

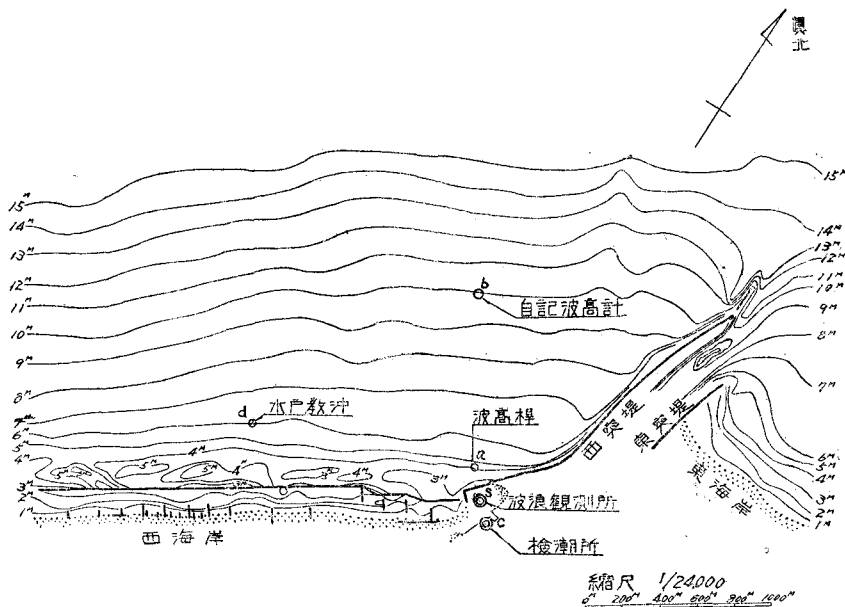
新潟海岸の波と流れについて

運輸省新潟港工事事務所長技官 高 橋 淳 二

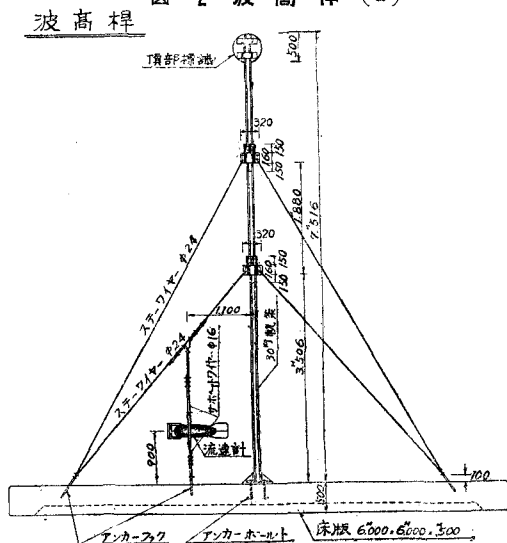
は し が き

新潟海岸は、主に冬季 6 ヶ月、即ち 10 月から翌年 3 月に至る間の波で、はげしく浸食をうけている。この冬の浪の実態をつきとめることは非常に困難なことであるが、欠損現象を解明する第一歩として、且又諸種の海岸工作物を設計するための基礎資料として、極めて重要であることは云うまでもない。筆者は昭和 30 年度冬季の波の観測資料から、新潟海岸にもたらされた波の大きさ、方向と気象との関連性を追及しようと試み、或る程度の結論をえたので、各位の御叱正を賜りたいと思い、ここに敢て発表する次第である。尚最後に、底層流速計により記録された、海岸の碎波帯附近の流れの状況をつけ加えた。

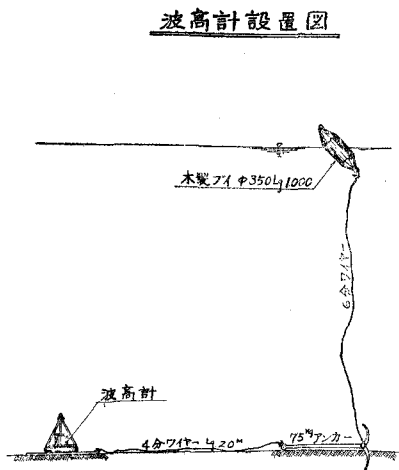
图—1 西海岸一般图



图—2 波高桿 (a)



図一2 波高計設置図 (b)



I. 新潟海岸の波

(1) 観測の概要

風向、風速については、図-1の西突堤元付部にある観測小屋Sの屋上、海面上18mのところに、ロビンソン式風向風速計を設置して、自記せしめた。

波高、週期については、図-1a点に、図-2のような標尺式波高測定桿（波高桿）を設置し、連続30波につき、その平均を測定した。その他に、図-1bの点に、水圧式自記波高計を設置したが、コードによる直結式でないため、多くの記録はえられなかったが、主な暴風時の記録を求めることが出来た。設置方法は、図-2の要領である。

波の方向は、観測小屋より、トランシット（視高+15m）を距岸200m~300m附近の碎波線に合せて測角したが、この場合沖波は、浅海部に入り屈折して碎波点に到るのであるから、勿論正しい波の方向とは云えないが、現段階として、概略的な傾向を知るためには充分であるとした。尚波の方向については、新潟県海岸欠損工事現場に於て観測されたが、大差ない値をえている。

(2) 新潟海岸の波の一般的特性

冬季日本海沿岸一帯は、通常本州沿岸に沿い北上する温帯性低気圧により、はげしい波浪をうける。この低気圧の気圧深度は普通左程大きくなく、990mb~1000mb程度であるが、大抵は副低気圧を伴いつゝ進行し、暴風圏の極めて大きなものが多い。このため日本海沿岸では、はげしい北西の風と波をうける。

新潟海岸の波の方向については、従来もいろいろ調査されているが、大体の傾向として、風の方向にかかわらず、北寄りのものが多いと云われている。この理由としては、新潟の西北西50kmの海上に、南北60kmの長さで横たわる佐渡ヶ島の防波効果に帰せられるようである。（図-3参照）

低気圧の中心が日本海の沿岸に沿つて北上する気象条件では、波の発生域も急速に移動して、およそある一定線、たとえば新潟と佐渡の頸崎を結んだ線より東に達しなければ、沖波は充分に到達しえないものと思われる。即ち新潟海岸が沖波に襲われる時間を極度に制限していることになる。

然しながら、強い低気圧の中心が日本海の北部にあり、これから出る強い寒冷前線が、日本海全域を掃いて通る場合、又は本州西岸に沿つて北上する低気圧が津軽海峡附近に停滞するような場合には、新潟海岸は極めて長時間NW方向の大きな波に曝されるので、佐渡ヶ島の防波効果も左程でないものと思われる。

或は又日本海が東西の高圧部にはさまれて、鞍部に強い寒冷前線が出来て東に進む場合には、前線の通過後風速は急増し、波高、週期も急昇する。この時の波の方向ははじめから北寄りが多い。

その他、北海道北方又は東方に強い低気圧の中心があり停滞するときは、日本海に広い北西の吹送域が出来ることがあるが、この時の波高、週期は左程大きくならない。又低気圧が本州の東岸に沿つて北上する時は、波の方向は甚しく北寄りである。

以上の様に新潟海岸の波は、佐渡ヶ島の防波作用の外、更に複雑な気象要素によつて支配されている。

然し乍ら先ず一貫して次の事が云えると思われる。即ち

1. 新潟海岸に見られる大きな波は、強い低気圧の中心が佐渡北方の海域を通過する時に発生する。
2. 冬季の強風は通常寒冷前線通過後に起り、その背後に強力な波の発生域を有する。
3. 強風が西寄りではじまり、可成の時間継続するときには、先ず佐渡と能登半島に囲まれた海域（越佐海域）に生じた西寄りの波が到達し、続いて佐渡北方の沖波が到達する。

以下主要な気象型態と波との関連性について、具体的に検討を進めたい。

(3) 新潟海岸の波と気象条件との関連について

図-4はS31年1月28日9.00及び29日9.00の天気図である。この低気圧は27日沿海州南部に発生し、これから出ている寒冷前線Aは28日14.00に新潟を通過し西寄の風を齎した。図-5は以後の風速、波高、週期等の変化を示してある。波高、週期は図-1のb点に設置した水圧式自記波高計の記録によるものである。

波高 H 、週期 T は14.00以後急上昇し、 $H_{\frac{1}{3}}=3m$ 、 $T_{\frac{1}{3}}=8s$ 程度に達した。この波は一時衰弱して29日7.00頃前線Bが通過してから又急激に上昇している。この前の波は越佐海域に生じたもので、後の波は佐渡北側の沖波と見てよいものと思われる。波の方向は観測値がまばらのため変化が明かでないが、沖波が到達

図-3

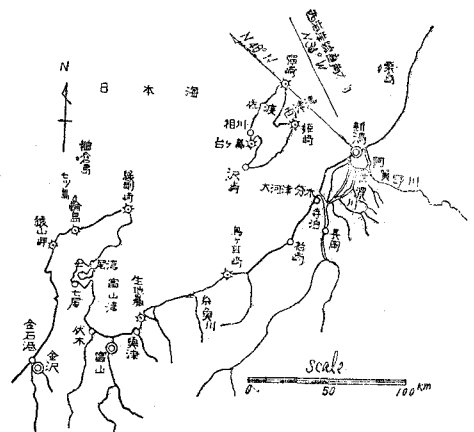


図-4 (a)

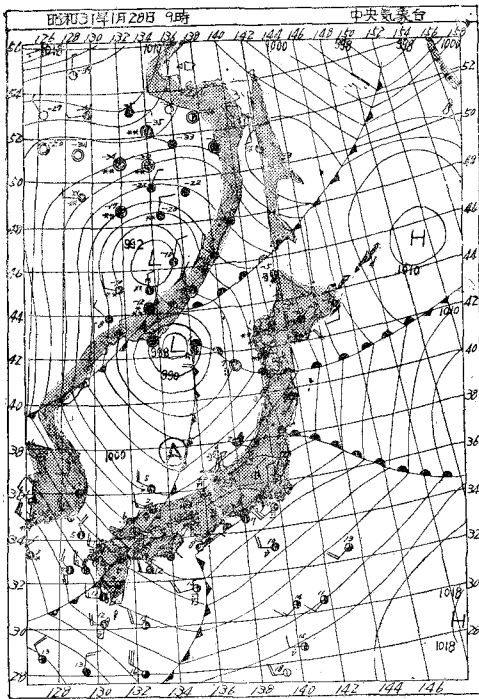


図-4 (b)

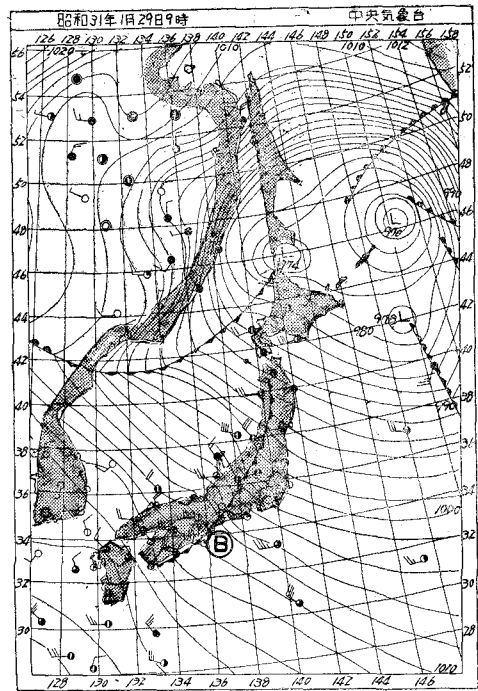
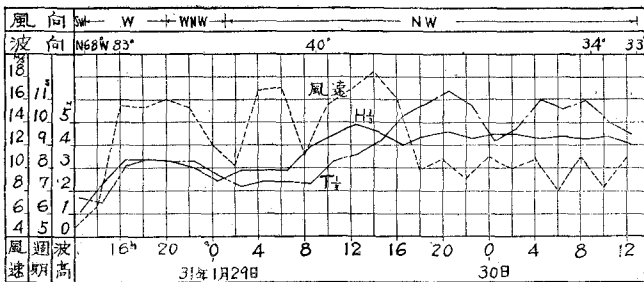


図-5



する頃には $N40^{\circ}W$ 前後になり、以後 $N40^{\circ}\sim 30^{\circ}W$ の間に变化している。 $H_{\frac{1}{2}}$ の最大は 5.0m 平均 4.0m 程度、 $T_{\frac{1}{2}}$ の最大は、11.4s 平均 10s 程度とみられる。強風の継続時間は、5.5日に及んだ珍しい型であった。

尚強風の襲来後新潟港内河川部に於て、10分前後の週期を持ち、振巾 5~10cm 程度の静振が生じていたことを、港内驗潮機 (図-1のC) の記録から認められた。

図-6は S 31年 2月29日 21.00 及び 3月1日 9.00 の天気図である。この低気圧は26日揚子江東岸に発生し、本州南岸に近接した時、日本海側に副低気圧として生じたもので、この副低気圧は発達しながら佐渡沖を通過して、急速に津軽海峡東側にぬけた。従つて風の継続時間は短く、26h 程度であつた。図-7はこの間の記録を示した。

図-7をみると、越佐海域の波は前線の通過 (3月1日 2.00頃) と同時に高まり、4.00には $H_{\frac{1}{2}}=3m$ $T_{\frac{1}{2}}=7s$ 程度になつた。7.00頃から風向が NW に転じ、波高は再び上昇をはじめ、12.00頃 peak になつて、 $H_{\frac{1}{2}}=4m$ $T_{\frac{1}{2}}=9.4s$ となつてゐる。今この波を生じた時の低気圧中心位置を求めると、新潟から波の発生域の終端までの距離を $D=180km$ と推定し、波の群速度は、 $V=2.8Tkm/h$ とし、かりに $T=9.4s$ を入ると、 $V=26km/h$ であるから、新潟に到達するまでの時間は、 $D/V=180/26\approx 7h$ となる。即ち 12.00頃の波は $12.00-7h=5.00$ 頃発生したものととして、この時刻の低気圧の中心位置を天気図から求めると、低気圧の進行速度 $40km/h$ から、大体 $N39.5^{\circ}-E139.5^{\circ}$ 即ち新潟より $N10^{\circ}E$ の方向で約 180km の地点になる。又 9.00頃から週期の増大が著しいから、沖波の侵入しはじめた時刻を 9.00 として、この発生域までの距離を 140km とすれば、 $140/26\approx 5.5h$ で到達する。即ち 3.30頃に発生したものととして、低気圧中心の位置を求めると、

N39.30°-E138.8° の附近で、新潟より N10°W の方向に 140km の地点となる。

図-8 は S31 年 8 月 18 日、台風第 9 号。6.00 現在の天気図、図-9 は波の観測値（波高桿による）である。沖波は 14.00 頃より侵入をはじめ、18.00 には 3.6m. 波高、週期 11.8s と peak になっている。今 18.00 の波が発生した時の低気圧の中心位置を求めると、 $D=230\text{km}$ 、 $V=33\text{km/h}$ として $D/V=7\text{h}$ となるから、 $18.00-7\text{h}=11.00$ の低気圧中心位置は、N40°-E139.7° の附近、即ち新潟から N11°E の方向で、230km の地点となる。又沖波の侵入しはじめた 14.00 の波は 8.30 頃発生したものとすれば、この時の低気圧中心位置は、N39.7°-E138.8° 附近で、新潟より N8°W の方向に 180km の地点となる。以上から低気圧の移動に伴う波の方向、大きさの変化も或る程度理解出来ると思われる。

台風第 9 号の時の越佐海域の波は、5.00 頃から次第に増大し、9.00 には波高 4m、週期 10s に達したが、後次第に減衰している。波の方向は変化が大きく N80°W~N50°W であった。

それで越佐海域の波は次の様に表現出来る。

4. 冬季の沖波の来襲に先立ち越佐海域に発生する波は、波高 2~3m、週期 7~8s 程度であるが、台風時には異常に増大することがある。波の継続時間は通常 10h 程度であり、その間の浅海部に於ける波の方向は N70°~N50°W の間に変化する。

図-4 の気象は沿海州に発生した低気圧が、発達しつつ東進し、日本海全域を強い寒冷前線で掃き廻した型であるが、その他支那大陸沿岸から北上した低気圧が、発達したまま津軽海峡附近に停滞する場合にも、強風は長時間継続し、日本海全域が、NW 方向の吹送圏となる。これら持続性の強風を持つ暴風型式を A 型とする。

又図-6 の気象は日本海沿岸に沿って北上した低気圧が急速に東北上して、北海道東方に退去したのであったが、この様な型のものでは、強風継続時間が、A 型に比べて、短いのが特徴である。これを B 型の暴

図-8

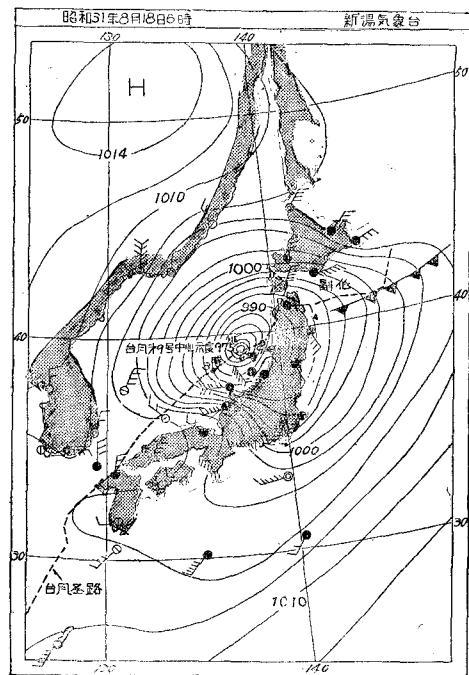
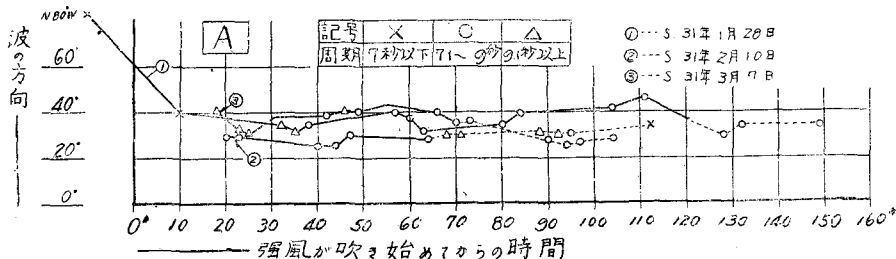


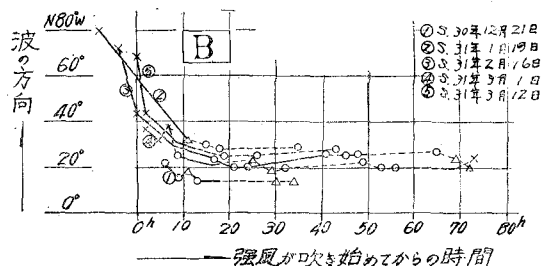
図-10



風型式とする。

A 型の場合では波の発生域が、可成広い海域に固定されるので、波も大きく、方向も変化が少いと思われるが、B 型の場合には、波の発生域が急速に移動し、方向も漸次北寄りとなる。この A、B の型を天気図及風速表から判定して、観測した波の方向と経過時間との関係を求めると、図-10及図-11の様になった。図は何れも縦軸は波の方向を真北から西に向つての角度で表わし、横軸には強風がはじまつてからの経過

図-11

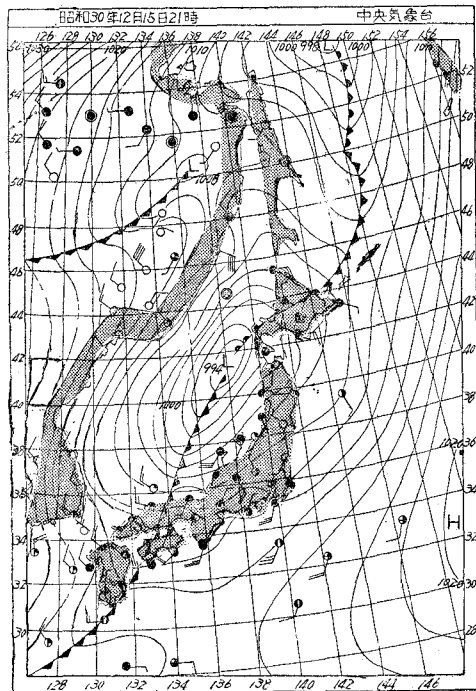
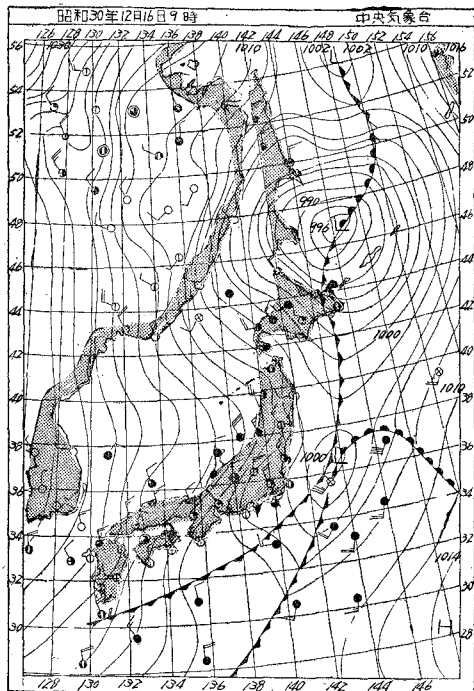


時間を示した。波の大きさは週期で代表させ、3段階に分けてplotした。観測した各点は順番に実線、又は点線で結んであるが、実線はその区間強風（10m/s以上）が継続していることを表わし、点線は風が10m/s以下に衰えたことを表わしている。以上の資料から概ね次の様に推定した。

5. A型暴風（強風の継続時間が極めて長く、時には120hに及び、低気圧中心が新潟北方海域に長く停滞する型）又はB型暴風（低気圧が急速に東北方に退去、又は消滅する型で、強風の継続時間は比較的短い）では、強風がはじまつてから10h前後で波の方向は北寄りに変り沖波が到達し、波高は3.5~5m。週期は9~12sに達する。波の方向はA型では $N40^{\circ}\sim 25^{\circ}W$ の間、B型では $N30^{\circ}\sim 15^{\circ}W$ の間にある。強風が止んでから波が衰えるまでの時間は比較的長く24h前後に及んでいる。

図-12 (a)

図-12 (b)



冬型の気圧配置の一型式として、大陸と、太平洋側に高気圧があり、これらにはさまれて日本海一帯が、鞍状の低圧部となる時、この鞍部には南北にのびる長い不連続線が出来る。低気圧はこの不連続線に沿って北上し、又不連続線は全体として東方に移動する。図-12はS30年12月15日21.00と16日9.00の天気図であるが、この代表的な例である。この時の観測値は図-13の様であつた。但しこの時の値は波高桿により日測したものであつて、波高、週期はいずれも平均値である。これによると風速は前線の通過後急激にNNWの方向で増大し、約10h後に週期波高は最大に達している。波の方向ははじめからN寄りで殆んど変化がない。これは前線背後の風域が広く且N寄りに固定されているためと考えられる。この様な暴風型式をC型とする。

図-13

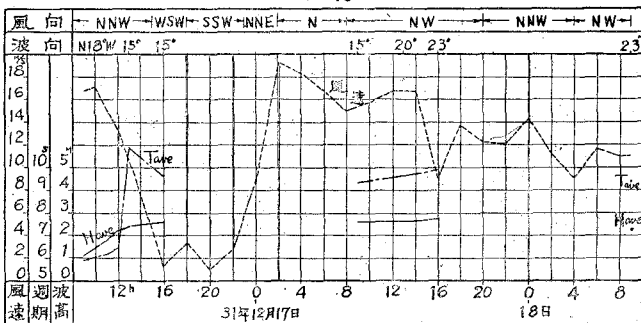
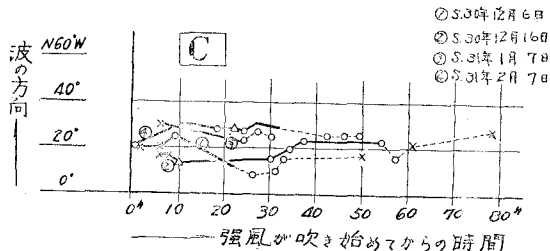


図-14

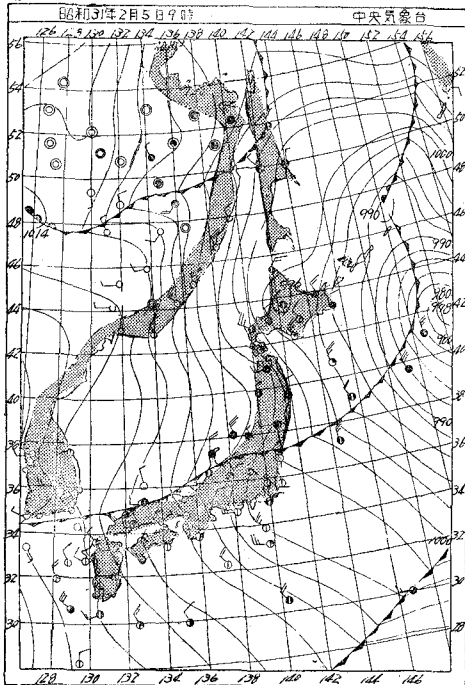


この型式に属する波の観測値を前同様に整理すると図—14の如くなる。波の方向は大体 $N30^{\circ}\sim15^{\circ}W$ の間にあり、B型に近い。即ち

6. C型暴風(南北に延びる長い不連続線が低気圧を伴いながら東に移動する型)では波の方向ははじめから北寄りで $N30^{\circ}\sim15^{\circ}W$ の間にあり、波高 $2.5\sim3.5m$ 週期は $9\sim10s$ 程度である。

シベリヤに発生した低気圧が東進し、発達して北海道北方又は東方にある場合、又は本州東岸に沿って北上した低気圧が、発達して北海道東方に至る時は、日本海には広大な持続性のある NW 方向の吹送域を生ずるが、波高、週期は左程大きくならない。図—15は S 31年 2月 5日 9.00h の天気図である。又図—16はこの時の風及波の変化を示した。5日 5.00頃前線通過と同時に波高増大し 23.00 頃 $4m$ 、週期 $8s$ に達した。この

図—15



後風速は弱くなり波高も低下している。この様な型の暴風を D 型とする。これに属すると思われる資料を同様に整理すると、図—17 の様にえられた。即ち

7. D型暴風(強い低気圧の中心が北海道東方又は北方にある型)では波の方向は大体 $N40^{\circ}\sim20^{\circ}W$ の間にあり、波高は $2\sim4m$ 、週期は $7\sim9s$ 程度である。

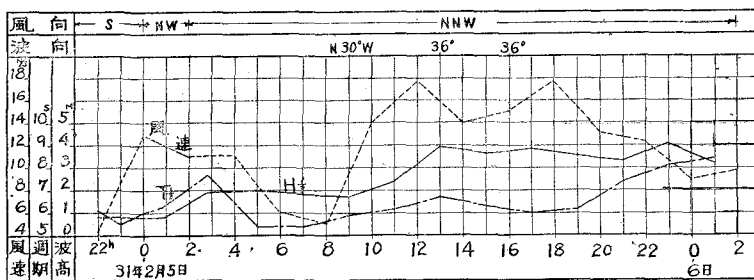
低気圧が発達しながら、本州東岸に沿って北上する時には、日本海沿岸には N 寄の吹送域が出来る。この種の型を E 型とする。この型式では、通常風は N 又は NE からはじまる。観測資料を整理してみると、図—18の様になる。即ち

8. E型暴風(強い低気圧が本州東岸に沿って北上する型)では波の方向は大体 $N30^{\circ}\sim10^{\circ}W$ の間にあり、波高 $2\sim3m$ 、週期 $7\sim8s$ 程度である。

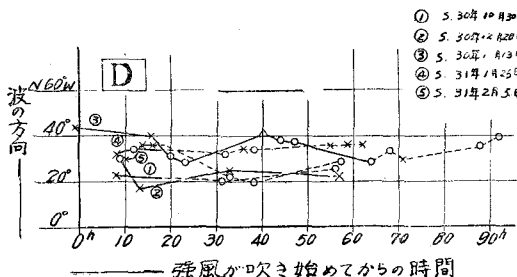
以上暴風型式を気象条件によつて五つに大別し、観測結果からその波の特性を一応定めたのであるが、今後の観測により更に検討を加える必要があるものと考ええる。

試みに S 30年度の冬季の強風系列 ($10m/s$ 以上の風が $12h$ 以上継続したもの)を一応五つの型式にあてはめてみると、表—1の様になつた。強風の延時間は $1216h$ で 6 ヶ月の 28% に及んでいる。

図—16



図—17



図—18

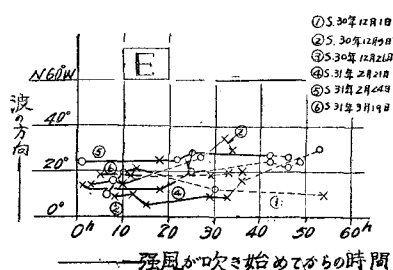


表-1 30年度型別暴風回数及延時間調

型別 月別	A	B	C	D	E	計
30年						
10月		2 43	1 22	2 50	2 34	7 149
11月	1 42		1 17			2 59
12月		1 28	2 82	1 83	3 82	7 275
31年						
1月	1 132	1 19	1 25	3 123		6 299
2月	1 58	1 56	1 57	1 29	2 72	6 272
3月	1 71	2 40			3 51	6 162
合計	4 303	7 186	6 203	7 285	10 239	34 1216

備考 上段の数字は回数、下段は強風の延時間を示す。

図-19

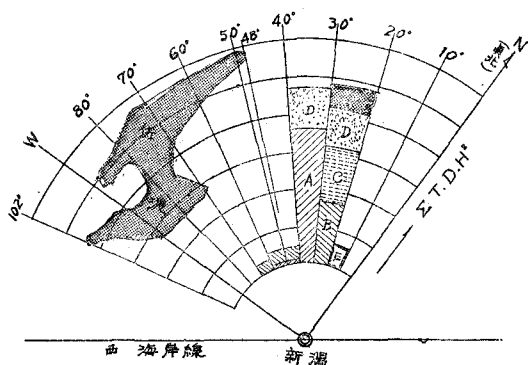


表-2 新潟海岸の波の特性表

型別	風が強くなつてから主な波になる迄					主 な 波			風が弱まつてからのうねり	
	時間	波向	波高	週期		波向	波高	週期	継続時間	波の特性
A	10h	60°~40°	2.5m	7.5s		40°~30°	4m	10s	12h	いずれも
B	10h	70°~30°	2.5m	7.5s		30°~20°	3.5m	10s	12h	主な波に
C	—	—	—	—		30°~20°	3m	9s	6h	同じとす
D	—	—	—	—		40°~20°	2.5m	8s	6h	る。
E	—	—	—	—		30°~10°	2m	7.5s	6h	

各型の波の特性を表-2のように仮定し、波の継続時間Dに於ける、エネルギーの総和を $H^2 \cdot T \cdot D$ で表わして、方向別に之を集積してみると図-19のようになった。これによつて、冬季の波の強く作用する方向が、大体示されていると思われる。

II. 底層流速計による沿岸の流れの測定

新潟海岸の沿岸流の一般的特性については、既に昨年度研究会に於て発表されている。S 30年度冬の観測では、更に部分的な底層流の性状を探知する目的で、小野式底層流速計により観測を実施した。設置方法は、流速計を主に図-20の如き鉄棒で固定し、図-21の写真の要領で、所定の位置に沈設した。

図-20 小野式底層流速計設置図

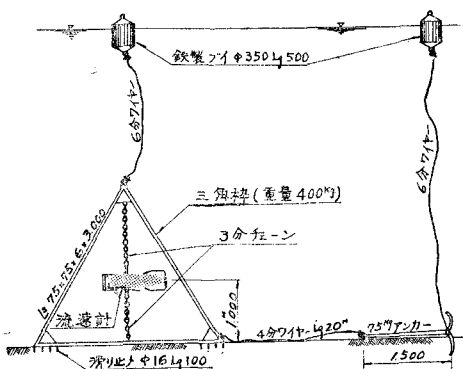
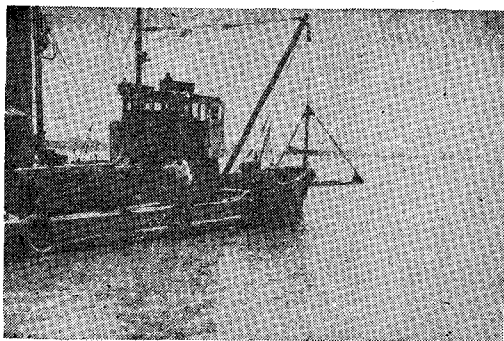


図-21 底層流速計設置写真

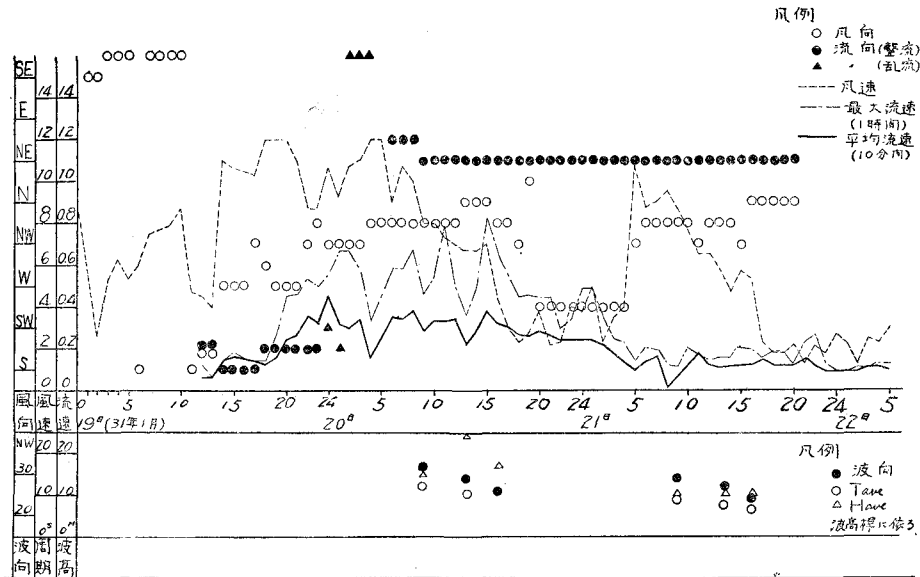


(1) 小野式底層流速計の海底における運動について

流速計は海底の動揺がはげしくなるにつれて、大きく回転運動をはじめめる。この場合には方位の読取りは非常に困難になる。それで先ず流速計がはげしく波を受けた時の運動の傾向を調べるために、1/10の模型を製作し、屋外水槽、及海浜で実験観察した結果、次の様な大体の結論をえた。

1. 沿岸の流れが微弱な場合は、波による前後の振動につれて、流速計は規則的に向きを変える。この場合の回転経路は一定しない。
2. 沿岸の流れが強くなるに従つて、回転の経路はその流れの方向に限られて来る。
3. 沿岸の流れが可成強くなると、流れと波の前進後退とが合成されて、ほぼ流れの方向を中心にして狭い範囲の振動をするようになる。

図-22



(2) 流況観測の成果について

S 31年 1月19日 12.00~21日 24.00までの記録

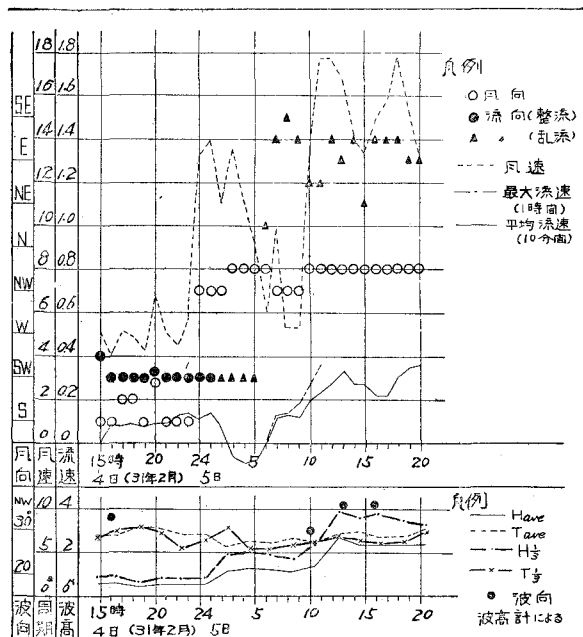
流速計は図-2の様に波高桿に固定し、図-1のa点(-4.5m)に設置された。記録状態は図-22の通りである。暴風型式はB型の弱いものであった。流向は先ずWの風によつてSSWの流れが生じ、約10h後に次第に流向は反時計廻りに転じて、NE方向に落付いている。記録状況は極めて明瞭で、方向の分布角は45°位であった。

S 31年 2月4日 15.00~5日 20.00までの記録

流速計は図-20及図-21の要領で、西突堤元付から西1200m. 水深-6.0mの点(図-1のb点)に設置した。これは先に図-15及図-16で説明したD型暴風の時に当る。波高が高まると同時に、流向は反転して記録も可成乱れてくるが、大体SE~NEの間にあることが分る。

以上の外、ポンプ浚渫の排泥の流れ方の観測によつても一般的に西に向う傾向が認められた。

図-23



参考文献

- 1) 新潟港技術調査報告 第3報 新潟港技術調査委員会。
- 2) 気象学 岡田武松著。
- 3) 極東天気図 中央気象台。
- 4) 海岸工学論文集 昭和29年11月 土木学会。
- 5) 海岸工学講演集 昭和30年11月 土木学会。
- 6) 港湾技術要報 No.5 運輸省港湾局。
- 7) 海岸工学 J. W. Johnson。