氣 象 集 誌

第二輯 第十五卷 第九號

論 文

大 阪 灣 の 異 常 潮 位 に 就 て (第一報)*

廣 野 卓 藏, 坂 田 勝 茂

大阪灣に於ける異常潮位の研究は大阪市の下町方面に於ける出水と關連して極めて重要な問題である。大阪下町に於ては室戸颱風時の如き特殊な場合を除いても、東京の江東の如く近年沈下現象が著しい爲海面の多少の異常上昇により出水をみるを常とするのである。前者の如き特殊の場合の研究論文は諸種の室戸颱風報告⁽¹⁾に報告されてゐるが大阪に於ける他の場合の研究があることを餘り聞かない。以前に中村博士の研究⁽²⁾があるが博士は風速に依る異常潮位を次の如き實驗式 $H_W = 0.0811 W + 0.00279 W^2 \dots$ (H_W : 水位上昇單位呎, W : 風速南西方速度單位 米/秒) に定められた。又神戸の異常潮位の研究は住多氏が主としてやつて居られる。

異常潮位を起す原因としては普通、風速及び氣壓の影響を考へる。時として風速の代りに考ふるに海を掩ふ氣壓の勾配を考へる事がある。風の影響は普通、風速の二乗に比例して水位が上昇するとしてゐるがその風が時間的に即刻利くか、或はそこに時間の遅れがあるか、あるとすれば、どの位遅れるかは非常に難しい問題である。

今迄の調査方法は大體二種ある。一つは約一日間位の間の水位の變化をとり、その間の最大偏差と平均風速との關係を求める方法であつて、之より得たる結果は概して良好で理論値に近いが、第二の方法は時の單位を時間につけて風速と異常潮位との關係を調べるのであるがこの方法に依つては今迄なされてゐる調査では概して規則正しい結果が得られて居なく、可成に複雑なものとなる。第一の方法は小倉博士⁽³⁾ 住田多三郎氏⁽⁴⁾ 等に依つてなされ、第二の方法は小倉博士⁽³⁾ 住田多三郎氏⁽⁵⁾ 中野猿人氏⁽⁶⁾ 足達京氏⁽⁷⁾ 等に依つてなされた。第二の方法に於ては住田氏を除いて他の諸氏は主として風の影響を考ふる爲、氣壓による上昇を前以つて氣壓係數 13.2 を使用して除去された。

* T. Hirono and K. Sakata: On Abnormally High Water in the Oosaka Bay.

(1) 中央氣象臺彙報. 第九冊 (昭和 10 年), 震研彙報別卷, 第 2 號 (昭和 10 年).
(2) 氣象集誌. 第 13 卷, 第 5 號 (昭和 10 年).
(3) 水路部要報. 第 14 卷 7 號 (1935). (4) 海と空. 第 15 卷 11 號 (1935). (5) 海と空. 第 16 卷 3 號 (1936). (6) 科學. 第 4 卷 11 號 (1934). (7) 科學. 第 5 卷 2 號 (1935).

住田氏は氣壓係數も未知數であるとして實測値より最小自乘法を以て係數を出された。

此處で採用した方法は第二の方法である。取扱つた場合は 3 個あつてその内 2 個は大阪に於ける異常潮位で今一つの場合は住田氏が神戸の異常潮位を調べられた時に使用された材料をそのまま拜借して調べなほしたのである。

第 1 例 昭和 11 年 9 月 26 日 12 時—29 日 23 時 (84 時間)

昭和 11 年 10 月 3 日、颱風が紀州沖を通過する前に不連続線が大阪灣を西より東へ通過した、この時氣壓低下の爲に明瞭なる異常潮位を生じた。材料として潮位實測値は大阪測候所築港驗潮所のものを用ひ、之より大阪支臺刊行⁽¹⁾の潮位表に掲載されある潮汐常數より計算して同所の潮位推算値を求めそれを引いたものを異常潮位量 H (糎) とし、而して異常潮位は氣壓及風速に依つて起されるものと假定し、住田氏と同方法を用ひて調査をした。即ち、 H は次の如く書ける。

$$H = a + bV^2 + c(p_0 - p)$$

此處に V は風速 (米/秒)、 p は觀測氣壓 (糎)、 p_0 は基準氣壓 (約 76 糎前後)、 a, b, c , は常數である。但し風速 V は大阪灣の長軸の成分をとつたものであつて南西の場合は V^2 を正に北東の場合は V^2 を負にとつた。常數 a を挿入した理由は近時大阪灣附近の土地沈下、或は推算に加算されてゐない比較的長週期の成分、或は外洋の異常潮位の爲の大阪灣内の平均水位の變動等かやうな今調査してゐる時間に比して緩慢な常數と考へられる様な變化の影響を考へに入れる爲に挿入したものである。 b は風速係數、 c は氣壓係數で理論的には 13.2 となる。又風の影響の時間的のづれは小倉博士の東京灣の調査⁽²⁾の場合には 1 時間乃至 2 時間のづれがある事が分つて居るので今の場合には 2 時間のづれを考へて調査した。

(1) に於て

$$c = 13.2 + c', \quad p_0 = 76.0 + p_0', \quad 76.0 - p = P$$

とおけば

$$H = a + bV^2 + c'P + 13.2P + 13.2p_0' + c'p_0'$$

となり、 $c'p_0'$ は第二次の微少量になると假定して之を省略すると (1) は次の様になる。

$$(a + 13.2p_0') + bV^2 + c'P = H - 13.2P \dots\dots\dots$$

最小自乘法に依つて、 $a + 13.2p_0'$ b, c' を求めると

$$a + 13.2p_0' = 21.25 \text{ cm.}$$

$$b = 0.21 \text{ (m/sec)}^2$$

(1) 大阪支臺發行「昭和十二年大阪に於ける太陰太陽及び大阪港潮汐推算表」。

(2) 前頁脚註 (1)。

$$c' = 3.95$$

となる。故に氣壓係数は 17.15 風速係数は 0.21 と求められた。今求められた氣壓係数は理論値よりもかなり大である。

次に同じ材料を使用し氣壓係数を理論値 13.2 と假定して風速係数を求める。風速の自乗と氣壓改正を施した異常潮位との関係を圖示すれば第 1 圖の如くなる。圖に於て V が 0 m/sec より -3~-4 m/sec 附近まで値が非常にばらつくがこの中には N 又は NNE 等の風が這入つて居るから海岸地形によつて圖の如くかなりの水位上昇もあり得ると考へられる。

第 1 圖 風速の自乗と氣壓改正を施した異常潮位の關係

(2) 式に於て $c = 13.2$ 即ち $c' = 0$ とすれば

$$(a + 13.2 p_0') + b V^2 = H - 13.2 P$$

となり、之に於て最小自乗法によれば

$$a + 13.2 p_0' = 20.9 \text{ cm}, \quad b = 0.22 \text{ (m/sec)}^2 \quad \text{となる。}$$

又風速と夫に依る潮位上昇量 H (cm) との關係を表したものに Colding の式がある。即海岸が直線の場合には

$$\begin{aligned} H \text{ (cm)} &= 0.0000763 \times \frac{l}{p} v^2 \cos^2 \alpha \\ &= 0.0000763 \times \frac{l}{p} V^2 \quad (V \equiv v \cos \alpha) \end{aligned}$$

こゝに l は對岸距離, p は平均水深, α は風向と海岸線の垂線とのなす角である。之を大阪に適用する時は l は大阪湾の長軸を表し $l = 60 \text{ km}$, 又 $p = 27 \text{ m}$ となり

$$H = 0.17 V^2$$

を得る。此の値には湾の遠浅、或は湾形の影響が這入つて居ないが其等の影響を考へるときは上の風速係数は 0.17 より大となり實測値に近づく。

第 2 例 昭和 11 年 9 月 13 日 0 時—17 日 23 時 (120 時間)

異常潮位の調査中にこの期間に氣壓によく追従した異常潮位を上記の期間に發見したので此の分析を試みた。天氣圖をみると 13 日 14 日頃に大陸に現はれた不連續線が次第に東行し 16 日 6 時頃大阪湾を通過してゐる。

この場合も材料及方法共に第 1 例と同様である。但しこの時は風速は 1 時間前のものを用ひた。計算の結果は

$$a + 13.2 p_0' = 4.51 \text{ cm}, \quad b = 0.004 \text{ (m/sec)}^2, \quad c' = -1.02$$

故に氣壓係数は 12.18 である。この例によると氣壓係数は大體に良い値を示して居るが風速は殆んど影響しない。之は風向の變化が激しかつた爲と考へられる。

上例に於て氣壓の影響が靜力學的であると考へて氣壓係数 13.2 を用ひて風速係数を計算すると

$$a + 13.2 p'_0 = 4.12 \text{ cm}, \quad b = -0.007 \text{ (m/sec)}^2$$

となる。風の影響が殆んど無い事は前の計算と同じである。その原因は前に既に述べた。斯く風速の影響がない時、氣壓係数はよく理論値と一致する。

第 3 例 昭和 10 年 8 月 27 日 20 時—29 日 6 時 (35 時間)

此の例は颱風が神戸附近を通過した場合であつて以前海洋氣象臺の住田氏が調査された例⁽¹⁾であつて同氏の材料をそのまま拜借し假定を種々變へて計算して見た。住田氏は第一例で述べた如き方法で計算されその結果

$$p'_0 = 75.6, \quad b = 0.056, \quad c = 25.4 \pm 1.7$$

を得られた。

Colding の式を神戸の場合に當嵌め $l = 24 \text{ km}$, $p = 27 \text{ m}$ として計算すると

$$H \text{ (cm)} = 0.0678 v^2 \cos^2 \alpha$$

となる。今の場合は風向は大部が E であつたので $\cos^2 \alpha \approx \frac{1}{2}$ 故に

$$H = 0.034 v^2$$

となる。即ち此の値は住田氏の出された實測値とほぼ一致する。併し同氏の氣壓係数が大き過ぎる。この原因は、颱風の中心が未だ遠方に居る間に既に潮位上昇を見たためであるので低氣壓移動のための動力學的影響であるとは考へられない。

一方次の如き事實がある。昭和 11 年 10 月 3 日朝、颱風が紀州沖を通過したことがあるがその時 2 日前、即ち 9 月 30 日の夜、大阪では異常潮位の爲に出水し夫より 1 日、2 日、3 日と出水が続いた。而かも大阪灣上に於ては風も無く氣壓もさして下らず雨量もなかつた。然らばこの現象を説明するにはどうしても灣外よりの海水の流入を考へねばならない。大洋に生じたうねりがはるばると大阪灣に入つて來てそこで消滅しそれが爲に灣内の水位が高まると云ふことが先づ考へられる。併しうねりの週期は分の程度にはならないであろうから大阪灣に入つて來る前にその勢力は淺き方に逸散し、紀淡海峡を通過する量は非常に小であると考へられる。然かも灣内の水位が高まれば直ちに灣外に流出するから灣内に堆積することは難しい。そこで筆者等は次の考へを妥當とする。即ち大洋で、颱風圈内で吹く風の爲に一種の吹送流が起り、之が大阪灣に流入して堆積すると言ふことである。然る場合には外洋に面した場所も一樣に吹送流の爲に海面の上昇があるから外洋

(1) 347 頁脚註 (5)

の水位上昇と共に灣内の水位も高まる。斯の如くに假定すれば可成よく氣壓係數の過大の原因を説明し得る様にみえる。

水位の高まる速度は單位時間に灣内に流入する海水の量に比例する。今流入量を第一近似として考ふる時間の間は一定と考へると堆積量は流入量に比例するから

$$H = a + bV^2 + c(p_0 - p) + dT. \quad (T: \text{時間})$$

即ち $(a + 13.2 p_0') + bV^2 + c'P + dT = H - 13.2 P$

と書ける。之を用ひて最小自乗法に依つて係數を定めると

$$a + 13.2 p_0' = -4.62 \text{ cm}, \quad b = 0.015 (\text{m/sec})^2, \quad c' = 6.05, \quad d = 0.57$$

即ち風速係數は 0.015, 氣壓係數は 19.25 で時間の係數, 即ち堆積係數⁽¹⁾は 0.57 となる。又風速係數は小となり, 氣壓係數は住田氏の値よりも小となつたが夫でもまだ大分大である。この原因を考へたのであるが氣壓は殆んど時間に比例して降下してゐる⁽²⁾。而かも堆積量が時間に比例すると假定してゐるから之も直線的である。この爲に兩者をはつきりと分離することが出来ないのであらうと思はれる。而してこの事は誤差を求むれば誤差の範圍は係數をカバーすると思はれたので誤差を求めた所

$$d = 0.569 \pm 0.0029$$

となりこの値のウェイトは決して悪くない。即ちこの問題は誤差を以つてしては議論することは不可能である。即ち假定に入れるべきもの、或は變更すべきものが残つてゐることを示す。

そこで次に氣壓は靜力學的に利くものとして氣壓係數を 13.2 と假定すると ($c' = 0$) 式は

$$(a + 13.2 p_0') + bV^2 + dT = H - 13.2 P$$

となる。之に就いて風速係數と堆積係數を求めてみると結果は

$$a + 13.2 p_0' = -1.87 (\text{cm}), \quad b = 0.011 (\text{m/sec})^2, \quad d = 0.86$$

こゝに於ても風速係數は少くなつた。又堆積係數は前の時よりも大きくなつた。

尙 Colding の式より考へる風速係數は 0.034 である故に之を用ひて風速の影響を除去する時は

$$(a + 13.2 p_0') + dT = H - 13.2 P - 0.034 V^2,$$

であつて、之より堆積係數を求めると

$$a + 13.2 p_0' = -5.45 (\text{cm}), \quad d = 0.87$$

となる。

灣内への流入量を時間の二乗の項まで取り氣壓改正を施して最小自乗法で計算してみた。即ち $c' = 0$ として

(1) 堆積係數：時間の係數 d を今斯く名付ける。

(2) 前出住田氏論文参照。

$$H = a + bV^2 + c(p_0 - p) + dT + eT^2$$

$$(a + 13.2 p_0') + bV^2 + dT + eT^2 = H - 13.2 P$$

である。この式より係数を求めると

$$a + 13.2 p_0' = -4.85 \text{ (cm)}, \quad b = 0.031, \quad d = 0.72, \quad e = 0.005$$

である。

之よりみると $a + 13.2 p_0'$ は前と同様に負の値をとつて居る。之はその観測時の平均潮位が長期間の平均潮位よりも下つてゐることを示すものである。又風速係数 b は Colding の式による理論値、0.034 とよく一致してゐる。堆積係数 d は前に求めたものと大體に於て同じ値である。 e が正なる意味は颱風の接近と共に灣内への流入量の増加を示す。

今 T^2 を無視し、堆積係数を 0.7 と假定して、紀淡海峡に於ける流速を出してみる。

$$\text{大阪灣の全面積} = 1520 \text{ km}^2 \text{ (1)}$$

であつて 1 時間に水位が 0.7 cm 上昇するとすれば 1 時間に大阪灣に流入する海水の體積は

$$1520 \times (10^3)^2 \times 0.7 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 1520 \times 0.7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

である。

若しこの海水が外洋の吹送流に依つてのみ紀淡海峡を通過して入るものとし、紀淡海峡に於ては風がないのでそこでは吹送流は起らないものと假定する。而してその箇所における流速は海の深さに依らない。

今明石海峡よりの海水出入を無視して紀淡海峡の單斷面を毎時流入する平均流速を出す。紀淡海峡の斷面は $0.3108 (10^3)^2 \text{ km}^2 \text{ (1)}$ である故に求むる値は

$$\frac{1520 \times 0.7 \times 10^4}{0.3108 \times 10^6} = 34.2 \text{ (m/hour)} = 0.95 \text{ cm/sec}$$

となる。

次第に灣内の水位が高まると流れが灣内に向つてゐる以上、流れは外洋よりの水位差による流れと考へるから紀淡海峡より外部に流れ出さないが播磨灘の水位が若し氣壓及その場所の風の他には影響を受けないと假定すれば當然、同灘と大阪灣との間に水位差を生じ、爲に後者より前者に流れを生ずる。この場合の流速は $\sqrt{2g\zeta}$ で表はせる。但し ζ は兩海の水位差である。この場合に如何なる流れが紀淡海峡にあつたかを考へる。紀淡海峡及明石海峡の斷面積を夫々 A, B , 大阪灣に前者より流入する水速を V_A , 後者より流出する夫を V_B , 大阪灣の面積を S とすれば

$$\frac{V_A \cdot A - V_B \cdot B}{S} = \frac{d\zeta}{dT}$$

(1) 壺井伊八：大阪灣の津浪に就て、海と空、第 15 卷 11 號 (1935)。

$$V_B = \sqrt{2g\zeta}$$

なる式が成立する。

今、上式の ζ として

$$\zeta = dT + eT^2$$

を用ひる。時間の原點は近似値として第 3 例の場合と同じとすれば

$$V_1 = \sqrt{2g(dT + eT^2)} \frac{B}{A} + (d + 2eT) \frac{S}{A}$$

であつて、 d, e 等第 3 例の値を採用する時は

$$d = 0.72 \text{ (cm/hour)}, \quad e = 0.0054 \text{ (cm/hour}^2\text{)},$$

$$g = 980 \text{ cm/sec}^2$$

$$S = 1520 \text{ km}^2, \quad A = 0.311 \text{ km}^2, \quad B = 0.223 \text{ km}^2$$

であつて、之を用ひて V_1 を求めて圖示すれば第 2 圖の如くなる。

之によれば外洋の吹送流による流れは紀淡海峡に於て最大流速 2 m/sec に達した。播磨灘の水位に関しては尙考ふべきものが存するが、とに角この値は大體に於て考へられるオーダーであると思ふ。たゞ此の結果を驗すべき適當な材料のない事を残念に思ふ。

この稿を終るに臨み、終始御指導を賜つた和達先生に深く感謝する次第である。

(於 大阪支臺)

大阪地方の暴風の豫報問題 (第一報)*

金 家 鎮 汝

目 次

1. 緒言	8. 一點の氣壓變動量より氣壓傾度を求める事
2. 大阪地方の方向別暴風時數	9. 大暴風時の風速と氣壓傾度との關係
3. 暴風が吹き出した時の低心の位置	10. 南西寄りの暴風時に於ける大阪市内の分速分布の例
4. 暴風が吹き出した時の顯著颱風の位置	11. 暴風豫報問題の二例
5. 大阪より低心迄の平均氣壓傾度と大阪の最大風速との關係	12. 要結
6. 濟洲大阪間の氣壓差と季節風との關係	
7. 大阪の地上風速と氣壓傾度との關係	

* T. Kinka: Some Problems concerning the Storm Prediction for the Oosaka District (The 1st Paper).