

伊勢湾台風による外海及び伊勢海沿岸の波

運輸技術研究所 運輸技官 工学博士 井 島 武 士
同 上 佐 藤 昭 二
同 上 青 野 尙

要 旨

伊勢湾台風時の外海沿岸の波と伊勢海沿岸の波について実測、調査及び計算結果にもとづいて、その分布と概略の特性を述べたものである。

1. 緒 言

昭和34年9月26日の台風15号(伊勢湾台風)による伊勢海沿岸の災害の最も大きな原因は、強風に伴った波と高潮である。高潮については、沿岸の数ヶ所の検潮所で潮位記録が取られ、又痕跡調査によつて各地の異常高潮位が推定されている。その後気象庁において、電子計算機 I. B. M. による詳細の理論計算が行われて、現象の概要が次第に明らかにされている様である。波について見ると、伊勢湾台風によつて伊勢海沿岸はもとより、本州南岸の各地は熊野灘沿岸を中心として、大なり小なりの被害をうけたのであるが、その時の波の性質については余り良く知られていない様に思われる。然し此の伊勢湾台風の発生を契機として、伊勢海はもとより、東京湾、大阪湾、周防灘、有明海などの各海湾における台風防災対策の確立が要望され、自然現象としての高潮及び波の性質を推定することがさし迫つて必要とされている。それでこの報告で、運輸省直轄港湾及び我々が調査を実施しつつあつた港で得られた波の記録と、災害後伊勢湾及び熊野灘を調査して、被災状況から推定された波の値とに基づいて、各地の波の性質の概略を述べ、又著者等の浅海における波の図式計算法による結果を参照しながら、伊勢海沿岸の波の性質を考察したものである。

2. 伊勢湾台風時の気象

伊勢湾台風の性質とそれによる気象及び高潮については、既に多くの資料が出されているので、此処では表一1に此の台風による伊勢海附近の最大平均風速と最高潮位(T. P. 上)を示す。此の表と後述の図一8とから、伊勢湾周辺の風及び潮位の概略を見る事が出来よう。

表一1 各地の平均最大風速と最高潮位 (T. P. 上)

地 名	風 向	風 速	起 時	潮 位	起 時
尾 鷲	SE	27 m/s	18—20	2.00	
津 市	ESE	36.8	19—35	2.04	20—30
四 名	ESE	35.0	20—10	2.54	19—00
古 屋	SSE	37.0	22—00	3.24	(21—00)
名 師	SSE	39.6	22—	3.90	21—35
豊 崎	ESE	30.0	19—	2.24	21—45
小 橋	S	20.7	21—	3.04	22—30
福 山	SE	39.0	20—30	2.15	22—00
	S	38.4	20—50	2.13	22—00

(註) 尾鷲, 津, 名古屋及び福江の値は気象庁測候所, その他は愛知県, 三重県, 或は運輸省の実測値である。
潮位の起時の記入していないもの又は括弧して示したものは推定値である。

3. 外海沿岸の波

伊勢湾台風による太平洋沿岸の波

伊勢湾台風時に、太平洋沿岸では、高知、清水、名洗、石巻の各港で水圧式波高計による波の観測が実施されていて、有効な実測値が得られている。何れも港湾附近であるが、地形的な影響の少い水深6～10 m 程度の場所での波である。図一1は有義波の波高及び周期と、その場所における風速と風向の時間による変化を図示したものである。これによると高知港は、全然この台風の風域内に入ることがなく、観測された波はうねりのみであり、清水港

図-1 伊勢湾台風による外海沿岸の風と波

(各港の運輸省工務所の観測による)

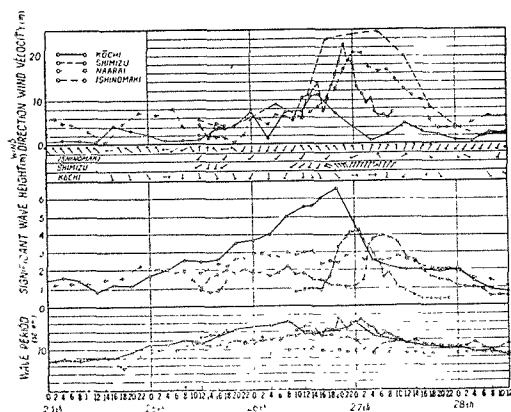
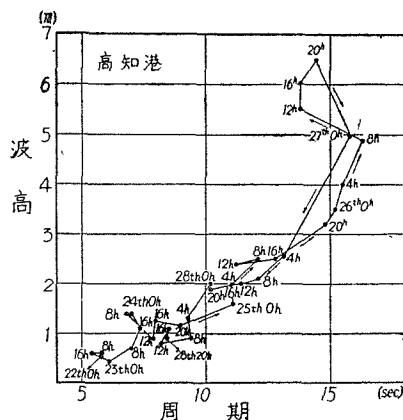


図-2 伊勢湾台風時の波の波高と周期との関係



及び名洗港では 26 日 20 時ごろから風域内に入り、石巻港では 27 日 3 時ごろ風域に入つたことになる。

此の外八戸港、久慈港(岩手県)においては、昼間のみ波高桿によつて、観測を行つた結果が求められている。これ等の結果から伊勢湾台風時の各地の波高の最大値及びその時刻を表示すると表-2 の如くである。

表 - 2

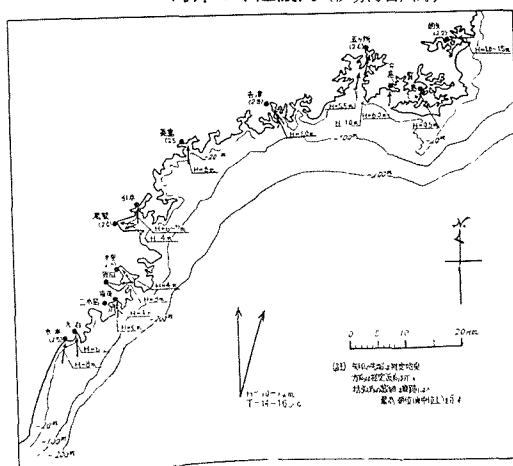
地	点	波 高(m)	周 期(sec)	時 刻	摘 要
八戸 久慈 石巻 名洗 清水 高知	戸慈巻洗水知	2.7	12.5	27 日 9 時	風 波 (波高桿)
		3.3	13.0	27 日 8 時	風 波 (波高桿)
		4.0	11.0	27 日 6 時	風 波 (波高計)
		2.9~3.0	10.5~13.0	26 日 8 時~14 時	風 波 (波高計)
		4.2	17.0	27 日 1 時	風 波 (波高計)
		6.5	14.4	26 日 20 時	うねり (波高計)

最も被害の大きかつた熊野灘海岸については、実測値がないために明確ではないが、被害調査の結果から推定すると、海岸では波高 8~10 m 周期 14~18 秒で、波の方向は S 方向が卓越したものと考えられ、その起時は木ノ本港附近で 26 日 18 時 30 分頃と推定される。この台風による波の特徴は、清水港及び高知港の実測値からも分る様に、周期が長大であつて、16~17 秒に達し、又記録にあらわれた最大の周期は 20 秒にも達していることである(清水港は駿河湾の北西岸で、既往の観測結果から推定すると清水における波高 4.2 m、周期 17 秒の波は、波高約 8.0 m の S 方向からの沖波によると考えられる)。高知における波高と周期の關係が時間によつて変化する状態を示すと図-2 の様で、うねりの波高と周期とは、台風接近と共に相伴つて増加し、又減少している。風域内に入ると、波高は増加し、周期が反対に減少するという傾向が大体において各地に見られる。

熊野灘海岸の波

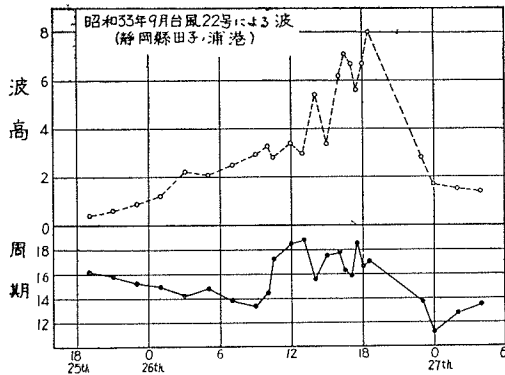
熊野灘海岸について考えると、この海岸は台風進路の東側即ち危険半円内に在り、海岸線は北東から南西に走つていて、台風の経路と殆んど平行であること、台風中心からの距離が 0~80 km の範囲内であつたこと等によつて、恐らく未曾有の激浪を受けたものと考えられる。この地形的特性は、木ノ本から新宮の間を除くと沈降性のリヤス式海岸で、海岸形状は極めて複雑で、海底勾配は大きく(1/10 以上)木ノ本から新宮の間の砂浜地帯においても汀線より水深 10 m 迄の勾配は 1/10 以上であることが多い。従つて沿岸各地の波の性質は、海岸線の出入によつて、甚しく変つてゐるので波高及び周期の分布を正確に推定することはほとんど不可能であるが、被災状況その他から推定される海岸各地の波高の概略値は、図-3 に示す通りである。海岸形状の影響をうけない沖波の規模を推定す

図-3 被災状況より推定した熊野灘海岸の卓越波高(伊勢湾台風時)



ることは、種々の方法によつてある程度可能であるが、伊勢湾台風の様な大規模の台風の場合には、充分の信頼度は得られない様に思われる。これに少々類似した場合の波の実測値として考えられるのは、昭和33年9月26日の22号台風による駿河湾田子浦港における観測値がある。この台風の中心示度は少々伊勢湾台風に劣るが、中心附近の最大

図-4 田子浦港における昭和33年9月
台風22号による波



風速及び進行速度は近似している。田子浦港はこの台風の進路の西側の可航半円内にあつたが、26日18時30分台風中心が田子浦の真南約120kmの地点にある時に最高の有義波高8.0m、周期17.0秒を示した(駿河湾は水深が極めて深く、田子浦港は南からの波については、殆んど外海と等しい波高を示す)。この実測値は、太平洋沿岸で測定された最高の波である。波高と周期の変化は図-4に示す通りである。同じ台風で名洗港では26日22時最高有義波高6.0m、周期11.3秒を示している。この台風は伊勢湾台風よりも規模が小さく且つ接近すると共に衰えているが、この値から類推すると、熊野灘海岸の伊勢湾台風時の沖波としては、少くとも波高8.0mをこえるものであることは明らかで、10～12m程度の波高に達したことが考えられる。波の方向は海岸各地の被害状況及びその分布からみて、S～SSWの方向が最も卓越していたことは明らかである。尚昭和28年9月26日の台風13号による波は、台風の進路から考えられる様に、伊勢湾台風によるものよりは小規模であり、且つ波の方向はSE～Eであつたものと推定され、この海岸各地に対する影響は、伊勢湾台風に比べると、小さなものであつた。尚台風13号の際の波は小名浜港において記録されたのが唯一のもので、最高有義波高は28年9月26日2時4.3m 周期11.3秒である。

4. 伊勢海内の波

伊勢海の地形的条件

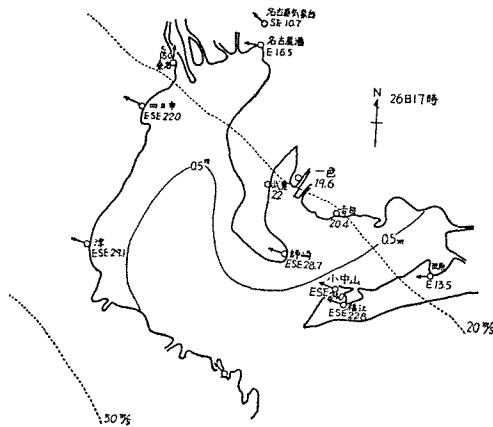
伊勢海は図-8に示す如く平均水深約50m、幅約2kmの伊良湖水道によつて外海と通じ、知多半島と三重県海岸に囲まれる伊勢湾及び知多半島と幡豆海岸及び渥美半島に囲まれる知多湾及び渥美湾よりなる。伊勢湾は南北約60km、北部で東西約15km 南部で約40kmの対岸距離を有する海域と考えられるが、中央最深部の水深は34mである。汀線±0より水深10m迄の平均海底勾配は、名古屋港附近で約1/900(SW方向)木曽川附近約1/20～1/30(S方向)四日市北部(霞ヶ浦附近)約1/300(SE方向)千代崎附近約1/300(SE方向)津～松阪附近約1/100～1/150(E方向)宇治山田附近1/200(NE方向)知多半島西岸約1/300(W方向)程度であり、水深20m迄の平均勾配は、名古屋附近で約1/700、その他の部分では1/250～1/300程度となつていて、特に名古屋港附近が遠浅である。湾形から考えて、北上する台風に対しては、北部海岸が大きな波の影響をうけるが、名古屋附近は遠浅のため、海岸汀線での波は四日市又は木曽川附近よりも小さくなることが予想される。知多湾は南北約20km、東西4～10kmの対岸距離を有し、中央最深部の水深は12mで、大きさ及び深さ共に伊勢湾の約1/4で湾形も略相似である。この湾は佐久島、日間賀島などによつて、渥美湾と区分され、河和附近以北の海岸に対しては、南寄りの風による波については、渥美湾の影響は殆んど考える必要がない(例えば武豊から南東方向に測つた対岸距離は、佐久島まで16km、渥美半島北岸まで25kmとなるが、波について考えるときは、対岸距離を16kmで限定すべきであることが、著者等の福江港外の2ケ年間の波浪観測の結果から推定される)。渥美湾は西南西から東北東の方向を長軸とする略楕円形の湾と考えられ、長軸の長さ約30km 短軸の長さ約13km、最深部水深は16mである。

以上3つの湾での伊勢湾台風による風波の大きさは、伊勢湾において最も大きく、知多湾、渥美湾がこれらに次ぐものと予想される。

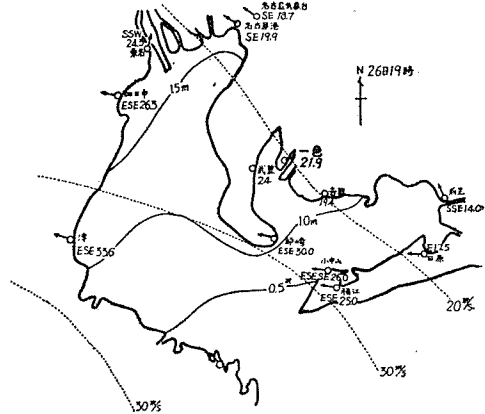
うねりの効果

これ等海湾に対する外海からのうねりの効果を考えるために、名古屋港外及び福江港外の波高計の記録にあらわれたうねりの大きさを見ると、名古屋港外では26日14時ごろ周期7.3～9.0秒、波高10～15cm、福江港外では26日5時ごろ周期16.5秒、波高15cmとなつている。一方伊良湖水道から侵入するうねりについて、周期16秒、波向S～5°～Eに対する屈折図から推定すると、四日市～木曽川附近に対しては、屈折係数は0.02程度以下であつて、実際上はうねりの効果は無視出来る程度である。

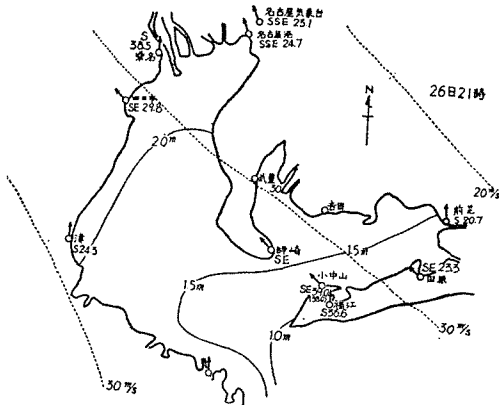
図-5 (a) 伊勢湾台風時の風速分布
(数字は風速をm/secで示す)



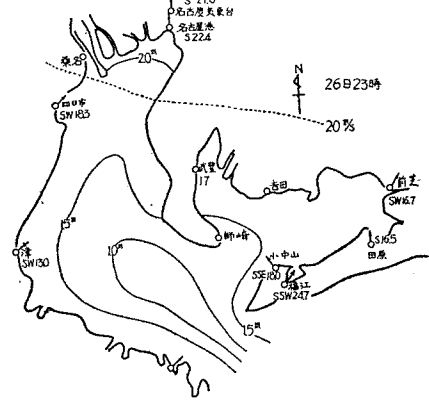
(b) 伊勢湾台風時の風速分布



(c) 伊勢湾台風時の風速分布



(d) 伊勢湾台風時の風速分布



従つて伊勢海沿岸の波を考えるに当つては、湾内で発生する波のみを考えれば充分である。

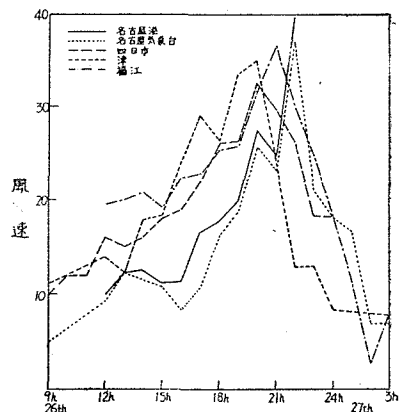
伊勢海沿岸の台風時の風の特徴

伊勢湾台風時のこれ等の海湾の周辺において観測された風について、その分布を示すと図-5の如くである。矢印は風向を示し、数字は風速(m/s)を示すもので、点線は概略の等風速線である(同図には検潮記録による潮位を東京湾中等潮位を基準として記入し、それによる等潮位線を概略推定によつて記入し、潮位分布を見易く示している)。これ等の風速及び風向は各地ともその精度が一樣でなく、又地形的な影響も入っている恐れがあるが、風の分布が時間的に変る様子を概略みることが出来る。これによると伊勢湾西岸が風速が大きく、渥美湾東岸では福江附近を除くと、かなり風速は小さい。更に伊勢湾南部の風を代表するとみられる福江及び津の風と、北部の風を代表する四日市及び名古屋の風につき、風速の時間的変化を図示すると図-6の如くである。これからみると風速の最高時は南部が北部よりも1~1.5時間早く起つていて、風速増加の傾向は南部から北部に次第に移つていのが分る。この様なことから、伊勢湾周辺の風の分布及び風向と風速の変化については、次の性質がある事が分る。

(I) 台風の進行と共に風速は初め伊勢海南部に於いて大きくなり、次第に北部に及び北部で最大風速を示す時には、南部では減少を始めている。渥美湾についても、大体この様な分布の傾向がみられる。

(II) 風速が15 m/s程度以上になつてからは、伊勢湾周辺の風向は初め E~ESE であるが、台風の進行と共に SE~S に移動し、SW 方向で終つてい。この事は図-7に示す風向の変化からも明らかであ

図-6 代表的な地点における
風速の時間的変化



る。この変化は台風中心から遠い地点程即ち渥美湾東岸においては、伊勢海西岸におけるよりも早く起つている様に思われる。

(Ⅲ) 福江附近を除くと、伊勢湾及び渥美湾西岸では、東岸よりも大体風速は大きく、西岸の風は海上の風に略近い値を示しているものと考えられる。

この様な風の分布は勿論地形的影響の入つたものであるとしても、台風に伴う移動性風域の示す性質として気象学的にも首肯されるもので、伊勢海の様な 50～60 km 程度の比較的狭い海湾内での波の性質を見る上にも閉却出来ないもので、特にこの海湾の如く湾形、水深共に複雑な場合には、波に及ぼす影響は無視することが出来ないものと思われる。高潮に伴う潮位分布の変化による水深の変化も又風の分布と併せ考える必要がある。

この様にみるときは、既に述べた様に伊勢湾沿岸においては、西岸は東岸より又北岸は南岸よりも波が大きく、且つ風域が北上する事から一様な風速分布の場合よりも波が大きくなる事が予想されるのである。

災害調査による波の特性と分布

著者等は伊勢湾台風による沿岸の被災状況を詳細に調査し、各地区に対する波高及び波向を推定した。この結果を図—8 に記入してある。もとより此等の値は海岸構造物の破壊状況、越波の限界、或は現地に居住する被災者の談話より経験に基づいて推定したものであるから、主観による所が多く、特にそれらの波高が起つた時刻については推定不能であるが、後述する計算結果と共に大体の波の性質を考察するに役立つものと思う。

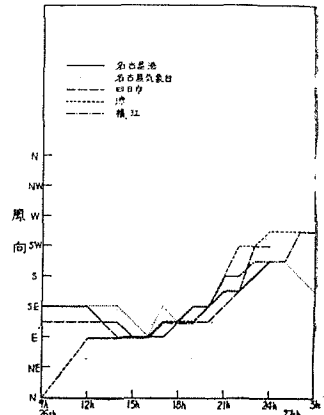
此の様な波の調査の結果特に注目すべき一般的現象と考えられる事柄は、次の通りである。

(Ⅰ) 波による破壊作用には局地的特性が著しく強くあらわれている。即ち海底勾配の大小と、平面的な地形の変化の影響が強い。前面の海底勾配が大なる場所でもかなりの破壊が生じていても、隣接する海底勾配の緩なる区域では著しく被害が少ない。この事は浅海波の特性として、海底摩擦が波高の減衰作用に著しい効果を示しているためと考えられる。例えば、四日市港の北部海岸霞ヶ浦附近及び南部千代崎附近は前述の如く、海底勾配が約 1/300 程度の平坦な海底であるため、波による堤防の破壊は少ないが、四日市の南、鈴鹿川河口附近は約 1/50～1/100 の勾配であり、又域南千拓前面附近（揖斐川右岸）も同様の勾配であり、地形的にも突出した部分であるため、極めて大きな破壊が見られる。

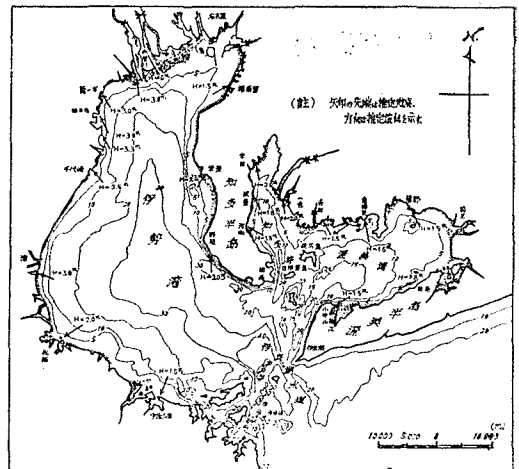
(Ⅱ) 地形的に突出している部分と湾入している部分との被災の状況が著しく異なる例は、四日市港内附近に多くの実例をみることができ、又四日市北部の朝明川附近の海岸護岸についてもみる事が出来る。四日市港内の午起護岸の一部であるテトラポッド護岸（1 ton テトラポッド）の被災状況は、これを明らかに示すものであつて、SSE 方向に直面する護岸法線においては、テトラは横方向に移動することなく、波によつて堤頂附近に押しあげられたにすぎないが、これに隣接する ESE 方向に直面する護岸のテトラは、すべて NNW 方向（SSE の波の進行方向）に飛散している。この様な平面的地形の変化による被災状況の変化から推定される波の方向が、後述する計算結果による卓越波向と一致する点から推察されることは、波の周期が短く（一般に 6 秒程度）、従つて海底地形による屈折及び回折の効果は著しいものではないことを予測せしめるものである。

(Ⅲ) 海岸構造物（例えば海岸堤防）の前面に存在する砂浜の、波に対する減殺効果は極めて著しいものと考えられる。例えば上記霞ヶ浦、千代崎及び津海岸における堤防の被災の少い事は、海底勾配の緩なる事と相俟つて波力を減殺せしめるに効果的であることを推察するに充分である。これ等の点は強風吹送時の波の遡上現象が無風状態のそれとは著しく異なる事実と共に、波高推定の際の局地的条件として充分考慮されるべき点である。この事は外海に面する熊野灘海岸の各所にもみられた事である。

図—7 代表的な地点における風向の時間的变化



図—8 被害状況より推定した伊勢湾沿岸の卓越波高（伊勢湾台風時）



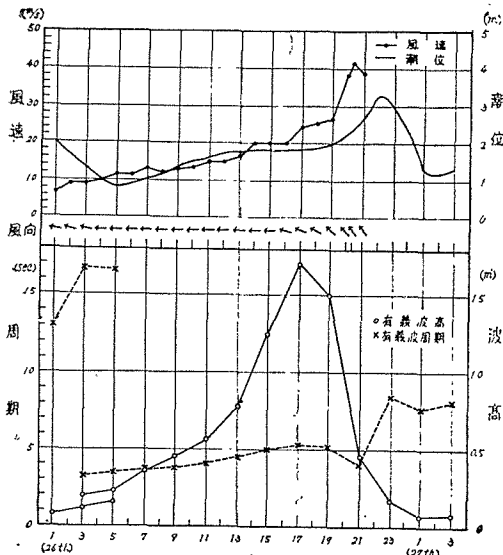
被害状況より推定した伊勢湾沿岸の卓越波高（伊勢湾台風時）

伊勢海沿岸の波の実測値

伊勢湾台風の際に実測された伊勢海沿岸の波の記録としては、名古屋港管理組合が、同港外防波堤の先端から南西約 1 km の水深 4 m (基本水準面下) の地点に設置した直結型波高計 (水圧式) によるものと、愛知県伊良湖港湾工事事務所と、運輸技術研究所との協同作業の下に、福江港外の小中山観測所において漂砂調査のために水深 -3 m に設置されたケーブル型波高計 (水圧式) によるものがある。これ等は 2 時間毎に 20 分間 (又は 10 分間) の連続波形記録を取っている。但し名古屋港前面での記録は機械の部分的故障により、測定時刻については充分の信頼度がなく、又波形記録に一部 Scale out がみられる。従つて名古屋港外においては 26 日 18 時から 23 時の間の有義波高は 2.0 ~ 2.4 m, 周期は 5.7 ~ 6.5 秒の範囲であり、最高有義波高は 2.4 m, 周期 6.5 秒であるとしておくのが妥当である。

福江港外の記録は水中ケーブルによつて陸上で記録されたもので充分の信頼性がある。同地点で観測された波

図-9 福江港外 (小中山) における伊勢湾台風時の風と波



高, 周期, 潮位, 風向及び風速の値は 図-9 に示す通りで, 最高有義波高は 26 日 19 時に起り, 波高 1.7 m, 周期 5.2 秒である。この波の方向は風向及び附近海岸の地形から推定される様に, 略 ENE~E 方向からの波であると考えてよく, 台風後の附近海岸の漂砂方向とも一致している。尚この海岸に対する常時の卓越波は冬の NW~W からの季節風による波で, 最近 2 ケ年間の継続観測の結果から, これ等の波の周期は 3~4 秒 (特に 4 秒が多い) 波高は 1.0 m 以下であり, 波高 1.0 m 以上, 周期 5 秒以上を示すことは年毎に 1~2 回にすぎず, 伊勢湾台風時の波が此処で観測された最大の波である。

計算による伊勢湾沿岸の波の推定値

ここでは著者等の図式計算法²⁾によつて, 伊勢湾台風による伊勢湾沿岸での波の性質が如何なる分布をなしていたのであつかを調べてみよう。図-10 に示す様に伊勢湾の西岸に松阪, 津, 千代崎, 四日市, 北岸に木曽川沖, 名古屋沖, 東岸に常滑沖, 及び野間崎の各点を選び, 基本水準面下 8 m の地点における波高と周期の時間的変化を求め, 又各点での最高波及びその時刻を求め

てみた。このためには, 各点に対して最も卓越する波高を生ずると考えられる方向に fetch を仮定し, この fetch 上に生ずる波を求める。図-10 には計算した fetch の方向も示している。この計算には出来るだけ任意性が入らない様にするため, 次の様な仮定の下で風及び潮位の変化を適用した。

(I) 伊勢湾は伊良湖水道によつて外海と遮断され, 又小中山水道及び師崎水道によつて渥美湾と区分せられているものとする。

(II) 計算に用いる風向及び風速は, 図-5 に示した風の分布図を用いることとし, 伊勢湾南部では福江, 小中山及び師崎の風記録の平均値を取る。伊勢湾中部では津, 北部では四日市, 及び名古屋港の記録を用いることとする。これは我々の計算法では, 沿岸の風から推定される海上の風よりも, 沿岸陸上の実測された風を用いる方が, 実際に近い値を得ると考えられるからである。

(III) かくして, 考える fetch の風上端及び風下端附近の風速と風向が分るので, その風速の fetch 方向への Component を計算して, これを考える fetch の風上及び風下端の風速とし, その中間では風速は直線的に変えるものとする。

(IV) 潮位は考える地点での検潮記録によつて求める。名古屋, 四日市, 松阪及び常滑では検潮記録があり, 千代崎はこれがないので, 四日市と津の値から内挿して求めた。この様にして, 各点において考える fetch 上の風速及び潮位の分布と時間的変化が求められ, 海図によつて fetch 上の水深の変化も分る。この結果描かれた風域図は, 横軸に距離, 縦軸に時間を取り, 図-11 に示してある。これ等は松阪, 津, 四日市, 木曽川沖, 名古屋沖,

図-10 伊勢湾沿岸の波の計算地点と fetch の方向

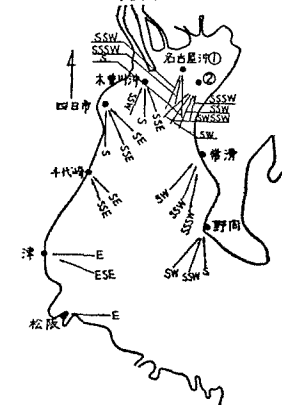
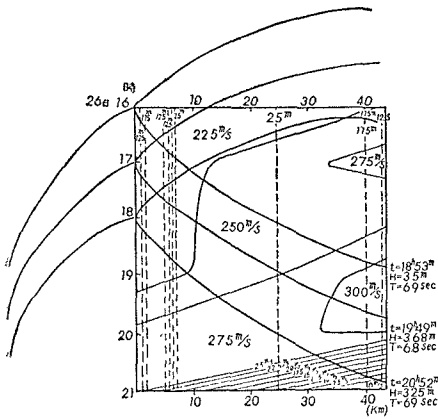
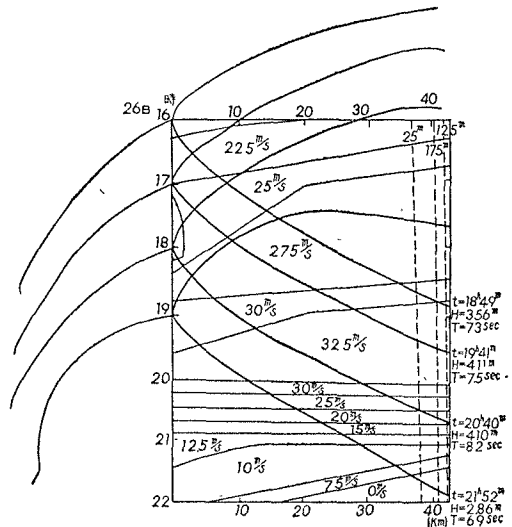


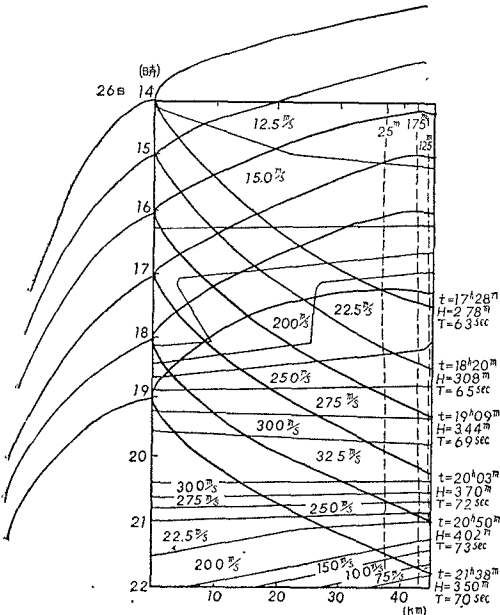
図-11 (a) 松阪のE方向の風域図



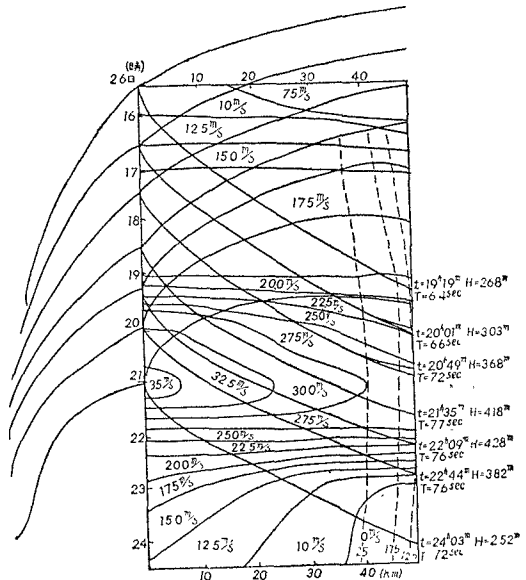
(b) 津のESE方向



(c) 千代崎のSE方向



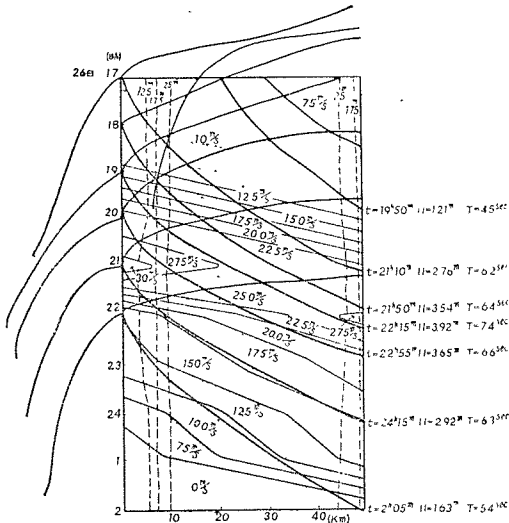
(d) 四日市のSS E方向



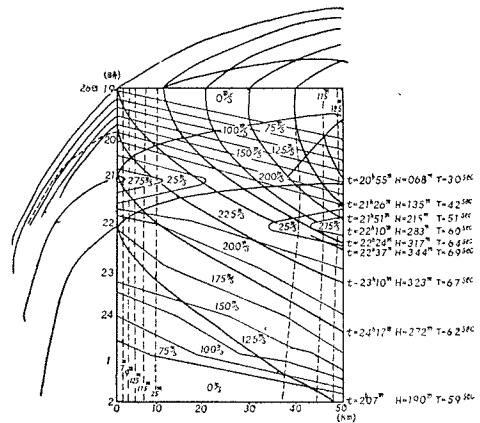
常滑及び野間崎に対するもので、風速は太い実線で 7.5 m/s 以上、2.5 m/s 毎に示し、又水深は鎖線で 10 m 以上は 5 m 毎、10 m 以下は 2 m 毎に示している。風速及び水深をこの様に分けたのは、図式計算法では、この程度の区分で充分の精度が求められることが、検算の結果明らかだからである。又風域図には図式計算による波高、群速度及び進行曲線が記入されている。

この様にして各点で与えられた方向の波の時間的変化が求められる。図-12 は各地点における波高の時間的変化を示しているが、これ等の曲線群の包絡線を以て、卓越波高を示すものと考えることができる。図-13 はこの様にして求められた各点の卓越波高の時間的変化を示すものである。この図から台風の北進と共に伊勢湾南部から北部にかけて、次第に波高が増大し、且つその最大波の起時がおくれて現われていることが分る。表-3 は各方向からの波の最高波高と周期、及びその起時をまとめて示したものである（この際、厳密には波の屈折による波高変化を考える必要があるが、周期 5～6 秒程度の波では水深 8 m 以上では殆んどその影響は現われない。これらの値は水深 8 m（基本水準面下）の地点における値であるから、実際の海岸堤防或は護岸、又は防波堤に対する波高を考えると、水深の減少に伴う波高及び周期の減少を考えに入れなくてはならない）。

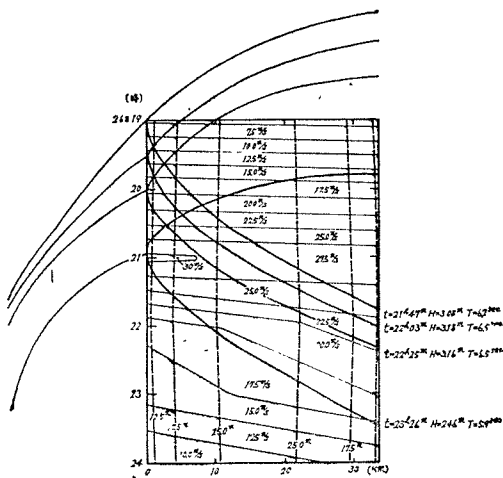
図-11 (e) 木曾川沖のS方向の風域図



(f) 名古屋沖1のSSSW方向



(g) 常滑のSSSW方向



(h) 野間のS方向

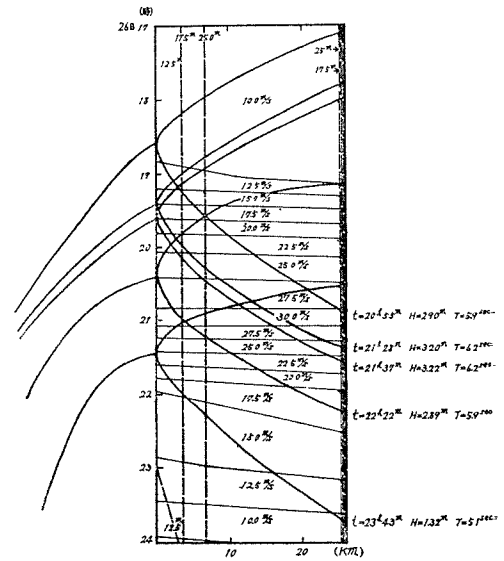
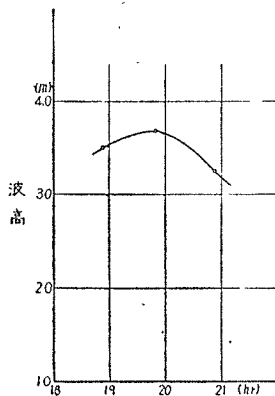


図-12 (a) 松阪の波高の時間的变化 (E方向)



(b) 津における波高の時間的变化

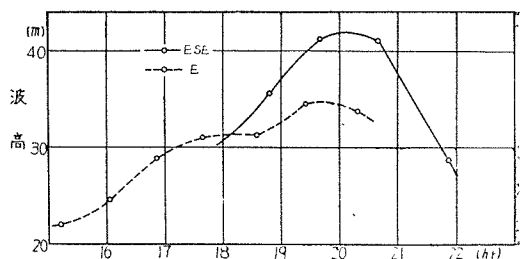
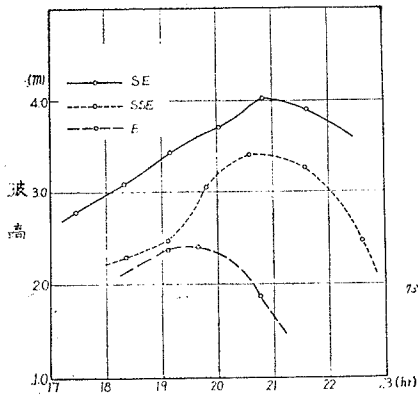
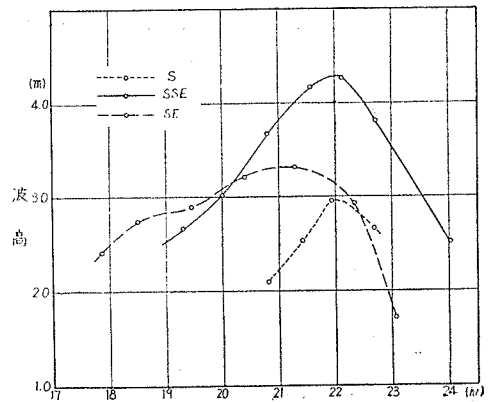


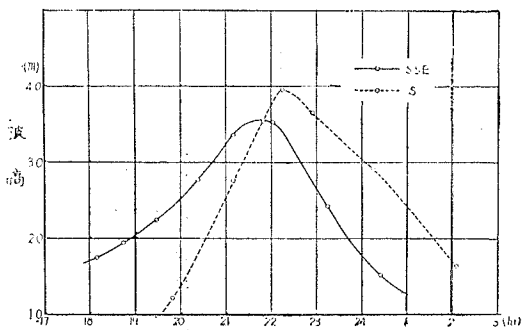
図-12 (c) 千代崎の波高の時間的変化



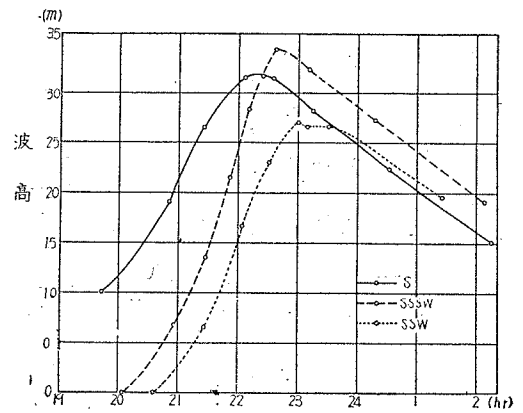
(d) 四日市の波高の時間的変化



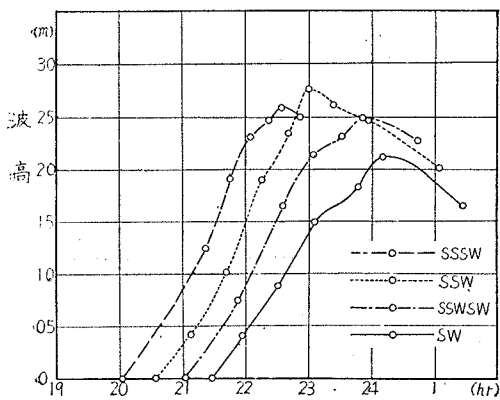
(e) 木曾川沖の波高の時間的変化



(f) 名古屋沖第1の波高の時間的変化



(g) 名古屋沖第2の波高の時間的変化



(h) 常滑の波高の時間的変化

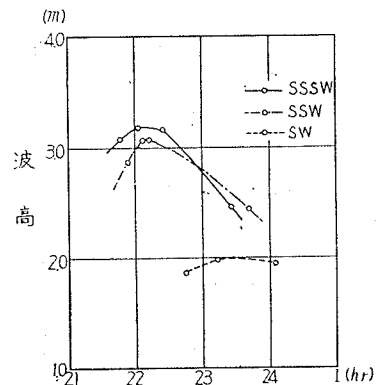


図-12(i) 野間の波高の時間的変化

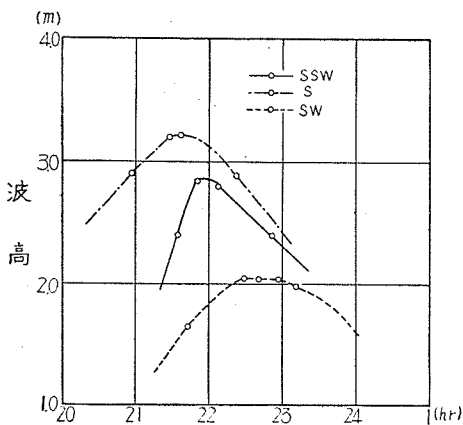


図-13 卓越有義波高の時間的変化

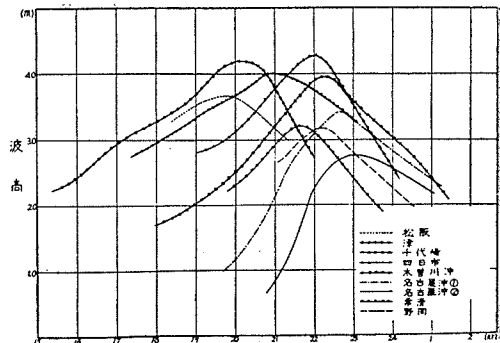


表-3 各地における最高波高とその周期及び時刻 (何れも基準面下水深 8 m の地点での値)

地名	方向	最高有義波高 (m)	周期 (sec)	時刻
松 津 阪	E	3.7	6.8	19h—49m
	E	3.2	6.5	18—37
	E S E	4.1	7.5	20—42
千 代 崎	E	2.4	5.4	19—39
	S E	4.0	7.1	20—53
	S S E	3.4	6.6	20—40
四 日 市	S E	3.3	6.2	21—18
	S S E	4.3	7.6	22—09
	S	3.0	6.4	21—57
木 曾 川 沖	S S E	3.5	6.7	22—03
	S	3.9	7.5	22—15
名 古 屋 沖 ①	S	3.2	6.6	22—35
	S S S W	3.4	6.9	22—37
	S S W	2.7	6.1	23—00
	S S S W	2.6	5.7	22—35
	S S W	2.8	6.2	23—01
名 古 屋 沖 ②	S W ~ S S W	2.5	5.8	23—52
	S W	2.1	5.6	24—14
	S S S W	3.2	6.3	22—03
	S W	3.1	6.2	22—10
常 滑	S S W	2.0	5.2	23—13
	S	3.2	6.2	21—37
	S S W	2.8	6.1	22—08
野 間	S W	2.1	5.2	22—30

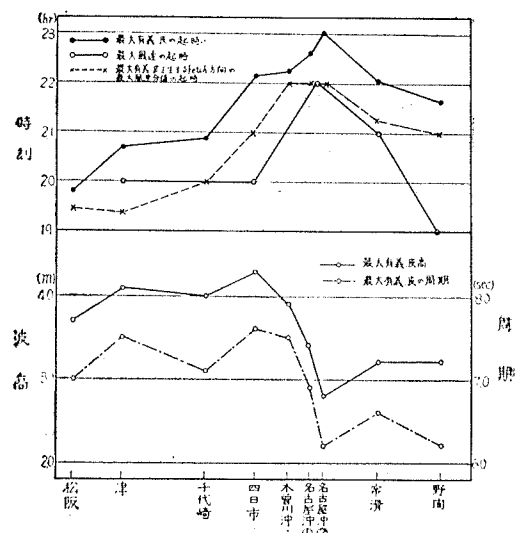
図-14 は横軸に地点を示し、縦軸に最大波高と周期及び最大波、最高風速及び最大波高を生ずる方向の風速分値の最大値の起時を取つて、分布を示したものである。

これによると南部の松阪から四日市まで次第に波高と周期が増加し、四日市で最も大きく、これから北岸及び東岸に移ると共に次第に波高を減じ、名古屋沖第 2 の点において最も波高は小さい。これはこの附近の地形が湾入していること、及び強風時の風速が SE 寄りであることによる。

全体的な傾向としては、東岸の波高は西岸の波高の約 80 % 程度であることが分る。周期についてみると、波高と同様の傾向があり、最大の周期は四日市の 7.6 秒で、東岸では西岸の周期の約 90 % である。

最高波高の起時についてみると、南部と北部とでは約 3 時間程度の時間差が起つている。これを最大風速の起時の差と比べると、風速のおくれは、名古屋では津より

図-14 伊勢湾沿岸の水深 8 m における最大有義波の波高及び周期と起時の分布



も約 2.5 時間おくれ、最大波高は、共に最大風速よりも 1 ～ 2 時間おくられていることが分る。

これらの値からみるに、この台風による波の最も大きかったのは四日市附近であり、4 m をこえる沖波波高を示している。特に注意すべき事柄は、四日市附近の最大風速が表-1 及び 図-14 から分る様に、20 時ごろに起つた ESE 方向であり、その前も ESE 方向の風が吹いているに拘らず、最高波を示すのは 22 時ごろの SSE 方向からの波である。この事は前述した被害調査の結果から推定される波の方向とも一致している。即ち支配的な波は最大風速の起時よりも 1～2 時間程度おくれで起っており、従つてその地点の最大風速又はその風向が最も卓越する波を決定するものではないと考えるべきである。名古屋及び津においても同様であり、これ等の地点では波は主として風速よりも fetch によつて決まると考えられる。

名古屋港周辺の波の分布

今迄は伊勢湾の全般的な波の分布を考えたが、これは既述の通り水深 - 8 m の地点の波で、沖波ともいうべきものである。実際の海岸では汀線附近の海岸堤防或は護岸の直前での波が問題である。この様な場所での波は水深による影響を強くうけるため、局地的な変化が大きいので、各々の場所について計算を行う必要がある。その一例として名古屋港周辺の波の分布を、前述と同じ方法で求めた結果を示そう。

図-15 は計算を行った地点の位置を示すものである。これ等の地点に対して最も大きな波高を示すと考えられる 2 乃至 3 方向について計算を行って最高の波を求めたもので、図-15 に記入した各点の方向は、その最大波高を生ずる方向である。この場合は水深が 8 m 以下であるため、前述の場合と異なり、水底摩擦の効果によつて波高の減衰が著しい。図-16 は一例として A, C, G の各点に対する風域変化と波高、群速度、及び進行曲線を示すものである。これ等の図は図-11 の延長であるが、作図上縮尺の大きい $H-t-F-Cg$ diagram を用いるため、切離して示してある。表-4 は各地点における最大有義波高とその周期及び起時を示したものである。

図一15 名古屋港附近の波高計算点と fetch の分布

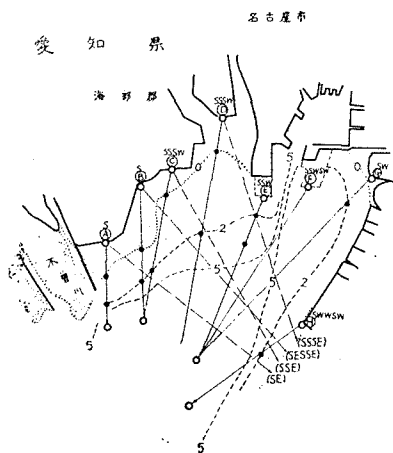


図-16 (a) A点に対する風域図
(S方向)

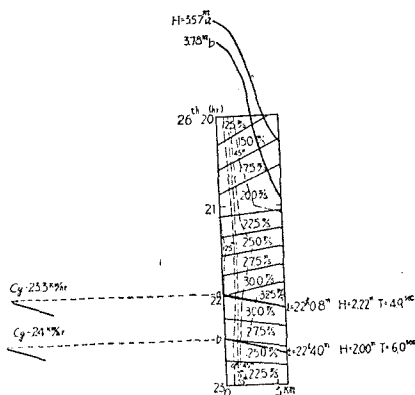


図-16 (b) C点に対する風域図
(SSSW方向)

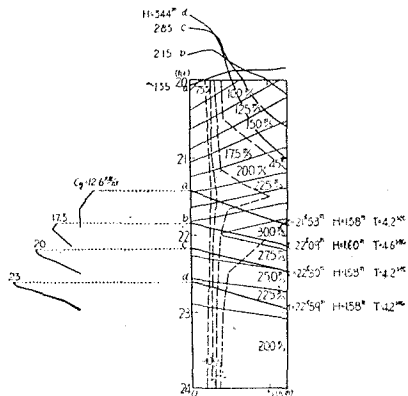
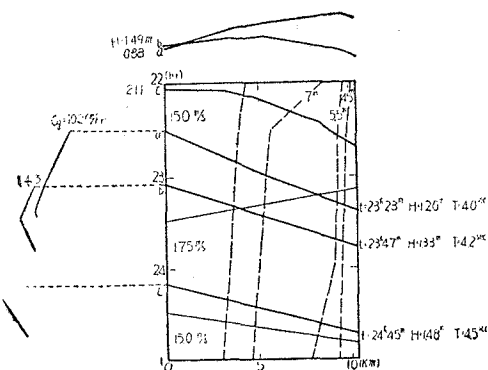


図-16 (c) G点に対する風域図 (SW方向)



表—4 名古屋港周辺の最大有義波の分布

地 点	方 向	波 高 (m)	周 期 (sec)	起 時
A	S	2.20	5.8	22h—08m
B	S	1.90	5.4	21—59
C	S S S W	1.65	4.5	22—09
D	S S S W	1.65	4.6	22—06
E	S S W	2.05	5.3	23—22
F	SSW~SW	1.85	5.0	23—20
G	S W	1.50	4.5	24—45
H	SW~WSW	1.40	4.1	24—23

これから分る様に名古屋港より西側A点（鍋田干拓前面）で最も波が大きく2mをこえるが、順次東に向つて波高は漸減する（E点は水深が稍大きいので、波高も2mに達している）。又その起時は、西側では名古屋港の最大風速時と殆んど一致するが、東側の地点では1~2時間以上おくれる。これは西側の地点が極めて水深が浅く、遠浅であるため、水深による波高の減少が強く利いており、従つて表—3に示した様な名古屋沖で最大の波高を示す波は却つて早く減衰し、海岸では波高が小さくなるが、最大風速時には高潮の最高時が同時に起り、その前後におけるよりも水深が大きくなっているため、海底摩擦による波高の減少が小さい。即ちこの様に浅い部分では高潮の最高時即ち、風速の最大時に最も大きな波高を示すことになるのである。東側の地点では、地形による水深減少が少ないため、高潮による水深増加の効果よりは風の影響が強い。高潮の最高時は卓越波高を与える方向の風速分値が最大を示す時刻よりも早く起り、最大波高は更にそれよりもおくれることになる。この様にA、B、C、D地点における如き前面が極めて遠浅である様な部分では、高潮の最高時と波の最高時とが合致するため、海岸堤防に対しては極めて不利な状態となるのであつて、揖斐川、及び木曾川周辺の干拓地の海岸堤防の被害が、名古屋港より東側の横須賀或は常滑に至る海岸護岸の被害に比べて、甚だしく大きいことは、これが一つの原因をなしていると考えられる。同様に四日市以南の海岸構造物の被害も波高がむしろ四日市以北に比して大きいにも拘らず、四日市以北に比べて甚だしく小さいこともこの様な現象を首肯せしめるものである。

一般に我が国の海湾で、東京湾、伊勢海、及び有明海においては、湾の北岸附近が、遠浅になつており、台風による風波の波高と、潮差又は異常高潮の大きさが略同等であるという状態にある。この様な場合には、上述の如く、高潮と最大波高が大体一致してあらわれることが、上述の計算から推定される。尚上記のA、B、C、D地点に対しては、名古屋附近の最大風速時の風向がSE~SSEであるため、対岸（横須賀附近）を風上端とする波が、かなり大きくなる可能性がある。図—15の破線で示した方向がそれである。参考のためこの方向からの波の最大値を表—5に示した。これ等の値は何れも表—4による値よりも稍々小さく、外部からの波の方が支配的であることが分る。

表 — 5

地 点	方 向	最大有義波高 (m)	周 期 (sec)	起 時
A	S E	1.60	4.1	22h—02m
B	SE~SSE	1.60	3.9	22—15
C	S S E	1.55	3.8	22—04
D	S S S E	1.55	3.8	22—13

知多湾及び渥美湾の波

知多湾及び渥美湾の地形的特性は、既述の通りであるが、知多湾は湾形と方向及び水深共に伊勢湾に相似で、 $\frac{1}{2}$ 程度の大きさである。高潮の最高潮位（東京湾中等潮位を基準とすること）は、湾内海岸で平均約3.0mであり、伊勢湾の四日市、木曾川附近で約3.3mであることから見て、10%程度小さい。この海岸は名古屋附近と同様の遠浅海岸であるため、前述の如く波高と潮位の最高が一致する傾向が考えられ、このため、被害はかなり甚しく西岸は東岸に比して被害は甚しく大きい。この傾向は名古屋港周辺海岸に類似し、従つて西岸における被災の程度は、名古屋港西岸附近に近似し、東岸では名古屋港東岸に近似している。波の大きさはfetchの大きさ及び水深から考へて、名古屋周辺海岸の約80%程度と推定される。渥美湾南岸では福江港外で最大有義波高1.7m、周期5.2秒が測定されているが、この最高波は、高潮の最高時よりも4時間程度早く起つているため、海岸では殆んど災害を被っていない。恐らくこれに近い現象が北岸においても起つたものと考えられ、北岸における被害は、南岸に比べると大きい、知多湾東岸に比しては甚だしく小さい。渥美湾北岸の海岸線は、殆んど東西に走つており、この時の波を支配する風向は殆んどESE~SEと考えられる。前述の福江港外の波の実測値及び水深を考慮すると、

吉田海岸附近では1～1.5 m 程度の波高であろうと考えられる。

以上述べた所から、伊勢湾台風の場合の伊勢湾沿岸の波について、一般的に推論されることは、

(Ⅰ) 東岸は西岸に比して波高は小さく、湾の北西岸に当る四日市附近が最も波高が大きく、北岸の木曽川沖附近から名古屋沖附近にかけて小さい。

(Ⅱ) 沖波波高の最高時は南より次第に北におくれて起り、最大風速時よりも1～2時間おくれて現われる傾向がある。

(Ⅲ) 海岸汀線附近においては、前面の海底が遠浅であるか否かによつて著しく影響され、北岸の遠浅海岸では、汀線附近の波は風速の最大時即ち高潮の最大時に最高を示すことになる。北西岸四日市附近は、波高が著しく大であるが、高潮の最高時よりも、おくれて起つているために、大なる被害を生ずることがなかつたものと考えられる。

5. 結 論

伊勢湾台風による波の概略を述べたが、外海における台風時の波の性質は風域内の風速分布を明らかにすることが出来ないために、推定値は主観性が多く入ることになり、現在の段階では実測値に基づいて推定するのが、最良の方法と思われる。湾内浅海部の波は、風速分布が比較的明かであるが、波の周期が水深によつて変化する状態がまだ明らかでない点があつて、波の群速度とそれに伴う卓越波の到達時間について、多少の疑問が残っている。勿論この外に屈折の効果或は fetch の幅の効果なども更に問題となるのであるが、現在の所ではこれに対する明確な判断の資料はない。

上述の伊勢海内の波の分布は主として、伊勢湾内について調べたが、今後知多湾、渥美湾沿岸についても詳細の検討を行いたいと考えている。

伊勢湾及び熊野灘沿岸の調査に際しては、三重県及び愛知県の土木部港湾課の方々に御尽力を戴き、特に福江港外の観測は愛知県伊良湖港湾工事々務所、小笠原毓之助、石井晃一氏の御努力に負う所が大きい。茲に厚く感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 山内一郎 “伊勢湾台風による災害の概況について、” 土木学会誌, 第44巻12号, 昭和34年12月
- 2) 坂本, 井島, 佐藤, 青野 “作図による浅海波の一般的計算法と伊勢湾台風による福江港外の波について、” 土木学会年次学術講演会, 昭和35年5月