

第Ⅱ章 国・自治体による津波被害想定調査

1. 調査の概要

国・自治体により実施されている地震被害想定調査等を対象に、津波の浸水予測シミュレーション手法や建物被害予測手法について調査を行った。

1-1. 調査対象資料

調査対象とした中央防災会議専門調査会による被害想定を表Ⅱ-1に、自治体（都道府県）の被害想定に関する報告書等の資料を表Ⅱ-2に示す。

表Ⅱ-1 調査対象とした中央防災会議専門調査会

<ul style="list-style-type: none"> ・東海地震に関する専門調査会 ・東南海、南海地震等に関する専門調査会 ・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会

表Ⅱ-2 調査対象とした都道府県の地震被害想定資料（その1）

都道府県	地震被害想定資料	資料発行年
北海道	北海道における想定地震津波に関する調査研究報告書	1996
青森県	青森県地震・津波被害想定調査 報告書	1997
岩手県	岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)	2006
宮城県	宮城県地震被害想定調査に関する報告書	2004
秋田県	秋田県地震被害想定調査報告書	1997
山形県	山形県津波災害対策基礎調査 報告書	1996
福島県	平成8年度 福島県地震・津波被害想定調査 報告書	1997
茨城県	平成8年度 茨城県地震被害想定調査 報告書	1997
千葉県	直下型地震等対策調査 報告書	1992
	同その2 報告書	1993
東京都	津波浸水予測調査報告書(伊豆諸島)	2004
	津波浸水予測調査報告書(小笠原諸島)	2005

表Ⅱ-2 調査対象とした都道府県の地震被害想定資料（その2）

都道府県	地震被害想定資料	資料発行年
神奈川県	神奈川県地震被害想定調査報告書, 同 手法編報告書	1999
新潟県	新潟県地震被害想定調査 報告書	1998
富山県	地震調査報告書	1998
石川県	石川県地震被害想定調査 報告書(概要版)	1998
福井県	福井県地震被害予測調査報告書	1997
静岡県	第3次地震被害想定結果	2001
愛知県	愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書-平成14年度版-	2003
三重県	三重県地域防災計画被害想定調査(概要版)	2005
京都府	京都府地震被害想定調査報告書	1998
大阪府	大阪府地震被害想定調査 報告書	1997
兵庫県	兵庫県沿岸域における津波被害想定調査 兵庫県沿岸域における津波被害想定調査概要報告書	2000 2001
和歌山県	和歌山県地震被害想定調査報告書(概要版)	2006
鳥取県	鳥取県地震防災調査研究報告書	2005
島根県	平成8年度 島根県地震被害想定調査業務報告書	1997
岡山県	岡山県地震被害想定概要調査業務 報告書	1995
広島県	広島県地震被害想定調査報告書(平成7・8年度)	1997
山口県	被害想定報告書	1997
徳島県	平成15年度 徳島県津波浸水予測調査 報告書	2004
香川県	香川県南海地震被害想定調査の概要	2005
愛媛県	地震被害想定調査 概要版報告書	2002
高知県	高知県津波防災アセスメント調査事業報告書	2000
福岡県	地震に関する防災アセスメント調査報告書	1997
佐賀県	震災等被害シミュレーション調査報告書	1997
長崎県	長崎県地震等防災アセスメント調査報告書	2006
大分県	大分県津波浸水予測等調査 大分県地震被害想定調査	2004 2007
宮崎県	宮崎県地震被害想定調査 報告書	1997
鹿児島県	鹿児島県地震被害予測調査報告書	1997
沖縄県	沖縄県地震被害想定調査報告書	1997

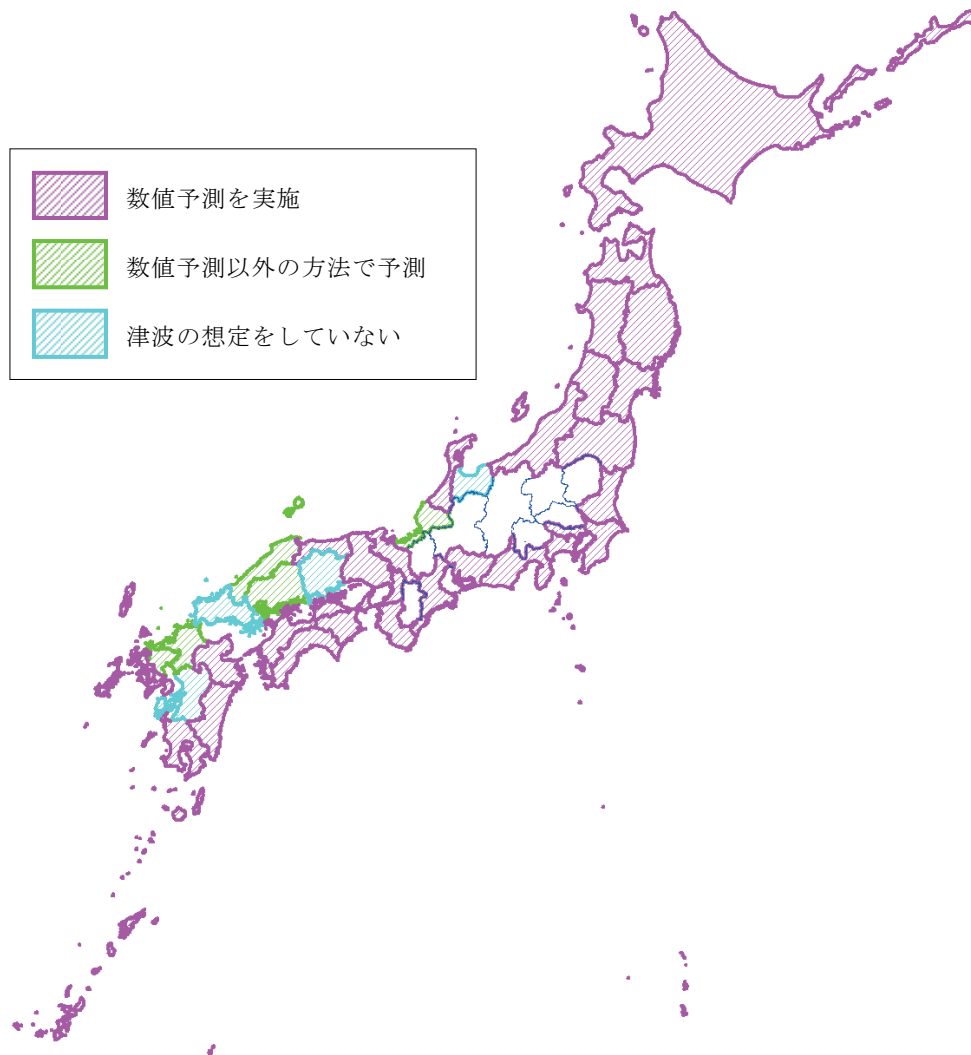
1-2. 津波被害想定の実施状況

中央防災会議専門調査会については、「東海地震に関する専門調査会」「東南海、南海地震等に関する専門調査会」「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」のいずれも津波の被害想定を実施している。

都道府県については、海岸線を有する39自治体のうち35自治体で津波被害想定が実施されている。そのうち数値予測を実施している自治体は30、数値予測以外の方法で予測を行っている自治体が5となっている^(注)。

各都道府県の津波被害想定の実施状況を図Ⅱ-1に示す。津波被害想定を実施していない自治体や数値予測以外の方法で予測を行っている自治体は、津波リスクが比較的小さいとされている瀬戸内海や日本海側が多い。

(注)津波被害想定の実施状況は、本研究で調査対象とした被害想定資料の記載内容から判断した。今回調査対象としなかった資料の中で既に津波被害想定を実施している自治体も存在する可能性がある。



図Ⅱ-1 都道府県の津波被害想定の実施状況

1-3. 調査項目

中央防災会議および都道府県の津波被害想定資料について、浸水予測シミュレーションや建物被害予測に関連のある項目を中心に調査を行った。

具体的な調査項目を以下に示す。

○基本情報：

- ・自治体名
- ・調査報告書名
- ・報告書作成年
- ・調査実施者
- ・被害想定調査HP
- ・津波ハザードマップHP

○津波予測の概要：

- ・想定地震と断層モデル
- ・基礎方程式（津波予測計算に用いる運動方程式など）
- ・計算スキーム（数値計算手法）
- ・境界条件：沖側境界条件，陸側境界条件（遡上境界条件），越流条件
- ・計算条件：空間格子間隔（メッシュサイズ），時間格子間隔（タイムステップ），計算時間，初期潮位，堤防の考慮
- ・初期水位の与え方：地殻変動量の計算手法，破壊伝播時間の考慮，立ち上がり時間の考慮
- ・再現計算
- ・その他特記事項

○主な予測結果：

○津波による被害予測の概要：

- ・被害予測項目および方法
- ・被害予測結果

2. 津波による浸水予測シミュレーション手法

中央防災会議および都道府県の津波被害想定資料の調査結果のうち、浸水予測シミュレーションに関する調査項目の調査結果を表Ⅱ-3に示す。

表Ⅱ-3から分かる浸水予測シミュレーションの特徴を、基礎方程式、境界条件（沖側境界条件・陸側境界条件・越流条件）、計算条件（空間格子・計算時間・初期潮位・堤防の考慮）に分けて以下に記す。

（1）基礎方程式

津波数値計算の基礎方程式としては、「線形長波式」と「非線形長波式（浅水理論式）」の2つが一般に用いられる。このうち線形長波式は簡易的な基礎方程式であり、津波の浸水（遡上）を計算できない。

調査の結果、数値計算を実施している全ての自治体で浅水理論式が使用されていることが分かった。一部の自治体では、浅水理論式と線形長波式が併用されている場合もあるが、それらの自治体では、浅水理論式による浸水予測計算は限られた地域でのみ実施し、その他の地域は線形長波式で海岸の津波の高さのみを求めている。

（2）境界条件

境界条件とは、計算領域の境界や遡上の先端部など基礎方程式が不連続となる境界における処理条件のことであり、沖側境界条件、陸側境界条件、越流条件の3つがある。

沖側境界条件は、計算領域の外縁部における境界であり、外縁部で波が反射してこないようにする処理が求められ、そのような処理を透過境界と言う。沖側境界条件について記載されている全ての自治体で透過境界となっている。

陸側境界条件は、津波が陸に遡上する際の先端部の処理条件のことであり、遡上境界条件や先端条件などとも言われる。代表的な条件としては、「相田(1977)の遡上境界」「岩崎・真野(1979)の遡上境界」「小谷ほか(1998)の遡上境界」「反射境界（=遡上をさせない境界条件）」が挙げられる。なお、調査対象資料に具体的な条件の記述がない場合、表Ⅱ-3には「遡上境界」とのみ記した。

越流条件は、堤防における越流量の算出方法のことであり、越流条件について記述されている全ての自治体で本間(1940a, 1940b)の越流公式が使用されている。

（3）計算条件

①空間格子

空間格子は、浸水予測シミュレーションにおける空間格子のサイズ（メッシュサイズ）であり、一般に、空間格子サイズが小さいほど精度が高い計算結果が得られる。それは、空間格子サイズを小さくすることで、「地形の詳細な特徴が反映できる」「より短波長の波を計算することができる」という利点があるからである。ただし、空間格子サイズを小さくすると計算時間が大きく増加するため、波源から沿岸までの

伝播計算については、計算精度が保たれる範囲で空間格子サイズを大きくとることが望ましい。津波の計算精度を保つためには、計算する津波の1波長に対して30程度の格子が必要であるとされているが、津波は水深が大きい外洋部では波長が長く、水深が小さい沿岸部では波長が短くなる。したがって、外洋部では大きい格子を用い、沿岸部では小さい格子を用いて計算を行うことで、計算精度を確保しながら少ない時間で計算が可能となる。今回調査した自治体の多くでも、外洋部から沿岸部にかけて段階的に空間格子サイズを小さくして計算する方法を採用している。

どれだけ細かい計算を実施しているかは最小格子サイズに反映されるが、最小格子サイズは自治体によりさまざまであり、中には10m程度という非常に細かいサイズで計算を実施している場合もある。全体的には最小格子サイズを50m程度としている自治体が多い。また、沿岸部のうち人口集中地域や港湾施設の存在地域などのみを詳細な空間格子サイズで計算し、その他の沿岸部は一回り大きな格子サイズで計算している自治体もある。

②計算時間

計算時間は、浸水予測シミュレーションとして地震発生直後から何時間分を計算しているかであり、3～6時間程度の自治体が多い。一方、東京都の伊豆諸島および小笠原諸島を対象としたシミュレーションでは、波の伝達・収束に時間がかかることを考慮して長い時間（伊豆諸島 12時間、小笠原諸島 24時間）を計算している。

③初期潮位

初期潮位は、想定する津波発生時の天文潮位であり、防災上の観点から危険側の予測結果となるように高めに設定されることが多い。

初期潮位の取り方としては、朔望平均満潮位（朔（新月）および望（満月）の日を中心に5日以内に観測された月ごとの最大潮位の平均値）、満潮位（朔望平均満潮位ではなく、年間の最大潮位など別の定義の満潮位）、平均潮位（その地域の潮位の平均値。平均海面ともいう）の3つに大別できるが、朔望平均満潮位で浸水予測シミュレーションを実施している自治体が多い。

④堤防の考慮

津波による浸水予測シミュレーションを行う際には、堤防などの実際に存在する海岸構造物をできるだけ考慮して計算を行うことが望ましい。ただし、海岸構造物は、津波に先行して到達する地震動により損壊等の被害を受ける可能性が考えられる。

シミュレーションにおける堤防の考慮方法については、調査対象資料に具体的な記述のある自治体では考慮している場合が多い。ただし、資料の中に堤防の考慮に関する記述のない自治体も多くあり、それらの自治体では堤防を考慮しないでシミュレーションを行っている可能性がある。

表Ⅱ-3 中央防災会議・都道府県の津波浸水予測シミュレーション手法の諸条件（その1）

	基礎方程式	境界条件		
		沖側境界条件	陸側境界条件	越流条件
中央防災会議	非線形長波式	透過境界	遡上境界(小谷ほか)	本間の越流公式
北海道	非線形長波式	透過境界	遡上境界	—
青森県	非線形長波式	—	—	—
岩手県	非線形長波式	—	—	—
宮城県	非線形長波式	—	—	—
秋田県	非線形長波式	透過境界	遡上境界	—
山形県	非線形長波式	透過境界	反射境界	—
福島県	非線形長波式	透過境界	反射境界	—
茨城県	—	—	—	—
千葉県	非線形長波式	—	反射境界	—
東京都(伊豆諸島)	非線形長波式	—	—	—
東京都(小笠原諸島)	非線形長波式	透過境界	遡上境界	本間の越流公式
神奈川県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(相田)	—
新潟県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(岩崎・真野)	—
石川県	—	—	—	—
静岡県	非線形長波式	透過境界	反射境界	—
愛知県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(岩崎・真野)	本間の越流公式
三重県	—	—	—	—
京都府	—	—	—	—
大阪府	非線形長波式	透過境界	遡上境界	—
兵庫県	—	—	遡上境界	—
和歌山県	—	—	—	—
鳥取県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(小谷ほか)	本間の越流公式
徳島県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(相田)	本間の越流公式
香川県	—	—	—	—
愛媛県	非線形長波式	透過境界	反射境界	—
高知県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(相田)	本間の越流公式
佐賀県	—	—	—	—
長崎県	非線形長波式	—	遡上境界	—
大分県	非線形長波式	—	—	本間の越流公式
宮崎県	非線形長波式	透過境界	遡上境界(岩崎・真野)	本間の越流公式
鹿児島県	—	—	—	—
沖縄県	非線形長波式	—	—	—

(注)「—」は参考とした津波被害想定資料に情報が未記載の場合

表Ⅱ-3 中央防災会議・都道府県の津波浸水予測シミュレーション手法の諸条件（その2）

	計算条件			
	空間格子(メッシュサイズ)	計算時間	初期潮位	堤防の考慮
中央防災会議	50m～1350m	3時間～12時間	満潮位, 平均潮位	考慮する
北海道	500m, 1km	2時間～4時間	—	—
青森県	40m～9.6km	—	朔望平均満潮位	—
岩手県	10m～3.24km	3時間	朔望平均満潮位	考慮する
宮城県	50m～1.35km	—	朔望平均満潮位	考慮する
秋田県	50m～900m	1時間～3時間	夏季の大潮期の満潮期	—
山形県	100m～1.8km	—	—	—
福島県	100m～3.6km	4時間	朔望平均満潮位	—
茨城県	—	—	—	—
千葉県	900m, 2.7km	3時間	朔望平均満潮位	考慮する
東京都(伊豆諸島)	10m～1.28km	12時間	—	—
東京都(小笠原諸島)	12.5m～1.6km	24時間	—	—
神奈川県	50m～200m	3時間	平均海面	—
新潟県	10m～1.28km	3時間	朔望平均満潮位	—
石川県	150m	—	—	考慮する
静岡県	40m～6.48km	3時間	最大満潮位	—
愛知県	50m～1.2km	6時間	朔望平均満潮位	考慮する
三重県	50m	—	県内満潮時の最高潮位	考慮する
京都府	—	—	—	—
大阪府	50m～3.6km	5時間	朔望平均満潮位, 平均潮位	—
兵庫県	25m～3.6km	6時間	朔望平均満潮位	考慮する
和歌山県	—	—	—	考慮する
鳥取県	50m～1.35km	12時間	満潮位, 平均潮位	—
徳島県	20m～1.62km	5時間	朔望平均満潮位	考慮する
香川県	25m, 50m	—	—	考慮しない
愛媛県	500m, 1km	6時間	朔望平均満潮位	—
高知県	25m～3.6km	3時間	朔望平均満潮位	—
佐賀県	—	—	—	考慮する
長崎県	50m	6時間	朔望平均満潮位	考慮する
大分県	12.5m～1.6km	6時間～10時間	満潮位	考慮する
宮崎県	10m～1.28km	4時間	朔望平均満潮位	考慮する
鹿児島県	—	—	—	—
沖縄県	150m～1.35km	—	朔望平均満潮位	—

(注1)「—」は参考とした津波被害想定資料に情報が未記載の場合

(注2)空間格子(メッシュサイズ)は、2種類を接続している場合は「○m, ○m」と表記し、3種類以上の場合は「○m～○m」と最小サイズと最大サイズの幅で表示した。

3. 津波による建物被害予測手法

本節では、中央防災会議および都道府県の津波被害想定資料の調査結果のうち、建物被害予測手法について述べる。

津波による建物被害については、予測を行っている全ての自治体で、浸水深さと被害（あるいは被害率）の関係を用いて被害数を算出している。浸水深さと被害の関係は、ほとんどの自治体で首藤(1988)の関係を用いているが、神奈川県と長崎県は独自の関係を用いている。各々で採用されている浸水深さと被害の関係を表Ⅱ-4～表Ⅱ-6に示す。

表Ⅱ-4 首藤(1988)による浸水深さと被害の関係

被害区分	浸水深 (H)	
	木造建物	非木造建物
床上 (全壊, 大破)	$2.0\text{m} \leq H$	—
床上 (半壊, 中破)	$1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$	—
床上 (軽微, 小破)	$0.5\text{m} \leq H < 1.0\text{m}$	$0.5\text{m} \leq H$
床下浸水	$H < 0.5\text{m}$	$H < 0.5\text{m}$

(注) 中央防災会議, 青森県, 岩手県, 新潟県, 静岡県, 愛知県, 鳥取県, 徳島県, 愛媛県, 佐賀県, 宮崎県で採用されている。

表Ⅱ-5 神奈川県(1999)による浸水深さと被害の関係

被害区分	浸水深 (H)	
	木造建物	非木造建物
床上 (全壊, 大破)	$4.0\text{m} \leq H$	—
床上 (半壊, 中破)	$2.0\text{m} \leq H < 4.0\text{m}$	—

表Ⅱ-6 長崎県(2006)による浸水深さと被害の関係

浸水深 (H)	被害率
$5.0\text{m} \leq H$	$(H - 5.0) \times 4.0\% + 80\%$
$2.0\text{m} \leq H < 5.0\text{m}$	$(H - 2.0) \times 23.3\% + 10\%$
$1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$	$(H - 1.0) \times 10\%$

【参考】津波による人的被害予測手法

人的被害は、建物被害数をパラメータとした関係式による予測が多くの自治体で採用されている。その関係式の主要なものとして、宮野・呂(1992)と静岡県(2001)があるが、それ以外の関係式を用いている自治体もある。中央防災会議では浸水深をパラメータとして予測を行っている。和歌山県では、避難に要する時間と津波の到達時間との関係から予測を行っている。

■建物被害数と人的被害数の関係式から予測

○宮野・呂(1992)の関係式

採用自治体：青森県，神奈川県，新潟県，宮崎県

$$\text{(死者数)} = 0.072 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.018}$$

$$\text{(重傷者数)} = 0.0001074 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.961}$$

$$\text{(軽傷者数)} = 0.0004510 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.961}$$

○静岡県(2001)の関係式

採用自治体：静岡県，岩手県，愛知県，鳥取県，徳島県，愛媛県

$$\text{(死者数)} = 0.0424$$

$$\times \exp(0.1763 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})) / 100 \times (\text{人口})$$

$$\text{(重傷者数)} = 0.0340 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破}) / 100 \times (\text{人口})$$

$$\text{(中等傷者数)} = 0.0822 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破}) / 100 \times (\text{人口})$$

○佐賀県：

$$\text{(死者数)} = 0.125 \times (\text{全壊家屋数})$$

○長崎県：宇佐美(2003)を参考に，以下の関係式を設定

$$\text{(死者数)} = (\text{建物被害率}) \times 0.8 \times (\text{メッシュ内夜間人口})$$

○沖縄県：全国消防長会(1994)の北海道南西沖地震のデータに基づき，以下の関係式を設定

$$\text{(死者数)} = (\text{メッシュ内人口})$$

$$\times \{0.3125 \times (\text{家屋流失率})^2 + 0.025 \times (\text{家屋流失率})\}$$

■浸水深さと人的被害数の関係式から予測

○中央防災会議：

$$\text{(死者数)} = (\text{メッシュ内人口})$$

$$\times 0.0282 \times \exp(0.2328 \times \text{浸水深})$$