

## 9. 津波浸水による被害の予測

### 9.1 津波による浸水域

津波浸水想定では、3章で記したように、地震被害想定全般の対象である3地震に慶長型地震を加えた4地震を対象とする。「神奈川県津波浸水想定検討部会（2011年5月～）」で津波浸水予測を実施している元禄型関東地震と慶長型地震については、県による予測浸水深と本市による予測浸水深の内、大きい方の値を各メッシュで用いた。また、南海トラフ巨大地震については、内閣府からの詳細データが本調査時点が出ていないが、現在の公表資料（2012年8月29日）によれば、横浜市で津波高3mとなっており、本市の予測結果と整合している。

東日本大震災の際は、堤防被害はなかったもので、東京湾内にも津波は到来したが浸水被害は生じなかった。今回は、強い揺れや液状化によって堤防が損傷する可能性を考慮し、神奈川県と同様、堤防を考慮しないこととした。また、本市の津波浸水予測では、神奈川県より詳細な地形モデルを用いた。

#### 9.1.1 波源モデル

4地震の波源モデルを、以下に示す。

##### (1) 元禄型関東地震

元禄型関東地震については、「神奈川県津波浸水想定検討部会」での断層モデル(図9.1.1参照)を用いた。被害想定では、神奈川県による予測浸水深と本市による予測浸水深の内、大きい方の値を各メッシュで用いた。

断層モデル		経度 (°)	緯度 (°)	深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	滑り角 (°)	長さ (km)	幅 (km)	食い違い量 (cm)
元禄: 宍倉モデル	GR4	139.80	34.85	0.1	315	30	153	85	50	670
		140.40	34.98	0.1	255	20	90	57	23	1200
		141.30	34.53	0.1	300	30	135	100	50	710

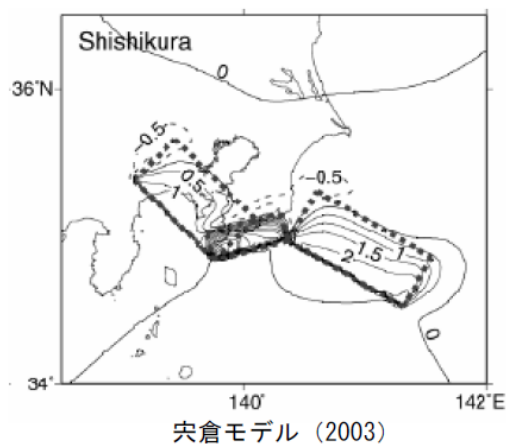


図9.1.1 元禄型関東地震の波源モデル(「神奈川県津波浸水想定検討部会」より引用)

## (2) 東京湾北部地震

地震動予測で記した断層モデルを用いた。

## (3) 南海トラフ巨大地震

内閣府(2012)の想定と同様に、南海トラフ近くの沖合と日向灘へ従来の宝永型よりも拡張したもの(古村・前田(2011)<sup>1</sup>のモデル(図9.1.2参照))を用いた。図9.1.2に示すように、駿河湾～日向灘の震源域を5つの断層セグメント(N1～N5)に分割している。宝永地震の震源域の上端～トラフ軸までの約20km幅については、深部プレート境界のすべり量の2倍としている。

内閣府からの詳細データが本調査時点が出ていない。現在の公表資料(2012年8月29日)によれば、横浜市で津波高3mとなっており、本市の予測結果と整合している。

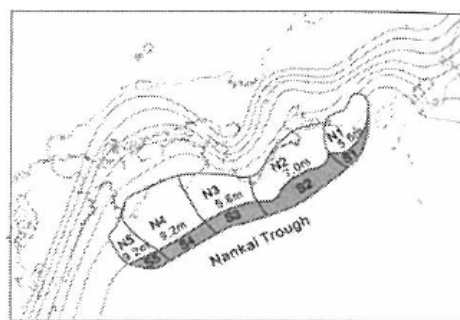


図9.1.2 南海トラフ巨大地震の波源モデル  
(古村・前田(2011)<sup>1</sup>に基づく)

## (4) 慶長型地震

慶長型地震については、「神奈川県津波浸水想定検討部会」での断層モデル(図9.1.3参照)を用いた。1605年の慶長地震は、地震の揺れは大きくなくても津波が大きい地震(津波地震)として知られている。痕跡や史料などの根拠は乏しいが、「神奈川県津波浸水想定検討部会」では、神奈川県で最大規模の津波を生じる可能性がある地震として、県における浸水想定「慶長型地震」として設定した。

被害想定では、神奈川県による予測浸水深と本市による予測浸水深の内、大きい方の値を各メッシュで用いた。

<sup>1</sup>古村孝志・前田拓人：東北地方太平洋沖地震から考える南海トラフ地震「4連動」シナリオ、日本地震学会 2011 年秋季大会予稿集、A32-06、2011 年

断層モデル		経度 (°)	緯度 (°)	深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	滑り角 (°)	長さ (km)	幅 (km)	食い違い量 (cm)
慶長地震	KT9	140.47	34.08	1	250	60	270	285	80	800

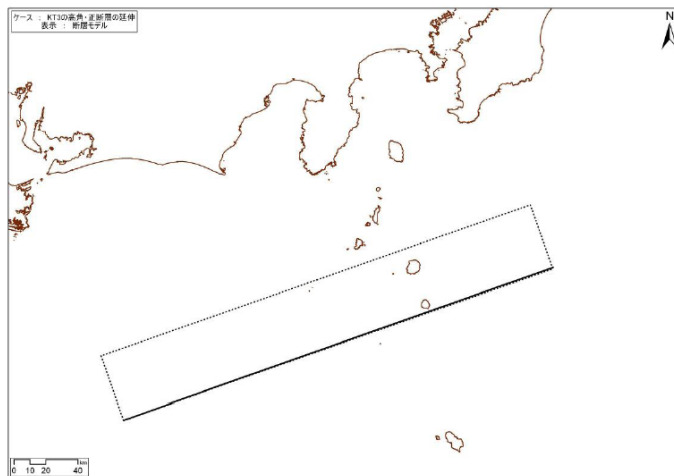


図9.1.3 慶長型地震の波源モデル(「神奈川県津波浸水想定検討部会」より引用)

## 9.1.2 計算条件

### (1) 地形データ

下記のように、神奈川県シミュレーションより、地形データのメッシュの大きさを小さくし、5mメッシュ(標高)等により精度の高いデータを構築した。

神奈川県：12mの格子間隔(メッシュ)

本市：6mの格子間隔(メッシュ)

### (2) シミュレーションモデル

非線形長波方程式に基づくシミュレーション手法(2次元平面)により波源域から遡上域(陸上を含む)の津波伝播過程を追跡する方法を用いた。現在行なわれている津波シミュレーション手法として、国の津波解析の手引き等<sup>1, 2</sup>にも紹介されている標準的な手法である。

○計算手法：非線形長波方程式に基づく数値計算手法

○数値解法：リープフロッグ法(スタッカード差分スキーム)

想定地震に伴う地盤変動量を弾性体理論により推定し、この変位量に等しい水面変動が地震直後に発生するものとし、津波の初期波形(初期の水位変動)を設定した(図9.1.4参照)。

<sup>1</sup> 「津波の河川遡上解析の手引き(案)」、平成19年5月、国土技術研究センター

<sup>2</sup> 「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」、平成23年7月、国土交通省 水管理・国土保全局海岸室

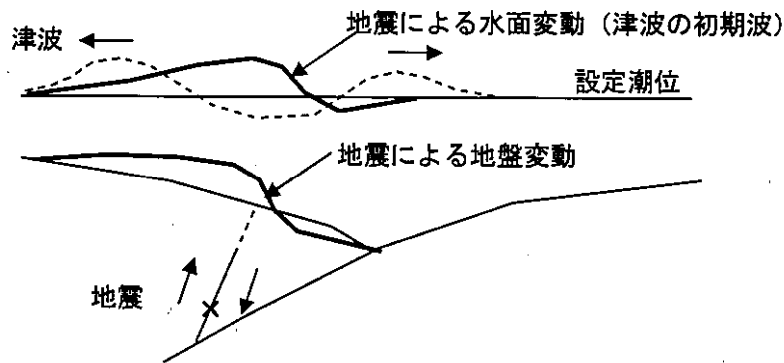


図9.1.4 初期波形の設定

(3) 諸条件の設定

a) 潮位

津波発生時の潮位は、朔望平均満潮位(横浜港)を想定する。

\* 横浜港の朔望平均満潮位はT. P. +0.90m(基準潮位面上1.99m)

b) 粗度係数

GIS上で土地利用データから与えられた土地利用分類と空撮オルソ画像を比較し、土地利用やメッシュ内の建物密集度に応じた適正な粗度係数を設定した。土地利用分類と粗度係数の関係は、小谷ほか(1998)を参考とした。

c) 河川における初期水位

河川における初期水位は、河口部水位を朔望平均満潮位とした場合の平水流量時の水位を与えた。

d) 計算時間間隔

計算時間間隔は次式の計算の安定条件を考慮して設定した。

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{gh_{\max}}} \quad (9.1.1)$$

ここに、 $\Delta t$ : 計算時間間隔、 $\Delta x$ : 格子間隔、 $g$ : 重力加速度、 $h_{\max}$ : 最大水深

e) 境界条件

ア. 沖合境界条件

(自由透過境界) 沖合境界においては津波が自由に透過し、反射しない条件を設定する。

イ. 沿岸境界条件

(反射境界) 本市および隣接区域以外の沿岸部は、津波が陸上に遡上しないものとし、陸と海の境界上の線流量を0とする。海岸線から陸側に水が溢れない条件。

ウ. 遡上境界

(遡上境界) 海岸線の地盤より津波の高さが高くなった場合に、本市および隣接区域の沿岸部においては、陸側に水が溢れることを考慮する条件。

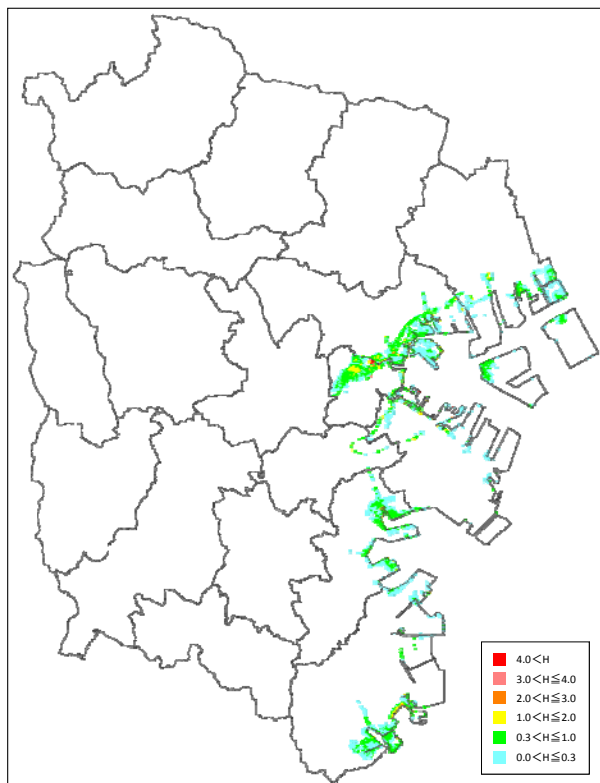
### 9.1.3 津波浸水域

4地震の浸水域を図9.1.5に示す。堤防が揺れや液状化により機能しないとした条件での結果なので、東京湾北部地震においても浸水する。

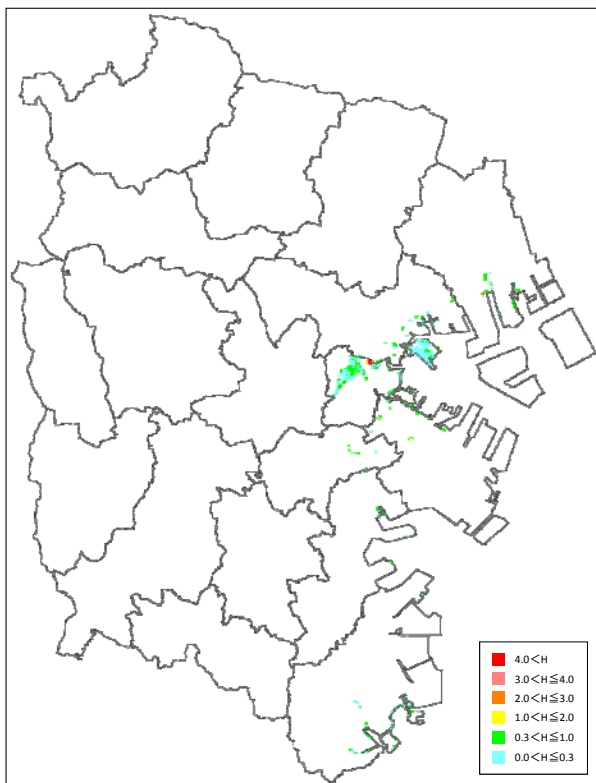
南海トラフ巨大地震と慶長型地震では、広い範囲で浸水する。浸水範囲は、磯子区～中区千鳥町で慶長型地震の方が広いのを除き、2地震で大きな差はない。予測浸水深では、慶長型地震の方が、浸水深が1mを越えるところが明らかに広がる。西区の一部など、部分的には南海トラフ巨大地震での浸水深が上回る場所がある。

元禄型関東地震の場合、浸水域は、揺れが大きく、液状化危険度が高い場所でもある。

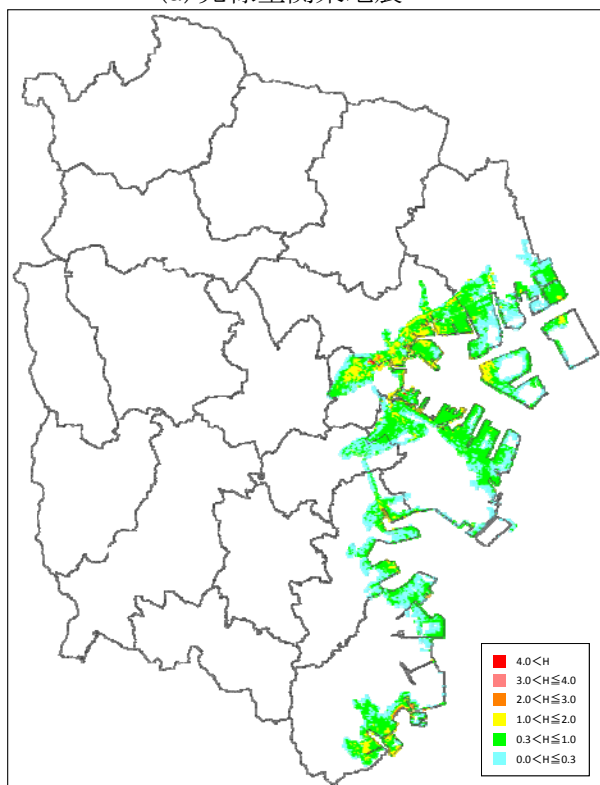
到達時間については、東京湾北部地震では、約20分で横浜港に到達するが、他の地震では地震発生から60分以上経過してからの到達と予測された。



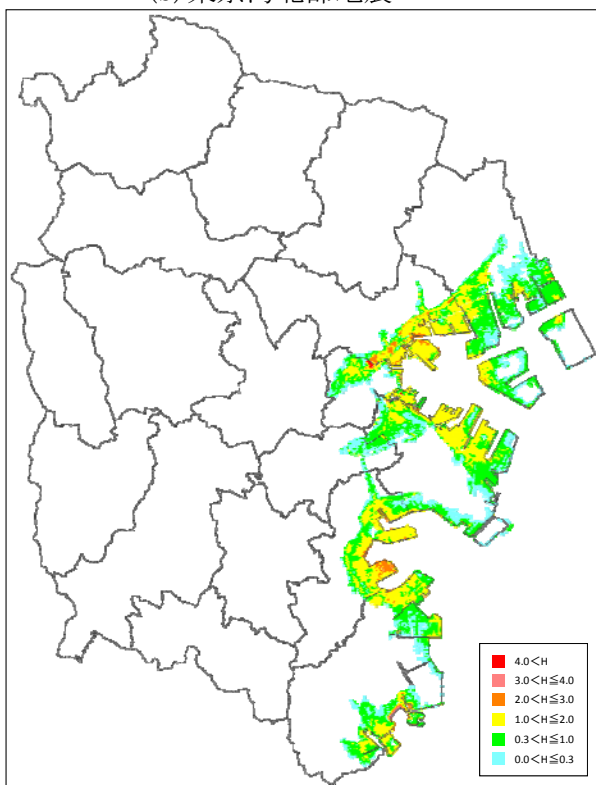
(a) 元禄型関東地震



(b) 東京湾北部地震



(c) 南海トラフ巨大地震



(d) 慶長型地震

図9.1.5 津波浸水深の分布 (50mメッシュ)

## 9.2 津波による建物被害

### 9.2.1 予測方法

従来用いられてきた手法（首藤(1992)）<sup>1</sup>の浸水深と建物被害の関係に、東日本大震災において浸水深1m未満でも全壊・半壊の事例があった（「国土交通省 東日本大震災の津波被災現況調査結果」）ことを反映させて、表9.2.1のように見直して用いた。なお、本市における津波の想定浸水深は3m程度以下で、流速も比較的ゆるやかであることを前提としたものである。

表9.2.1 浸水深と建物被害の関係

被害区分	浸水深 (H)	
	木造	非木造
全壊	$2.0\text{m} \leq H$	—
半壊	$0.5\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$	$0.5\text{m} \leq H$

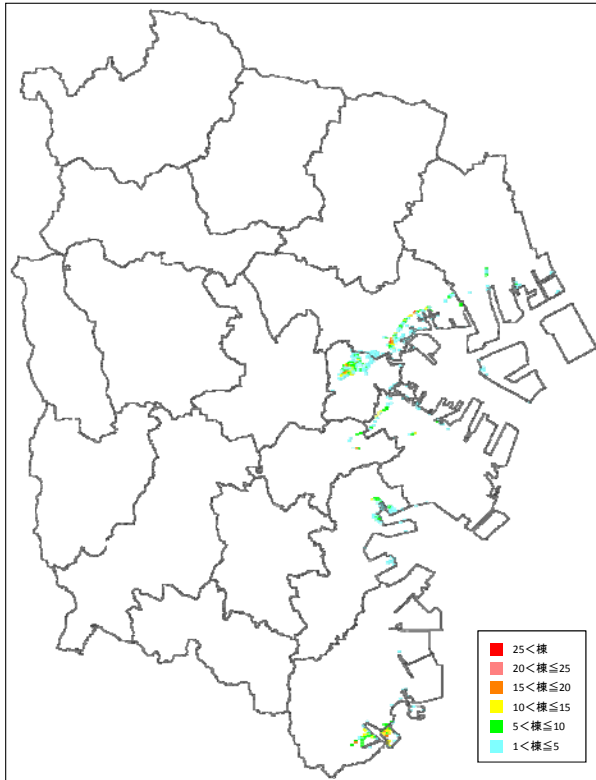
### 9.2.2 予測結果

津波浸水による建物被害予測結果として、被害棟数一覧を表9.2.2に、分布を図9.2.1に示す。南海トラフ巨大地震と慶長型地震で浸水域に大きな差はないが、浸水深では慶長型地震の方が大きい。そのため、建物被害は慶長型地震の方が大きなものとなる。

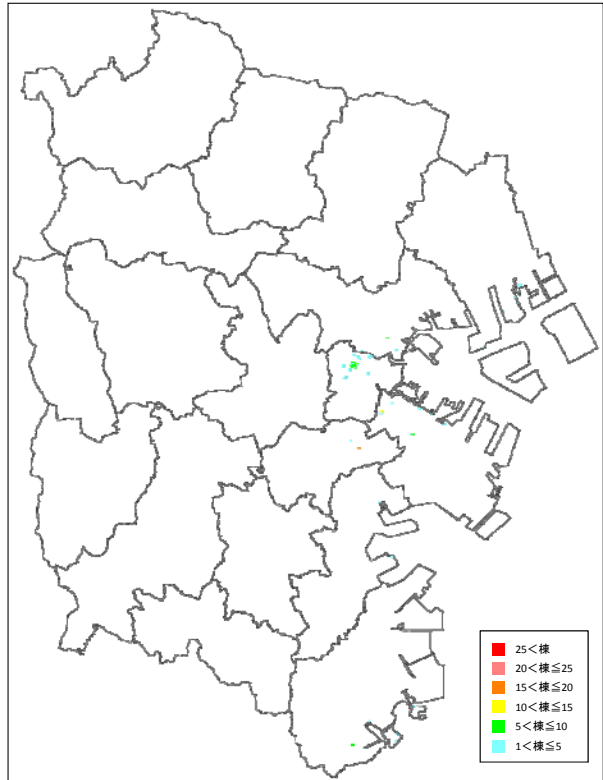
表9.2.2 津波浸水による建物被害の予測結果（単位：棟）

被害区分	建物構造	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震	慶長型地震
全壊	木造	11	0	19	412
	非木造	0	0	0	0
	合計	11	0	19	412
半壊	木造	1,629	70	9,644	16,000
	非木造	1,132	142	5,852	10,635
	合計	2,761	212	15,496	26,635

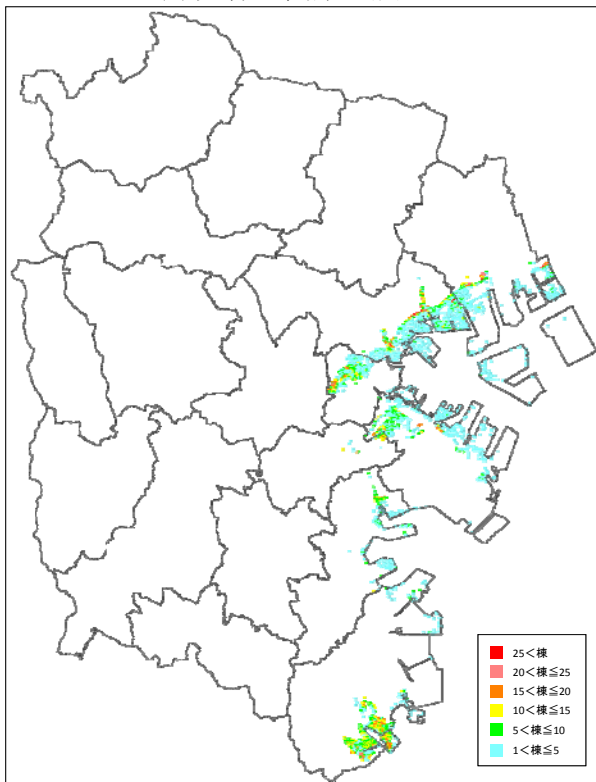
<sup>1</sup>首藤伸夫：津波強度と被害、津波工学研究報告、9、pp.101-138、1992年



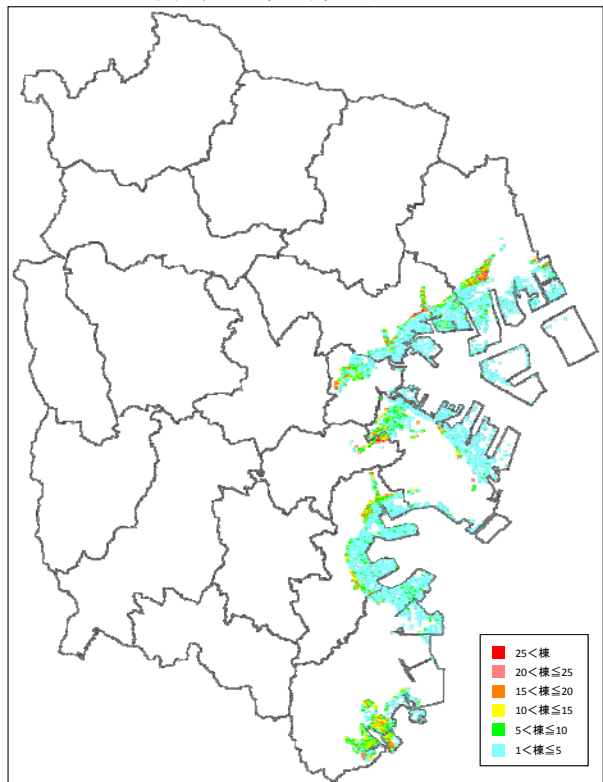
(a) 元禄型関東地震



(b) 東京湾北部地震



(c) 南海トラフ巨大地震



(d) 慶長型地震

図9.2.1 津波浸水による建物半壊棟数の分布 (50mメッシュ)



## 9.3 津波による人的被害

### 9.3.1 予測方法

図9.3.1に津波浸水による人的被害の予測の流れを示す。

内閣府（2012）の予測手法に基づき、津波避難意識の違いを考慮した。内閣府による4ケースのうち、津波避難意識が低い条件とした。比較のため、津波避難意識が高い条件（「切迫避難・避難しない」の割合を10%）でも算出した。

避難（完了）率については、横浜港における津波到達時間の予測結果と、東日本大震災における避難実績から、各想定地震に対する避難（完了）率を設定した。これは、本市の場合、東京湾北部地震を除き、速やかに避難すれば避難を完了することによる。

また、浸水深別の死者率については、既往実績の被害関数（越村ら（2009））を用いた。

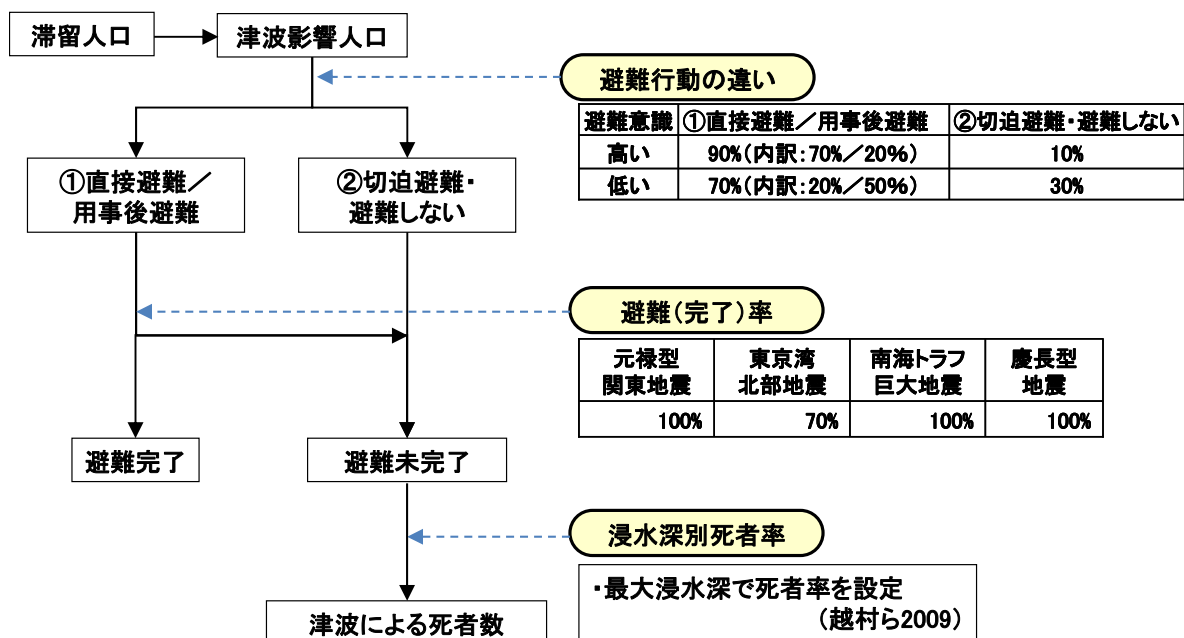


図9.3.1 津波による死者数予測の流れ

#### (1) 津波影響人口

中央防災会議（2003）、神奈川県（2009）、東京都（2012）において、津波の浸水深が1m以上である地域を、津波による影響を受ける地域として設定していることに倣い、津波浸水深1m以上の地域にいる人を津波影響人口とした。

津波影響人口は、式(9.3.1)により算出した。滞留人口は7.1で示したものである。

$$(\text{津波影響人口}) = (\text{滞留人口}) \times (\text{津波浸水深1m以上の浸水面積比率(町丁目別)})$$

(9.3.1)

算出結果を表9.3.1に示す。

表9.3.1 津波影響人口（単位：人）

発生時間	元禄型 関東地震	東京湾 北部地震	南海トラフ 巨大地震	慶長型地震
5時	3,199	71	20,948	66,267
12時	7,285	84	41,288	131,891
18時	6,021	70	33,825	106,192

(2) 避難行動について

内閣府（2012）における、東日本大震災の被災地域での調査結果を踏まえて設定された避難行動パターンから、早期避難者比率が低い場合を想定し、図9.3.1中の「直接避難」、「用事後避難」、「切迫避難・避難しない」の避難者割合を設定した。

(3) 避難（完了）率

東京湾北部地震の場合、約20分で横浜港へ到達する（9.1に記した津波浸水予測結果）。この場合は、中央防災会議（2011）による東日本大震災の事例を参考に避難（完了）率を70%と設定した。他の地震では津波到達まで1時間以上猶予があることから、速やかに避難行動をとった人、および用事後すみやかに避難行動をとった人は100%避難を完了するとした。

(4) 浸水深別死者率

既往の津波被害事例に基づく、越村ら（2009）<sup>1</sup>の被害関数（図9.3.2）により、浸水深別死者率を設定した。

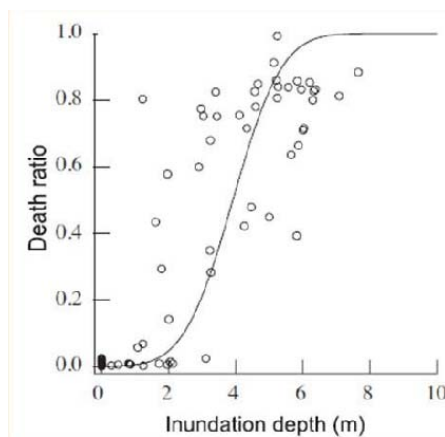


図9.3.2 浸水深別死者率（越村ら(2009)より）

<sup>1</sup> 越村俊一・行谷佑一・柳澤英明：津波被害関数の構築、土木学会論文集 B、Vol. 65、No. 4、pp. 320-331、2009年

### 9.3.2 予測結果

表9.3.2に津波浸水による死者数の予測結果を示す。昼間人口が多い市の中心部に津波浸水域が広がるため、地震が12時に発生するケースが最も多くなった。

市民の避難意識に基づいた避難行動の差によって、大きく結果は異なってくる。今後、防災意識の高揚・避難訓練の実施、津波避難ビルの指定、津波標識の設置、等の実施により今回の予測値より減少させていく必要がある。逆に津波に対する市民の意識が時間と共に風化し、適切な避難行動が取られないと、慶長型地震での津波影響人口は表9.3.1のように10万人を越えているので、予測値より大幅に多くなる可能性がある。

表9.3.2 津波浸水による死者数（単位：人）

避難意識	発生時間	元禄型 関東地震	東京湾 北部地震	南海トラフ 巨大地震	慶長型地震
避難意識が低い (30%が避難しない)	5時	5	0	43	244
	12時	17	0	92	595
	18時	13	0	76	470
避難意識が高い (10%が避難しない)	5時	1	0	15	80
	12時	6	0	30	198
	18時	5	0	25	156