

大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会

尼崎西宮芦屋港部会 とりまとめ

1. 尼崎西宮芦屋港部会の概要
2. 気象・海象の状況
3. 施設被害の状況
4. 浸水被害の状況
5. 浸水原因の究明
6. 高潮対策の見直し
7. 浸水地区対策
8. 避難・水防活動につながる情報発信の強化
9. 今後の高潮対策

兵庫県

平成31年 3月

1. 尼崎西宮芦屋港部会の概要

1. 背景

- 平成30年9月4日に近畿地方をおそった台風第21号は、昭和36年の第二室戸台風の進路とほぼ同様のコースを通過し、大阪湾の港湾や沿岸部においては、既往最大の潮位、風速、波浪を観測した。
- 尼崎西宮芦屋港沿岸では、港湾・海岸施設等の被害に加え、防潮堤等よりも陸側（堤内地）の住宅地等において浸水被害が発生した。また、県管理河川沿川でも、高潮による浸水被害が発生した。
- 県が管理する検潮所では、既往最高潮位を超える潮位を記録したものの設計高潮位は超えていないことから、想定を超える高波等の影響があったと考えられた。
- このため、本台風による浸水原因を究明し、原因を踏まえた高潮対策の見直しを行うことが急務となった。

	台風第21号 (観測値)	既往最高潮位 (第二室戸台風)	設計高潮位
尼崎観測所	T.P.+3.53m	T.P.+2.96m	尼崎地区:T.P.+3.9m
西宮観測所	T.P.+3.24m	T.P.+2.64m	西宮・芦屋地区:T.P.+3.6m

2. 実施方針

- 台風第21号では過去最高潮位を記録した潮位や暴風による高波等により、尼崎西宮芦屋港沿岸等で浸水被害が発生したことから、被害状況の把握、高潮・高波の発生メカニズムの検証による被災原因究明及び避難支援対策等の検証を行い、ハード・ソフト面での高潮対策を見直す必要がある。
- このため、国土交通省や関係自治体等とも連携し「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」の下に、学識経験者や専門機関などからなる本部会を設置し、以下の検討を行った。

検討項目	①被災状況の把握 ②浸水原因の究明 ③高潮対策の見直し ④今後の高潮対策
------	---

3. 委員構成

委員長	青木 伸一	[大阪大学大学院工学研究科教授]
委員	神田 佳一	[明石工業高等専門学校都市システム工学科教授]
	紅谷 昇平	[兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科准教授]
	國田 淳	[国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部長]
	河合 弘泰	[国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所海洋情報・津波研究領域長]
	部田 安富	[気象庁神戸地方気象台観測予報管理官]

4. 開催経緯

尼崎西宮芦屋港部会	開催日	議事内容
第1回	平成30年10月11日	<ul style="list-style-type: none"> ・大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会（尼崎西宮芦屋港部会）の設置について ・台風第21号の気象・海象の状況について ・被害の状況について ・今後の検討内容について
第2回	平成30年12月26日	<ul style="list-style-type: none"> ・潮位・高波再現シミュレーションについて ・高潮対策案の検討について ・避難情報、水防体制等の検討について ・高潮浸水想定の見直しについて
第3回	平成31年2月15日	<ul style="list-style-type: none"> ・避難情報、水防体制等の検討について ・高潮浸水想定の見直しについて ・尼崎西宮芦屋港部会のとりまとめ（案）について

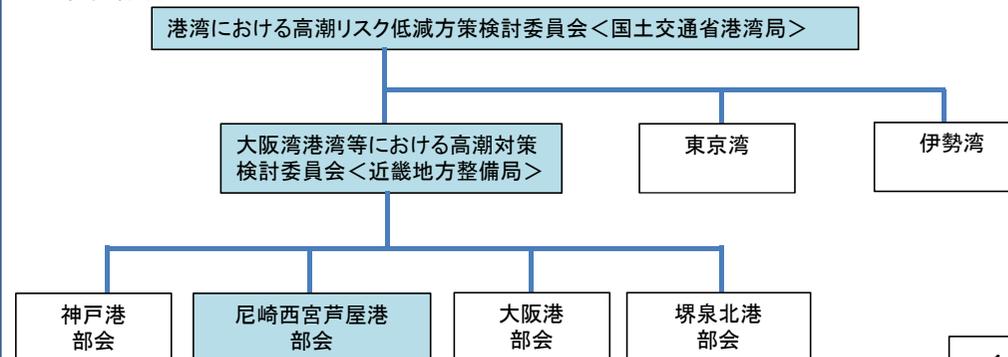


第1回部会開催状況



第3回部会開催状況

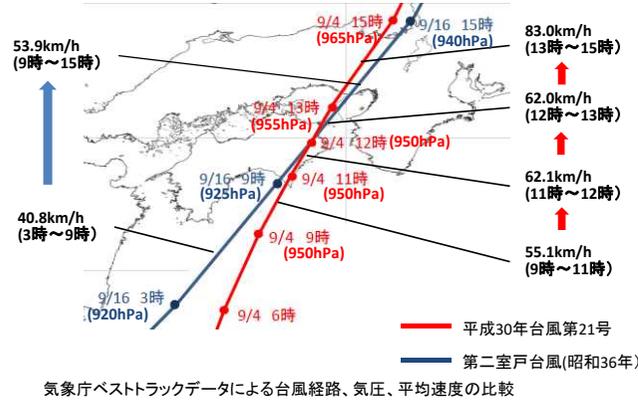
5. 検討体制



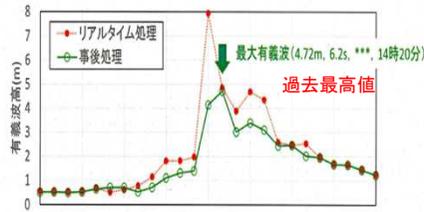
1. 台風第21号の特徴

台風第21号は、①非常に強い勢力で接近したこと、②大阪湾の西側を縦断した第二室戸台風と酷似した進路だったこと、③時速約55～65kmという比較的速いスピードで接近し、速度を上げながら通過したことから、台風接近前後で、急激に風が強まり、過去の風速の記録を更新するとともに、強風による吹き寄せによって、大阪湾を中心に記録的な高潮・高波をもたらした。

台風第21号と第二室戸台風(昭和36年)の比較



神戸波浪観測所(ナウファス)の最大有義波高



風速 期間内最大値(9月3日～5日)

	風速(m/s)	瞬間風速(m/s)
高知県室戸市	48.2	55.3
大阪府田尻町(関西空港)	46.5	58.1
和歌山県和歌山市	42.9	57.4
兵庫県神戸市	34.6	45.3
徳島県美波町	34.6	50.3
和歌山県白浜町(南紀白浜空港)	33.4	45.8
愛知県常滑市(中部空港)	31.5	46.3
大阪府熊取町	26.8	51.2

※風速30m/s以上 又は 瞬間風速50m/s 以上を記載
赤字は観測史上最高値

台風第21号により過去最高潮位を観測した地点

地点	最高潮位(標高)
大阪	329cm※1
神戸	233cm※1
尼崎	353cm※2
西宮	324cm※3
御坊	316cm※1
白浜	164cm※1
串本	173cm※1
阿波由岐	203cm※1



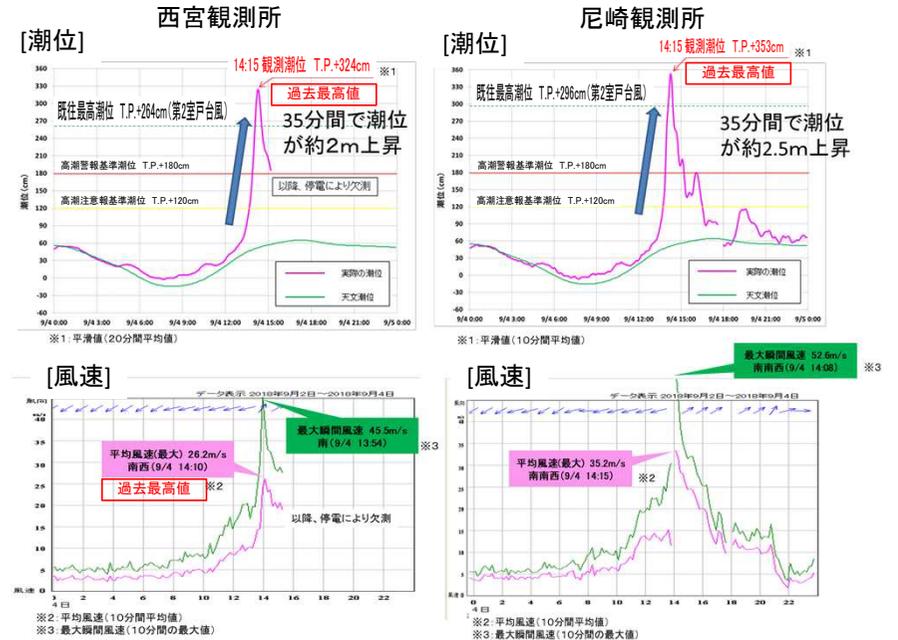
※1 波浪等の短周期成分を除いた3分平均値
※2 波浪等の短周期成分を除いた10分平均値
※3 波浪等の短周期成分を除いた20分平均値

3. 尼崎西宮芦屋港の状況

西宮観測所では、潮位、平均風速とも過去最高記録を記録し、尼崎観測所では、潮位は過去最高潮位を記録、平均風速についても過去最大風速(36.8m/s)に迫る風速を記録した。また、西宮観測所、尼崎観測所とも35分間で2m以上の急激な潮位上昇を観測した。

高波については、波浪推算の結果から現行の外力条件(50年確率波)※を大きく上回る沖波が発生した。

※4.07m(周期 8.0s、波向 ssw)[波向き別の最大値]



2. 四大台風との比較

過去に大阪湾等で甚大な被害をもたらした四大台風と比較して、最低気圧、最大風速とも同規模レベルの数値を記録した。

<大阪における観測記録>
(第2回尼崎西宮芦屋港部会資料より)

	室戸台風	ジーン台風	伊勢湾台風	第2室戸台風	台風21号
年月	昭和9年 9月21日	昭和25年 9月3日	昭和34年 9月26日	昭和36年 9月16日	平成30年 9月4日
最低海面気圧(hPa)	954.3 (715.8mmHg)	970.0	956.1	937.0	962.4
最大風速(m/s) ※1	40以上 (測風塔倒壊)	28.1	19.9	33.3	27.3
最大瞬間風速(m/sec)	60以上 (測風塔倒壊)	44.7	27.4	50.6	47.4
最高潮位(m) ※2	OP+4.19 OP+4.50(推定)	OP+3.85	OP+2.54	OP+4.12 (TP+2.93)	OP+4.59 (TP+3.29) ※3
偏差(cm)	2.92(推定)	2.37	0.83	2.45	2.77

※1: 観測時刻の前10分間の平均値
※2: 平滑値(1996年以前は手作業でデータ処理)
※3: 波浪等の短周期成分を除いた3分平均値



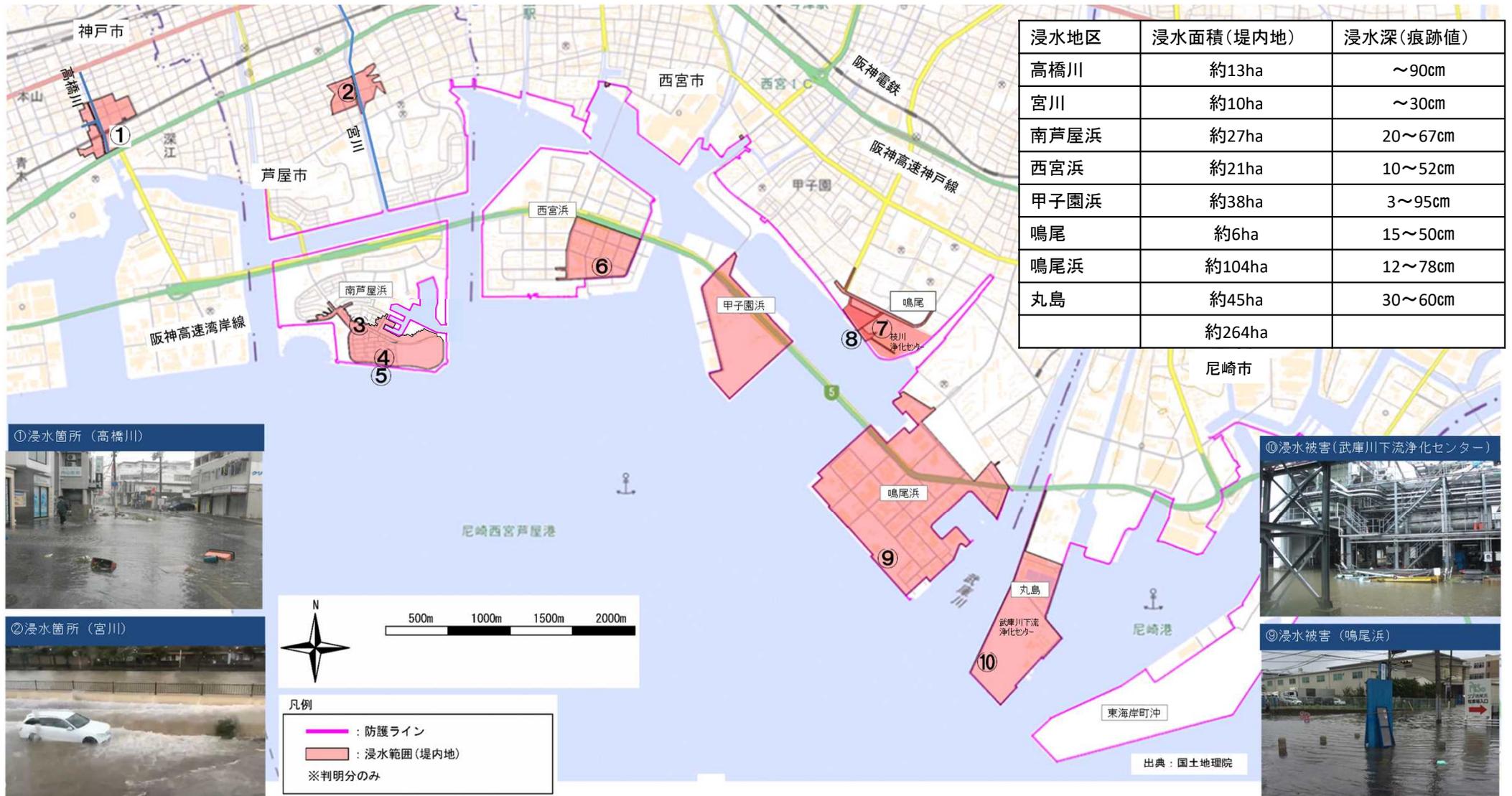
大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会尼崎西宮芦屋港部会 3. 施設被害の状況



		被害概要(主な施設)
公共施設	海岸保全施設	防潮堤・護岸損壊(甲子園浜、枝川町、芦屋浜) 陸間損壊(西宮浜) 防護柵倒壊(南芦屋浜)
	港湾施設	防波堤損壊(西宮浜) 浮き棧橋損壊(西宮浜) ソーラスフェンス倒壊(鳴尾浜)
	下水施設	武庫川下流浄化センター等(丸島) 枝川浄化センター(枝川町)【西宮市】 甲子園浜浄化センター(甲子園浜)【西宮市】
	その他	県道芦屋鳴尾線橋桁損壊(甲子園浜) 魚つり公園(丸島)【尼崎市】 南緑地【芦屋市】
民間施設	ふ頭施設	上屋被害(西宮浜、甲子園浜、鳴尾浜) クレーン(仮置き)倒壊
	その他	車両火災・浸水等(甲子園浜、東海岸町) 消波ブロック損壊(末広) リソ鳴尾浜(鳴尾浜) 民間マリーナ(神戸マリーナ、西宮マリーナ等)



■ : 公共施設
■ : 民間施設
 出典：国土地理院



① 浸水箇所 (高橋川)



② 浸水箇所 (宮川)



③ 浸水箇所 (南芦屋浜)



④ 浸水映像 (南芦屋浜)



⑤ 越波映像 (南芦屋浜)



⑥ 浸水映像 (西宮浜)



⑦ 浸水被害 (枝川浄化センター)



⑧ 越波映像 (枝川浄化センター)



⑩ 浸水被害(武庫川下流浄化センター)



⑨ 浸水被害 (鳴尾浜)



1. 潮位・高波再現シミュレーション

(1) 海岸における再現性の確認及び浸水原因の究明

[浸水シミュレーションの再現性の確認]

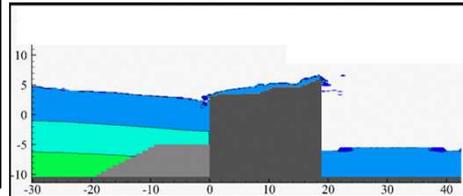
- ①時系列変化を考慮した防潮堤背後への越波流量等から堤内地への流入量を算定する。越波流量の算定は、CADMAS-SURF及び合田の越波流量算定図より算定する。
- ②流入量をもとに浸水シミュレーションを実施し、最大浸水深分布図を作成する。
- ③浸水実績図や浸水深（痕跡値）と比較し、再現性を確認する。

[浸水原因の究明]

- ④浸水シミュレーション結果や現地調査結果等から浸水原因を分類する。
- ⑤検証する箇所は、沿岸部の堤内地で主な浸水が確認された6地区とする

CADMAS-SURFの特徴

- ・断面二次元の数値波動水路。
- ・海底斜面や消波構造物等、複雑な形状を解析対象にできる。
- ・沖合からの波浪を入力条件として、水深変化による浅水変形、構造物周辺での碎波、越波現象を精度よく再現可能。



CADMAS-SURF計算結果例

越流による浸水	潮位が防潮堤・護岸等を越えて、浸水
越波による浸水	潮位は防潮堤等を越えていないが、高波により波が防潮堤等を越えて、浸水
内水による浸水	降雨による湛水、外潮位が高く内水の排水ができないことによる浸水等
その他要因による浸水	

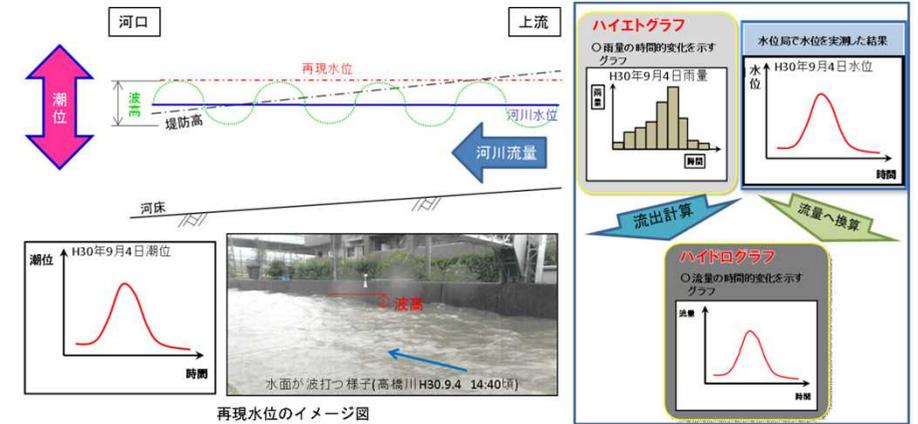
浸水原因の分類



浸水シミュレーション実施箇所

(2) 河川における再現性の確認及び浸水原因の究明

- ①河川流量（ハイドログラフ）は実績雨量による河川の流出計算結果、もしくは実績水位からの換算値とする。
- ②河口に潮位の時系列値を、河川上流端には上記河川流量を与え、一次元不定流計算を実施し、河川水位を算出する。（河道からの溢水は考慮しない）
- ③波浪変形計算による波高の1/2を加え、再現水位とする。



再現水位のイメージ図

【波浪変形計算（ブシネスク方程式モデル）】

- (1) 波浪（入射波）の設定方法
沖波から、回折波、伝達波、港内発生波を合成して計算領域前面で推算する。なお、入射波は宮川・高橋川にそれぞれ入射しやすい位置の波を考慮して設定する。
- (2) 対象期間
宮川・高橋川で浸水が生じた潮位が最大となる時刻14時15分を対象とし、その時刻の波浪諸元を用いて計算を行う。
- (3) 入射波諸元
宮川：波高2.43m、周期8.4秒 高橋川：波高1.34m、周期8.4秒

2. 浸水原因の究明

「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに、浸水した地区毎での潮位・高波再現シミュレーションを行った結果、防潮堤等が整備されている背後の堤内地では、想定規模を上回る高波による越波により浸水したことが主な浸水原因であった。

浸水地区	防潮堤等の整備状況(代表現況高)	最高潮位	最大有義波高	主な浸水原因	
海岸	①南芦屋浜	防潮堤整備済(T.P.+4.8~5.0m)	T.P.+3.11m	3.11m	越波
	②西宮浜	防潮堤整備済(T.P.+3.8m)	T.P.+3.34m	1.63m	越波・陸閘の損壊
	③甲子園浜	防潮堤一部未整備(T.P.+2.8~5.1m)	T.P.+3.37m	2.52m	越流・越波
	④鳴尾	防潮堤整備済(T.P.+4.9~5.0m)	T.P.+3.37m	2.49m	越波
	⑤鳴尾浜	防潮堤整備済(T.P.+5.0~5.5m)	T.P.+3.21m	2.54m	越波・排水口からの逆流・内水
	⑥丸島	防潮堤一部未整備(T.P.+3.3~5.3m)	T.P.+3.28m	3.34m	越波
河川	①高橋川	堤防一部未整備(T.P.+2.4~3.5m)	T.P.+3.00m	0.59m	越流
	②宮川	堤防一部未整備(T.P.+3.4~5.0m)	T.P.+3.20m	0.29m	越流

1. 海岸の高潮対策見直し

(1) 高潮・高波の現行の外力条件(尼崎西宮芦屋港)と台風第21号との比較

	現行の外力条件(尼崎西宮芦屋港)	台風第21号(9月4日)	
高潮	潮位	T.P.+0.9m S29~S38の台風期の天保山検潮所の朔望平均満潮位実測値	西宮:T.P.+0.52m、尼崎:T.P.+0.51m 14:15の推算天文潮位
	偏差	西宮・芦屋:2.7m、尼崎:3.0m 伊勢湾台風規模の台風が室戸台風経路を通過した条件で計算した計画偏差	西宮:2.72m、尼崎:3.02m 14:15の平滑潮位-推算天文潮位
	高潮位	【設計高潮位】西宮・芦屋:T.P.+3.6m 尼崎:T.P.+3.9m	西宮検潮所:T.P.+3.24m(14:15) 尼崎検潮所:T.P.+3.53m(14:15)
高波	(50年確率波) ※H24以降の設計に適用 4.07m(周期 8.0s、波向 SSW) [波向別の最大値] 昭和30年~平成18年までの52年間の台風データ等を用いて算定した50年確率波	(尼崎西宮芦屋港の波浪推算結果から算出した沖波*) 5.18m(周期 8.6s、波向SW) [波向別の最大値] ※浅水変形を考慮しない、換算した波高	

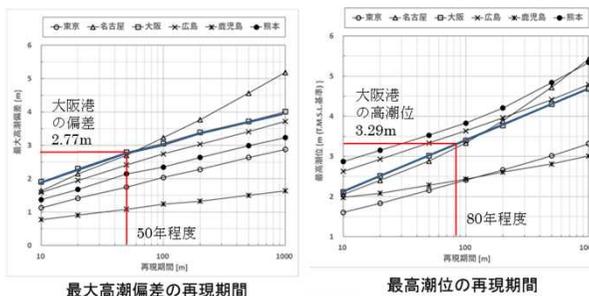
[参考1]海岸の計画堤防高の考え方

$$\text{防潮堤高さ} = \text{①設計高潮位}^{\ast 1} + \text{②高波による必要高等}^{\ast 2}$$

- ※1 設計高潮位(大阪湾沿岸の例)
満潮時に伊勢湾台風規模の台風が、室戸台風経路を通過した条件で計算した潮位上昇(計画偏差)を見込み設定した潮位
- ※2 高波による必要高等
設計波に対して、堤内地への許容越波流量や波のうちあげ高から必要となる高さ(一般に防潮堤の設置位置が汀線よりも沖側にある場合には越波流量から算定)
また、堤体の沈下や背後地の状況などに応じて、必要な余裕高等を設定する。

[参考2]台風第21号の再現期間

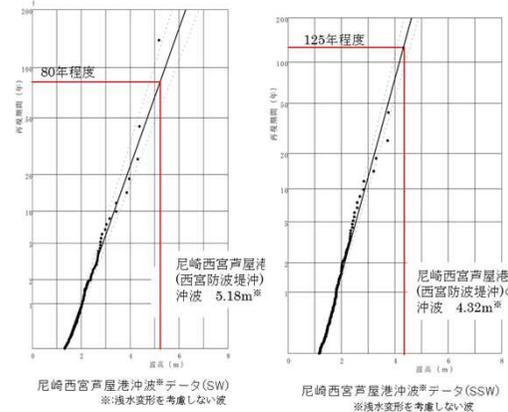
① 高潮偏差及び高潮潮位の再現期間



三大湾内の高潮推算における台風パラメーターの影響(国総研資料第1039号 平成30年7月)の表【抜粋】に加筆
※大阪湾内では、大阪港での再現期間を評価しているため、大阪港での偏差、潮位で比較

台風第21号の高潮偏差、高潮潮位の再現期間は、50~80年程度

② 高波の再現期間



尼崎西宮芦屋港沖波データ(SSW) ※浅水変形を考慮しない波
尼崎西宮芦屋港(西宮防波堤沖)の沖波 5.18m[※]
尼崎西宮芦屋港(西宮防波堤沖)の沖波 4.32m[※]

尼崎西宮芦屋港(西宮防波堤沖)における1955年~2016年の62年間の台風データ等と台風第21号の計398個の波浪推算値を用いて再現期間を評価

台風第21号の高波の再現期間は80~130年程度

(2) 高潮対策の見直し

台風第21号の潮位は設計高潮位を下回ったものの、高波は現行の外力条件を大きく超えるものであった。
このため、今後の設計に用いる沖波については、台風第21号も含めた最新の推算データも加味した50年確率波に見直す。

(3) 浸水地区における高潮対策

台風第21号と同様の高潮・高波が発生しても浸水させない再度災害防止対策を検討することとし、
潮位については、台風第21号の潮位は、設計高潮位よりも低いことから設計高潮位を用いる。
高波については、台風第21号の前面波高と50年確率波の見直しによる前面波高と比べ高い方を採用する。

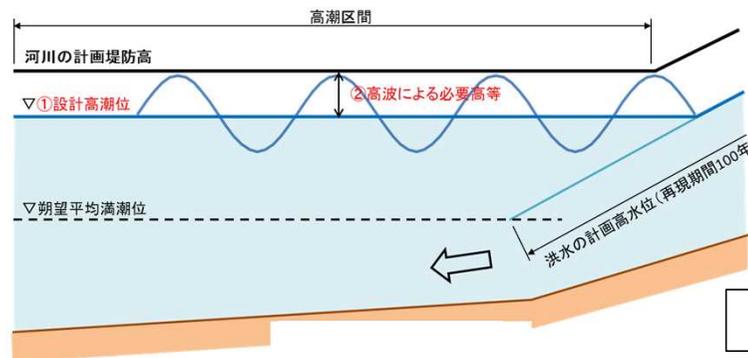
2. 河川の高潮対策見直し(大阪湾沿岸)

(1) 高潮対策の見直し

河口部は河川及び海の両方の影響を受けるため、河口部の計画堤防高を設定する際には、洪水の計画高水位と設計高潮位の両方について検討し設定する。また、高波による必要高等は、50年確率波の沖波を用いた河川内波高により設定する。

$$\text{河川の計画堤防高} = \text{①設計高潮位}^{\ast 1} + \text{②高波による必要高等}^{\ast 2}$$

- ※1 設計高潮位
満潮時に伊勢湾台風規模の台風が、室戸台風経路を通過した条件で計算した潮位上昇(計画偏差)を見込み設定した潮位
- ※2 高波による必要高等
50年確率波の沖波を用いた河川内での波浪変形計算結果により設定

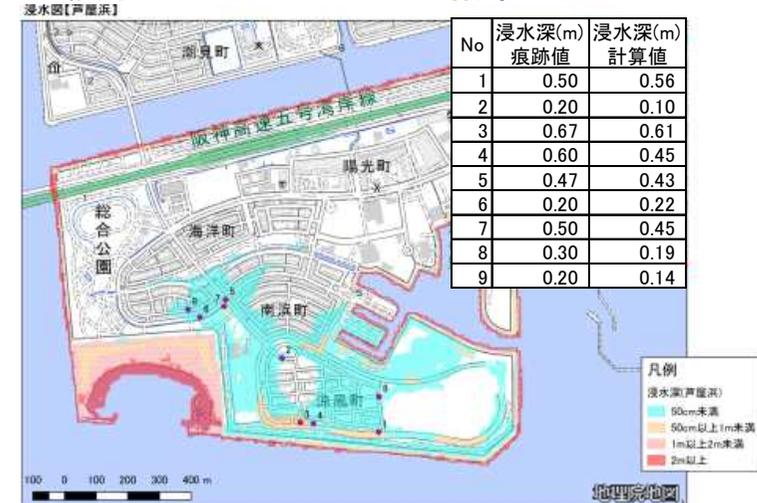


1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成(堤内地に限る)

2. 浸水シミュレーション結果



最大浸水深分布図は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに兵庫県が潮位・高波再現シミュレーションを実施し作成

3. 浸水原因

[越波による浸水]

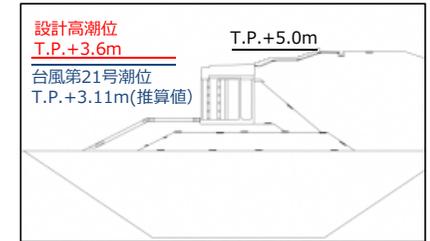
- 南護岸及びビーチ護岸からの越波による浸水 (最大越波流量 83 $\frac{m^3}{m \cdot s}$ 南護岸14:15)
- なお、浸水前に一部の雨水枡から水が溢れ出たことを確認した。(ヒアリング結果より)



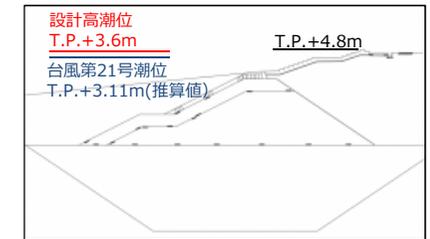
南護岸からの越波状況

4. 対策方針

- 主に越波により浸水した区間(南護岸、ビーチ護岸)について、防潮堤の嵩上げによる再度災害防止対策を実施(2020年台風時期までの完成をめざす)
- 東護岸、西護岸、北護岸、マリナー護岸についても、外力条件の見直し(50年確率波の見直し)や防潮堤の沈下状況等を踏まえ、防潮堤の嵩上げを実施
- 高潮対策にあわせて内水対策の検討も必要(芦屋市)



南護岸代表断面

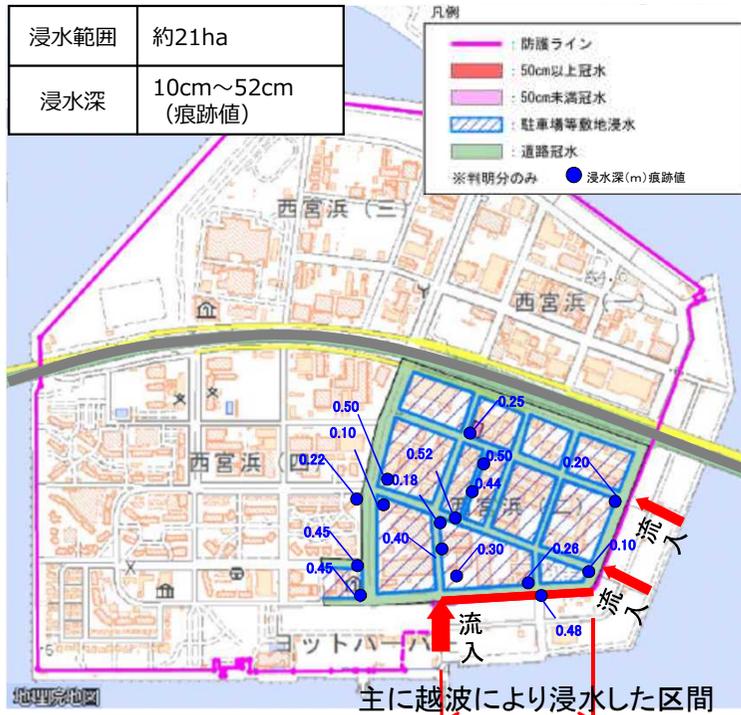


ビーチ護岸代表断面

【設計条件】

- ①設計高潮位 T. P. +3.6m
設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用
- ②波高
- ③余裕高 堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定

1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成(堤内地に限る)

2. 浸水シミュレーション結果



最大浸水深分布図は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに兵庫県が潮位・高波再現シミュレーションを実施し作成

3. 浸水原因

- [越波による浸水]**
 - ・南側の胸壁からの越波による浸水 (最大越波流量 21 $\frac{m^3}{m \cdot s}$ 南側護岸14:15)
- [その他の要因による浸水]**
 - ・陸間損壊箇所(3箇所)からの流入による 浸水

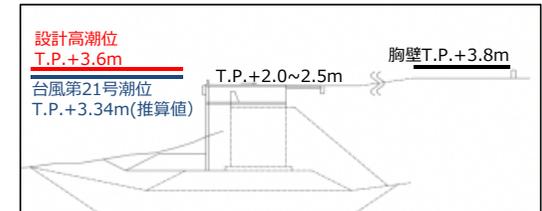


陸間の損壊

道路の浸水状況

4. 対策方針

- ・主に越波により浸水した区間(南側護岸の一部)について、胸壁の嵩上げを基本に再度災害防止対策を実施
- ・陸間については、スロープ化を行い閉鎖することにより再度災害防止を図る
- ・その他の区間についても、外力条件の見直し(50年確率波の見直し)や防潮堤の沈下状況等を踏まえ、嵩上げ等必要な対策を検討



南側護岸代表断面

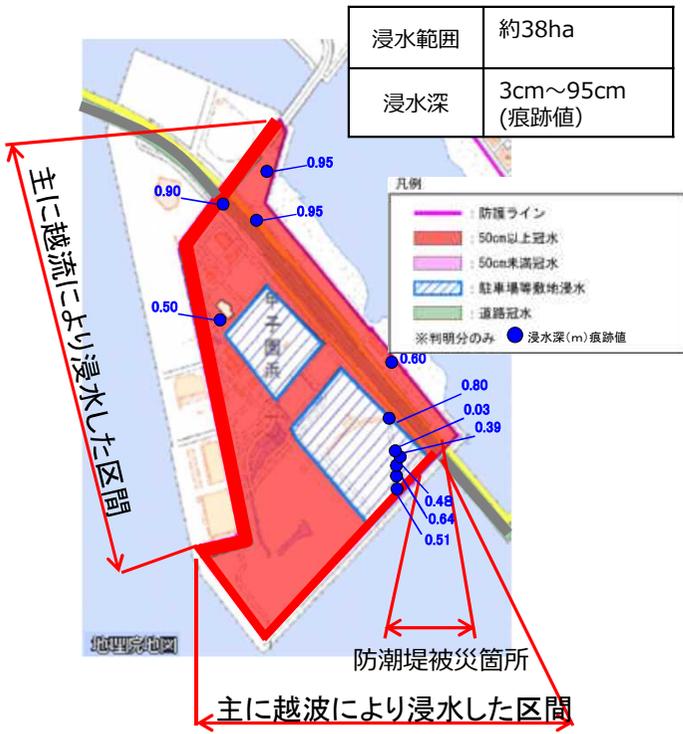


スロープ化実施済箇所

【設計条件】

- ①設計高潮位 T. P. +3. 6m
- ②波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用
その他の区間については、見直した50年確率波を採用
- ③余裕高 堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定

1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成(堤内地に限る)

2. 浸水シミュレーション結果



最大浸水深分布図は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに兵庫県が潮位・高波再現シミュレーションを実施し作成

3. 浸水原因

- 【越流による浸水】**
 - ・西側の岸壁から道路を越えての越流による浸水
(最大流入量 3.9m³/m/s 西側岸壁14:30)
- 【越波による浸水】**
 - ・東側の防潮堤からの越波による浸水
(最大越波流量 60%²/m/s 東側護岸②14:15)



東側の防潮堤の被災状況

4. 対策方針

- ・主に越流及び越波により浸水した区間(西側岸壁部、東側護岸、南側護岸)について、防潮堤の新設・嵩上げを基本に再度災害防止対策を実施
- ・その他の区間についても、外力条件の見直しや防潮堤の沈下状況等を踏まえ、嵩上げ等必要な対策を検討



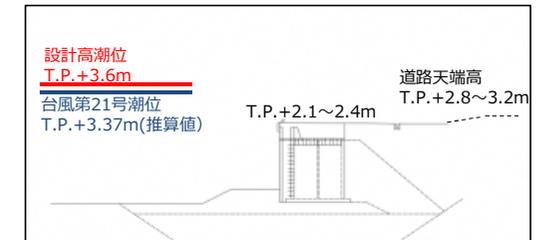
【設計条件】

- ①設計高潮位
- ②波高
- ③余裕高

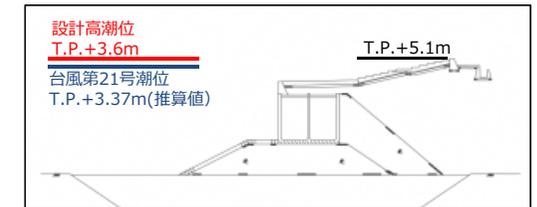
T. P. +3.6m

設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用

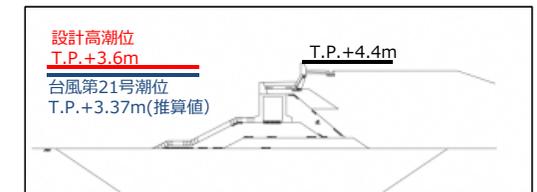
その他の区間については、見直した50年確率波を採用
堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定



西側岸壁代表断面



南側護岸代表断面



東側護岸③代表断面

1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成(堤内地に限る)

2. 浸水シミュレーション結果



最大浸水深分布図は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに兵庫県が潮位・高波再現シミュレーションを実施し作成

3. 浸水原因

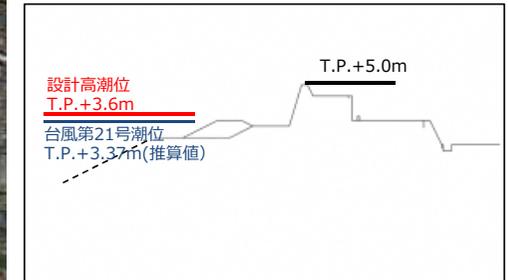
[越波による浸水]
 ・南側及び東側の防潮堤からの越波による浸水
 (最大越波流量 41^{1/2}m/s 南側護岸14:20)



枝川浄化センター南側防潮堤からの越波状況

4. 対策方針

- ・主に越波により浸水した区間(南側護岸、西側護岸の一部)について、防潮堤の嵩上げを基本に再度災害防止対策を実施
- ・その他の区間についても、外力条件の見直しや防潮堤の沈下状況等を踏まえ、嵩上げ等必要な対策を検討



南側護岸代表断面

【設計条件】

- ①設計高潮位 T. P. +3. 6m
- ②波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用
 その他の区間については、見直した50年確率波を採用
- ③余裕高 堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定

1. 浸水実績



2. 浸水シミュレーション結果



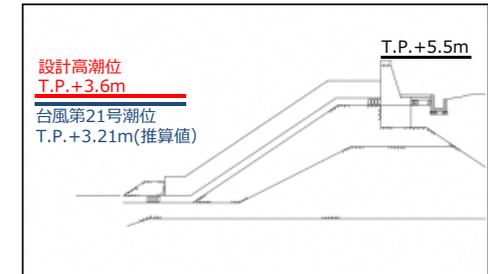
3. 浸水原因

- [越波による浸水]**
 - 東側の防潮堤からの越波による浸水 (最大越波流量 20% m^3/s 東側護岸①14:15)
- [内水による浸水]**
 - 降雨での内水氾濫による浸水
- [その他の原因による浸水]**
 - 西側の排水口からの逆流による浸水
 - 東西の雨水排水口からの逆流による浸水



4. 対策方針

- 主に越波により浸水した区間(東側護岸、南側護岸の一部)について、防潮堤の嵩上げを基本に再度災害防止対策を実施
- 逆流対策として、フラップゲート等を設置
- その他の区間についても、外力条件の見直しや 防潮堤の沈下状況等を踏まえ、嵩上げ等必要な対策を検討
- 内水対策として、ポンプの新設・増設等を検討(西宮市)



南側護岸代表断面



フラップゲート設置済状況

【設計条件】

- ①設計高潮位 T. P. +3. 6m
- ②波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用
その他の区間については、見直した50年確率波を採用
- ③余裕高 堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定

1. 浸水実績



主に越波により浸水した区間

浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成(堤内地に限る)

2. 浸水シミュレーション結果



最大浸水深分布図は「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」で示された高潮及び波浪の推算結果をもとに兵庫県が潮位・高波再現シミュレーションを実施し作成

3. 浸水原因

【越波による浸水】

- ・防潮堤からの越波による浸水
- ・防潮堤未整備区間からの浸水
(最大越波流量 51 $\frac{m^3}{m/s}$ 東側護岸②14:15)



西側防潮堤からの越波状況

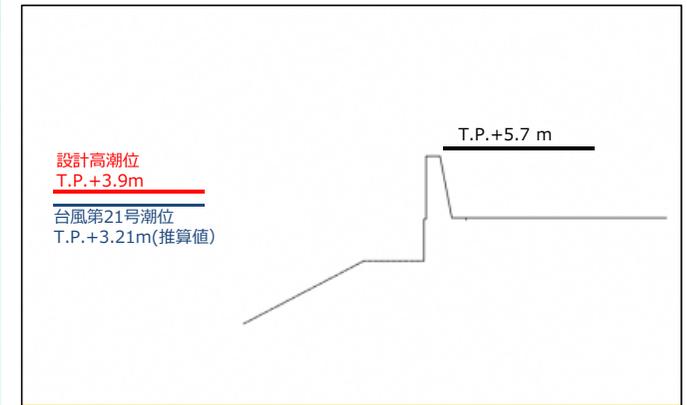
4. 対策方針

- ・主に越波により浸水した区間(南側護岸、西側護岸の一部、東側護岸の一部)について、防潮堤の新設・嵩上げを基本に再度災害防止対策を実施
- ・その他の区間についても、外力条件の見直しや防潮堤の沈下状況等を踏まえ、嵩上げ等必要な対策を検討



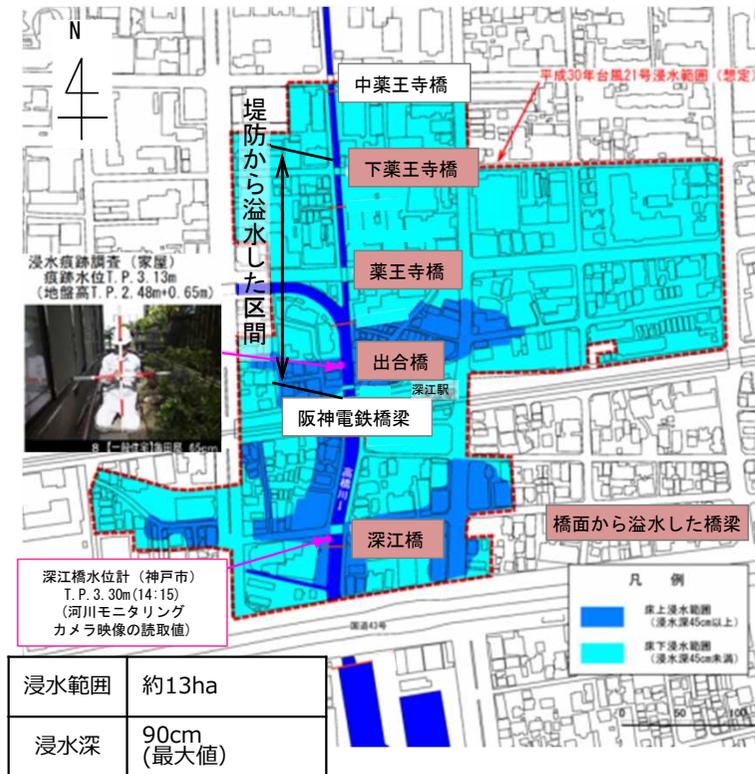
【設計条件】

- ①設計高潮位 T. P. +3.9m
- ②波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の前面波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の前面波高(換算沖波)を比べ高い方を採用
その他の区間については、見直した50年確率波を採用
- ③余裕高 堤体の沈下や背後地の利用状況などに応じて、必要な余裕高を設定



南側護岸代表断面

1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに兵庫県で作成

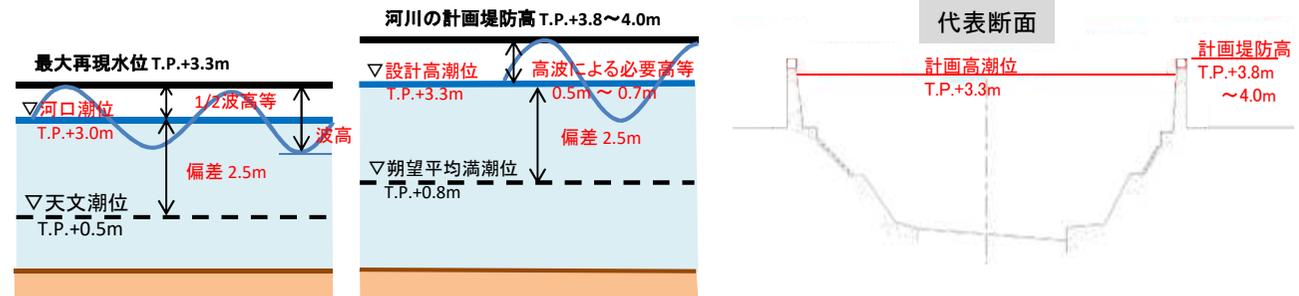
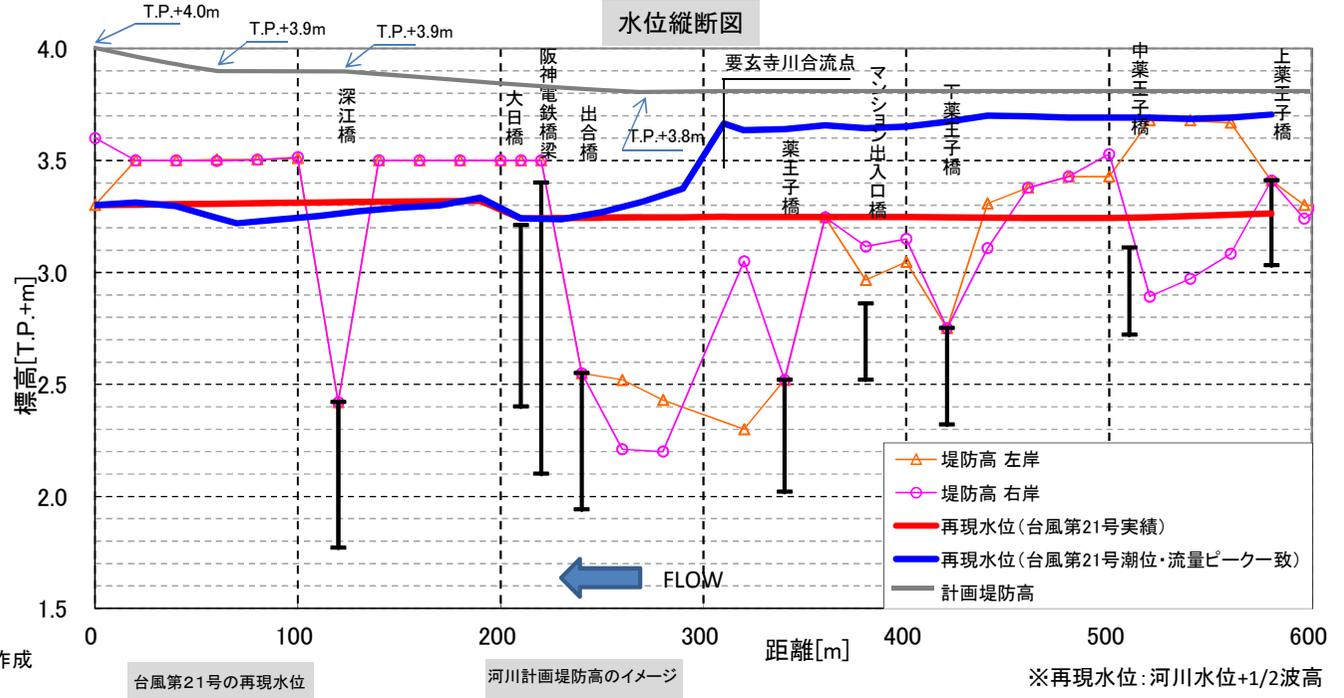
2. 浸水原因

【越流による浸水】

- 一部堤防及び橋梁部等からの溢水
- 溢水が発生した時間帯は、潮位が高くなる一方で、河川流量が減少していることから、浸水原因は高潮及び高波であることを確認

3. 対策方針

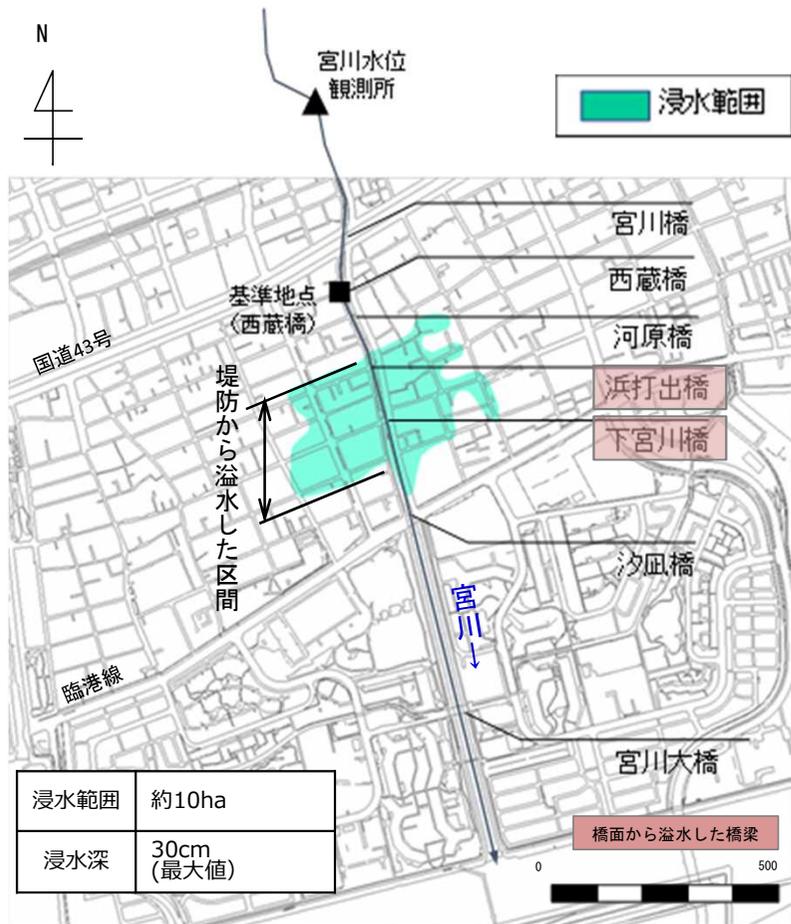
- 堤防高が不足する区間において、堤防の嵩上げを基本に実施
- 堤防がない区間において、堤防の新設を実施
- 橋面高が不足する橋梁部の対策について、現場条件等を踏まえ、今後検討（構造・管理方法について、神戸市と調整）



【設計条件】

- 設計高潮位 T. P. +3. 3m (朔望平均満潮位 T.P.+0.8m + 台風第21号での偏差 2.5m)
- 波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の河川内での波高 (換算沖波) と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波 (沖波) が生じた場合の河川内での波高 (換算沖波) を比べ高い方を採用

1. 浸水実績



浸水範囲は台風通過後の現地写真や関係者への聞き取り結果をもとに芦屋市で作成

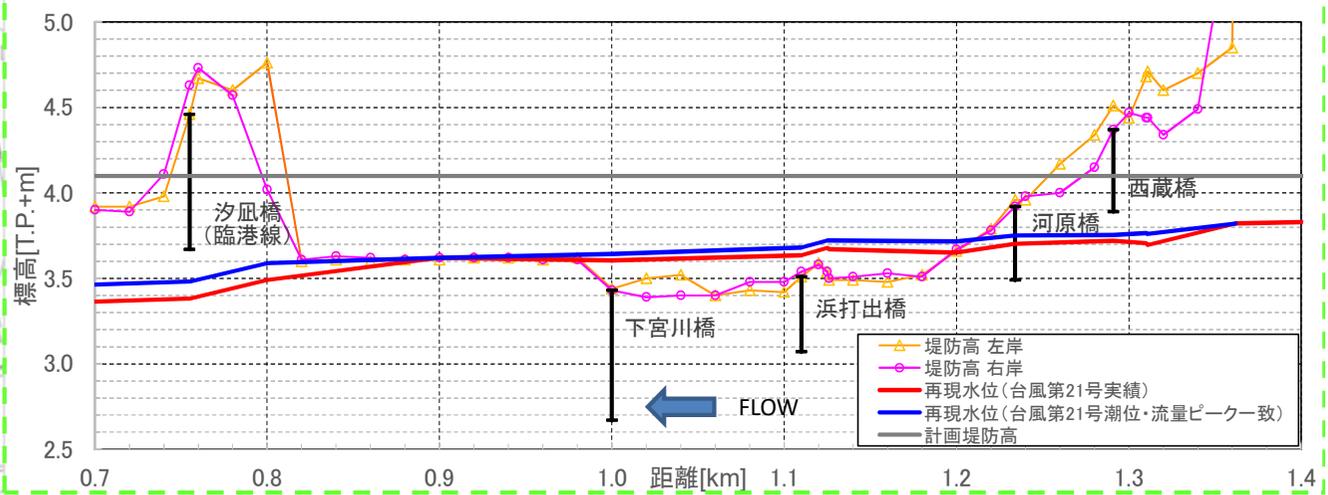
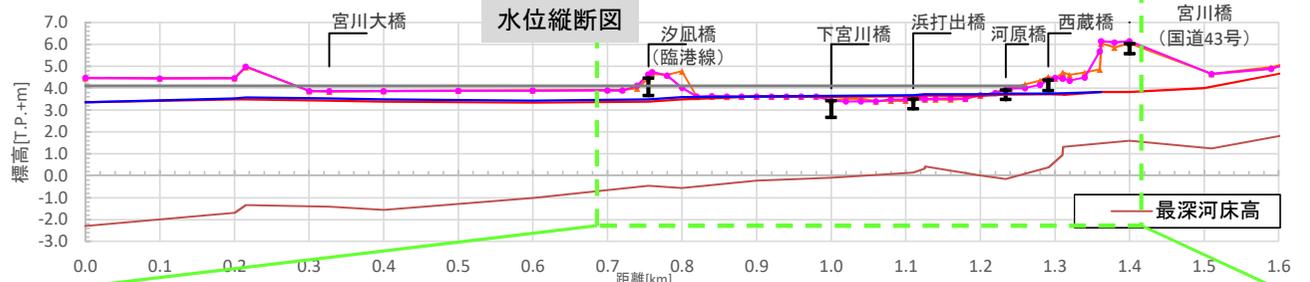
2. 浸水原因

【越流による浸水】

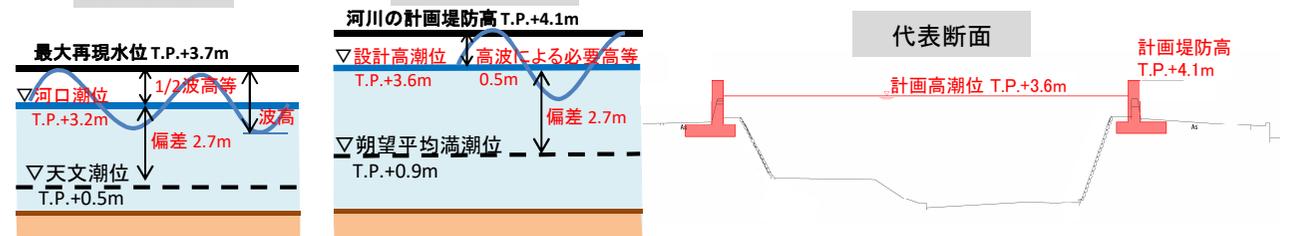
- 一部堤防及び橋梁部等からの溢水
- 溢水が発生した時間帯は、潮位が高くなる一方で、河川流量が減少していることから、浸水原因は高潮及び高波であることを確認

3. 対策方針

- 堤防高が不足する区間において、堤防の嵩上げを基本に実施
- 橋面高が不足する橋梁について、高欄をコンクリート等の壁構造にすることを基本に検討（構造・管理方法について、芦屋市と調整）



台風第21号の再現水位 河川計画堤防高のイメージ ※再現水位：河川水位+1/2波高



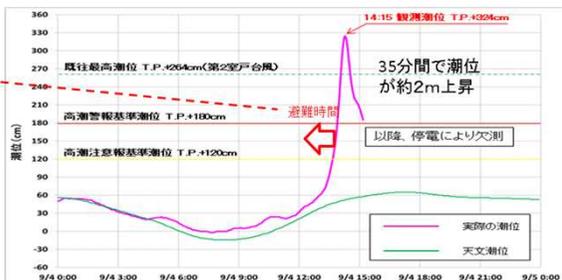
【設計条件】

- 設計高潮位 T. P. +3.6m (朔望平均満潮位 T.P.+0.9m + 台風第21号での偏差 2.7m)
- 波高 設計高潮位時に台風第21号と同様の沖波が生じた場合の河川内での波高(換算沖波)と台風第21号を踏まえ見直した50年確率波(沖波)が生じた場合の河川内での波高(換算沖波)を比べ高い方を採用

1. 気象庁等と連携した早めの情報提供・共有体制の整備

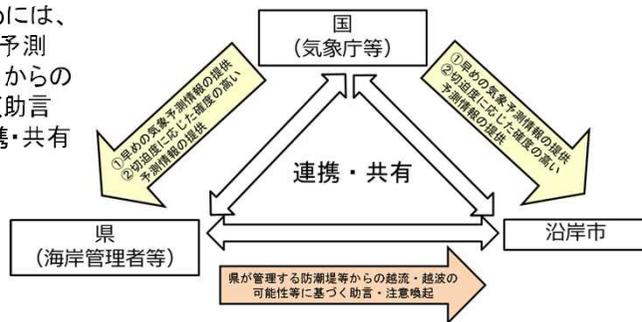
35分間で2m以上の潮位変化をもたらした台風第21号では、実際の潮位変化に応じて、避難・水防活動を行うことは、困難なことから、気象予測等に応じた早めの対応が必要。

(例) 2km先の避難所に避難する場合、1時間以上*の避難時間が必要となる。
 ※「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書(H25.3)」の避難者(歩行困難者、身体障害者等)の歩行スピード(0.5m/秒)から算出



潮位グラフ (西宮検潮所)

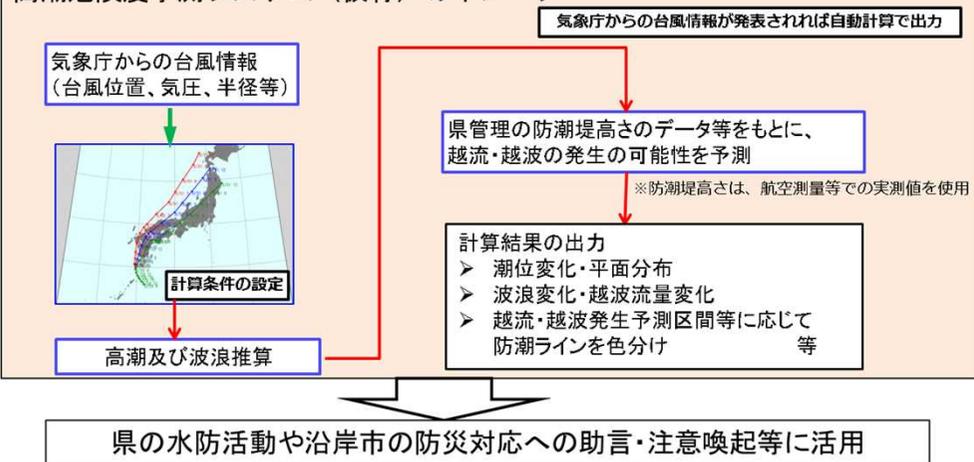
沿岸市等が住民避難や水防活動に必要なリードタイムを確保するためには、国(気象庁等)から早めの気象予測情報の提供や県(海岸管理者)からの越流・越波の可能性等に基づく助言等を行うなど、国、県、市で連携・共有体制を強化



◆高潮危険度予測システム(仮称)の開発・運用

気象庁からの台風情報と県が管理する防潮堤等の高さから、高潮・高波が越流・越波する可能性を予測する「高潮危険度予測システム(仮称)」を開発し、沿岸市等に対して越流・越波する可能性等に基づく助言や注意喚起を行う。(2020年台風時期からの試行をめざす)

高潮危険度予測システム(仮称)のイメージ



兵庫県高潮危険度予測システム(仮称) イメージ図

2. 想定し得る最大規模の高潮に対する高潮ハザードマップの整備

施設では防ぎきれないような高潮・高波に備えるため、水防法に基づく想定最大規模の高潮浸水想定区域図を作成し、避難・水防活動を支援。

また、市町が「避難勧告等の判断・伝達マニュアル」を作成するのに際しての手順や指針、作成例についてとりまとめた県独自の「避難判断ガイドライン」に高潮編を追加し、沿岸市の避難情報発令を支援。

3. 尼崎西宮芦屋港フェーズ別高潮・暴風対応計画の作成

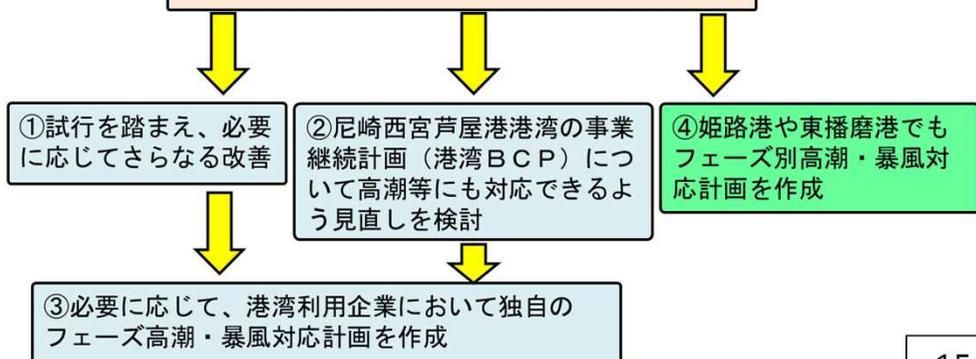
高潮・高波のリスクが高い堤外地において、港湾利用者の被害を軽減できるようフェーズ別の高潮・暴風対応計画を作成するなど事前防災体制を強化。

尼崎西宮芦屋港の堤外地の利用状況と台風第21号での被害状況

	堤外地	主な利用状況	台風第21号での主な被害状況
尼崎港区	公共岸壁・ふ頭(16.7ha)	完成自動車、砂・砂利	浸水により多数の廃車、上屋等の浸水
	専用岸壁等	砂・砂利、運輸	上屋等の浸水
	その他	マリナー(20隻)等	魚つり公園(棧橋)、座礁船舶
西宮港区	公共岸壁・ふ頭(37.4ha)	中古車、砂、砂利、金属屑	浸水により多数の廃車、上屋等の浸水
	専用岸壁等	非鉄金属(ステンレス鋼板)	上屋等の浸水
	その他	マリナー(1,201隻)、海浜	船舶の流出・沈没、棧橋等の損傷、座礁船舶
芦屋港区	その他	マリナー(520隻)、海浜	ヨットが流出、コンテナ漂着



今年の台風時期から試行実施



9. 今後の高潮対策

1. 今後の高潮対策

- ①台風第21号で浸水した地区（堤内地）は緊急対策として2021年度までの3箇年で再度災害防止対策に取り組むとともに、今回、浸水被害のなかった海岸・河川においても高波条件等の見直しを行ったうえで、計画的に対策に取り組む。
[2019年度に「兵庫県高潮対策10箇年計画(仮称)」を策定]
- ②対策後も、施設の沈下状況や劣化状況等について定期的に把握し、適切な維持管理を行う。
- ③施設では防ぎきれないような高潮・高波に備えるために、ハード対策に併せて、避難・水防活動につながる情報発信の強化などソフト対策に取り組む。
- ④堤外地については、港湾利用上、防潮堤よりも海側にあり、高潮・高波のリスクが高いことから港湾利用者の被害を軽減できるよう事前防災体制を整える。

今後、港湾・海岸・河川管理者等が取り組むべき高潮対策		
ハード対策	浸水地区 (堤内地)	台風第21号と同様の高潮・高波が発生しても浸水させない再度災害防止対策 (防潮堤・堤防の新設・嵩上げ、内水対策※等) ※内水管理者で実施
	浸水地区以外 (堤内地)	高波条件等の見直しや防潮堤の沈下状況等を踏まえ必要となる対策 (防潮堤・堤防の嵩上げ等)
ソフト対策	避難行動につながる情報 発信の充実・強化	①気象庁等と連携した早めの情報提供・共有体制の構築 ②高潮危険度予測システム(仮称)の開発・運用 ③想定し得る最大規模の高潮に対する高潮ハザードマップの整備 ④潮位計整備等による観測体制の強化
堤外地対策		①尼崎西宮芦屋港フェーズ別高潮・暴風対応計画の作成 ②尼崎西宮芦屋港港湾BCPへの高潮対策の反映 ③尼崎西宮芦屋港での取り組みを踏まえたその他の港湾への展開

2. 対策スケジュール

	2019年度	2020年度	2021年度	~2028年度
ハード対策 「兵庫県高潮 対策10箇年 計画(仮称)」	計画策定	浸水被害のあった地区における緊急対策 ※南芦屋浜の南側の護岸、高橋川、宮川の既設堤防の嵩上げ、橋梁対策は2020年出水期までの完成をめざす 浸水被害のなかった地区の高潮対策(全県下の優先度の高い箇所を対象)		
ソフト対策	高潮危険度予測システム(仮称)の開発 大阪湾沿岸高潮浸水想定 区域図の公表 尼崎西宮芦屋港フェーズ別 高潮・暴風対応計画の作成	全県下を対象に試行開始 大阪湾沿岸での取り組みを踏まえ、 他の海岸・港湾においても実施		



尼崎西宮芦屋港沿岸における堤内地の浸水範囲(約264ha)