

## 1991年台風19号によるたか潮と副振動 —水路部所管験潮所の記録—†

小田巻 実\*・桑木野 文章\*\*・今西 孚士\*\*・福島 繁樹\*\*・松島 弘\*\*・西田 浩志\*\*\*  
鈴木英一\*\*・石井 操\*\*\*\*・伊藤清寿\*\*

## RECORDS OF STORM SURGE AND SECONDARY OSCILLATIONS INDUCED BY TYPHOON No. 19, 1991.

Minoru Odamaki\*・Fumiaki Kuwakino\*\*・Takanori Imanishi\*\*  
Shigeki Fukushima\*\*・Hiroshi Matsushima\*\*・Hiroshi Nishida\*\*\*  
Eiichi Suzuki\*\*・Misao Ishii\*\*\*\* and Kiyohisa Ito\*\*

### Abstract

Typhoon No.19 attacked Japan in September 26-28th 1991, and caused severe disaster. Its magnitude has shown record figures such as atmospheric pressure low 935mb at landing on the Kyusyu. Its moving speed was very high and accompanied winds were very strong. Then, the typhoon caused severe storm surges in various coasts around the western area of Japan. In this paper, the storm surges which are shown in the records of tide gauges of the Hydrographic Department, are described.

In 7 tide stations, the water heights at the storm surge exceed the former records. Comparing the times of the highest height and the lowest atmospheric pressure, they are not always matched and sometimes delayed. In some cases the highest heights occurred at the times of the winds blowing against the coasts and sea water piled up to the bays, and in another cases it occurred at the time of the returning uplift of water height induced by the secondary oscillation in the resurgence.

---

† Received 18th January 1993

\* 海上保安大学校 Maritime Safety Academy.

\*\* 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division.

\*\*\* 第四管区海上保安本部 Hydro. Dept. 4th R.M.S.Hqs.

\*\*\*\* 第六管区海上保安本部 Hydro. Dept. 6th R.M.S.Hqs.

## 1. はじめに

平成3年9月27日から28日にかけて日本を席卷した台風19号は、全国で死者・不明57、負傷1,796、建築物の全半壊約1万棟、沈没船69隻（以上「気象」1991年11月号による）、海上保安庁関係でも多くの航路標識や係船施設が損壊するなど、大きな被害が出た。この台風では記録的なたか潮が発生し、通過経路の直下と東側に当たる第七管区と第六管区の所管験潮所では、ほとんどのところで既往最高値を越えた（第1表）。この台風は中心気圧がたいへん低かっただけでなく、風も記録的に強く、たか潮の発生には風による海水の吹き寄せも効いていたようである。さらに、この台風は移動速度が強く、各地の験潮所では、台風通過後、溜まっていた海水が急激に開放されて発生したと思われる大きな副振動が発生した。

以上のように、今回のたか潮の験潮記録は、今後の防災対策の貴重な資料となると考えられることから以下に報告し、記録にとどめておくこととした。

なお、以下の説明の中では、潮高曲線の上に凸になっているところを極高、下に凸になっているところを極低と称し、観測開始以来の最高、最低と区別している。

Table 1. Highest water heights induced by Typhoon No.19. 1991.

験潮所 Tide stn.	偏差(Obs-Pre) Deviation	最高潮位 Date	Highest Hight	前既往最高値 Former value
門司 Mozi	2.2m	27d 19:00	3 m 44	1980/9 3 m 03
博多 Hakata	1.7m	27d 19:00	2 m 84	1966/8 2 m 61
大分 O-ita	1.0m	27d 21:35	3 m 14	1980/9 3 m 03
徳山 Tokuyama	1.9m	27d 20:40	4 m 20	1980/9 3 m 90
広島 Hiroshima	1.8m	27d 22:45	4 m 96	1955/9 4 m 60
呉 Kure	1.5m	27d 22:45	4 m 85	1978/9 4 m 48

(above Datum Level)

## 2. 台風19号の概要

第1図a, bに台風19号の通過経路と験潮所の位置を示す。気象庁の全国検潮速報（第3集第42号）によれば、「台風19号は、宮古島東方を経て大型で非常に強い勢力で長崎県に上陸（中心気圧940mb、最大風速50m/s、暴風半径300km）したあと日本海を北東に進み、28日に大型で強い勢力で北海道渡島半島に再上陸（中心気圧955mb、最大風速40m/s、暴風半径370km）し、同日中にオホーツク海南部に抜けた。—中略—、上陸時に中心気圧が940mb以下であったのは、昭和46年の台風23号以来20年ぶりである。九州、中国、東北の広い範囲で暴風による大きな被害（家屋一部損壊12万棟余）が生じ、多くの気象官署で最大風速の記録を更新した。—以下略」。この台風によるたか潮について、小西（1992）によれば、気象庁所管の験潮所で最大偏差が50cmを超えたものは20を超え、有明海を中心とする九州西岸及び瀬戸内海西部で大きなたか潮を起こした。最大偏差（実測値—潮汐推算値，o-p）は、有明海の大浦の216cmを最大として8験潮所で極値を更新した。また、最

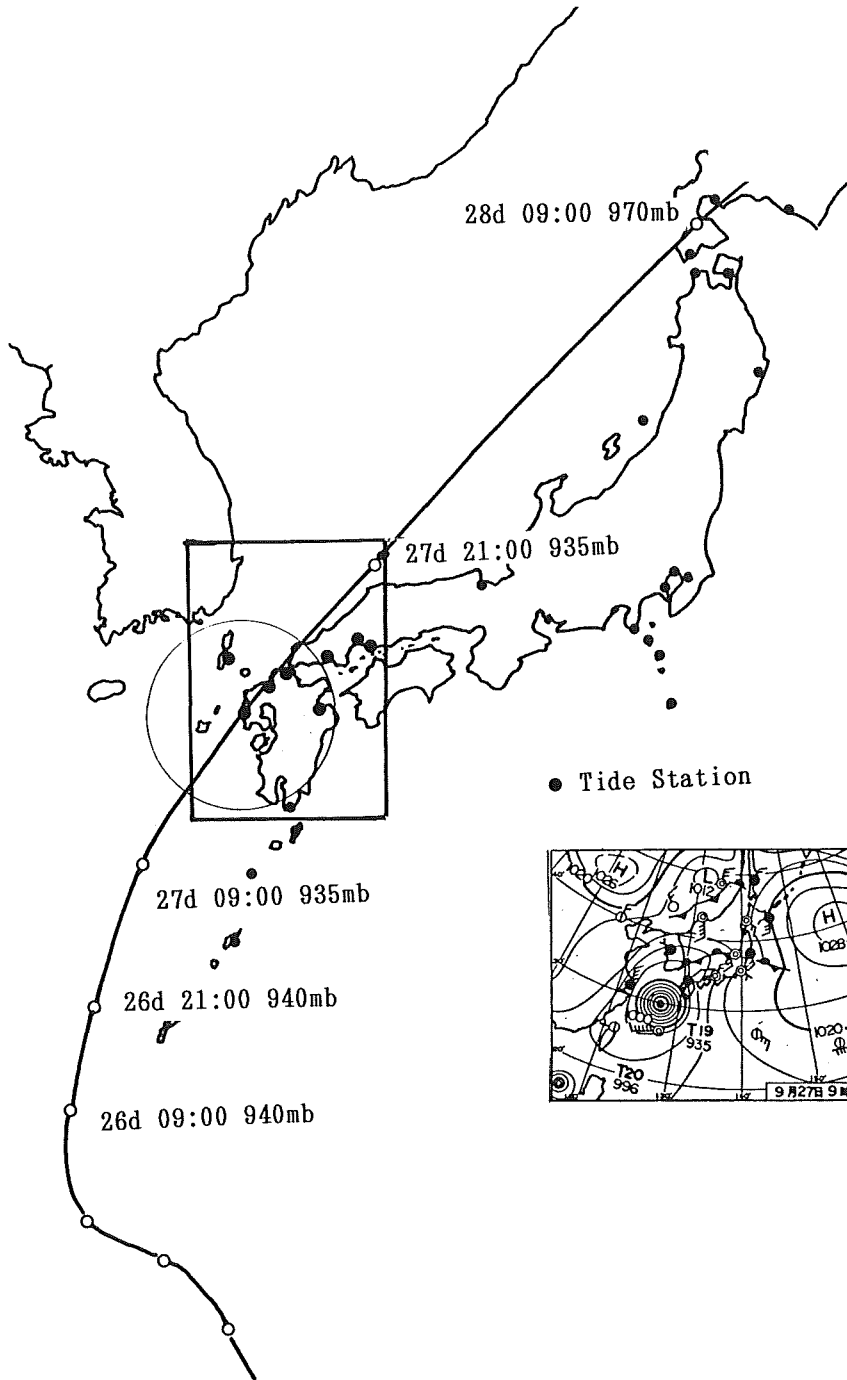


Figure 1a. Path of Typhoon No.19, Sept. 26-28th.

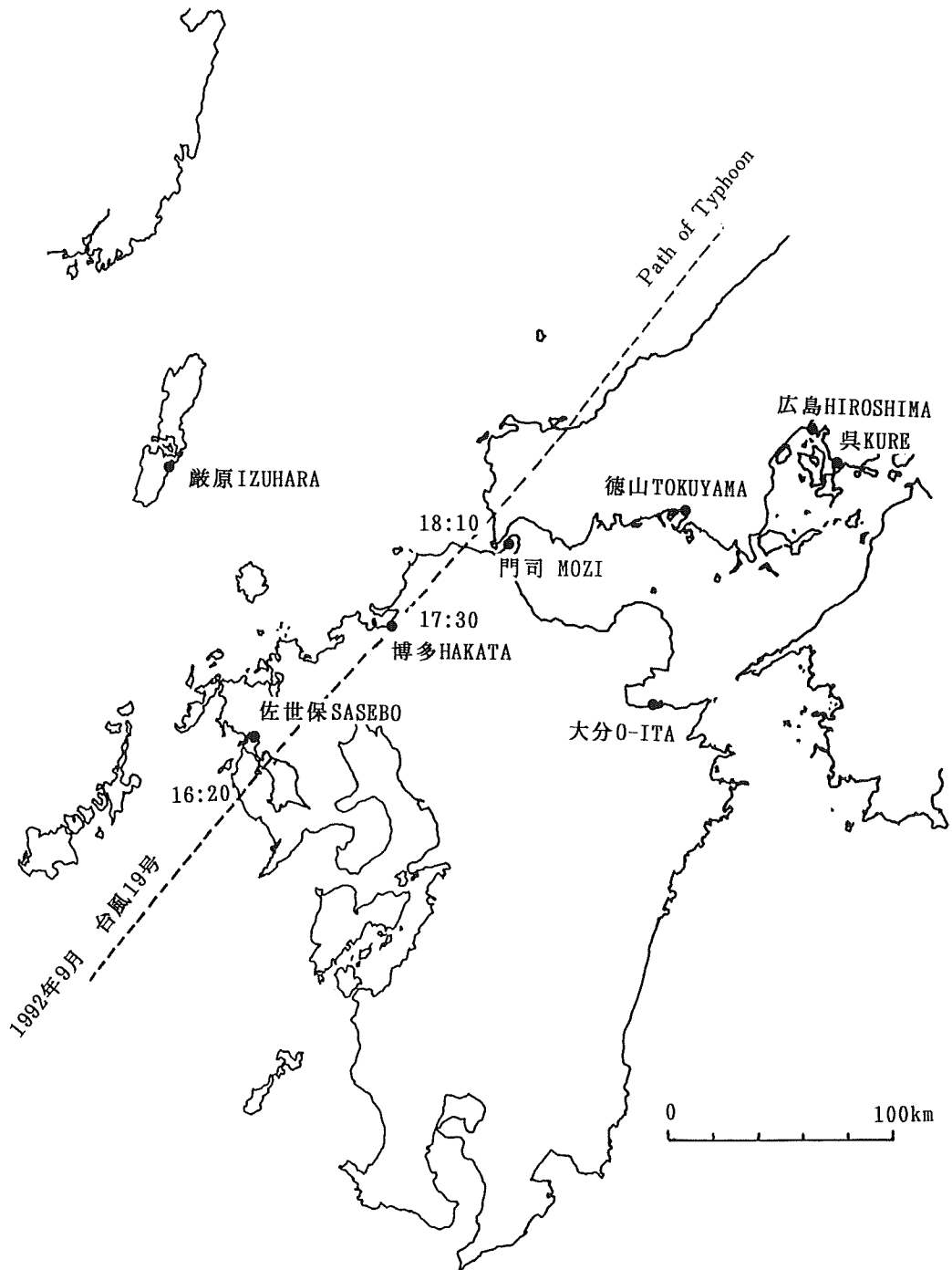


Figure 1b. Location of Tide stations.

高潮位の記録は、松山 (TP上275cm)、宇野 (195cm)、高松 (187cm) の3ヶ所で更新された。さらに高波も記録的で、佐藤 (1992) によれば、鹿児島県の佐多岬では27日午後3時に有義波高6.9m (歴代第三位)、長崎県の福江島では27日午後5時に有義波高5.5m (歴代第四位) を記録した。

### 3. 台風19号通過時の各地の験潮記録

#### (1)九州北西岸

台風19号は、大型で非常に強い台風のまま935mbという極めて低い中心気圧をもって9月27日16時頃長崎県佐世保市付近に上陸した。その後、約80km/hという速い速度で北東に進み、関門海峡付近を通過して日本海に抜けた。佐世保、博多、門司の験潮所は台風の直下に近く、厳原は台風の左側にあった。

〈佐世保〉第2-1図。台風の上陸した27日16時20分には、最大偏差 $o-p$ は約115cmに達したが、低潮時と重なったため最高潮位とはならなかった。台風の通過後、周期約80分、振幅約40cmの副振動が発生した。この副振動は、佐世保港の港口を節とする基本振動と思われる。

〈博多〉第2-2図。博多付近では17:30頃に最低気圧942mbを示したが、18:40から19:30頃にかけて偏差 $o-p$ が最大(170cm)となり、19:30には観測最高潮位2m84cm(DL上)に達した。台風通過後、潮位は急激に下降し、最高潮位の1時間後の20:30頃には偏差が負の最大(-55cm)となった。その後、全振幅約50cm、周期約140分の副振動が発生し、半日以上継続した。この副振動は、博多港の接続する福岡湾の基本振動と思われる。

〈厳原〉第2-3図。27日12時頃から徐々に偏差 $o-p$ が大きくなり、予報低潮時刻の16:30頃には約45cmとなった。その後、偏差の大きい状態が続き、20:00頃には最大偏差50cmを示したが、23:00頃には偏差はほとんど無くなり、28日01:00頃には台風通過以前からの偏差約20cmに落ち着いた。また、偏差が大きくなり始めた16:00頃から、全振幅約5cmで数十秒周期の波と、全振幅約20cmで約10分周期の副振動が大きくなり、偏差が小さくなくても続いていた。書誌105号九州沿岸水路誌によれば、「台風がこの港の東側を通過するときは、山のような高い波と強風が港内に侵入する」となっており、そのような状況下にあったものと思われる。

#### (2)関門海峡周辺 (第3-1図)

部埼灯台の気圧計 (第3-2図) は27日18:10頃に最低値945mbを示した。台場鼻灯台の風 (第3-3図) は、18:10を境に東の風25m/sから南西35m/sに変わり、さらに19:10頃には北西38m/sに変わった後、21時過ぎには西北西17m/sに落ち着いた。

〈門司〉第2-4図。験潮所は門司埼の西側にあり、早鞆瀬戸西流時には潮波が入ってくるため、記録紙上では、見かけ上、潮高曲線が太くなる。潮位の偏差 $o-p$ は、27日12:00頃より大きくなり始め、19:00頃に最も大きくなり、潮波を含む潮位の最高はDL上3m44を示した。その後、19:40にかけて低くなった後、再び上昇に転じ20:10に極高となった。その後、下降して、途中12分ほどフロートがどこかに引っかかって止まっていたが、21:20から21:30頃に極低となった後、21:50頃に再び最高潮位に近くなってDL上3m40を示した。その後、周期60から90分程度の副振動が現れた。一方、潮波は潮位の偏差とともに大きくなり、最高潮位を示した19:00頃には全振幅が約50cm (記録紙の読取值) に達し、その後、徐々に小さくなった。

〈早鞆瀬戸の潮流〉火の山下の潮流信号所の海底設置型潮流測定装置で測られた潮流記録を第4-4図に示す。装置の設置場所が瀬戸中央ではないため、流速値は小さく出ている。破線で示すように、潮汐表の

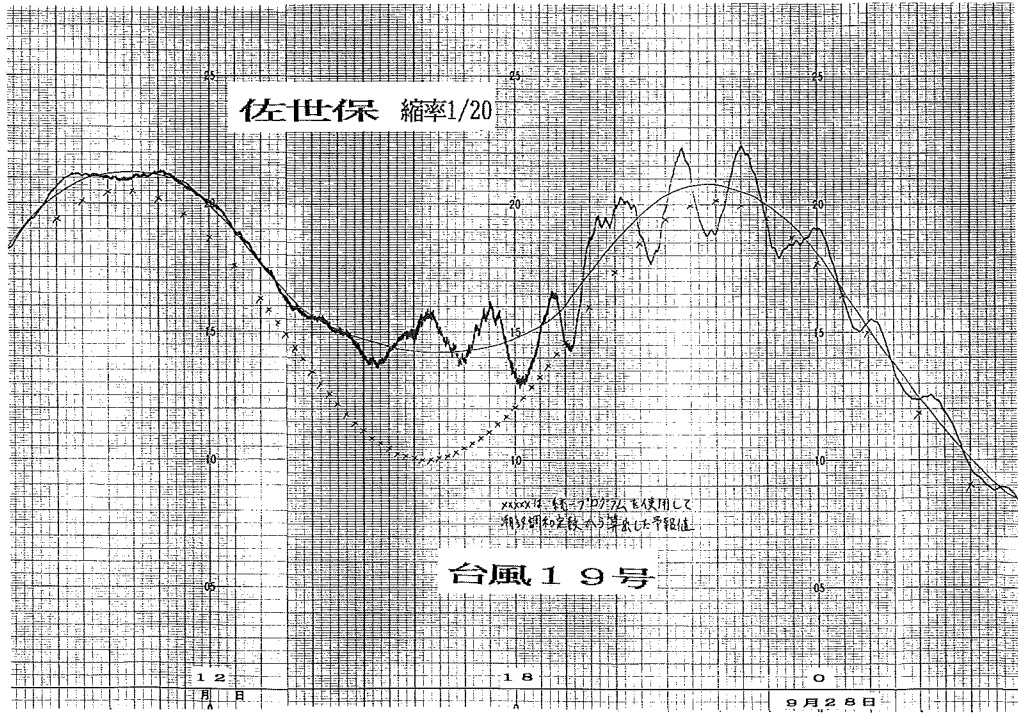


Figure 2-1. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Sasebo.

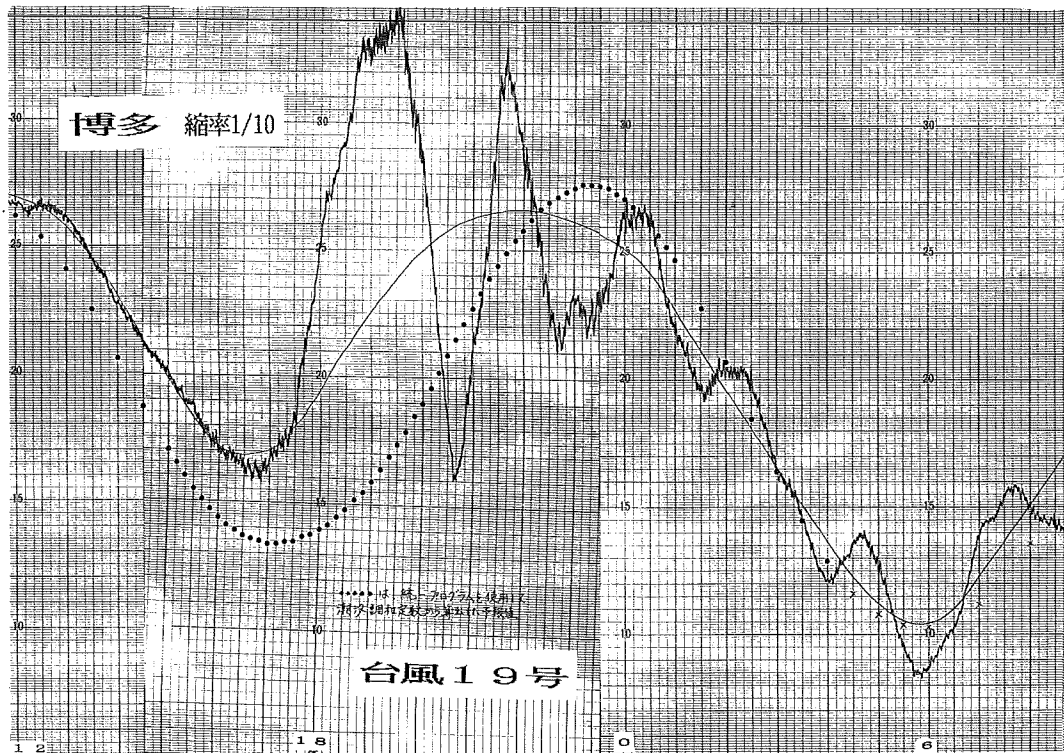


Figure 2-2. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Hakata.

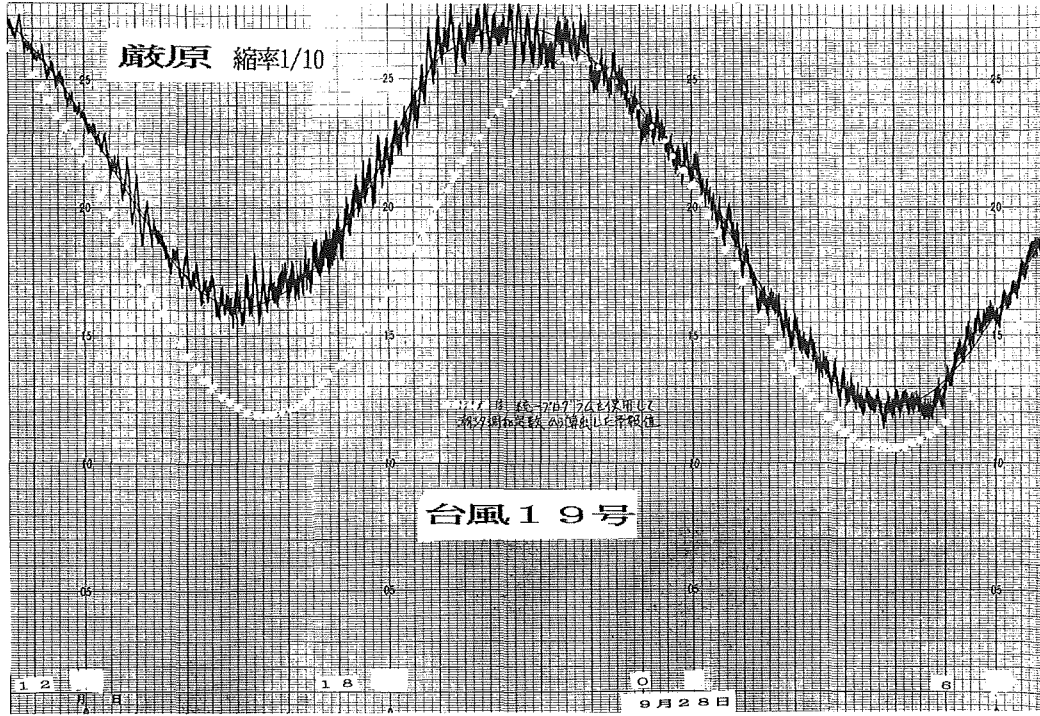


Figure 2-3. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Izuhara.

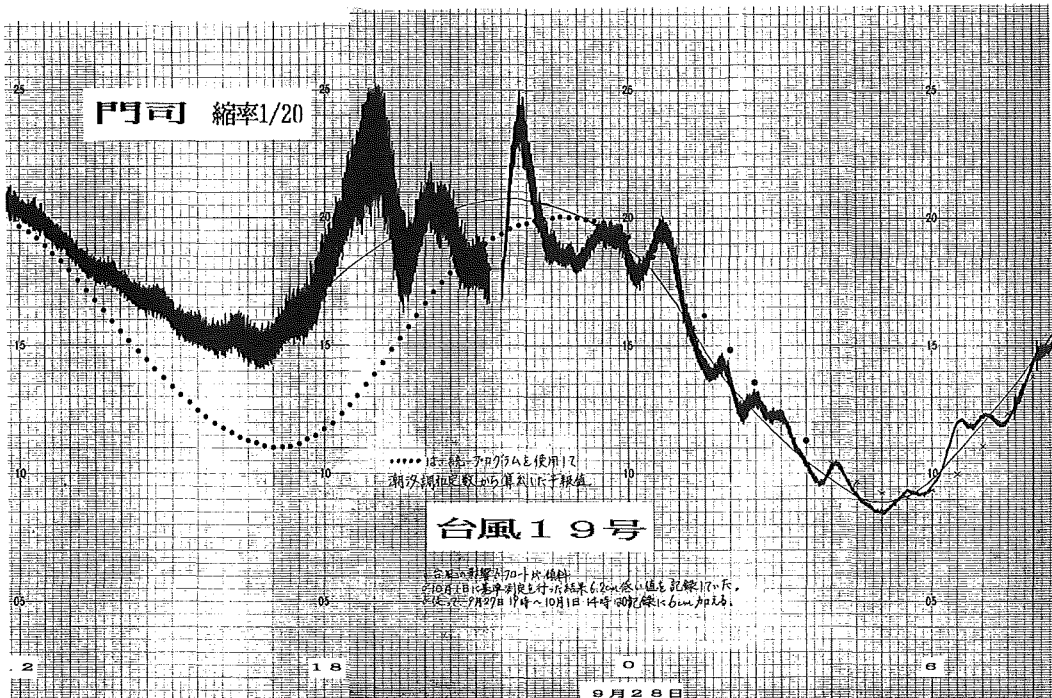


Figure 2-4. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Mozi.

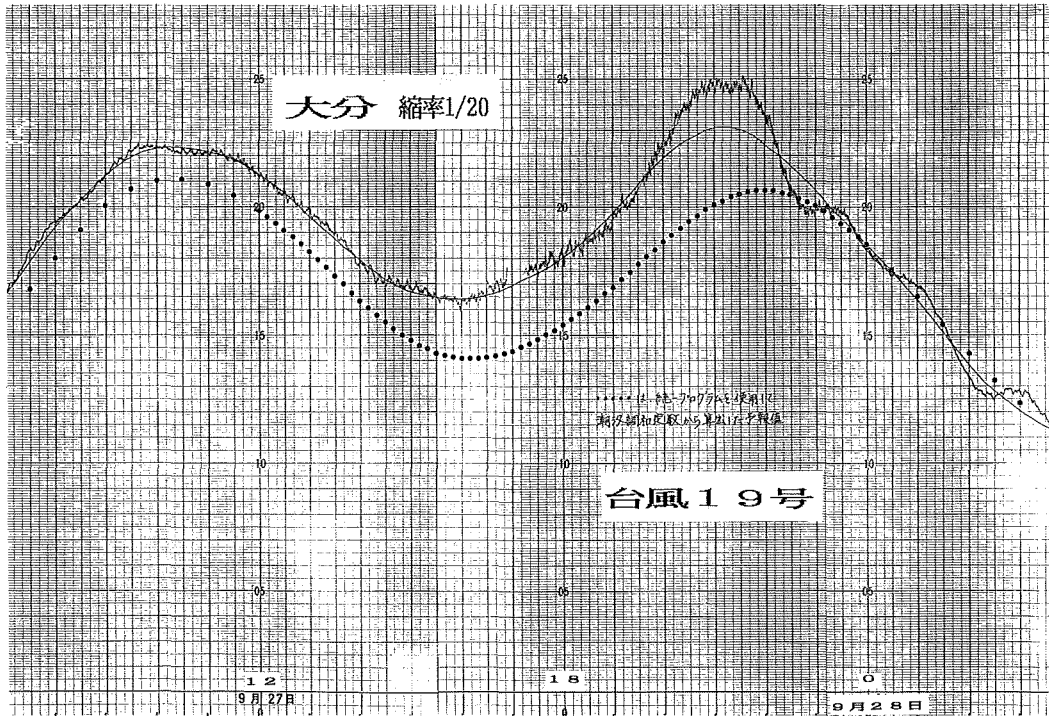


Figure 2-5. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at O-ita.

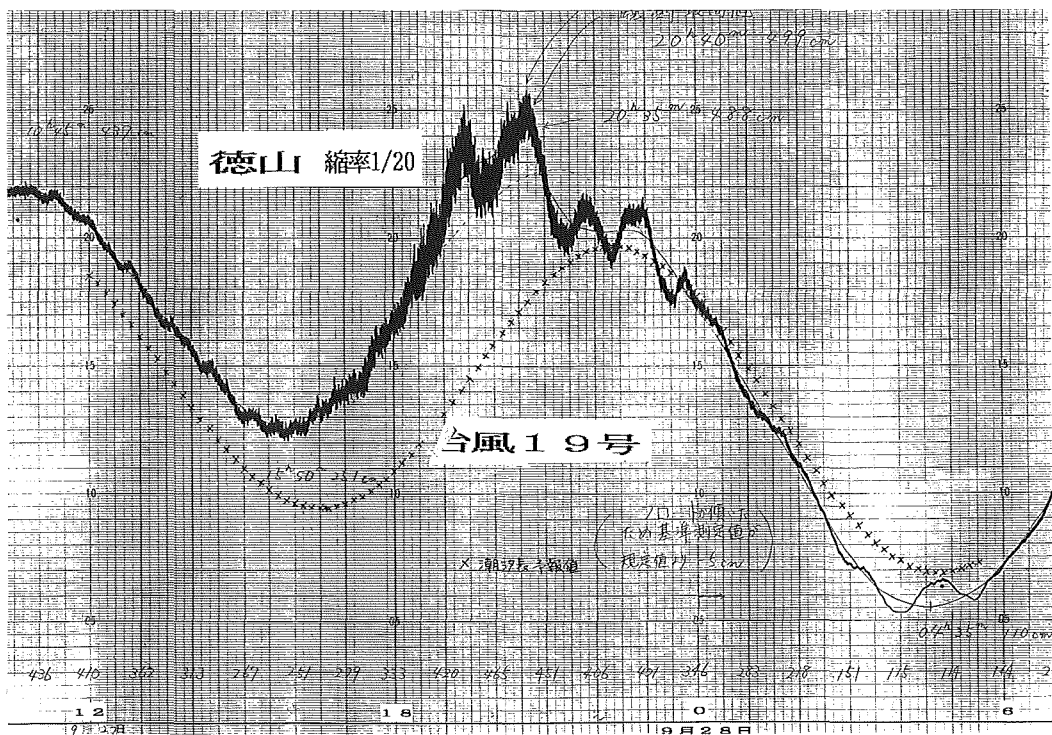


Figure 2-6. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Tokuyama.



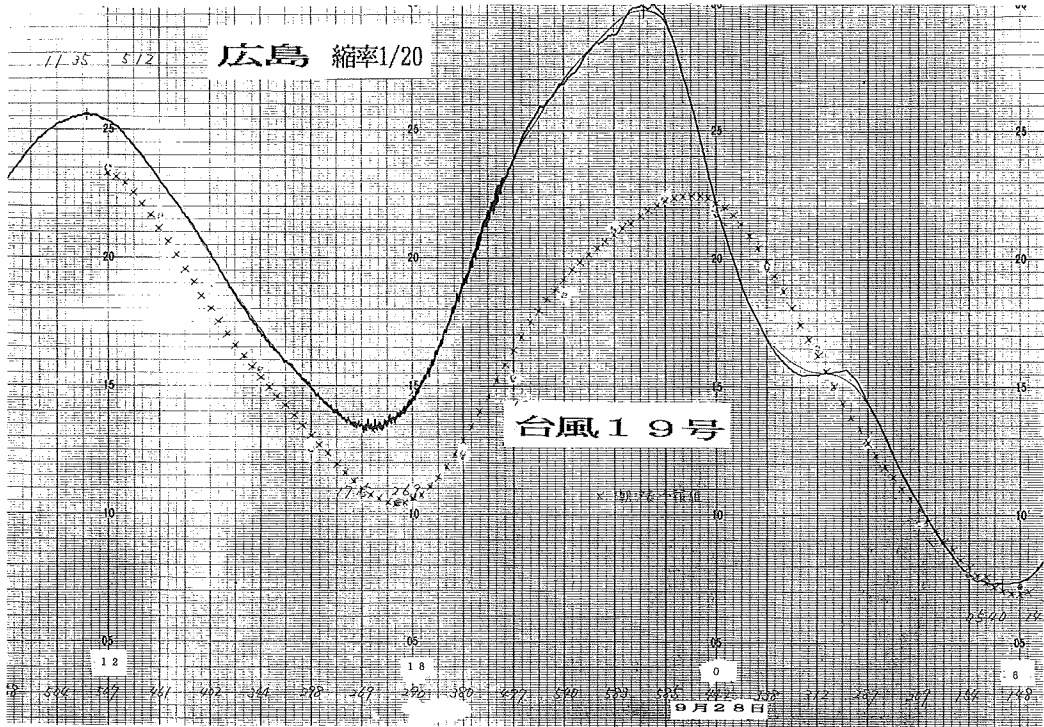


Figure 2-7. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Hiroshima.

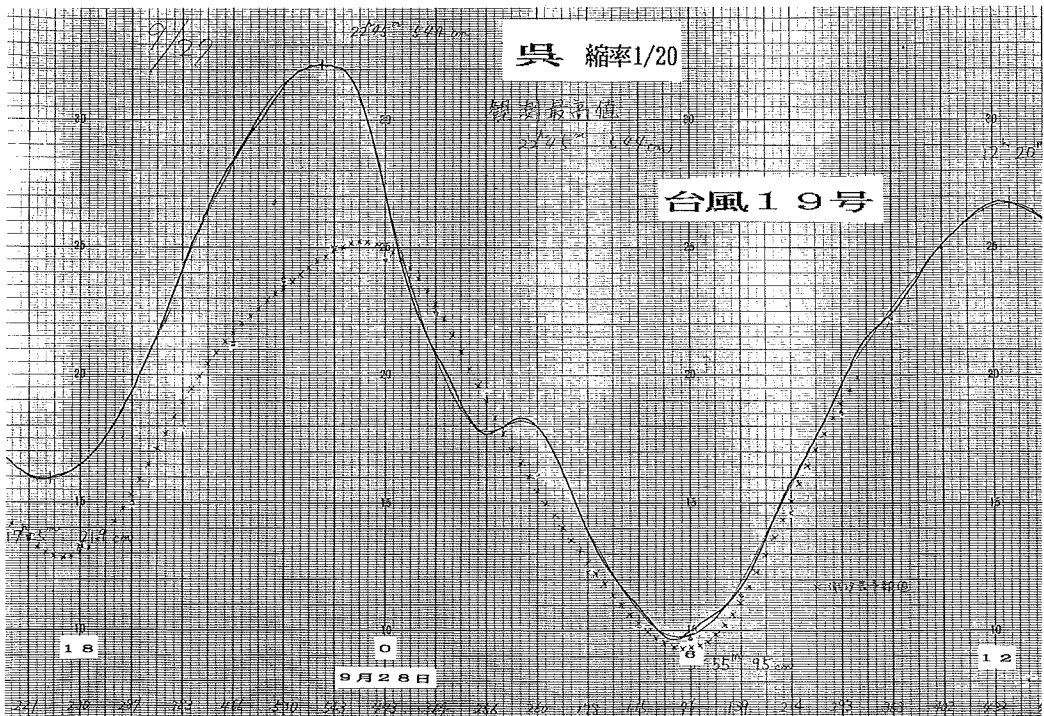


Figure 2-8. Tidal Record, 1991 Sept, 27-28th at Kure.

潮流予報では14：30に西流から東流に転流し、20：00過ぎまで東流が続くのに対し、実測ではこの間ずっと西流が続いていた。20：10頃から20-30分程度だけ東流を示した後、21：00頃には潮汐表どおりの西流となった。

### (3)瀬戸内海西部

〈大分〉第2-5図。27日15：00頃まで約40cmの潮位偏差で変わらなかったが、20：00過ぎから大きくなり始め、予報された高潮時に近い21：00には最大となり、21：35には観測最高潮位が3m14 (DL上)を示した。22：00以降になると偏差は急速に小さくなり、周期約120分、全振幅約20cmの副振動が現れた。

〈徳山〉第2-6図。27日16：00頃から潮位偏差が大きくなりはじめるとともに、サーフビートが入って潮高曲線が太くなった。潮位偏差が19：25頃に1.9mと最大となって極高を示した後、一旦下降してから上昇し、上げ潮と重なって20：40頃に観測最高値4m20 (DL上)を示した。22：00以降、潮位偏差は急速に小さくなり、約90分周期の副振動が発生した。

### (4)広島湾

台風は、27日の晩、島根県沖の日本海を通過した。広島では、20時頃に最も気圧が低く風も最も強くなった。

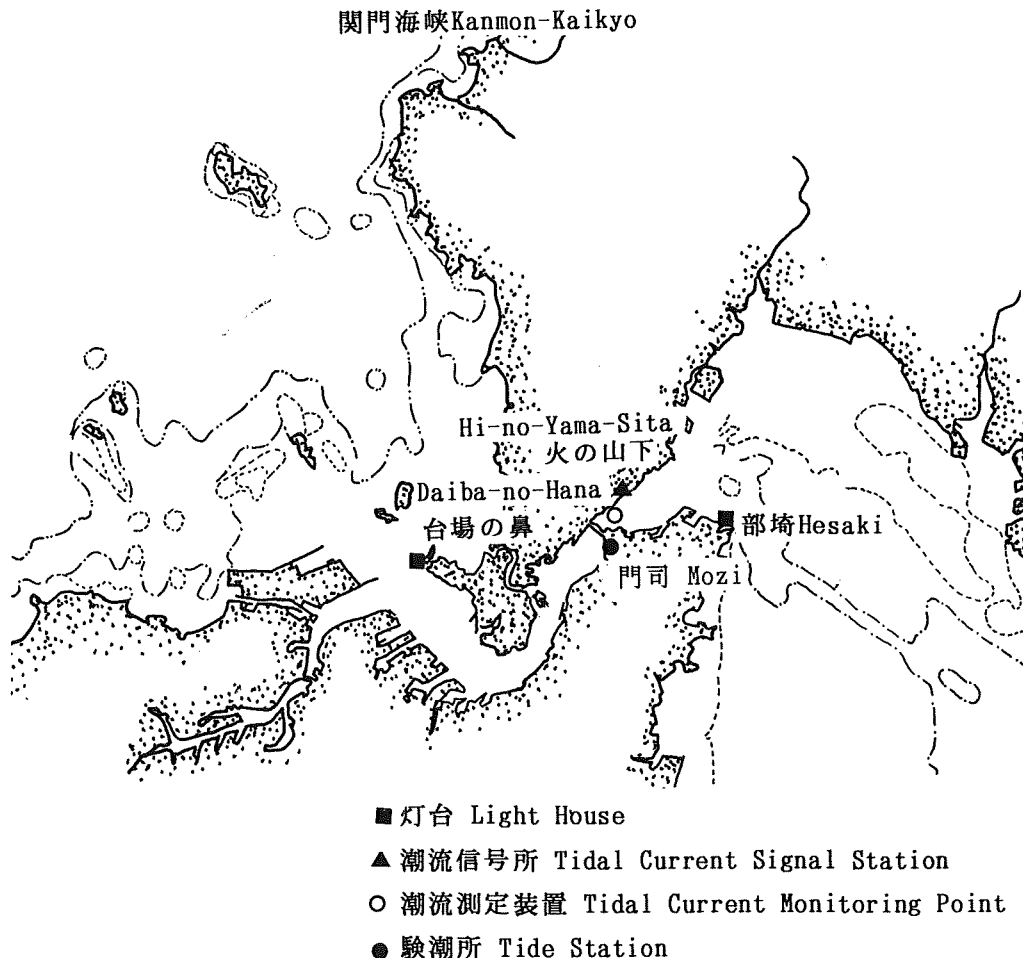


Figure 3-1. Tide, Tidal Current, and Weather stations around Kanmon-Kaikyo.

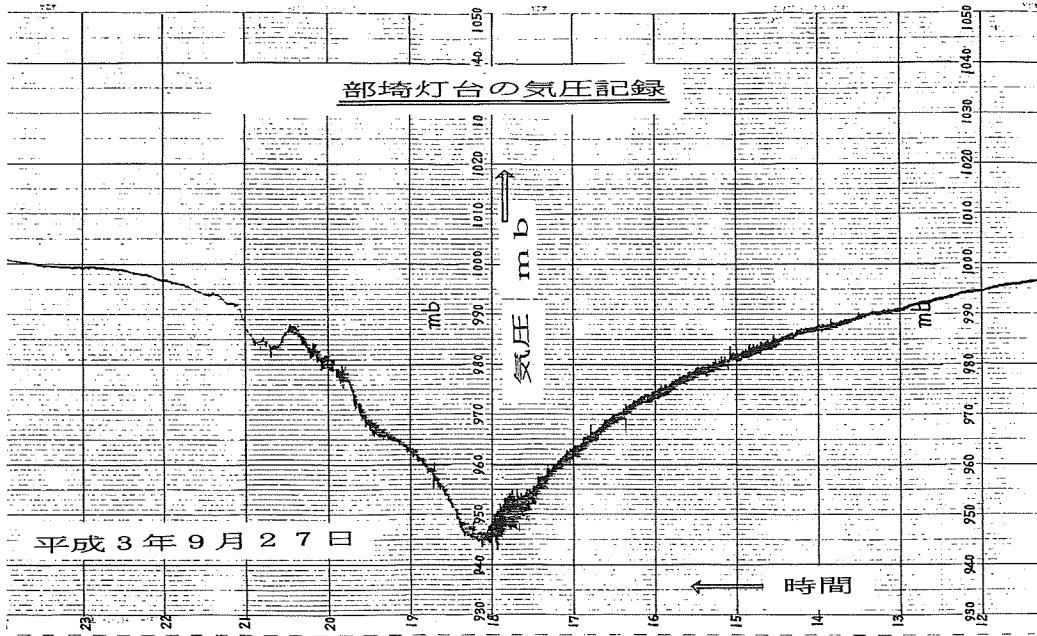


Figure 3-2. Atmospheric Pressure Record at Hesaki.

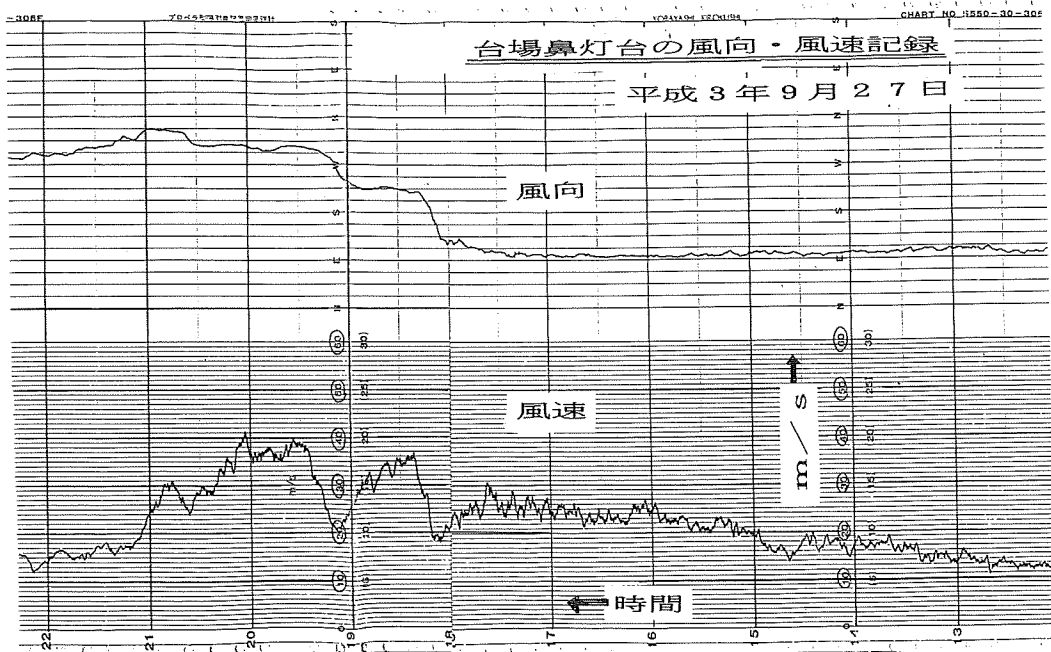


Figure 3-3. Wind Record at Daiba-no-Hana.

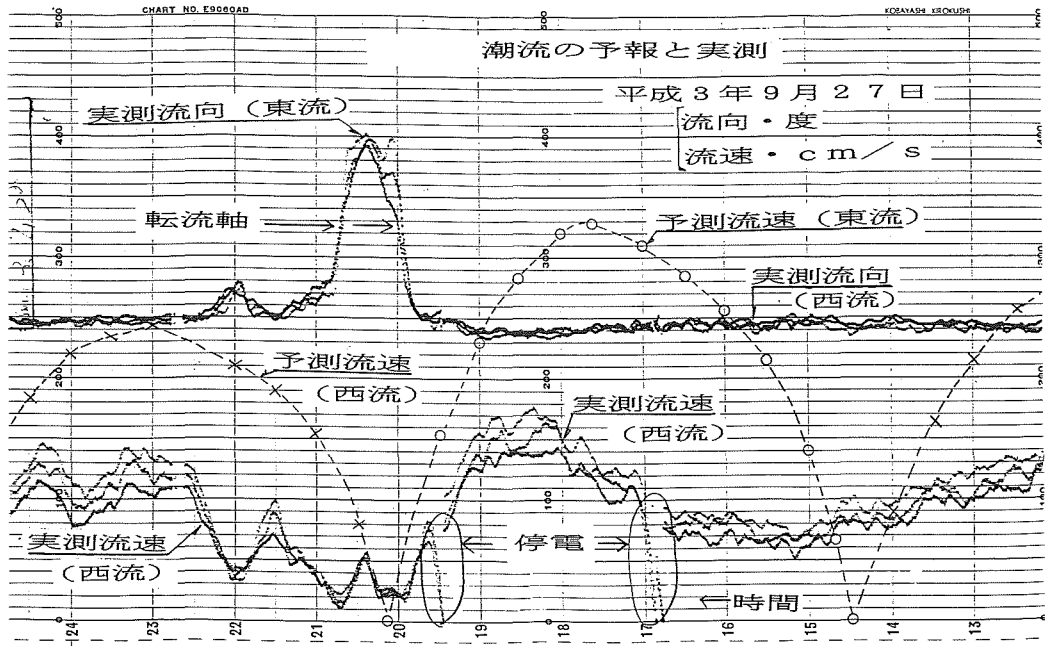


Figure 3-4. Tidal Current Record at Hi-no-Yama-Sita Tidal Current Monitoring Point.

〈広島〉第2-7図。27日17:00から潮位偏差が大きくなり始め、20:00以降1m60あまりとなった。台風の影響が上げ潮と重なって、その後も潮位は上昇しつづけ、潮汐表の高潮予報時刻(23:31)に近い22:45に観測最高潮位4m96(DL上)を示した。そののち急激に潮位が低下し、潮位偏差も小さくなって平常に戻ったが、28日02:30頃に、一旦、下げが止まって小さな極高が現れたのち、再び低下した。

〈呉〉第2-8図。広島と同様、27日17:00頃から潮位偏差が大きくなり始め、たか潮と上げ潮が重なって22:45に観測最高潮位4m85(DL上)を示した。その後、潮位は急激に低下し、潮位偏差も小さくなったが、広島と同様、下げる途中の02:00に極低、02:40に極高が現れた。

#### 4. 考察

海岸工学の教科書(堀川, 1973)の説明では、たか潮の現象は、「まだ台風の影響が陸岸から300~1000km離れていて、気象的な攪乱の影響が現れる以前に平均水面の上昇が始まる。これをforerunner,あるいは前駆波と名づけている。やがて台風域内に入ると海面の上昇は急激となり、この部分をstorm surgeと呼ぶ。つづいて海面が下降したあと、湾の固有振動に伴う海面変動が引き続いて起こり、これをresurgenceという。」となっている。教科書的な説明と比較しながら今回のたか潮の特徴を見るため、第2-1~2-8図の潮高曲線を10分毎に読み取り、各観測所の潮位偏差o-pを描いたのが第5-1~5-7図である。所によっては、付近の気象観測点の気圧と風の毎時値も示した。

佐世保(第4-1図)では、前述の説明の通り、暴風圏に入る依然から平均水面が約30cm上がっており、暴風圏に入ったと思われる14:00過ぎから海面の上昇は急激となり、台風の影響が通過した16:00過ぎに潮位偏差が最大となった後、resurgenceが起こって第一のピークの後すぐに第2のピークが現れ、引き続いて大きな副振動が起こっている。

博多(第4-2図)でも同様に、forerunner, storm surge, resurgenceの現象を示したが、台風の影響

の通過と潮位偏差のピークは一致しておらず、通過時刻の約1時間後に最大となって頭打ちの状態が約1時間続いた後、急激に下降している。これは、博多港の接続している福岡湾の湾口は西に向かって開いており、台風が通過するまで吹いていた東風は、湾内の海水を外に押し出して海面を低下させ、気圧降下による海面上昇を打ち消しているのに対し、通過後に変わった強い西風が湾内に海水を吹き寄せて一気に海面を上昇させ、その後、西風が弱くなるとともに急激に海面が低下したものと考えられる。

厳原(第4-3図)は、台風の通過経路から外れていたため、他に比べて潮位偏差の大きなピークは見られなかった。

門司(第4-4図)では、潮位の実測値(第2-4図)では19:00に最初のピークが出た後、21:00と22:00にもピークが見られたが、後者の二つのピークはresurgenceが起きて、その揺れ戻しが低潮から高潮にかけての上げ潮と重なったために生じていることがわかる。さて、門司(第4-4図)では、博多(第4-2図)と比べ、台風が近づくとつれて比較的速い段階から海面上昇に始まり、また通過後急激に海面が低下し、-70cmに達する負の偏差を示している。これは、図の下部に示すように、台風が近づく頃に東風が連吹して徐々に強くなり、これによって周防灘の海水を関門海峡東口に吹き寄せて、気圧降下とともに海面を上昇させ、さらに、台風の通過後、風が西風傾向に変わって東口に溜まっていた海水を沖に押しだして、気圧の上昇とともに一気に海面を低下させたものと考えられる。一方、関門海峡の潮流は、東口と西口の水位差で生じており、通常の状態では東口の方が潮差が大きく、高潮の時には東口の水位が高いので東から西に流れ、低潮の時には東口の水位が低くなって西から東に流れる。今回のたか潮では、気圧降下だけならば西口の方が先に海面が上昇し、東流傾向が強くなるはずであるのに対し、前述のように周防灘を吹き渡った東風が東口の水位を押し上げたため、潮汐の水位差による東流を抑えて西流になっていたものと考えられる。実際、台風の通過後の20:00過ぎに一時的に東流に転じた(第3-4図)のも、前述のように西に変わった風が東口の水位を西口よりも大きく低下させたため、水位が西から東に傾斜して起こったためと考えられる。その後、この異常な海面低下が収まるとともに潮汐の水位差による西流に復している。

大分(第4-5図)では、鋭いピークは見られず、forerunner, storm surge, resurgenceという典型的なパターンを示した。

徳山(第4-6図)では、19:20に鋭いピークが現れ、その後resurgenceが始まり、1時間ないし2時間ぐらいの副振動が現れながら、海面が低下していることがわかる。徳山の実測(第2-6図)と比べて興味深いことは、観測最高潮位は、潮位偏差の最大の時ではなく、揺れ戻しのピークの20:40に現れていることである。このような内湾のたか潮に関連して、最高潮位が最低気圧時ではなく、副振動が絡んで起時が遅れて、揺れ戻しの時に起きることがあることが指摘されており(小西ほか, 1986)、台風が通過しても油断はできない。

広島(第4-7図)では、最低気圧となった20:00以降もたか潮の状態が続いている。これは、それ以降も日本海を通過した台風が吹き込む南風が続き、広島湾の海水を北側の広島港付近に吹き寄せ続け、さらに21:00頃に南南西風が変わっても、広島は広島湾の北東(第1図b)にあるため、吹き寄せ状態が続いたものと考えられる。呉(第4-7図)では、広島よりもたか潮のピークの起時が遅れ、22:40頃に生じた。これは、広島が湾の北東端にあるのに対し、呉は呉湾の南東部にあり、南風による吹き寄せよりも南西から西の風の方が効果的なものと考えられる。広島と呉では、気圧が上昇し風が止むとresurgenceが始まって急激に海面が低下するが、約4時間後に揺れ戻しの第二のピークが現れている。これは広島湾で発達する6分の1日周潮と同様、広島湾の固有振動の現れと考えられる。

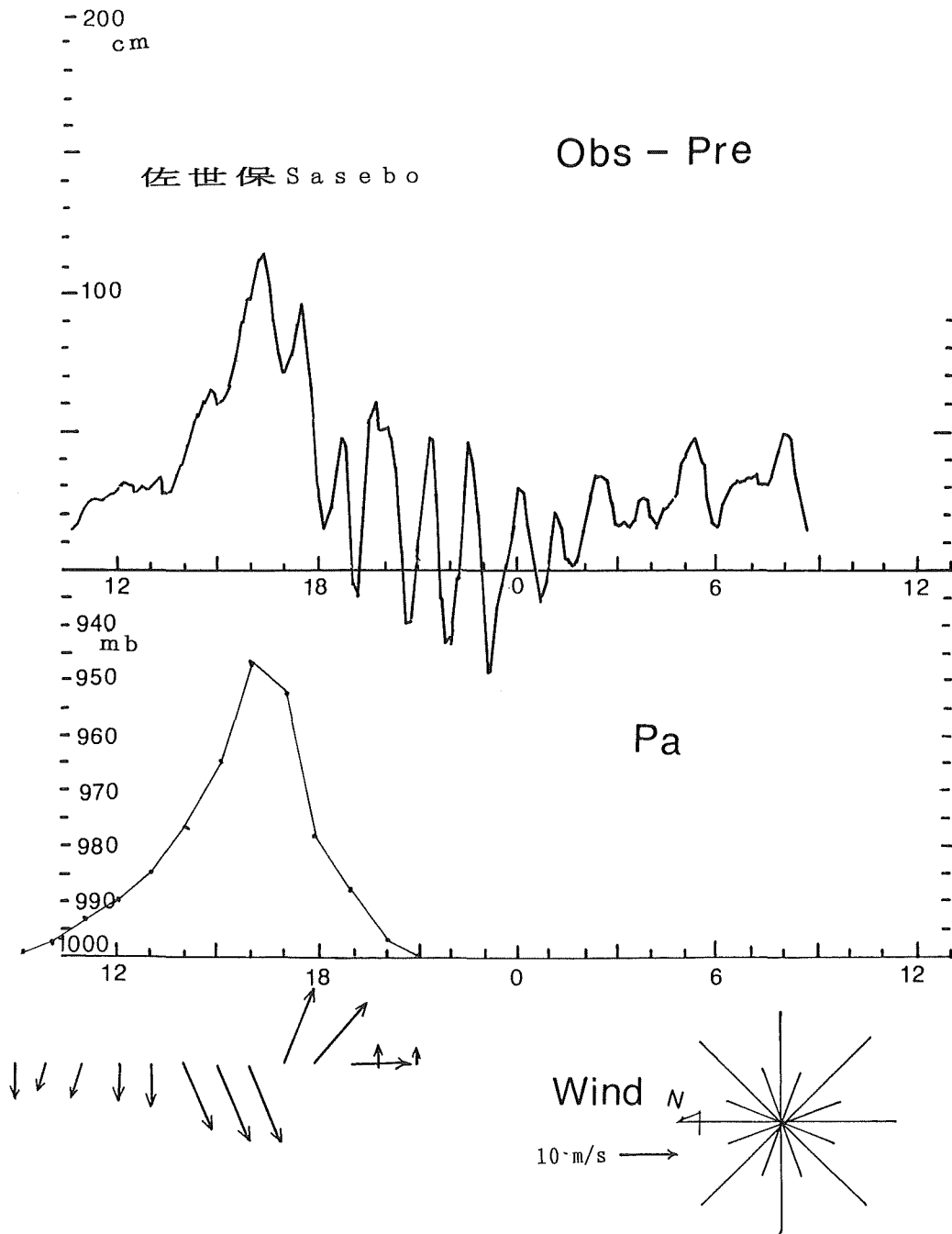


Figure 4.1. Storm Surge induced by Typhoon No.19, 1991 Sept. 27-28th, at Sasebo.

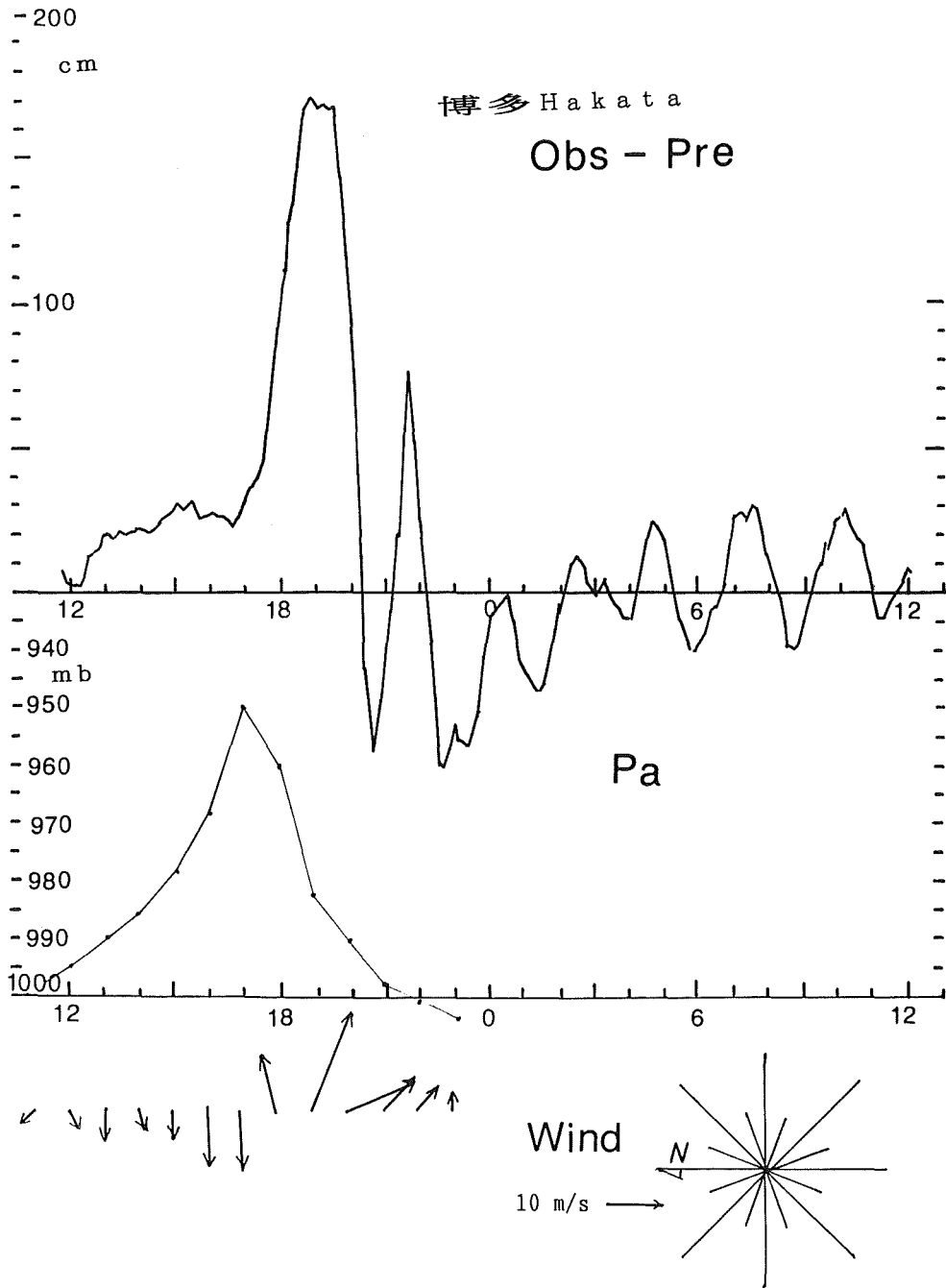


Figure 4-2. Storm Surge induced by Typhoon No.19, 1991 Sept. 27-28th, at Hakata.

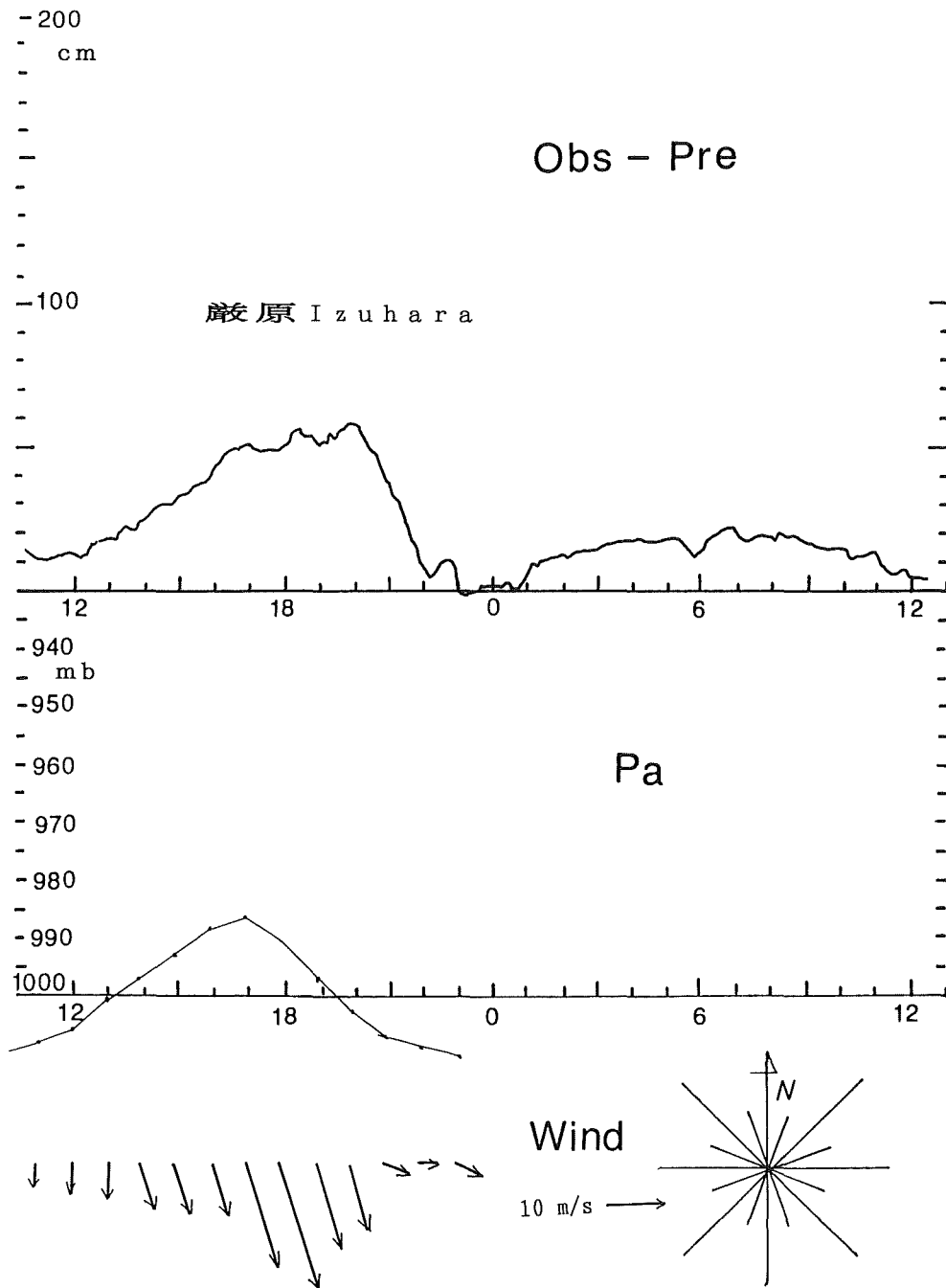


Figure 4-3. Storm Surge by Typhoon No.19, 1991 Sept. 27-28th, at Izu-hara.



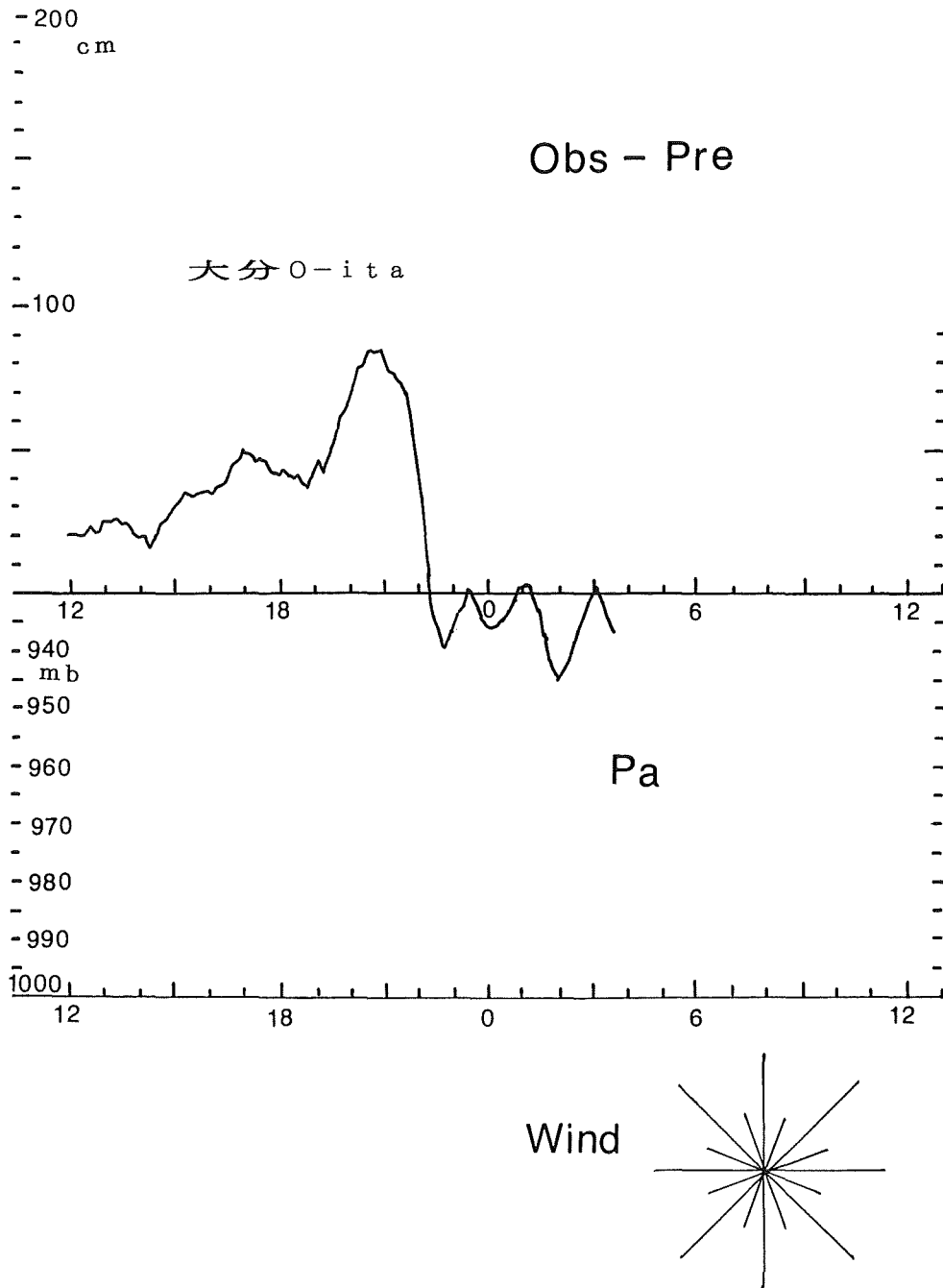


Figure 4.4. Storm Surge induced by Typhoon No.19, 1991 Sept. 27-28th, at

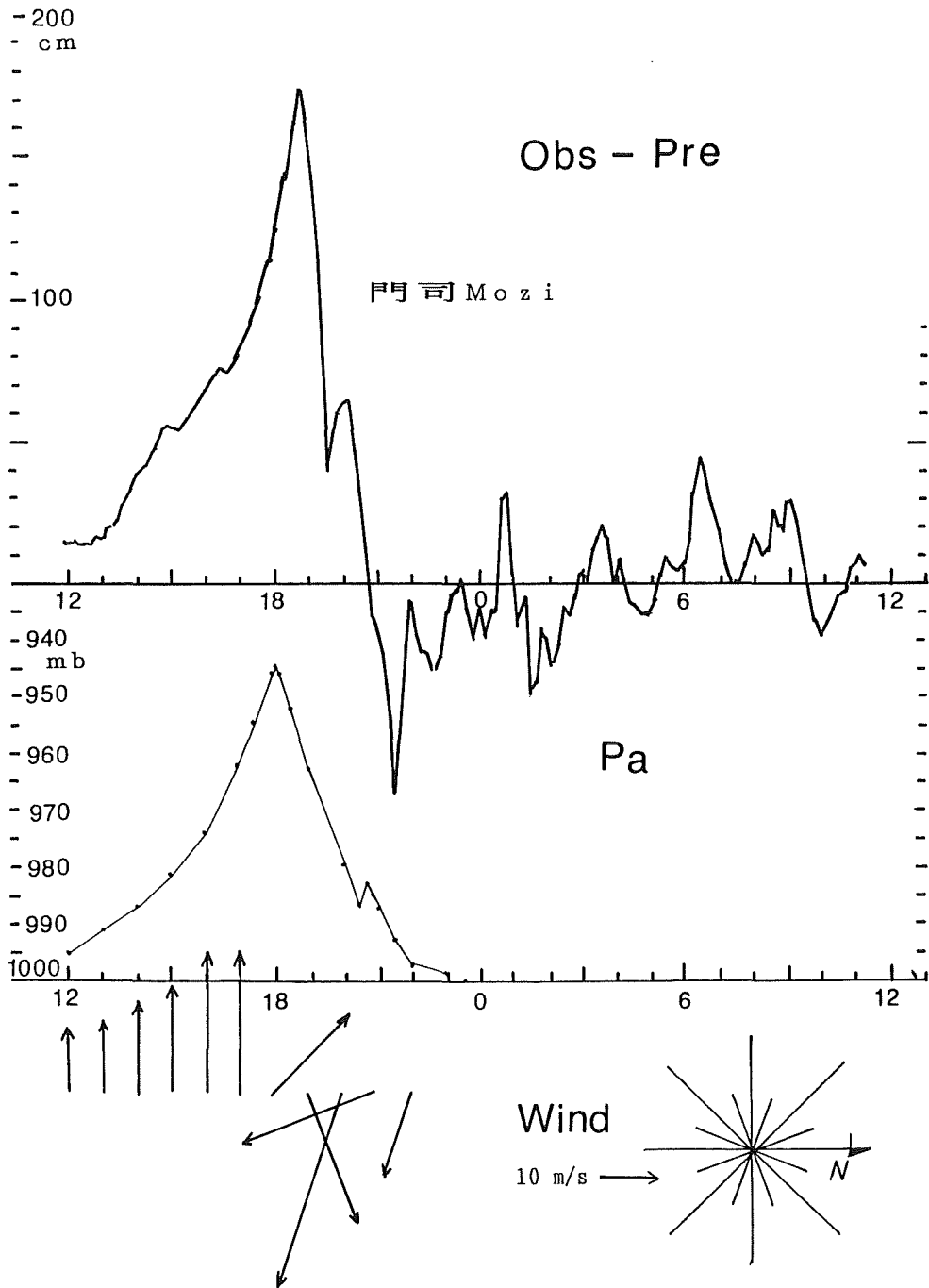


Figure 4-5. Strom Surge induced by Typhoon No.19, 1991 Spet. 27-28th, at

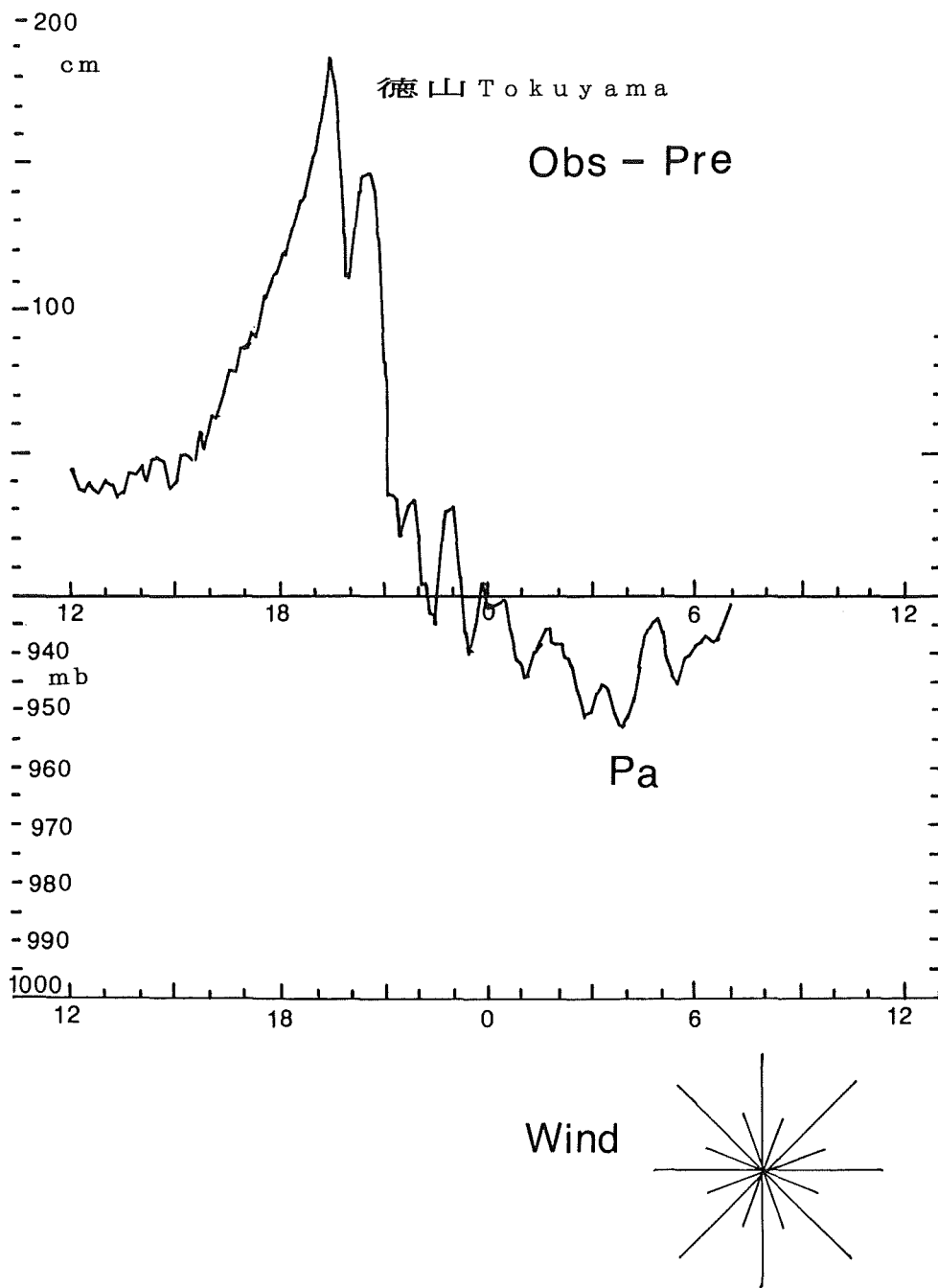


Figure 4-6. Storm Surge induced by Typhoon No.19, 1991 Sept. 27-28th, at Tokuyama.

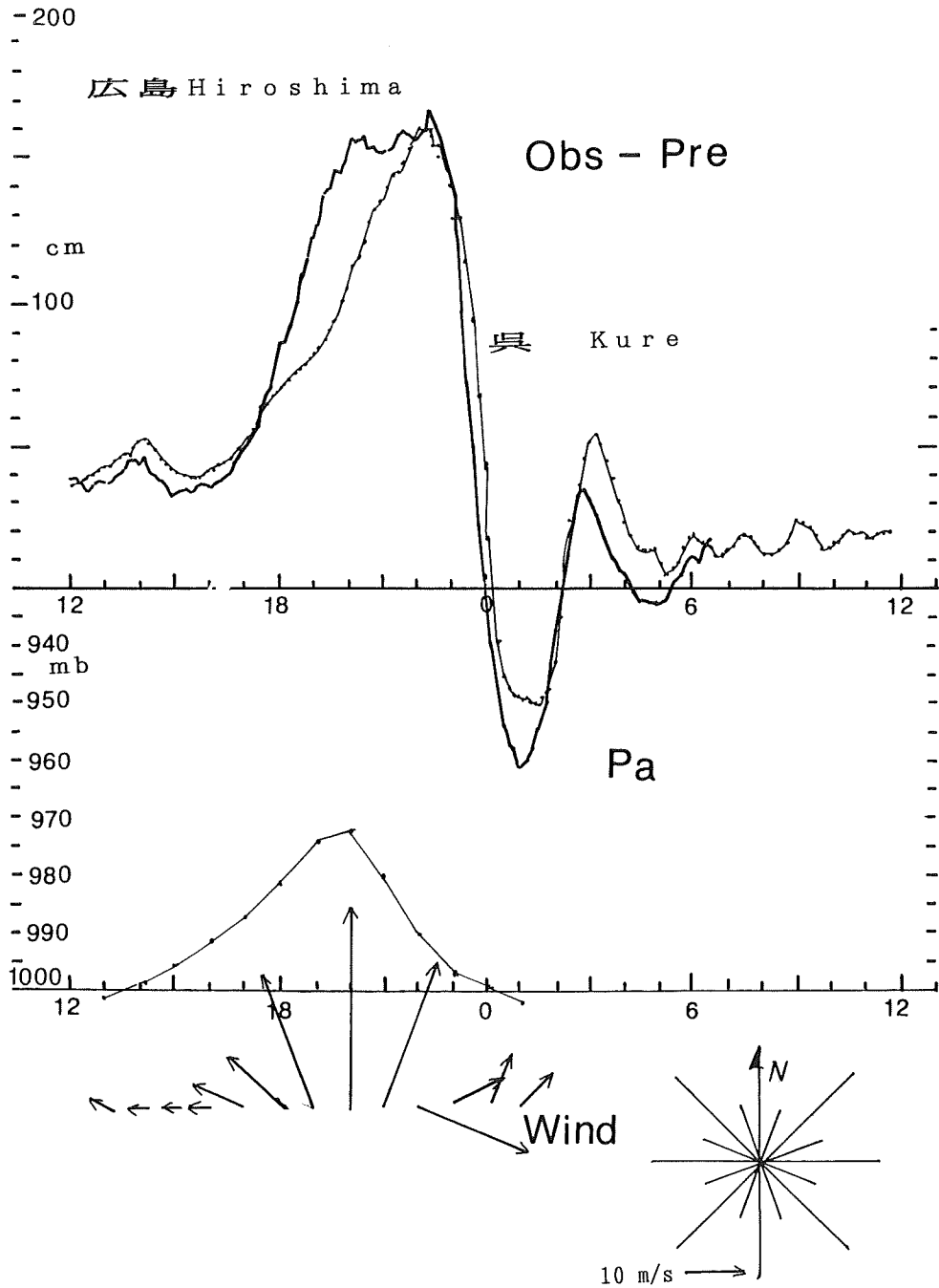


Figure 4-7. Storm Surges induced by Typhoon No.19, 1991 Sep. 27-28th, at Hiroshima and at Kure.

## 5. まとめ

以上のように今回のたか潮では気圧効果以上に風による吹き寄せが効いており、起時が遅れるだけでなく、台風通過後の揺れ戻しも大きく、副振動が上げ潮と重なって第二のピーク時に最高潮位となる場合も認められた。今後は、台風の気圧変化だけでなく、通過の際の風と港の位置関係やresurgenceによる急激な海面低下や副振動に注意する必要がある。特にこの地域のほとんどの験潮所はテレメータ化されているので、以上のような点に気を付けて気象変化とあわせて潮位変動を監視して行くことが必要である。

最後に、観測資料の収集に協力された第七管区海上保安本部灯台部をはじめとする関係者の方々に感謝する。

## 参考文献

- 日本気象協会：「天気図日記」及び「1991年9月の日本の天候」, 「気象」, 1991年11月号 (35巻11号), (1991)
- 気象庁海洋気象部海洋課：トピックス台風19号に伴う高潮, 「全国検潮速報」第3集第42号, 1991年9月, (1991)
- 小西達男：日本沿岸の高潮の特性と予測をめぐる問題点, 「沿岸海洋研究ノート」第29巻第2号, p.125-137, (1992)
- 佐藤清富：台風による高波, 「海と安全」第403号 (第26巻8月号), p.9-111, 日本海難防止協会, (1992)
- 堀川清司：海岸工学-海洋工学への序説-, 317pp, 東京大学出版会, (1973)
- 小西達男：上平悦朗・瀬河孝博：台風8506号による高潮と副振動, 「天気」第33号第6号 (1986年6月号), p.13-20, (1986)