

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 969 Dec. 2000

台風9918号による西日本沿岸の波浪と潮位の出現特性

永	井	紀	彦
橋	本	典	明
佐	藤	和	敏

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

台風9918号高潮災害関連 Dec. 2000

- No. 969 台風9918号による西日本沿岸の波浪と潮位の出現特性
- No. 970 波浪推算法による台風9918号の異常波浪の再現計算
- No. 971 台風9918号による高潮の現地調査と追算
- No. 972 台風9918号による越波災害に関する一考察
- No. 973 台風9918号による護岸の被災とその対策に関する
水理模型実験
- No. 974 台風9918号による虹ヶ浜海岸の高潮災害

運輸省港湾技術研究所



目 次

要旨	3
1. はじめに	4
2. 台風9918号の経路と特性	4
3. 波浪観測結果の概要	4
3.1 有義波高と有義波周期の経時変化	4
3.2 台風9119号における有義波との比較	6
4. 周波数スペクトルと方向スペクトルの出現特性	7
4.1 鹿児島・苅田および高知における周波数スペクトルと方向スペクトル	7
4.2 伊王島における有義波周期の急変に対応した周波数スペクトルの変化	11
5. 有義波高極大値発生時刻と台風位置の考察	12
5.1 台風位置と有義波高極大時刻発生の関係	12
5.2 観測値による経過距離	13
6. 苅田における波浪・潮位に関する考察	14
7. 高潮偏差の出現特性とその考察	15
7.1 高潮偏差の分布状況	15
7.2 高潮偏差のパターンの分類	17
7.3 高潮偏差の極大値移動の系統的考察	17
8. まとめ	20
9. おわりに	20
参考文献	21
付録	22
付録A 潮位と気圧の観測記録	23
付録B T9918波浪観測値の測得率向上の要因	47
付録C 島西岸における台風移動速度と有義波高極大値発生時刻モデル波浪推算	47

Characteristics Waves and Storm Surges Caused by the Typhoon 9918

Toshihiko NAGAI*
Noriaki Hashimoto**
Kazutoshi SATOH***

Synopsis

The Typhoon 9918 attacked western part of Japanese coasts such as Okinawa, Kyusyu, and the Seto-Inland Sea areas from 22nd to 24th of September 1999. Ports and coastal structures were suffered severe damages due to the storm surge and high waves caused by the typhoon.

This report presents characteristics of the storm surge and coastal waves caused by the typhoon. They were observed through NOWPHAS (Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARboursS) and coastal tidal gauge stations owned by several organizations.

Analyses are carried out in the report concerning to the following issues;

- (1)Time history of the significant wave heights and perids at each NOWPHAS wave station,
- (2)Frequency and directional spectra of the observed waves,
- (3)Tidal levels and diflections

Key Words: Typhoon 9918, Wave Observation, Tide Observation, Storm Surge, NOWPHAS

* Chief of Marine Observation Laboratory, Hydraulic Engineering Division

** Chief of Hydrodynamics Laboratory, Marine Environment Division

*** Research Engineer of Marine Observation Laboratory, Hydraulic Engineering Division

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

PHONE: +81-468-44-5017 FAX: +81-468-42-5246 e-mail: nagai@cc.phri.go.jp

台風9918号による西日本沿岸の波浪と潮位の出現特性

永井紀彦*
橋本典明**
佐藤和敏***

要 旨

1999年9月23日から24日にかけて九州・山口地域に接近・上陸した台風9918号は、港湾・海岸施設や沿岸域に甚大な被害をもたらした。本資料は、台風9918号来襲時に全国港湾海洋波浪情報網（ノウファス：NOWPHAS：Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS）の波浪観測データと、関係機関から収集した沖縄・九州・中国・四国地方沿岸の潮位観測データを、それぞれとりまとめ、沿岸における波浪と潮位の出現特性を検討し、今後の防災対策等のための基礎資料として資することを目的としたものである。

1. 台風9918号に伴い観測された最大有義波高は、中城湾の8.87mであり、当台風による発生波浪の特徴は、内湾に位置する鹿児島、苅田で既往最大有義波高を更新したことである。
2. 台風9119号との比較により、台風の通過経路に応じて局所的に波高が大きく異なる事例を確認した。
3. 周防灘湾奥部に集中した高潮偏差は、湾奥部より反射伝播があり、瀬戸内海では東進し、周防灘・豊後水道では南下すると推定された。
また、八代海・島原湾では、高潮偏差が西岸と東岸の間で往復していると推定された。
4. 波浪の極大発生時刻と台風位置の関係について、島（九州含む）による遮蔽を考慮した東西岸別の考慮を行い、定性的には観測結果を合理的に説明できることを示した。

キーワード：台風9918号、波浪観測、潮位観測、高潮偏差、高潮

* 水工部海象調査研究室長 e-Mail:nagai@cc.phri.go.jp

** 海洋環境部工部水理研究室長 e-Mail:hashimoto@cc.phri.go.jp

*** 水工部海象調査研究室 e-Mail:satoh_ka@cc.phri.go.jp

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 運輸省港湾技術研究所

電話0468-44-5017 FAX0468-42-5246 e-mail:nagai@cc.phri.go.jp

1. はじめに

1999年9月23日から24日にかけて九州・山口地域に接近・上陸した台風9918号は、港湾・海岸施設や沿岸域に甚大な被害をもたらした。本資料は、台風9918号来襲時に全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス：NOWPHAS：Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS）で収集された波浪観測データと、沿岸各地の検潮所や気象観測における観測データを解析し、波浪と潮位の出現特性を検討したものであり、今後の防災対策等のための基礎資料として資することを目的としている。

2. 台風9918号の経路と特性

図-1は、沖縄近海から九州・山口地域を経て日本海に至る、9月23日0時から24日12時に至るまでの台風の経路図である。中心気圧は、23日の0時と12時で最も低い930Hpaであったが、その後も勢力を保ち、24日未明の有明海通過時には940Hpa程度、24日早朝の周防灘通過時には955Hpa程度であった。

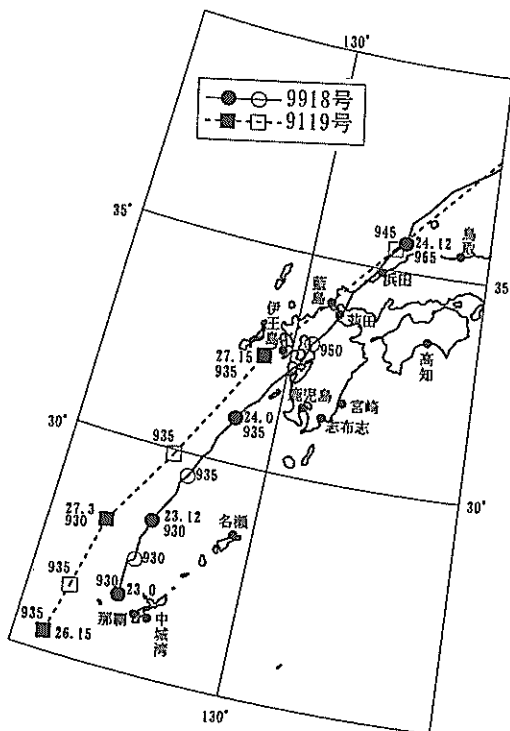


図-1 台風経路図

台風9918号に似た経路を持つ過去の台風としては、1991年の台風9119号が挙げられる。図-1には、この台風9119号の経路図も重ねて表示した。二つの台風を比較すると、両者経路・勢力は非常によく似ているものの、以下の相違点が理解できる。すなわち、

①台風9119号は、9918号よりも若干北側の進路であったこと。

②台風の強さに対応する中心気圧は、南西諸島通過時に最小となっておりどちらも930Hpaであったが、九州上陸時における中心気圧は、台風9119号の方が若干低かったこと。これは、台風9918号よりも9119号の方が進行が早かったためであると推定される

3. 波浪観測結果の概要

3.1 有義波高と有義波周期の経時変化

表-1は、本研究で対象とした沿岸波浪の観測条件を示したものである（菅原ら、1999）。ナウファスの波浪観測機器は、水深50m程度の海底に設置された超音波式波高計（USW）を標準としている。波向き観測は従来、流速計型波向計（CWD）によって海底における水平流速を測定する方式が取られたため、屈折の影響を経た後のいわゆる浅海波を観測せざるを得なかったが、近年、波高・周期と波向きを1台のセンサーで観測することができる海象計（橋本ら、1995）が実用化された。これにより沖波の方向スペクトル観測の精度と信頼性が向上した（永井、1998）。表中の観測地点では、高知と鳥取に海象計が導入されている。

表-1 波高計の機種と設置条件

地点名	観測機器設置地点			
	機種	水深	北緯	東経
那覇	USW	51.0	26° 15' 14"	127° 38' 58"
	CWD	42.0	26° 15' 27"	127° 39' 29"
名瀬	USW	50.0	28° 27' 00"	129° 31' 35"
伊王島	USW・CWD	30.0	32° 42' 47"	129° 45' 23"
藍島	USW	20.7	34° 00' 34"	130° 47' 36"
浜田	USW	51.0	34° 54' 07"	132° 02' 21"
鳥取	海象計	30.0	35° 33' 05"	134° 09' 51"
中城湾	USW	46.0	26° 14' 14"	127° 58' 10"
鹿兒島	USW	23.0	31° 33' 02"	130° 34' 30"
志布志	USW・CWD	35.0	31° 24' 51"	131° 06' 55"
宮崎	USW・CWD	29.0	31° 49' 08"	131° 35' 07"
菊田	USW・CWD	9.0	33° 47' 47"	131° 04' 29"
高知	海象計	25.0	33° 28' 48"	133° 35' 12"

USW：超音波式波高計 CWD：超音波式流速計型波向計
海象計：超音波ドップラー式波浪計

図-2および図-3は、表-1に示す各観測地点の有義波高と有義波周期の経時変化を、太平洋沿岸と日本海・東シナ海沿岸についてそれぞれ示したものである。有義波高と有義波周期の算出にあたり、気泡の巻き込み等で超音波での水面検出が難しい観測では、橋本ら(1993a)、および菅原ら(1997)による水圧波形から表面波形を推定する手法を用いた。

台風の通過に伴う波高・周期の時間変動は、内湾の観測地点の鹿児島(●)、荻田(□)では、1時間または2時間を単位とした波浪観測時間間隔のうち波高・周期が大きく変化し、波浪が急速に発達・減衰する特徴が見られた。これに対して、外洋に面した観測地点では、比較的波浪の発達と減衰が緩やかではあり、2時

間程度の時間間隔で波高・周期が極端にその値を変える状況は少なかったが、波浪の発達・減衰の経時変化特性は観測地点毎に異なっていた。たとえば、東シナ海側の名瀬(●)では、台風の接近により4時間程度に波高が急速に増大したが、台風通過後の波高の減衰には24時間以上の時間がかかっていた。伊王島(■)では、最大有義波高は2m程度であったにもかかわらず、台風接近時における有義波周期は16秒程度と各検討地点中の最長の値を示し、台風中心の通過後の周期は8秒程度に半減した。

一般的には、日本海・東シナ海側に比べて太平洋側の方が、有義波高の経時変化図には顕著なピークが見られ、極大値となった時刻がより明確であり、その時

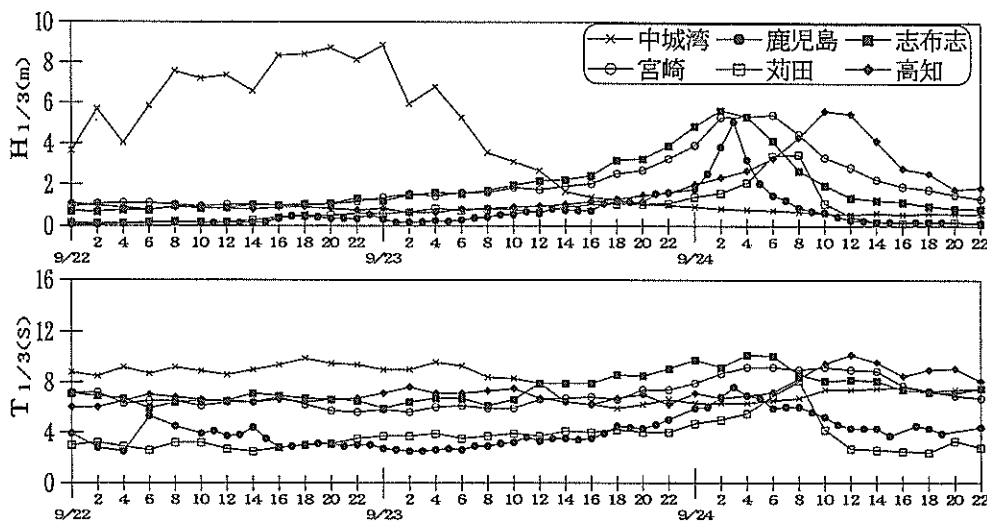


図-2 有義波高と周期の経時変化図 (T9918 太平洋側)

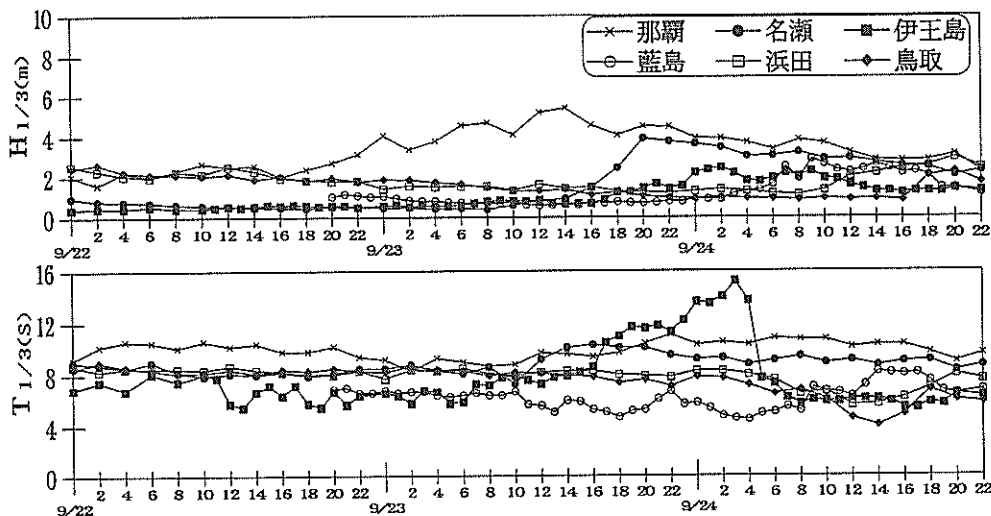


図-3 有義波高と周期の経時変化図 (T9918 日本海側)

刻は台風中心の最接近時刻とほぼ一致している。たとえば、中城湾では23日0時に有義波高がピークとなったが、志布志や鹿児島では24日の2時から4時に、苅田では同日6時から8時に、高知では10時に、それぞれピークが見られた。

3.2 台風9119号における有義波との比較

図-4と図-5は、それぞれ、図-2と図-3に対応する、台風9119号来襲時前後のナウファス波浪観測地点における観測有義波高と周期の変化を調べたものである(永井ら, 1993)。

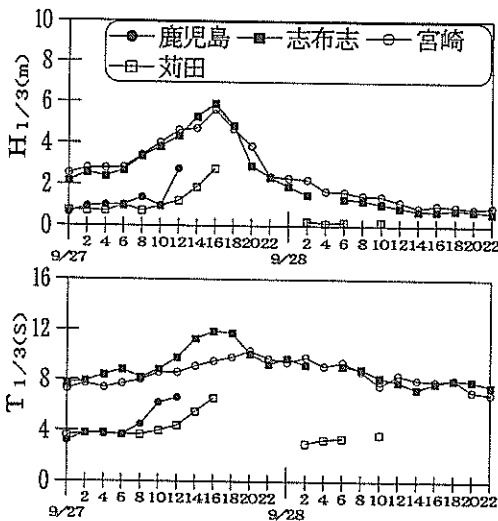


図-4 有義波高と周期の経時変化図
(T9119 太平洋側)

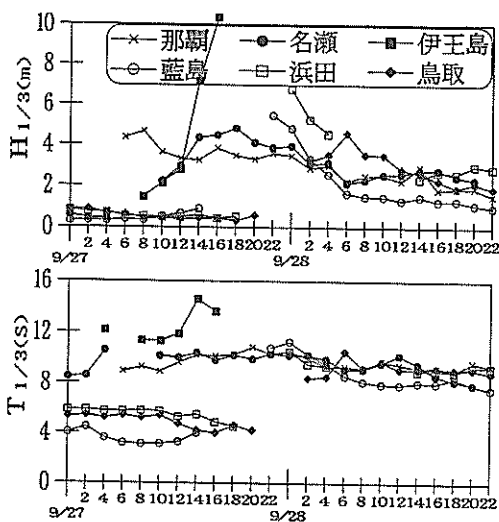


図-5 有義波高と周期の経時変化図
(T9119 日本海側)

有義波高に関して観測最大値を見ると、台風9119号では伊王島で10mを超える有義波を、観測したことが注目される。この時の有義波周期は約14秒と長かった。なお、伊王島では、91年9月27日の16時に既往最大有義波高を観測した直後に、海底ケーブルの切断が発生したが、波浪推算による検討では、有義波高は16時以降は、徐々に減衰したものと推定されている。

これに対して、台風9918号では、8mを超える有義波は、中城湾だけで記録された。伊王島では、9月24日0時から10時頃にかけて有義波高が2mを超えていたが、3mには及ばず、台風9119号に比較すると非常に低かった。図-1からわかるように、台風9119号は伊王島に極めて近い西側を通過したのに対して、台風9918号は伊王島の約50km東を台風が通過しており、伊王島は台風のいわゆる可航半円側に位置していたために、有義波高が小さかったものと考えられる。一方、伊王島における有義波周期は、両台風共に14s程度と長い周期であった。

次に、両台風の観測値を有する地点での比較を行う。

表-2 T9918・T9119時の波浪比較表

	T9119		T9918		T9119	T9918
	H 1/3	T 1/3	H 1/3	T 1/3	起時	起時
那覇	4.64	9.2	5.40	9.6	91/9/27 08h	99/9/23 14h
名瀬	4.80	10.2	3.91	10.1	91/9/27 18h	99/9/23 20h
志布志	5.91	11.9	*5.62	9.2	91/9/27 16h	99/9/24 02h
宮崎	5.64	9.5	5.39	9.2	91/9/27 16h	99/9/24 06h
伊王島	10.37	13.6	2.46	14.0	91/9/27 16h	99/9/24 02h
浜田	6.78	10.5	2.97	7.6	91/9/28 00h	99/9/24 22h

※ *印は水压補足を表す。

※ T9119浜田は、91/9/28 00:00以前欠測。

表-2のように、T9918号を基にT9119号来襲時の有義波高を比較すると、那覇が0.8m小さく、名瀬・志布志・宮崎で0.2~0.9m大きく、伊王島・浜田は、3.8~7.9mと著しく大きい。局所的には波高T9119時では台風経路上で湾口が南を向いている伊王島で波高が大きかったのに対しT9918時では、台風経路が東側であったため経路近傍で湾口が南を向いている鹿児島、苅田で波高が大きい。総合的に判断すれば、経路・勢力が類似の台風であり、波浪状況も同程度であったと思われる。

T9918号時は、T9119号時に比べ港湾・海岸施設の波浪による被災が大きいと推定される。天文潮の経時変化に最接近時刻を矢印で示した図-6の比較からT9119号時の台風最接近時は干潮であるのに対し、T9918時の台風最接近時は、上げ潮から満潮の時刻に当たり、

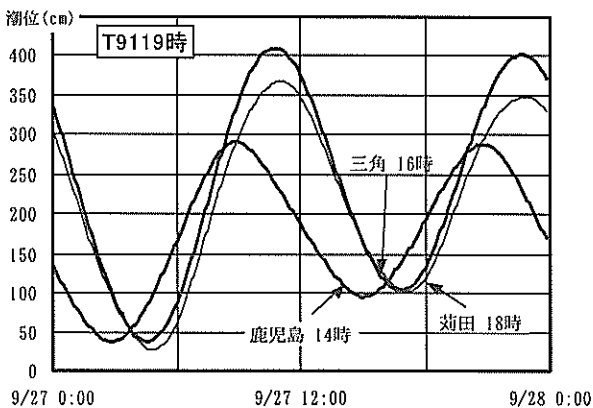
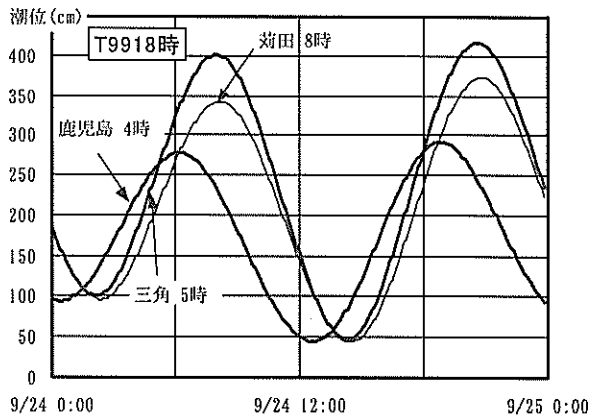


図-6 T9918・T9119時の天文潮位と最接近時刻

これに高潮偏差が加わり海面はかなり上昇していた。このことから、波浪被災の要因は、波浪だけではなく高水位と波浪の複合作用によるところが大きいと考えられる。

4. 周波数スペクトルと方向スペクトルの出現特性

4.1 鹿児島・菊田および高知における周波数スペクトルと方向スペクトル

(1) 周波数スペクトル

図-7から図-9は、それぞれ、鹿児島、菊田および高知の各波浪観測地点における、台風最接近時前後の周波数スペクトルを示したものである。図中には3種類の周波数スペクトルを示している。太い実線は超音波式波高計で観測された水面の上下変動記録(凡例名称:USW)、細い実線は海底の水圧変動記録(凡例名称:水圧波)、破線は水圧変動記録から推定した水面の上限

変動記録(凡例名称:水圧補正)から、それぞれ求めた周波数スペクトルである。水圧変動から表面波形への換算は、スペクトル応答関数に基づく手法(橋本ら,1993a,菅原ら,1997)によった。太い実線がない観測時は、気泡等の混入によって超音波式波高計では水表面の上下変動を捕らえきれなかったことを意味している。鹿児島と菊田では、強風のため海の表面付近にしびきや泡が多く立っていた海況が推定されている。台風中心が近接した前後の時間時間帯に、超音波式波高計が欠測になっていることがわかる。

図-7によると鹿児島では、9月24日3時の波浪が、その2時間前の1時および2時間後の5時の観測値に比べて、極端にエネルギーが高くなっており、また、そのピーク周波数も0.12Hz(8.3s)と低くなっていることがわかる。

一方、菊田(図-8)では、9月24日6時の波浪と8時の波浪は、ほぼ同レベルのエネルギーとなっていたが、前後の4時および10時の波浪に比べて、この2観測だけが極端に高波浪状態となっていて、6時におけるピーク周波数は0.12Hz(8.3s)程度であったが、8時には0.1Hz(10s)程度にまで低周波数側に移っており、急激に波浪が発達したことがよくわかる。

内湾ではなく太平洋に直接面している高知では比較的経時変化が緩やかであった(図-2参照)。

図-9に、2時間毎の周波数スペクトルを示している。最もエネルギーが高かった9月24日10時から14時にかけての周波数スペクトルはほぼ同じであり、ピーク周波数は内湾の観測地点より低く、0.083Hz(12s)であった。

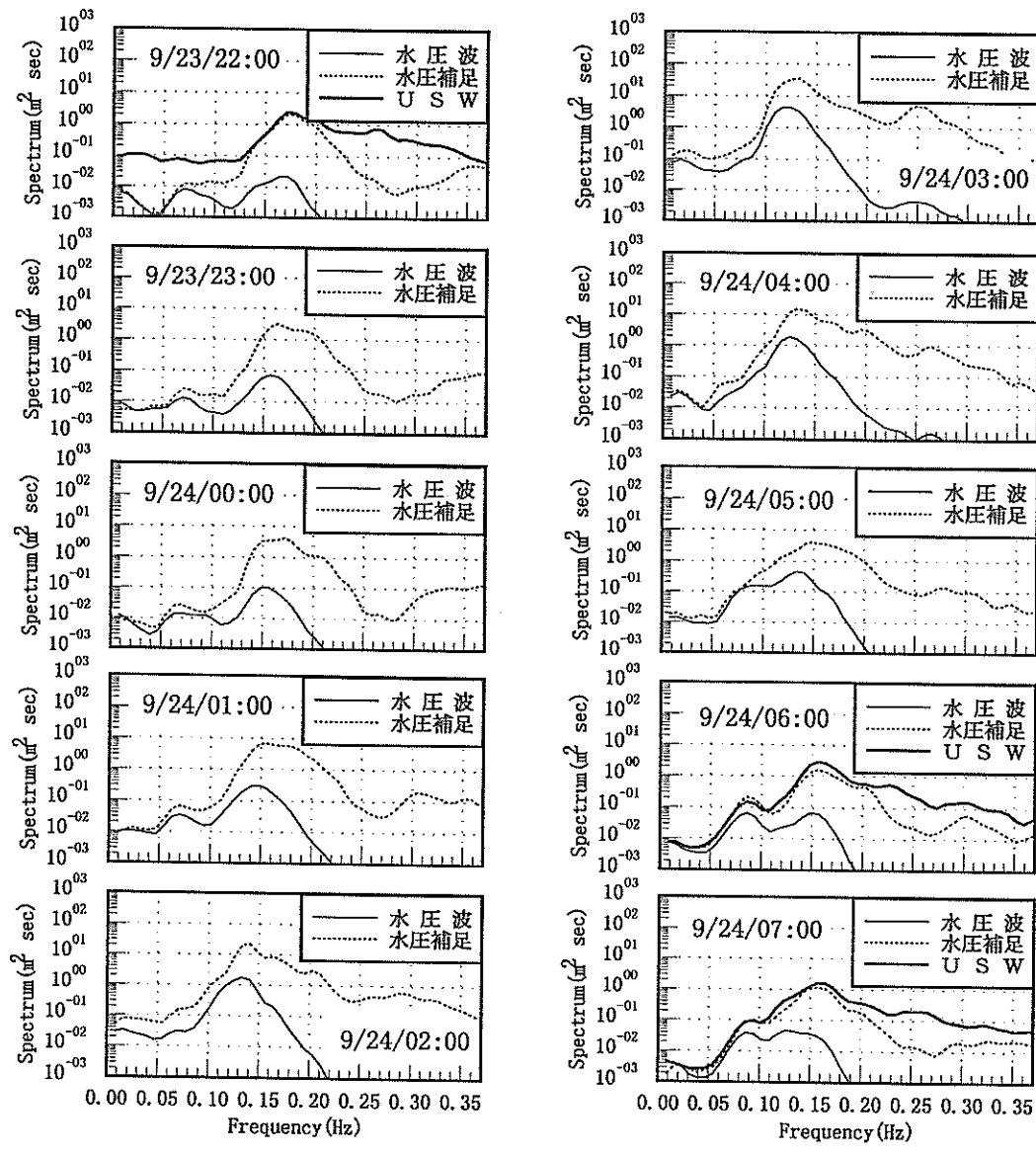


図-7 周波数スペクトルの時間変動 (鹿児島)

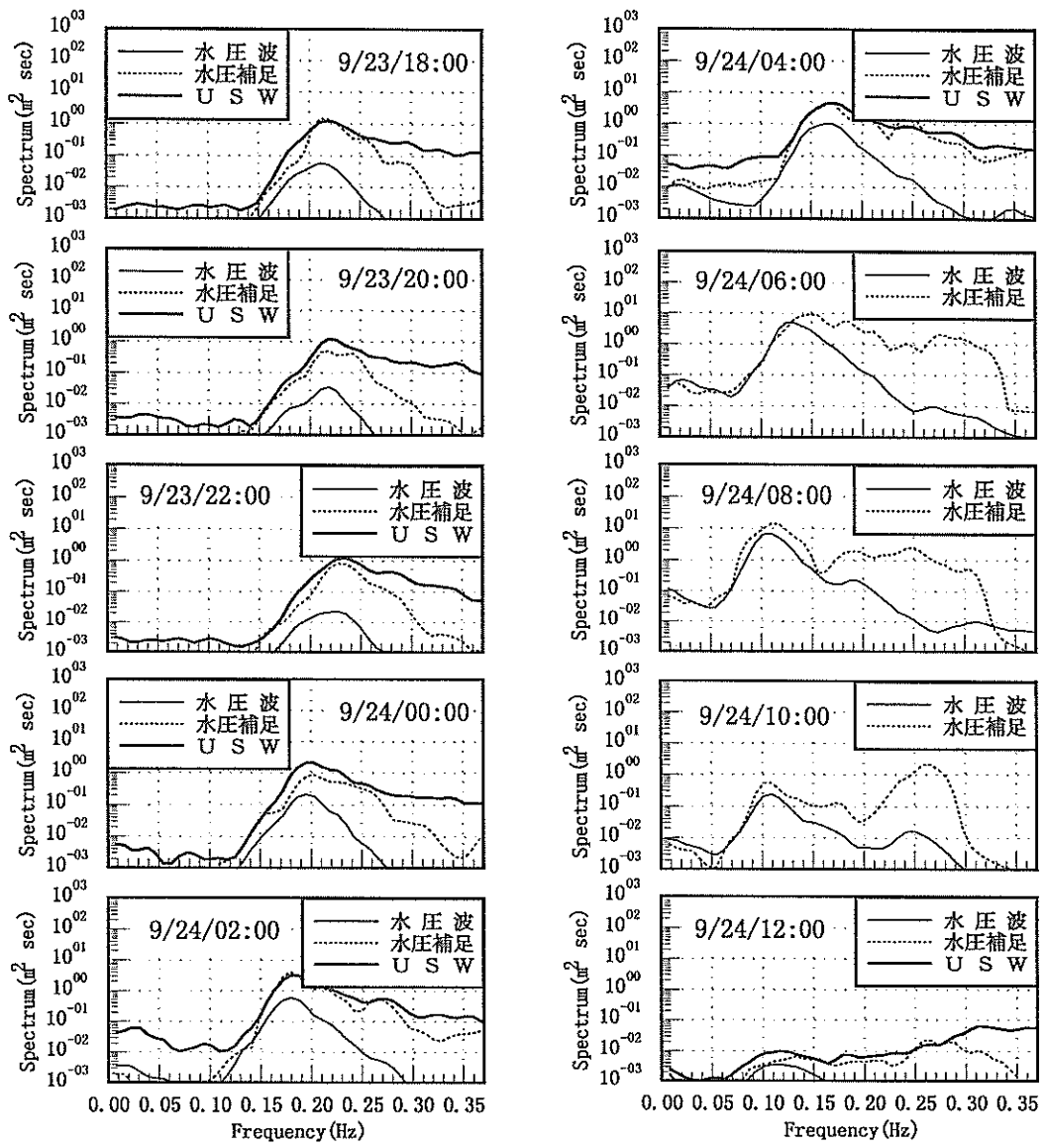


図-8 周波数スペクトルの時間変動 (菊田)

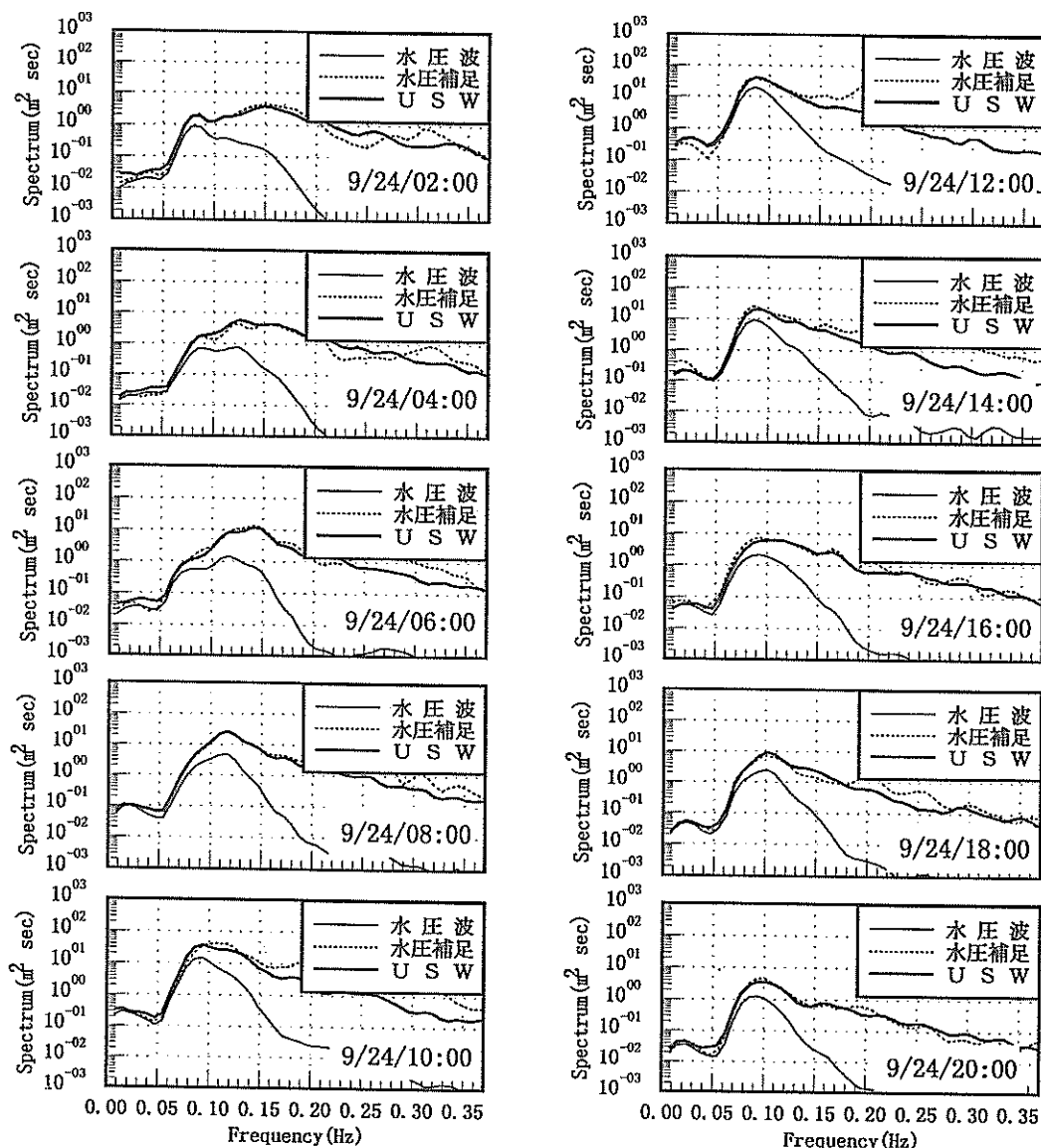


図-9 周波数スペクトルの時間変動 (高知)

(2) 方向スペクトル

図-10は、荻田および高知における方向スペクトル解析結果をもとに、周波数について積分を行い、台風最接近時前後の波エネルギーの方向分布特性をとりまとめたものである(橋本ら, 1993b)。ただし、荻田と高知では、波エネルギーの大きさが異なるため、上下の図で縦軸の値を変えてあることに留意されたい。

荻田では、周防灘内の海岸線形状によって決まる最も吹送距離の長いE方向からの波エネルギーが顕著であり、他の方向からの波エネルギーは桁違いに小さな値となっている。ただし、台風最接近直後の8時には、陸側のS W方向からの弱いエネルギーも見られるが、これは風向急変に伴って発生した風波成分と考えられ

る。

高知では、2時から14時にかけての間、ほぼ同様な方向分布を示し、荻田より広い方向から波エネルギーが来襲している。これは、海象計にはEMLMによる方向スペクトル解析ソフトが標準的に装備されており、この手法が波エネルギーの方向分布を実際よりも広く推定する特徴(橋本ら, 1993b)を有することにも起因すると考えられる。

図-11と図-12は、それぞれ、荻田および高知の波浪について方向スペクトル解析した結果を表したものである。この図は、方向および周波数に関する積分結果を、対数軸でなく実数軸で、各図の上側と右側にあわせて表示している。ただし、積分値の表示は、各観測

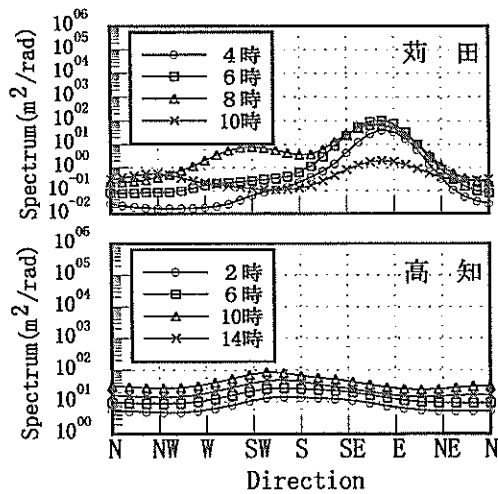


図-10 方向スペクトルの積分値の時間変動

毎のピークの値で正規化しているため、図の上側と右側のグラフ面積から直接に観測時刻毎の波エネルギーの大小を比較できるものではない。

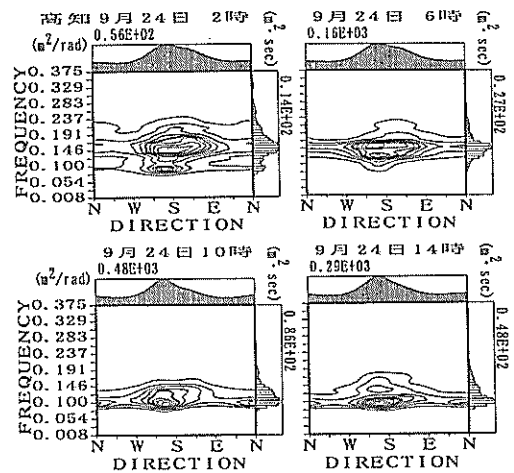


図-12 高知における方向スペクトル

Hz (12 s) 程度の周期の長いうねりが共存していた。その後、風波成分が発達し長周期側にピークがシフトして行くに伴って、方向スペクトルは単峰型の形状に変化し、図の右側に表示される周波数分布が次第に鋭いピークを持つようになった。

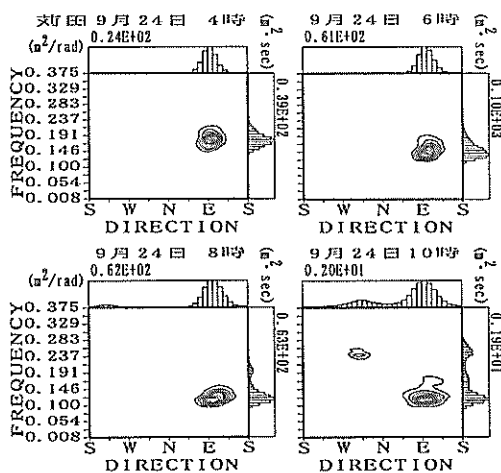


図-11 高知における方向スペクトル

図-11を見ると、図-10より一層鮮明に、高知における来襲波浪は、E方向からの狭い範囲の方向に集中していることがわかる。また、4時から8時にかけて波が発達するに従い、ピーク周波数が次第に低周波数側に移動していく状況もよくわかる。しかし、台風が過ぎ去り波浪が減衰期になると、10時の観測値からわかるように、スペクトルのピーク周波数は、8時のピーク時点のものと同値になっている。

高知(図-12)では、9月24日2時のスペクトルは顕著な双峰型であった。両ピークはどちらもS方向であり、0.15Hz (7 s) 程度の周期の短い風波と、0.083

4.2 伊王島における有義波周期の急変に対応した周波数スペクトルの変化

図-3で見られた台風通過直後の9月24日の4時から5時にかけての1時間で、伊王島における有義波周期が16秒から8秒に半減したことに注目し、周波数スペクトルの時間変化を追跡した結果を図-13に示す。図の表記法は、前出の図-7から図-9と同じである。ピーク付近の9月24日3時から6時にかけては、超音波高計で海面表面変動を捕えられなかったため、水圧波形から有義波高と周期を推算した。

9月24日4時の周波数スペクトルと5時の周波数スペクトルは、いずれも双峰型となっており、0.06Hz (約16秒) 程度の周期が長い成分のうねりと、0.17Hz (約6秒) 程度の周期が短い成分の風浪とが両方存在した波浪となっていたことがわかる。ただし、4時には、長周期成分のエネルギーが短周期成分のエネルギーに比べて1オーダー以上大きかったが、1時間後の5時になると長周期成分は減衰し、短周期成分が発達したために、両ピークのエネルギーは同じ程度となった。このため、波形記録をゼロクロス解析する際には短周期成分によって現れるゼロクロス点が増加し、アップクロス法で定義される周期が半減したと思われる。

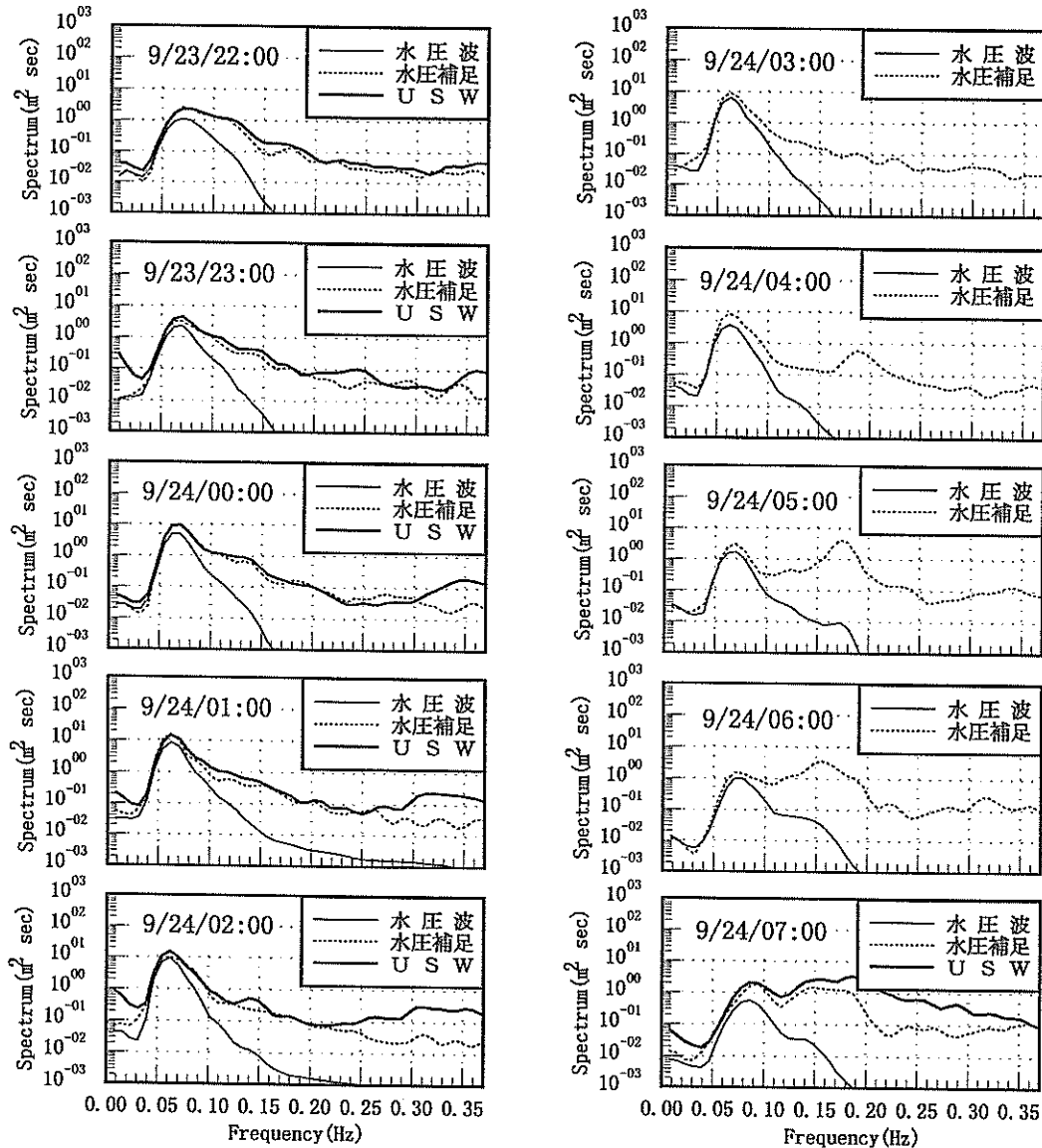


図-13 伊王島における周波数スペクトルの時間変動

5. 有義波高極大発生時刻と台風位置の考察

3.2のT9119号との波浪比較から、T9119号による名瀬の波浪極大時刻が、台風経路先にある志布志、宮崎よりも2時間遅く発生していることが見いだせる。一見、矛盾しているような現象であるので、検討を行う。

5.1 台風位置と有義波高極大時刻発生の関係

波浪を沿岸で観測しているため地形の遮蔽の影響を大きく受ける。また、台風は通過と共に風向きを大きく変える。台風の進行に伴う風向きの変化による遮蔽域の遷移の観点から、島および島の西側を通過する台風

を模式化し、関係を確認する。

図-14は波浪観測地点を島の東岸とした場合の模式図である。図上の①～⑤は台風的位置を表し、観測地点に最接近する地点を③とする。観測地点の回りのiからvの矢印は台風位置①～⑤に対応する風向きとする。また、波の来襲方向は風向きの方向と一致すると仮定する。

台風の進行と共に風向きはiから右回りにiiに変化する。更に台風が中心が近づく事により風向きはiiiへと変化し、風速も増加する。風速大は台風が最接近する③の位置の時に最大となる。その後、台風の通過と共に風は徐々に弱くなるが、風向きがiiiから更に右に変化

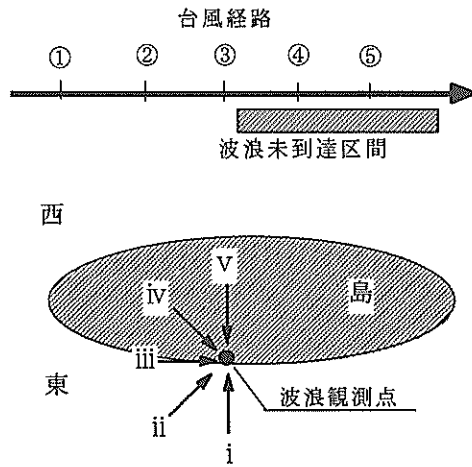


図-14 島東岸における波浪の変化の模式図

した時点で島の遮蔽により波浪の到達は無くなる。よって、島東岸での有義波高極大は台風が③の位置、つまり、台風の最接近時に発生することとなる。

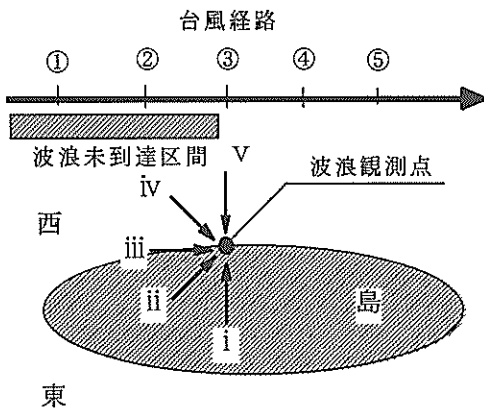


図-15 島西岸における波浪の変化の模式図

図-15は、逆に波浪観測地点を島の西岸とした場合である。風向きによる遮蔽は東岸の場合と逆になり、台風位置が①から最接近時の③までとなる。有義波高極大時の台風位置は③以降の位置であることは確かである。

しかし、波高が極大となる台風の位置を求めることは、台風通過に伴い徐々に風が弱くなるが吹送時間は大きくなるというような相反する要素が、他にも吹送距離、波浪の伝達、台風の移動距離等あり、定量的に求めることが難しい。このため、台風の移動速度と有義波

高極大発生時刻の台風の位置については、波浪推算により関係を確認する。

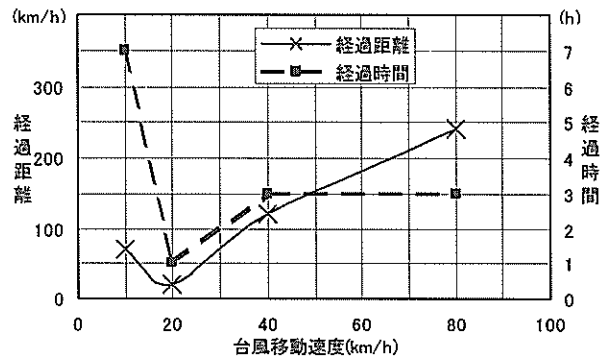


図-16 移動速度と極大起時台風位置の関係図

波浪推算は、スペクトル法の磯崎・宇治のMRI法を用い、奄美本島の位置に長方形の島を方位角 45° で設定し、その西方(方位角 315°) 180km 地点に方位角 45° の台風経路を設定した。

台風半径・強度はT9918号相当とし、島以外の日本列島はないものとした。台風移動速度は、 $10, 20, 40, 80\text{km/h}$ の4種類とした。

推算結果は、付録Cにあるが単純化した設定で行っているため観測値との直接比較はできない。

図-16は観測地点と台風の最接近位置から有義波高極大値発生時刻の台風の位置(図中名称:経過距離)及び経過時間を移動速度の関係から取りまとめた結果である。これによると次のことがいえる。

経過距離は、移動速度と共に一様に変化するのではなく、ある速度の時(図中: 20km/h)に最短距離となる変曲点が存在する。経過時間で見た場合、ある速度を超えると経過時間は変わらない(図中: 40km/h 以上)。言い換えると、ある速度を超えると経過距離は台風移動速度に比例する。

5.2 観測値による経過距離

観測値から経過距離の関係を確認すると5.1と同様なことが明らかになった。

島の西、東岸での経過距離の関係を表-3にまとめた。経過距離 $\pm 100\text{km}$ 弱差を誤差とすれば3ケースとも、5.1の関係とおり、島の東岸では台風が最短距離に位置する場合に有義波高が極大となっている。

また、島西岸での台風移動速度と経過距離を取りまとめた表-4では、経過距離が最小となる移動速度の変曲点がcase-Bで確認でき、経過距離が移動速度に比例

表-3 島東西岸の経過距離

地点名	地点	波浪極大時刻	最接近時刻	台風経過距離
case-1 (T9119)				
名瀬	西岸	9/27 18時	9/27 09時	590km
志布志	東岸	9/27 16時	9/24 15時	60km
宮崎	東岸	9/27 16時	9/27 16時	0km
case-2 (T9918)				
名瀬	西岸	9/23 20時	9/23 15時	120km
志布志	東岸	9/24 02時	9/24 04時	-80km
宮崎	東岸	9/24 06時	9/24 05時	50km
case-3 (T9918)				
那覇	西岸	9/23 14時	9/22 21時	290km
中城湾	東岸	9/23 00時	9/22 21時	40km

※ 中城湾はT9119時欠測である。

表-4 島西岸の台風移動速度と経過距離

地点名	波浪極大時刻	最接近時刻	台風経過距離	台風移動速度
case-A				
名瀬('91)	9/27 18時	9/27 09時	590km	64km/h
名瀬('99)	9/23 20時	9/23 15時	120km	24km/h
差(上段-下段)			470km	40km/h
case-B (T9918)				
名瀬	9/23 20時	9/23 15時	120km	24km/h
那覇	9/23 14時	9/22 21時	290km	11km/h
差			-170km	13km/h
差(上段-下段)				
case-C (T9119)				
名瀬	9/27 18時	9/27 09時	590km	64km/h
那覇	9/27 08時	9/26 23時	380km	42km/h
差(上段-下段)			210km	22km/h
case-D				
那覇('91)	9/27 08時	9/26 23時	380km	42km/h
那覇('99)	9/23 14時	9/22 21時	290km	11km/h
差(上段-下段)			90km	31km/h

する事例がcase-Cで確認できた。

6. 苅田における波浪・潮位に関する考察

図-17は、苅田における潮位と風速の経時変化を示したものである。苅田の天文潮位も併せて表示している。9月24日は大潮近傍となる日であり、8時頃が満潮であった。風速変動を見ると、8時前後に風速が弱くなっており台風の目に入ったことがわかる。観測潮位と天文潮位の差として示される高潮偏差も、8時直前に2m近い最大値を示した。すなわち、苅田では、天文潮による大潮の高潮位となる時刻と、台風の中心の通過時刻が重り、この時の苅田における平均水位は、DLを基準にして5.5mにも及んだ。前述した方向集中

度の高い高波浪の来襲に加えて、極端に水位が上昇したことが、苅田の港湾施設の被災をもたらしたと考えられる。

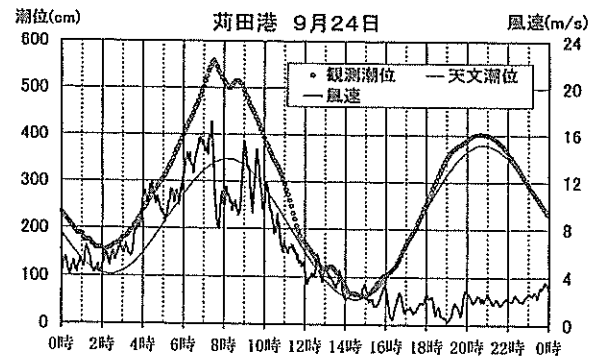


図-17 苅田における潮位と風速

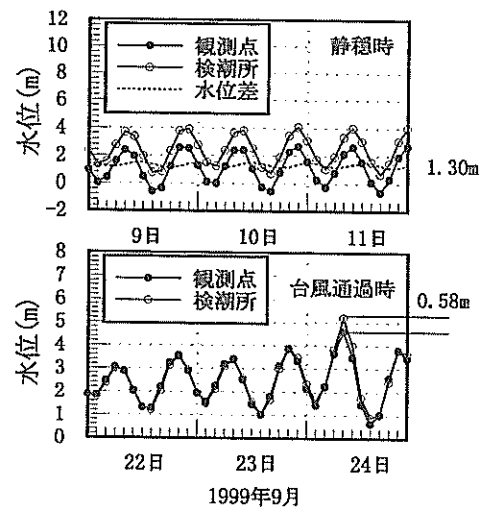


図-18 苅田における沖潮位と港内潮位

図-18は、沖合波浪観測点における水圧変動記録から求めた苅田港沖合の平均水位（凡例名称：観測点）と、港内検潮所（凡例名称：検潮所）で観測された潮位との比較を試みたものである。上段は、台風の来襲以前の静穏海況下における両者の比較を示している。沖合波高計の水圧記録はDLの基準がないため、静穏海況下で、沖合の水圧変動と港内潮位を比較し、沖合水位の基準を求めた。この結果、両者の差は、3日間を通じてほぼ一定の差（1.3m）となっていることがわかった。ただし、上段の図に示される水位差の点線を見ると、半日周期でわずかな変動を示している。これは、沖合と港内における潮位の位相差によるものと推

定される。

下段は、上段で得られた平均水位差（1.3m）で沖合の潮位を補正し、港内の平均水位変動と比較したものである。台風を中心通過の前後数時間を除けば、白丸と黒丸は非常によく一致しており、沖合と港内の平均水位変動は極めてよく対応している。しかし、24日8時の台風中心通過時には、水圧変動から求めた沖合平均水位は、港内水位に比べて58cm低かった。

海底に設置された水圧計が感知する水圧は、水圧に海面上の大気圧を加えた値である。図-1からわかるように、苅田通過時における台風の中心気圧は955Hpa程度と推定されており、通常の気圧である1013Hpaよりも58Hpa程度気圧が低かった。このことから、図-14の下段で現れた58cmの相違がよく説明できる。

これは、沖合の観測棟にて気圧観測を行う等、適正に気圧補正がなされれば沖合の水圧計は、潮位の観測にも対応できる可能性があることを示唆している。

7. 高潮偏差の出現特性とその考察

7.1 高潮偏差の分布状況

付録図A.1に沿岸の各潮位観測地点における、観測潮位、天文潮位、および両者の差（高潮偏差）並びに気圧の経時変化を示す。表-5に50cmを越える高潮偏差の一覧表を、図-15に偏差の大きさの平面分布を示す。ここで示す高潮偏差は、T9918号以外の要因を除くため、台風を除く前後の観測値と天文を一致するように天文潮を移動して算出した。

中城湾では、22日18時から有義波高がピークとなった23日0時にかけて偏差が80cm程度のピーク値となったが、その後は波高減衰とともに偏差も低下した。鹿児島や志布志では、24日6時前後に偏差が50から80cm程度の弱い極大値を示したが、この時刻は波高のピークよりも少し後である。これに対して、八代、苅田、宇部、松山の各検潮所では、1mから2mにも及ぶ非常に高いピークが台風の最接近時刻頃にそれぞれ見られ、顕著な高潮が発生していたことがわかる。

T9918号に伴う潮位偏差の各地極大値発生時刻の終了は、境、浜田での24日13:00程度であったと思われる（但し、瀬戸内海は除く）。

偏差の分布から4つの地域に区分した。

①瀬戸内海は60cm以上の偏差の見られ、特に広島から関門海峡にかけての北西岸では2m程度の大きな偏差があった。

②豊後水道は60～100cmの偏差が見られた。

③八代海、島原湾、有明海では100cm程度の偏差が見られた。

④枕崎・鹿児島、中城・那覇が60～100cmである。

その他の地点では、50cm程度以下か、或いは、ほとんど変化が見られない。

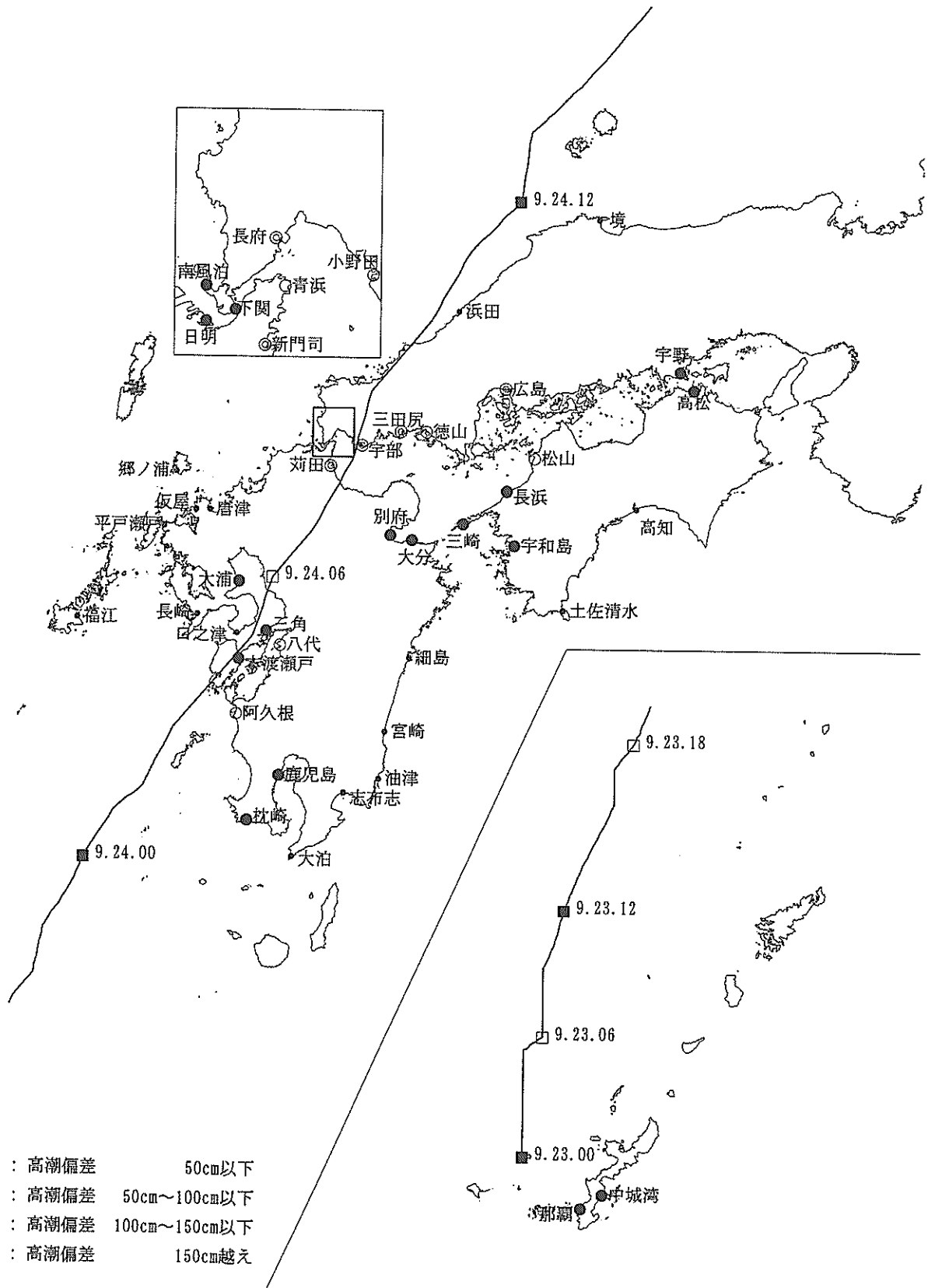
今回、高潮偏差が50cmを越える地点は、台風通過の近傍地点と鹿児島湾、豊後水道及び台風経路から離れた瀬戸内海に限定される。但し、台風通過地点近傍でも浜田・境は偏差が小さく、また関門航路内の各地点では、台風通過近傍であっても西側の周防灘の地点と比較すると1/2程度偏差が小さい。

表-5 高潮偏差と発生時刻（偏差50cm以下除く）

地点名	最大偏差 (cm)	最大偏差発生時刻	本文の区分
那覇	60	9/22 22:30	④
中城湾	80	9/22 22:00	
枕崎	90	9/24 02:50	④
鹿児島	80	9/24 03:20	
宇和島	80	9/24 10:10	②
大分	100	9/24 09:50	
別府	90	9/24 09:40	
三崎	90	9/24 09:40	
苅田	190	9/24 07:30	
新門司	(170)	[9/24 07:30]	①
青浜	(150)	(9/24 07:10)	
日明	70	9/24 08:30	
南風泊	70	9/24 08:40	
下関(弟子待)	100	9/24 08:30	
長府	(220)	[9/24 08:00]	
小野田	(120)	[9/24 08:00]	
宇部	(180)	(9/24 07:40)	
三田尻	(170)	[9/24 08:40]	
徳山	(150)	(9/24 08:40)	
長浜	90	9/24 09:20	
広島	190	9/24 11:10	
松山	120	9/24 10:20	
高松	80	9/24 13:40	
宇野	100	9/24 13:50	
阿久根	110	9/24 04:20	③
本渡瀬戸	90	9/24 04:10	
八代	130	9/24 06:00	
三角	90	9/24 05:40	
大浦	70	9/24 08:00	

※1. ()書きは途中欠測の場合の最大値である

※2. []書きは途中欠測の場合の推定値である



- 凡例
- : 高潮偏差 50cm以下
 - : 高潮偏差 50cm~100cm以下
 - : 高潮偏差 100cm~150cm以下
 - ◎ : 高潮偏差 150cm越え

観測途中欠測の地点の高潮偏差は、記録中の最大偏差とした。
 途中欠測で高潮偏差50cm以下の地点は、"大泊"である。

図-19 高潮偏差一覧

7.2 高潮偏差のパターンの分類

(1) 一山型

気圧の最下降時に高潮偏差の極大が現れ、偏差の上昇が極大まで一定に増加する（図中(a)）。更に観測水面は一つの凸を持つ（図中(b)）。図-20のように退潮時の固有振動が現れる場合と、明瞭でない場合がある。

一山型の地点は、那覇、中城湾、枕崎、鹿児島、志布志、油津、細島、土佐清水、高知、阿久根、長崎、福江、大浦、唐津、浜田、境である。

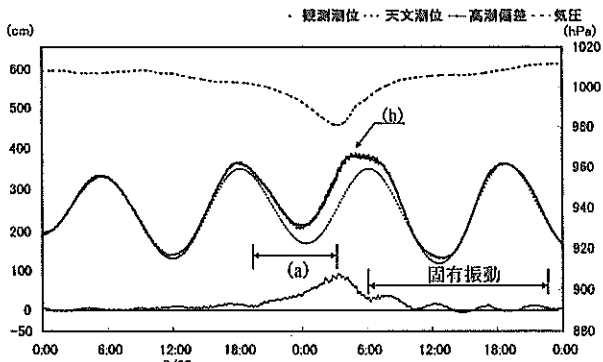


図-20 一山型高潮偏差模式図

(2) 二山型

高潮偏差に2つの極大があり（図中(a)），かつ観測水面にも一つの凹と2つの凸がある（図中(b)）。最初の極大値は気圧の最下降時に発生する。

二山型の地点は、大分、別府、荇田、新門司、日明、南風泊、弟子待である。

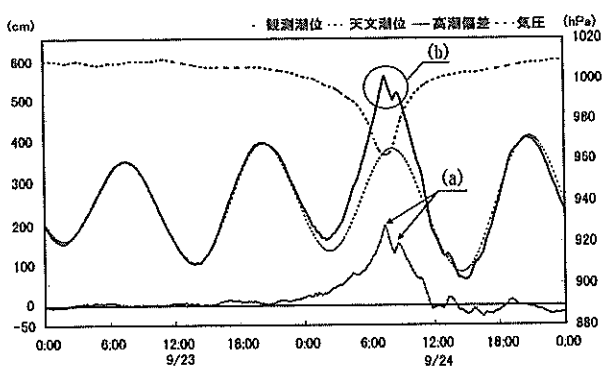


図-21 二山型高潮偏差模式図

(3) 後山型

気圧の下降と共に一様に偏差が増加（図中(a)），するが途中から、偏差の増加が大きくなる（図中(b)）。

よって、偏差の増加に2つの勾配が有り、気圧の最下

降の時刻には最大の高潮偏差を持たず、その後高潮偏差の最大値を持つ。

後山型の地点は、宇和島、三崎、長浜、広島、松山、高松、宇野である。

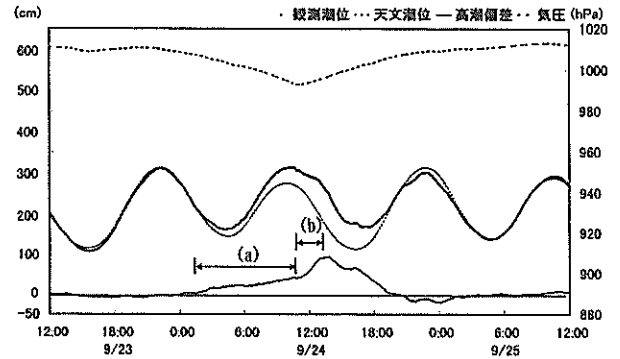


図-22 後山型高潮偏差模式図

(4) 不規則型

不規則型は、発生に規則性がないということではない。概ね気圧の最下降の時刻付近に最初の高潮偏差の極大値があり（図中(a)），その後も1つ以上の極大値がある（図中(b)）。

かつ、それぞれの極大値後の下降量大きく各々の山が一つ一つ独立している。また、顕著な山の後に10時間程度の緩やかな山（図中(c)）を持つ。

不規則型の地点は、本渡瀬戸、八代、三角、口之津である。

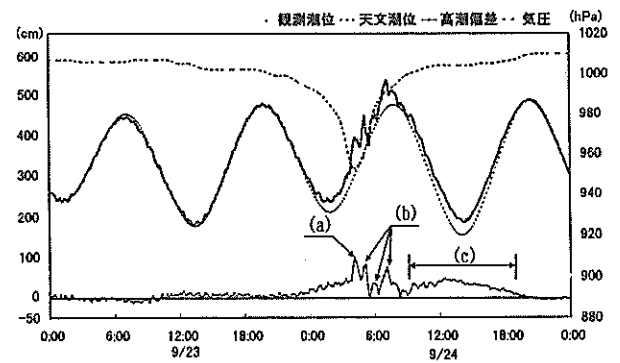


図-23 不規則型高潮偏差模式図

7.3 高潮偏差の極大値移動の系統的考察

図-24～図-26は高潮偏差を、地域ごとに概ね台風進行方向に並べた図である。

(1) 高潮の周防灘への集中と再伝播

図-24の豊後水道・周防灘高潮偏差系統図では、高潮

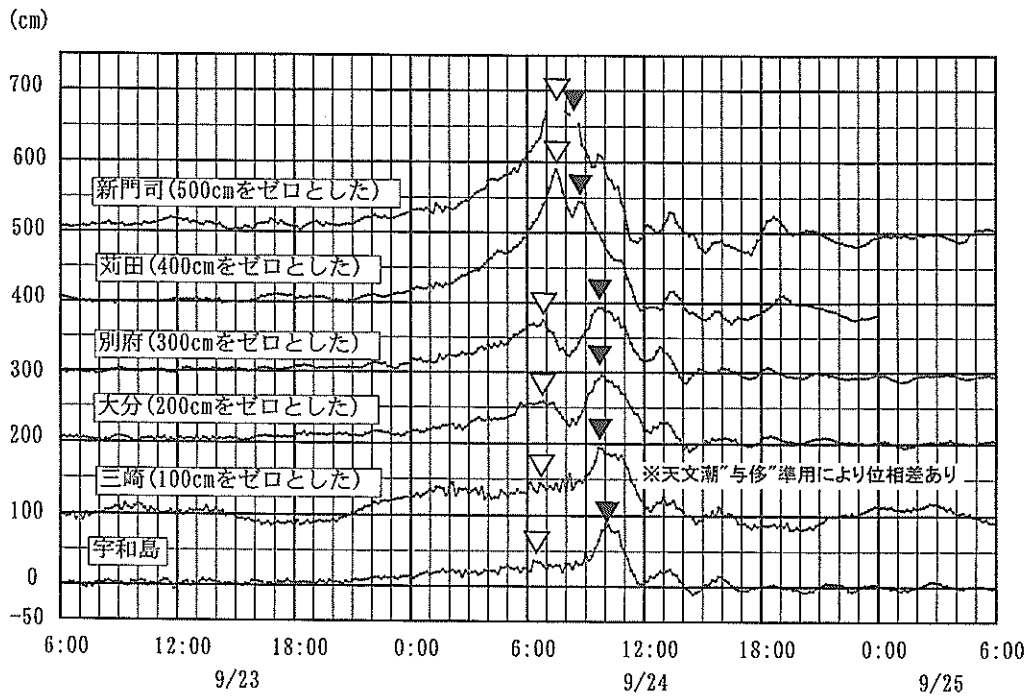


図-24 豊後水道・周防灘高潮偏差系統図

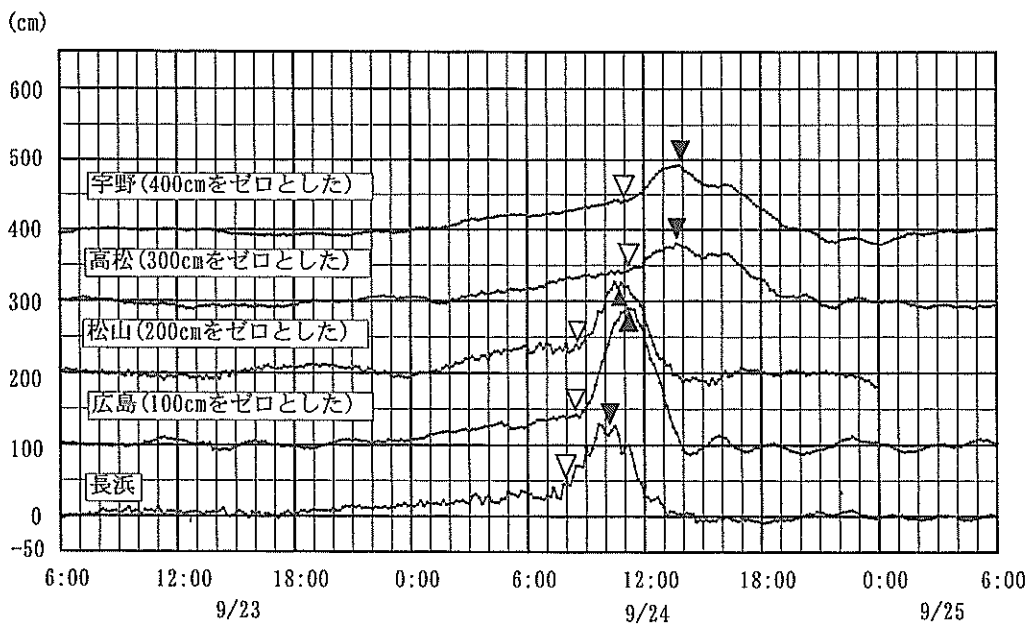


図-25 瀬戸内海高潮偏差系統図

偏差の最初の極大値を▽で示した。最初の極大値は台風の北上と共に各地点の偏差の増加率と値が次第に大きくなる。最終地点は地形的に新門司、長府、小野田、宇部周辺である（長府、小野田、宇部の潮位記録は途中欠測）。

2番目に現れる高潮偏差の極大値を▼で示した。新門司では最高潮位部分がスケールアウトしているが

ろうじて8時に記録が一時的に戻ったことにより二山型であったことが判定できる。2番目の極大値を地点毎に辿ると、最初の極大値の最終地点である新門司から時刻と共に南下し、かつ2番目の極大が緩やかになっている。

最初の極大は、台風の気圧低下と風の吹き寄せにより発生したと考えられる。

2番目の極大の発生要因は、時刻と共に南下しているため、台風が直接の要因ではない。伝播していることと、南下するに従い極大が緩やかになっていることから、最初の極大が北上と共に増加し周防灘奥の新門司、長府・小野田・宇部周辺で突き当たり再度ここから反射伝播したのとも考えられる。

図-25の瀬戸内海高潮偏差系統図の各地点の潮位偏差は全て後山型である。極大値の前の増加勾配の変化点を▽で、また高潮偏差の極大値を▼(又は▲)示した。高潮偏差の始まりから▽までは気圧の低下とともに増加しているの、台風の直接の要因である気圧低下と風の吹き寄せに起因していると考えられる。しかし、▽から▼(又は▲)の間の高潮偏差の要因が、台風通過に伴う気圧や風の直接の影響でないことは、偏差の増加勾配が急激に変化することや、高知や境の高潮偏差量(付録図A.1参照)が12~13時で20cm程度であるのに対し高松や宇野の偏差量は13~14時70~100cmと大きく異なる事からも判定できる。台風以外の外力が見あたらないこと、極大値の▼(又は▲)は時刻と共に瀬戸内海を東進し発生源は周防灘が考えられること、東進に従い極大が緩やかになっていることから、豊後水道・周防灘高潮偏差系統で述べた2番目の極大と同じ要因により発生すると考えられる。

よって、台風の北上と共に発達した最初の高潮偏差は、周防灘の新門司・長府・小野田・宇部付近に集中した後、高潮偏差は再度ここを中心として瀬戸内海と

豊後水道へ反射伝播したと考えられる。

このことから高潮偏差のパターンの後山型は、二山型の最初の極大が未発達で、二山目の他所から伝達した高潮偏差が顕在化したものである。

一山型は二山型の二山目の反射伝達がないか、微少で図-20のような固有振動の中に潜在してしまうものとも言える。

(2) 風の吹き寄せ(押し出し)による海水の移動

図-26の八代海・島原湾高潮偏差系統図の各地点は不規則型であり高潮偏差の極大が二山型に比べそれぞれ独立している。独立している理由は個々の極大が極大値を越えた後に偏差の低下が二山型に比べ著しく大きいことによる。

当地域の高潮偏差の特徴として、気圧の最低下時刻は阿久根から長崎では4時~5時(付録図A.1参照)であるがその間に他の極大に比べて著しく大きい高潮偏差が発生していないことがある。このことは、気圧の影響より、風の吹き寄せ(押し出し)が大きいことを示す。八代海・島原湾は水深が浅く、また閉鎖的な湾であるため吹き寄せ(押し出し)により水位が低下した場合は湾内で収支を取るために周囲から再度海水を補わなくてはならない。

このことを図-26の八代海の対岸に位置する本渡瀬戸と八代で説明する。但し、本渡瀬戸は台風経路の直下にあり細かな高潮偏差が発生しているので、平滑化し

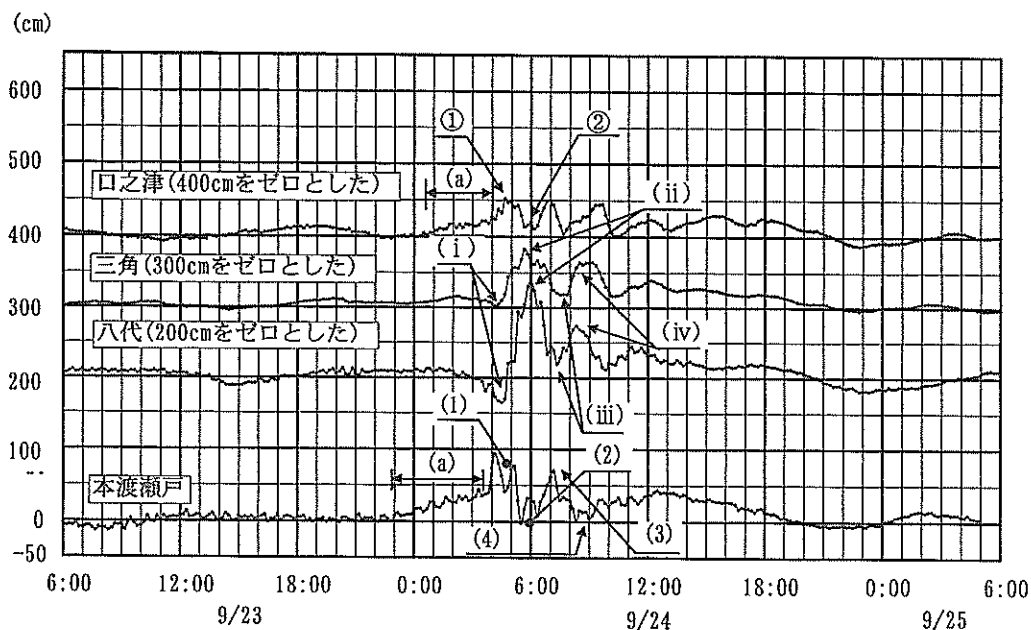


図-26 八代海・島原湾高潮偏差系統図

た極大・極小値を扱い図中は”・”で示す。

台風が接近し始めると気圧の低下と共に本渡瀬戸では後山型と同様な高潮偏差の緩やかな上昇(図中(A))があり、八代の高潮偏差は減少する。更に、最接近と考えられる4時になると台風の風は風速の上昇とともに八代の海水を本渡瀬戸側に押し出すような風向きに急に変化する。この時刻に本渡瀬戸は極大(図中(i))となり、八代は極小(図中(i))となる。その後、台風の最接近位置を通過するに伴い今度は本渡瀬戸から八代に海水を押し出す風向きに変化する。本渡瀬戸は極小(図中(2))となり、八代は極大(図中(ii))となる。

以降は、動き出した海水の反射と考えられる高潮偏差の変動が、本渡瀬戸の図中(3)~(4)と八代の図中(iii)~(iv)とで+,-対応する。つまり、閉鎖された八代海の東岸と西岸の間において複数回海水の移動が行われたと考えられる。

八代海よりは開放性が高い島原湾の東岸に位置する三角は八代と同様な高潮偏差のパターンである。三角と島原湾内の西岸にある口之津の比較では、三角図中(i)~(ii)と口之津図中①~②は概ね対応するが、三角(iii)~(iv)に口之津は+,-で対応しない。これは口之津が外海に近く、台風が通過し風向きが口之津から三角方向に変わることにより外海より海水を補充し三角と同様な高潮偏差の変動に移項するためと考えられる。

8. まとめ

本研究で得られた成果を、下記にまとめる。

(1) 内湾の観測点である鹿児島と荊田では、1時間から2時間の観測間隔のうちに波高・周期の値が大きく変化する急激な波浪の発達・減衰が見られた。これに対して、外洋に面した観測地点では、比較的波浪の発達と減衰には長時間を要していた。しかし、外洋に面した波浪観測地点でも、波高・周期の経時変化は、観測地点毎に大きく異なっていた。

(2) 台風9918号と比較的コースや規模に近い過去台風9119号との出現波浪の比較を行った。伊王島では、台風9918号では最大有義波高が3mにも満たなかったが、台風9119号では10mを超える有義波高が観測されており、50kmほどの台風経路の差で台風の危険半円から可航半円に替わることにより、出現波浪を大きく異ならせることが実測データとして示された。

(3) 有義波高と周期を見るだけでは理解することが

困難な、例えば伊王島における有義波周期の1時間での半減といったような変化が、方向スペクトルや周波数スペクトルを追うことによってより明確に把握できることが示された。

(4) 波浪の極大発生時刻と台風位置の関係について、島(九州含む)による遮蔽を考慮した東西岸別の考慮を行い、定性的には観測結果を合理的に説明できることを示した。

(5) 台風9918号によって顕著な被災を受けた荊田では、大潮近傍日の高潮位となる時刻と、台風通過に伴う高潮偏差のピークの時刻が重なったことによる、高波浪下における極端な水位上昇が、被災の原因となったものと考えられる。

(6) 沖合の波高計に併設された水圧計は、適正な気圧補正によって、沖潮位の観測にも対応できる可能性があることが示された。

(7) 各地の高潮偏差を系統たてて比較することにより平面的な高潮偏差の移動を推察した。

1) 豊後水道から北上と共に発達した高潮偏差は周防灘湾奥部で集中した後反射し、瀬戸内を東に、豊後水道を南へ伝搬したと考えられる。

2) 八代海・島原湾のような閉鎖された水深の浅い湾では、台風の風向き変化によって湾内で高潮偏差の往復反射が起こっていると考えらる。

9. おわりに

本研究をとりまとめるにあたって、気象庁、海上保安庁、国土地理院、沖縄総合事務局および運輸省第四港湾建設局、愛媛県、北九州市、九州電力(株)から、貴重な潮位観測記録や気圧記録のご提供を受けた。

”5. 有義波高極大発生時刻と台風位置の考察”の取りまとめでは、夏期実習生の金沢大学小池朋子さんに多くを担っていただいた。

また、台風通過時における厳しい海況下で、ここで紹介したような貴重な波浪・潮位・気圧観測データが測得できたのは、関係機関の観測に対する組織的な取り組みと、観測や機器維持に携わる担当の方々の、日常の不断のご努力に支えられたものである。ここに改めて謝意を表する。

(2000年8月31日 受付)

参考文献

- 菅原一晃・永井紀彦・橋本典明・鈴木高二朗・清水康男・波間雅晶 (1997) : 波浪監視計の開発, 港研資料No.860, 25P.
- 菅原一晃・永井紀彦・佐藤和敏・川口浩二 (1999) : 全国港湾海洋海象観測施設台帳 (ナウファス施設台帳Ⅲ), 港研資料 No.941, 49P. (付録339P.).
- 永井紀彦 (1998) : ナウファス (全国港湾海洋波浪情報網) の現況と今後の課題, 土木学会論文集 (技術展望), 第609号VI-41, pp.1-14
- 永井紀彦・菅原一晃・橋本典明・浅井正 (1993) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS1991), 港研資料 No.745, 304P.
- 橋本典明・永井紀彦・浅井正・菅原一晃・朴慶寿 (1993a) : 波浪の多方向性と弱非線形性を考慮した水圧波から表面波への換算法について, 港研報告 第32巻第 1号, pp.27-51.
- 橋本典明・永井紀彦・浅井正・菅原一晃 (1993b) : 海洋波の方向スペクトルの推定における最大エントロピー原理法 (MEP) の拡張: 港研報告第32巻 第 1号, pp.3-25.
- 橋本典明・永井紀彦・高山知司・高橋智晴・三井正雄・磯部憲雄・鈴木敏夫 (1995) : 水中超音波のドップラー効果を応用した海象計の開発, 海講論文集 第42巻, pp.1081-1085.

付 録

A 潮位と気圧の観測記録	23
表-A.1 潮位・気圧観測位置座標	23
図-A.1 潮位記録	24
B T9918波浪観測値の測得率向上の要因	47
C 島西岸における台風移動速度と有義波高極大値発生時刻モデル波浪推算	47

付録A 潮位と気圧の観測記録

潮位記録を、図-A.1に示す。観測潮位の基準面ゼロ位は地点毎の設定値である。高潮偏差は、T9918の影響分を対象とするため、台風接近時を除く前後の観測潮位と天文潮位が一致するよう天文潮位の基準高と時刻を移動し、算出した。潮位・気圧の観測位置座標を日本座標系で、表-A.1に示す。図-A.1の潮位記録図中の気圧は、潮位観測地点の近隣の気圧を参考に表示しているものもある。気象庁観測気圧は、海上換算気圧、九州電力観測気圧は現地気圧である。潮位観測の位置図は、本文図-19を参照のこと。

表-A.1 潮位・気圧観測位置座標

検 潮 所				表示気圧							
地 点 名	管 理 者	北 緯		東 経		地点名	管 理 者	北 緯		東 経	
		°	'	°	'			°	'	°	'
那覇	気象庁	26	13	127	40	那覇	気象庁	26	12	127	41
中城湾	沖縄開発庁	26	19	127	51	那覇	気象庁	26	12	127	41
枕崎	気象庁	31	16	130	18	枕崎	気象庁	31	16	130	18
鹿児島	気象庁	31	35	130	34	鹿児島	気象庁	31	33	130	33
大泊	海上保安庁	31	1	130	41	枕崎	気象庁	31	16	130	18
志布志湾	運輸省 第四港湾建設局	31	28	131	7	油津	気象庁	31	35	131	25
油津	気象庁	31	34	131	25	油津	気象庁	31	35	131	25
宮崎	運輸省 第四港湾建設局	31	54	131	28	宮崎	気象庁	31	55	131	25
細 島	国土地理院	32	26	131	40	延岡	気象庁	32	35	131	40
土佐清水	気象庁	32	47	132	58	清水	気象庁	32	43	133	01
高知(桂浜)	気象庁	33	30	133	35	高知	気象庁	33	34	133	33
宇和島	気象庁	33	14	132	33	宇和島	気象庁	33	13	132	33
大分	海上保安庁	33	16	131	41	大分(保)	保安庁	33	16	131	41
別府	運輸省 第四港湾建設局	33	18	131	30	大分	気象庁	33	14	131	37
三崎	愛媛県	33	23	132	7	大分	気象庁	33	14	131	37
荻田	運輸省 第四港湾建設局	33	47	130	59	荻田	九州電力	33	47	131	00
新門司	北九州市	33	52	130	59	荻田	九州電力	33	47	131	00
青浜	運輸省 第四港湾建設局	33	57	131	1	下関	気象庁	33	57	130	56
日明	運輸省 第四港湾建設局	33	54	130	53	小倉	九州電力	33	54	130	52
南風泊	運輸省 第四港湾建設局	33	57	130	53	下関	気象庁	33	57	130	56
下関(弟子待)	気象庁及び運輸省第四港湾建設局	33	55	130	56	下関	気象庁	33	57	130	56
長府	運輸省 第四港湾建設局	34	1	131	0	下関	気象庁	33	57	130	56
小野田	運輸省 第四港湾建設局	33	58	131	10	下関	気象庁	33	57	130	56
宇部	運輸省 第四港湾建設局	33	56	131	15	下関	気象庁	33	57	130	56
三田尻	運輸省 第四港湾建設局	34	2	131	35	山口	気象庁	34	09	131	28
徳山	海上保安庁	34	2	131	48	山口	気象庁	34	09	131	28
長浜	愛媛県	33	37	132	29	松山	気象庁	33	50	132	47
広島	海上保安庁	34	21	132	28	広島	気象庁	34	24	132	28
松山	気象庁	33	51	132	43	松山	気象庁	33	50	132	47
高松	気象庁	34	21	134	4	高松	気象庁	34	19	134	03
宇野	気象庁	34	29	133	57	岡山	気象庁	34	39	133	55
阿久根	国土地理院	32	1	130	12	阿久根	気象庁	32	01	130	12
本渡瀬戸	運輸省 第四港湾建設局	32	25	130	13	荅北	九州電力	32	29	130	03
八代	運輸省 第四港湾建設局	32	31	130	34	荅北	九州電力	32	29	130	03
三角	気象庁	32	37	130	27	荅北	九州電力	32	29	130	03
口之津	気象庁	32	36	130	12	荅北	九州電力	32	29	130	03
長崎	気象庁	32	44	129	52	長崎	気象庁	32	44	129	52
福江	気象庁	32	42	128	51	福江	気象庁	32	42	128	49
大浦	気象庁	32	58	130	13	大村	九州電力	32	58	129	56
平戸瀬戸航路	運輸省 第四港湾建設局	33	21	129	35	平戸	気象庁	33	21	129	33
仮 屋	国土地理院	33	28	129	51	松浦	九州電力	33	25	129	41
唐津	運輸省 第四港湾建設局	33	28	129	58	松浦	九州電力	33	25	129	41
郷ノ浦	運輸省 第四港湾建設局	33	44	129	41	松浦	九州電力	33	25	129	41
浜田	気象庁	34	54	132	4	浜田	気象庁	34	54	132	04
境	気象庁	35	33	133	15	境	気象庁	35	32	133	14

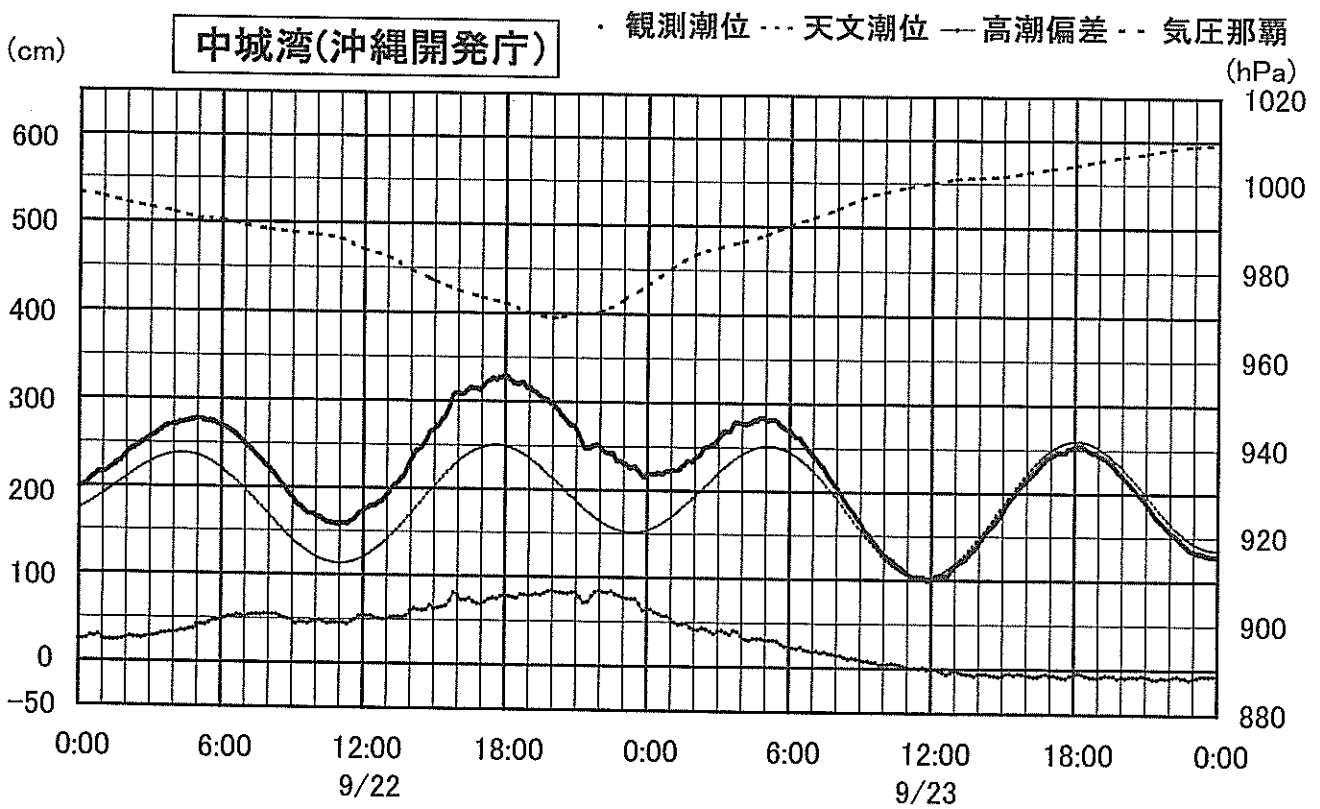
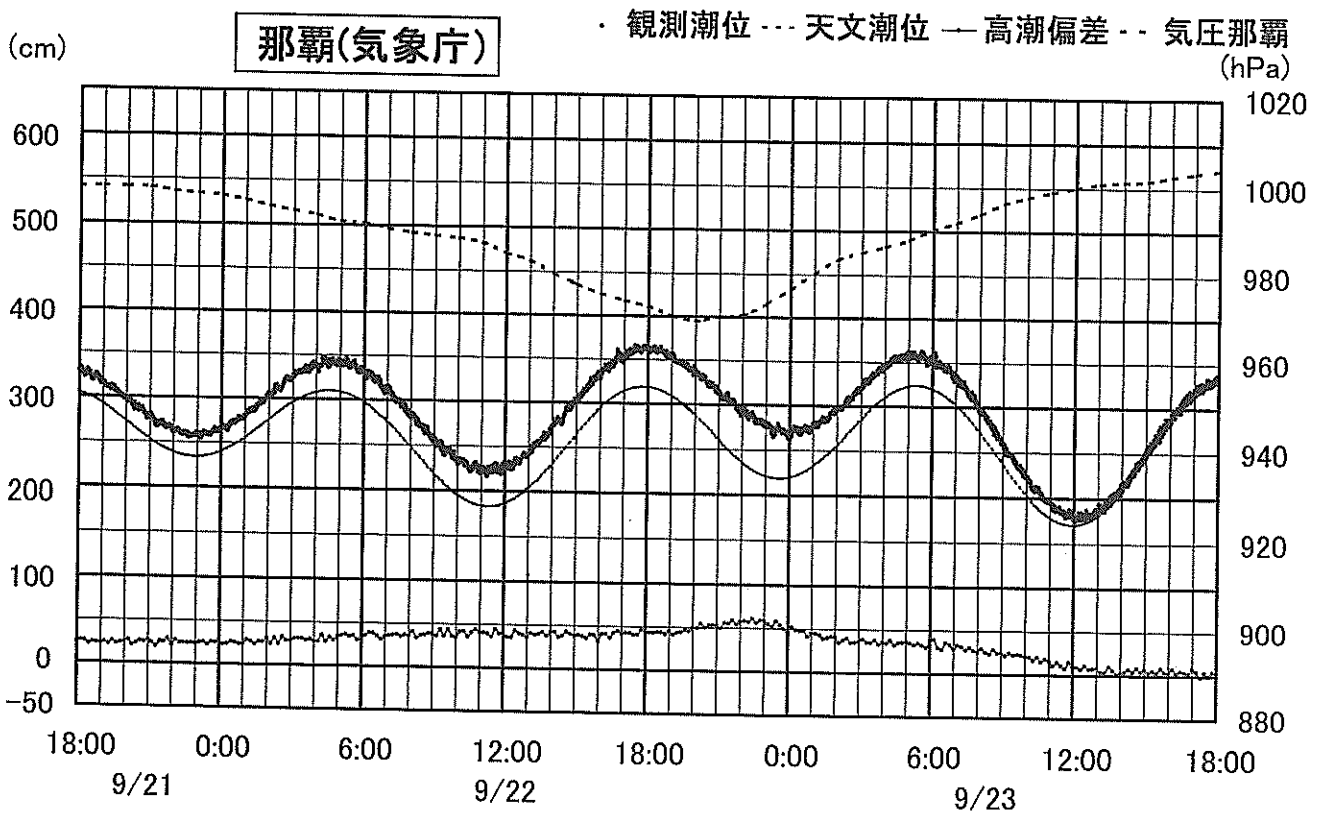


図-A.1 潮位記録(1)

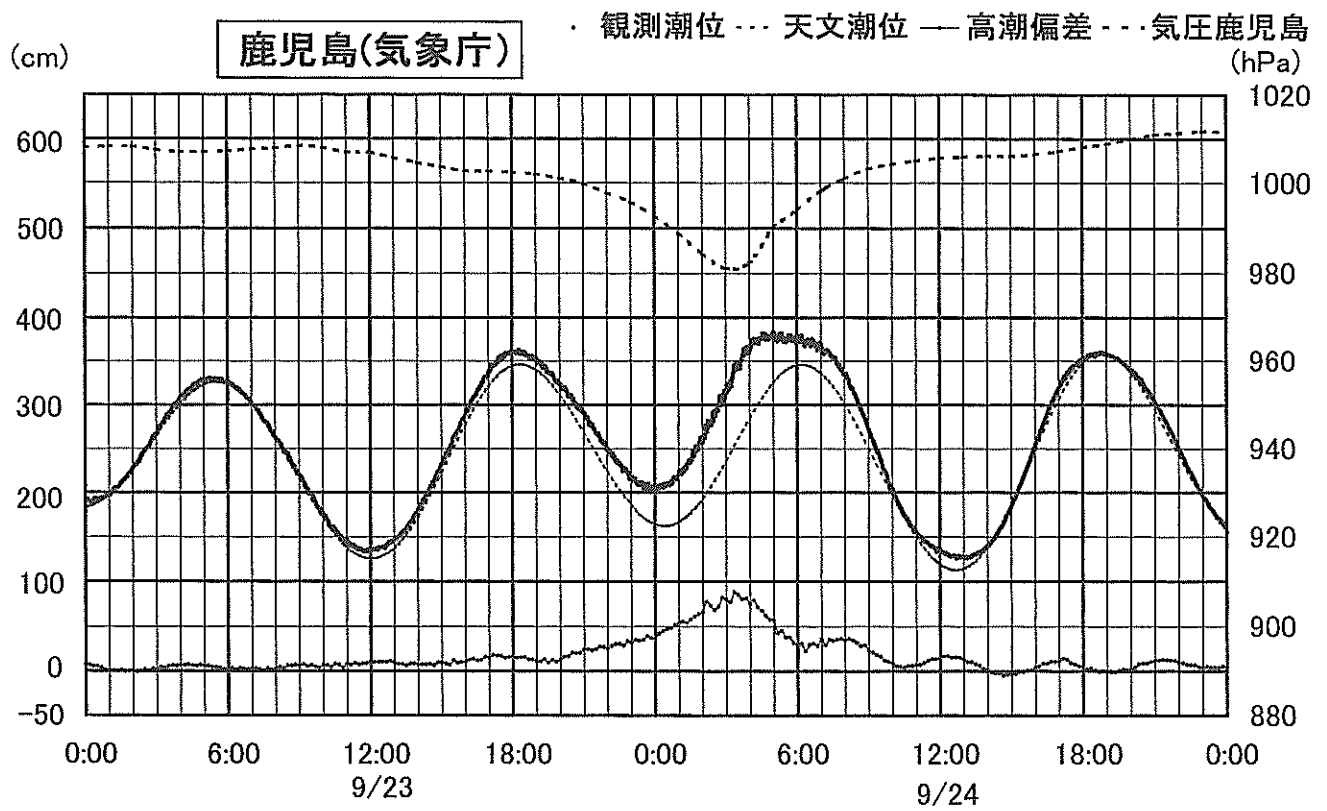
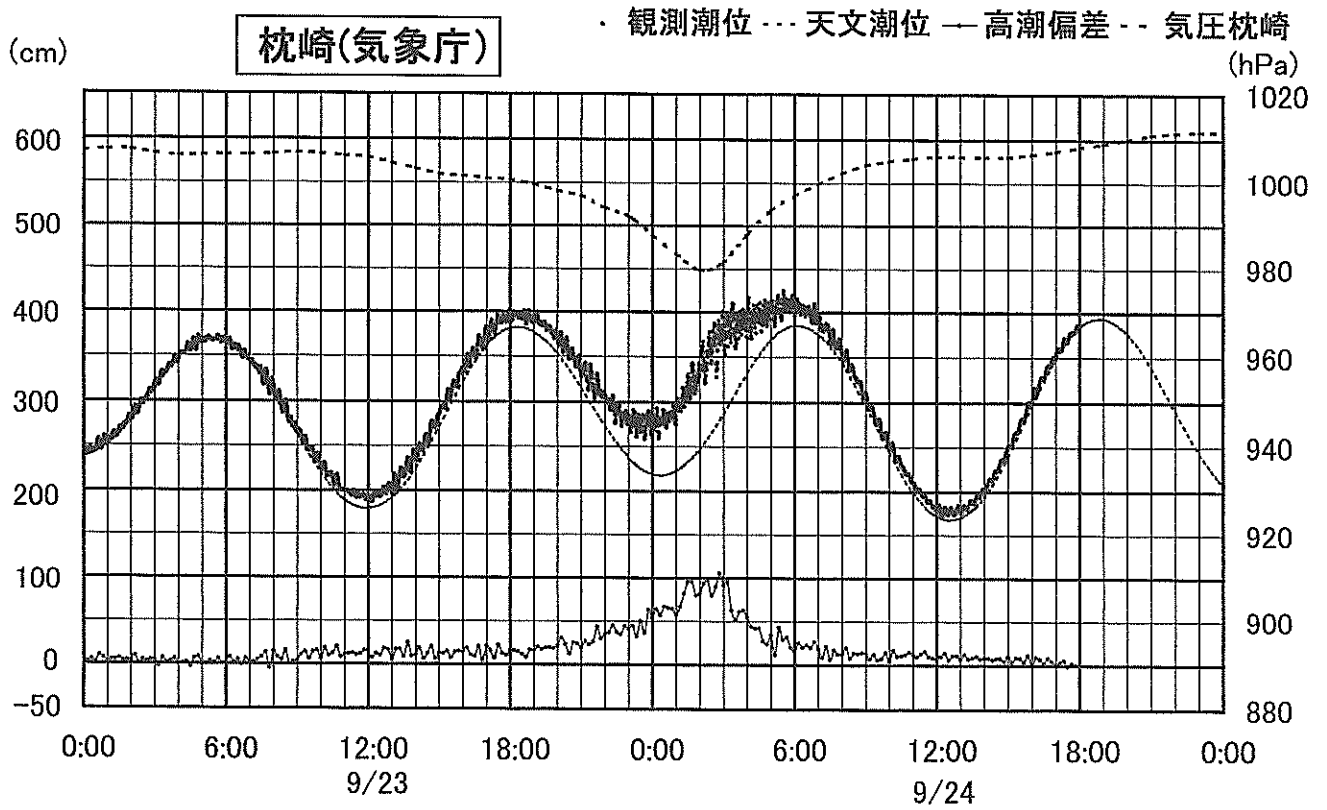


図-A.1 潮位記録(2)

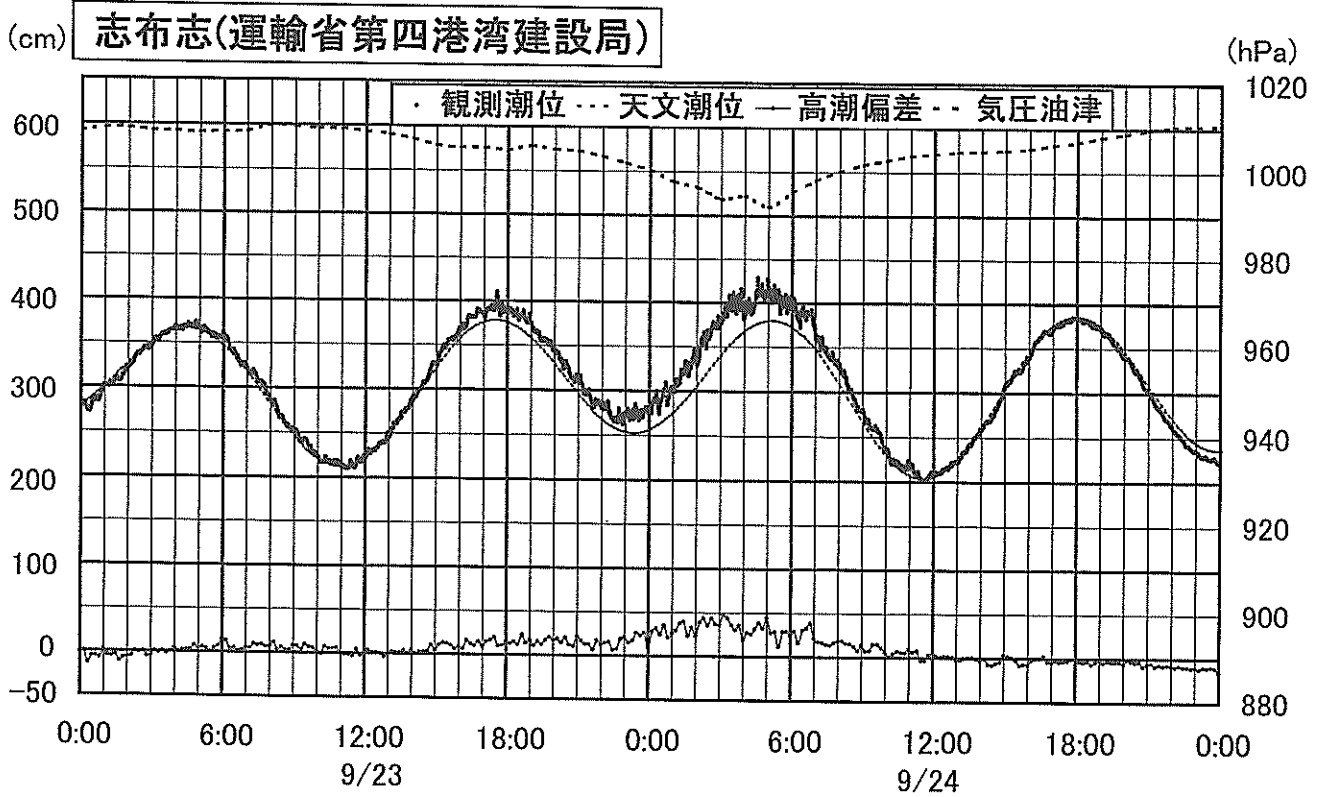
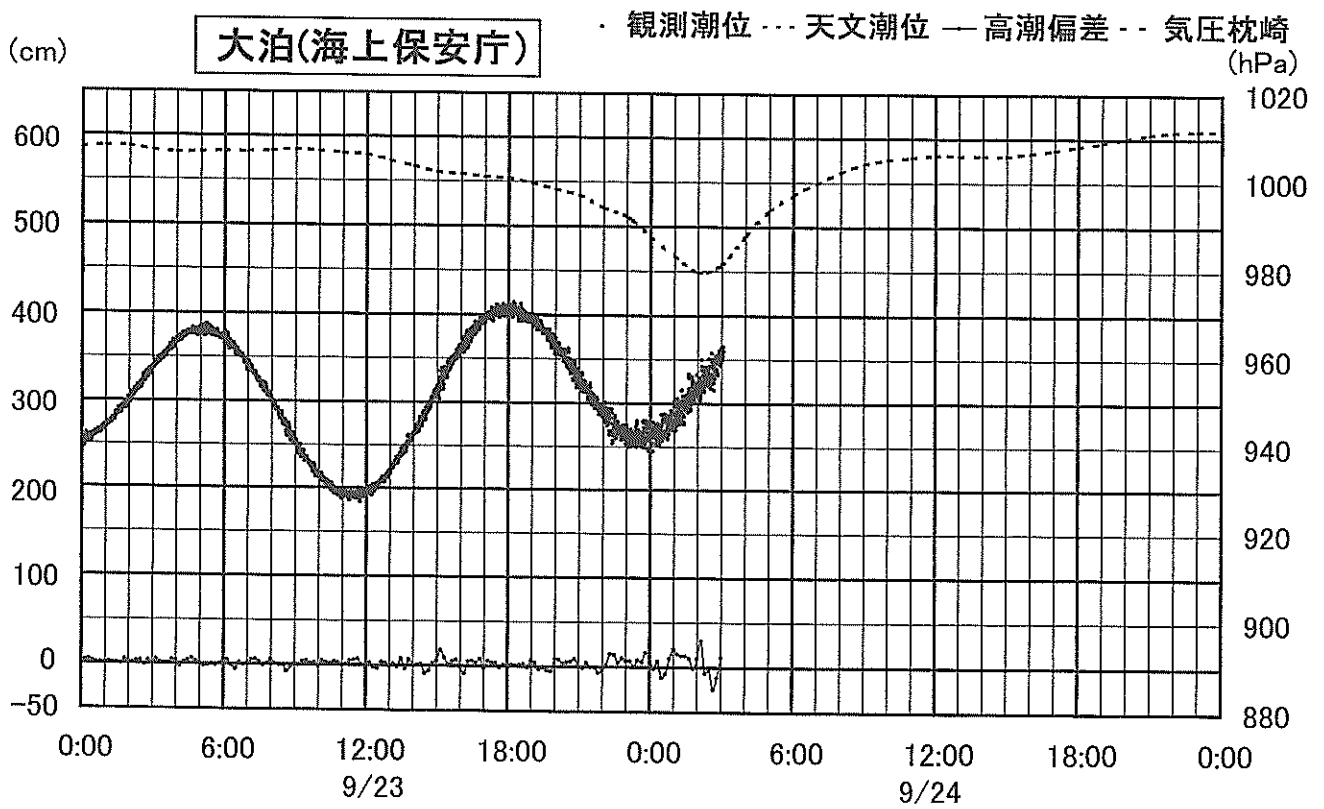


図-A.1 潮位記録(3)

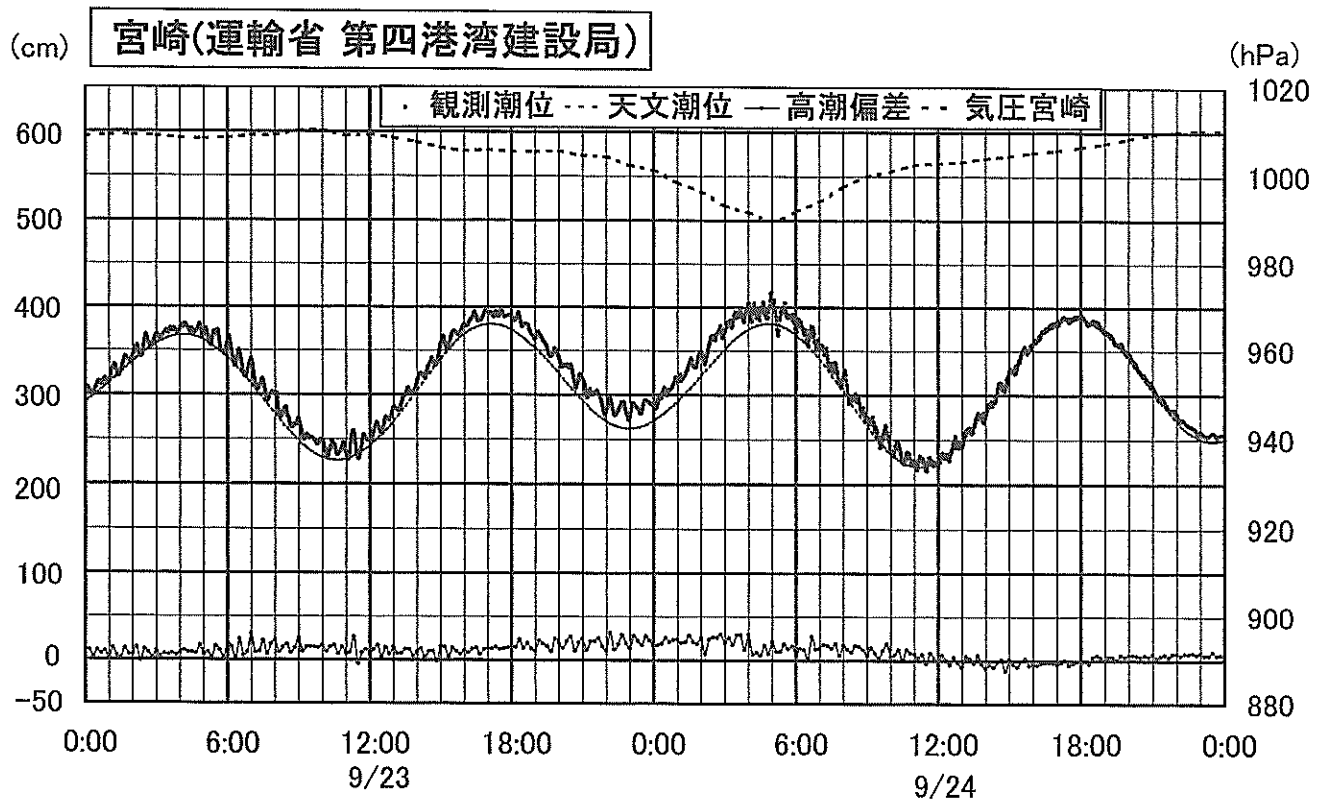
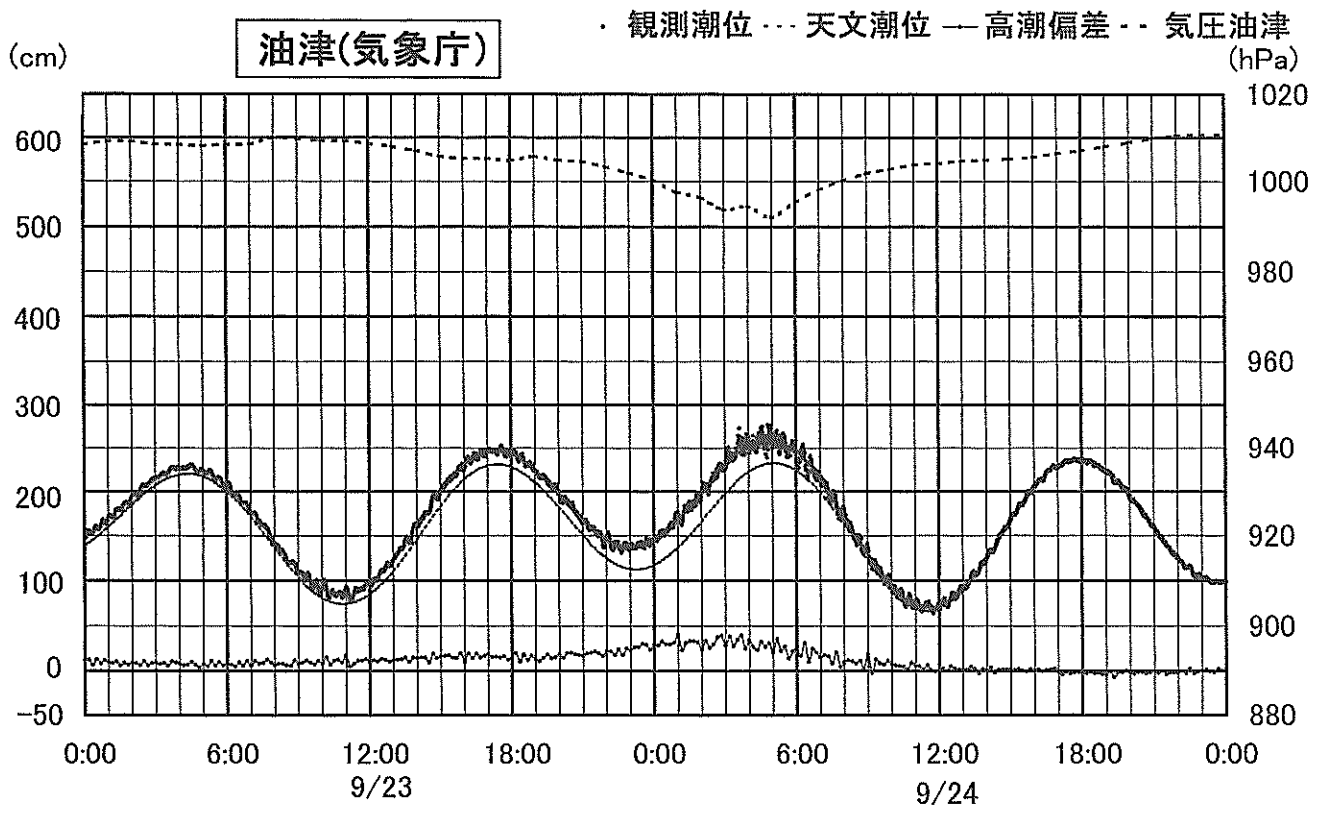


図-A.1 潮位記録(4)

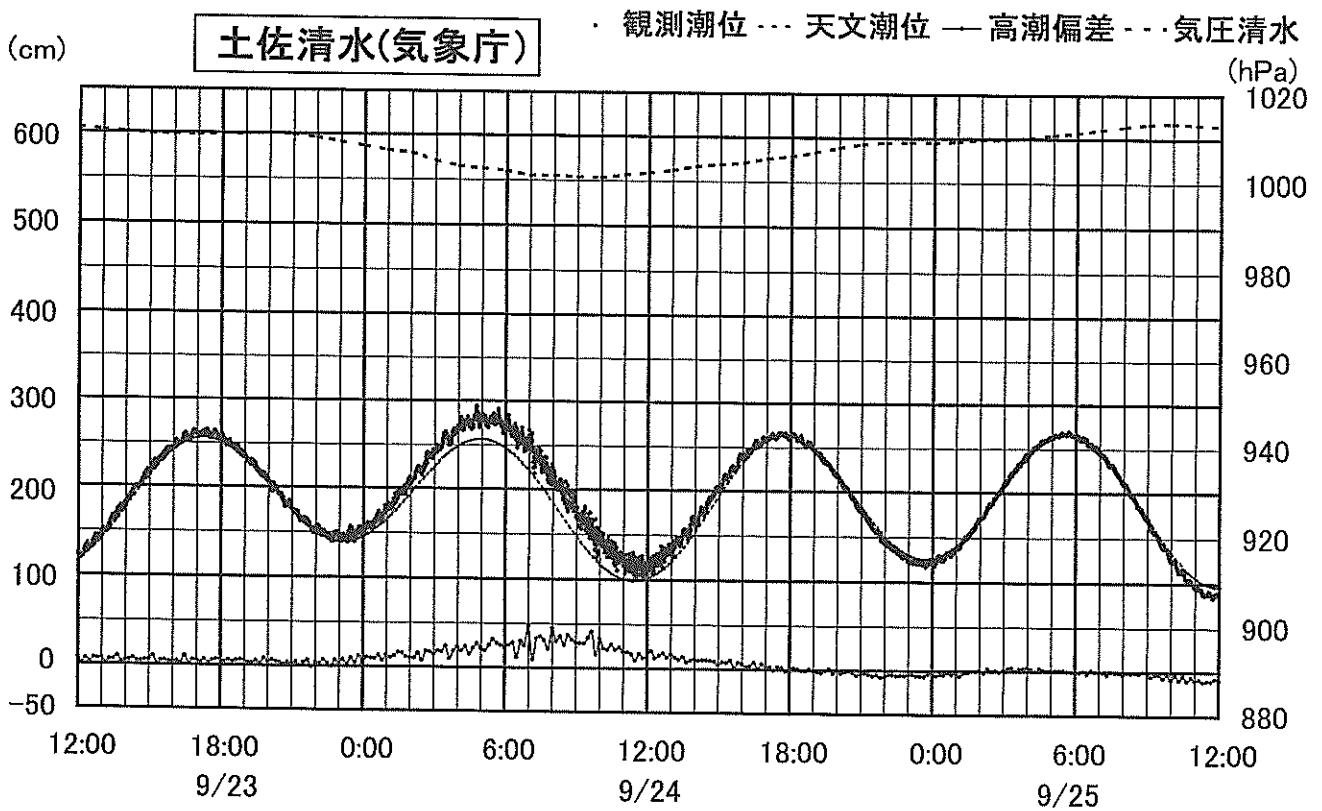
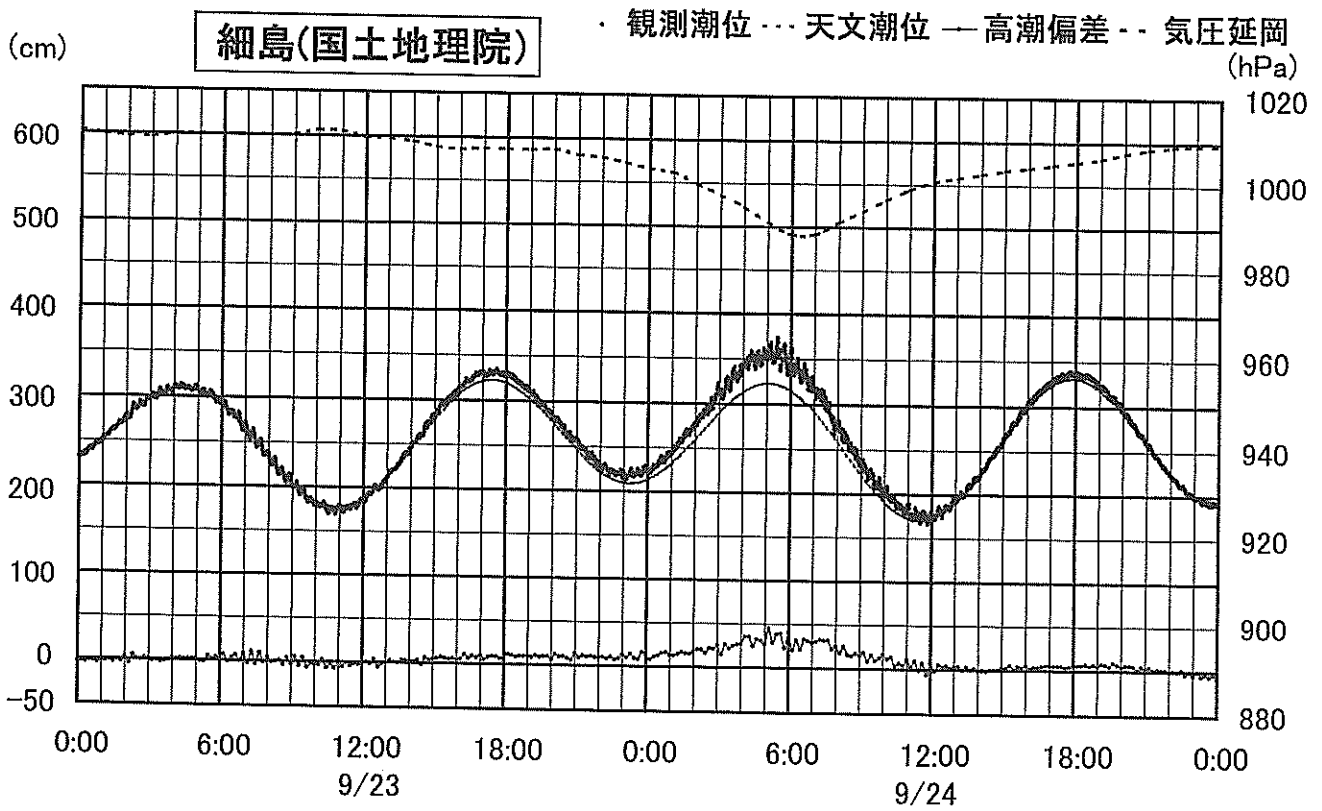


図-A.1 潮位記録(5)

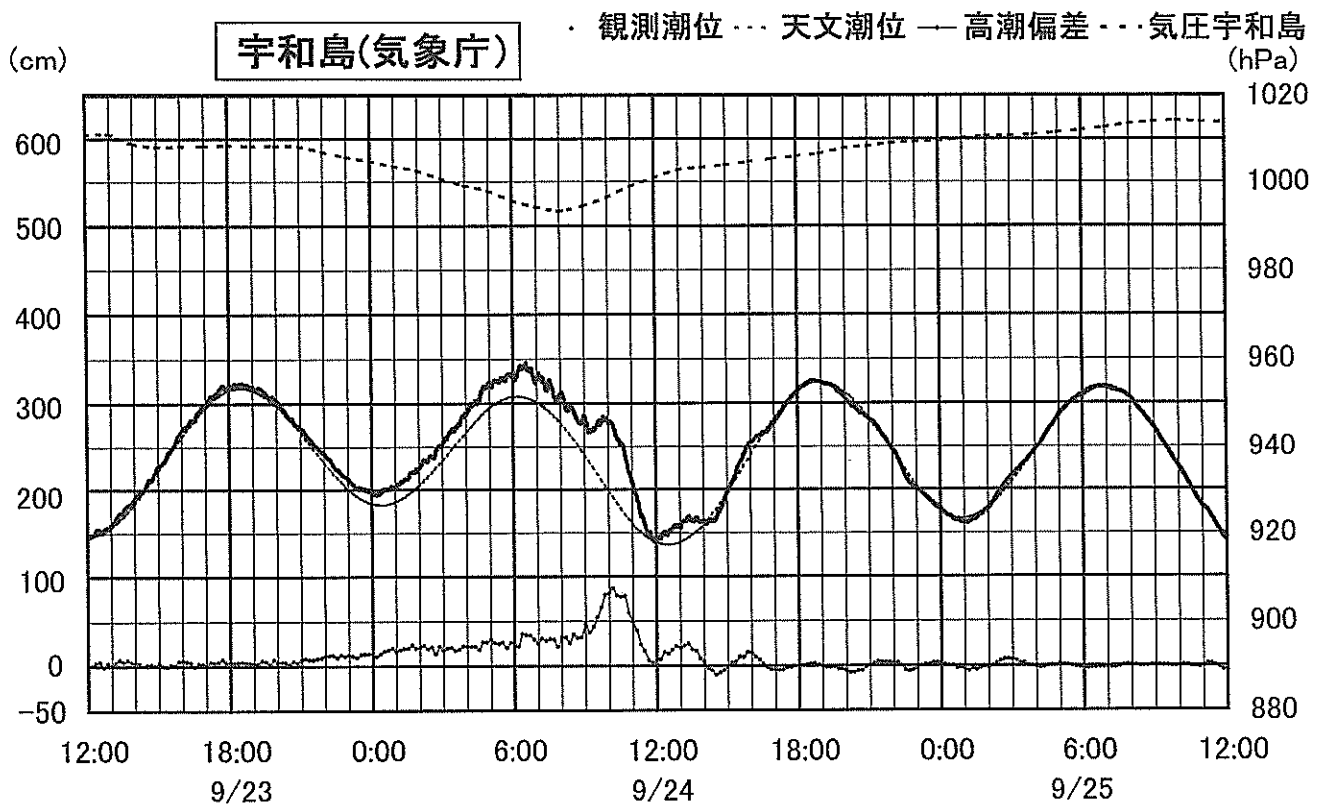
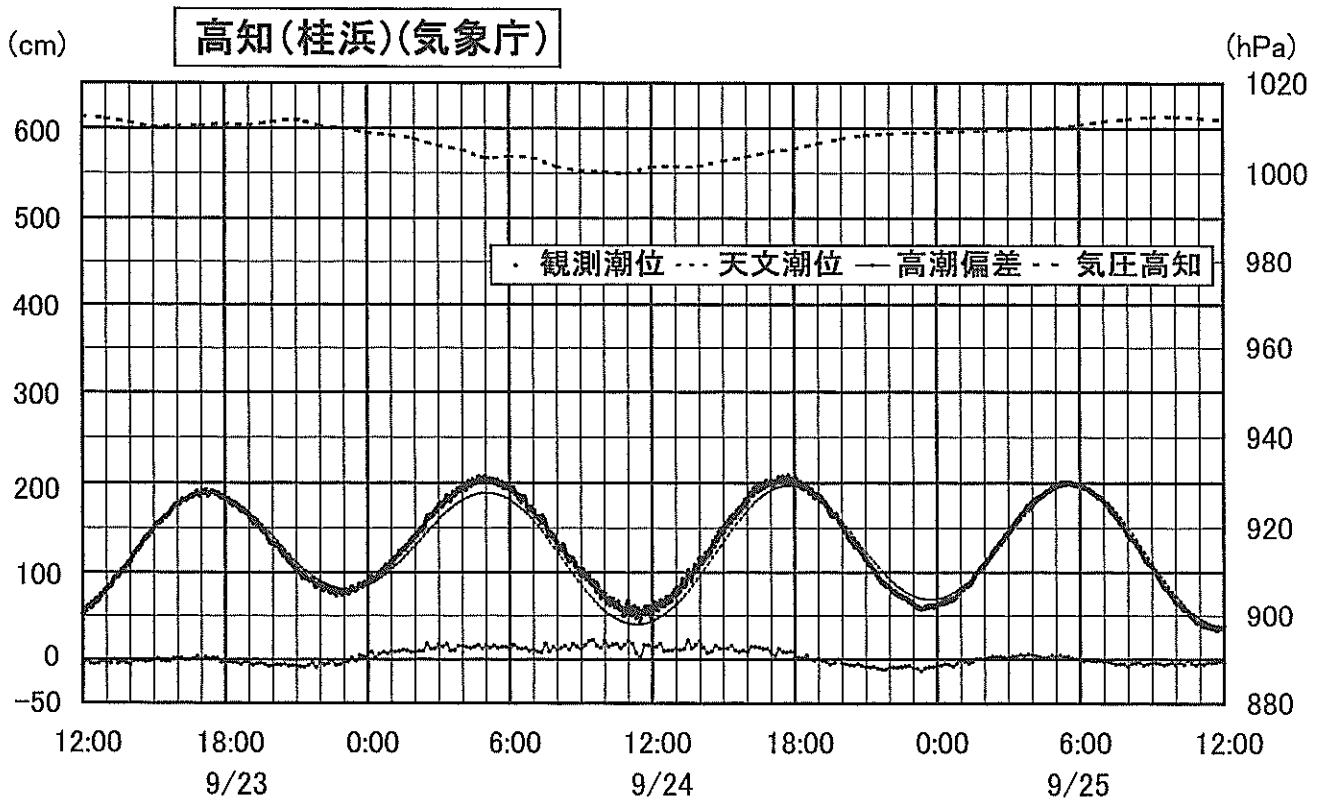


図-A.1 潮位記録(6)

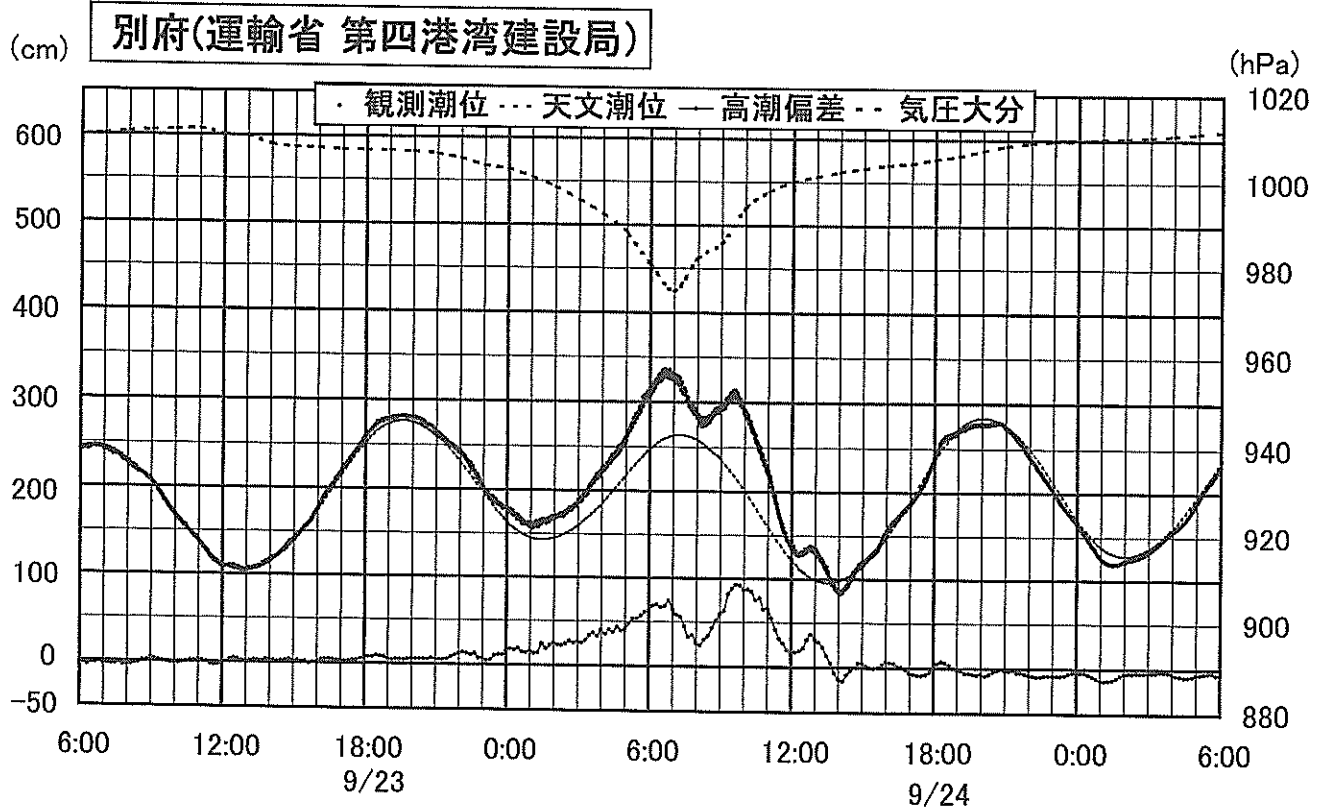
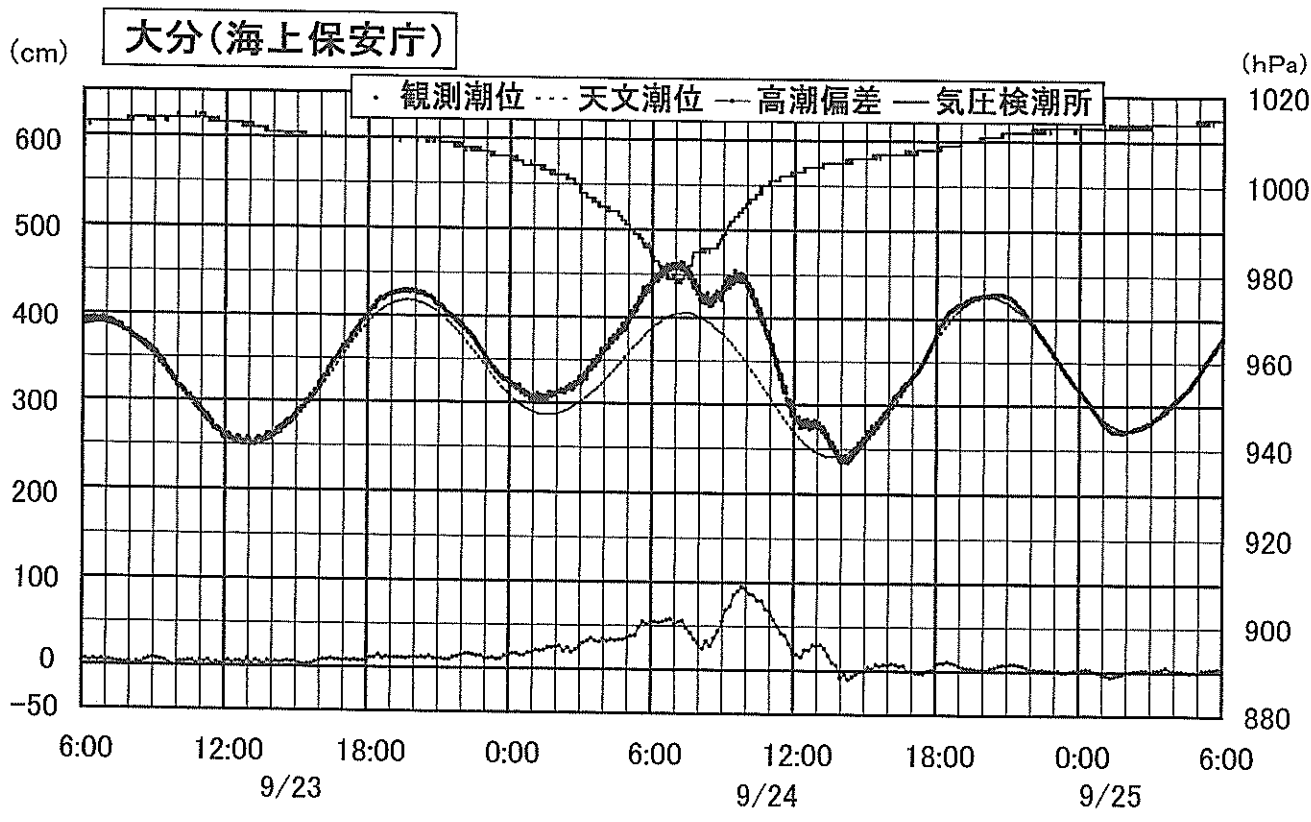


図-A.1 潮位記録(7)

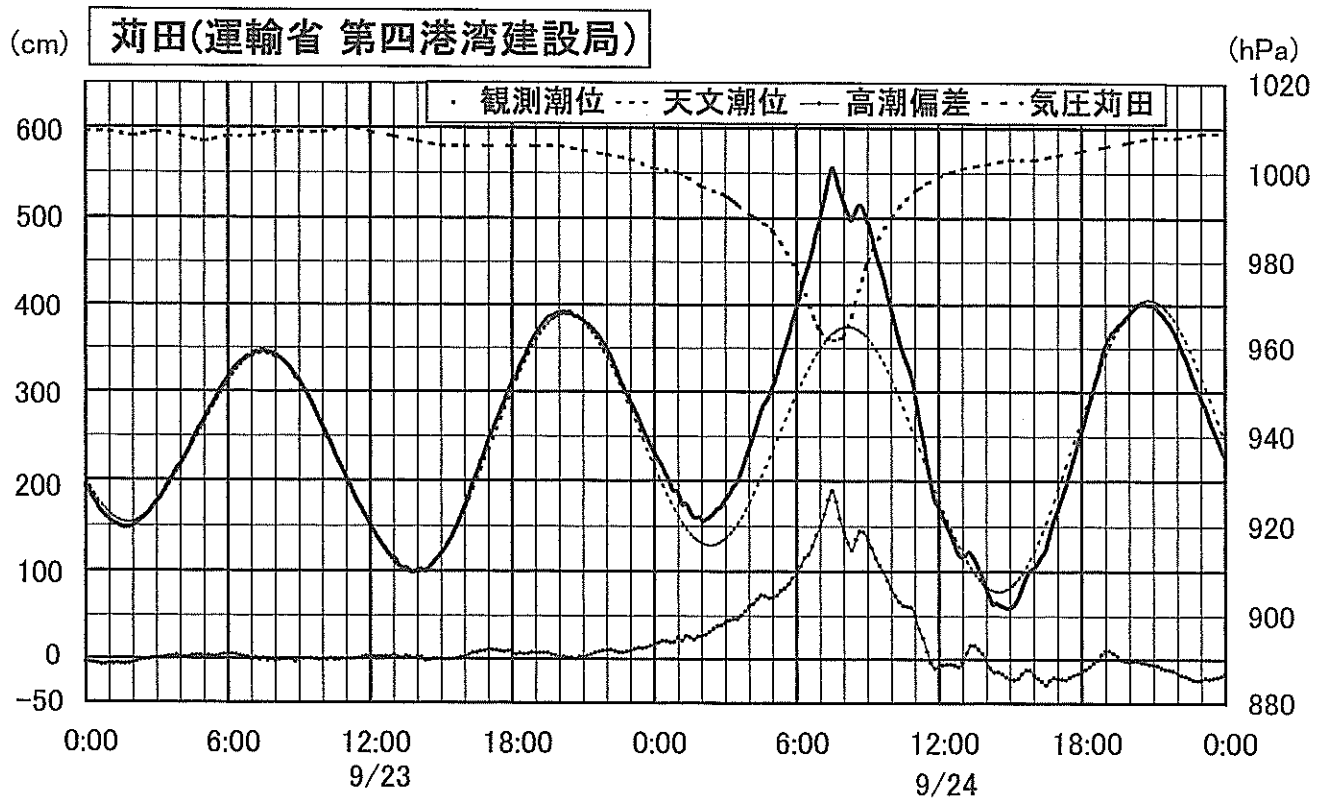
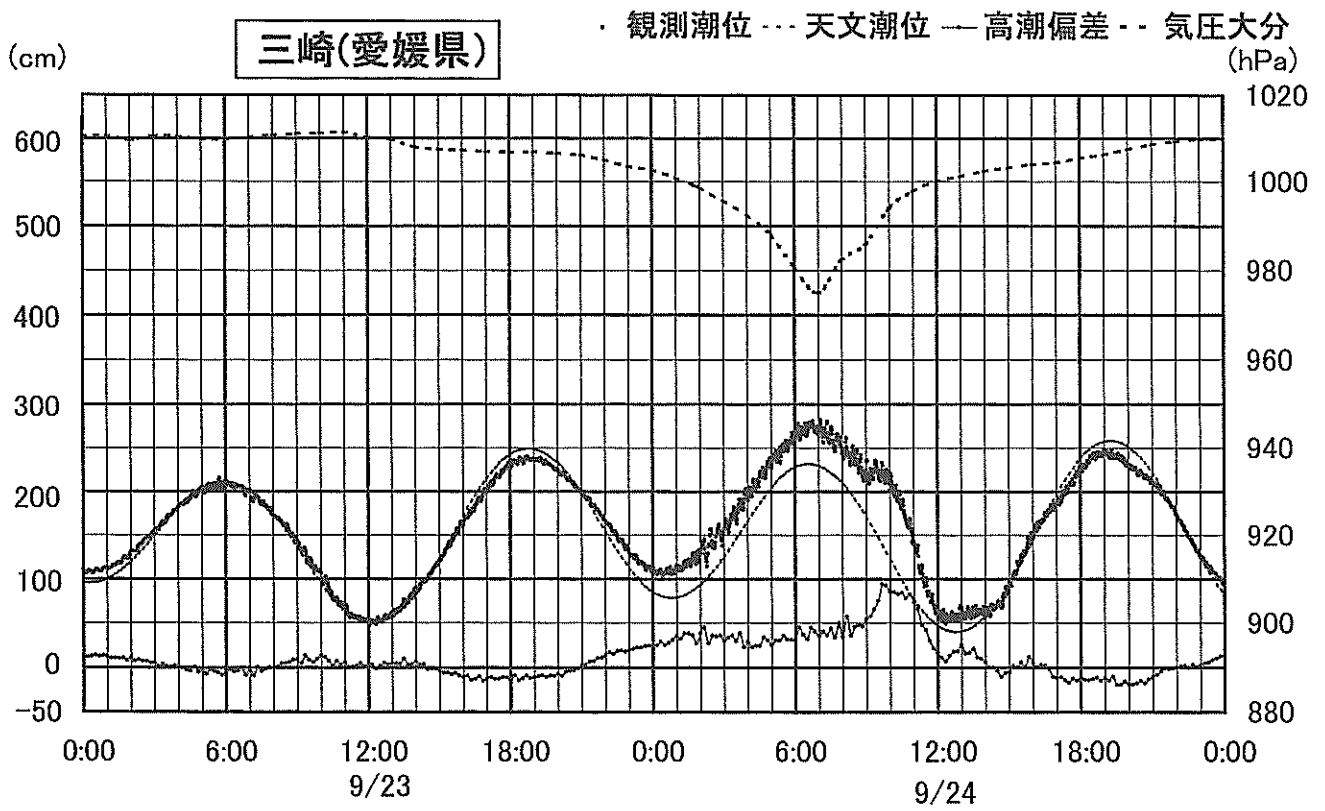


図-A.1 潮位記録(8)

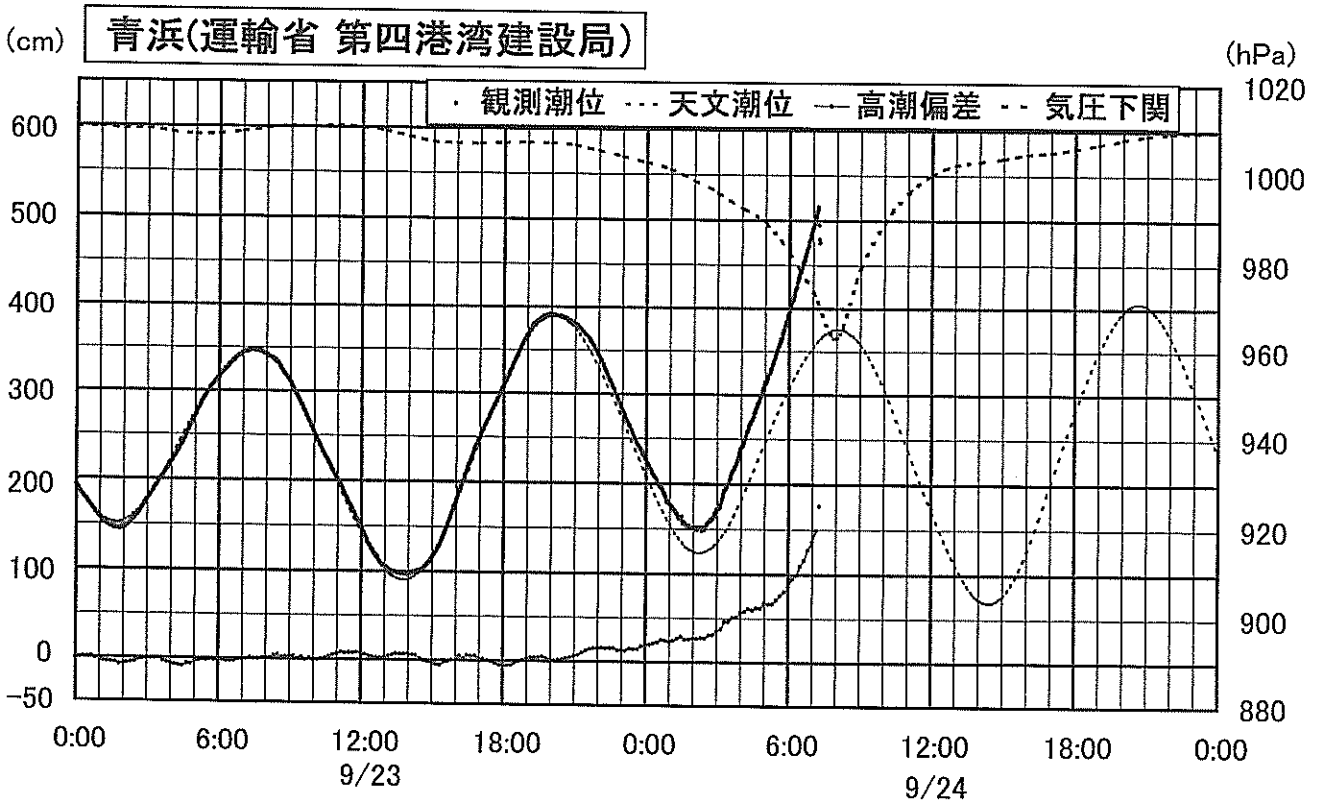
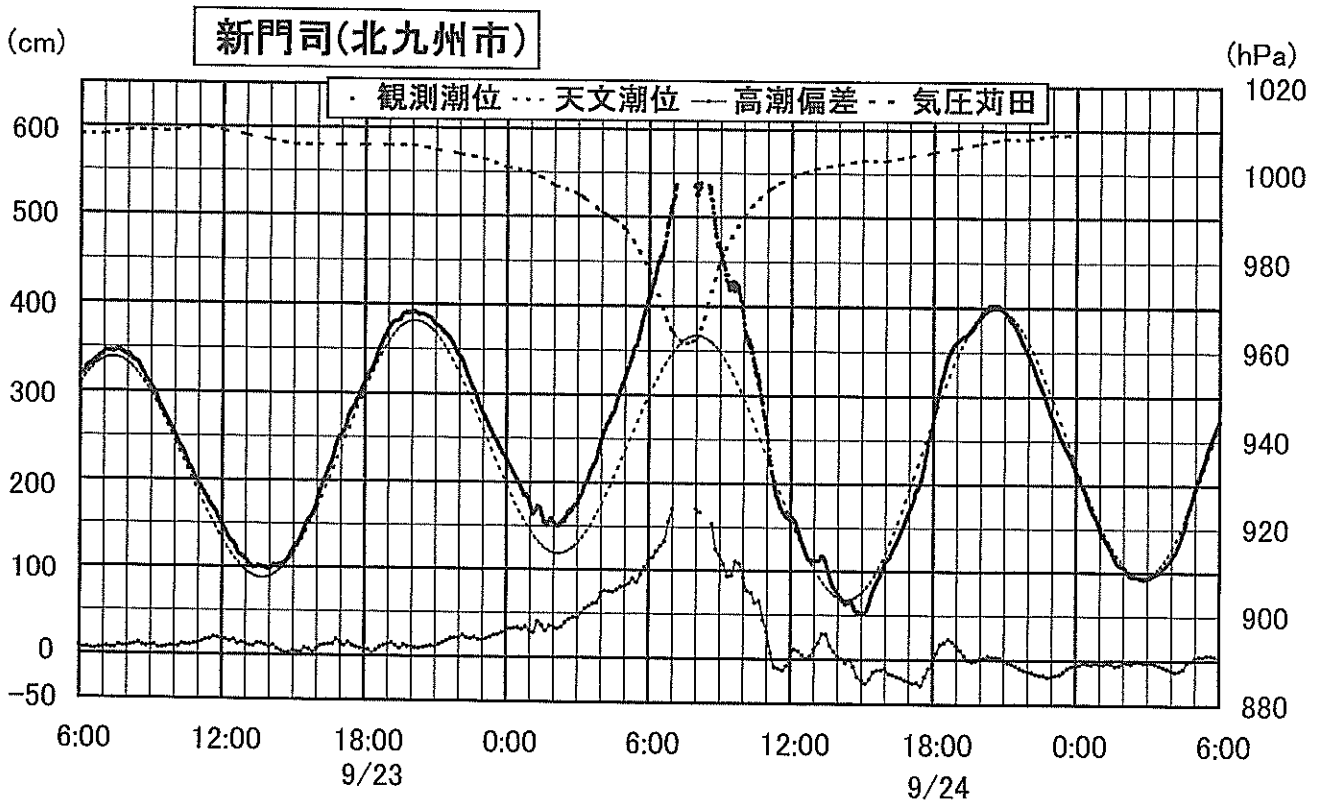


図-A.1 潮位記録(9)

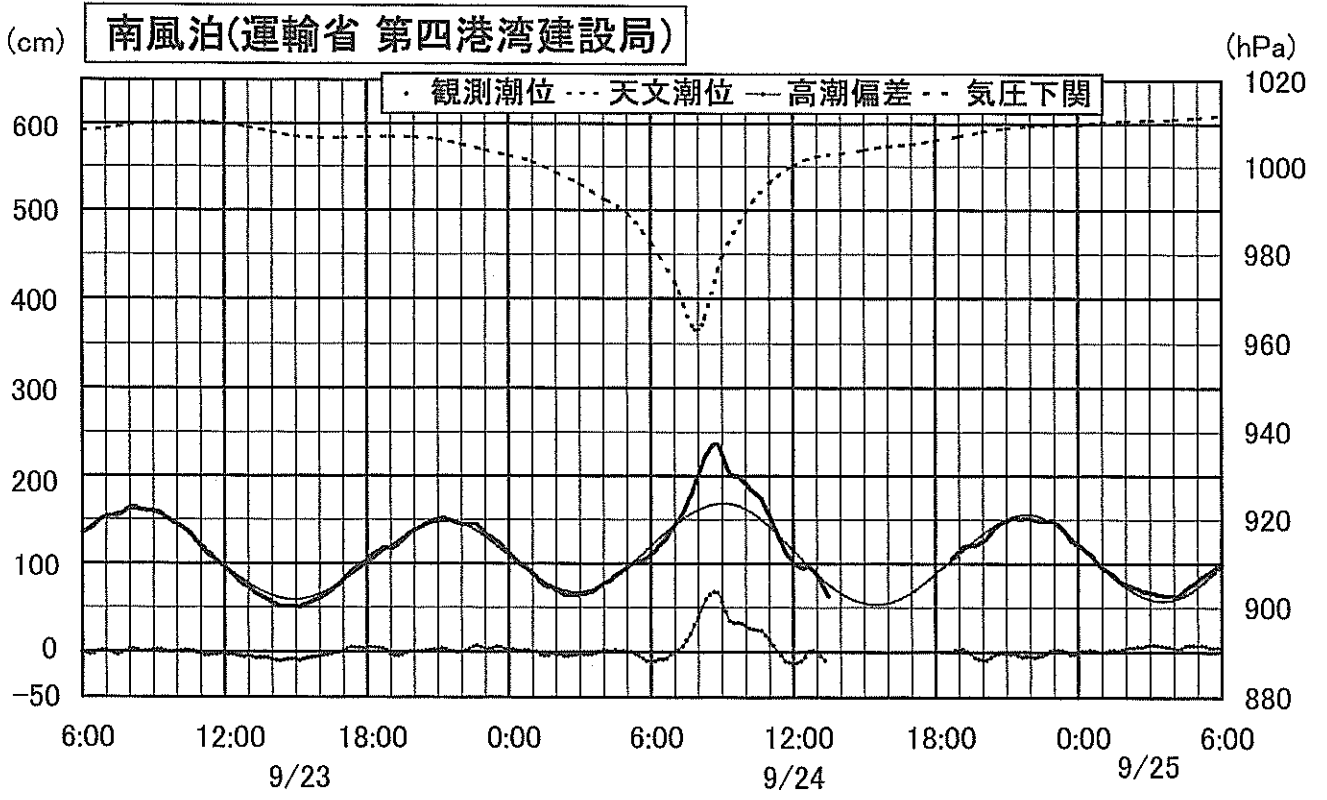
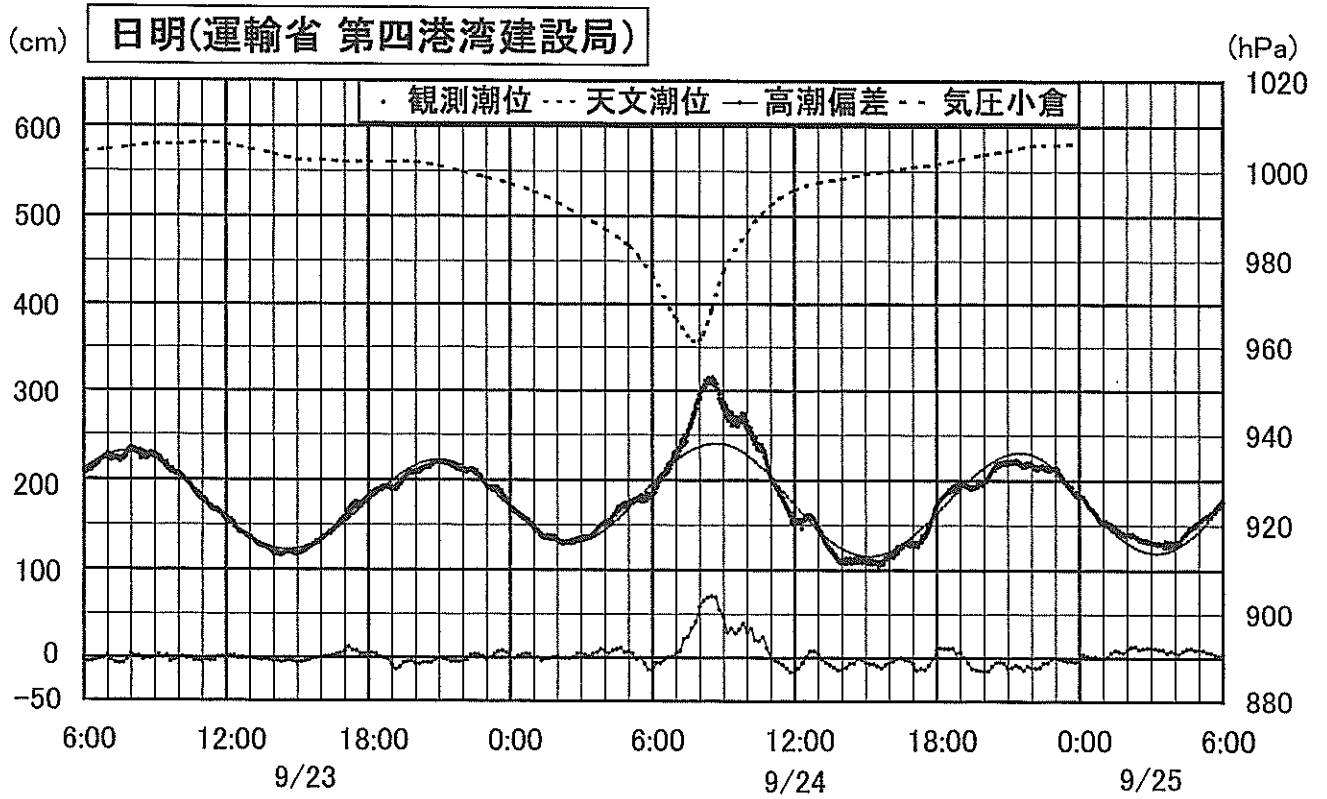


図-A.1 潮位記録(10)

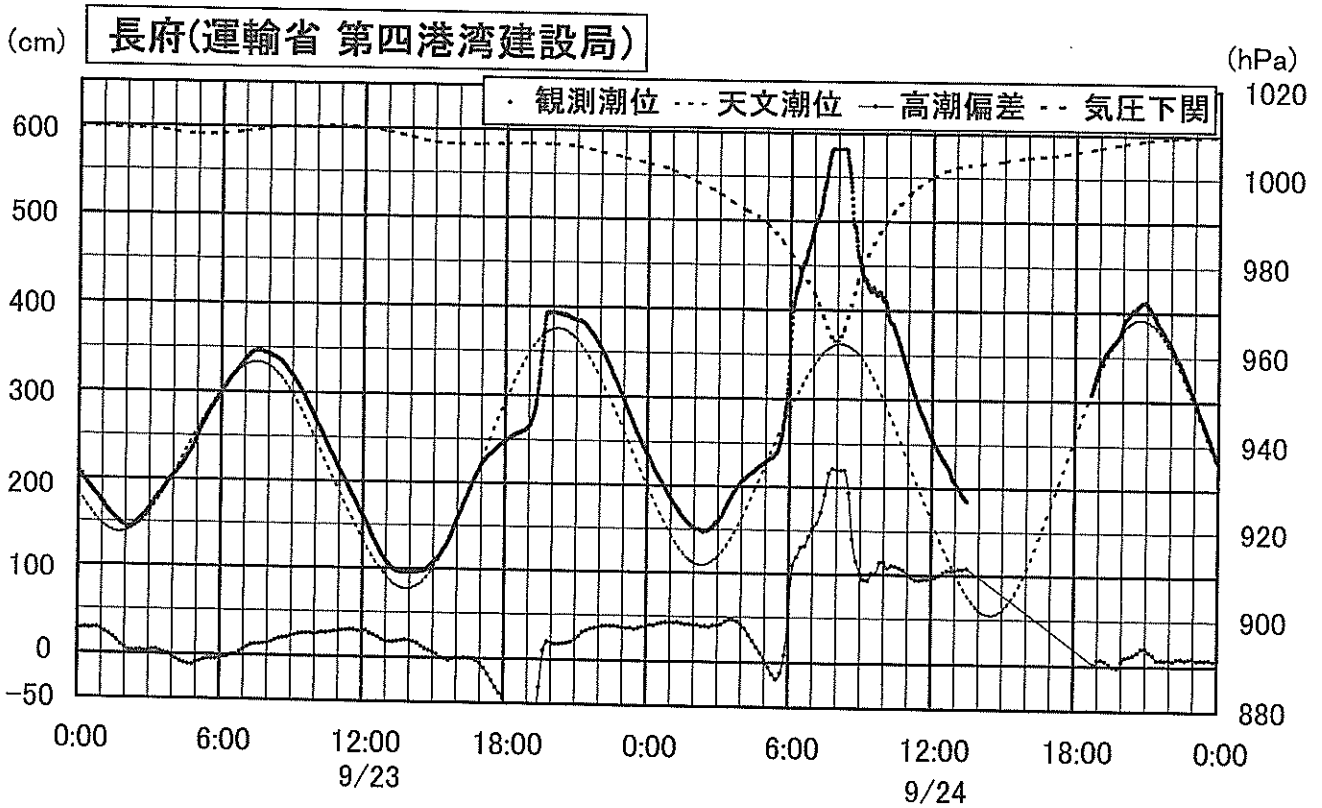
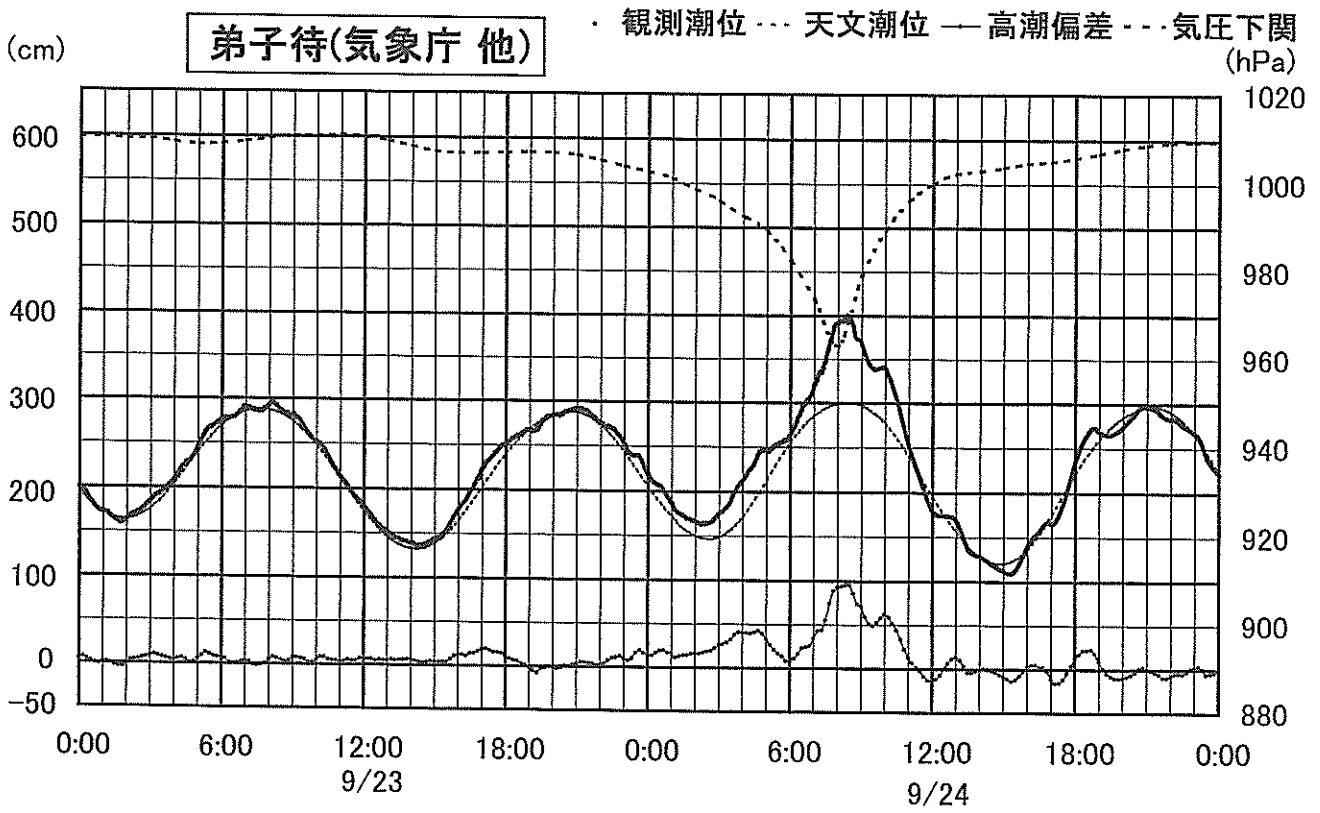


図-A.1 潮位記録(11)

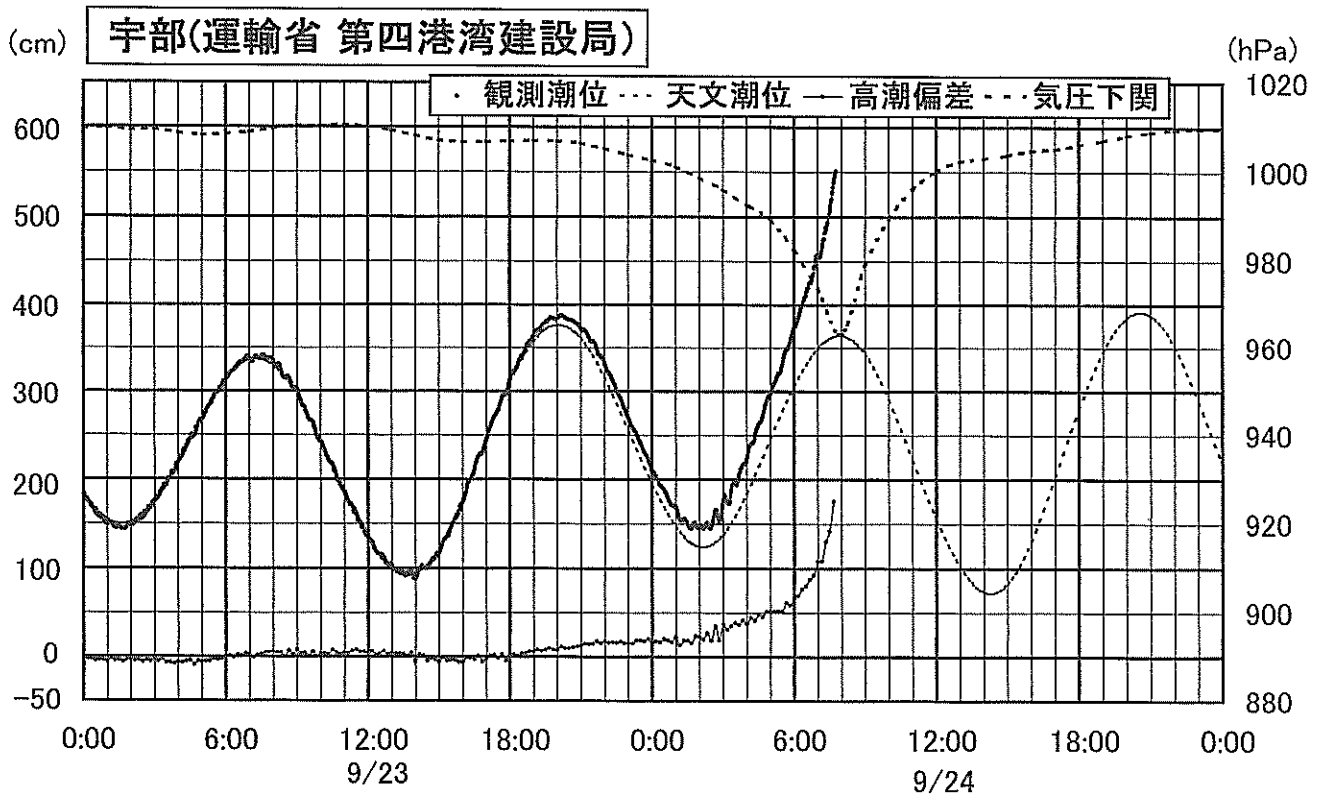
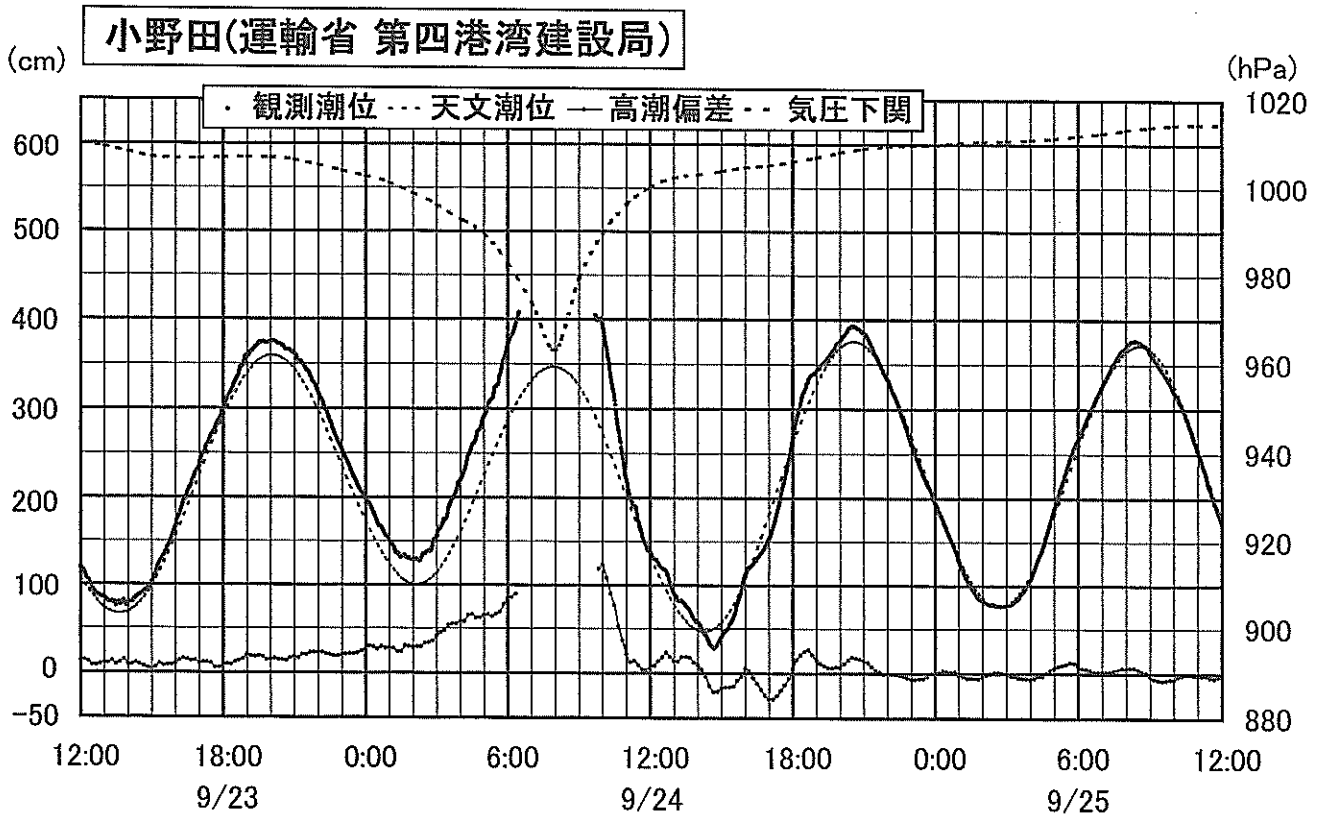
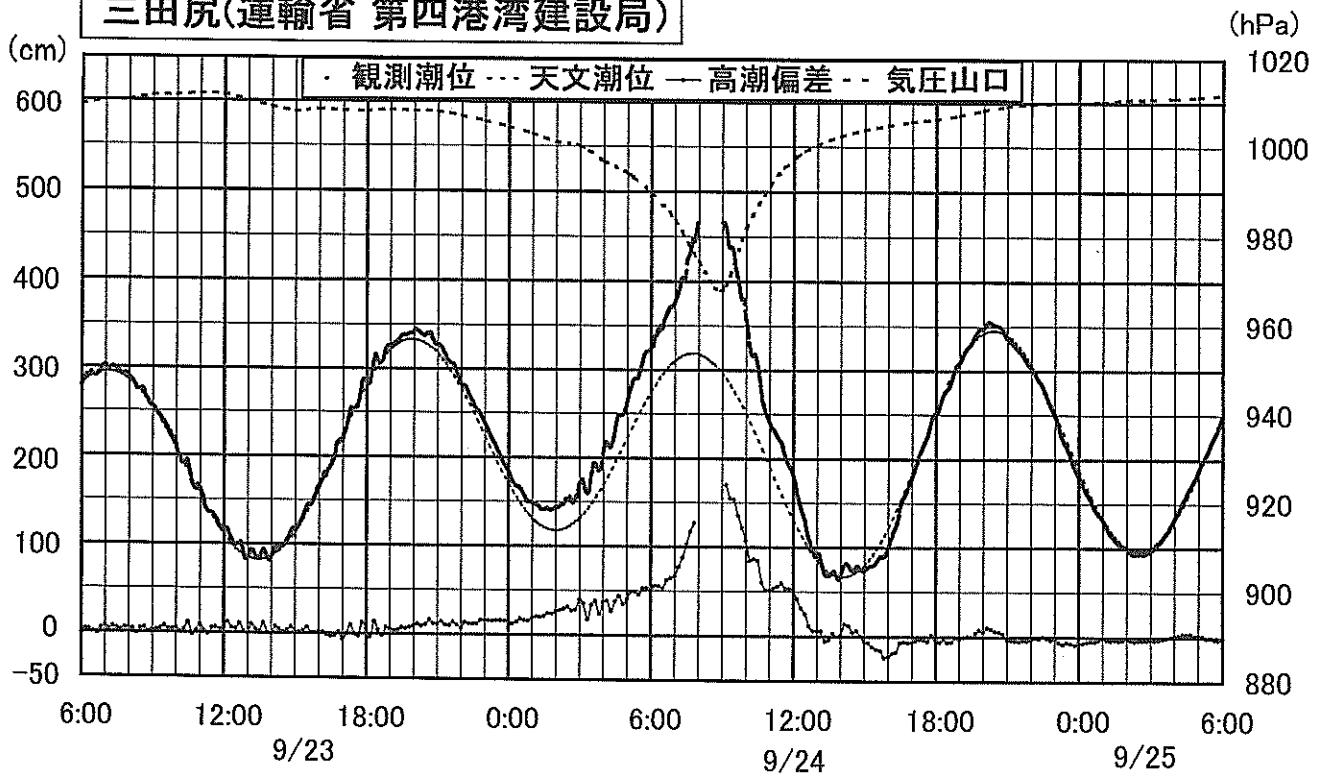


図-A.1 潮位記録(12)

三田尻(運輸省 第四港湾建設局)



徳山(海上保安庁)

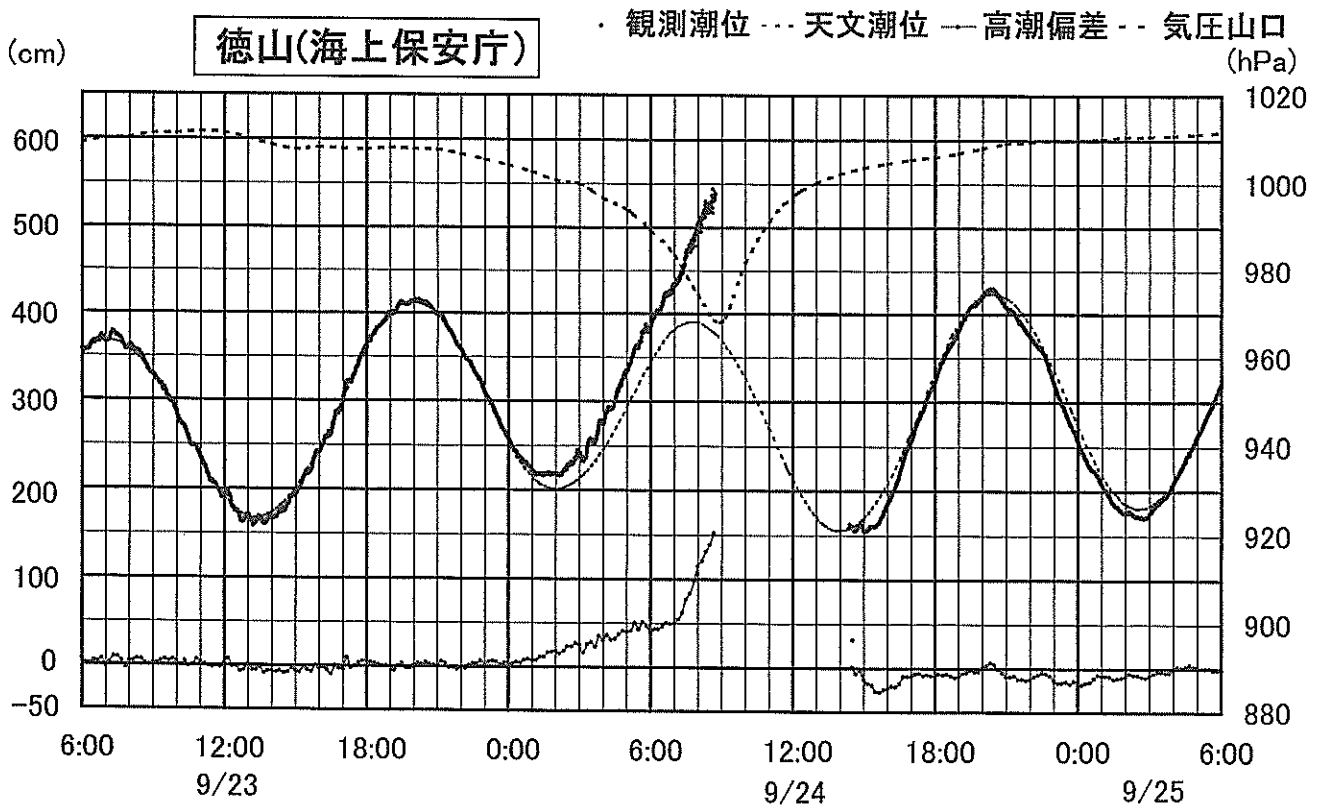


図-A.1 潮位記録(13)

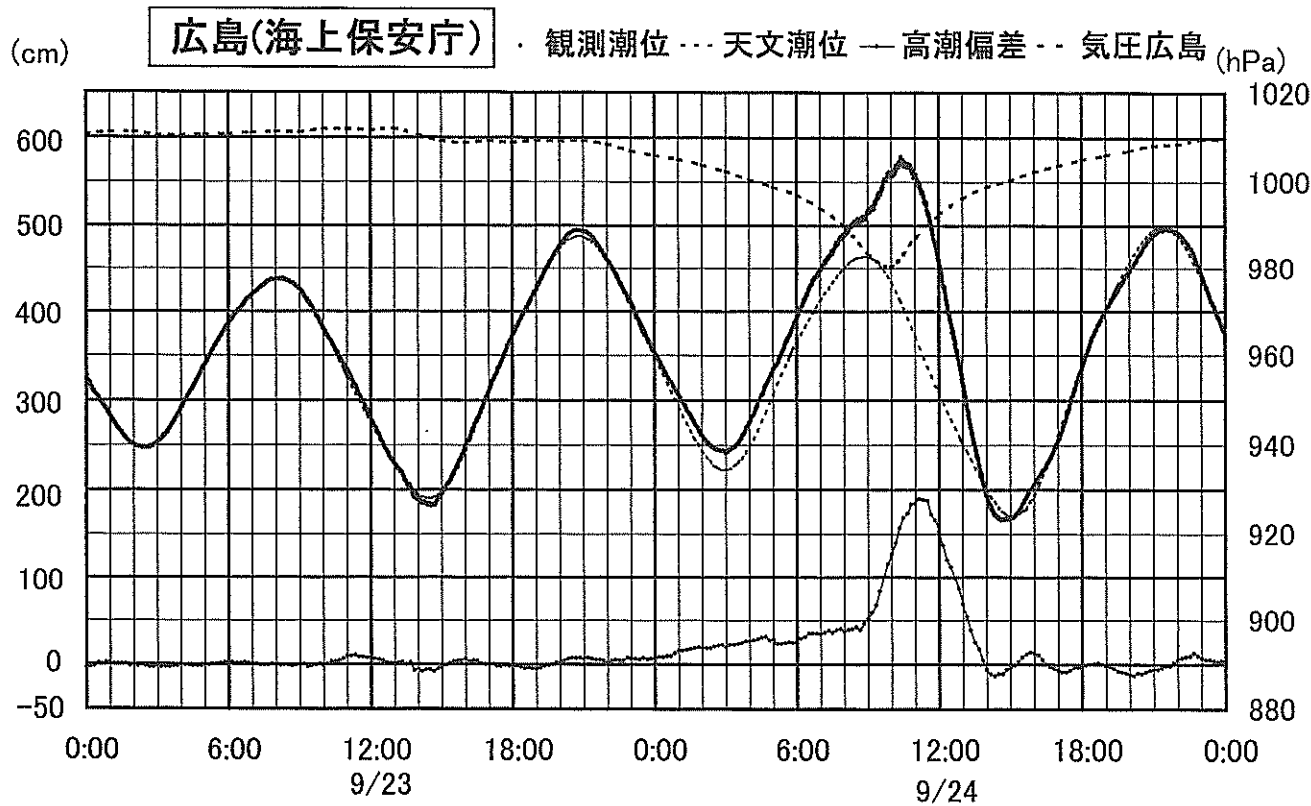
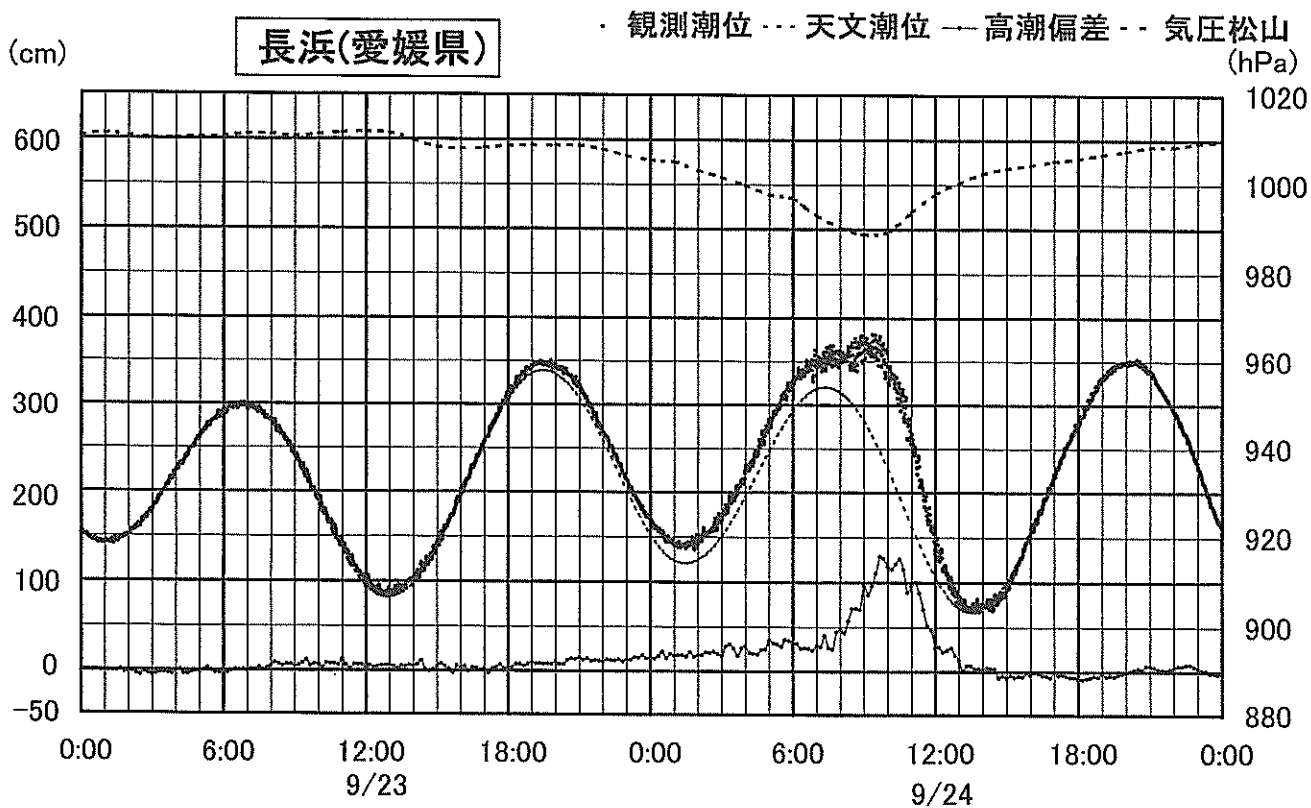


図-A.1 潮位記録(14)

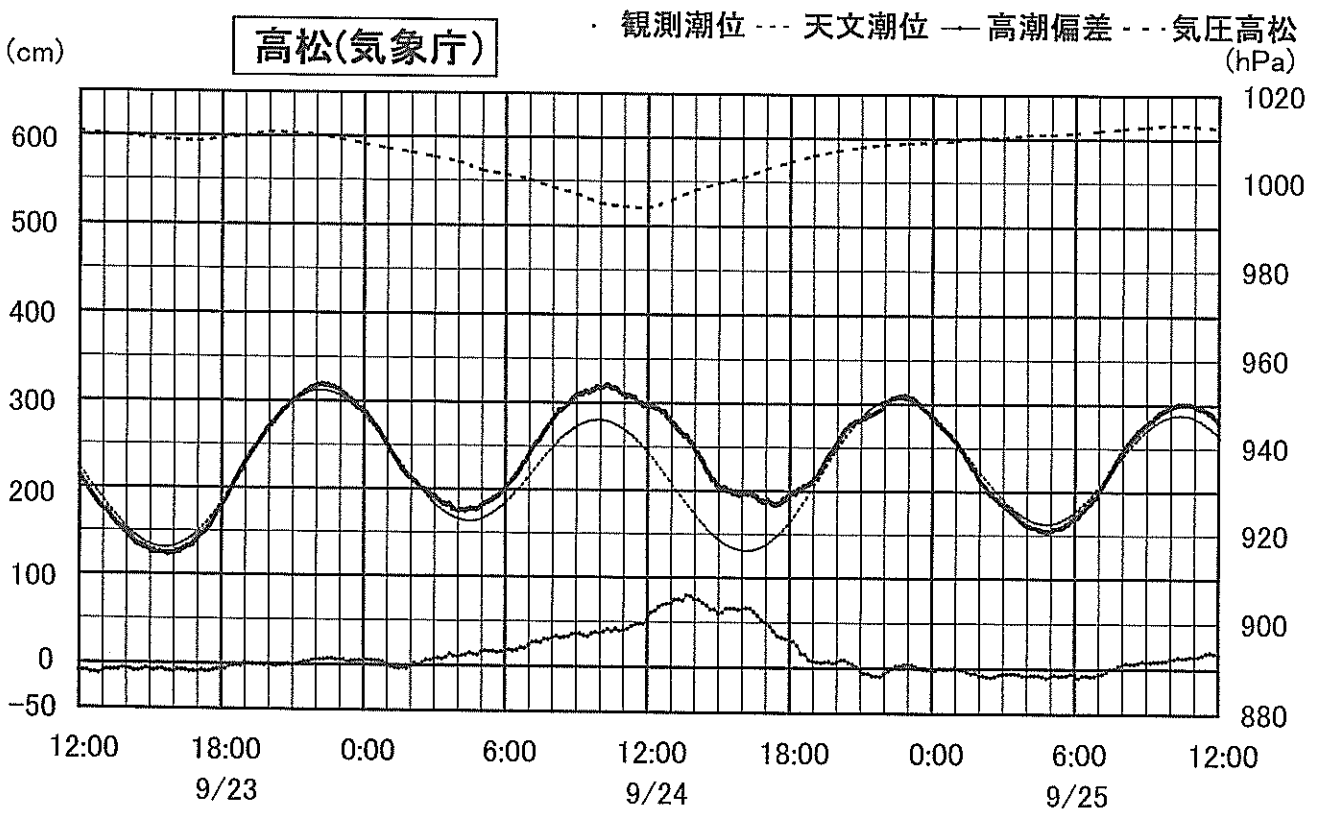
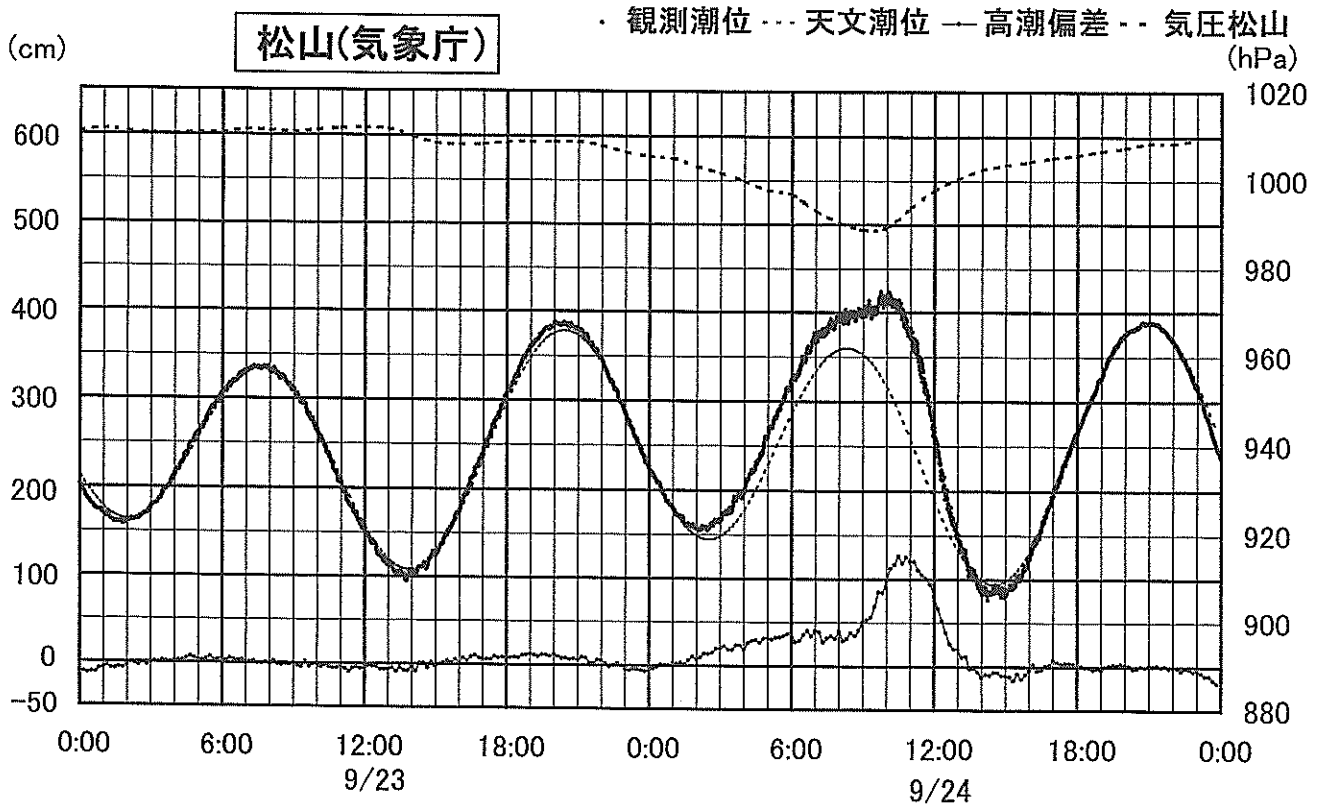


図-A.1 潮位記録(15)

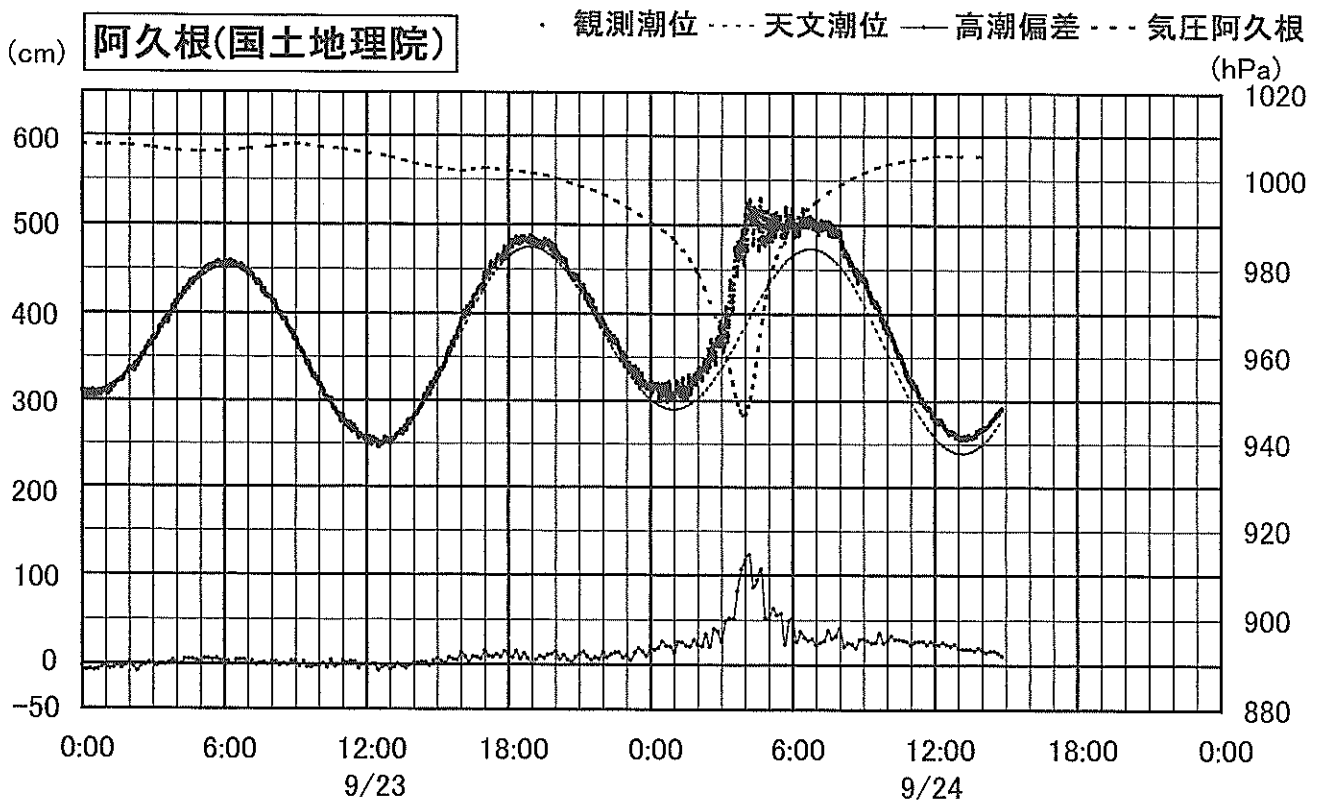
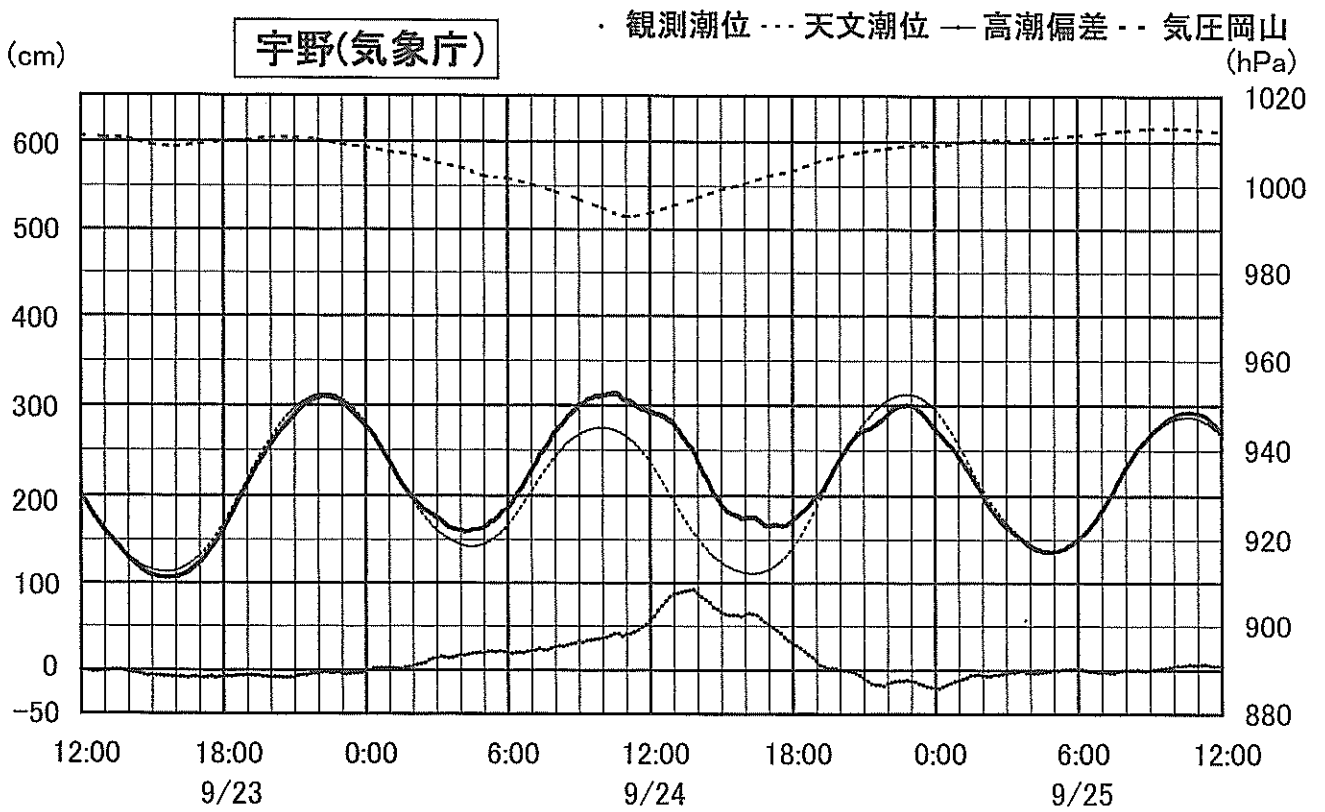


図-A.1 潮位記録(16)

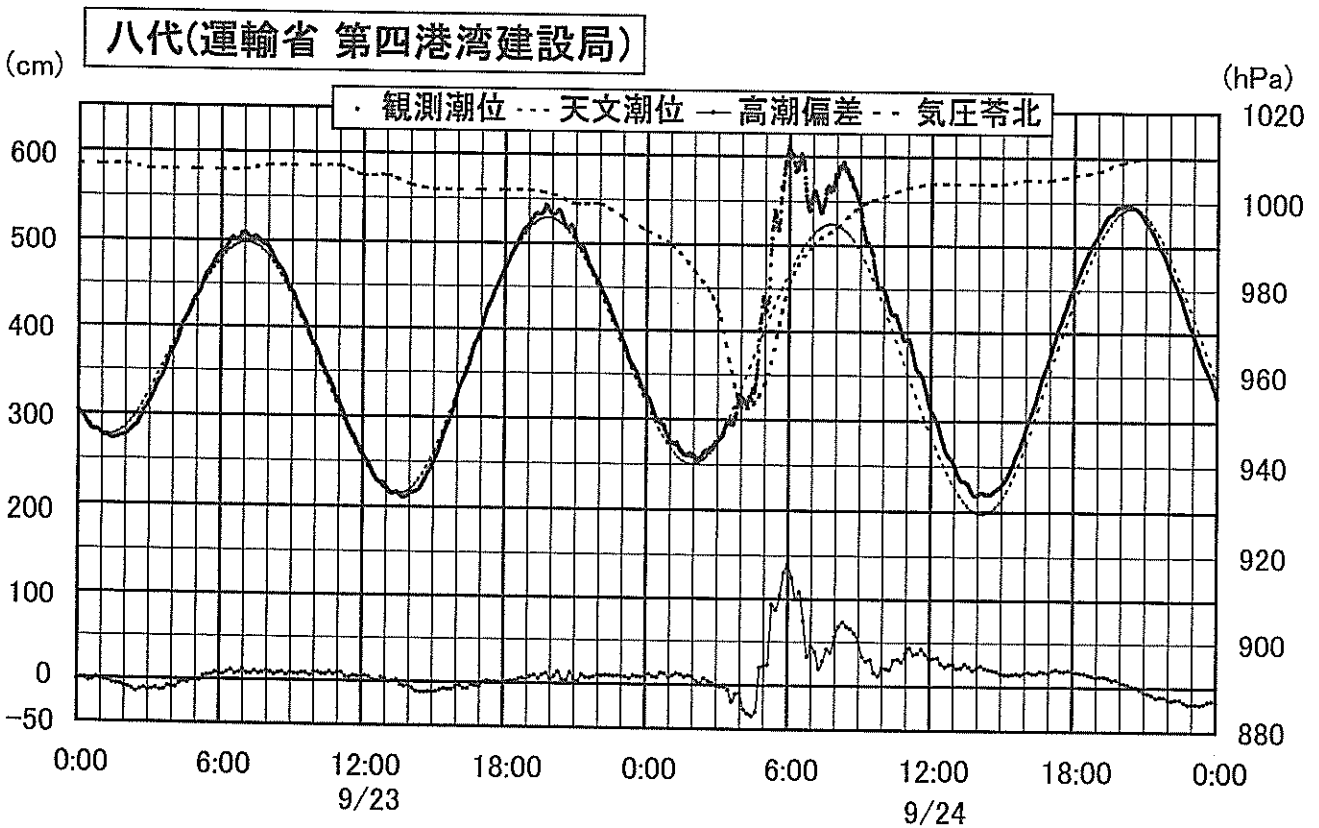
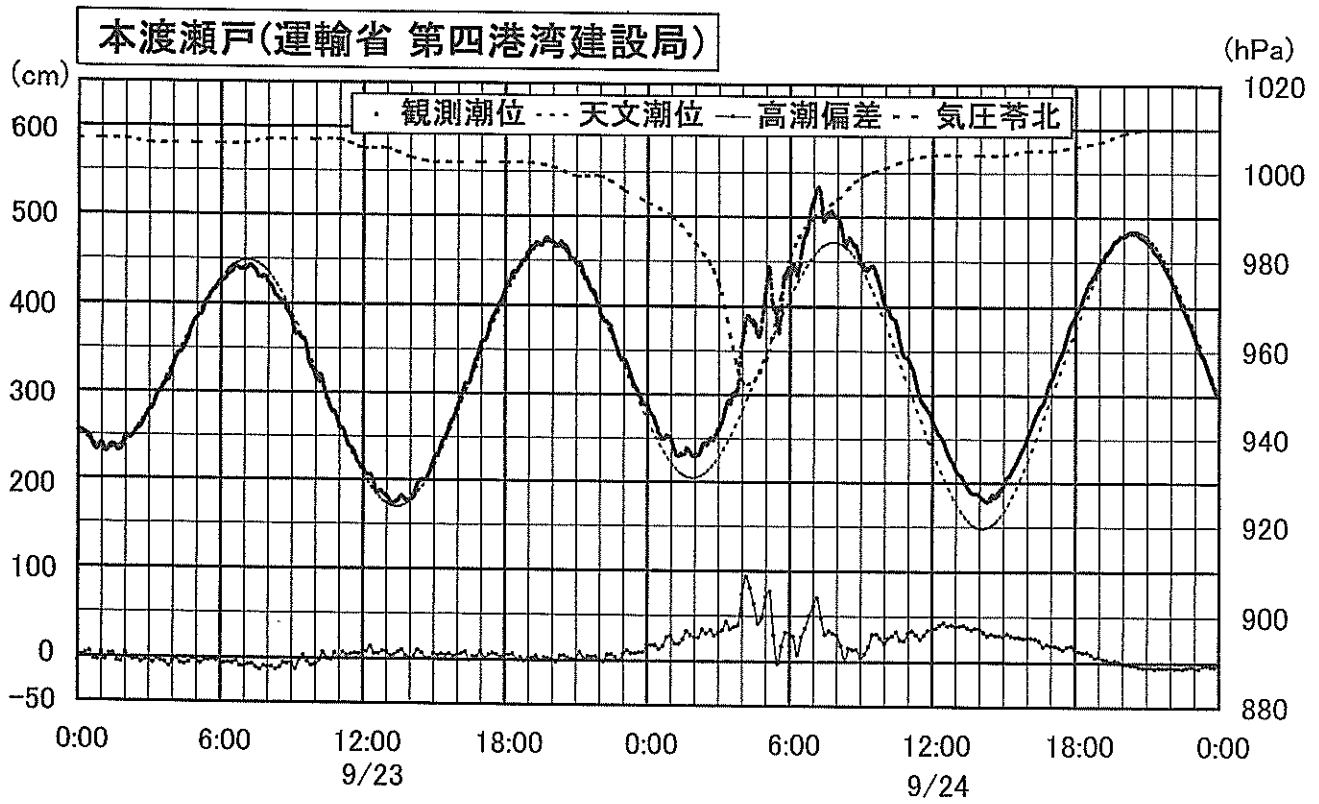


図-A.1 潮位記録(17)

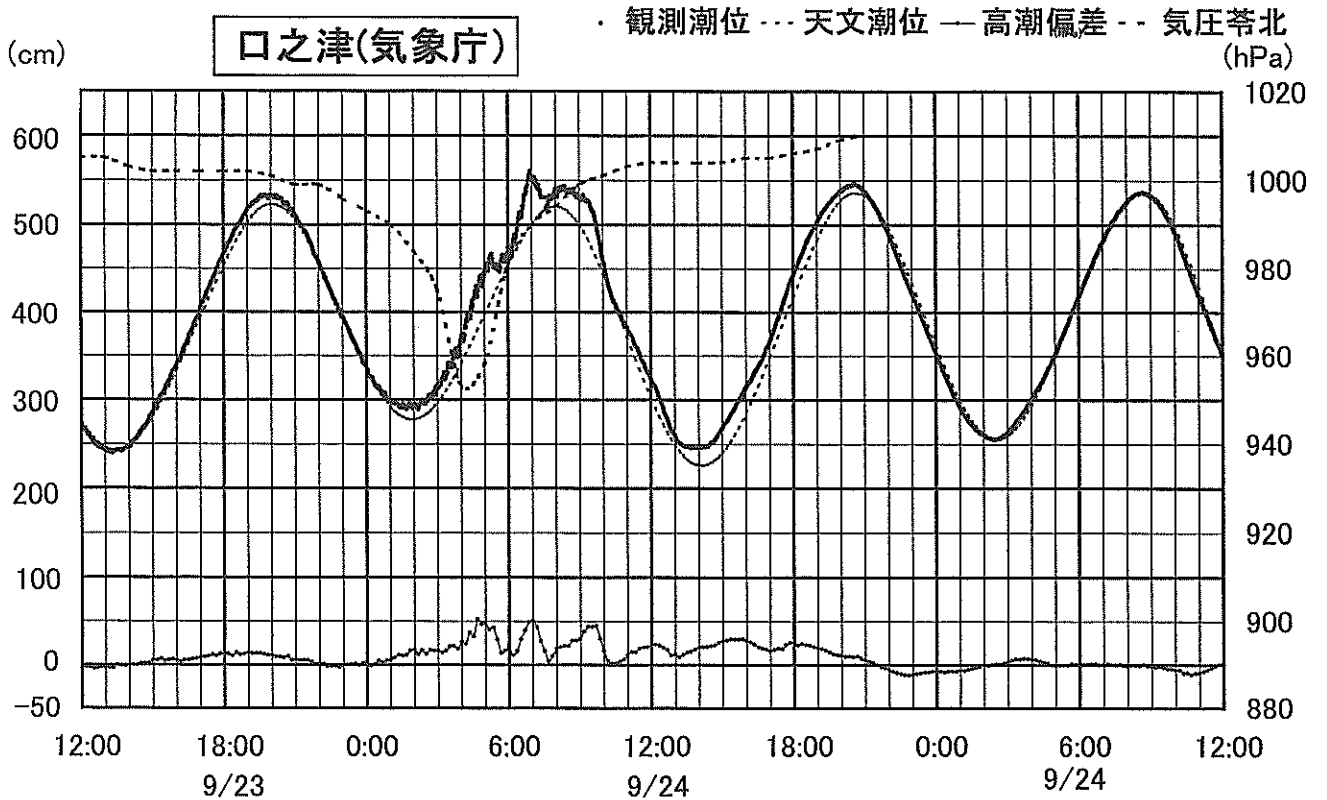
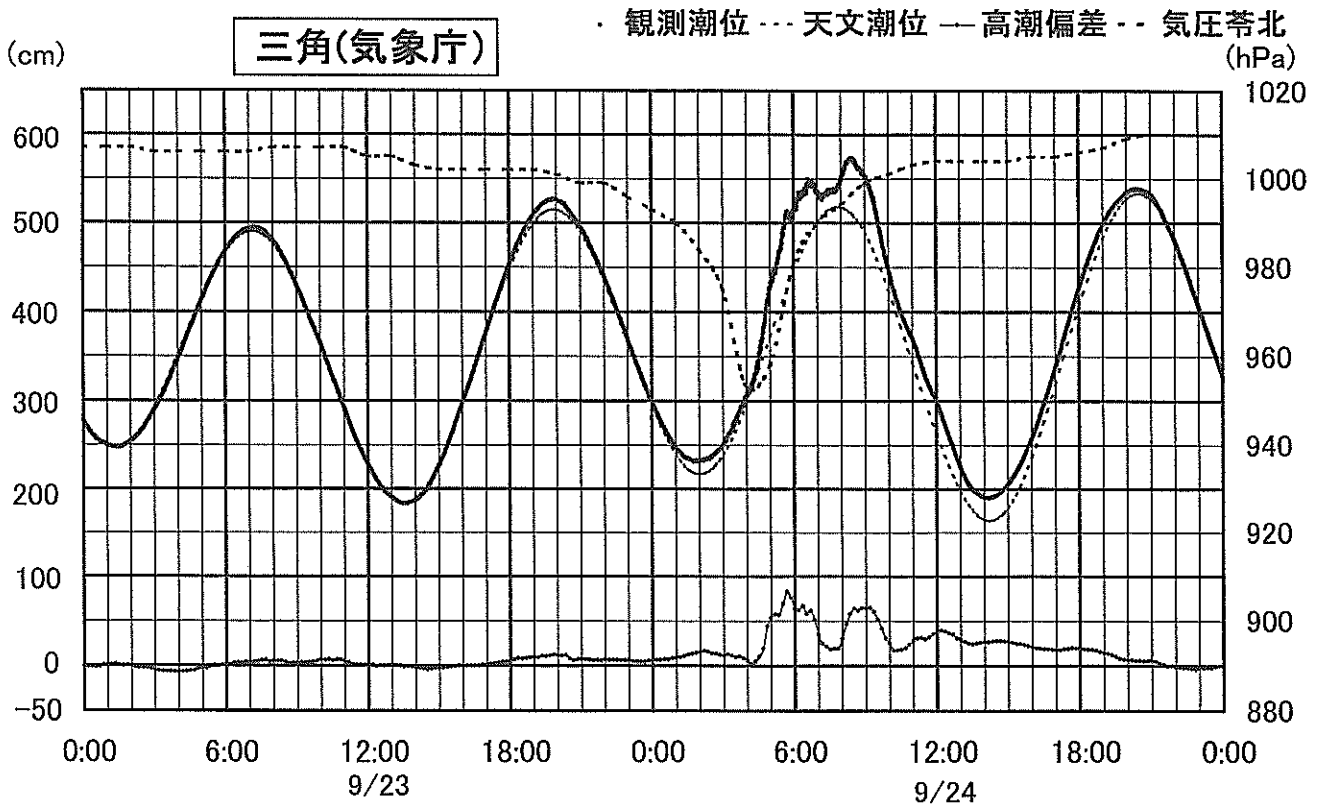


図-A.1 潮位記録(18)

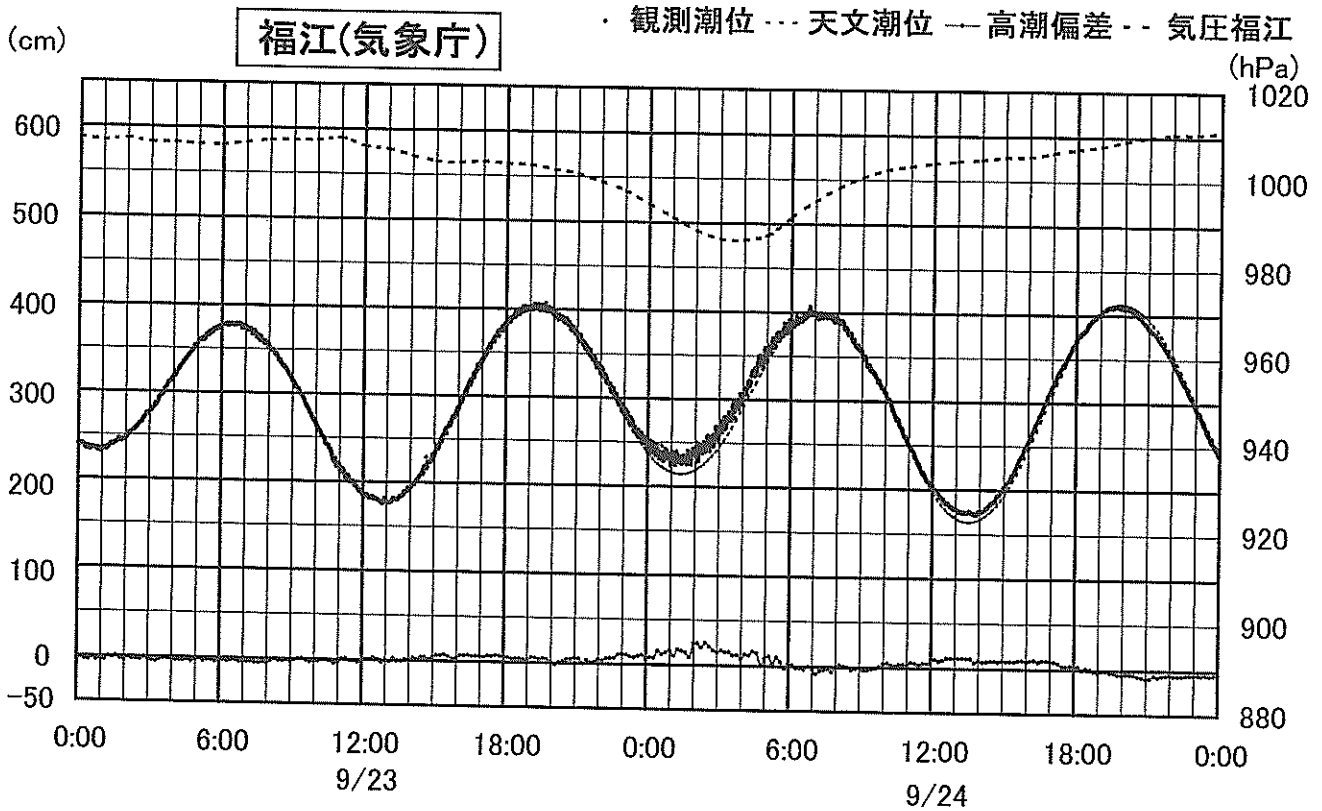
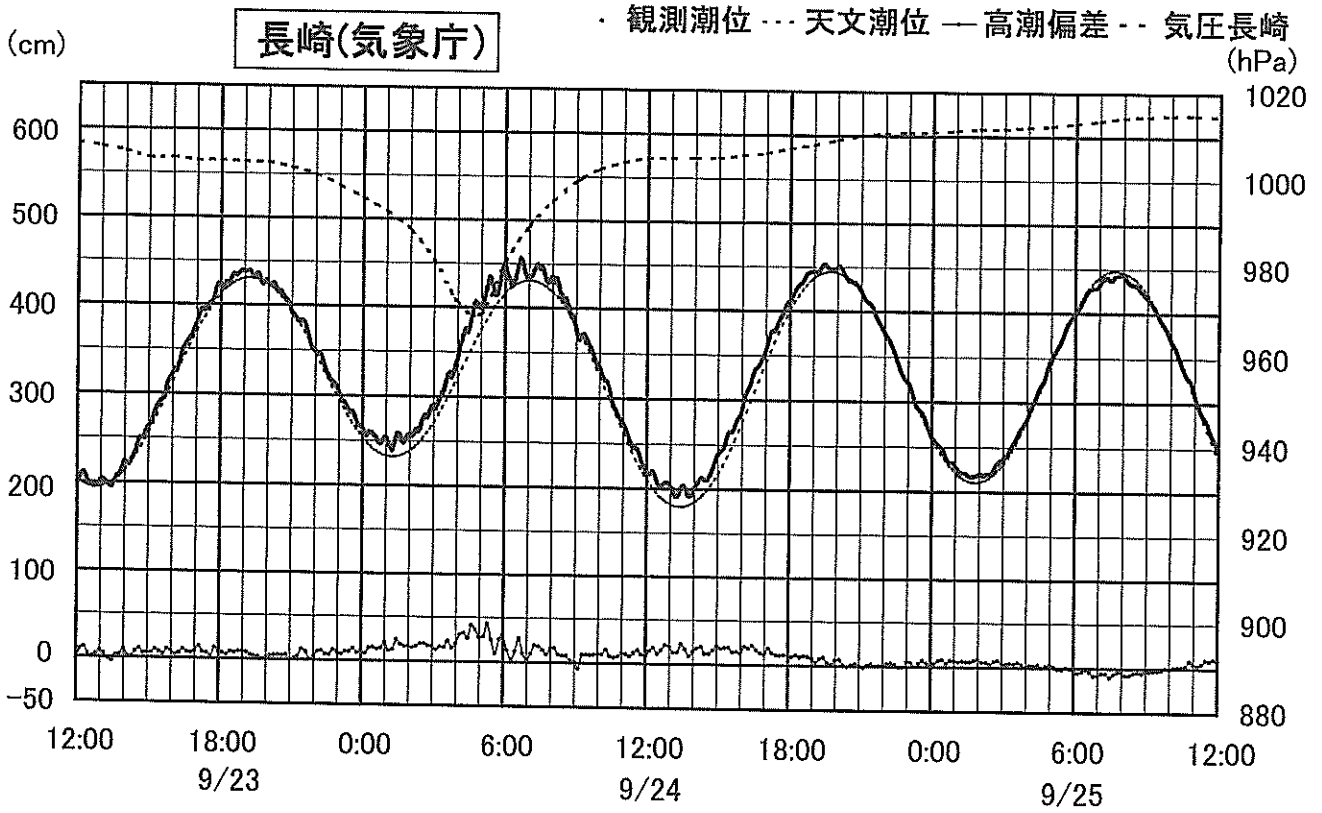


図-A.1 潮位記録(19)

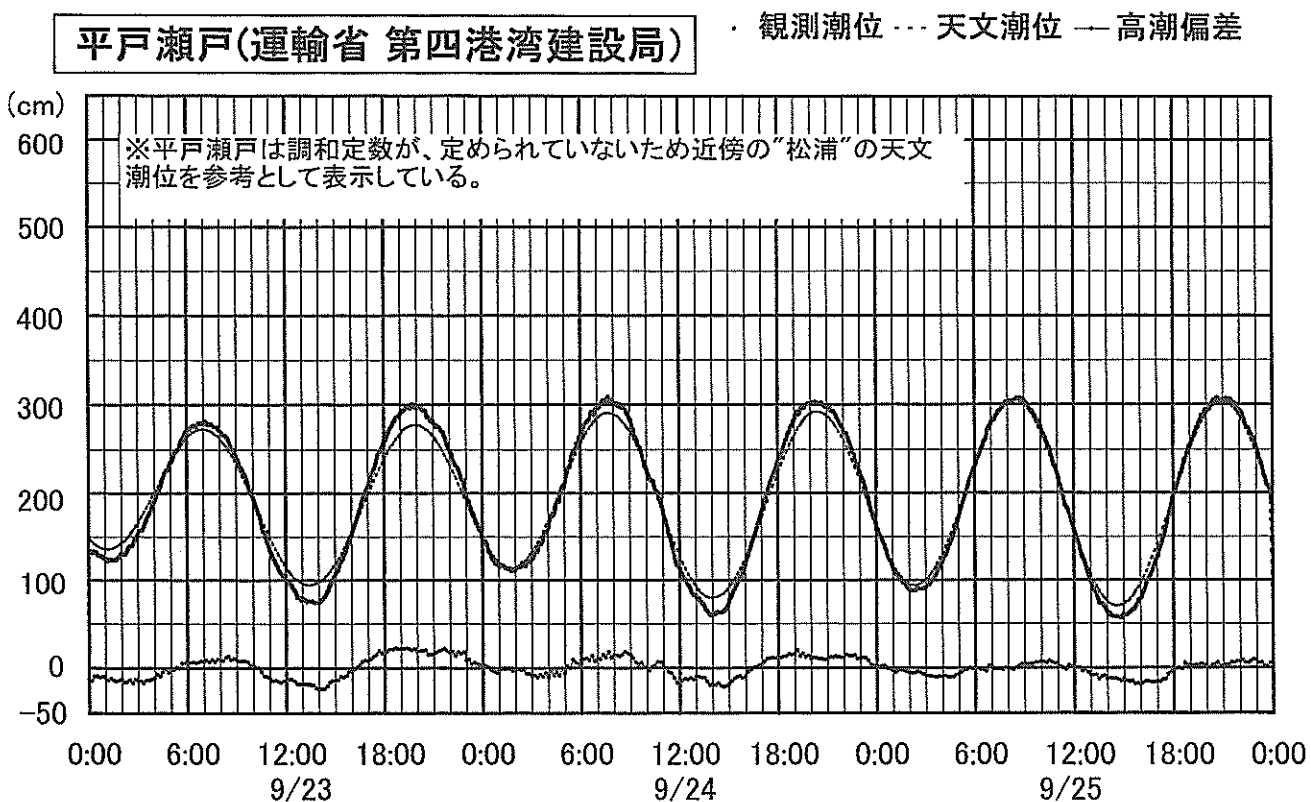
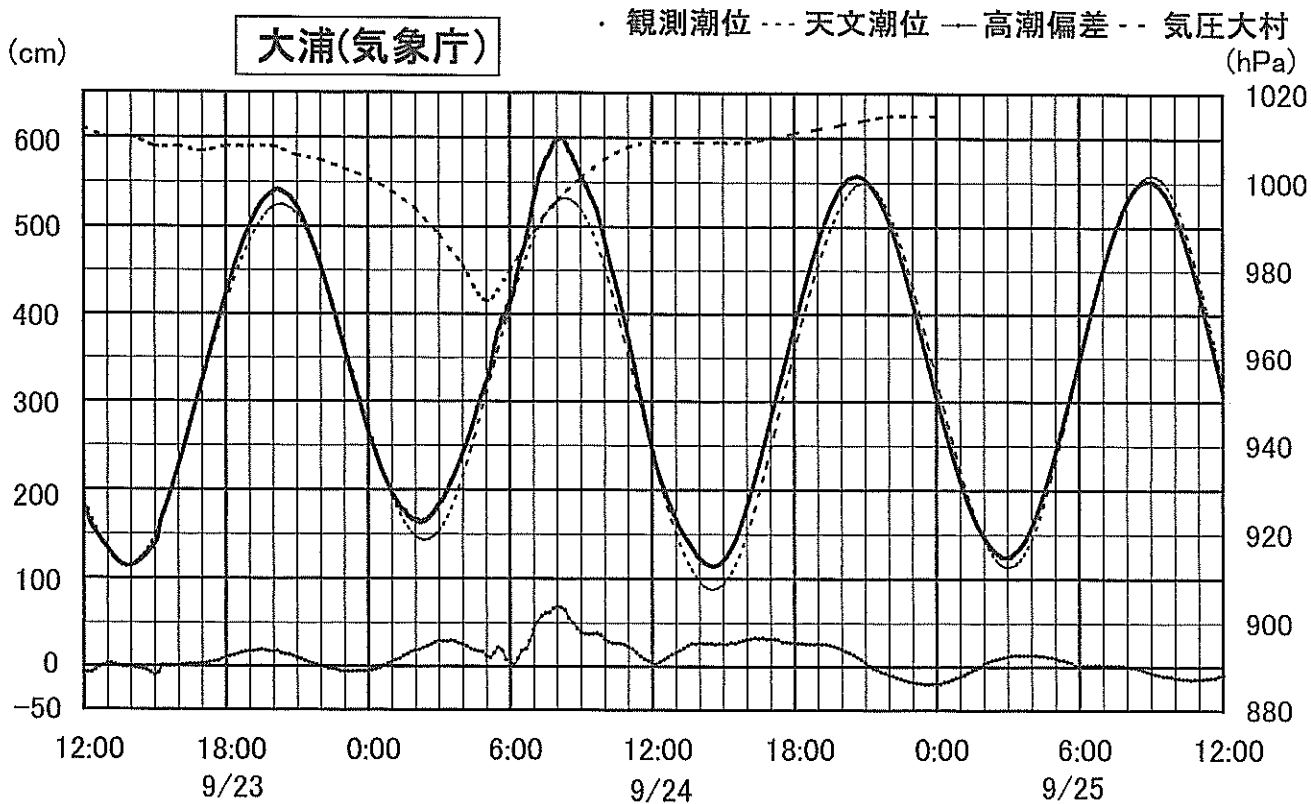


図-A.1 潮位記録(20)

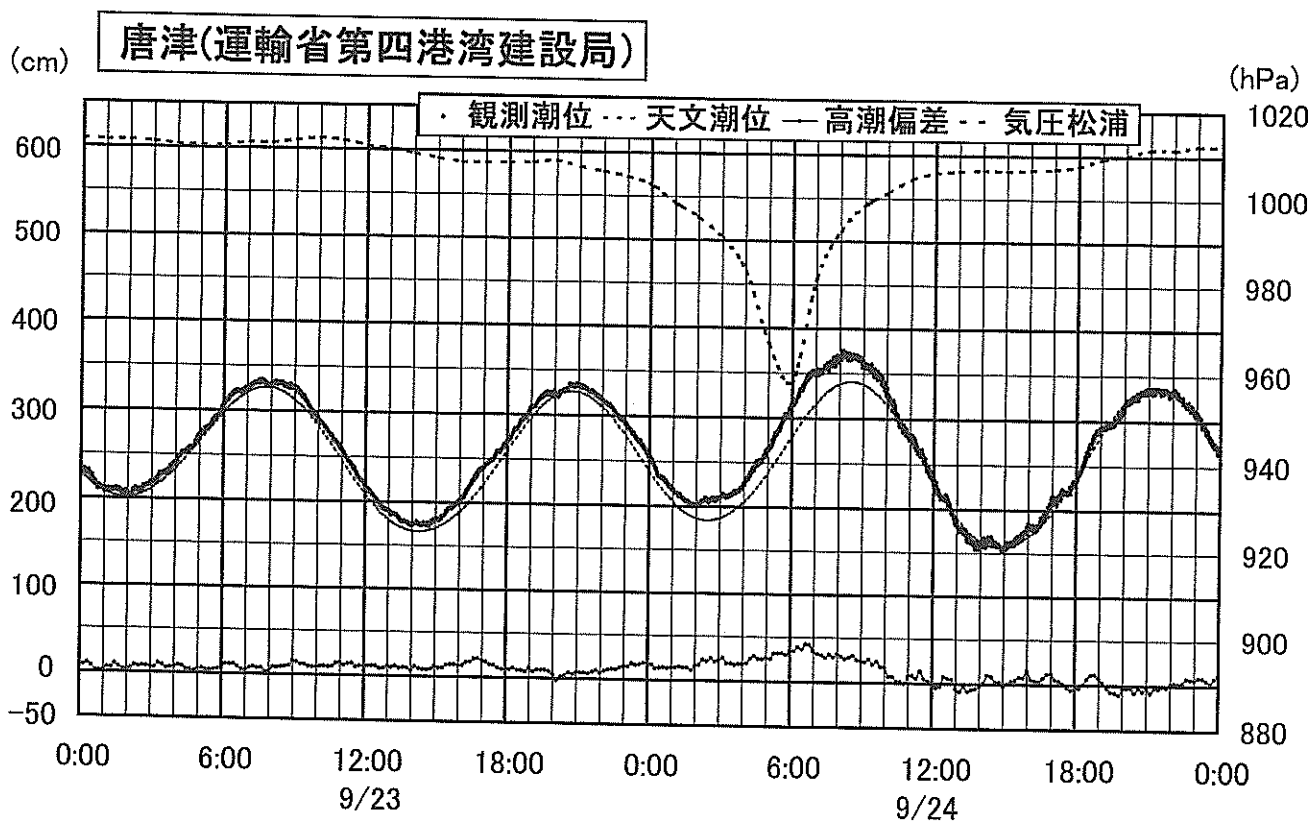
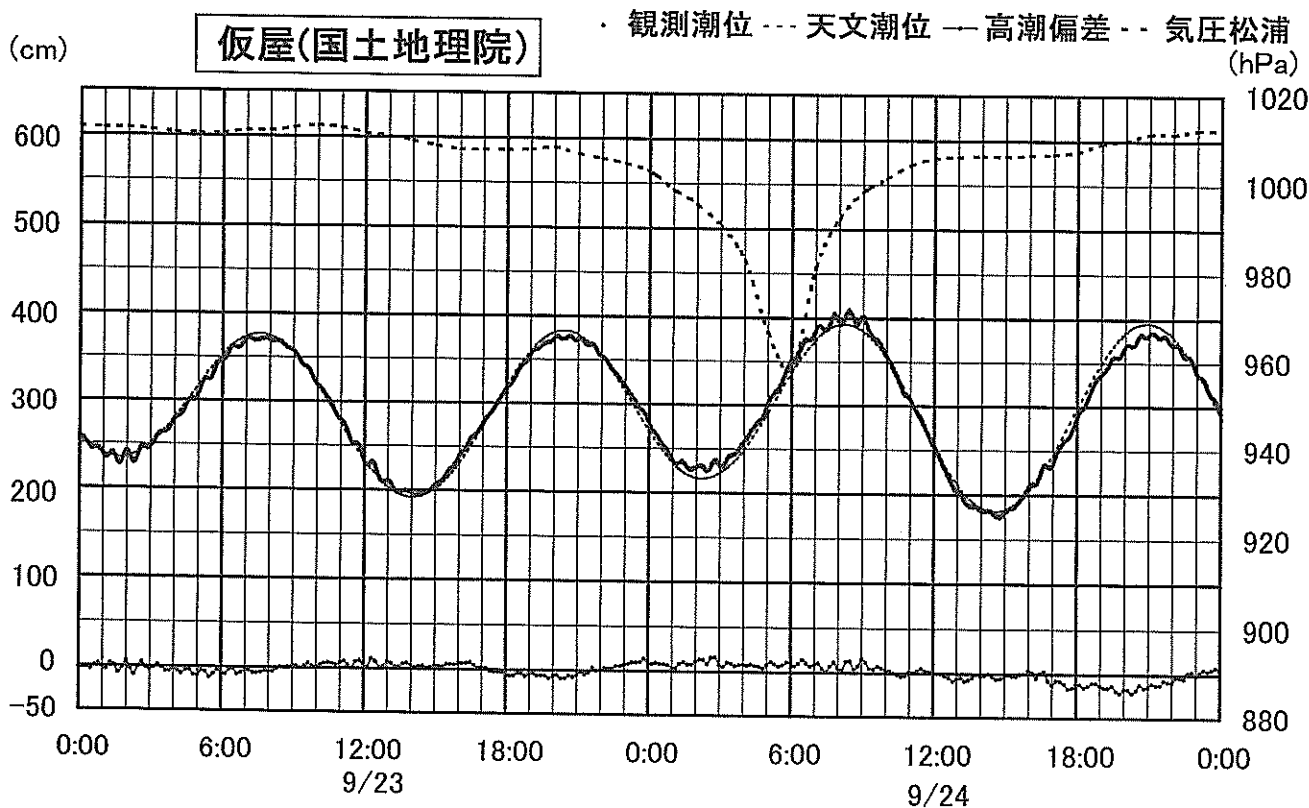


図-A.1 潮位記録(21)

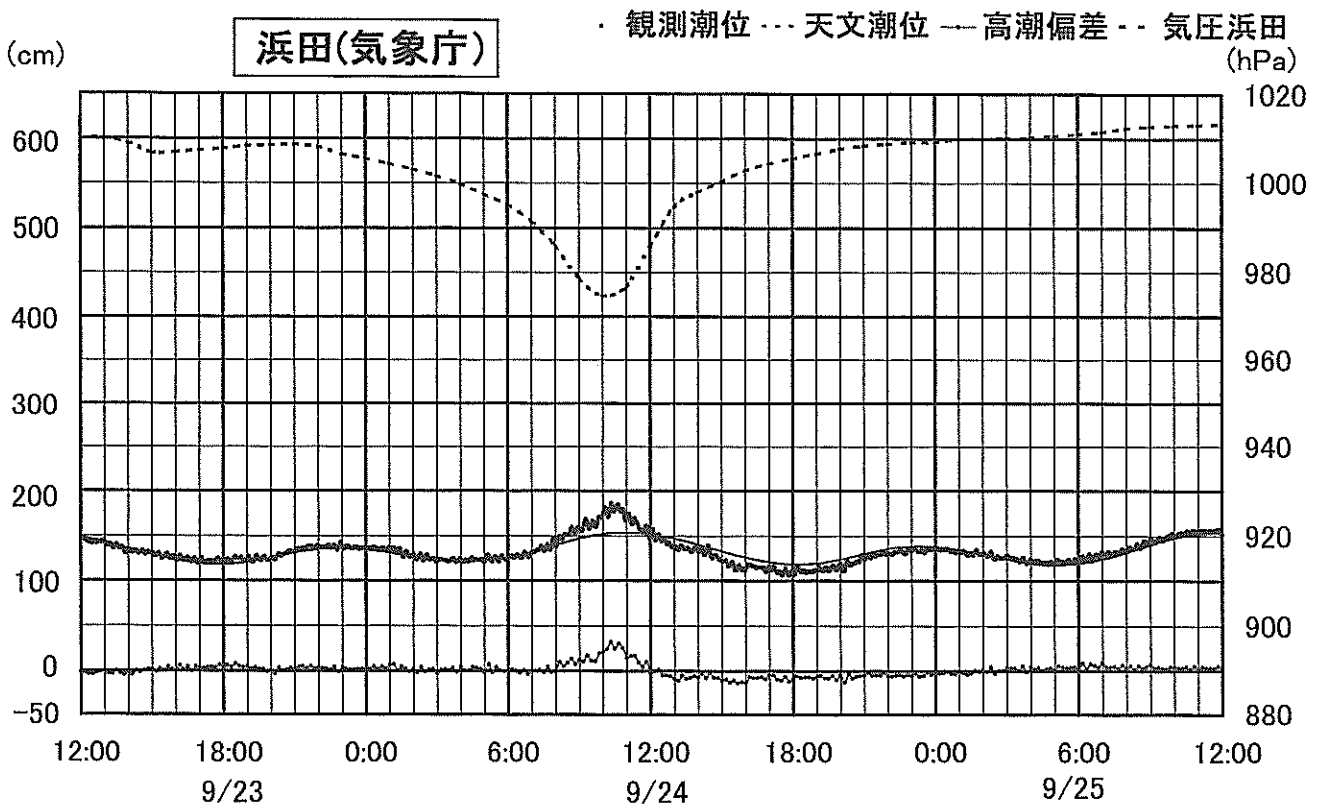
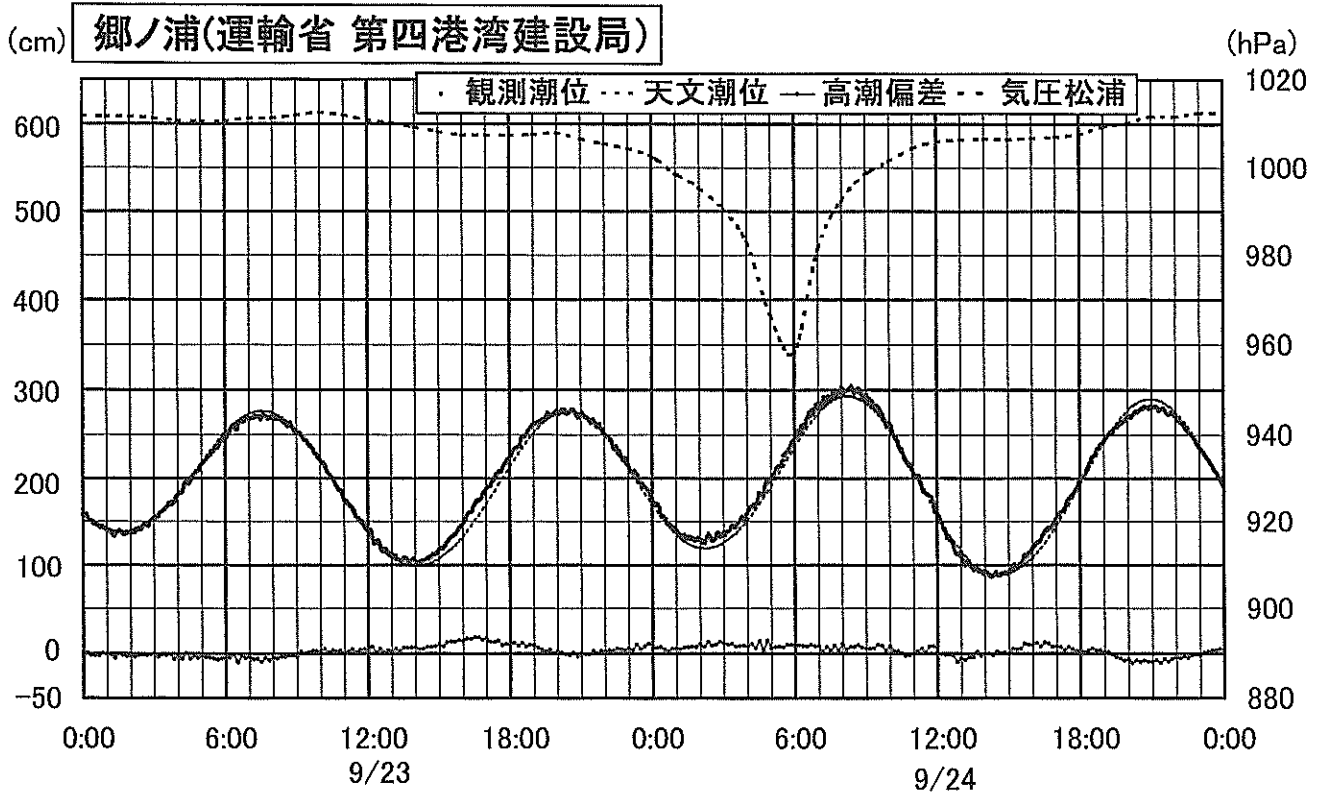


図-A.1 潮位記録(22)

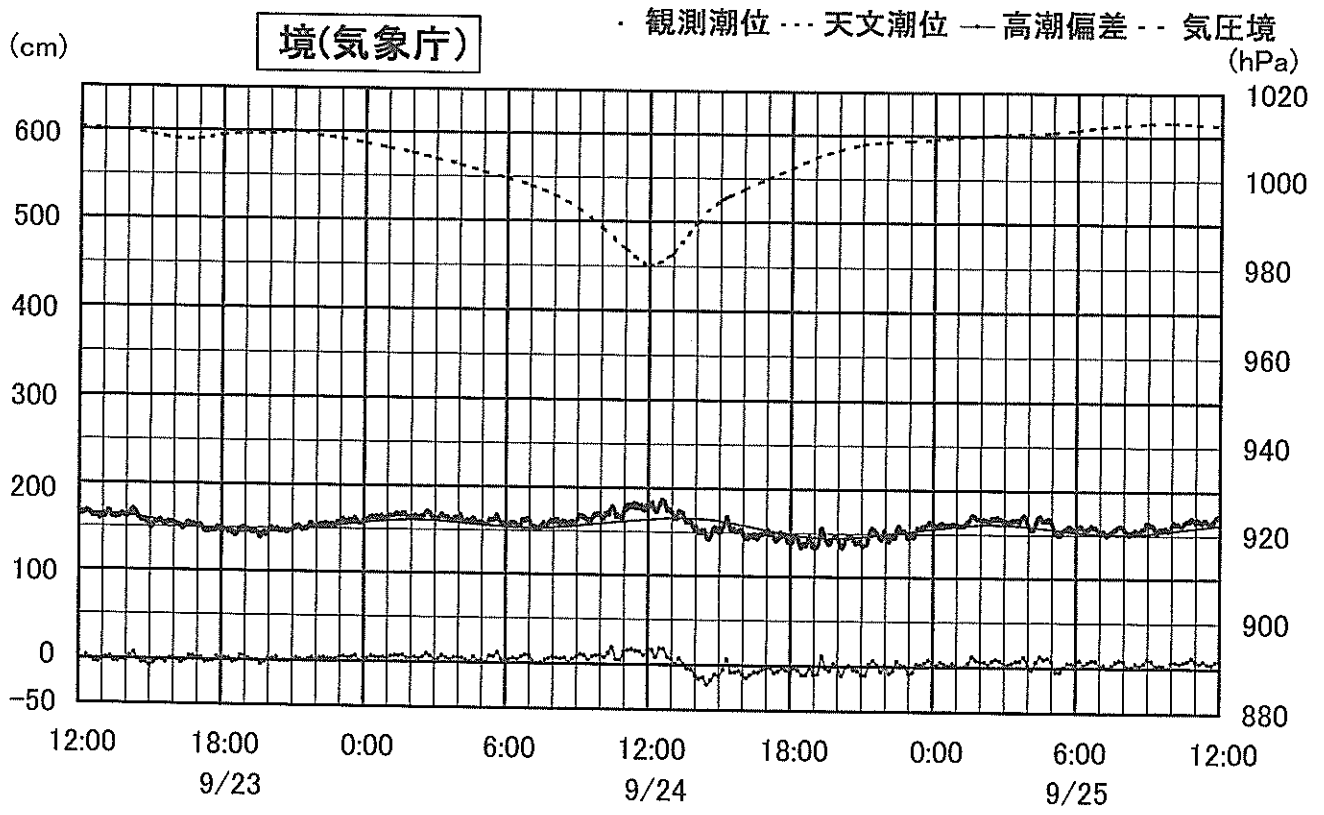


図-A.1 潮位記録(23)

付録B T9918:波浪観測値の測得率向上の要因

本文の図-4・図-5と図-2・図-3を比較すると、データの欠測に関しても顕著な相違が見られ、台風9918号来襲時には、台風9119号来襲時に比べて、欠測が非常に少ないことが注目される。すなわち、9年前の台風9119号の時は、鹿児島・苅田・那覇・伊王島・藍島・浜田・鳥取では有義波高の極大値となった時刻前後に欠測が見られるとともに、中城湾では台風通過時前後の全期間を通じて波高計は欠測であった。このため、図-4・図-5を、図-2・図-3と比較すると、観測データが少なく台風通過に伴う波高・周期の時間変化特性が理解しにくいものとなっている。9年前の同規模の台風来襲時に比べて、今回の台風9918号に関しては、非常に波浪観測データの測得状況が改善されたのは、下記の要因によるものであると考えられる。

①水圧波形から表面波形を推定する手法の確立と超音波・水圧の並行観測の普及

橋本ら（1993a）、および菅原ら（1997）による水圧波形から表面波形を推定する手法が確立されたことによって、ナウファスの多くの観測地点では、超音波・水圧の並行観測が実施されている。これによって、水表面の位置が気泡等によって検出されにくくなった時でも、海底における水圧変動記録から精度よく有義波高と周期を推定できるようになった。

②良好な波浪観測機器のメンテナンス

1993年以降、ナウファスの各波浪観測施設のメンテナンスは、一括して実施されるようになり、一定の基準（マニュアル）に従った質の高い定期点検が、毎年実施されるようになったことも、異常時の欠測を減らすのに貢献したものである。

③リアルタイムデータ監視による波浪観測機器の稼働管理

1991年当時は、苅田を除く図中の各観測地点における0.5秒間隔の波形観測記録の収集は、カートリッジ式磁気テープを各港湾工事事務所から港湾技術研究所に郵送することによって行われていたため、たとえ観測データに異常があっても、その異常を確認するには、1～2週間の時間が必要であった。その後、電話回線を持ちいたリアルタイム波浪データ収集システムが全国的に普及が進んだため、1999年の台風9918号来襲時には、図中のすべての観測地点における波形観測記録はリアルタイムで港湾技術研究所に伝送され、観測記録の異常の有無のチェックが、ほぼ同時に行われるようになった。これによって、観測機器の異常を早く検出し、速やかな対応が可能になっている。

付録C 島西岸における台風移動速度と有義波高極大値発生時刻モデル波浪推算

台風の移動速度を、10km/h、20km/h、40km/h、80km/hとした場合の波浪推算結果を図C.1のに示す。

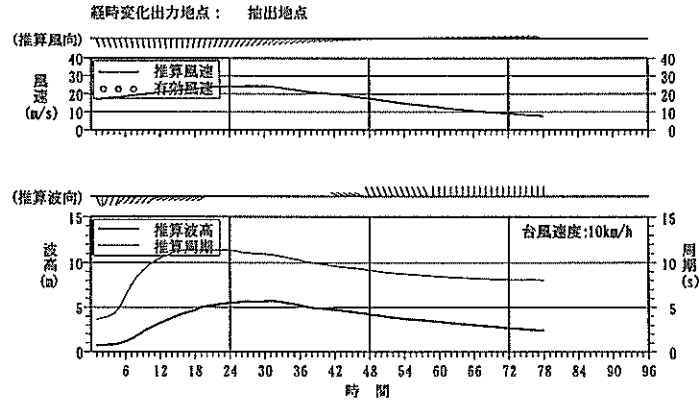
図中"時間"目盛りの値は、シミュレーション開始をゼロとした経過時間を示している。

波浪観測地点の台風最接近時刻を、シミュレーション開始0時から表すと次のとおりとなる。

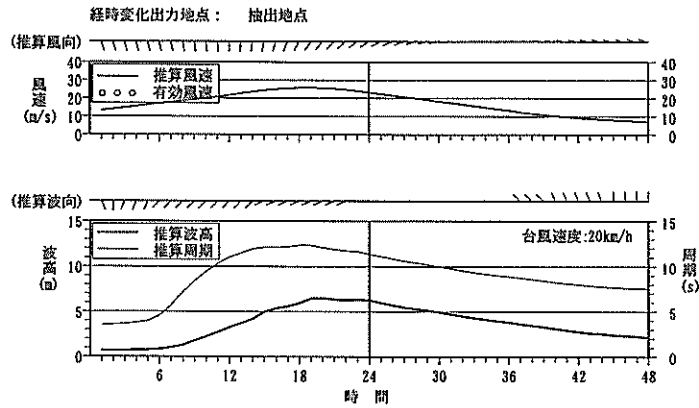
10km/h: 24h目
20km/h: 18h目
40km/h: 12h目
80km/h: 6h目

なお、"推算風向"、"推算波向"は水平の線に向かう方向だがそれぞれ風向、波向を示す。また、線は左端を西側、右端が東である（例：向き線の端が図中下は南向きを示す）。

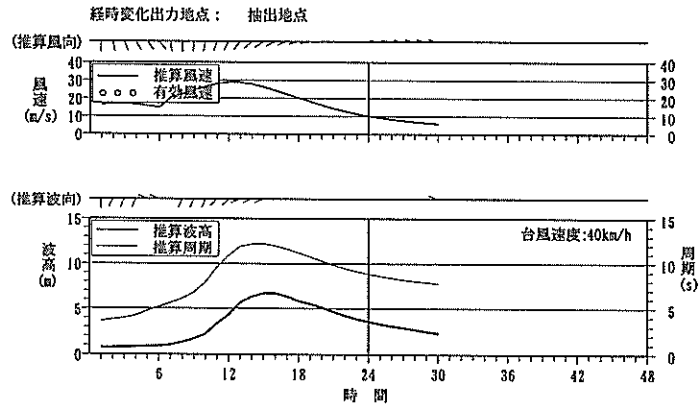
台風移動速度 10km/h
 最接近時刻 24h



台風移動速度 20km/h
 最接近時刻 18h



台風移動速度 40km/h
 最接近時刻 12h



台風移動速度 80km/h
 最接近時刻 6h

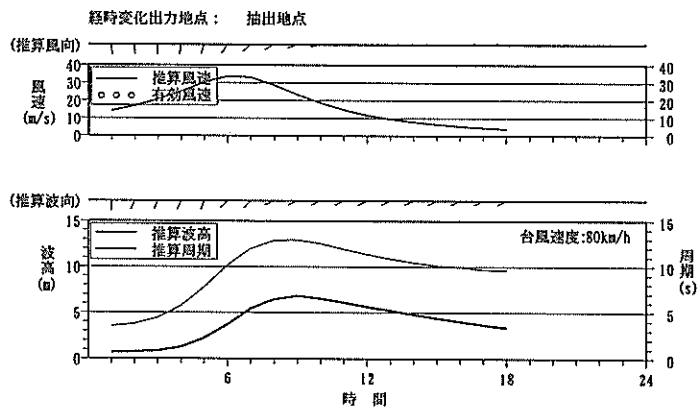


図-C.1 台風移動速度別の波浪推算

港湾技研資料 台風9918号高潮災害関連

No.969~974

2000.12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 昭和情報プロセス(株)

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (2000) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。