地形データや現況等を用いて改めて検討する必要があるほか、各種パラメータについても、それぞれの目的に応じて適切に修正することが必要である。また、各地方公共団体や施設管理者等において実施している津波浸水想定とは、初期水位や地震動に対する堤防の条件の違いなどにより、結果が異なる場合があることにも留意が必要である。

- ・ 地震・津波は自然現象であり不確実性を伴うものである。本報告では、最大クラスや半割れ地震の津波断層モデルを想定したが、想定される津波高はある程度幅を持ったものであり、それらを超える津波が発生することもあり得ることに注意が必要である。
- 今回の検討は、一般的な防災対策を検討するための最大クラスの津波を検討した ものであり、より安全性に配慮する必要のある個別施設については、個別の設計 基準等に基づいた津波の推計が改めて必要である。

4. 震度等の推計

今回想定した南海トラフ巨大地震の強震断層モデルは、南海トラフ沿いで発生し得る最大クラスの巨大地震による震度分布等を想定するためのモデルであり、前回報告と同一のものである。

地盤モデルの構築においては、前回報告で構築した浅い地盤モデルを基に、若松・松岡(2022)の最新の 250 m の微地形区分データを用いて更新することで、250 m メッシュの浅い地盤構造モデルを作成した。また、深い地盤構造モデルについては、前回報告のモデルを基本とし、一部地域で防災科学技術研究所が構築した深部地盤構造モデルを用いた。

本報告では、前回報告以降に得られた地盤構造モデルに関する知見を適用した上で、 震度分布の推計を行うとともに、液状化危険度の検討を行った。

本報告で検討した強震断層モデルは、Mw9 クラスの巨大地震の中でも最大クラスのものである。しかし、Mw9 クラスの巨大な地震の強震断層モデルの設定方式等については、地震調査研究推進本部(2020)の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」)」等はあるものの、観測された地震波形や震度分布と比較して適切にパラメータ等を調整する必要があり、現時点において強震断層モデルの設定等について汎用的な手法として確立したものはない。

今回構築した強震断層モデルは、前回報告と同様、震源断層全体の地震モーメント等を定めてから断層内部の微細なパラメータを設定する方式を活用したものであり、設定する断層パラメータの幅が大きく、今回仮定したパラメータによっては、想定より大きな強震動を生成する強震断層モデルとなっている可能性も否定できない。

また、震源断層近傍での強震動の強さの正しい評価が、被害想定を行う上で極めて 重大な課題となるが、東北地方太平洋沖地震もそうであるように、ほとんどの海溝型 の巨大地震の震源断層域は陸域から遠く離れた海域にあり、震源断層直上での強震動 を評価するための観測データがほとんどなく、その妥当性の評価は十分には行えてい ない。

防災対策上の観点から見て、常に最新の知見等を踏まえ必要な点検・見直し等を実施することが重要である。

(1) 強震断層モデルについて

1) 強震断層域のセグメント分けと相似則の適用領域

強震断層モデルを検討する領域は、想定震源域のうちプレート境界面の深さ 10 km

より深い領域とする。この領域を東から順に、駿河湾域、遠州海盆域、熊野灘海盆域、室戸舟状海盆域、土佐海盆域、日向灘域の6セグメントに区分し、遠州海盆域と熊野灘海盆域を合わせて東海域、室戸舟状海盆域と土佐海盆域を合わせて南海域と呼ぶ(図 4.1)。

これら、駿河湾域、東海域、南海域、日向灘域の4領域それぞれに対し、地震の規模に関する相似則(スケーリング則)を適用する。

2) 強震断層モデルの平均応力降下量

地震モーメントは、断層面積と平均応力降下量から、相似則(スケーリング則)を用い設定する。この平均応力降下量を 2011 年東北地方太平洋沖地震の震度分布をおおむね再現する強震断層モデルで用いた 4.0 MPa と設定した。この値は、相似則を適応する上記の 4 領域全てに適用する。

3) 強震動生成域 (SMGA) の面積とその個数

過去の地震の解析結果から、SMGA の総面積は強震断層域全体のおおむね 10% とし、6 つの各セグメントに 2 か所配置し、各セグメントの SMGA の合計面積も各セグメントの面積のおおむね 10%とする。

4) 強震断層モデルの断層パラメータについて

強震断層モデルの断層パラメータについては、前回報告と同様とした。すなわち、 駿河湾域、東海域、南海域、日向灘域それぞれに対して相似則(スケーリング則)を 適用して各領域の地震モーメントを算出した上で、個々の SMGA の地震モーメント や応力降下量を計算した。

(2) 強震動生成域 (SMGA) の位置と検討ケース

1) 強震動生成域 (SMGA) の位置: (基本ケース)

SMGA の位置は、過去の地震時の強震動生成域とおおむね同じ場所に位置する可能性が示唆されることから、前回報告と同様、中央防災会議(2003)の強震断層モデルを参考に配置した。この際、同じセグメントで深い側と浅い側それぞれに計2個配置されているものについては、その中間に1個配置することとした。なお、日向灘の領域については、過去に発生した日向灘地震の解析結果を参考に配置した。

強震断層モデルの強震断層面は、約 10 km メッシュの小断層で近似している。これに、上に述べた考えに従い SMGA を設定したものを、図 4.2 に示す。また、基本ケースにおける強震断層モデルのパラメータを表 4.1 に示す。

本報告で用いた最大クラスの強震断層モデルは前回報告と同一のものであるが、後述する地盤構造モデルの更新を反映した上で、この強震断層モデルが過去の南海トラフ地震の揺れの分布の特徴をおおむね説明するモデルであることを確認している。

なお、本報告の強震断層モデルは強震動生成域のみで構築されているが、内閣府 (2015)では、南海トラフ地震の震度分布について、背景領域を含まない強震動生成域 のみの強震断層モデルと、背景領域と強震動生成域を合わせた強震断層モデルを比較 し、震度分布に大きな差はないことを確認している。

2)検討ケース

強震動生成域は、過去の地震時の強震動生成域とおおむね同じ場所に位置する可能性が示唆されるが、その周辺で少し位置が変わる可能性や、やや深い場所にある可能性も考えられる。

このため、基本ケースの強震動生成域の位置が東西にずれているケースとして、前回報告と同様、やや東側に設置したケース、やや西側に設置したケースを検討する。 また、強震動生成域は、陸域側の深い場所にある傾向も見られることから、強震動生成域が陸域側の深い場所にあるケースを加え、次の4ケースを検討する。

- ①基本ケース:中央防災会議による東海地震、東南海・南海地震の検討結果を参考 に設定したもの(図 4.2)
- ②**東側ケース**:基本ケースの強震動生成域を、やや東側(トラフ軸から見て、トラフ軸におおむね平行に右側)の場所に設定したもの(図 4.3)
- ③**西側ケース**:基本ケースの強震動生成域を、やや西側(トラフ軸から見て、トラフ軸におおむね平行に左側)の場所に設定したもの(図 4.4)
- ④**陸側ケース**:基本ケースの強震動生成域を、可能性がある範囲で最も陸域側(プレート境界面の深い側)の場所に設定したもの(図 4.5)

上記ケースにおける強震動生成域の具体的な設定に当たっては、深部低周波地震の 発生領域及び長期的ゆっくりすべりの領域を避けるよう配慮した。

(3) 震度分布の推計手法

本報告では、前回報告と同様、強震波形計算によって求められた地表の震度を示すとともに、それらと経験的手法によって求められた地表の震度との最大包絡をとった震度分布も最終的な震度分布として推計を行った。

1) 地盤モデル

震度分布の推計に用いる地盤モデル(浅い地盤構造モデル及び深い地盤構造モデル により構成)は、最近の科学的知見を踏まえ、以下の考え方により、構築することと した。

①浅部地盤構造モデル

工学的基盤(平均 S 波速度が $0.35\sim0.70$ km/s 程度に相当する地層)よりも浅い地盤の地盤モデル(以下「浅部地盤構造モデル」という。)について、250 m メッシュの表層 30 m の平均 S 波速度(AVS30)を設定した。

浅い地盤の各メッシュにおける AVS30 については、前回報告では、地質調査資料(ボーリング及び PS 検層のデータ)を基に設定し、地質調査資料に欠ける部分については微地形区分図による設定を行った(図 4.6)。

また、関東地域の浅部地盤構造モデルについては、地震調査研究推進本部(2021)において構築されている浅部・深部統合地盤構造モデルを採用した。一方、その他の地域については、前回報告で用いた地質調査資料を基に作成した。微地形区分図による設定を行ったメッシュについては、最新の若松・松岡(2020)の微地形区分に更新した上で、微地形区分と AVS30 の関係式(松岡・翠川, 1994)を基に AVS30を求めた(図 4.7)。なお、微地形区分の更新に伴い、微地形区分と AVS30 の関係式の各説明変数の係数についても更新を行った。

微地形区分から求めた AVS30 については、ばらつきも考慮した推計とするため、求められた式から導出される平均的な値(μ 式)をそのまま用いるのではなく、関係式で与えられている標準偏差の値を差し引いた AVS30 の値($-\sigma$ 式)を用いることとした。なお、山地の資料には周辺域の柔らかい地盤の資料も混在している可能性があり、標準偏差の妥当性が確認できないことから、山地については μ 式を用いた。

②深部地盤構造モデル

地震基盤(平均 S 波速度が 3 km/s に相当する層)から工学的基盤までの間の地盤構造モデル(以下「深部地盤構造モデル」という。)について、前回報告では、地震調査研究推進本部による「全国 1 次地下構造モデル(暫定版)」を基本とし、濃尾平野地域について水平動と上下動の周期ごとの振幅比(H/V スペクトル)の観測値に合致するよう一部修正したモデルを用いた。

その後、内閣府(2013)では、前回報告の深部地盤構造モデルについて、首都及び その周辺域における観測データを点検し、H/V スペクトルにより地盤構造モデルを 修正した。さらに、内閣府(2015)では、四国及び東海地域などの観測データを点検 し、H/V スペクトルによる深部地盤モデルを修正していることから、本報告では、 このモデルを深部地盤構造モデルの基本とした。

他方、前回報告以降、防災科学技術研究所において、重力探査や微動アレイ観測等を用いた深部地盤の速度構造モデルである J-SHIS V4 を構築している。J-SHIS V4 では、最新のデータを用いて更新を行った地域と初期のモデルから大きな更新が無い地域があることから、本報告では、前者の最新のデータを用いてモデルを構築している地域に対しては J-SHIS V4 を適用し、それ以外の地域については内閣府(2015)と同じ深部地盤構造モデルを適用することとした。具体的には、別府一万年山断層帯(大分平野ー由布院断層帯東部)における重点的な調査観測、中央構造線断層帯(金剛山地東縁ー和泉山脈南縁)における重点的な調査観測による結果を反映した地域、浅部・深部地盤構造モデルを構築した地域(関東地方、東海地方、熊本県)、ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクトの結果を反映した地域(新潟県、山形県、秋田県)においては、J-SHIS V4 の深部地盤モデルを用いた。上記に加え、大阪平野については、H/V スペクトルの卓越周期に合うよう地盤モデルの調整を行った(図 4.8)。

本報告における工学的基盤面上での震度分布の計算には、上記により構築した深部地盤モデルを用いた。

2) 浅部地盤構造モデルと震度増分について

地表の震度は、工学基盤における震度から浅部地盤で増幅される震度の増分を加えて算出する。この震度増分は、横田ほか(2005)による非線形性を加味した AVS30 と震度増分の関係式を用いて計算した。なお、横田ほか(2005)による震度増分の関係式は AVS30 = 0.7 km/s を基準としているため、工学的基盤の S 波速度が 0.7 km/s 以上となる場合には、あらかじめ工学的基盤上の震度を 0.7 km/s 相当に補正した上で震度増分を加えた。本報告で算出した震度増分、及び前回報告の震度増分との差について図 4.9 に示す。

3) 強震波形計算手法による震度の推計

強震波形の計算に当たっては、工学分野での活用も念頭におき、工学的基盤 (Vs =350~700 m/s) までは、地震学的に想定される振幅スペクトルにランダムな 位相を与えて作成した要素地震波形をグリーン関数とし、設定された断層モデルに従い波形合成を行う、いわゆる統計的グリーン関数法を用いた。

要素地震波形としては、Boore (1983)に従い、 ω -2 則に従う震源特性に従うスペクトル(Brune, 1970)を考えた上で、これに経験的な位相特性を与えたものを使用する。ラディエーション係数については、Kamae and Irikura (1992)と同様に、周波数依存型の放射特性を導入した。

震源直上等の震源域からの距離が小さいところでは、経験的手法と同様、1/(R+C) [R: 断層最短距離、C: 定数] で地震波の振幅が減衰するよう強震波形を計算し、地震動が震源近傍で飽和するようにした。C はある距離から徐々に減じ、一定の距離でゼロとなり、1/R の距離減衰にスムーズにつながるようにした。パラメータ C 値の値については、前回報告から新たな知見はないため、今回の報告においても、前回報告と同じ値 C=18 km を用いているが、この値は飽くまで暫定的なものであり、震源断層直上等の震度の大きさを適正に評価するには、引き続き検討が必要である。

なお、震源遠方の地震波の振幅の減衰については、従来の1/(R+C)での距離減衰よりも緩やかに地震動を減衰させるモデルを用いる方が、観測結果を説明できるとの研究結果も報告されている(例えば、若井・野津, 2015)。ただし、南海トラフ沿いの広域な範囲において地震動を推計するにあたり、震源モデルと併せて推計手法の見直しを行うには、検証に必要な地盤構造モデルに関する知見が不足していることから、本報告では前回報告と同様、1/(R+C)の距離減衰を用いることとした。

4) 経験的手法による震度の推計

震源からの距離に従い地震の揺れの強さがどの程度減衰するかを示す経験的な式を用いて震度を簡便に推定する手法(経験的手法)は、断層の破壊方向、地殻構造などの影響を正確には表現できないが、これらの結果を包括した概観的な震度分布を推計していると見ることもできる。強震波形計算による手法は、設定した断層の破壊過程や地殻構造等を表現しているが、これらを正確に表現するには多数のパラメータが必要である。設定したパラメータは、最近の知見を反映したものであるが、地盤条件等により地震波が集中するような場合や局所的に地震動が大きくなるような条件が必ずしも考慮できているとは限らない。

このことから、前回報告と同様、震度分布の評価に当たっては、強震波形計算のみでなく、経験的手法も考慮した。Mw9.0 の 2011 年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式のパラメータ Mw は 8.2~8.3 であることから、前回報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータ Mw は 8.3 と設定した。地表における震度は、経験的手法による平均的な工学基盤の震度から、強震波形計算の手法と同じく、浅部地盤モデルから震度増分を計算して震度分布を求

めた。

(4) 震度分布の推計結果

1) 強震波形計算による震度分布

強震波形計算による震度分布は、基本ケース、東側ケース、西側ケース、陸側ケースの4つのケースについて推計した。それぞれの主な特徴は以下のとおりである。

① 基本ケースの場合 (図 4.10)

伊豆半島より以東の震度がやや小さく、愛知県以西では震度が大きくなり、特に 震度6弱以上の領域が広がっている。震度7が想定される地域は、静岡県、愛知県、 三重県、和歌山県、徳島県、高知県である。

② 東側ケースの場合(図 4.11)

基本ケースの強震動生成域をトラフ軸に平行に東側(右側)に移動させたケースで、静岡西部から愛知東部、室戸岬等の強震動生成域の直上付近では、震度7の地域が見られる。震度7が想定される地域は、静岡県、愛知県、三重県、兵庫県、和歌山県、徳島県、高知県である。

③ 西側ケースの場合(図 4.12)

基本ケースの強震動生成域を、トラフ軸に平行に西側(左側)に移動させたケースで、紀伊半島東部及び四国で震度が大きくなり、徳島県の紀伊水道西岸域や足摺岬付近等で震度7の地域が見られる。震度7が想定される地域は、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県である。

④ 陸側ケース (図 4.13)

基本ケースの強震動生成域を、可能性がある範囲で最も陸域側の場所に設定したケースで、強震動生成域がそれぞれの地域の内陸直下にあることから、全体的に震度が大きくなり、震度6弱、震度6強の地域が大きく広がる。震度7が想定される地域は、静岡県、愛知県、三重県、兵庫県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、宮崎県である。

各ケースの震度分布について、前回報告の推計結果と比較すると、震源断層モデルは前回報告と同じであるため、浅部地盤構造モデル及び深部地盤構造モデルの違いにより、局所的に震度が大きくなった地域や小さくなった地域が見られるが、震度分布の全体の傾向として大きな変化はない(図 4.14~図 4.17)。また、震度 6 弱、震度 6 強、震度 7 の面積について、本報告と前回報告を比較した結果を表 4.2 に示す。全体としては、本報告の推計結果の方が、面積が小さくなる場合が多いが、実際には、前

述のとおり場所によって局所的な震度の増減が生じている。

2)経験的手法による震度分布

強震波形計算による震度分布を見ると、強震動生成域の直上付近の震度が大きいことから、強震動生成域の配置を反映した分布となっている。これに対し、経験的手法による震度分布は、強震断層全域からの距離に応じた平均的な震度分布となっている(図 4.18)。強震動生成域の設定位置や地盤構造等が必ずしも正しくない可能性があることを考慮すると、経験的手法による震度分布も補完的に活用することが適切であると考える。

経験的手法による震度分布では、神奈川県西部から鹿児島県にかけての広い範囲で 震度6弱以上の揺れが見られる。震度7が想定される地域は、静岡県、徳島県、高知 県である。

3) 強震波形計算手法及び経験的手法による震度の最大値の分布図

各地域等における防災対策を検討する観点から、強震波形計算による4ケースの震度と、経験的手法による震度の各地点における最大値をプロットした「震度の最大値の分布図」を作成した(図 4.19)。この分布図から見ると、神奈川県の西部から鹿児島県にかけての広い範囲で最大震度が震度6弱以上となっており、静岡県、愛知県、三重県、兵庫県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、宮崎県で震度7の地域がある。

(5) 時間差をおいて地震が発生した場合の震度分布

今回報告では、前回報告で検討したケースに加えて、想定震源域の東側半分や西側 半分が時間差で破壊するいわゆる半割れケースを検討した。

1) 半割れ地震の強震断層モデル

南海トラフ沿いで発生する半割れ地震については様々な発生様式が想定されるが、本報告では、最大クラスの半割れ地震を想定する観点から、3.(6)と同様、最大クラスの地震の震源域を潮岬沖で東西に分割した断層モデルを設定した。すなわち、強震断層モデルについては、最大クラスの地震の強震動生成域を、潮岬沖を境に東側半割れのモデルと西側半割れのモデルにそれぞれ分けて地震動の推計を行った(図4.20)。元となる最大クラスの地震としては、代表的な震度分布となる基本ケースと陸側ケースを用いた。

本報告の最大クラスの地震の強震動生成域は、各領域に対してそれぞれ相似則を適

用し地震モーメントや応力降下量を計算している。半割れ地震の領域も最大クラスの 地震の領域と共通であることから、各強震動生成域のパラメータは最大クラスの地震 と同じ値となる。

2) 半割れ地震による震度分布

本報告で設定した半割れ地震の震度分布を図 4.21~4.24 に示す。東側半割れ及び 西側半割れの地震の震度分布は、それぞれ最大クラスの地震の紀伊半島より東の震度 分布及び西の震度分布と同等になっている。その一方で、紀伊半島周辺の震度分布に ついては、東側半割れ又は西側半割れよりも最大クラスの地震の震度の方が大きい地 域が見られる。ただし、紀伊半島周辺では、東側半割れ及び西側半割れの地震の両方 で強い揺れになることから、これらの地震が時間差で発生した場合、強い揺れが続け て襲うことになるため注意が必要となる。

ある震度以上の揺れに見舞われる地域の面積で見た場合、例えば、東側半割れ及び 西側半割れの地震のうち大きい方の震度が6弱以上の面積は、対応する最大クラスの 地震による震度6弱以上の面積よりもわずかに小さい(表 4.3)。その一方で、東側 半割れ、西側半割れのどちらの地震でも震度が6弱以上または6強以上になる地域が 存在している。

なお、大阪府周辺の震度について、本報告では東側が割れる場合の地震の方が、震度の大きい地域が広がっている。一方、過去に発生した地震については、安政南海地震の方が安政東南海地震よりも大阪の揺れが強いという推定結果もある。したがって、半割れについては実際には様々な発生様式が考えられ、どの地震による揺れの方が大きいかは半割れ地震の発生様式により異なることに留意する必要がある。

本報告では、各領域に対してそれぞれ相似則を適用しているため、最大クラスの地震であっても各領域の大きさで地震モーメントが飽和することから、強震動生成域周辺の地表震度は、半割れ地震でも最大クラスの地震でも大きくは変わらない。

(6) 震度等の推計におけるまとめと留意事項

1) 震度等の推計におけるまとめ

今般、南海トラフ巨大地震の被害想定等の見直しを検討する過程において、地盤モデルの更新や強震断層モデルの点検を行った上で、震度分布を検討した。全国的な震度分布以外に、詳細な結果も確認できるよう、地域ごとの推計結果を計算結果集に掲載している。

強震断層モデルについては、地盤モデルを更新した上で、前回報告のモデルによっ

て過去の南海トラフ沿いの地震の最大震度分布に対する再現性を確認した。しかしながら、今回の強震断層モデルは、震源断層全体の地震モーメント等を定めてから設定する方式のもので、設定するパラメータの幅が大きく、想定より大きな強震断層モデルとなっている可能性も否定できない。また、震源断層近傍での強震動の強さの評価は、被害想定を行う上で極めて重大な課題であるが、震源断層直上での強震動を評価するための観測データがほとんど無いことから、その妥当性の評価が十分に行えているとは言い難い面がある。同様に、震源断層から離れた地点での強震動の強さの評価についても今後の様々な知見を踏まえる必要がある。

このような課題はあるものの、本報告では現時点で取り入れる最新の知見を反映して、南海トラフ巨大地震による地震動を前回報告から見直したものである。

なお、本報告は、南海トラフ沿いで発生する最大クラスの地震による各地点の震度を推計しているが、この地震がその地点の最大の震度を計測する地震とは限らないことに留意する必要がある。実際、それぞれ地点の直下において発生した陸域の地殻内の浅い地震や沈み込むプレート内で発生する地震による揺れの方が大きくなる場合がある。全国どこでも強い揺れに見舞われる可能性があることを念頭に揺れへの対策を進める必要がある。

2) 震度の推計における留意事項

今回の検討では、250 m メッシュ単位で震度の計算を行ったものであるが、地形・地質の条件について便宜上 250 m メッシュで区分したものであるため、メッシュの境界を越えた外側のメッシュでは異なる震度の値になる場合がある。しかしながら、実際には250 m 間隔で隣り合うメッシュが別の震度の値になるというものでもない。したがって、例えば震度 6 弱以上のメッシュがどの位置に存在しているかを厳密に捉えることは必ずしも適切でなく、震度分布がどのようなエリアの大きさに広がりを持っているかをマクロ的に見ることが必要である。

この観点から、今回の検討では、ある一定以上の震度になる市町村の抽出は、その市町村において一定の震度以上になる 250 m メッシュの数が、10 個以上になる場合としている。なお、海岸線上にあるメッシュについては、その中心位置が海側に属している場合はカウントしていない。

また、本報告は前回報告と同じ最大クラスの地震を想定した断層モデルを用いて震度分布を推計しているが、南海トラフ沿いの地震には発生様式に多様性があることから、次に発生する南海トラフ沿いの地震がこれらと同じ地震になるという保証はなく、断層モデルや地盤構造モデル、地震動の推計手法自体にも不確実性があることに留意した上で、本推計結果を見る必要がある。

(7) 液状化危険度の評価

1) 液状化可能性評価手法

液状化可能性の評価については、前回報告では日本道路協会(2002)による、砂質土層の液状化の判定手法を採用した。すなわち、地震動計算結果から地表から 20m までの地中のせん断応力(L)と液状化対象層の繰り返し三軸強度比(R)を求め、液状化対象層ごとに液状化に対する抵抗率($F_L=R/L$)を求め、更に地層全体の液状化可能性指数(P_L)を評価した。

本報告では、前回報告以降に発行された日本道路協会(2017)に基づき計算式を更新した上で、液状化可能性を評価した。地震動特性による補正係数は、揺れの継続時間の長い海溝型地震を想定し Cw=1 を用いた。

液状化の対象とした微地形区分としては、若松・松岡(2020)による区分のうち、以下に該当する区分を対象とした。

谷底低地、扇状地、自然堤防、後背湿地、旧河道・旧池沼、三角州・海岸低地、砂州・砂礫洲、砂丘・砂州間低地、干拓地、埋立地

2) 液状化に伴う地盤の沈下量の推定方法

液状化に伴う地盤の沈下量 S は、前回報告と同様、日本建築学会(2001)に示されている補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係を用いて、補正 N 値と応力比のプロット点に対応する繰返しせん断ひずみを隣接する γ_{cy} 曲線の対数補間により求めた。

3) 液状化可能性等の計算結果

液状化可能性の評価結果及び液状化に伴う地盤の沈下量の推計結果について、図 4.25~図4.42にまとめる。液状化可能性の大きい地域や地盤の沈下量の大きい地域は、 液状化の可能性がある地盤でかつ震度が大きい地域となっている。

4) 液状化危険度の評価における留意事項

本報告で用いた地震動の推計においては、液状化のような地盤の非線形効果による影響を考慮していない。また、本報告で地震動の推計手法として用いた統計的グリーン関数法についても、変更を加えるような先行的な研究もある。したがって、本報告による地震動の推計結果には不確実性があり、それに基づく液状化可能性等の計算結果にも不確実性があることになる。加えて、今回の液状化可能性の計算は、揺れの継続時間や余震の影響など、地盤に揺れを繰り返し与えることによる影響を考慮していない。また、ボーリングデータや地下水位などの地盤情報も必ずしも十分ではない。さらに、令和6年能登半島地震(2024年1月1日のM7.6の地震)では、揺れによる液状化の発生に伴う側方流動によって被害が生じたとの報告(例えば、先名,2024)

もあるが、本報告の手法は、側方流動の影響を考慮できていない。

このことから、液状化可能性等の評価は不確実性の大きい計算結果となっており、 今回の計算で液状化の可能性が低いと推計された地域においても、実際に液状化が発生する可能性も否定できないことに留意が必要である。今後も液状化による地盤変状に関する評価手法について調査研究の進展を注視していく必要がある。

また、本報告では、液状化を要因とする地盤の沈下量を計算しており、液状化以外の要因で生じうる地盤変状については評価していない。

(8) 今後の検討事項

1) 長周期地震動

今回推計を行った震度は、おおむね2秒より短い周期の地震動の揺れの強さを表す 指標であるが、超高層ビルや大型石油備蓄タンクでは、周期2秒以上のゆっくりとし た地震動、いわゆる長周期地震動と共振して、被害をもたらす恐れがある。

内閣府(2015)では、南海トラフ沿いで想定される巨大地震による周期 2 秒から周期 10 秒までの長周期地震動の検討結果を報告しているが、長周期地震動の推計結果は深部の地盤構造モデルに依存するものであるため、本検討で用いた地盤構造モデルが長周期地震動の推計結果に与える影響についても確認を行う必要がある。

2) 震源断層近傍における震度分布の評価

震源断層近傍での強震動の強さの評価は、被害想定を行う上で極めて重大な課題であるが、ほとんどの海溝型の巨大地震の震源断層域は陸域から遠く離れた海域にあり、 震源断層直上での強震動を評価するための観測データがほとんど得られていない。

強震断層モデル及び震源断層近傍における強震動の計算方法等について引き続き 検討し、震源断層近傍の地震動が適切か否かについて点検・評価する。

3) 震源断層遠方における統計的グリーン関数法による波形計算の評価

震源断層から離れた地点での強震動の強さの評価については、従来の統計的グリーン関数法に基づく1/(R+C)の距離減衰を採用した。一方、1/(R+C)の距離減衰よりも緩やかに地震動を減衰させるモデルを用いるほうが、観測結果を説明できるとの研究結果も報告されている。このような手法を採用するには、震源断層モデルの見直しと併せて対象領域における地盤構造モデルについて十分な知見が必要となる。南海トラフ沿いの地域を含めた全国的に統一的な地下構造モデルの構築が進むよう、今後の調査観測の更なる進展に期待するともに、統計的グリーン関数の距離減衰の見直しを含

む波形計算手法についても、更なる高度化を進める必要がある。

5. おわりに

本報告では、南海トラフ沿いの大規模地震の被害想定について見直しの検討を行うため、「南海トラフ巨大地震モデル・被害想定手法検討会」において、科学的な調査・研究成果に基づく最新の知見を踏まえて地震モデルや推計手法等の見直しの検討を行った結果を取りまとめた。今回は、前回報告と同様に最大クラスの地震による揺れ及び津波について推計結果を示すとともに、時間差で発生する地震として、半割れによる地震の揺れ及び津波の推計結果を示した。

今回の検討は、飽くまでも現時点の科学的知見に基づいたものであり、今後の科学的知見の蓄積を踏まえて検証し、必要に応じて修正していくべきものである。

このため、現時点では過去地震の知見も限られることから、古文書調査、津堆積物調査等の一層の促進を図り、南海トラフにおける巨大地震の全容を解明するための継続的な努力が必要である。

今後もその時点で得られる最新のデータや知見の収集の状況に合わせて推計結果 の見直しを進めていく。

(参考) 本報告における用語の取扱いについて

南海トラフの巨大な地震・津波に関する報告は、国や地方公共団体の防災担当者に加えて、防災に関係する地震や津波の専門家等にも広く活用されることが想定される。このため、この報告で用いる用語については、一般の方々に分かりやすいものとすることと併せて、専門家にも誤解なく理解されるものとする必要があることから、アスペリティ等、断層モデル等に関する専門用語については、誤解を与える可能性のある用語を避けることが望ましい。

このことから、本検討会における用語の取扱いを次のとおりとする。

(1) アスペリティに替わる用語

「アスペリティ」は、これまで専門家の間でも多様な意味を持つ用語として使用されてきており、誤解が生じないように次のとおり分類して整理することとする。

①強震動生成域

震度分布を評価するための断層モデルに使用する用語で、断層面の中で特に強い 地震波(強震動)を発生させる領域をいう。断層面のその他の領域は、従来と同様、 強震動生成域の背景領域という。

②大すべり域、超大すべり域

大すべり域は、津波を評価するための断層モデルに使用する用語で、断層面の中で大きく滑る領域をいう。その中でも特に大きく滑る領域を、超大すべり域という。 断層面のその他の領域は、津波背景領域という。

(2)「断層モデル」等の呼称

地震時に動いた断層が震源断層と呼ばれ、この断層モデルを震源断層モデルという。震源断層モデルには、強震動を評価するための断層モデルと、津波を評価するための断層モデルがある。これらの用語について、誤解が生じないよう次のとおり分類して整理することとする。

①震源断層モデル

地震時に動いた断層が震源断層と呼ばれ、この断層モデルを震源断層モデルという。

②強震断層モデル

強震動(強震波形、震度)を評価するための断層モデルを強震断層モデルという。

③津波断層モデル

津波を評価するための地殻変動を計算する断層モデルを津波断層モデルという。

4)震源断層域

地震時に動いた断層の領域であり、強震断層モデル、長周期地震断層モデル、津 波断層モデルを包絡する領域である。

なお、強震断層モデル、長周期地震断層モデル、津波断層モデルに対応する領域 を、それぞれ強震断層域、長周期地震断層域、津波断層域という。

【補足】

分岐断層

プレート境界面から枝分かれした陸のプレート内の高角の断層のこと。

(3)強震断層モデルの断層パラメータ相似則を適用する方法の使い分けによる取扱い

考慮する強震断層モデルの断層面の全域に対して相似則を適用するか、その断層面を複数のセグメントに分割し、個々のセグメントに対して相似則を適用するかにより、次のとおり分類して整理することとする。

①全域モデル

断層面の全域に対して、相似則(スケーリング則)を適用するモデルである。

②セグメントモデル (カスケードモデル)

断層面を複数のセグメントに分割し、個々のセグメントに対して相似則(スケーリング則)を適用するモデルである。カスケードモデルと称される考え方のモデルである。

参考文献

- 国土交通省(2023): 津波浸水想定の設定の手引き、2023年4月
- 佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明 (1994): ボアホール観測記録を用いた表層地盤同定手法による工学的基盤波の推定及びその統計的特性,日本建築学会構造系論文集,No.461,19-28.
- 地震調査研究推進本部(2017): 波源断層を特性化した津波の予測手法(津波レシピ)、平成 29 年 (2017 年) 1 月
- 地震調査研究推進本部(2020):震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」)、令和 2 年 <math>(2020 年) 3 月
- 地震調査研究推進本部(2021): 関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデル (2021 年版)
- 先名重樹(2024): 令和6年能登半島地震における液状化地点分布と特徴,第59回地盤工学研究発表会,23·12·3·01.
- 中央防災会議(2003):「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第16回)報告書
- 内閣府(2013): 首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源 断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書, 内閣府首都直下地震モデル検討会, 平成 25 年 12 月.
- 内閣府(2015):南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告、平成27年12月
- 日本道路協会(2002): 道路橋示方書・同解説、平成14年3月
- 日本道路協会(2017): 道路橋示方書・同解説、平成 29 年 11 月
- 松岡昌志・翠川三郎(1994): 国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング、第 22 回地盤震動シンポジウム、日本建築学会
- 横田崇・稲垣賢亮・増田徹(2005):数値実験による地盤特性と増幅率の関係,日本地震学会講演予稿集(2005年度秋季大会),B064,86
- 若井淳・野津厚(2015): 関東平野における 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動シミュレーション. 日本地震工学論文集. 2015. 15. 1. 1_60-1_80
- 若松加寿江・松岡昌志(2020): 地形・地盤分類 250m メッシュマップ (2020 更新版)
- Boore, D.M.(1983): Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Am., 73, 1865-1894.
- Brune, J. (1970): Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., Vol.75, Issue26, 4997-5009, doi:10.1029/JB075i026p04997.
- Eshelby, J. D. (1957): The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, Proceedings of the Royal Society, A241, 376-396.
- Iwasaki, T., Sato, H., Shinohara, M., Ishiyama, T. & Hashima, A., 2015. Fundamental structure model of island arcs and subducted plates in and around Japan, 2015 Fall Meeting, American Geophysical Union, San Francisco, Dec. 14-18, T31B-2878.
- Kamae, K. and K. Irikura (1992): Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proc. 10th World Conf. Earthq. Eng. Vol.1, 801-806.
- Murotani, S., Iwai, M., Satake, K. et al. (2015): Tsunami Forerunner of the 2011 Tohoku

Earthquake Observed in the Sea of Japan. Pure Appl. Geophys. 172, 683–697.

Nakanishi, A., Takahashi, N., Yamamoto, Y., Takahashi, T., Citak, S. O., Nakamura, T., Obana, K., Kodaira, S. and Kaneda, Y., "Three-dimensional plate geometry and P-wave velocity models of the subduction zone in SW Japan: Implications for Seismogenesis.", Geology and Tectonics of Subduction Zones: A Tribute to Gaku Kimura, 534, 69, 2018