

資料－5. 避難海域の設定に関する資料

1. 一次避難海域の目安（まずは、概ね水深 120m以深）の設定について

避難海域の設定には、対象地域ごとに地形条件（海底地形を含む。）や想定津波高さが異なるため、詳細な検討が必要である。詳細な検討を行うためには、津波シミュレーションによって津波高さや津波流速を求めた上で設定することが望ましい。

ここでは、水産地域防災協議会で一次避難海域を設定するまでの間の海上における一次避難海域の目安として、まずは、地震発生あるいは津波警報等の発表後、海域への避難する場合に直ちに避難することが望ましい海域を一次避難海域の目安として提案する。

避難海域として必要な水深は、諸説(約 20m～200m)あるが、これまでの地震・津波の際の経験的な水深やガイドラインとして全国的に適用する際の水深の目安として、ここでは、一次避難海域の水深は、まずは、概ね水深 120m以深と設定する。

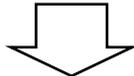
2-1 一次避難海域の目安（まずは、概ね水深 120m以深）の考え方

避難海域では、航行中の漁船等の船舶が被災しないことが求められるが、津波被害をこうむる可能性のある条件には、以下の2つが考えられる。

航行中の漁船等の船舶が被害を受ける条件

条件 - ①：津波により生じる流れ（以下、「津波流速」という。）によって、操船不能となり被害に遭う。

条件 - ②：碎波に巻き込まれ、転覆や圧流される。



避難海域に求められる条件

条件 - ①：津波流速によって漁船等の船舶が操船不能となる限界流速以下であること。

条件 - ②：碎波が発生しない水深であること。

(1) 漁船等の船舶が操船不能となる流速の設定

津波流速によって漁船等の船舶が操船不能となる限界流速について、船舶が操船不能となる流速を東日本大震災での漁船避難の実績を参考に、概ね船速の1/3.2程度となる流速として、本ガイドラインは、津波流速によって漁船等の船舶が操船不能となる限界流速を、余裕を見て船速を10ノットとして、その3.2倍である1.61m/sと仮定する。

【船舶が操船不能となる流速事例】

東北地方太平洋沖地震による津波が来襲した際、実際に漁船を避難させた海域での漁船の海域での避難海域での漁船の最大速度と最大津波流速（津波シミュレーションによる）の比と避難海域の水深の関係を避難海域で状況「危険を感じなかった場合」「転覆の危険、走行支障を感じた」毎に整理すると、避難海域の目安となる（漁船速度/最大津波流速）比は、避難海域において「危険を感じなかった」事例（図中の白抜きデータ）を除いたデータの大きい方の値を目安とすれば安全側と考えられ、（漁船速度/最大津波流速）=3.2が最大値となる。

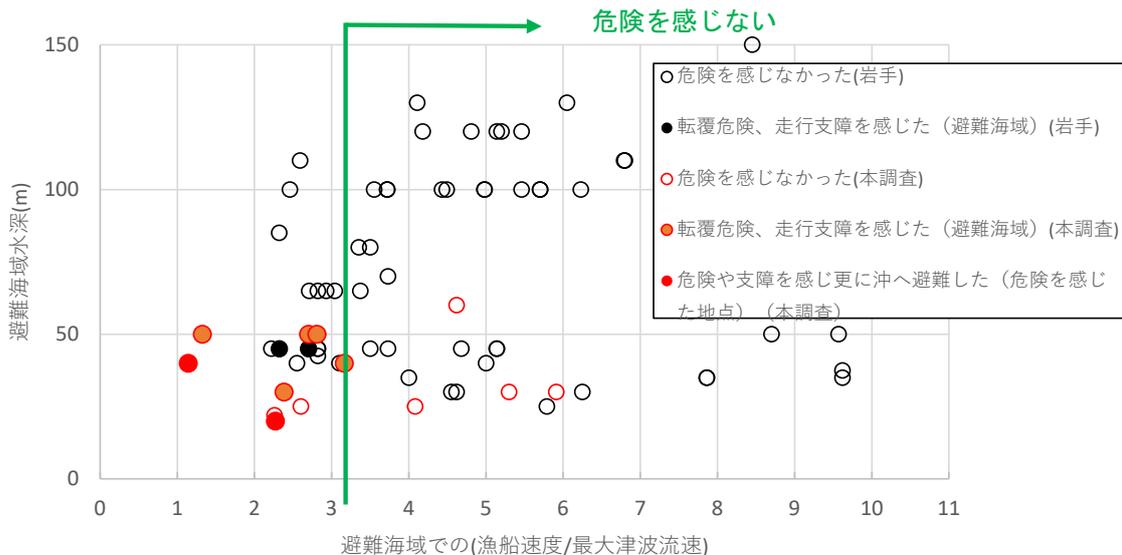


図 5-1 避難海域の水深と避難海域での（漁船速度/最大津波流速）の関係

(2) 砕波が発生しない水深

砕波が発生しない重複波領域の目安として、直立壁に作用する波力算定における重複波領域の式 h （水深） $\leq 2H$ （波高）を用いると、砕波が発生しない水深としては、 $h=2 \times$ （津波高 $\times 2$ ） $= 4 \times$ 津波高となる。

また、砕波が生じない水深は下記囲み中の内容より、25m以深とされているため、ここでは、より安全側を考え、砕波が発生しない水深を30m以深とする。

【砕波が発生しない水深の事例】

●事例 1

砕波が発生する水深については、孤立波の場合 h （水深） $= H$ （波高）/0.83 の式が示されている^{*4}。

資料※4：水理公式集[2018年版] 土木学会

●事例 2

（社）日本海難防止協会の調査によれば、水深 25m以深であれば砕波は起きない事、日本海中部地震津波の観測・調査より海底勾配が緩く周期の短い程砕波が発生しやすい事、および津波波高が水深の7割前後のところまで砕波に至った体験談等が示されている。^{*1}

資料※1：2013年度 大地震及び大津波来襲時の航行安全対策に関する調査研究 報告書
（社）日本海難防止協会

(3) 避難海域に求められる条件

前述の避難海域に求められる条件をまとめると、以下の通りとなる。

避難海域に求められる条件

条件 - ①：最大津波流速が津波流速によって船舶が操船可能である限界流速（船速を 10 ノットとしてその 3.2 倍）1.61m/s 未満であること。

条件 - ②：砕波が発生しない水深は 30m 以深であり、かつ想定津波高の 4 倍以上の水深であること。

2-2 避難海域に求められる条件を踏まえた一次避難海域での津波高さの考え方

一次避難海域において、避難海域に求められる条件を比較してみると、一次避難海域は、概ね水深 120m 以深（参考-1 参照）であり、条件 - ②を満たしているため、ここでは条件 - ①にある津波流速によって漁船等の船舶が操船不能となる限界流速について検討を行う。

津波流速は、津波高さ（ここでは、水深 10m おける津波高さで仮定。）から求めることができる（図 - 5.2）。図 - 5.2 において、条件 - ①の漁船等の船舶が操船不能となる限界流速 1.61m/s 以下の水深を見ると、約 113m である。すなわち津波高さ 10m 以下であれば、一次避難海域の概ね水深 120m において津波流速は 1.61m/s 以下となるので、漁船等の船舶は津波が来襲する際に津波に船首を向けて津波流速の 3.2 倍以上の船速を有していれば、安全に避難できることとなる。

なお、中央防災会議における各専門調査会（東海地震、東南海・南海地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震）や各ワーキンググループ（南海トラフ巨大地震対策検討 WG、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討 WG）では、想定地震に伴う海岸での想定津波高さを公表している。それらの公表された想定津波高さを見てみると、海岸での津波高さは、一部の想定地震の震源に近い地域を除き、概ね 10m 以下（参考 - 2）となっており、一次避難海域として設定した水深概ね 120m 以深は、多くの地域で適用可能と考えられた。しかし、特に想定津波高さが 10m を超える地域では、津波シミュレーション結果及び地理的条件等、各地域の実情を勘案して、一次避難海域の水深を各地域で設定することが望ましい。

中央防災会議の各ワーキンググループが公開する「海岸での津波高さ」は、通常陸より 2、3 格子離れた地点の格子（陸より 20～30m 沖側）で抽出されており、概ね水深 10m 以下と推定される。このことより、本検討において、仮定した津波高さを設定した水深 10m は安全側の設定となっている。

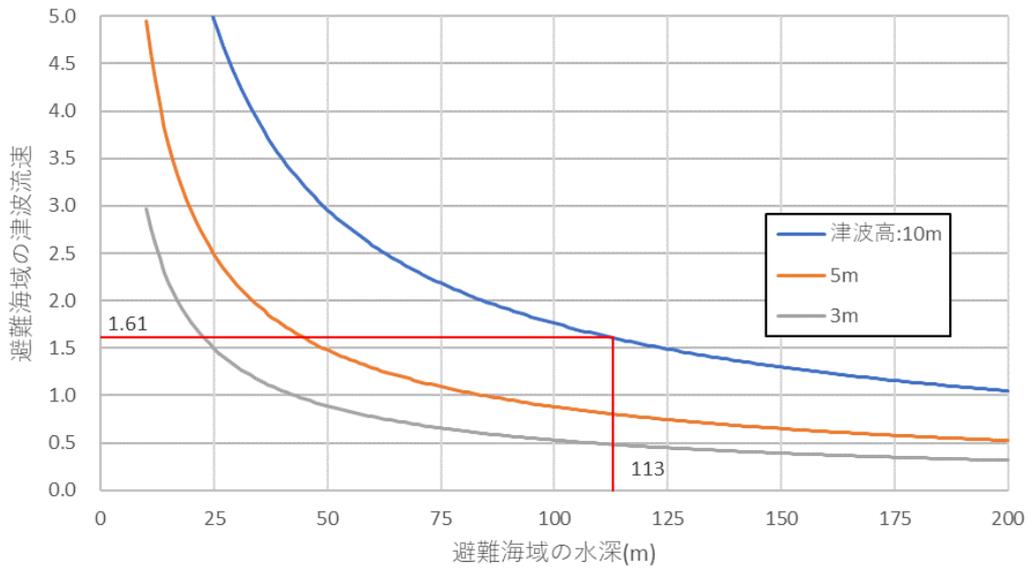


図 - 5.2 各津波高さにおける避難海域の水深と避難海域の津波流速の関係
(津波高さを設定した水深を10mと仮定)

3. 更に水深の深い海域の考え方

一次避難海域（概ね水深120m以深）は、津波高さ10m以下であれば、漁船等の船舶が安全に避難でききる水域であり、地震発生後、気象庁より大津波警報（津波高さが10m超）が出された場合には、更に水深の深い海域へ避難することが必要である。

一次避難海域から更に避難する水深の深い海域については、水深が深いほど津波に対しては安全となるが、水深が深い沖に出ることにより帰港できなくなり遭難するなどのリスクもあることから、事前に水産地域防災協議会において十分協議して、一次避難海域から更に避難する水深の深い海域の水深、場所等を決めておくことが望ましい。

(参考-1) 一次避難海域の目安となる水深の設定

ここでは、簡易的に避難海域を設定する場合の設定手法について紹介する。対象とする津波は近地津波（地震発生から1時間以内に到達する津波）とする。

なお、対象地域により地形条件（水深等）や想定津波高さが異なるため、詳細な検討を行うためには、津波高さや津波流速を津波シミュレーション等によって計算した上で、避難海域を設定する事が望ましい。

1. 想定津波高さの把握

津波シミュレーション等により、各地域で詳細な想定津波高さを算出している場合はその値を用いる。詳細な想定津波高さを算出していない場合は、中央防災会議の各ワーキンググループで算出されている「海岸での津波高さ」を参考にする（参考-3）。最新の中央防災会議の各ワーキンググループでの津波シミュレーション結果（参考-3）を利用することを念頭におき、ここでは想定津波高さを設定した水深を10mと仮定する。

2. 避難海域に求められる条件

避難海域に求められる条件は、参考事例を基に設定すると、以下の通りである。

避難海域で求められる条件

条件 - ①：津波流速によって漁船等の船舶が操船不能となる限界流速は、1.61m/s 以下（船速を10ノットとして、その3.2倍に相当）であること。

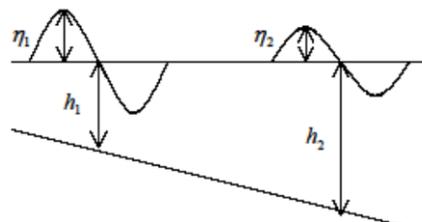
条件 - ②：砕波が発生しない水深は30m以深であり、かつ想定津波高の4倍以上の水深であること。

3. 漁船等の船舶が操船不能となる流速以下の水深の推定

(1) 避難海域の津波高さの算出

津波高さは、水深の1/4乗に反比例する関係がある（グリーンの関係式）。

$$\eta_1 h_1^{1/4} = \eta_2 h_2^{1/4} = \text{一定}$$



この関係を用いて、想定津波高さ及び想定津波高さを設定した水深から、水深による波高の減少を考慮して避難海域の津波高さが算出できる。

図-5.3に想定津波高さを設定した水深を10mの場合の避難海域水深と避難海域の津波高さの関係を示す。たとえば、想定津波高さ10mの場合は水深120mで約5.4mまで津波高さが減少していることが分かる。

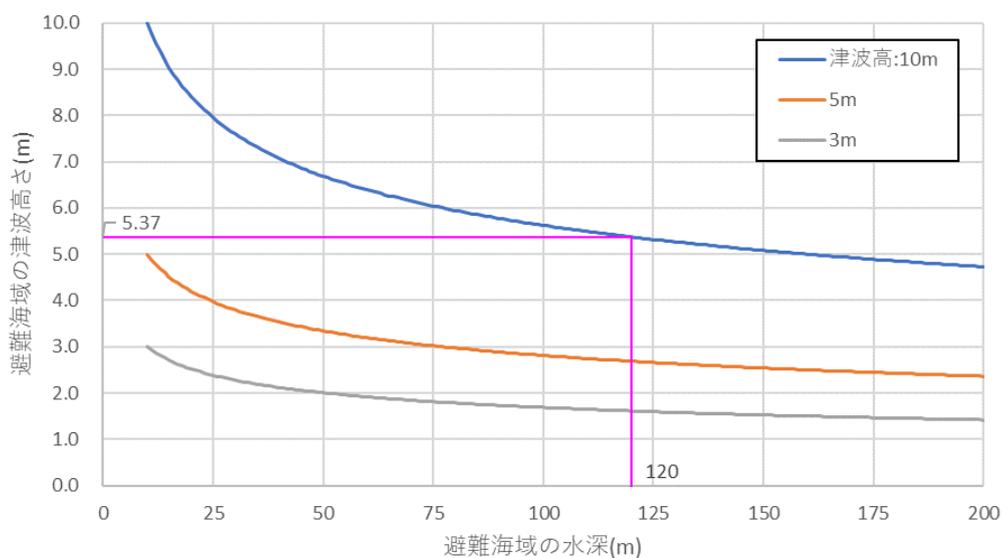


図 - 5.3 避難海域水深と避難海域の津波高さの関係
(想定津波高さを設定した水深を10mの場合)

(2) 避難海域の津波流速の算出

津波による流速(U)は、津波高さ(η)と水深(h)より次のように表される(線形長波の式)。

$$U = \sqrt{\frac{g}{h}} \eta$$

U:津波の流速(m/sec), η:津波高さ(m), g:重力加速度(9.8m/sec²), h:水深(m)

この関係を用いて、各避難海域水深における津波高さから、津波流速が算出できる。図-5.4に想定津波高さを設定した水深が10mの場合の避難海域水深120mの海域における津波高さと津波流速の関係を示す。

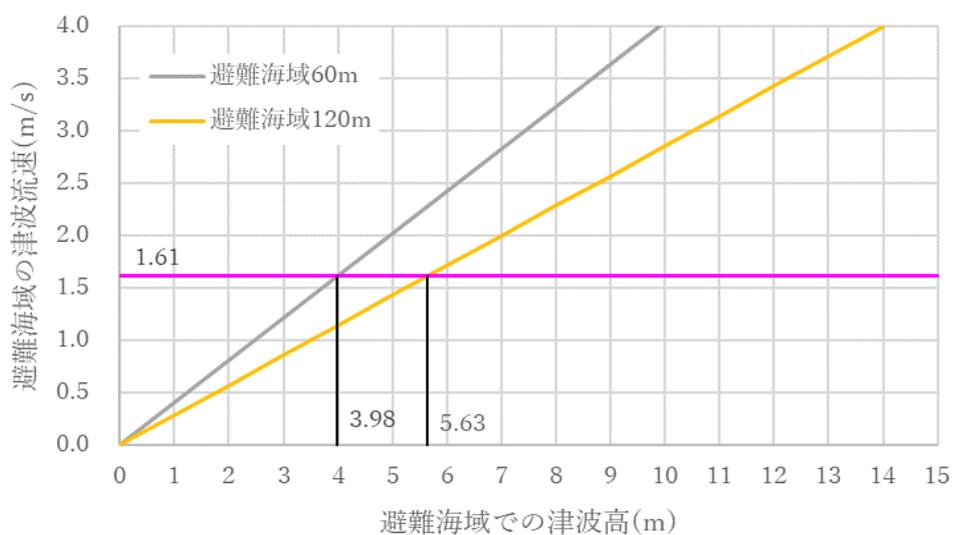


図-5.4 各避難海域水深における津波高さと津波流速の関係

ここで、漁船等の船舶が操船不能となる流速を1.61m/s（すなわち避難海域の津波流速1.61 m/s以下）とすると、避難海域の水深が60m場合と120mの場合はそれぞれ避難海域の津波高さは3.98m、5.63mとなり、避難海域の水深が深い程より大きな津波高に対して操船可能となることが分かる。また、避難海域120mの場合は、図-5.3で推定された想定津波高10mでの海域での津波高さ(5.37m)が操船不能となる海域の津波高より小さいことより避難海域120mでの津波流速は操船不能となる限界流速より小さく避難海域で求められる条件①を満足していることが分かる。

グリーンの式を用いて図 - 5.4の避難海域の津波高さを想定津波高さで表し、想定津波高毎に避難海域の津波流速(U)と避難海域の水深(h)を直接関連付ける式は次の様に誘導される。

- ・グリーンの式より避難海域の津波高は水深10mでの津波高より次式で推定される。

$$\eta h^{1/4} = \eta_{10} 10^{1/4} \rightarrow \eta = \left(\frac{10}{h}\right)^{1/4} \eta_{10}$$

ここに、h、 η は避難海域の水深と津波高、 η_{10} は水深10mでの津波高

- ・次に、避難海域の津波流速は、線形長波式の避難海域の津波高を水深10mの津波高よりグリーンの式で推定して求められる。避難海域の水深毎の避難海域の津波流速と水深10mの津波高との関係は次式となる。

$$U = \sqrt{\frac{g}{h}} \eta \rightarrow U = \sqrt{\frac{g}{h}} \cdot \left(\frac{10}{h}\right)^{1/4} \eta_{10}$$

U: 避難海域の津波の流速 (m/s), η_{10} : 想定津波高(設定水深10m), g: 重力加速度(9.8m/sec²),
h: 避難海域の水深(m)

この関係式より想定津波高毎に避難海域の水深と避難海域の流速の関係で表すと、図 - 5.5(図-5.2再掲) のようになる。

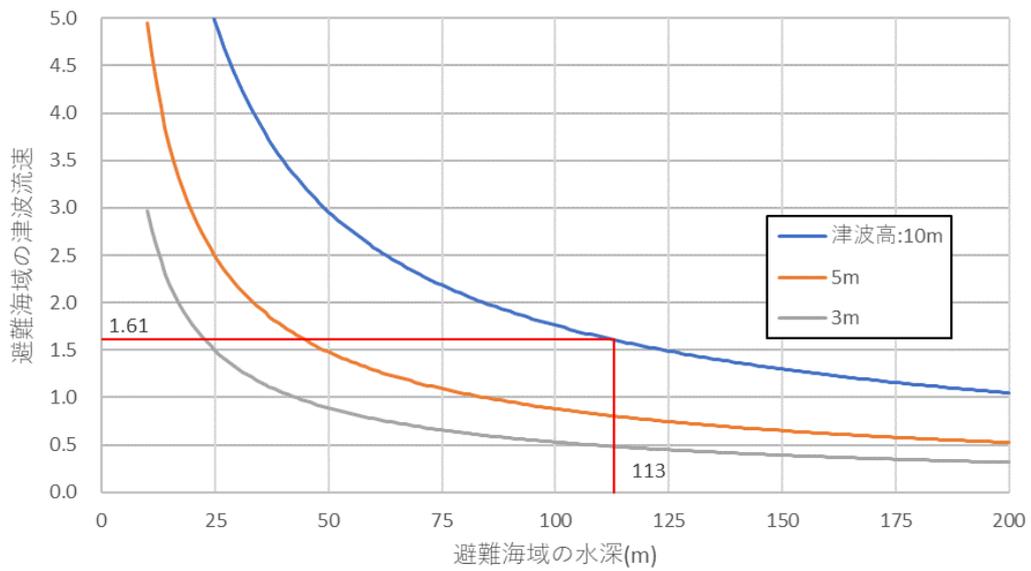


図-5.5 各避難海域水深における想定津波高さと避難海域の津波流速の関係
(想定津波高さを設定した水深を10mと仮定)

ここで、漁船等の船舶が操船不能となる流速を1.61m/s（すなわち避難海域の津波流速1.61 m/s以下）とすると、図-5.5より想定津波高さ10mの場合は避難海域の水深は113m以深と推定できる。

4. 一次避難海域の目安となる水深の設定

砕波が発生しない水深（30m以上かつ想定津波高の4倍=40m）以深と漁船等の船舶が操船不能となる流速以下の水深（113m以深）を比較し、後者の方が深いことから一次避難海域の目安となる水深は概ね120m以深と設定できる。

(参考-2)

津波高さと漁船速度の違いによる一次避難海域の目安となる水深

津波の限界流速を漁船速度の1/3.2倍とし、津波高さと漁船速度を変化させて計算した一次避難海域の目安となる水深は下表のとおりである。

表-5.1 津波高さと漁船速度の違いによる一次避難海域の目安となる水深

漁船速度 (ノット)	限界津波流速 (m/s)	津波高さ (m)	避難海域の水深 (m)
10	1.61	3	30
		5	45
		10	113
15	2.41	3	30
		5	30
		10	66
20	3.21	3	30
		5	30
		10	45

(参考-3)

海岸での津波高さ (内閣府公表資料より抜粋)

令和5年2月時点想定津波高さ

■各地域の津波高さ

以下、令和3年1月時点で南海トラフ巨大地震及び日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震において想定される海岸における津波高さを示す。(資料:「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」)

図中に想定津波高10mを合わせて示す。

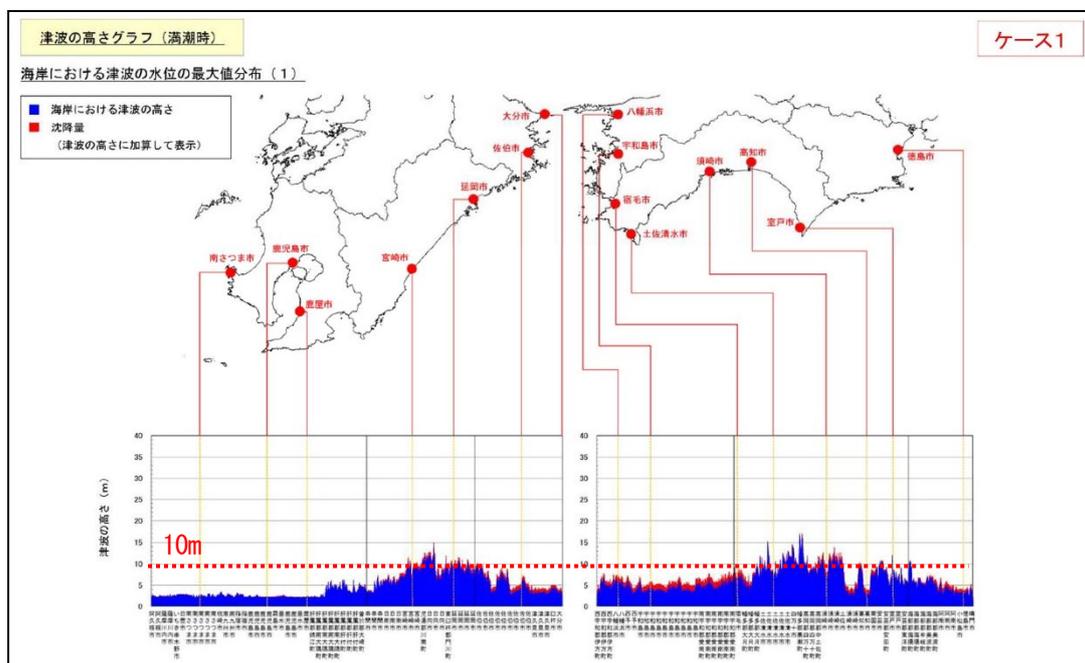


図 - 5.6 南海トラフ巨大地震において想定されている海岸における津波高さ (太平洋側1)
(資料: 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ)

