

高 潮 問 題

工博 九州大学教授 篠 原 謹 爾
(工学部水工土木学教室)

1. 序 論

1.1 高潮現象と高潮災害

海面が天体の引力によってほぼ規則的に昇降する現象を天文潮 (astronomical tide) といい、低気圧や台風など気象上の原因で海面が昇降する現象を気象潮 (meteorological tide) と名づけている。気象潮のうちで台風や強い風の連吹などによって生ずる短周期 (日単位程度の周期) の異常な海面の昇降を高潮 (storm surge) とよんでいる。高潮のような異常潮位と天文潮位 (推算による) との差を気象潮偏差 (潮位偏差ともいう) という。

高潮という呼び名が気象学的術語として統一して使用されるようになったのは昭和9年9月の室戸台風以来のことである。荒川秀俊博士他二氏の編さん『日本高潮史料』⁽¹⁾によると、古文書で使用されている名称には、高潮、高汐、高塩、高汎、海嘯、津波、大津波、大潮、大塩、大汐、大塩満上、大塩指、潮漲、潮溢、暴潮、怒潮、海溢、海水大溢、海水高漲、海潮漲溢、潮水浸入、高潮高浪、高汐高浪、塩入、潮入、潮水差込などがあり、その他、大波、高浪、高浪入、大高浪、高浪怒濤、海辺高波、海浪漲溢、洪濤漲り、海水騰躍、逆浪、激浪陸に溢れ、暴風逆浪などとまぎらわしい表現もつかわれている。また同書によれば、江戸時代 (括弧の中は江戸時代以前の古代、中世) の高潮発生の頻度は表-1 のようで、日本各地でかなり多くの高潮来襲のあったことがわかる。

わが国でとくに著名な高潮は台風の接近によって生じたものが多い。大阪湾、伊勢湾、有明海などで過去に大きな高潮災害をおこしたのはすべて台風によるものである。わが国ばかりでなく、アメリカの東岸、インド・パキスタン沿岸なども熱帯性の低気圧による高潮に襲われている。この他に、ヨーロッパの北部主として北海、バルト海沿岸では冬期温帯低気圧の通過による強風の連吹によって著しい高潮が発生している。

われわれが高潮を問題として取り上げる場合には、高潮による災害の事実を知ることによってはじまることが多い。自然現象として異常な高潮位を生ずることがあっても、災害をとまなわない場合には、しばしば、高潮の発生そのものも見のがしがちになりやすい。不幸にも、わが国の海岸には大低人間が住んでいるか、人間の生活に関係ある施設、財産その他がある。したがって異常な高潮位という自然現象が発生すれば高潮災害という必ずしも自然現象だけに支配されない事態がおこる。高潮の研究や高潮災害対策が国内でやかましく論ぜられ、取り上げられたのも、阪神地区、東海地区という人口稠密でわが国の工業、農業の重要な生産地域で発生しているという事実をみのがしてはならない。

高潮の研究は主として潮位偏差の推定を経験的にまたは理論解析的に行なうことと考えられている。すなわち、想定された台風が懸案海湾を想定されるコースで通過するとき湾内各地に発生する最大潮位偏差を求めることである。このような研究がある程度の成果をおさめたからといって高潮災害の研究が終ったことにはならない。そこから本格的な災害対策の研究がはじまるのである。

某海岸の最大潮位偏

表一 江戸時代高潮発生 度表

差が推定された場合、その海岸の高潮対策上の設計潮位は平均潮位に最大偏差を加えたもの以上であらねばならぬとは限らない。その海岸の重要性、高潮によりもたらされる災害の大きさなどを考えあわせ適当な偏差量を設計には採用すべきである。

以上のように、高潮の研究は自然科学の問題であるが、高潮災害の研究は純粹に自然科学でなく、社会科学の問題を含むのである。高潮の問題は窮極には高潮災害防止またはその対策につらなるのであるから、そのような態度で取扱われねばならない。

近畿	丹 後	1	東 海	紀 伊	5 (1)
	播 磨	8 (3)		伊 勢	10
	大 阪 湾	21 (5)		志 摩	2
	(摂津 河内 和泉)			尾 張	20
中 国	淡 路	1 (1)	関 東	三 河	3
	備 前	12		遠 江	2
	備 中	2		駿 河	2
	備 後	1	陸 奥	相 模	5 (1)
九 州	安 芸	10		武 蔵	21
	防 長	15 (2)		上 総	2 (1)
	因 幡	1		下 総	10 (2)
四 国	出 雲	1		安 房	1
	筑 前	5	北 陸	越 前	3
	筑 後	16		越 中	4
	豊 前	6		越 後	1
九 州	豊 後	3		能 登	1
	肥 前	36 (3)	北 海 道	出 羽	1
	肥 後	6 (1)		佐 渡	5
	日 向	2 (1)		琉 球	3
四 国	讃 岐	12			
	伊 予	5			
	土 佐	7			

1.2 高潮の研究の問題点

わが国で高潮についての学術的な研究が盛に行なわれるようになったのは昭和9年の室戸台風による高潮災害以来のことであるが、その後、高潮の数値解析について種々の近似解法が提案され学術的には見るべき成果があげられたが、実用の面からいえば、依然として既往の観測値をもとにする経験的な方法に頼らざるをえない状態であった。近年電子計算機の利用によって精度の高い高潮の数値計算が可能となり、懸案の海岸における想定台風の進行による最大偏差の推定にあかるい見通しがたえられるようになってきた。この場合、計算の資料として、台風時湾内各地の気象要素（気圧、風速、風向など）の数値、湾口における潮位などが必要である。また風による水面摩擦係数値その他不明な量があるので、現段階では直に実用に供せられる程良好な精度を期待するのは無理であるとしても、過去の資料を蒐集し、既往の台風について十分な検照を行なうことにより今後の精度の向上が

期待される。このような意味で、高潮発生のおそれのある地域における観測網（気象、潮位など）の整備はきわめて重要なことであるが、同時に、これまで発生した高潮に関連した諸資料をできる限り詳細に蒐集整理しておくことも必要である。

つぎに高潮災害対策のための研究としては以上のような最大潮位偏差の推定だけでなく、つぎのような諸点についても調べる必要がある。

(1) 高潮発生の原因

高潮は日本の場合には、大部分、台風によりもたらされるものであるが、台風以外の原因によることもある。したがって問題とする地点で、過去にどのような原因で異常高潮位を生じたかを明らかにしておき、できれば原因別に発生確率を求めておきたい。

(2) 台風の進路による高潮発生状況のちがい

これは最大偏差量のちがいとともていわゆる高潮災害の程度のちがいについても明らかにしておく必要がある。

(3) 最大偏差の生起時刻と潮時との関連

最大偏差が大潮の満潮時に重なれば最高潮位をもたらすものと考えられるが、実際にはこのようなケースは比較的少ない。したがって、設計潮位を定める場合には、このような事態のおこる確率と懸案地点の災害防止の重要度とをあわせて考慮する必要がある。故に、先ず過去において最高潮位がどのような状態で起こっているかを調べておかねばならない。

(4) 高潮災害と高潮との関連

いわゆる高潮災害と称せられているものが、潮位偏差の大きかったためであるのか、波高の高いためや、波力の強かったためであるのか、問題地点の防災対策の不備不十分のためであったためであるのかを明らかにしておく必要がある。

筆者はこれまで有明海の高潮について若干の調査研究を行ってきたので、これらの資料を中心に高潮問題に対する私の考え方をお話したいと思う。

2. 有明海の高潮²⁾

2.1 概 説

有明海は九州の西部にあって、長崎、佐賀、福岡、熊本 of 四県に囲まれ、およそ 1700 Km² の面積をもつ内海である（図-1）。その大体の形状は、中央部でほぼ直角にまたがった L 型をしており、早崎瀬戸によって外海の橘湾につながり、三角の瀬戸、柳の瀬戸および本渡の瀬戸を通じて八代海につながっている。普通この海湾は有明海とよばれているが、海図の上では、全体を島原海湾、湾奥部分を有明海とよんでいる。ここでは俗称に従って湾全体を有明海とよぶことにする。この湾には諫早湾がある外は概して単調な海岸線で囲まれている。湾奥から湾口までの軸に沿った距離は約 8.7 Km である。水深は、早崎瀬戸から島原半島沿いの部分が深く 50 m くらいあるが、湾奥部は次第に遠浅になっており、平均水深 20 m である。有明海の潮汐については長崎海洋気象台で行なった調査報告がありまた海上保安庁発行の潮汐表にも概要が記されている。その大要を述べると、湾口（口ノ津）にくらべて湾奥（住ノ江）は平均水面が約 1 m 高くなっており、大潮升は 2 m、小潮升は 1 m いずれも

湾奥が高く、湾口から湾奥に向うにつれ水面が次第に高くなっていることがわかる。また、湾口と湾奥で潮時差が約30分ある。

有明海の高潮災害の歴史を災異誌などによって調べると明治以前に34回、明治以後昭和20年まで18回ほどかなりの高潮災害がおこっている。明治以後のもので特に著名なものは1914年(大正3年)8月25日および1927年(昭和2年)9月13日のものである。これらはすべて台風にもなるもので、このときの潮位偏差は気象庁関係の発表によるとそれぞれ2mおよび2.5～3mとなっている。

高潮の研究には高潮時の潮位観測記録が必要である。有明海沿岸は干拓に適した土地柄である一面、高潮の害を受けやすいにもかかわらず、検潮所の数は比較的少なく、そのためたびたびの災害についても潮位の記録が明確でない。最も古くから

今日まで継続しているのは大牟田市にある三井鉱山所属の三池検潮所でこれは明治時代からはじめられている。その他は古いものでも昭和のはじめからである。

筆者は有明海の高潮の研究にあたって、湾内でできるだけ多くの地点で観測資料のえられる期間をえらんだので系統的な記録としては昭和26年(1951年)から昭和35年(1960年)に至る10ケ年間に限ることになってしまった。この期間内で有明海に高潮をおこしそうな台風または低気圧を気象図、気象要覧から16個えらびだした。このほかに大きな高潮をおこしたといわれる大正3年8月25日、昭和2年9月13日、昭和17年8月27日の台風の資料もあつめた。これら合計19個の台風を示すと表-2のようである。またこれらを進路別に3つのグループに分け、有明海を横断または付近をかすめるものを第1のグループ、有明海の東側を通り九州を斜断または縦断するものを第2のグループ、有明海の西側を北上するものを第3のグループとしてグループ別に進路を図示すると図-2～図-4のようである。

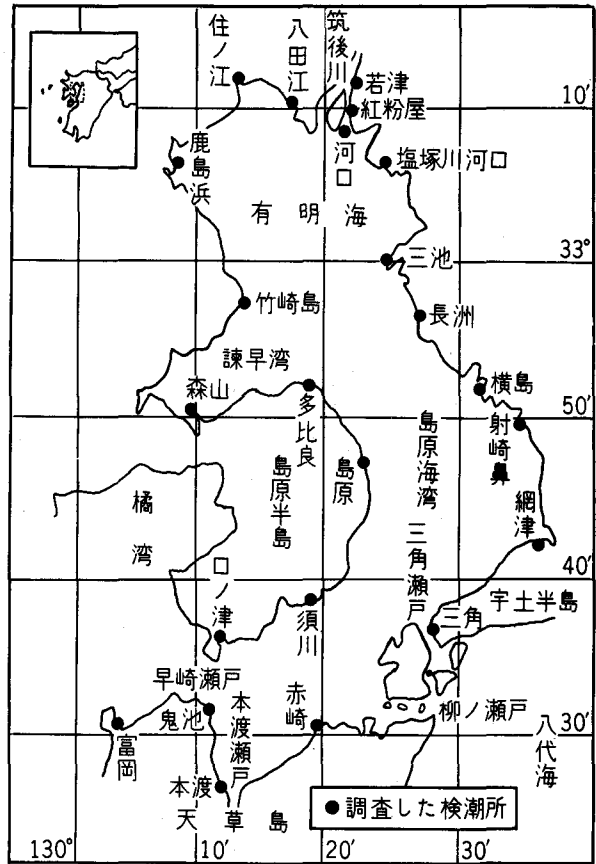


図-1 有明海概要図

2.2 天文潮位の推算法

異常気象時に生ずる最高潮位は観測によって知ることができるが、将来予想される最高潮位或いは設計潮位を定める場合の資料としては潮位偏差の形であらわしておくことがのぞましい。このためには、異常気象のおこった日にも異常気象がなかったとした場合の潮位、すなわち、天文潮位を推定しなければならない。天文潮位の推算には種々の方法が用いられている。潮位の比較的少ない海岸では、この推定の誤差は実用上問題にならないが、有明海のように潮差の大きい海岸では推算方法如何によってかなりの差異がある。

天文潮位の推算法として従来用いられているものを大別すると、(1)潮汐の調和常数を用いる方法と(2)実測資料をもとにして、推算する方法とがある。

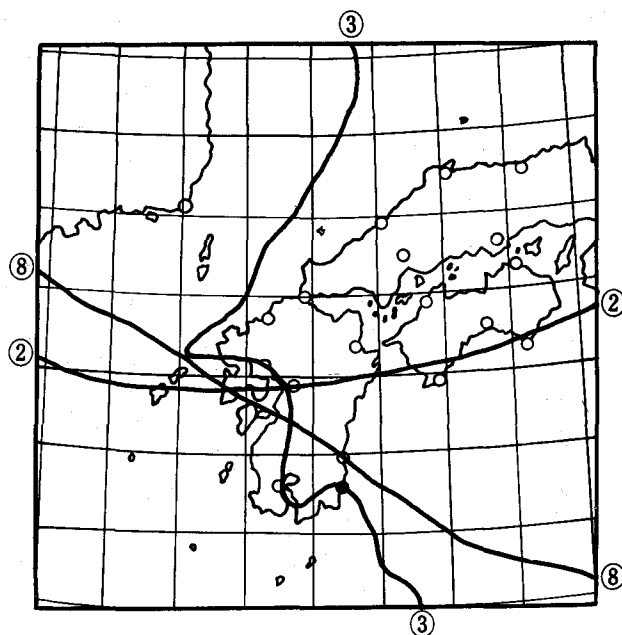
(1) 潮汐の調和常数を用いる方法

この方法を用いるには求めようとする地点の潮汐調和常数が知れていることが必要である。海上保安庁や気象庁から発行されている潮汐表あるいは潮位表はこの方法によっている。建設省の海岸技術基準では、気象庁の潮位表の満(干)潮をもとにして、その中間は潮位表の20分ごとの数値を平均したものを使用することになっている。

有明海沿岸の検潮所の中で潮汐調和常数の知れているのは、三角、三池、若津、住ノ江、竹崎島、島原の6ヶ所で、この数値を用いて昭和

表一 2 調査した台風および低気圧

番号	発生年月日	月令(p)	名 称
No. 1	昭 26. 10. 14	14	台風ルース
No. 2	昭 26. 11. 15	155	低気圧
No. 3	昭 27. 7. 14	217	熱帯性低気圧フレダ
No. 4	昭 29. 8. 18	19	台風グレース
No. 5	昭 29. 9. 7	10	台風13号キャシー
No. 6	昭 29. 9. 13	157	台風12号ジューン
No. 7	昭 29. 9. 26	28	台風15号マリー
No. 8	昭 30. 7. 16	27	台風8号ダット
No. 9	昭 30. 9. 30	139	台風22号ルイズ
No. 10	昭 30. 10. 4	179	台風23号マージ
No. 11	昭 31. 8. 17	107	台風9号パプス
No. 12	昭 31. 9. 10	53	台風12号エマ
No. 13	昭 31. 10. 8	4	低気圧
No. 14	昭 32. 8. 21	249	台風7号アグネス
No. 15	昭 32. 9. 7	126	台風10号ベス
No. 16	昭 34. 9. 17	140	台風14号
No. 17	大 3. 8. 25	36	台風
No. 18	昭 2. 9. 13	168	台風
No. 19	昭 17. 8. 27	150	台風



図一 2 台風の進路図 (有明海の近くを通ったもの)

36年10月24日8時より25日21時に至る毎時間の潮位を計算し潮位曲線を求めこれを観測値と比較すると図-5のようである。図中、三池の潮位曲線には潮汐表による満(干)潮位が記入してある。計算値と観測値の差を調べてみると、潮位差は、三池0.06~0.17m、若津0.08~0.86m、竹崎0.08~0.28m、住ノ江0.06~0.49m、潮時差は三池0~1時間、若津1~3時間、竹崎0~1時間、住ノ江0~1時間となっている。これを見ると、高潮位については両潮位は比較的良好一致している。低潮位については、若津、住ノ江のように感潮河川部では、潮時のずれとともに両潮位の差が大きい。高潮位の差は大きいところでも30cm以下である。また潮時差は0~3時間である。潮汐表との差は、潮位において0.02~0.03mである。これらの結果から、調和常数を用いて天文潮位を推定する方法は、たとえ潮汐表のように多数の分潮を用いた場合でも30cm程度の差はある

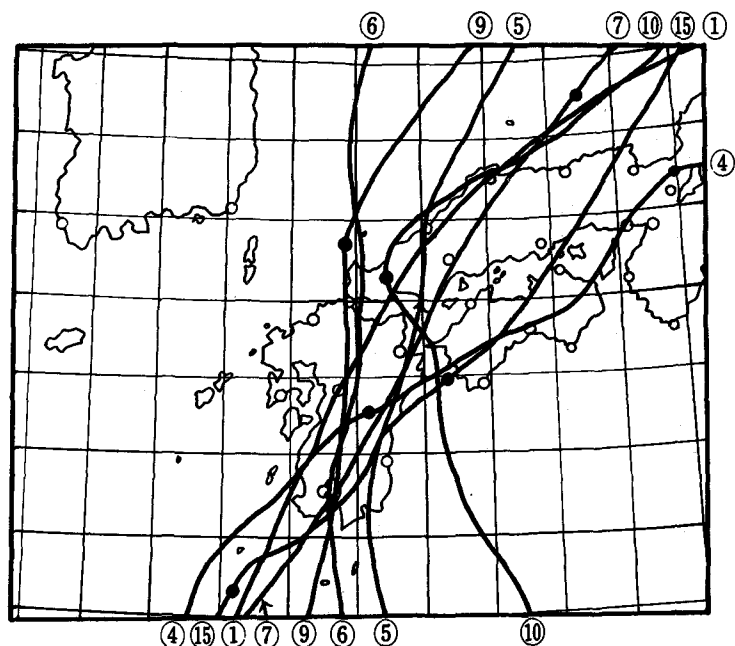


図-3 台風の進路図 (有明海の東側を北上するもの)

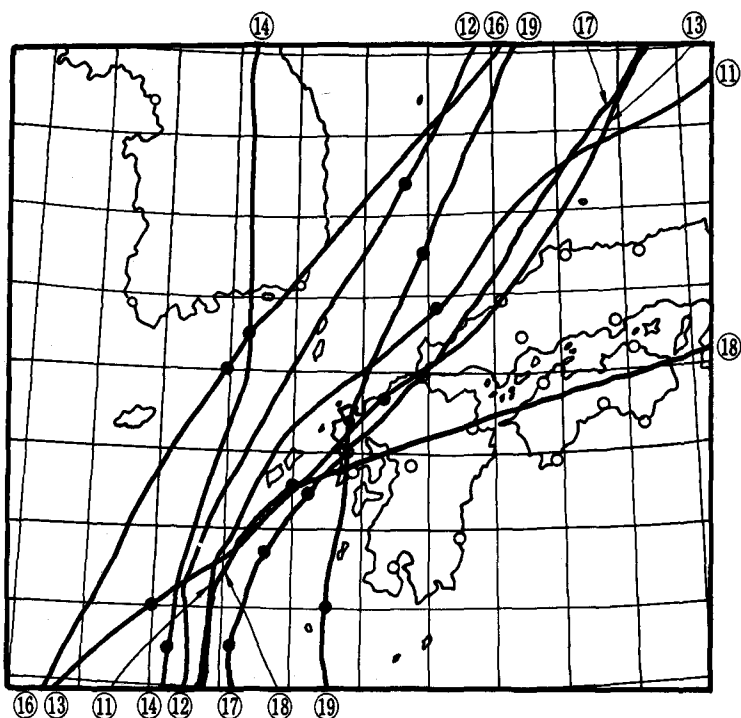


図-4 台風の進路図 (有明海の西側を北上するもの)

ようである。この他にも観測値と推算値との比較を若干行なってみたが、それらを総合すると、調和常数を用いて推算しても最大50 cm程度までのちがいをみておく必要があり、もし気象潮偏差がこれ以下であれば、果してその値が偏差と考えるとよいかどうかは別な資料を参考にして判定しなければならない。

(2) 観測資料をもとにする推算法

過去の観測資料をもとにしていわゆる補間法的に未知の潮位を推定しようとするものであり、気象庁でも高潮の際の偏差推定にはこの方法によることが多いようである。ただその推定は機械的に行なうのではなく、かなり主観的な要素がはいっている。また、運輸省港湾局では、潮位を推定しようとする時刻の25時間前および後の両潮位を平均したものを当該時刻の潮位とする推定法を用いている。

一般に潮汐には次のような性質のあることが知られている。

- (1) 1日中の2つの高潮（または低潮）の高さには多少の差異はあるが、1つおきの高（低）潮の高さはほぼ等しい。

- (2) 約半ヶ月をへだてた日

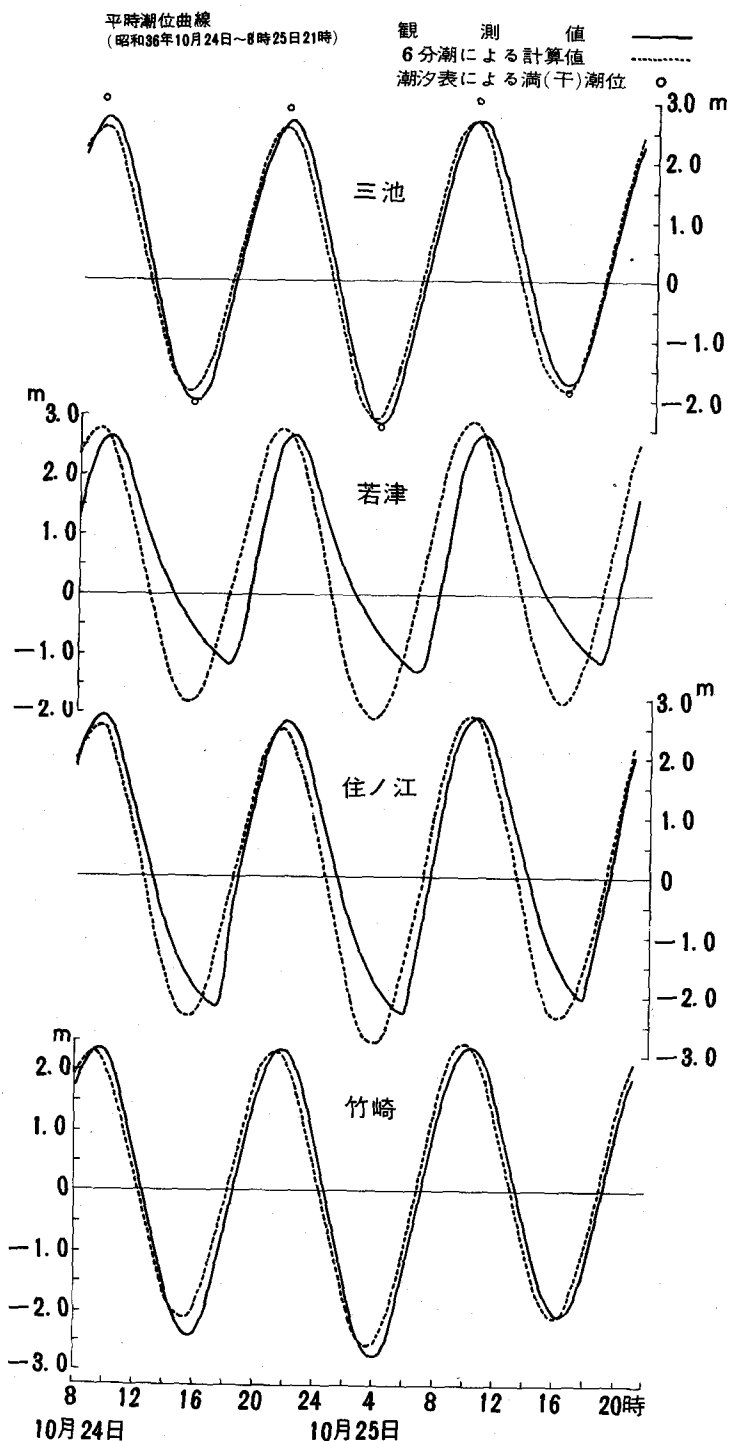


図-5 調和常数を開いた推算潮位と観測潮位との比較

の潮汐はほぼ等しい。

(3) 約半年をへだてた月令の等しい日の潮汐はほぼ等しいが、午前と午後とを反対にしたものとなる。

(4) 同じ月で月令の等しい日の潮汐は毎年ほぼ等しい。

これらの性質を利用して当日の前と後の潮位を平均したものが当日の潮位に近いものとなることが考えられる。

その中、1年前後の潮位を平均することは、当該日が異常気象潮となることが多いので不適当と考え、次の4つの推定法を検討してみた。

(a) 当日より6ヶ月前および後で月令のほぼ等しいような日の潮位の平均、ただし午前と午後の潮位をとりかえたものを用いる。

(b) 当日より潮時のほぼ等しいような半朔望月前または後の日の潮位の平均、すなわち、ほぼ半月前と後との潮位の平均を用いる方法

(c) 潮位を推定しようとする時刻の25時間前および後の潮位の平均を用いる方法(運輸省港湾局採用の方法)

(d) 約25時間前および後の潮位の平均で、満(干)潮時をあわせる方法、(c)法では満(干)潮位の時間が若干ずれることがある。このずれをできるだけ少なくするため、観測記録において満(干)潮位となっている時刻が、推定潮位においても満(干)潮位の時刻となるように時間の調節を行なう方法

以上の方法を平常日に適用して適合度をしらべてみた結果の一部を図-6に示す。いくつかの例について検討すると、(b)法40~50cm、(c)、(d)10~20cm程度のちがいがあがる。(c)(d)はいずれを採用するも偏差量のちがいは少ないが、潮時のずれの少ないことから筆者は(d)法を用いて推算天文潮位を求めた。台風の進行がおそく異常気象が長時間継続するような場合には(c)、(d)法は不適当であり(b)法の方が適当である。

2.3 有明海の高潮位

一般に高潮の研究においては、高潮といえば潮位偏差が異常に大きい場合であって、それは台風時に生ずることが多い。しかし、大きな偏差と高潮位の生ずる時刻とは必ずしも一致しない。三池における記録の中で最高の潮位は大正3年8月25日の台風時のものであるが、このときの偏差は後述するように、最近10カ年の記録からみても大きいものでなく、高潮位は必ずしも大きな偏差によってもたらされるものとはいえない。

有明海において過去に発生した高潮位とその時期を知るために、熊本地方気象台木下正時氏の調査による三角検潮所における1931年より1960年に至る30年間の各年の最高潮位の中2.8m以上となったものを同氏の報告から引用すればつぎのようである。

(1) 1949年11月21日、潮位323m、月令08日

(2) 1950年9月13日、304m、10日 キヂヤ台風

(3) 1945年9月23日、302m、16.6日

(4) 1942 年 8 月 27 日,
潮位, 301 m, 月令, 150
日 台風

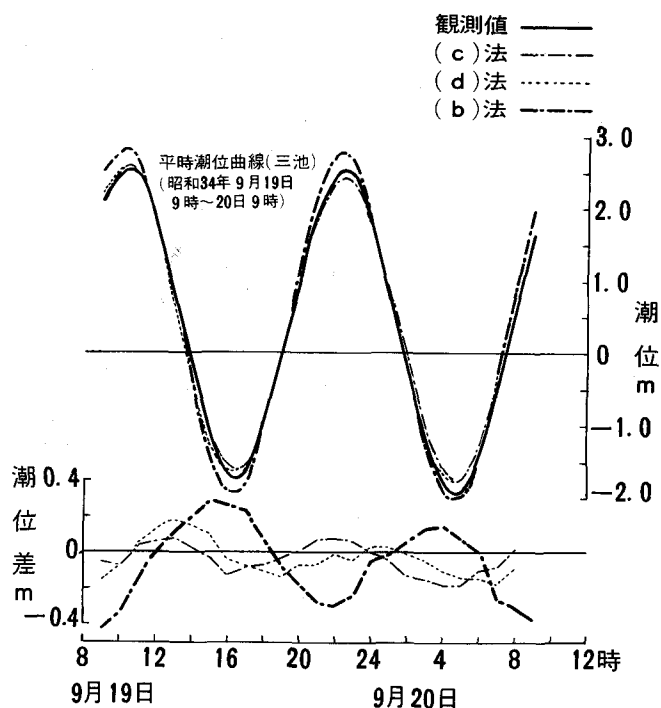
(5) 1952 年 9 月 4 日,
潮位, 284 m, 月令 145 日

(6) 1951 年 10 月 14 日,
潮位, 282 m, 月令, 14
日 ルース台風

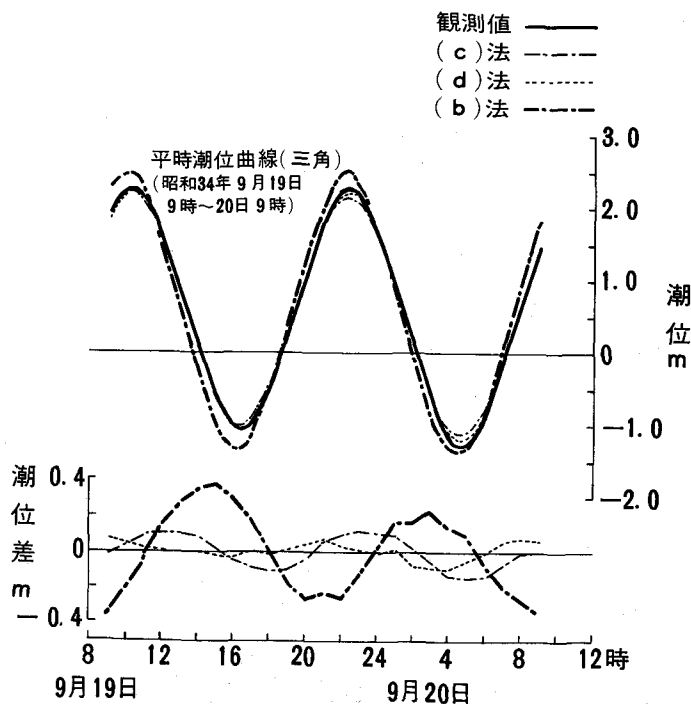
(7) 1954 年 6 月 1 日,
潮位, 282 m, 月令 293
日

(8) 1959 年 9 月 17 日,
潮位, 280 m, 月令, 14 日
台風

また三池検潮所における
1934 年から 1960 年までの
26 年間の記録から潮位 320
m 以上の高潮位および過去の
記録的高潮位といわれる大正
3 年 8 月 25 日および昭和 2
年 9 月 13 日の高潮位を示す
とつぎのようである。



図一6 (a) 観測資料をもとにする各種推算潮位の比較 (1)



図一6 (b) 観測資料をもとにする各種推算潮位の比較 (2)

(特)	1914 年	8 月 2 5 日,	潮位 3.6 5 6 m,	月令	3.6 日,	台風
(特)	1927 年	9 月 1 3 日,	3.5 2 m,		16.8 日,	台風
(1)	1942 年	8 月 2 7 日,	3.5 2 m,		15.0 日,	台風
(2)	1956 年	8 月 1 7 日,	3.4 9 m,		10.7 日,	台風
(3)	1954 年	9 月 1 3 日,	3.3 3 m,		15.7 日,	台風
(4)	1957 年	9 月 1 7 日,	3.3 1 m,		14. 日,	台風
(5)	1937 年	7 月 2 5 日,	3.2 1 m,		16.9 日,	台風
(6)	1953 年	8 月 2 7 日,	3.2 1 m,		17.5 日,	
(7)	"	9 月 2 4 日,	3.2 1 m,		15.8 日,	
(8)	1948 年	1 0 月 4 日,	3.2 0 m,		1.2 日,	

以上の結果をみると、高潮位は大体において8～10月の潮位の高い季節で、朔または望またはその近くの日におこっていることがわかる。しかし三角の(1), (7)のように例外もある。また一般に台風時に高潮が生じやすいと考えられているが、上の例でわかるように台風に起因しない高潮位もかなり生じている。三池の場合には大きな高潮位は主として台風によるものであるが、三角の場合は必ずしもそうでない。これは海岸地形の影響もあるようである。このように台風に起因しない高潮位もおこりうることは注意されてよい。

つぎに台風時だけに限定して筆者の調査した範囲内の高潮位とその時刻の潮位偏差、台風による最大偏差との関係をしらべるとつぎのようなことが知られる。

(1) 三角や三池のように有明海の湾口または中央部の海面にある検潮所で台風時に高潮位を生じるのは大体において台風が朔、望またはその近くの日に来襲したときの満潮時である。高潮位生起の時刻(満潮時)と最大偏差の生起時刻とは一致していない。ただ、大正3年8月25日、昭和2年9月13日の両台風時の三池の高潮位ではこの両者がほぼ一致している。

(2) 紅粉屋や住ノ江のように有明海の湾奥部でしかも河川に設けられた検潮所では、高潮位は必ずしも朔、望またはその近くの日に台風が来襲した場合に発生するとは限らず、大きな潮位偏差をおこした台風の場合にもあらわれている。紅粉塵の例では高潮位と最大偏差生起時刻とが一致した場合もあるが、一般にはこの両者は一致していない。つまり高潮位時に最大偏差をおこさせるような台風の例はきわめて少ないことがわかる。

(3) 台風の気圧低下の大小によって高潮位発生がどのように影響されるかは明らかでないが、気圧低下がいちじるしいほど高潮位になるというような関係は具出されていない。

(4) 大きな潮位を生ぜしめた台風について最高潮位と最低気圧の生ずる時刻との時差をしらべてみると、最低気圧の生ずる時刻の近くの満潮位に最高潮位の生ずることは知られたが、台風の通過前とか後とかの一定した傾向はあらわれていない。三池では、大きな潮位は、最低気圧と満潮時が一致するか、台風通過直後の満潮時におこることが多い。

(5) 台風の有明海にたいする進路のちがいによる高潮位発生のちがいはみられない。

(6) ある地点で高潮位をおこすような台風で、これが有明海全域に高潮位をおこすこともあるし、場所によってそれ程大きい潮位を示さないこともある。例えば台風No.6やNo.16では有明海のほとん

ど全域で高潮位を示しているが、台風 No. 11 や No. 12 の場合には紅粉屋、住ノ江では高潮位を示しているが、三池や三角ではそれぞれの地点の潮位としてそれほど大きな値となっていない。一般に湾奥部の方が高潮位をおこしやすいようである。

2.4 潮位偏差曲線の性質

台風による高潮の潮位偏差曲線について宮崎正衛博士³⁾はつぎのように述べている。典型的な潮位偏差曲線を模式的に示すと図-7 のように、forerunner, typhoon surge, resurgence の3部分に分けられ、台風の主体が湾内に侵入する前の水面上昇が forerunner であり、typhoon surge は高潮の主体をなすもので気圧や風による水面上昇である。resurgence は湾内の固有振動による水面の上下動である。筆者が調査した有明海に関する19個の台風の

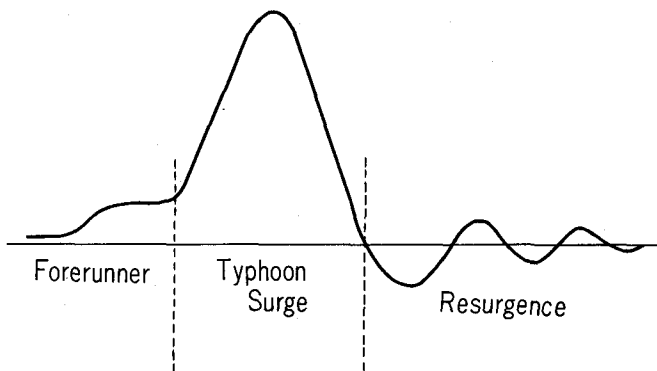


図-7 典型的な潮位偏差曲線

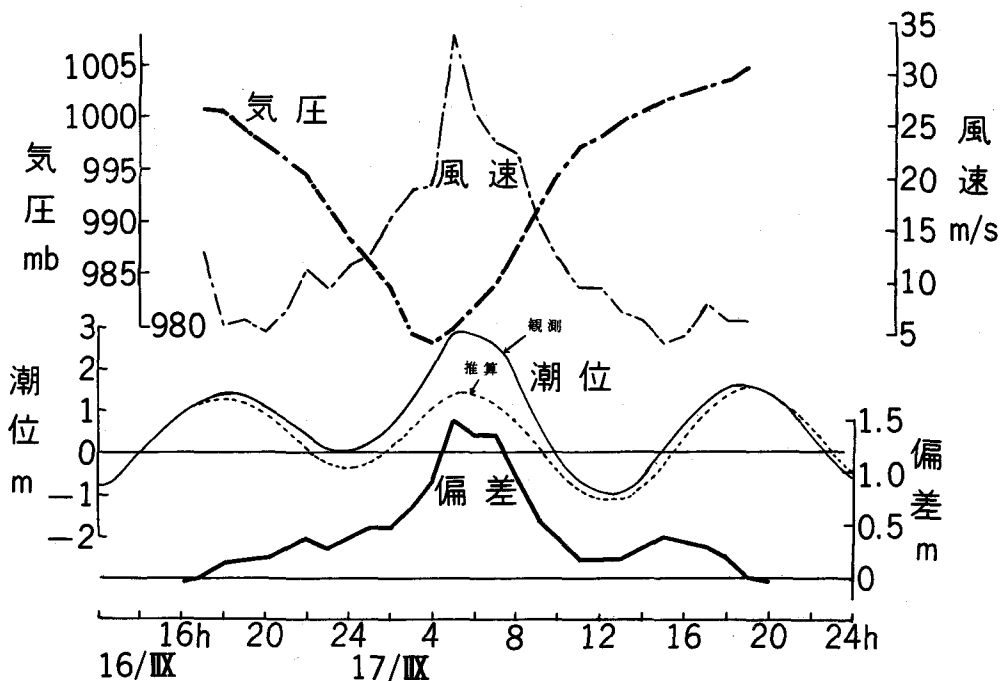


図-8 台風 No. 11 の時の記録 (三池)

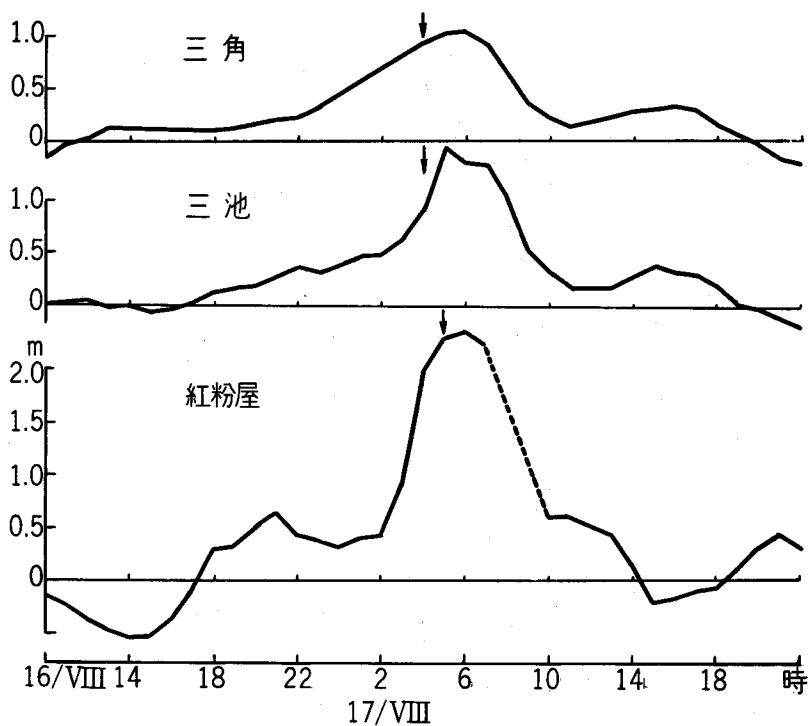


図-9 台風 No. 11 の時の偏差曲線

台風の偏差曲線をみると宮崎博士の指摘する典型的なものは、台風 No. 6, 11, 12, 16, 17 であり、No. 8 も偏差は小さいがほぼ典型的とみなされる。(図-8, 9)。これ以外の曲線は典型的な曲線とかなりちがっておりその1つの形式としていくつかのピークをもつ波形曲線を示すものがある。そのピークは大体において周期的にあらわれることが多いので波動型と名づけてみた。この形式の代表的なものは台風 No. 5 のときである。この場合の偏差曲線は図-10, 11 に示すように干潮時に正、満潮時に負の偏差があらわれている。これはちょうど潮時が6時間ずれた潮位曲線のような形を示しているが、波動の減衰が比較的すみやかであること、正の偏差の方が負のものより大きく、またどの検潮所の記録も同じような傾向がみられることなどから、このような曲線は推算潮位の不適正による誤差ではなく、台風により発生した水面の変動と考えられる。そのほか台風 No. 1, 9, 18, 19 の場合にも No. 5 ほど明確ではないが波動型の偏差曲線をあらわしている。波動型は typhoon surge のピークが典型的のものにくらべて小さく、resurgence の波形のピークと大差ないため、全体として波状曲線を示すのではないかと考えられる。

このような偏差曲線形が何に關係するかを知る目的で、まず台風の気圧低下および上昇速度との關係を調べてみた。最低気圧を中心としてその前および後の1時間あたりの気圧変化量を各台風ごとに求めてみた結果、偏差曲線の形式と気圧の最低値、気圧変化速度、台風中心の進行速度など低気圧の性質とははっきりした關係をみいだすことができなかった。つまり台風の気圧や進行速度によって偏

差曲線の形式がきまるものではない

ようにみえる。

つぎに台風の進路との関係について調べてみると、台風が有明海の西側を通る場合には典型的となることが多く(台風№11, 12, 16, 17)、台風の規模が小さいか、有明海の東側を通る場合には波動型かそのほかの不規則な曲線を示している(ただし№6は例外)。これからみると台風の通過によって生ずる風の性質が最も大きな影響を与えているように思われる。ただ、台風№6と№9のようにほぼ同じ進路をもち、気圧、風向、風速など大体同じ程度の気象要素をもつ場合でもかなりちがった

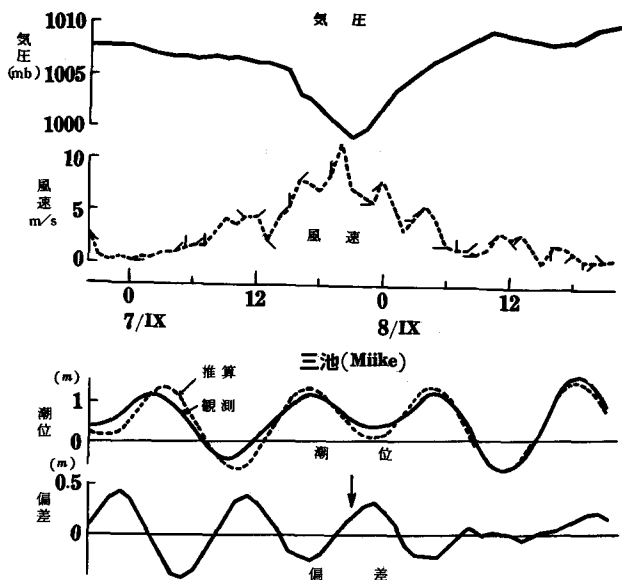


図-10 台風 No. 5 の時の記録 (三池)

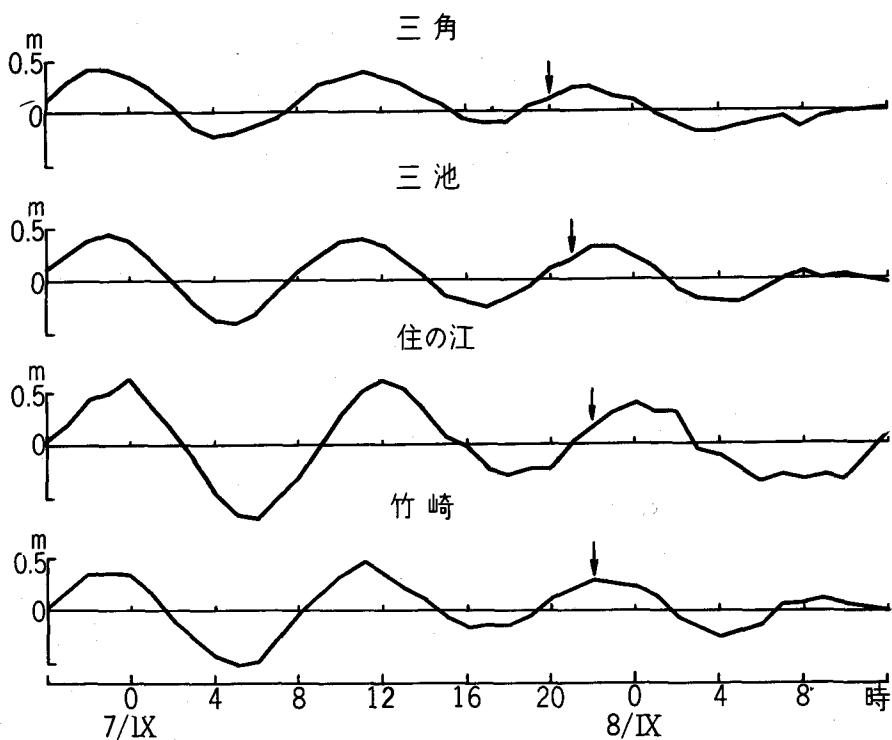


図-11 台風 No. 5 の時の偏差曲線

偏差曲線形を示すことがあるのは注目すべきことであろう。これらのことから、偏差曲線のあらわれ方については、現段階では説明困難であるが、典型的曲線があらわれるのは有明海では特にS～Wの大きな風速をもつ風をとまなうときで、一般に台風が有明海の西側を北上するときである。

有明海内の場所による偏差曲線のちがいを調べてみると、曲型的なものについては、偏差の生じている時間、ピークの出現した時刻などは大体において一致している。これから判断すると、曲型的な偏差曲線を生ずるような台風では、有明海内の水位は（湾内の場所によりその程度は異なるが）湾内はほぼ一様に上昇しており、同じ時刻に場所によって振動の節となるようなところがあらわれたり、推算潮位より低くなるようなところはあらわれていない。つまり、寺田博士の計算の仮定のように水位の上昇を閉湖の振動と考え、副振動を重ね合わせる方式はこの場合適当でなく、台風により外海の水が湾内に押こまれたり押出されたりすることによる水面の変化と考えた方が適当と思われる。

2.5 最大偏差の特性

調査した19個の台風による最大潮位偏差をまとめると表-3のようである。表には参考のため有

表-3 推定された最大潮位偏差

台 風 番 号	気圧低下によ る水面上昇cm	検 潮 所					
		三 角	三 池	紅粉屋	住ノ江	竹 崎	森 山
No. 2	-	14(SW)	39(N)	32(N)	34(E)	-	-
No. 3	10	19(ENE)		-		-	-
No. 8	8	17(SSW)	28(SE)	-	75(SSE)	-	-
No. 18	28	-	68(SW)	-	-	-	-
No. 1	45	49(NNE)	63(NW)	-	63(ENE)	-	-
No. 4	39	40(N)	60(W)	-	37(W)	61(N)	-
No. 5	12	42(NE)	41(N)	46(W)	61(ENE)	43	-
No. 6	46	59(ENE)	61(SW)	120(SW)	66(SW)	64(NNW)	-
No. 7	28	39(NE)	43(W)	50(N)	48(NE)	34(W)	-
No. 9	39	41(WSW)	41(W)	-	46(W)	-	-
No. 10	5	?	?	20	41	-	-
No. 15	24	17(NW)	36	65	22	-	-
No. 11	37	103(SSW)	151(SW)	237(SW)	-	-	138(SSE)
No. 12	27	89(SSW)	124(S)	188(S)	208(SW)	-	75(SE)
No. 13	2	19(S)	25(NW)	-	-	-	-
No. 14	20	50(SSE)	56(SE)	67(SE)	79(SE)	-	55(SE)
No. 16	20	58(SSW)	102(S)	135(S)	-	69(W)	-
No. 17	27	-	87(S)	-	-	-	-
No. 19	44	-	77(SW)	-	-	-	-

偏差の単位はcm, ()は風向

明海沿岸の平均最低気圧（熊本、三池、佐賀、森山の最低気圧の平均）にたいする水位上昇量および最大偏差付近の風向を併記してある。最大偏差と最低気圧の生じた時刻が一致した場合はほとんどなく、最大偏差を生じた時刻における気圧低下による水面上昇量は表に示してある値よりかなり小さい。

筆者の調査した範囲内で有明海の最大偏差量は紅粉屋における台風№11のときの237cmである。三池での最大も№11のときの151cmである。台風17, 18による高潮は特に有名で気象庁関係の発表ではそれぞれ2mおよび2.5～3mとなっている。これは有明海のどの検潮所における記録であるか不明であるが、筆者が三池の資料をもとにして計算した結果では表に示すように、87cmおよび68cmであり、かなりのくい違いがある。

(1) 最大偏差の生ずる潮時

比較的大きな偏差の生じた台風について、各検潮所の最大偏差生起時刻とそれに最も近い満潮の時刻との時差を調べてみると、満潮時に最大偏差の生ずることは比較的少ない。筆者の調査の範囲では台風№11, 18, 19の場合に起っている。№17の場合も満潮時にかなり大きな偏差を生じているが最大偏差は満潮時より2時間おくらせて生じている。また大きな偏差を生じた台風は概して大潮の付近に來襲したものであり、これは高潮位を生じやすいことに関連する。偏差曲線と潮位曲線とをくらべて気がつくことは、高潮時よりも低潮時に大きな偏差のあらわれることが多く、特に紅粉屋、住ノ江のように河川部にある検潮所ではこの傾向がいちちるしい。

(2) 最大偏差と気圧との関係

最大偏差の生じた時刻と最低気圧の時刻との時差を各台風について調べてみると、一般に最大偏差が最低気圧のおこる時刻の前か後のいずれに生ずるかの傾向は明らかでない。典型的な偏差曲線を示す台風№6, 11, 12, 16, 17では最低気圧のあと、すなわち、台風通過後に最大偏差を生ずる傾向がある。その時差は場所により必ずしも一定せず、三池では最低気圧後1～4時間内におこるようである。

(3) 最大偏差と風向、風速との関係

有明海はその湾口が西向きであり、湾奥部の形状はほぼ南北方向となっているから、湾内の水面上昇を起こす風向はWないしSと考えられる。気象学の知識によると、一般に、ある地点の西側を台風が北上するときには、風向はE→SE→S→SW→Wの順に変化し、東側を北上するときにはE→NE→N→NW→Wの順となるといわれている。したがって有明海の場合には西側を北上する台風の場合の方が大きな偏差を起こしやすいといえる。

潮位と風の観測を同じ地点で行なっている三池検潮所において比較的偏差の大きかった台風№1, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 19について風向の変化と気圧最低時、風速最大時、偏差最大時との関係を調べてみると、台風が有明海の東側を通過するときは、最大偏差はNWまたはWの風向のとき生じているが、最大風速は風向Nのとき起こっており、最大偏差の時刻からかなりずれている。ただ台風№6は例外で西側通過の場合と同様SWの風のとき最大偏差を起こし、また風速の大きいときに偏差を生じている。台風が有明海の西側を通るときには台風№14のように台風が長時間停滞した場合をのぞいて、いずれもまず最低気圧を生じた後にSまたはSWの風向のとき最大偏差を起こし、または

ば同時刻に最大風速も生じている。とくに№11, 12, 16の場合には風速の変化と潮位偏差の変化がよく似ており両者の間に密接な関係のあることが予想される。

以上から台風が有明海の東、西いずれを通過するかによって風向の変化が異なり、風と潮位偏差との関連もちがうことが知られる。台風が湾の西側を通過する場合には台風の中心が通過後風向は湾内の水面上昇を起こさせるのに役立つSまたはSWとなり最大風速もその間に生じて最大偏差がそれともなうようである。

最大偏差と最大風速の生起時刻の関係を調べてみると、台風が湾の西側を通過する場合には両者はほぼ一致している。(台風№14を除く)。東側通過の場合には両者の時差はかなり大きく、また、まちまちで、風速と偏差との関連性が少ないことを示している。最低気圧と最大風速の生起時刻との関係については、一般に、最低気圧の生じた後に最大風速があらわれるようであり、この時差は1～5時間くらいである。

(4) 湾内の位置による最大偏差の違い

表-3からわかるように有明海の場合1つの検潮所で大きな偏差をおこさせたような台風は他の検潮所においても大きな偏差を起こしていることが多い。しかし湾内の位置によって最大偏差値の違いが一定しているのではなく、台風によってこの関係が違っている。一般的に言えば、同一台風による潮位偏差は湾口より湾奥に向うにつれ大きくなっている。比較的大きな偏差を起こさせた台風№6, 11, 12, 14, 16について湾口からの距離と偏差との関係を調べてみると表-4のようである。表から、

表-4 湾口からの距離と最大偏差との関係

検潮所		三 角	多比良	森 山	三 池	竹 崎	紅粉屋	住ノ江
湾口よりの 距離 (Km)		2 5	5 8	6 3	6 7	7 0	8 0	9 4
台 風	№. 6	59(19 時)	58	—	61(0 時)	64(20 時)	120(7 時)	66(7~8 時)
	№. 11	103(6 時)	—	138(6 時)	151(5 時)	—	237(5 時)	—
	№. 12	89(5 時)	—	75(20 時)	124(6 時)	—	188(5 時)	208(5 時)
	№. 14	50(0 時)	—	55(23 時)	56(0 時)	—	67(23 時)	79(13 時)
	№. 16	58(8 時)	63(11 時)	—	102(12 時)	69(10 時)	135(12 時)	—

()は最大偏差の生起時刻

偏差が湾奥に向うにつれ大きくなることは知れるが、台風の性質により偏差の違いが異なっているから、偏差量と湾口からの距離を関係づけることはできない。最大偏差の生じた時刻は各検潮所ともほぼ等しい。

3. 日本沿岸における高潮

3.1 高潮の原因となる気象現象

高潮の発生の原因としては台風ともなうものが大部分であるが、低気圧によるものもあることを有明海の例で述べたが、気象庁管理の検潮所の最大気象潮(潮位偏差)の記録から日本沿岸の高潮の

原因について次のような結論を出している。

顕著な高潮は熱帯性低気圧に基因し、温熱性低気圧は比較的小さな高潮をおこすにすぎない。故に偏差が1 mをこすような顕著な高潮を考える限り台風だけを考えればよい。

オーホクク海沿岸では台風によるよりも、強い低気圧や季節風によって高潮位がおこっている。東北地方の海岸でもこのような傾向がある。このような高潮では偏差は台風によるものにくらべて小さいが、そのような地方での海岸防災については低気圧や季節風による高潮に注意しなければならない。

つぎに高潮はどの季節に多いかを知るため代表的な11カ所の検潮所について各月ごとに50 cm以上の潮位偏差があった回数などから、一般に太平洋に南面している湾の奥においては、高潮は8, 9, 10月に最も多く、3, 4, 5, 月がこれについている。前者は主として台風によるもので、後者は主として低気圧によるものである。低気圧による太平洋岸の高潮はほとんど低気圧が日本海にはいって急激に発達する場合に限られている。

3.2 高潮のおこりやすい地域および発生頻度

序論で述べたように江戸時代記録をみてもわかるが、和達・広野氏の報告⁵⁾、宮崎氏の報告⁶⁾を総合すると、ひんぱんに高潮が起る地域は、東京湾、大阪湾、瀬戸内海、有明海の沿岸であって、その程度も激しく、潮位偏差が2 mを越すことすらある。伊勢湾や鹿児島湾の沿岸はこれについて多く、1 m以上の偏差がかなりおこっている。1900 年以来日本沿岸をおそった主な高潮を示すと表-5のようである。

表-5, 日本沿岸を襲ったおもな高潮
(1900年-1965年)

起 日	高潮を起した地方	最大潮位偏差 (m)	備 考
1914年 8月25日	有 明 海	2.5 位	台風による
1917年10月 1日	東 京 湾	2.3	"
1927年 9月13日	有 明 海	3.0 位	"
1934年 9月27日	大 阪 湾	3.1	室戸台風
1945年 9月17日	鹿児島湾付近	2.0 位	枕崎台風
1950年 9月 3日	大 阪 湾	2.4	ジェーン台風
1959年 9月26日	伊 勢 湾	3.4	伊勢湾台風
1961年 9月16日	大 阪 湾	2.5	第2室戸台風

1927 年から1955 年までの間に高潮を起したとみなされる台風の上陸地点別回数を調べると表-6 のようで、西日本は東日本にくらべて一般に高潮がおこりやすい。

表-6 高潮をおこした台風の上陸地点別回数
(1927~1955年)

上陸地点	九州	四国-紀伊	紀伊-関東	上陸しないもの	計
台風回数	21	14	8	5	48

表-5からわかるように、日本沿岸では1900年から1965年までの66年間に2m以上の潮位偏差は8回報告されている。ほぼ8年に1回の割合である。1m以上の偏差はほぼ1年に1回の割合といえるようである⁷⁾。

主な港における高潮来襲の頻度(再現周期)を示すと表-7のようである⁷⁾。これによると名古屋港では小さな高潮は大阪港より頻繁に起るが、大きな高潮のおこる危険性は大阪港が一番高いといえる。東京、横浜は他の3港にくらべると高潮のおこる確率は小さい。

表-7 高潮来襲頻度(再現周期, 年)
(防災ハンドブックP. 620による)

地 点	潮 位 偏 差			
	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m
東 京	1.1	3	3 2	6 3 0
横 浜	1.4	1 2	—	—
名古屋	0.6	5	2 4	2 0 0
大 阪	0.7	3	1 2	3 4
神 戸	1.0	5	2 4	1 0 5

3.3 高潮を起す台風の経路及び高潮の起る範囲、時間

東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海における記録的な高潮は、ほとんどすべて台風がその海湾の西方を北上した場合に限られている。潮位偏差が1mをこすような大きい高潮は、ほとんどすべての場合に、台風の中心の進行方向の右側では200Km以内に、台風の中心の左側では50Km以内においてしか起りえない。

つぎに、最大偏差のおこった時刻と気圧、風速の極値の時刻との関係については有明海の場合にふれておいたが、日本沿岸全般についてはつぎのようにいえる。

東京湾、大阪湾、伊勢湾などでは記録的な潮位偏差はほとんどすべて台風が最も接近した時刻より多少おくれて起っている。ただし風速最大の時刻からいえば、東京湾と大阪湾では最大潮位偏差の時刻からいえば、東京湾と大阪湾では最大潮位偏差の時刻はこれより数十分おくれるのが普通であるが、伊勢湾ではむしろ逆になっている。

3.4 湾内の潮位および潮位偏差

有明海では湾口から湾奥に向うにつれ最高潮位が大きくなる傾向がみられた。伊勢湾の記録をみると昭和34年9月の伊勢湾台風のときには湾口の鳥羽214m、津254m、四日市329m、名古屋389mと湾奥に向うにつれ高くなっているが、昭和28年の台風13号のときは鳥羽、津では昭和34年とほとんど同じ潮位であるが四日市、名古屋では昭和34年にくらべてかなり低く、鳥羽の潮位とあまりちがっていない。つまり湾口より湾奥に向って潮位が高くなるという現象がみられていない。ジェーン台風のときの大阪湾内の潮位及び潮位偏差は湾口から湾奥に向うにつれ大きくなっている。これらのことからみれば、湾口から湾奥に向うにつれ潮位及び潮位偏差は一般的に大きくなるとみてよ

いようであるが、台風によっては必ずしもこのようにならないこともあるし、場所によって特異な現象を示すこともあるようである。

4. 潮位偏差の推算

4.1 実験式による方法

潮位偏差発生主な原因は気圧降下による海水面の吸上げと風による吹き寄せと考えられる。高潮現象を流体力学的に考えれば非線型現象であり、かりに高潮の要因が気圧降下と風に限定されるにしても、これらを別個に考えて独立に取扱うことはできない。しかし実際には近似的な取扱いとして、潮位偏差をこの2つの要因によるものに分け別々に求めている。また、基本式からの近似解法においても線型化して取扱われることが多い。

(i) 気圧降下による上昇量

気圧降下量を ΔP (mb) とすれば静力学的な海面上昇高 ζ_s (cm) は

$$\zeta_s = 0.991 \Delta P$$

気圧降下が台風の進行速度 U で移動するときの動力学的な海面上昇高 ζ_d は

$$\zeta_d = \zeta_s / \{1 - (U/\omega)^2\}$$

で表わされる。 ω は長波の進行速度で、 $\omega = \sqrt{gH}$ (H = 平均水深) である。 $U = \omega$ となれば共振現象のように波高は非常に大きくなるが、実際はエネルギーの散逸によって ζ_d は ζ_s の1.5倍程度にしかならないと考えられている。外洋では $\omega = \infty$ として常に $\zeta_d = \zeta_s$ である。高潮の波速 ω は東京湾で 8.2 Km/h 、伊勢湾で 5.8 Km/h 、大阪湾で 5.9 Km/h 、有明海で 7.4 Km/h の程度である(以上は田中清博士による¹⁰⁾)。

(ii) 風による吹き寄せ

平均水深 H (m) の海面を一定風速 W (m/sec) の風が長時間吹送して海面の傾斜が定常状態に達したときの海岸における海面上昇高 ζ_w (cm) は、風の吹送距離または対岸距離を F (Km) とした場合

$$\zeta_w = 0.048 \frac{F}{H} W^2 \cos^2 \theta = KW^2 \cos^2 \theta : \text{Colding 公式}$$

ここで θ は風向と海岸線の法線とのなす角

係数 K の値は湾によって異なり、東京湾では0.16、伊勢湾では0.165、有明海では0.05 と考えるとよく合うといわれている。

田中清博士は高潮の主な原因が風の吹き寄せとすることを疑問視して、その例として伊勢湾台風における名古屋の高潮ピークの例をあげている。しかし、筆者が有明海の高潮について調べた結果では、潮位偏差は主として風の吹き寄せとみなしてよいと考えられる。

(iii) 実験式

以上2つの要因を別々に求めて累加するかわりに、潮位偏差 ζ をこの2つの要因の関数と考え

$$\zeta = a \Delta P + b W^2$$

の形を与えることもある。 ΔP は高潮発生時の最低気圧と、前日平均気圧との差、月平均気圧との差、累年日平均気圧との差などいろいろとられている。

高潮位の量的予報のためには

$$h_s = a\Delta P + bW^2 + h_p$$

の形式を用いる。ここで h_p は東京湾中等潮位 ($T.P.$) 上からの推算天文潮位 (cm) で、 h_s は $T.P.$ 上の最高潮位の予想値 (cm) である。観測資料が豊富にある場合には、 ΔP や W のとり方に問題はあ
るが、現象をすなおに実験式化した点で上式は実用的でありしかも最も問題が少ないように思われる。

定数 a , b の値の例をあげると、東京: $a = 1.059$, $b = 0.138$, 名古屋: $a = 1.674$, $b = 0.165$
大阪: $a = 2.167$, $b = 0.181$; 三角: $a = 1.185$, $b = 0.154$ (防災ハンドブックによる)。

4.2 数値計算による方法

潮位偏差を数値計算によって求める試みは今日まで多くの人々によって発表されている。台風によ
る高潮現象がかなり複雑である上に、計算しようとする湾に対する境界条件などを考慮すれば実用的
な数値を求めようとすることは無理である。むしろ今日まで試みられた種々の計算は高潮現象の一般
的な特性を解明するのに貢献してきたものであり、将来想定される特定地点の潮位の推定には実用的
に無力であったといえる。しかし近年電子計算機の発達によって流体力学の基本式を近似的にとくこ
とが可能になったので、種々の問題点はあるにしても、特定港湾の高潮の量的予報に明るい見通しを
あたえている。

(i) 基本方程式

静止水面内の右まわりの直角座標を x , y 軸、鉛直下方に z 軸をとれば、運動方程式および連続式
はつぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{Du}{Dt} &= f_v - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial P^*}{\partial x} + \epsilon^* \Delta u \\ \frac{Dv}{Dt} &= -f_u - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial P^*}{\partial y} + \epsilon^* \Delta v \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

ただし $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

ここで、 u , v , w は流体の速度 の分速、 P^* は流体内の圧力、 ρ_w は流体の密度、 ϵ^* は流体の渦動粘
性係数、 f はコリオリ係数である。

外力が作用するときの自由表面の、静水面からの変位を ζ (鉛直上方を正)、このときの海面気圧
を P とすれば、

$$P^* = \rho_w g (z + \zeta) + P$$

ϵ^* の鉛直成分を ϵ_v 、水平成分を ϵ_h とし、非線型項を省略すれば (1) 式は

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= f_v - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial x} - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \epsilon_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \epsilon_h \Delta_1 u \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= -f_u - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial y} - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \epsilon_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \epsilon_h \Delta_1 v \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\text{ただし } A_1 = \frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2}$$

(2)式を海面 $z = -\zeta$ から海底 $z = h$ まで z に関して積分する。このとき次のように流量成分 M , N および平均流速 $\bar{u}$, $\bar{v}$ を定義する

$$M = \int_{-\zeta}^{\zeta} u dz = (h + \zeta) \bar{u}, \quad N = \int_{-\zeta}^{\zeta} v dz = (h + \zeta) \bar{v}$$

また単位面積の海面を通して単位質量の流体に及ぼす風の応力を τ_s (その x , y 成分を τ_s^x , τ_s^y とする), 単位海底面が単位質の流体に及ぼす摩擦力を τ_b (その x , y 成分を τ_b^x , τ_b^y とする)であらわし,

$$\begin{aligned} \tau_s^x &= \rho_a r^2 R, & R &= W_x / |W| \\ \tau_s^y &= \rho_a r^2 S, & S &= W_y / |W| \\ \tau_b^x &= -\rho_w r^2 \bar{u} / |U| + k \tau_s^x \\ \tau_b^y &= -\rho_w r^2 \bar{v} / |U| + k \tau_s^y \end{aligned}$$

と仮定し, r^2 , k を定数とする。 ρ_a は空気の密度, W_x , W_y は海面を吹く風 W の成分である。

以上の量と仮定を用い(2)式の2次の量を省略すると, 次の式がえられる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta M}{\delta t} &= fN - g(h + \zeta) \frac{\delta \zeta}{\delta x} - r^2 \frac{Q}{(h + \zeta)^2} M - \frac{h + \zeta}{\rho_w} \frac{\delta P}{\delta x} + \frac{1 + k}{\rho_w} \rho_a r^2 R + \epsilon_h A_1 M \\ \frac{\delta N}{\delta t} &= -fM - g(h + \zeta) \frac{\delta \zeta}{\delta y} - r^2 \frac{Q}{(h + \zeta)^2} N - \frac{h + \zeta}{\rho_w} \frac{\delta P}{\delta y} + \frac{1 + k}{\rho_w} \rho_a r^2 S + \epsilon_h A_1 N \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} = -\frac{\delta M}{\delta x} - \frac{\delta N}{\delta y}$$

$$\text{ただし } Q = \sqrt{M^2 + N^2}$$

(3)式に気象条件, 境界条件, 初期条件を入れて数値積分するのである。この方式は気象庁で採用しているものである。

(ii) 問題点

この術法においてはつぎのような問題点が考えられる。

(1) 気象条件の与え方

気圧, 風の表現法の検討が必要である。とくに風の影響はきわめて大きい。懸案地域内の風の資料をできるだけ詳細に与えられることがのぞましい。特に湾内海上面の資料がのぞまれる。

(2) 風の応力および海底摩擦

現在の仮定および r^2 の数値である程度の精度は期待できる。この方面の今後の研究がのぞまれるが, 推定偏差量に及ぼす影響はもとになる風に関する資料の誤差程大きなものではあるまい。

(3) 湾口の初期値

これの資料が明確でない場合が多い。今後この方面の検討がのぞまれる。

(4) その他

非線型項の省略, 偏差と天文潮位との重ね合わせに対する問題などが考えられる。

ともかく電子計算機によって高潮を数値解法する方法には多くの問題点がのこされているが、計算機使用上の問題と同時に種々の解法を試みてえられた結果を検討することがのぞましい。

5. 防災工学からみた高潮問題

高潮の問題を単に自然現象の解明という立場でなく、高潮災害対策という見地からみるとつぎのような問題が考えられる。

5.1 高潮に水文統計が適用されるか

水文現象については一般に水文統計を適用して生起確率や確率流量等の算出が行なわれる。高潮についても同様に高潮位または潮位偏差の生起確率や確率高潮位の計算をしようと思えばできないことはない。一般論として、ある大きさの潮位または潮位偏差が何年に1回位はおこっているということ是可以する。しかし、この数値を防災計画にもりこむには信頼のできる観測のある年数があまりにも短かく、大きな高潮が1回加われば回帰年数が大幅に変化し定常性がない。また高潮の生起に週期性があるのかどうかという疑問もある。古くは高潮は高潮災害の状況から自然現象としての大きさを判定していたようである。災害の程度と高潮位または高偏差とは同じではない。したがって、潮位または偏差に対する長年の資料を集めて、周期性や生起確率を検討しなければならない。梶浦博士⁹⁾が指摘しているように、高潮は単に沢山の資料から偶発的な現象として処理するよりも、ある程度理論的考察をも含めて、例えば、台風の大きさや経路の推定、これの統計的な検討を行なって、ある地点で最悪の高潮をひきおこす台風のコースといった考え方をもちて処理することが重要であろう。

5.2 計画潮位の考え方

田中清博士は計画潮位についてつぎのような見解をのべている。¹⁰⁾

最強台風の上限はわかっていないから、最高潮位の上限もわからない。したがって、いかなる高潮も絶対安全とはいえない。(筆者註、これは何も高潮にかぎったことではなく、水文現象全部についていえることではあるまいか)ただ危険の確率を小さくすることはできる。高潮対策には人命防護と物的防護とを切りはなして別箇に考えるべきである。人命防護には安全率100%が要求されるから、住居形式(例えば鉄筋コンクリート建築)や避難対策等を総合的に考慮して、海岸堤防だけに依存する必要はない。物的防護にはその地域が工業地域、商業地域、農耕地域であるかによって、造られる海岸堤防が最も経済的価値をもつように計画潮位を決定すべきである。しかし、隣接して海岸堤防に高低があれば低い所に水当りが集中することに留意しなければならない。

筆者もこの意見には全面的に同感である。防災工学的にみて計画潮位はどこでも一律に、

(天文潮による最高潮位)+(起りうる最大潮位偏差)

または、(天文潮による最高潮位)+(某年確率潮位偏差)

である必要はないと思う。

5.3 高潮防波堤について

近年高潮対策として湾奥に大防波堤を設置することが計画され、検討されている¹¹⁾ これまでの研究によると、防波堤の開口部の断面積がある程度小さくないと偏差低減の効果は期待できないようである。ただ高潮時は大きな風浪をとまなうから、風浪による被害低減の目的にはある程度の効果が

あるであろう。この意味で、単に高潮防止対策という点からだけで大防波堤を設置することは更に慎重な研究が望まれる。

6. 結 び

高潮の問題は2つに分けられる。1つは将来予想される最高の潮位の推定である。今1つは予想される高潮を最小の被害で防ぐ方法である。前者は自然科学の問題であり、後者は防災工学の問題である。この小論で述べたように、最高の潮位の推定については、実用的には未解決な点があるにしても、ともかく方法論として、あかるい見通しがもてる。しかし、これでもって高潮の問題が解決したことにはならない。沿水計画と同様に高潮対策も予想される最高潮位をもとにして国家経済の許す範囲内で最も適切なものが打ち出されねばならない。

これらの計画において最も大切なことは過去に発生した高潮に関する資料を蒐集、整理、解析して保管しておくことである。これは高潮現象の解明にも、防災計画樹立にも必要なことで、国家的な規模で管理されることがのぞましい。

参 考 文 献

- 1) 荒川秀俊・石田裕一・伊藤忠士編：日本高潮史料 吉川弘文館発行、昭和36年発行
- 2) 篠原謹爾：有明海の高潮の研究 九州大学応用力学研究所報第20号、第21号、昭和37年、昭和38年
- 3) 宮崎正衛：高潮について 農業土木研究 第28巻第2号、昭和35年
- 4) 奥山熊一・宇野木早苗：日本沿岸における高潮の概況 気象庁研究時報 11巻6号、昭和34年6月
- 5) K. Wadati and T. Hirono : Storm Tides Caused by Typhoons. Proc. UNESCO Symp. Typhoons, 1954, 31~48
- 6) 宮崎正衛：近年日本沿岸に來襲した高潮について、第3回海岸工学講演会講演集 1~8、昭和31年
- 7) 防災ハンドブック、技報堂発行、昭和39年、P620
- 8) この項は主として防災ハンドブックのP621~623内記述によっている
- 9) 梶浦欣二郎：津波高潮研究の現状と問題点、第2回災害科学総合講演会講演論文集、昭和40年
- 10) 田中清：高潮に関する諸問題、海岸工学の最近の進歩土木学会関西支部、昭和36年
- 11) 樋口明生・吉田幸三：名古屋港の水位変動の特性について、第9回海岸工学講演会講演集、昭和37年
伊藤剛・日野幹雄・渡辺二郎・日野和子：数値模型による東京湾横断堤の防潮効果に関する研究 第11回海岸工学講演会講演集、昭和39年