

土木研究所資料

第181号

中川高潮遡上計算報告書

昭和41年3月

建設省土木研究所

目 次

1. ま え が き	1
2. 高潮の基礎方程式	3
3. アナログ・コンピュータの構成	4
4. 境 界 条 件	10
5. 計 算 結 果	23
6. 河道延長に対する計算	42
7. 計算結果に対する問題点と結論	44
8. あ と が き	45

1. まえがき

東京湾はよく知られているように南に向つて開いた湾で、湾口部は大へん深くなつていて太平洋の深海部につながっている。そして湾内は20m～30mという程度の地区が大部分を占めていて、北部海岸ではきわめて徐々に浅くなつて陸地につづいている。このような湾は、強い南風をうけると、風の応力によつてその北部海岸に潮位の高まり、すなわち高潮が生じる。

中川は、その東京湾のほぼ最奥に位置し、河口を南に開いた高潮遡上に対して最も危険な河川であり、さらに江戸川・荒川の大河川の中央にいだかれて流域の大部分が低平な平地よりなり、平時においても古利根川・新方川、元荒川を築流する吉川地点（河口より30.8Km）まで全区間感潮し、河道の低減を考慮しても高潮遡上は河口から30Km以上におよぶこととなる。

このため、低地河川の中川は、上流よりは洪水をうけ、内水の問題が大きく生じ、下流からは東京湾で増幅された高潮をうけ、両者を一体とした水理機構の解明が必要となり、高潮と洪水に対する河川の対応の中を広げる必要がある。高潮遡上の解明のためには、高潮時の河川水位が不可欠のものとなるが、その資料はほとんど皆無であり、境界条件の変化に対する修正も困難である。

中川に対しては、さきに東京湾高潮対策調査の一貫として線型タイプのアナログ計算機を用いて全河川に対する高潮遡上計算が行われた。

今回は、合流点における水門案に対する基礎資料を作成するため、非線型アナログ計算機を用い、水門下流側の高潮遡上の計算が行われた。

対象高潮は、最悪台風・伊勢湾台風・キティ台風・大正6年台風の四者であり、最悪・伊勢湾は想定条件より算定されたもので、東京湾高潮対策調査報告書（S40.3）によるものである。

2. 高潮の基礎方程式

Boussinesq の渦粘性係数 ϵ を一定と仮定して二次元的な運動の方程式は、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\epsilon}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

と表わされる。速度の変化は x 方向に比べて z 方向に大きいから、 $\partial^2 u / \partial x^2$ は $\partial^2 u / \partial z^2$ に対し無視できる。

また左辺第3項は $u \partial u / \partial x$ に対し無視できるから式(1)は、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\epsilon}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (2)$$

となる。圧力を静水圧分布とすれば、 P は

$$P = \rho g (h + s - z)$$

$$\therefore \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial x} \right) = g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - I \right)$$

ここに h : 水深、 s : 基準面より測った河床の高さ、 I : 河床勾配従つて、(2)式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - I \right) + \frac{\epsilon}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

となる。これを $z=s$ から $z=h$ まで z について積分し h でわれば、左辺は平均流速に関する微分

となり、右辺第二項は底及び表面の剪断力になる。平均流速を $\bar{u}$ で表わせば、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\bar{u}^2}{2} \right) &= -g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - I \right) + \left| \frac{\epsilon}{\rho} \frac{\partial u}{\partial z} \right|_s^{h+s} / h \\ \left| \epsilon \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=s} &= \tau_b \quad \left| \epsilon \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=h+s} = \tau_s \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{1}{g} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{\tau_b}{\rho g h} - \frac{\tau_s}{\rho g h} = 0$$

τ_b として開水路のManning の公式を用いれば

$$\tau_b = \rho g R I = \rho g n^2 \bar{u}^2 / R^{1/3}$$

従つて運動の式は

$$\frac{1}{g} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{n^2 \bar{u}^2}{R^{1/3}} - \frac{\tau_s}{\rho g h} = 0 \quad (3)$$

の如くに表わされ、 $\tau_s = 0$ とおけば一般の不定流の方程式になる。

τ_s としてColdingの係数を用いることとすると、

$$\tau_s = \frac{3}{2} r^2 \rho_a w^2$$

であるから(3)式は、

$$\frac{1}{g} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} - I_0 + \frac{n^2 \bar{u}^2}{R^4} - \frac{3}{2} \frac{r^2 \rho_a w^2}{g \rho_w h} = 0 \quad (4)$$

と表わされる。また連続の式は一般の河川の流れと同様に、

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (5)$$

である。ただし

Q: 流量, A: 通水断面積, W: 風速

(4), (5)式をhおよびQで表わせば

$$-I + \left(1 - \frac{Q^2}{g A^3} \frac{\partial A}{\partial h} \right) \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{g A^2} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{n^2 Q^2}{R^4 A^5} - \frac{3 r^2 \rho_a W^2}{2 g \rho_w h} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

となる。この式において、第二項の $Q^2 (\partial A / \partial h) / g A^2$ の項は、Froude 数の2乗に等しく一般に1に比べて省略できる程度の大きさである。また第4項の $(2Q / g A^2) \cdot (\partial Q / \partial x)$ の項も他の項に比して小さいと考えられるのでこれも省略すれば、(6), (7)式は、

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{g A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{n^2 Q^2}{R^4 A^5} - \frac{3}{2} \frac{r^2 \rho_a W^2}{g \rho_w h} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (9)$$

ただし、H: 基準面よりの水位

と表わされ、これが基本式である。

3. アナログコンピュータの構成

アナログコンピュータは、この水理系の基礎方程式を電気系で模擬し、電気系に表われる現象を再び水理系におきかえて知ろうとするものである。

このためには、電気回路における電気系の方程式が水理系のもと同じであることと、境界条件および初期条件が相似になるようにしなければならない。

ここでは水理系と電気系の対応を第一表のようにえらんだ。これは直感的にもわかりよい対応である。

表—1 水理量—電気量の対応

	水 理 量	電 気 量	換 算 係 数
基 本 量	流 量	電 流	$\left. \begin{aligned} Q &= \beta i \\ H &= \alpha e \\ t &= \epsilon \tau \end{aligned} \right\} (10)$
	水 位	電 位	
	時 刻	時 刻	
誘 導 量	慣 性	インダクタンス	
	マ サ ツ	電 気 抵 抗	
	貯 留	電 気 容 量	
	風の応力	起 電 力	

(10)式の換算係数を用いて(8)(9)を変換すれば、

$$-\frac{\partial e}{\partial x} = \frac{\beta}{g\alpha\beta A} \frac{\partial i}{\partial \tau} + \frac{n^2 \beta^2 i}{R_A^2 A^2 \epsilon} i - \frac{3\tau^2 \rho_a W^2}{2g\rho_w h} \frac{1}{\alpha} \quad (11)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = \frac{\alpha}{\beta\delta} \frac{\partial A}{\partial H} \frac{\partial e}{\partial \tau} \quad (12)$$

となる。一般の分布定数の伝送回路の基本式は

$$-\frac{\partial e}{\partial x} = r i + \ell \frac{\partial i}{\partial \tau} \quad (13)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = c \frac{\partial e}{\partial \tau} \quad (14)$$

で与えられる。ここに r , ℓ , c はそれぞれ単位長さ当りの抵抗値、インダクタンスおよび静電容量である。

(11)、(12)と(13)、(14)式とを比べてみると、両者はよくにており、両者を相似にするためには(13)式の最後に

$$- \frac{3r^2 \rho_a W^2}{2g \rho_w h} \frac{1}{\alpha}$$

という起電力項をつければよい。(13)、(14)式は分布数伝送回路の式であつて、このままの形で r , ℓ , c を適当にえらべるものを作ることはできないので微小区間の四端子回路によつて表わすこととした。

(13)、(14)式を四端子回路に表わすために Δx 区間についての階差で表わせば、

$$-\Delta o = R_i + L \frac{\partial i}{\partial \tau} - E \quad (15)$$

$$-\Delta i = C \frac{\partial o}{\partial \tau} \quad (16)$$

となる。ただし、この式が(11)、(12)式で表わされる水理系と全く相似になるためには、次の条件を満足しなければならない。

$$L = \frac{\beta \Delta x}{g \alpha \delta A} \quad (17)$$

$$R = \frac{n^2 \beta^2 \Delta x}{R^{4/3} A^3 \alpha} \quad (18)$$

$$E = \frac{3r^2 \rho_a W^2 \Delta x}{2g \rho_w h \alpha} \quad (19)$$

$$C = \frac{\alpha \Delta x}{\beta \delta} \frac{\partial A}{\partial H} = \frac{\alpha}{\beta \delta} A_0 \quad (20)$$

ここに、

A_0 : 水位 H のときの Δx 区間の水面積

L : Δx 区間のインダクタンス

R : Δx 区間の抵抗値

E : Δx 区間に働く起電力

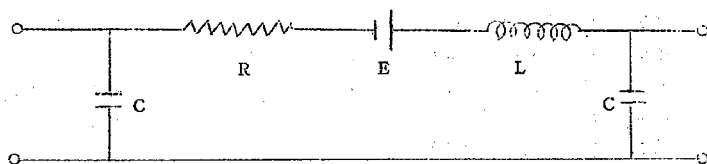
C : Δx 区間の静電容量

(15)、(16)式を表わす電気回路は図-1に示すごとくであつて、この四端子回路の L , R , E , C が(17)、

(8)、(9)、(10)式で表わされる値をとるならば、この回路は(8)、(9)式で示される水理系の基礎方程式と全く相似になり、電気回路を水理系の条件のように結合し、初期条件、境界条件を相似にあてれば、この電気系において水理系の計算を行うことができる。

換算係数は、コンピューターの回路構成の要求と精度とを考慮して次のように定めた。

$$\begin{array}{ll} \beta = 2 \times 10^5 & 1000 \rightarrow 5 \text{ mA} \\ \delta = 7.2 \times 10^3 & 1 \text{ 時間} \rightarrow 0.5 \text{ sec} \\ \alpha = 2 \times 10^{-1} & 1 \text{ m} \rightarrow 5 \text{ volt} \end{array}$$



図—1 回路概念図

起電力項は、コールディングの式を用いることとし、風と河道の方向を考慮して、

$$E = \frac{3r^2 \rho_s W^2 \Delta x}{2g \rho_w h \alpha} = \frac{4.8 \times 10^{-7} W^2 \Delta x}{h \alpha} \quad (10)$$

の値を用いた。ここに θ は風と河道のなす角である。

抵抗項の粗度係数は 0.022 を用いた。

河道区間のとり方は、河口と 7.5 km の合流点の間の高潮遡上に模擬するため 7 km までは 1 km ピッチに 7 km ~ 7.5 km 間を 500 m にとり、水門の模擬は電気回路の上流端を 7.5 km で切り、そこより上流には電流を流さないことによつて可能となる。

(10)~(12)の L、R、E、C の中の河道断面特性は、すべて各区間の平均を使用することとなるが、各区間では上下流の水位差は大きくないとして水平に平均をとることとした。それ等は、表—2 ~ 3 に示す。

表—2 A R 表

水 位	1 — 1.0 Km		1 — 2.0 Km		2.0 — 3.0 Km	
	A(m ²)	R(m)	A(m ²)	R(m)	A(m ²)	R(m)
AP±0 m	325.73	2.46	336.16	2.77	343.00	3.03
0.5	392.82	2.79	398.79	3.02	400.86	3.37
1.0	462.25	3.24	464.98	3.42	461.30	3.78
1.5	532.19	3.68	532.58	3.82	523.02	4.16
2.0	602.83	4.07	601.38	4.20	586.99	4.51
2.5	675.21	4.46	671.73	4.59	653.44	4.89
3.0	748.94	4.88	743.12	5.07	720.86	5.32
3.5	823.38	5.30	815.33	5.44	789.08	5.74
4.0	900.21	5.72	888.34	5.83	858.07	5.87
4.5	975.81	6.02	962.90	6.12	928.57	6.42
5.0	1054.29	6.42	1038.96	6.52	1000.73	6.80
5.5	1133.96	6.76	1116.24	6.85	1074.12	7.15
6.0	1214.82	7.16	1194.75	7.25	1148.60	7.55
6.5	1296.52	7.56	1274.08	7.64	1223.95	7.94
7.0	1379.09	7.95	1354.20	8.03	1300.11	8.33
水 位	3.0 — 4.0 Km		4.0 — 5.0 Km		5.0 — 6.0 Km	
	A(m ²)	R(m)	A(m ²)	R(m)	A(m ²)	R(m)
AP±0 m	331.50	2.87	311.50	2.90	290.00	2.86
0.5	389.00	3.19	364.97	3.23	344.32	3.29
1.0	448.71	3.58	421.08	3.56	395.92	3.58
1.5	509.69	3.95	479.07	3.93	452.45	3.81
2.0	572.05	4.30	538.41	4.26	509.78	4.21
2.5	636.95	4.66	599.50	4.62	568.92	4.58
3.0	701.07	5.07	661.65	5.02	629.77	4.99
3.5	766.86	5.47	724.58	5.42	691.48	5.39
4.0	833.38	5.86	788.26	5.82	753.94	5.81
4.5	901.42	6.12	853.55	6.07	817.98	6.05
5.0	971.41	6.44	920.79	6.39	883.98	6.37
5.5	1042.64	6.83	989.23	6.77	934.53	6.76
6.0	1114.69	7.21	1058.47	7.15	1019.22	7.15
6.5	1187.58	7.59	1125.21	7.50	1088.06	7.53
7.0	1261.27	7.96	1192.75	7.85	1157.67	7.91

	6.0 — 7.0 Km		7.0 — 7.5 Km	
	Δ m ²	R m	Δ m ²	R m
A P ± 0 m	277.33	2.81	284.00	2.75
0.5	329.46	3.22	335.02	3.17
1.0	377.30	3.68	387.86	3.48
1.5	430.87	3.75	443.17	3.78
2.0	486.44	4.16	499.94	4.21
2.5	543.54	4.52	558.02	4.57
3.0	602.69	4.94	618.29	4.98
3.5	663.37	5.35	680.47	5.40
4.0	724.84	5.76	743.46	5.80
4.5	788.08	6.06	808.37	6.14
5.0	853.28	6.44	875.26	6.55
5.5	919.48	6.84	943.07	6.96
6.0	986.52	7.23	1011.71	7.36
6.5	1054.41	7.62	1081.18	7.75
7.0	1123.05	8.01	1151.49	8.14

表—3 水 面 積

水位	0.0—0.5 Km	0.5—1.5 Km	1.5—2.5 Km	2.5—3.5 Km	3.5—4.5 Km	4.5—5.5 Km	5.5—6.5 Km	6.5—7.25 Km	7.25—7.5 Km
± 0	67,600	125,654	114,521	110,927	107,789	101,666	97,666	74,312.5	25,562.5
1.0	69,250	136,553	125,154	119,421	118,254	113,132	108,366	76,650	27,050
2.0	70,425	140,452	134,186	129,053	123,987	118,165	114,566	84,250	28,650
3.0	73,400	145,985	138,119	133,220	128,053	123,732	122,732	90,650	30,850
4.0	74,750	149,185	141,319	136,253	131,120	126,732	125,732	93,075	31,675
5.0	78,200	155,284	147,351	143,518	138,852	134,732	133,465	99,075	33,675
6.0	80,550	160,250	152,351	147,385	142,085	137,932	136,832	101,675	34,525

回路の組込みは図—1のごとくで、Cは区間の分岐点に組み込まれ、したがって両断面の平均で組み込み、他は平均値を用いる。

この場合、RとCは水位の関数として、河道特性をそのまま組みこめるが、Lについては困難であり、Eは起電力としてインプットとして与えねばならず刻々の水深を予想できないので、A.P. 4 mに対応する径深 $h=5.8$ mを採用して起電力を算定し、河道延長の計算においては後にのべる修正を施した。河道特性は東京都の計画河道のものをもちいた。

4. 境界条件

境界条件は、河口で与える高潮潮位、水門地点で与える流入量および河道に吹風の強さの三つである。

高潮の河川遡上を計算する場合は、洪水の河道低減の算定と同じくピークの潮位のみならず波形が大きく影響する。とくに内水との関連において時間水位が要求される場合は特にきびしい。

中川においては、高潮時の水位記録は皆無であり、また最近東京湾には最大級の高潮がみられなため、伊勢湾台風などを参考とすることにした。

ここでは次の4台風を想定し、東京湾高潮対策調査の結果をもちいた。大正6年、キティ台風は実績の風によるものであり、他は想定のものである。それらは、

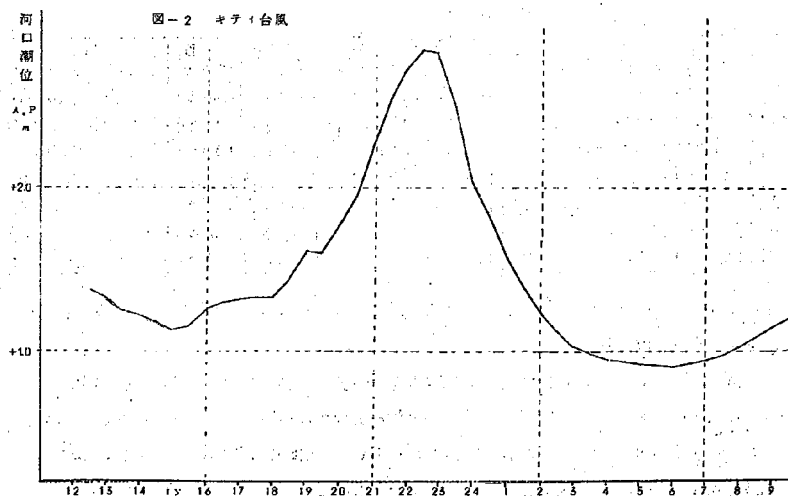
大正6年：大正6年10月1日東京における風の実測値

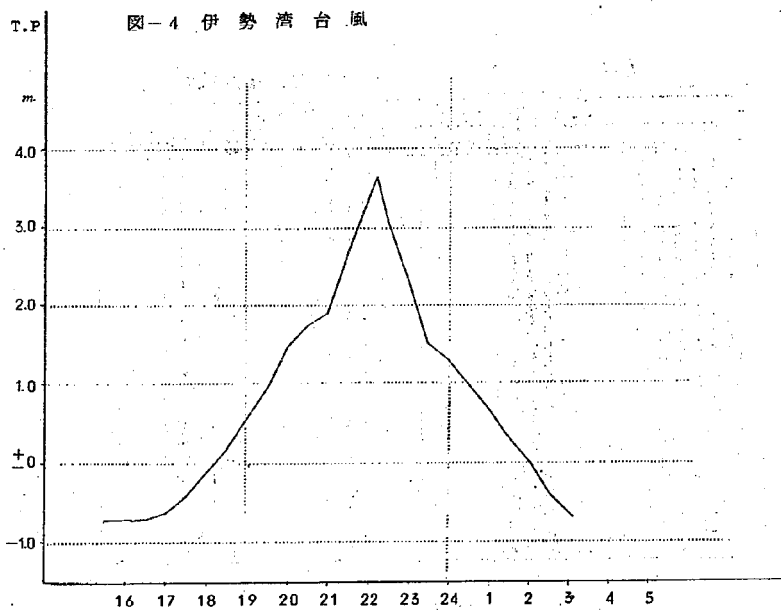
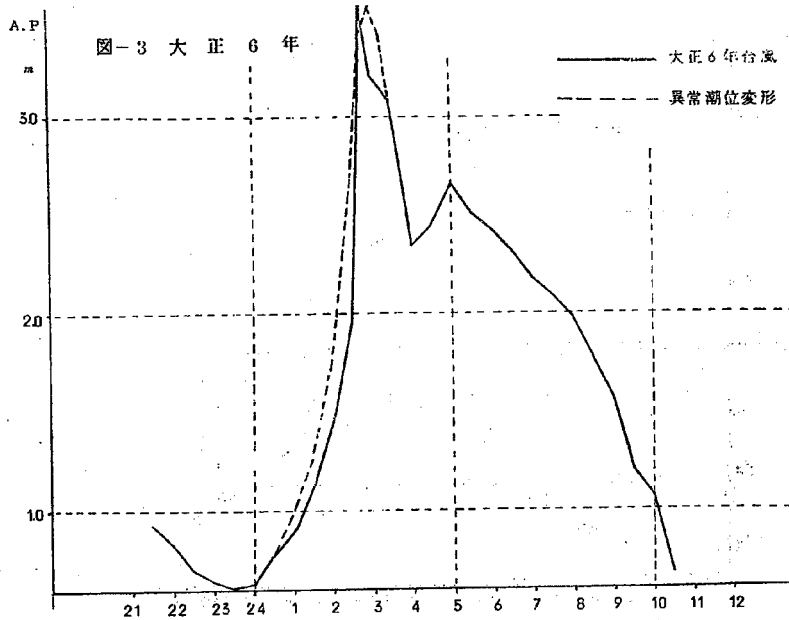
キティ台風：昭和24年9月1日の東京における実測値

伊勢湾台風：昭和34年9月26日の名古屋における実測値を用い、天体潮の大潮で最高潮位が満潮にかさなる。

最悪台風：最大風速および風向は大正6年台風に合わせて、風速の継続時間については伊勢湾台風を参考にし、風向は最も悪い場合を想定した。天体潮との関連は、伊勢湾と同じく大潮の満潮時に最高潮位がかさなる。

それぞれの河口潮位波形を図-2～図-5、表4～表-7に示す。





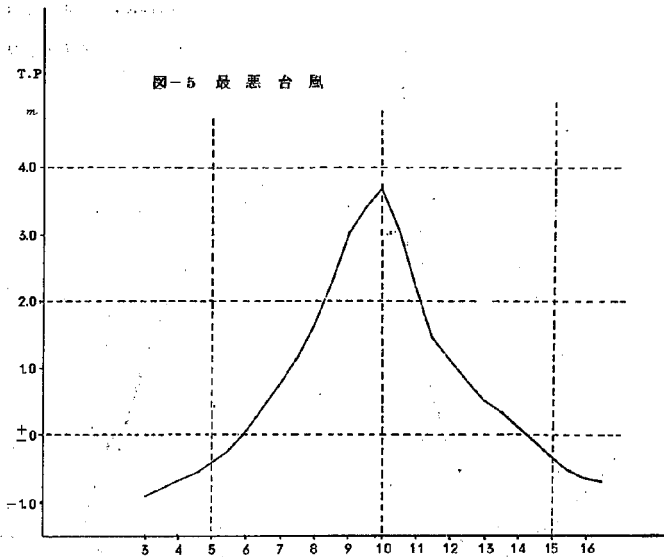


表-4 中 川 河口潮位 (気圧吸上げ含む)

キ テ イ 台 風 (天体潮位 60 cm)			
時 刻	河口潮位 (AP値cm)	時 刻	河口潮位 (AP値cm)
12:30	+13.8	23:30	+25.0
13:00	+13.3	24:00	+20.3
13:30	+12.5	0:30	+18.2
14:00	+12.2	1:00	+15.7
14:30	+11.8	1:30	+13.9
15:00	+11.3	2:00	+12.3
15:30	+11.7	2:30	+11.2
16:00	+12.6	3:00	+10.2
16:30	+13.0	3:30	+9.8
17:00	+13.2	4:00	+9.5
17:30	+13.3	4:30	+9.3
18:00	+13.3	5:00	+9.2
18:30	+14.4	5:30	+9.1
19:00	+16.1	6:00	+9.0
19:30	+16.0	6:30	+9.2
20:00	+17.6	7:00	+9.4
20:30	+19.4	7:30	+9.7
21:00	+22.5	8:00	+10.2
21:30	+25.3	8:30	+10.8
22:00	+27.1	9:00	+11.4
22:30	+28.3	9:30	+11.9
23:00	+28.2	10:00	+13.0

表—5 河口潮位 (気圧吸上げ含む)

伊勢湾台風 (天体潮位 2 m)	
時 刻	河口潮位 (T P 値 cm)
15:30	— 73
16:00	— 73
16:30	— 70
17:00	— 62
17:30	— 41
18:00	— 13
18:30	+ 19
19:00	+ 56
19:30	+ 95
20:00	+ 148
20:30	+ 174
21:00	+ 190
21:30	+ 264
22:00	+ 331
22:15	+ 362
22:30	+ 313
23:00	+ 238
23:30	+ 151
24:00	+ 130
0:30	+ 99
1:00	+ 68
1:30	+ 29
2:00	+ 1

表—6 河口潮位 (気圧吸上げ含む)

大正 6 年台風 (天体潮位 1.5 m)	
時 刻	河口潮位 (A P 値 cm)
21:30	+ 94
22:00	+ 82
22:30	+ 70
23:00	+ 65
23:30	+ 61
24:00	+ 63
0:30	+ 78
1:00	+ 90
1:30	+ 112
2:00	+ 143
2:30	+ 197
2:45	+ 355
3:00	+ 319
3:30	+ 306
4:00	+ 234
4:30	+ 244
5:00	+ 265
5:30	+ 250
6:00	+ 241
6:30	+ 230
7:00	+ 217
7:30	+ 208
8:00	+ 197

表—7 中川 河口潮位 (気圧吸上げ含む)

最悪台風 (天体潮位 2 m)	
時 刻	河口潮位 (T P 値 cm)
4:00	— 68
4:30	— 56
5:00	— 41
5:30	— 21
6:00	7
6:30	44
7:00	78
7:30	116
8:00	168
8:30	223
9:00	300
9:30	339
10:00	369
10:30	306
11:00	216
11:30	144
12:00	112
12:30	81
13:00	52
13:30	36
14:00	11
14:30	— 11
15:00	— 33
15:30	— 50
16:00	— 62
16:30	— 67

流入量は高潮との組合せとして $0\text{m}^3/\text{s}$ 、
 $100\text{m}^3/\text{s}$ 、 $300\text{m}^3/\text{s}$ および $500\text{m}^3/\text{s}$
 の 4 種類の定流を用いた。

風は高潮の河川遡上において最も問題
 となるものである。海上の風は地形地物
 にも影響されることが少く、傾度風からで
 も推算のつくような単純な分布をしてい
 る。

しかるに陸上の風、ことに河道の上を
 ふく風は海上の風ほど単純ではない。第
 一に地形地物によつて、風がいちじるし
 く複雑な分布をしている。第二に堤防
 があるために方向が限られる可能性があ
 る。第三に橋があるためにかなり風速が

かわる可能性がある。

しかし、可能性があるといつても、このようにかわるという具体的な係数がわかつていないので、その点は今後の問題に残し、現在は次のように考えた。

風は東京における実測を用いる。各河道区間は方位を一定とし、風速の二乗と河道区間とのなす角の余弦をかけ、それがこの河道区間全面に及ぼす風の応力であるとした。

採用した風の値は、表—8～表—11の通りである。

表—8 大正六年台風風速・風向表

時	風 速	風 向
12	5.0 m/s	N
13	2.8	"
14	2.0	"
15	3.3	NNE
16	4.3	"
17	3.8	NNW
18	5.2	"
19	5.2	NW
20	7.1	NNW
21	5.8	N
22	6.1	NNE
23	3.0	N
24	6.3	SE
1	13.9	ESE
2	19.8	SE
3	39.6	SSE
4	21.5	SSW
5	14.8	"
6	12.7	"
7	10.7	"

表—9 キティ台風風速・風向表

時	風 速	風 向
9	8.2 m/s	ENE
10	9.6	"
11	10.1	"
12	11.5	NE
13	12.7	E
14	13.7	"
15	14.2	"
16	18.0	ESE
17	17.1	"
18	17.6	E
19	20.2	ESE
20	19.4	SE
21	24.9※	"
22	21.6	S
23	22.8	"
24	15.5	"
1	15.8	"
2	12.4	"
3	13.7	"
4	11.7	"
5	10.3	"
6	9.1	"
7	7.1	"
8	8.5	"

※20:55の値

表-10 伊勢湾台風風速・風向表

時	風 速	風 向
11	8.5 m/s	SE
12	9.3	"
13	12.2	"
14	11.5	"
15	10.8	ESE
16	8.4	E
17	10.7	SE
18	16.1	ESE
19	18.7	SE
20	25.7	"
21	23.1	SSE
22	37.0	"
23	21.0	S
24	18.2	SSW
1	16.6	"

(気圧は名古屋の気圧を用いた。)

表-11 最悪台風風速・風向表

時	風 速	風 向
1	5.7 m/s	SW
	7.0	"
2	8.3	"
	9.7	"
3	11.1	"
	12.5	"
4	13.8	"
	15.2	"
5	16.5	"
	18.0	"
6	19.6	"
	21.2	"
7	22.8	SSW
	24.6	"
8	26.7	"
	28.9	S
9	32.2	"
	36.5	SSE
10	39.6	"
	33.0	"
11	23.4	SE
	18.3	"
12	13.6	"
	9.4	"
13	5.3	"
	2.1	"

気圧は大正六年台風の東京の気圧を用いピークを10時に合わせた。

河道方位は、関数発生器の員数を考え、平面図より、三方向に分類した。河道方位は、表-12の通りである。

表-12

採用方位	採用区間
N 5° E	0~2 Km, 3~5 Km
N 32° E	2~3 Km
N 38° W	5~7.5 Km

風速関数は、例式より計算し、表-13~表-16および図-6~図-9に示す。

表-13 大正六年起電力表

時間 \ 区間	0~2 K 3~5 K	2~3 K	5~7.5 K
24:00	0.2 _{cm}	0.0 _{cm}	0.4 _{cm}
	0.24	0.06	0.66
30	0.30	0.1	0.90
	0.34	0.16	1.16
1:00	0.4	0.2	1.4
	0.8	0.32	1.74
30	1.16	0.48	2.08
	1.66	0.64	2.44
2:00	2.0	0.8	2.8
	4.4	2.5	5.1
30	6.74	4.14	7.5
	9.2	5.9	10.0
3:00	11.6	7.6	12.4
	9.6	6.6	9.9
30	7.6	5.74	7.18
	5.6	4.8	4.5
4:00	3.6	3.8	1.8
	3.16	3.32	1.56
30	2.7	2.8	1.3
	2.26	2.34	1.04
5:00	1.8	1.8	0.8
	1.64	1.72	0.76
30	1.5	1.64	0.70
	1.36	1.52	0.64
6:00	1.2	1.4	0.6
	1.14	1.3	0.54
30	1.1	1.2	0.5
	1.04	1.1	0.44
7:00	1.0	1.0	0.4
	0.74	0.74	0.3
30	0.5	0.5	0.2
	0.26	0.26	0.1

表-14 キティ台風起電力表

時 間	0.2~2 K 3~5 K	2~3 K	5~7.5 K
9:00			0.2 cm
30			0.2
10:00			0.2
30			0.2
11:00			0.2
30			0.1
12:00			
30			0.4
13:00			0.8
30			0.9
14:00			1.0
30			1.0
15:00			1.0
30	0.4 cm	0.2 cm	1.68
16:00	0.8	0.4	2.4
30	0.8	0.4	2.3
17:00	0.8	0.4	2.2
30	0.4	0.2	1.9
18:00			1.6
30	0.5	0.3	2.28
19:00	1.0	0.6	3.0
30	1.48	0.7	3.0
20:00	2.0	0.8	3.0
30	2.58	1.0	3.96
21:00	3.2	1.2	5.0
30	3.5	2.04	4.03
22:00	3.8	3.2	3.0
30	4.0	3.4	3.2
23:00	4.2	3.6	3.4
30	3.1	2.62	2.5
24:00	2.0	1.6	1.6
30	2.0	1.7	1.6

表-14 の続

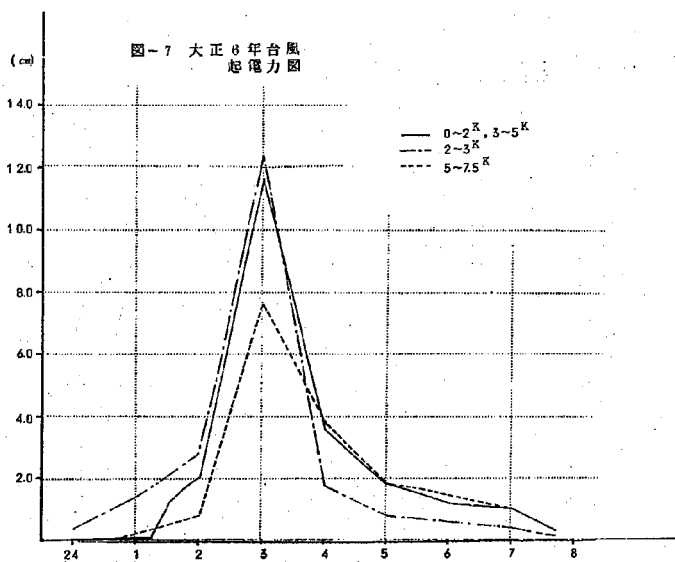
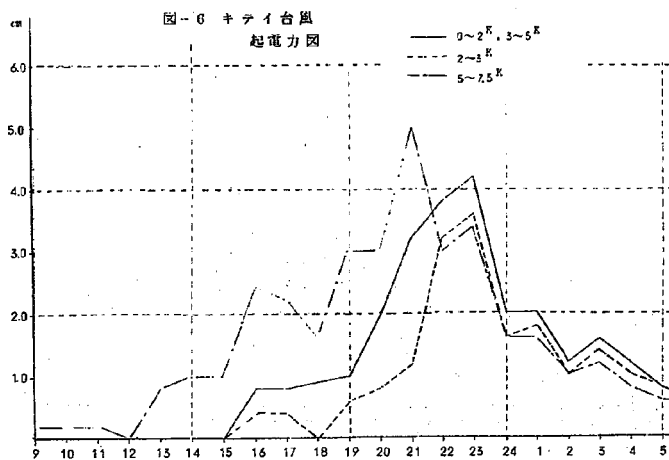
時 間	0~2 K		
	3~5	2~3 K	5~7.5 K
1:00	2.0 <i>cm</i>	1.8 <i>cm</i>	1.6 <i>cm</i>
30	1.6	1.4	1.3
2:00	1.2	1.0	1.0
30	1.4	1.18	1.1
3:00	1.6	1.4	1.2
30	1.4	1.2	1.0
4:00	1.2	1.0	0.8
30	1.0	0.9	0.7
5:00	0.8	0.8	0.6
30	0.7	0.7	0.6
6:00	0.6	0.6	0.6
30	0.5	0.5	0.5
7:00	0.4	0.4	0.4
30	0.5	0.5	0.4
8:00	0.6	0.6	0.4
30	0.3	0.3	0.2

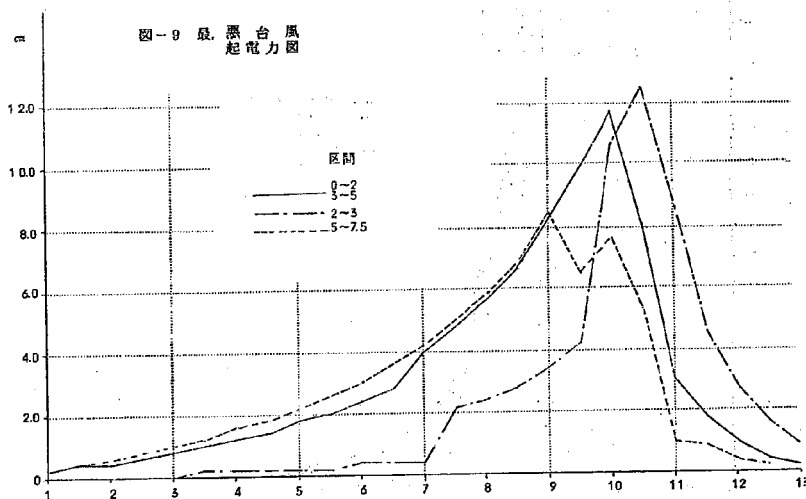
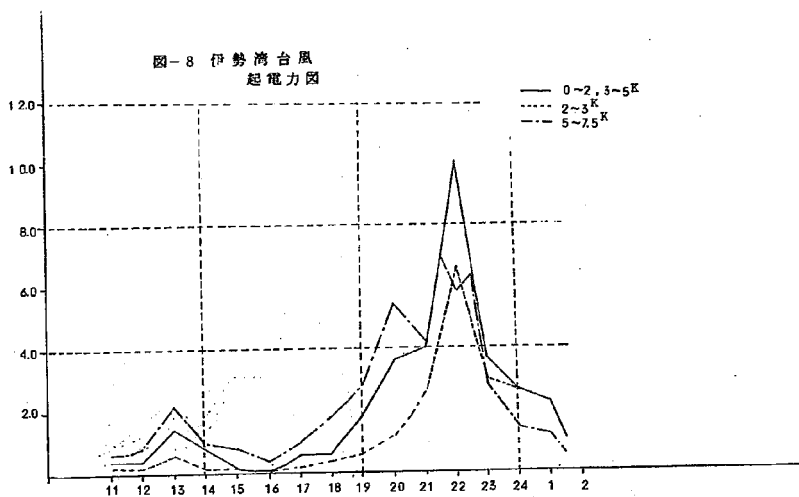
表-15 伊勢湾台風起電力表

時 間	0~2 K 3~5	2~3 K	5~7.5 K
11:00	0.4 cm	0.2 cm	0.6 cm
30	0.4	0.2	0.68
12:00	0.4	0.2	0.8
30	0.9	0.4	1.5
13:00	1.4	0.6	2.2
30	1.1	0.4	1.6
14:00	0.8	0.2	1.0
30	0.5	0.2	0.9
15:00	0.2	0.2	0.8
30	0.1	0.1	0.6
16:00	0.1	0.1	0.4
30	0.3	0.14	0.7
17:00	0.6	0.2	1.0
30	0.6	0.28	1.4
18:00	0.6	0.4	1.8
30	1.2	0.5	2.28
19:00	1.8	0.6	2.8
30	2.7	0.9	4.06
20:00	3.6	1.2	5.4
30	3.8	1.8	4.8
21:00	4.0	2.6	4.2
30	7.0	4.6	6.94
22:00	10.0	6.6	5.8
30	6.9	4.8	6.34
23:00	3.6	3.0	2.8
30	3.12	2.8	2.1
24:00	2.6	2.6	1.4
30	2.42	2.42	1.3
1:00	2.2	2.2	1.2
30	1.06	1.06	0.56
2:00			
30			

表-16 最惡台風起電力表

時 間	0~2 K 3~5	2~3 K	5~7.5 K
1:00	0.2 cm	0.2 cm	0.0 cm
30	0.4	0.4	0.0
2:00	0.4	0.6	0.0
30	0.6	0.8	0.0
3:00	0.8	1.0	0.0
30	1.0	1.2	0.2
4:00	1.2	1.6	0.2
30	1.4	1.8	0.2
5:00	1.8	2.2	0.2
30	2.0	2.6	0.2
6:00	2.4	3.0	0.4
30	2.8	3.6	0.4
7:00	4.0	4.2	0.4
30	4.8	5.0	2.2
8:00	5.6	5.8	2.4
30	6.6	6.8	2.8
9:00	8.2	8.4	3.4
30	9.8	6.4	4.2
10:00	11.6	7.6	10.6
30	8.0	5.2	12.4
11:00	3.0	1.0	8.6
30	1.8	0.9	4.6
12:00	1.0	0.4	2.8
30	0.4	0.2	1.6
13:00	0.2		0.8
30			0.2





5. 計算結果

以上の境界条件に対し、上流よりの流入量と河口波形の組合せとして、表-1.7に示す36ケースの計測を行った。流量は0~500 m³/sの値をとり、起電力項は風の影響を調べるために、表-8~表-11の風に加えて、風を除いた場合、風の項を変化させた場合などを扱った。

表-1.7

台風名	流 量	起 電 力	波 形	摘 要
大正6年	0,300,500	原 形	原 形	
	0,300,500	"	異常潮位変形	
	300,0	最大をキタイの最大	原 " 形	
	0,300,500	原 形	"	河道を8Km延長
	0,300,500	な し	"	"
キタイ	0,300	原 形	"	
伊勢湾	0,300	"	"	
	"	"	"	河道を8Km延長
	"	な し	"	"
	"	水深修正	"	"
最悪台風	0,100,300	原 形	"	
	0,300,500	"	最高をAP3.55m	
	0,300	な し	原 形	河道を8Km延長
	"	原 形	"	"
	"	水深修正	"	"

注

1. 原形とは各台風固有の起電力および波形を用いたもの。
2. 最大をキタイ台風の最大とは大正6年の風の最大値をキタイ台風の最大までおとしたもの。
3. 水深修正とは、起電力を計算する図式分母のhを修正したもの。
4. 異常潮位変形とは、大正6年のピーク附近の波形を図-3の如く変形したもの。
5. 最高をAP3.55mとは、最悪台風のピーク潮位TP3.69mを大正6年のAP3.55mまで下げたもの。
6. 河道を8Km延長とは、現在の河道を8Km延長したもの。

表-18 最高水位表

台風名	キタイ (AP)	
流量	0	300
風	原形	原形
波形	"	"
-2		
-1		
1	2.85m	2.87m
2	2.88	2.92
3	2.92	2.95
4	2.95	3.01
5	2.98	3.07
6	2.99	3.08
7	3.00	3.10
7.5	3.00	3.12

波形については、対称4波形を基本とし、大正6年台風の高潮遡上の特異性を解明するために、大正6年のピーク附近を修正し、また最悪台風の波形でピーク水位を大正6年のAP 3.55mまで低下させた場合などを扱った。

測定は、ペンレコーダーにより各測点の水位を記録し、また水路中央部で流量を測定した。

これらの測定結果より各地点の水位の最高値を表示すると表-18~23、図-10~13の通りである。

表-19 最高水位表

台風名	大 正 6 年 (AP)							
流量	0	300	500	0	300	0	300	500
風	原形	原形	原形	キタイ最大	キタイ最大	原形	原形	原形
波形	"	"	"	原形	原形	変形	変形	変形
-2								
-1								
1	3.59	3.59	3.62	3.45	3.53	3.53	3.64	3.67
2	3.52	3.57	3.62	3.43	3.44	3.64	3.70	3.75
3	3.64	3.78	3.85	3.47	3.52	3.84	3.94	4.03
4	3.85	4.07	4.12	3.60	3.69	4.06	4.18	4.29
5	4.00	4.22	4.32	3.64	3.80	4.28	4.39	4.50
6	4.09	4.32	4.48	3.77	3.92	4.37	4.52	4.62
7	4.12	4.43	4.63	3.85	4.01	4.44	4.63	4.82
7.5	4.17	4.50	4.75	3.88	4.05	4.52	4.76	4.88

表-20 最高水位表

台風名	最			悪		
流量	0	100	300	0	300	500
風	原形	原形	原形	原形	原形	原形
波 形	"	"	"	A, P 3.55	A, P 3.55	A, P 3.55
-2	(T, P)	(T, P)	(T, P)	(A, P)	(A, P)	(A, P)
-1						
1	3.78	3.80	3.83	3.68	3.71	3.74
2	3.90	3.91	3.92	3.76	3.80	3.86
3	3.97	4.00	4.02	3.83	3.89	3.95
4	4.09	4.15	4.16	3.95	4.03	4.06
5	4.18	4.26	4.30	4.04	4.15	4.20
6	4.30	4.42	4.48	4.11	4.28	4.31
7	4.43	4.53	4.58	4.28	4.38	4.45
7.5	4.50	4.60	4.66	4.33	4.48	4.52

表-21 最高水位表

台風名	伊 勢 湾				(T, P)			
流 量	0	300	0	300	0	300	300	0
風	原形	原形	原形	原形	なし	なし	原形*	原形*
波 形	"	"	"	"	原形	原形	"	"
-2			3.93	3.95	3.68	3.69	3.94	3.92
-1			4.17	4.22	3.66	3.70	4.22	4.16
1	3.75	3.76	4.30	4.41	3.70	3.77	4.36	4.29
2	3.82	3.84	4.36	4.46	3.70	3.78	4.41	4.32
3	3.95	3.99	4.52	4.66	3.74	3.84	4.58	4.45
4	4.11	4.15	4.63	4.79	3.80	3.91	4.70	4.55
5	4.30	4.43	4.77	4.92	3.87	3.96	4.79	4.64
6	4.38	4.49	4.84	4.99	3.90	4.01	4.85	4.72
7	4.36	4.47	4.90	5.08	3.92	4.04	4.92	4.81
7.5	4.36	4.44	4.92	5.10	3.92	4.05	4.95	4.82

* 水深修正

表-2.2 最高水位表

台風名	大 正 6 年 (A. P)					
流 量	0	300	500	0	300	500
風	原形	原形	原形	なし	なし	なし
波 形	"	"	"	原形	原形	原形
—2	4.00	4.00	4.00	3.65	3.67	3.68
—1	3.84	3.93	4.00	3.29	3.44	3.48
1	3.85	4.00	4.08	3.20	3.35	3.44
2	3.91	4.07	4.16	3.20	3.37	3.48
3	4.05	4.34	4.46	3.26	3.51	3.61
4	4.19	4.52	4.65	3.31	3.58	3.70
5	4.29	4.68	4.82	3.31	3.62	3.75
6	4.33	4.80	4.98	3.31	3.67	3.85
7	4.39	4.88	5.10	3.30	3.72	3.92
7.5	4.42	4.95	5.17	3.31	3.75	3.97

表-2.3 最高水位表

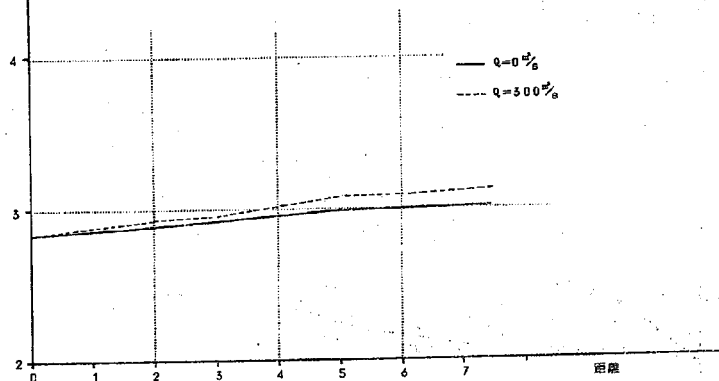
台風名	最 悪 (T. P)					
流 量	0	300	0	0	0	300
風	原形	原形	なし	なし	原形*	原形*
波 形	"	"	原形	原形	"	"
—2	4.00	4.03	3.73	3.73	4.00	4.03
—1	4.43	4.45	3.78	3.80	4.40	4.42
1	4.58	4.62	3.83	3.85	4.53	4.58
2	4.64	4.71	3.83	3.87	4.58	4.64
3	4.78	4.86	3.83	3.88	4.68	4.74
4	4.91	5.00	3.84	3.90	4.76	4.83
5	5.01	5.13	3.86	3.91	4.84	4.92
6	5.15	5.28	3.87	3.92	4.88	4.98
7	5.26	5.40	3.87	3.94	4.95	5.07
7.5	5.31	5.48	3.89	3.96	4.99	5.12

* 水深修正

(A.P)

5

図-10 キチイ台風
最高水位縦断面図



A.P
6.0

図-11 大正六年台風
最高水位縦断面図

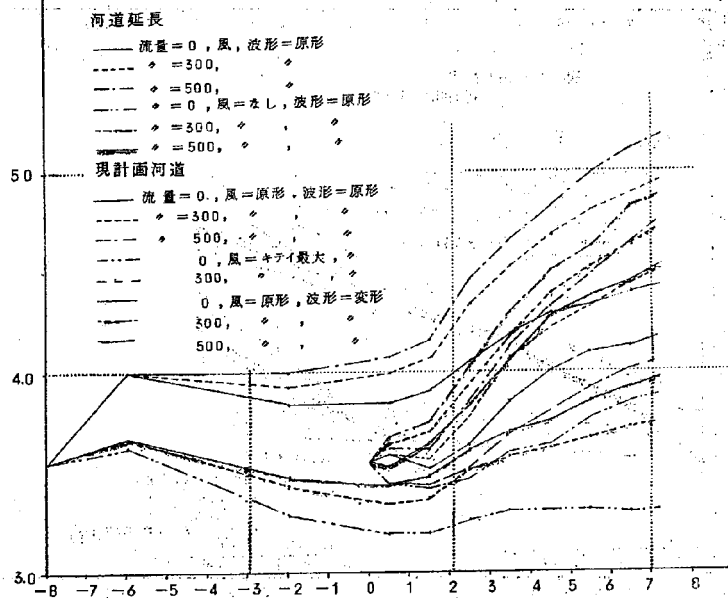


圖-12 伊勢灣台風
最高水位縦断面図

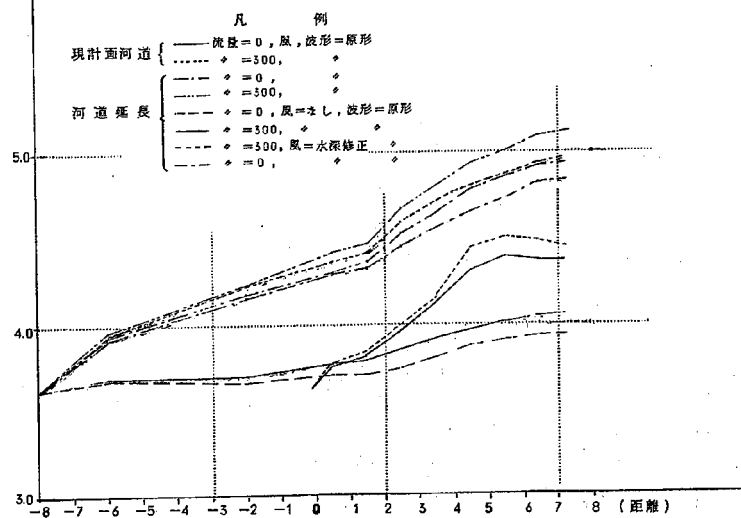
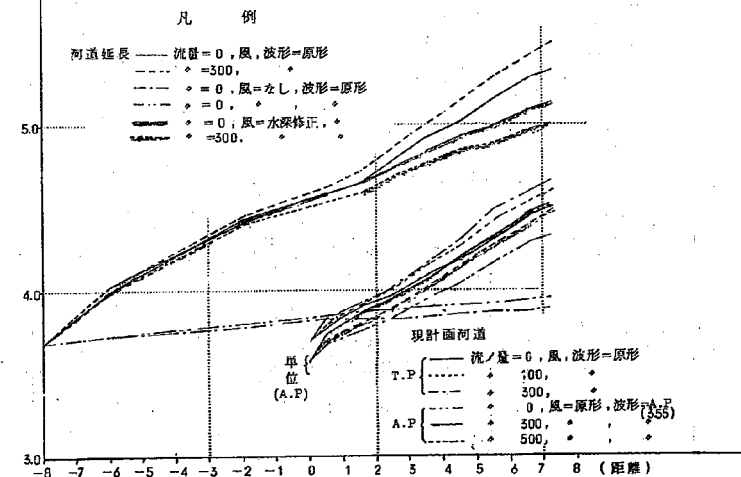


圖-13 最悪台風
最高水位縦断面図



また、この計画においては水門の閉鎖時間が特に問題となるので、水門地点の時間水位を表-24~30、図14~20に示す。

表-24 キテイ台風（原河道・原形）

Q = 0 m ³ /s				Q = 300 m ³ /s			
時間	A. P	時間	A. P	時間	A. P	時間	A. P
14.00	1.08	6.30	0.92	14.00	1.45	6.30	1.24
.30	1.00	7.00	0.92	.30	1.39	7.00	1.25
15.00	0.98	.30	0.97	15.00	1.35	.30	1.26
.30	1.10	8.00	1.04	.30	1.40	8.00	1.29
16.00	1.25			16.00	1.50		
.30	1.26			.30	1.55		
17.00	1.31			17.00	1.58		
.30	1.31			.30	1.60		
18.00	1.31			18.00	1.60		
.30	1.31			.30	1.60		
19.00	1.44			19.00	1.70		
.30	1.62			.30	1.85		
20.00	1.60			20.00	1.86		
.30	1.89			.30	2.08		
21.00	2.07			21.00	2.25		
.30	2.55			.30	2.70		
22.00	2.78			22.00	2.91		
.30	2.89			.30	3.03		
23.00	3.00			23.00	3.12		
.30	2.98			.30	3.12		
24.00	2.63			24.00	3.05		
0.30	2.02			0.30	2.81		
1.00	1.78			1.00	2.40		
.30	1.58			.30	2.10		
2.00	1.40			2.00	1.93		
.30	1.26			.30	1.75		
3.00	1.10			3.00	1.63		
.30	0.97			.30	1.52		
4.00	0.94			4.00	1.37		
.30	0.86			.30	1.32		
5.00	0.86			5.00	1.28		
.30	0.86			.30	1.25		
6.00	0.86			6.00	1.24		

表-25 大正 6 年台風 (原河道・原形)

Q = 0 m ³ /s				Q = 300 m ³ /s		Q = 500 m ³ /s	
時間	A. P.	時間	A. P.	時間	A. P.	時間	A. P.
21.00	1.10	13.00	0.43	9.30	1.65	23.30	1.34
.30	0.95	.30	0.43	10.00	1.45	24.00	1.35
22.00	0.81	14.00	0.60	.30	1.30	0.30	1.37
.30	0.60			11.00	1.05	1.00	1.45
23.00	0.50			.30	0.95	.30	1.60
.40	0.56			12.00	0.89	2.00	1.80
24.00	0.62	Q = 300 m ³ /s		.30	0.82	.30	2.40
0.30	0.75			13.00	0.82	3.00	3.45
1.00	0.90	時間	A. P.	.30	0.82	.15	4.75
.30	1.10	22.00	1.15	14.00	0.95	.30	4.30
2.00	1.50	.30	1.00			4.00	3.10
.30	2.00	23.00	0.95			.30	2.65
3.00	3.40	.30	0.93			5.00	2.80
.15	4.17	24.00	0.95			.30	2.94
.30	4.00	.30	1.00			6.00	2.75
4.00	3.45	1.00	1.17			.30	2.71
.30	2.16	.30	1.35			7.00	2.68
5.00	2.40	2.00	1.65			.30	2.50
.30	2.72	.30	2.40			8.00	2.42
6.00	2.50	3.00	4.00			.30	2.30
.30	2.40	.15	4.50			9.00	2.20
7.00	2.22	.50	4.20			.30	2.00
.30	2.10	4.00	3.00			10.00	1.80
8.00	2.08	.30	2.45			.30	1.70
.30	1.83	5.00	2.72			11.00	1.50
9.00	1.60	.30	2.74			.30	1.40
.30	1.45	6.00	2.59			12.00	1.52
10.00	1.08	.30	2.54			.30	1.28
.30	0.98	7.00	2.42	Q = 500 m ³ /s		13.00	1.25
11.00	0.64	.30	2.27	時間	A. P.	.30	1.25
.30	0.50	8.00	2.24	22.00	1.55	14.00	1.29
12.00	0.45	.30	2.05	.30	1.43	.30	1.35
.30	0.39	9.00	1.95	23.00	1.40	15.00	1.40

表-26 伊勢湾台風（原河道・原形）

Q = 0 m ³ /s				Q = 300 m ³ /s			
時間	T.P	時間	T.P	時間	T.P	時間	T.P
14.00	-0.40	6.30	-0.70	15.00	-0.06	7.30	-0.04
.30	-0.60	7.00	-0.55	.30	-0.15	8.00	0.25
15.00	-0.70			16.00	-0.20		
.30	-0.87			.30	-0.28		
16.00	-0.90			17.00	-0.28		
.30	-0.99			.30	-0.21		
17.00	-0.70			18.00	-0.03		
.30	-0.55			.30	0.20		
18.00	-0.35			19.00	0.55		
.30	0.09			.30	1.00		
19.00	0.40			20.00	1.19		
.30	0.80			.30	1.80		
20.00	1.40			21.00	1.90		
.30	1.73			.30	2.30		
21.00	1.85			22.00	3.45		
.30	2.30			.30	4.44		
22.00	3.50			23.00	3.60		
.30	4.36			.30	2.40		
23.00	3.50			24.00	1.60		
.30	2.00			0.30	1.45		
24.00	1.30			1.00	1.20		
0.30	1.15			.30	1.05		
1.00	1.00			2.00	0.80		
.30	0.55			.30	0.42		
2.00	0.40			3.00	0.20		
.30	-0.15			.30	0.02		
3.00	-0.50			4.00	-0.13		
.30	-0.60			.30	-0.18		
4.00	-0.80			5.00	-0.25		
.30	-0.95			.30	-0.30		
5.00	-0.96			6.00	-0.30		
.30	-0.99			.30	-0.25		
6.00	-0.89			7.00	-0.20		

表-27 最惡台風（原河道・原形）

Q=0 m ³ /s		Q = 100 m ³ /s				Q=300 m ³ /s	
時間	T. P	時間	T. P	時間	T. P	時間	T. P
2.00	-0.32	3.00	-0.60	19.30	-0.10	4.00	-0.20
.30	-0.50	.30	-0.70	20.00	+0.10	.30	-0.22
3.00	-0.70	4.00	-0.68			5.00	-0.21
.30	-0.82	.30	-0.55			.30	-0.17
4.00	-0.80	5.00	-0.50			6.00	0
.30	-0.67	.30	-0.25			.30	0.12
5.00	-0.60	6.00	±0.0			7.00	0.40
.30	-0.42	.30	0.24			.30	0.80
6.00	-0.16	7.00	0.60			8.00	1.20
.30	0.15	.30	1.00			.30	1.60
7.00	0.45	8.00	1.42			9.00	2.40
.30	0.90	.30	1.95			.30	3.90
8.00	1.20	9.00	2.60			10.00	4.66
.30	1.88	.30	3.80			.30	4.50
9.00	2.65	10.00	4.35			11.00	3.30
.30	3.50	.15	4.60			.30	2.20
10.00	4.30	.30	4.50			12.00	1.55
.15	4.50	11.00	3.30			.30	1.25
.30	4.38	.30	1.90			13.00	1.04
11.00	3.20	12.00	1.30			.30	0.82
.30	1.95	.30	1.05			14.00	0.65
12.00	1.26	13.00	0.85			.30	0.38
.30	1.00	.30	0.55			15.00	0.20
13.00	0.75	14.00	0.33			.30	0.04
.30	0.50	.30	0.0			16.00	-0.14
14.00	0.30	15.00	-0.30			.30	-0.22
.30	-0.05	.30	-0.50			17.00	-0.30
15.00	-0.30	16.00	-0.68			.30	-0.32
.30	-0.50	.30	-0.80			18.00	-0.31
16.00	-0.76	17.00	-0.85			.30	-0.28
.30	-0.85	.30	-0.80				
17.00	-0.97	18.00	-0.70				
.30	-0.93	.30	-0.55				
18.00	-0.88	19.00	-0.40				

表-28 大正6年台風(河道延長・原形)

Q=0 m ³ /s		Q=300 m ³ /s		Q=500 m ³ /s	
時間	A. P	時間	A. P	時間	A. P
23.00	0.53	23.00	1.04	23.00	1.48
.30	0.51	.30	1.01	.30	1.43
24.00	0.57	24.00	1.01	24.00	1.43
0.30	0.70	.30	1.04	.30	1.45
1.00	0.86	1.00	1.12	1.00	1.53
.30	1.06	.30	1.30	.30	1.61
2.00	1.29	2.00	1.45	2.00	1.79
.30	2.00	.30	2.24	.30	2.55
3.00	3.40	3.00	3.45	3.00	3.75
.30	4.42	.30	4.95	.30	5.17
4.00	3.98	4.00	4.30	4.00	4.10
.30	2.59	.30	3.25	.30	3.15
5.00	2.32	5.00	2.68	5.00	2.87
.30	2.59	.30	2.71	.30	2.91
6.00	2.53	6.00	2.74	6.00	2.87
.30	2.38	.30	2.62	.30	2.78
7.00	2.22	7.00	2.52	7.00	2.69
.30	2.09	.30	2.48	.30	2.57
8.00	2.07	8.00	2.29	8.00	2.49
.30	1.89	.30	2.20	.30	2.39
9.00	1.68	9.00	2.07	9.00	2.28
.30	1.41	.30	1.89	.30	2.10
10.00	1.21	10.00	1.68	10.00	1.91
.30	1.01	.30	1.48	.30	1.80
11.00	0.77	11.00	1.33	11.00	1.63
.30	0.67	.30	1.12	.30	1.52
12.00	0.47	12.00	1.03	12.00	1.43
.30	0.41	.30	0.94	.30	1.38
13.00	0.38	13.00	0.89	13.00	1.35
.30	0.41	.30	0.89	.30	1.35

表-29

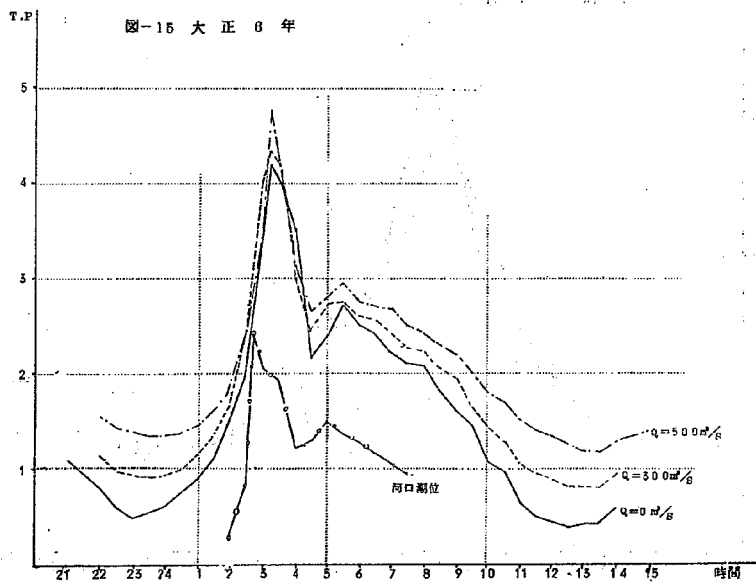
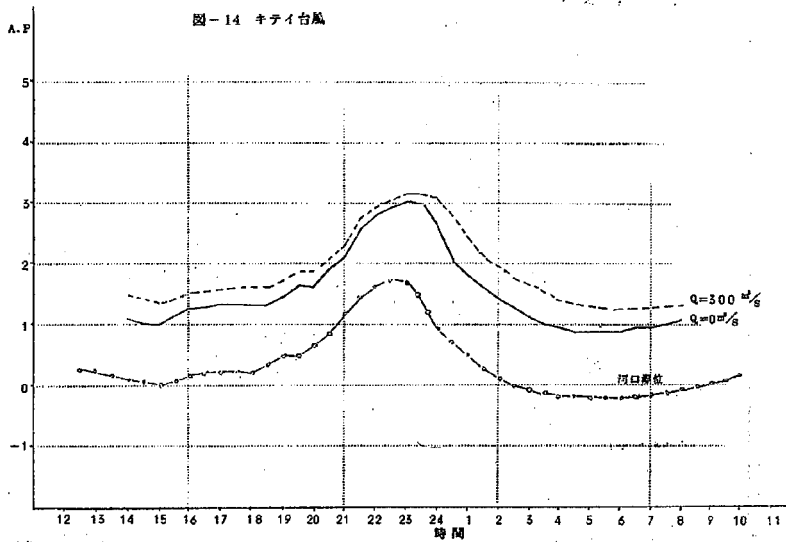
伊勢湾台風(河道延長・水深修正)

Q=0m ³ /s		Q=300m ³ /s	
時間	T.P	時間	T.P
14.00	-0.30	14.00	0.48
.30	-0.50	.30	0.26
15.00	-0.67	15.00	0.05
.30	-0.75	.30	-0.09
16.00	-0.88	16.00	-0.18
.30	-0.98	.30	-0.21
17.00	-0.82	17.00	-0.22
.30	-0.69	.30	-0.17
18.00	-0.50	18.00	0.05
.30	-0.13	.30	0.36
19.00	0.15	19.00	0.62
.30	0.58	.30	1.09
20.00	1.03	20.00	1.54
.30	1.72	.30	2.18
21.00	2.14	21.00	2.33
.30	2.65	.30	3.00
22.00	3.50	22.00	3.72
.30	4.82	.30	4.95
23.00	4.42	23.00	4.42
.30	2.92	.30	2.70
24.00	1.75	24.00	2.05
.30	1.12	.30	1.59
1.00	0.92	1.00	1.24
.30	0.66	.30	1.03
2.00	0.39	2.00	0.77
.30	-0.05	.30	0.49
3.00	-0.38	3.00	0.30
.30	-0.53	.30	0.15
4.00	-0.71	4.00	-0.02
.30	-0.92	.30	-0.13
5.00	-0.99	5.00	-0.22
.30	-0.98	.30	-0.24

表-30

最悪台風(河道延長・水深修正)

Q=0m ³ /s		Q=300m ³ /s	
時間	T.P	時間	T.P
2.00	-0.39	2.00	0.18
.30	-0.47	.30	0.11
3.00	-0.60	3.00	-0.14
.30	-0.82	.30	-0.26
4.00	-0.87	4.00	-0.33
.30	-0.79	.30	-0.32
5.00	-0.67	5.00	-0.30
.30	-0.53	.30	-0.22
6.00	-0.32	6.00	0.07
.30	-0.08	.30	0.33
7.00	0.28	7.00	0.60
.30	0.68	.30	1.10
8.00	1.38	8.00	1.84
.30	2.17	.30	2.51
9.00	2.69	9.00	3.00
.30	3.52	.30	3.79
10.00	4.71	10.00	4.82
.15	4.99	.30	5.12
.30	4.99	11.00	4.85
11.00	4.08	.30	2.50
.30	2.46	12.00	1.89
12.00	1.58	.30	1.27
.30	1.09	13.00	1.01
13.00	0.82	.30	0.82
.30	0.55	14.00	0.67
14.00	0.39	.30	0.41
.30	-0.02	15.00	0.20
15.00	-0.17	.30	0.02
.30	-0.42	16.00	-0.21
16.00	-0.72	.30	-0.33
.30	-0.87	17.00	-0.42
17.00	-0.99	.30	-0.48
.30	-1.01	0	



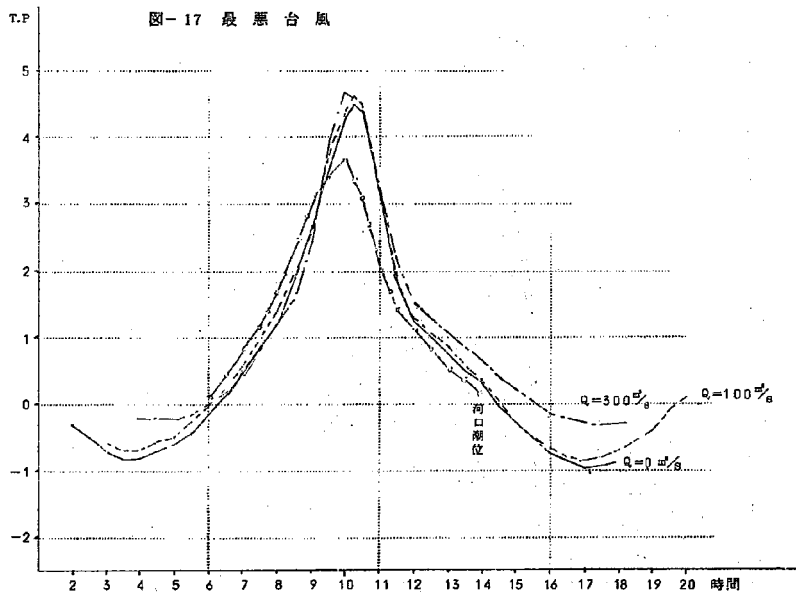
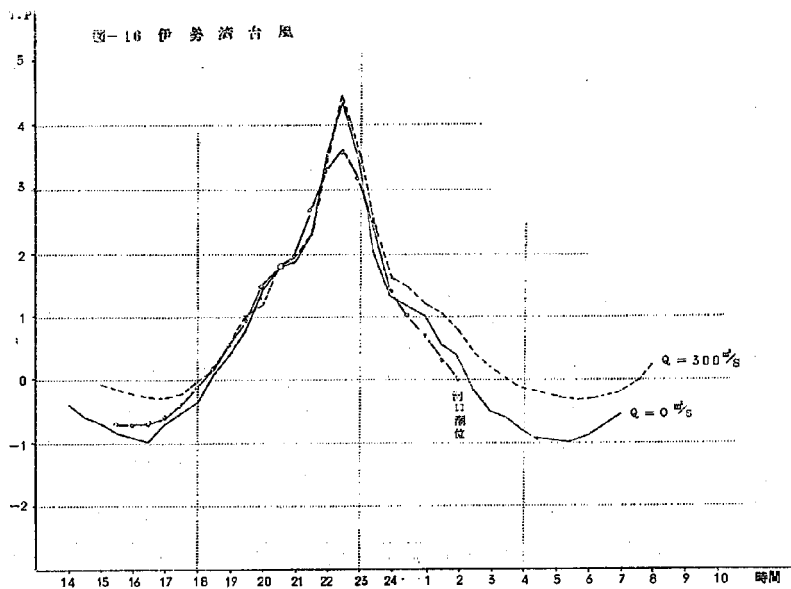


圖-18 大正六年
(河道延長)

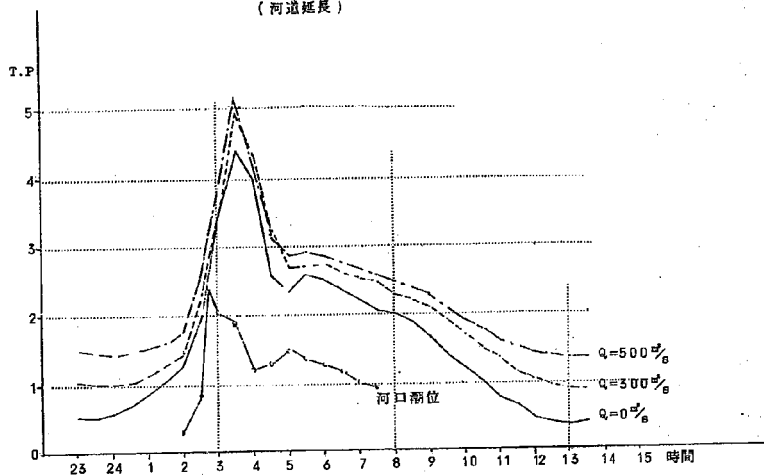
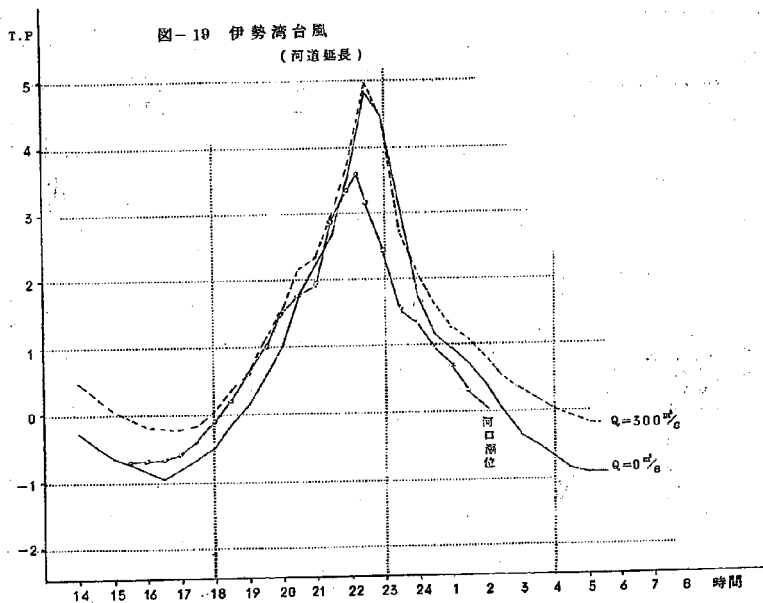
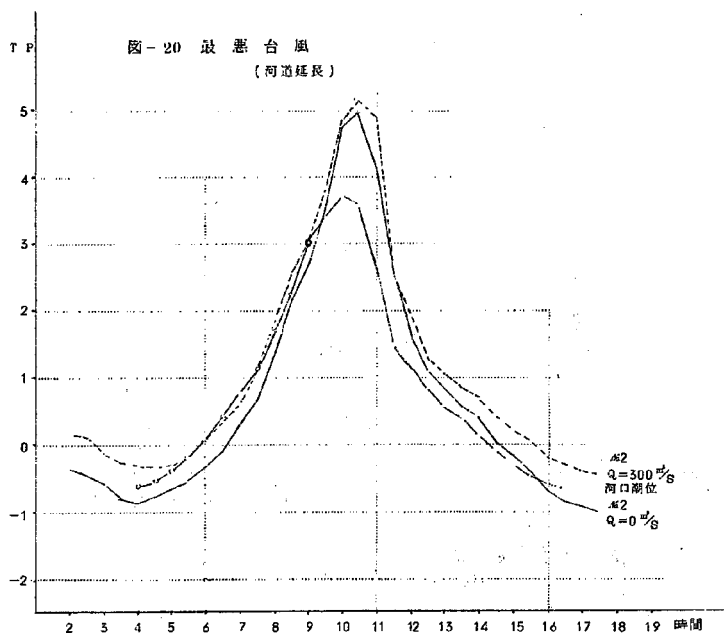


圖-19 伊勢灣台風
(河道延長)





キテイ台風はほとんど上昇を示さないが、他の三台風はかなりの上昇を示している。遡上の本体は風と波形であり、それに水門の影響が加わる。

この水門は下流からの遡上をストップし、水門前で貯留する働きをもち、波形によつてその働きもかわるものと思われる。

各台風別の遡上は以下の通りである。

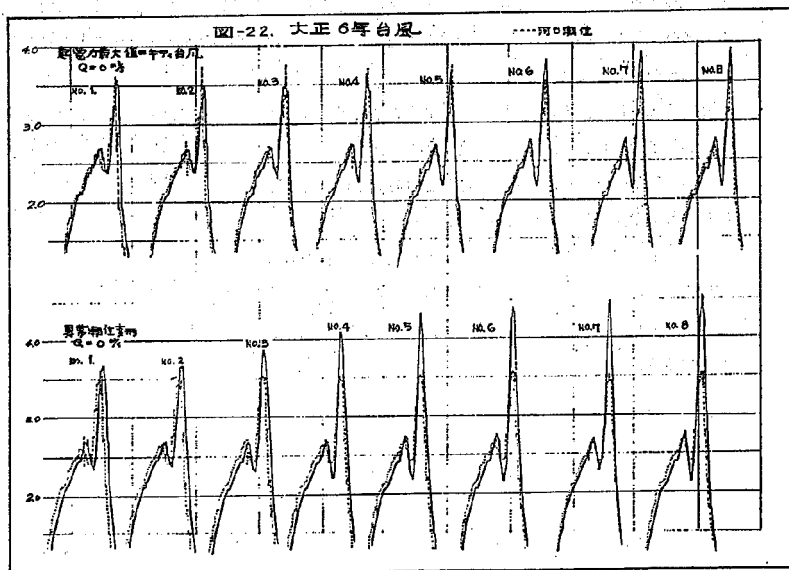
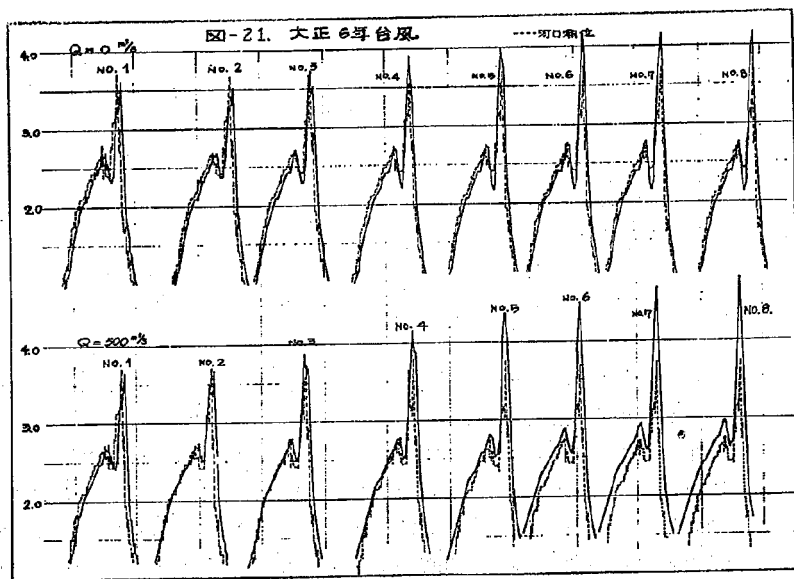
大正6年：

今回計算の中で、大正6年台風だけが他台風と変つた傾向を示している。即ち、遡上量の大きさのみならず、流量の変化に対応する遡上量の変化が著しい。

その原因として考えられる最大のものは、河口で与えた波形であり、水門の堰上げ効果は波形によつて大きくかわり、その結果として大正6年台風の遡上特性が生じたものと思われる。しかし、この堰上げ効果を定量的にみることは、一寸困難である。ここでは、大正6年波形に対して、風、波形などをかえてみよう。大正6年の風のピークは全区間にわたつて、高潮ピークの15分後方にあり、ピーク部分の波形は15分で1.60m上昇し、次の15分で5cm下降するという非常に鋭いものである。この波形と風の影響を調べるために波形をふくらませたものと風のピークをキテイ台風までおとしたものの両者を導入した。水門前の時間水位を図-14～図-17より比較すると、他台風は河口潮位のピークとほとんど変化していないが、大正6年は約30分のおくれを示している。大正6年の最高水位図をみると、流量別の変化は低2～低3の立ちあがりの部分から大きくなりはじめている。

ピーク部分に着目すると図-21、22のごとく、2.45時のピークは低1～低3附近までするどい減衰を示し、二山を生じ、河口条件のピークを発生したピークがのみこみ、再び一山となりその後成長する。その場合変形の過程は各場合にほとんど同様であり、ピークをずらして偏平にした異常潮位変形だけが二山を示さない。

起電力項キテイ台風まで下げると、流量別の上昇量の差はキテイ台風とほぼ同等となる。異常潮位変形は、遡上量としては、大正6年の原形より大きく、流量別の差は原形より小さいが、なお他台風よりは大きい。以上より、大正6年の遡上特性は、波形と水門の総合効果と考えてよいようである。



キティ台風：

4台風のうち、潮位、波形勾配、風力ともに最も小さく $0 \text{ m}^3/\text{s}$ のとき 17 cm 、 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ において 29 cm の上昇量を示す。

風力のピークと波形のピークはずれており、波形は大体平行移動であらわれる。

伊勢湾台風：

潮位波形は最悪台風に適し、風力関数はやや小さい。風力のピークは潮位のピークよりやや進んでいる。従つて、 No. 5 地点までは最悪台風よりも急上昇を示し、その後はほぼレベルを示す。上昇量は $0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しそれぞれ 0.74 m 、 0.82 m である。

最悪台風：

潮位は最も大きく、風力関数も最大である。風力は潮位波形のピークの後も上昇を続ける。水位上昇は、全水路にわたつてほぼ同一勾配で上昇する。上昇量は 0 、 100 、 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しそれぞれ 1.10 、 1.21 、 1.27 m である。

風の効果を概算するために、高潮のピーク時に対する各区間の吹寄せ量の和を求めると 78.35 cm となり、上昇量の 1.10 m はその3割ましにあたる。

以上4台風の高潮遡上をみてきたが、その結果より次のようなことがわかる。大正6年台風のピーク部分の変化と、風の効果を概算を通してこの 7.5 Km の中川水路について考えると、極端に鋭いピークは減衰するが最悪台風程度では減衰はみられず風の効果に水門による堰上げがプラス α されたものとして表わして良いようである。

極端な概算としては、不等流的に各時点の河口潮位に各時点の吹寄せ効果を加えたものを概算として2〜3割のプラス α をつける等の手段もとりえよう。

今回計算の問題点としては、起電力項 E の分母の h を $A.P. 4 \text{ m}$ に対応する一定値 $R=5.8 \text{ m}$ を用いており、計算結果は表-18〜21にみられるように $A.P. 4 \text{ m}$ とは相当こととなり、最悪台風・伊勢湾台風などでは、 1.50 m あまりも異なることとなる。したがつて、この算定結果はそれだけ大きくなる。さきに計算した最悪台風の例 0.78 m に対して、 R が 1 m ましたとして計算すると誤差は $1.0 / (5.8 + 1.0) = 0.15$ となり、1割5分約 10 cm 水位が低下することとなる。ここでは、起電力の再計算は行わずこの答で満足するものとする。

6. 河道延長に対する計算

東京湾には各種の埋立て計画がある。ここでは、中川延長上に埋立てが8 Kmにわたつてなされるものとし、この対策として現在の湾内水深のままで中川が8 Kmの河道延長をなすものとして、表-17に示す河道8 Km延長の計算を行った。

アナログ・コンピューターは時間的には連続であるが、距離的には不連続であり、その意味から十分短い区間を用いなければ連続量としての河川を十分正しく模擬することはできない。ここでは、延長分については水深がかなり大きく、各断面間の断面特性の差異の割合が小さいものと考えて、河道特性の組込みは前章までの1 Kmピッチに対し4 Kmピッチで各区間の断面特性を平均して求めた。河道は前計算の $\delta 1 \sim \delta 8$ に対し、 $\delta 1$ と $\delta 2$ としてとりつけられた。

延長部分の河道特性は、表31、32に示す通りである。河道の方向はほぼ $\delta 1$ の延長と考えた。

表-31 A R表 (河道延長分)

水位 A P ± 0 m	0 ~ 4 Km		4 ~ 8 Km	
	A (m^2)	R (m)	A (m^2)	R (m)
1.0	413.6	3.03	866.4	5.69
2.0	556.0	3.77	1025.0	6.17
3.0	701.4	4.62	1186.6	6.99
4.0	849.1	5.39	1352.3	7.72
5.0	1002.9	6.19	1522.9	8.46
6.0	1161.4	6.93	1697.9	9.19
7.0	1325.7	7.65	1878.7	9.85
8.0	1494.1	8.39	2084.1	10.55

表-32 B表 (河道延長分)

水位 A P ± 0	0 ~ 4 Km	4 ~ 8 Km
1.0	139.5 m	149.6 m
2.0	142.9	158.6
3.0	146.0	161.6
4.0	150.1	166.0
5.0	154.3	170.5
6.0	159.4	175.0
7.0	164.8	180.8
8.0	169.0	185.3

河口波形は、現河口より沖へ進むと現状の波形において偏平となると考えられるが、河道延長がかわる場合は湾形も変化し、その推定は困難である。ここでは安全側として現在採用している各台風風の波形をそのまま採用することとした。

計算は、風ありと風なしの両者について行われ、結果は最高水位は表-2 1~2 3に記し、図-1 1~1 3に併記した。

図によると、最悪台風、伊勢湾台風は河口により水門地点まで一様に上昇しているが、大正6年は δ 2地点まではレベルまたは低下きみとなり、そこより上流は前章説明と同様の上昇を示している。流量の変化による上昇量については、前章同様大正6年がやはり大きい。

起電力を除いた場合の最高水位の変化をみると、最悪・伊勢湾は単調に上昇しているが、大正6年台風は、 δ 1-2~ δ 2区間での減衰がかなり大きい。

大正6年の時間水位を各地点毎に調べると、 δ 1-2~ δ 1までは河口波形と同じく鋭いが δ 1においては、 $0 \text{ m}^3/\text{s} \sim 500 \text{ m}^3/\text{s}$ のすべての流量に対しピーク部分が二山となり、前章の場合と同様の経過をたどる。

起電力については、この場合においても前章同様のAP 4 mに対応するhを採用した。その結果は図のごとく、伊勢湾、最悪に対して差異が大きいのでその最高水位をみながら表-3 3のように修正した。

表-3 3 径深修正表 (起電力用)

区 間	最 悪 台 風	伊 勢 湾 台 風
1	6.8 0 m	6.5 5 m
2	6.9 0	6.6 5
3	7.2 5	7.0 0
4	7.0 0	6.7 0
5	7.0 5	6.7 5
6	7.1 5	6.8 5
7	7.2 5	6.9 5
8	7.3 0	7.0 0

その結果は図にみられるように、最悪台風に対して約3 0 cm、伊勢湾台風に対し約1 5 cmの低下を示す。

最悪および伊勢湾台風に対してピーク時の起電力に対して修正計算を施すと、その値はそれぞれ1 5 cmおよび1 0 cmとなり、アナログの結果とはかなり異っている。この量はピーク前各時間の影響の積みあげであろう。

7. 計算結果に対する問題点と結論

中川には高潮時の水位観測値はなく、また他河川についても、河道における高潮遡上の問題を実績による検証を通して扱った事例は少く、この計算結果のみによつて水門地点の時間水位について結論を導き出すことは困難である。ただ、風の影響の入らない場合については、洪水流の伝播の問題であり、それは他の事例より粗度係数のみの問題としてとらえることができ、本計算のオーダーで考えて妥当であると考えられる。

問題は、風であるが以上の測定結果より、水位上昇量の大部分は風に起因するものであり、河道上における風の吹き方、風の効果についてはまだ結論がえられていない。この計算においては、風による起電力項としては、海上の場合と同一の係数を用いて計算した。

等々問題は大きいが、この計算法を了承して遡上計算を行う場合、この程度の延長の河道に対しては大正6年台風等の極端にとがつたピークをもつ台風を除いては、ほとんど減衰を考慮する必要なく、河口波形の上に風による吹き寄せ量をつみあげていつてよいものと思われる。これにプラスされるものは、この場合水門の堰上げ効果であるが、これは時間効果を導入しなければならない。この量は、伊勢湾台風については30 cmであり、最悪台風では20 cm程度である。

8. あとがき

本報告は、土木研究所河川研究室においてアナログ・コンピューターを使用して、中川河口部河道7.5Kmおよび河道延長8Kmに対する上平井水門建設時の高潮の河川遡上の問題を取り扱い、中川高潮対策事業計画樹立の基礎資料を算定したものである。

コンピューターの組み込み、計算および解析は下記のものが担当した。

河川研究室	室長	土屋 昭彦	技官
"	研究員	星 畑 国 松	技官
"		高 橋 咲	技官
"		江 原 良 和	技官