

2018年台風21号 (Jebi) により大阪湾沿岸で発生した強風・高潮災害の特徴

山本 晴彦¹・渡邊 祐香²・那須 万理³・川元 絵里佳⁴・坂本 京子¹・岩谷 潔¹

Characteristics of Gust Wind and Storm Surge Disasters in Osaka Bay Area by Typhoon No.21 (Jebi) in 2018

Haruhiko YAMAMOTO¹, Yuka WATANABE², Mari NASU³,
Erika KAWAMOTO⁴, Kyoko SAKAMOTO¹ and Kiyoshi IWAYA¹

Abstract

Typhoon No.21 (Jebi) in 2018 made landfall on the southern part of Tokushima Prefecture around 12:00 on September 4, 2018, maintaining very strong power, and headed northeast to land again near the city of Kobe, Hyogo Prefecture, around 14:00. It then moved away to the Sea of Japan at 15:00. With the passage of the Typhoon No.21, it stormed heavily in the Kinki and East Shikoku regions. A maximum instantaneous wind speed of 58.1m/s was observed at the Kansai Airport, the highest in the history of recorded wind speeds at that location. The lowest sea level pressure, 950 hPa, was also observed at Cape Muroto and the Kansai Airport, and the highest tide in the history of record-keeping was observed in the cities of the Gulf of Osaka coastal areas, such as Kobe, Nishinomiya, Amagasaki, and Osaka. The Kansai Airport was flooded, and high tide and high waves occurred at the Gulf of Osaka and the Kii channel, causing severe damage. In addition, the storm caused the destruction of homes and other buildings, blackouts due to the collapse of telephone poles and power lines, and cars being turned over in many places.

キーワード：強風災害，大阪湾沿岸，高潮災害，2018年台風21号

Key words: Gust disaster, Osaka Bay Area, Storm surge disaster, Typhoon No.21 (Jebi) in 2018

¹ 山口大学大学院創成科学研究科
Graduate School of Sciences and Technology for
Innovation, Yamaguchi University

² 山口大学農学部 (現 山口大学大学院創成科学研究科)
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

³ 山口大学農学部 (現 山口銀行)
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

⁴ 山口大学農学部 (現 福岡県庁)
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

本速報に対する討議は2020年2月末日まで受け付ける。

1. はじめに

2018年8月28日9時に南鳥島近海で発生した台風第21号(以下、台風21号と記載)は、急速に発達しながら日本の南海上を西進から北西進して、30日15時には「非常に強い」勢力となり、31日9時にはマリアナ諸島付近で「猛烈な」(最大風速が54 m/s以上)勢力に発達した。その後、高知県を暴風域に巻き込みながら北上し、非常に強い勢力を保ったまま9月4日12時頃徳島県南部に上陸した。その後も台風は北東に進み、14時頃には兵庫県神戸市付近に再上陸し、15時には日本海海上へ抜けた(大阪管区气象台, 2018a; 神戸地方气象台, 2018)。台風が「非常に強い」(最大風速が44 m/s以上~54 m/s未満)勢力を保ったまま上陸するのは、1993年(平成5年)台風第13号以来であった(山本ら, 1994; 山本ら, 1995)。

本台風により、4日には近畿・四国地方の広い範囲で暴風を伴い大雨となり、3日14時から5日9時までの総降水量は、高知県馬路村魚梁瀬で328.5 mmを観測し、1時間最大降水量は高知県田野で4日10時1分に92.0 mmを観測した。また、大阪府の関空島(関西国際空港)で最大瞬間風速58.1 mを観測し、年間を通じての第1位を更新した。さらに、台風の接近に伴って、潮位が急上昇し、大阪(大阪府)、神戸(兵庫県)、御坊、白

浜、串本(以上、和歌山県)、および阿波由岐(徳島県)では過去の最高潮位を超える値を観測した(大阪管区气象台, 2018a)。台風による被害は、大阪府と滋賀県で暴風により倒壊した倉庫の下敷きとなる等で14人が亡くなり、自動車の横転や高層ビルの一部破損、住家被害等が発生した。また、高潮により関西国際空港が冠水する等、大阪湾や紀伊水道の沿岸で高潮被害が発生した(内閣府, 2018; 消防庁, 2018; 大阪管区气象台, 2018b)。

ここでは、2018年台風21号の通過時における強風と高潮の特徴、大阪府泉南地域で発生した強風による電柱の倒壊、神戸市の六甲アイランドや芦屋市の南芦屋浜で発生した高潮災害等について、その概要を報告する。

2. 強風と高潮の特徴

図1には2018年9月4日12時の地上天気図(気象庁, 2018)と気象衛星「ひまわり8号」の赤外画像(高知大学気象情報頁, 2018)を示す。台風21号は4日12時頃には徳島県南部に上陸しており、中心気圧は960hPaと「非常に強い」勢力を維持して上陸し、「ひまわり8号」の赤外画像でも鮮明な台風の雲域が確認できる。

台風21号の通過時に各観測所において観測された風向・風速と気圧の状況を表1に、最大瞬間風

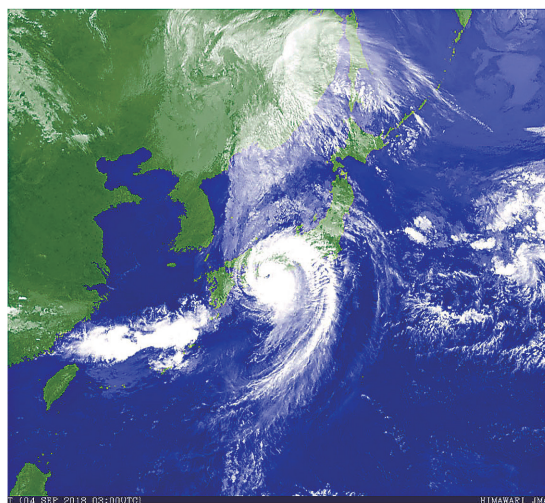
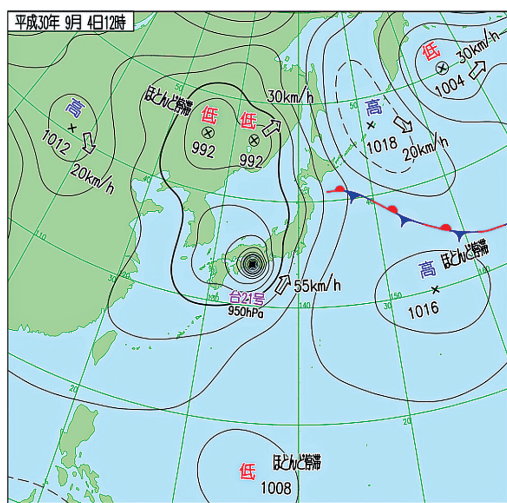


図1 2018年9月4日12時の地上天気図(気象庁, 2018)と気象衛星「ひまわり8号」の赤外画像(高知大学気象情報頁, 2018)

速と風向の分布図を図2に示す。台風21号が上陸した徳島県南部の日和佐と蒲生田では11時過ぎに50 m/s前後の最大瞬間風速を観測し、いずれもアメダスでの観測開始からの第1位の記録を更新し、最大風速も約35 m/sと極値を更新する暴風が吹き荒れた。徳島県南部に隣接する高知県南東部の室戸岬では、最大瞬間風速は11時53分に55.3 m/sを観測し、最大風速も48.2 m/sと観測史上第5位(観測開始1920年7月)の暴風を記録した。また、最低海面気圧も953.0hPaと台風勢力の基準となる960hPaを下回っており、最大風速と同様に観測史上第5位(観測開始は最大風速と同日)の気圧を記録している。台風の進行方向の右手に位置する和歌山(観測開始1940年1月)では57.4 m/s、南紀白浜でも45.8 m/sと、ここでも観測史上第1位の暴風を記録し、友ヶ島でも最大瞬間風速51.8 m/s(観測史上第2位、欠測を含む)、最大風速42.9 m/s(観測史上第1位)を観測した。北上を続けた台風21号により、関空島(関西国際空港の観測所名)でも58.1 m/sの暴風を13時38分に観測し、最大風速46.5 m/sとともに観測開始からの極値を更新した。関空島の最低海面気圧は、関西エアポート(株)ビル4階で観測されて

おり(新関西国際空港株式会社, 2018)、通過時には954hPaと室戸岬で観測された953.0hPaとほぼ同値で、和歌山での961.7hPa(観測史上第7位)を大きく下回る気圧を観測した。14時前後には大阪で最大瞬間風速が47.4 m/s(観測史上第3位)、神戸空港でも45.3 m/s(観測史上第1位)を記録した。14時頃に神戸市付近に上陸した台風により、神戸でも41.8 m/s(観測史上第5位)の強風を観測し、最低海面気圧は958.2hPaと室戸岬で観測された気圧と同様に950hPa台を観測した。なお、この記録は1961年の第二室戸台風(945.9hPa)、1934年の室戸台風(954.6hPa)、1912年9月の台風(957.0hPa)に次ぐ第4位の記録となった。上陸した台風21号は、時速約70 kmの高速で移動したため、勢力の衰弱が遅く、進路の右側に位置する彦根、敦賀、セントレア(中部国際空港の観測所名)等でも、観測開始からの最大瞬間風速の極値を更新する45 m/sを超える暴風に見舞われた。

次に、2018年台風21号の通過時に観測された9月4日の日降水量の分布図を図3に示す。台風の通過時に、南の太平洋から湿った空気が四国山脈の南東部、紀伊山地に吹き込み、これらの斜面では日降水量が200 mmを超える強雨を観測してお

表1 2018年台風21号の通過時に各観測所において観測された風向・風速と気圧の状況

No. ¹⁾	観測所	最大瞬間風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	最低海面気圧 (hPa)
1	室戸岬	55.3 (西, 11:53)	48.2 ⁵⁾ (西, 11:53)	953.0 ⁵⁾
2	日和佐(徳島)	50.3 ⁴⁾ (東, 11:05) ²⁾	34.6 ¹⁾ (東南東, 11:12)	-
3	蒲生田(徳島)	48.8 ⁴⁾ (東, 11:13)	34.5 ¹⁾ (東南東, 11:22)	-
4	南紀白浜	45.8 ⁴⁾ (南南東, 11:33)	33.4 ¹⁾ (南東, 11:41)	未収集
5	友ヶ島(和歌山)	51.8 ²⁾ (南, 13:14) ³⁾	42.9 ¹⁾ (南, 13:18) ³⁾	-
6	和歌山	57.4 ¹⁾ (南南西, 13:19)	39.4 ¹⁾ (南南西, 13:26)	961.7 ⁷⁾
7	尾鷲	45.0 ⁴⁾ (南南東, 13:30)	21.4 ⁶⁾ (南南東, 未収集)	10位以下
8	関空島	58.1 ¹⁾ (南南西, 13:38)	46.5 ¹⁾ (南南西, 13:47)	954 ⁴⁾
9	熊取(大阪)	51.2 ¹⁾ (南, 13:40)	26.8 ¹⁾ (南, 13:47)	-
10	神戸空港	45.3 ¹⁾ (南南西, 13:55)	34.6 ¹⁾ (南南西, 13:59)	未収集
11	神戸	41.8 ⁵⁾ (東, 13:41)	21.4 (東, 13:42)	958.2 ⁴⁾
12	大阪	47.4 ³⁾ (南南西, 14:03)	27.3 ⁴⁾ (南南西, 14:11)	962.4 (13:57) ⁵⁾
13	彦根	46.2 ¹⁾ (南東, 14:13)	24.9 ⁴⁾ (南南東, 14:24)	10位以下
14	セントレア	46.3 ¹⁾ (南南東, 14:17)	31.5 ²⁾ (南南東, 14:22)	未収集
15	敦賀	47.9 ¹⁾ (東南東, 15:00)	26.3 ³⁾ (東南東, 15:29)	967.8 ⁵⁾

注1) No. は図2の数字と一致する。

注2) 1~7は観測史上の極値(1位~7位)。

注3) 欠測を含む。

注4) 関空島の最低海面気圧は、関西エアポート(株)ビル4階での観測値(新関西国際空港株式会社, 2018)。

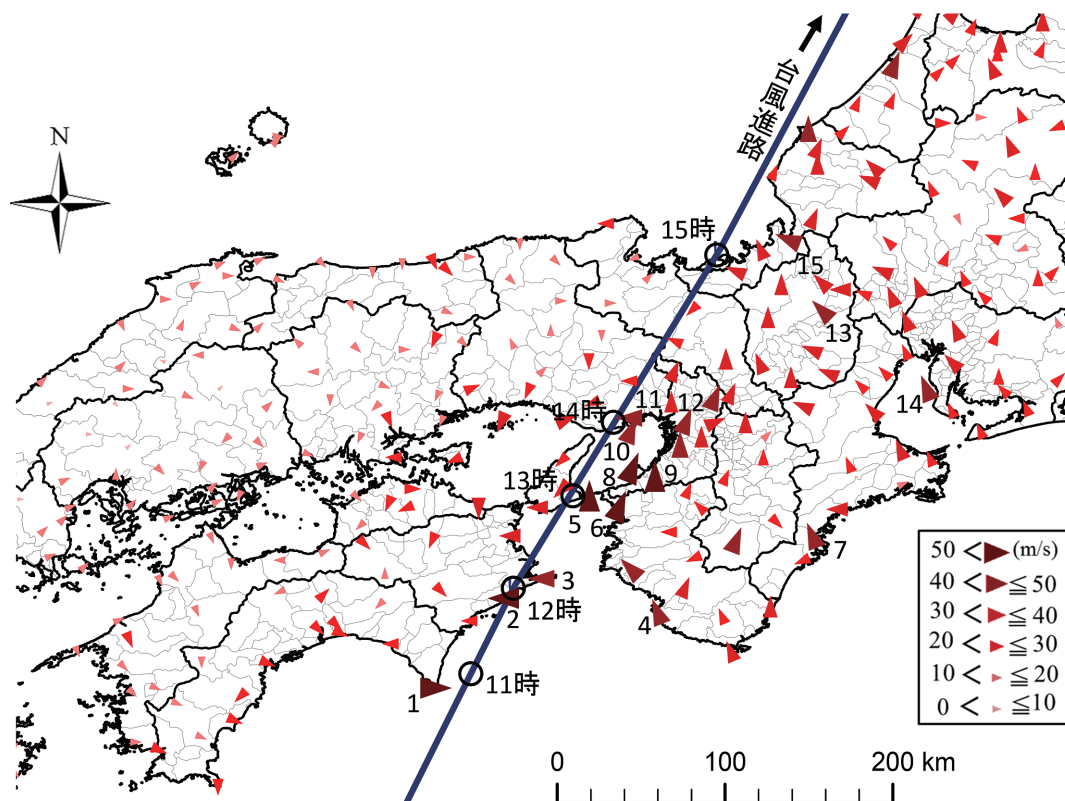


図2 2018年台風21号の通過時に観測された最大瞬間風速と風向の分布図 (図中の数字は表1の観測所と一致)

り、特に紀伊山地の中央部に位置する風屋や龍神で312.5 mm, 311.0 mm, 高知県東部の魚梁瀬でも304.5 mmの豪雨を記録している。しかし、台風の移動速度が約70 km/hと速かったこともあり、紀伊山地の風下側に位置する広い範囲では100 mm以下と比較的少雨の傾向が認められた。

図4には、9月4日の室戸岬、関空島(関西国際空港)、神戸空港、大阪における気象要素(最大瞬間風速、10分間降水量、海面気圧および風向)の推移を示す。室戸岬では台風の接近により3時頃から東寄りの風が強まり始め、6時を過ぎて台風前面の雲域により雨も再び降り始めており、10時には最大瞬間風速が48.4 m/sを観測している。しかし、10時30分頃から風速が急激に低下し、最低海面気圧は10時21分に953.0hPaを観測していることから、台風がこの時刻に再接近したものと推察され、その直後の10時50分には12.9 m/sの

弱風を観測している。このように、約1時間の弱風の時間帯があり、その後は風速が急激に高まり、11時53分には55.3 m/sの暴風を観測している。このようなV字を描く風速の変化は、室戸岬を台風が通過して「台風の眼」に入ったことを意味しており、風速の変化から台風の眼は約40 kmで、従来から「吹き返しの風」に注意を払うと指摘されているような、貴重な風速の記録が観測されている。また、風速が東風から西風に変化していることから、台風が室戸岬を直撃していたことを物語っており、台風が遠ざかるにつれて風速は漸減している。

関空島では12時40分に最大瞬間風速が30 m/sを超え、13時30分頃から50 m/sを超える暴風となり14時前の約30分間にわたり継続している。その後は風速が激減して14時50分には28.3 m/sと30 m/sを下回っており、風向も東南→南→南西

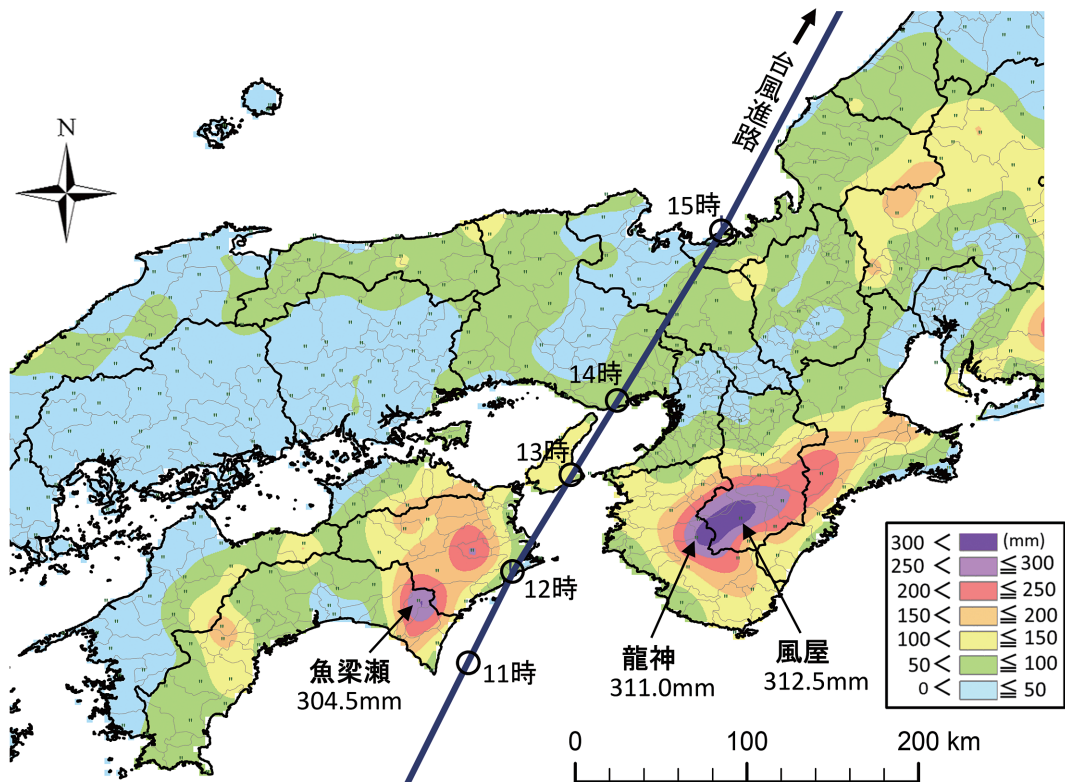


図3 2018年台風21号の通過時に観測された9月4日の日降水量の分布図

と時計回りに風向が変化していることから、関空島の西側を早い速度で通過していることがわかる。大阪では、関空島と同様に台風が近づくとつれて急激に風速が高まり、13時30分に22.4 m/sであった風が14時には40.5 m/sとなり、その直後の14時3分に47.4 m/sの暴風(観測史上第3位)を観測している。台風の通過後は急速に風速が衰え、15時には25.1 m/sとなっている。海面最低気圧は最大瞬間風速が観測された直前の13時57分に962.4hPa(観測史上第5位、1886年1月観測開始)を記録しており、この50年間に観測された台風では最大の勢力であった。神戸空港では、台風の通過時に最大瞬間風速45.3 m/sを観測し、風向も東南→南→南西と時計回りに風向が変化していることから、神戸空港の西側に再上陸したものと推察される。

さらに、図4には気象庁の神戸と大阪の検潮所の推移も示しており、神戸では12時を過ぎる頃

から潮位が急激に上昇し、14時9分に第二室戸台風で観測されたT.P.230 cm(以下、T.P.を省略)を超える233 cmを観測している。また、大阪でも第二室戸台風で観測された既往最高潮位の293 cmを36 cmも超える329 cmを14時18分に観測している。これ以外にも、兵庫県港湾課では西宮、尼崎の検潮所でも潮位や風向風速が観測されており、図5には潮位の推移を示す。西宮では14時15分に324 cmの潮位を観測しており、既往の潮位264 cm(昭和36年9月16日:第二室戸台風)を60 cm、尼崎でも同時刻に353 cmの潮位を観測しており、既往の潮位296 cm(同台風)を57 cmも上回った。両検潮所は、昭和28年に観測を開始したため昭和9年の室戸台風の潮位観測はされていない。一方、中央気象台(現在の気象庁)所管の大阪検潮所の観測記録では、室戸台風310 cm > 第二室戸台風290 cmと、室戸台風の方が20 cmも高い潮位が観測されている。このことから、第二

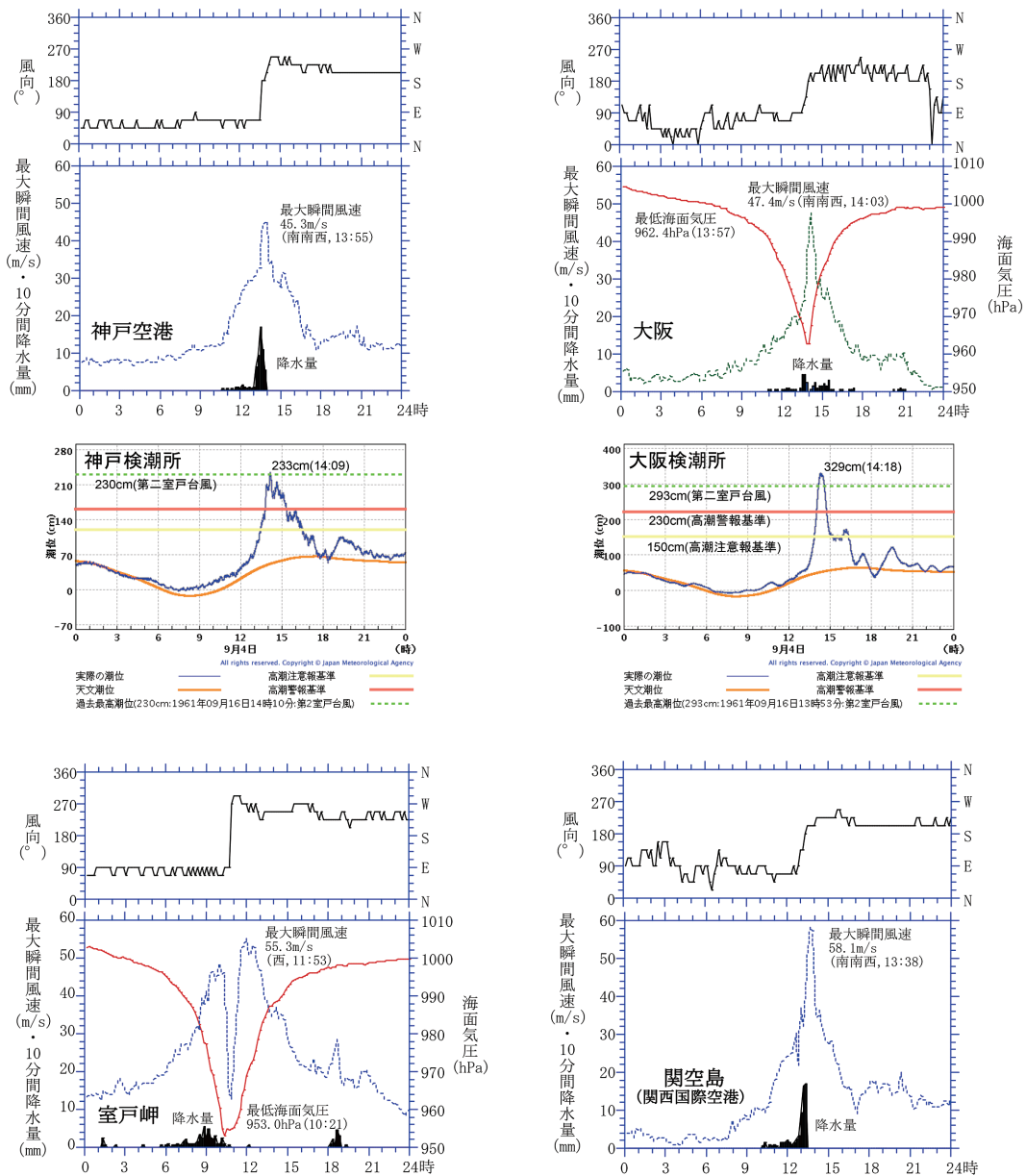


図4 9月4日の室戸岬・関空島(関西国際空港)・神戸空港・大阪における気象要素, 神戸・大阪における潮位(T.P.)の推移(潮位図は大阪管区気象台(2018b)より転載)

室戸台風の際に観測された潮位に20 cmを加えても今回の台風21号はそれを大きく上回っていることから、記録的な潮位現象であったことがわかる。図6には、大阪湾に位置する神戸から西宮, 尼崎, 大阪, 泉北, 岸和田, 淡輪, 洲本, そして紀伊水

道に位置する和歌山の検潮所において観測された最高潮位(時刻), 天文潮位, 最大潮位偏差, 既往最高潮位(いずれも第二室戸台風)を示す。神戸・西宮・尼崎・大阪の検潮所で第二室戸台風により観測した潮位を3 cm・60 cm・57 cm・36 cm

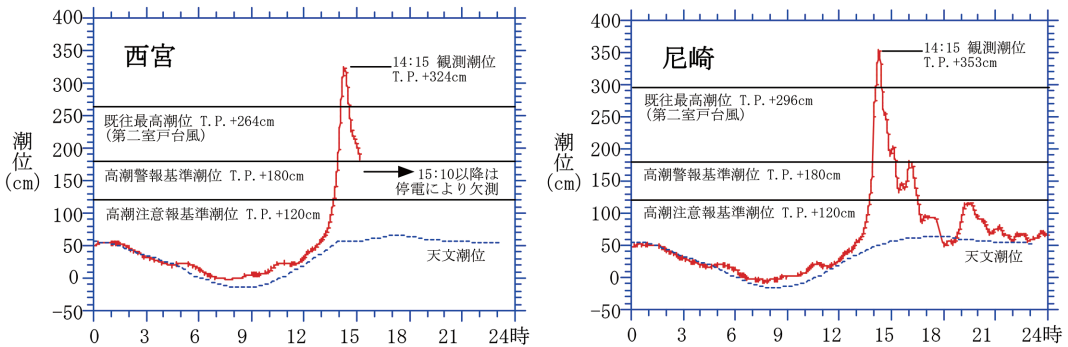


図5 9月4日の西宮、尼崎における潮位の推移

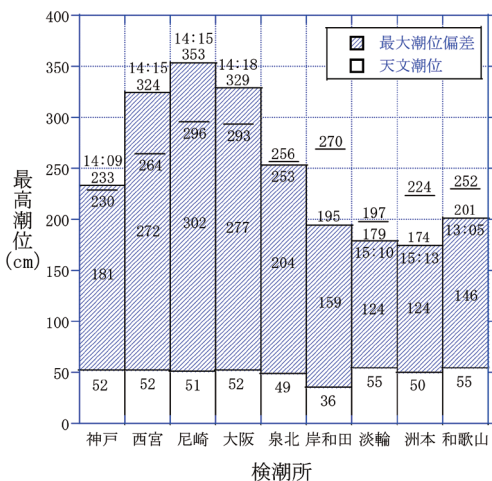


図6 2018年台風21号の通過時に検潮所で観測された最高潮位(T.Pcm, 横ラインの上下の数字は既往最高潮位で、いずれも第二室戸台風の観測値)と時刻

も上回っており、特に大阪湾の最も奥に位置する尼崎は、強風による吹き寄せ効果により353 cmの最高潮位を記録している。泉南地方の泉北・岸和田・淡輪の検潮所では既往最高潮位は更新していないが、最も北に位置する泉北では253 cmと第二室戸台風で観測された256 cm とほぼ同値を観測した。また、大阪湾の南側に位置する淡輪と淡路島東岸の洲本では台風が福井県の小浜地方から日本海に抜けた15時10分頃に最大潮位を観測していることから、大阪湾の湾奥に吹き寄せられた大量の海水が、台風が遠ざかるにつれて南風が弱

まったことにより湾の南側に戻り、淡路島と和歌山の狭い紀淡海峡により閉塞されて潮位が上下する副振動が発生していたものと推察される。なお、9月4日は月齢23.7の小潮であり、大阪の干潮・満潮時刻は8時9分・17時10分となっている。干潮から満潮への上げ潮時(14時9分)に最高潮位を観測していることから、大潮の満潮時に重なれば45 cmの偏差がさらに加わり、潮位が上昇していた可能性が示唆される。

3. 2018年台風21号による被害概要

表2には、消防庁応急対策室が取りまとめた平成30年10月2日17時00分現在における平成30年台風第21号による被害を示す(消防庁応急対策室, 2018)。台風21号による死者は14人で、内訳は大阪府が8人と過半数を占め、次いで愛知県・京都府が各2人、三重県・和歌山県が各1人となっており、台風の右側の危険半円に位置した大阪府で人的被害が多い傾向が認められる。さらに、重傷者は46人、軽傷者は897人であるが、死者と同様に強風による大阪府での負傷者が485人と多く、負傷者の半数を大阪府が占めていた。住家被害では、全壊が25棟、半壊は189棟で、一部損壊は50,053棟にも及び、半壊と一部損壊の80%強を大阪府が占めていた。床上浸水は86棟、床下浸水が505棟で、兵庫県が48棟・318棟といずれも63%を占めており、和歌山県の浸水被害も含めて高潮等により発生した浸水被害であるものと推察される。な

表2 平成30年台風第21号による被害(消防庁応急対策室, 平成30年10月2日17時00分)

都道府県	人的被害(人)			住家被害(棟)				
	死者	重傷者	軽傷者	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水
岐阜県		6	39		3	138		
愛知県	2	3	57			14		2
三重県	1	2	31			9		
滋賀県	2	8	55	1	12	1,184		
京都府		3	57	4	4	3,448	6	71
大阪府	8	7	478	12	155	42,735		
兵庫県		6	53	2	1	353	48	318
奈良県		2	7			19	2	
和歌山県	1	5	26	6	12	1,504	4	40
その他		4	94		2	649	26	74
合計	14	46	897	25	189	50,053	86	505

お、京都府の浸水被害は丹波地方の大雨によるものである。表2に示す消防庁の報告の後、京都府では11月1日付で被害状況を公表しており、一部損壊は表2の3,448棟から7,261棟へと4,000棟弱も増加している(京都府災害対策本部, 2018)。

4. 過去に大阪湾で高潮災害をもたらした台風

過去に大阪湾で高潮災害をもたらした3つの台風(室戸台風, ジェーン台風, 第二室戸台風), 戦後最大の高潮台風であった伊勢湾台風, そして今回の2018年台風21号の概要を表3に, 5つの台風の進路を図7に示す。室戸台風は, 1934(昭和9)年9月21日に高知県室戸岬付近に上陸し, 京阪神地方を中心として甚大な被害をもたらした台風で, 室戸岬で記録的な最低海面気圧(911.6hPa)・最大瞬間風速(60 m/s以上)を観測し, 高潮の被害や進路の右側では強風による建物の倒壊被害によって3,000人を超える死者・行方不明者が発生した。甚大な被害を与えた室戸台風は, 枕崎台風(1945年), 伊勢湾台風(1959年)と並んで昭和の三大台風の一つに数えられている。

ジェーン台風は, 1950(昭和25)年9月3日に室戸岬の東側を通り, 10時頃には徳島県日和佐町付近に上陸し, 淡路島を通過し, 12時過ぎには神戸市垂水区付近に再上陸した。その後, 台風は速度を上げて京都府舞鶴市付近から日本海に進み, 4日の4時頃には北海道渡島半島に上陸し, 道内

を縦断してオホーツク海へ抜けた。死者・行方不明者は539人, 全壊・半壊家屋12万棟, 浸水家屋が40万棟と甚大な被害に見舞われた。干潮時に通過したため, 潮位そのものは1934年室戸台風に比べて低かったにもかかわらず, 浸水面積では室戸台風を上回る規模の災害となった。

伊勢湾台風は, 1959(昭和34)年9月26日に潮岬に上陸し, 上陸後6時間余りで本州を縦断し, 富山市の東から日本海に進み, 北陸, 東北地方の日本海沿いを北上し, 東北地方北部を通って太平洋側に進んだ。勢力が強く暴風域も広がったため, 広い範囲で強風が吹き, 伊良湖で最大瞬間風速55.3 m/s, 名古屋で同45.7 m/sを観測するなど, 九州から北海道にかけてのほぼ全国で20 m/sを超える最大風速と30 m/sを超える最大瞬間風速を観測した。紀伊半島沿岸一帯と伊勢湾沿岸では高潮, 強風, 河川の氾濫により甚大な被害が発生し, 特に死者・行方不明者は愛知県で3,300名以上, 三重県で1,200名以上の大惨事となり, 大阪湾沿岸でも高潮被害が発生した。

第二室戸台風は, 1961(昭和36)年9月16日9時過ぎには室戸岬の西方に上陸し, 13時過ぎには兵庫県尼崎市と西宮市の間に再上陸し, 18時に能登半島東部に達し, 日本海に進んだ。さらに, 日本海沿岸を北北東に進み, 北海道西岸をかすめてサハリン付近からオホーツク海に抜けた。室戸岬では最大風速66.7 m/s(最大瞬間風速84.5 m/s以上), 大阪で33.3 m/s(同50.6 m/s), 和歌山で

表3 過去の高潮台風と2018年台風21号における観測値と被害概要

台風名 年月日	室戸台風 1934年 9月21日	ジェーン台風 1950年 9月 3日	伊勢湾台風 1959年 9月26日	第二室戸台風 1961年 9月16日	台風21号 2018年 9月 4日
国内の観測記録 ¹⁾					
最低海面気圧 (hPa)	911.6 (室戸岬)	961.6 (和歌山)	939.4 (尾鷲)	930.4 (室戸岬) ⁶⁾	953.0 (室戸岬)
最大瞬間風速 (m/s)	60以上 (室戸岬) ⁴⁾	47.6 (NE, 神戸)	55.3 (S, 伊良湖)	≥84.5 (WSW, 室戸岬)	58.1 (SSW, 関空島)
最大風速 (m/s)	45 (室戸岬)	36.5 (SSW, 和歌山)	45.4 (S, 伊良湖)	66.7 (WSW, 室戸岬)	48.2 (W, 室戸岬)
最高潮位 (m)	3.10 (大阪)	2.82 (大阪)	3.89 (名古屋)	2.93 (大阪)	3.29 (大阪)
最高潮位偏差 (m)	2.90 (大阪)	2.41 (大阪)	3.45 (名古屋)	2.60 (大阪) ⁷⁾	2.77 (大阪)
兵庫県内での観測記録					
最高潮位 (m) ²⁾	—	270cm	—	296cm	353cm (14 : 15)
観測所	—	尼崎港	—	尼崎港	尼崎港
最低気圧 (hPa) ²⁾	954hPa	964.3hPa	960.3hPa	939.9hPa	955.0hPa (14 : 00)
観測所	尼崎港 (県)	尼崎港 (県)	神戸市	尼崎港 (県)	神戸市
平均最大風速 (m/s) ²⁾	48m/s	33.4m/s	29.3m/s	34.6m/s	35.2m/s (14 : 08)
風向	—	—	—	—	南南西
観測所	尼崎港 (県)	尼崎港 (県)	神戸市	尼崎港 (県)	尼崎港 (県)
被害状況 ³⁾					
死者 (人)	2,702	398	4,697	194	13
行方不明者 (人)	334	141	401	8	0
全壊 (棟)	—	19,131	40,838	15,238	9
半壊 (棟)	92,740 ⁵⁾	101,729	113,052	46,663	46
床上浸水 (棟)	—	93,116	157,858	123,103	28
床下浸水 (棟)	401,157	308,960	205,753	261,017	191

- 1) 気象庁ホームページより転記
- 2) 台風21号被害に関する住民説明会 (2018年10月7日開催) 資料より転記
- 3) 消防庁ホームページ, 消防白書より転記
- 4) 最大瞬間風速60m/sを観測したのを最後に風速計が故障し, 正確な数値は不明
- 5) 一部損壊を含む
- 6) 南西諸島を除く (名瀬: 918.0hPa)
- 7) 痕跡による推定値

35.0 m/s (同56.7 m/s), 新潟で30.7 m/s (同44.5 m/s) など, 各地で暴風に見舞われた。大阪市内では高潮により沿岸部から中心部にかけての31 km²が浸水したが, 過去の同様な規模・進路であった室戸台風やジェーン台風と比べると浸水面積は小さく, 人的被害も小さかった。さらに, 兵庫県, 和歌山県, 四国東部でも高潮による浸水被害が発生した。この台風は, 大阪湾沿岸に大きな被害が発生した室戸台風とよく似た経路を取ったため, 気象庁により「第二室戸台風」の名称が付与された。今回の2018年台風21号は第二室戸台風と進路が似ているが, 徳島県や淡路島の西南部をわずかに上陸しただけで, 海上を北東進したため, 台風勢力の衰退が少ない状況で大阪湾に接近したことも, 強風や高潮の被害を大きくさせた要因の一つと考えられる。

国土交通省近畿地方整備局では大阪湾高潮対策協議会を設置し, 高潮浸水想定について検討を重ねている。図8には, 平成21年に大阪湾高潮対策協議会が作成した「大阪湾高潮浸水区域図」には最悪のシナリオを想定したシナリオⅢ (スーパー室戸台風, 900hPa, 堤防や水門等の機能不全が発生) が示されているので, 参考にして頂きたい(大阪湾高潮対策協議会, 2010)。なお, 図8には気象官署・アメダス (○), 検潮所 (△), 写真番号と本文で紹介している主な地域を記している。

5. 2018年台風21号による高潮災害の実態

1) 関西国際空港における高潮災害

前掲したように, 関空島 (関西国際空港の観測所名) では最大瞬間風速58.1 m/sの暴風を13時38分に観測し, 最大風速46.5 m/sとともに観測開

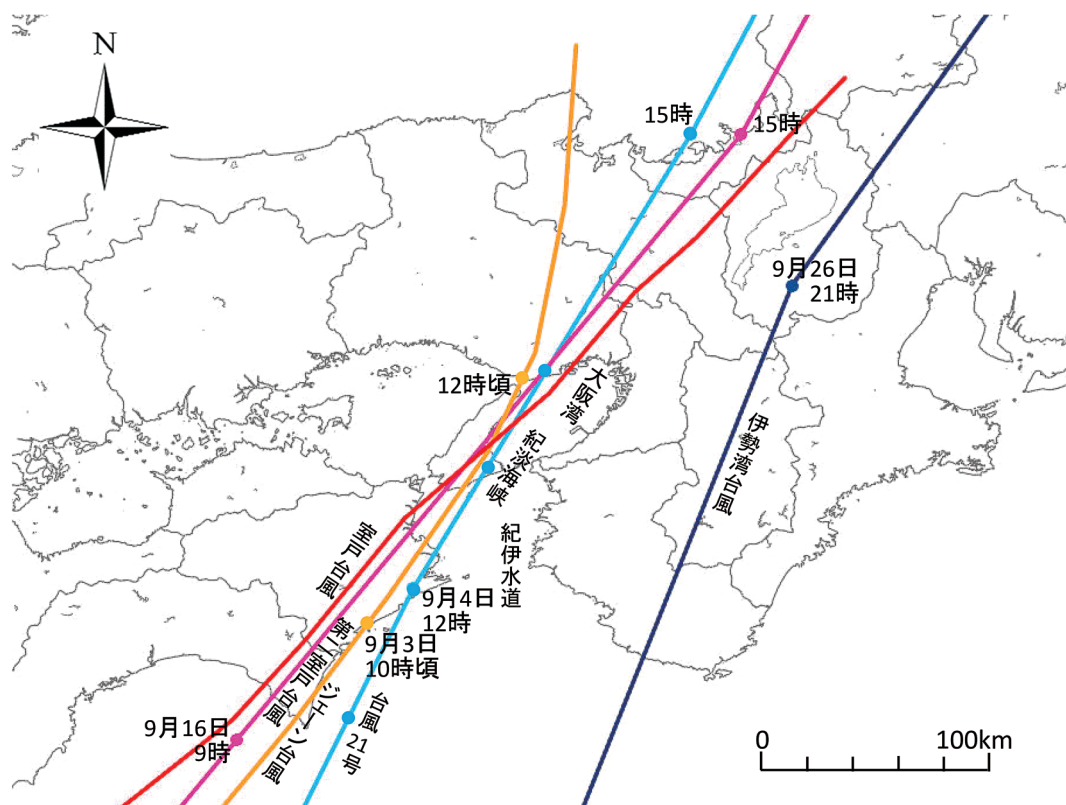


図7 過去の高潮台風と2018年台風21号の進路図

始からの極値を更新した。また、最低海面気圧も954hPaと室戸岬で観測された953.0hPaとほぼ同値を観測した。台風の強風による吹き寄せ効果、海面の吸い上げ効果(1,013hPa - 954hPa = 59hPaで59 cm 上昇)により、海面潮位は大きく上昇し、これに強風による越波が重なり、護岸を超えて空港内に海水が浸入した。台風21号越波等検証委員会の報告書「海象状況と浸水状況の再現」(新関西国際空港株式会社, 2018)では、台風最接近から1時間後の14時50分に248.3 cmの最高潮位(偏差120.3 cm)を観測したが、第二室戸台風クラスが襲来した際に推計される潮位320 cmを下回っている。しかし、推算された波高は5.20 mで、過去の観測された波高(2009年台風18号: 3.44 m, 2004年台風18号: 3.33 m, 1991年台風19号: 3.17 m, 2004年台風16号: 3.09 m)を大きく上回るものであった。関空1期島の東側護岸では護岸の高

さ約4 mに対して波浪の高さ(推算)が3.62 m(潮位1.94 m + 波高3.35 m / 2)、南側護岸では護岸の高さ約6 mに対して波浪の高さ(推算)4.55 m(潮位2.38 m + 波高4.34 m / 2)であった。報告書では、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としている。浸水の要因としては、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、護岸からの越波が全体の約90%を占めていると推算している。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 であり、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)と概ね一致したと報告している。

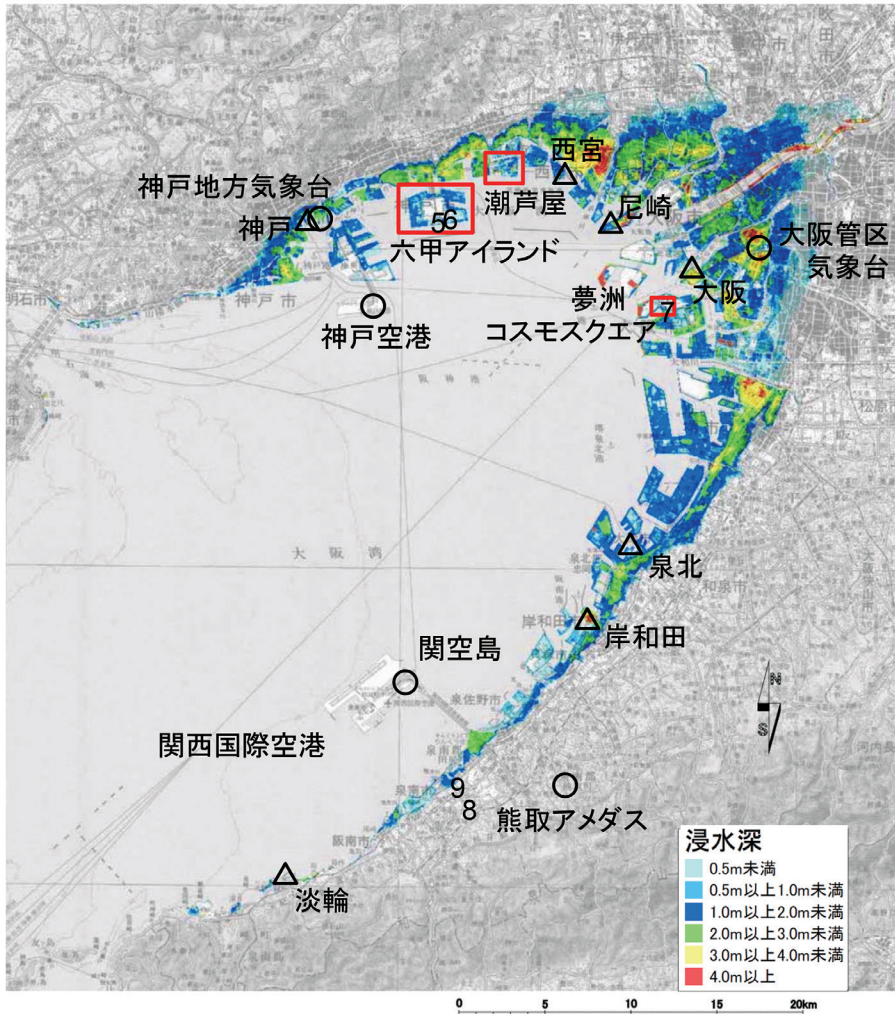


図8 大阪湾高潮浸水区域図(最大浸水深図, シナリオⅢ)(大阪湾高潮対策協議会, 2009)
(○気象官署・アメダス, △検潮所, 図中の数字は写真番号(筆者が加筆))

2) 芦屋市の南芦屋浜地区(潮芦屋)における高潮災害

兵庫県芦屋市の臨海部に位置する南芦屋浜地区(通称「潮芦屋」)は、兵庫県企業庁において1997年1月に総面積125.6haの埋め立て事業が竣工し、陽光町での震災復興公営住宅(市営400戸、県営414戸)と県公社の分譲住宅を始め、海洋町、南浜町、涼風町でも順次計画的に住宅用地の分譲が行われている(兵庫県企業庁分譲推進課, 2016)(写真1, 写真2)。

南芦屋浜地区でも、台風21号により高潮と高波による被害が発生しており、図9には芦屋市が2017年に作成した南芦屋浜と芦屋浜(南側の一部)の「高潮ハザードマップ」(兵庫県, 2018)に浸水範囲を青色で、涼風町と南浜町、さらには北側の芦屋浜地区の床上浸水と床下浸水の戸数を示す。「高潮ハザードマップ」では、南芦屋浜地区の高潮浸水予測はされておらず(緑色の部分は公園や緑地)、水路を挟んだ北側の芦屋浜の潮見町で海岸や河川沿いに0.5~1.0 m未満(緑色)、内陸で

0～0.5 m 未満 (黄色) の浸水想定がなされているに過ぎない。芦屋市全体で床上浸水が28件、床下浸水が272件を数え、涼風町は床上17件 / 床下154件、南浜町は床上0件 / 床下76件と、前者の涼風町では全域が青色で示すように浸水被害に見舞われている。護岸から道路を北に1本隔てた涼風町の戸建てに居住する住民は、浸水が始まったのは西宮や尼崎が最高潮位を観測した4日14時過

ぎで、高さ約5.2 m の護岸を越えて、海水が一気に敷地に流れ込んできたと証言している。写真3に示すように、海岸道路に面した住宅のフェンスが海から押し寄せた海水により敷地内に傾いていることがわかる。水位が急に増し、5分ほどで数十 cm の高さにまで達し、「まるで津波のようだった。このままでは家が流されると思い、死の恐怖が頭をよぎった」と述べている。さらに、「漂流し



写真1 「潮芦屋」の空中写真 (2016年2月8日撮影) (兵庫県企業庁分譲推進課, 2016)



写真2 「潮芦屋」住宅用地案内図 (2018年10月25日撮影, 芦屋市南浜町)



図9 南芦屋浜と芦屋浜 (南側の一部) の高潮ハザードマップ (青色の範囲は浸水範囲。赤色数字の左は床上浸水, 右は床下浸水の住宅数。数字は写真番号) (兵庫県, 2018)

てきたコンテナが護岸にぶつかり、ゴーン、ゴーンと音を立てていた。車で逃げようとしたが、車内は床まで水につかっていた。座席に座った途端、車から煙が上がり、水をかけて消火した。辺りの道路は、車のタイヤの半分が隠れるほど冠水している。徒歩での避難もあきらめ、2階で一夜を過ごした。」と証言している(朝日新聞, 2018)。住民へのヒアリング調査では、「高潮は起こらない」と説明を受けて、これに納得して住宅を購入した住民も数多く見受けられた。住民への説明会で兵庫県は「高潮でなく高波による越波により浸水被害が発生した」との説明を受けたと述べている。写真4に示すように、台風21号の被災後も涼風町の東半分の宅地では、住宅が次々と建てられていることから、高潮対策事業の進展が喫緊の課題となっている。

3) 六甲アイランドにおける高潮災害

六甲アイランドは、神戸市東灘区の沖合に建設された面積約595haの人工島で、1972年に着工され、1988年から最初の住宅街が完成して入居が開始されている。六甲アイランドは3つの町(向洋町西・向洋町中・向洋町東)からなり、中央部で標高の高い向洋町中に住居スペースが設けられ、向洋町東・西には工場などが立地している。写真5には、南側の大阪湾に面した六甲アイランドのマリンパークの被害状況を示している(2018年9月6日撮影)。住民の通行を考慮して塵芥の一部

が除去されているが、テラスや内陸側には塵芥が散乱しており、高潮と高波による越波により島内に海水が浸入し、海側に面した低地では浸水被害が発生した。写真5の対岸には、写真7に示すコスモタワーが写っている。

「高潮ハザードマップ」では津波の浸水想定区域に入っていない東灘消防署六甲アイランド出張所も、台風が神戸市に上陸したと推察される14時直後の14時10分頃には浸水し、15時には島内全域に避難指示(緊急)が発令された。写真6には、六甲アイランドの南の集積場(ヤード)に立地する輸出用中古車の被災状況を示している(2018年9月6日撮影)。ヤードには数千台の中古車が輸出のために保管されていたが、高潮により車が移動して破損し、海水に浸かり発火の危険性も指摘されている。その後は、被害から1カ月以上も放置されて車輪の回りがさびて動かなくなっており、車内もカビが繁殖して廃車される状況となっている。また、隣接する宅配便の集配センターでは台風20号が8月24日未明に最接近した際に20cm程度の浸水被害が発生したため、台風21号による高潮にも警戒していたが、予想を大きく超える150cmまで浸水したと証言しており、被災2日後の9月6日の時点ではセンターの機能が停止する状況に陥っていた。



写真3 浸水被害を受けた涼風町の住宅(2018年10月25日撮影, 芦屋市涼風町)



写真4 涼風町に建築中の住宅(2018年10月25日撮影, 芦屋市涼風町)



写真5 六甲アイランドのマリンパークにおける被害被害 (2018年9月6日撮影, 神戸市東灘区向洋町中)



写真7 コスモタワーの大阪府咲洲庁舎の北側に位置する駐車場の被害状況 (2018年9月6日撮影, 大阪市住之江区南港北)



写真6 六甲アイランドにおける輸出中古車の被害 (2018年9月6日撮影, 神戸市東灘区向洋町東)

6. 2018年台風21号による強風災害の実態

1) 大阪市住之江区

写真7には、大阪湾沿岸に立地する大阪市住之江区のコスモタワー（大阪府咲洲庁舎）の北側にある駐車場の被害状況を示す（2018年9月6日撮影, 大阪市住之江区南港北）。駐車場の看板の倒れた方向から、南南西の強風により倒壊したものと推察され、強風により駐車していた自動車も横転したり数台は右側の道路に吹き飛ばされて大破し、周辺のフェンスも倒れている。強風被害が発生したのは14時頃で、大阪では図4に示すように14時3分に最大瞬間風速47.4 m/sの南南西の風を

観測しており、この強風により自動車が吹き飛ばされるなどの被害が発生したものと推察される。また、コスモタワーがあるコスモスクエア地区の北西に位置する人工島夢洲の夢洲コンテナターミナルではコンテナ28個が流出したのを始め、ガントリークレーン2基の倒壊など、関連施設も含めて強風による被害が発生した（大阪市, 2018）。

2) 大阪府泉南市新家

写真8には、大阪府の泉南地方の泉南市新家で発生した強風による電柱の倒壊状況を示している（2018年9月6日撮影）。JR 阪和線の新家駅から北に200 m の新家交差点の西の府道30号線に沿って建てられた電柱が数百 m にわたって9本が北側に倒壊し、道幅約10 m の道路をふさいでおり、周辺地域では停電が発生し、復旧工事が進められている。東北東に約5 km 離れた位置に気象庁の熊取アメダス（泉南郡熊取町朝代西）があり、13時40分に最大瞬間風速51.2 m/s（風向：南）、13時47分に最大風速26.8 m/s（風向：南）を観測している。著者の住民への聞き取り調査でも13時半頃に電柱が倒れるような大きな音がしたとの情報を得ており、倒壊の方向と風向、強風が吹いた時刻と倒壊の時刻がほぼ一致していることから、この強風により電柱が倒壊したものと推察される。同様な電柱の倒壊は、新家の倒壊地点から北に約1.5 km 離れた府道251号線の吉見（大阪府泉南郡田尻



写真8 強風による電柱の倒壊状況 (2018年9月6日撮影, 大阪府泉南市新家)

町吉見, 北北東の方向に倒壊), 吉見から西南西に約300 m離れた府道63号線の田尻 (大阪府泉南郡田尻町田尻北, 北北東の方向に倒壊) でも発生している。

なお, 大阪府南部の泉南地方の南側には和歌山県の紀北地方が位置し, 紀伊水道に面した沿岸地域を中心に強風による被害や高潮災害が発生しているが, ここでは省略する。

7. おわりに

今回の台風21号により大規模な高潮災害が発生した大阪湾沿岸では, 近年でも室戸台風, ジェーン台風, 第二室戸台風と, 3回の甚大な高潮災害に見舞われている。最近では, わが国において1991年台風19号 (瀬戸内海), 1999年台風18号 (不知火海と周防灘), 2004年台風16号・18号 (瀬戸内海) により中規模の高潮災害に見舞われているが, 大阪湾沿岸での被害は軽微であった。気象庁では, 台風21号が接近した9月3日に「台風が接近・通過する時間帯を中心に顕著な高潮のおそれがあります。」などと最大級の警戒を促したが, 十分な対策を講じられず, 被害の拡大を招く結果となった。

2018年は, 「平成30年7月豪雨」による広域かつ大規模な土砂・洪水災害, 「台風21号」による強風・高潮災害, そして「台風21号」による強風・高潮災害, 「台風24号」による塩害も含めて, 多様な気象災害が発生した年であった。今後はさらに極端

気象の発生頻度が高まることが予測されており, 多様な気象災害への防災や減災対策をさらに推進する必要に迫られている。

謝辞

本調査研究では, 気象庁の地上天気図, 高知大学の「高知大学気象情報頁」, 気象庁の気象台やアメダス, 兵庫県港湾課が管理する検潮所の気象・海象データを使用させて頂いた。また, 国土交通省近畿地方整備局の大阪湾高潮対策協議会, 新関西国際空港株式会社の台風21号越波等検証委員会等の報告書を引用させて頂いた。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大阪管区気象台: 平成30年9月3日から5日にかけての台風第21号による暴風と大雨, 高潮, 高波について, 近畿・四国地方の気象速報, 34p., 2018a.
- 2) 神戸地方気象台: 平成30年9月4日の台風第21号による平成30年9月4日の台風第21号による, 兵庫県の気象速報, 31p., 2018.
- 3) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而: 1993年台風13号による九州・山口地方の農業災害, 農業気象, Vol.49, No.4, pp.285-290, 1994.
- 4) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而: 1993年の異常気象による西日本の農業災害, 自然災害科学, Vol.14, No.1, pp.31-42, 1995.
- 5) 内閣府: 平成30年台風第21号に係る被害状況等について (平成30年10月2日17時00分現在), 46p., 2018.
- 6) 消防庁応急対策室: 平成30年台風第21号による被害及び消防機関等の対応状況 (第8報 H30.10.2), 2p., 2018.
- 7) 大阪管区気象台: 平成30年9月4日に発生した, 台風第21号による大阪湾の高潮に関する現地調査, 7p., 2018b.
- 8) 気象庁: 日々の天気図, 2018年7月, 天気, Vol.65, No.9, pp.634-635, 2018c.
- 9) 高知大学気象情報頁: 日本付近の画像, 保存倉庫 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/gms.fareast/> (2018年7月10日閲覧)
- 10) 新関西国際空港株式会社: 台風21号越波等検証委員会海象状況と浸水状況の再現, 13p., 2018. (2018年11月30日閲覧) <http://www.kansai->

- airports.co.jp/en/news/2018/556/E181211_ReproducingMP_FloodingSituation.pdf
- 11) 京都府災害対策本部：台風21号及び9月7日からの大雨による被害等の状況について（平成30年11月1日14時現在），24p.（2018年11月30日閲覧）http://www.pref.kyoto.jp/kikiweb/pdf_dir/2067_1.pdf
- 12) 大阪湾高潮対策協議会：大阪湾高潮対策危機管理行動計画ガイドライン，113p.（2010年3月）
- 13) 兵庫県企業庁分譲推進課：海に開かれた新しいまち潮芦屋（更新日：2016年4月18日）https://web.pref.hyogo.lg.jp/kc11/ea05_000000013.html
- 14) 兵庫県：CG ハザードマップ，2018. <http://www.hazardmap.pref.hyogo.jp/hazmapap/map/map.asp?dtp=11&mpx=135.35960492422902&mpy=34.700950067836104&mps=25000&mtp=15&msz=0&npg=%2Fmap.asp&dtpold=9&bsw=3163&bsh=1688&mrd=0&lng=jpn>
- 15) 朝日新聞 DIGITAL：「まるで津波，死の恐怖よぎった」芦屋を襲った高潮，（2018年9月5日18時21分）<https://www.asahi.com/articles/ASL954357L95PIHB013.html>
- 16) 大阪市：台風21号による港湾施設などの被害状況（平成30年11月14日（水曜日）16時時点の状況）（2018年11月30日）<http://www.city.osaka.lg.jp/port/page/0000446077.html>
- （投稿受理：平成31年1月17日
訂正稿受理：平成31年2月15日）

要 旨

2018年台風21号は，非常に強い勢力を保ったまま9月4日12時頃徳島県南部に上陸し，その後も北東に進み，14時頃には兵庫県神戸市付近に再上陸し，15時には日本海海上へ抜けた。台風の通過に伴い，近畿地方や四国地方東部で暴風となり，関西国際空港では観測史上第1位の最大瞬間風速58.1 m を観測した。台風の通過時には950hPa 台の最低海面気圧を観測し，大阪湾沿岸の神戸，西宮，尼崎，大阪等では観測史上最高の潮位を観測し，関西国際空港が冠水した他，大阪湾や紀伊水道の沿岸でも高潮や高波による被害が発生した。また，暴風により自動車の横転や住家の損壊，電柱の倒壊による停電も各地で発生した。