

台風21号越波等検証委員会 -海象状況と浸水状況の再現-

2018.12.11

Shaping a New Journey



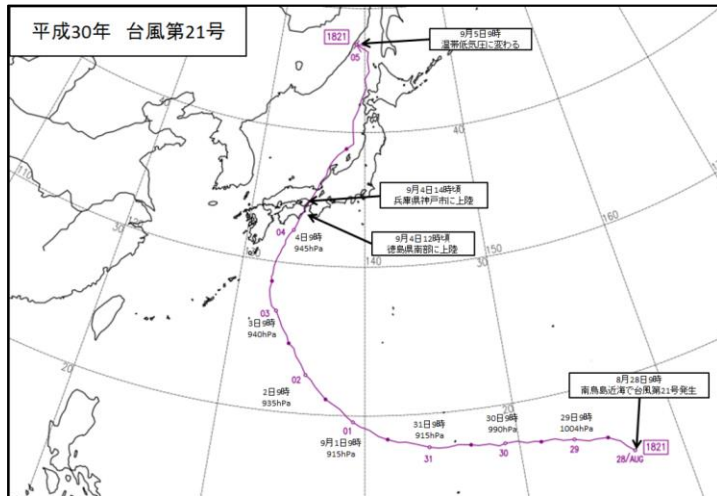
新関西国際空港株式会社

目次

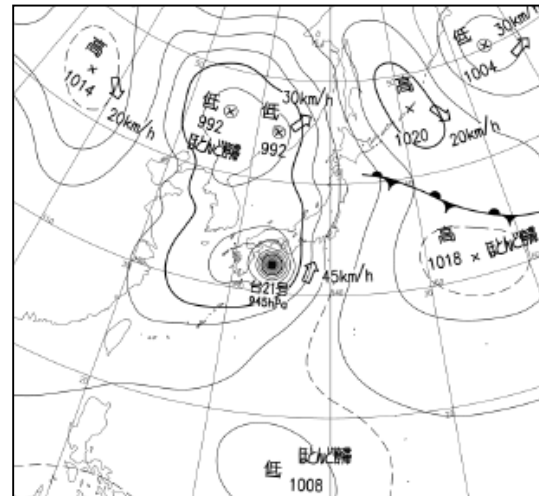
1. 関西国際空港における台風21号の影響
2. 浸水状況
3. まとめ

台風21号

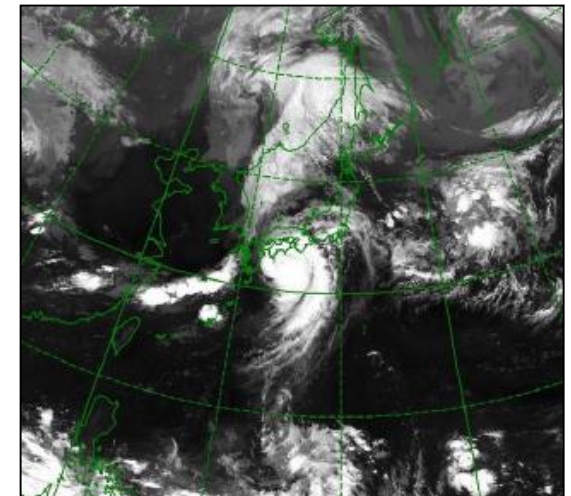
- 台風21号は非常に強い勢力を保ったまま9月4日12時ごろ徳島県南部に上陸、14時ごろには神戸市付近に上陸した。
- 大阪湾を第二室戸台風とほぼ同じ経路で約60km/hの速度で通過した。
- 大阪湾内通過時（13時）の中心気圧は955hPaであった。



台風経路図



地上天気図 (9/4 9時)

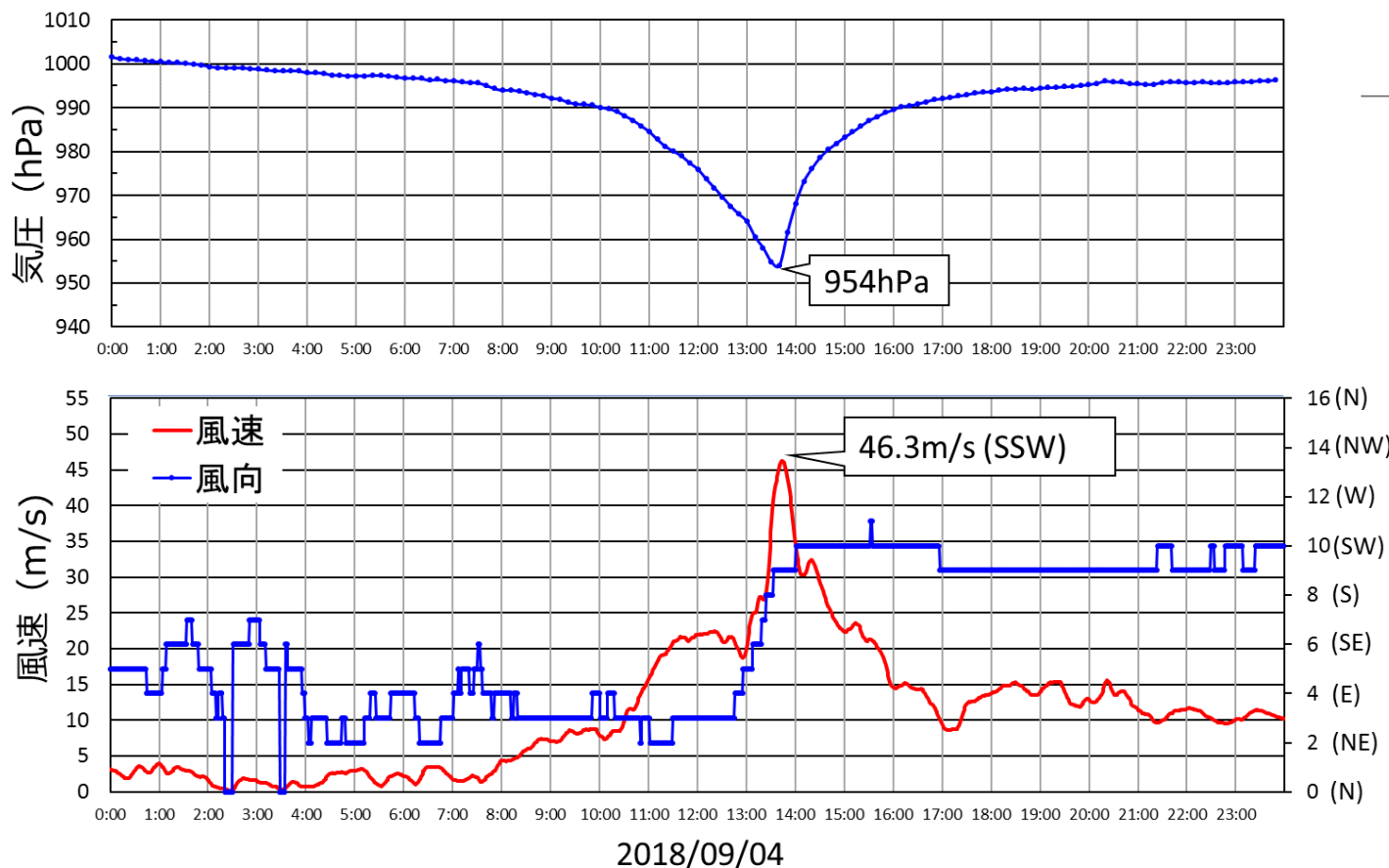


気象衛星赤外画像 (9/4 9時)

※各図は気象庁HPより引用

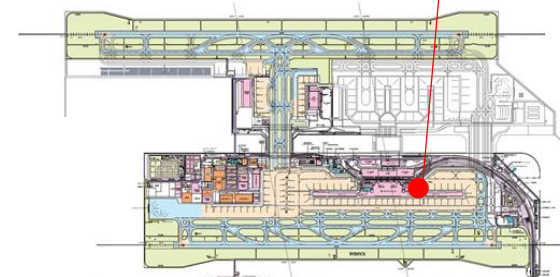
観測史上最大の風

- 関西空港では、気象庁の施設で※1最大瞬間風速58.1m/s、最大風速46.5m/s（MT局では46.3m/s）を観測し、いずれも観測史上1位の値を更新した。



● MT局

関西エアポート(株)ビル

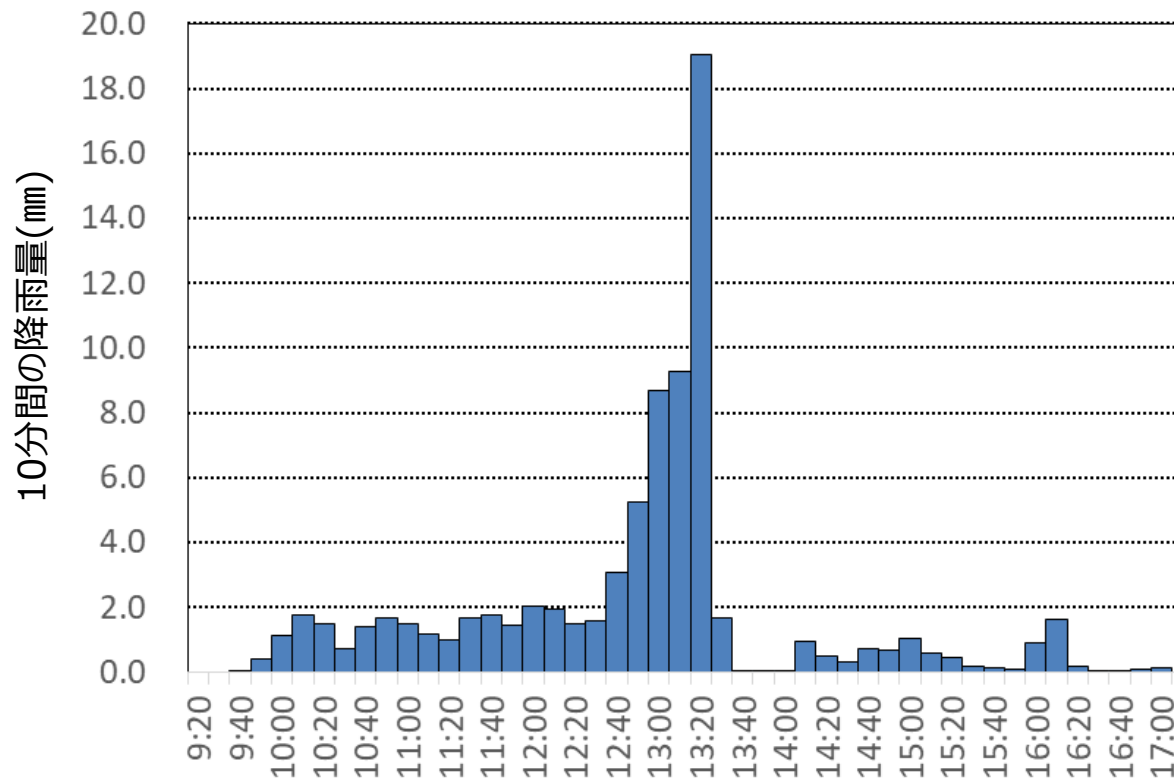


- ※1 最大瞬間風速は2009年より、
最大風速は2003年より観測
- ※2 気圧は、関西エアポート(株)ビル4階
での観測値
風向、風速は、MT局での観測値

降雨状況

- 1時間降雨量は55mmを観測したものの総雨量は85mm/日であった。

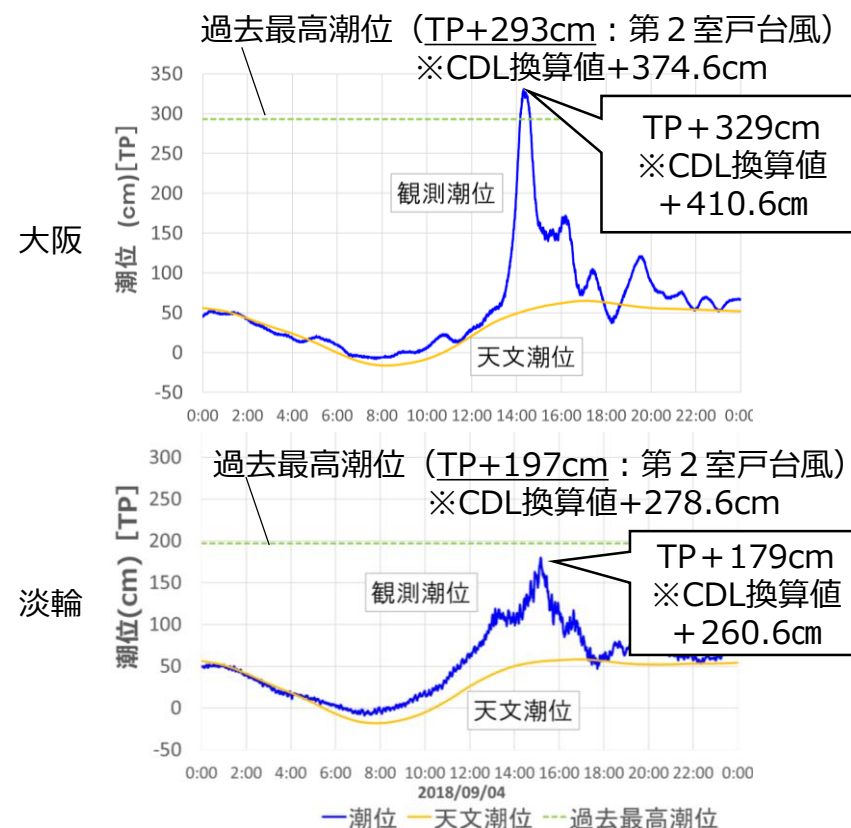
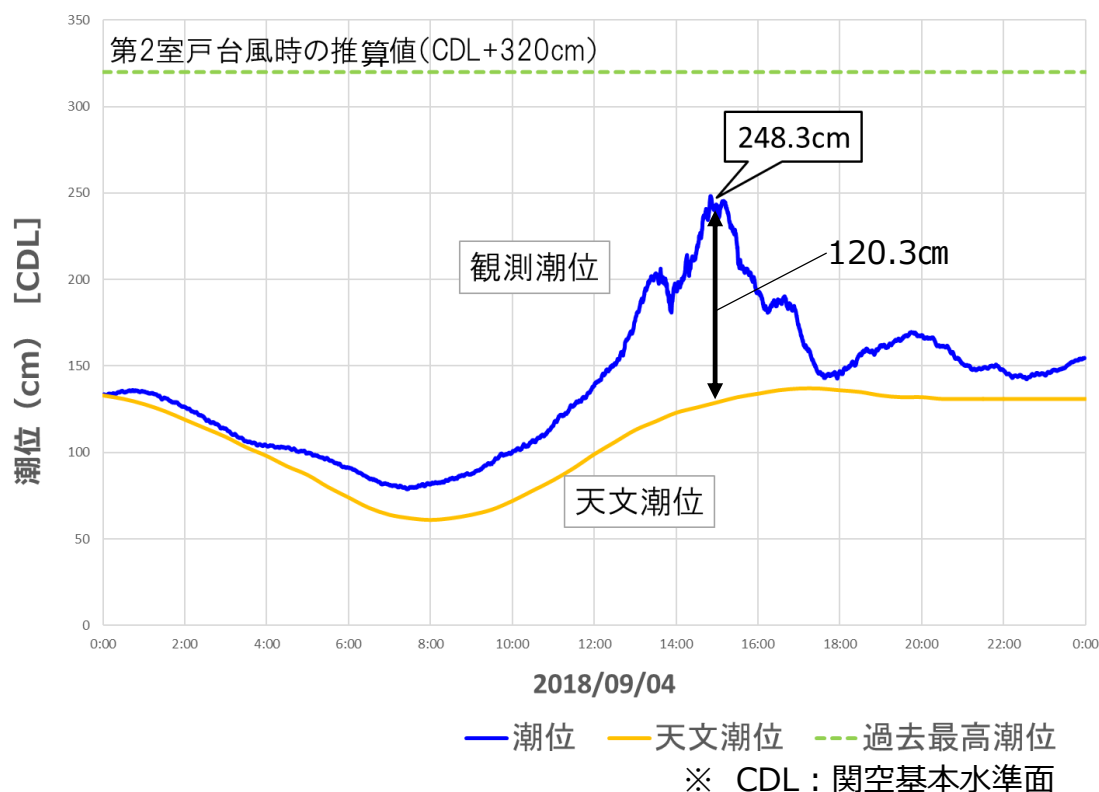
関西国際空港 流域平均雨量(10分)



※国土交通省XRAIN

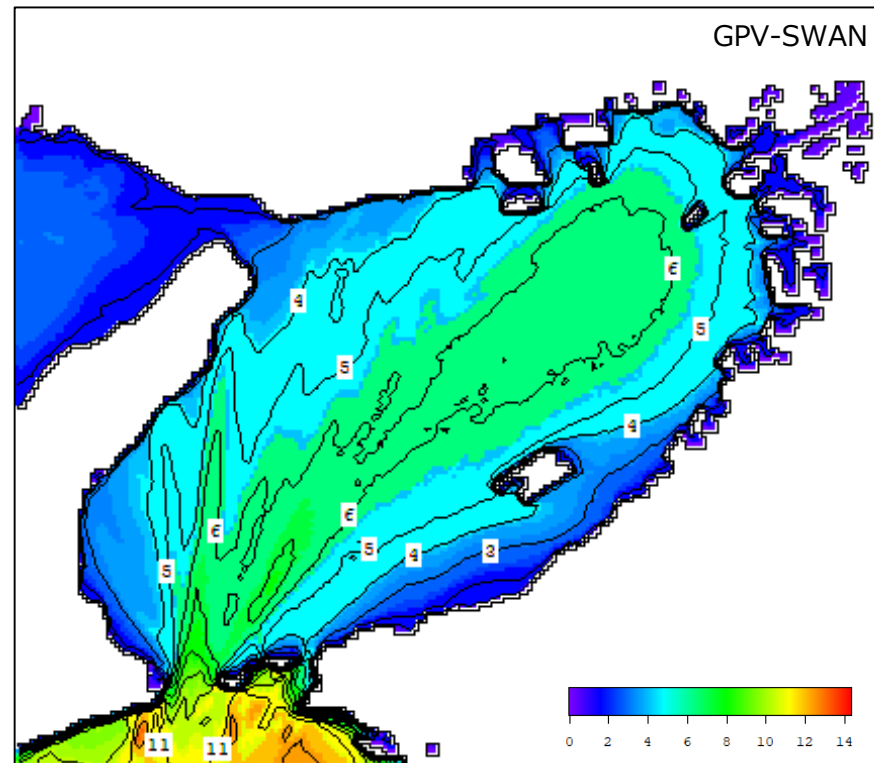
潮位

- 関西空港MT局では14時50分（台風の最接近から約1時間後）に最高潮位248.3cmを記録した。この時の潮位偏差は120.3cmであった。
- 大阪では過去最高潮位を記録したが、関西空港では過去最大クラスの台風による潮位（第2室台風時の推計値）を下回った。



波浪状況の再現

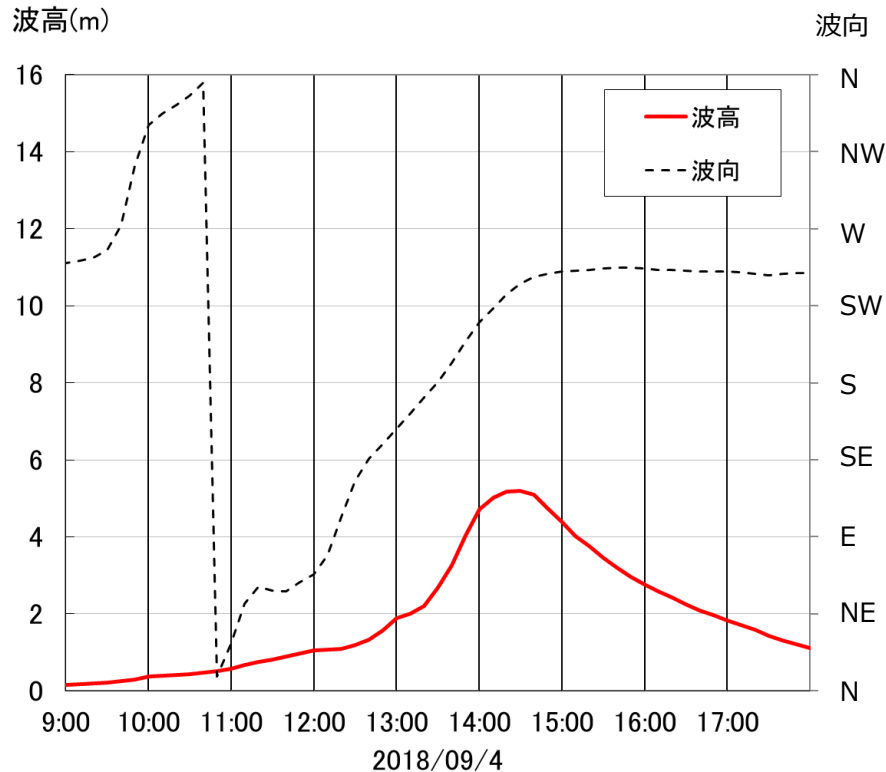
- 空港島周辺の波浪推算を行い波浪状況を再現した。
- 波浪推算には気象庁の風向・風速データ（GPV）を入力値とし、波浪解析モデル（SWAN）を用いた。
- なお、関西空港MT局の波高計が欠測したため、モデルの再現性の検証は神戸港等の測定値に行った。



大阪湾での波浪推算

波浪推算の結果

- 推算された波高は関西空港MT局で 5 mを超え、過去に観測された波高と比較すると非常に大きいものであった。



関西空港MT局における推算された波浪の経時変化

過去観測波高（1978年以降）

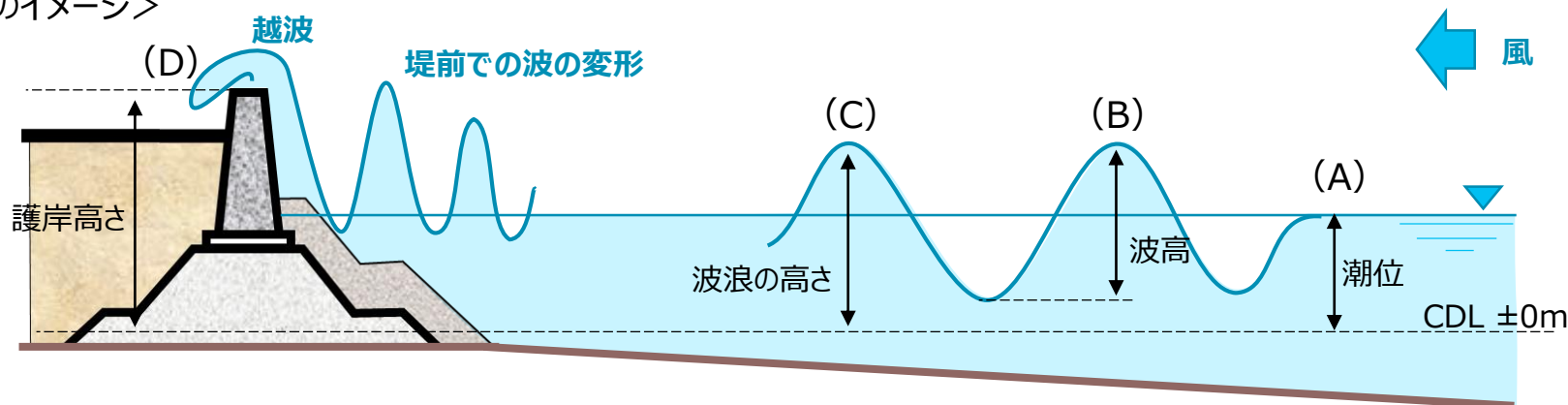
N o.	発生日時	波高(m)	気象要因	
1	2018/09/04	5.20	台風201821号	推算値
2	2009/10/08	3.44	台風200918号	実測値
3	2004/09/07	3.33	台風200418号	
4	1991/09/27	3.17	台風199119号	
5	2004/08/31	3.09	台風200416号	
6	2004/12/05	3.02	低気圧	
7	1990/09/19	2.95	台風199019号	
8	1983/02/18	2.87	低気圧	
9	1979/10/01	2.73	台風197916号	
10	1979/11/06	2.69	低気圧	

※MT局観測値

台風21号接近時の波浪と護岸の高さ

- 台風21号接近時の関西空港において観測された潮位については、最大でCDL2.48mと過去最大クラスの台風による潮位（第2室戸台風の推計値）CDL3.2mを下回った。一方、波浪解析モデル（SWAN）により推算された波高については、関西空港MT局で5mを超え、過去に観測された波高と比較すると非常に大きいものであった。
- 波浪の高さは、潮位と波高の1/2から推算することができる。関空1期島の東側護岸では、護岸の高さ約4mに対して、波浪の高さ(推算)約3.6mであった。関空1期島の南側護岸では、護岸の高さ約6mに対して、波浪の高さ(推算)約4.6mであった。
- 護岸を越波した主な理由としては、過去に観測された波高と比較すると非常に大きいものであったことに加え、波が堤前で変形する現象によることなどが考えられる。

<波浪のイメージ>



台風21号接近時の波浪の高さ(推算)と護岸の高さ

(C.D.L)

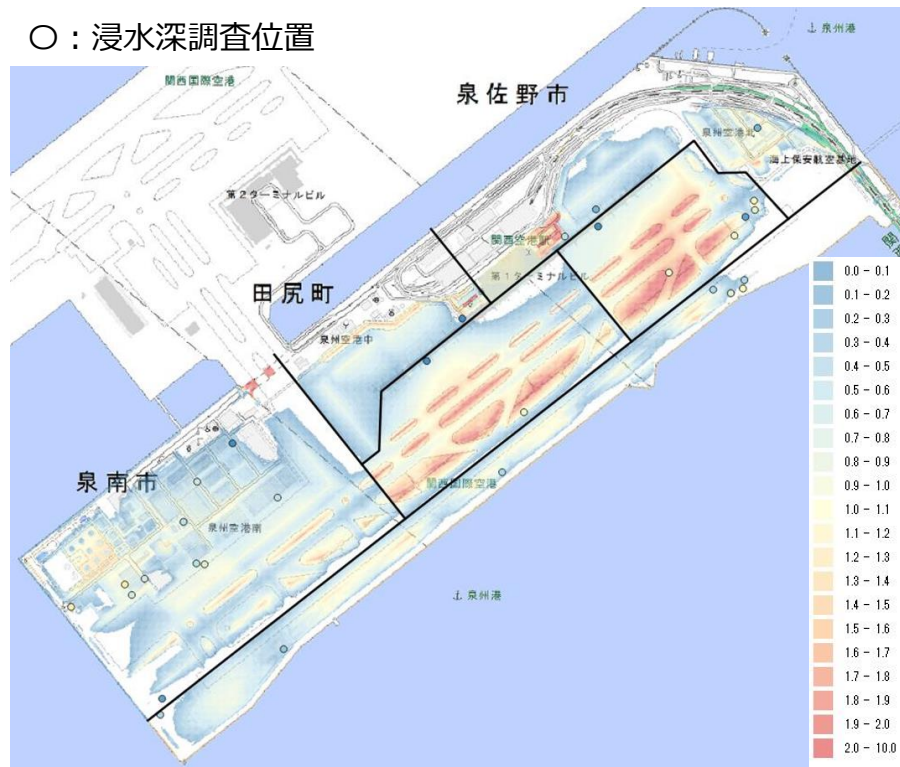
	潮位(関空MT局実測)	波高(推算)	波浪の高さ(推算)	護岸の高さ (2017年12月実測)
	(A)	(B)	(C) = (A) + (B)/2	(D)
東側護岸	1.94	3.35	3.62	約4m
南側護岸	2.38	4.34	4.55	約6m

※「波高(推算)」は、推算された有義波（ある地点で連続する波の波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波の波高を平均したもの）の高さ。

※「波浪の高さ(推算)」、「潮位(関空MT局実測)」及び「波高(推算)」は、「越波量」が最も多いと推算された時間帯(東側14:00、南側14:50)のもの。

実測による浸水量の推算

- 浸水深の実測結果をもとにそれぞれのエリアでの浸水量を推算した。
- 空港内の総浸水量は約270万 m^3 であったと推算される。



実測結果より推算した浸水深の分布図

制限フェンス
(空港南側・トラック待機場付近)

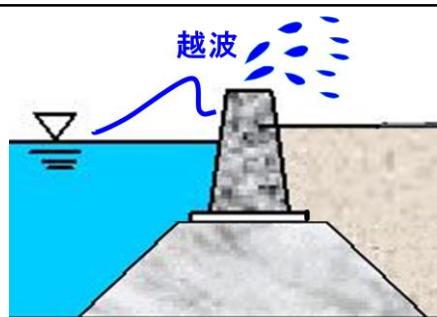


浸水の要因

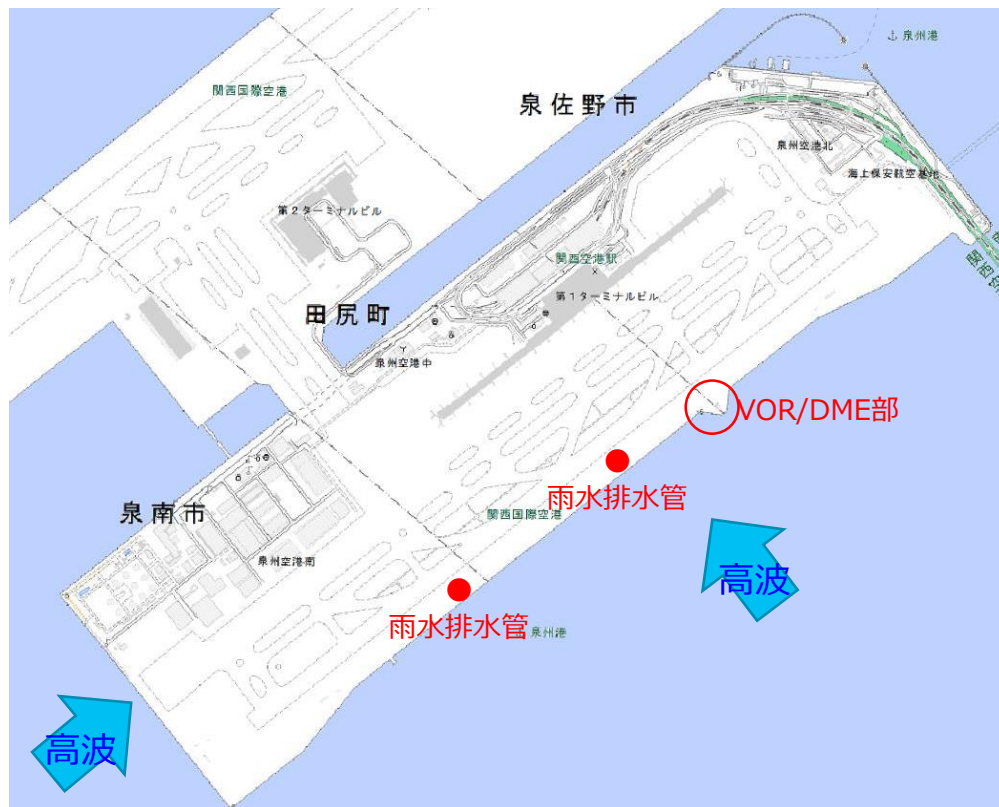
- 護岸からの越波、VOR/DME部の護岸転倒箇所からの流入、ポンプ停止による雨水排水管からの海水の逆流、降雨により空港の浸水被害が生じたと推定される。



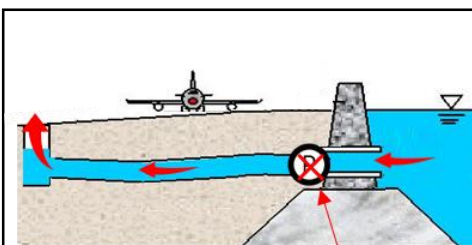
降雨（約1%）



護岸からの越波（約90%）



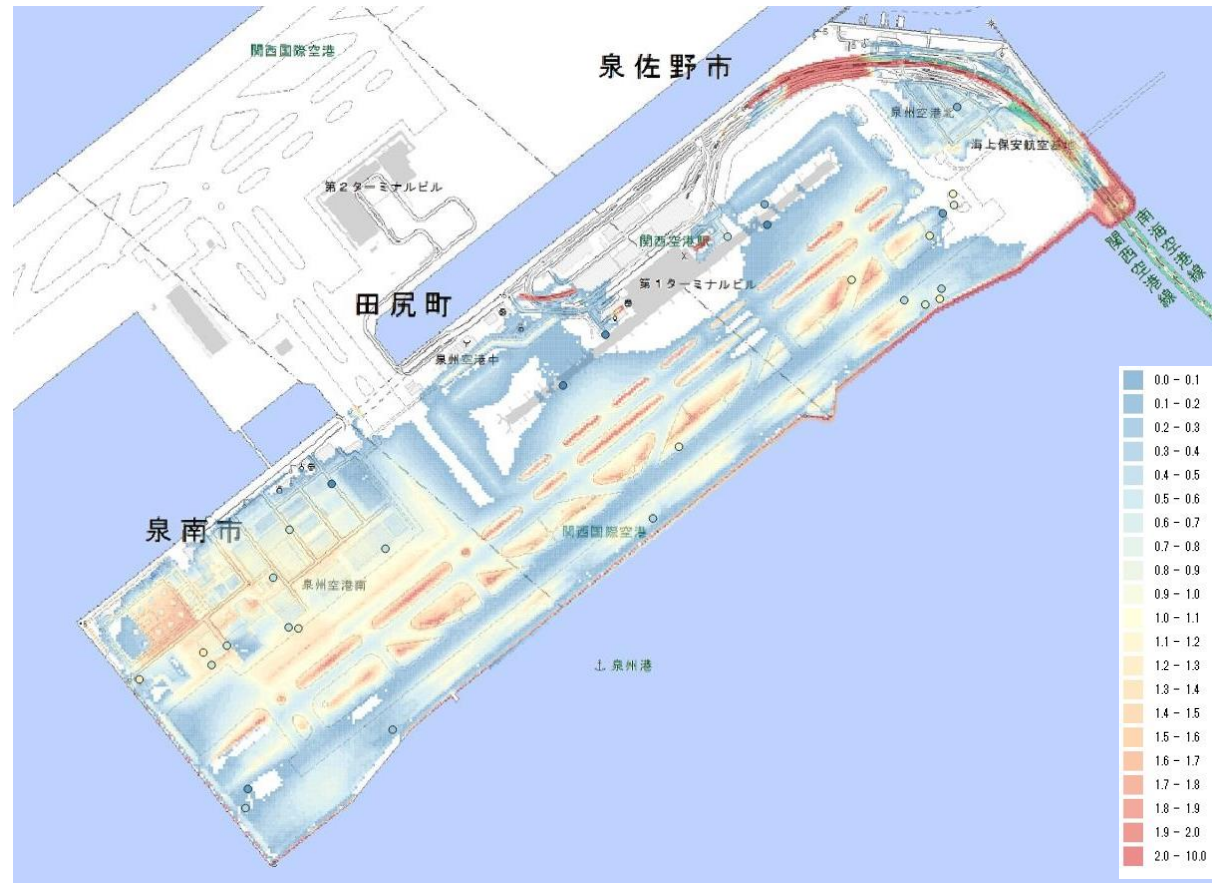
VOR/DME部の護岸転倒箇所からの流入（約7%）



雨水排水管からの逆流（約2%）

浸水状況の再現

- 浸水要因をもとに空港内の総浸水量を推算したところ、約230万～270万 m^3 であった。
- この結果は、浸水深の実測結果をもとにした総浸水量の推算(約270万 m^3)と概ね一致した。



関西空港での現象

時刻	風 (実測)	時間雨量 (実測)	潮位 (実測)	波高 (関空MT局推算)	浸水要因				スポット 浸水状況
					護岸からの越波 (推算)	VOR/DME部護岸 転倒箇所からの流入 (推算)	降雨 (推算)	雨水排水管 からの逆流 (推算)	PTB南 スポット28 (映像確認)
12:00	22m/s ENE	22mm	+1.39m	1.05m					
12:30	22m/s ENE		+1.51m	1.19m					
13:00	20m/s ESE	31mm	+1.76m	1.88m					13:20頃
13:30	30m/s SSE		+2.03m	2.68m					
14:00	46m/s SSW	4mm	+1.94m	4.71m					
14:30	31m/s SW		+2.17m	5.20m					
15:00	23m/s SW	2mm	+2.43m	4.39m					
15:30	22m/s SW		+2.19m	3.47m					
16:00	15m/s SW	2mm	+1.93m	2.77m					15:50頃 水位低下
寄与率					約90%	約7%	約1%	約2%	

まとめ

- 今回の潮位については、過去最大クラスの台風による潮位（第2室戸台風の推計値）を下回ったものの、波浪解析モデルにより推算された波高については、台風21号の強風により、関西空港MT局で5mを超え、過去に観測された波高と比較すると非常に大きいものであった。
- 今回は過去に観測された波高と比較すると非常に大きいものであったことに加え、波が堤前で変形する現象により、護岸（関空1期島東側護岸の高さ約4m、南側護岸の高さ約6m）を越波したものと考えられる。
- 浸水要因としては、護岸からの越波のほか、VOR/DME部の護岸転倒箇所からの流入、ポンプ停止による雨水排水管からの海水の逆流、降雨が考えられ、その主原因は高潮による護岸からの越流ではなく、高波による越波であると考えられる。
- 浸水要因をもとに空港内の総浸水量を推算したところ、約230万～270万 m^3 であった。この結果は、浸水深の実測結果をもとにした総浸水量の推算(約270万 m^3)と概ね一致した。

参考資料

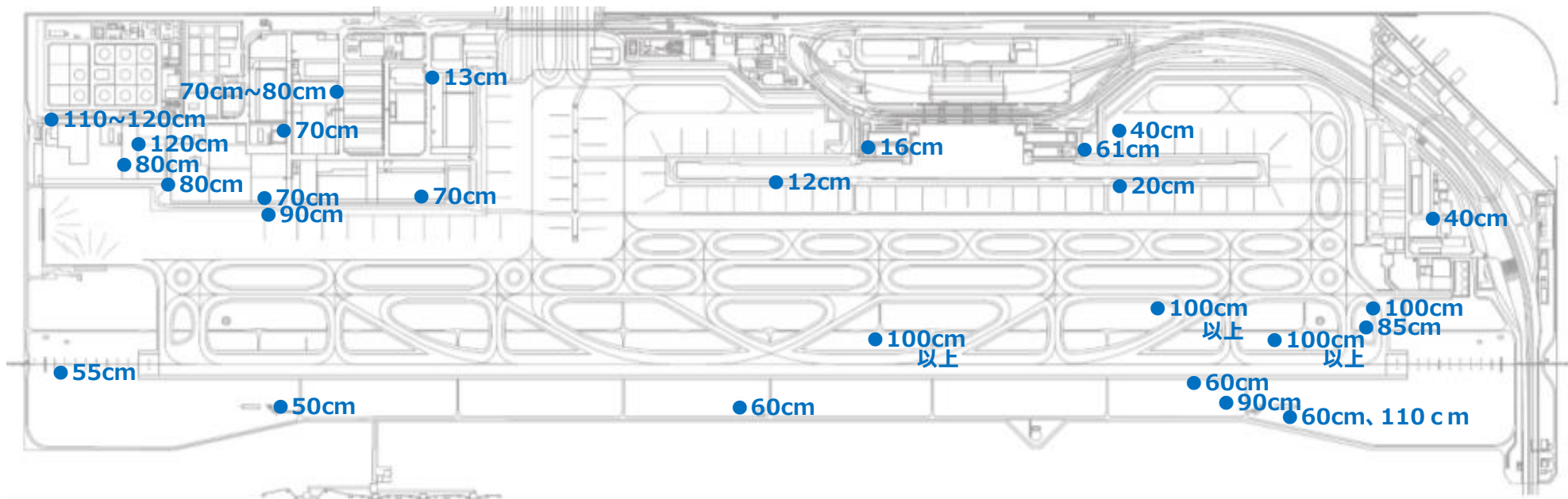
台風21号越波等検証委員会

委員

平石 哲也	京都大学防災研究所 教授
森 信人	京都大学防災研究所 教授
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
坪川 将丈	国土技術政策総合研究所 空港研究部空港施設研究室長
山路 徹	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 構造研究領域長

浸水深の確認

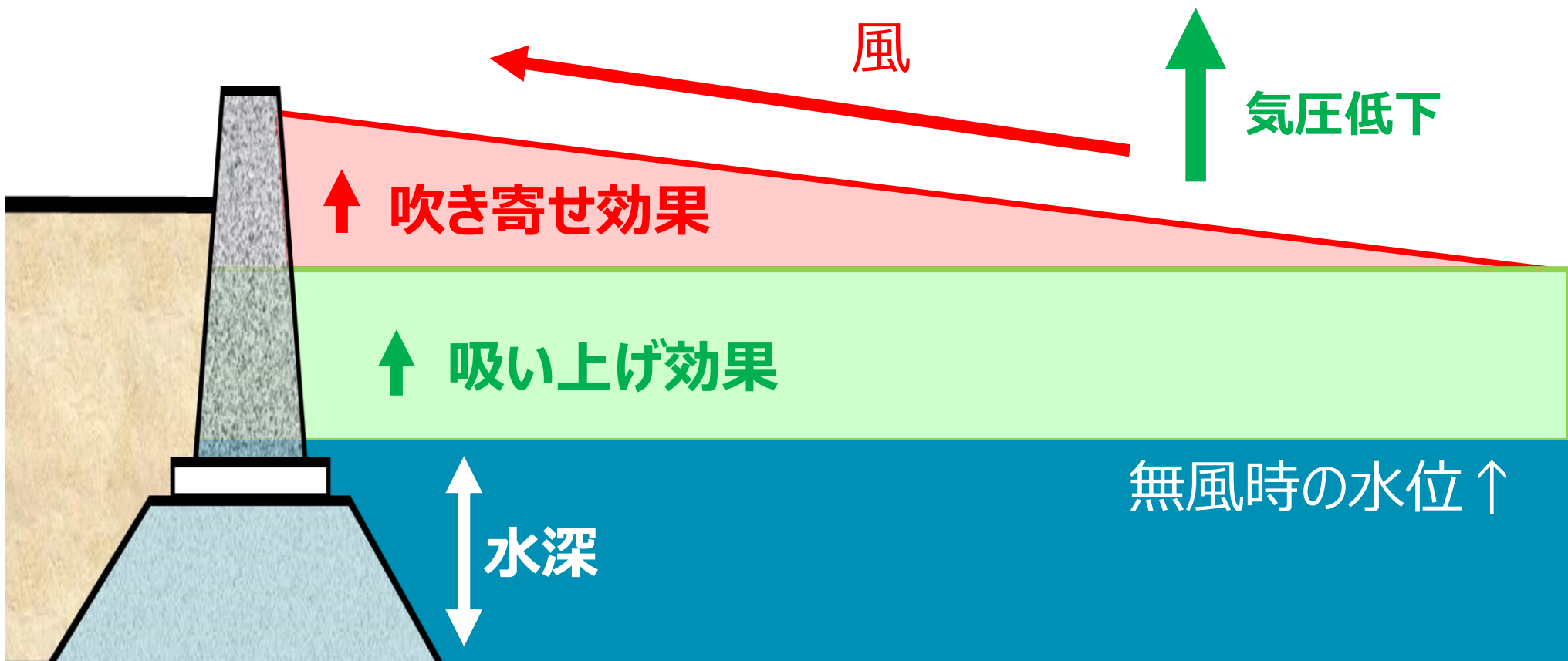
- 浸水高（現地の痕跡やカメラ映像等から浸水高を現地測定）



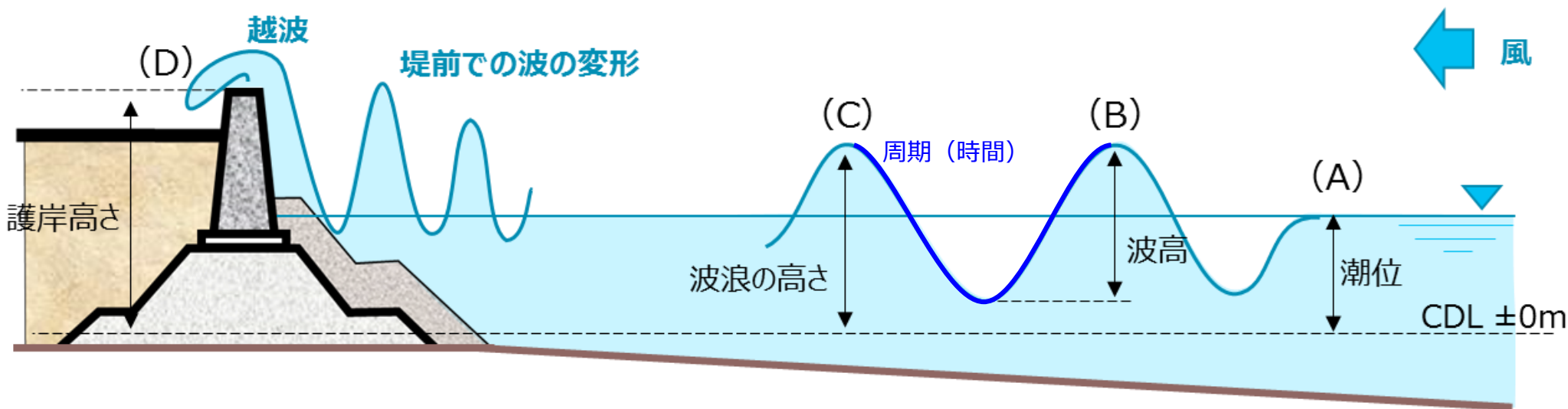
関空の主な施設



台風時の潮位のイメージ



台風時の波浪のイメージ



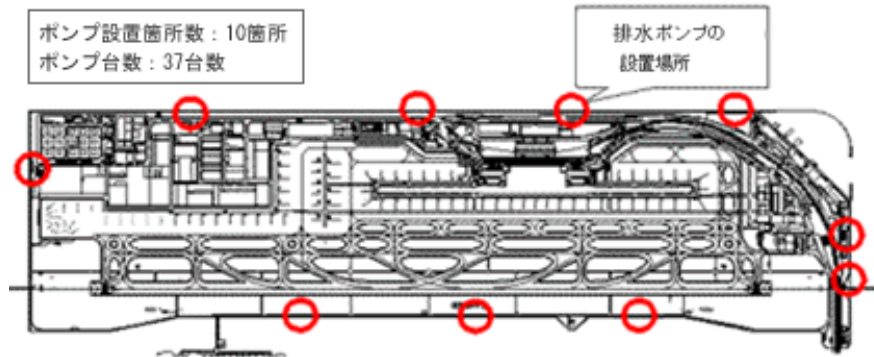
■有義波

ある地点で連続する波の波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波を選びこれらの波高および周期を平均したものをそれぞれ有義波高、有義波周期と呼び、その波高と周期を持つ仮想的な波を有義波と呼ぶ。

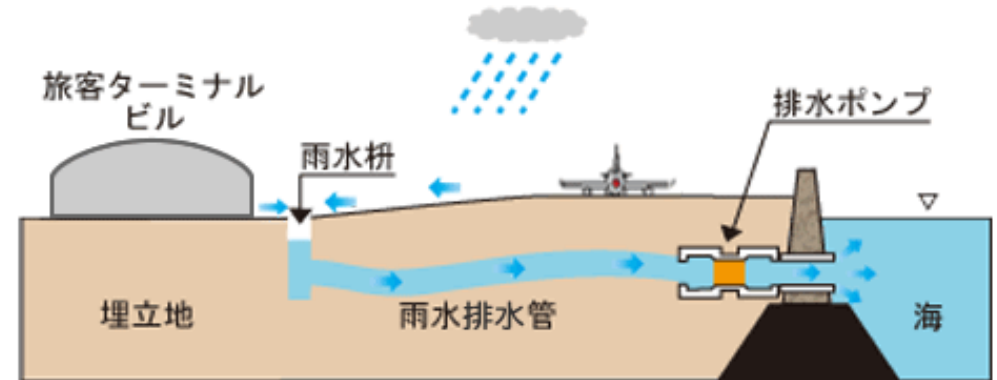
例えば、100個の波（おおよそ10～20分）を観測した時の最も高い波は、統計学的には有義波高の約1.5倍になる。気象庁が天気予報や波浪図等で用いている波高や周期も有義波の値。

（気象庁HPより）

雨水排水用ポンプ



雨水排水用ポンプの設置場所



雨水排水用ポンプの設置場所

- 当初は、雨水排水管を護岸側に傾け自然に雨水が海まで流れるようにしていたが、不同沈下により雨水排水管の傾斜が緩くなり雨水が海に流れにくくなってきたため、護岸付近に大型の雨水排水ポンプを設置し、雨水をスムーズに海に流す方式に順次切り替えてきた。
- ポンプは、10年に一度の大雨（1時間で55mm）が降っても排水できる能力を備えている。



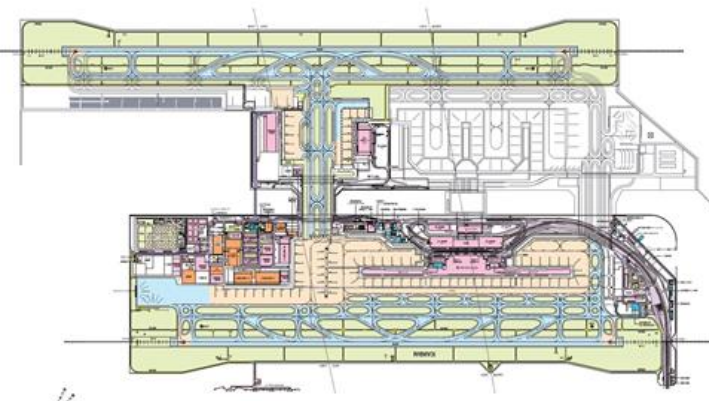
雨水排水用ポンプ

用語

MT局 : 関西国際空港の2期島南西の海上に設置している海上観測塔（MT局）で波浪・潮流等海象・気象の観測を実施している。（Marine Tower）



●MT局

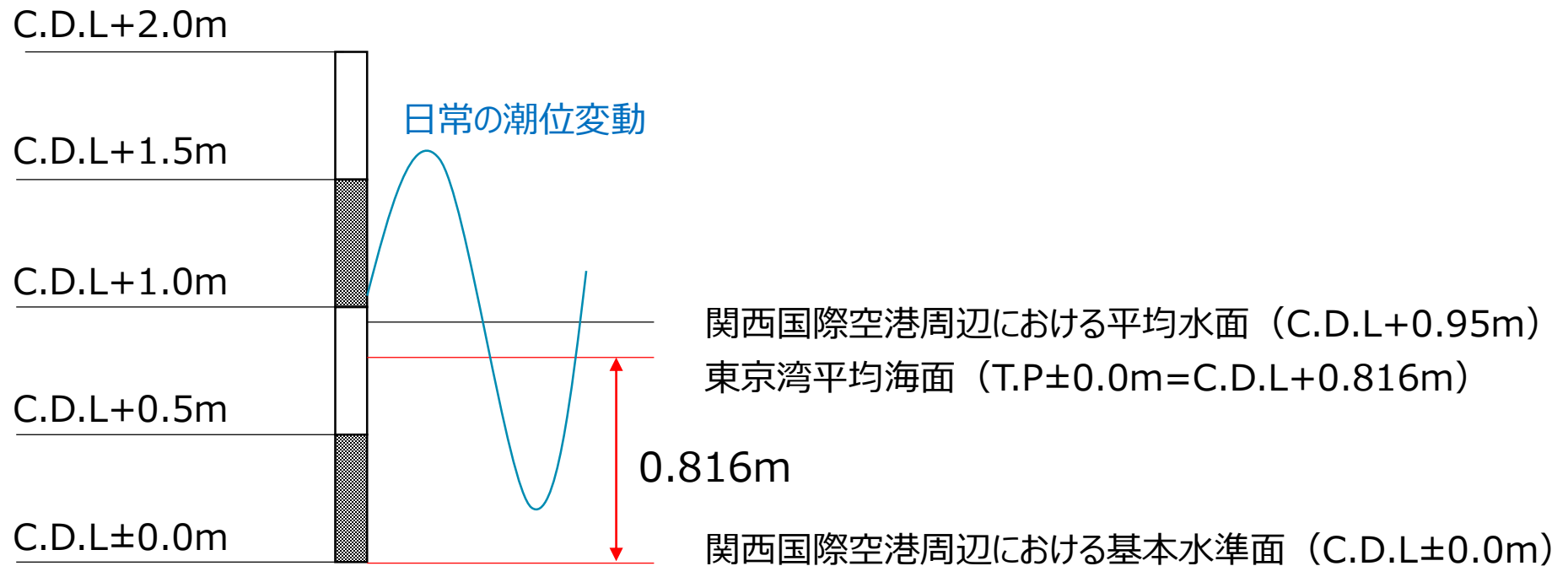


XRAIN : 国土交通省が運用する、高性能気象レーダを用いたリアルタイム雨量観測システム（eXtended **R**Adar **I**nformation **N**etwork）

TP : 東京湾平均海面といい、日本全国の土地の標高の基準。（Tokyo Peil）

CDL : 関西空港における基本水準面。（Chart Datum line）
TP表示→CDL表示+81.6cm

潮位基準



例

$$\text{C.D.L}+2.0\text{m}=\text{T.P}+1.184\text{m}$$

用語

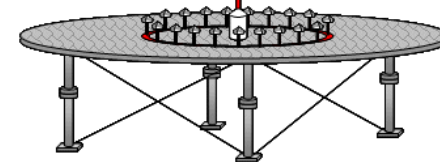
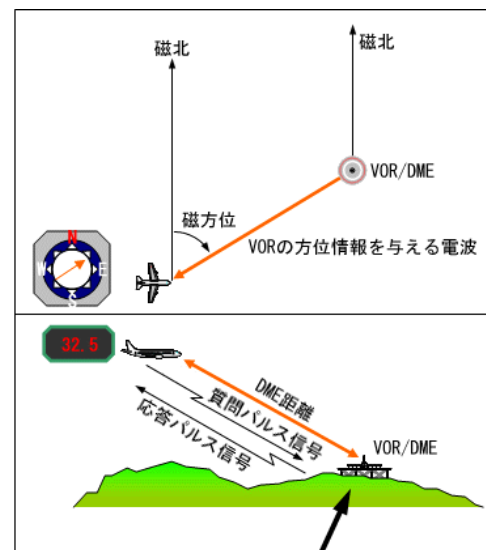
- SWAN : 波浪推算モデル。現在世界中で広く使われている数値モデルの一種。
(Simulating Waves Nearshore)
- 気象庁GPVデータ : 全球数値予報モデル G P V
地球全体の大気を対象として、未来の気温、風、水蒸気量、日射量等の状態について、スーパーコンピュータを用いて三次元の格子で予測したデータ。
- 有義波 : ある地点で連続する波の波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波を選び、これらの波高および周期を平均したものをそれぞれ有義波高、有義波周期と呼び、その波高と周期を持つ仮想的な波を有義波と呼ぶ。
例えば、100個の波（おおよそ10～20分）を観測した時の最も高い波は、統計学的には有義波高の約1.5倍になる。
気象庁が天気予報や波浪図等で用いている波高や周期も有義波の値。
(気象庁HPより)

用語

VOR/DME … 航空機が自機の位置、距離情報を得るための航空機航行支援施設。

VOR：航空機の方位情報を提供するもの
(VHF Omnidirectional Radio Range)

DME：航空機に距離情報を提供するもの。
(Distance Measuring Equipment)



国土交通省HP
総務省HP より