

水産基盤整備調査委託事業報告書

I 課題名

「漁港漁場施設の性能規定化等技術検討」のうち
(8) 漁港施設による漁港・漁村の津波防災・減災対策手法

II 実施機関名、部局名及び担当者名

(一財) 漁港漁場漁村総合研究所 第1 調査研究部	後藤卓治 浪川珠乃
(株) アルファ水工コンサルタンツ 東京本部 技術部	富澤伸樹

III 調査実施年度

平成 24～26 年度
(当該分野 (8) は平成 25 年度のみ実施)

IV 緒言 (まえがき)

漁港漁村における防災・減災対策は、高潮・波浪に加えて、津波についてもより効果的なものとするのが重要である。しかし、津波対策として防波堤と防潮堤による多重防護を行う際の考え方及び評価手法が確立されておらず、今後、津波対策を実施するにあたっては、これら手法の開発が喫緊の課題となっている。また、漁港の津波避難を考えるにあたっては、漁港や漁業地域の特殊性を考慮しつつ、ハード対策及びソフト対策を組み合わせることで総合的に検討することが重要であり、特に安全で迅速な津波避難のための適切な施設整備が課題となっている。

V 方法

「漁港施設による漁港・漁村の津波防災・減災対策手法」として、以下の項目について検討を行った。

1. 多重防護による漁港漁村の防災・減災対策のあり方

従来、津波外力に対しては、防潮堤により堤内地への津波の侵入を阻止する考えのもと、津波対策が実施されているが、堤外地における水産関係施設への被害軽減及び堤外地で活動する人の避難に対して、防波堤による防災・減災を実施する際の考え方を整理した。

2. 多重防護による漁港漁村の便益（費用対効果分析に係る便益）

多重防護による対策を実施した際には、水産関連施設等の被害軽減及び避難可能な人数の増加等の効果が期待される。これら効果を費用対効果分析による評価する手法を検討した。

3. 漁港・漁村の津波防災・減災対策に関する専門部会の設置

上記検討は、専門家による「漁港・漁村の津波防災・減災対策に関する専門部会」を設置し、取り纏めを行った。

4. 漁港の津波避難に関するガイドライン（津波避難誘導デッキの計画・設計）

漁港の津波避難を考えるにあたり、漁港の津波避難の考え方を踏まえた上で、主としてハード対策、特に津波避難誘導施設に関する具体的な計画・設計手法を示した。

5. 漁港の津波避難に関する専門部会の設置

上記検討は、専門家による「漁港の津波避難に関する専門部会」を設置し、取り纏めを行った。

VI 結果

1 多重防護による漁港漁村の防災・減災対策のあり方

(1) 多重防護による防災・減災対策の目的

漁港漁村では、東日本大震災における津波によって、防波堤、岸壁等の漁港施設や市場・荷さばき所・加工場等の水産関連施設、背後集落の人家等も大きな被害を受けるとともに、多数の人命が失われた。また、復旧に長時間を要し、生活や生業（漁業活動等）の再開が遅れたことによって、地域経済や全国的な食料供給に多大な影響を及ぼした。

このため、漁港漁村における防災・減災対策は、高潮・波浪に加えて、津波についてもより効果的なものとするのが重要であり、漁業活動の安定化及び水産物の生産・流通機能の確保と漁港漁村の人命・財産の防護の両方の観点から、主として、堤外地では水産関連施設・漁船等の被害軽減とともに、漁業関係者等の避難の確保を、堤内地では人家等財産の保全とともに、住民等の避難の確保を目的とする。

【解説】

元来、漁港の防波堤は、台風や低気圧に伴う高潮・波浪に対して港内の静穏度の向上等を図り、漁船の安全性の確保、荷役作業等の港内作業の円滑化、岸壁・護岸等の港内施設や漁港の背後地（人家等）の防護を図ることを主たる目的としてきた。また、漁村については、防潮堤等によって、台風・低気圧に伴う高潮・波浪や津波から漁村の生命・財産を防護することを目的としてきた。

しかし、東日本大震災では、地震や来襲した大津波によって、防波堤・岸壁等の基本施設だけでなく、荷さばき所・製氷、冷凍及び冷蔵施設、加工場等の機能施設や背後の漁村も合わせて被災し、これに伴って漁業活動や地域の経済・生活、さらには国民に対する水産物の安定供給に多大な影響を及ぼした。

その一方で、完全な倒壊を免れた防波堤については、津波来襲時において、浸水時間遅延による避難時間の確保、流入量低減による被害の軽減、第2波以降の津波に対する減災等の効果が確認されている。

こうしたことから、漁港漁村においては、津波に対する防災・減災についても適切に対応することが社会的な要請でもあり、防波堤の津波低減効果を最大限に考慮して、対策を推進することが重要である。

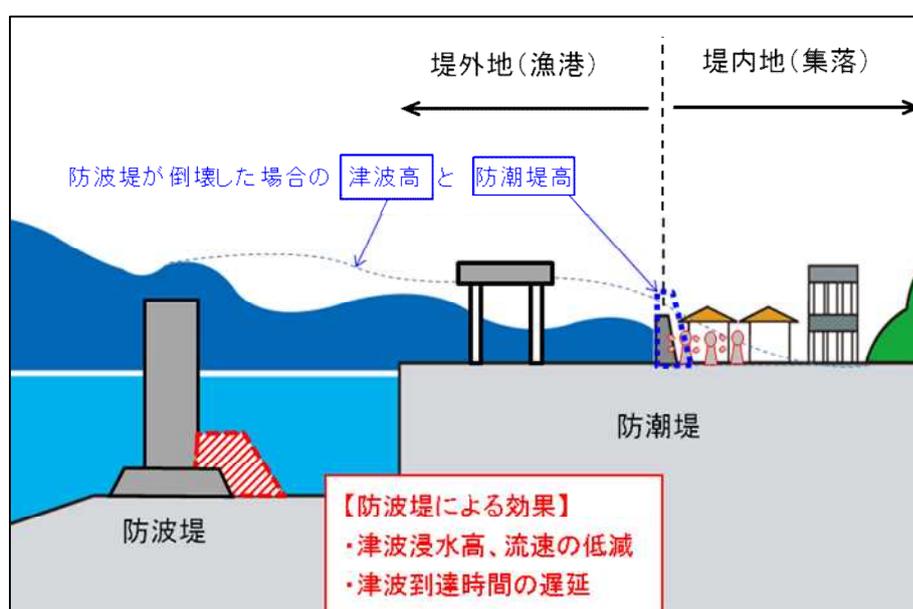
(2) 防波堤と防潮堤による多重防護の考え方

防波堤と防潮堤による多重防護とは、防波堤によって堤外地の水産関連施設や漁船等の減災を図るとともに、防波堤と防潮堤を組み合わせることで堤内地の人命・財産等の防災・減災を図ることである。

漁港漁村の中には、こうした多重防護を活用することで、津波に対して防災・減災対策を効率的かつ効果的に進めることができる場合があり、このような地域では積極的に多重防護を活用した防災・減災対策に取り組むことが重要である。

【解説】

防波堤と防潮堤による多重防護のイメージを以下に示す。



防波堤と防潮堤による多重防護のイメージ

漁港漁村の特徴としては、以下のことが挙げられる。

- (1) 堤外地（漁港）に多くの水産業関係者等が滞在
- (2) 津波高に対して防潮堤の高さが不足
- (3) 背後集落の立地、地形の制約（例えば、防潮堤の直背後に集落が立地、集落背後に山が迫っている等）から防潮堤の嵩上げが困難

こうした漁港漁村の特徴を踏まえると、多重防護の活用が有効となるのは、次のような場合が考えられる。

- ・ 防潮堤のみでの対応が困難な場合
- ・ 堤外地で大きな防災・減災効果が得られる場合

(3) 多重防護による主な効果

漁港漁村において防波堤と防潮堤による多重防護を活用することによって、堤外地では、防波堤が津波浸水高や流速を低減することによる水産関連施設・漁船等被害の低減、堤内地では防潮堤高さを抑えることによる背後用地の利活用、漁業活動・生活の利便性の向上、集落景観の維持、また、浸水範囲の減少等による一般資産被害の低減等の効果が期待できる。

また、堤外地及び堤内地では、防波堤が津波到達時間を遅延し、避難時間が増加することによる避難可能人数の増大が期待できる。

【解説】

漁港漁村において防波堤と防潮堤による多重防護を活用することによって、堤内・堤外地で以下に示すような効果が期待できる。

【堤外地（主として漁港）での効果】

- (1) 津波浸水高や流速を低減することによる、水産関連施設・漁船等被害の低減
- (2) 津波到達時間を遅延し、避難時間が増加することによる避難可能人数の増大



堤外地の物的・人的被害の低減、水産業の早期再開

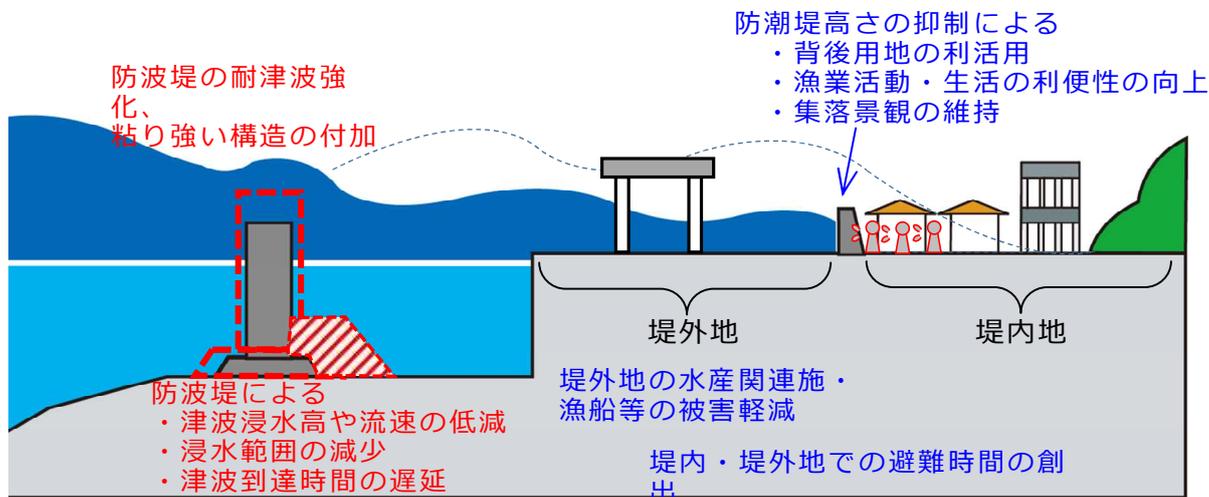
【堤内地（主として集落）での効果】

- (1) 防潮堤の高さを抑えることによる、背後用地の利活用、漁業活動・生活の利便性の向上、集落景観の維持
- (2) 浸水範囲の減少等による、家屋、事業所、家庭用品等の一般資産被害の低減
- (3) 津波到達時間を遅延し、避難時間が増加することによる避難可能人数の増大



堤内地の物的・人的被害、地域に与える損害の低減

また、多重防護を活用することで、仮に片方が損壊しても、もう片方が残ることによって完全に防護機能等が失われないリスク分散効果も期待できる。



(4) 多重防護における防災・減災目標の考え方

多重防護による防災・減災対策については、発生頻度の高い津波に対して、漁業活動の安定化及び水産物の生産・流通拠点の確保の観点並びに漁業関係者等の避難の確保の観点から、津波浸水高に対する被災率など過去の知見や避難シミュレーション等に基づき、堤外地では被害を低減できる高さまで津波を低減するとともに、堤内地では津波の侵入を防止し、また、堤外地及び堤内地では避難時間の確保に資するなど、適切な防災・減災目標の目安を設定することが望ましい。

また、発生頻度の高い津波を超える津波についても、防波堤等へ粘り強い構造を付加することにより、発生頻度の高い津波と同様の観点から、堤内地及び堤外地では、被害を軽減できる高さまで津波を低減するとともに、避難時間の確保に資するなど、適切な減災目標の目安を設定することが望ましい。

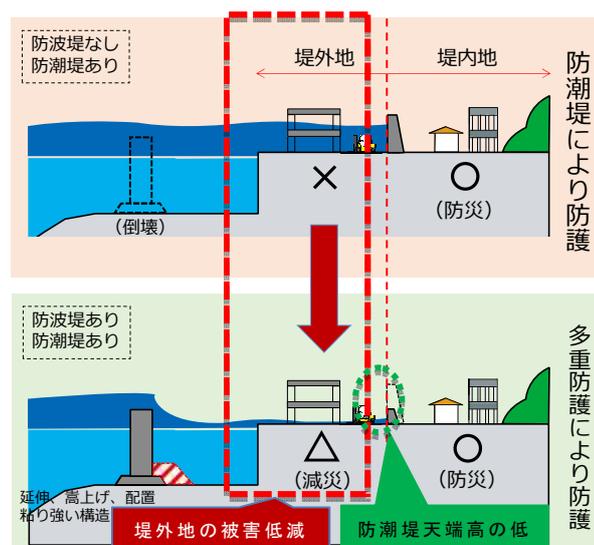
なお、多重防護における防災・減災目標の設定にあたっては、多重防護による減災効果を適切に評価し、対策に要する費用や得られる便益等を総合的に勘案することが重要である。

【解説】

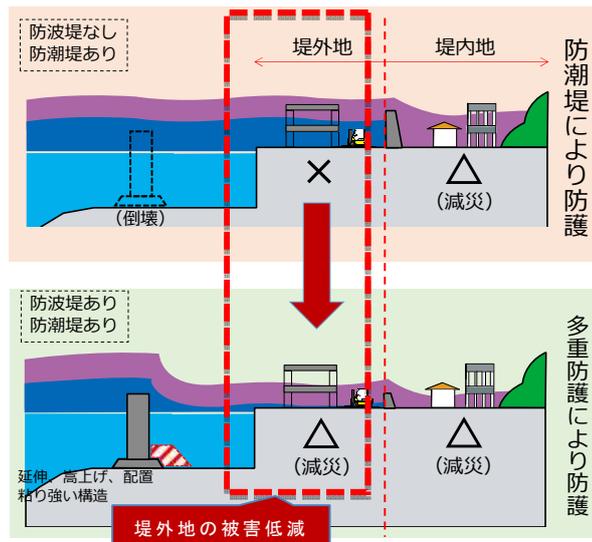
多重防護による防災・減災対策については、「発生頻度の高い津波」、「発生頻度の高い津波を超える津波」の2種類の津波を設定し、適切な防災・減災目標の設定することが望ましい。

「発生頻度の高い津波」に対しては、防波堤と防潮堤によって堤内地への津波の侵入を抑止し、背後集落の人命・財産を防護することに加え、防波堤によって堤外地での津波を低減し、水産関連施設等の被害軽減や漁港内の水産業従事者の避難時間の確保を図ることが基本的な考え方となる。

また、防波堤や防潮堤を粘り強い構造とすることで、発生頻度の高い津波（設計津波）を超える津波に対しても、可能な限り、堤外地・堤内地の水産関連施設・人家等の被害軽減や漁港内の水産業従事者や集落住民等の避難時間の確保を図ることができる。

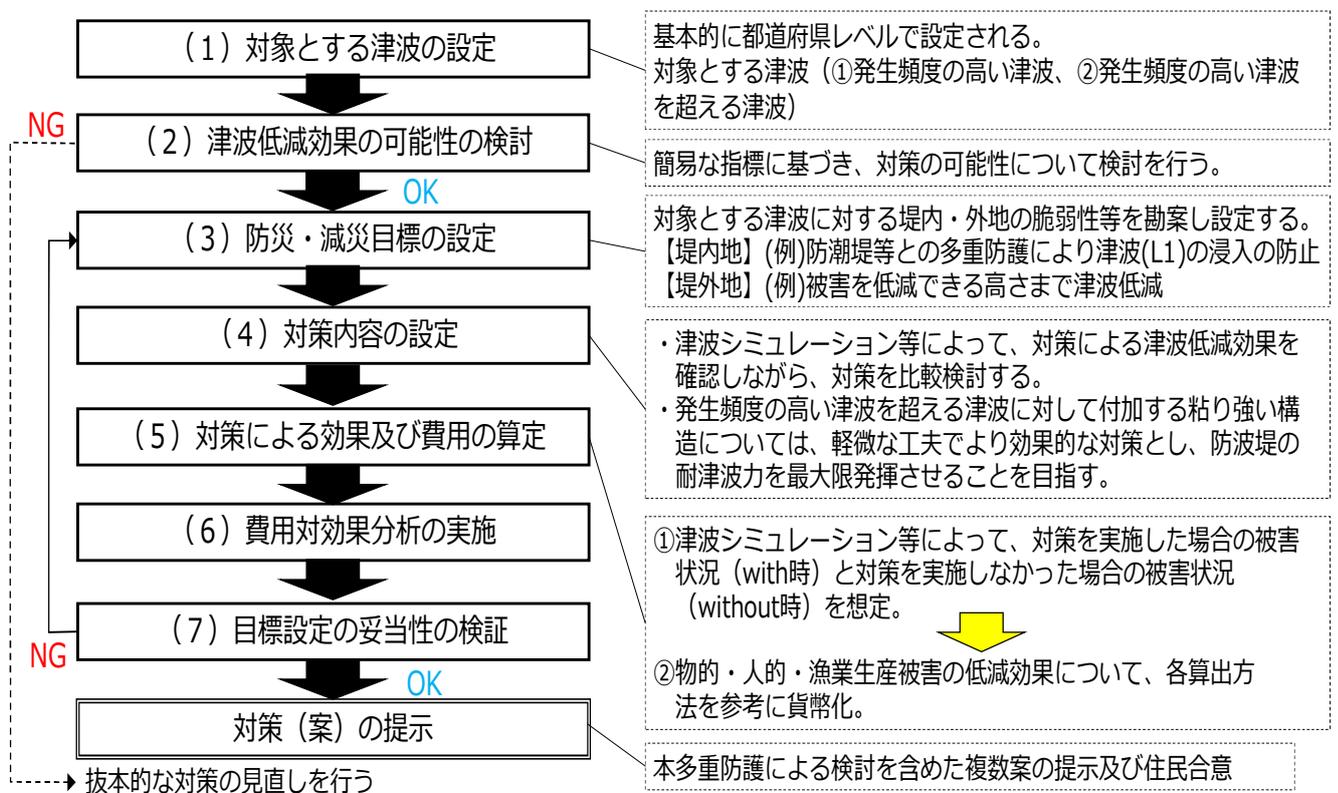


「発生頻度の高い津波」に対する防災・減災の基本的な考え方



「発生頻度の高い津波を超える津波」に対する減災の基本的な考え方

防災・減災目標の設定については、上記の基本的な考え方を踏まえ、多重防護による効果を適切に評価し、対策に要する費用や得られる便益等を総合的に勘案し、設定することが重要であり、その手順は以下のフローを参考にすることができる。



また、漁港漁村における具体的な目標設定については、漁港にある施設の中でも重要度の高い施設・場所を対象として、設定することが有効な方法と考えられる。

重要度の高い施設・場所としては、以下のものを挙げる事ができる。

- 1) 重要な施設（市場、種苗生産施設など）
- 2) 早期復旧に重要な施設
- 3) 来訪者が集まる場所 など

1) 重要な施設



(例) 荷捌き所

- ・ベルトコンベアは荷捌きに必要の機器であり、その被害は漁業生産に影響を与える。
- ・地盤から0.5m高くなっている場合、浸水深0.5m以下であれば、そこにベルトコンベアが設置されているため減災効果が想定される。

2) 早期復旧に重要な施設



(例) 冷蔵・冷凍庫

- ・冷蔵冷凍庫、製氷施設は、漁獲物の鮮度保持のために重要な施設である。
- ・施設によっては、室外水冷機、電源を2F等高い位置に配置しており、減災対策が図られている。

3) 来訪者が集まる場所



(例) レジャー施設

- ・緊急避難施設である。
- ・プール営業に必要な給水ポンプ室が1Fにあり、機器が地盤から0.5mの部分である場合、浸水深0.5m以上で営業停止となることが想定される。

目標設定に当たっては、以下の視点を勘案し、①施設の重要度に応じて個別に目標を設定する方法と、②堤外地全体に対して一律で設定する方法等が考えられる。

【目標設定の視点】

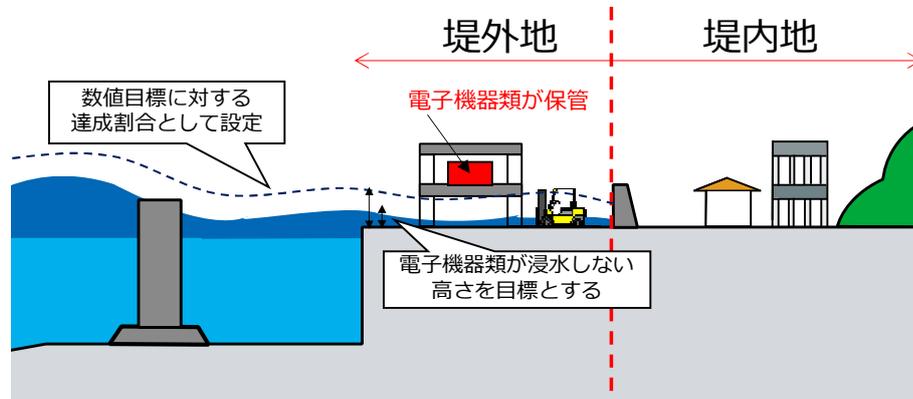
- ・発生頻度の高い津波から堤内地を守る（防潮堤等との多重防護により堤内地への津波の浸入防止を図る）。
- ・堤外地の被害を低減できる高さまで津波を低減することを念頭に置いた防災・減災目標を設定する。

(①の例)

堤外地の市場の前面では、データ等が保管された電子機器類が2階に設置されていることを考慮し、電子機器類が浸水しない高さを目標とする。

(②の例)

堤外地全体において、定量的な数値目標に対する達成割合として設定する。



なお、具体的な目標値の設定には、後に示す「■目標値の設定に関する参考データ」を参考にできる。

また、水産基盤整備事業では、防波堤による津波低減効果によって、漁港漁村における水産業関係者や住民の避難に対しても効果が得られる場合があるので、その際には、下表で示す「多重防護による人的被害の範囲と必要となる避難施設の考え方」を参考にし、必要な避難対策を検討することが望ましい。

多重防護による人的被害の範囲と必要となる避難施設の考え方

		防潮堤		防波堤及び防潮堤による多重防護	
		財産	人命	財産	人命
堤外		× 効果なし	× 効果なし	○ 被害の低減	○ ・避難可能人数の増大 ・避難不可能者も浸水深低減により死亡率が低減
堤内		○ 被害の低減	○ ・避難可能人数の増大 ・避難不可能者も浸水深低減により死亡率が低減	○ 被害の低減	○ ・避難可能人数の増大 ・避難不可能者も浸水深低減により死亡率が低減
		海岸保全施設+避難施設		多重防護+避難施設	
避難施設数		[堤外地]×変化なし、 [堤内地] ○施設数の減少		[堤外地]○施設数の減少、 [堤内地]○施設数の減少	
避難施設数イメージ	(L1津波に対して)				
	(L2津波に対して)				

■ 目標値の設定に関する参考データ

- ・東日本大震災による被災現況調査結果（第1次報告）¹⁾によると「浸水深2m」を境に、被害状況に大きな差があり、浸水深2m以下の場合には建物が全壊となる割合は大幅に低下する傾向にあることが確認されたことから、津波浸水深「2m超」を市街地（集落）の壊滅的な被害をもたらす目安として設定している（図1）。
- ・内閣府が設定した浸水深別の死者率関数²⁾によると、津波に巻き込まれた場合、津波浸水深「30cm超」を死亡者が発生する目安として設定している（図2）。
- ・「津波強度と被害程度の関係（首藤）³⁾」では、津波高「2m超」を木造家屋が全面破壊する目安としている（図3）。
- ・上記の既往実績を参考に、目標の目安を設定してもよい。
- ・また、津波浸水深ごとの建物被害率（中央防災会議）⁴⁾を参考に、目標の目安を設定してもよい（図4）。
- ・その他、堤外地における避難可能人数等の減災効果により目安を設定してもよい。

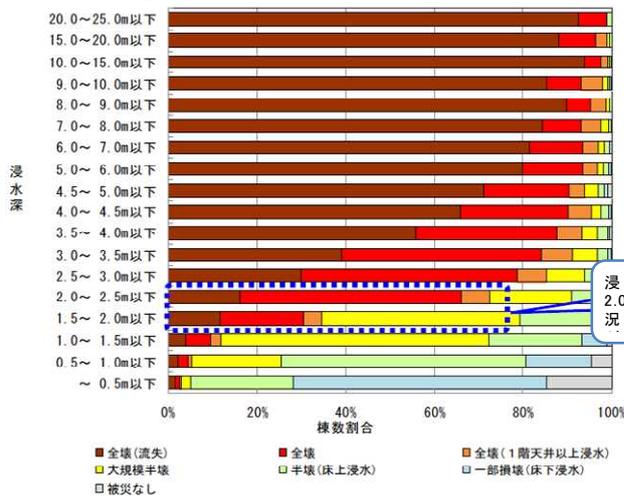


図1 浸水深と建物被災状況の関係（浸水区域全域）
（国土交通省都市局（2011年））

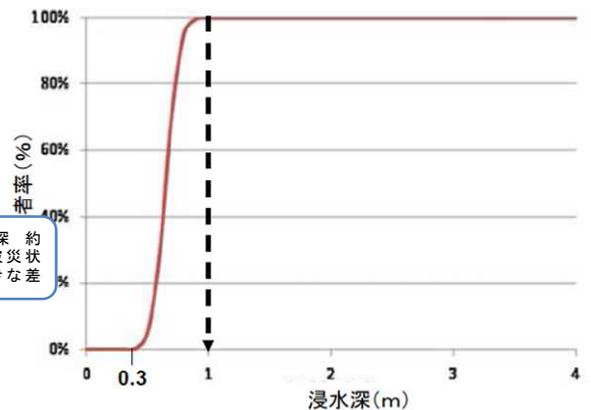


図2 津波に巻き込まれた場合の死者率
（内閣府（2012年））

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高 (m)	1	2	4	8	16	32
津波斜面形態	緩斜面 急斜面	岸で盛上がる 速い潮汐	沖でも水の壁 第二波砕波 速い潮汐	先端に砕波を伴う ものが増える。	第一波でも 巻き波砕波を 起こす。	
音響	全面砕波による連続音 (海鳴り、暴風雨)			浜での巻き波砕波による大音響 (雷鳴。遠方では認識されない)		
	崖に衝突する大音響 (遠雷、発破。かなり遠くまで聞こえる)					
木造家屋	部分的破壊	全面破壊				
石造家屋	持ちこたえる		(資料無し)		全面破壊	
鉄・コン・ビル	持ちこたえる		(資料無し)		全面破壊	
漁船		被害発生	被害率50%	被害率100%		
防潮林被害 防潮林効果	被害軽減	津波軽減	潮流物阻止	部分的被害 潮流物阻止	全面的被害 無効果	
養殖筏	被害発生					
沿岸集落		被害発生	被害率50%	被害率100%		
打上高 (m)	1	2	4	8	16	32

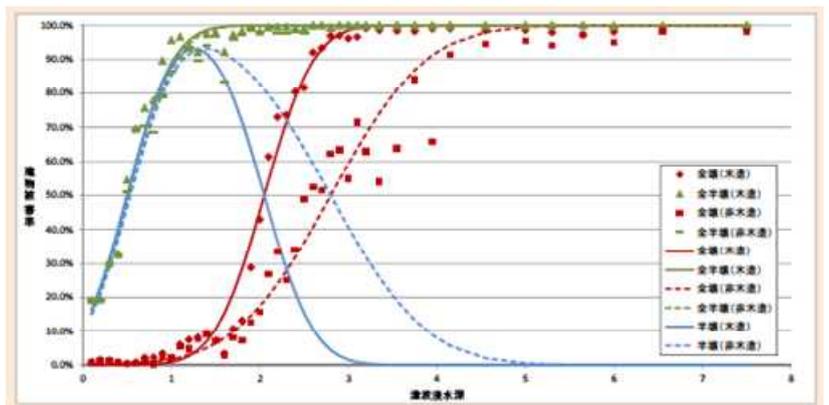


図4 津波浸水深ごとの建物被害（人口集中地区）
（中央防災会議（内閣府、2012年））

← 図3 津波強度と被害
（首藤伸夫（1992年））

(5) 多重防護の具体的な対策

1) 多重防護による津波低減効果の発現特性

多重防護による津波低減効果の発現特性については、東日本大震災の事例を含めた既往の津波実績から、以下の傾向が見られる。

- (a) 津波低減効果は、漁港への津波の流入量と漁港の泊地の広さ等に大きく影響を受ける。
- (b) 漁港への津波の流入量は、来襲津波に対する防波堤等による平面遮蔽性（港口の狭さなど）、鉛直遮蔽性（防波堤の天端の高さや設置水深の深さ）が高いほど、低減される傾向がある。
- (c) 来襲する津波の周期にも大きく影響され、津波の周期が短いほど、低減される傾向がある。津波の片周期が10分以下であると、防波堤等による津波低減効果は大きくなる。
- (d) 防波堤背後の泊地面積が広いほど、津波低減効果が高くなる傾向がある。
- (e) 漁港背後の陸域では、漁港施設有りの場合、流速が全体的に減少する傾向がある。
- (f) 小規模な漁港においては、減災効果は得られにくい傾向がある。

このように、防波堤による津波低減効果は、来襲する津波周期、高さ、漁港の形状、規模、位置する地形等によって発現特性が異なるため、津波シミュレーションや水理模型実験等による詳細な検討に先立って、既往の津波に基づいて検討された指標を用いた簡便な手法によって、津波低減効果の可能性を検討することが望ましい。

また、既往の津波に基づいて検討された指標を用いた簡便な手法の詳細について今後とも調査・検討を行う必要がある。

【解説】

防波堤等の漁港施設による津波低減効果については、以下に示す簡便な手法を活用することによって、津波低減の可能性を検討することができる。

- 手法1：港内面積と開口部断面積比による効果把握
- 手法2：津波水位と平均天端高比による効果把握
- 手法3：流入量比による効果把握
- 手法4：流入量比と開口比による効果把握

なお、これらの手法は、既存漁港による津波低減の可能性の検討に活用が可能であることはもとより、新たに防波堤等を整備（延伸）し、大きく港形を変えた場合や部分的に開口部を狭くした場合、さらには既存防波堤の天端高を高くした場合による津波低減の可能性の検討にも役立つものである。

手法 1：港内面積と開口部断面積比による効果把握（明田ら（1994）より）

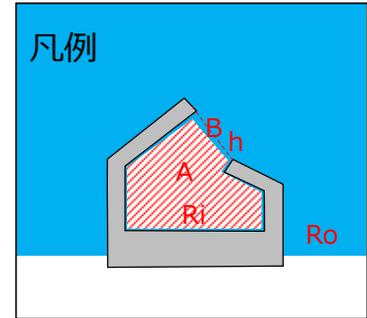
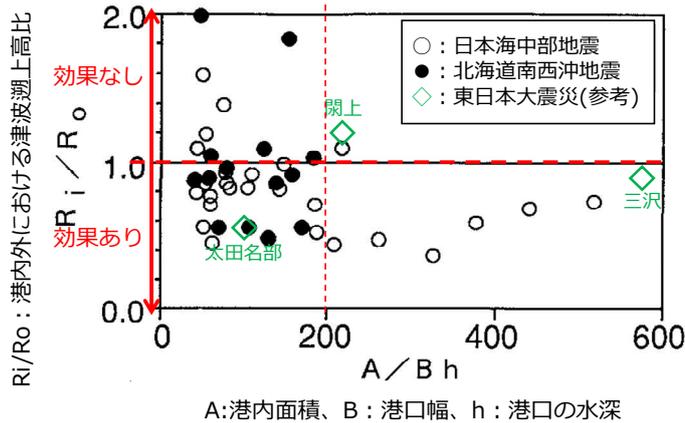
日本海中部地震、北海道南西沖地震の実績（明田ら（1994）⁵⁾を踏まえて、港内面積と開口部断面積比（下図）より漁港施設の効果を把握する。

【傾向】

- ・港内面積が大きく、港口断面積が小さいほど効果がある。
- ・港口断面積に対し港内面積が小さい港では、津波を増大させる場合がある。
- ・小規模な港では、外郭施設による津波低減効果は期待できない。

【留意点】

- ・港内面積と開口部断面積比が 200 未満のときに、効果の有無が判断し難い。



手法 2：津波水位と平均天端高比による効果把握

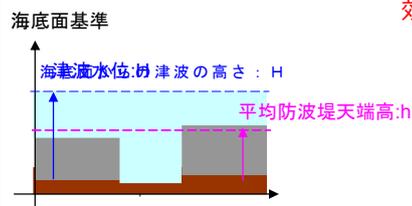
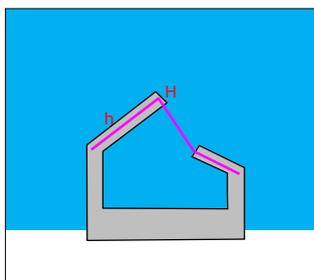
東日本大震災の実績（代表的な 13 漁港における津波解析結果）を踏まえて、津波水位と平均天端高比（下図）より漁港施設の効果を把握する。

【傾向】

- ・津波水位と漁港施設の平均天端高が同程度のときに、浸水深を半分程度に低減する効果が見られる場合がある。
- ・津波水位と平均天端高比が 1.5 を超える場合は、効果があまり期待できない。

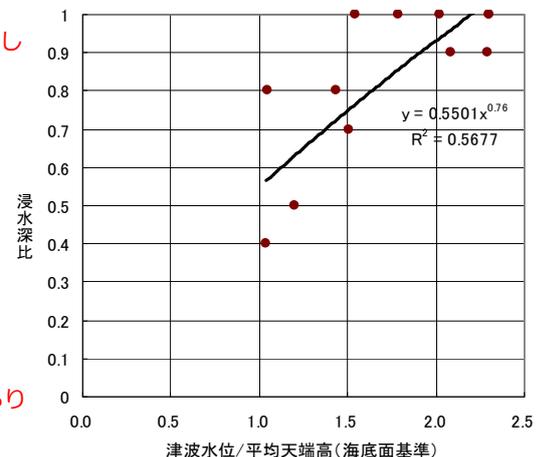
【留意点】

- ・津波水位と平均天端高比が 1.0 以下のデータが不足しており傾向が確認できない。
- ・長大な海岸上に位置する漁港などでは、津波が漁港の両側から侵入してくるため、その場合には漁港施設の効果を本手法では評価し難い。



効果なし

効果あり



手法3：流入量比による効果把握

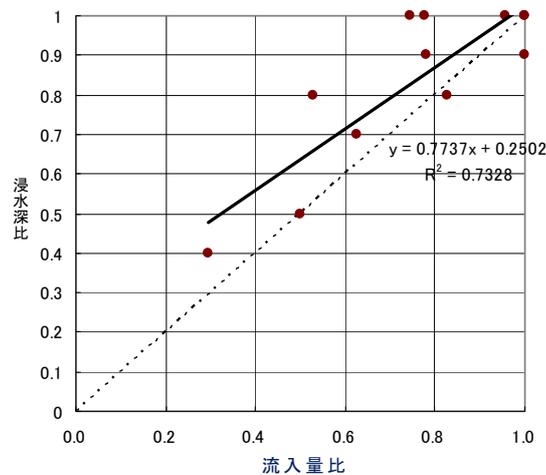
東日本大震災の実績（代表的な13漁港における津波解析結果）を踏まえて、漁港施設が有る場合と無い場合の流入量比（下式・下図）より漁港施設の効果を把握する。

【傾向】

- ・流入量比が小さいと、浸水深比も小さくなり、津波低減効果が見られる傾向がある。

【留意点】

- ・長大な海岸上に位置する漁港などでは、津波が漁港の両側から侵入してくるため、その場合には漁港施設の効果を本手法では評価し難い。
- ・当該手法を用いると、津波低減効果を過大に評価する傾向がある。



$$\text{流入量比} = \frac{\text{流入量 (漁港有)}}{\text{流入量 (漁港無)}}$$

< 流入量比の算出手法の解説 >

- ・防波堤前面での津波波形を三角形近似し、施設有無による漁港内への流入量を推算。
- ・この方法で、施設の有無による流入量比を算出。

手順①：漁港条件の設定

現況ならびに既往の検討資料より、以下に示す各種条件を設定する。

- ・ H1：施設前面の津波高
- ・ H2：防波堤の平均天端高
- ・ d1：防波堤の平均設置水深
- ・ W1：漁港部分における津波が防波堤を越流した場合の海水の流入幅→右図のピンク線部分
- ・ W2：漁港部分における津波が防波堤を越流しない場合の海水の流入幅（＝開口幅）→右図の黒線部分
- ・ T：津波周期（片周期）

手順②：津波外力の設定

施設前面の津波高（H1）の設定に際し、検討に使用する津波高の抽出水深が沖合である場合、グリーンの法則（下式）を用いて施設前面での津波高を算出する。

$$H1 = (d2/d1)^{1/4} \times H$$

- ・ H1：施設前面の津波高
- ・ H：対象津波高（※既往の検討結果より設定）
- ・ d2：対象津波高（H）の抽出水深（※既往の検討結果より設定）
- ・ d1：防波堤の平均設置水深（※漁港施設台帳等より設定）

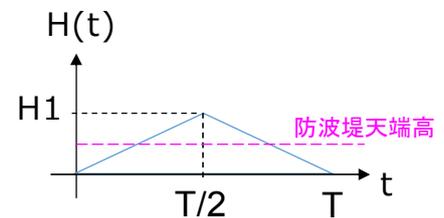
手順③：漁港への流入量を推算

手順①～②で設定した各種条件に基づき、防波堤前面での津波波形を三角形近似して、漁港内への流入量を下式を用いて推算する。

- ・ 開口部・沿岸への流入量 $Q1 = \int_0^T (H(t) + d1) \times H(t) \times \sqrt{g/(H(t) + d1)} \times (W1 \text{ または } W2) dt$
- ・ 防波堤を越流する流入量 $Q2 = \int_0^T 0.35 \times (H(t) - H2) \sqrt{2g(H(t) - H2)} \times (W1 - W2) dt$
(本間の越流公式，完全越流)

ここで、上式中の H(t) は、下式によるものとする。

- ・ $H(t) = H1 \times \frac{2}{T} \times t \quad (t \leq T/2)$
- ・ $H(t) = 2H1 \times \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (T/2 < t \leq T)$



手法 4：流入量比と開口比による効果把握

手法 2、手法 3 で用いた津波水位/平均天端や流入量比を含めた 5 つのパラメーター（流入量比、通過断面積比、津波水位/平均天端、開口比、湾の奥行/湾の幅）について、東日本大震災の実績（代表的な 13 漁港における津波解析結果）を基に多変量解析（重回帰分析）を実施した。（詳細については、「**■** 5 つのパラメーターによる多変量解析結果」を参照）

その結果、**流入量比**と**開口比**が津波シミュレーションから得られる浸水深比との相関の高いことが確認でき、流入量比 (A) と開口比 (D) の 2 つのパラメーターを用いた次式によって、より適切に津波減災効果指標となる浸水深比を把握することができる。

$$\text{浸水深比} = 0.923A - 0.202D + 0.249$$

なお、上式は、回帰統計上、重相関係数 $R=0.942$ 、決定係数 $R^2=0.887$ である。

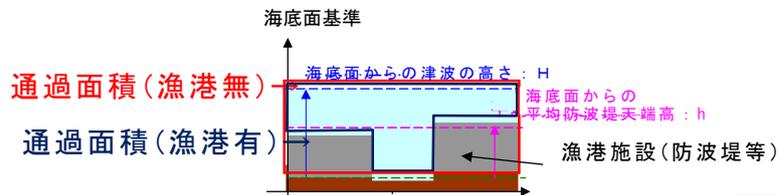
ここで、多変量解析を実施した 5 つのパラメーターについて説明する。

A：流入量比

漁港施設が有る場合と無い場合の流入量の比である。前述の手法 3 を参照とする。

B：通過面積比

漁港施設が有る場合と無い場合の水塊の面積比であり、下図のとおりである。



C：津波水位/平均天端

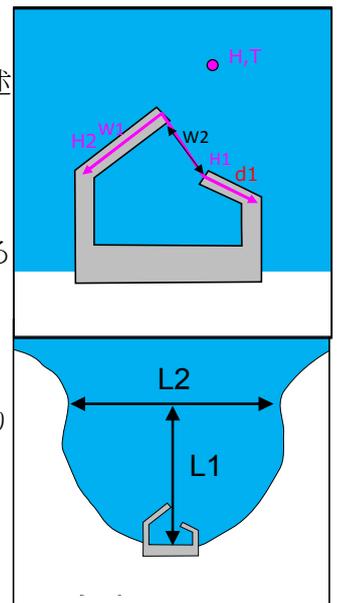
来襲する津波水位と漁港施設の平均天端高との比である。前述の手法 2 を参照とする。

D：開口比 (W1/W2)

漁港の港口幅 (W2) と、漁港に対して津波が侵入 (流入) する部分の幅 (W1) との比であり、右図のとおりである。

E：湾の奥行/奥の幅 (L1/L2)

湾の奥行 (L1) と、湾の幅 (L2) との比であり、右図のとおりである。



■ 5つのパラメーターによる多変量解析結果

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.018	0.139	0.132	0.899
A: 流入量比	1.192	0.241	4.947	0.003
B: 通過面積比	0.347	0.228	1.521	0.179
C: 津波水位/平均天端	-0.080	0.043	-1.864	0.112
D: 開口比 (W1/W2)	-0.161	0.065	-2.498	0.047
E: 湾の奥行/湾の幅 (L1/L2)	-0.017	0.013	-1.357	0.224

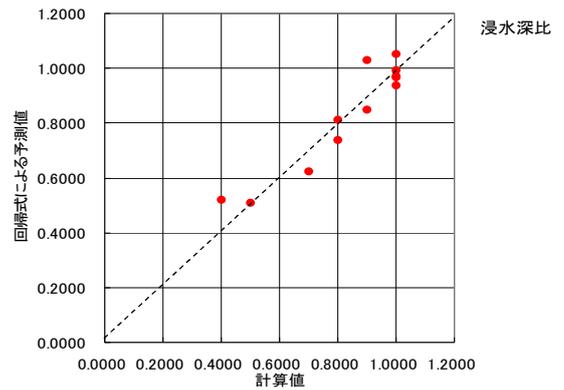


5つのパラメーターによる解析結果より、浸水深比との相関の高い (P-値が小さい) 2項目 (A,D) で再度、重回帰分析を実施

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.249	0.079	3.135	0.012
A: 流入量比	0.923	0.110	8.404	0.000
D: 開口比 (W1/W2)	-0.202	0.058	-3.507	0.007

回帰式 = 0.923A - 0.202D + 0.249

回帰統計	
重相関 R	0.942
重決定 R2	0.887
補正 R2	0.862
標準誤差	0.077
観測数	12



■津波低減効果の算定手法と主な計算条件の設定

a) 津波低減効果の算定手法

対策による効果の算定手法としては、津波シミュレーションや水理模型実験などがある。ここでは、津波シミュレーションによる津波低減効果の算定手法について述べる。

津波シミュレーションは、地震の断層モデルから計算された津波の発生プロセスを踏まえた初期水位のもとで、①外洋から沿岸への津波の伝播・到達、②沿岸から陸上への津波の遡上の一連の過程を連続して数値計算するものである。

津波シミュレーションは、海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）によることを基本とする。なお、シミュレーションに際しては、多重防護による津波低減の現象を適切に算定できるような条件設定を行うことが重要である。

津波浸水想定の設定の手引き（平成24年10月）⁶⁾では、主な計算条件の設定について次表の通り定めている。

主な計算条件の設定

計算条件	内容
津波の初期水位 (断層モデル)	津波の初期水位は、地震の断層モデルによって計算される海底基盤の鉛直変位分布（隆起や沈降）を海面に与える方法を用いることを基本とする。 津波の初期水位を与える断層モデルは、中央防災会議や地震調査研究推進本部等の公的な機関が妥当性を検証したのものとして発表している断層モデルがあればこれも参考にして設定することができる。
潮位（天文潮）	津波浸水想定を設定するための津波シミュレーションにおける潮位（天文潮）は、朔望平均満潮位とすることを基本とする。
計算領域及び計算格子間隔 [※]	津波シミュレーションの計算領域および計算格子間隔は、波源域の大きさ、津波の空間波形、海底・海岸地形の特徴、対象地区周辺の微地形、構造物等を考慮して、津波の挙動を精度良く推計できるよう適切に設定するものとする。
地形データ作成	海域や陸域の地形は津波の伝播や遡上に大きく影響を与えるため、こうした津波の挙動を予測するためには、地形に関する情報が不可欠であり、津波シミュレーションにおいても、格子状の数値情報からなる地形データを用いる。
粗度係数	津波が沿岸域に到達し、陸域に遡上する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、津波シミュレーションにおいて、粗度係数を用いて考慮することを基本とする。
地震による地盤変動	地震による陸域や海域の沈降が想定される場合、断層モデルから算出される沈降量を陸域や海域の地形データの高さから差し引くことを基本とする。 地震による陸域の隆起が想定される場合には、断層モデルから算出される隆起量を考慮しない。一方、海域の隆起が想定される場合には、断層モデルから算出される隆起量を考慮することを基本とする。
計算時間及び計算時間間隔	津波シミュレーションの計算時間は、津波の特性等を考慮して、最大の浸水の区域及び水深が得られるように設定するものとする。津波シミュレーションの計算時間間隔は、計算の安定性等を考慮して適切に設定するものとする。

※多重防護による津波低減の現象を適切に算定するため、漁港周辺の計算格子間隔を小さくして（例えば5m格子）対策の内容（漁港施設の改良等）をシミュレーションで再現することが望ましい。

2) 多重防護の具体的な対策

多重防護の対策は、上記の津波低減効果の発現特性を十分に勘案した上で、検討することが重要である。

対策の実施にあたっては、来襲する津波の特性（方向、周期）や漁港の位置する地形、規模及び形状等によって、防波堤による津波低減効果が大きく変化することを踏まえ、津波シミュレーション等によってその効果の程度を確認し、対策を検討することが重要である。

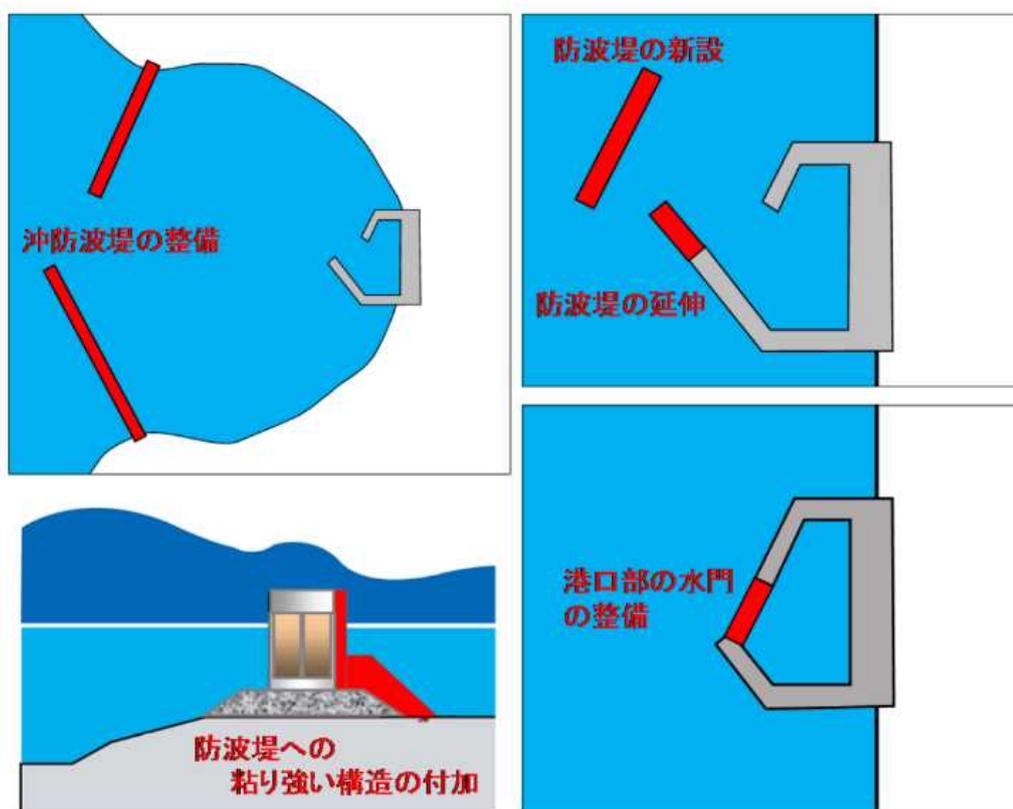
具体的な対策としては、沖防波堤や港口部の水門の整備、防波堤の新設・延伸及び嵩上げなどに加え、防波堤や防潮堤への粘り強い構造の付加などの対策が考えられる。

なお、防波堤の整備等によって、新たに津波が収斂する場所が発生する場合があること、水域の閉鎖性が強くなり水質環境の悪化させる場合があることに留意することが必要である。

【解説】

多重防護の対策イメージは次のようなものが考えられる。

- ①防波堤の整備
- ②波堤の新設・延伸及び嵩上げ
- ③防波堤や防潮堤への粘り強い構造の付加
- ④港口部の水門の整備



2 多重防護による漁港漁村の便益（費用対効果分析に係る便益）

（1）多重防護による効果とその便益

1) 多重防護による効果とその便益の考え方

「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」（水産庁漁港漁場整備部）⁷⁾では、費用対効果分析の対象とする効果を、①実用的な範囲内で貨幣換算が可能な効果、②それ以外の定量的または定性的に把握する効果（貨幣換算が困難な効果）としており、多重防護を活用した防災・減災対策事業の費用対効果分析についても同様に考えることができる。

多重防護による効果については、A) 水産関連施設・漁船等の物的被害の軽減に係る効果、B) 避難可能人数の増大に伴う漁業関係者・住民等の人的被害の軽減に係る効果、C) 漁港、漁船、市場及び加工場など漁業生産機能等の維持に伴う漁業・水産加工業の生産被害の軽減に係る効果、D) 防潮堤の高さを低く抑えることに伴う、背後用地の利活用、漁業活動・生活の利便性の向上及び集落景観の維持に係る効果など多様な効果が考えられる。

このため、多重防護による便益（貨幣換算が可能な効果）については、物的被害、人的被害及び漁業生産被害の軽減に係る便益が考えられ、その総和とする。

【解説】

津波対策を講じた場合の、物的被害、人的被害及び漁業生産被害に係る便益の捉え方は、次表のとおり整理することができる

被害種別	便益の捉え方
物的被害	津波シミュレーション等を用いて、多重防護による対策前後の浸水域の範囲や浸水高等から被害額の差を便益として捉えることができる。
人的被害	津波の到達時間の遅延等によって被災を免れる人（避難可能人数）の増加分を便益として捉えることができる。ここで、人的被害を貨幣化し便益として計上する際には、対策後において避難不可能な人がどの位置に何人残るのかを明確にし、さらなる対策を検討する材料として活用することを条件とする。
漁業生産被害	津波対策を講じた場合と対策を講じない場合の漁業生産被害等の差を便益として捉えることができる。なお、漁業生産被害に係る効果については、漁業者等民間の自主的な対策（例えば、荷さばき所内の設備を津波浸水高以上のところに設置するなど）を併せて実施することで、より効果（便益）が大きくなることが期待できる。

対策を講じることによって想定される便益額は、次式にて算定する。

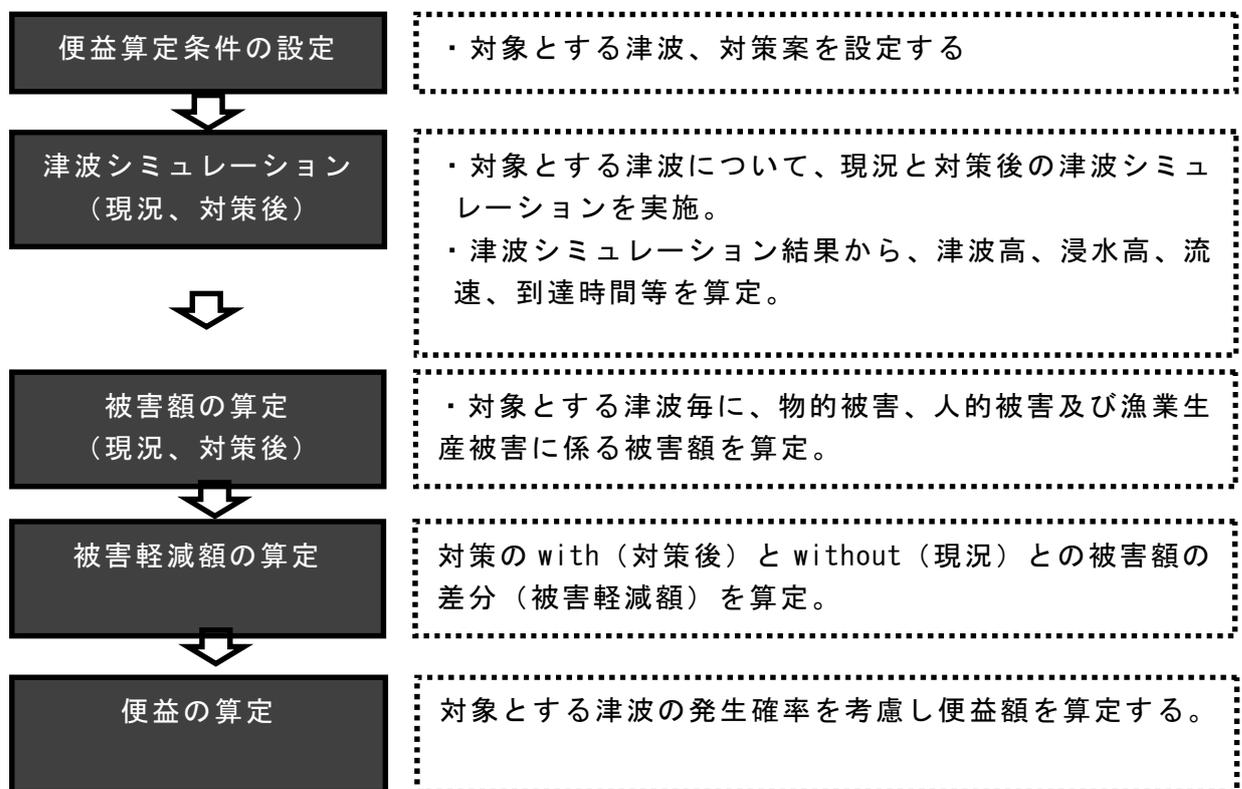
$$\text{便益額 (B)} = \text{対象とする津波に対する、発生確率を考慮した被害軽減額の総和} \\ = \sum ((d1 - d2) \times \text{発生確率})$$

ここで、

d1 : 対象とする津波に対する、発生確率を考慮した
without 時 (現況) の被害額 (円)

d2 : 対象とする津波に対する、発生確率を考慮した with
時 (対策後) の被害額 (円)

<便益算定フロー>



2) 物的被害

防波堤、防潮堤等によって津波を低減することで、漁港施設（機能施設を含む。）、漁港施設以外の公共土木施設、漁船、家屋、事業所、農地等の資産を保全する効果が考えられる。

具体的には、防波堤等が津波浸水高や流速を低減し、浸水範囲の減少が図られることにより、各種資産の被害額が減少する効果が期待される。

効果計測の対象とする項目としては、以下のものを基本とする。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| a) 一般資産額（家屋等） | 4) 一般資産額（農漁家資産） |
| b) 一般資産額（家庭用品等） | 5) 農産物被害 |
| c) 一般資産額（事業所資産） | 6) 公共土木施設等被害 |

【解説】

a) 一般資産額（家屋等）

一般資産額（家屋等）は、海岸事業の費用便益分析指針に示された次式にて算定する。

$$\text{家屋等} = \text{家屋等平均床面積} \times \text{家屋等数} \times \text{家屋等 } 1\text{m}^2 \text{ 当り単価} \times \text{被害率}$$

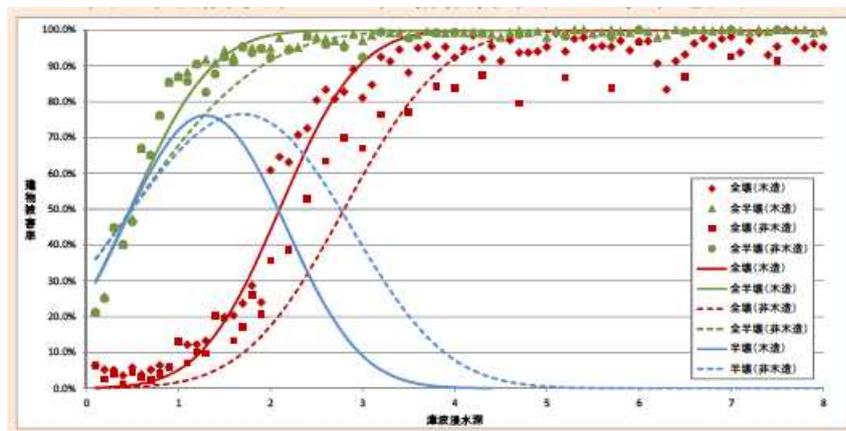
ここで、

家屋等平均床面積：県・市町村統計書データ

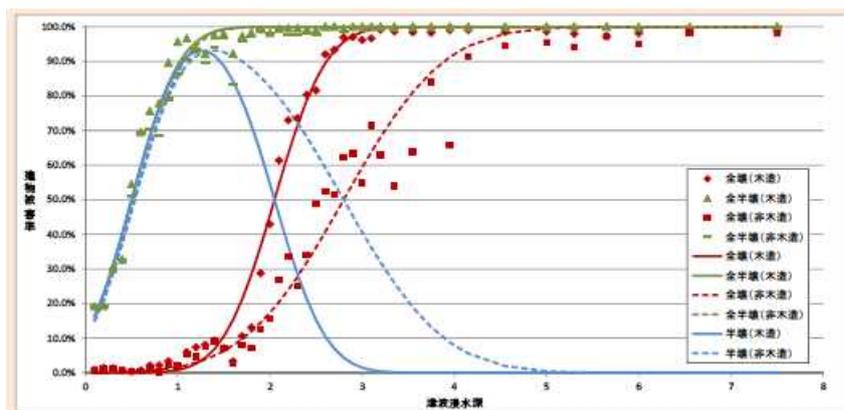
家屋等 1m² 当り単価：治水経済調査マニュアル（案）⁸⁾ 数値

被害率：中央防災会議 内閣府、2012 年「南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要」での調査結果⁹⁾を参考にすることができる。

〈人口集中地区外の木造損壊割合〉



<人口集中地区の木造損壊割合>

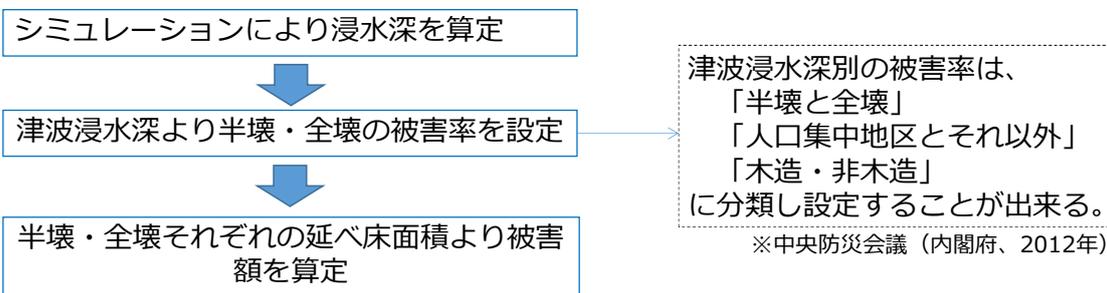


■ 具体的算定方法（家屋被害）

家屋被害額の算定に用いる被害率は、既往の知見による調査結果を踏まえて設定する。

ここで、中央防災会議（内閣府、2012年）により、津波浸水深と被害率について背後の状況により、「半壊と全壊」「人口集中地区と人口集中地区以外」、及び「木造と木造以外」で分類し調査が行われている。

被害額算定にあたっては、津波浸水深による被害額の変化を設定することから、上記調査結果を踏まえ、また、半壊の被害額が全壊の半分であると仮定し被害率を設定し、被害額を算定することができる。



◇半壊家屋、全壊家屋の延床面積算定

【算定例】

対象エリアの浸水深から、図<損壊割合>を用いて半壊家屋の割合、全壊家屋の割合を設定する。

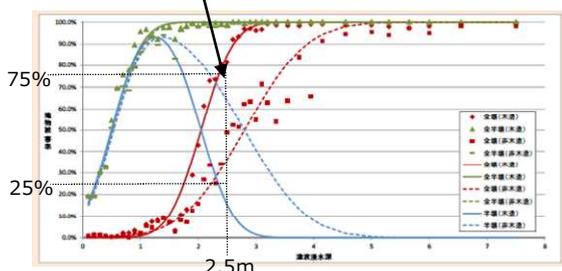
例えば、浸水深が2.5mの区域は、半壊が25%、全壊が75%の割合であることが分かる。

- 浸水深2.5mの区域の家屋延床面積が120m²の場合

$$\begin{aligned} \text{半壊家屋の延床面積} &= \text{区域の家屋延床面積} \\ &\times \text{半壊の割合} \\ &= 120 \times 0.25 = 30\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{全壊家屋の延床面積} &= \text{区域の家屋延床面積} \\ &\times \text{全壊の割合} \\ &= 120 \times 0.75 = 90\text{m}^2 \end{aligned}$$

<損壊割合>



- 区域毎に、その区域の浸水深に対する損壊割合を用いて、上記の計算を行い、それを積算することで、全体の半壊・全壊家屋の延床面積を算定する。

◇家屋被害額の算定

- 家屋被害額は、半壊の場合は建設費の半額、全壊の場合は建設費の全額であると設定し、2つを足し合わせて算定する。
- 浸水域の半壊家屋の延床面積が300m²、全壊家屋の延床面積が900m²の場合、(1m²当たり単価が16万円として)

$$\begin{aligned}
 \text{家屋被害額} &= 1\text{m}^2\text{当たり単価} \times \text{半壊家屋延床面積} \times 0.5 \\
 &\quad + 1\text{m}^2\text{当たり単価} \times \text{全壊家屋延床面積} \times 1.0 \\
 &= 16 \times 300 \times 0.5 + 16 \times 900 \times 1.0 \\
 &= 1,680\text{万円}
 \end{aligned}$$



浸水域の半壊家屋の延床面積300m²
 浸水域の全壊家屋の延床面積900m²

- 更に、木造・非木造について、別々に半壊・全壊の割合を設定し、木造・非木造の違いを考慮する。

■一般資産の被害算定に必要なデータ

一般資産の各項目に対する被害算定のため、以下のデータを収集する。

被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
(1) 家屋	① メッシュ内家屋延床面積[m ²]	(一財)日本建設情報総合センター 延床面積データ (100mメッシュ)
	② 家屋1m ² 当たり単価[千円/m ²]	各種資産評価単価及びデフレクター-p.1
(2) 家庭用品	① 世帯数[世帯]	(公財)統計情報開発センター 地域統計メッシュ統計国勢調査 (500mメッシュ)
	② 1世帯当たり家庭用品評価額[千円/世帯]	各種資産評価単価及びデフレクター-p.1
(3) 事業所資産	① 産業大分類別従業者数[人]	(公財)統計情報開発センター 地域統計メッシュ統計企業調査 (500mメッシュ)
	② 産業大分類別作業員1人当たり償却・在庫資産単価[千円/人]	各種資産評価単価及びデフレクター-p.4.5の表
(4) 農漁家資産	① 農漁家数[戸]	(公財)統計情報開発センター 地域統計メッシュ統計国勢調査 (500mメッシュ)
	②-1 農漁家1戸当たり償却資産単価[千円/戸]	各種資産評価単価及びデフレクター-p.8
	②-2 農漁家1戸当たり在庫資産単価[千円/戸]	各種資産評価単価及びデフレクター-p.8

【参考】地震保険の損害度合いによる保険金支払い額

半損の保険金の支払い額が全損の50%であることから、半壊の被害額を全壊の50%に設定できる。

	建物・家財	基準
全損	ご契約金額の100% (時価が限度)	地震等により損害を受け、主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の50%以上である損害、または焼失もしくは流失した部分の床面積が、その建物の延床面積の70%以上である損害
半損	ご契約金額の50% (時価の50%が限度)	地震等により損害を受け、主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の20%以上50%未満である損害、または焼失もしくは流失した部分の床面積が、その建物の延床面積の20%以上70%未満である損害
一部損	ご契約金額の5% (時価の5%が限度)	地震等により損害を受け、主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の3%以上20%未満である損害、または建物が床上浸水もしくは地盤面より45cmをこえる浸水を受け損害が生じた場合で、全損・半損に至らないとき

b) 一般資産額（家庭用品）

一般資産額（家庭用品）は、海岸事業の費用便益分析指針に示された下式にて算定する。

$$\text{家庭用品} = \text{世帯数(家屋等数)} \times 1 \text{世帯当り家庭用品評価額} \times \text{被害率}$$

ここで、

世帯数：県・市町村統計データ

1世帯当り家庭用品評価額：治水経済調査マニュアル（案）数値

被害率：中央防災会議（内閣府、2012年）「南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要」での調査結果を参考にすることができる。

c) 一般資産額（事業所資産）

一般資産額（事業所資産）は、海岸事業の費用便益分析指針¹¹⁾に示された下式にて算定する。

$$\begin{aligned} \text{事業所資産被害} &= \text{従業員数} \times \text{従業員1人当たり平均事業所資産額} \times \text{被害率} \\ &= \{ \Sigma (\text{産業大分類別従業員数} \times \text{産業大分類別従業員1人当たり} \\ &\quad \text{償却・在庫資産単価}) \} \times \text{被害率} \quad \text{※メッシュ毎のデータが入手できる場合} \end{aligned}$$

ここで、

従業員1人当たり平均事業所資産額 = Σ （産業大分類別従業員1人当たり償却・在庫資産単価 × (当該市町村産業別従業員数 ÷ 当該県・市町村従業員総数)）
産業大分類別従業員1人当たり償却・在庫資産単価：治水経済調査マニュアル（案）数値

当該市町村産業別従業員数：県・市町村統計書データ

当該県・市町村従業員総数：県・市町村統計書データ

被害率：中央防災会議（内閣府、2012年）「南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要」での調査結果を参考にすることができる。

一般資産の各項目に対する被害算定に際しては、前述の「■一般資産の被害算定に必要なデータ」を収集する。

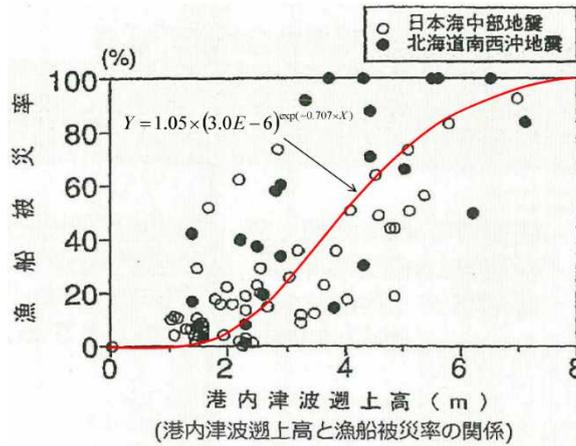
d) 一般資産額（農漁家資産）

① 一般資産額（農漁家資産）のうち、漁船被害額は下式にて算定する。

$$\text{漁船被害額} = \text{漁船トン数} \times \text{漁船建造費（1トン数当たりの建造費）} \times \text{被害率}$$

ここで、

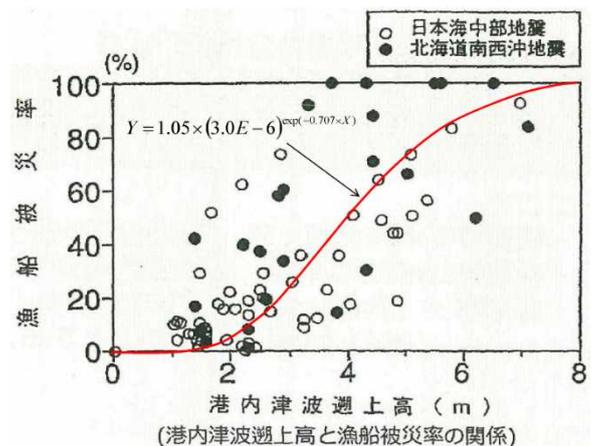
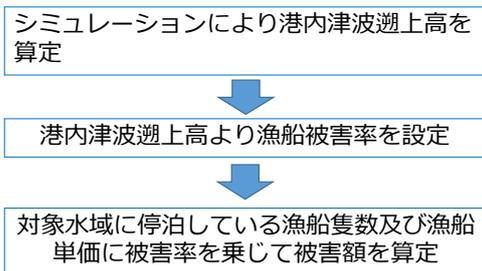
被害率：明田らの調査結果¹²⁾を参考にすることができる。



■ 具体的算定方法（漁船被害）

漁船被害額の算定に用いる被害率は、最新の知見による調査結果を踏まえて設定する。

ここで、明田ら（1994年）により、港内津波遡上高と漁船被害率について調査が行われている。被害額算定にあたっては、港内津波遡上高による被害額の変化を設定する必要があることから、上記調査結果を踏まえ被害率を設定し、被害額を算定してもよい。



被災した漁船総トン数

・ヒアリング、現地調査により、係留されている場所での漁船トン数データを整理する

- ・各区域の津波高を、予測結果から抽出し、津波高に応じて被害率を判定各区域の漁船トン数と被害率を乗じて、被害を受けた漁船トン数を算定する。

(例)

港区	種類	平均規模 (t/隻)	隻	t数	津波高 (m)	被害率	被害t数
東側	船外機船	1	61	61	4.89	0.70	321
	3t程度	3	65	195			
	5t程度	5	40	200			
	小計		166	456			
中央	船外機船	1	37	37	4.16	0.54	136
	3t程度	3	49	147			
	5t程度	5	14	70			
	小計		100	254			
西側	船外機船	1	36	36	5.02	0.73	109
	3t程度	3	28	84			
	5t程度	5	6	30			
	小計		70	150			
合計			336	860			566

被害額の算定

- ・被害を受けた漁船トン数に、漁船建造費を乗じて、漁船被害費を算定する。

※ 漁船建造費（1トン数当たりの建造費）3,690千円/トン

出典：漁船第311号

②一般資産額（農漁家資産）のうち、蓄養殖施設被害額は下式にて算定する。

$$\text{蓄養殖施設被害額} = \text{被害蓄養殖施設数} \times \text{施設単価} \times \text{被害率}$$

ここで、

被害率：流速 1m/s 未満→被害無し、流速 1m/s 以上→被害率 1（流失による全損）

（参考文献：首藤（2000）「津波対策小史」¹³⁾）

蓄養殖施設が流出したことによる被災後の生産被害についても考慮する。

■具体的算定方法（蓄養殖施設被害）

- ・漁港内又は漁港近傍に蓄養殖施設（下図）がある等、整備により流失の被害軽減効果が考えられる場合には、それを便益に換算する。
- ・蓄養殖施設だけでなく、蓄養殖している魚介類の損失も被害として考慮する。
- ・流速 1m/s 以上で係留物の流失が発生するため、被害率は、以下のように設定する。ここで、蓄養殖施設がロープ等で一体的に連結している場合等には、1つの施設が被災すると連動して被災することに留意する。



- ③その他農漁家資産については、海岸事業の費用便益分析指針より下式にて算定する。

$$\text{農漁家資産} = \text{農漁家 1 戸当たり償却・在庫資産単価} \times \text{農漁家数} \times \text{被害率}$$

ここで、

農漁家 1 戸当たり償却・在庫資産単価：治水経済調査マニュアル(案)数値
被害率：中央防災会議（内閣府、2012年）「南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要」での調査結果を参考にすることができる。

e) 農産物被害

農作物に関連する被害として、以下の3項目があり、次式にて算定する。

- ① 農作物」：津波来襲時に栽培していた作物の被害額
- ② 農地被害額」：津波によるほ場の損壊に対する復旧費
- ③ 「海水冠水による農地被害」：津波来襲後の生産量減少に関する被害額

$$\text{農作物} = \text{農作物単価} \times \text{農作物面積当たり収穫量} \times \text{耕作面積（田、畑別）} \times \text{被害率}$$

$$\text{農地被害額} = \text{単位面積当たりほ場整備費（田、畑別）} \times \text{耕作面積（田、畑別）} \times 36.1\%$$

$$\text{海水冠水による農地被害} = \text{農作物単価} \times \text{農作物面積当たり収穫量} \times \text{耕作面積（田、畑別）} \times 3$$

ここで、

農作物単価：治水経済調査マニュアル(案)数値

農作物面積当たり収穫量：農林水産統計データ

農作物の被害率：海水による冠水の場合は通常“1.0”として計測する。

農地被害額の“36.1%”は、被害率（浸水した耕作面積に対し被害を受けた耕作面積の割合）である。

⇒現在、高潮・津波による被害率の研究データは存在しないため、暫定的に「河川堤防決壊による農地災害の復旧に関する調査」に示された被害率である 36.1%を使用するとしている。

海水冠水による農地被害の“3”は、被災年の被害額（①農作物）とは別に、翌年から将来5年間にわたり合計3年分の減収となることを表している。

⇒出典：「干拓地の営農確率をめざして」の減収率の関係。

■農地資産の被害算定に必要なデータ

農地資産の各項目に対する被害算定のため、以下のデータを収集する。

被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
(1) 農作物	① 耕作面積(田畑別) 田[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	畑[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	② 農作物面積当たり収穫量(田畑別) 田[t/m ²]	農林水産省HPの当該市データと各種資産評価単価及びデフレーターより算出
	畑[t/m ²]	農林水産省HPの当該市データと各種資産評価単価及びデフレーターより算出
	③ 農作物単価(田畑別) 田[千円/t]	各種資産評価単価及びデフレーター-p.10
	畑[千円/t]	各種資産評価単価及びデフレーター-p.10
(2) 農地被害額	① 浸水区域内面積(田畑別) 田[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	畑[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	② 単位面積当たりほ場整備費(田畑別) 田[千円/m ²]	当該市の農業の振興に関する計画等の値等より算出
	畑[千円/m ²]	当該市の農業の振興に関する計画等の値等より算出
(3) 海水冠水による農地被害額	① 耕作面積(田畑別) 田[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	畑[m ²]	国土交通省国土政策局 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
	② 農作物面積当たり収穫量 田[t/m ²]	農林水産省HPの当該市データと各種資産評価単価及びデフレーターより算出
	畑[t/m ²]	農林水産省HPの当該市データと各種資産評価単価及びデフレーターより算出
	③ 農作物単価(田畑別) 田[千円/t]	各種資産評価単価及びデフレーター-p.10
	畑[千円/t]	各種資産評価単価及びデフレーター-p.10

f) 公共土木施設等被害

公共土木施設等被害は、海岸事業の費用便益分析指針より、防護地域内に存在する資産額を積み上げることにより算出することとしているが、概して積み上げ方式による算出が困難のため、一般資産被害額との比率により算定している。積み上げ方式による算出が困難な場合は、水害統計に記載されている水害のうち、海岸災害（波浪、津波、高潮）による一般資産被害額と、公共土木施設被害額、公益事業等被害額（営業停止額を除く）の間の過去 26 年間の平均比率を便宜的に使用し、公共土木施設被害額、公益事業等被害額を算定する（下表）。

被害率の比率【全国】（過去 26 年間の平均値）

一般資産等被害額	公共土木施設被害額	公益事業等被害額
100	180	3

注 1：一般資産被害額を 100 とした場合の各資産被害額の比率（%）

注 2：被害額は、公共事業のデフレータを用いて補正

漁港の構造物、海岸保全施設については、積み上げ方式により算出する。予測により、構造物の越流水深で、構造物の損壊判定を行い、下式により被害額を算定する。

$$\text{被害額} = \sum \text{損壊した施設延長 (m)} \times \text{単位延長当たりの事業費 (千円/m)}$$

■ 公共土木施設等の被害算定に必要なデータ

公共土木施設（漁港施設、海岸保全施設等）の被害算定のため、以下のデータを収集する。

被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
岸壁	① 単位延長当たりの事業費[千円/m]	漁港施設台帳
外郭施設	① 単位延長当たりの事業費[千円/m]	漁港施設台帳
海岸保全施設	① 単位延長当たりの事業費[千円/m]	漁港施設台帳

3) 人的被害

防波堤、防潮堤等によって津波を低減することで、被災を免れる人（避難可能人数）が増加する効果が考えられる。具体的には、防波堤等が津波到達時間を遅延させ、避難時間が増加することによって、避難可能人数の増大効果が期待される。

便益計上の対象となる項目としては、軽減される人的損失額（逸失利益、精神的損害額）を基本とする。ただし、人的損失については、貨幣化を行うことができるものとするが、対策後において避難不可能な人がどの位置に何人残るのかを明確にし、さらなる対策を検討する材料として活用することを条件とする。

【解説】

対策により被災を免れる人（避難可能人数）は、対策前後における数値シミュレーションにより算定する、対策を講じた場合と講じない場合の避難可能人数の差分により算定する。

ここで、人的損失額は、「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」の“災害時の避難経路及び避難場所の確保効果”の考え方を基本とする。



ただし、津波による避難を対象としていることから、死亡のみを対象とし医療費については対象には入れていない。

対策を講じることによって想定される被害額は、水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン（災害時の避難経路及び避難場所の確保効果）より下式にて算定する。

$$\text{被害額}(d) = N \times (d_l + d_m)$$

ここで、

N：避難可能人数の差分（人）※1

d_l：1人当り逸失便益（円／人）※2

d_m：1人当り精神的損害額（円／人）※3

※1：Nについては、津波対策を講じた場合と講じない場合を想定した津波シミュレーション結果等の差分から算定

※2：逸失便益 = Σ (年収¹⁴⁾ - 生活費) × (ライフニツツ係数*)

※3：精神的損害額は、被災者やその家族及び友人等が被る痛み、苦しみ、悲しみ、生活の質の低下等の非金銭的損失

* ライプニッツ係数は、住民データ等より、対象地域の平均年齢を区分別に算出し、ライプニッツ係数表より各区分の平均年齢に対応する値とする。

区分		使用する年収		生活費 控除割合	年収－ 生活費	平均 年齢	ライプニッツ 係数
地域住民	男性	男性労働者の全年齢平均賃金	4,348	45%	2,391	57歳	9.014
	女性	女性労働者の全年齢平均賃金	3,218	35%	2,092	60歳	9.815

1) 年収: 厚生労働省大臣官房統計情報部「賃金構造基本統計調査」

2) 生活費控除: (財)日弁連交通事故相談センター東京支部共通「民事交通事故訴訟損害賠償額算定基準」¹⁵⁾

水産基盤整備事業に係る人的被害の算定にあたっては、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（国土交通省）¹⁶⁾」の手法により貨幣化することを基本とする。

精神的損害額 : 「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書（内閣府）¹⁷⁾」で取り纏められたCVMにより計測した額

逸失便益 : ライプニッツ法

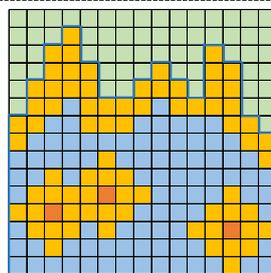
また、水産基盤整備事業における人的被害の取扱いについては、人的被害を定量化することは、貨幣化して便益として計上すること以外に、人的被害を算定する過程において、避難不可能な人がどの位置に何人残るのかを明確にすることができることから、事業評価を行う際には、費用対効果分析において貨幣化するだけでなく、人的被害の状況及びさらなる対策を検討する材料として活用することを条件とする。

(例)

費用対分析結果		人的被害状況		今後の検討方針	
B/C	2.5	軽減死者数	L1	30人	避難不可能な200名を収容可能な避難施設整備を検討する。
B	2,000百万円		L2	100人	
(内人的損害額)	950百万円	避難不可能人数	L1	80人	
C	800百万円		L2	200人	

【対策検討のイメージ】

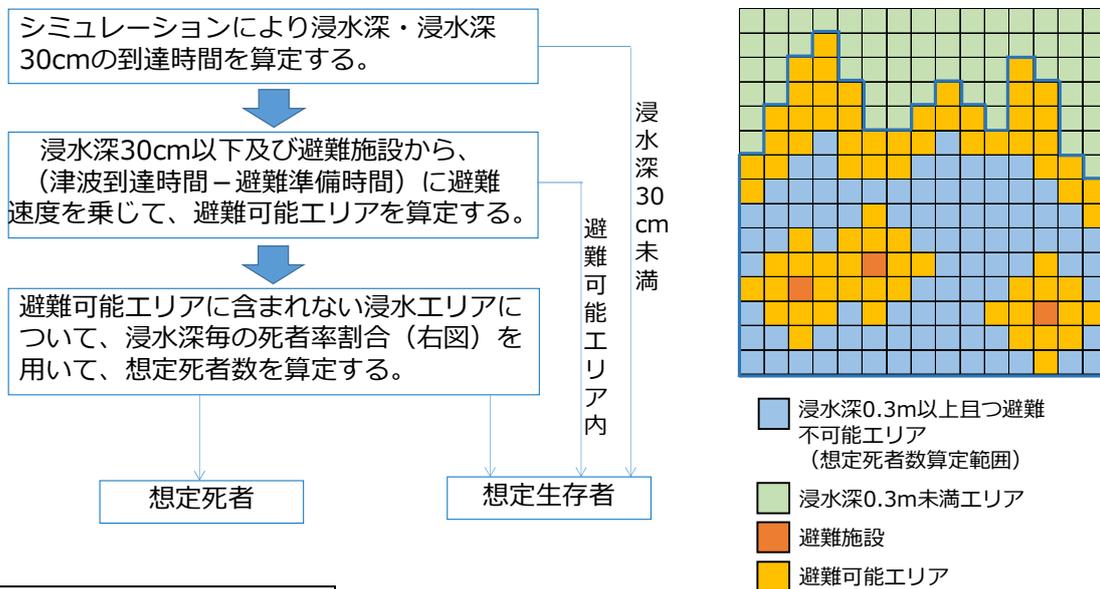
右図の青色のエリアが避難不可能エリアとなるので、青色のエリアが無くなるように避難施設を整備することも考えられる。



- 浸水深0.3m以上目づ避難不可能エリア (想定死者数算定範囲)
- 浸水深0.3m未満エリア
- 避難施設
- 避難可能エリア

■ 具体的算定方法（手法 1）

避難可能時間を踏まえた避難不可能人数を対象に、浸水深毎の死者の割合から算出する。



① 要避難エリアの算定

要避難エリアは、浸水深 0.3m 以上のエリアとする。

② 避難可能エリアの算定

避難可能エリアは、浸水深 30cm 以下及び避難施設から、（津波到達時間－避難準備時間）に避難速度を乗じた下式により算定する。

（津波到達時間－避難準備時間）×避難速度 ≥ 避難エリア外又は避難施設までの距離

津波到達時間

・ 浸水深 30cm に達するまでの時間を津波到達時間とする。

避難準備時間

・ 避難準備時間は、地震（津波）規模や地方自治体などの設定に基づき設定する。

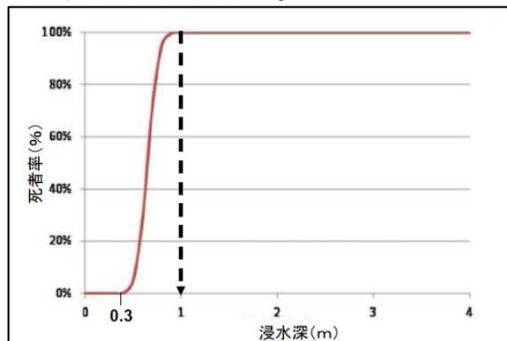
避難速度

・ 防災計画等により設定されている避難速度を用いる。ここで、設定がなされていない場合には 2.65 km/h*を参考としても良い。

*中央防災会議(2012)、南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告、東日本大震災の実績）

③ 想定死者数の算定

避難不可能人数は、浸水深 30cm 以上から避難可能エリアを除いたエリア避難不可能人数を対象として、各地点の浸水深に浸水深別死者数率（右図）¹⁸⁾を用いて算定する。



津波に巻き込まれた場合の死者率
（内閣府（2012年））

■ 人的被害の算定に必要なデータ

人的被害算定のため、以下のデータを収集する。

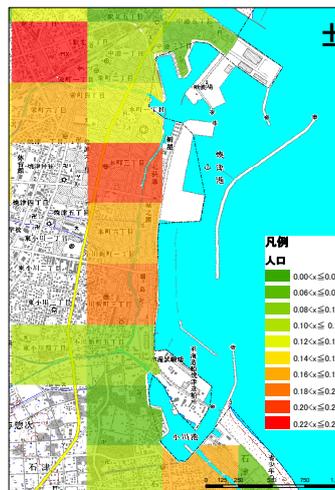
被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
人的被害	① 対象区域人口[人] (津波予測のメッシュ毎、または、施設毎)	(公財)統計情報研究開発センター 地域統計メッシュ統計国勢調査 (500mメッシュ) または、漁港管理者、関係者へのヒアリング
	② 避難可能人数[人] (浸水深区分毎に算出)	避難予測結果
	③ 避難場所位置 ※避難予測に用いる	当該市防災地図・避難タワーリスト(市より収集)
	④ 1人当たり精神的損失額(非金銭的損失)	交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書 H19年 内閣府
	⑤ 平均収入[千円]	当該市の統計資料等より算出
	⑥ 平均年齢[歳] ※ライブニッツ係数算定に用いる	平成22年国勢調査人口等基本集計(総務省統計局)

対象区域の人口データ

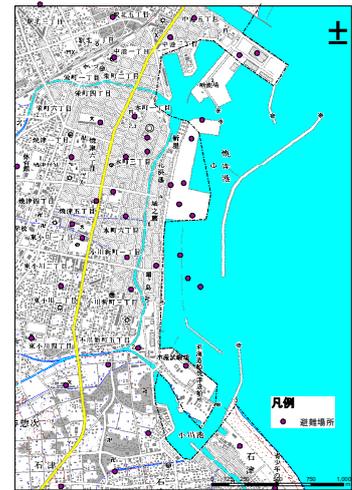
・例えば、(公財)統計情報研究開発センターから提供される、500mメッシュの地域統計メッシュ統計国勢調査結果等の人口データを用い、予測メッシュサイズに按分する。

避難場所

・地方自治体の地域防災計画、ヒアリング等により、避難場所のデータを入手・整理する。



人口データ



避難場所マップ

■ 具体的算定手法 (手法 2)

到達時間の違いによる避難不可能者数を計算せず、浸水深のみで避難不可能者数を算定する。

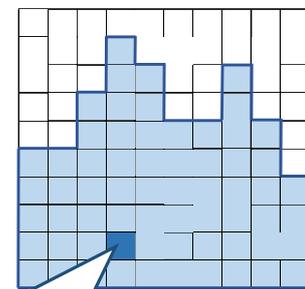
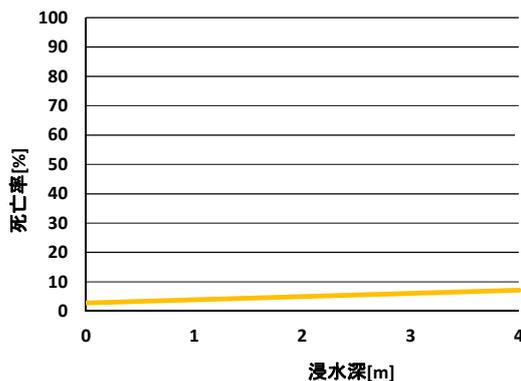
想定死者数は下式により算定する。

$$\text{想定死者数} = \sum (\text{浸水区域内人口} \times \text{死亡率})$$

ここで、死亡率は下式により算定する。

$$\text{死亡率} = 0.0282 \times \exp(0.2328 \times \text{その区域の浸水深})$$

※出典：中央防災会議(2009)
東南海、南海地震等に関する専門調査会



浸水区域内人口 100人
浸水深 1.5m

左図より死亡率 4%
→想定死者数を算定

4) 漁業生産被害

防波堤、防潮堤等によって津波を低減することで、漁業生産機会の損失を軽減する効果やこれに伴って地域の経済活動の低下を抑制する効果が考えられる。

具体的には、防波堤等が津波浸水高や流速を低減し、浸水範囲の減少が図られることにより、漁業生産活動に必要な施設の被害が軽減され、漁業生産活動の停止期間の短縮による漁業生産機会損失額の軽減効果が期待されるとともに、水産物流通及び水産加工生産量の減少の軽減効果が期待される。

便益計上の対象となる項目としては、漁業生産額、漁業者所得、漁協及び関連する水産物流・加工業の売上等を基本とする。

【解説】

対策を講じることによって想定される被害軽減額は、次式にて算定する。

$$\begin{aligned}
 \text{水産物生産の被害軽減額 (D)} &= \\
 &= \sum (d1 - d2) \\
 &= \sum \{(S - S1) - (S - S2)\} \\
 &= \sum (S2 - S1)
 \end{aligned}$$

※ 一震災で生産被害を受けると想定される期間を対象に積分を行う

ここで、

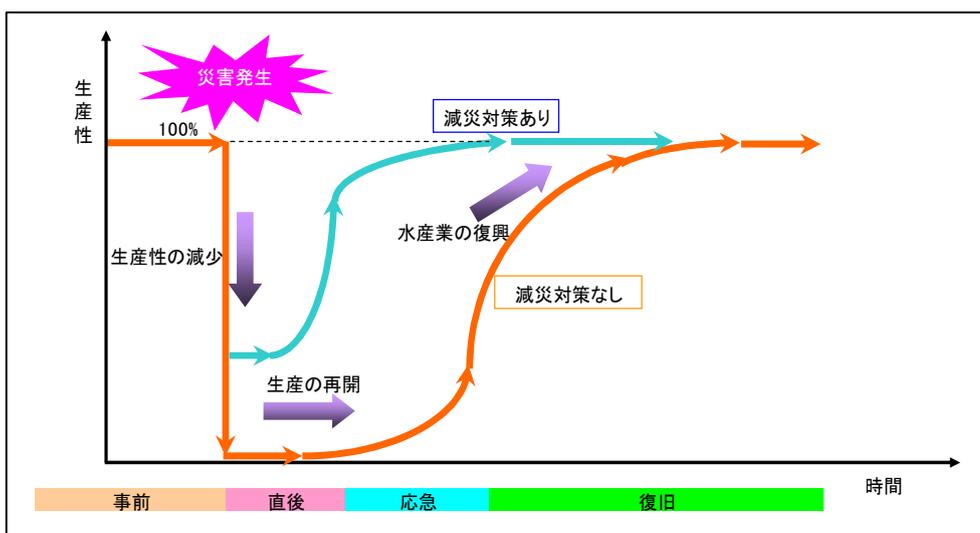
d1: without (対策無し) 時の生産被害額 (円) [=S-S1]

d2: with 時 (対策後) の生産被害額 (円) [=S-S2]

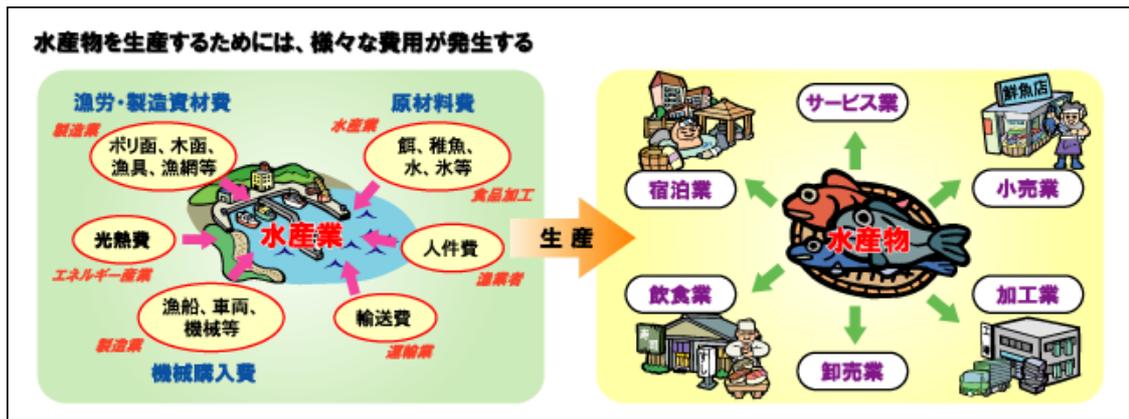
S: 常時の生産額 (円)

S1 : without (対策無し) 時の災害時の生産額 (円)

S2 : with 時 (対策後) の災害時の生産額 (円)

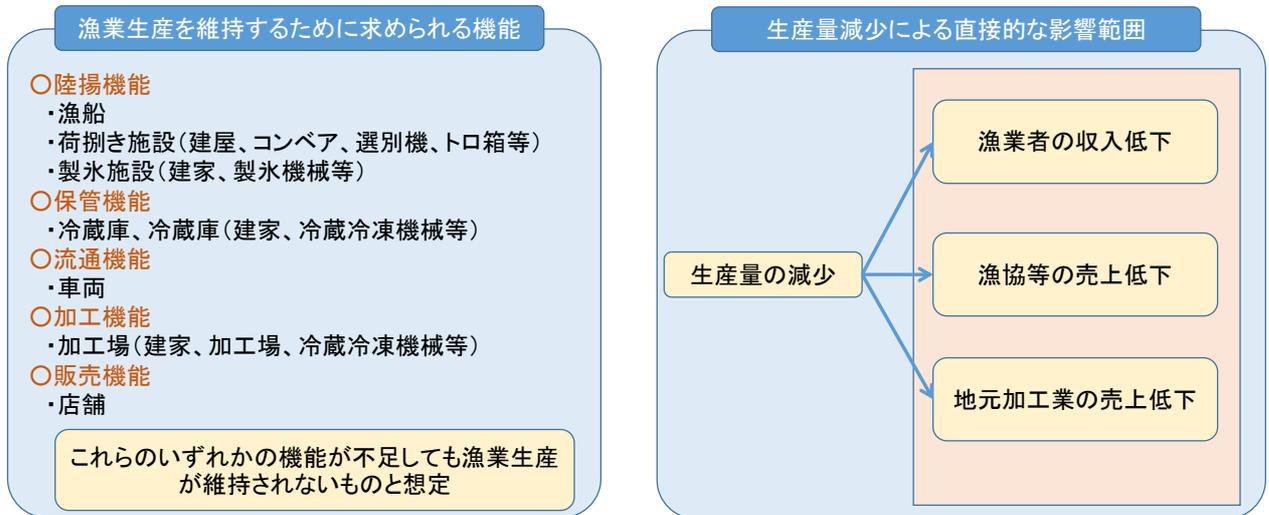


対策実施による漁業生産回復イメージ



漁業生産からの波及イメージ

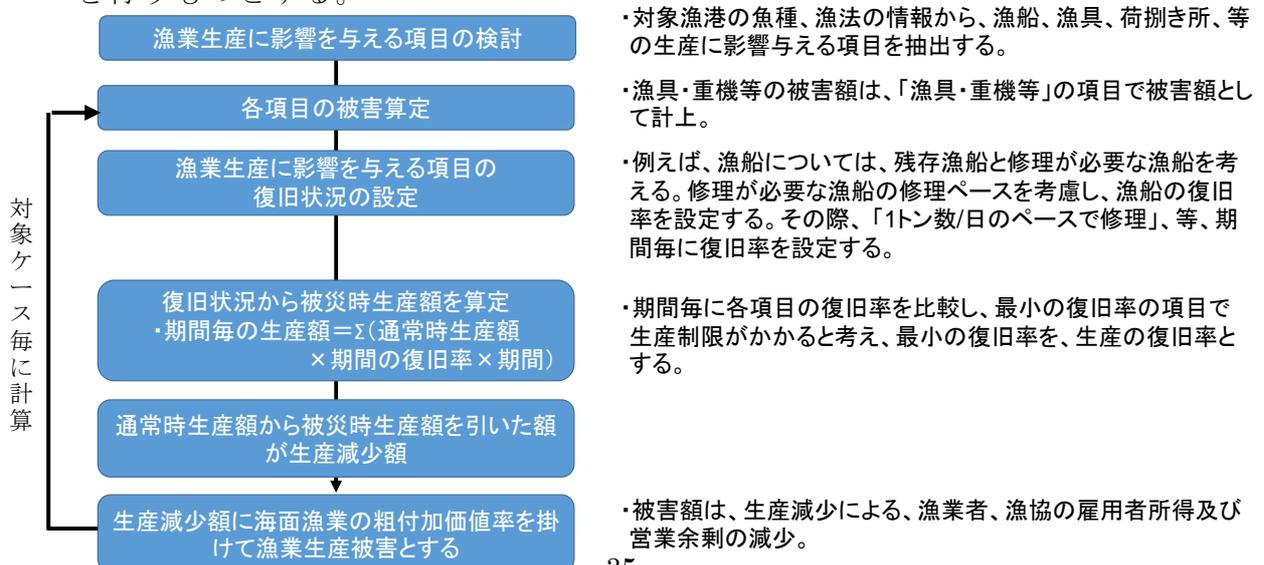
■ 具体的算定手法



a) 直接被害

漁業生産被害のうち、各ケース毎の直接被害の算定フローは以下のとおりである。

なお、算定に当たっては対象地区の近傍に漁港などの代替機能がある場合、これにより経済損失が軽減されることから、周辺の状態も考慮に入れて被害算定を行うものとする。



漁業生産に影響を与える項目の検討

【事例】 A漁港

- ・活魚・鮮魚が主である。
- ・運送トラックへの積み込みは荷捌き所で行っている。
- ・漁具が漁港内に置かれている。



- ・荷捌き所が復旧していないと、発送ができないため、荷捌き所の復旧状況に影響を受ける。
- ・漁具が流失すれば、漁ができないため、漁具の復旧状況に影響を受ける。
- ・漁船の被害状況に影響を受ける。

各項目の被害算定（１） 荷捌き施設等（例）

- ・下表のように、生産に影響を与える施設について、ヒアリング等により、面積等のデータを収集する。
- ・浸水予測結果から、生産に影響を与える施設の被害状況を算定する。

【荷捌き所の被害状況】

港区	建物名	面積(m ²)	浸水深(m)	被害率	被害面積(m ²)
西側	荷捌き所	309	3.11	0.76	236
東側	荷捌き所	406	3.15	0.77	312
合計		715			548

- ・各荷捌き所の被害率から、全荷捌き所面積に対する、被害面積を算定する。
- ・被害率は、家屋被害の算定に準ずる。

各項目の被害算定（２） 漁具・重機等（例）

- ・生産に影響を与える漁具・重機等について、ヒアリング等により、設置高、被害率を設定する。

施設名	項目	規模	単価 [千円]	資産額 [千円]	被害率設定		浸水深 [m]	被害率	被害額 [千円]	施設合計 [千円]
					浸水深[m]	被害算定				
荷捌き所	トラック	1	10,000	10,000	0.5	全損	1	1.0	10,000	28,290
	普通車	5	2,000	10,000	0.5	全損	1	1.0	10,000	
	フォークリフト	1	3,000	3,000	0.5	全損	1	1.0	3,000	
	いけす	4	1,000	4,000	1	1	0.5	1.0	4,000	
	海水ポンプ	1	500	500	0.2	モーター-破損 修理費を200千円/台とする	1	1.0	500	
					1	転倒し全損	1	1.0	500	
					1	流失し全損	1	1.0	790	
冷凍庫	冷凍装置			28,866	0.6	受電施設修理	0.2	3.31	17,320	64,351
					1	室外機、受電施設修理	0.6			
					4	全損	1			
					1	1	1			
北岸壁	漁具	0	200	0	1	全て流失	1	3.00	1.0	0
	養魚車	10	2,000	20,000	0.5	全損	1	1.0	20,000	



冷凍庫



冷凍庫の受電施設
地盤から0.5m上に設置されている。

- ・被害を算定する重機等を設定し、浸水深 H に対する被害を設定する。

例：冷凍装置

- 0.6 ≤ H < 1.0 受電施設浸水のため修理。費用は、冷凍装置資産額の20%
- 1.0 ≤ H < 4.0 更に、室外機浸水のため修理。費用は、資産額の50%
- 4 ≤ H 全損。費用は資産額の100%

なお、設置高が高ければ、その分、高い浸水深でも被害を受けないため、各設備の被害率設定では、設置高を考慮する。

例：写真の受電施設は地盤高から0.5m上に設置されている。浸水深がそこから0.1m深くなれば被害が発生するため、 $H \geq (0.5 + 0.1 = 0.6m)$ から被害が発生する。

漁業生産に影響を与える項目の復旧状況の設定

・影響を与える項目（事例では、荷捌き所、漁具、船舶）について復旧状況を算定する。

・復旧率は、ヒアリング、東日本大震災の事例、既往文献を参考に適切に設定する。

ここで、復旧状況は津波の規模により異なるので、被害額を算定するL1、L2それぞれ設定することが望ましい。ここでは、L1の事例が少ないため、東日本大震災の事例を踏まえ想定する。

【例：荷捌き所】

東日本大震災の事例によれば、約3ヶ月で市場再開を目標とし、荷捌き所を使用可能にできた例が多い。

出典：H22～H24年度水産白書（以下、水産白書）、
「東日本大震災による水産関連施設の地震・津波被害に関する調査報告」平成24年 水産総合研究センター¹⁹⁾

・対象漁港の西側荷捌き所は約300m²であり、3ヶ月にその復旧を目標とするとして、復旧シナリオを設定。

【例：漁具】

ロープ、定置網については震災1年後も不足している状況が見られた。出典：水産白書

・上記事例から、1年間で復旧できると設定した。

【例：船舶】

宮城県・岩手県にて修理所が設置され、9ヶ月後、約500隻の修理が完了した。出典：水産白書

北海道南西沖地震での復旧期間は、7ヶ月後、259隻、10ヶ月後322隻。出典：減災計画策定マニュアル²⁰⁾

・上記事例から、1.0トン/日で復旧できると設定した。

項目	状況	規模	復旧シナリオ	経過日に対する復旧状況									
				発災～	0	30	90	180	360	720	1080	1800	
				復旧～	0	30	90	180	360	720	1080	1800	
荷捌き所(m ²)	被害無し	167	—	規模	167	167	167	167	167	167	167	167	167
	被害	548	3ヶ月(90日)で300m ² 復旧(3.3m ² /日)		0	99	297	548	548	548	548	548	548
小計		715		復旧率	23	37	65	100	100	100	100	100	

※対象とする津波及び対策ケースによる浸水被害の状況を踏まえ各ケースにおける復旧率を設定し被害額を算定する。ここで、現況（対策無し）における復旧率は東日本大震災の調査結果を参考とし、対策後の復旧率については、被災後の浸水状況を踏まえヒアリング等により設定する。

復旧状況から被災時生産額を算定

・期間毎の生産額 = \sum (通常時生産額 × 期間の復旧率 × 期間)

項目	経過日に対する復旧状況								
	発災～	0	30	90	180	360	720	1080	1800
荷捌き所(m ²)	復旧率	23	37	65	100	100	100	100	100
漁具(千円)	復旧率	0	8	25	50	100	100	100	100
船舶(トン数)	復旧率	34	38	45	55	76	100	100	100
全体復旧率	%	0	8	25	50	76	100	100	100
各期間漁業生産額	千円		1,154	9,233	31,161	104,718	292,531	332,384	664,767
被災時漁業生産額	千円				1,435,947				
漁業生産減少額	千円				225,971				
漁業被害額	千円				87,677				

・各期間の荷捌き所、漁具、船舶の復旧率から、最も低い復旧率を、漁業生産の復旧率とする。

例：180日後は、船舶が50%と最も復旧率が低い。そこで漁業生産の復旧率「全体復旧率」は、50%。

・各期間漁業生産額： 通常時漁業生産額が923千円/日である漁港の場合

$$90 \sim 180 \text{日の部分} = \text{通常時漁業生産額} (=923 \text{千円/日}) \times (25\% + 50\% \text{の平均}) \times (180 \text{日} - 90 \text{日}) = 31,161 \text{ (千円)}$$

通常時漁業生産額：港勢調査、漁業協同組合でのヒアリングによる数値 ※復旧シナリオに必要な数値(属地陸揚額、属人水揚額)を収集する。

・被災時漁業生産額：各期間漁業生産額の合計

・漁業被害額 = 漁業生産減少額 × 粗付加価値額比率 粗付加価値額比率：産業連関表の数値

- ※ 各施設の復旧率の内、最も低い復旧率を用いて各ケースにおける漁業生産額を算定し、通常時との差分から各ケースの被害額を算定する。

b) 間接被害（被害の波及）

漁業生産の減少に伴い、水産物の流通が減少することにより、水産加工業の生産量が減少するなど、地域の経済活動が低下するというマイナスの波及効果（間接効果）が発生する。

通常、被災による波及効果を算定する場合は復旧に掛かる建設費等を含めて計算するため、平時と比較してGDP（国内総生産）が大きくなる傾向にある。

ここでは、漁業生産量の減少が地域経済へ波及する影響に限定して、地域のその他産業への波及被害を算定する。

直接被害として、漁業生産被害が発生したときに、その他産業への波及額を示した例
出典：水産物産地市場の減災計画策定マニュアル（水産庁）²¹⁾

産業部門	水産物流通被害 低減額(千円)	波及効果	
		その他産業への 波及効果(千円)	個人消費への 波及効果(千円)
01 農業		11,496	17,325
02 林業		1,619	691
03 漁業	7,040,000	130,050	2,119
04 鉱業		2,415	1,125
05 食料品		177,162	95,766
06 繊維製品		8,251	16,652
07 ハルブ・紙・木製品		11,602	5,717
08 化学製品		7,554	10,018
09 石油・石炭製品		40,212	13,939
10 窯業・土石製品		2,443	2,734
11 鉄鋼		4,111	1,472
12 非鉄金属		42	280
13 金属製品		6,033	3,014
14 一般機械		535	490
15 電気機械		753	23,503
16 輸送機械		51,005	17,545
17 精密機械		28	2,880
18 その他の製造工業製品		50,688	25,144
19 建設		23,021	15,967
20 電力・ガス・熱供給		35,538	28,473
21 水道・廃棄物処理		8,448	12,552
22 商業		414,184	173,821
23 金融・保険		193,931	75,588
24 不動産		29,476	179,932
25 運輸		245,471	76,880
26 通信・放送		56,151	42,349
27 公務		5,745	3,166
28 教育・研究		24,056	39,769
29 医療・保健・社会保障・介護		28	34,133
30 その他の公共サービス		13,249	11,672
31 対事業所サービス		185,729	86,584
32 対個人サービス		11,623	138,727
33 事務用品		11,546	2,446
34 分類不明		34,566	5,650
合計	7,040,000	1,798,762	1,168,122

漁業生産被害のうち、間接被害は次式にて算定する。

波及被害額 = (水産原料減少量 ÷ 通常時原料購入量)
 × 波及する産業の通常時生産額 × 波及する産業の粗付加価値額比率

水産原料減少量 = 漁業生産減少量 × 他産業向け出荷比率 × (1 - 補填率)

他産業向け出荷比率：漁業生産量に対し波及する産業への出荷量比率
補填率：他地域から減少分を補填できることを考慮するための係数

上式を変形すると、
 波及被害額 = { 漁業生産減少額 × 他産業向け出荷比率 × (1 - 補填率)
 ÷ 他産業の水産原料比率 } × 粗付加価値額比率

他産業の水産原料比率：売上額に対する水産原料費の割合

■ 漁業生産被害（間接被害）の算定に必要なデータ

漁業生産被害（間接被害）の算定のため、以下のデータを収集する。

被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
漁業生産被害 (間接被害)	① 漁業生産減少額[千円]	漁業生産被害結果を用いる
	② 他産業向け出荷比率(例えば、水産加工業)	産業連関表
	③ 補填率(例えば、水産加工業)	水産加工業者へのヒアリング
	④ 他産業の水産原料比率(例えば、水産加工業)	産業連関表
	⑤ 他産業の粗付加価値額比率(例えば、水産加工業)	産業連関表

c) 営業停止被害

漁業生産被害のうち、営業停止被害については、治水経済調査マニュアル(案)より、次式にて算定する。

$$\text{営業停止損失} = \Sigma (\text{1日当たり営業停止損失} \times \text{延べ損失日数})$$

ここで、

1日当たり営業停止損失 = Σ (産業分類別従業者数 × 付加価値額)

延べ損失日数 = 営業停止日数 + 営業停滞日数 / 2 = 2 × 営業停止日数

産業分類別従業者数：国勢調査等

付加価値額：治水経済調査マニュアル(案)数値

営業停止日数：治水経済調査マニュアル(案)数値

■ 漁業生産被害（営業停止被害）の算定に必要なデータ

漁業生産被害（営業停止被害）の算定のため、以下のデータを収集する。

被害項目	必要データ項目	各データの収集先(事例)
営業停止損失	① 日当たり営業停止損失	①-1、①-2のデータを用い、 Σ (産業分類別従業者数 × 付加価値額) によって算出
	①-1 産業大分類別従業者数	(公財)統計情報研究開発センター 地域統計メッシュ統計企業調査 (500mメッシュ)
	①-2 産業大分類別付加価値額	各種資産評価単価及びデフレーターp.11
	② 営業停止日数[日]	治水経済調査マニュアル p.57

(2) 発生確率の異なる複数の津波の津波低減便益算定手法

津波低減便益の算定は、発生確率の異なる複数の津波に対する被害軽減額の総和を基本とする。

ただし、地域によって特定の震源による津波のみを対象とする場合にあっては、特定の震源による津波に対する被害軽減額を便益とすることができ、この場合、長期的な地震発生確率が設定できれば、これを考慮してもよい。

なお、防波堤や防潮堤等の複数施設により津波低減効果を発揮させる場合は、得られる便益を各々の施設整備の費用で按分する等して、各施設の整備事業の費用対便益分析において便益が二重に計上されないよう留意する。

【解説】

我が国の沿岸に來襲する津波は震源や規模等が様々であることから、津波低減便益の算定は、高潮による浸水防護便益の算定の場合と同様、発生確率の異なる複数の津波に対する被害軽減額の総和を算定する手法（手法1）によって行うことを基本とする。ただし、地域によって特定の震源による津波を対象とする場合にあっては、特定の震源による津波に対する被害軽減額を算定する手法（手法2）を用いることができる。

手法1: 発生確率の異なる複数の津波に対する被害軽減額の総和を算定する手法

対象とする津波に対して、事業を実施しない場合（without時）に想定される被害額と事業を実施した場合（with時）に想定される被害額の差を算定し、発生確率を考慮した被害軽減額の総和をとることで津波低減便益を算定する。

手法2: 特定の震源による津波に対する被害軽減額を算定する手法

特定の震源による津波のみを対象とする場合は、特定の震源による津波に対して、事業を実施しない場合（without時）に想定される被害額と事業を実施した場合（with時）に想定される被害額の差を算定し、発生確率を考慮した津波低減便益を算定する。このうち、発生確率については、特定の震源による津波を対象としていることから、供用期間中に一度地震が発生するとエネルギーが解放され、それ以降は津波が発生しないことを想定したものを用いることとする（手法2-①）。ただし、特定の震源における長期評価確率が算定できる地域においては、長期評価確率を用いた発生確率を用いてもよい（手法2-②）。

	手法 1	手法 2	
対象とする津波	発生確率の異なる複数の津波（例えば、被害が発生する津波、発生頻度の高い津波、粘り強い構造から推定される許容津波、最大クラスの津波など）	特定の震源による津波	
発生確率の考え方	供用期間中は、津波の発生確率は変化しない	供用期間中に一度地震が発生するとエネルギーが解放され、それ以降は津波が発生しない	
年次発生確率算定式（再現期間 X 年の場合）	P = 1/X（一定）	長期的な地震発生確率を考慮しない場合	長期的な地震発生確率を考慮する場合
		【手法 2-①】 t 年次後の発生確率 P(t) = (1-1/X) ^{t-1} × (1/X)	【手法 2-②】 長期的な地震発生確率の評価式を用いて算定。詳細は以下を参照。

【長期的な地震発生確率の評価式】

$$P(T, \Delta T) = 1 - \varphi(T + \Delta T) / \varphi(T)$$

$$\varphi(T) = 1 - [\Phi(u_1(T)) + \exp(2/\alpha^2)\Phi(-u_2(T))]$$

$$u_1(T) = \alpha^{-1} [T^{1/2} \mu^{-1/2} - T^{-1/2} \mu^{1/2}]$$

$$u_2(T) = \alpha^{-1} [T^{1/2} \mu^{-1/2} + T^{-1/2} \mu^{1/2}]$$

ここで、

$P(T, \Delta T)$: 最新の地震発生から地震が発生せずに T 年経過した時点で、その後の ΔT 年間に地震が発生する確率

$\varphi(T)$: 信頼度関数（次の地震が前回発生年から T 年以降に地震が発生する確率）

α : 活動間隔のばらつき

μ : 平均活動間隔（年）

T : 経過時間（年）

上式は、地震調査委員会における長期的な地震発生確率の評価手法*に基づいたものである²²⁾。

各パラメータについては、地震調査研究推進本部ホームページを参照のこと。

また、 $\Phi(z)$ は、標準正規分布の累積分布関数を示し、次式で表される。なお、この関数値は正規分布表を用いるか、数値計算により算出する。

$$\Phi(z) = 1/(2\pi)^{1/2} \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du$$

* : 長期的な地震発生確率の評価手法について : 地震調査研究推進本部事務局、平成 13 年 6 月

手法 1

対象とする津波に対して、事業を実施しない場合（without 時）に想定される被害額と事業を実施した場合（with 時）に想定される被害額の差を算定し、発生確率を考慮した被害軽減額の総和をとることで津波低減便益を算定する。

$$B(H) = \int [(D_N(M) - D_S(M, H))p(M)]dM$$

ここで、

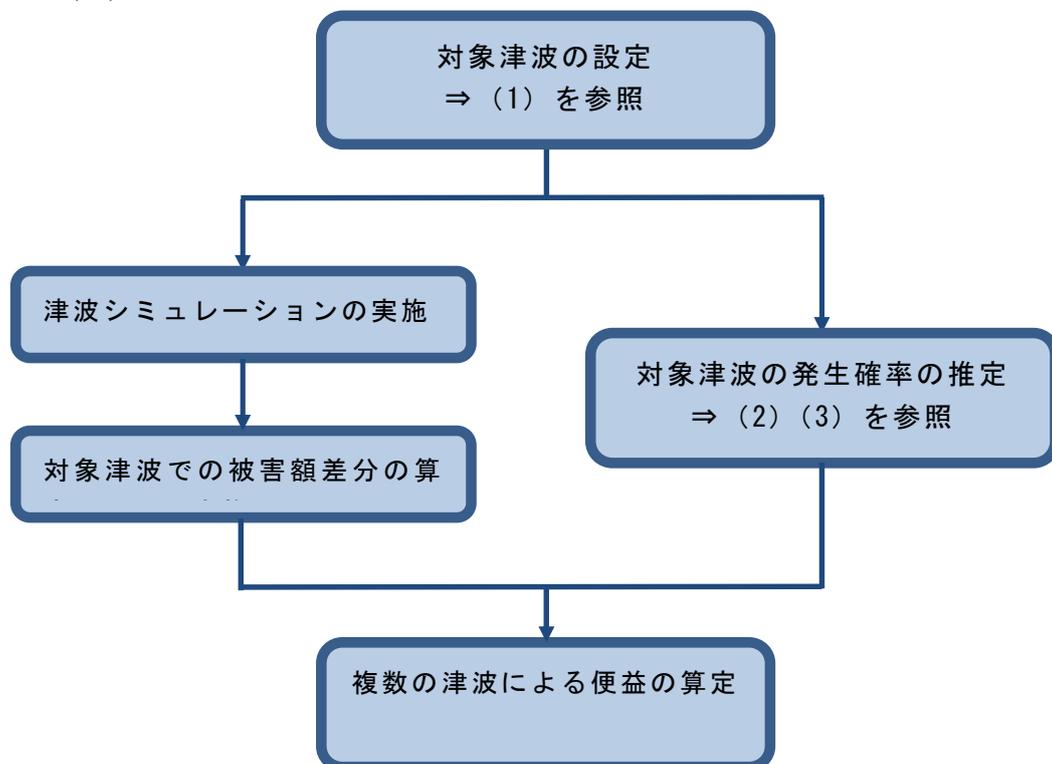
$B(H)$: 対策 H をした場合の便益

M : 想定する地震のモーメントマグニチュード*

$D_N(M)$: 対策しなかった場合の被害額

$D_S(M, H)$: 対策 H をした場合の被害額

$P(M)$: 発生確率



※モーメントマグニチュードについて

モーメントマグニチュードは、Kanamori(1977)により、断層パラメータの諸量の関数として定義される地震モーメント M_0 と直接関連付けられ、地震断層運動の規模を物理的に表現している（後述参照）。

なお、地震波の長周期成分（主に周期 10 秒程度以上）を反映し、津波のように波長の大きな現象をあらわすのに適切であることから、津波の数値計算による詳細評価のためには、地震規模をモーメントマグニチュードで表現することを基本としている。

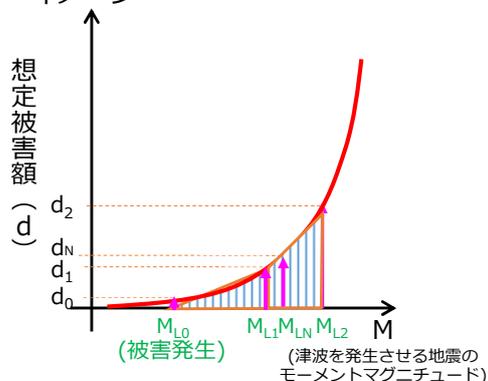
一般にモーメントマグニチュードは、他のマグニチュード（津波マグニチュード M_t ）、気象庁マグニチュード M_j ）と識別するため、便宜的に M_w とされるが、本稿ではモーメントマグニチュードのみ扱っており、他のマグニチュードとの識別を要さないことから、 M と表現している。

1) 対象とする津波の設定

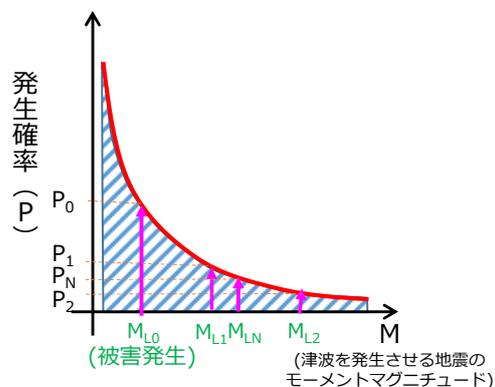
対象とする津波	設定手法	モーメントマグニチュード M	発生確率 P
被害が発生する津波	(1)地震津波履歴・ヒアリングより、発生確率 P_0 を推定する。 (2)岸壁を越える津波が来襲した時から被害が発生すると仮定し、岸壁天端高ー潮位を津波高とする地震のモーメントマグニチュード M_{L0} を推定（※注 1）し、その発生確率 P_0 をグーテンベルグ・リヒター則（※注 2）を用いて算出する。	M_{L0}	P_0
発生頻度の高い津波	想定津波の発生確率 P_1 が分かる場合は、当該発生確率を利用する。不明な場合は、 $P_1=1/100$ とする。	M_{L1}	P_1
粘り強い構造から推定される許容津波	粘り強い対策を受動土圧として考慮し、これに耐える波力に対応した津波高を算出（水工研提案式等を用いて推算）し、発生頻度の高い津波を基本として地震のモーメントマグニチュード M_{LN} を推定し、その発生確率 P_N をグーテンベルグ・リヒター則を用いて算出する。	M_{LN}	P_N
最大クラスの津波	想定津波の発生確率 P_2 が分かる場合は、当該発生確率を利用する。不明な場合は、発生頻度の高い津波を基本として、グーテンベルグ・リヒター則を用いて発生確率 P_2 を算出する。	M_{L2}	P_2

※注 1、注 2 は次頁以降参照

地震（津波）規模に対応した想定被害額のイメージ



各地震（津波）規模の発生確率のイメージ



(※注1) 以下の手法により、モーメントマグニチュード M を推定する。

①阿部 (1989)²³⁾により、想定津波高における地震のモーメントマグニチュード M を推定する。

近地津波を対象とした予測式 (阿部、1989)

■太平洋側

$$\log H_t = M - \log \Delta - 5.55$$

■日本海側

$$\log H_t = M - \log \Delta - 5.35$$

ここで、

H_t : 津波高 (m)

M : 想定する地震のモーメントマグニチュード

Δ : 津波伝播距離 (km)、L1 と同様と想定

②数値計算ですべり量調整により想定津波高を試算し、スケーリング則より地震のモーメントマグニチュード M を推定する。

■手順1: 目標とする津波高が得られるすべり量倍率 α を試計算により推定する。

■手順2: すべり量倍率 α をもとに、スケーリング則を適用して想定されるモーメントマグニチュードを算出する。

$$M_0 = \alpha D \mu L W \quad (D \mu L W \text{ は断層パラメーターで L1 の諸元より決定})$$

$$M = \frac{9.1 - \log M_0}{1.5}$$

ここで、

D : すべり量

μ : 震源付近の媒質の剛性率

L : 断層長さ

W : 断層幅

(※注2) 前述の手法により推定したモーメントマグニチュード M をもとに、グーテンベルグ・リヒター則を用いて L1 津波を発生させるモーメントマグニチュード M_{L1} から発生確率 P を推定する。

$$n = 10^{(a-bM)}$$

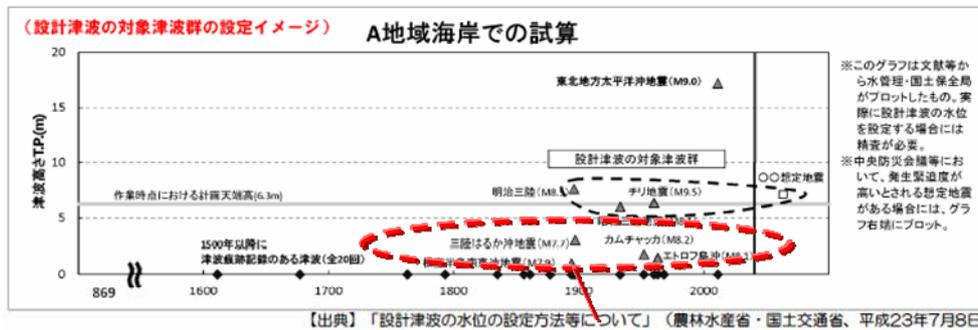
$$P = P_{L1} \times n$$

ここで、

- a : L1 津波を発生させるモーメントマグニチュード ($=M_{L1}$)
- bM : 推定したモーメントマグニチュード ($=M$)
- P_{L1} : モーメントマグニチュード M_{L1} の発生確率
- P : モーメントマグニチュード M の発生確率

2) 津波被害が発生する地震の発生確率 P_0 の推定

- a) 地震津波履歴・ヒアリングより、発生確率 P_0 を推定する。
- b) 岸壁を越える津波が来襲した時から被害が発生すると仮定し、岸壁天端高一潮位を津波高とする地震のモーメントマグニチュード M_{L0} を推定し、その発生確率 P_0 をグーテンベルグ・リヒター則を用いて算出する。なお、モーメントマグニチュードの推定は前述の手法により行う。



津波被害が発生する地震の頻度を推定

3) 粘り強い構造から推定される許容津波の発生確率の推定方法

津波に粘り強い構造とすることで、設計津波（例えば、発生頻度の高い津波）よりも大きな津波に対して津波低減効果を発揮することとなる。

以下に、粘り強い構造としたことにより付加される耐津波特性を考慮した便益の算定方法を示す。

①粘り強い構造の設定

粘り強い構造として防波堤背後に捨石の嵩上げを実施することにより、津波に対する滑動抵抗が増加する。

②許容津波高の推算

防波堤背後に嵩上げた捨石による滑動抵抗により、粘り強い構造による耐津波特性を仮定し、粘り強い構造を付加した許容津波波高を推算する。

③地震のモーメントマグニチュードの推定

推算した許容津波高を発生させる地震のモーメントマグニチュードを算定する。

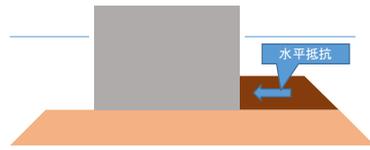
④発生確率の推定

算定した地震のモーメントマグニチュードの発生確率を推定する。

⑤便益の算出

ここまでに算定した対象津波毎の被害額の差分と発生確率の積を積分することで、複数の津波による便益の総和を算出する。

①粘り強い構造の設定
例)防波堤背後の捨石の嵩上げ
背後の滑動抵抗力を、増加させる目的



H_N: 受動抵抗を考慮した場合に安定する津波波高

②粘り強い構造から推定される許容津波波高H_Nの推算
【検討方針】
護岸の暫定裏込めをした場合の安定計算と同様に考え、受動土圧合力として捨石の嵩上げの効果を考慮する。
* 漁港・漁場の施設の設計の手引(2003年版、p398)
津波波圧算定には、非越流時は谷本式、越流時水工研提案式(SWL基準)を用いて、許容津波波高H_Nを推算する。

※計算値: 割石の滑動抵抗力R
 $R = W_s \tan(\theta + \phi)$
 $\phi = \tan^{-1} f_1$ (f_1 は内部摩擦係数、 $f_1 = 0.8$)
 θ : すべり面傾斜角
 (θを試行的に変えて求められるRの最小値を滑動抵抗力とする)
 滑動抵抗力 = 割石の滑動抵抗力R + 堤体の滑動抵抗力

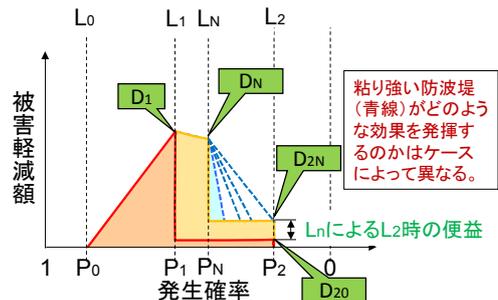
③地震のモーメントマグニチュードM_{LN}を推定
【検討方針】
推定したH_Nを発生させるモーメントマグニチュードM_{LN}を算定する。
(i) 阿部(1989)の予測式(右式参照)を用いる
(ii) 数値計算による試計算を実施する。
【(i)の検討手順】
i) 津波伝播距離Δを、L1条件(M_{L1}と津波高[解析結果])をもとに予測式から逆算する。M_{L1} < M_{LN}の関係性を維持する。必要に応じて、L2条件でも算出する。
 $\log \Delta = M_{L1} - \log H_t - 5.55$
 ii) 推定したH_Nを用いて、予測式を使ってM_{LN}を算出する。
 $M_{LN} = \log \Delta + \log H_N + 5.55$

近地津波を対象とした予測式(阿部, 1989)
 ■太平洋側
 $\log H_t = M - \log \Delta - 5.55$
 ■日本海側
 $\log H_t = M - \log \Delta - 5.35$
 H_t: 津波高(m)
 M: 想定する地震のモーメントマグニチュード
 Δ: 津波伝播距離(km)、L1と同様と想定

④発生確率P_Nの推定
算定したM_{LN}をもとに、ゲーテンベルグ・リヒター則を用いてL1を発生させるM_{L1}からM_{LN}の発生確率を推定する。
 $n = 10^{(a-bM)}$ $P_N = P_{L1} \times n$
 * aは、L1を発生させるモーメントマグニチュード(M_{L1})
 * bMは、推定したモーメントマグニチュード(M_{LN})

数値計算による地震のモーメントマグニチュードMの予測手法
 手順1: 目標とする津波高が得られるすべり量倍率αを試計算により推定する。
 手順2: すべり量倍率αをもとに、スケールリング則を適用して想定されるMを算出する。
 $M_0 = \alpha D \mu L W$ ($D \mu L W$ はL1より決定)
 $M = \frac{9.1 - \log M_0}{1.5}$

⑤便益(被害低減)を算出
年度別の平均便益の算定は代表的確率年(外力規模)毎の想定被害額に、それぞれの地震(津波)の発生確率を乗じて被害軽減額を算出し、これらの総和である平均被害軽減額を年度別の平均便益とする。
【P_N前後の被害軽減額推定手法】
1) 粘り強い構造を考慮したD_NをL_Nを想定したシミュレーションで算定
2) 粘り強い構造を考慮したD_{2N}をL₂を想定したシミュレーションで算定
※D_N, D_{2N}を算定しない場合はP₁以降の被害軽減額をD₂₀とする。
※P_N~P₂間でシミュレーションを実施した場合には便益を追加してもよい。



年平均被害軽減額算出表 ※対策がL₁に対するものが基本であるため、L₁の条件をベースにL_Nを設定する。

津波規模	津波に対応する想定被害軽減額	L _n ~L _{n+1} の発生確率	L _n ~L _{n+1} の平均被害軽減額	発生確率 × 平均被害軽減額
L ₁ 以下(L ₀) (被害発生レベル)	D ₀	P ₀ -P ₁	(D ₀ +D ₁)/2	(P ₀ -P ₁) × (D ₀ +D ₁) / 2
L ₁	D ₁			
L _N	D _N	P ₁ -P _N	(D ₁ +D _N)/2	(P ₁ -P _N) × (D ₁ +D _N) / 2
L ₂	D ₂	P _N -P ₂	D _{2N}	(P _N -P ₂) × D _{2N}

被害軽減額, Di = (di with) - (di without) ※ di: 被害額
 年平均便益額 = (P₀-P₁) × (D₀+D₁) / 2 + (P₁-P_N) × (D₁+D_N) / 2 + (P_N-P₂) × D_{2N}

手法 2

特定の震源による津波のみを対象とする場合は、特定の震源による津波に対して、事業を実施しない場合（without 時）に想定される被害額と事業を実施した場合（with 時）に想定される被害額の差を算定し、発生確率を考慮した津波低減便益を算定する。

手法 2-①：再現期間（発生確率）も用いる場合

手法 2-②：長期的な地震発生確率を用いる場合

（手法 2-①の発生確率）

再現期間 X 年の地震により起因する津波の t 年次に便益が発生する確率は以下の式により算定する。

t 年次に便益が発生させる確率

$$P(t) = (1 - 1/X)^{t-1} \times (1/X)$$

（手法 2-②の発生確率）

地震の長期評価確率は、地震の平均活動間隔や前回活動時期からの経過時間を考慮して、今後その地震が発生する確率を評価するものである。

本事業における供用開始年以降の地震発生確率は、地震調査委員会における長期的な地震発生確率の評価手法（下式）に従い、長期評価確率を計算し、便益を算定する。

$$P(T, \Delta T) = 1 - \varphi(T + \Delta T) / \varphi(T)$$

$$\varphi(T) = 1 - \left[\Phi(u_1(T)) + \exp(2/\alpha^2) \Phi(-u_2(T)) \right]$$

$$u_1(T) = \alpha^{-1} \left[T^{1/2} \mu^{-1/2} - T^{-1/2} \mu^{1/2} \right]$$

$$u_2(T) = \alpha^{-1} \left[T^{1/2} \mu^{-1/2} + T^{-1/2} \mu^{1/2} \right]$$

ここで、

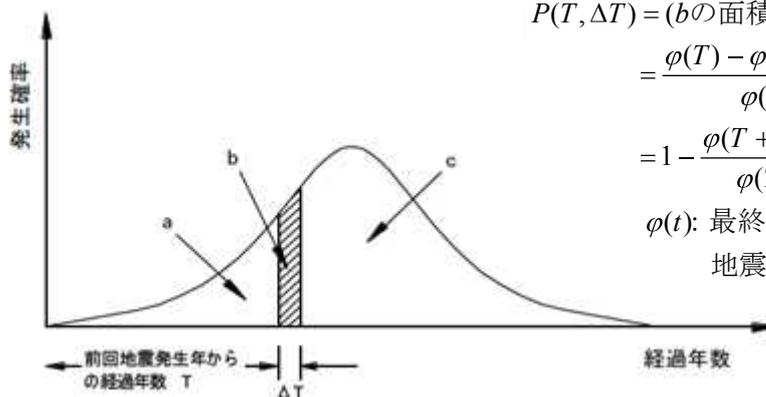
$P(T, \Delta T)$: 最新の地震発生から地震が発生せずに T 年経過した時点で、その後の ΔT 年間に地震が発生する確率

$\varphi(T)$: 信頼度関数（次の地震が前回発生年から T 年以降に地震が発生する確率）

α : 活動間隔のばらつき

μ : 平均活動間隔（年）

T : 経過時間（年）



$$P(T, \Delta T) = (b \text{ の面積}) \div (b \text{ の面積} + c \text{ の面積})$$

$$= \frac{\varphi(T) - \varphi(T + \Delta T)}{\varphi(T)}$$

$$= 1 - \frac{\varphi(T + \Delta T)}{\varphi(T)}$$

$\varphi(t)$: 最終発生年から t 年以降に地震が発生する確率

3. 漁港・漁村の津波防災・減災対策に関する専門部会

東日本大震災では、津波から倒壊を免れた防波堤が、津波到達時間を遅延させたことによる避難時間の確保、津波浸水高や流入量の低減による水産関係施設等の被害軽減といった津波を低減させる機能を発揮したことを踏まえると、防波堤（漁港管理者）と防潮堤（海岸管理者）が連携し、漁港・漁村の津波防災・減災に取り組むことが重要である。

そこで、学識者から構成される専門部会を設置し、多重防護による津波低減の考え方、津波低減による漁港・漁村の便益の考え方等について検討を行い、多重防護を踏まえた漁港・漁村の津波防災・減災のあり方及び対策の基本的な考え方をとりまとめることを目的としている。

○専門部会での主な検討内容

- ・多重防護を踏まえた漁港・漁村の津波防災・減災のあり方
- ・多重防護による津波低減の考え方
- ・津波低減による漁港・漁村の便益の考え方
- ・多重防護を踏まえた漁港・漁村の津波防災・減災対策の基本的な考え方

（1）専門部会の設置および開催

専門部会の開催は、研究計画の指導・助言、研究結果に対する指摘、研究成果の総括・とりまとめに関する指導・助言・承認を目的として、以下に示す時期に3回開催した。

◎平成25年度 漁港・漁村の津波防災・減災対策に関する専門部会

・第1回専門部会

日 時：平成25年7月1日（月） 17:00～19:00
場 所：エッサム神田ホール 4階 大会議室（401）

・第2回専門部会

日 時：平成25年8月12日（月） 13:30～16:30
場 所：エッサム神田ホール 3階 大会議室（301）

・第3回専門部会

日 時：平成25年10月18日（金） 13:30～16:30
場 所：エッサム神田ホール 2階 大会議室（201）

(2) 検討委員会の運営

具体的には、以下の手法により委員会を運営する。

- 1) 資料作成：議事内容を踏まえた上で、各研究開発事項の技術的検討課題や研究成果について整理する。これらを取りまとめ、検討会資料を作成した。
- 2) 議事整理と対応方針の整理：技術検討部会に提示する資料の説明（解説）を行うとともに、議事について整理し、対応方針を取りまとめた。
- 3) 議事録作成：技術検討部会の議事を録音し、議事録を作成した。

(3) 委員の選定・委嘱

的確かつ効率的な技術的助言・指導を得て研究成果の向上を実現するため、以下の考え方で委員を選定した。

委員の構成：委員は、波浪、構造力学、行政、地震・津波、水産などの知見を有する学識経験者5名により構成した。

●委員会メンバー

	氏名	所属・役職	専門分野
委員	磯部 雅彦	高知工科大学 副学長	海岸工学 沿岸環境学
〃	清宮 理	早稲田大学 創造理工学部 社会環境工学科 教授	構造力学 (構造・地盤)
〃	藤間 功司	防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 教授	海岸工学 (地震・津波)
〃	岡安 章夫	東京海洋大学 海洋科学部 海洋環境学科 教授	海岸工学 (波浪)
〃	長野 章	公立はこだて未来大学 名誉教授	行政

4. 漁港の津波避難に関するガイドライン（津波避難デッキの計画・設計） 【暫定版】

I ガイドラインについて

I-1 ガイドラインの位置づけ

漁港の津波避難を考えるにあたっては、漁港や漁業地域の特殊性を考慮しつつ、ハード対策及びソフト対策を組み合わせることで総合的に検討することが重要である。本ガイドラインは、漁港の津波避難の考え方を踏まえた上で、主としてハード対策、特に津波避難誘導施設に関する具体的な計画・設計手法を示したものである。本ガイドラインにより、漁港の津波避難対策を講じる上で、安全で迅速な津波避難のための適切な施設が整備されることを目標としている。

1) 策定の背景

水産業従事者は、防潮堤など津波防災施設の外（海）側に位置する漁港で作業を行うことが多く、常に津波の脅威にさらされているとともに、最終的な避難場所となる高台から遠距離にいる場合が多い。このことから、漁港で作業を行う人々等が津波警報発令後に迅速かつ安全に避難するために、より早く、より高く、より遠くへの避難を目指す津波避難ルートを漁港内においても確保することが必要である。さらに、先の東日本大震災では、これまで津波に対して耐力があると言われていた鉄筋コンクリート構造物においても、津波の直接的な外力や漁船の衝突などにより損傷、倒壊も多かったことから、今般の被害実態を踏まえ、新たな津波避難誘導施設の計画・設計手法を構築する必要性が生じた。そこで、漁港の避難の考え方を整理するとともに、具体的なハード対策である津波避難誘導施設について、その計画・設計手法を検討し、取りまとめることとした。

2) ガイドラインの位置づけ

漁港を含む漁業地域の防災の基本的な考え方を示す『災害に強い漁業地域づくりガイドライン』（平成24年3月 水産庁漁港漁場整備部）の考え方を基本に、対象を漁港の津波避難に限定し、漁港や漁業地域の特殊性を考慮しつつ、主としてハード対策、特に津波避難誘導施設に関する具体的な計画・設計手法を示したものである。

3) ガイドラインの目標

堤外地にある漁港の利用者の安全性確保のため、避難場所への速やかな避難ができるよう、地域における取組と整合のとれた津波避難対策が策定され、安全で迅速な津波避難のための適切な施設が整備されることを目標とする。

4) ガイドラインの対象者

都道府県、市町村、漁港管理者、漁業協働組合、市場関係者、等。

5) 関連計画との整合性確保

漁港の津波避難を考えるにあたっては、本ガイドラインによる他、関連する法規に従いつつ、関係する防災に関する取り組みと整合が図られるよう十分に調整しなくてはならない。例えば、以下のような防災対策や津波避難対策等が挙げられる。

- ・ 都道府県や市町村等における防災対策や津波避難対策
- ・ 漁船の津波避難対策
- ・ 漁港内に立地する企業等における津波避難対策
- ・ 港湾における防災対策や津波避難対策
- ・ 漁業地域の防災対策や津波避難対策

1-2 ガイドラインの構成

1) ガイドラインの構成

本ガイドラインは、漁港の津波避難対策を講じる上で、安全で迅速な津波避難のための適切な施設が整備されることを目標として、漁港の津波避難の考え方を示すとともに、津波避難誘導デッキの計画・設計に関するガイドラインを以下の構成で示すものである。

項目	頁	内 容
はじめに	1	
I. ガイドラインについて	2~4	ガイドラインの位置づけやガイドラインの使い方を説明
II. 漁港の津波避難の基本的な考え方	5~20	津波避難の考え方や対象範囲、津波避難ルートの設定方法、津波避難誘導施設の設定方法を記載
III. 津波避難誘導デッキの計画・設計	21	津波避難誘導デッキの計画・設計について記載
III-1. 津波避難誘導デッキの計画	21~39	津波避難誘導デッキの計画について、施設の役割や整備の基本的考え方、計画の手順や配置計画、施設計画について記載
III-2. 津波避難誘導デッキの設計	40~72	津波避難誘導デッキの設計について、設計の基本的考え方や基準の考え方、設計条件および外力の設定等について記載

2) ガイドラインで使用する用語

本ガイドラインで使用する用語を以下の通り定義する。

用語	意味
津波浸水想定区域	最大クラスの津波が悪条件下を前提に発生したときの浸水の区域及び水深をいう。
避難対象地域	津波が発生した場合に避難が必要な地域で、津波避難浸水想定区域に基づき市町村が指定する。安全性の確保、円滑な避難等を考慮して、津波浸水想定区域よりも広い範囲で指定する。
避難困難地域	津波の到達時間までに、避難対象地域の外（避難の必要がない安全な地域）に避難することが困難な地域をいう。
津波避難場所	津波の危険から緊急に避難するための高台や施設等をいう。原則として避難対象地域の外に定める。市町村が指定に努めるもので、情報機器、非常食料、毛布等が整備されていることが望ましいが、命を守ることを優先するため「避難所」とはことなりそれらが整備されていないこともあり得る。
避難所	住宅が損壊した被災者等が仮設住宅などに移転できるまでの間や比較的長期にわたって避難する施設。市町村が避難対象地域の外に指定するもので、食料、飲料水、常備薬、炊き出し用具、毛布等避難生活に必要な物資などが整備されていることが望ましい。
人工地盤（漁港施設としての人工地盤）	構造物による空間の用地的利用であり、限られた土地の重層的利用や傾斜地等の利用不可能な土地の空間に、用地等を創出し利用を図る構造物を指す。
最大クラスの津波	今後の津波対策を構築するにあたって、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波。住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波である。
発生頻度の高い津波	最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波。防潮堤など構造物によって津波の内陸への浸入を防ぐ海岸保全施設等の建設を行う上で想定する津波
津波避難誘導施設	漁港から堤内の高台等の避難場所に向けて、目標時間内に避難が完了するように誘導する施設。避難路の一部を構成する施設であり、避難場所へのアクセスが確保されているもの。
津波避難誘導デッキ	漁港の通常利用において不足する漁港施設用地等を確保する目的で整備される人工地盤を活用した津波避難誘導施設。
津波避難施設	最大クラスの津波を対象とし、漁港における避難困難地域の避難者が津波から緊急的・一時的に避難することを目的とした施設。津波避難場所となり得る。

II 漁港の津波避難の基本的な考え方

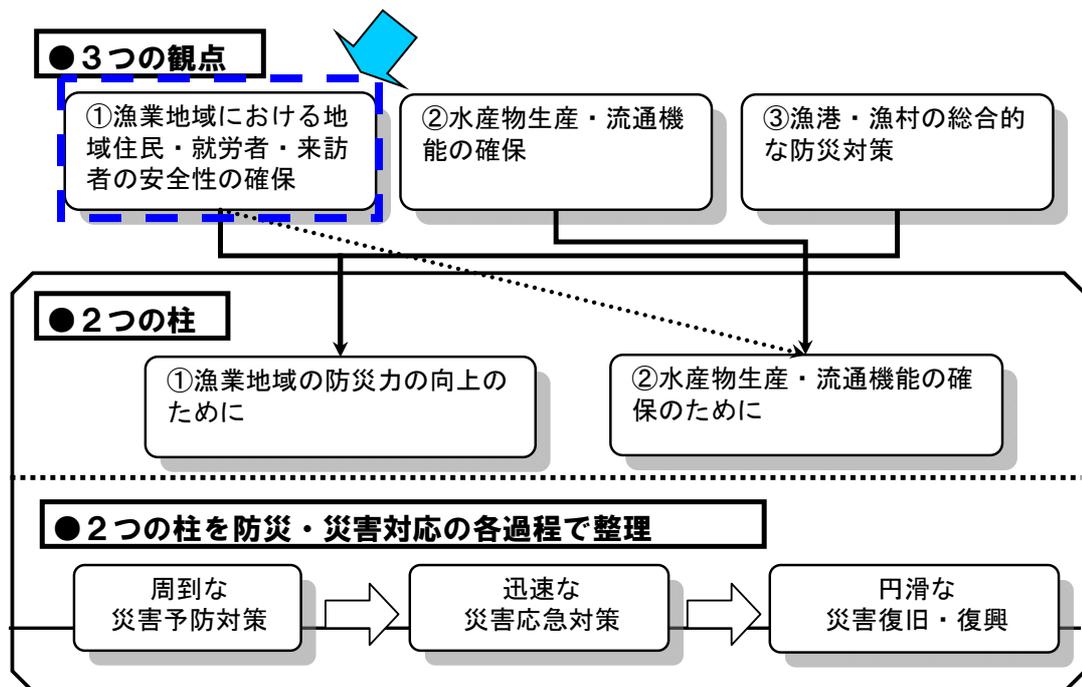
II-1 漁港の津波避難の基本的な考え方

(1) 漁業地域における津波避難の基本的な考え方

漁業地域における地域住民や就労者・来訪者の安全確保のために、人命を第一に考え安全な場所への速やかな避難を基本とする。

漁港の津波避難は、漁港を含む漁業地域の防災の基本的な考え方を示す『災害に強い漁業地域づくりガイドライン』（平成 24 年 3 月 水産庁漁港漁場整備部）に示される考え方を基本的な考え方とする。

『災害に強い漁業地域づくりガイドライン』では、災害に強い漁業地域づくりのために、①漁業地域における地域住民・就労者・来訪者の安全性の確保、②水産物生産・流通機能の確保、③漁港・漁村の総合的な防災対策、という 3 つの観点を示している。漁港の津波避難については、この 3 つの観点のうち「①漁業地域における地域住民・就労者・来訪者の安全確保」を目的に整備するものであり、地域住民や就労者・来訪者の安全な場所への速やかな避難を基本とする災害予防として計画する。



資料：災害に強い漁業地域づくりガイドライン（平成 24 年 3 月）水産庁漁港漁場整備部より

図 II-1 漁業地域で取り組むべき各過程での防災・災害対応

また、『災害に強い漁業地域づくりガイドライン』では、地震発生後の津波に対する避難行動の基本として、状況に応じた避難を挙げ、陸上・海岸部にいる人は陸上の避難場所に避難すること、漁港にいる漁船等の船舶の乗船者も陸上の避難場所に避難すること、を示している。漁港の津波避難を考えるにあたっては、これらの考え方を踏襲する。

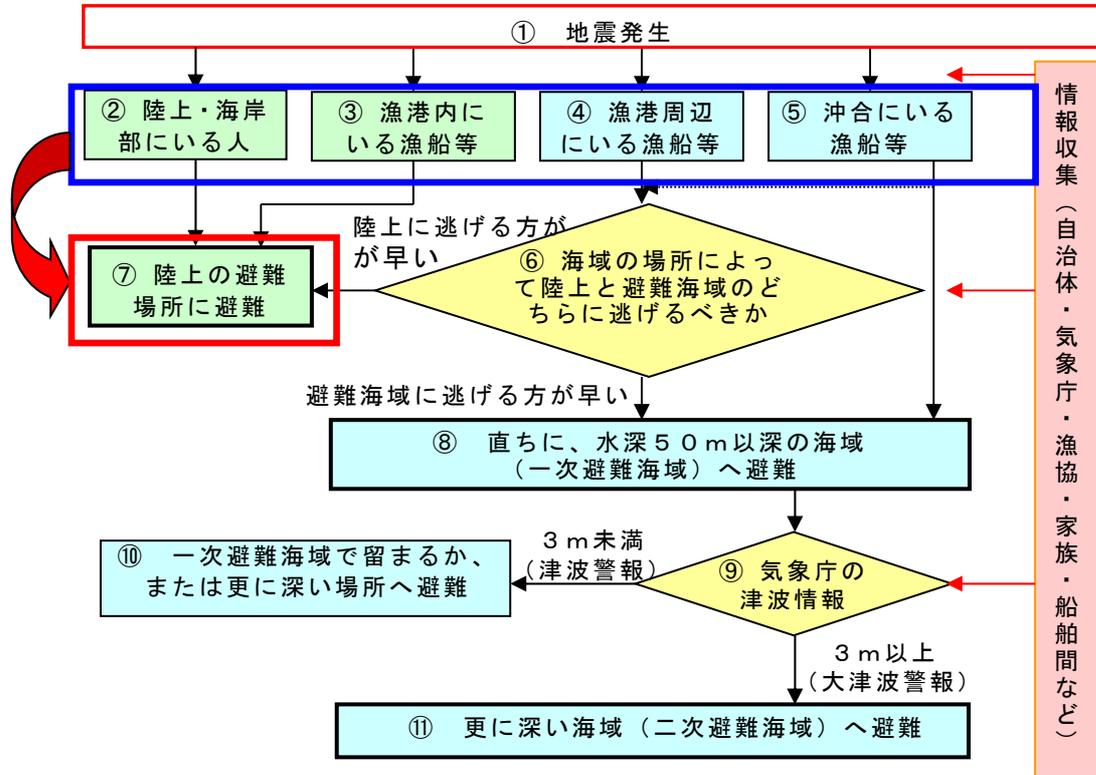


図 II-2 避難行動の基本ルールのフロー

資料：災害に強い漁業地域づくりガイドライン（平成 24 年 3 月）水産庁漁港漁場整備部より

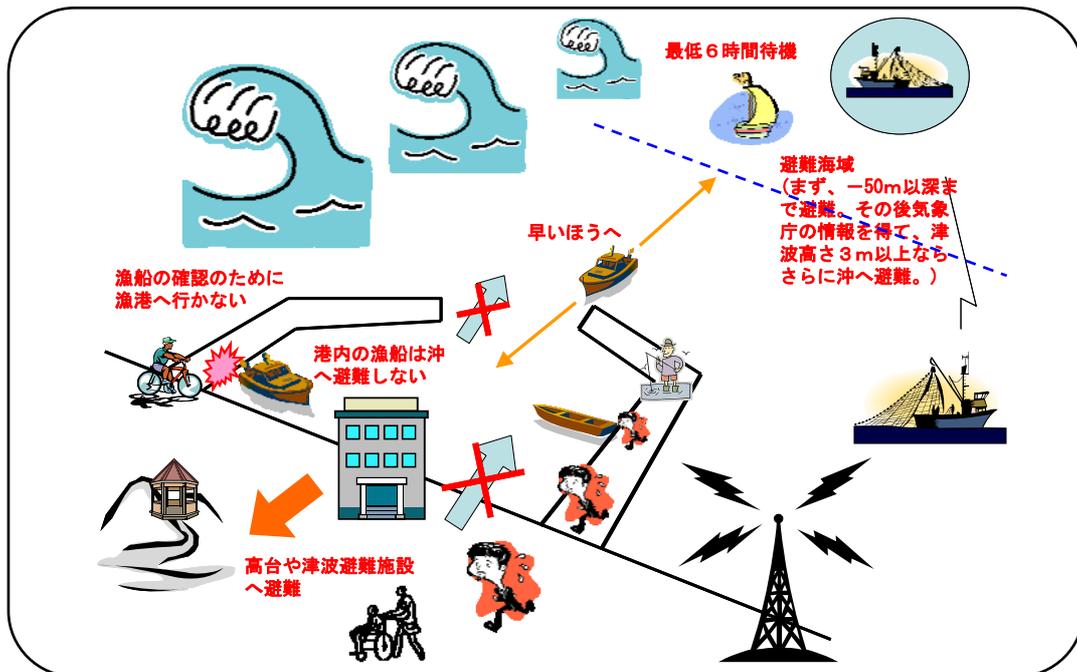


図 II-3 地域住民や就労者・来訪者の安全確保のイメージ

資料：災害に強い漁業地域づくりガイドライン（平成 24 年 3 月）水産庁漁港漁場整備部より

(2) 漁港の津波避難の基本的な考え方

堤外地にある漁港の利用者の安全性確保のため、避難場所への速やかな避難を基本とする。

漁港は防潮堤など津波防災施設の外（海）側に位置するため、漁港利用者は常に津波の脅威にさらされている。また、漁港は、最終的な避難場所となる高台から遠距離にいる場合も多い。このことから、漁港利用者は津波警報発令後に、避難場所への速やかな避難を行い、安全性を確保することが必要である。

また、漁港では、漁港利用者である漁業者や市場関係者、漁港内で作業を行う就労者、さらには、イベントや海洋性レクリエーションを目的に漁港を訪れる来訪者が、様々な状況で活動しており、陸上・海上にかかわらず、様々な活動を行う漁港利用者の人命を第一に考え安全な場所への速やかな避難を原則に属性、場所、行動等に配慮した対策が必要である。

II-2 漁港の津波避難の対象範囲

(1) 対象者

漁港の津波避難の対象者としては、漁港利用者および来訪者を想定する。

避難対象者は、漁港内にある防潮堤の海側の用地等（以下、「堤外地」という。）にいる人々（岸壁や泊地を日常的に利用する漁業就業者や市場関係者、流通業者、そして、漁港に立地する水産加工場や製氷工場などの水産関連企業の従事者に加え、憩いやレクリエーションの場として利用する住民・来訪者等）、漁港内にいる漁船等と漁港周辺にいる漁船等の中で陸上に逃げる方が早く、かつ安全性が高い人々を対象とする。

(2) 対象区域

対象とする区域は原則漁港区域とする。

本ガイドラインは漁港の津波避難対策の策定と適切な施設整備を目標としているため、避難対象区域となる漁港区域を対象区域とした。ただし、港湾区域内に漁港区がある場合などについては、地域防災計画との整合を図りながら、必要に応じて津波避難の対象となる区域を検討する。

(3) 対象津波

本ガイドラインで対象とする津波は、最大クラスの津波とする。

「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」（平成23年9月28日 中央防災会議）において、今後の津波対策を構築するにあたって、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（以下、「最大クラスの津波」という。）と、最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（以下、「発生頻度の高い津波」という。）の二つのレベルの津波を想定する必要があるとされている。「最大クラスの津波」は住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波で、「発生頻度の高い津波」は防波堤など構造物によって津波の内陸への侵入を防ぐ海岸保全施設等の建設を行う上で想定する津波とされており、本ガイドラインでもその考え方を踏襲し、対象とする津波は、避難に関する防災対策を構築する上で想定する津波として、最大クラスの津波とする。

II-3 漁港の津波避難

II-3-1 津波避難の考え方

漁港の津波避難は、堤外の漁港から、堤内の高台へ向けた避難を原則とする。
避難ルートの確保にあたっては、迅速かつ安全な避難ができるよう、より早く、より高く、より遠くへ向かう避難ルートを確保することを基本とする。
また、津波避難に関しては、徒歩を原則とする。

1) 津波避難の考え方

素早く避難することが、最も有効で重要な津波からの避難対策である。

漁港施設用地の多くは堤外地にある。ここにいる人々は、津波に対して漁港内にある防潮堤の陸側の用地等（以下、「堤内地」という。）にいる人々の安全度に比べ、かなり低位にあり、その安全度は無に等しい。このため、少なくとも短時間のうちに堤内地と同等の安全度を有する場所へ避難誘導する必要がある、迅速かつ安全に避難できる避難ルートの設定が重要となる。

2) 避難ルートの確保の考え方

避難計画策定にあたっては、より早く、より高く、より遠くへ、さらに避難途中で標高が下がらないような避難ルートを確保することを原則とする。

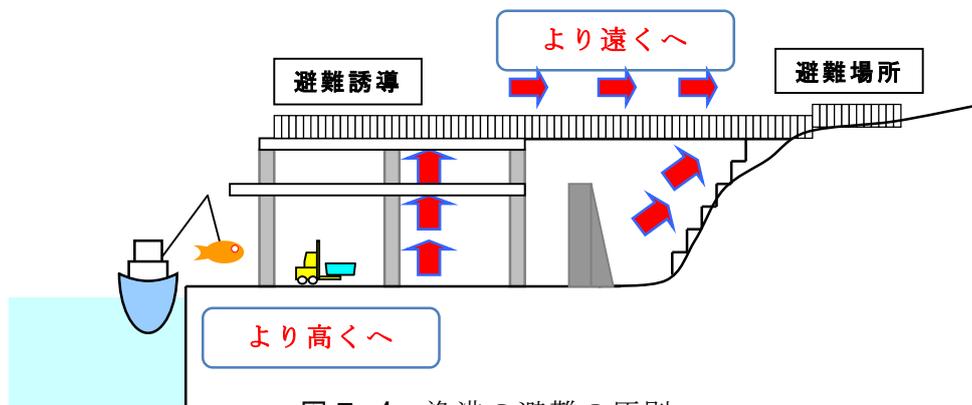


図 II-4 漁港の避難の原則

3) 徒歩避難の原則

多くの避難者が自動車等を利用した場合、渋滞や交通事故等のおそれが高いこと等から、避難は原則として徒歩によるものとする。

なお、道路渋滞の可能性が低く、避難場所まで距離があり、なおかつ徒歩での移動に時間を要する場合においても、まずは、周辺の荷捌き施設の屋上やビル等を津波避難誘導施設として活用することで、徒歩での避難について最優先に検討する。その上で、徒歩避難が困難で、車による避難がやむを得ない場合に限り、自動車等による避難の可能性及びルールについて、自動車による避難のリスクを十分に考慮した上で検討する。

II-3-2 津波避難ルートの設定

(1) 避難ルートの設定の考え方

漁港の津波避難ルートは、目標避難時間内に、漁港内の各エリアから堤内地の避難場所等安全が確保できる場所へ移動できるように設定する。

避難ルートは避難目標時間内に漁港内の各エリアから避難場所への避難が完了するように設定する必要がある。

津波に対する避難場所とは、「津波の危険から緊急に避難するための高台や施設等」をいい、「原則として避難対象地域の外に定める」（総務省消防庁「津波避難対策推進マニュアル検討会報告」平成25年3月）ものであるため、堤内地に、地方公共団体等によって定められたものを指す。

堤外地が広く、津波避難誘導施設等の手段によっても避難場所に目標時間内に到達できずに、堤外地で緊急的・一時的に津波からの避難を求められる場合や、最大クラスの津波に対して十分な高さをもたないものの発生頻度の高い津波以上の津波に対応可能な既存の施設等を、緊急的・一時的な避難場所として活用することが求められる場合などについては、慎重な検討が求められる事項であるため、今後の課題とする^{注)}。

注) 他部局においては避難困難地域における避難施設の指定や施設の要件等の考え方について「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」(消防庁国民保護・防災部防災課,平成25年3月,p28-30)、「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」(国土交通省港湾局,平成25年10月,p2-3)等で整理されている。

(2) 避難ルートの設定

漁港の津波避難ルートの設定にあたっては、漁港の特性や地域の特性を踏まえた上で、安全性が高く、避難場所まで最も短時間で到達できるルートを設定する。

1) 避難ルートの設定

避難ルートは避難場所から目標とする避難場所まで最も短時間で到達できるルートに指定・設定する。また、安全性の高いルートを定めることが重要である。

漁港は漁期や時間帯により人の集中するエリアが異なる特性を持っている。また、防潮堤や漁港施設により避難ルートが限定されることもありうる。さらに、周辺の地理的条件や、避難場所の位置などによっても避難ルートが左右される。したがって、これら漁港の特性や地域の特性を踏まえた上で、安全かつ迅速な避難のためのルートを設定する必要がある。

2) 基本条件の把握

① 利用状況の把握

避難対象者を設定するため、漁港及びその周辺にいる利用者について、利用内容、利用エリア、利用時期・利用時間帯を整理する。

漁港及び周辺には漁業関係者のみならず、関連企業従事者、市場見学者等の来訪者や海洋性レクリエーション利用者等が集散している。これらの人々は時期や時間

帯により人数が大きく変更するため、利用状況を明らかにする必要がある。

② 地理的条件の把握

避難場所や避難ルートを設定するうえで、漁港及び周囲の地形、高台の位置、避難ルート設定の阻害要因となりうる防潮堤、鉄道、高規格道路やトンネル、橋梁等の構造物、避難ルートとして利用できる道路、周辺の整備・開発計画等について把握する。

③ 地域防災計画の把握

漁港の津波避難については、地域防災計画と整合性をとる必要がある。漁港が災害時の緊急物資の海上輸送拠点などに指定されている場合には、これらの役割に支障をきたさないように避難ルート、避難誘導施設等を設定する必要がある。避難場所・避難路について地域防災計画で指定されている場合には、漁港からの避難ルートを設定する際にもそれらと整合をとる必要があるため、関係する地方公共団体等と十分に協議をすることが重要である。また、港湾区域に隣接している場合などについては、港湾の避難計画とも整合を図ることが必要である。

3) 避難条件の設定

① 漁港エリア別最多利用状況の検討

漁港内に集散する人々は時期や時間帯により人数が大きく変更するため、利用状況を明らかにし、最も利用が集中する時期・時刻などを把握した上で、エリア別に避難対象者を把握する必要がある。

② 津波到達時間の設定

津波避難ルートは、東日本大震災津波のような最大クラスの津波に対しても、人命を守るため、漁港の各所から計画目標時間内に安全な高所に到達できるように設定する必要がある。そのため、避難計画の条件となる津波は最大クラスの津波とする。津波到達時間については、目安として、津波の高さが+1.00mとなるまでの時間（「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）内閣府 平成 24 年 8 月 29 日」で示されている津波高+1.00mの最短到達時間を参考）を津波到達時間とする。

③ 過去の津波避難における課題の抽出

避難ルートの設定に当たっては、過去の津波被害の際の教訓を活かすことが望ましい。そのため、過去に発生した津波での避難行動における問題点や課題等を十分に把握し、漁港内から一刻も早く、より高いところ、より遠くへ避難する条件を設定する必要がある。

4) 利用者の意見を取り入れた計画策定

地域における津波避難計画を策定するにあたっては、その地域の情報を最も把握している住民の意見を取り入れ、地域の実情に合わせた計画を作り上げていくことが必要である。

ワークショップ等を経て漁港の津波避難ルートを設定するにあたっては、「漁業地域の減災計画策定マニュアル～みんなで作る減災計画～」を参照することができる。

II-3-3 津波避難誘導施設の設定

(1) 津波避難誘導施設の考え方

設定された津波避難ルート、避難場所を踏まえ、目標時間内に避難が完了するよう、適切な津波避難誘導施設を設定する。

1) 津波避難誘導施設の考え方

目標時間内に避難を完了させるための対策として、漁港の立地状況や利用者の状況、避難の状況等に応じた適切な津波避難誘導施設の整備が考えられる。津波避難誘導施設としては、人工地盤等の漁港施設を津波避難誘導デッキとして活用したり、避難誘導タワーや避難誘導ビルを活用したりする等が考えられる。

2) 津波避難誘導施設による対応を検討するエリア

津波避難に必要な高さを確保できる場所から、目標時間内に移動可能な範囲を推定し、その範囲外のエリアを、津波避難誘導施設による対応を検討するエリアと考えることができる。

3) 目標時間内での津波避難の可能性

目標時間内での津波避難の可能性を検討するにあたっては、避難人数や避難距離、避難速度、避難時間等を考慮する。また、高度な津波避難シミュレーション等を用いることも有効である^{注)}。

注) 高度な津波避難シミュレーションについては、p34を参照。

(2) 津波避難誘導施設の種類

津波避難施設としてどのような施設を整備するかについては、避難ルートの位置や標高、防潮堤等の位置、漁港施設としての必要性等に応じて検討する。

1) 津波避難誘導施設の目的

津波避難誘導施設は、堤内の高台や避難ビルなどに向けた迅速かつ安全な避難のために、より早く、より高く、より遠いところへ避難ルートを確保するための施設とする。

2) 津波避難誘導施設の種類

避難ルートの位置や標高、防潮堤等の位置、漁港施設としての必要性などに応じて、次のようなものが考えられる。

- ・津波避難誘導デッキ（人工地盤）
- ・津波避難誘導ビル※
- ・津波避難誘導タワー※
- ・避難路 等

※避難を誘導するための施設であり、堤内の避難場所への避難ルート（想定津波の被害を受けずに安全に避難できるルート）は確保されていなければならない。

考えられる津波避難誘導施設をパターン化したものを下表に示す。津波避難誘導施設の種類を設定する際に参考とすることができる。但し、人工地盤は漁港施設としての必要性によって整備されるものであるため、下記の分類には寄らず、必要な漁港に整備されるものであることに注意が必要である。

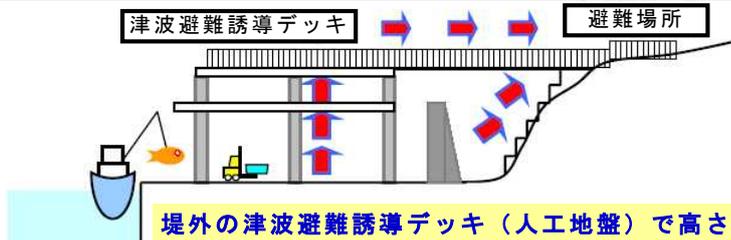
表Ⅱ-1 漁港の津波避難の観点から考えられる津波避難誘導施設の種類

パターン	陸揚量	避難対象者	背後地	漁港における津波避難誘導施設の可能性
1	多	漁業関係者及び来訪者 多	背後に高台	津波避難誘導デッキ（人工地盤）※1（堤内の高台へアクセス）
2	多	漁業関係者及び来訪者 多	平坦な地形市街地（避難ビル有）	津波避難誘導デッキ（人工地盤）※1（堤内の避難ビル※2へアクセス）
3	小	漁業関係者中心来訪者 小	背後に高台	避難路※3（堤内の高台へアクセス）
4	小	漁業関係者中心来訪者 小	平坦な地形（避難ビル無）	避難誘導タワー※4で高さを確保（堤内へアクセス）
5	小	漁業関係者中心来訪者 小	平坦な地形（避難ビル無）	複合施設（避難誘導ビル）※5で高さを確保（堤内へアクセス）

- ※1 避難者が多い場合は津波避難誘導デッキ（人工地盤）による避難ルートの確保が有効
 ※2 堤内に市街地があり、避難ビル指定が可能な場合
 ※3 背後に高台が近接しており、避難者も多くなき、津波避難誘導デッキ（人工地盤）による用地確保が不要の場合には避難路で十分
 ※4 漁港用地が広く津波避難誘導デッキ（人工地盤）による用地確保は不要であるため避難誘導タワーとなる
 ※5 漁港用地が狭いため、漁港施設と避難施設の複合施設化が有効

【パターン1】
 陸揚げ量：多
 避難対象者：市場関係者や来訪者が多い
 背後地：高台の避難場所が確保できる地形

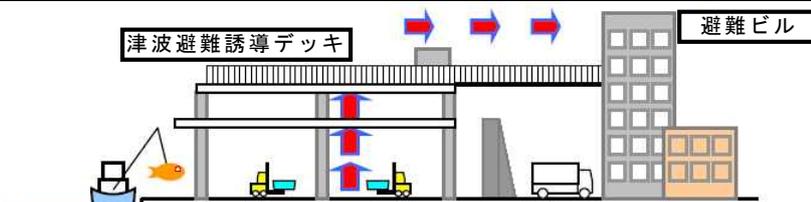
- ・多くの人の短時間避難
- ・背後地形を活用した避難場所との一体化



堤外の津波避難誘導デッキ（人工地盤）で高さを確保し、堤内の高台へアクセス

【パターン2】
 陸揚げ量：多
 避難対象者：漁業関係者や来訪者が多い
 背後地：平坦な地形が広がり市街地が形成

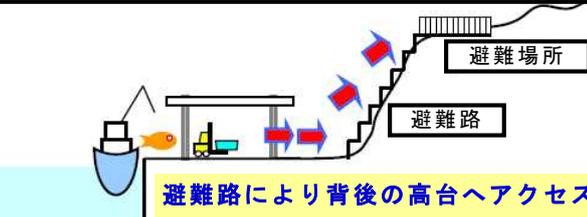
- ・多くの人の短時間避難
- ・市街地ビルと連携した避難ビルの指定



堤外の津波避難誘導デッキ（人工地盤）で高さを確保し、堤内の避難ビルへのアクセス

【パターン3】
 陸揚げ量：小規模
 避難対象者：漁業関係者が中心で来訪者は少ない
 背後地：高台の避難場所が確保できる地形

- ・漁業関係者が中心の避難
- ・背後地形を活用した避難場所との一体化

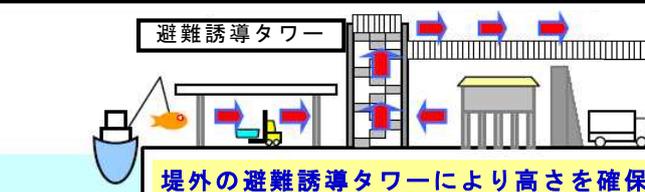


避難路により背後の高台へアクセス

※漁港施設用地の必要性を考えた上で波避難誘導デッキ（人工地盤）による用地確保が不要の場合には避難路で十分と考えられる

【パターン4】
 陸揚げ量：小規模
 避難対象者：漁業関係者が中心で来訪者は少ない
 背後地：平坦な地形が広がり、防潮堤より海側の用地が比較的広い

- ・漁業関係者が中心の避難
- ・比較的広い漁港用地内での短時間避難



堤外の避難誘導タワーにより高さを確保し、堤内へアクセス

※陸揚げ量が中小規模で漁業関係者が中心の避難であるため、津波避難誘導デッキ（人工地盤）ではなく、避難誘導タワーのような小規模のものを想定

【パターン5】
 陸揚げ量：小規模
 避難対象者：漁業関係者が中心で来訪者は少ない
 背後地：平坦な地形が広がり、防潮堤より海側の用地が狭い

- ・漁業関係者が中心の避難
- ・狭い漁港用地内での避難



堤外の避難誘導タワーにより高さを確保し、堤内へアクセス

※漁港用地がせまいので、荷捌き所に避難誘導タワーを組み合わせた複合施設を想定

図 II-5 津波避難誘導施設のパターン例

3) 堤外地での避難について

津波避難誘導施設による対応を検討するエリアが非常に広く、想定津波から安全に堤内の避難場所へ移動できる避難ルートを確保することが現実的でない場合には、避難ビルや避難タワーなどにより堤外地で緊急的・一時的に津波からの避難場所が求められるが、これらについては、慎重な検討が求められる事項であるため、今後の課題とする^{注)}。

注) 他部局においては避難困難地域における避難施設の指定や施設の要件等の考え方について「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」(消防庁国民保護・防災部防災課,平成25年3月,p28-30)、「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」(国土交通省港湾局,平成25年10月,p2-3)等で整理されている。

(3) 津波避難誘導施設の安全性

津波避難誘導施設は、安全性が確保されていなければならない。津波避難誘導施設の計画・設計にあたっては、適切な基準を参照しながら、必要とされる機能に応じて適切に計画・設計を行うものとする。

1) 安全性の確保

津波避難誘導施設は避難路の一部を構成するものであるため、避難路としての安全性が確保されていなければならない。

避難路の安全性に関しては、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告」（平成 25 年 3 月 消防庁国民保護・防災部防災課）では以下のように整理されており、これを踏まえて漁港の特殊性を考慮して検討する。

表 II-2 避難路の安全性の確保

避難路の安全性の確保	<ul style="list-style-type: none">・山・崖崩れ、建物の倒壊、転倒・落下物等による危険が少なく、避難者数等を考慮しながら幅員が広いこと。特に観光客等の多数の避難者が見込まれる地域にあつては、十分な幅員が確保されていること。・橋梁等を有する道路を指定する場合は、その耐震性が確保されていること。・防潮堤や胸壁等の避難障害物を回避する対策（例えば階段等の設置）が図られていること。・海岸、河川沿いの道路は、原則として避難路としない。・避難路は原則として、津波の進行方向と同方向に避難するように指定する（海岸方向にある緊急避難場所へ向かっての避難をするような避難路の指定は原則として行わない。）・避難途中での津波の来襲に対応するために、避難路に面して津波避難ビルが指定されていることが望ましい。・地震による沿道建築物の倒壊、落橋、土砂災害、液状化の影響により避難路が寸断されないよう耐震化対策を実施し、安全性の確保を図る必要がある。・家屋の倒壊、火災の発生、橋梁等の落下等の事態にも対応できるように、近隣に迂回路を確保できる道路を指定することが望ましい。
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

資料：「津波避難対策推進マニュアル検討会報告」（平成 25 年 3 月 消防庁）

津波避難誘導施設は、避難を誘導する施設であるため、避難施設とは異なり、最大クラスの津波以上の高さを確保する必要は無く、最大クラスの津波の来襲まで避難可能であればよい。耐震性、耐津波性を設定するに当たっては、この点に留意する。

2) 津波避難誘導施設の計画・設計手法

津波避難誘導施設の計画にあたっては、以下のような基準を参照できる。

- ・津波避難対策推進マニュアル検討会報告書（平成 25 年 3 月、消防庁国民保護・防災部防災課）
- ・災害に強い漁業地域づくりガイドライン（平成 24 年 3 月、水産庁漁港漁場整備部）
- ・津波避難ビル等にかかるガイドライン（平成 17 年 6 月、内閣府）
- ・津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（平成 23 年 11 月、国土交通省住宅局）
- ・津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について（国土交通省都市局 平成 24 年 4 月）

また、津波避難誘導施設の設計にあたっては、以下のような基準を参照できる。

表Ⅱ-3 主な津波避難誘導施設の設計にあたって参照する基準（案）

主な津波避難誘導施設	参照とする基準
津波避難誘導デッキ（人工地盤）	<ul style="list-style-type: none"> ・本ガイドライン ・道路橋示方書・同解説（平成 24 年 3 月） ・漁港漁場施設の設計の手引き（2003 年）
津波避難誘導ビル	<ul style="list-style-type: none"> ・津波避難ビル等にかかるガイドライン（平成 17 年 6 月、内閣府） ・東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年 11 月、国土交通省住宅局） ・港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成 25 年 10 月、国土交通省港湾局） ・建築基準法
津波避難誘導タワー	
避難路	<ul style="list-style-type: none"> ・道路橋示方書・同解説（平成 24 年 3 月）

上記基準のうち、避難ビルのガイドラインは避難場所としての位置づけを持つ施設を想定しているため、耐震性・耐津波性に対し、1)で求める以上の機能を要求する必要があるが、避難誘導施設として必要な安全性等が確保されているかを確認するにあたって、参考として良い。

また、あくまでも津波避難誘導施設であるため、堤内の高台や避難ビルなどへの避難ルートを確認することを原則とする。

既存施設を津波避難誘導施設として活用する際に必要な安全性等についての考え方については今後の課題とする^{注)}。

注) 他部局においては既存施設を津波からの避難のための施設として活用する際の考え方について「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」（国土交通省港湾局，平成 25 年 10 月，p2-3）等で整理されている。

(4) 津波避難誘導施設の機能性

夜間や荒天時などでも安全かつ確実に避難できるように、案内板や照明施設等、避難誘導に必要な施設を適切に設置するとともに、避難誘導体制を構築する。

1) 避難路の整備

津波避難誘導施設は避難路の一部を構成するものであるため、避難路としての機能性が確保されていなければならない。

避難路の機能性に関しては、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告」（平成 25 年 3 月 消防庁国民保護・防災部防災課）では以下のように整理されており、これを踏まえて漁港の特殊性を考慮して検討する。

表 II-4 避難路の機能性の確保

避難路の機能性の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・円滑な避難ができるよう避難誘導標識や同報無線等が設置されていること。 ・夜間の避難も考慮し、夜間照明等が設置されていること。 ・階段、急な坂道等には手すり等が設置されていることが望ましい。
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

資料：「津波避難対策推進マニュアル検討会報告」（平成 25 年 3 月 消防庁）

2) 案内板・誘導灯

円滑な避難ができるよう、避難案内板や誘導灯を的確な位置に設置する。

地理的に不案内な来訪者にも分かるように、路面上にも避難路を表示し、必要に応じて外国語を標記する。

さらに、夜間や積雪時の停電時でも避難場所が確認できるように、案内板・誘導灯は蛍光材・蓄光材などにより発光するなど、停電時でも点灯できるよう対策を講じる。

案内板や誘導灯については「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」（平成 24 年 3 月 水産庁漁港漁場整備部）に例示されており、参考とすることができる。

■津波に関する統一表示（消防庁）

津波に関する注意喚起、避難場所や避難路等の統一標識（以下の 3 種類）が消防庁で定められている。誰にも分かりやすく情報を伝えるために図記号（ピクトグラム）が用いられている。



津波注意



津波避難場所



津波避難ビル



東小学校一時避難場所

避難案内板には、これらの図記号（ピクトグラム）に、危険または注意する内容の文字情報をつけて使用され、平成 14 年に標準化された案内用図記号（JIS Z 8210:2002）との組み合わせも効果的である。

案内用図記号を組み合わせた事例
資料：消防庁

【参考情報】

■避難案内板の事例



外国語併記の避難案内板



海拔・津波情報明記した避難案内板



太陽電池式避難案内板



市街地表示式避難地案内板



誘導ライン(セーフティライン)

【参考情報】

■誘導灯などの点灯対策の事例



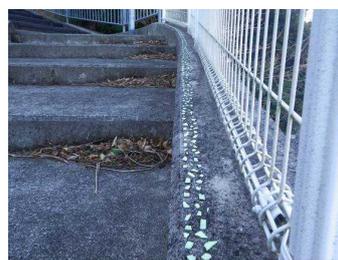
蓄電池内蔵避難誘導灯
(和歌山県広川町 唐尾地区)



無停電電源照明
(和歌山県由良町 三尾川地区)



防災灯バッテリー
(徳島県美波町 阿部地区)



誘導用蛍光石
(徳島県美波町 由岐地区)

3) 情報伝達施設

津波避難にあたっては災害時に速やかに津波情報を入手し、地域住民・就労者・来訪者への的確な情報を伝達するための情報伝達体制を構築しておく必要があり、津波避難誘導施設にもこれら情報伝達施設を整備しておく必要がある。

多くの就労者・来訪者が密集する場所では、地理感覚に乏しい来訪者にも的確に情報を伝達できるよう、防災無線に加えて市場管理者や海水浴場管理者（ライフセーバーなどを含む）からの情報伝達体制を構築する。

情報伝達経路の確保にあたっては、非常用電源の整備や、無線局等情報伝達に要する設備・施設は耐震化・耐浪化されているかについても留意する必要がある。

【参考情報】

■ 電子掲示板の事例（静岡県焼津漁港）

● 文字情報による迅速な情報伝達

静岡県焼津市にある焼津漁港では、漁港区域内に市内唯一の海水浴場「浜当目海岸」があり、来訪者を地震・津波・高潮などから守るため、緊急情報をより確実に伝える施設として平成8年に緊急情報を大型の表示盤で視覚的に知らせる安全情報伝達施設が整備された。

施設整備後、平成8年9月11日に津波注意報が発令された。発令と同時に「津波注意報 警戒せよ！！」の文字情報を表示し、地域防災無線でも放送し、情報伝達を行った。このような効果的な情報伝達により、来訪者に注意を促すことができた。



III 津波避難誘導デッキの計画・設計

III-1 津波避難誘導デッキの計画

III-1-1 津波避難誘導デッキの役割

津波避難誘導デッキは、漁港を利用する人々が津波から迅速かつ安全に避難するためのルートの一部を形成する施設である。漁港施設としての通常利用を主目的とするため、漁港施設の必要性を確認した上で計画を策定する必要がある。

堤外地に津波避難誘導デッキなどの高所を確保することは、避難・財産保全の上で有効である。特に安全な高台までの避難ルートの中で中継目標としての有効性を有しており、避難行動を分かりやすく誘導する役割が期待できる。また、避難行動中の海の状況確認、災害情報の提供等の避難支援拠点の役割をもたせるのに適している。

ただし、漁港の津波避難誘導デッキは、通常利用において不足する漁港施設用地を確保することを主目的とした上で、避難施設としての活用を検討するものであることに留意する必要がある。

III-1-2 津波避難誘導デッキの基本的考え方

漁港における津波避難誘導デッキは、漁港の通常利用において不足する漁港施設用地を適正に確保するとともに、津波からの避難ルートの一部として活用するものである。このため、漁港施設用地としての必要性を踏まえた計画（用地の利用目的や規模）とする。

避難については、津波避難誘導デッキの下部・上部の用地の利用状況（荷さばき所、養殖用作業施設、野積場等）や漁港内の時期・時間別の人々の集散状況を整理し、避難対象者を設定するとともに、避難対象者が短時間のうちに堤内地と同等の安全度を有する場所へ避難できるよう、堤内の避難場所・避難所の配置を踏まえ、津波避難誘導デッキの配置を設定する。

さらに、立体的な避難行動として「より高いところへ、より水際から離れる方へ、高度を下げずに」を原則に適切な避難ルートを設定する。

1) 漁港施設としての必要性の検討

漁港における津波避難誘導デッキは、漁港の通常利用において、不足する漁港施設用地を津波避難誘導デッキで整備するものであり、漁港施設用地としての必要性を踏まえた計画（用地の利用目的や規模）として整理する必要がある。その上で、津波避難誘導デッキとしての活用について検討を行う。

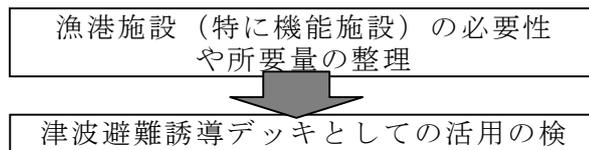


図 III-1 漁港施設用地と津波避難誘導デッキ

表 III-1 漁港施設

（「漁港施設」とは、以下の施設であって、漁港の区域内にあるもの。）

1. 基本施設	
① 外郭施設	防波堤、防砂堤、防潮堤、導流堤、水門、閘門、護岸、堤防、突堤及び胸壁
② 係留施設	岸壁、物揚場、係船浮標、係船くい、棧橋、浮棧橋及び船揚場
③ 水域施設	航路及び泊地
2. 機能施設	
① 輸送施設	鉄道、道路、 駐車場 、橋、運河及びヘリポート
② 航行補助施設	航路標識並びに漁船の入出港のための信号施設及び照明施設
③ 漁港施設用地	各種漁港施設の敷地
④ 漁船漁具保全施設	漁船保管施設、漁船修理場及び漁具保管修理施設
⑤ 補給施設	漁船のための給水、給氷、給油及び給電施設
⑥ 増殖及び養殖用施設	水産種苗生産施設、養殖用餌料保管調製施設、 養殖用作業施設 及び 廃棄物処理施設
⑦ 漁獲物の処理、保蔵及び加工施設	荷さばき所 、荷役機械、蓄養施設、 水産倉庫 、 野積場 、製氷、冷凍及び冷蔵施設並びに 加工場
⑧ 漁業用通信施設	陸上無線電信、陸上無線電話及び気象信号所
⑨ 漁港厚生施設	漁港関係者の宿泊所、浴場、診療所その他の福利厚生施設
⑩ 漁港管理施設	管理事務所、漁港管理用資材倉庫、船舶保管施設その他の漁港の管理のための施設
⑪ 漁港浄化施設	公害の防止のための導水施設その他の浄化施設
⑫ 廃油処理施設	漁船内において生じた廃油の処理のための施設
⑬ 廃船処理施設	漁船の破碎その他の処理のための施設
⑭ 漁港環境整備施設	広場、植栽、休憩所その他の漁港の環境の整備のための施設

□：枠囲みは、津波避難誘導デッキとして活用する際の代表的な漁港施設用地

2) 津波避難誘導デッキの計画対象

①避難対象者

津波避難誘導デッキの避難対象者は、本ガイドライン「Ⅱ-2 漁港の津波避難の対象範囲 (1)対象者」で示される対象者を想定する。

②避難計画対象津波と避難ルートの確立

東日本大震災津波のような最大クラスの津波に対して、漁港の各所から安全な高所や避難場所・避難所に、計画目標時間内に到達できることが津波避難誘導デッキを含む避難路計画の基本となる。このとき、避難速度は、避難の原則である「徒歩避難」に対応できるようにする必要がある。

漁港施設用地の多くは堤外地にある。ここにいる人々は、津波に対して漁港内にある防潮堤の陸側の用地等（以下、「堤内地」という。）にいる人々の安全度に比べ、かなり低位にあり、その安全度は無に等しい。このため、少なくとも短時間のうちに堤内地と同等の安全度を有する場所へ避難誘導する必要があり、これを実現するものの一つが津波避難誘導デッキである。

また、津波は、発生頻度が低いものの発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波と、発生頻度の高い津波の2つの津波が想定されているが、いずれの津波であっても被害は発生する可能性があるため、より早い避難が必要である。そのためには、より早く、より高いところへ、そして、避難途中で標高が下がらないこと、水際から遠ざかる方向へ、また、できるだけ高台や避難場所・避難所から遠ざかる向きにならないようにすることが望ましい。

3) 地域防災計画との整合

都道府県や市町村が策定する地域防災計画との整合を図るものとする。特に、防災まちづくりに関する考え方や「避難場所」・「避難所」及び「避難路」計画等とは密接に連携して、施設の配置、構造等を決定する必要がある。

しかし、前述のとおり、漁港においては、津波に対しての安全度は、堤内地に比べ低く、少なくとも短時間のうちに堤内地と同等の安全度を有する場所へ避難誘導する必要がある。漁港内に水産加工場等の地域産業の核となる施設が配置されているなど、漁港が地域の中心的存在となっているところにおいては、漁港の津波避難誘導が重要となってくることから、地域防災計画と津波避難誘導デッキの計画と両者を検討するよう配慮する。

III-1-3 検討の手順

津波避難誘導デッキの計画は、利用・地理的な条件、県や市町村が策定した地域防災計画等を整理し、避難条件や施設計画の諸元を設定したのち、堤外地からの避難について津波避難誘導デッキの位置等、避難ルートについて検討する。

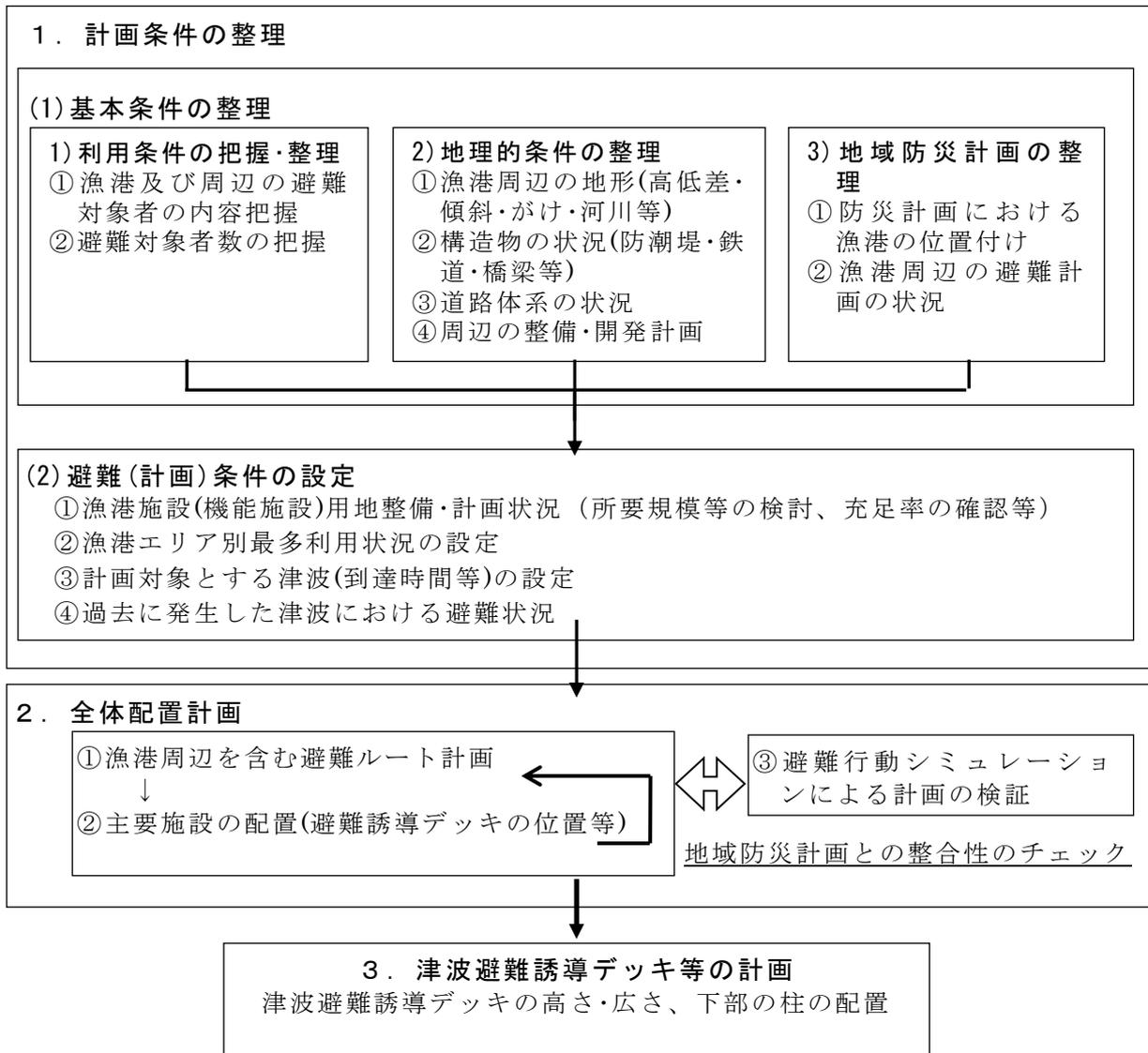


図 III-2 津波避難誘導デッキの計画フロー図

III-1-4 基本条件の把握

(1) 漁港利用状況の把握

避難対象者を設定するため、漁港及びその周辺にいる利用者について、利用内容、利用エリア、利用時期・利用時間帯を整理する。

1) 漁港及び周辺の避難対象者の内容把握

避難施設計画の対象となる漁港及び周辺エリアには、漁業就業者・市場関係者・水産物流通業者、漁業・水産関連企業従事者、市場見学者や食堂や直販所の利用者、及び、海洋性レクリエーションの利用者等が集散している。

漁港及びその周辺にいる人々は、時期・時間帯によってその数が大きく変動するため、避難対象者の設定にあたっては、漁業関係においては、漁業種類別に時期毎、時間毎にその行動を整理する。また、漁港への来訪者についても利用目的別に時期毎、時間毎にその行動を整理する。

2) 避難対象者数の把握

前述の内容について、統計データや漁協等からのヒアリングにより、概略の利用者数を把握・推定する。

漁港内でも、エリアによって利用者が集散する状況が異なる場合が多くあり、エリア別に利用者の集中状況を整理することが必要な場合もある。

(2) 漁港周辺の地理的条件の把握

漁港内の津波避難誘導デッキの配置計画にあたって、施設の位置を検討するための条件となる漁港周辺の地形、防潮堤(海岸堤防)の位置、道路体系の状況及び関連する周辺の整備・開発計画について整理する。

1) 漁港周辺の地形

漁港及び周囲の地形について、高台の位置、標高、漁港などからの距離、避難ルート上における災害危険区域等の存在の有無を確認する。

2) 構造物の状況

漁港から高台に向けて避難する際に横断しなければならない防潮堤、鉄道、高規格道路やトンネル、橋梁等の構造物について、高さ・幅員・延長・構造形式を把握する。

3) 道路体系の状況

漁港や漁港周辺の道路について、高さ・幅員や交差点の位置等を把握する。

4) 周辺の整備・開発計画

現状の把握に加え、今後の整備・開発の計画(復旧・復興整備を含む)についても把握する。

(3) 地域防災計画の把握

地域防災計画で指定される避難場所や避難所の配置、災害時の漁港の役割、周辺を含めた避難計画の考え方を把握する。

1) 地域防災計画における漁港の位置づけ

漁港は、災害活動時の緊急物資の海上輸送拠点や用地の広さを活かした緊急的なヘリポートの役割等が期待できる。また、漁港は、水産業の基盤であり、被災施設を早期に復旧することにより、沿岸地域産業の基幹である水産業の早期復旧が図られ、沿岸地域復興に寄与することが期待できる。

津波避難誘導デッキはこれらの役割に支障をきたさないよう計画するとともに、地域防災計画における漁港の位置付けについて把握し、地域防災計画と十分整合性が図られるようにしなければならない。

2) 漁港周辺の避難計画の状況

津波避難誘導デッキは、漁港から高台等にある避難場所・避難所に至る避難ルートを構成する施設である。

そのため、まずは周辺の避難計画が設定されているかを確認し、計画されていれば、それらの平面位置、高さ等の条件を把握する。一方、周辺の計画が未確定の場合には、避難ルートの避難目標となる避難路や避難場所について関係する地方公共団体等と十分検討し、配置計画等を策定する。

III-1-5 避難条件の把握

(4) 漁港施設整備における課題の抽出

漁港の基本施設、機能施設について現有規模、既存計画、所要規模を把握し、それぞれの施設の充足率を確認するとともに、漁業の動向変化や関連施設の老朽化の進行状況等を踏まえて漁港施設用地の整備に係る課題を抽出する。

漁港における津波避難誘導デッキは、通常の利用にあたって、不足する漁港施設用地を確保するものであり、施設用地の計画策定においては、漁港施設の整備状況・計画状況を把握し、施設用地の必要面積、充足率等を確認する必要がある。

(5) 漁港エリア別最多利用状況の検討

堤外地には、漁業就業者・市場関係者をはじめとして様々な人々が集散している。このため、避難対象者を設定するにあたって、漁港の整備・計画状況を考慮して漁港の堤外地におけるエリア別利用状況を設定する。

基本条件の把握の項で整理した漁港の利用状況を踏まえ、漁港に集散している漁業就業者・市場関係者・水産物流通業者、漁業・水産関連企業従事者、市場見学者や食堂や直販所の利用者、そして、海洋性レクリエーションの利用者等に対して、作業（利用）目的別にエリアを設定し、それぞれのエリアでの最多利用時期・時間帯を考慮した最多利用人数を整理する。

表Ⅲ-2 堤外地のエリア別の最多利用状況

[○○○エリア ○○月○旬]

	人数	時間帯別利用者数																											
		0	1	2	3	4	5																	18	19	20	21	22	23
1. 漁業生産者・販売関係利用者	人																												
(1)漁業従事者	人																												
海上作業・陸揚げ作業従事者	人																												
地元漁業者	人																												
外来漁船従事者	人																												
陸上作業従事者	人																												
地元漁業者	人																												
外来漁船従事者	人																												
(2)魚市場従事者	人																												
(3)水産物買受け業従事者	人																												
(4)その他	人																												
2. 漁業・水産関連業従事者等	人																												
(1)業界団体・組織関係従事者	人																												
(2)加工・流通等立地事業所従事者	人																												
(3)その他	人																												
3. 海洋性レクリエーション等関係利用者	人																												
(1)住民関係	人																												
(2)来訪者	人																												
祭り・イベント時参加者	人																												
その他のレク利用	人																												
遊魚	人																												
海水浴	人																												
その他	人																												
合計	人																												

(6) 津波到達時間の設定

漁港の各所から安全な高所に到達するまでの計画避難時間を設定する津波は、最大クラスの津波とする。

また、到達時間及び津波高さについては、最大クラスの津波における第1波の津波到達時間や津波シミュレーションの結果に基づき設定する。

津波避難誘導デッキは、東日本大震災津波のような最大クラスの津波に対しても、人命を守るため、漁港の各所から計画目標時間内に安全な高所に到達できるようにする必要がある。そのため、避難計画の条件となる津波は最大クラスの津波とする。

津波到達時間については、目安として、津波の高さが+1.00m となるまでの時間（「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）内閣府 平成24年8月29日」で示されている津波高+1.00m の最短到達時間を参考）を津波到達時間とする。

(7) 過去の津波避難における課題の抽出

計画対象地域において、過去の津波来襲時における避難時の問題点や課題等を把握したうえで、過去の教訓等が活かされるような避難(計画)条件を設定する。

東日本大震災では、誤った方向に避難行動をとり被害に遭われた方、避難後、再び漁港に戻ってきて被害に遭われた方、さらには、漁場から漁船で漁港に戻り、津波にのみ込まれそうになった方などがいる。過去の津波被害の際に、防災に関する様々なことが言い伝えられてきてはいるが、実際にはそれら教訓が活かし切れていないこともある。このようなことから、過去に発生した津波での避難行動における問題点や課題等を十分に把握し、漁港内から一刻も早く、より高いところ、より遠くへ避難する条件を設定する必要がある。

III-1-6 津波避難誘導デッキの配置計画

(1) 利用形態の設定

津波避難誘導デッキの通常の利用形態を設定するにあたっては、当該漁港における漁業活動のほか、将来予測など漁業の動向等を考慮するものとする。

津波避難誘導デッキの利用形態については、不足する漁港施設用地の他、漁港への新たなニーズへの対応なども踏まえ検討する。

津波避難誘導デッキ上部の利用形態例

駐車場等：漁港付近から遠方への移転により通勤型となる漁業従事者のための
駐車場

漁具干場等：漁具・資材等の一時的な仮置きのための漁具干場・養殖作業保管施設
・野積場等

(2) 配置の基本的考え方

津波避難誘導デッキの配置は、通常の利用形態の利便性を考慮するとともに、漁港の各エリアから指定避難場所に目標時間以内に安全に避難できるよう、漁港からの避難ルートを検討して配置する。

津波避難誘導デッキの配置については、通常利用と津波来襲時の避難への利用の観点から決定する。避難機能を有効に発揮するためには、多くの人々が短時間で避難できるような配置とする必要がある。また、通常利用の観点からは、漁業作業の効率性や利便性から配置を検討する。津波避難誘導デッキの下部は降雨降雪、日射の影響を受けなくなり、水産物の品質確保、就労環境改善等が期待できることなど、荷さばき所や養殖作業施設用地等との併用などが効果的である。

なお、人が集まる場所に津波避難誘導デッキを配置することが、必ずしも短時間に多くの人々を避難誘導することに結びつかないので、避難ルートと津波避難誘導デッキの位置が複数考えられる場合には、人が集まる場所に配置したケースとその他のケースについて避難人数や避難距離、避難速度、避難時間等を踏まえ総合的に判断する必要がある。また、必要に応じて高度な津波避難シミュレーション等を用いて検討することも有効である。

津波避難誘導デッキの下部の利用形態例

荷さばき所・市場：屋根の下での作業となり水産物の品質向上
刺網等水産物仕立て作業所：魚市場上場前の網外し、容器仕立て作業の場所
養殖ワカメ1次処理作業所：漁業者が実施するボイル作業などの場所
養殖ホタテ稚貝分散作業所：日射や真水に弱い稚貝を扱う場所
漁具・資材修理作業所：長時間を要する網修理などの場所

(3) 避難を考慮した配置計画

漁港からの避難ルートは、漁港の利用状況を踏まえて適切な時期・時間を設定した上で、漁港の各エリアにおける避難人数、避難場所・避難所の位置、地形条件等を踏まえて設定する。

1) 目標避難所要時間

最大クラスの津波における第1波の津波到達時間や津波シミュレーションによる津波到達時間に基づき避難完了までの時間的余裕を考慮し、目標とする避難所要時間を設定する。

また、地震発生時に採海藻漁業や養殖漁業など小型漁船で操業している場合は、漁港に戻ってからの避難となるので、帰港に係る時間も考慮する必要がある。

目標避難時間が避難に要する時間と比べて非常に短く、堤内地の避難場所に目標時間内に避難できない場合は、避難誘導デッキによらず他の施設による対応を検討する必要がある。この場合、堤外地に緊急的・一時的に避難すること等が求められるが、避難対象地域の外に設けるという津波避難場所の配置の原則を満足しない。堤内地の避難場所に目標時間内に避難できない場合の対策については、避難者の安全確保の点から慎重な検討が求められる事項であるため、今後の課題とする^{注)}。

注) 他部局においては避難困難地域における避難施設の指定や施設の要件等の考え方について「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」(消防庁国民保護・防災部防災課,平成25年3月,p28-30)、「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン」(国土交通省港湾局,平成25年10月,p2-3)等で整理されている。

2) 避難ルートの設定

堤外地における各エリアでの時期・時間、人数より、避難場所・避難所の位置、地形条件を踏まえ、漁港内各エリアからの基本的な避難ルートを設定する。

避難ルートにおいては、どこのエリアは、どこのルートを通して、どこへ避難するか、明確にする必要がある、適切な方向に避難を促す対策も必要となってくる。

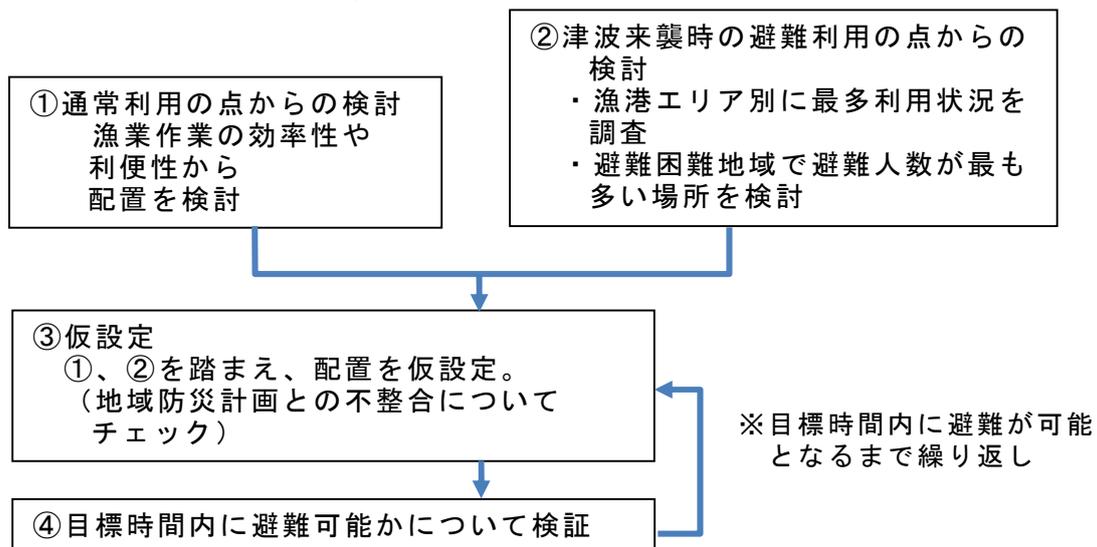
また、漁港の規模や時期、時間帯によっては複数のルートが必要となる場合がある。このとき、津波避難誘導デッキは、対象避難者数や目標避難所要時間等から最も重要となるところに計画するとともに、対象者が適切に津波避難誘導デッキへ誘導できるような対策を講じる必要がある。

さらに、津波避難誘導デッキにおいては、堤外地にいる人々はもちろんのこと、漁船で帰港し避難する漁業者も考慮し、階段等の配置を検討する必要がある。

なお、津波避難誘導デッキから既設の幹線道や避難路に接続する場合には、接続路の高さが津波避難誘導デッキの高さに比べ、できるだけ下がらないようにすることや迂回しないようにすることが望ましい。

3) 津波避難誘導デッキの配置計画

津波避難誘導デッキの配置を検討するにあたっては、漁港施設としての通常作業の効率性や利便性から検討される配置及び津波来襲時の避難への利用の点から検討される配置を踏まえ、避難人数や避難距離、避難速度、避難時間等を考慮しながら目標時間内に避難場所に避難が可能であるかを検証する。目標時間内に避難場所に避難が可能であるかについては、高度な津波避難シミュレーションなどを用いて検討することも有効である。



図Ⅲ-3 配置計画の策定フロー

4) ルート計画上の留意点

堤内地の避難ルートは、災害時でも日常と同様の行動で避難できるようにする。したがって、日常動線を、避難時の動線としても利用できるように計画する。

また、1つのルートの機能停止により全避難機能が停止することがないように、漁港の規模や地形条件に応じてできるだけ複数のルートや周回性を確保する。

【参考情報】

■避難可能距離による検証

目標時間内に避難が可能かについて、避難可能距離を算出して検証することも可能である。「津波避難ビル等に係るガイドライン」（平成 17 年 6 月，内閣府）に示される津波避難ビルのカバーエリアの考え方を踏襲するものである。すなわち、津波避難誘導デッキを中心に避難可能距離を半径とする円によりカバーエリアを設定し、そのカバーエリア内の避難者はすべて避難可能であるとみなす。

避難可能距離については、以下のような算出式が提示されている。

a. 「津波避難対策推進マニュアル検討報告書」（平成 25 年 3 月，総務省消防庁）

$$\text{避難可能距離} = (\text{歩行速度}) \times (\text{津波到達時間} - \text{避難開始時間})$$

b. 「津波避難ビル等に係るガイドライン」（平成 17 年 6 月，内閣府）

$$\text{避難可能距離} = (\text{歩行速度 } P1) \times (\text{津波到達予想時間 } T - t1 - t2)$$

※ t1: 地震発生後、避難開始までにかかる時間

t2: 高台や高層階まで上がるのにかかる時間 最大水深 H(m)/階段・のぼり坂昇降速度 P2(m/s)

歩行速度や避難開始時間などについては、避難者の構成や地域の状況、夜間や積雪寒冷地か、等を考慮する必要がある。「津波避難対策推進マニュアル検討報告書」に歩行速度や避難開始時間についての調査結果が掲載されているので、参考とできる。

なお、「津波避難ビル等に係るガイドライン」（平成 17 年 6 月，内閣府）では、カバーエリアは津波から遠ざかる方向への避難が行われることを想定し、半円とすることが望ましいとされている。

■避難訓練による検証

歩行速度や避難可能距離、避難開始時間等は、避難訓練を行って確認・検証し、見直すことが重要である。

※ 「津波避難ビル等に係るガイドライン」では避難ビルのカバーエリアとして、上記手法とともに当該津波避難ビルが収容可能な範囲を算出し、小さい方の範囲を当該津波避難ビルのカバーエリアとしているが、津波避難誘導デッキの場合、背後の高台等の避難場所までの連絡を有する避難通路であるため、収容可能範囲についての検討は不要と考える。

【参考情報】

■高度な津波避難シミュレーション

参災害発生時に住民の避難行動を予測する主な手法としては、表参-1に示すとおり①ポテンシャル法、②セルオートマトン法、③マルチエージェント法がある。それぞれ長所・短所を有しており、地域的な条件や想定する避難シナリオなどを踏まえ、手法を選択する。

表参-1 災害発生時における住民の避難行動を予測する手法

手 法	ポテンシャル法	セルオートマトン法	マルチエージェント法
概 要	空間を避難に関する各要因の影響を表すポテンシャルの時間・空間分布としてモデル化し、得られたポテンシャル場から進行方向（ポテンシャル高→低へ）を決定する避難行動シミュレーション手法である。	空間を一様に格子状に分割し、それぞれの格子に有限の状態量をもつセルを配置し、モデル化する。各セルの次の状態は、隣接するセルとそれ自身の状態量から決定される。これらを積み重ね、空間全体の組織を形成していく方法である。	個々の行動ルールをもったエージェントと呼ばれる人工社会に住む人々等が、外部環境や他のエージェントとの相互作用を通じ、ルールにしたがって行動するモデルである。
長 所	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な空間も対象にできる。 ・計算過程が簡単で比較的性能の低いパソコンでも実行可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ポテンシャル法に比べ、近傍のセルの相互影響を表現でき、人の行動が別の人に影響を与えるような現象をシミュレート可能である。 ・近傍セルとの相互関係の計算であるため比較的計算が簡単である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・セルオートマトンが近傍のセルのみを考慮するのにに対し、マルチエージェントではフィールド内のあらゆるエージェントとの相互作用を考慮できる。 ・適切なエージェントを設定できれば信頼性が高い。
短 所	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルの信頼性の基本となる各ポテンシャルを適切に設定するのが難しい。 ・ポテンシャルが高いところから低いところへ移動するという比較的単純な行動であり、複雑なシナリオに対応するのは難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・近接のセルとの相互関係により状態量に変化するモデルであり、複雑なシナリオには対応が難しい。 ・空間をメッシュで区分するため閉鎖空間での自由移動を表現する場合は有用であるが、広い空間では演算負荷が大きくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルの記述の自由度が高いため、設計者が自分の都合に合わせた作り込みが可能であるが、その分、演算時間は長くなる。 ・セルオートマトン法と同様に、空間をメッシュで区分するため、広い空間では演算負荷が大きくなる。

(参考文献)

- ・横山秀史、目黒公郎、片山恒雄：避難行動解析へのポテンシャルモデルの応用、土木学会論文集、No.513/I-31、pp. 225-232、1995.
- ・松田泰治、大塚久哲、樗木武、大野勝、磯部淳志：火災および避難誘導灯を考慮した地下街における群集の避難行動シミュレーションに関する研究、消防輯報、No.56、pp. 117-122、2004.
- ・山影進：人工社会構築指南 - Artisocによるマルチエージェント・シミュレーション入門、書籍工房早山、2007.

(2) 徒歩避難を踏まえた避難ルートの設定

避難は徒歩を原則としていることから、津波避難誘導デッキからの避難路は、徒歩での避難に支障をきたすことがあってはならない。勾配を緩くするなど歩行を困難とさせないようにする必要がある。また、迂回的なルートや標高の上がない経路などは避難行動を躊躇させるため、より早く視界の良い防潮堤上部へ昇るルート等の検討も必要となる。また、避難に際して、海側に向かう避難方向、標高の低下、海の状況が把握できないままの海岸と並行するルート等、避難行動の継続を戸惑わせることがないように配慮する。

一方、津波避難誘導デッキの通常利用が駐車場の場合には、車両での避難が想定されるとともに、避難場所までの距離が遠い場合や徒歩避難が困難な高齢者がいるなど、車避難を受容せざるを得ない場合も想定される。車両による避難を受容せざるを得ない場合は、シミュレーション等の適切な検討プロセスを踏まえ車避難における適切な避難ルールづくりを行う必要がある。

さらに、冬期においては、津波避難誘導デッキや階段、歩道等が降雪や積雪、凍結等により避難行動に支障をきたす可能性がある。降雪・積雪、凍結への対策等についてもルールづくりを行う必要がある。

III-1-7 津波避難誘導デッキの施設計画

(1) 規模

津波避難誘導デッキの規模は通常利用による必要面積により定める。

漁港の津波避難誘導デッキは、通常利用において不足する漁港施設用地を確保することを主目的とした上で、避難への活用を検討するものである。避難ルートの一部として位置づけられており、避難者は施設に滞留せず通過すると考えるため、避難場所として必要な規模を考慮する必要はない。したがって、津波避難誘導デッキの規模は、通常利用において必要な規模により定められる。

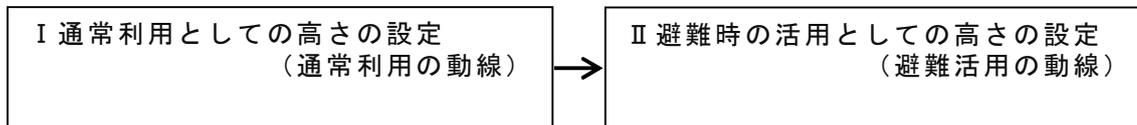
具体的には、港勢と実際の利用形態を考慮して不足している漁港施設用地等施設の所要規模を算出するものである。

(2) 高さ

津波避難誘導デッキの高さは、通常利用としての高さ、避難ルートを構成する取り付け道路や、防潮堤の高さ等を総合的に勘案して設定する。

1) 基本的考え方

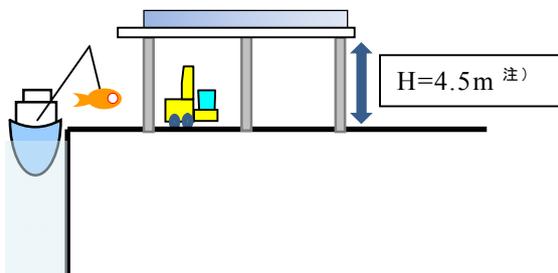
津波避難誘導デッキの高さは、利用内容と位置、規模が決定されたのち、以下の高さから決定する。



2) 周辺施設との関係

①高さの基本的考え方

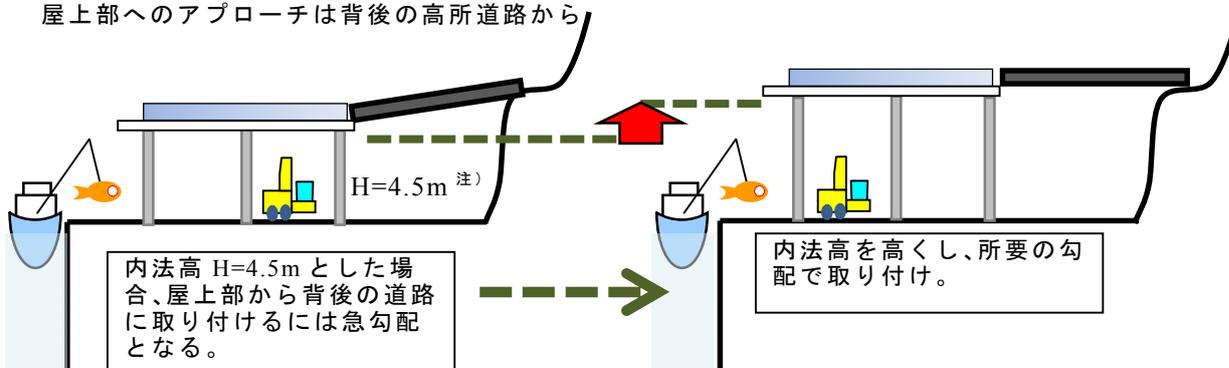
例：屋上部 漁具干場
屋上部へのアプローチは地上から



注) 道路構造令において、道路上で車両や歩行者の交通の安全を確保するために、ある一定の高さの範囲内には障害となるような物を置いてはいけないという高さ（建築限界）。下部の用地には車両等の交通があるため、この高さを内法高とする。

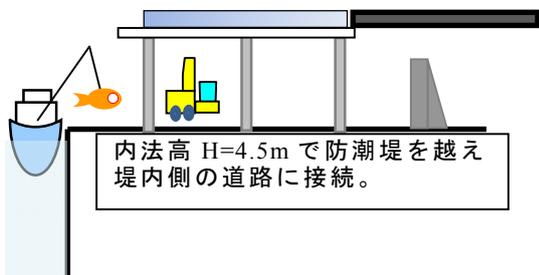
②背後道路との取り付け

例：屋上部 駐車場
屋上部へのアプローチは背後の高所道路から

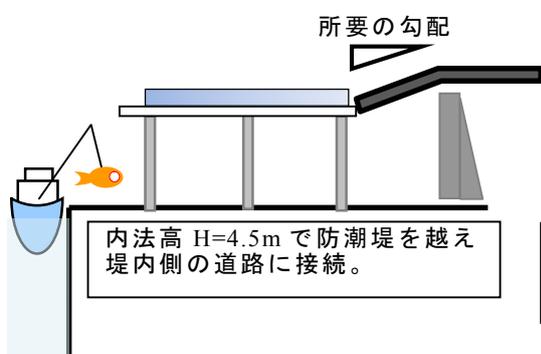


図Ⅲ-4 津波避難誘導デッキの高さの考え方 (1)

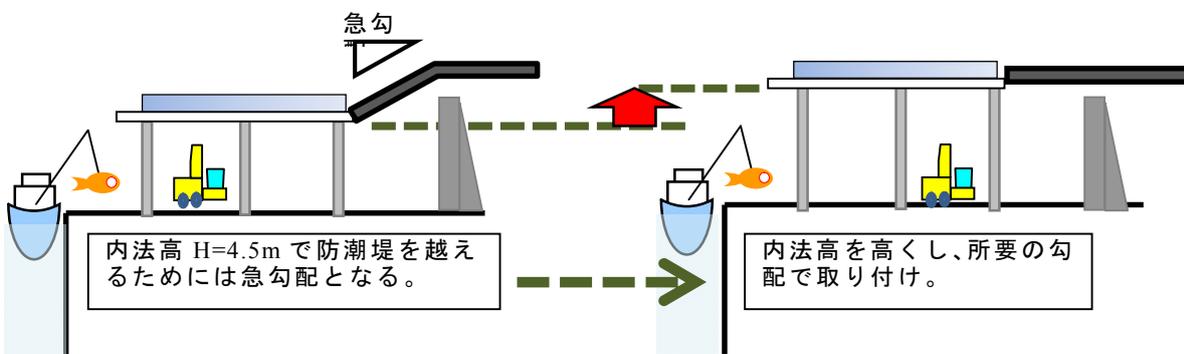
③防潮堤より津波避難誘導デッキが高い場合



④防潮堤より津波避難誘導デッキが低い場合



○津波避難誘導デッキから防潮堤を越える道路や避難路においては、これらの荷重が防潮堤に掛からないよう留意する。



○内法高を高くし、背後へ所要の勾配で取り付けた場合、内法高が高くなりすぎて、デッキ部の屋根としての効果が低下したり、無駄な空間を生むなど利用上非効率的となることがある。このようなときは、多層式の用地利用や底地に計画する荷捌き所等の施設の屋上利用など、通常利用において有効な活用が図れるよう留意する必要がある。

図 III-4 津波避難誘導デッキの高さの考え方 (2)

(3) 柱の配置

津波避難誘導デッキの柱などの配置は、下部の利用形態を十分考慮したうえで決定する。

津波避難誘導デッキの柱などの配置は、下部の利用形態を十分考慮したうえで決定する。柱の間隔が広い方が、下部用地での作業に支障をきたすことは少ないが、柱間隔が広がると強固な構造物となり、費用も嵩むことになる。作業に支障がない範囲で経済性等を考慮し適切な柱間隔とする必要がある。

例えば、下部の用地が荷さばき所の場合、漁船の係船位置、水産物の陸揚げ・選別・陳列・セリ・出荷形態や動線を把握し、これら作業に支障のないような柱の配置とする。また、漁具保管修理施設（漁具干場）の場合は、漁網修理など網を広げて作業を行うため、これらに支障をきたさないようにする。その他、下部の用地への車両の進入や作業車両など車両の動線を阻害しないような配置とする。

III-2 津波避難誘導デッキの設計

III-2-1 設計の基本的考え方

(1) 津波避難誘導デッキの設計の基本的考え方

津波避難誘導デッキは、自然条件、材料条件、施工条件、経済性、周辺への影響等を考慮し、求められる機能が十分発揮できるように設計するものとする。

1) 津波避難誘導デッキの設計フロー

津波避難誘導デッキの設計は、一般に次図の手順で行う。

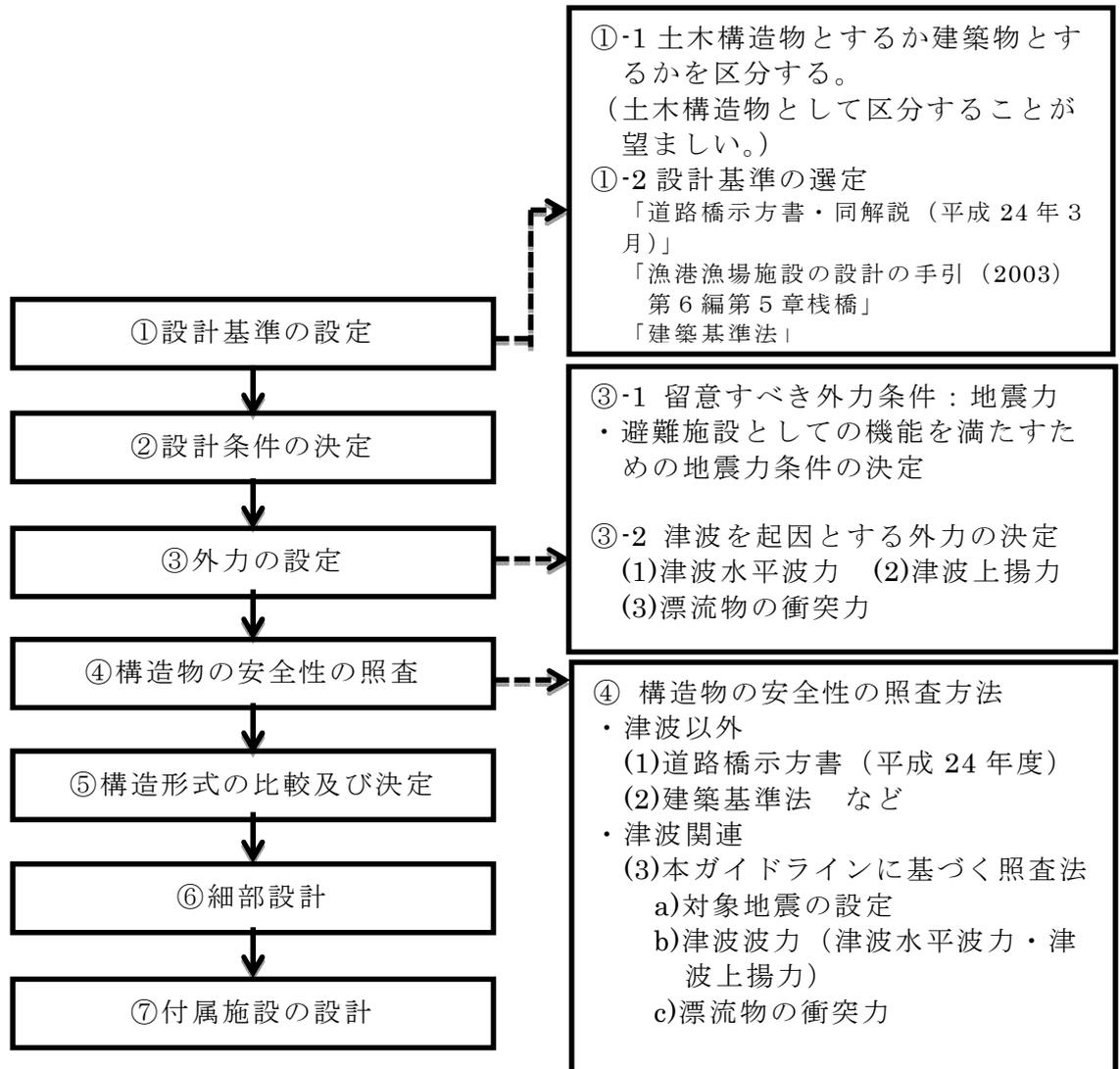


図 III-5 津波避難誘導デッキの設計フロー

2) 津波避難誘導デッキの設計手順

① 設計基準の設定

土木構造物・建築物の判断は、建築担当部局と協議のうえ、決定するものとするが、土木構造物として区分することが望ましい。(ただし、津波避難誘導デッキは、用地の造成を目的とした漁港施設(公共施設)であり、津波・地震など自然災害発生時に避難路としての機能を満足しなければならない。)

設計条件は、土木構造物・建築物の区分に応じ、土木構造物として設計する場合については、「道路橋示方書(平成24年度)」を参照し、建築物として設計する場合は建築基準法を参照する。ただし、地震力については、本ガイドラインに基づく考え方を踏まえて適切に設定する。

津波を起因とする外力の設計条件は、本ガイドラインに基づく考え方を踏まえて適切に設定する。

② 設計条件の決定

津波避難誘導デッキの設計条件は、自然条件、経済的・社会的条件、自然環境に及ぼす影響、工事や施設の維持管理に係る経済性などを考慮して、施設の安全性と機能が確保されるよう適切に定める。

③ 外力の設定

津波避難誘導デッキに作用する外力には、地震力、上載荷重、風力や津波を起因とする津波水平波力、津波上揚力、漂流物の衝突力などがあり、選定した施設の構造断面に応じた必要な外力を選定する。

④ 構造物の安全性の照査

各仮定構造断面の安定計算を行うが、構造断面が決定されるまでには、一般に、通常数回に及ぶトライアル計算が必要となる。

⑤ 構造形式の比較及び決定

①から④の結果を踏まえて、構造の特徴や経済性(工費)、維持管理性、施工性、実績(人工地盤・津波避難誘導デッキ等)を検討項目として総合的に評価し、適切な断面を決定する。

⑥ 細部設計

決定された構造断面について、部材等の細部設計を行う。

⑦ 附属施設の設計

階段、手すり、照明など、利用上及び安全上必要な附属施設の設計を行う。

(2) 津波避難誘導デッキの設計に用いる対象津波・対象地震の考え方

津波避難誘導デッキの設計に用いる対象津波・対象地震は、利用状況や施設の重要度等に応じて適切な安全性が確保されるように、慎重に定めるものとする。

津波避難誘導デッキの設計を行う上での対象津波・対象地震の考え方は、以下の通りである。

表Ⅲ-3 津波避難誘導デッキの設計に用いる対象津波・対象地震の考え方

項目		対象				適用
		地震		津波		
		L1	L2	発生頻度高	最大クラス	
計画	津波避難誘導デッキの高さ			※		<ul style="list-style-type: none"> ・利用高（用地・漁港施設としての）。 ※高さは利用高から決定されるが、避難機能の観点から発生頻度の高い津波の高さを満足することが望ましい。 ・防潮堤高。 ・「発生頻度の高い津波」の津波高。 ・アクセス性。
	避難計画の考え方			○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・津波避難ルートの一部（「最大クラスの津波」の来襲時）。 ・「発生頻度の高い津波」の来襲時でも、堤内地への避難ルートの一部として機能。
設計外力	地震動	○	※	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル1地震動に対しては、「構造物の設置目的を達成するための機能（使用限界状態）」を確保。 ※施設の重要度に応じて地震動のレベルを設定する。（例えば、隣接する耐震強化岸壁とともに緊急物資輸送や水産物流通の拠点としての利用が想定される場合など）
	津波水平波力 津波上揚力 （上揚力）			○		<ul style="list-style-type: none"> ・重要度等の観点から「発生頻度の高い津波」によって生じる外力に対して被災無。
	漂流物の衝突力			○		<ul style="list-style-type: none"> ・重要度等の観点から「発生頻度の高い津波」によって生じる外力に対して被災無。

対象地震（L1）：レベル1地震動（再現期間が概ね75年）^{注)}

対象地震（L2）：レベル2地震動（再現期間が数百年以上）^{注)}

対象津波（発生頻度高）：「発生頻度の高い津波」

対象津波（最大クラス）：「最大クラスの津波」

注) 漁港・漁場の施設の設計の手引 2003年版（社団法人全国漁港漁場協会）における規定

III-2-2 設計基準の設定

(1) 土木構造物・建築構造物の考え方

津波避難誘導デッキは、用地の造成を目的とした漁港施設（公共施設）であり、津波・地震など自然災害発生時に避難路としての機能を満足しなければならないことから、これらの外力設定、構造物の安全性の検討が必要であり、土木構造物とすることが望ましい。

津波避難誘導デッキの類似施設である人工地盤は、「漁港漁場施設の設計の手引（2003）」によると、設計を行うにあたって、「人工地盤を建築物とするか土木構造物とするか区分する必要がある。」とされている。また、両者の区分を以下のように説明している。

（「漁港漁場施設の設計の手引（2003）」）より抜粋

建築基準法上の建築物とは、「土地に定着する構造物のうち、屋根及び柱若しくは壁を有するもの（これに類する構造のものを含む。）、これに付属する門、若しくは塀、観覧のための工作物または地下若しくは高架の工作物内に設ける事務所、店舗、興業場、倉庫その他これに類する施設（鉄道及び軌道の線路敷地内の運転保安に関する施設並びに跨線橋、プラットホームの上家、貯蔵槽その他これに類する施設は除く。）をいい、建築設備を含むものとする。」（建築基準法第2条第1項第1号）としている。

表Ⅲ-4 人工地盤の設置位置と利用形態の例

(1)漁港施設用地上の利用	
(2)集落内の公共用地の利用	
(3)漁業集落環境整備事業で整備された環境用地上の利用	

すなわち、人工地盤が屋根としての機能を有するか否かにより区分される。上記の表Ⅲ-4に掲げる(2)場合は、集落内の傾斜地に人工地盤を設置するため、下層部の利用がなく人工地盤自体に屋根としての機能がないため土木構造物となる。また、表Ⅲ-2-1に掲げる(1)と(3)の場合は、下層部を野積場、駐車場等の漁港施設用地として利用し人工地盤自体に屋根としての機能を有するため建築物となる。

これらの判断は、建築部局と協議のうえ、決定することとなる。

注) 表Ⅲ-2-1の人工地盤の設置位置と利用形態の例では、現地盤と栈橋が密着しているが、津波避難誘導デッキの設計では、密着した場合に大きな津波上揚力が発生する可能性があるので、留意する必要がある。

津波避難誘導デッキは、用地の造成を目的とした漁港施設（公共施設）であることから、一般に土木構造物に区分されると考えられる。また、津波避難誘導デッキは、津波・地震など自然災害発生時に避難路として、迅速かつ安全に避難できる機能を満足しなければならない。このような自然災害から人命を守るための施設は、一般には土木構造物に区分されると考えられる。さらには、津波・地震などの外力設定、構造物の安全性の検討は、土木分野において多くの研究、開発がなされている。

そこで、本ガイドラインにおける津波避難誘導デッキの土木構造物・建築物の区分については、土木構造物にする。ただし、屋根及び柱若しくは壁を有し建築物と判断された場合や避難ビルに連絡する等、建築物としての建築確認申請が必要な場合には、建築基準法も満足する必要がある。

(2) 設計基準の選定

陸上に建設される津波避難誘導デッキは、「道路橋示方書・同解説(平成 24 年 3 月)」を用いて設計、柱等の構造部材が海中部に存する場合は、「漁港漁場施設の設計の手引(2003 年版)」を用いて設計してもよい。なお、建築物としての建築確認申請が必要な場合には、「建築基準法」も満足するようにしなければならない。

津波避難誘導デッキは、「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」、「漁港漁場施設の設計の手引(2003) 第 6 編第 5 章 棧橋」に基づき設計条件を決定してよい。ただし、建築物としての申請が必要な場合、「建築基準法」も満足するように設計条件を決定するものとする。

津波避難誘導デッキは、上部構造、下部構造（橋台、橋脚及びそれらの基礎からなる）にて構成される道路橋と類似した構造になることが想定されること、車両が通行することが多くなることが想定されることから、陸上に建設される場合には、道路橋仕方書・同解説（平成 24 年 3 月）を用いて設計してもよい。

一方で、柱などの構造部材が海中に存している場合には、棧橋構造と類似していること、波力、潮力の影響等受けることなどから、「漁港漁場施設の設計の手引き（2003 年版）」を用いて設計してもよい。

III-2-3 設計条件の決定

津波避難誘導デッキの設計条件は、自然条件、自然環境に及ぼす影響、経済的・社会的条件、工事や施設の維持管理に係る経済性などを考慮して、施設の安全性と機能が確保されるよう適切に定める。

1) 自然条件

平面地形、海底地形、波、流れ、潮位、漂砂、水温、塩分、風、底質、土質、景観等の自然条件は、構造物に作用する外力の算定や施設の機能の確保に重要な影響を与えるため、適切に定めるものとする。

2) 周辺環境への影響

沿岸域における動植物の生態系、自然及び漁村の景観、海浜地形等の周辺環境への影響を考慮して、適切に設計条件を定めるものとする。

3) 経済的・社会的条件

漁業の実態（漁業形態、漁業生産量、受益戸数、漁船数等）、漁港の陸揚量、漁港と消費地との地理的關係、漁村の状況、水産物流通の状況、地域の防災体制、プレジャーボートの保管状況、海洋性レクリエーションの状況、海上交通の状況、自治体の財政状況、工事中車両・船舶の諸元等の経済的・社会的条件は、施設の規模と配置に影響を与えるため、適切に定めるものとする。

4) 工事や施設の維持管理に係る経済性

施設の建設費及び維持管理費を総合的に考慮して、適切に設計条件を定めるものとする。

III-2-4 外力

(1) 外力の設定

津波避難誘導デッキに作用する荷重及び外力については、自然条件、利用条件等を考慮し適切に定めるものとする。

津波避難誘導デッキの設計に当たっては、次の荷重、外力を考慮しなければならない（表Ⅲ-5 参照）。

表Ⅲ-5 津波避難誘導デッキの設計荷重・設計外力

	道路橋仕方書・同解説 (平成 24 年 3 月)	漁港漁場施設の設計の手引 (2003)「棧橋」	建築基準法	適用
・死荷重(自重など) ・固定荷重(自重など)	○	○	○	各基準を適用
・積載荷重 ・活荷重	○	○	○	各基準を適用
・積雪荷重 ・雪荷重	○	○	○	各基準を適用
・風荷重	○	○	○	各基準を適用
・地震力 (各設計基準書に基づく地震力)	○	○	○	各基準を適用
・土圧、水圧、基礎としての土質、その他	○	○	○	各基準を適用
・地震力 (対象津波を生じさせる地震で求まる地震力)	—	— (参考文献) 24) も併せて参照	—	本ガイドラインを踏まえ各基準を適用
・津波波力	— (留意すべき項目として記載)	—	—	本ガイドラインを適用
・衝突荷重 ・漂流物の衝突力	— (簡易式の記載・留意すべき項目として記載)	—	—	本ガイドラインを適用

○：各基準書に記載あり。—：各基準に記載なし。もしくは、留意すべき項目として記載はあるが具体的な記載なし。

(参考文献)

24)「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」, 水産庁 漁港漁場整備部整備課

各基準書に定めのない対象津波を生じさせる地震で求まる地震力及び津波波力、漂流物の衝突力は、地震・津波の発生時の外力設定の考え方（図Ⅲ-6 参照）を考慮して、適切に定めなければならない。

1) 地震のみの場合

地震のみの場合のシナリオ（図Ⅲ-6 1）参照）では、通常利用、供用期間の安全性、漁港の役割や施設の機能に応じた安全性を確保するため、各設計基準書に基づいた地震に対して安定性を確保しなければならない。

2) 発生頻度の高い津波が生じた場合

発生頻度の高い津波が生じた場合のシナリオ（図Ⅲ-6 2）参照）では、まず、発生頻度の高い津波を生じさせる地震に対して、津波避難誘導デッキは、津波避難路としての機能を満足するように、この地震に対して安定性を確保しなければならない。

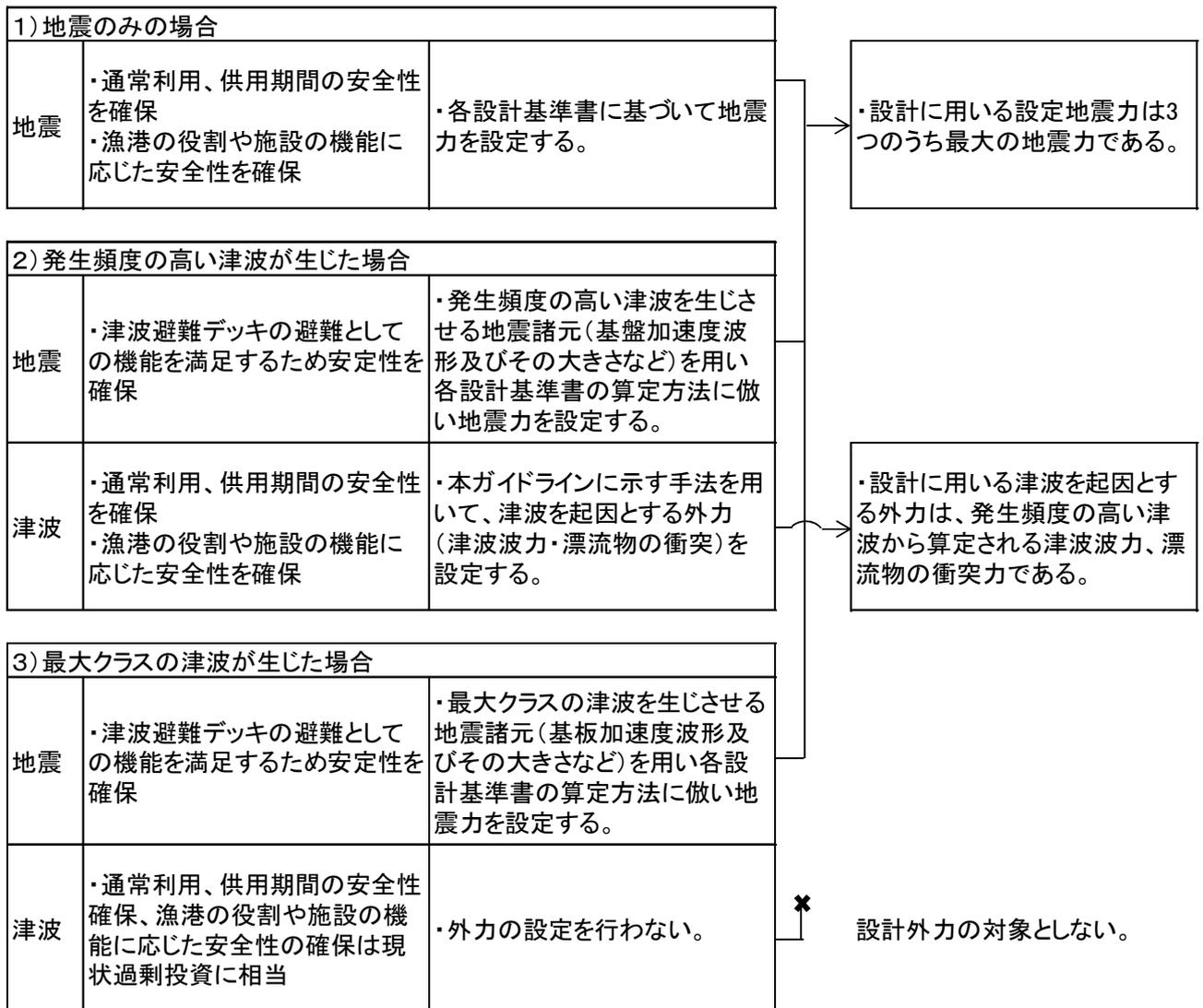
次に、この地震によって生じた津波が津波避難誘導デッキに来襲した場合、通常利用、供用期間の安全性を確保するための機能（津波波力に対して安定・漂流物の衝突に対して安定）を確保しなければならない。

3) 最大クラスの津波が生じた場合

最大クラスの津波が生じた場合のシナリオ（図Ⅲ-6 3）参照）では、まず、最大クラスの津波を生じさせる地震に対して、津波避難誘導デッキは、津波避難路としての機能を満足するように、この地震に対して安定性を確保しなければならない。

なお、この地震によって生じた津波は、津波避難誘導デッキ到着時には、避難者は避難済みであること、また、発生する頻度やその大きさを勘案すると、最大クラスの津波に対して安全性を確保するための機能を確保することは、妥当な経費及び供用期間の範囲内ではないと考えられる。よって、最大クラスの津波を起因とする外力は、設計外力の対象としない。

上記1)、2)、3)の場合から、設定する地震力は、この3つの地震の中で最大のものをを用いる。また、設定する津波を起因とする外力は、発生頻度の高い津波から求まる津波波力、漂流物の衝突力である。



図Ⅲ-6 地震・津波の発生時の外力設定の考え方

(2) 地震力

津波避難誘導デッキの設計に用いる地震力は、地震・津波の発生時の外力設定の考え方（図Ⅲ-6 参照）より 3 つの場合を想定し、その中で最大の地震力とする。

また、地震のみの場合における重要度等の設定については、「漁業地域の耐震対策を進めるにあたっての設計等の考え方について」（平成 18 年 5 月 16 日付け水産庁漁港漁場整備部整備課長通知）に基づき設定する。

対象津波を生じさせる地震については、頻度の高い津波と最大クラスの津波ごとに分類し、それぞれ津波を引き起こした地震を適正に設定する。

1) 地震力の設定

津波避難誘導デッキは、図Ⅲ-6 地震・津波の発生時の外力設定の考え方に示すように、津波避難施設の避難路としての機能を満足するため、避難の対象となる津波を生じさせる地震動に対して構造的に安定である必要がある。

また、避難の対象となる津波が発生しない場合でも、供用期間中の利用者の安全性を確保する必要がある。

このようなことから、津波避難誘導デッキに作用する地震力は、下記の条件で求められる地震力を比較して最も大きい地震力に対して耐震性能を確保するように設定する。

『各設計基準書に基づく地震力（図Ⅲ-6 1））』

『発生頻度の高い津波を生じさせる地震で求まる地震力（図Ⅲ-6 2））』

『最大クラスの津波を生じさせる地震で求まる地震力（図Ⅲ-6 3））』

2) 地震のみの場合における重要度の設定方法

「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」、「漁港漁場施設の設計の手引（2003）第 6 編第 5 章栈橋」、「建築基準法」の各種設計基準書等において、耐震照査を行ううえで区分が必要となる重要度などについては津波避難誘導路としての機能を十分に満足するよう適切に設定する。ただし、災害時に支援拠点となる漁港や防災拠点漁港の場合には、「漁業地域の耐震対策を進めるにあたっての設計等の考え方について」（平成 18 年 5 月 16 日付け水産庁漁港漁場整備部整備課長通知）²⁵⁾ の耐震性のマトリックス（表Ⅲ-6）に基づき設定する。

■災害時に支援拠点となる漁港や防災拠点漁港の場合

- ・「道路橋示方書・同解説（平成 24 年 3 月度）」では、B 種の橋相当とする。
- ・「漁港漁場施設の設計の手引（2003 年版）第 6 編第 5 章栈橋」では、耐震強化岸壁相当とする。
- ・「建築基準法」では、建築物（Ⅱ類）相当とする。

表Ⅲ-6 耐震性のマトリックス

耐震性能 地震動レベル		構造物の設置目的を達成するための機能が確保されている。 (使用限界状態)	適用可能な技術でかつ 妥当な経費及び期間の 範囲で修復を行えば、 構造物の継続使用が可能 となる。(修復限界状態)	構造物の安定性が損な われず、その内外の人 命に対する安全性など が確保されている。 (終局限界状態)
		変動 作用	設計供用期間中に 数度は経験すると 評価される地震動	
設計供用期間中に 経験するのはまれ であると評価され る地震動	建築物 係留施設 道路橋 (A B 種)			
設計供用期間中に 経験するのはごく まれであると評価 される地震動	建築物 (I 類)		建築物 (II 類) 係留施設 (耐震強化岸 壁) 道路橋 (B 種)	建築物 (III 類) 道路橋 (A 種)
偶 発 作 用	経験するものとし て最大級と評価さ れる地震動			

(参考文献)

- 25) 水産庁 漁港漁場整備部整備課長 通知「漁業地域の耐震対策を進めるにあたっての設計等の考え方について」, 平成 18 年 5 月 16 日

①「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」

「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」は、以下の考え方に従い耐震設計を行わなければならない。ここに、レベル 2 地震動に対しては、重要度に応じて、耐震性能 2「地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能」もしくは、耐震性能 3「地震による損傷が橋として致命的とならない性能」を確保するように耐震設計を行う。

（「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」より抜粋

2.2 耐震設計一般

- (1) 橋の耐震設計においては、橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動（以下「レベル 1 地震動」という。）と橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動（以下「レベル 2 地震動」という。）の 2 段階のレベルの設計地震動を考慮しなければならない。レベル 2 地震動としては、プレート境界型の大規模な地震を想定したタイプ I の地震動及び内陸直下型地震を想定したタイプ II の地震動の 2 種類を考慮しなければならない。
- (2) 橋の重要度は、道路種別及び橋の機能・構造に応じて、重要度が標準的な橋と特に重要度が高い橋（以下それぞれ「A 種の橋」及び「B 種の橋」という。）の 2 つに区分する。
- (3) 橋の耐震性能は、橋全体系の挙動を踏まえ、次のとおりとする。
 - 1) 耐震性能 1
地震によって橋としての健全性を損なわない性能
 - 2) 耐震性能 2
地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能
 - 3) 耐震性能 3
地震による損傷が橋として致命的とならない性能
- (4) 橋の耐震設計においては、設計地震動のレベルと橋の重要度に応じて、次のように設計しなければならない。
 - 1) レベル 1 地震動に対しては、A 種の橋、B 種の橋ともに、耐震性能 1 を確保するように耐震設計を行う。
 - 2) レベル 2 地震動に対しては、A 種の橋は耐震性能 3 を、また、B 種の橋は耐震性能 2 を確保するように耐震設計を行う。
- (5) 橋の複雑な地震応答や地盤の流動化に伴う地盤変位等が原因による支承部の破壊が生じた場合においても、上部構造が落下することを防止できるように配慮しなければならない。

「道路橋仕方書・同解説(平成 24 年 3 月)」に規定する A 種の橋及び B 種の橋は、表 III-7 に示すように区分される。

表 III-7 橋の重要度区分

橋の重要度の区分	対照となる橋
A 種の橋	下記以外の橋
B 種の橋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速自動車国道，都市高速道路，指定都市高速道路，本州四国連絡道路、一般国道の橋 ・ 都道府県道，市町村道のうち，複断面，跨線橋，跨道橋及び地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋

津波避難誘導デッキは、重要度に応じて「A 種の橋」、あるいは、「B 種の橋」に相当し、レベル 2 地震動に対しては、耐震性能 3「地震による損傷が橋として致命的とならない性能」、あるいは、耐震性能 2「地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能」を確保するように耐震設計を行う。

②「漁港漁場施設の設計の手引（2003） 第 6 編第 5 章栈橋」

津波避難誘導デッキを「漁港漁場施設の設計の手引（2003） 第 6 編第 5 章栈橋」を用いて設計する場合には以下の点に留意しなければならない。

津波避難誘導デッキの重要度が高い場合（災害時に支援拠点となる漁港や防災拠点漁港の場合）には、設計震度は、東日本大震災を踏まえて、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」（以下、「基本的な考え方」という。）を参考に、同資料に記述のある「耐震強化岸壁」の考え方に準じて設定する。

同資料によると、地震に対しては、規定の耐震設計の考え方等を踏襲することとし、漁港の役割や施設の機能に応じ、所要の地震動（レベル 1 地震動、レベル 2 地震動及び発生頻度の高い津波を生じさせる地震動）に対する耐震性を確保するとされている。

③建築基準法

地震時には、建物が水平方向に振動する。建物のそれぞれの階には振動するときに加速度が発生しそれにより慣性力が生じる。各階に生じる慣性力により、それぞれの層にせん断力が発生する。

建築基準法では、各階に作用するせん断力（地震層せん断力）に対し、重要度係数（用途係数）をそれぞれ乗じて得た数値を各階の必要保有水平力としている。

重要度係数（用途係数）とは、建物の設計時に地震力を割増す係数であり、「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」²⁶⁾では、重要度係数（用途係数）を下記のように定めている。多くの自治体は、この技術基準を準用、又は、この技術基準を基に条例を定めている。

なお、「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」は、「建築基準法」の下位の「建築基準法施工令（昭和 25 年政令第 338 号）第 82 条の 3」に規定する地震時の官庁施設（建物及びその付帯施設）の安全性を確保するための事項をも定めている技術基準である。

（「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」より抜粋）

2. 2. 2 構造体の耐震安全性確保

2. 2. 2. 1 基本事項

(1) 大地震動に対する構造体の耐震安全性の目標は、次のとおりとする。

① 耐震安全性の分類をⅠ類とする建築物については、大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図られるものとする。対象施設は、災害応急対策活動に必要な施設及び危険物を貯蔵又は使用する施設のうち、特に重要な官庁施設とし、位置・規模・構造の基準別表（一）から（三）、（五）及び（十）に掲げる官庁施設とする。

② 耐震安全性の分類をⅡ類とする建築物については、大地震動後、構造体の大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて機能確保が図られるものとする。対象施設は、災害応急対策活動に必要な施設、危険物を貯蔵又は使用する施設、多数の者が利用する施設等とし、位置・規模・構造の基準別表（四）、（六）から（九）及び（十一）に掲げる官庁施設とする。

③ 耐震安全性の分類をⅢ類とする建築物については、大地震動により構造体の部分的な損傷は生じるが、建築物全体の耐力の低下は著しくないことを目標とし、人命の安全確保が図られるものとする。対象施設は、位置・規模・構造の基準別表（十二）に掲げる官庁施設とする。

(2) 上記の目標を達成するために、大地震動時の変形を制限するとともに、目標に応じた耐力の割り増しを行う。なお、建築基準法施工令（昭和 25 年政令第 338 号）第 82 条の 3 に規定する構造計算により安全さを確かめる場合にはおいては、同条第二号に規定する式で計算した数値にⅠ類は 1.5、Ⅱ類は 1.25 をそれぞれ乗じて得た数値を各階の必要保有水平力とする。

津波避難誘導デッキは、重要度に応じて建築物（Ⅲ類）、あるいは、建築物（Ⅱ類）に相当し、建築物（Ⅱ類）に相当する場合は、用途係数 1.25 を用いた耐震設計を行う。

（参考文献）

26) 国土交通省 官庁営繕の技術基準「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」, 平成 25 年 3 月 28 日

3) 対象とする津波を生じさせる地震の設定

各地域毎に対象とする津波を生じさせる地震を整理し、適切に設定する。

津波避難誘導デッキの地震力（対象とする津波を生じさせる地震の地震力）は、各基準書の算定法に従い、上記の想定地震を用い適切に定めなければならない。

(3) 津波

津波については、既往の津波記録又は数値解析をもとに、津波高さ等を適切に設定するものとし、設計に用いる津波は、「発生頻度の高い津波」とする。

津波水平波力については、津波の諸元、海底地形、設置位置、施設の形状などを考慮したうえで、適切に算定するものとする。

津波上揚力については、津波の諸元、海底地形、設置位置、施設の形状などを考慮したうえで、適切に算定するものとする。

1) 津波の分類・津波レベルの定義

「耐震・耐津波強化対策方針（案）」によると、表 〇〇 に示すように、「津波の分類」は、「発生頻度の高い津波」、「最大クラスの津波」に分類される。

表Ⅲ-8 設計対象とする津波と対応方針

津波の分類	漁港（防波堤・岸壁）の対応方針	中央防災会議報告における対策の考え方
発生頻度の高い津波	<p>漁業活動の安定化や効率的な生産・流通拠点の確保の観点から、防波堤、岸壁の整備による対策</p> <p>※これにより、漁港施設の被害を最小限に抑えるとともに、津波発生後の波浪等に対して漁港施設の機能を維持し、漁業活動の早期かつ安定した再開を図る。また、津波に対する安定性確保により漁港利用者の安全確保にも努める</p>	<p>人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、海岸保全施設等の整備による対策（堤内地の保護）</p>
最大クラスの津波	<p>漁港利用者等の避難を軸としたソフト対策を中心に、土地利用、避難施設、防災施設などを組み合わせて、とりうる手段を尽くした総合的な対策</p>	<p>住民等の避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設などを組み合わせて、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策</p>

2) 対象津波の設定

津波の設定に当たっては、既往の津波災害時の記録又は想定される地震等による津波の初期条件を踏まえた数値解析モデル等に基づき適切に設定する。

設計において対象とする津波については、漁業活動の安定化や効率的な生産・流通拠点の確保の観点から、施設が被災した場合の社会経済的な影響の大きさと施設の耐用年数の関係、波浪や地震等の他の外力における設計の考え方等を考慮して、発生頻度の高い津波を設計の対象とする。

3) 津波の数値計算

津波の数値計算では、対象とする津波を再現できる基礎方程式に基づいた数値モデルを用いる必要がある。日本近海で発生する近地津波に対しては、主として以下の2つの理論が使われる。

- ①分散性を考慮しない長波理論
- ②分散性を考慮した長波理論

また、海外の地震によって太平洋等を伝わって日本に到達する遠地津波の場合には、線形長波理論に分散項を加えた線形分散波理論を適用する。これは、津波は一般に多くの周期成分をもった波であり、水深の深い海域では周期が長いほど波の進行速度が速いため、太平洋等の長距離にわたって伝達するうちに周期の短い波の遅れが生じて波が分散するためである。なお、遠地津波の場合には、コリオリ（Coriolis）力を考慮する必要があるとともに、座標系には球面座標を用いる必要がある。

津波の数値計算には、計算領域境界において津波入射波形を与えたり、地震断層モデルから算出した海底地盤変動量と津波の初期の海面変位量とが同じであると仮定して津波の初期の空間波形を与える場合がある。断層モデルから海底地盤変動量を算出する際には Mansinha・Smylie の弾性理論解等が使用できる。また、断層内のアスペリティを考慮する場合もある。

4) 津波水平波力

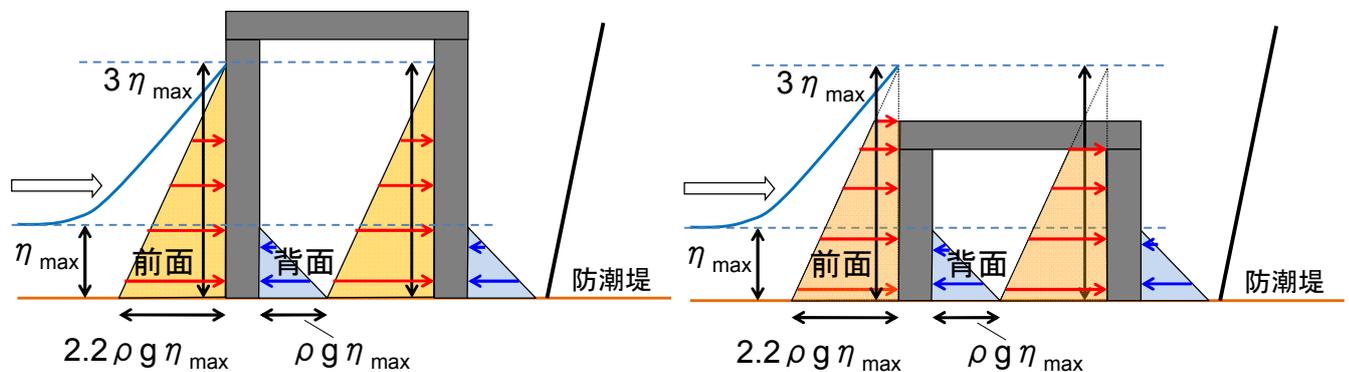
津波水平波力については、以下に示す手法（波圧＝谷本式²⁷⁾－静水圧^{注1)}を用いてもよい。

○脚に作用する波力算定式

波圧＝谷本式（脚前面）^{注2)}－静水圧（脚背面）

$$\frac{P_{\max}}{\rho g \eta_{\max}} = 2.2 \left(1 - \frac{Z}{3\eta_{\max}} \right) \quad (\text{式 III-1})$$

P_{\max} ：最大津波波圧、 ρ ：流体の密度、 g ：重力加速度、 η_{\max} ：最大遡上水深〔通過波の最大水位－岸壁の高さ（図III-4-2参照）〕、 Z ：陸上地面を基準とした上向き正の座標



（床版が津波作用高さより高い場合）

（床版が津波作用高さより低い場合）

図 III-7 津波水平波力算定式概念図

注1)（波圧＝谷本式－静水圧）は、ソリトン分裂などの衝撃的な波力を発生させる津波を対象外とし、水理模型実験結果と数値波動水路の計算結果から、その適応性を検証している。そのため、ソリトン分裂、砕波段波など衝撃的な砕波波圧が生じる津波については適応できない。また、堤外地に設置した津波避難誘導デッキを対象としており、岸壁より遠く離れた堤内地に設置した津波避難誘導デッキについては適応できない。（波圧＝谷本式－静水圧）の適応範囲外となる津波水平波力については、水理模型実験などを実施し適切に算定するものとする。

注2) 谷本式は直立防波堤に作用する津波の波圧算定式であり、津波避難誘導デッキは陸上の施設であることから、施設の設置条件は異なる。しかしながら、ここでは、津波避難誘導デッキの水理模型実験結果と数値波動水路の計算結果が谷本式の静水面上の津波波力算定手法の範囲になるため、この津波波力算定を採用する。

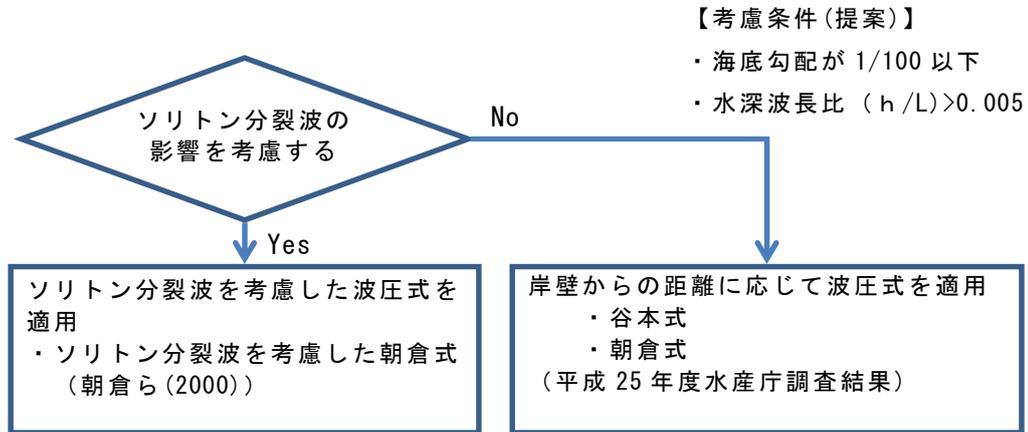
（参考文献）

27) 「谷本勝利・鶴谷広一・中野晋(1984)：1983年日本海中部地震津波による津波力と埋立護岸の被災原因の検討、第31回海岸工学講演会論文集、pp.257-261.」

【参考情報】

■ ソリトン分裂波を考慮した波圧算定フロー

参考までにソリトン分裂波を考慮した波圧算定フローを以下に示す。



図参-1 ソリトン分裂波を考慮した波圧算定フロー

ソリトン分裂波の発生条件は限定的である。発生条件としては以下のようなものが挙げられている。

【ソリトン分裂波を考慮する条件】

- ・ 海底勾配が 1/100 以下かつ津波水位/水深 > 0.6 の場合 谷本式の係数割増
— 防波堤の耐津波設計ガイドライン (港湾)
- ・ 水深波長比 (h/L) > 0.005 の場合 谷本式の係数割増(3.0)
— 基本的考え方 (水産庁), 土木学会原子力土木小委員会(2007)

5) 津波上揚力

床板の高さは利用条件等から決定されるが、津波上揚力について言えば、床板を津波高さより高く設定することが望ましい。床板に津波が作用するときの現象は不明な点が多いため水理模型実験や数値計算により確認すると良い。また砕波を生じない津波の場合は、以下に示す手法（津波上揚力＝橋桁近似式²⁸⁾注1）を用いてもよい。

○床板に作用する津波上揚力算定式

津波上揚力＝橋桁近似式^{注2, 注3}

$$\frac{q_z}{\rho g a_H} = -2.18 \left(\frac{q_z}{\rho g a_H} \right) + 1.16 \quad (\text{式 III-2})$$

z : 床下高、 a_H : 津波高 [津波の最大水位－岸壁の高さ (図 III-4-3 参照)]、

q_z : 津波上揚力／床下面積、 $\rho g a_H$: 津波高 a_H に対する静水圧

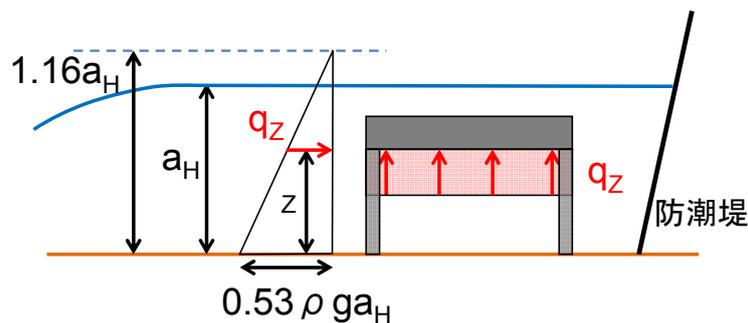


図 III-8 津波上揚力算定式概念図

注 1) (津波上揚力＝橋桁近似式) は、ソリトン分裂などの衝撃的な波力を発生させる津波を対象外とし、水理模型実験結果と数値波動水路の計算結果から、その適応性を検証している。そのため、ソリトン分裂、砕波段波など衝撃的な砕波波圧が生じる津波については適応できない。また、堤外地に設置した津波避難誘導デッキを対象としており、岸壁より遠く離れた堤内地に設置した津波避難誘導デッキについては適応できない。(津波上揚力＝橋桁近似式) の適応範囲外となる津波水平波力については、水理模型実験などを実施し適切に算定するものとする。

注 2) 床版が津波高より高い場合、津波上揚力は作用しない。

注 3) 防潮堤と津波避難誘導デッキを密着させた場合、衝撃的に大きな津波上揚力 (50m 離れたケースの 2 倍程度) が発生することがあるので留意が必要である。

(参考文献)

28) 「津波による道路構造物の被害予測とその軽減策に関する研究，平成 22 年 6 月新道路技術会議」

(4) 漂流物の衝突力

漂流物の衝突については、津波の諸元、海底地形、設置位置、施設の形状、漂流物の状態などを考慮したうえで、適切に算定するものとする。

1) 漂流物の衝突の基本的な考え方

漂流物の衝突力を算定する対象漂流物としては、「船舶（漁船）」、「流木」、「車両」、「その他」が想定できる。ただし、実際の設計には、対象となる漁港周辺の環境より、各対象諸元を選定した後、算定される最大の衝突力となる漂流物の衝突力のみ用いる。

また、漂流物の衝突については、対象漂流物が置かれている場所、対象漂流物の漂流方向にも支配されることから、必ずしも衝突するとは限らない。

そこで、対象漂流物が置かれている場所から、津波避難誘導デッキまで漂流される過程のシナリオを想定し、設計に用いる漂流物を選定する。

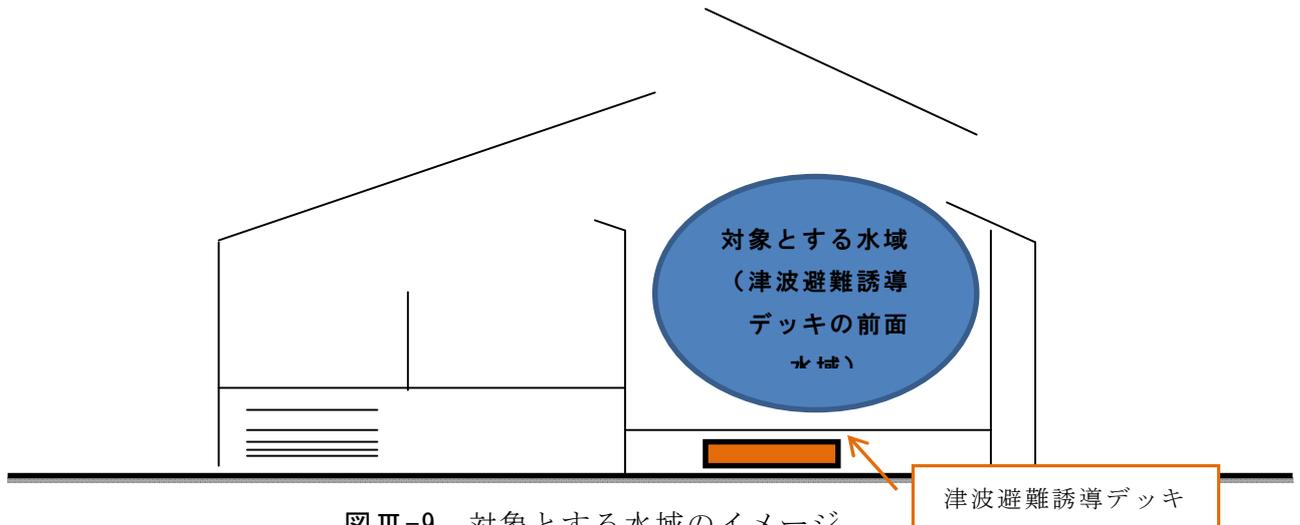
- i) 漁港管理者へのヒアリング・港勢調査に基づき対象となる漂流物を想定する。
- ii) 津波避難誘導デッキの配置、漂流物が置かれている場所から漂流物が衝突する過程のシナリオ想定し、設計に用いる漂流物を絞り込む。
- iii) 漁港管理者との協議により対象漂流物を決定する。

【衝突に係わるシナリオの作成例】

対象漂流物として、漁船が選定された場合のシナリオの作成例を以下に紹介する。

(a) 漂流物になる漁船が係留・停泊している水域（対象とする水域）

漂流物となって津波避難誘導デッキに衝突する可能性が高い漁船が係留・停泊している水域（対象とする水域）を想定する。この時の対象とする水域（津波避難誘導デッキの前面水域）のイメージを図Ⅲ-9に示す。

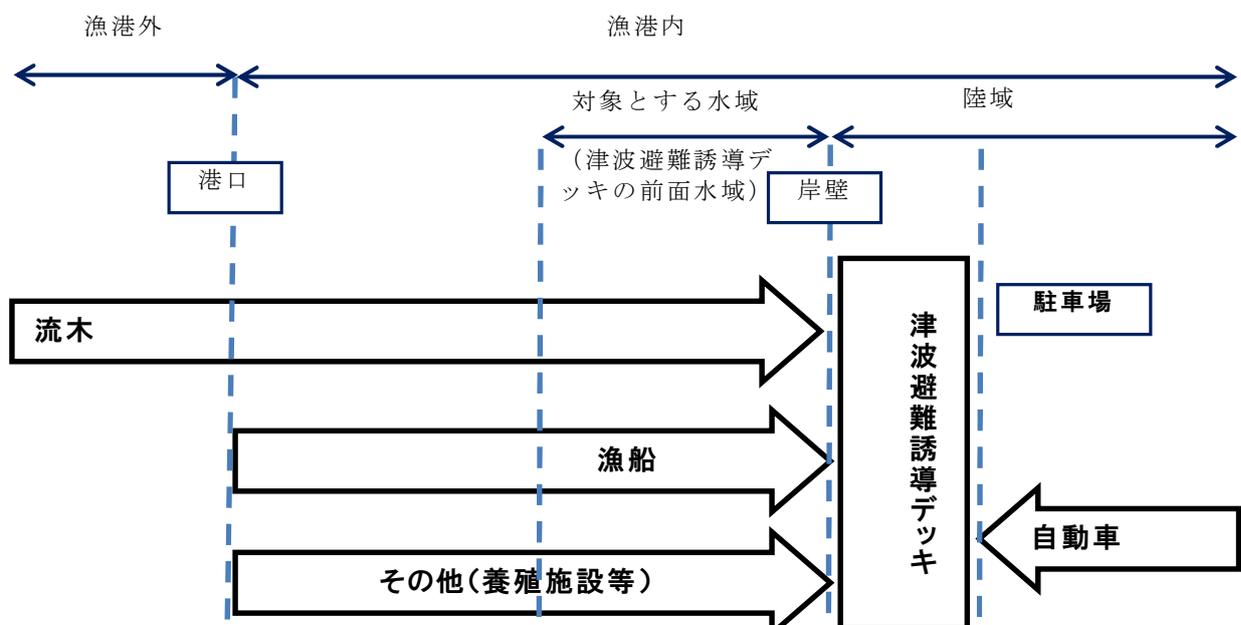


図Ⅲ-9 対象とする水域のイメージ

(b)シナリオの作成例（漁船が選定された場合）

漂流物が津波避難誘導デッキに向かい漂流し衝突する時のシナリオを想定し、設計に用いる漂流物の条件を設定する。なお、漂流物の衝突経路を図Ⅲ-10に示す。各漂流物の衝突の確率は下記のように想定される。

- i)漁 船：漁港内の船揚場や泊地等に、多数係留・停泊されていることから、対象とする水域を漂流し津波避難誘導デッキまで至る。（衝突の確率高い）
- ii)流 木：漁港外から漁港内に侵入し、漁港内を漂流し、津波避難誘導デッキまで至る。（衝突の確率低い）
- iii)自動車：津波避難誘導デッキ周辺の駐車場に駐車されていることから、津波避難誘導デッキ周辺を漂流し、津波避難誘導デッキにまで至る。（衝突の確率高い）
- iv)その他（養殖施設等）：港内に多数存在していることから、漁港内を漂流し、津波避難誘導デッキまで至る（衝突の確率高い）。



図Ⅲ-10 漂流物の衝突経路のイメージ

ここで、以下の事項が想定される。

- ・流木の衝突の確率は、漁船、自動車、その他（養殖施設等）に比べて低い。
- ・漁船、自動車、その他（養殖施設等）の中では、通常、質量が大きい漁船の衝突力が最も大きい。
- ・漁船の中でも対象とする水域に常時係留・停泊している漁船が津波避難誘導デッキに衝突する可能性が高いと想定され、最大トン数の漁船の衝突力が最も大きい。

(c)対象漂流物とする漁船

- i) 港勢調査に基づく利用漁船を踏まえて対象とする船舶を選定する。
- ii) 対象とする水域で常時係留している漁船の中で最大トン数の漁船を選定する。
- iii) ただし、隻数が非常に少なく、漂流物として津波避難誘導デッキに衝突する可能性が低いと考えられる船舶は対象から外すことができる。
- iv) 漁港管理者とのヒアリング・協議により対象船舶を決定する。

2) 漂流物の衝突力の作用位置

実際の現象では、漂流物が津波避難誘導デッキに衝突する場合、衝突力最大時（流速の最大時）と作用モーメント最大時（津波避難誘導デッキにとって安全性が厳しくなる漂流物の作用位置）は必ずしも同時に発生しない。

しかしながら、漂流物の衝突力の評価については研究途上であり、あらゆる漂流物について衝突力を精度よく計算することは、現在、各研究機関により研究が進められている分野である。

そこで、漂流物の最大衝突力と最大の作用モーメントが生じる作用位置を用いて、安全側の設計となる検討を行う手法とする。

すなわち下記の条件で漂流物に対する津波避難誘導デッキの安定性の検討を行う。

- ・ 漂流物の最大衝突力を用いる（最大流速から求められる衝突力）。
- ・ 津波避難誘導デッキにとって安全性が厳しくなる位置に漂流物を作用させる。

3) 漂流物の衝突力の算定式

各漂流物の衝突力は、「(a). ～ (e).」により算定することができる。

なお、漂流物の衝突力は、現在、各研究機関により研究が進められている分野でもあり、最新の知見から、評価精度、信頼性が高い算定手法については、漁港管理者との協議により用いることができる。

表Ⅲ-9 漂流物衝突力の算定式

算定外力		津波	算定式	諸係数	対象物
漂流物衝突力	流木 ²⁹⁾	発生頻度高い津波	松富の式	縦衝突	漁港管理者へのヒアリング・航空写真などから貯木場の有無を確認する。 貯木所関係者へのヒアリングにより木材諸元を設定する。
	船舶（漁船） ³⁰⁾		池野らの式	角柱・横衝突・3次元 ($CMA=1.5$)	港勢調査の収集整理より対象船舶諸元を設定する。 常時係留している最大トン数の漁船を選定する。
	自動車 ³¹⁾		松富の提案する手法	自動車の衝突速度と衝突力の関係 $CMA=0.5\sim 1.9$	漁港管理者へのヒアリング・既存資料により、漁港内及び近隣の駐車場位置、自動車諸元を設定する。
	その他 ³⁰⁾		池野らの式	対象とする漂流物があった場合設定する。	漁港管理者へのヒアリングにより、養殖筏など津波時に漂流物として危険性のある躯体の有無を確認する。

(参考文献)

29)：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性（土木学会論文集 No.621/Ⅱ-47, 1999.5, 111-127）

30)：砕波段波津波による波力と漂流物の挙動・衝突力に関する実験的研究（海岸工学論文集 第48巻,2001,846-850）

31)：「駐車場における自動車転落事故を防止するための装置等に関する設計指針」（国土交通省2009）

(a). 流木

流木の衝突力は、松富の式によって評価することができる。算定式は(式Ⅲ-3)に示す通りである。

$$\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{V_{AO}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \cdot \left(\frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4} \quad (\text{式Ⅲ-3})$$

ここに、

F_m : 衝突力(tf)

γ : 流木の単位体積重量(tf/m³)

D : 流木径(m)

L : 流木長(m)

C_{MA} : 見かけの質量係数 (段波やサージで 1.7、定常的な流れで 1.9)

V_{AO} : 流木の衝突速度(m/s)

g : 重力加速度(m/s²)

σ_f : 流木の降伏応力 (圧縮強度 $\sigma_c \doteq$ 降伏応力 σ_f と考えて良く、 $\sigma_c = 0.0044E_A$ の関係がある)

E_A : 木材の弾性係数である。

(b). 船舶 (漁船)

船舶の衝突力は、池野らの式によって評価することができる。算定式は式(式Ⅲ-4)に示す通りである。

$$\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \cdot \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5} \quad (\text{式Ⅲ-4})$$

ここに、

C_{MA} : 付加質量係数

(円柱横向き、縦向き、角柱横向き、球に対応した付加質量係数)

漂流物	質量係数 C_{MA}
円柱 横向き	断面 2 次元的衝突 : 2.0, 3 次元的衝突 : 1.5
角柱 横向き	断面 2 次元的衝突 : 2.0, 3 次元的衝突 : 1.5
円柱 縦向き	2.0
角柱 縦向き	2.0
球	0.8

F_H : 漂流物の衝突力(tf)

g : 重力加速度(m/s²)

M : 漂流物の質量(t)

S : 係数で 5.0

V_H : 漂流物の衝突直前の移動速度(m/s)

D : 漂流物の代表高さ(m)

L : 漂流物の代表長さ(m)

である。

(c) 車両

車両による衝突力は、松富の提案する手法を用いて評価することができる。松富の提案する手法を以下に示す。

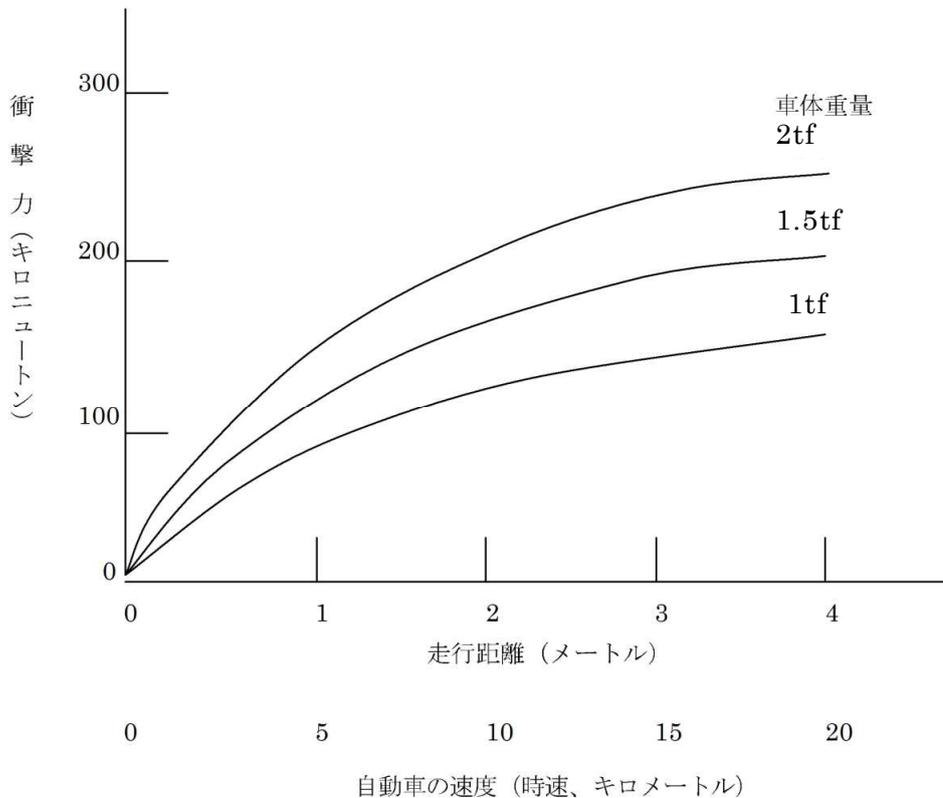
松富によると、「水理実験によれば、人工の円柱流木はその長さの 20 倍以上の距離を漂流すると流速とほぼ同じ移動速度になる。円柱流木に比べて形状が複雑な自動車は、20 倍よりも短い漂流距離で流速とほぼ同じ速度になると考えられる。」としている。

すなわち、漂流距離が十分にある場合は、「自動車の衝突速度 \approx 移動速度 \approx 氾濫流速」と考えてよいとしている。

車両による衝突力は、先ず、車両が駐車場の外壁等を突き破り転落する事故を防止することを目的に定めた、「駐車場における自動車転落事故を防止するための装置等に関する設計指針」(国土交通省 2009) に公表されている図Ⅲ-11 を用いて、大気中における衝突力を算定する。

次に、大気中における衝突力と付加質量係数 $CMA=0.5\sim 1.9$ の値を用いて、津波によって漂流する衝突力に換算する。

これを車両による衝突力とする。



図Ⅲ-11 自動車の衝突速度と衝突力の関係 (国土交通省 2009)

(d). その他

漁港には、車両以外にも養殖筏などの漂流する可能性があるものも存在する。そのような漂流物の衝突力は、池野らの式によって評価することができる。算定式は式(式III-5)に示す通りである。

$$\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \cdot \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5} \quad (\text{式 III-5})$$

III-5)

ここに、

C_{MA} : 付加質量係数 (円柱横向き、縦向き、角柱横向き、球に対応した付加質量係数)

漂流物	質量係数 C_{MA}
円柱 横向き	断面 2 次元的衝突 : 2.0, 3 次元的衝突 : 1.5
角柱 横向き	断面 2 次元的衝突 : 2.0, 3 次元的衝突 : 1.5
円柱 縦向き	2.0
角柱 縦向き	2.0
球	0.8

F_H : 漂流物の衝突力(tf)

g : 重力加速度(m/s²)

M : 漂流物の質量(t)

S : 係数で 5.0

V_H : 漂流物の衝突直前の移動速度(m/s)

D : 漂流物の代表高さ(m)

L : 漂流物の代表長さ(m)

である。

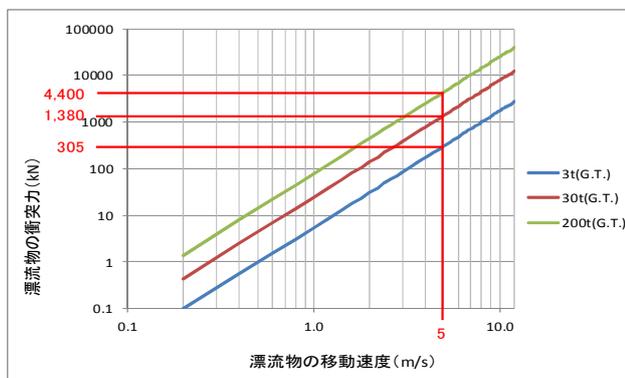
【参考情報】

■漂流物の衝突の回避策

一般に漁港における漂流物として漁船が想定されるが、漁船のトン数が大きくなる程衝突力が非常に大きくなる傾向にある。

漂流する漁船の移動速度を5m/sとし、池野らの式を用いて求めた漁船の衝突力は次のとおり。

3tクラス：305 kN
30tクラス：1,380 kN
200tクラス：4,400 kN



図参-2 漁船の衝突力の算出例

そのため、構造物周辺に杭上の漂流物衝突防止工を配置するなど、衝突を回避するための工夫を施し、著しく不経済な断面とならないように工夫することが望ましい。漂流物対策については更なる研究が望まれるところであるが、現状の成果から、たとえば、以下のような工夫が考えられる。

①津波避難誘導デッキの支柱部への衝撃力を減少させる方法

- ・津波避難誘導デッキ支柱前面に鋼管杭を設置し、漂流物を鋼管杭の局部変形及び梁変形による衝突エネルギーを吸収する※1。
- ・津波避難誘導デッキ支柱に取りつけた防舷材により衝突エネルギーを吸収する※1。

②津波避難誘導デッキの支柱部への漂流物衝突を回避させる方法

- ・漂流物衝突防止工（杭等）の設置※2,3,4。

③津波避難誘導デッキ全体の破壊を避ける方法

- ・津波避難誘導デッキ前面部の構造を分離し、前面部の破壊は許すが全体の破壊を避ける方法

なお、津波避難施設を円形にすると、津波の流れの向きによらず、漂流物の施設への衝突エネルギーを低減できるなどの利点がある※5。

漂流物の衝突力を軽減させたり回避したりするための工夫については、漂流物解析や水理模型実験等により有効性を確認することが望ましい。

(参考文献)

- ※1 須永純史，高橋哲美，増田亨；「津波漂流物の衝撃力を考慮した人工地盤の設計について」，国土交通省北海道開発局第52回（平成20年度）北海道開発技術研究発表会，2008年
- ※2 永井莊七郎，小田一紀；「海中構造物に対する船舶衝突防止施設に関する研究」，第20回海岸工学講演会論文集，1973年
- ※3 羽角華奈子，伊藤一教，織田幸伸，池島由華，今村文彦；「津波避難ビルに設置された漂流物衝突防止工の影響について」，大成建設技術センター報 第46号，2013
- ※4 伊藤一教，横田華奈子，橋本貴之，今村文彦；「津波避難施設の立地計画及び設計に関する検討」，土木学会論文集B2（海岸工学）Vol.68 No.2，2012年
- ※5 国土交通省港湾局；『港湾の津波避難施設の設計ガイドライン』，平成25年10月

(5) 津波避難誘導デッキ周辺施設の留意点

津波避難誘導デッキを整備する周辺の漁港施設が、津波避難誘導デッキに求められる機能を十分発揮するための機能を満足していない場合、適切な措置を施すことが望ましい。

津波避難誘導デッキが立地する前面の岸壁等が地震発生時に倒壊し、津波避難誘導デッキの安定性に影響を与えたり、場合によっては避難行動を阻害したりすることも想定される。

津波避難誘導デッキを整備する周辺施設（岸壁、防潮堤など）が、津波避難誘導デッキに求められる機能を十分発揮するための機能を有しているか調査を実施することが望ましい。

津波避難誘導デッキを整備する周辺施設が、上記の機能を満足していない場合、周辺施設の補強、新たな施設整備、津波避難誘導デッキの配置の再検討など適切な措置を施すことが望ましい。

その他に、津波避難誘導デッキの安定性に影響が大きいと考えられる周辺変状として、津波による岸壁等の前面の洗掘があり、この洗掘の程度によっては岸壁等の基礎の安全性が確保されないことが危惧される。したがって、このような海底地形及び海浜地形に対しても適切な措置を施すことが望ましい。

【津波による洗掘】

津波は、陸上に遡上する際に極めて速い流れを生じさせる。このような速い流れにより、施設周辺の地盤が洗い流され、施設の倒壊や流失を引き起こすことが知られている。この洗掘に関しては野口賢二・佐藤慎司・田中茂信³²⁾による研究成果が報告されている。野口らは、大型水理模型実験により、津波による構造物前面洗掘の機構を解析し、津波の寄せ波時の洗掘状況の実験結果、最大洗掘深を護岸からの戻り流れ流量より算定する手法を示している。ただし、前面洗掘の生じる位置、洗掘を生じさせる流れの状況、最大洗掘深等の評価については研究途上であり、現在、各研究機関により研究が進められている分野でもある。

津波による洗掘については、最新知見にも留意し、漁港管理者との協議により適切な措置を施すことが望ましい。

(参考文献)

- 32) 野口賢二・佐藤慎司・田中茂信(1997): 津波遡上による護岸越波および前面洗掘の大規模模型実験、海岸工学論文集, 第44巻, pp.296-300.

(6) その他（留意事項）

津波避難誘導デッキの設計条件設定においては、維持管理性などについて留意するものとする。

1) 維持管理性

津波避難誘導デッキは、施設が持つ機能を良好に保つため、施設の維持及び補修を適切に行っていく必要がある。維持管理は、「漁港漁場施設の設計の手引（2003）」に倣い以下の事項に留意する。

- ①漁港施設は、長期間にわたり利用されるものであり、その機能を良好に保持していくためには、施設の点検、評価、補修等の適切な維持管理を行う必要がある。漁港の施設の維持及び補修の手順としては、まず施設の点検を行い、機能面で初期の目的を達成できているか検討しなければならない。その結果を受けて補修や補強の必要があるか判断し、適切な工法によって施設の機能の確保を図る。
- ②漁港施設の維持及び補修のための基本的な事項については、「漁港構造物の補修の手引き（コンクリート構造物編）」、「コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」、「港湾構造物の維持・補修マニュアル」等を参考にすることができる。

2) 地震・津波に関する最新知見

地震・津波に関する研究は、現在、各研究機関により研究が進められている分野であり、設計に当たっては、最新の知見に留意する。

最新の知見から、評価精度、信頼性が高い設計手法については、漁港管理者との協議により参考にすることができる。

III-2-5 構造物の安全性の照査

津波避難誘導デッキの安全性の照査は、土木構造物として扱い、「道路橋示方書（平成 24 年度）」又は「漁港漁場施設の設計の手引（2003） 第 6 編第 5 章栈橋」を用いて行うものとする。

なお、建築物としての建築確認申請が必要な場合は建築基準法を用いて安全性の照査を行うものとする。

「道路橋示方書（平成 24 年度）」、「漁港漁場施設の設計の手引（2003） 第 6 編第 5 章栈橋」、「建築基準法」に定めのない、津波水平波力、津波上揚力、漂流物の衝突力は、本ガイドラインに示す手法により決定する。

津波の発生頻度及びその大きさについての確率論、津波水平波力、津波上揚力、漂流物の衝突力は、既存研究手法で評価できる。ただし、これらの評価については、現在、多くの研究が進められているため、新たな知見についても確認することが望ましい。なお、これらの外力に対して、構造物の安全性の照査を行う際には、適切な「安全率」、「許容応力度の割増し係数」を用いなければならない。

III-2-6 構造形式の設定

津波避難誘導デッキの構造形式は、自然条件、経済性（工費）、維持管理性、施工性、実績（津波避難誘導デッキ等）等を勘案して適切なものを設定するものとする。

津波避難誘導デッキの構造形式は、鉄筋コンクリート構造（RC構造、PC構造）、鉄骨鉄筋コンクリート構造（SRC構造）、鉄骨構造（S構造）などに分けられる。これらの構造の主な特性は、以下に示すとおりである。

表Ⅲ-10 各構造形式の主な特性

項目	RC構造	PC構造	SRC構造	S構造
特性	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に【小支間】 ・一般的にひび割れを許容するためコンクリートの劣化があり補修が必要。 ・現場での施工となるため工場製品より品質にばらつきはある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に【中支間】 ・一般的に維持管理不要であり、耐久性が高い。 ・工場製作の為、高品質でばらつきが少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に【長支間】 ・一般的にひび割れを許容するためコンクリートの劣化があり補修が必要。 ・現場での施工となるため工場製品より品質にばらつきはある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に【長支間】 ・防錆対策として、定期的な点検、塗装等が必要 ・工場製作の為、高品質でばらつきが少ない

また、経済性（工費）、維持管理性、施工性、実績（津波避難誘導デッキ等）等を勘案して適切な津波避難誘導デッキの構造形式を設定する。

各構造比較項目の留意点は、以下に示す通りである。

- ①構造の特徴：津波に起因する外力耐性、地震力耐性、耐震・耐津波工法の特徴など
- ②経済性（工費）：工事や施設の維持管理に係る経済性について。
- ③維持管理性：施設が持つ機能を良好に保つため、施設の維持及び補修のし易さ、頻度について。
- ④施工性：工程管理・施工管理について。
 - ・品質確保：材料等の品質確保が容易であること等について。
 - ・工期：施工期間について。
 - ・材料調達：生コン不足、他県での工場製作による調達リスクの低減などについて。
- ⑤実績：津波避難誘導デッキの施工実績・類似施設の施工実績について。

5. 漁港の津波避難に関する専門部会

水産業従事者は、防潮堤など津波防災施設の外（海）側に位置する漁港で作業を行うことが多く、常に津波の脅威にさらされているとともに、最終的な避難場所となる高台から遠距離にいる場合が多い。このことから、漁港で作業を行う人々等が津波警報発令後に迅速かつ安全に避難するために、より早く、より高いところへ、より遠くへの避難を目指す津波避難ルートを漁港内においても確保することが必要である。さらに、先の東日本大震災では、これまで津波に対して耐力があると言われていた鉄筋コンクリート構造物においても、津波の直接的な外力や漁船の衝突などにより損傷、倒壊も多かったことから、今般の被害実態を踏まえ、新たな津波避難施設の計画・設計手法を検討する必要がある。

そこで、学識者から構成される専門部会を設置し、災害に強い漁業地域づくりガイドライン等で示された考え方を踏まえ、津波避難誘導デッキの計画・設計手法について検討し、取りまとめることを目的としている。

○専門部会での主な検討内容

- ・ 漁港からの津波避難の考え方
- ・ 津波避難誘導デッキの計画・設計の考え方

（1）専門部会の設置および開催

専門部会の開催は、研究計画の指導・助言、研究結果に対する指摘、研究成果の総括・とりまとめに関する指導・助言・承認を目的として、以下に示す時期に 2 回開催した。

◎平成 25 年度 漁港の津波避難に関する専門部会

・ 第 1 回専門部会

日 時：平成 26 年 1 月 31 日（木） 13:30～15:30
場 所：エッサム神田ホール 3 階 大会議室（301）

・ 第 2 回専門部会

日 時：平成 26 年 3 月 14 日（金） 9:30～11:30
場 所：エッサム神田ホール 4 階 大会議室（401）

(2) 検討委員会の運営

具体的には、以下の手法により委員会を運営する。

- 1) 資料作成：議事内容を踏まえた上で、各研究開発事項の技術的検討課題や研究成果について整理する。これらを取りまとめ、検討会資料を作成した。
- 2) 議事整理と対応方針の整理：技術検討部会に提示する資料の説明（解説）を行うとともに、議事について整理し、対応方針を取りまとめた。
- 3) 議事録作成：技術検討部会の議事を録音し、議事録を作成した。

(3) 委員の選定・委嘱

的確かつ効率的な技術的助言・指導を得て研究成果の向上を実現するため、以下の考え方で委員を選定した。

委員の構成：委員は、構造力学、行政、地震・津波などの知見を有する学識経験者および行政官5名により構成した。

●委員会メンバー

	氏名	所属・役職	専門分野
委員	清宮 理	早稲田大学 創造理工学部 社会環境工学科 教授	構造力学 (構造・地盤)
〃	長野 章	公立はこだて未来大学 名誉教授	行政
〃	藤間 功司	防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 教授	海岸工学 (地震・津波)
〃	大村 益男	岩手県 農林水産部 漁港漁村課 水産担当技監兼総括課長	行政
〃	吉本 勉	高知県 水産振興部 漁港漁場課 課長	行政

Ⅶ 考察

本手法を開発したことにより、今後、水産基盤整備事業等により漁港・漁村における津波対策を実施する際に、対策案の計画の策定、事業評価等に活用されることが期待される。

また、漁港の津波避難に関するガイドラインにより、漁港の津波避難対策を講じる上で、安全で迅速な津波避難のための適切な施設が整備されることが期待される。

Ⅷ 摘要

本調査により、以下のことを明らかとした。

- ・漁港漁村における多重防護による防災・減災対策の考え方
- ・多重防護による津波低減効果の発現特性と簡便な算定方法
- ・多重防護による効果とその便益の考え方
- ・津波対策施設整備による費用対効果分析手法

なお、今後、以下の点を実施することで、より多くの漁港漁村において、多重防護を含めた津波対策が検討されることが期待される。

- ・地方自治体への本手法の普及・啓発
- ・具体事例を踏まえた手法の改訂と事例集の作成

また、漁港の津波避難に関するガイドラインとして津波避難デッキの計画・設計手法を取りまとめた。

Ⅸ 引用文献

- 1) 国土交通省都市局、2011年8月4日、東日本大震災による津波被災現況調査結果（第1次報告）、P5
- 2) 内閣府防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ、2012年8月29日、南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、P21
- 3) 首藤伸夫、1992年、津波被害と強度
- 4) 内閣府防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ、2012年8月29日、南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、P8
- 5) 明田定満・谷野憲二・水野雄三・佐藤仁、1994年、防波堤による津波被害の低減効果について（開発土木研究所月報 No. 494）、P24
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室、2012年10月、津波浸水想定の設定の手引き
- 7) 水産庁漁港漁場整備部、2011年4月改訂、水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン
- 8) 国土交通省河川局、2005年4月、治水経済調査マニュアル（案）
- 9) 内閣府防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ、2012年8月29日、南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、P8
- 10) 財務省、地震保険制度の概要

https://www.mof.go.jp/financial_system/earthquake_insurance/jisin.htm

- 11) 農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局、2004年6月、海岸事業の費用便益分析指針（改訂版）
- 12) 明田定満・谷野憲二・水野雄三・佐藤仁・寺内啓、1994年、港湾漁港施設による津波被害の低減効果について（海岸工学論文集 第41巻）、P1178
- 13) 首藤伸夫、2000年3月、津波対策小史
- 14) 厚生労働省大臣官房統計情報部、賃金構造基本統計調査
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/chinginkouzou.html>
- 15) (財)日弁連交通事故相談センター東京支部共編、民事交通事故訴訟 損害賠償額算定基準
- 16) 国土交通省、2009年6月改訂、公共事業評価の費用便宜分析に関する技術指針
- 17) 内閣府、平成19年3月、交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書
- 18) 内閣府防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ、2012年8月29日、南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、P21
- 19) 水産総合研究センター、2012年10月、東日本大震災による水産関連施設の地震・津波被害に関する調査報告
- 20) 水産庁漁港漁場整備部、2012年3月、減災計画策定マニュアル
- 21) 水産庁漁港漁場整備部、2012年3月、水産物産地市場の減災計画策定マニュアル
- 22) 地震調査研究推進本部事務局、2001年6月、長期的な地震発生確率の評価手法について
- 23) 阿部勝征、1989年、地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測（地震研究所彙報）、P52～53
- 24) 水産庁 漁港漁場整備部整備課、平成23年：平成23年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方
- 25) 水産庁、平成18年5月16日：（水産庁漁港漁場整備部整備課長通知）漁業地域の耐震対策を進めるにあたっての設計等の考え方について
- 26) 国土交通省、平成25年3月28日：（国土交通省官庁営繕の技術基準）官庁施設の総合耐震・対津波計画基準
- 27) 谷本勝利・鶴谷広一・中野晋、1984年：1983年日本海中部地震津波による津波力と埋立護岸の被災原因の検討、第31回海岸工学講演会論文集、pp.257-261
- 28) 新道路技術会議、平成22年6月：津波による道路構造物の被害予測とその軽減策に関する研究
- 29) 松富英夫、1999年5月：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性、土木学会論文集 No.621/II-47、pp111-127)
- 30) 池野正明、2001年：砕波段波津波による波力と漂流物の挙動・衝突力に関する実験的研究、海岸工学論文集 第48巻、pp.846-850
- 31) 国土交通省、2009年：駐車場における自動車転落事故を防止するための装置等に関する設計指針
- 32) 野口賢二・佐藤慎司・田中茂信、1997年：津波遡上による護岸越波および前面洗掘の大規模模型実験、海岸工学論文集 第44巻、pp.296-300