

15 新潟海岸の冬期観測施設とその成果について

新潟県土木部 藤 木 昇

1. はしがき

海岸欠漬を究明する上に漂砂の実体を知ることが最も重要であるが、荒天時に於ける海底の変化について、実際の海岸でそれを観測することはなかなか困難な問題である。海岸は一般に時化の初期に於ける steep な風浪により欠漬し、後期の flat なウネリで堆積すると云われているが、船で時化の前後を測深してもその途中に於て、種々の波に対応する海底の変化は知ることができないし、又新潟海岸の如く欠漬現象を呈する冬期間は幾つかの時化が重なり、単一の時化として前後の変化を知る機会さえ極めて少ない。

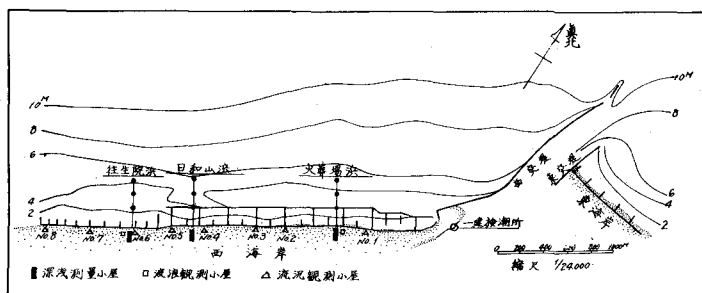
大正年間荒木博士は函館大森浜海岸に於て、海岸から直角に沖合 150 m 迄棧橋を築造し、毎日測深して Sand Ridge の成因を究明されたが、新潟海岸に於て荒天時の測深を、空中ケーブルによる遠隔操作でより簡易に実施する方法を試みてきている。この方法によれば荒天時の海底の変化を容易に知ることができ、更に底層浮子の投入、自記流速計による測流、並びに採水を同時に実施し得るので、現地観測の極めて有効な方法であることが分った。観測施設は昭和 29 年以來種々改良を重ねてようやく完成し、観測の範囲も当初は海岸線から沖合 150 m 迄であったが、昭和 30 年から中間ポストを設けて更に 150 m 延長し、観測箇所も昭和 31 年より 1 断面から 3 断面に増設した。こゝに報告するものは以上の観測施設の紹介とその結果の概要である。

2. 観測施設

施設箇所は図-1の通り、潜堤のある火葬場浜並びに日和山浜の2箇所と潜堤のない往生院浜の計3箇所で、海岸線より沖 150 m, 225 m, 300 m に3本のポストを建て、陸との間に空中ケーブルを張ってこの間に測錘を移動し測深する。

この操作はすべて陸上で行なわれ、冬期風浪の11月から3月まで毎日1回測深している。測深の原理は図-2に示す通り、ケーブルワイヤーは径 9 mm の A B 2 本から成り、A ワイヤーに滑車を取付けて測錘を吊り、そのワイヤーの一端は B ワイヤーに固定する。

図-1 西海岸平面図



測深位置の移動には A B 2 本を同時に回転し、測深には B ワイヤーのみを回転して測錘を上下する。従つて測深位置は任意に選定できるが、現在は 5 m 間隔に測深してい

る。各測深個所で陸上のレベルにより一定の基準線に測錘の高さを合わせ、この位置から海底迄の距離を、砂丘上の小屋に於てBワイヤーの送られた長さで読み取る。水面の位置は基準線と検潮所との

関係から求めることができるので、測深は水面と無関係であり、波が高い時でもその影響を受けることはない。

測錘は図-3に示す如く内部にスキャ

チがあり、海底に着くと電気回路(100V)を生じ、砂丘上の小屋に電灯がつくので接地を正確に知ることができる。ワイヤーの回転は正逆回転の必要があるので、3HPモーターを使用し回転速度は3段変速で43 $\frac{m}{min}$ が最も速く、300m間に於ける50点の測深に約1時間半を要する。なおレベルマンと機械操縦者とはベルで常に連絡する。

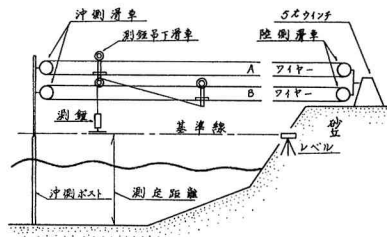
ポストは長6m外径0.3mの鉄筋コンクリートパイルに外径0.4mの鉄管を被せ、その間隙にコンクリートを詰めて補強したパイルを海底に打

込み、これを基礎杭として、長6m内径8吋と10吋の引抜鋼管2本を連結したものである。控柱はほぼ同様のパイルを沖側ポストに7本、中間ポストにはAを除く5本を図-4の如く打込み、18mmワイヤーで緊張した。このポストには0.5m巾の赤白の目盛を付けて、波高桿にも利用している。

中間ポスト滑車並びに測錘吊下滑車は図-5, 6に示した。なお電線の送り出しは測錘吊下滑車の小型を用いている。

測深誤差については風圧によるケーブルワイヤーの横振れが考えられるが、5tウインチで緊張してあるので風速の大なる時でも横振れはない。又測錘の重量は20kgで風による横振れは殆んど無いが、稀には波で流されることもある。今、測錘の基準線

図-2 測深の原理



写-1 ポスト全景

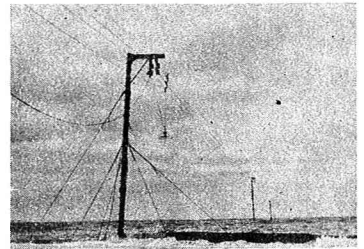
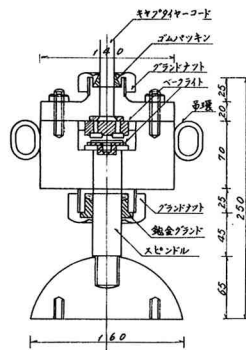


図-3 電気式測錘



写-2 測錘と中間ポスト

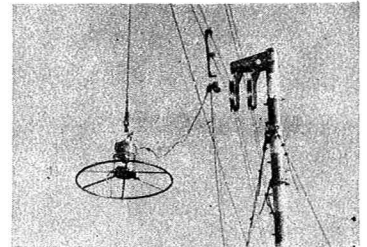
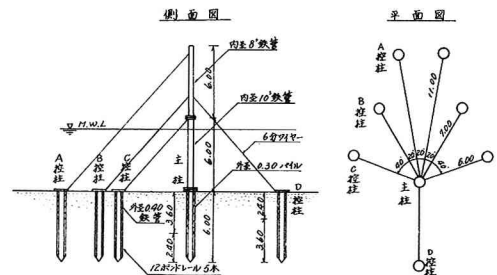


図-4 沖側並中間ポスト



浮子は毎日4～5個投入し、その追跡は強風時の観測であるため、図-1の如く海岸線に12個の観測小屋を設置し、2台のトランシットを用いて位置を測定している。

3. 西海岸の風と波について

新潟地方气象台で観測した1日24回の観測資料から、 10 m/sec 以上の強風について過去35年間の統計によれば、図-9の如くWNWを中心としてW~NW間の風が最も多く、全体の70%を占めている。従つて強風は殆んど海風であり、且つ西海岸に於ける汀線の直角方向は略NNWであるからその西側から吹くことが分る。月別に見ると11月から3月までの間が全体の79%を占め、強風は冬期に集中している。

強風の吹送時間は普通20~40時間、稀には100時間に達することもあり、風速の山は略3~5日目に現われることが多い。この風は冬期、日本海を本州沿岸に沿つて北上する低気圧によるもので、吹送距離は普通400~500km、稀には800kmにも達することがある。

以上の風によつて新潟海岸ではどのような波が生ずるであろうか。西海岸に於ける砕波線付近の波については、昭和28年以来継続的に観測している。風速と波高の関係は図-10に示す通り、風浪の場合には風速の増加に伴ない波高も増加し、風速20mで平均波高3mに達し、これ迄に観測した最大波高は、4.5mを記録している。周期は5~12secの範囲で、普通7~9sec程度のものが多い。波浪の発達過程は強風が西寄りであり、先ず越佐海域に生じた西寄りの波が襲来するが、この波高は左程大きなものではない。

強風は方向を次第に北西に転じながら1~2日継続して風速が減少し始める。その頃佐渡北方の沖波が到達して最大波高を生じ、波向も海岸線に対し直角乃至や、北寄りの方向から襲来するようになる。

従つて波高のPeakは図-11の通り、風速のPeakが過ぎてから現われるものが多い。波高は風速の如く急激に減少せず大きな波が長く続くので、直角乃至北寄りの波が海岸に最も大きな影響を及ぼしている。

図-12は砕波線附近の波の方向と風向との関係を図示したもので、殆んど波の方向は風向

図-9 強風方向

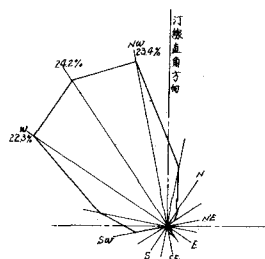


図-10 風速と波高の関係

図-11 風速と波高の関係

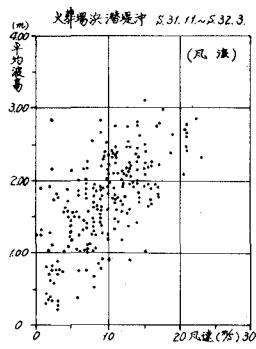
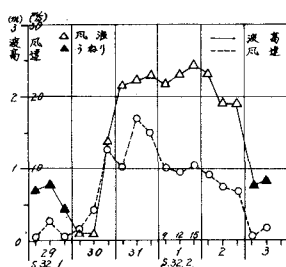
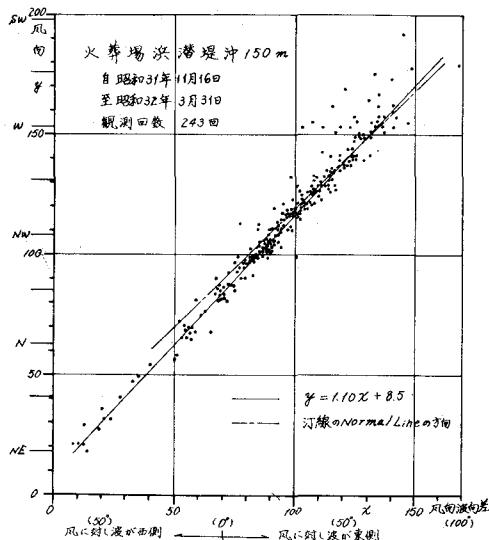


図-12 風向と風向波向差との関係



より東側に偏り、その程度はNW、Wと風向が西偏する程著るしくなることが分る。図中の点線は波が海岸線に直角の方向から来ることを示し、従つて同線より下の点は海岸線に直角方向の東側から来ることを示している。

既に述べたように風向は海岸線に対し西側から来るものが圧倒的に多いが、波の方向は直角乃至や、北寄りから来る場合が多い。なお風向がW～WSWの場合は時化の初期で、風向波向差は少なく波向が著るしく西偏するものもある。

4. 西海岸の流れについて

ではこのような風及び波によつて生ずる沿岸の流れはどのようなものであろうか。これについては西海岸すなわち西防波堤以西ではその大体の傾向が分るようになった。

この場合流れは、砕波線外の比較的波の影響を受けない流れと、砕波線内の極めて強く波の影響を受ける流れの2つに分けて考えてみなければならない。沖合の流れについては越佐海峡を流過する対馬海流の影響で、恒流は東北に向いその流速は左程大きなものではない。然し砕波線内の流れについては沖合の流れと性質を全く異にし、流向に於ても流速に於ても極めて複雑且つ強力なものである。

砕波線内の流れは底層浮子による観測によれば、昭和30年12月から31年3月の間に於て、測定回数130回中、西流73回、東流18回、31年12月から32年3月の間では、215回中、西流138回、東流42回と西向きの流れが多く、流向はその場合の波向に支配され、風向に対してはそれに逆らうものが暫々観測されている。

各浮子の移動を単位時間観測したものとして、方向別に整理して移動距離を累計し、海岸線に平行方向と垂直方向

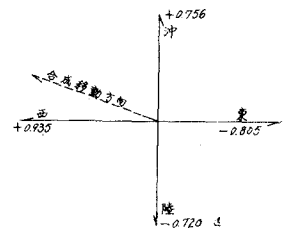
に分けて合成移動方向を求めると図-13の通り、海底の底質が観測時期を通じて、支配的に動く方向が西沖方向であることが分る。又流速は非常に速いものがあり、浮子の1分間最大流速で31年には 3.45 m/sec 、32年には 2.29 m/sec が観測され、 1 m/sec を超えたものは66回で全観測数の約2割に及んでいる。

自記流速計による場合もやはり同様の結果が得られ、その流速は32年に1分間最大 1.89 m/sec を記録している。次ぎに流れの機構について推定すると、波によつて岸方向に輸送された水は、次ぎの4つの形で沖方向に戻り平衡するものと考えられる。

- 1) Rip Current (離岸流) を含む水平面内の水の循環、
- 2) Undertow (底曳流) を含む垂直面内の水の循環、
- 3) Return Flow 波が flat で Undertow が起り難い時に見られる様な戻り流れ、
- 4) Longshore Current (沿岸流) 波が海岸に斜めに来る時に生ずる海岸に平行な横方向への様な流れ、

浮子による観測の結果、1)については波高略2m以下のあまり大きくない時に現われる表層の動きで、特にウネリの場合これが顕著となる。2)については厳密な意味での垂直面内の水の循環は、新潟海岸の如き $1/60 \sim 1/100$ 程度の緩勾配の海岸では殆んど存在せず、1)と

図-13 合成移動方向



同じ状態の波に於て、Rip Current と同じ水平面内の水の循環が底層に於ても現われる。そして冲向きの Rip Current と Undertow は海岸線に一定の間隔で、同一地点に同時に現われるのが普通であり、この冲向きの流れに挟まれる部分では陸並びに横方向の流れが存在する。

このような状態が継続する時、図-14の通り一般にCuspが形成されることが観測されており、Cusp尖頭の前面に必ずBarが存在している。Cuspの成因は、前述の流れが継続してBarが形成されると共に、Barによる波の屈折によつて更に沿岸流が助長され、Cuspが次第に発達して行くものである。従つてBarの移動と共に、Cuspも移動する。このCuspはSpan 100 m以上の長大なものについて、10 m程度の小さいものについては、波が岸に打ち上げた場合波打ち際に淘汰作用が行われるためであろう。

3)については波高略2 m以上の大きな波になると、その周期も10 sec以上の長いものとなるため、1) 2)の如き定常的な冲向きの流れは存在できず、表層底層共に一様なReturn Flowとなる。従つて波の前進水流に阻まれ一時的に停止し、著るしく上昇した水が急速に沖へ戻る流れであり、この場合海岸線に平行な流れは生じない。このような時Barは消滅して海底勾配は平坦化し、Cuspは消滅又は不鮮明となる。

以上は波が略直角方向から来る場合であるが、4)については波が著るしく斜めから来れば海岸に平行な横方向の一様な流れとなり、その傾斜が少なければ波高のあまり大きくない時には1) 2)の流れが助成され、波高の大きな時には3)の流れは海岸に斜めの冲向きの流れとなる。

従つて底層浮子の動きは3種に大別され、海岸線に平行して直線的に移動する流路型は波が海岸に対し斜めに来る場合であり、大きなカーブを描きながらある方向へ移動する流路型は水平面内の循環を含む Undertow であり、又狭い範囲を往復して流向不明の流路型はReturn Flowによるものである。

次ぎに自記流速計による資料から、波高と流速の関係について述べてみよう。波のエネルギーが総べて沿岸流の発生に役立つものではないが、エネルギーは波高の2乗に比例するので、波高の増加に伴ない流速は急激に増加する筈であり、現地に於ける観測でも流速の急激な増加が認められている。図-15はその関係を示した

図-14 Cuspの成因

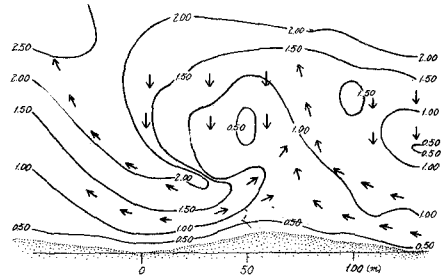
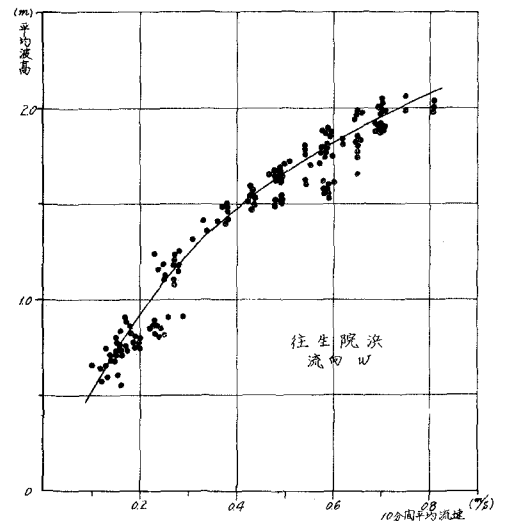


図-15 波高と流速の関係



もので、流向流速共に変動の少ない定常流が、少なくとも2～3時間以上継続した場合の10分間平均値であり、瞬間的には既に述べたような遙かに大きな流速が現われることもある。

こゝで注意しなければならないのは、波のエネルギーが流れのエネルギーに変化する時多くの観測例から

最も効率の良い場

合を取り出したもので、全観測例についてみると図—15とは相当異なったものとなる。

すなわち流向並

びに流向の乱れ別に plot しても点は著るしく散らばり、特に波高が大きいにも拘わらず小さい流速が現われることが多く、何れの波高に於ても図—15より小さい値を示している。

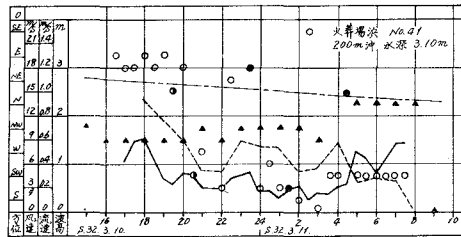
この原因を調べてみると、流向が反対方向に変る時の特異現象であることが分つた。すなわち西海岸に於ける底層流の一般的傾向は、時化が西方向の波で始まり直角乃至北寄りの波で終るので、流れも東向きの流れで始まり西向きの流れで終る。この流向の変化する時その乱れは著るしく、図—16の如く汀線に平行な流れは一時停滞して流速が減少するため、波高と流速は無関係となる。然し流向が変化する乱れの著るしい状態でも大きな流速を示すことがある。

図—17は東向きの流れが西向きの流れに変る時の乱れの場合で、大きな波が直角方向から襲来すると、汀線に平行な流れはなくなり Return Flowが生ずる。この時流速並びに流向の乱れが極めて大きくなる。

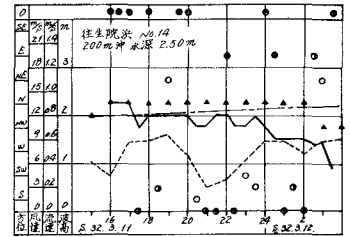
以上の乱れは数時間から1～2日継続して、西向きの定常流に変わり再び流速は増加する。

この西向きの流れは Undertow の汀線に平行に流れる個所に見られるもので、これが一定して長時間継続すると、図—18の通り波高が減少を始めても、逆に流速が大きくなる例が

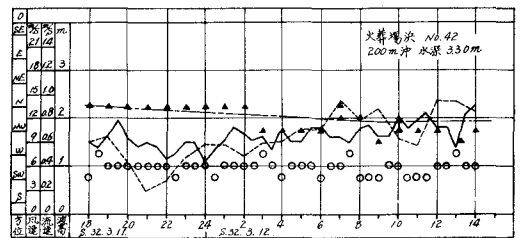
図—16 乱れによる流速の減少



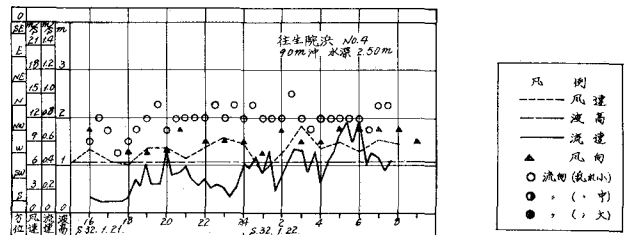
図—17 Return Flow



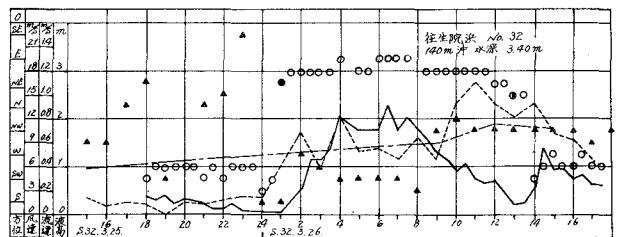
図—18 定常流の流速増加



図—19 Undertow



図—20 海岸に平行な一様の流れ



度々観測されている。

又 Undertow に於て冲向きの流れが現われる個所では、図-19に示す如く一般に大きな流速を示し、その変動は著しい。この流速の変動は波の前進水流によつて時々阻止されるため、流向に於ては比較的一定している。

次に海上平穏の状態から時化になる時、強風と共に著しく西寄りの波によつて東向きの流れが現われる。この時、図-20の通り波高は小さいが大きな流速を示すことが多い。

周期と流速の関係については乱れが小さければ、汀線に平行な流れに於て7 sec 付近に最大流速が現われ、汀線に垂直方向の流れに於ては7~10 sec の範囲に最大流速が現われる。

5. 荒天時に於ける海底の変化について

新潟海岸はいわゆる暴風海浜と呼ばれる欠潰性の海岸で、沖から数段の砂堆が発達しており、碎波はお、むねこの砂堆付近に起つている。すなわち第1碎波は距岸300~400 m 第2碎波は距岸150~200 m、最終碎波は距岸50~100 mで、第1碎波によつて生ずる砂堆は容易に変化し難く、第2碎波並びに最終碎波によつて生ずる砂堆は容易に変化し、何れも砂堆の岸側に凹部が見られる。このような海岸に於て、荒天時に海底はどのような変化をするであろうか。

海底の欠潰堆積は最も簡単には入射してくる沖波の波高波長比により決定され、その限界波高波長比は模型実験によれば0.025~0.030であることが分つている。然し欠潰堆積の両領域の限界線は底質の粒径により変化し、粒径が小さければ波高波長比の小さな波によつても欠潰が生ずることとなる。

新潟海岸の底質は200~500 μ の細砂中砂から成り、荒天時に於ける測深の結果では限界波高波長比はかなり小さなもので、29年の測深では0.020 30年では0.014、又31年では0.017 となつている。

図-21は31年に於ける蝕積増減量と波高波長比との関係を、表-1に示す時化の型並びに波高別に図示したものである。

これによれば限界波高波長比は0.017であるが、中には反対現象を呈する場合もあり、この現象は表-1の太枠に示す特定の状態の波で現われることが分る。

次に各時化に於ける海底形状の変化の一般的特長について述べてみよう。

図-21 蝕積と波高波長比との関係

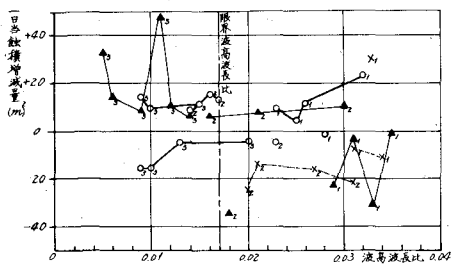
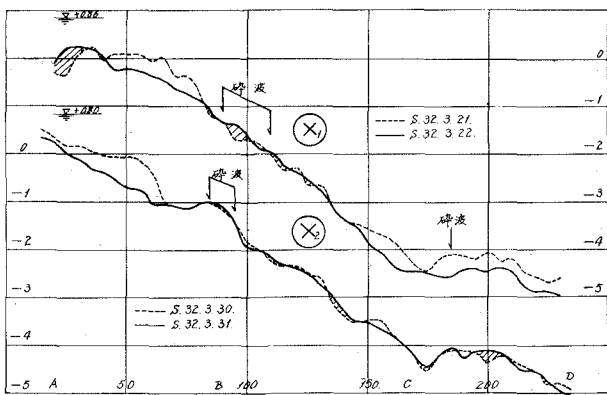


表-1 各時化に於ける蝕積

波高区分 (m)	250~150	150~80	80~0
時化に向う場合	X ₁ 欠潰	X ₂ 欠潰	—
波の状態変化なし	▲ ₁ 欠潰	▲ ₂ 堆積	▲ ₃ 堆積
平穏に向う場合	○ ₁ 堆積	○ ₂ 堆積	○ ₃ 堆積

図-22 時化に向う場合の断面変化



1) 時化に向う場合については図-22に示した。波高中から大に向う場合、A B, C Dが大きく欠潰し、B Cは蝕積交互する。砕波位置との関係は最終砕波の岸側に於て欠潰し、第2砕波ではその付近並びに岸側がやはり欠潰している。海底勾配は一般に平坦化する傾向を示すが、稀にはB Cに著るしい堆積を示すこともある。波高小から中に向う場合、第2砕波はなく最終砕波の岸側A Bが大きく欠潰し、B C, C Dは僅かであるが蝕積交互する。従つて時化に向う場合波高の大小に拘わらず、蝕積交互して複雑な変化を呈するが海底は全般に欠潰し特に砕波位置の岸側に於て著るしい。

2) 波の状態が変化しない場合は図-23に示した。波高大なる時、海底は全般に大きく欠潰し特にA Bに於て著るしい。然し稀にはA Bに堆積することもある。時化に向う時と同様その変化は複雑である。波高中の場合、海底は全般に等しく堆積しA Bに於て僅かに多い。このように欠潰と堆積が入れ変わる時には、steepな波で堆積を示す現象が見られ、この場合の波形は巻き波である。波高小の場合も海底は全般に堆積し、特にA Bの堆積が著るしい。

従つて波の状態が変化しない場合波高が大きければ時化に向う時と略同様の変化を呈し、波高中、小では砕波位置の岸側に堆積を生じ、時化に向う時と逆の変化を呈する。

3) 海上平穏に向う場合は図-24に示した。波高大なる場合海底は全般に堆積し特にC Dに於て著るしい。この場合も欠潰から堆積に変る時で、

やはり steep な波で堆積を示している。なお波高波長比は次第に減少し、波形も巻き波となる。波高中の場合は多少蝕積交互するが、波高に比較して大きく堆積している。

波高小の場合海底は全般に等しく欠潰又は堆積し、その移動量は少ない。堆積を示すのは波高のやゝ大きい場合であり、欠潰を示すのは波高の小さい場合である。後者については

図-23 波が変化しない場合の断面変化

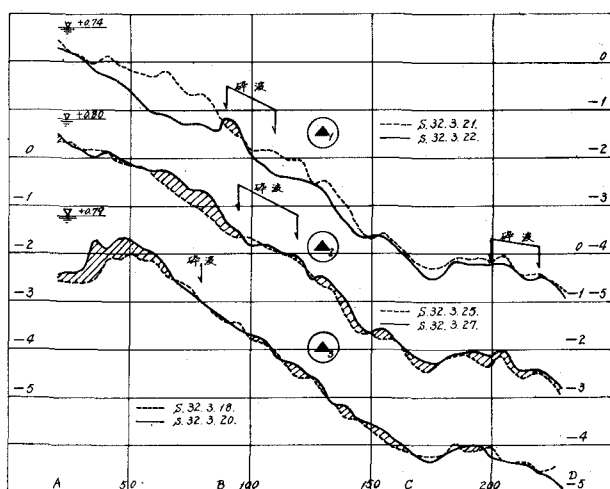
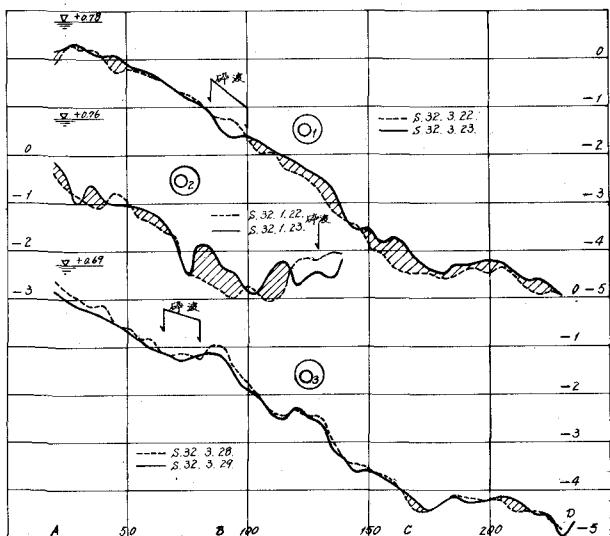


図-24 平穏に向う場合の断面変化



flatな波で欠潰を示しているが、これは波による岸方向の砂の移動が少なく、且つ流れがあるためと考えられる。従つて海上平穏に向う場合、何れの波高に於ても全般に堆積の傾向を示すが、波高が著るしく小さい時に僅かに欠潰している。なお碎波位置との関係については1)2)の如く明瞭な関係は見られない。

以上述べてきたことは蝕積増減量と波高波長比との関係についてであり、定性的には限界波高波長比のあることが分つたが、定量的には蝕積増減量で説明することはできない。そこで欠潰・堆積を加えた総移動量と波高波長比との関係について述べてみよう。

図-25によれば波高波長比が小さくなつても、移動量は僅かに小さくなる程度に過ぎないが、波高別に見るとその大小により移動量の最大値を示す波高波長比の値が異なつてることが分る。

すなわち波高2.50～1.50 mの範囲では波高波長比0.032付近に最大値があり、波高1.50～0.80 mでは0.017、又波高0.80～0 mでは0.010付近に最大値が現われている。従つて波高波長比がこれより大きくなつても、小さくなつても移動量は減少する。

このことから移動量は波高の影響も受けているので、総移動量と波高の2乗の比をY軸にとり、波高波長比との関係を求めてみた。図-26によれば波高波長比が0.025以上になると、その比はX軸に平行となり、又0.010以下になるとその比は急速に増大する。但しこの比の意味については明らかではない。

次ぎに海底の変化は、その時の波や流れと平衡状態に達する水深乃至海底勾配が存在するわけで、堆積や浸蝕には限界点がある。従つて水深の最大値と最小値との範囲を漂砂の移動帯と云うことができる。図-27は潜堤のない往生院浜に於ける測深期間中の移動巾を示したもので、150 m以内に於いて最大値は2.3 mを示しその移動巾は極めて大きく、又150 m以沖では測深期間が異なるので充分な比較はできないが、その移動巾は全般に少ない。図-28は潜堤のある火葬場浜の移動巾を示したもので、往生院浜に比較し潜堤内は遙かに少なく、潜堤外では略同程度の移動巾を示している。

図-27 往生院浜に於ける移動巾

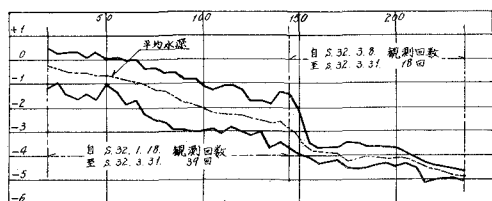


図-25 総移動量と波高
並波高波長比との関係

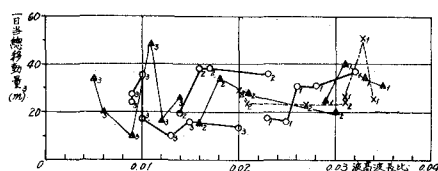


図-26 総移動量と(波高)²の比
並波高波長比との関係

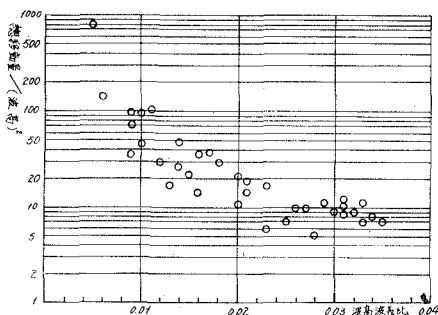
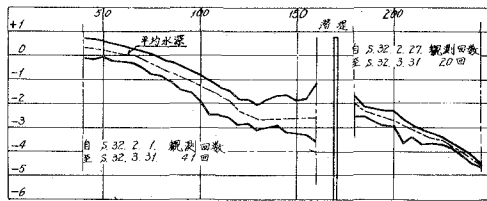


図-28 火葬場浜に於ける移動巾



6. 荒天時に於ける浮遊漂砂について

漂砂は海水中を浮遊して移動する浮遊漂砂と、海底を滑動又は躍動して移動する掃流漂砂に大別される。掃流漂砂については測定がなかなか困難であるが、浮遊漂砂については大略の値を知ることができた。

表-2 は個所別の平均浮遊漂砂量を示したもので、最大で $\frac{1}{500}$ (2.5 l 中 5 g) 程度を示すが、平均すると海岸線より沖 150 m 以内では $\frac{1}{500}$ (2.5 l 中 0.7 g), 150 m 以沖では $\frac{1}{3000}$ (2.5 l 中 0.3 g) 程度を示し、これを信濃川の含泥率と比較すれば洗堰で $\frac{1}{5000}$, 緩流部で $\frac{1}{10000}$, 各支川では $\frac{1}{30000}$ となつている。

表-2 平均浮遊漂砂量

測 定	150 m 以 内			150 m 以 沖		
	回数	平均漂砂量		回数	平均漂砂量	
火葬場決	225	0.548 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{5000}$	29	0.349 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{7200}$
日和山決	237	0.757 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{3300}$	71	0.277 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{6000}$
往生院決	162	0.830 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{3000}$	21	0.267 $\frac{1}{258}$	$\frac{1}{6400}$

浮遊漂砂量の変動については、同一地点で連続採水した場合標準偏差は表-3 の通り、No.1, 2 の碎波帯を外れた個所では偏差は小さいが、No.3の碎波帯では偏差は相当大きいことが分る。すなわち碎波帯では碎波による影響が大きく、その変動は表-4 の如く、碎波の直後に最大値が現われ、次ぎに碎波の瞬間、波峰通過後に最小値が現われる。

表-3 浮遊漂砂量の標準偏差

番号	測 定 日 年月日	測定 場所	水平距離 (m)	海底上 (m)	水深 (m)	平均水深 (m)	採 水 回数	平均値 $\frac{1}{258}$	標準偏差 $\frac{1}{258}$	備 考
Na.1	S.32.1.28	日和山	120m沖	2.2	3.70	1.50	10	1.108	0.090	碎波帯外
Na.2	S.32.1.30	日和山	120m沖	2.5	3.95	1.39	7	0.245	0.037	?
Na.3	S.32.1.31	日和山	100m沖	1.7	3.70	2.22	7	2.019	0.629	碎波帯

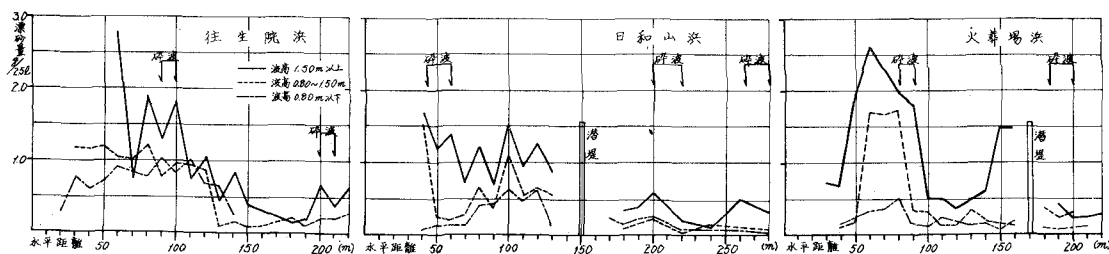
表-4 碎波帯に於ける漂砂量の変化

観 測 所	観 測 日	観 測 場 所	碎 波 帯 前		碎 波 帯 中		碎 波 帯 後	
			漂砂量	粒 子	漂砂量	粒 子	漂砂量	粒 子
日和山決	100m沖	S.32.1.31	3.26	細砂・中砂	1.87	細砂	—	—
?	?	?	2.40	細砂・中砂	1.82	細砂・中砂	—	—
?	?	?	—	—	2.02	細砂	—	—
?	?	?	—	—	1.70	細砂	—	—
往生院決	90m沖	S.32.1.31	2.29	粗砂・中砂	2.02	中砂・細砂	1.35	細砂
火葬場決	80m沖	S.32.1.14	4.80	粗砂・泥	2.19	粗砂	1.32	粗砂

従つて碎波帯を外れ、ば 1 ~ 2 回の測定値でその個所の漂砂量を代表してもよいが、碎波帯に於ては数回の採水を行なう必要がある。

汀線に直角方向の浮遊漂砂量の分布については、既に述べた通り場所によつて大きく異なるので、波高別に平均漂砂量と水平距離の関係を図-29 に示した。この図から 150 m 以沖では水平距離による影響はあまりなく略平均して小さな値を示すが、150 m 以内では水平距離によつて著しい差が現われている。そして最大値の現われるのは碎波帯であり、その量も極めて大きい。

図-29 浮遊漂砂量と水平距離との関係



次ぎに垂直方向の浮遊漂砂量の分布については図-30 に示した。波高の大きな場合、海底に近づくにつれて漂砂量は急激に増加するが、波高が小さくなるにつれて増加の程度は

減少し、波高 0.80 m 以下では垂直方向の差は殆んど見られない。

これは波の大きな場合、底質が波によつて著しく攪乱されて粒径の粗いものが多く浮遊するため、海底に近づく程漂砂量は増加するが、波の小さい場合、波による攪乱が小さく粒径が細かいため、垂直方向に均一な分布を示すものと考えられる。なお 200 m 沖では波高が大きいにも拘わらず、垂直方向に比較的均一な分布を示しており、これは碎波帯で浮遊した底質の内、粒径の細かいものが流れによつて移動しているものと考えられる。

更に波高と漂砂量との関係については図-31, 32 に示した。

150 m 以沖に於ては、水平方向並びに垂直方向による差は少ないので、全資料を同時に plot しても波高の増加に伴う漂砂量の増加は明瞭である。

150 m 以内に於ては、場所による差が著しいので、日和山浜の 100 ~ 120 m 間の資料について波高と漂砂量の関係を求めてみたが、やはり波高の増加に伴う漂砂量の増加が認められる。

なお何れの場合も波浪の発達期、最盛期、減衰期によつて、漂砂量の増加は異なっている。これは同一波高でも減衰期に於ては、流向が一定し流速も一般に速いため漂砂量が多いが、最盛期に於ては流れの乱れが著しいため、波高との関係はあまり明瞭でなく、大きい波高で小さな漂砂量を示すものも現われている。

次に波高波長比と漂砂量との関係については、波浪の発達期・最盛期では漂砂量の最大値は波高波長比 0.030 付近に現われ、減衰期では 0.020 付近に最大値が現われている。

既に述べた如く移動量の最大値が現われる波高波長比は、波高の大小によりそれぞれ 0.032, 0.017, 0.010, となつており、特に波の状態とは関係がなかつた。これは浮遊量が波や流れの影響を受けて移動量として現われるので、その間に相違があるものと考えられる。

では浮遊と掃流の割合を推定することはできないであろうか。今、浮遊漂砂量を砂粒濃度と流速から求め、欠漬量と浮遊漂砂量から掃流漂砂量を推定してみよう。

浮子による観測では底層の合成流速は、荒天時に於て $0.20 \frac{m}{sec}$ で西沖方向に向つており漂砂は主にこの流れてよつて移動していると推定される。漂砂帯は 400 m 沖の第 1 碎波点内の磯波帯とし、砂粒濃度は 150 m 以内では $\frac{1}{3500}$ 、150 m 以沖では $\frac{1}{8300}$ として 1 日当移動

図-30 漂砂量の垂直分布

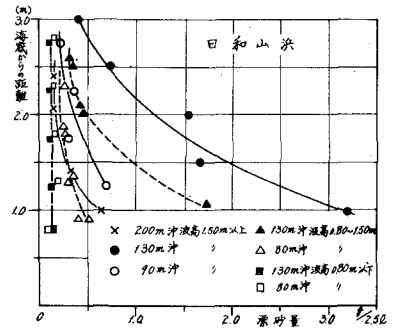
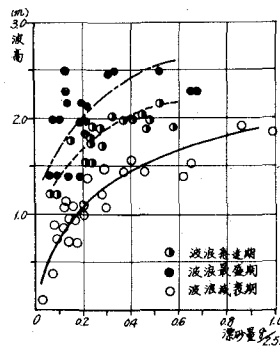
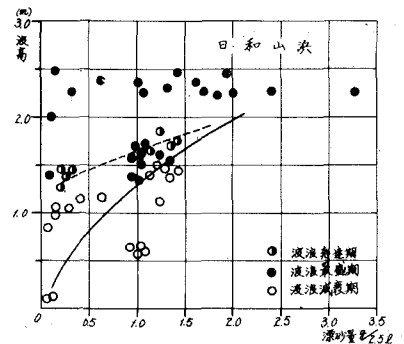


図-32 漂砂量と波高の関係 (150m 以内)



量は、

$$150 \times 4 \times \frac{1}{2} \times 0.20 \times 60 \times 60 \times 24 \times 0.28 = 1451,000 \text{kg} = 1,451 \text{t}$$

$$(4.0 + 5.0) \times 250 \times \frac{1}{2} \times 0.20 \times 60 \times 60 \times 24 \times 0.12 = 2333,000 \text{kg} = 2,333 \text{t} \quad \text{計 } 3,784 \text{t}$$

比重 2 として $1,892 \text{m}^3$ となる。欠潰は主として冬期 3 ヶ月に起つているので、年間浮遊漂砂量は略 $170,000 \text{m}^3$ と見積ることができる。

昭和 22 年から昭和 30 年までの西海岸に於ける 8 年間の年平均欠潰量は、砂丘欠潰量並びにポンプ船排出土量を加えて約 $500,000 \text{m}^3$ で、残りの $330,000 \text{m}^3$ は掃流漂砂量とみることができる。従つてその比は 1 : 2 で掃流によるものが多い。然し浮遊と掃流の限界は、この場合海底より 0.8 m としているので、Suspension と Creep の中間的な Saltation は掃流に含まれると考えられる。なお一般に河川でこの割合は、信濃川の如き緩流河川では 1 : 6、相当の急流河川でも 1 : 3 で浮遊によるものが多いと云われている。

7. 結語

海岸に欠潰をもたらす原因となる波や流れについては、現地観測によつて或程度分るようになったが、漂砂については荒天時に現地で観測することが困難であつたため、その実体は殆んど分つていない。

然し新潟海岸に於ては前述の施設を用い、漂砂を測定することが可能となつた。だが漂砂を定性的定量的に知るためには未だ資料も少なく、その糸口を見付けたに過ぎず、多くの問題は今後に残されている。本年もこの観測を実施すべく、現在施設を整備中である。

参考文献

- 1) 新潟海岸の欠潰について：山田正平，昭和 30 年 11 月，海岸工学講演会講演集
- 2) 新潟海岸欠潰の諸問題について：浜田徳一，昭和 31 年 8 月，災害とその対策
- 3) 新潟海岸の波と流れについて：高橋淳二，昭和 31 年 11 月，海岸工学講演会講演集
- 4) 新潟西海岸の波浪について：新潟県信濃川工事事務所，昭和 30 年 3 月
- 5) 新潟西海岸に於ける沿岸の流れ： " 昭和 30 年 3 月
- 6) 荒天時に於ける一定断面の海底変化について： " 昭和 30 年 3 月
- 7) 新潟西海岸に於ける風と波： " 昭和 31 年 3 月
- 8) 新潟西海岸に於ける沿岸の流れ： " 昭和 31 年 3 月
- 9) 荒天時に於ける一定断面の測深測流採水について： " 昭和 31 年 3 月