

# 7. 昭和9年9月21日東京市深川方面の 浸水に関する調査

地震研究所 宮 部 直 巳

(昭和9年11月20日發表—昭和9年12月20日受理)

1. 緒言 昭和9年9月21日、關西方面が颶風に襲はれて多大の被害をうけたと同時に、その餘波は各地にも相當の損害を與へた。東京に於ても輕微ながら二三の被害があるが、深川方面に於ける浸水も亦その一である。

元來低濕の地である所の深川は從來も屢々浸水してゐたのであるが、本年9月21日には風の影響によつて特に水位が高められ浸水區域がかなりの廣範圍に亘り、従つて浸水家屋多數に上つたのである。

今、深川方面の浸水する理由を考へてみると、先づ挙げられる事は、

i) 土地が低く濠の多いことである。深川方面に存在する水準點の標高を示すと次の第I表の如きものであつて、2mを越えるものは全體の約1/4に過ぎない。而も其等の點は何れも特別な事情の下にあるものである。例へば其等の中の2~3の點は橋梁の附近に存在してゐる。

第 I 表 深川區内の水準點の高さ(昭和7年1~3月測定)

所 在 地	高さ(m)	所 在 地	高さ(m)
永代橋東詰南	2.1418	平井町平住橋南詰西	1.5647
元木橋東詰	2.4099	同	1.2063
西平野町海邊橋北	1.7112	木場町澤海橋西詰北	1.5437
清洲橋東詰南角	3.1193	洲崎辨天町	0.5979
御船藏前町一之橋通	1.2980	古石場町清掃課出張所向	2.4911
東大工町宣雲寺東向	1.1974	濱園町	1.6085
東扇橋町扇橋東詰北川岸通	1.2634	越中島町府立第三商業學校向	0.9833
本村町本村町西詰南	1.9051	同 糧秣廠通用門側	0.9213
千田町	1.1990	第三臺場	9.1811
三好町富島橋北詰東	1.8266	豊住町下水課ポンプ場内	1.729

土地が低い故に橋は高くしておかなければ、荷を積んだ舟は通行し得なくなるのである。其故橋臺を高くすると共に袂には土を盛つて、橋と土地との間に間隙の生じないやうにしてあるから、橋の袂は他の部分よりは幾分高くなつてゐるのである。第1圖(b)はその一例であつて、木場町電車停留場附近から洲崎方面を望んだ寫眞である。

斯様な低地が、從來放置されてゐたわけではなく、關東地震(大正12年)以後にも屢々盛土して地面の高さを増すやうに努力されたものである。然るに、盛土の高さは、經濟上、殊に舟運の便の上から、自ら制限せられ、非常に高めるといふことは不可能とされてゐる。其故

ii) 毎年 10 cm<sup>1)</sup> 程度の土地の沈下がかなり重大な影響を與へ、盛土の有効期間も短くされることとなる。一方水面も亦種々なる理由によつて高められる。即ち

iii) 潮汐の外に

iv) 約1年を週期とする緩漫な海水面の昇降もあるが、こゝに特に注意する事は

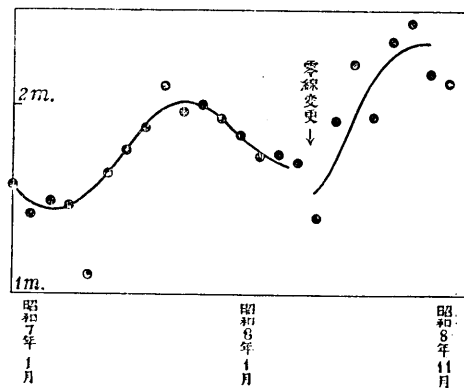
v) 風の爲に水が岸に吹き寄せられたり、氣壓が局部的に低下し、海水を吸上げ様な作用をしたりする爲に、一時的に海水面の上昇することである。

若し、是等の點に關して充分に知る事が出来れば、浸水の理由を明かにし、従つて、その防備方法に關して何等か得る所があるであらうと思はれる。

**2. 土地の高さと潮汐** 深川方面では、氣壓の異常なる低下や、風の影響などの甚しくない時にも、大潮の満潮時には屢々浸水することがある。まづこの點について考へてみることにする。

土地の高さは、前掲の第I表に示されたやうに至つて低いことは周知の事に屬する。高い場所でも、2 m 以上に及ぶ地域は僅少である。一方、潮汐に於いては、干満の差は、大潮の際に於いて 1.8 m 位であるから、平均水位からの上昇は 0.9 m 位になる。又1年週期の水面の昇降は、第2圖に示すやうに、9~10月頃最高となり、3月頃最低となつて、その間の振幅は約 30 cm 位であるから、その平均よりの上昇は、最高期に於て 15 cm となる故其等の合されたものは最高潮時には約 1.05 m となる。

高さの方の基準面は、東京灣中等海水面即ち陸地測量部内の基準水準點下 23.0456 m にとつてあるが、これと平均水位とが、若し同一であつたとしても、高さ 1.0 m 強の地點は浸水を逃れ

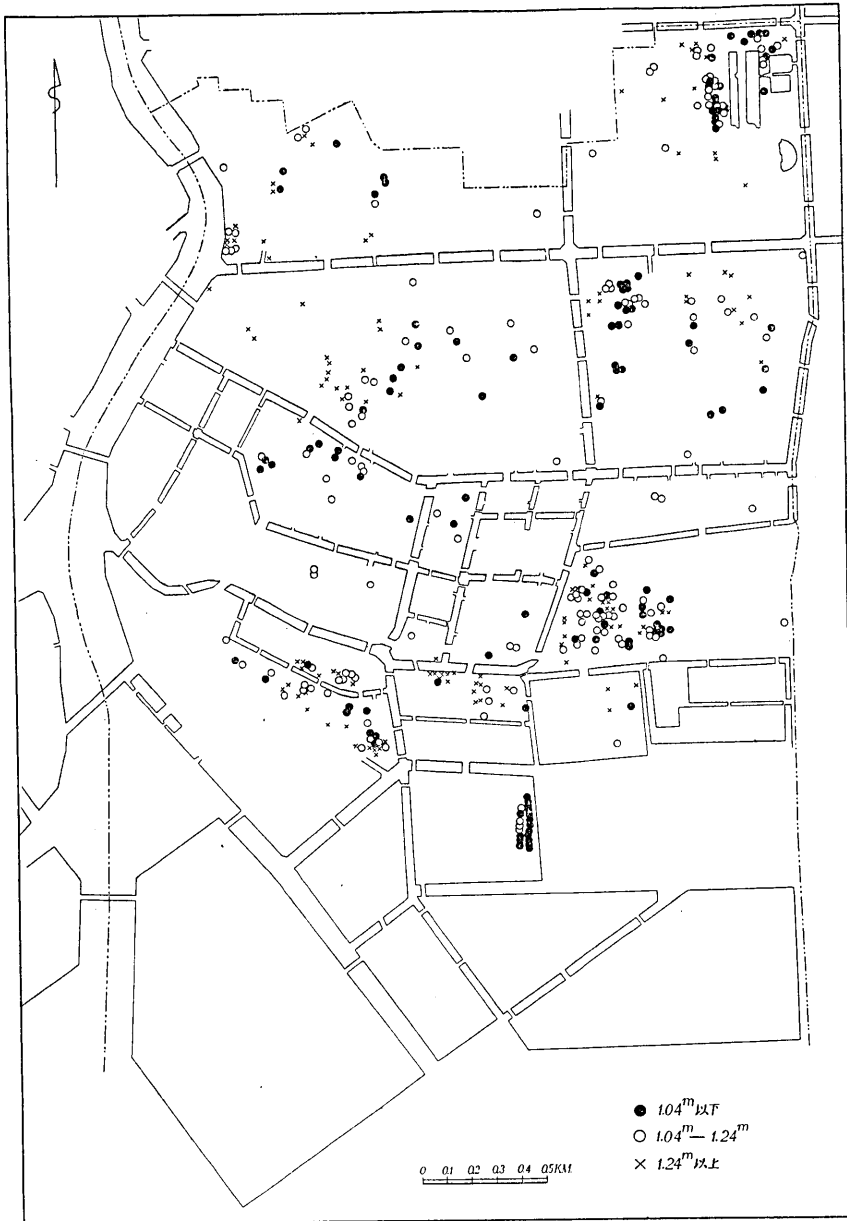


第2圖 深川に於ける月平均水位の變化

得ないのである。然も後に述べる様に、地盤の沈下が絶えずあるため、僅少ではあるけれども、高さの基準とされてゐる水準面はこの附近の平均海水面よりは幾分低位にあ

1) 宮部直巳 地震研究所彙報 10 (1932), 844~857.

る傾向にある筈であり、少くとも高位にはない。其故、最高潮位の水面の高さは、基準水準面から測れば、大約 1.1m とすることが出来、従つてこれ以下の高さの場所は、風などの特別な事情がなくても、浸水の災厄を免れ得ないと思はなければならない。



第3圖 昭和9年9月21日の浸水深度より推定された各地點の高さ

又盛土をする際の標準は、地表面が A. P. 面上 8 尺即ち約 2.4 m になる様にするとのことである。然るに A. P. 面は基準水準面下 1.1344 m であるから、A. P. 面から測つた最高潮位面の高さは約 2.2 m となり、その差は 0.2 m 内外となつてしまふ。其故、この標準の高さに全区域が一様に盛土されたとしても、多少の風などの影響や、地盤沈下の結果は容易に盛土地表面を最高水位面下に引下げてしまふ筈であり、浸水の脅威は容易に醸成されると言はなければならない。

併し乍ら、現在に於いても、深川全区が一様に浸水するといふわけではなく、比較的高くて、浸水しない個所もあるのである。その高低分布の模様は之を詳細に知るとは出来ないが、9 月 21 日の浸水の模様から、略々推察することが出来る。そこで、9 月 21 日の浸水の模様につき、深川区内の小學校を通じて、兒童の自宅における浸水の程度を報告してもらひ、之を地圖に書き入れて示したのが第 3 圖である。この圖を作るに際し、深川区豊住町柳筒場内に設置した驗潮儀の記録を用ひ、同地點の最高水位の時に水面が地表下 16 cm に在つたことと、同點の高さが、基準水面から 1.729 m であるといふ昭和 7 年 3 月の測定値に、其後の沈下として、毎月の平均水位の變化から推定して<sup>2)</sup> -13 cm を加へ、本年 9 月 21 日當時 1.6 m であつたとして、これから 16 cm を引いた 1.44 m が最高水面の高さであつたと考ふれば、各家又は各地點における浸水の水深が  $h$  m であつた場合には、その地點の高さは

$$(1.44^m - h),$$

となる筈であつて、第 3 圖にはこの値を 1.04 m 以下、1.04~1.24 m、1.24 m 以上の 3 等級に分けて印を記入してある。

この圖によつてみると、深川区内で本年 9 月 21 日の浸水を被らなかつた区域は至つて僅少であつて、殆ど永代橋附近と、猿江町附近の一部に限られてゐる。然るに、1.04 m 以下即ち、風の影響などない場合でも、浸水の恐れある地域はかなり廣く<sup>3)</sup>、差當り是等の最低地の浸水を防ぐとしても、餘程廣範圍に亘る防備工作を施さなければならぬであらうといふことが察せられる。

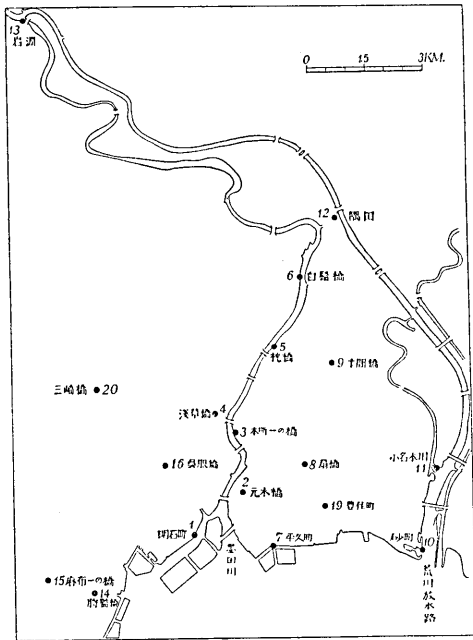
本所区内に於いても浸水の報告は相當にあるけれども、報告された区域は比較的限られて居るので、此處に記載を省略したが、太平町、錦糸町、江東橋附近、横川橋の一部等は、甚しい所で 90 cm 程度の浸水のあつたことが報ぜられてゐる。向島方面でも浸水の報告はあるけれども、その量も小であり、時刻から考へて高潮とは關係がなく單に雨水の氾濫らしく考へられるので、大多數の報告に基き、高潮による浸水はなか

2) 第 2 圖參照

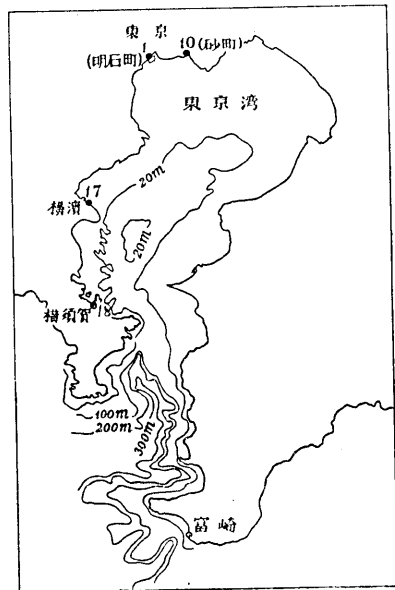
3) 風のない昭和 9 年 11 月 8 日の満潮時(大潮)に浸水せる状況を第 4~7 圖の寫眞に示す。

つたとしてもよいのではないかと思はれる。

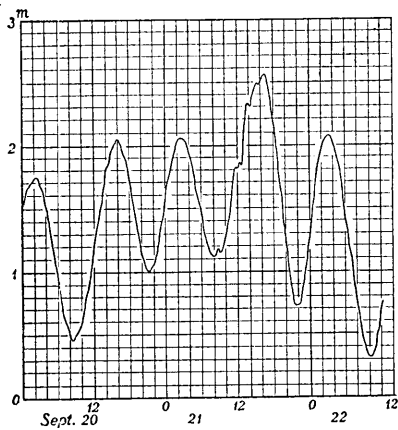
3. 気象の影響による高潮 第8圖 a, b 並びに第9圖(1)~(20)は、夫々東京市内及びその附近に於ける驗潮儀の分布とその昭和9年9月21日の前後の記録とを示したものである。



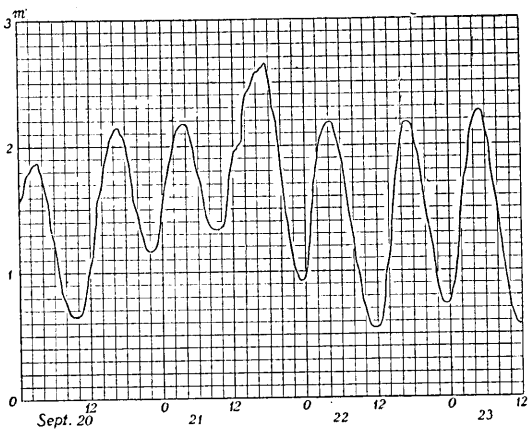
第8圖 a 東京市内の驗潮儀分布



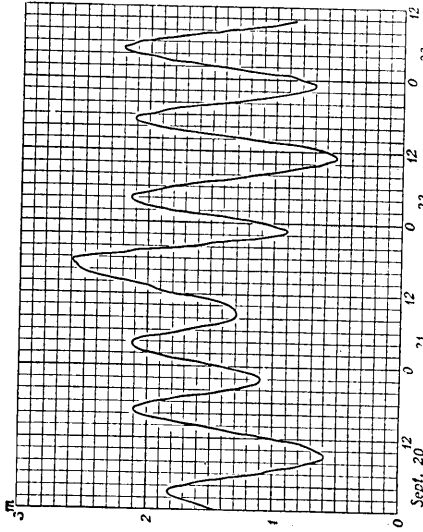
第8圖 b 東京湾沿岸の驗潮儀分布



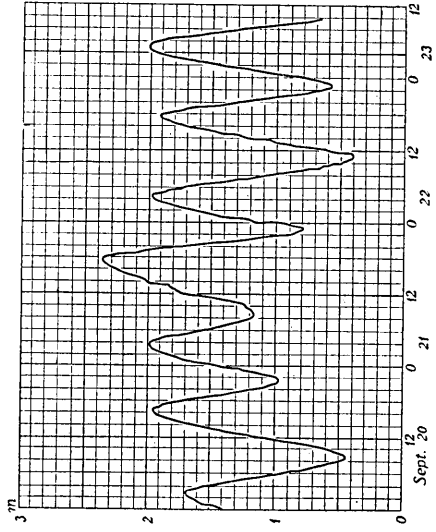
第9圖(1) 明石町



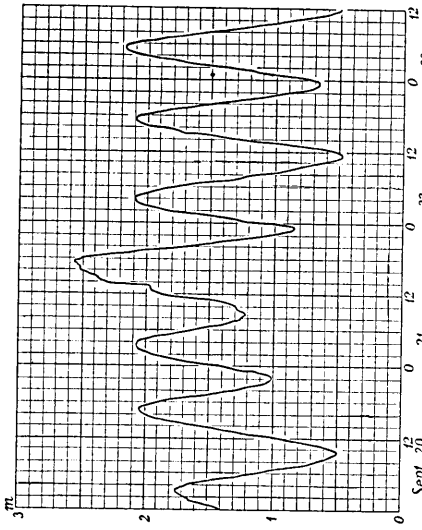
第9圖(2) 深川区元木橋



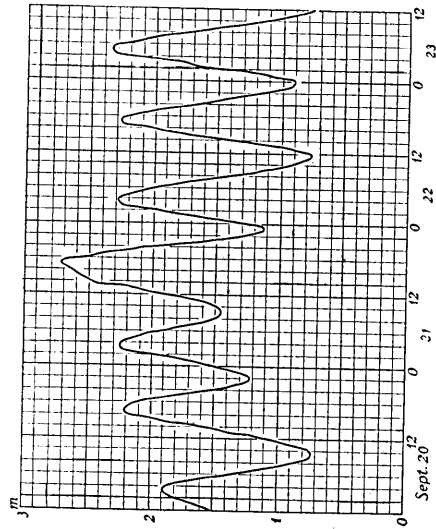
第 9 圖 (3) 本所 區一 の 橋



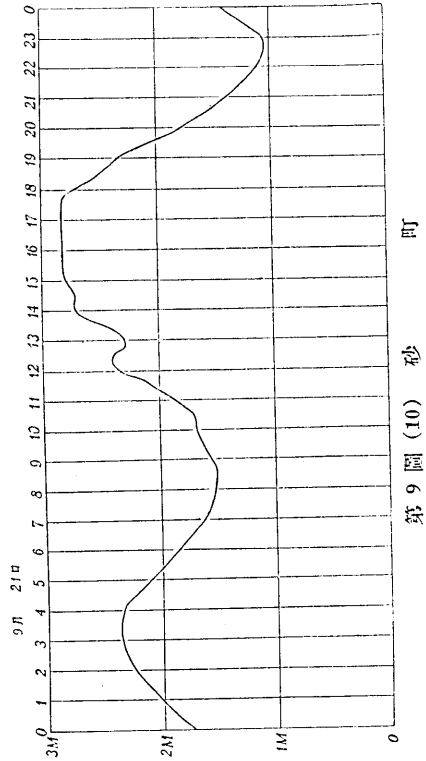
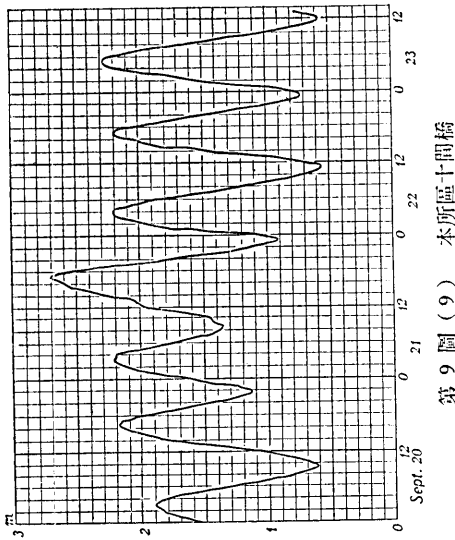
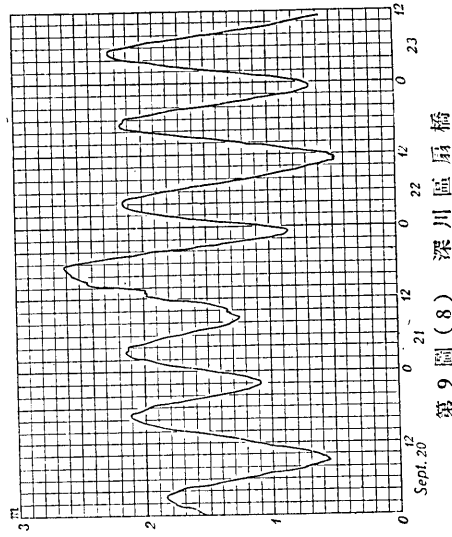
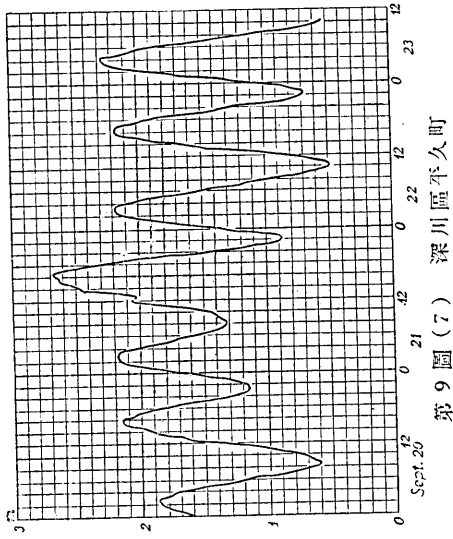
第 9 圖 (4) 淺 草 橋

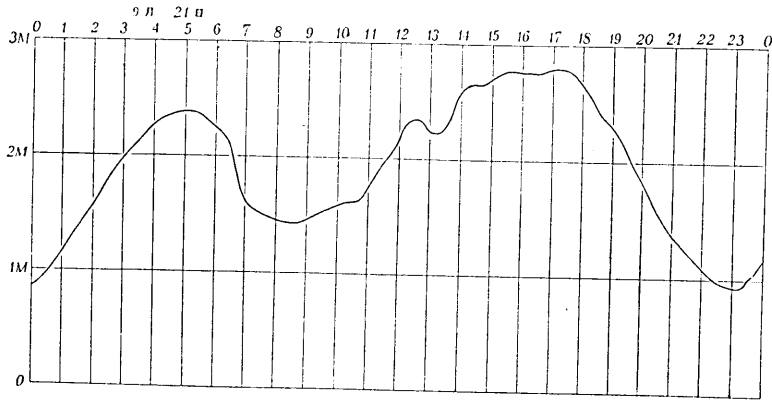


第 9 圖 (5) 本 所 枕 橋

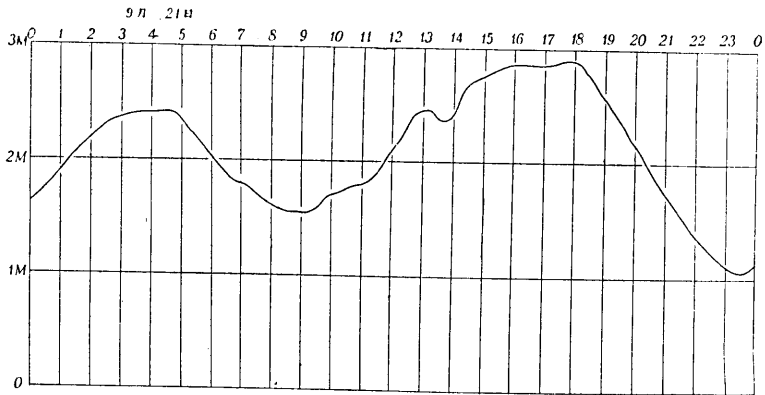


第 9 圖 (6) 白 鬚 橋

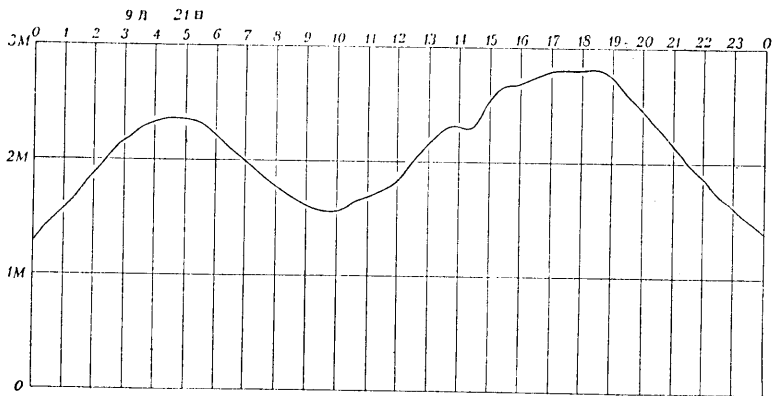




第 9 圖 (11) 小 名 木 川

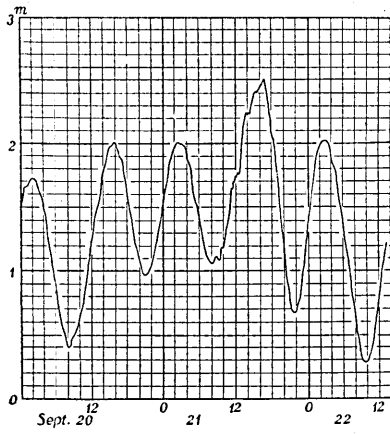


第 9 圖 (12) 隅 田

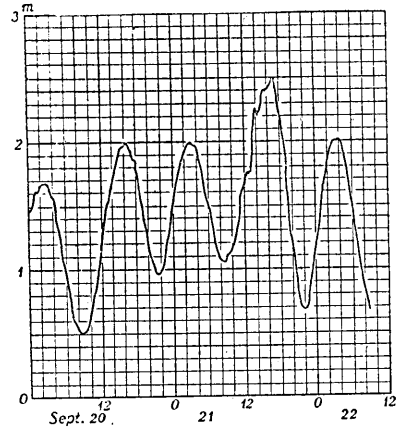


第 9 圖 (13) 岩 淵

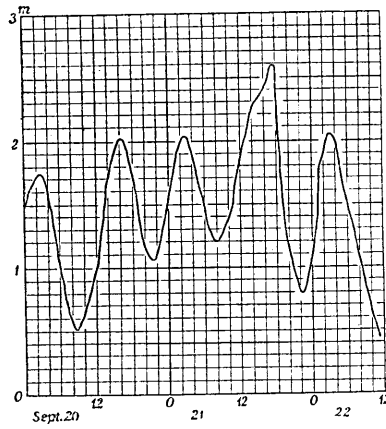




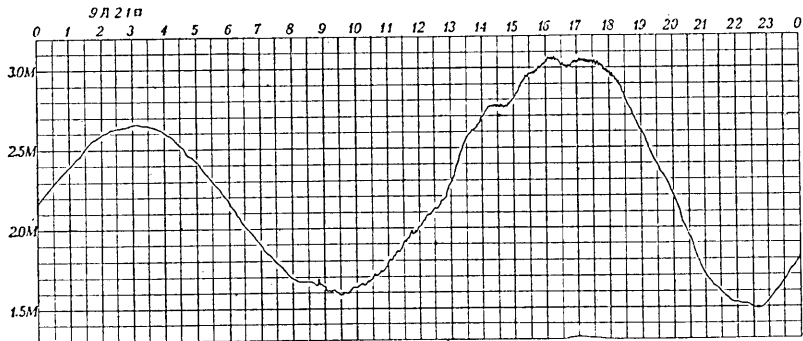
第9圖(14) 将監橋



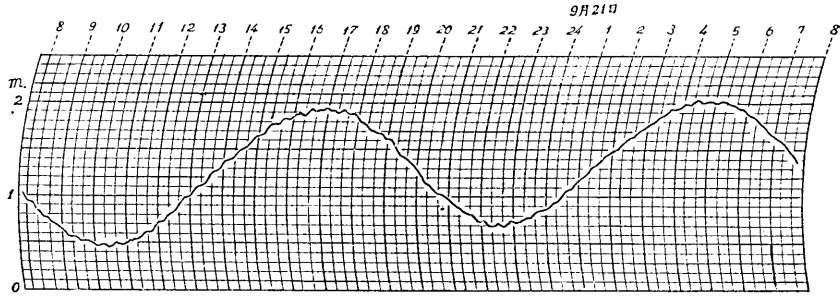
第9圖(15) 麻布一の橋



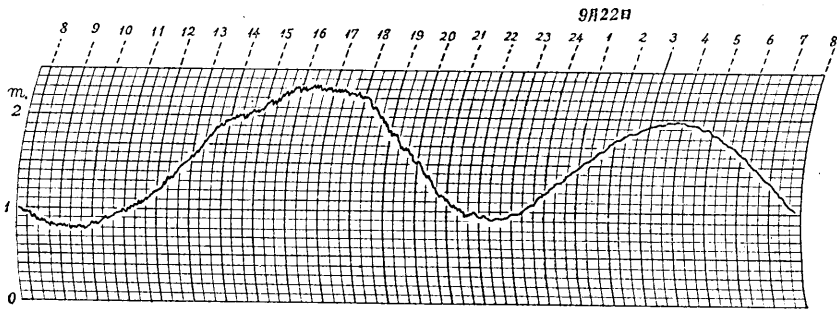
第9圖(16) 吳服橋



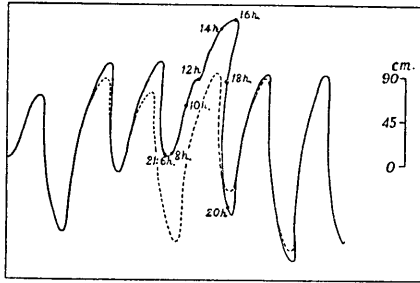
第9圖(17) 横濱



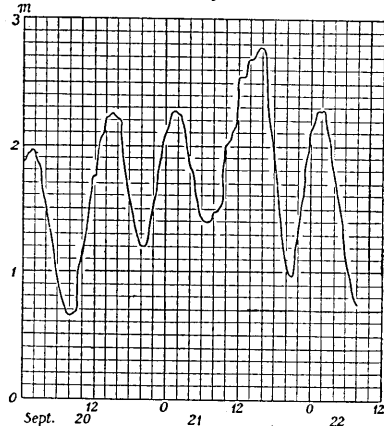
第 9 圖 (18) 横 須 賀



第 9 圖 (18) 同 上



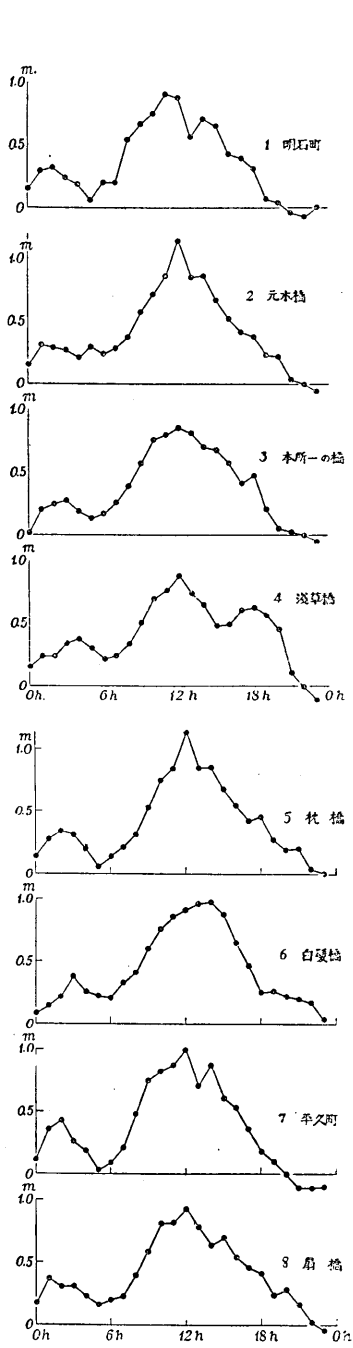
第 9 圖 (19) 深川區豊住町下水場ポンプ場



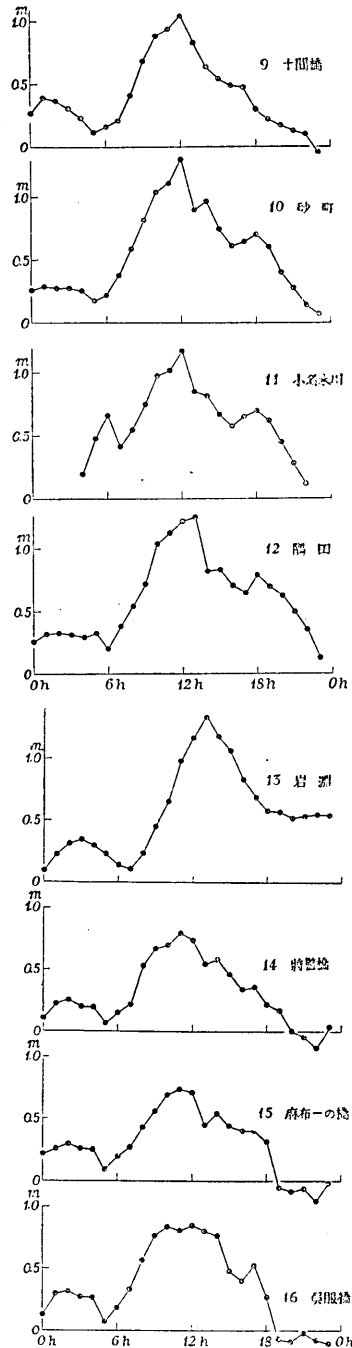
第 9 圖 (20) 神田三崎橋

是等の資料から、氣象の影響による海面の上昇量を取り出す爲めには、潮汐による海面の昇降を取除かなければならない。その方法の 1 として挙げられることは、

- i) 前年の略々同じ時期の、而も、月の位相の略々同じ頃の潮汐の曲線と比較してその差をとることである。勿論、この場合に、前年の記録は氣象の影響が著しくない必要がある。深川區豊住町にある驗潮記録については、この方法で風による海面の上昇を測り、之を第 10 圖 (19) に示してある。



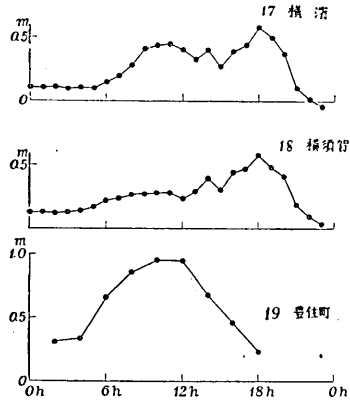
第10圖(1)



第10圖(2)

或は次の様にしても求められる。

ii) 豫め計算されてゐる潮汐の調和常數を用ひて、問題となつてゐる日及びその前後 1~2 日の潮汐の曲線を計算し、之と實際の曲線とを重ね合せて、異常高潮のあつた日の計算値と實測曲線との差をとることである。この場合には計算の曲線と、實際の曲線との間には風などの影響がなくとも多少の相違があることを知つてゐなければならぬ。その 1 は、計算に用ひる調和常數に含まれてゐる誤差によるものであり、その 2 は、調和常數の計算に用ひた潮汐曲線を記録した場所と、



第 10 圖 (3)

計算値と比較すべき潮汐曲線を記録した場所とが同一でないことのために生ずる位相差である。深川などの場合、驗潮儀の多數は隅田川沿岸又は濠に沿うて設置せられ、東京灣の海面からは數軒乃至十數軒陸地内にある。かゝる川又は濠を高潮が週上する場合には、川の流速を  $U$ 、深さを  $h$  とすれば、その潮波の週上速度は

$$u = \sqrt{gh} \left\{ 3 \left( 1 + \frac{\eta}{h} \right)^{\frac{1}{2}} - 2 \right\} - U$$

となる。 $\eta$  は平均水位からの上昇量である。 $U$  は干潮の時は勿論  $-U$  とおく。深川などの場合  $U$  は 0 に近く<sup>4)</sup>、 $u$  は  $\sqrt{gh}$  に近い値をとるから、大體において、海から  $x$  の距離にある場所では

$$\frac{x}{\sqrt{gh}}$$

だけ、位相の遅れがあらはれることになる。其故、計算値と比較する場合にはかゝる位相差のあることを考慮しておかなければならない。

其様にしてもとめた東京市及附近の驗潮記録にあらはれた風の影響は第 10 圖 (1)~(18) に示してある。

東京市内の河川及び濠の水面の風による上昇は第 10 圖にある様に、午後零時前後に於いて最高に到達した。而して、その上昇量は、80~100 cm に達してゐる。併し、幸にも、風による高潮の最高時が潮汐の方では干潮に相當してゐたけれども、若しこの風の影響が満潮時にあらはれた時は、更に浸水深度と浸水區域を増加したであらう。

4) 川の流速の影響がある様な場合には潮汐曲線が多少歪むのが常である。けれども、実際にはかゝる歪は殆ど認められないから、假令あるとしても、左程著しいものではないやうに思はれる。

即ち、午後4時40分頃の満潮時における風の爲の上昇水位は大體50cmであるから、満潮と風の影響の最高潮とが一致した場合には更に30~50cm水位が上昇し、従つて、被害も嘗ての大正6年の暴風津浪の場合に近いものがあつたかもしれない。

風又は氣壓による水位の上昇は若し氣壓 $P$ が與へらるれば、海面が靜水壓的に之に隨伴するものとして、その上昇量 $\Delta h$ は

$$\Delta h = -\beta(P - P_0)$$

で與へられる。標準の氣壓即ち760mm(水銀柱で)である。

又風によつて海水が岸に吹きよせられる場合、直線的な海岸線で、深さも亦一樣であり、風が岸に直角の方向に吹く場合には、岸の附近の海面は傾斜し、その傾斜角 $\theta$ は

$$\theta = \frac{K\rho V^2}{\rho'gf}$$

で與へられる。 $\rho$ 、 $\rho'$ は夫々空氣及び海水の密度、 $f$ は水層の深さ、 $K$ は比例の常數、 $g$ は重力の加速度即ち980cm/sec<sup>2</sup>、 $V$ は風速である。

今 $\theta=0$ の位置が海岸から $x$ だけの距離のところにあるとすれば、海岸における風の爲めの水位の上昇量 $\Delta h'$ は

$$\Delta h' = \theta x = \frac{K\rho V^2}{\rho'gf} x$$

である。併し、この式が東京などの場合に適用し得るや否やは甚だ疑問である。殊に、東京灣の灣口から灣奥への距離にしたがつての $\Delta h$ の變化は、9月21日の場合などには、到底適用出來さうに思はれない。即ち、第0圖に示す風による水位上昇の時間的變化を示す曲線の中から、東京(1.明石町及砂町)、17.横濱、18.横須賀等と取り出して比較してみると上昇水位の東京における極大と、横濱横須賀等に於ける極大とは6時間の差があり、風が衰へた後、東京における極大水位が次第に灣口の方へ移動したとしても、6時間といふ差は少し過大のやうに思はれる。勿論、各時刻に於ける水位は、灣口からの距離と直線的の關係にあるとは思はれないのである。<sup>5)</sup>

東京における風の爲めの水位上昇の現象を詳細に調べる爲めには、勿論、東京灣内の海水の運動をよく調査しなければならないのであるが、實用的には、東京の海岸に於ける水位の上昇と風速との間に如何なる關係が存するかを調べておけば、まづ充分である。<sup>6)</sup>

5) この點については次の節に述べてある。

6) 氣壓の低下による影響を分離して考へるべきであるけれども、大體低氣壓と強い風とは隨伴してをり、實用的には風との關係だけに止めておいても大差はない。勿論、大阪での水害の如き特別な場合は別に考慮する必要がある。

そこで過去の風水害について調査されてゐるものを探してみると、次表の如き資料が得られる。

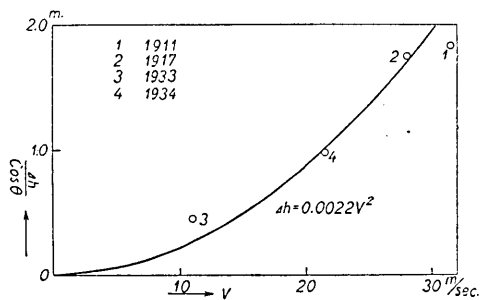
第 II 表

日 時	水位の上昇 (cm)	風 速 (m/sec)
明治 44 年 7 月 26 日	130	31.4
大正 6 年 10 月 1 日	161	28
昭和 8 年 9 月 4 日	45	11
昭和 9 年 9 月 21 日	90	21.5

第 III 表

時 刻 (時)	明石町験潮儀に示された風による水位の上昇 (cm)	風 向	風 速 (m/sec)
9 月 21 日 0	16		
1	30	S S E	0.5
2	32	"	2.6
3	24	"	5.3
4	19	"	7.6
5	6	"	9.0
6	20	"	8.0
7	20	"	10.4
8	54	"	12.1
9	67	"	13.1
10	75	"	15.3
11	90	"	20.1
12	87	S	21.5
13	56	S S W	14.1
14	70	"	13.5
15	65	"	17.9
16	43	"	9.0
17	39	"	7.8
18	31	"	3.7

又東京（中央氣象臺）における 9 月 21 日の各時刻における風速と、明石町における水位の上昇との値は、第 III 表に示してある通りであつて、第 II 表に於けるものを圖に plot してみると、第 11 圖に示すやうになり、第 III 表の値を圖に示したものは第 12 圖である。第 11 圖に於いては、風速と  $\Delta h$ 、即ち



第 11 圖 東京に於ける上昇水位と風速との關係

7) 大森房吉 震災豫防調査會報告 89 (1917).

上昇水位との関係は略々 linear に近く、  
理論的な

$$\Delta h \propto V^2$$

といふ関係にはならないのである。その  
一つの理由は

- i) 理論式の適用される条件が満されてゐない爲め、即ち直線的な、直ちに大洋に面した海岸でもなく、深さも一様でなく、又 stationary の状態にあるのではないといふことである。その理由の2は
- ii) 風向と灣口の向きとが一致してゐない爲であると考へられる。

風向と灣口の方向とが一致して居ると考へ得るならば

$$\Delta h = \frac{K\rho x V^2}{\rho'gf} \quad s)$$

に於て、 $k, \rho, \rho', x, f$  は、東京といふ一定の場所を指定すれば、一定であるから、是等を合せて一つの常數  $a$  とし、

$$\Delta h = a V^2$$

とおくことが出来る。この上に風向の灣口の方向との差が関係するとすれば、それは如何なる方式に於いて関係するかといふことが、一寸問題となる。極めて簡単に考へて二様の関係の仕方がある。即ち、

- i) 風速の灣の中心線の方向への成分のみが作用する場合、この場合には

$$\Delta h = a V^2 \cos^2 \theta$$

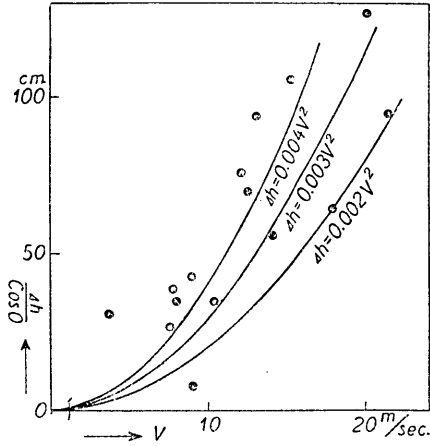
となる。 $\theta$  は灣口の方向と風向との方向の差である。

- ii) 風が外力として水面に作用し、その外力の灣の中心線の方向における成分が重なる作用をなすと考へる場合、この場合には

$$\Delta h = a V^2 \cos \theta$$

となる。第 11 圖における曲線は實際の  $\Delta h$  を  $\cos \theta$  で除した値と、 $V$  との関係を示したものであつて、この場合  $a$  の値は約

$$a = 2.2 \times 10^{-3}$$



第 12 圖 上昇水位と風速との關係

s) 肥沼寛一 海洋氣象臺彙報 其他.

となる。又、第 12 圖の場合では

$$a = 3 \times 10^{-3}$$

となる。

上記の i), ii) の二様の考へ方の中の何れが眞實に近いかは、東京灣などの例では定めることは出来ないが、Colding の式

$$\Delta h = 0.000\,000\,479 \frac{x_2^2}{f^2} \text{ 9)}$$

と比較し、 $x_2 = 60$  km (東京市の海岸から灣口までの距離)、 $f = 20$  m (平均の深さ) とすれば

$$a = 1.43 \times 10^{-3}$$

となり、ii) の場合に近い。Colding の式との近似が、眞實に近いといふ事を示すことにはならないけれども、今かりに ii) の場合だけを採用しておくことにする。

かく考へると、若し假りに 9 月 21 日の大阪に於けるが如き風速 60 m/sec といふやうな風が、SSW、即ち東京灣口から奥の方向に吹いたとすれば、その時の東京における水位の上昇は

$$\Delta h = 5.2 \text{ m}$$

となり、この時の水害を防ぐ爲めには、東京における土地の高さは、平均水面上、5 m 以上でなければならぬことになつて、現状のままでは東京市の下町は、本所、深川といふやうな局部に限らず、殆ど全部が水害を被ることになるわけである。尤も、上式が風速 60 m/sec といふ様な場合にまで延用出来るか否かは、疑問ではあるが、それにしても従來の經驗に徴しても、2 m 前後の高潮は、襲來可能であり、之を防ぐためには、少くとも直接海に面する場所では、3 m 以上の高さを持つる必要がある様に思はれる。

4. 東京灣内海水の運動 前掲第 10 圖 17, 18 に示された横濱及び横須賀に於ける、海水面上昇の模様を見ると、その極大が、何れも 18 h にある。

これは先にも一寸注意したやうに單なる吹送流のためとしては解し難いものである。又水が吹き寄せられて東京附近で水位が高くなつてゐたものが風が止んだため、又は風向が急變したために、東京灣外に逸出する際に生じたものと考へるとしても、東京における(明石町又は砂町における)水位の極大時と、横濱及び横須賀におけるものとの差は約 6 時間であつて、水の逸出が長波の傳播速度を以て行はれたものとするのとは桁違ひに時差が大である。

この問題を考究するために先づ、横濱、横須賀における、風等による海水面の昇降

9) cf. RUDSKI, „Physik der Erde“, (Leipzig, 1910), 436.



及び横濱，横須賀，富崎（布良）に於ける風向，風速を第 IV，V 表に示しておく。

第 IV 表 各地の風による水位上昇量（9月21日）

時刻 (時)	場所	東京(本所) (cm)	東京(明石町) (cm)	横濱 (cm)	横須賀 (cm)
0		26.5	16	11.2	13.0
1		29.0	30	11.2	13.0
2		27.5	32	12.0	12.5
3		27.5	24	10.3	13.0
4		25.5	19	10.8	14.0
5		17.5	6	10.0	17.0
6		22.5	20	15.0	22.0
7		38.0	20	20.2	24.0
8		59.0	54	28.5	26.0
9		81.5	67	41.1	26.5
10		104.5	75	43.5	28.0
11		111.0	90	44.8	28.0
12		130.0	87	40.0	23.0
13		90.0	56	32.5	29.0
14		96.5	70	40.4	39.0
15		75.0	65	26.9	80.5
16		61.0	43	39.0	44.0
17		64.5	39	44.0	47.0
18		70.0	31	57.6	58.0
19		60.5	7	50.0	48.0
20		40.0	4	37.2	41.0
21		27.5	- 4	9.9	19.0
22		14.5	- 7	1.5	10.0
23		7.0	1	- 4.9	3.0

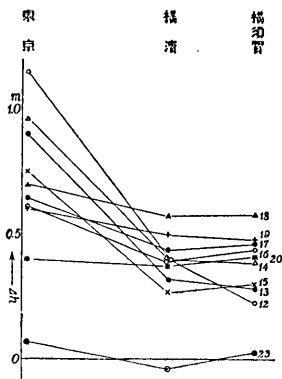
第 V 表 各地の風向及び風速（9月21日）

時刻 (時)	場所	横濱		横須賀		富崎		富崎(山上)	
		風向	風速(m/sec)	風向	風速(m/sec)	風向	風速(m/sec)	風向	風速(m/sec)
0		SSW	3.4	S	10.5	SSW	7.0	SSE	19.9
1		"	5.9	"	12.5	"	8.8	"	14.1
2		S	8.9	"	13.1	"	10.7	"	17.9
3		SSW	9.8	"	12.3	S	9.7	"	15.9
4		"	9.8	"	9.9	"	10.0	"	13.8
5		S	7.8	"	10.5	"	9.0	"	16.5
6		SSE	8.5	"	9.5	"	11.9	"	18.9
7		S	12.0	"	11.1	"	13.3	"	—
8		"	16.9	"	21.6	"	16.6	"	24.9
9		"	17.5	SSW	19.5	"	16.8	"	29.2

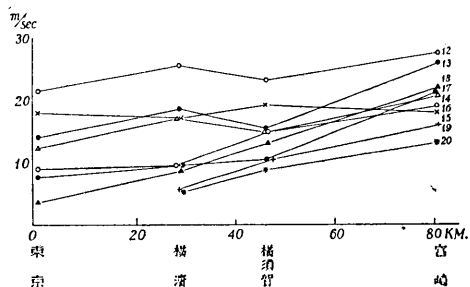
第 V 表 (續き)

時刻 (時)	横 濱		横 須 賀		富 崎		富 崎 (山上)	
	風 向	風速(m/sec)	風 向	風速(m/sec)	風 向	風速(m/sec)	風 向	風速(m/sec)
10	SSW	21.1	S	20.7	SSW	17.9	SSE	35.1
11	S	22.8	SSW	23.9	"	25.4	S	37.3
12	SSW	25.6	"	23.3	"	27.5	"	32.9
13	SW	18.6	SW	15.3	SW	26.0	SSW	20.6
14	"	17.4	"	15.2	"	20.8	SW	17.2
15	SSW	17.1	"	19.1	"	17.9	"	14.9
16	SW	9.5	"	15.1	"	19.0	SSW	13.0
17	"	9.6	"	10.5	"	21.4	"	16.0
18	"	8.9	"	13.4	"	22.1	"	17.4
19	"	5.7	"	10.5	WSW	16.0	WSW	17.7
20	WSW	5.3	"	8.8	"	11.3	W	12.4
21	E	2.5	"	6.2	"	11.6	WSW	12.1
22	SE	2.6	—	0.4	SW	10.6	SW	8.2
23	"	3.5	SE	2.0	WSW	8.1	W	8.5

さて、東京、横濱、横須賀における同時刻の水位が、東京灣内の水面の形を示すといふことには多少の修正が必要であらうけれども、大體之に相當するとして、時々刻々のその水面の形を示したものが第 13 圖である。この圖に示されるやうに、問題の 18 時前後における水面の形も、東京、即ち灣奥に於いて高く、灣口の方に向つて傾斜してゐることは變りないが、その傾斜は、16 h を境として著しく異つてゐることが目



第 13 圖 各時刻に於ける水面の形



第 14 圖 各時刻に於ける風速の分布

につくのである。

一方、之に相當して、第 14 圖に示してある様に、風速の分布も、16 h 以後は著しく變つてゐる。即ち、16 h 以前では、風速は灣内では一様に近いけれども、16 h 以後は灣口から灣奥に向つて風速は急に減じてゐる。即ち、風の海水面に及ぼす影響は灣口が大であつて灣奥が小となつてきてゐる。そこで、灣奥において風の disturbance

が減じたために戻らうとする水が、灣口に於ける disturbance が未だ充分減じてゐない爲めに灣外へ充分に逸出することが出来ず、灣口に近い横濱、横須賀に於いては除々に海水が溜つて、18hに於ける水位の極大を現はしたのではないかと考へられる。

水位の上昇又は水面の傾斜が、風速の2乗に比例するといふのは、風速が一様で、而も、水面の形が定常的の状態にある場合の解であるから、實際問題としてそれに近い場合はよいけれども、上述の場合の如く、風速が場所によつて異なる場合、風速の時間的に變化する割合が比較的大なる場合には適用出来ないことは言ふまでもない。

この様な問題を理論的に解くことはかなり困難なことであるが、大體、如何なる傾向にあるかを見るために第VI表を作つてみた。この表には、各地の風向が大體等

第VI表(a) 水位差及其の時に對する變化

時刻(時)	東京—横濱(cm)	差(cm/hour)	横濱—横須賀(cm)	差(cm/hour)
12	70.0	— 12.5	17.0	— 13.5
13	57.5	— 1.4	3.5	— 2.1
14	56.1	— 8.0	1.4	— 5.0
15	48.1	— 26.1	— 3.6	3.6
16	22.0	— 1.5	0.0	10.6
17	20.5	— 8.1	10.6	— 18.6
18	12.4	— 1.9	— 8.0	10.0
19	10.5	— 7.7	2.0	— 5.8
20	2.8		— 3.8	

第VI表(b) 風速差

時刻(時)	東京—横濱(m)	横濱—横須賀(m)	横須賀—富崎(m)
12	— 4.1	2.3	— 4.2
13	— 4.5	3.3	— 8.7
14	— 3.9	2.2	— 5.6
15	0.8	— 2.0	1.2
16	— 0.5	— 5.6	— 3.9
17	— 1.8	— 0.9	— 10.9
18	— 5.2	— 4.5	— 8.7
19	—	— 4.8	— 5.5
20	—	— 3.5	— 2.5

しい12~19hの間において、東京—横濱、横濱—横須賀の水位差、及びその變化の割合、並に、東京—横濱、横濱—横須賀、横須賀—富崎の各地間の風速差を示したものである。

この表から見られる多少著しい事は、

- i) 15~16hの間に東京—横濱の水位差が著しく減じてゐるが、14hと15hと

の風速差の分布が全く逆になつてゐるといふことゝ關聯がありさうに思はれるのである。

ii) 而して、16~17 h の間に横濱—横須賀の水位差が急に増加してゐることは、風速差の分布、上記の事實などと關聯してゐるらしく思はれる。

iii) 17~18 h における横濱—横須賀間における水位差の減少は、風速分布の様子の變化と、これに伴ふ上記の傾向の遷移と關聯して想像される。

iv) 18~19 h では東京—横濱の水位差は殆どなくなり、横濱—横須賀の水位差が増加してゐる事は、大體風速の分布から想像されるやうに思はれる。

以上の事から、各時刻における水面の形と、風速の傾度、換言すれば風による Disturbance の傾度との間には多少關係があるらしく思はれるので、 $\Delta h$  の大體の傾斜と、風速の傾斜との關係を圖に示してみると第 15 圖の如きものが得られる。この圖に於いても 15 h と 16 h との間に不連続的なところが見える。即ち 16 h 前と後とは現象が異つてゐることを示してゐるものゝ様に思はれる。

尙、東京、横濱、横須賀における  $\Delta h$  と風速の data から、(横濱、横須賀の分では、上記の如き次第故 16 h 以後の data を除き)

$$\Delta h = aV^2$$

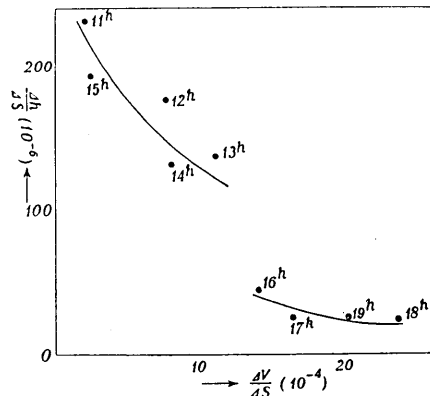
として、 $a$  の値を定めてみると、第 VII 表に示した様な數字が得られる。

第 VII 表 各地の  $a$  の値

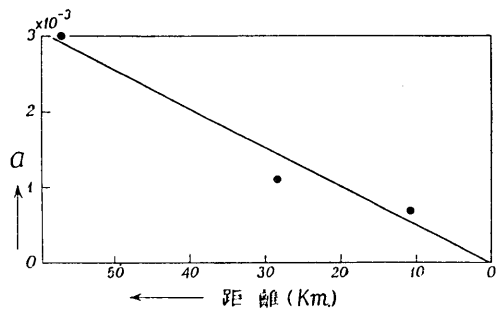
	$a$
東京(明石町)	0.003
横 濱	0.001 <sub>2</sub>
横 須 賀	0.000 <sub>7</sub>

この係数は、定常的な場合に、風のみの影響が主なるものであれば、 $x$  (傾斜 0 となる場所までの距離)、

$1/f$  ( $f$  は深さ), 等に比例する筈である。その關係は大體に於いて第 16 圖に示した程度に於いて満足されてゐるものゝやうである。



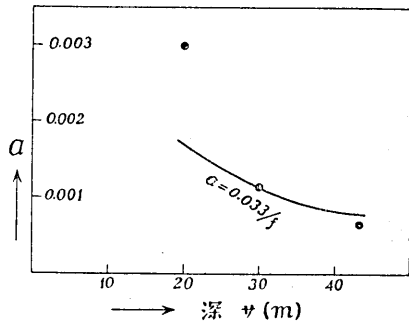
第 15 圖



第 16 圖 (a)

以上の如く特別の事情にある場合を除いては、風の吹き寄せの爲の水位の上昇は、大體 Colding 風の實驗式から推算し得るやうに思はれる。

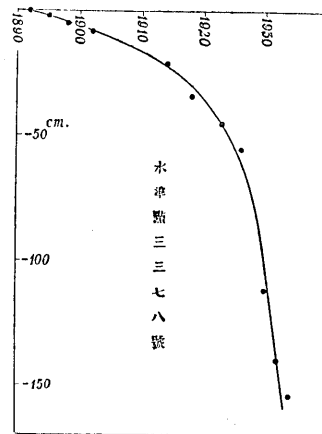
5. 地盤の沈下に就て 東京市内特に本所深川方面における地盤の沈下については既に屢々報告<sup>10)</sup>した通であつて、此處に改めて繰返すにも及ばないが、其後に氣付かれた一二の點について補遺しておき度い。



第 16 圖 (b)

前述の通り、深川方面は低地であつて、大部分は平均海面上 1 m 内外の高さしか持つて居ない上、大潮の時の干満の差は 1.0~0.9 m に達するのであるから、從來知られてゐる様に、同方面の地盤沈下が毎年數厘乃至數十厘に達する場合は、1ヶ年の沈下量だけでも、浸水するや否やといふ點に関しては致命的な結果を齎らすのである。又浸水を防禦する爲に濠の岸壁を高めやうとする場合などにも、その有効期間の長短を左右する重大な因子となる。吾々の希望する所は、この沈下の停止することであるけれども、之を人工的に行ふわけには行かない。

更に甚だ望ましくないことは、第 17 圖に示す様に地盤の沈下が年々甚しくなつてゆくこと、換言すれば、沈下速度の年々増して行くことであつて<sup>11)</sup>、この地盤の沈下は、今急に停止しやうとは思はれない。尤も、茅場町所在の水準點の沈下速度は最近減少の傾向に見えるけれども、これが、全體としての傾向なりや否やは遽かに判断し難いのみならず、他の點についても、ひとたび減少して後再び増加してゐる例もあり、又減少したといつても、茅場町における水準點の場合の如く尙未だ -109.9 mm/year といふ程度では、停止するのは容易でない様に思はれる。



第 17 圖 B. M. 3378 の沈下

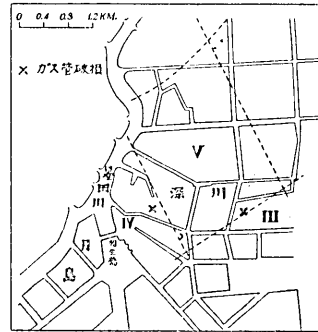
尙、浸水と直接關係はないけれども、かゝる地盤の變動の結果、局部的には、歪力

10) N. MIYABE, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 10 (1932), 844~857.

11) 宮部直巳 地理學 2 (1934), 14~23.

を受けるやうな場所も生ずることが豫想される。この歪の結果であると断定することは出来ないが、次の如き事實は一應は注意を要すべき事ではないかと思はれる。

i) 昭和9年1月頃、深川で、地下の瓦斯管が破損し、瓦斯が漏れて人を苦しめた事件があつた。それは、工事の不完全であつた事に歸せられてゐるが、今その瓦斯管の破損した場所を圖上に記入してみると(第18圖参照)、全く偶然かもしれないが筆者が先に定めたこの附近の地塊 IV と V との境界に丁度相當するのである。若し地塊運動が筆者の想像した通りに行はれつゝあるものとすれば、その境界に於いて殊に歪力が加はることは直に豫想出来ることであつて、瓦斯管の接続工事も、斯様に地盤に作用する歪力の大きなることを考慮されねばならなかつたのである。



第18圖 ガス管破損個所

ii) 同じ地塊 IV と月島との間も、同様な不連続線が想像されるが、その間をつなぐ相生橋の北側に罅隙の認められることは第19圖の寫眞に示す通りである。この罅隙も橋の自然的な沈下、盛土の沈着等に歸してしまへばそれまでのことであるが、南側の月島に接する所にはなく、しかも、地塊 IV はさきに示した様に EEN の方向に傾斜するやうに見える、しかもその端にあるので、全然かゝる地盤の變動の爲めではないと斷言する事も不可能である様に思はれる。後日、東京が再び震害を被ることがあつた場合に、この相生橋のこの程度の損傷はそれ以前に既に存した事を立證するためにも一應は記載しておくことの便なるを認め茲に附記する次第である。

## 6. 結語 以上述べた所を一括すれば、深川の浸水は、

- i) 土地が既に低い上に
- ii) 年々かなりの地盤沈下があるため、
- iii) 潮汐による海水面上昇、
- iv) 海水面の高さの年變化に於ける秋季の上昇、
- v) 特に昭和9年9月21日などの場合は風の爲めの異常的な上昇

などが合して、容易に起るのみならず、今後、現在の儘に推移すれば、浸水は益々甚しくなる傾向にある。

この報文中に掲げた各地の風速、風向は、中央氣象臺長岡田武松先生及び和達博士の御配慮によつて入手することが出来たもので、茲に厚く御禮を申上げる。又、東京市内外の驗潮記録は、東京市當局、並に土木試験所の松尾技師の御好意によつて集め

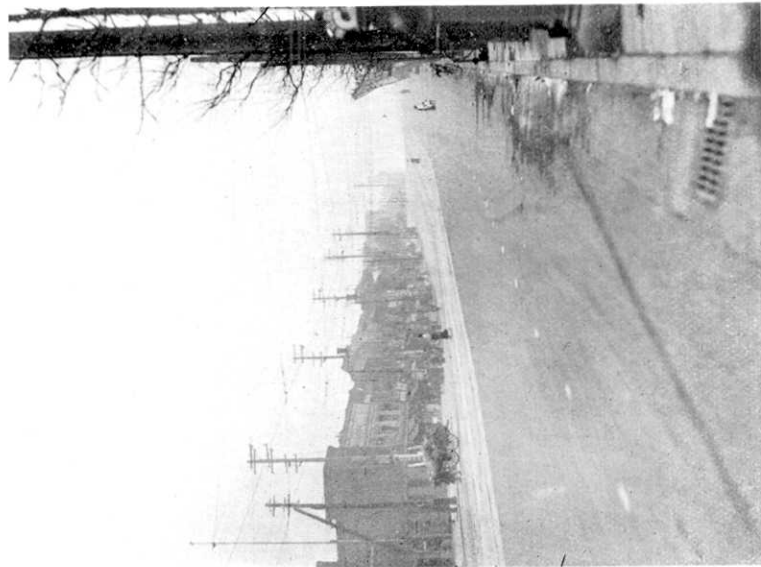


第 I 圖 (a) 深川沙崎町 (右方海面は小潮時の干潮面)

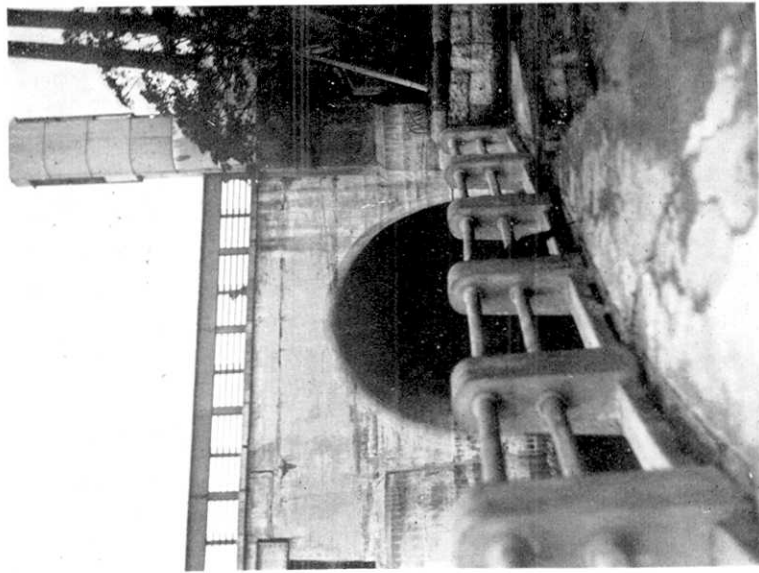
(震研叢報 別冊 第二號 圖版 宮部)

[N. MIYABE.]

[B. E. R. I., Suppl. Vol. II, Pl. XXXII.]



第 I 圖 (b) 深川，木場三丁目附近  
(前方高くなりて見ゆるは橋なり)



第 19 圖 相生橋北詰の龜裂





第 4 圖 満潮時の浸水（深川，洲崎神社附近，  
昭和 9 年 11 月 8 日午後 4 時 15 分撮影）  
Fig. 4. Inundation at the time of high water.



第 5 圖 満潮時の浸水（深川区平久町 2 丁目，  
昭和 9 年 11 月 9 日午後 4 時 30 分撮影）  
Fig. 5. Inundation at the time of high water.



第 6 圖 満潮時の浸水 (深川区古石場町,  
昭和 9 年 11 月 9 日午後 4 時 40 分撮影)  
Fig. 6. Inundation at the time of high water.



第 7 圖 満潮時の浸水 (深川区汐崎町,  
昭和 9 年 11 月 8 日午後 4 時 20 分撮影)  
Fig. 7. Inundation at the time of high water.

得たものであり、横濱、横須賀等の驗潮記録も、夫々、横濱市當局、横須賀港務部の御好意によつて寫し得たものである。

更に、東京市深川区及本所區内の浸水状況については、同區内の多數の小學校の御協力を得て調査したものである。茲に附記して其等の御好意に對し篤く御禮を申上げる次第である。

---

### 7. *The Inundation in Hukagawa, Tōkyō, on Sept. 21, 1934.*

By Naomi MIYABE,

Earthquake Research Institute.

On September 21, 1934, a cyclone swept over the island of Sikoku and the Kwansai district of the main island of Japan. In association with this cyclone, a strong wind blew in the neighbourhood of Tōkyō in a SSE-SSW dierection, as the result of which the sea level at Tōkyō rose abnormally, inundating the neighbourhood of Hukagawa to a depth of about 4 ft. at the most.

The inundation was due partly to upheaval of sea level and partly to the lowness of the land. The rise in sea level from the mean height at the time of the inundation of Sept. 21, is the sum of

- i)  $h_1 = 0.9$  m, a half amplitude of the tidal range at spring tide, and
- ii)  $h_2 = 0.15$  m, a half amplitude of the annual variation in the sea level, and
- iii)  $h_3 = aV^2 \cos \theta$ , caused by drift current as the result of wind of velocity  $V$  in a direction deviating by  $\theta$  from that of the longer axis of Tōkyō Wan (Bay),  $a$  being a characteristic constant for Tōkyō. The value of  $aV^2 \cos \theta$ , on Sept. 21, amounted to 90 cm at noon, when the wind velocity was at its maximum, and to 50 cm at the time of high water, that is, at 4 h 40 m, p. m., when the place was inundated.

On the other hand, the height of the land in most part of Hukagawa is about 1.0 m, which is approximately equal to  $h_1 + h_2$ . Finally it may be remarked that the Hukagawa district is now sinking at the rate of about 10 cm per annum, so that even such parts of it as are now free from inundation will lose their immunity in a few years.

---