

# 31. 昭和四年一月二日の日本海海面の異常

山口 生 知

(昭和四年九月十七日發表—昭和四年九月二十日受理)

昭和四年一月二日午前七時頃新潟縣西頸城郡市振村及親不知附近に非常なる大津浪(約10米と稱せらる)があつて汽車は不通となり人家は押し流されたといふ新聞の報道があつた。著者は大正十二年の關東大地震以來寺田博士と共に太平洋岸に於ては三崎の油壺九州の細島北海道の花咲の三箇所に就いて又日本海方面に於ては能登の輪島に就いて平均海面の變化に關し研究中であつてその變化を支配する最も主なる原因は低氣壓の影響であるといふことが明白となつた。その報告は既に寺田博士及山口生知の名にて「帝國學士院紀事昭和三年十月第四卷第八號」續いて「地震研究所彙報第七號第一冊昭和四年六月」にて發表した。而して低氣壓の海面に及ぼす機巧に關する物理學的説明は未だ詳解されてゐない。そこで假令時間は數時間の短時間にしても0米程の大津浪があつたとすれば月々の平均海面の上に換算しても數厘の膨脹となる。而してその前々日より前日にかけて深度の742耗程度の低氣壓が日本海を通過してをる故にこの一つの事實を捕へて詳細に研究したならば何か物理學的説明の爲の手掛りを得られやうと考へた。

幸に寺田博士の御薦めにより地震研究所よりその調査の爲山形縣酒田より新潟縣富山縣の海岸を経て福井縣敦賀に至る調査出張を命ぜられた。即酒田、新潟、新港町(伏木)福井縣九頭龍川河口の三國港及敦賀の各内務省土木出張所に參りて自記檢潮曲線又は定時觀測の量水標の寫しを頂戴し又は當時海面異常の實況につき知れるだけ詳しく各土木出張所長その他の人々のお話を聞いた。又一方新潟、伏木、敦賀の各測候所長をも訪ねて當時の氣象状態を伺つた。それから又津浪の被害の最も著しかつた市振村及親不知附近は特に詳しく踏査して被害の跡の狀況を目撃した。

## 研究の方法

先づ各地の檢潮曲線又は定時觀測の値を採つて北方酒田より地理的位置の順序に並べ時刻を合せ尺度を同じうして畫いた曲線群が第一圖である。この圖中下方の二曲線は敦賀港及福井縣杉津に於ける夫々の時刻に對する波浪の振幅を表はす。

第一圖を見れば各地の最高潮が何時頃であるかといふことの大體は分るが尙この中

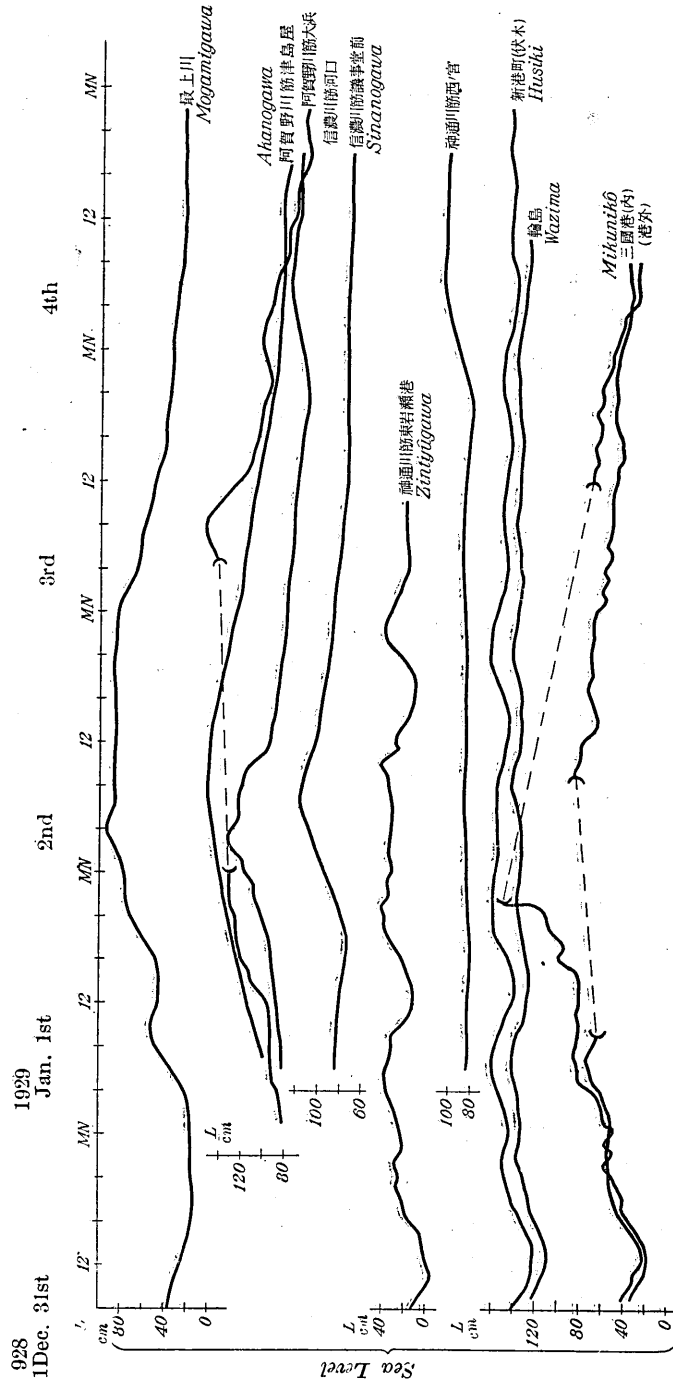


Fig. 1 a. 第一圖 a.

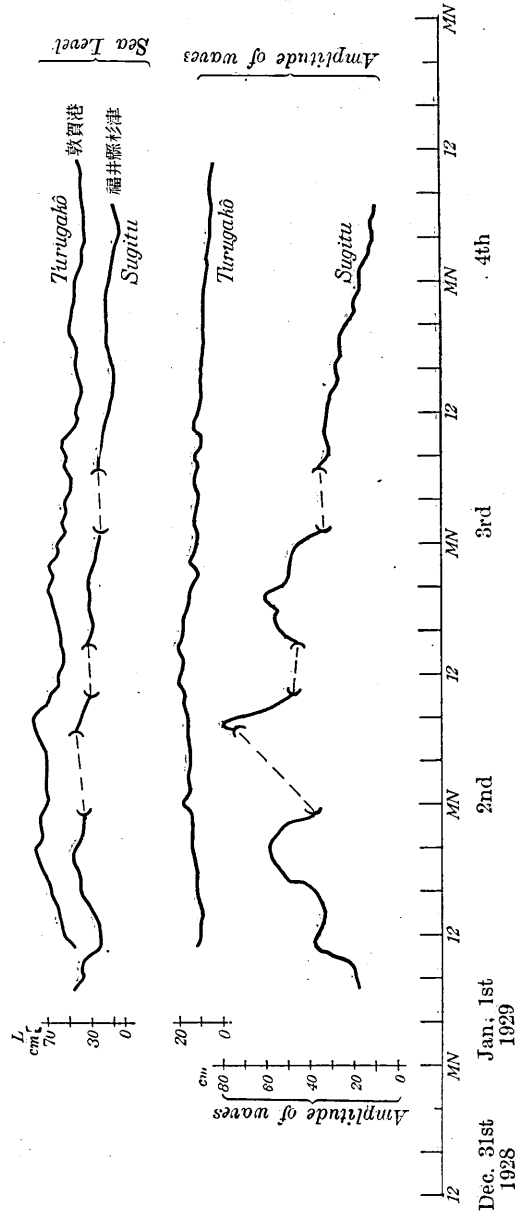


Fig. 1b. 第一圖 b.

には小週期の變化が重なつて入つて居て少しく明瞭を缺くから各々3時間だけ重ね掛けた所の6時間毎の平均をとつて畫いてみたのが第二圖である。この圖を見ると海水面の最高位の時刻が場所により異なることは餘り明瞭ではないが最南方の敦賀より北東方に進行するにつれて少し宛移動して居るらしき形勢を窺ふことが出来る。而して敦賀と酒田とでは約10時間の差異がありさうに見えるのである。故に之を昭和三年十二月三十一日午後六時より昭和四年一月一日午前四時迄の10時間に佐渡沖にあつた低氣壓の中心が日本海を通過して津輕海峽まで進行した事實と比較すると次のようなことが想像される(第五圖参照)。

それは前論文(地震研究所彙報第七號第一冊昭和四年六月)にも書いてあるやうに日本海に低氣壓が表はれると對島海峽を通つて海水を吸ひ込み、その爲に日本海全體の水位が高まつたといふことである。

次に長波が日本海の縦の方向に傳播する時間を計算してみると(方法は後に在る)敦賀より酒田まで約3時間となりて曲線記録の上より見積られる約10時間の遅れを説明するには不適當である。故に長波の進行速度を以て最高水位の進みを説明することは困難である。

別問題ではあるが敦賀、輪島、伏木、神通川等の記録を見ると約12時間若くは18時間の週期の副振動らしきものが見ゆる故に之を朝鮮及樺太を兩端とする日本海の靜振の週期と見なして海圖より平均の深さを求め次の公式

$$T = \frac{2l}{\sqrt{gh_m}} \quad \text{但} \quad \begin{cases} T \text{ は週期} \\ l \text{ は長さ} \\ h_m \text{ は平均の深さ} \\ g \text{ は重力の加速度} \end{cases}$$

を用ひて計算を試みると  $T=11$  時間を得た。茲に  $l$  は 2300 軒  $h_m$  は 1340 米と見積つた。一言  $h_m$  の求め方を謝つて置くならば日本海の表面積を 140 の小矩形に等分してその各の矩形を截面とする水柱の深さを見積りその深さの 140 個の平均をとつて之を  $h_m$  とした。

上に求めた 11 時間といふ週期は諸曲線に表はれて居る所の週期と略一致する。之は主なるものは半日の潮汐を意味するのであるかも知れないが又その半日の潮汐や颶風の爲に惹起されて日本海を全體とする靜振が起つたものと思ふことも出来ようかと思ふ。尤も實際には日本海の心中にあつた低氣壓は丁度 12 時間にして日本海を通過し終り津輕海峽まで去つてをるのである。兎に角此の波は上述四ヶ所に明白なる記

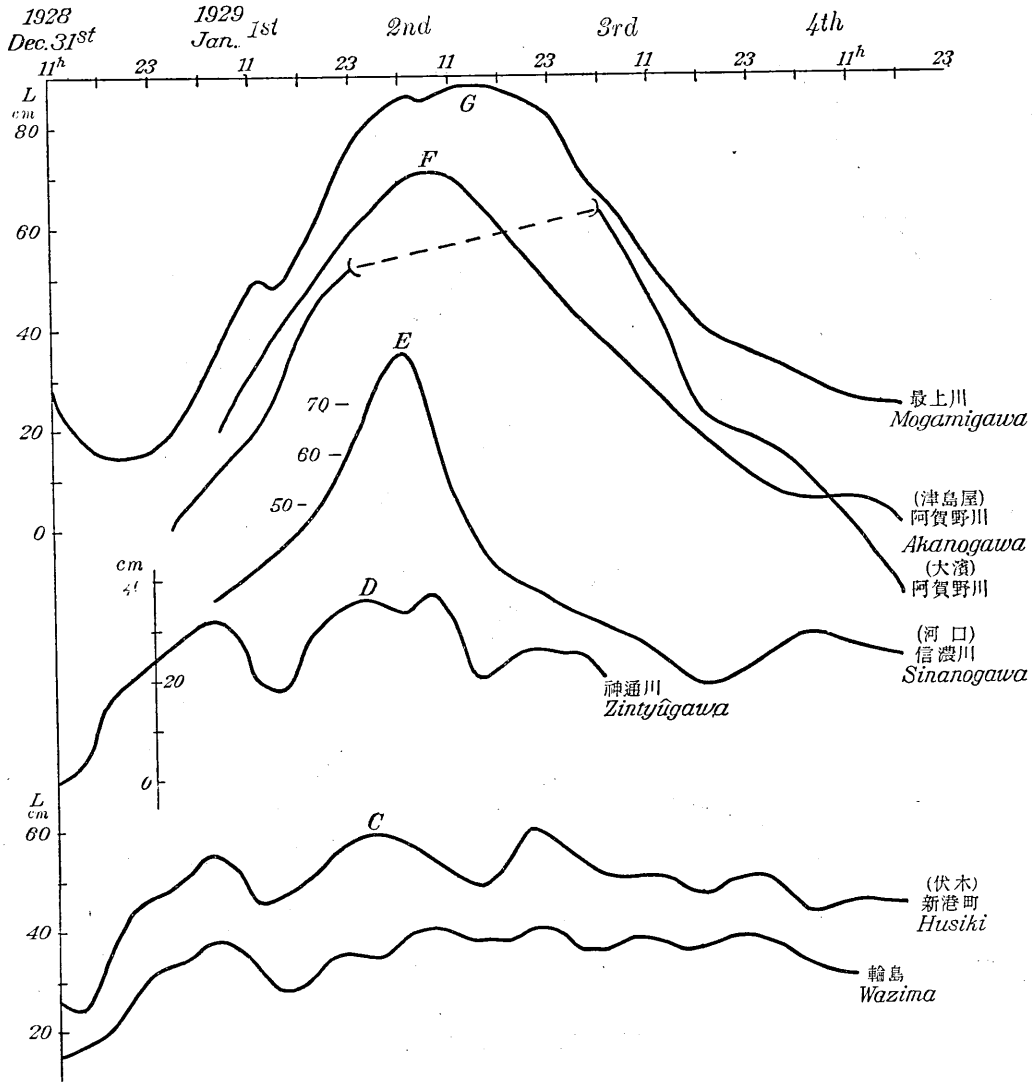


Fig. 2 a. 第二圖 a.

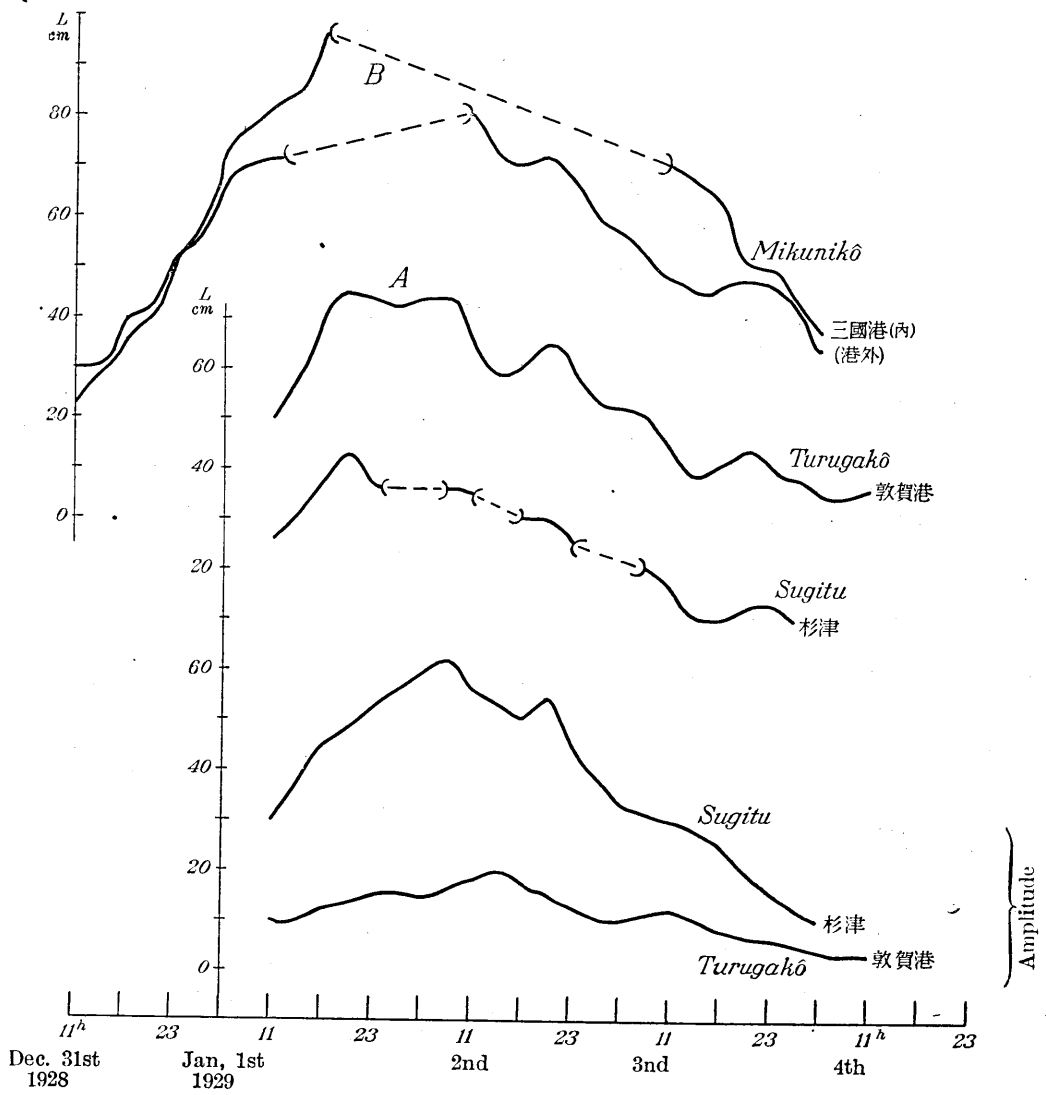


Fig. 2 b. 第二圖 b.

録を止め又最上川の線にもその形勢を窺ふことが出来る。他の信濃川、阿賀野川等の曲線は遺憾ながら自記曲線にあらずして定時観測の値を以て畫きたるものなれば之を認むることが出来ない。次に参考の爲に滿洲沿岸及び日本沿岸を兩端とする日本海の横の靜振を考へ前と全く同様の方法にてその週期を計算してみると

$$T = 3.8 \text{ 時間}$$

を得る。この場合には  $l = 900$  軒、 $l_m = 1800$  米と見積つた

この 3.8 時間といふ週期に相當するものは何處の檢潮記録にも見當らないから恐らくかかる振動は起らないものと思はれる。強いて之を求むるならば三國港の曲線に於て一月一日午前五時以前に約 6 時間の週期の振動が表はれてをる。併し之は上述の縦方向の振動の倍振動に相當するものと見做した方が穩當であらう。

福井縣杉津及敦賀に於ける波浪の振幅の時間に對する變化を海面變化と照し合せて見るとその有様が兩者大方一致してをる。即平均水位の高い時には波の振幅も大にしてそれ等の最大なる値をとつ

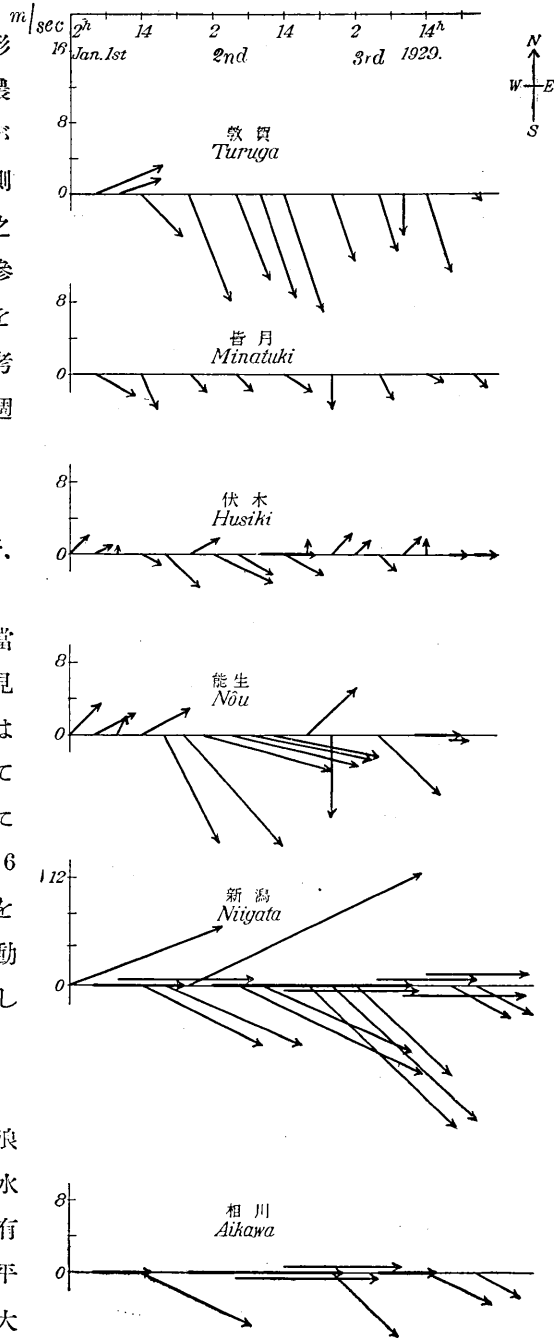


Fig. 3. 第三圖

て居る時刻は兩者共略一月二日午前七時頃であつて問題の市振村及親不知附近に於ける津浪の最大であつた時刻と一致してをる。此れから水面の上昇が波浪に關係のあることが分る。この時刻に於ける颱風の中心の位置は既に日本海を通過し北海道花咲の沖まで進んでをる故に海水面の高まることは單なる靜力學的の氣壓の影響とのみ考へては説明することが出來ない。恐らく風の影響及その爲に起る波浪の影響が海水面を支配する主なる原因であらうといふことが考へられるのである。そこで敦賀、皆月、伏木、新潟、相川の五ヶ所の風を中央氣象臺より寫させて頂き又能生町（親不知に最も近い）に於ける風も出張の際同地築港事務所より伺つてあつたから之等を第三圖に示すやうに4時間置きの**ヴェクトル**圖を畫いてみた。

水位並びに波浪の最大になる前には大略西南西の風が強く吹き丁度波浪や水位の最大の時刻には西北西の風が強く吹いてをるが海岸に於ける風力最大の時刻は之よりも少しく遅れてをる。即位相の相違を認むるのであるが之は恐らく日本海の沖の方では最初強風が吹いて大なる波浪を造りつつあつても海岸の方は地勢の關係上左程強風でなかつたものかと思はれる。併し風の吹き立つてから波の起るまでは相當の時間を要するから之等をも考ふる時は位相の遅れを説明することは困難になる。又前述の長週期の振動を風の變化より説明してみようとした。即風の變化は太平洋方面に副低氣壓があることに相當するものと考へて水位及風の變化の週期の關係を比較研究してみたが甘く説明することが出來なかつた。

以上書き並べた様に平均水面と風との關係は非常に複雑してをるから風の直接の影響とのみ考へたのでは海水面の變化を充分に説明することが困難となつた。

それ故に前にも述べたやうに低氣壓が海水面を高める機巧としては之に伴ふ土用波式の波浪の影響であるといふことが今回の調査によりていよいよ確らしくなつた。即海水面の上り下りを論ずるには低氣壓に伴ふ波浪といふことが一つの大切な因子であるといふことが分つた。勿論表面波が水量を運搬して海岸の水位を高めることも考へなければならぬ（寺田寅彦及山口生知、大正十五年 日本天文學及地球物理學輯報第四卷第一號参照）。

尙この考を確める目的と今一つには特別に親不知、市振村附近のみが津浪の大きかつたのは如何なる理由かを調へる爲に敦賀より酒田まで海岸線に沿ふて之に直角なる鉛直断面圖を海岸より 18 軒沖まで畫いてみたそれが第四圖である。敦賀より伏木まで能登半島沿岸を傳つて 80 軒毎に一つ宛の断面圖を畫き伏木より直江津を過ぎ石地



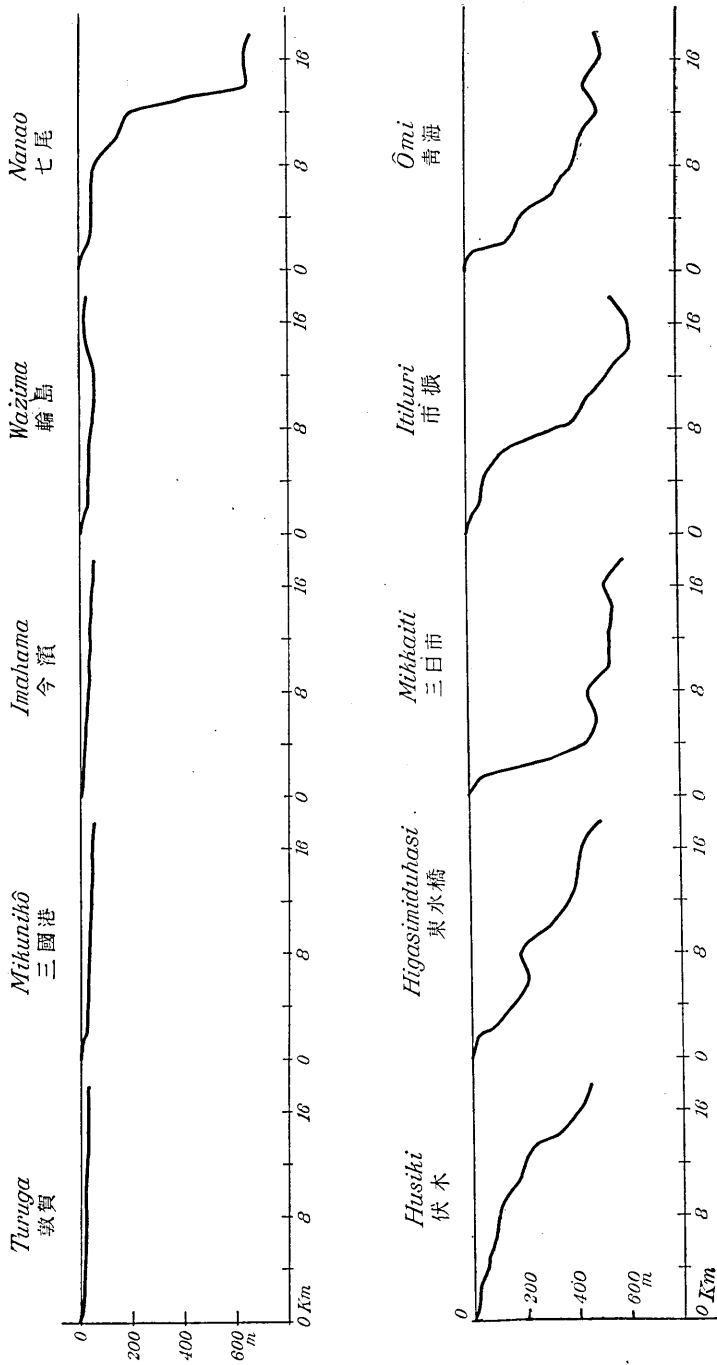


Fig. 4 a. 第四圖 a.

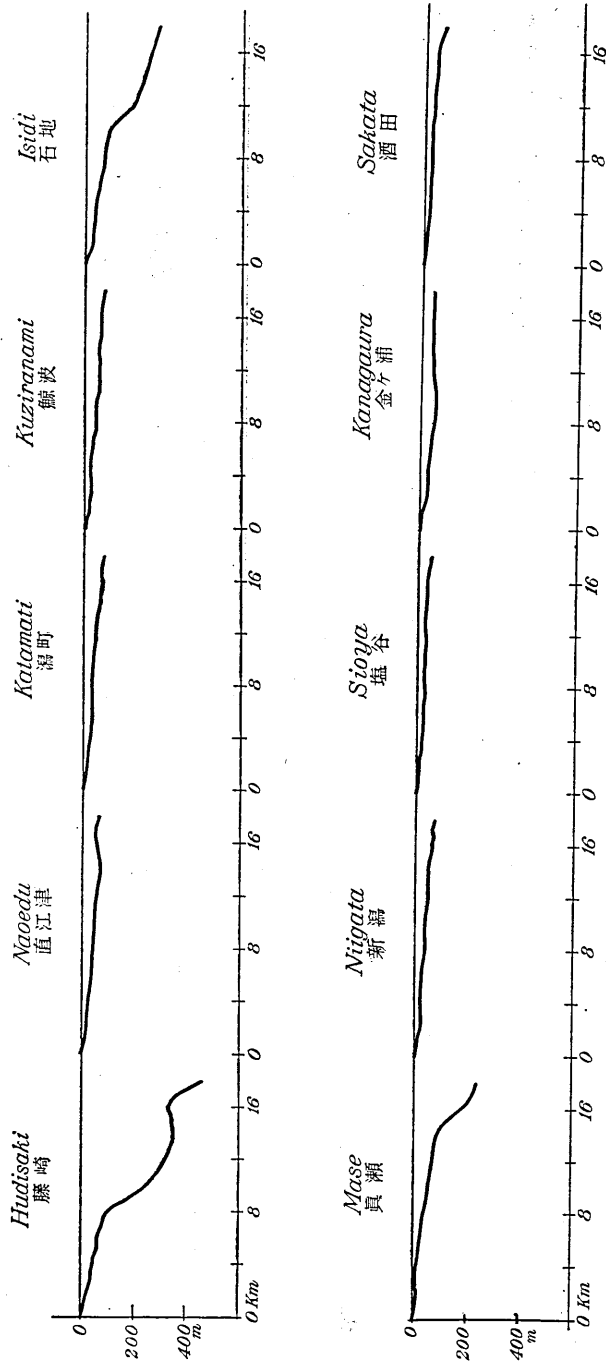


Fig. 4 b. 第四圖 b.

までは特別に 20 籽毎に書き石地より新潟までは 30 籽毎に又新潟より酒田までは 40 籽毎(最後のみは 50 籽)に鉛直断面圖を畫いたのである。

之を一見して直ぐに氣の付くことは伏木より藤崎までは他の何れの場所とも桁敷を異にして海岸より直に非常に深くなつて居るといふことである。この爲に日本海の沖合より能登半島と佐波が島との間を通つて押し寄せたと考へられる波浪が親不知、市振村附近では途中少しも勢力を消耗することなく岸まで進んで來た長波と表面波とが二つ重なつて海岸まで打ち上げ反射の理によつて一層高められ又地上の障礙物や摩擦の爲に海水が未だ戻らない中に次の波が打ち上げるといふ具合にして遂に 10 米といふ大きな津浪を起したものと考へられるのである。檢潮曲線に表はれた波浪の振幅だけで 80 糎あり表面波に至つては約 8 米から 10 米に達したといふ人々の話であつた。新潟に於ける波浪の高さに就いては同所測候所長佐々木氏は 9 米と目測され又同所土木出張所主任技師坂田氏は約 6 米と目測された。

而して七尾、伏木邊が同様に深いにもかかはらず大津浪のなかつた理由は能登半島の蔭に當つてをるといふことと今一つは波の進行の方向がこの附近の海岸線に斜であつた爲と考へられる。親不知附近の現状を踏査して漁夫等より直接聞いた話を綜合すればこの邊にては寧ろ能登半島を斜後にして海岸線に直角よりも少しく傾ける方向に進んで來た形勢がある。兎に角波が海岸に斜に打ち寄せたといふことについては市振村の津浪被害狀況を視察して面白い事實を發見したのである。それは外波川といふ川幅僅かに 10 米を過ぎない小川の左岸に在つた三軒の家は右岸に建ち並んでをる多くの家よりも約 2 米も高いかと思はるるにかかはらず破損がひどいのでその土地の者に聞いてみると津浪は川の左岸の方向より襲つて來たとの話であつた。即波の進行の方向は岸に向ふ分方向の外に岸に平行なる分方向も有してをつたことが想像される。

## 結 論

低氣壓の中心の進行状態は第五圖に示す通りであつて中心が日本海に在る間は海岸に於ける風浪は割合に靜かであつたが水位も次第に高まりつつあつたが最大値には達して居ない。低氣壓が北海道方面に去つた後に於て風浪大となり海面は益々高まり又大津浪が起きてをる。即日本海の特徴として低氣壓の通過に對し海水面の上昇も風浪の起るのも可なり長い時間の位相の遅れがあることが分つた。

神通川附近では平均海水面は左程高まらずして大津浪が襲來して居るが之に反して新潟、酒田等に於ては平均海水面は他の何れの場所よりも著しく高まつてをるにもか

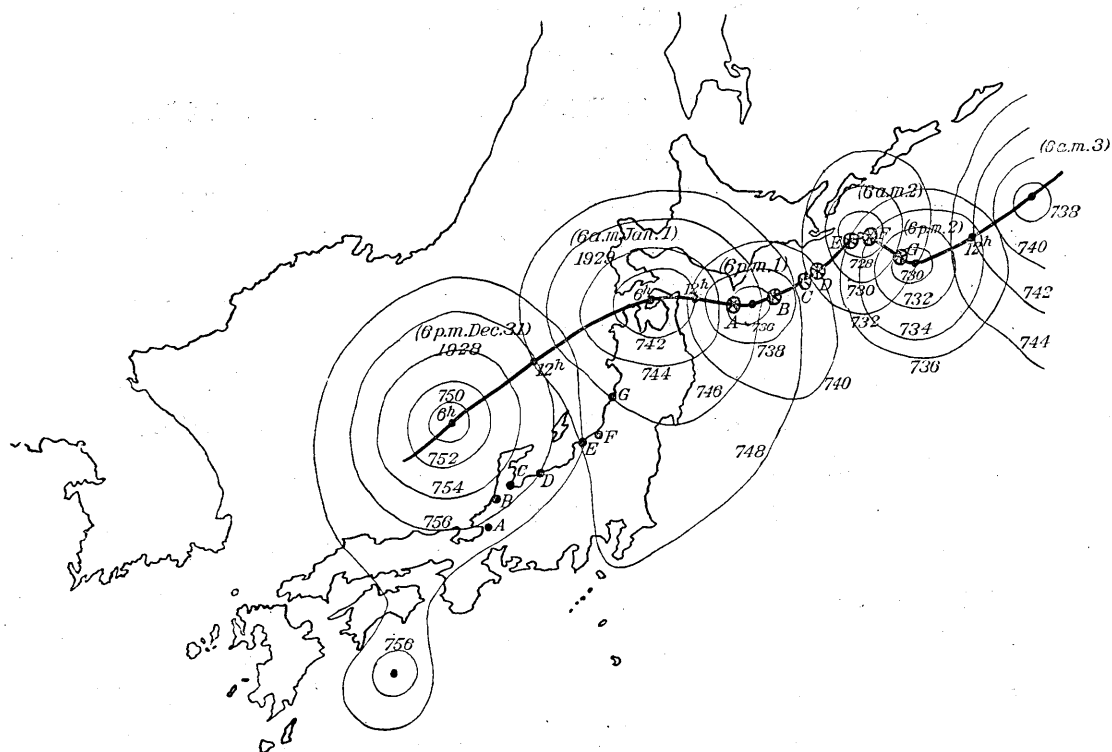


Fig. 5. 第五圖

かはらず津浪の襲來は殆んどなかつたのである。之は即土用浪が押し寄せたときに神通川附近は海岸より急に深く、而も新潟、酒田等の海岸に比すれば深さの程度を異にしてをる爲勢力の衰滅せざる波が陸地に打ち上げられ前に述べたやうな具合にして大津浪の被害を及ぼしたものと考へらる。即局部的の津浪が起きたものであるからそこより少しく離れた場所の平均海水面は左程高まらなくともよいこととなる。而るに、新潟、酒田の如き海岸は遠淺であるから波浪が押し寄せた場合に淺海底の摩擦の爲に波浪は前方に倒潰して水の移動を生じ、しかも海底の逆流は妨げられる爲に徐々に水面が高まりその間に波浪の勢力は長い距離の間淺海底の抵抗の爲に衰滅して親不知附近の如き大津浪を起さなかつたのであらう。

以上の考察により日本海輪島附近の海水面變化の原因は氣壓の靜力學的影響や風の直接の影響のみを考へたのでは不充分であつて寧ろ低氣壓に伴ふ所の波浪の影響がその主なるものであるといふことが明瞭となつたのである。勿論波浪の影響を以て低氣壓の海水面に及ぼす影響を悉く説明し得るや否やは尙問題となる處である。

終りに臨み始めより終りまで常住に寺田博士の御懇篤なる御指導の下に本研究を遂行することの出來たことを茲に深く感謝する次第である。

それから又内務省新潟土木出張所長 青山氏同所主任技師坂田氏、最上川改修事務所主任技師坂上氏、伏木港修築事務所主任技師大島氏、敦賀港修築事務所主任技師千田氏、福井縣土木課長青木氏等の各位より貴重なる檢潮曲線の寫しを頂戴し又種々なる便宜を與へ下さつたことに對して深謝の意を表し度いと思ふ。又上記の方々に御紹介下さつた内務省土木試験所の物部所長及び青木技師に對しても感謝の意を表し度い。

又新潟測候所長佐々木氏、伏木測候所長若崎氏、福井測候所敦賀出張所の一宮氏より種々有益なる御話を承つたので茲に厚く感謝の意を表す。尙上記測候所長宛御紹介頂きました藤原博士に對しても深く御禮を申し上げ度いと思ふ。

---

### 31. *Abnormal Rise of Sea Level in the Japan Sea Coast, on Jan. 2, 1929.*

By S. YAMAGUTI.

In a previous paper,<sup>1)</sup> the report was given of the results of the investigation regarding the conspicuous effect of cyclone upon the sea level. The physical meaning of the relation found was, however not yet elucidated, though some dynamical effects of waves due to the cyclonic winds have been suggested.

On Jan. 2, 1929, a train of abnormally high waves, 10 metres in height, probably generated by the cyclone which was then passing over the Japan Sea, swept and wrought much havoc on the shore near

---

1) T. TERADA and S. YAMAGUTI, *Proc. Imp. Acad.*, 4 (1928), No. 8; S. YAMAGUTI, *Bull. E. R. I.*, 7 (1929), Part. 1.

Oyasirazu, in Etigo. It was considered that, we may be able to find a clue for explaining the mechanism as to the effect of cyclone upon sea level, if we investigate the details of the phenomena connected with these destructive sea waves.

The mareographic records of various stations along the Japanese coast of the Japan Sea, kindly placed at my disposal by the Authorities of different Divisions of the Public Works, Home Department, were taken as the material of the investigation. The sea levels of these stations, also the amplitudes of waves in the case of Turuga and Sugitu, in Etizen, were plotted in the same scale against the time as abscissa, as shown in Fig. 1. Next, to eliminate the irregular fluctuation of shorter periods, the mean of the sea level, also of the amplitudes of waves for the last mentioned two stations for successive intervals of 6 hours, overlapping by 3 hours, were taken and plotted as before as shown in Fig. 2.

The data for the winds at Turuga, in Etizen; Minatuki and Husiki, in Noto; Aikawa, in Sado; and Niigata, were taken from the original register of the Central Meteorological Observatory. The data for the wind at Nôu, in Etigo, which is the nearest to the station in question, Oyasirazu, were furnished by the Harbour-construction Office of that place. The vector diagrams for these data were plotted on the time axes, as shown in Fig. 3.

We can see from Fig. 2 and Fig. 3, that the time for the maximum amplitude of waves coincides with maximum of mean sea level, and that the change of sea level cannot be explained well with the direct influence of winds. Therefore, we may infer that the main effect of cyclone upon sea level is to be considered as some effect of waves due to the cyclonic winds.

To test this idea, we constructed the profile curves of the sea bed in a number of vertical sections, (Fig. 4) perpendicular to the coast line, up to 18 km. from the coast. About 20 such sections were taken along the coast extending from Turuga, in Etizen, to Sakata, in Uzen.

Looking at Fig. 4, we can see at first glance that the sea bed near Oyasirazu is of a remarkably steep slope and the depth of the coast is of a higher order of magnitude than those off Niigata and Sakata. Therefore, it is considered that the less damped waves, advancing through the space between the Sado Island and the Noto Peninsula, have arrived at the coast in question and enhanced by a partial reflection, have wrought a great damage. On the other hand, the energy of

waves which have attacked the seashores in the vicinities of Niigata and Sakata has been greatly damped by the friction of the shallow sea bottom in travelling a long distance before reaching the shore, and consequently the waves in these parts of the coast have not given much damage, except that the general sea level was raised about one metre, whereas the rise of the mean sea level near Oyasirazu was not so conspicuous.

Thus, it will be seen that the effect of waves due to the cyclonic winds must be considered as one of the important factors governing the variation of the sea level. The cyclonic effects investigated in the previous reports seem, therefore, to be intimately connected with this effect of waves, though it is not clear whether the latter effect covers the entire amount of the former effects.

---