

# 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

Committee on Assessing Overtopping Wave Caused by Typhoon Jebi  
-Third Committee Meeting-  
Reproducing marine phenomenon and flooding situation

Shaping a New Journey



新関西国際空港株式会社

# 目次

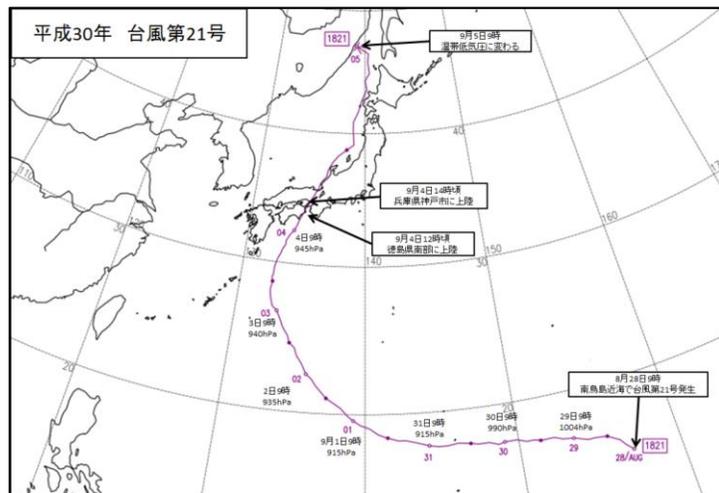
---

- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. 関西国際空港における台風21号の影響 | The impact of Jebi on KIX |
| 2. 浸水状況               | Flood situation           |
| 3. まとめ                | Summary                   |

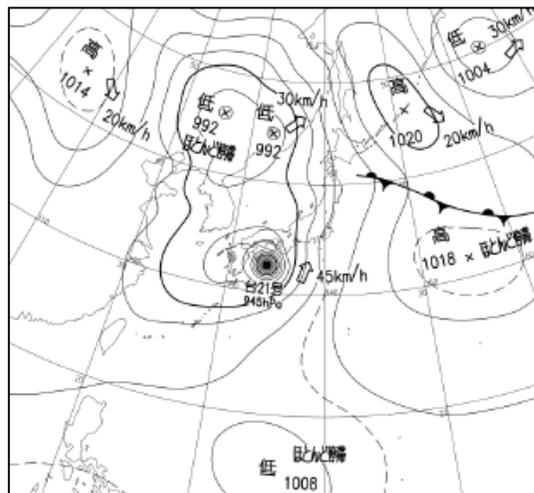
# 台風21号

# Typhoon Jebi

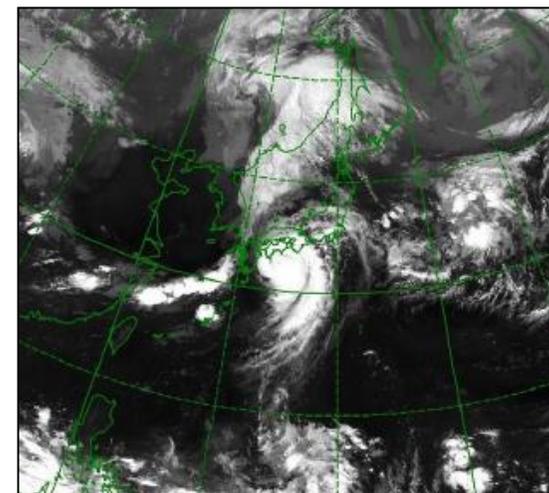
- 台風21号は非常に強い勢力を保ったまま9月4日12時ごろ徳島県南部に上陸、14時ごろには神戸市付近に上陸した。  
Jebi, maintaining very strong force, landed on southern Tokushima Pref. at about 12:00, and landed near Kobe City at around 14:00.
- 大阪湾を第二室戸台風とほぼ同じ経路で約60Km/hの速度で通過した。  
Jebi passed Osaka-bay at 60km/h in the same path as 2<sup>nd</sup> Muroto typhoon
- 大阪湾内通過時（13時）の中心気圧は955hPaであった。  
Central pressure of Jebi when passing Osaka-Bay was 955 hPa (13:00)



台風経路図  
Typhoon route map



地上天気図 (9/4 9時)  
Surface weather chart  
(9/4 9:00)



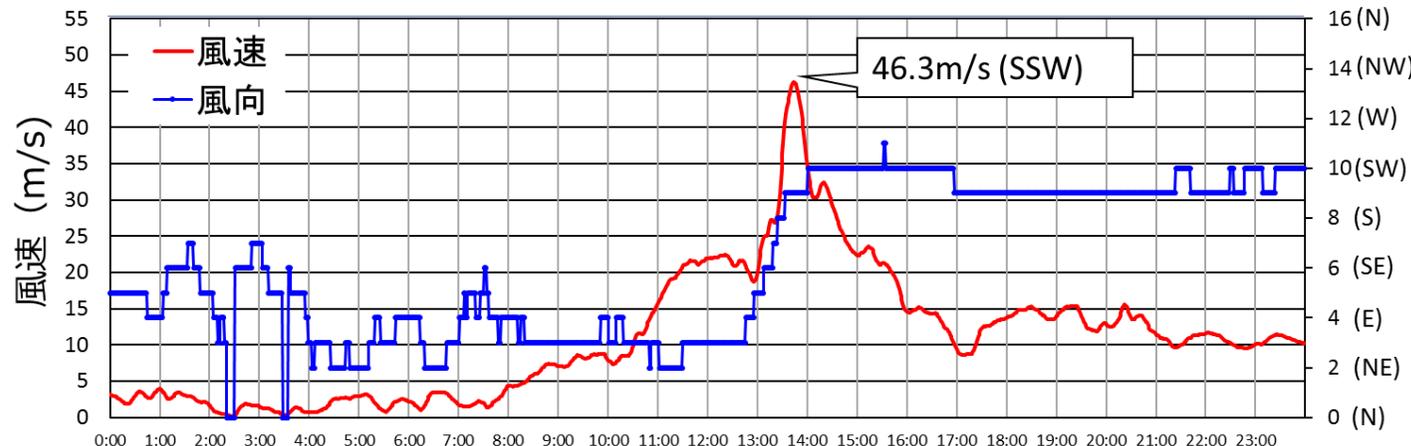
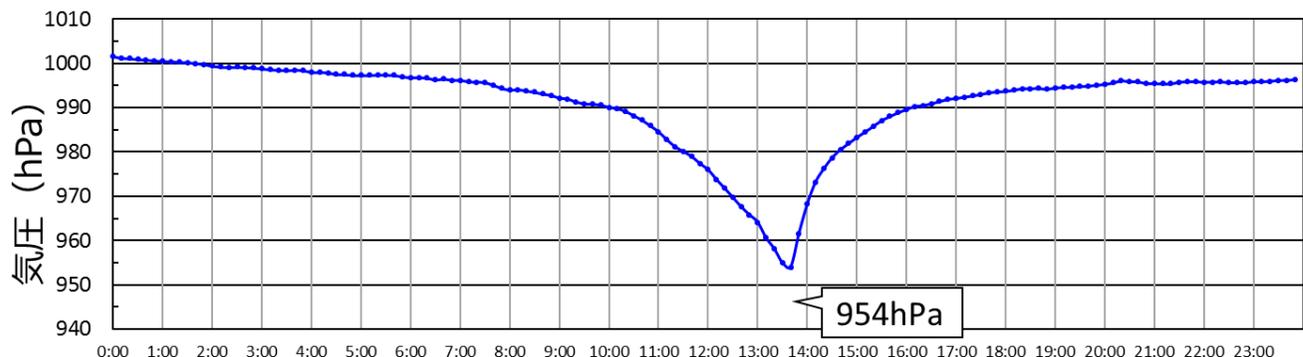
気象衛星赤外画像 (9/4 9時)  
Satellite infrared image (9/4 9:00)  
※各図は気象庁HPより引用

\*Source: Meteorological Agency website

# 観測史上最大の風 The strongest wind in recorded history in KIX

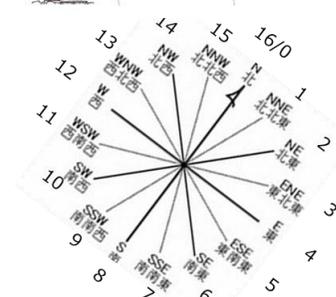
■ 関西空港では、気象庁の施設で※1最大瞬間風速58.1m/s、最大風速46.5m/s（MT局では46.3m/s）を観測し、いずれも観測史上1位の値を更新。

Record peak gust wind + wind velocity at JMA's facility in KIX: Max. gust wind: 58.1m/s  
Max. wind speed: 46.5m/s (at MT:46.3m/s)



2018/09/04

● MT局  
関西エアポート(株)ビル KAP Bldg.



- ※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

- ※1 Observation started in:  
Max. gust wind : 2009  
Max. wind speed : 2003
- ※2 Measurement location  
Central pressure: KAP  
building 4F  
Wind speed/direction : MT

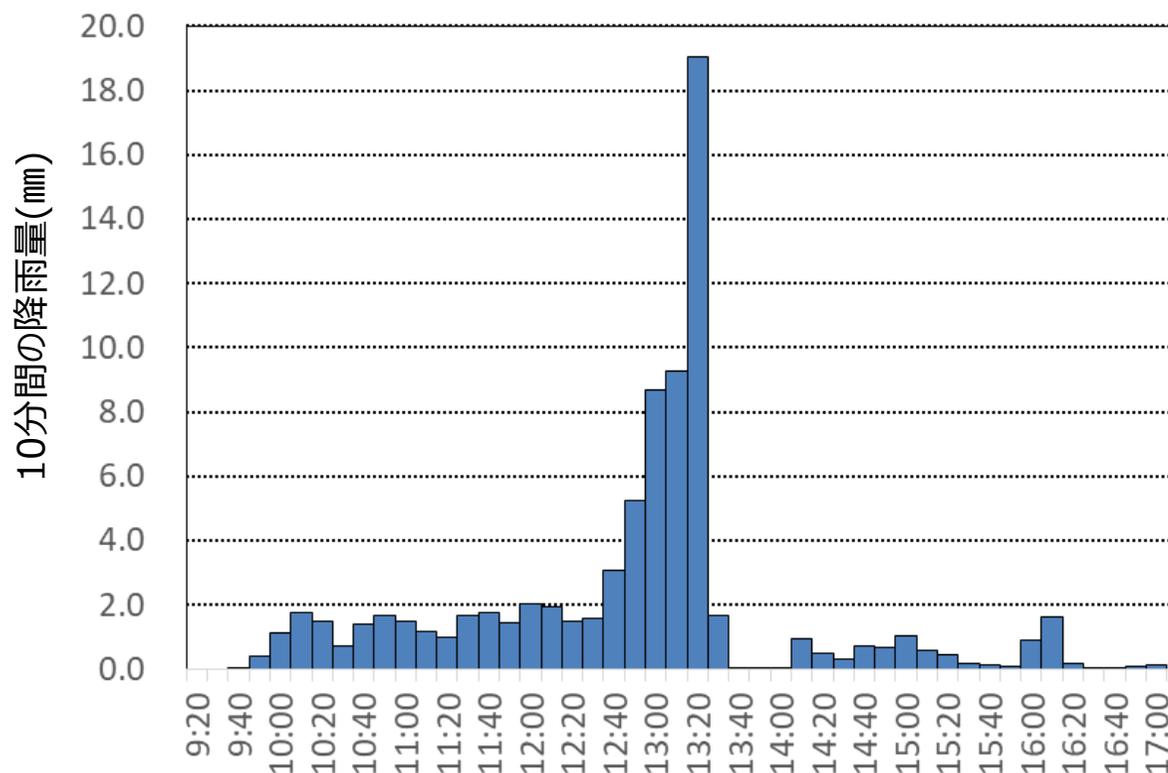


# 降雨状況 Precipitation

- 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。

Observed an hourly precipitation of 55 mm, but the total precipitation was 85mm/day.

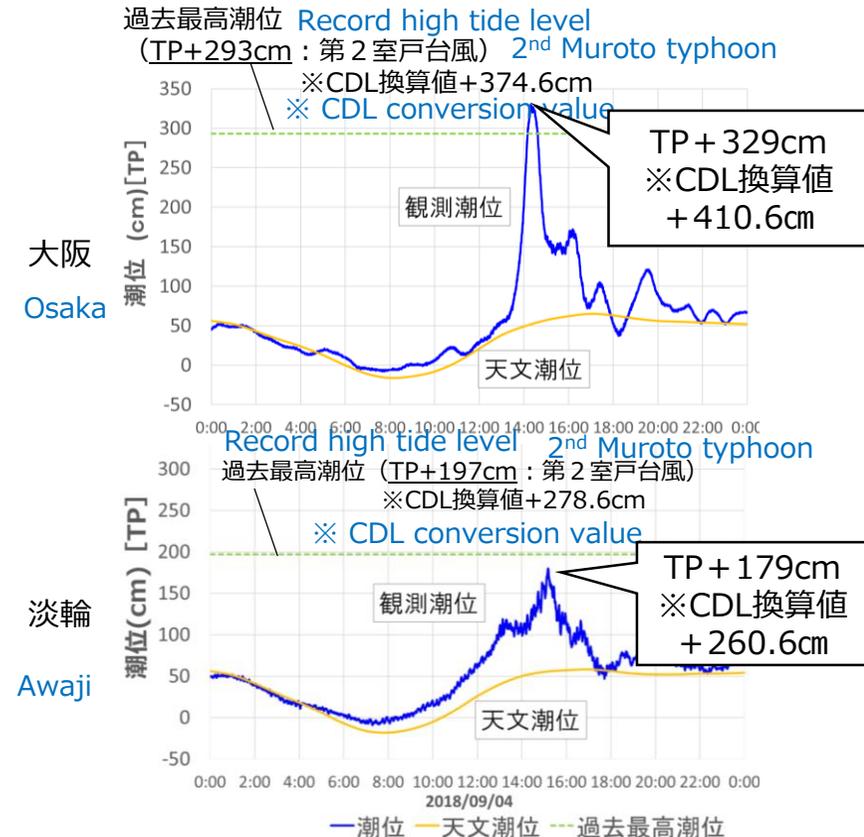
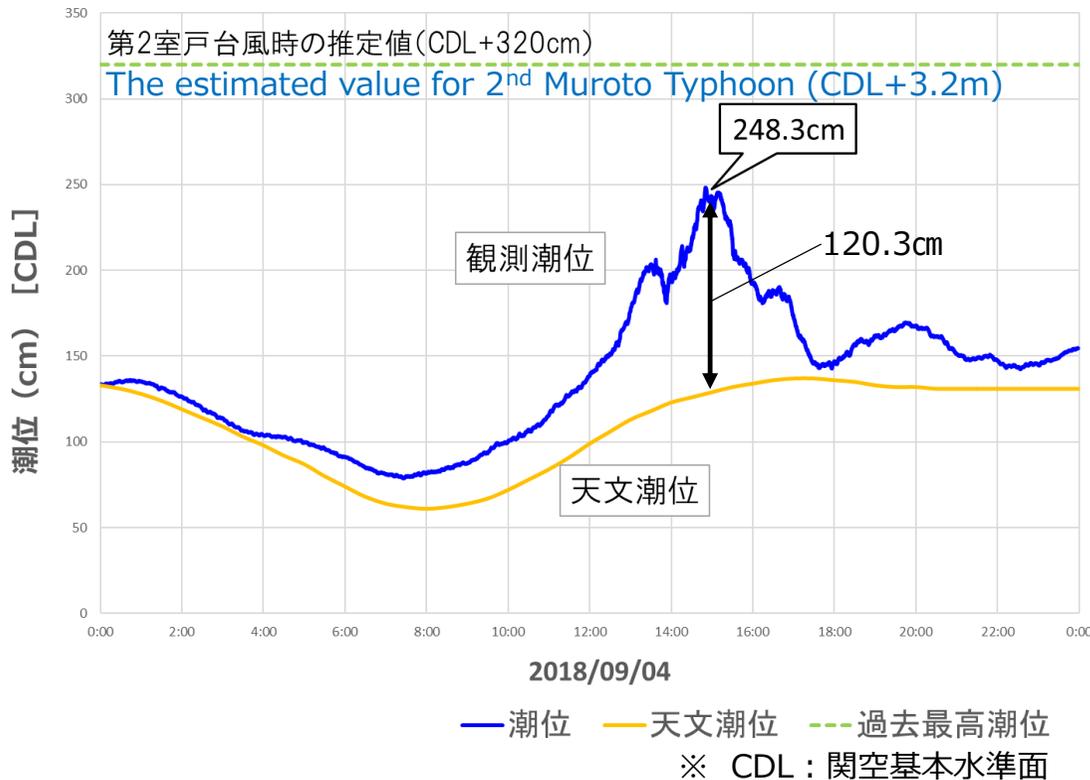
関西国際空港 流域平均雨量(10分) Precipitation in KIX (10 minutes)



※国土交通省XRAIN

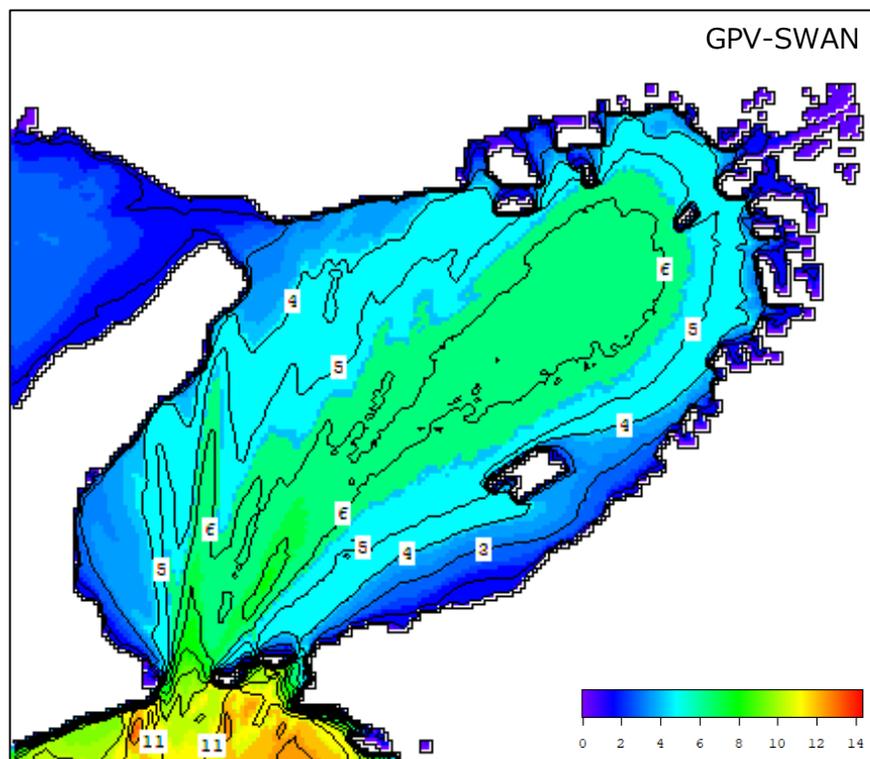
# 潮位

- 関西空港MT局では14時50分（台風的最接近から約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室台風の推計値）を下回った。
- Max tide level: 248.3cm (14:50) ←1 hour after jebi closest approach)  
Deviation from normal sea is 120.3cm
- Record high tide level in Osaka, but tide level in KIX lower than the past record (estimated value for 2<sup>nd</sup> Muroto Typhoon).



# 波浪状況の再現 Reproduction of wave situation

- 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て行った。
- Conducted simulation to reproduce the wave situation around airport .
- Wave analysis model (SWAN) used with the wind direction/speed data (GPV) of JMA as inputs.
- Because wave height data of MT was missing, the calculated result was verified using the measurement at Kobe port etc.



Simulated waves in  
Osaka Bay

大阪湾での波浪推算

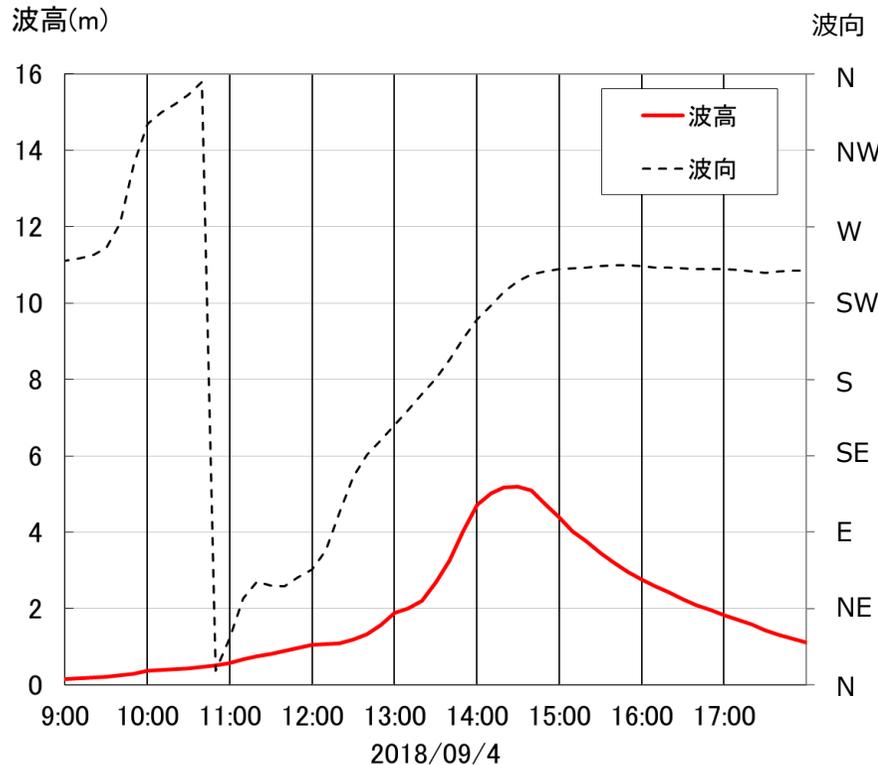
# 波浪推算の結果 Simulation result

- 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。

Simulated wave height exceeded 5m at KIX MT, much larger than waves observed in the past.

過去観測波高（1978年以降）

Wave height of past typhoons (since 1978)



関西空港MT局における推算された波浪の経時変化

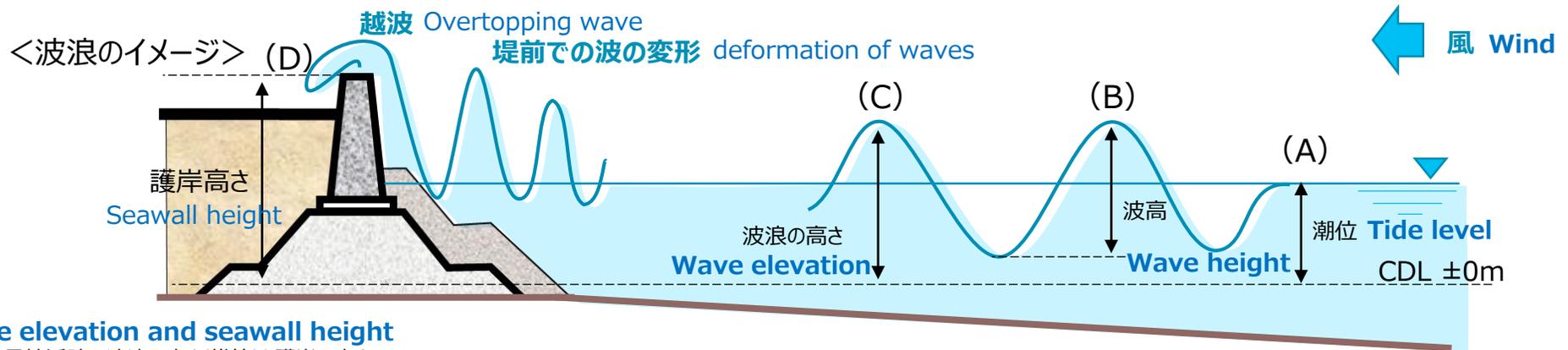
Estimated wave height & wave direction at MT in KIX

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  
Measurements at MT

# 台風21号接近時の波浪と護岸の高さ Height of Jebi wave and seawall

- 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。
- Max tide level at KIX was CDL+2.48, lower than estimated highest CDL+3.2 (2<sup>nd</sup> Muroto typhoon).  
Wave height estimated by SWAN was about 5m at MT, much higher than past measurements.
  - "Wave elevation" estimated from tide level and half wave height. East side – Seawall ≒ 4 m high, estimated elevation ≒ 3.6 m.  
South side – Seawall: ≒ 6 m high, estimated elevation ≒ 4.6 m.
  - Main reasons for overtopping seawall – 1. Wave much higher than those in the past  
2. Wave deformed in front of the seawall.



## Wave elevation and seawall height

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) Tidal level	波高(推算) Wave height	波浪の高さ(推算) Wave elevation	護岸の高さ Seawall height (Dec.'17) (2017年12月実測)
	(A)	(B)	(C) = (A) + (B)/2	(D)
東側護岸 East side	1.94	3.35	3.62	約4m
南側護岸 South side	2.38	4.34	4.55	約6m

護岸の高さ Seawall height (Dec.'17)

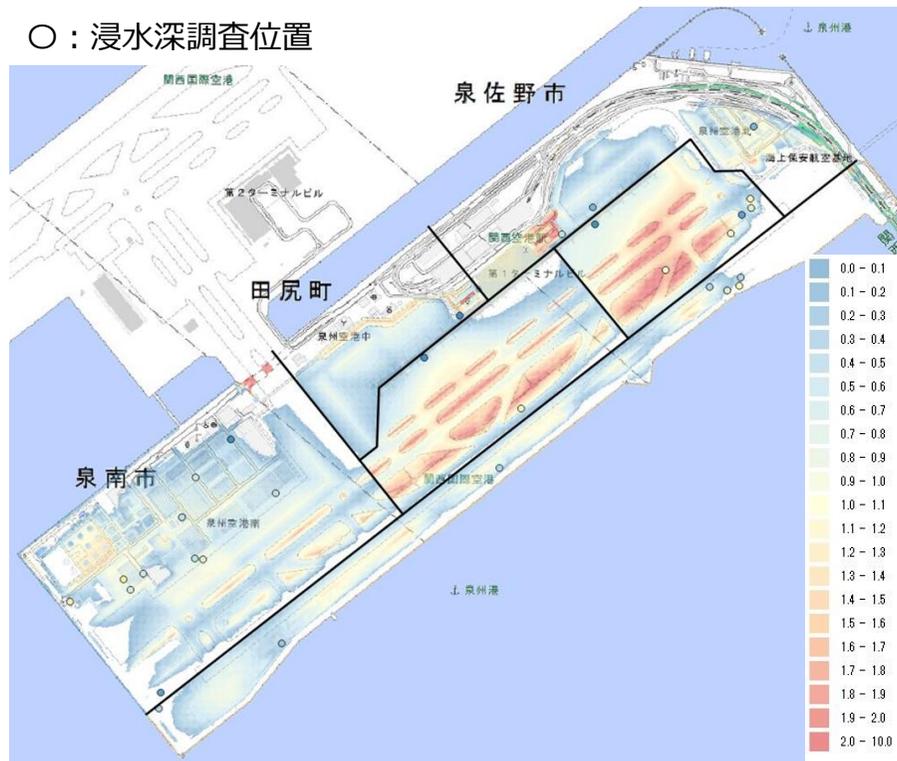
※「波高(推算)」は、推算された有義波（ある地点で連続する波の波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波の波高を平均したもの）の高さ。

※「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

# Estimation of flood volume

- 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<sup>3</sup>であったと推算される。
- Flood volume in each area calculated based on the actual inundation depth.
- Total flood volume estimated at approx. 2.7M m<sup>3</sup>.



実測結果より推算した浸水深の分布図

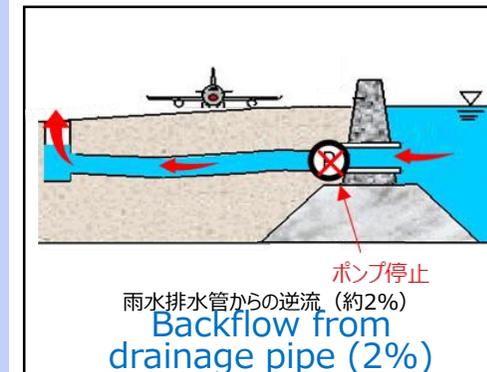
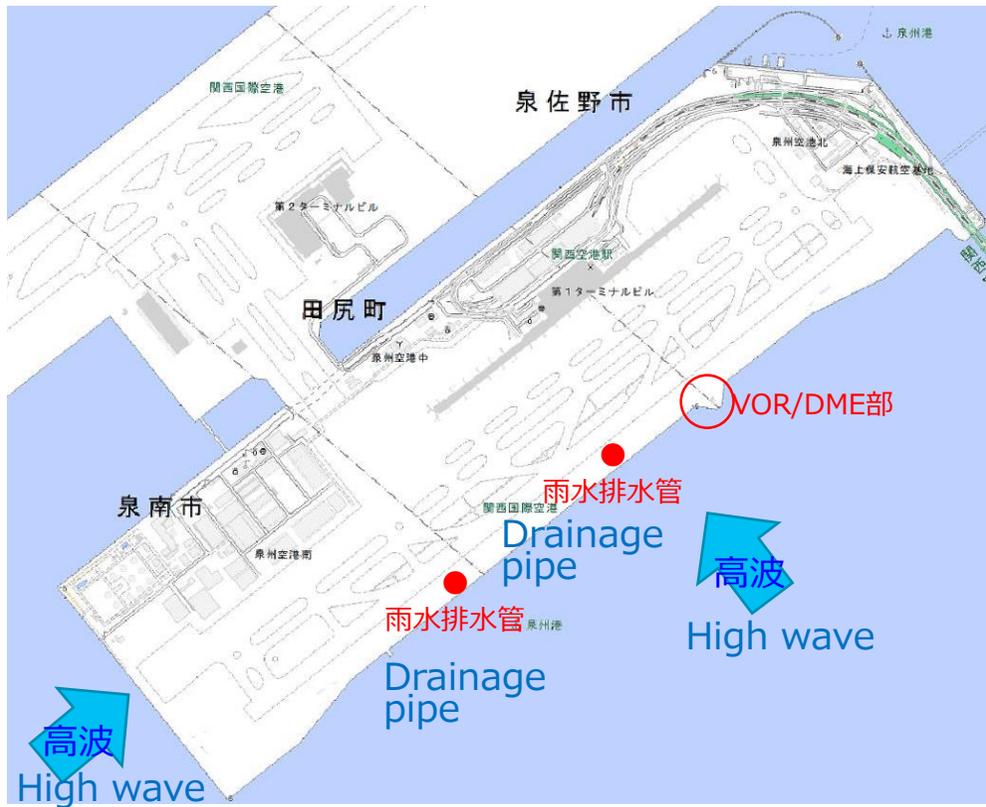
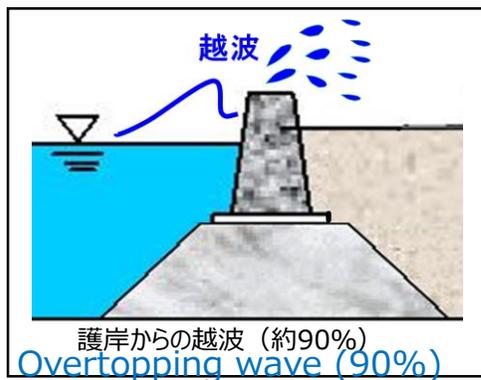
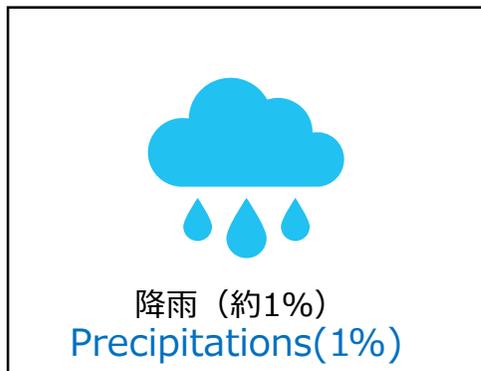
Distribution map of estimated inundation depth

制限フェンス Fence (behind A4 seawall)  
(空港南側・トラック待機場付近)



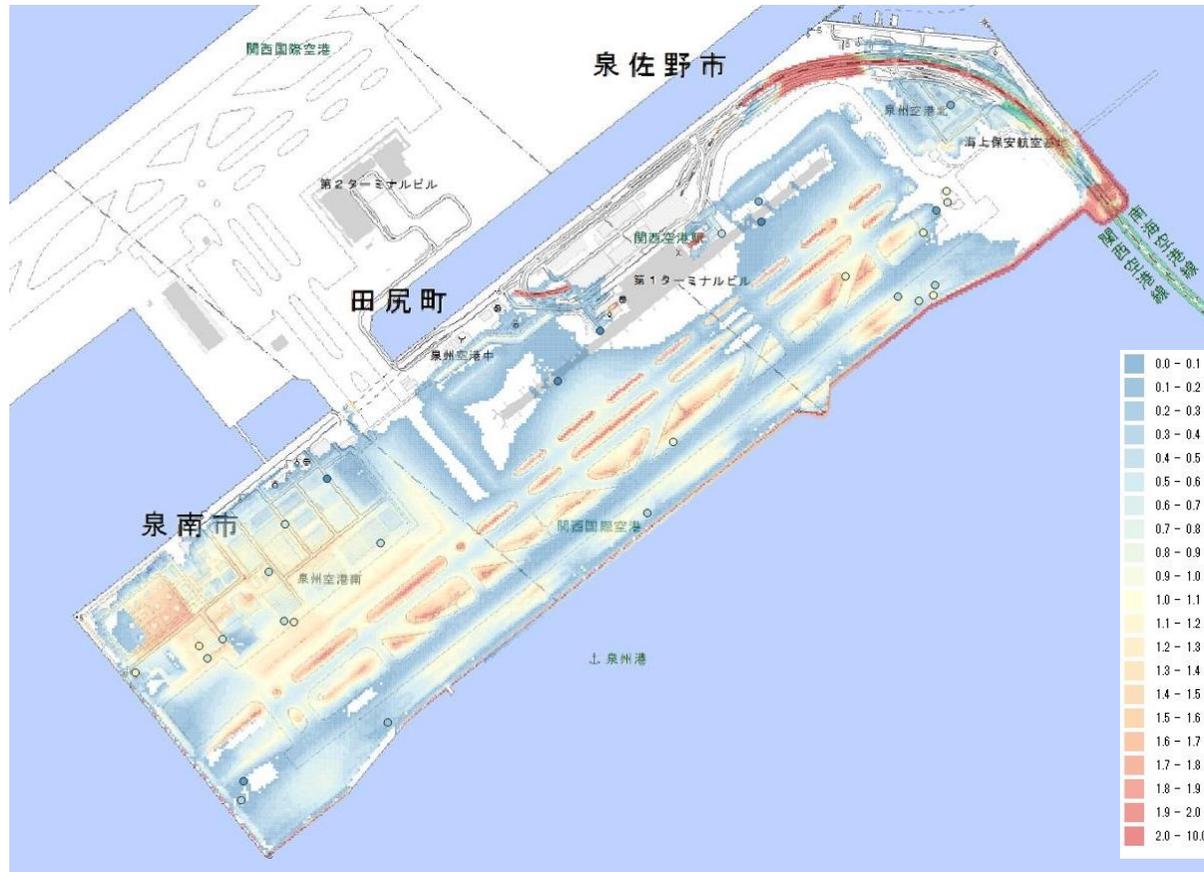
# 浸水の要因 Flood factors

- 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。
- Flooding factors are overtopping wave, inflow from VORDME , backflow from drainage pipes and rain.



# 浸水状況の再現 Reproduction of flood situations

- 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。
- Estimated total flood volume was about 2.3M - 2.7M  $m^3$ .
- This result is almost consistent with flood volume (about 2.7M  $m^3$ ) estimated using actual inundation depth.



# 関西空港での現象 Phenomena at KIX

Time 時刻	Wind 風 (実測)	Hourly rain 時間雨量 (実測)	Tide level 潮位 (実測)	Wave height 波高 (関空MT局推算)	Flood factors 浸水要因				Apron area スポット 浸水状況
					護岸からの越波 (推算) Overtopping wave	VOR/DME部護岸 転倒箇所からの流入 (推算) Flood from collapse seawall (VOR/DME)	降雨 (推算) Precipitation	雨水排水管 からの逆流 (推算) Backflow from drainage pipe	スポット 浸水状況 PTB南 スポット28 (映像確認) South of PTB Stand #28
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%	Water lowered

# まとめ Summary

- 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。  
South of PTB  
Stand #28
- 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。

- Tide level was lower than record high (estimate for 2<sup>nd</sup> Muroto typhoon) level.  
Wave height estimated by SWAN was 5m+ at MT, very high from past height.
- The main reasons for overtopping seem to be the wave height much larger than past wave height, and wave deformation front of the seawall. (East  $\approx$  4 m, south  $\approx$  6 m)
- Flooding factors seemed to be overtopping wave, inflow from VOR/DME, backflow from drainage pipe and precipitations.  
Main cause was NOT overflow by storm surge, but overtopping by high wave.
- Estimated total flood volume was about 2.3M - 2.7M  $m^3$ , which is consistent with flood volume estimated from actual inundation depth.