

# 2019年3月21日に長崎市で発生した潮位副振動（あびき）による浸水被害について

田中 健路<sup>1</sup>

## Inundation by meteotsunami in Nagasaki urban area on March 21, 2019

Kenji TANAKA<sup>1</sup>

### Abstract

The large amplified secondary oscillation, locally called abiki, observed in Kyushu and San-in coastal area on 20 and 21 March 2019 as passed the extratropical cyclone. This paper reports on the inundation damages by abiki phenomenon over the urban area of Nagasaki. According to field survey, the water level as high as 2.3~2.6 m above Tokyo Peil (T.P.) in the downtown of Nagasaki, and 2.9 m T.P. in the downstream site of Urakami River. There seemed to be two-staged mechanisms of inundation in Nagasaki city: the backward flow through the culverts in the first stage, and the overflow from small rivers in the second stage.

キーワード：潮位副振動，気象津波，長崎湾，浸水，遡上

Key words: secondary oscillation, meteorological tsunami, Nagasaki bay, inundation, river-runup,

### 1. はじめに

2019年3月20日から21日にかけて九州沿岸から山陰地方の沿岸の広い範囲で全振幅50 cmを超える顕著な潮位副振動を観測した。九州沿岸で「あびき」(または「あぶき」と呼ばれるこの現象は、冬季から春季にかけて、毎年11月から翌4月上旬頃にかけて観測され、特に、3月は1年の中で最も多く観測されることが知られている。検潮所のある長崎港や鹿児島県枕崎港、中之島(鹿児島県

十島村)では多い年には年4~5回観測されることがあり、地元では比較的良く認知されている現象である。今事例において、長崎港では大潮の満潮時刻付近の3月21日20時37分に観測史上最高潮位238 cm (T.P.)を記録し(図1)、長崎湾沿岸の低地で浸水被害が発生した。

潮位副振動によって被害が発生した例として、1979年3月31日に長崎港で発生した事例や、2009年2月24~26日の事例などが挙げられる。1979年

<sup>1</sup> 広島工業大学環境学部地球環境学科  
Department of Global Environment Studies, Hiroshima  
Institute of Technology

本速報に対する討議は2020年8月末日まで受け付ける。

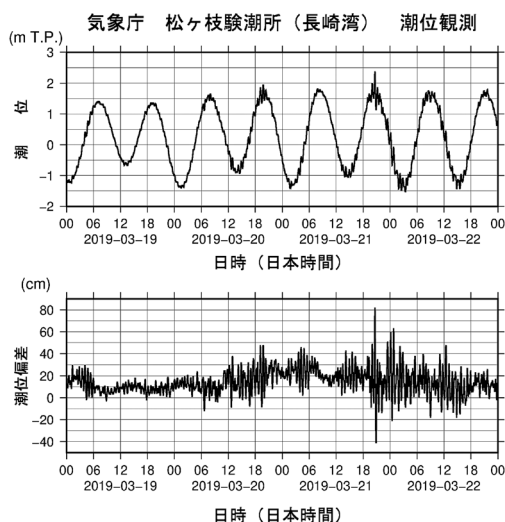


図1 気象庁長崎松ヶ枝験潮所にて観測された潮位(上)および潮位偏差(下)

3月の事例では、長崎港の松ヶ枝験潮所で最大全振幅278 cmの副振動を観測し、三菱長崎造船所の修理用ドックが破損し、漁船の大破1件、漂流4件の被害が発生した(赤松, 1982)。このときの潮位観測記録によれば、最大全振幅を観測した時間帯は下げ潮時間帯内であり、最大波観測時間帯内で満潮時潮位を超えるような潮位上昇を伴わなかったことから、市街地における浸水被害は報告されていない。2009年2月の事例では、鹿児島県上甕島浦内湾で24隻の漁船転覆や床下浸水8件、港湾堤防の一部損壊被害が発生したほか、熊本県天草市崎津漁港の道路冠水、家屋浸水被害が発生した(長崎海洋気象台ら, 2009; Tanaka, 2010)。気象庁の災害調査によると、鹿児島県甕島における浸水痕跡から推定される最大全振幅は290 cmであった。今事例は、上述の事例ほど副振動の振幅自体は大きいものではなかったが、満潮時潮位の時間帯と重なったことが重要な一因として捉えられ、今後も同様の被害が発生する可能性は十分にある。

潮位副振動の発生要因は、大気外力や海洋の内部波伝播、港湾内の航跡波など様々である。その中でも、微細な気圧波などの大気外力によって引き起こされる海洋長波が全振幅数10 cm以上

の顕著な副振動を引き起こすことが知られている。気圧波による吸い上げ効果の作用では、気圧波が静止していると仮定すると1 hPaあたり約1 cmの海面変動を与える。気象擾乱の移動と共に海面上の気圧波が移動する際に、海洋長波の位相速度と同程度の速さで進むと、気圧傾度力による仕事が海洋長波のエネルギーとして蓄えられ、徐々に振幅が増大しながら進行する。この効果はProudman共鳴(Proudman, 1929)と呼ばれている。他にも、地震津波と共通するメカニズムとして、浅瀬に遡上する際の波高の増大や湾内での固有振動モードにおける共鳴効果など、複数の共鳴効果や増幅作用が重なることで、最終的に全振幅1 m以上の長波として発達する。かつてはセイシュ(seiche)(例えば、赤松, 1982)と呼ばれていたが、現在では、気象津波(meteotsunamiまたは meteorological tsunami)と呼ばれるようになってきている(Ravinovich, 1996; 浅野ら, 2014など)。同様の現象は主に南北半球の中緯度の沿岸で多く観測されており(Patriaratki and Wijratne, 2015など)、2014年6月には、スペインからイタリア、クロアチアの地中海沿岸からベラルーシの黒海沿岸の3000 km以上にわたる海域で波高1~3 mの波が観測され(Šepićら 2015)、海外では徐々に研究が盛んになってきている。

今事例における長崎市内の浸水被害に関して、長崎地方気象台による現地調査が行われ速報が発表されている(長崎地方気象台, 2019)が、具体的な浸水過程までは言及されていない。著者は、2019年3月下旬から4月上旬にかけて、浸水過程の解明を目的として痕跡高測定などの調査を行った。本稿ではその調査結果について述べる。

## 2. 潮位副振動の観測状況

今事例について、福岡・大阪各管区気象台より九州、中四国沿岸の15秒潮位観測データ、1分値気象データを入手した。他の潮位観測として国土交通省港湾局管轄の潮位観測データ(0.5秒観測)、海上保安庁30秒観測データおよび国土地理院30秒観測データを入手した。

それぞれの観測データに対して、周期2分~

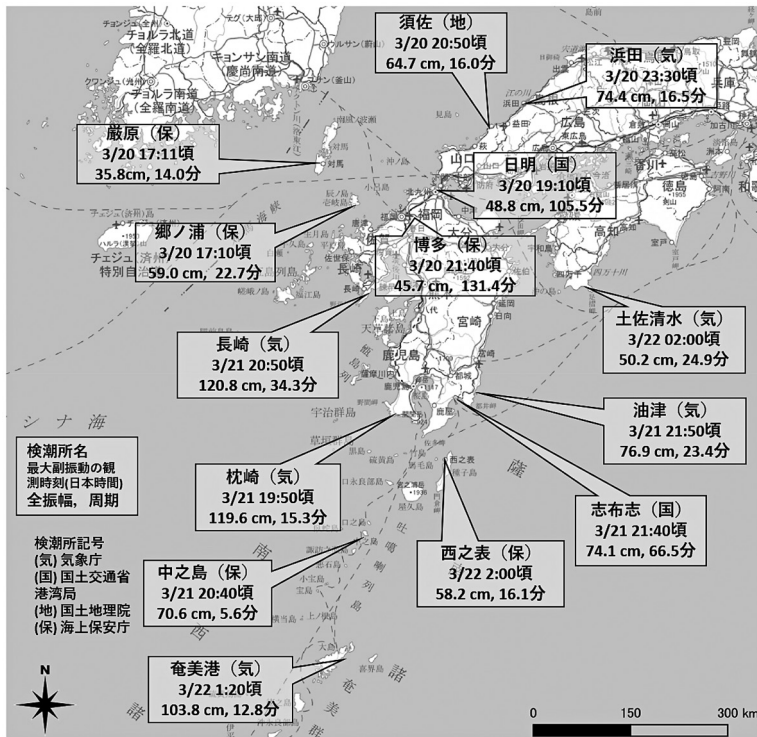


図2 2019年3月20日から21日にかけて潮位副振動が観測された主な地点。国土地理院発行淡色地図に加筆。

180分（3時間）の範囲でバンドパスフィルターを適用して副振動成分を抽出した。副振動成分の時系列データを基に、ゼロ・アップ・クロス法により、個々の波を取り出し、最大全振幅とその時の周期を求めた。副振動の周波数特性の経時変化を解析するために、生データからトレンド除去した後に、オープンソースのフリーウェアである統計解析ソフト R を用いて、モルレー (Morlet) の窓関数を用いた連続ウェーブレット変換 (Büssou, 2007) を行った。

九州地方および山陰沿岸で40 cm 以上の全振幅を記録した港湾の一覧をまとめたものを図2に、その中でも、代表的な地点を抽出して副振動成分の時系列をプロットしたものを図3にそれぞれ示す。最大全振幅の観測日時より、今事例は前半・後半の2つに分けることできる。前半は3月20日15時～3月21日0時までの時間帯で、対馬海峡および山陰沿岸を中心として最大全振幅40～70 cm

の副振動が観測されたものである。後半は、3月21日18時～3月22日3時の時間帯で発生したもので、長崎港以南の九州沿岸から奄美大島、および、高知県土佐清水で最大全振幅50 cm 以上観測したものである。最大全振幅の観測値と比較すると、後半の長崎港以南で観測された副振動の方が全般的に大きい。長崎港松ヶ枝 (気象庁) の験潮所では、最大全振幅121 cm, 周期約34分の副振動を、3月21日20時50分頃を中心として観測した。鹿児島県枕崎港では、同日19時55分から20時10分の間に最大全振幅120 cm, 周期約15分の副振動を観測した。前半の事例においては、高知県浜田港で最大全振幅74 cm を記録したのが最大であった。

潮位観測データのウェーブレット解析結果 (図4) によれば、最大全振幅の副振動を観測した時間帯で、各港湾における固有振動周期帯で強いスペクトル密度を示している。例えば、浜田港では3月20日18時から21日0時の時間帯において、16

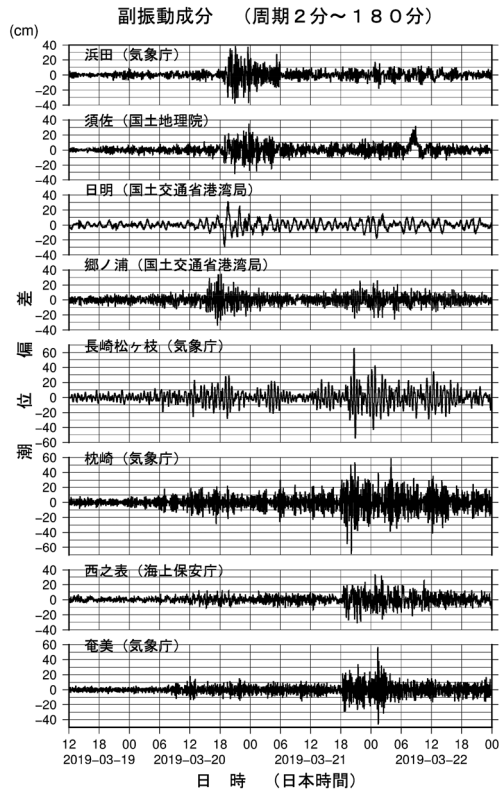


図3 バンドパスフィルター(周期2分~180分)適用後の潮位変動成分の時系列の例

分付近の周期帯にピークが現れている。上述の時間帯以外で全振幅20 cm未滿の微細な副振動が観測されているが、これに対応するものとして周期15~20分の時間帯にピークが見られる。他の観測点でも同様の特徴が見られ、長崎港では35分付近、枕崎港では15~16分、奄美では12分~20分の間に副振動のピーク周期が見られる。なお、日明港では、周期70分、130分前後の成分が支配的で、ゼロ・アップ・クロス法で検出されたピーク波の周期に対応していないように見えるが、2つの周期帯の波が重なり、周期100分前後の大きな振動として観測されたものと考えられる。

### 3. 気象概況

今事例のような気象津波の外力となる気圧波に関わる気象場は、南シナ海やインド洋およびヒマラヤ山脈などを含む水平規模数千 km に及ぶ総観

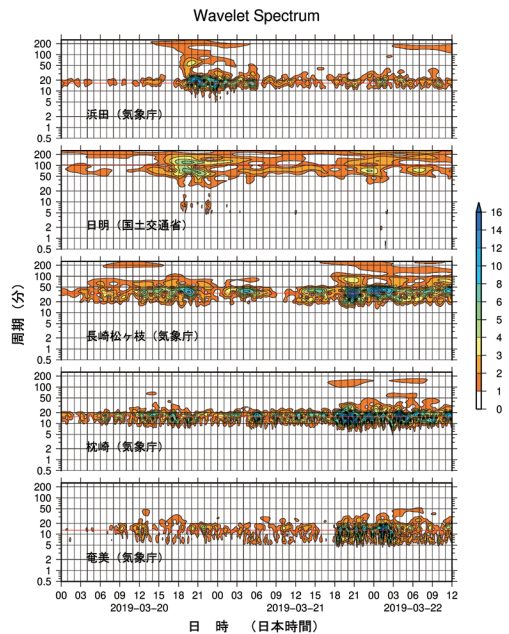


図4 潮位変動成分のウェーブレットスペクトル(赤実線：最大全振幅を与えた副振動の周期)

規模場における水蒸気輸送、および、高度3~7 kmの対流圏中層の安定度分布などが重要な役割を担っている。東シナ海や中国内陸部で温帯低気圧の発達の際に、南シナ海やインド洋側からの下層の湿った空気が中国大陸南部の山岳地帯を上昇しながら北東進し、上空の乾燥空気と接触することで、対流圏中層で不安定となり対流が活発になる。中国内陸部でできた不安定な大気が上空の西風に流されて東シナ海上に達すると、上空の大気の不安定によって発生した重力波が海面に向かって伝播し、海面上で気圧波として進むことが、2009年2月下旬の事例などで解析されている。(Tanaka, 2010; Tanaka and Ito 2016)。今事例に関する詳細な解析結果については、本誌にて続報を予定している。本稿では、地上気象場と気圧波との対応関係、および、気圧波の振動特性について簡潔に述べる。

3月20日9時から3月22日9時(日本時間)の地上天気図(気象庁提供)を図5に示す。3月20日9時には中国大陸内陸部で停滞前線の北側に中

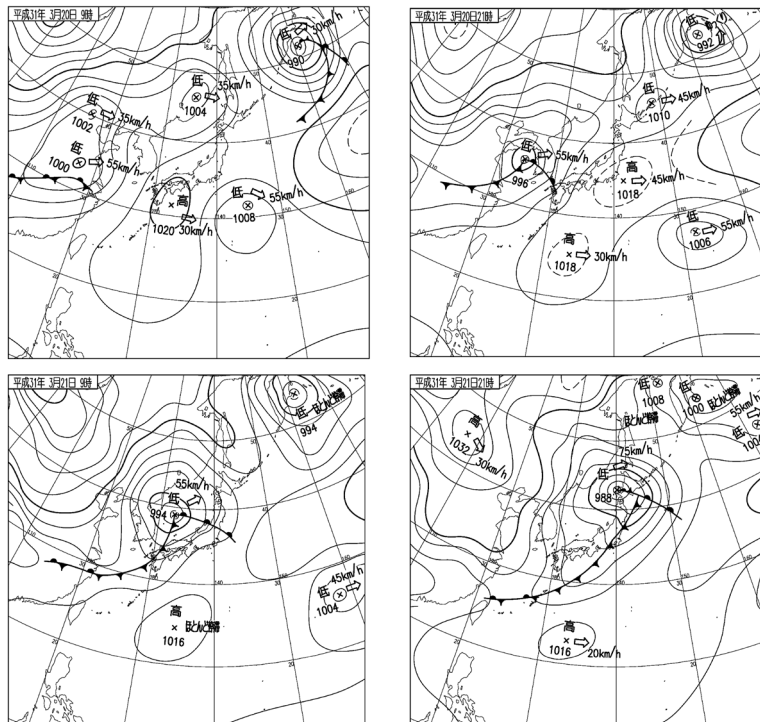


図5 副振動発生期間中の地上天気図(気象庁提供)

心を持つ温帯低気圧があり、この低気圧が朝鮮半島から日本海側を東北東に進行している間に潮位副振動が観測された。3月20日夜に対馬海峡から山陰地方の日本海沿岸で観測されたのは、低気圧の進行方向前面の東側にある温暖前線の通過に伴うものと見られ、3月21日夜から3月22日未明にかけて長崎港以南で観測されたのは、寒冷前線の通過と対応するものと見られる。

図6は、副振動が観測された地域の1分値気圧観測データより、潮位観測データと同様にバンドパスフィルターを適用し、潮位副振動に対応する成分を抽出したものである。対馬海峡沿岸から山陰沿岸にかけて、温暖前線の通過に対応する3月20日18時～3月21日0時の時間帯において、全振幅2.0 hPa 前後の気圧波が観測されており、同海域における副振動の観測時間帯と非常によく対応している。一方、長崎県以南で観測された潮位副振動の時間帯と対応する3月21日の18時～3月22日6時までの時間帯では、鹿児島県枕崎、種子島、

屋久島で全振幅2.0 hPa 前後の気圧波が観測されたが、100 cm を超える全振幅の副振動を観測した長崎や奄美大島(名瀬)では、全振幅1.0 hPa 前後の微弱な気圧波が見られる程度であった。

気圧波に関するウェーブレットスペクトルの解析結果を図7に示す。長崎では、3月20日の夜の気圧波に対しては、周期50分以上の比較的長周期の変動成分が卓越しており、長崎湾の固有振動に対応する35分前後の成分は殆ど検出されなかった。3月21日夜から3月22日未明にかけては、周期35分前後の変動成分が微弱ではあるが検出されている。巖原および浜田の解析結果によれば、3月20日に観測された気圧波は、周期70分～140分の比較的長周期の気圧波に加えて、周期20分前後の短周期の気圧波が混在している特徴が見られる。また、3月21日21時～3月22日3時の時間帯において、枕崎で周期30分前後、種子島で8分、16分、25分、50分付近の振動成分が検出されている。

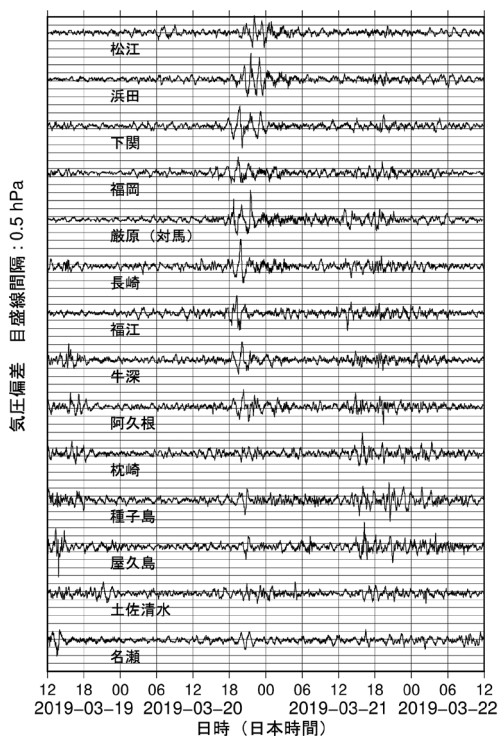


図6 周期2分～180分の気圧偏差の時系列

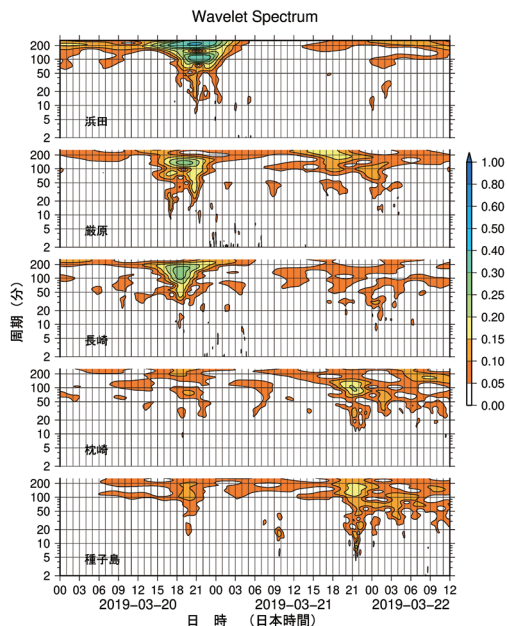


図7 気圧変動成分のウェーブレットスペクトル

以上の結果より、3月20日の温暖前線通過時には、周期20分前後の短周期成分の波が浜田や郷ノ浦で共鳴し、周期70分以上の長周期成分による振動が関門海峡や博多湾での副振動の増幅に関与していたことが考えられる。また、3月21日の副振動では、周期数分～30分前後の成分の気圧波が大隅海峡付近を通過し、長崎は一連の気圧波群の北端部に近い位置にあったと見られる。気圧波によって発生する気象津波が気圧波群の外側に拡がりながら伝播し、長崎湾の南西～西南西側から入射して、湾内で共鳴・増幅したものと見られる。

#### 4. 現地調査の概要

著者による現地調査を2019年3月25日と4月5、6日の2回実施した。対象地域は、長崎湾松ヶ枝検潮所以北の湾中部～湾奥部および浦上川の感潮域である(図8)。痕跡高測定は、レーザー距離計 Leica Distro D510を使用した。測器から測定点までの比高を測定し、地盤と浸水痕跡の比高の差より浸水深さを測定した。測器の水平、鉛直分解能共に1mmであるが、参照とする地盤の微小な凹凸による誤差を勘案し、本稿では概ね5cm単位で表現する。痕跡水位の推定にあたっては、国土地理院数値地図5mメッシュで測定対象の位置の標高を読み取り、痕跡高を加えることで算定した。痕跡水位は東京湾平均海面(T.P.)を基準として、0.1m単位で表すこととする。

痕跡高測定の際に、現地住民を対象としたヒヤリングを行った。また、浸水発生直後より一般住民や報道関係者らにより、ツイッター(Twitter)上などで写真や動画を添付した投稿が相次いだ。現地調査内容と整合性が確認された写真・動画付きのオリジナルの投稿について、住民によるヒヤリングと同様の位置づけとして捉え、浸水過程の考察に用いた。

#### 5. 各地区における浸水状況

##### 5.1 松ヶ枝町の浸水被害

気象庁検潮所に近い松ヶ枝町周辺の地形と浸水状況の概略を図9に示す。地盤高は国土地理院数値地図5mメッシュを用いて表し、T.P.+0.0m～



図8 調査対象地点



写真1 松ヶ枝地区の浸水痕跡 (地域住民提供)



写真2 大浦川弁天橋付近の状況 (2019年3月25日著者撮影)

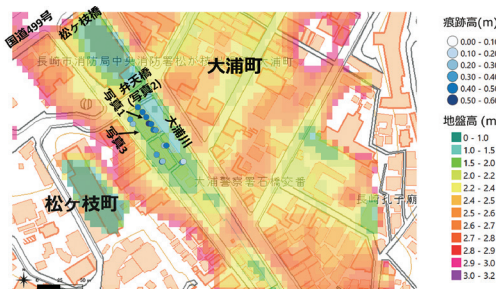


図9 松ヶ枝地区の地盤高及び浸水痕跡高の分布。地盤高データは、国土地理院数値地図 (5m メッシュ, DEM5A) の0.0m ~3.2m の範囲のみ表示 (以下同様)。

3.2mの範囲のみを塗りつぶして表示している (以下同様)。気象庁松ヶ枝検潮所付近に河口を持つ大浦川に遡上した海水が遡上し、弁天橋上流側の左岸側において、地盤高+30~40cmの痕跡高 (例えば、写真1) を記録した。浸水痕跡が確認された家屋は、地盤高 T.P.+2.0 m 以下の左岸近傍に集中している。浸水痕の痕跡高から見積もられる最高水位は T.P.+2.3 m 前後と推定される。右岸

側の路面電車および車道の地盤高は概ね T.P.+2.6 m であり、左岸側から推定される最高水位よりも高い位置にあった。

住民の話によれば、当日20時半過ぎ頃に路地の側溝から水が噴き出始めて、わずか数分のうちに路地全体が浸水したとのことである。台風による高潮が発生すると、今回と同様に側溝から水が噴き出て浸水することがこれまでもあったが、今回ほど水位が上がったことは記憶にないとのことであった。弁天橋から上流側を望んだ様子の写真を写真2に示す。左岸側は住家外壁やブロック塀が密集しており、ブロック塀の中段まで水位が上昇したと見られる痕跡が残っている。浸水の初期段階においては、側溝に接続する排水管から流入したものと考えられる。水位の上昇と共に、コン

クリートブロックの隙間に浸入し、床下の空間から路地へと流れ込み、交番の隣下流側の車庫から越水したものと見られる。車庫に付着している痕跡から越流水深を測定すると、約18 cmであった。

なお、痕跡と地盤高から推定される浸水範囲は左岸側の交番前の市道までの幅約25 mの狭い範囲に限られ、それ以外での顕著な浸水痕跡は見られなかった。浸水範囲内では、印刷機器が浸水により故障したり、屋外の自転車や古美術品が転倒・破損したりする被害が発生した。(写真3)

### 5.2 銅座町周辺の浸水被害

長崎市繁華街を流れる二級河川中島川水系の銅座川沿いの低地で排水溝からの逆流や越水による低地の浸水が発生した。図10に地形と痕跡高等の分布を示す。銅座川は中島川の河口から約400 mの位置で合流し、中島川の左岸側を流れている。



写真3 松ヶ枝地区における自転車等の転倒状況(地域住民提供)

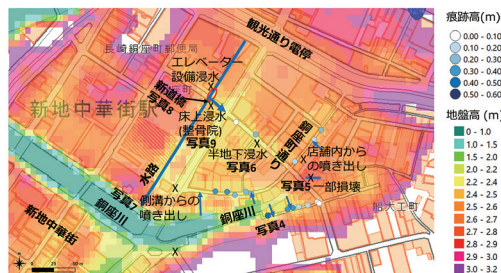


図10 銅座地区における地盤高と浸水被害痕跡

合流点から約300 mの銅座橋までの区間は川幅が一定であるが、銅座橋より上流側の区間で川幅が漸縮し、かつ、河岸の地盤高が下流側よりも低くなっている。合流点から約400 m以上上流側は暗渠となっていたが、天面を覆っていたコンクリート材の劣化が進み、再整備が進められていた。漸縮区間では、河岸の地盤高を超える痕跡が兩岸の道路沿いの建造物から確認された。

左岸側では最も深いところで地盤から最大で約45 cmの高さの浸水痕跡が確認された。写真4のように古くなった建物を解体して更地になった箇所から越水した可能性が高い。国土地理院数値地図5 m メッシュによる地盤高は約2.2 mであったことから、左岸側の最高水位はT.P.+2.6 mに達したと推定される。また、上述の解体整備中の区間にある家屋のコンクリート平板が今回のあびきによって剥離する被害が発生した(写真5)。この家屋の真下も銅座川から枝分かれした暗渠となっており、劣化が進んだ状態に水圧による荷重が加わり破壊に至ったものと考えられる。

右岸側では、側岸の駐輪場からの越流と銅座側支川に接続する排水溝を経由した逆流による浸水が発生したことが、痕跡高分布、および、住民による聞き取り等から推察される。バス通り沿いの半地下に店舗を構えるスナックでは、入り口から水が流れ込み、床から60 cm以上の高さまで浸水した(写真6)(対地盤高と異なるため、痕跡高分布のプロットからは除外している)。それ以外で



写真4 銅座川左岸側の浸水痕跡(2019年3月25日著者撮影)



は建物等への痕跡の付着が見当たらなかった。

この地域には、銅座橋より約10 m 下流の右岸側を合流点として水路が東北東方向に延びている。合流点の様子を写真7に示す。この水路の大部分は暗渠となっているが、新道橋の上流側がわ



写真5 銅座川沿いの家屋の一部損壊 (2019年3月25日著者撮影)

ずかに開けている。暗渠を遡上した海水が新道橋の道路に敷設されている側溝や欄干から溢れ、周辺の道路に浸水が広がったものと考えられる(写真8)。橋の左岸下流側の整骨院で床上20 cm 前後の高さまで浸水し(写真9)、右岸上流側のペットショップのエレベーターの地下設備が冠水した。橋の周りの整骨院前は周囲と比べて地盤高が10 cm 以上低く相対的に浸水深が大きくなったと見られる。新道橋からバス通りに向かう水の流れの様子を読者が撮影した映像が、毎日新聞社(2019年3月21日)(オンライン版)に掲載されている。

### 5.3 長崎駅周辺域の浸水状況

長崎駅南側を中心とする湾奥部の浸水状況をまとめたものを図11に示す。中島川右岸河口付近の大波止から長崎駅南側の国道206号沿い、および、その周辺では道路が冠水し、元船町では洋菓子店で店内が約15 cm 浸水する被害が発生した。洋菓



写真6 半地下の飲食店の浸水痕跡 (2019年3月25日著者撮影)



写真8 銅座町新道橋の状況 (2019年3月25日著者撮影)



写真7 銅座川と水路(図10参照)との合流点の状況 (2019年4月5日著者撮影)

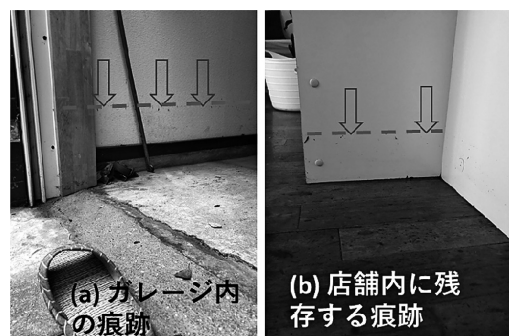


写真9 新道橋左岸側の店舗の浸水痕跡 (2019年3月25日著者撮影)

子店の従業員の話によれば、当日20時過ぎに閉店し、配達のために一時外出して戻って来た時には、店の前が水浸しになっており中に入れない状態であったということである。一時避難して道路の水が引いた22時ごろに戻ったら、店内水浸しの状態となっていた。

他にも、五島町電停付近の国道206号線、長崎県庁北側の側道で側溝からの溢水と見られる浸水状況が一般住民や報道関係者によって Twitter 等に投稿されている。長崎県庁北側の溢水については、浦上川河口付近の左岸側にある排水孔(写真10)から逆流した水が側溝の穴から溢れて広がったものと推察される。

### 5.4 旭町の浸水状況

長崎県庁の対岸の浦上川河口の旭町地区では、

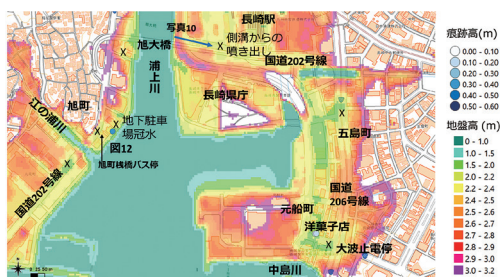


図11 長崎湾奥部での痕跡高、被害発生状況と地形。

国道202号線沿いの旭橋栈橋バス停付近の道路冠水が発生し、付近を通行していた市民などによる動画や写真付きの情報が Twitter などに投稿された。また、長崎地方気象台による調査では、ビルの地下駐車場への浸水被害が発生したと報告されている。著者による調査では、上述のバス停(下り線側)傍のマンションの裏道沿いに浸水痕跡を確認した(図12)。住民の話によれば、21日20時過ぎから道路前の側溝から異音がしはじめ、水が湧きだしながら浸水していったとのことである。裏道は堤防に面しているが、レーザー距離計による測定によれば、道路と堤防の境界線が最も高く、堤防天端高と比べて、道路境界上では約10cm地盤が高く、マンション側の側溝の蓋の高さは堤防天端高より7~8cm低い。壁面に付着していた浸水痕跡高は、側溝の蓋の高さを基準として約34cmであった。浸水の初期段階では側溝からの溢水が寄与し、潮位の上昇と共に堤防からの越流による浸水へと形態が変化したものと考えられる。国土地理院5mメッシュ標高データによれば、道路上の地盤高がT.P.+2.0mであったことから、最大水位はT.P.+2.3~2.4mの間であったと推定される。バス停周辺の国道202号沿いの地盤高はT.P.+2.0~2.2mであり、最深で20cm以上の浸水となったことが推定される。



写真10 浦上川左岸河口付近に設置されている排水管。(2019年4月5日、著者撮影)

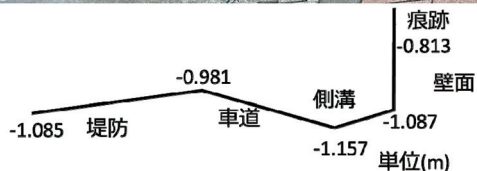


図12 浦上川右岸側の旭町における浸水痕跡。道路地盤、堤防の高さなどの情報はレーザー距離計による測定で算定。(写真は2019年4月6日に著者撮影)

### 5.5 宝町付近の浸水状況

宝町周辺の地盤高分布を図13に示す。国道206号の路面電車通り沿いを中心に道路冠水が発生した。宝町と幸町との間を潜るアンダーパスが冠水し、一時通行止めとなった。長崎電気軌道の方の話によれば、路面電車下り線1両が塩水に浸かって故障し、銭場町-宝町間の井上病院前で立ち往生した。

JR長崎本線宝町踏切では、信号制御ボックス1基が浸水し、信号が一時的に機能停止となった。4月6日の調査時点では、応急的な浸水対策としてボックスの下に枕木を敷き、約15 cm 高上げをしていた(図14)長崎地方気象台の速報に掲載のボックスの痕跡位置と照合した上で、痕跡高を測定すると、ボックスの台座天面から15 cm の高さまで浸水したと推定される。しかし、バラストの高さを超えて浸水した形跡は確認されなかった。踏切の傍を浦上川の支川(合流点の位置:浦上川河口から約1.4 km)が流れており、支川的水位上昇による越水により浸水したと見られる。

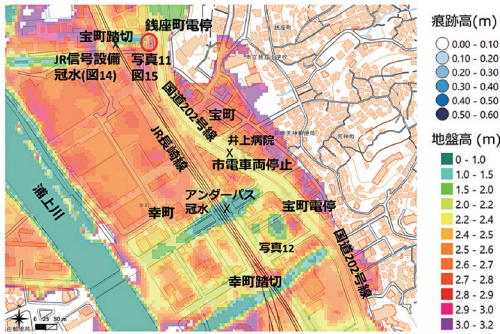


図13 宝町地区の地盤高分布と主な被害状況



図14 JR長崎線宝町踏切の信号制御BOX。付着痕跡の位置を破線で示す。

踏切の傍を流れる支川の約60メートル上流側は国道206号の下を通る暗渠となっている。暗渠下流側の出口の状況を写真11に示す。塩水の付着による変色した痕跡が点線の位置の高さまで到達している。河床からの痕跡高を測定すると2.52 mであった。浸水痕跡と国道の車道の比高を測定すると、車道側の方が痕跡高よりも30 cm 近く低かった。(図15) 暗渠に接続する排水管を逆流し、車道脇の側溝から溢れて浸水したものと考えられる。地盤高を比較すると、暗渠左側の宝町側の地盤高は T.P.+2.0~2.4 m であるのに対し、暗渠右側の茂里町側は地盤高が T.P.+1.5 m 以下の箇所も見られる。単純に地盤高から比較すると茂里町側の方が、浸水深が大きくなるはずである。しかしながら、本調査の限りでは最も地盤高の低いこ



写真11 宝町を流れる河川の浸水痕跡の位置。数値はレーザー距離計による測定値。(2019年4月6日、著者撮影)

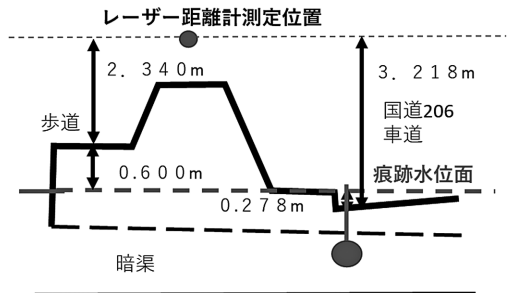


図15 写真11の浸水痕跡面と道路地盤高との関係の模式図

の地域において、浸水痕跡を見つけることができなかった。暗渠の下の排水溝の接続状況について、詳細な情報を入手する必要がある。

上述の他に、宝町踏切から長崎駅側(下り)約500 mに位置する幸町踏切付近の浦上川右岸支川付近で地盤高+13 cmの浸水痕跡が見られた(写真12)。痕跡測定点付近の地盤高はT.P.+2.1~2.2 mであり、最大水位はT.P.+2.2~2.3 mと推定される。

以上の通り、宝町地区では、道路の側溝からの溢水が中心であり、全体的に浸水深が小さく痕跡として残存しているものが極端に少なかった。住民や店舗スタッフ等へのヒヤリングでも建物内への浸水があったという証言は得られなかった。

## 5.6 竹の久保町の浸水状況

竹の久保町は、浦上川河口から2.0 km付近の右岸側に位置する地区であり、竹の久保川と春木川の2本の支川が浦上川本川と合流している。(図16)本川から両支川へと遡上した水が側溝を逆流し、右岸側の河岸を走る県道112号線上で冠水した。この地区の河岸を走る県道は、堤外地側から堤内地側に向かって下方に傾斜しており、浸水範囲は局所的でありながらも比較的深い浸水痕跡が残存した。春木川右岸側傍の県道に面した家の住民の話によれば、溝からボコボコと水が湧きあがるような音がして、家の前の歩道が数 cm 程度浸水したとのことだが、壁面などの痕跡の付着は確認されなかった。一方、春木川合流点から約

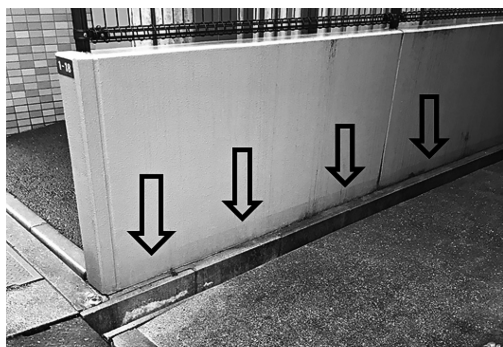


写真12 幸町踏切付近の浸水痕跡

200 m 上流側の竹の久保川の合流点付近では、河岸の天端高を超えて地盤高+40~50 cmの浸水痕跡が確認された。(写真13, 14)竹の久保川右岸側(南側)の地盤高が約T.P.+2.4 m前後であることから、最大水位は約T.P.+2.8~2.9 mに達したと推定される。

## 5.7 浦上川の遡上

浦上川本川の感潮域は、河口から約4.0 kmの大橋までの区間である。大橋水位観測所の直ぐ上流に落差工が設置されている。大橋観測所では、大潮満潮時に水位ゼロ点+1.0 m前後の水位が観測される。3月20日から21にかけて、満潮位と気象津波が重なり、水位ゼロ点+2.1 mを超える最高水位を記録した(図17)。水位観測点のゼロ点

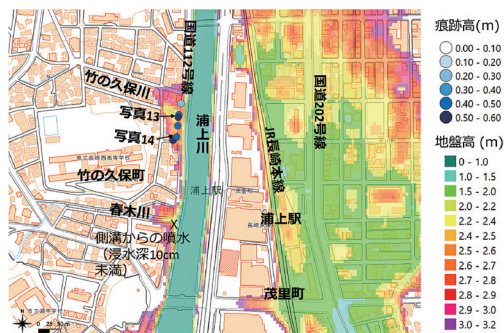


図16 竹の久保町(浦上川河口から1.6~2.2 km付近)の地盤高と浸水痕跡高



写真13 竹の久保川右岸側の家屋に付着した浸水痕跡

標高は T.P.+0.82 m であることから、遡上先端部は少なくとも T.P.+2.9 m 以上の遡上高であったと推定される。

4月6日に水位観測所周辺の状況を視察したが、橋脚下流側に底泥が高さ約70 cm 堆積していたのをはじめ、高水敷上には乾燥した砂泥が堆積していた(写真15)。高水敷と河道の高低差は約1.4 m であり、高水敷に堆積した底泥は3月20日、21日の2日間の海水の遡上に伴い堆積したものと見られる。水位観測所から上流側の支流合流点までの約180 m の区間に、落差工が7段設置されており、遡上した海水の先端部はこの区間でエネルギー減衰したと見られる。

## 6. おわりに

今回観測された気象津波によると見られる潮位副振動での長崎市内の浸水の特徴として、以下が挙げられる。

(1) 港湾堤防からの直接的な越水で浸水した箇所はごく一部に限られた。潮位の急上昇の際に、大浦川、銅座川などの中小河川、浦上川支川に遡上した水が、浸水の初期段階においてこれらの中小河川に接続する排水溝を逆流し、路上の側溝から溢水する形で浸水が拡がり始めた。

(2) 一部の地区においては浸水初期段階から支川の水位が上昇し、河岸天端高を超えた時点で、越流が始まった。



写真14 竹の久保町県道沿いの家屋の浸水痕跡

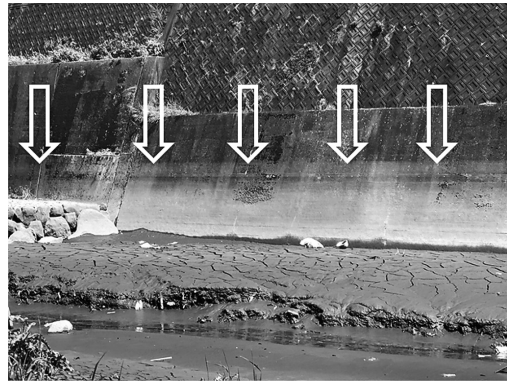


写真15 浦上川大橋水位観測所の上流側に堆積した砂泥と痕跡

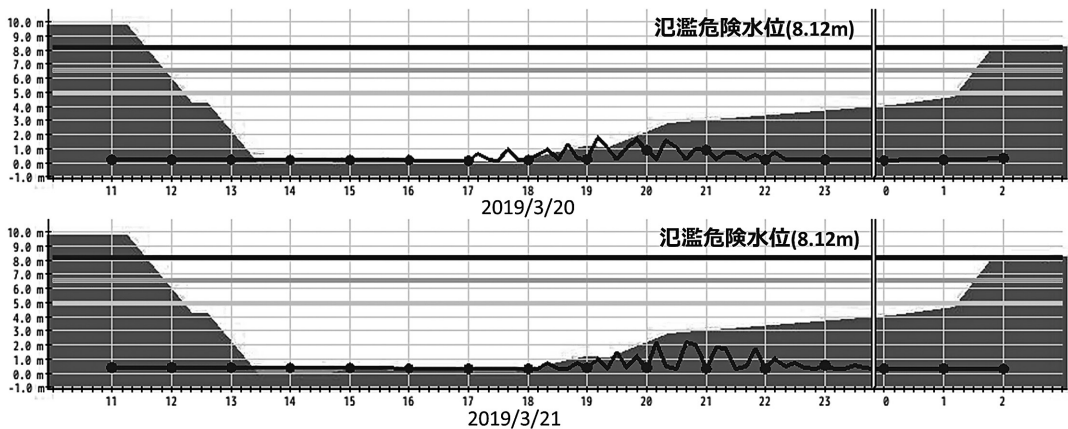


図17 大橋水位観測所における水位の時間変化(長崎県河川砂防防災情報システム HP より、一部加筆)

(3) 市街地や国道を跨ぐ中小河川では、河道は暗渠となっており、浸水の初期段階で発生した側溝からの溢水を水道管の破裂と大多数の人が錯覚してもおかしくはない状況だった。

(4) 痕跡高から推定される最大水位は、大浦川左岸の松ヶ枝地区、沿岸部の旭町地区、国道206号線長崎電気軌道沿線(宝町～大波止電停の区間)でT.P.+2.3 m、銅座町周辺でT.P.+2.6 m、竹の久保地区および浦上川大橋でT.P.+2.9 mと推定される。

今後の課題として、浸水範囲、面積などの詳細把握が挙げられるが、そのためには、微地形の詳細把握が不可欠である。現地調査で得られた知見として、道路の横断方向の傾斜に伴い、浸水範囲が道路の一方側(低地盤高側)に偏っていたことが挙げられる。国土地理院発行の5 m メッシュ数値地図データに加え、RTK-GPSを用いた測量成果やLP測定に基づく1 m メッシュDEMを用いた解析が必要である。浸水過程を数値モデルによる再現を試みる際には、浸水初期における管路の逆流による側溝からの湧き出しを考慮に入れる必要がある。大気、海洋、河川・排水管の遡上、それぞれの規模の再現計算を実施した上で、一連のメカニズムを連続的にシミュレートするアプローチが求められる。

## 謝辞

本調査の実施に際し、長崎地方気象台および、福岡・大阪各管区気象台より資料提供をはじめ様々なご協力を賜りました。また、現地の住民の皆様、報道関係者、長崎県庁、長崎市役所、JR九州、長崎バス、長崎電気軌道広報担当の方々より当時の状況に関する貴重な写真や証言をご提供賜りました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 赤松英雄：長崎港のセイシュ(あびき)、気象研究所報告、第32巻、第2号、pp.95-115、1982。  
 Büssew, R.: An algorithm for continuous Morlet wavelet transform, *Mechanical System and Signal Procoding*, vol. 21, pp.2971-2979, 2007.

Hibiya, T. and K. Kajiura: Origin of the Abiki Phenomenon (a kind of Seiche) in Nagasaki Bay. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, vol. 38, pp. 172-182, 1982.

毎日新聞社：長崎市中心部で浸水 大潮と「あびき」重なり JR も一時運行見合わせ、毎日新聞、(2019年3月21日発行) <https://mainichi.jp/articles/20190321/k00/00m/040/246000c>, 2019年4月21日。

長崎海洋気象台：海洋の知識「あびき」<http://www.jma-net.go.jp/nagasaki-c/kaiyo/knowledge/abiki/index.html>, 2019年9月17日。

長崎海洋気象台、鹿児島地方気象台、熊本地方気象台：平成21年(2009年)2月24日から26日にかけて九州西岸を中心に発生した潮位の副振動に関する現地調査、21p., 2009年3月21日発行。

長崎県河川砂防情報システム：<http://www.kasen-sabo.pref.nagasaki.jp/nagasaki/main/index.php>, 2019年3月25日。

長崎地方気象台、福岡管区気象台：平成31年(2019年)3月21日に長崎港で発生した顕著な潮位副振動に関する現地調査、21p., 2019年3月29日発行。

Pattiaratchi, C. and Wijeratne, E.: Are meteotsunamis an underrated hazard? *Philosophical Transactions A of the Royal Society*, No. 373, 23p. 2015.

Proudman, J.: The Effects on the Sea of Changes in Atmospheric Pressure, *Geophysical Journal International*, vol. 2, pp. 197-209, 1929.

Rabinovich, A.: Meteorological tsunamis near the Balearic and Kuril Islands: description and statistical analysis, *Natural Hazards*, vol. 13, pp.55-90, 1996.

Šepić, J., Vilibić, I., Rabinovich, A., and Monserrat, S.: Widespread tsunami-like waves of 23-27 June in the Mediterranean, and Black Seas, generated by high-altitude atmospheric forcing, *Scientific Reports*, s:11682, 8p., 2015.

Tanaka, K.: Atmospheric pressure-wave bands around a cold front resulted in a meteotsunami in the East China Sea in February 2009, *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 10, pp. 2599-2610, 2010.

Tanaka, K. and Ito, D.: Multiscale meteorological system resulted in meteorological tsunamis, in *Tsunami*, InTech Publishers, pp.19-31, 2016.

(投稿受理：令和元年9月18日  
訂正稿受理：令和元年11月19日)

## 要 旨

2019年3月20日から21日にかけて、温帯低気圧の通過に伴い、九州地方や山陰地方の沿岸部であびきと呼ばれる顕著な潮位副振動が観測された。これに伴い、長崎市内で浸水被害が発生したことから、浸水過程の解明を目的として現地調査を行った。痕跡高測定から長崎市中心部の繁華街では T.P.+2.3~2.6 m、浦上川下流で T.P.+2.9 m までの水位上昇が生じたと推定される。長崎市内での浸水は2段階に分かれ、初期段階として排水溝を経由した海水の逆流による浸水が生じ、支流に遡上した海水の越水により氾濫が拡大したものと考えられる。