

高知港における地震・津波防護対策の
最終とりまとめ

高知県

国土交通省 四国地方整備局

目次

I. 高知港における地震・津波対策の基本的な考え方	- 3 -
1. 想定すべき津波のレベルの考え方	- 3 -
2. 防護目標の考え方	- 5 -
3. 高知港における地震・津波対策の方向性	- 8 -
II. 高知港における地震・津波対策の概要	- 9 -
1. 対策案の概要	- 9 -
1-1. 地震津波防護対策の立案	- 9 -
1-2. 対策案の評価・選定	- 11 -
2. 背後地域の重要性と被害想定	- 14 -
3. 津波防護効果	- 15 -
4. 地震・津波対策施設整備の考え方	- 19 -
4-1. 施設の嵩上げの考え方	- 19 -
4-2. その他の考え方	- 19 -

前文

南海トラフを震源域とする地震は、過去において約 90～150 年毎に発生しており、その度に高知港をはじめとする周辺地域に地震・津波による甚大な被害を与えてきた。昭和 21 年に発生した昭和南海地震では、大津波が襲来し、また広域地盤沈降も発生したため、市街地を含む広い範囲が浸水し約 2 万人が被災した。また、昭和 45 年の台風 10 号では、高潮・高波によって堤防が決壊し、1 万戸を超える家屋において浸水被害が発生している。これに対して、高知県においては、高潮・高波や昭和南海地震クラスの津波から防護するため海岸堤防の整備等の防災対策を進めてきた。

他方、平成 23 年に東北地方太平洋沖地震により甚大な被害が発生したことを受け、平成 24 年に、内閣府において南海トラフを震源域とする地震及びそれに伴い発生する津波の被害想定が見直され、高知港における地震・津波対策についても見直す必要が生じた。

これを受け、高知県及び国土交通省四国地方整備局においては、高知港における地震・津波対策の方向性として、「三重防護」が有効であるという考え方をとりまとめるとともに、学識経験者及び行政関係者（高知県、高知市及び国土交通省四国地方整備局）から構成される「高知港における地震津波防護の対策検討会議」を設置し、高知港及びその背後地を効率的・効果的に防護するための対策のあり方について検討を進めてきたところである。

本資料は、この検討を踏まえて、高知港における地震・津波対策の考え方や津波防護の効果などを最終報告としてまとめたものである。

なお、高知港における地震・津波対策における海岸保全施設の具体的な施設整備については、今後詳細な調査・検討を継続して実施していくことを前提としている。

「高知港における地震津波防護の対策検討会議」委員・関係者名簿

区分	氏名	所属・役職
委員	磯部 雅彦	高知工科大学 学長（座長）
	原 忠	高知大学 教育研究部 自然科学系 農学部門 教授
	大年 邦雄 【故人】	高知大学 教育研究部 自然科学系 農学部門 教授
	富田 孝史	名古屋大学 大学院 環境学研究科 持続的共発展教育研究センター 教授 【国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域長（前職）】
関係者	(野々村 毅) 酒井 浩一	高知県 危機管理部 部長
	(平田 幸成) 本田 賢児	高知県 土木部 副部長
	(佐藤 学) (弘瀬 優) 山本 聡	高知市 防災対策部 副部長
	(永野 昭雄) (清水 博) 高橋 尚裕	高知市 都市建設部 副部長
	(東島 義郎) 安部 賢	国土交通省 四国地方整備局 港湾空港部 部長
	(榎山 正) 松尾 義文	国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 所長

() 氏名は対策検討会議開催期間中に異動した者。

I. 高知港における地震・津波対策の基本的な考え方

1. 想定すべき津波のレベルの考え方

これまでの津波対策においては、過去数百年間に経験してきた地震・津波を再現することを基本として、過去に繰り返し発生し、近い将来同様の地震が発生する可能性が高く切迫性が高いと考えられる地震・津波を、想定対象地震・津波としてきた。

しかしながら、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、これまでの想定を大きく上回る津波の襲来により、甚大な被害が発生した。

これを受け、平成23年9月、中央防災会議専門調査会（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）が、新たな2つのレベルの津波の想定や、その被害を軽減するための対策の基本的な考え方をとりまとめた。

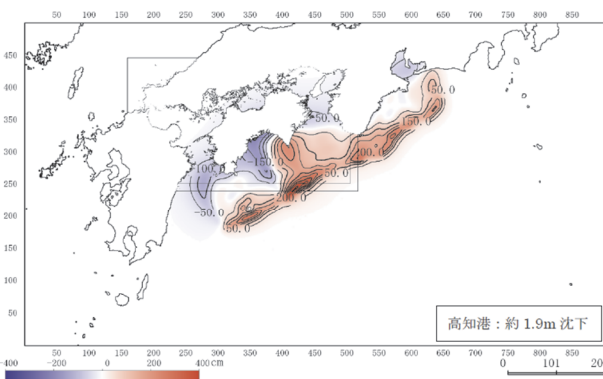
具体的には、発生頻度の高い津波（レベル1津波(以下、「L1津波」と言う)）と最大クラスの津波（レベル2津波(以下、「L2津波」と言う)）の2つのレベルの津波を想定し、それぞれに対する防護の目標を明確化するというものである。

表－ 1 想定すべき津波レベル

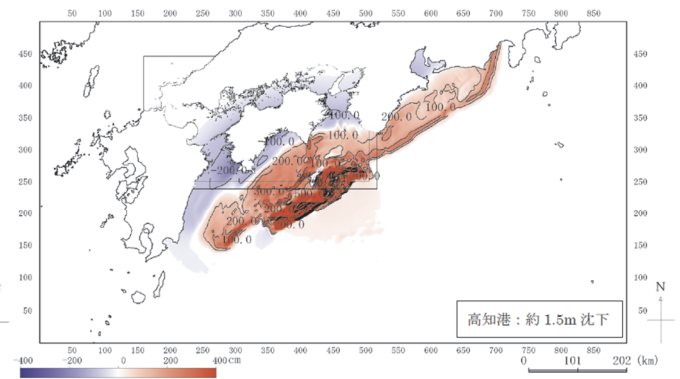
津波のレベル		基本的な考え方
発生頻度の高い津波 (L1津波)	最大クラスに比べ発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波 (数十年～百数十年の頻度)	<ul style="list-style-type: none">人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、海岸保全施設等を整備。海岸保全施設等について、設計対象の津波を超えた場合でも、施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を検討し、整備を進める。
最大クラスの津波 (L2津波)	発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波	<ul style="list-style-type: none">住民等の生命を守ることを優先とし、住民の避難を軸に、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策を確立。ハザードマップの整備や避難路の確保など、避難することを中心とするソフト対策を実施していく。

高知港に関しては、高知県によって発生頻度の高い津波（L1津波）と最大クラスの津波（L2津波）について、以下のとおり決定されている。

- 【発生頻度の高い津波（L1津波）】
- 第3回高知県地震・津波防災技術検討委員会（平成25年11月1日）で、「設計津波の水位」の計算対象とした「東南海・南海地震（2連動、M8.6）津波断層モデル^{※1}」
- 【最大クラスの津波（L2津波）】
- 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波浸水予測（平成24年12月10日）で使用した、「南海トラフ巨大地震津波断層モデル^{※2}」



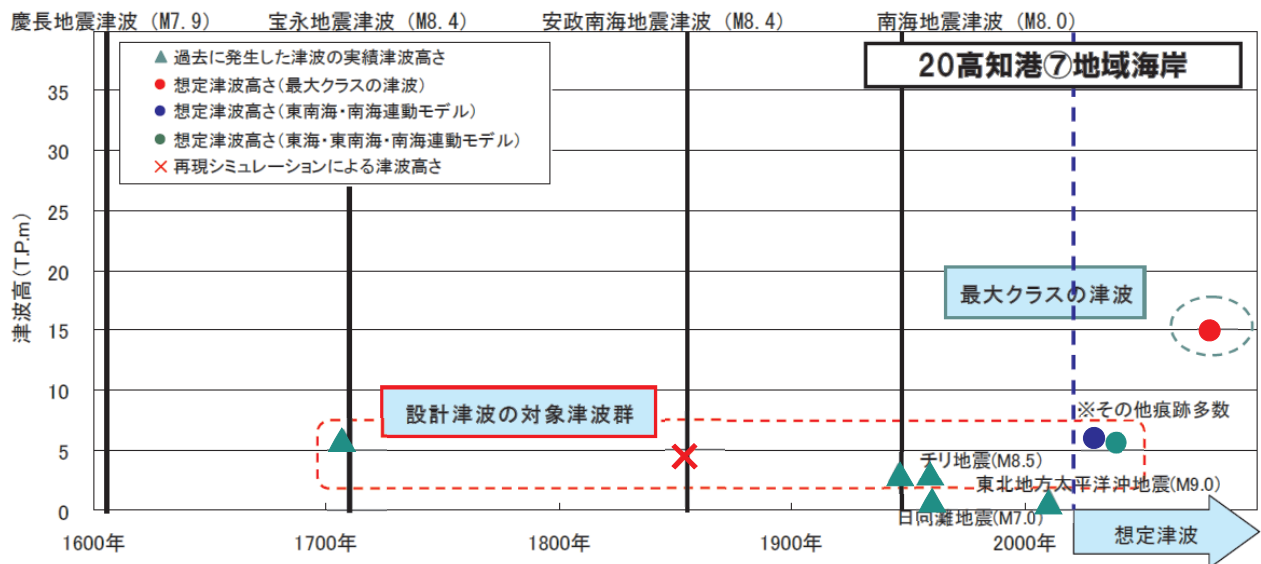
※ 津波初期水位分布図



※ 津波初期水位分布図

図-1 東南海・南海(2連動)津波断層モデル

図-2 南海トラフ巨大地震津波断層モデル



(参考図) 高知港に襲来した津波等とその高さ^{※3}

※1：中央防災会議（東南海・南海地震等に関する専門委員会：2003）が公表した津波断層モデル

※2：内閣府（南海トラフの巨大地震検討会：平成24年8月29日）が公表した津波断層モデル

※3：第3回高知県地震・津波防災技術検討委員会 参考資料1（H25年11月1日）

2. 防護目標の考え方

平成 24 年 6 月、交通政策審議会港湾分科会防災部会が、「港湾における地震・津波対策のあり方」（以下、「答申」という。）をとりまとめている。

この答申における防護目標の考え方は、東日本大震災の教訓を踏まえ、津波の規模や発生頻度に応じて、発生頻度の高い津波に対しては防災、最大クラスの津波に対しては減災とした、防護の目標を明確化した対策が必要であるとしている事を踏まえ、高知港における防護目標を以下のとおりとし、防護のイメージは図-3のとおりである。

【防護目標】

- 発生頻度の高い津波（L1津波）に対しては、防波堤や防潮堤などの構造物により、津波の浸入を防ぐ「防災」を目指す。
- 発生頻度の高い津波を超える津波（最大クラスの津波（L2津波）を含む）に対しては、津波が施設を乗り越えた場合にも、粘り強く効果を発揮する構造上の工夫を行い、避難時間を稼ぐ「減災」を目指す。
- 地震後に高知新港が防災拠点機能を発揮できるよう、極力早期に港湾の静穏を維持することを目指す。

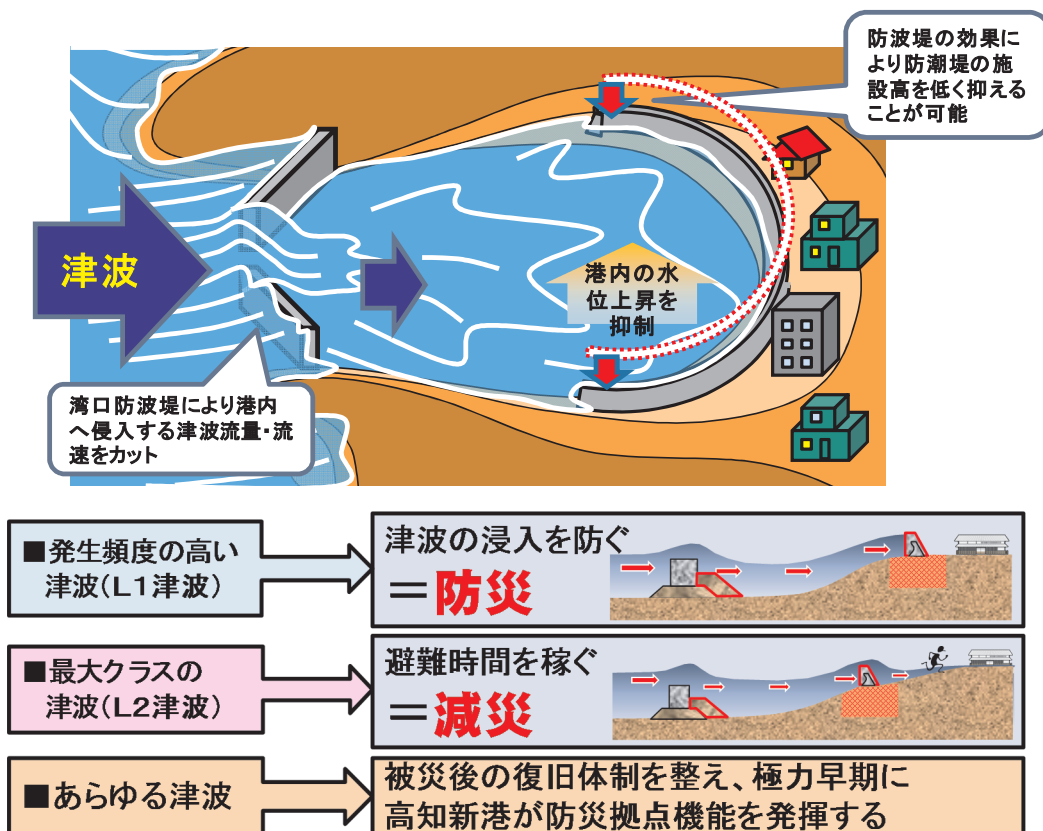


図-3 港湾防波堤と防潮堤の効果的な組み合わせによる防護のイメージ

防護目標における「防災」、「減災」の考え方は以下のとおりであるが、高知港における地震・津波対策を進めるにあたっては、海岸保全施設等の整備に加え、避難路や避難場所の確保などの避難対策、避難訓練による防災意識の向上など、ハードとソフトを組み合わせ、防災関係機関、事業者、地域の住民が一体となって総合的に取り組んでいくことが重要である。

【L1 津波に対する防災】

○防災の考えに従って、防波堤や防潮堤などの海岸保全施設等の整備により、津波の浸入を防ぐことで、住民等の生命や財産を守り、地域の経済・産業活動の安定化を目指す。

【L1 津波を超える津波に対する減災】

○減災の考えに従って、住民等の生命を守ることを優先として、住民等の避難を軸に、海岸保全施設等の粘り強い構造上の工夫に加え、防災意識の向上、避難路や避難場所の整備など、ハードとソフトを組み合わせた総合的な対策により、避難時間を稼ぎ、被害の軽減を目指す。

(参考1) 「防災」及び「減災」の定義

防災：防潮堤などの施設によって被害をなくすこと。ただし、これを狭義の防災と言い、下記の減災と合わせ防災と呼ぶこともある。

減災：ハードとソフト対策により、起こりうる被害を軽減させる。

(参考2) 高知県地域防災計画（地震及び津波災害対策編）[H26年9月修正]

第2編 災害予防対策

第1章 地震及び津波に強い県づくり

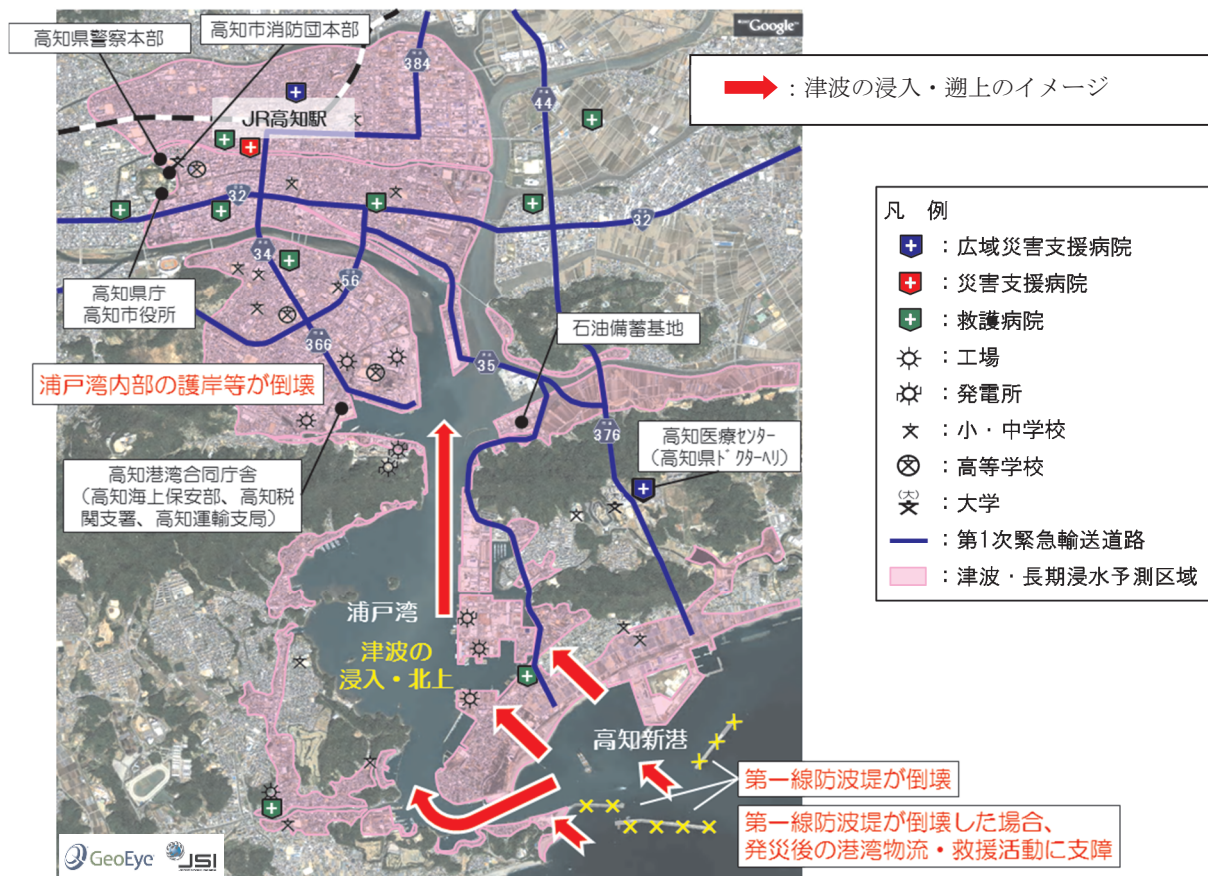
第1節 基本的な考え方

2 最大クラスの津波に対しては、住民等の生命を守ることを最優先として、住民等の避難を軸に、そのための防災意識の向上及び海岸保全施設等の整備、避難路や避難場所の整備を行い、ソフトとハードの施策を柔軟に組み合わせた多重防御によるまちづくりを推進します。

また、発生頻度の高い一定程度の津波に対しては、住民等の生命に加え、財産を守ることや地域の経済活動の安定化の観点から、海岸保全施設等の整備を進めます。

なお、南海トラフを震源域とする地震・津波が発生し、高知港に「発生頻度の高い津波（L1津波）」が襲来すると、地震・津波に対して未対策の場合には、現状では以下の状態になると予測される。この場合に予測される浸水の様子は図－4のとおりである。

- 1) 高知新港の第一線防波堤は倒壊し、津波は種崎地区や浦戸湾湾口を通過して浦戸湾内に浸入・北上していき、浦戸湾内部の護岸等を超え、高知市中心部などで浸水被害が発生。また、津波の襲来が収まった後でも、第一線防波堤が倒壊しているため、船舶が高知新港を利用するために必要な静穏性が足りず、利用できない状態が継続する。
- 2) 浦戸湾内部の護岸等は、液状化によって倒壊し、地震発生直後の地盤沈降とあいまって、その高さが満潮位よりも低くなる箇所が発生するため、背後地の浸水が長期化する。



図－4 対策前の状態における発生頻度の高い津波（L1津波）による浸水予測図

※東南海・南海（2003年中央防災会議、M8.6）を対象とした四国地方整備局による浸水予測図（2011年）

※河川堤防は液状化対策済みとし広域的な地盤沈下のみ考慮している。

[注意事項] 上記シミュレーションは、河川堤防等の液状化対策や施設整備の進捗状況が、高知県や高知市が公表している津波浸水予測図、防災マップと異なる。また、浸水域は局所的な地面の凹凸や建築物の影響などにより、浸水区域外でも浸水が発生する場合がある。

3. 高知港における地震・津波対策の方向性

高知港における地震津波防護の対策は、避難対策などのソフト対策とともに、防潮堤などの整備等のハード対策を総合的に推進していくことが重要である。

この前提の下で、高知県及び国土交通省四国地方整備局が連携してハード対策に係る検討を行い、①高知新港の第一線防波堤、②浦戸湾外縁部・湾口部の防波堤や防潮堤、③浦戸湾内部護岸等の改良や耐震補強等を行い、3つのラインで津波から防護する「三重防護」により被害を軽減することが有効であるとの考え方をとりまとめた^{※4}。概要は図-5に示すとおりである。

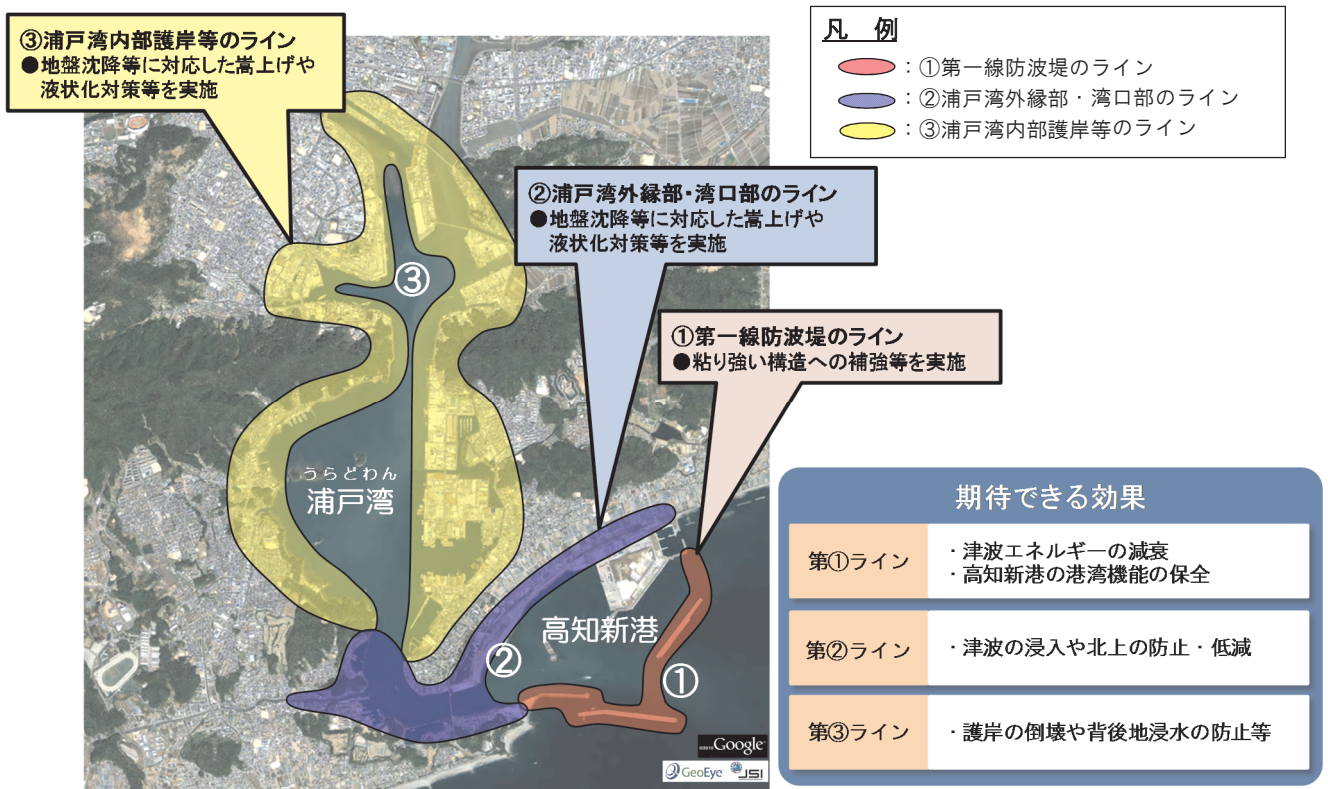


図-5 高知港における三重防護の概要

※4：高知県及び国土交通省四国地方整備局において、H25.6.13に「高知港における地震津波防護の対策方針案」として公表（検討成果による修正分を含む）

Ⅱ. 高知港における地震・津波対策の概要

1. 対策案の概要

1-1. 地震津波防護対策の立案

対策方針案における三重防護の考え方をもとに、「最大クラスの津波（L2津波）」の襲来も想定しつつ、「発生頻度の高い津波（L1津波）」に対して、港湾及び背後地を効率的・効果的に防護するための対策について、平成25年11月に、学識経験者、国、県、市の行政関係者による「高知港における地震津波防護の対策検討会議」（以下、「対策検討会議」という。）を設置し、防護効果が期待できる対策を4つ立案し防災、減災効果の検討を行うこととした。

表-2及び図-6に立案した対策案の概要等を示す。

表-2 対策案の概要

対策案	防波堤（新設）	高知新港の第一線防波堤	浦戸湾外縁部防潮堤	浦戸湾内部護岸等
湾口部固定式案	湾口部に固定式構造物を設置	延伸、嵩上げ、粘り強い構造への改良	液状化対策、L1津波対応嵩上げ、粘り強い構造への改良	液状化対策、L1津波対応嵩上げ、粘り強い構造への改良
孕地区固定式案	孕地区に固定式構造物を設置			
湾口部・孕地区固定式案	湾口部と孕地区に固定式構造物を設置			液状化対策、粘り強い構造への改良
湾口部可動式案	湾口部に可動式防波堤を設置			

湾口部固定式案



孕地区固定式案



湾口部・孕地区固定式案



湾口部可動式案



※ 第一線防波堤の嵩上げについては、別途地震時の地盤沈下量を求め、地震後においても港内の静穏度を確保するのに必要な高さに事前対策するものとした。なお、河川堤防については、液状化対策済みとして設定し、地殻変動による沈降量のみを考慮した。

図一 6 対策案の概略図

1-2. 対策案の評価・選定

1) 地震津波に対する防護効果・効果発現の確実性の評価

立案した4つの対策案における防護効果や効果発現の確実性について、津波シミュレーションによる検討の結果、湾口部可動式案は、湾口部や孕地区への固定式構造物を設置する案と比較して、とりわけL2津波に対する減災効果が小さく、残る3つの対策案については、顕著な差が見られない結果となった。

対策検討会議では、これら検討結果をふまえ、平成26年5月20日、「地震・津波防護対策計画方針」（以下、「計画方針」という。）をとりまとめた。

計画方針では、L2津波に対する防護効果が劣る湾口部可動式案の採用を見送ることとし、残る3つの対策案については、固定式構造物の設置箇所や構造等について、費用対効果、河川、湾内環境や船舶の航行への影響等を検討のうえ、総合的に勘案して決定するものとした。

表-3及び図-7に対策案の比較評価、計画方針を示す。

表-3 対策案の比較評価①

		三重防護未対策時	①湾口部固定式案	②孕地区固定式案	③湾口部・孕地区固定式案	④湾口部可動式案
L1津波 浸水面積 【堤内地のみ】		1,600ha	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)
L2津波 浸水面積 【堤内地のみ】		3,300ha	2,500ha (800ha減)	2,500ha (800ha減)	2,200ha (1,100ha減)	3,000ha (300ha減)
L2津波 浸水深 30cm以上 【逃げ遅れると避難 行動が不可能】	浸水面積 【堤内地のみ】	3,200ha	2,300ha (900ha減)	2,300ha (900ha減)	2,000ha (1,200ha減)	2,900ha (300ha減)
	浸水深30cm 到達時刻 【湾口付近】	30～40分	(遅延効果：5分)	(遅延効果：5分)	(遅延効果：5分)	(遅延効果：5分)
	浸水深30cm 到達時刻 【湾奥付近】	30～40分	(遅延効果：90分)	(遅延効果：180分)	(遅延効果：250分)	(遅延効果：80分)
評 価			<ul style="list-style-type: none"> ・L2津波に対する減災効果は、案①～③とも案④より大きく、また、案①～③については、顕著な差が見られない。このため、今後、費用対効果等について詳細に検討していく必要がある。 ・孕に構造物を設置する場合には、船舶の航行や河川・湾内環境への影響等について、十分な検討を行う必要がある。 			<ul style="list-style-type: none"> ・浦戸湾内においては、L1津波対応のための内部護岸等の嵩上げを行わないことから、外縁部防潮堤等乗り越えるL2津波に対しては、減災効果が他の案より小さい。 ・なお、可動式防波堤については、L2津波を引き起こす大規模地震が発生した場合でも確実に浮上し、減災効果を発揮できるようにする必要がある。

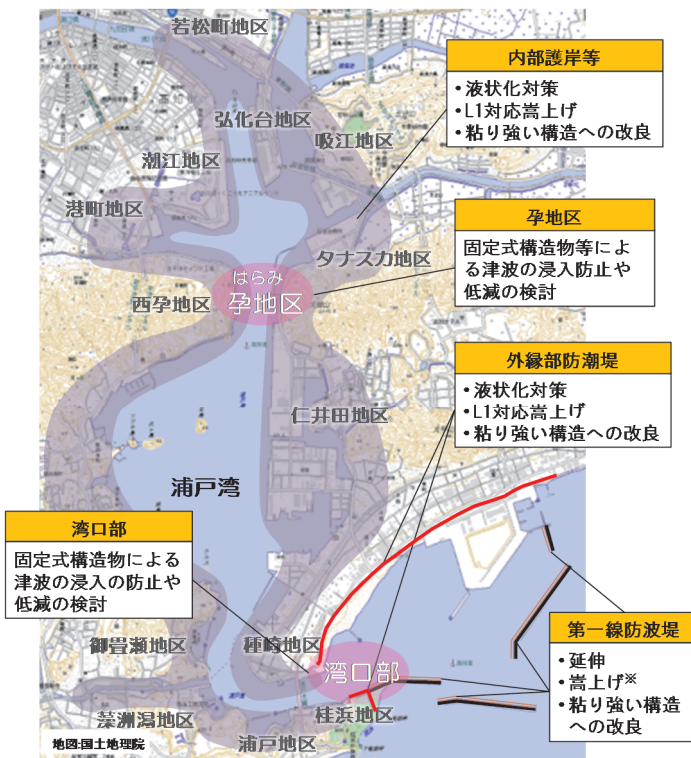
※上表は、第2回 高知港における地震津波防護の対策検討会議（高知県・四国地方整備局 平成26年5月20日）の資料を基に一部を修正。

※（ ）書は、未対策時を基本とした防護効果を示す。

※上表のシミュレーションによる検討結果は、津波防護効果を比較検討するためのものであり、河川堤防等の液状化対策や施設整備の進捗状況が、高知県や高知市が公表している津波浸水予測図、防災マップと異なる。

※実際に地震津波が発生した場合の避難行動については、津波ハザードマップ（高知市）を参照してください。

- 平成25年6月に公表した「三重防護^{※1}」の考え方にに基づき、防災^{※2}・減災^{※3}対策を行う。
- ※1三重防護：①高知新港の防波堤、②浦戸湾外縁部・湾口部の防波堤や防潮堤、③浦戸湾内部護岸等の改良、補強等を行うことにより、津波からの防護を重層的に行うもの
- ※2防災：堤内地（津波防護ラインより陸側）への津波の浸入を防ぐ
- ※3減災：できる限り浸水深や浸水面積を低減するとともに、津波到達時刻の遅延を図る
- 海岸保全施設の整備にあたっては、これまでの中央防災会議等での議論を踏まえ、発生頻度の高い津波（L1）に対しては、津波防護ラインより陸側への津波の浸入を防ぐとともに、最大クラスの津波（L2）に対しては、浸水面積や浸水深の低減、津波到達時刻の遅延等の減災対策を図る。
- 湾口部への可動式防波堤設置案については、湾口部や孕地区への固定式防波堤の設置案と比較して、とりわけL2津波に対する防護効果が劣ることから、今回は採用を見送る。なお、固定式防波堤の設置箇所や構造等については、今後、費用対効果、船舶の航行や河川・湾内環境への影響等を総合的に勘案して決定する。



※ 第一線防波堤の高上げについては、別途地震時の地盤沈下量を求め、地震後においても港内の静穏度を確保するのに必要な高さに事前対策する。

図一 7 地震・津波防護対策計画方針（平成26年5月20日公表）

2) 周辺環境への影響、経済性を踏まえた評価

計画方針にて選定した3つの対策案については、固定式構造物の設置による浦戸湾に流入する河川や浦戸湾内の水質等の環境に与える影響、航路を航行する船舶への影響を予測シミュレーション等により検証・確認するとともに、経済性を総合的に検討した結果、「湾口部固定式案」に決定した。

表－4に各対策案の比較評価を示す。

表－4 対策案の比較評価②

		①湾口部固定式案	②孕固定式案	③湾口部・孕固定式案	
L1津波 浸水面積【堤内地のみ】		0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	
L2津波 浸水面積【堤内地のみ】		2,500ha (800ha減)	2,500ha (800ha減)	<u>2,200ha (1,100ha減)</u>	
河川流下への影響	越流の有無		無し	無し	
	河川管理者の意見：過去から河川氾濫による洪水被害が多い地域であるため、大量出水と高潮の同時生起等を想定した場合など、治水上の観点から河川流下への影響が少ない「①湾口部固定式案」が最も望ましい。				
	水位変化	1/50降雨	+9cm程度	+30cm程度	+40cm程度
		高潮	+4cm程度	+10cm程度	+15cm程度
湾内環境への影響 (変化量・変化率)	(参考) 浦戸湾観測値の 夏季5年平均 水温：26.0℃ 塩分：23.3psu COD：3.16mg/l DO：7.01mg/l TN：0.51mg/l TP：0.06mg/l	潮流	+10cm/s程度	+12cm/s程度	+11cm/s程度
		平均流	-2cm/s程度	+3cm/s程度	+3cm/s程度
		水温	+0.05℃未満(0.2%)	±0.1℃程度(0.4%)	±0.2℃程度(0.8%)
		塩分	-0.6psu程度(2.6%)	-3.8psu程度(16.3%)	-4.3psu程度(18.5%)
		COD	+0.03mg/l程度(0.9%)	+0.08mg/l程度(2.5%)	+0.10mg/l程度(3.2%)
		DO	-0.07mg/l程度(1.0%)	-0.01mg/l程度(0.1%)	-0.09mg/l程度(1.3%)
		TN	+0.002mg/l程度(0.4%)	+0.04mg/l程度(7.8%)	+0.05mg/l程度(9.8%)
		TP	+0.001mg/l未満(1.7%)	+0.001mg/l未満(1.7%)	+0.001mg/l未満(1.7%)
生態系への影響(塩分濃度) ノギリガザミ類を例とした 生息環境：5～30psu		・生息環境の範囲内 (28.8psu程度)	・生息環境の範囲内 (25.4psu程度)	・生息環境の範囲内 (24.9psu程度)	
航行船舶への影響		・湾口部においては、大型船舶は航行管制対象となるため、影響はない。 他方、小型船舶は、航行管制対象ではないため、影響があり得る。	・孕においては、航行管制区域ではないことに加え、船舶航行の動線が軽轆するため、大型船舶、小型船舶ともに影響が大きい。	・湾口部においては、大型船舶は航行管制対象となるため、影響はない。 他方、小型船舶は、航行管制対象ではないことに加え、船舶航行の動線が軽轆するため、大型船舶、小型船舶ともに影響が大きい。	
概算費用(対策案①との差額)		<u>1.0</u>	1.0(+5億円程度)	1.0(+10億円程度)	

比較評価において最も重要と考える河川流下への影響が少ないことに加え、湾内環境・航行船舶への影響や経済性等についても他案に比べ有利である「①湾口部固定式案」による整備が妥当である。

※上表は、第4回 高知港における地震津波防護の対策検討会議(高知県・四国地方整備局 平成27年3月10日)の資料を基に一部表現を修正。

2. 背後地域の重要性と被害想定

高知港が位置する高知市は、県全体の約45%の人口が集中しており、特に浦戸湾周辺には、行政機関、学校および病院などの公共施設が多数立地している。

また、県内唯一の石油備蓄基地や製造・造船などの民間企業が多数立地し、県内の経済の中心である。このため、道路、港湾、さらにはJRや路面電車などの交通網も発達しており、当該地域は高知県における行政・産業・交通の要所となっている。

表一 5 各種指標における県内での高知市が占める割合

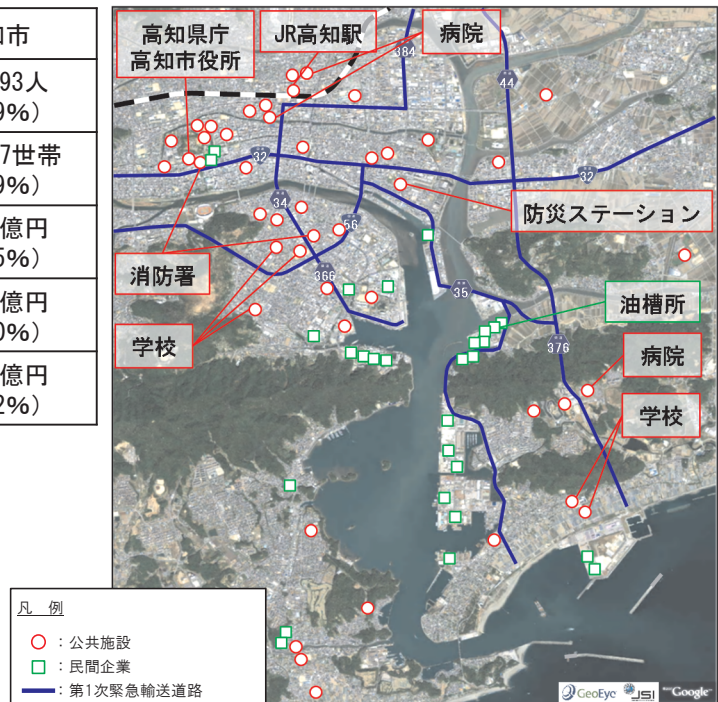
	高知県	高知市
人口※1	764,456人	343,393人 (44.9%)
世帯数※1	321,909世帯	150,857世帯 (46.9%)
製造品出荷額※2	5,218億円	1,485億円 (28.5%)
卸売販売額※3	7,608億円	5,806億円 (77.0%)
小売販売額※3	6,738億円	3,587億円 (53.2%)

※1 平成22年国勢調査による。

※2 平成25年工業統計調査による。

※3 平成26年商業統計調査による。

※4 () は、高知県に占める高知市の割合。



図一 8 背後地域における公共施設及び民間企業の分布

県人口が集中し、社会・経済基盤が集積する高知市において、南海トラフを震源とする地震、津波により、広範囲かつ長期的な浸水被害が予測される。

表一 6 に対策検討会議における津波シミュレーション結果をもとに算出した被害想定を示す。

表一 6 L1津波及びL2津波における被害想定

被害想定	浸水面積	被害人口	被害戸数	被害資産
L1津波	1,600ha	7.7万人	3.7万戸	1.9兆円
L2津波	3,300ha	11.9万人	5.5万戸	3.0兆円

3. 津波防護効果

三重防護による地震・津波対策の実施により、発生頻度の高い津波（L1津波）に対しては、背後地への津波浸入を防ぎ、国、県、市の行政・防災活動や緊急輸送道路などの機能を維持し、迅速な復旧・復興活動が可能となる。

浸水区域内の人口や都市・産業集積、防災拠点・機能など地域の重要度などを踏まえた効率的・効果的な整備とソフト対策を含め一体となった対応により、より多くの人命・財産を守ることができる。

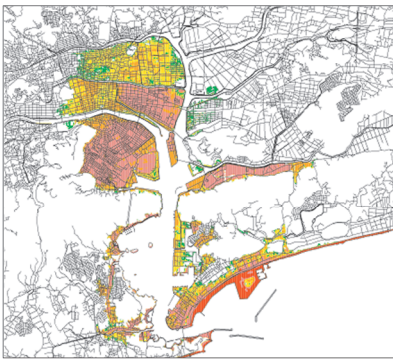
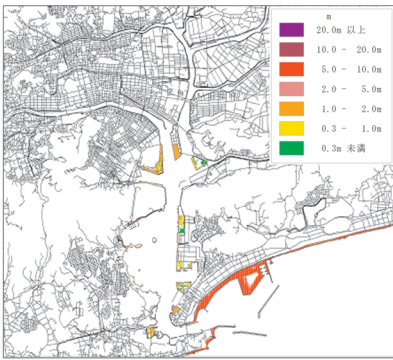
施設の粘り強い構造への改良により、津波が施設を越流した場合でも、防護効果が粘り強く発揮されることにより、最大クラスの津波（L2津波）が襲来した場合においても、できる限り浸水面積や浸水深を低減するとともに、津波到達時間の遅延等を図ることができる。また、施設の全壊や損壊を軽減でき、港湾機能等の迅速な復旧が可能となる。

1) 発生頻度の高い津波（L1津波）に対する防護効果（防災）の推計

1-2. 2) で決定した三重防護による地震・津波対策の防護効果（防災）について、津波シミュレーション結果をもとに各指標の推計を行った。

以下に津波シミュレーション条件、各指標の推計等を示す。

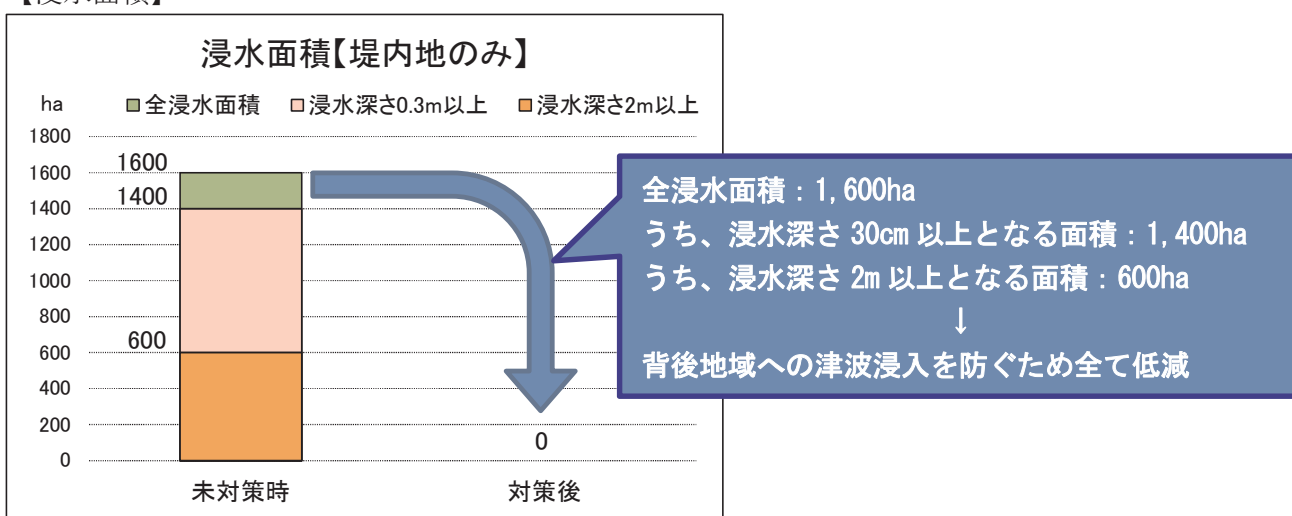
表-7 発生頻度の高い津波（L1津波）の津波シミュレーション条件・結果

		未対策時	三重防護による対策実施後
浸水面積 【堤内地のみ】		1,600 ha	0 ha（1,600ha低減）
発生頻度の高い津波(L1津波)を対象としたシミュレーションによる浸水図 ※対策後に浸水している箇所は防潮堤等の海側である。			
シミュレーション条件	共通	<ul style="list-style-type: none"> 発生頻度の高い津波(L1津波)は、「東南海・南海地震(2連動, M8.6)」を対象としている。 地震動に伴う広域的な地盤沈下(1.9~2.0m程度)を考慮している。 	
	河川及び隣接海岸	<ul style="list-style-type: none"> 液状化対策を実施済みとし、津波が堤防を越えた場合でも倒壊しない条件としている。 施設天端高さについては現況高さとしている。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化対策を実施済みとしている。 施設天端高さについては、L1津波に対応した天端高さとしている。
	高知港海岸	<ul style="list-style-type: none"> 第1ライン~第3ラインとも三重防護は未対策とし、地震動や津波が堤防を越えた場合は倒壊する条件としている。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1ライン~第3ラインの三重防護対策は実施済みとし、第1ラインは防波堤の延伸、嵩上げ、粘り強い構造への改良により、地震動や津波が堤防を越えた場合でも倒壊しない条件としている。 第2~第3ラインは堤防等は液状化対策、L1津波に対応した天端高さへの嵩上げ、粘り強い構造への改良により、地震動や津波により倒壊せず、背後へ浸水させない条件としている。
注意事項		<ul style="list-style-type: none"> 上記のシミュレーション結果は、津波防護効果を比較検討するためのものであり、河川堤防等の液状化対策や施設整備の進捗状況が、高知県や高知市が公表している津波浸水予測図、防災マップと異なる。 浸水域や浸水深は、局所的な地面の凹凸や建築物の影響などにより、浸水域外でも浸水が発生したり、浸水深がさらに大きくなる場合がある。 未対策時における地盤高さは、H24.3高知県測量データを使用。 	

【防護効果（防災）】

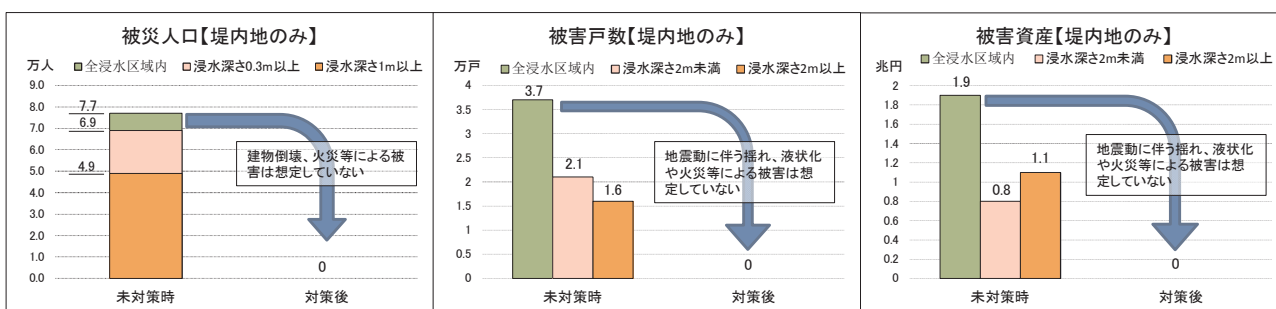
- ・三重防護による地震・津波対策の実施により、背後地域への津波浸入を防ぐことで、浸水区域内における多くの人命・財産、経済基盤を守ることができる。
- ・浸水を防護することで、発災時の国、県、市の行政・防災機能の維持やエネルギー供給拠点の機能確保が可能となる。また、国道や鉄道などの主要交通施設の機能を維持し、それを利用した物流の継続により災害時における迅速な復旧活動等が可能となる。
- ・背後地域における経済・産業機能が受ける被害リスクを低減することができる。

【浸水面積】



※浸水面積は累計

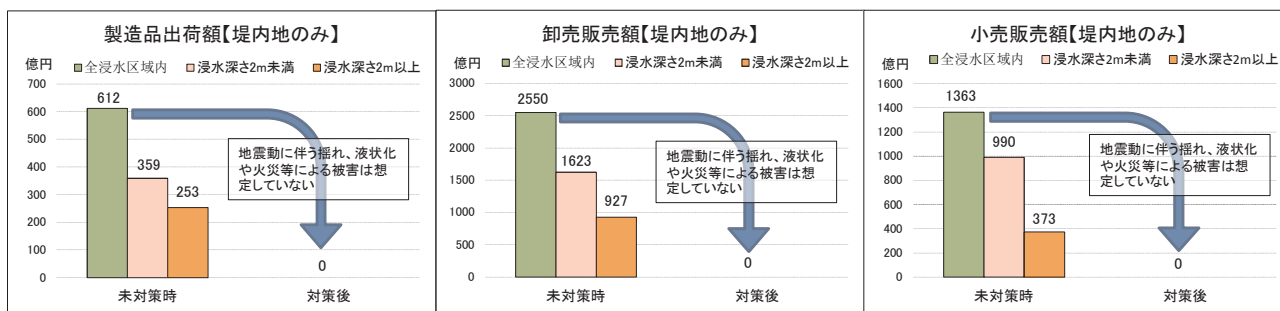
【被害人口、被害戸数、被害資産】（参考）



※被災人口は累計

浸水区域内（堤内地のみ）における多くの人口（7.7万人）、戸数（3.7戸）、資産（1.9兆円）が受ける被害を全て低減

【製造品出荷額、卸売販売額、小売販売額】（参考）



浸水区域内（堤内地のみ）における多くの経済・産業基盤（製造品出荷額 612 億円、卸売販売額 2,550 億円、小売販売額 1,363 億円）が受ける被害を全て低減

【注意事項】

- 各指標の推計については、津波シミュレーション結果をもとに「堤内地」の浸水区域のみ算出している。
- 被害人口、被害戸数、被害資産、製造品出荷額、卸売・小売販売額の推計については、浸水区域内（堤内地のみ）において、各統計調査データを用い推計している。
- また、災害発生時刻、建物の耐震化や津波避難ビルなどへの避難は考慮しておらず、津波により浸水する区域内の人口、戸数、資産など、浸水高さに応じて積み上げ算出している。

2) 最大クラスの津波（L2津波）に対する防護効果（減災）の推計

発生頻度の高い津波（L1津波）に対応した地震・津波対策のハード整備により、最大クラスの津波が襲来した場合の津波シミュレーション結果については、表－8に示すとおり浸水面積や浸水深さを低減し、津波到達時間を遅らせ避難時間を稼ぐことで被害を可能な限り小さくする減災効果がある。

しかし、津波シミュレーションについては、「津波が防潮堤などを越えると同時に施設は倒壊する」条件としており、施設が実際に倒壊する条件を十分に再現できておらず、また、粘り強い構造への改良による効果も考慮していない。

したがって、今後、津波に対する施設の粘り強さも考慮するなど、よりの確な津波シミュレーションを検討していく。

表－8 最大クラスの津波（L2津波）の津波シミュレーション結果（再掲）

		三重防護 未対策時	三重防護による 対策実施後
L2津波 浸水面積【堤内地のみ】		3,300ha	2,500ha (800ha減)
L2津波 浸水深30cm以上 【逃げ遅れると避難行動が不可能】	浸水面積 【堤内地のみ】	3,200ha	2,300ha (900ha減)
	浸水深30cm 到達時刻 【湾口付近】	30～40分	(遅延効果：5分)
	浸水深30cm 到達時刻 【湾奥付近】	30～40分	(遅延効果：90分)

※上表は、第2回 高知港における地震津波防護の対策検討会議（高知県・四国地方整備局 平成26年5月20日）の資料を基に一部を修正。

※（ ）書は、未対策時を基本とした防護効果を示す。

※上表のシミュレーションによる検討結果については、「津波が防潮堤などを越えると同時に施設は倒壊する」条件としている。今後、施設が倒壊する条件などを考慮したシミュレーション検討により減災効果は上表と異なる場合がある。

※上表のシミュレーションによる検討結果は、津波防護効果を比較検討するためのものであり、河川堤防等の液状化対策や施設整備の進捗状況が、高知県や高知市が公表している津波浸水予測図、防災マップと異なる。

※実際に地震津波が発生した場合の避難行動については、津波ハザードマップ（高知市）を参照してください。

4. 地震・津波対策施設整備の考え方

4-1. 施設の嵩上げの考え方

高知港の既存護岸等は、南海トラフを震源とする地震が発生した場合、地殻変動に伴い、広域にわたって地盤沈降するとともに、護岸等が液状化現象により倒壊することで、襲来する津波に対し天端高さが不足するとともに満潮位を下回る状態となり、広範囲にわたって浸水被害が発生、長期化すると予測されている。

このため、図-9に示すとおり、護岸等の高さは、発生頻度の高い津波（L1津波）を対象とした、シミュレーションによる津波水位に対して、沈降量を考慮のうえ浸水を許容しない高さに嵩上げを行うことを原則とし実施する。

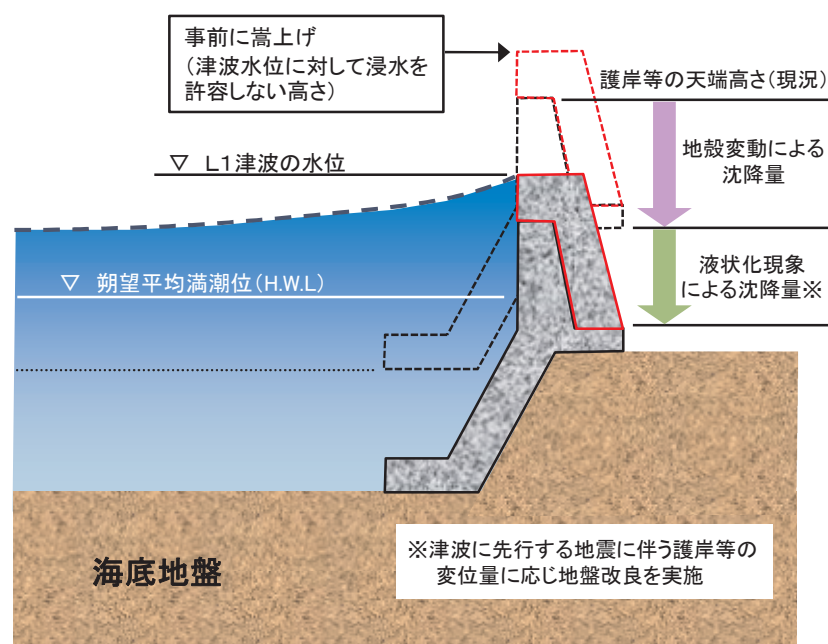


図-9 津波水位と護岸等の整備高さ（嵩上げ高さ）のイメージ

4-2. その他の考え方

地震・津波対策施設整備にあたっては、施設の嵩上げのほか、既設護岸等の変位状況や地盤特性に応じた耐震補強対策、L1津波を越える規模の津波が襲来した場合であっても、粘り強く減災効果を発揮できる構造上の工夫、経済的な対策を実施する必要がある。

ただし、これら対策については以下に示す対策の考え方をもとに、今後の現地調査、詳細な対策断面等の検討をしたうえで、効果的・効率的かつ経済的な施設整備を実施していくものである。

1) 施設の耐震補強対策の考え方

津波に先行する地震動に伴う地盤の液状化により、護岸等の水平及び鉛直変位が大きく、護岸等の倒壊や目地開きが発生するなど、防護施設として機能しない場合には、壁厚の増大、鋼管杭等による堤体補強、液状化対策など、今後の現地調査、詳細な対策断面を検討したうえで、護岸等の変位状況、地盤特性に応じた耐震補強対策の実施を検討する。

2) L1津波を超える規模の津波が襲来した場合の減災の考え方

護岸等の改良にあたっては、東北地方太平洋沖地震を教訓とした、L1津波を超える規模の津波が襲来した場合であっても、津波の波力や越流等により津波からの防護機能が可能な限り損なわれないよう、粘り強く減災効果を発揮できる構造上の工夫を施す必要性がある。

この粘り強い構造については、平成25年11月に、設計するための基本的な考え方をとりまとめた、「港湾における防潮堤（胸壁）の耐津波設計ガイドライン」（以下、「耐津波ガイドライン」という。）が示されている。

高知港における地震・津波対策では、この耐津波ガイドラインを参考に、護岸等の形状・構造形式、背後施設の立地や利用面などを考慮し、現地状況に応じた粘り強い構造への改良の実施を検討する。

ただし、粘り強い構造については、被災要因分析や水理模型実験、あるいは災害復旧事業での設計などの各検討、研究が進められており、今後新たな知見、技術開発の進展を踏まえつつ、最も効果的な工夫を施していく。

3) 経済的な対策の実施に係る検討

浦戸湾の外縁部防潮堤や内部護岸等の地震津波対策については、広域かつ大規模な整備となるため、効率的かつ経済的な整備が必要である。

地震・津波対策の検討にあたっては、広域に渡り護岸等の改良を行うより、河川や水路等に水門を設置することで、水門内側の護岸等における整備水準や整備延長を減らし、効率的・効果的な整備が有効と考えられる箇所については、水門の設置についても検討を行う。

ただし、水門内側の護岸等については、津波に先行して発生する地震による変位により、朔望平均満潮位を下回らない天端高さの確保、目地開きを考慮した壁厚の増大等の対策を施し、背後地域の長期浸水の発生を防ぐ。