

第3回 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会 (神戸港部会)

日時：平成31年3月14日(木)
13時半～15時半
場所：神戸市役所1号館14階
大会議室

議 事 次 第

1. 開会

2. 議事

- 第2回部会の主な発言要旨
- 神戸港部会とりまとめ(案)

3. 閉会

配布資料

委員名簿、配席図

資料－1 第2回部会の主な発言要旨

資料－2 神戸港部会とりまとめ概要(案)

大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会

【神戸港部会】

出席者名簿

区分	氏 名	所 属
委員長	青木 伸一	大阪大学大学院工学研究科 教授
委 員	部田 安富	気象庁 神戸地方気象台 観測予報管理官
〃	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
	(代理) 本多 和彦	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 沿岸防災研究室 主任研究官
〃	河合 弘泰	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海洋情報・津波研究領域長
〃	平井 洋次	国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部 港湾空港企画官
〃	西森 正至	神戸市 みなと総局 海岸防災部長
オブザーバ	大阪湾広域臨海環境整備センター	
〃	(一社) 日本埋立浚渫協会	

第2回 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会 神戸港部会

【主な発言要旨】

【台風20号及び21号による神戸港の波浪について】

- 入力風については、毎時大気解析値とWRFの二種類を用い、風速のピーク値、風の時間内挿の再現性共に、WRFの方が高くなった。
- 波浪推算値は5分毎に出力し、NOWPHASの観測値は20分毎の平均をとったものであり、このような処理の違いによっても波浪推算値の方が高いピーク値が出る可能性はある。これをどう考えるか。
→波浪推算結果と観測値を比較しても山に大きな差はないので、問題ないと考えている。
- NOWPHASの観測値とST6の周期を比較した際、大きなズレ（観測値が6.2sに対してST6に基づく結果が8.5s）だが、この妥当性はどうか。
→ピーク頃の観測値は、海底での水圧波形を解析した物であり、超音波で海面波形を直接計測したときに比べて信頼性は低い。また、観測値は水圧波形を海面波形に換算してゼロアップクロスという方法で解析し、波浪推算値は周波数スペクトルの形（モーメント）から求めるのが一般的な方法であり、両方の値は必ず一致しない。
- 水圧波形から波周期に換算するときにも影響しますよね？
→水圧波形から波高（≒エネルギー）を求めることに比べ、水圧波形から海面の波形（≒周期）まで求めることは、技術的にもまだ難しい。
- WRFとST6で検証しているが、国の委員会とはどのように整合させるのか。
→国とはWRFで合わせに行く。国が大阪湾全体を対象としている（神戸港部会という領域4に相当）。周波数や方向の分割数が国とやや異なり、神戸港部会では神戸港に特化したものとしている。
- 国の方でも波浪推算しているということだが、値が大きく変わってくると良くない。部会によってもやり方が異なっているが、大きく値が変わらないように連携しているということではよろしいか。
→その通りである。

【台風 21 号による浸水のメカニズム】

- 気圧の再現性は確認していないのか。

→風については毎時大気解析値（MSM を用いて風と気温を観測値とデータ同化したもの）を用いているので、気圧については考慮していない。WRF については台風ボーガスを導入しており、気圧値も変わってくると思われるので、より正確なピーク値が出てくると思われる。

- 国と調整は行っているのか。

→国として、高潮は経験的台風モデルを用いて潮位を算出している。

- 越波も考慮できるのか。

→波を乗せても浸水量については微々たるものであるなので考慮していない。Wave set up のラディエーションストレスは考慮しているが、これで波を完全に再現できるわけではない。
→RI の北側などは、波によって侵入した水が抜けきるまでの間に浸水規模が大きくなったところもある。そういう意味で、波を浸水シミュレーションで考慮しないのは少し言いすぎかもしれない。

- 波の影響を部分的に加えていくことは可能なのか。

→RI の浸水状況は概ねあっているが、精度をあげていくことはしていきたい。ただ、波について技術的に考慮できるのかは分からない。

→神戸港全体は難しいとしても、RI などの気になる（被害が大きかった）地区だけでも波の時系列（何時頃にどの方向からどれくらいの高さで来たのか）を書いて、波の影響を考察するのも一つのやり方であり、その結果はユーザーへの説明にも役立つかと思われる。

- 天文潮位を一定とした浸水シミュレーションでよいのか。

→今回の浸水シミュレーションでは T.P.+80cm を初期条件としている。

→潮位偏差だけでなく潮位としても実測値と計算結果を比較し、計算結果を検証しておいた方が良い。

- 津波と高潮を比較した際、一部で高潮の方が、水位が高くなってしまうところがあるが、どういうことか。

→津波の検証のときには耐震照査をしていない防波堤は便宜的に破堤するとしていた一方で、今回の高潮浸水シミュレーションでは破堤をせず、かつ地震による沈下前の天端高に直す作業を行っているため、その差かもしれない。

【今後の進め方】

- 東部工区においては、企業等へのヒアリング結果から、特に北側からの浸水被害が多かった。これを元に、高潮浸水シミュレーションにも活かして行きたいと考えている。
- RI では、14 時頃から東側と南側のコンテナターミナルから浸水が始まり、14 時半にはそれに加え北側からも浸水が始まり、浸水域が最大となった。
- 東部地区における痕跡調査から、津波対策による嵩上げが高潮に対しても効果を発揮したことが分かる。
- フェニックスの設計波高は台風 21 号による観測値とする。
- 東部工区については高潮に対する機能も兼ねる津波対策での嵩上げや補強を実施することに加え、内水を排除するための排水機能向上を図る。
- PI や RI においては居住エリアおよび病院等とのアクセス機能を持つ橋梁については優先的に浸水を防ぎ、臨海部においては台風 21 号で被害が大きかった地区を中心に減災策の検討を図る。
- 堤内地については津波対策が防護機能を果たした。

【平成 30 年台風第 21 号の気象・海象の状況について】

- 台風 21 号は気象台としてはどのようにとらえているのか。
→（部田委員としての個人的な意見だが）潮位としては既往最大となり、また関空が大きな被害を受け、海外でのニュースでも取り上げられているので、大きな台風だったと考えている。
- 神戸市の対策方針や、住民が抱える不安（もっと大きな台風が来るのではないか。）を考えた際の台風 21 号の位置づけはどのように考えているのか。
→IPCC の報道でも、「今後、台風の数はいくつか減っても規模は大きくなる」ということはある。そういう意味でも今後も台風 21 号並みの台風が来るとして整備等を進めるのが良いと思われる。

神戸港部会とりまとめ概要

○背景と部会の設置目的

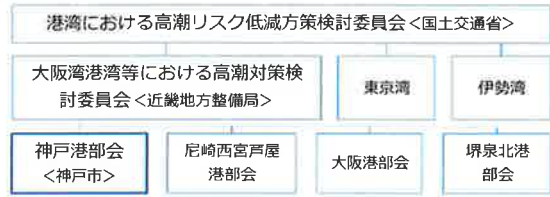
神戸港では、台風第20号及び台風第21号により、外郭・港湾施設等の破損に加え、大規模な浸水が発生

港湾機能用地を中心に、都市機能用地まで被害が及んだ
台風第21号について高潮・高波の発生メカニズム・被害発生原因の調査検証を行う

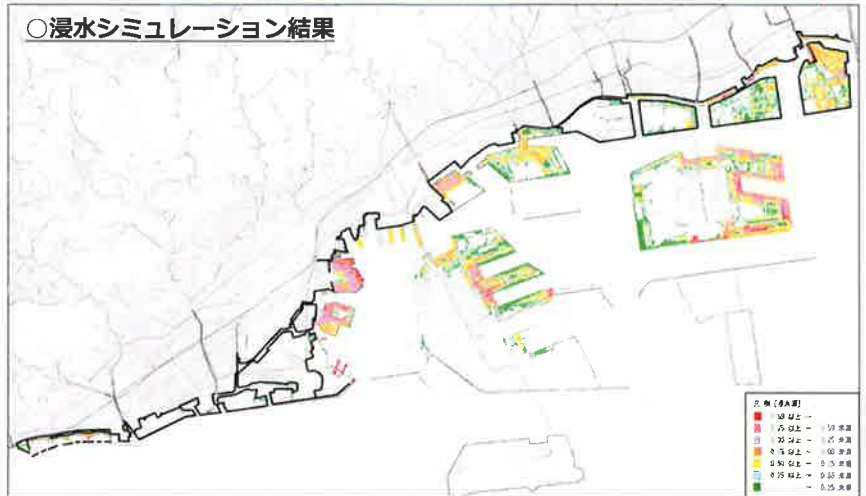
○開催経緯

第1回	9月27日	被災状況、検討方針の確認
第2回	12月4日	再現シミュレーション（案）
第3回	3月14日	対応方針の策定

○検討体制

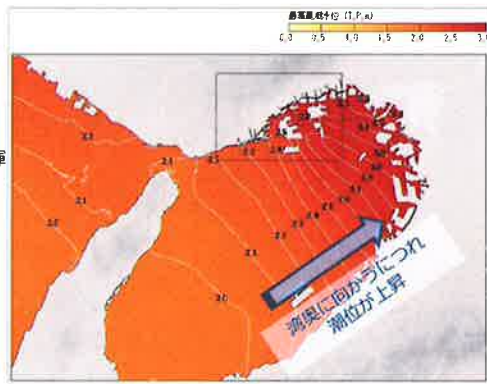
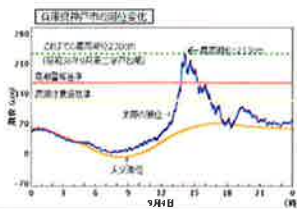


○浸水シミュレーション結果



○全体的な傾向

- 東に行くにつれ潮位が高くなる傾向
 - ✓ 神戸港東部で大きな被害
 - ✓ 過去最高を記録した潮位より海水が岸壁等を超えて流れ込んだことが主な要因
- 既成市街地を守る防潮堤が効果を発揮



○対策の基本方針

- 住宅等が立地する人工島《ポートアイランド・六甲アイランド》
 - ・ 海水の進入経路において、最も効果的となる水際で、海上物流に支障を来さないような対策が必要
 - ⇒ 海水の浸水経路の遮断（ヤード嵩上げ・擁壁の組み合わせ等）
 - ⇒ 臨海部での退避施設の検討、電源施設の止水機能強化
- 津波対策計画区域《東部工区・東川崎地区（未改良区間）》
 - ・ 現在実施中の津波対策が高潮に対しても一定の効果を発揮
 - ⇒ 防潮堤の補強・嵩上げを早期に実施（津波対策の継続）
 - ⇒ 内水対策としてのポンプ施設機能強化（東部工区、東川崎地区）
- 堤外区域《兵庫埠頭等》
 - ⇒ 建物止水板、退避経路、避難施設、情報伝達等ソフト対策を中心に実施
- 防災情報・水防体制等の検討（ソフト対策）
 - ⇒ 「防災情報の発信強化」「事前防災体制の強化」を実施
- 既存海岸保全施設
 - ⇒ 適切な維持管理を徹底（点検及び補修の実施）

神戸港部会の概要

○背景と部会の設置目的

神戸港では、台風第20号及び台風第21号により、外郭・港湾施設等の破損に加え、大規模な浸水が発生

港湾機能用地を中心に、都市機能用地まで被害が及んだ台風第21号について高潮・高波の発生メカニズム・被害発生原因の調査検証を行う

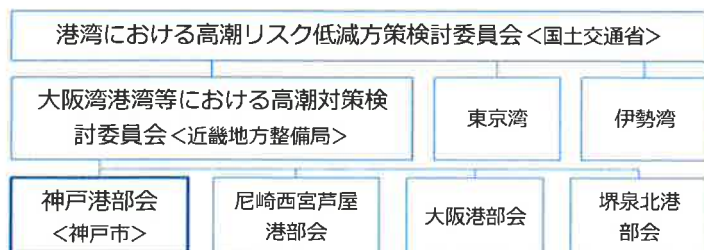
○開催経緯

- | | | |
|-----|-------|---------------|
| 第1回 | 9月27日 | 被災状況、検討方針の確認 |
| 第2回 | 12月4日 | 再現シミュレーション（案） |
| 第3回 | 3月14日 | 対応方針の策定 |

○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 国土交通省近畿地方整備局、気象庁、国土技術政策総合研究所
 海上・港湾・航空技術研究所、神戸市みなと総局

○検討体制



参考）神戸港の対応状況（台風21号）

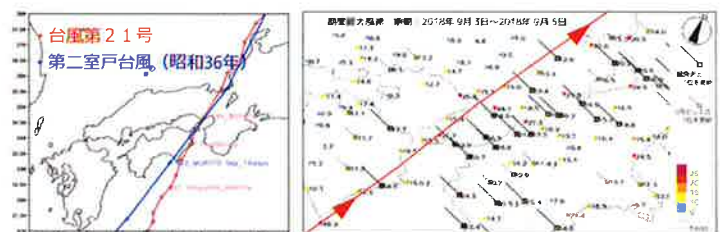
9月3日（月）		
14:00	局防災指令発令（鉄扉閉鎖）	神戸市
9月4日（火）		
00:00	全船舶避難勧告	阪神港長
02:50	高潮注意報発表	気象庁
06:23	高潮・波浪警報発表	気象庁
08:00	全市防災指令発令（職員待機）	神戸市
10:00	鉄扉閉鎖完了	神戸市
11:29	「記録的高潮」警戒呼掛け	気象庁
12:00	避難指示（緊急）	神戸市
	防波堤より海側及び海岸付近	
12:53	「極めて危険な状況」警戒呼掛け	気象庁
14:00頃 台風第21号・神戸付近に上陸		
17:00 鉄扉開放		
神戸市		
9月5日（水）		
07:00	避難勧告解除（順次）	阪神港長
復旧状況		
9月6日	コンテナ荷役再開（順次）	
26日	全ターミナル荷役再開	
7日	港島トンネル通行再開	
11月2日	通行規制解除	
年度内	被災上屋・電気設備の復旧完了予定	

気象・海象の状況（１）

神戸港部会とりまとめ

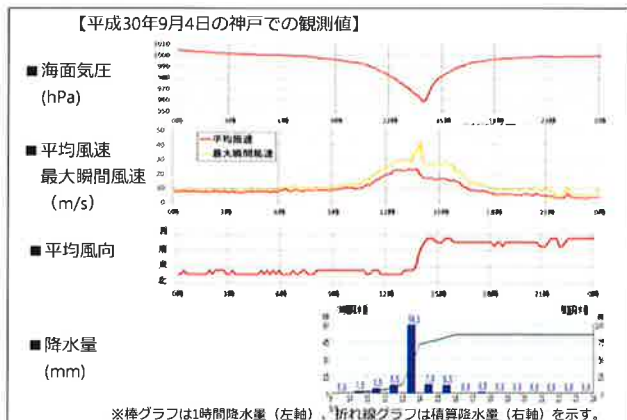
1. 台風第21号の概況

- 平成30年9月4日12時頃、非常に強い勢力で徳島県南部に上陸（中心気圧950hPa、最大風速45m/s）
- 同日14時頃、神戸市付近に上陸（中心気圧955hPa、最大風速45m/s）し、速度を上げながら近畿地方を縦断



2. 特徴

- ①非常に強い勢力で接近したこと、②第二室戸台風と酷似した進路だったこと、③時速約55～65キロという比較的速いスピードで通過したこと から、特徴は以下の3つ。
- 台風接近前後で、急激に風が強まった
- 進行方向右側の観測所の多くで過去の風速記録を更新
- 大阪湾を中心に、記録的な高潮が発生

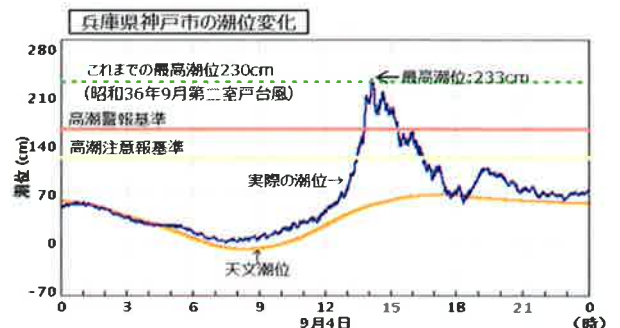


	最高潮位 (標高)	起時 (9月4日)	過去の最高潮位 (標高)
尼崎（平左衛門町）	+353cm	14時15分	+296cm※3
西宮（西宮浜）	+324cm	14時15分	+264cm※3
神戸（神戸市）	※1+233cm	14時09分	※2+230cm※3

※1：波浪等の短周期成分を除いた3分平均値

※2：平滑値（約3時間平均値（1997年以降）。1996年以前は手作業でデータ処理）

※3：昭和36年9月16日（第二室戸台風）



気象・海象の状況（2）

神戸港部会とりまとめ

参考1) 神戸港の潮位・波浪記録

	年	月	台風名	最高潮位	年	月	台風名	有義波高
1	2018	9	21号	T.P.+2.33m	2018	9	21号	4.72m
2	1961	9	第二室戸	T.P.+2.31m	2014	8	13号	4.43m
3	1964	9	20号	T.P.+2.19m	1993	9	13号	3.77m
4	1950	9	ジェーン	T.P.+1.95m	2018	8	20号	3.76m
5	2018	8	20号	T.P.+1.85m	2004	8	16号	3.55m
6	1945	9	枕崎	T.P.+1.79m	1996	8	12号	3.48m
7	2004	8	16号	T.P.+1.78m	2004	9	18号	3.46m
8	1951	10	ルース	T.P.+1.69m	2004	6	6号	3.40m
9	1960	8	16号	T.P.+1.69m	1998	10	10号	3.11m
10	1975	8	6号	T.P.+1.69m	1999	9	18号	2.97m

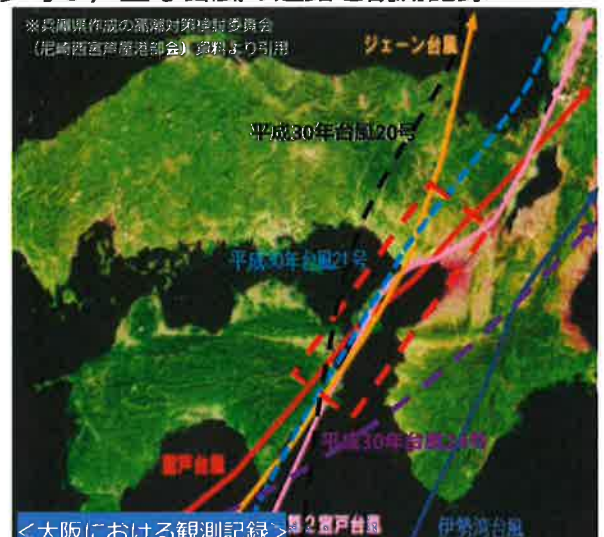
参考2) 第二室戸台風の観測記録との比較

観測所	台風第20号	台風第21号	台風第24号	第二室戸台風
神戸最低海面気圧	998.9hPa	958.2hPa	973.2hPa	945.9hPa
神戸最大風速	20.5m/s	24.1m/s	22.1m/s	27.0m/s
神戸最大瞬間風速	32.6m/s	41.8m/s	34.5m/s	39.2m/s
神戸最高潮位(瞬間値)	194cm*	233cm*	126cm*	-
神戸最高潮位(平滑値)	175cm*	200cm*	114cm* (速報値)	230cm**

* 3分平均値（波浪等の短周期成分を除いたもの）

** 約3時間平均値（1996年以前は手作業によるデータ処理をしたもの）

参考3) 主な台風の進路と観測記録



	第二室戸台風	ジェーン台風	伊勢湾台風	第二室戸台風	台風21号
年月	昭和29年 9月21日	昭和25年 9月9日	昭和34年 9月20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	950.1	937.0	962.4
最大風速 (m/s)	40以上 (瞬間値推定)	28.1	39.9	38.3	27.3
最大瞬間風速 (m/s)	60以上 (瞬間値推定)	44.7	27.4	50.6	47.4
最高潮位 (m)	OP+4.19 (TP+4.50)	OP+3.85	OP+2.54	OP+4.12 (TP+2.93)	OP+4.59 (TP+3.29)
浪高 (m)	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

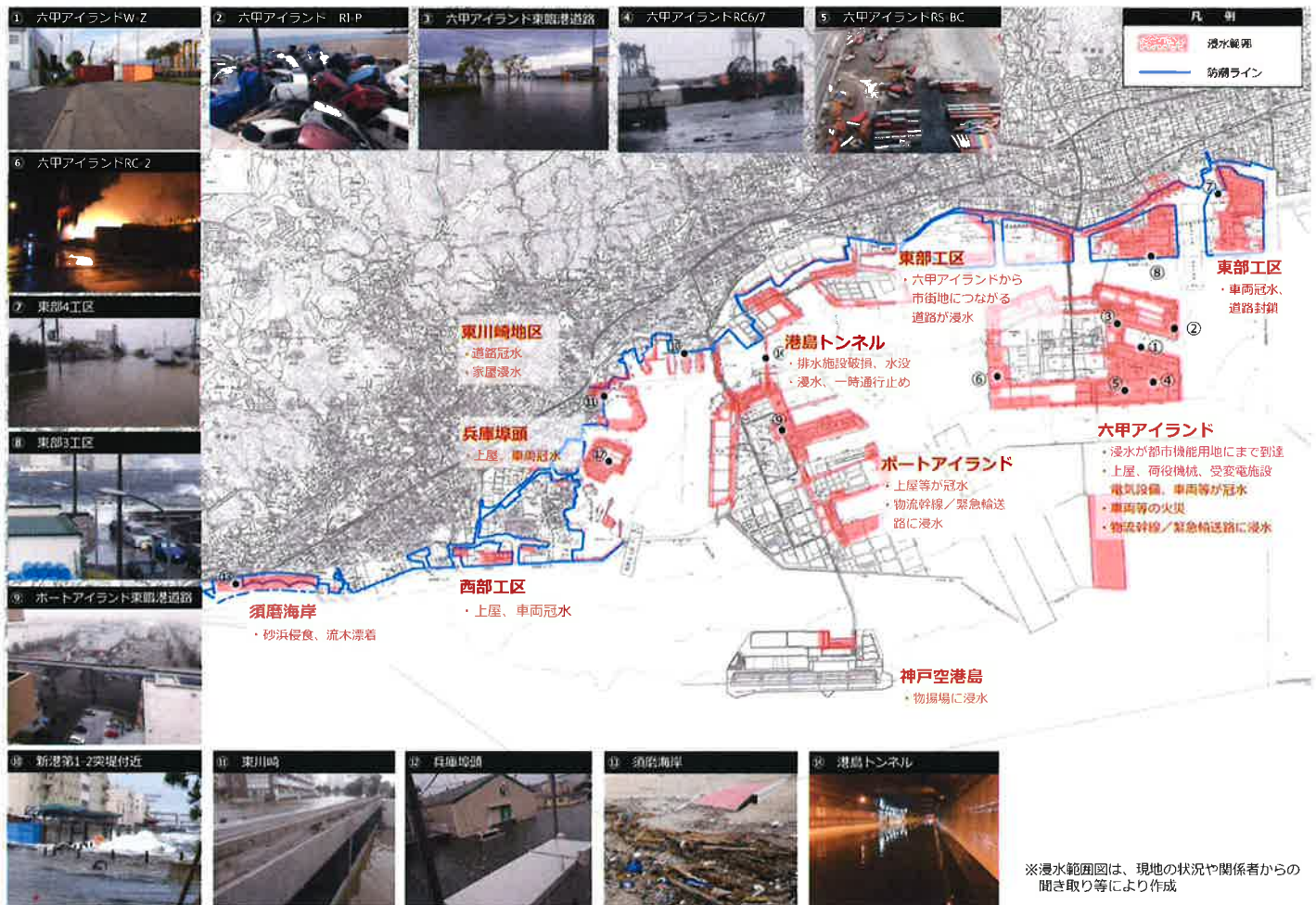
※2: 平滑値（約3時間平均値（1997年以降）。1996年以前は手作業でデータ処理）

※3: 波浪等の短周期成分を除いた3分平均値

台風第21号の被災状況

神戸港部会とりまとめ

平成30年台風21号（9月4日）



2019/ 3/14

大阪湾港湾等における高潮検討委員会・神戸港部会

参考) 台風20号の被災状況

神戸港部会とりまとめ

平成30年台風20号(8月23～24日)



浸水シミュレーションによる被災原因の検証

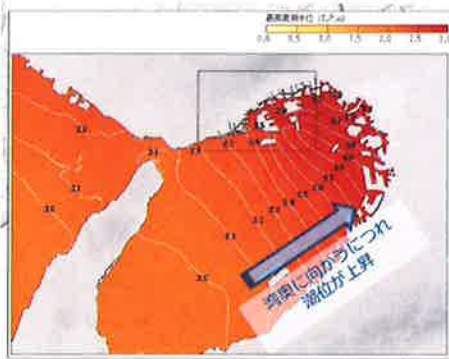
神戸港部会とりまとめ

1. 全体的な傾向

- 東に行くにつれ潮位が高くなる傾向
 - ✓ 神戸港東部で大きな被害
 - ✓ 過去最高を記録した潮位により海水が岸壁を超えて流れ込んだことが主な要因
- 既存市街地を守る防潮堤が効果を発揮

2. 対策の基本方針

- 住宅等が立地する人工島
 - 《ポートアイランド・六甲アイランド》
 - ⇒ 海水の進入経路において、最も効果的となる水際で、海上物流に支障を来たさないような対策を検討
- 津波対策計画区域
 - 《東部工区（未改良区間）》
 - ⇒ 一定の効果を発揮した防潮堤の嵩上げの早期実施
 - 《東部工区・東川崎地区》
 - ⇒ 内水対策としてのポンプ施設機能強化
- 堤外地域（兵庫埠頭等）
 - ⇒ 建物止水板、避難経路・避難場所の確保などの検討
- 防災情報・水防体制等の検討（ソフト対策）
 - ⇒ 防災情報の発信・事前防災体制を強化
- 既存の海岸保全施設
 - ⇒ 適切な維持管理を徹底



凡例 [浸水深]	
■	1.50 以上 ~
■	1.25 以上 ~ 1.50 未満
■	1.00 以上 ~ 1.25 未満
■	0.75 以上 ~ 1.00 未満
■	0.50 以上 ~ 0.75 未満
■	0.25 以上 ~ 0.50 未満
■	~ 0.25 未満

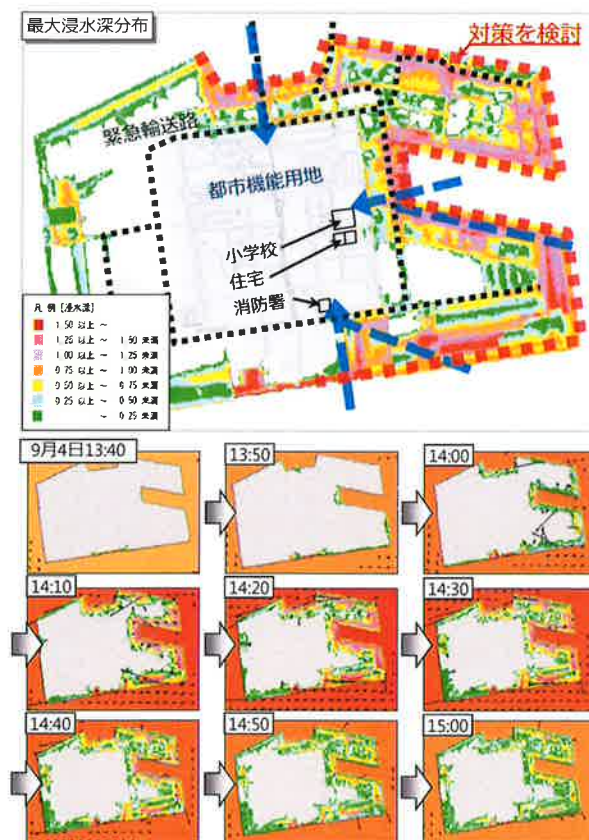
2019/ 3/14

大阪湾港湾等における高潮検討委員会・神戸港部会

〔浸水対策〕 六甲アイランド

神戸港部会とりまとめ

1. 浸水シミュレーション結果



2. 浸水原因

- ・ 記録的な高潮位により、海水が岸壁等を越えて流入
- ・ 特に島内東側のエリアにおいて浸水が大きく広がる
- ・ 岸壁等を越えて流入した海水は都市機能用地まで到達
 - 北側 - 生活・物流の基幹道路である北側幹線道路に至る
 - 東側 - 住宅・学校等が立地する都市機能用地まで至る
 - 南側 - 救助・救急等を担う消防署まで至る

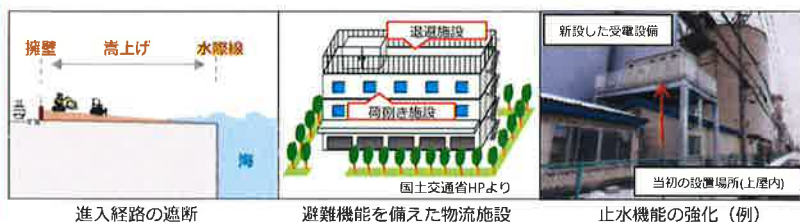
3. 対策方針

○ 基本的な考え方

- ・ 港湾機能の被害防止・最小化を図り、住民等の生命・財産を守るため、海水の進入経路において、最も効果的となる水際で、海上物流に支障を来さないような対策を検討
- ・ 迅速な復旧・復興に不可欠な海上物流ネットワークの機能強化を検討

○ 対策イメージ

- ・ 海水の進入経路の遮断 … ヤード嵩上げ・擁壁の組み合わせ等
- ・ 臨海部での退避施設の検討 … 退避機能を備えた物流施設の設置
- ・ コンテナターミナル等の電源施設の止水機能の強化



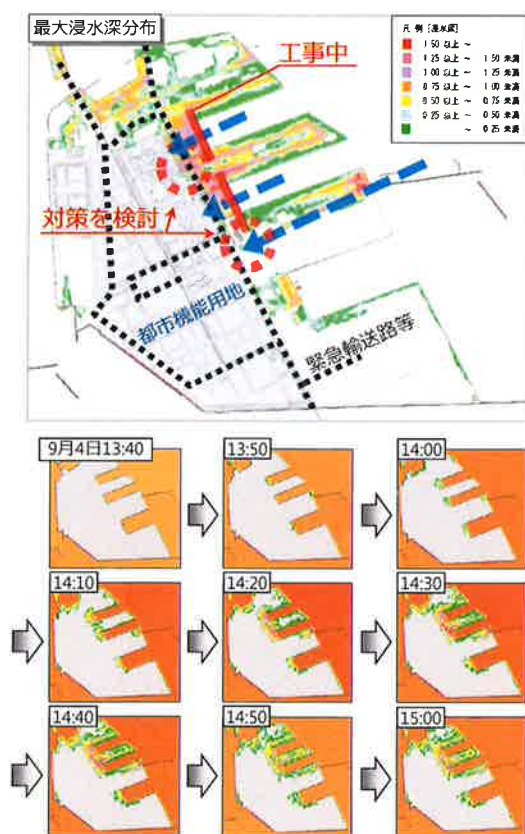
2019/ 3/14

大阪湾港湾等における高潮検討委員会・神戸港部会

〔浸水対策〕ポートアイランド

神戸港部会とりまとめ

1. 浸水シミュレーション結果



2. 浸水原因

- ・ 六甲アイランド同様、高潮位により、島内東側で海水が流入
- ・ 潮位は六甲アイランドより約50cm低いと推算しており、六甲アイランドと比較すると浸水域は小さいものの、海水は都市機能用地まで到達。緊急輸送路も冠水
- ・ 雨水排水管からの逆流が発生

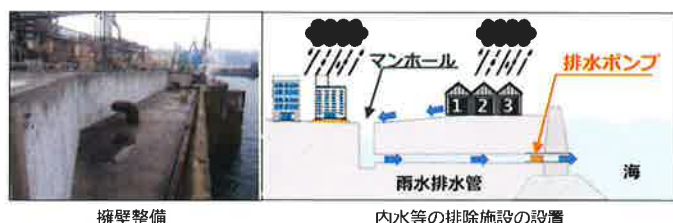
3. 対策方針

○ 基本的な考え方

- ・ 水際の海水の進入経路の遮断対策に加え、都市機能用地や、神戸空港とのアクセスルートとなる重要な幹線道路の浸水域を最小限におさえる対策を検討

○ 対策イメージ

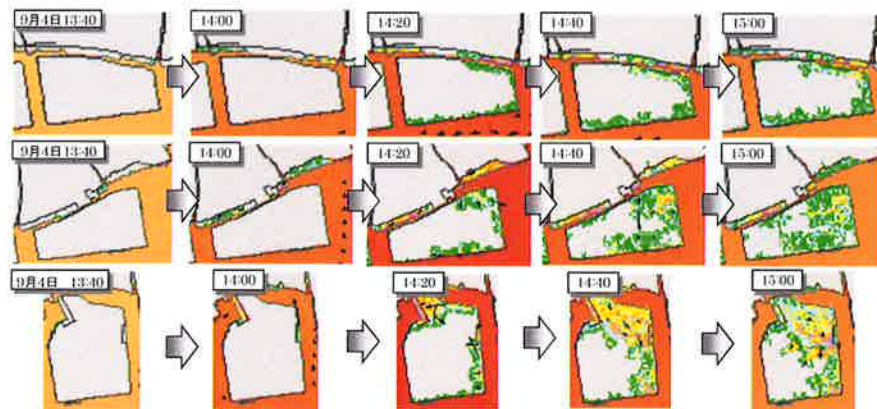
- ・ 海水の進入経路の遮断 …… 擁壁整備（工事中）
- ・ 内水等の排除施設の設置検討



〔浸水対策〕 東部工区

神戸港部会とりまとめ

1. 浸水シミュレーション結果



2. 浸水原因

- ・ 台風の接近に伴い、まず北側から海水が浸入
- ・ 続いて、東側と南側から海水が浸入した
- ・ 緊急輸送路やランプが浸水し通行不可能に
- ・ 企業等の床下・床上浸水被害が発生
- ・ 雨水排水管からの逆流が発生

3. 対策方針

○基本的な考え方

- ・ 高潮に対して一定の効果を発揮した津波対策を早期に実施
- ・ 緊急輸送路・企業等の浸水被害の防止・低減

○対策イメージ

- ・ 防潮堤の補強・高上げ
- ・ 排水施設（ポンプ機能）の向上
- ・ フラップゲート等の設置

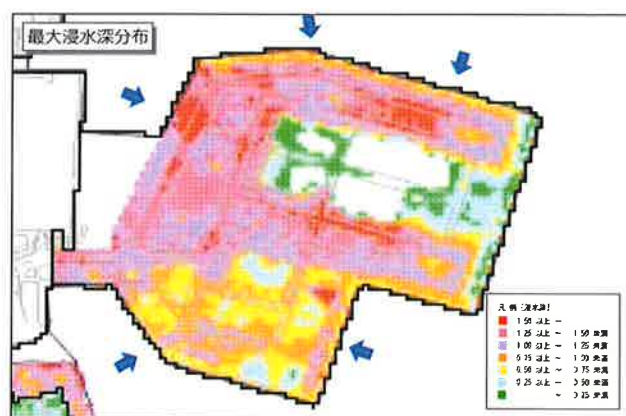


防潮堤の嵩上げイメージ
(神戸市東灘区)

〔浸水対策〕堤外地域（例：兵庫埠頭）

神戸港部会とりまとめ

1. 浸水シミュレーション結果



2. 浸水原因（例：兵庫埠頭）

- ・西側および北側から海水が流入
- ・台風の接近に伴い、東側からも海水が流入

3. 対策方針

○基本的な考え方

- ・ソフト対策を中心とした事前防災体制や防災情報の発信強化
- ・上屋・企業建物等への海水の流入口を遮断
- ・一時的な待避場所の確保

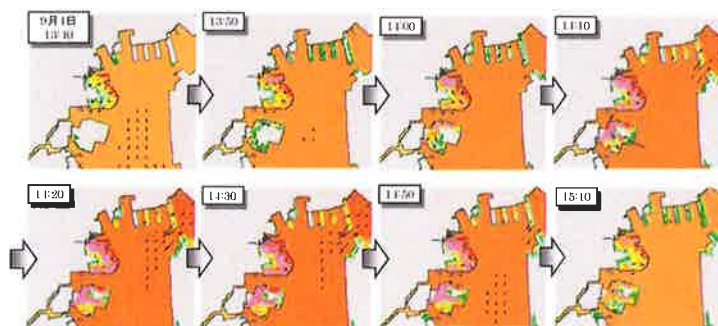
○対策イメージ

- ・防災行政無線の増設/防災情報発信の構築
- ・エリア減災計画※の策定
〔※エリア減災計画：立地企業と行政が連携し、ハード・ソフトの一体的な高潮の減災計画を検討〕
- ・建物に対する止水板設置
- ・待避場所となる高台等の整備



防災行政無線の増設

止水板設置イメージ
(事業構想大学院大学HPより)



外郭施設の復旧方針（フェニックス）

神戸港部会とりまとめ

1. 波浪観測値

NOWPHAS 観測地点	観測値			
	起時	波高	周期	波向
神戸	14:20	4.72m	6.2s	***

※水圧変動測定センサーの観測値から推定

2. 波浪周期の取扱い

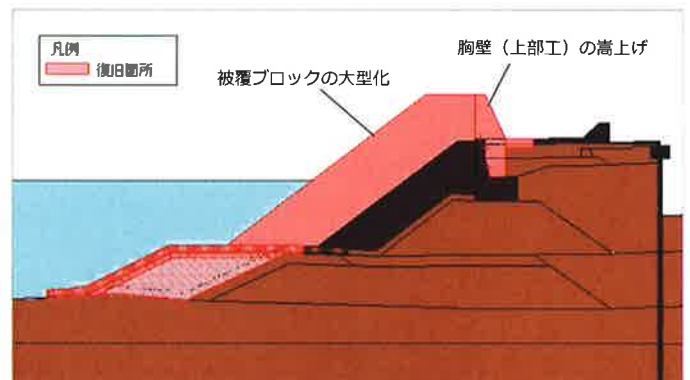
- ・ 常時、リアルタイムナウファスシステム※は、超音波波高計等で海中超音波信号の送受波を計測し、有義波高と有義波周期を測定している
- ・ 高波浪時には、碎波等によって海面付近に気泡が混入しノイズが混じることから、観測波浪データの解析が出来ず、併設された水圧変動測定センサーの観測値から推定する
- ・ 推定する有義波高には一定の精度があるが、有義波周期は精度が低くなる可能性が指摘されているため、外郭施設の復旧にあたっては波浪推算により推算した有義波周期『8.9s』を用いる

3. 設計対象波浪

- ・ 有義波高 ($H_{1/3}$) **4.60m**
= 観測波 4.72m × 堤前推算値 5.19m / 観測点推算値 5.33m
- ・ 換算沖波波高 (H_0') **4.97m**
= 有義波高 4.60m / 浅水係数(K_s) 0.925
- ・ 有義波周期 ($T_{1/3}$) **8.9s**

4. 復旧方針

- ・ 被災時の潮位・波浪等を外力条件とし、改修を実施
- ・ 改修内容
被覆ブロックの大型化
胸壁（上部工）の嵩上げ
- ・ 復旧標準断面イメージ



防災情報・水防体制等の検討

神戸港部会とりまとめ

1. 基本的な考え方

- ・浸水リスクが高いエリアにおける“事前防災体制の強化”
- ・海岸付近の住民・就労者に対する“防災情報の発信強化”

2. 事前防災体制の強化に向けた対応方針

○エリア減災計画の策定

- ・兵庫埠頭をモデルケースに、立地企業と行政機関が連携した“兵庫埠頭地区エリア減災計画検討会”を設置
- ・効果的な防災情報の伝達方法、体制の構築

○神戸港フェーズ別高潮・暴風対応計画の策定

- ・台風第21号で発生したコンテナの流出や倒壊等の実態を踏まえた事前の防災対応をタイムラインで整理し早期策定を促す

フェーズ	対応方針	具体的な対応	実施主体	備考
フェーズ1 事前対応	事前対応	高潮・暴風発生時の対応	神戸港部会	高潮・暴風発生時の対応
フェーズ2 発生時対応	発生時対応	高潮・暴風発生時の対応	神戸港部会	高潮・暴風発生時の対応
フェーズ3 事後対応	事後対応	高潮・暴風発生時の対応	神戸港部会	高潮・暴風発生時の対応

神戸港フェーズ別高潮・暴風対応計画の策定イメージ

○高潮対策を“神戸港港湾BCP”に追加

2019/ 3/14

大阪湾港湾等における高潮検討委員会・神戸港部会

3. 防災情報の発信強化に向けた対応方針

○防災行政無線（防災スピーカー）の増設

- ・海岸付近の住民や就労者に対する防災情報の周知に効果を発揮したことから、臨海部を中心に防災行政無線の増設及び活用を促す



防災行政無線の増設予定図

○神戸港防災ポータルサイト（仮称）の構築

- ・防潮扉等の遠隔監視システムと連携し、開閉予告や閉鎖状況を発信
- ・潮位の観測体制を強化（潮位計の増設）、きめ細かな海象情報を発信
- ・海岸付近に情報共有カメラを設置、映像発信することで、監視体制の強化と自主防災行動の喚起を促す



神戸港防災ポータルサイト（仮称）のイメージ