

北海道留萌沿岸小平海岸における漂砂に関する若干の考察

久 宝 雅 史*・戸 巻 昭 三**

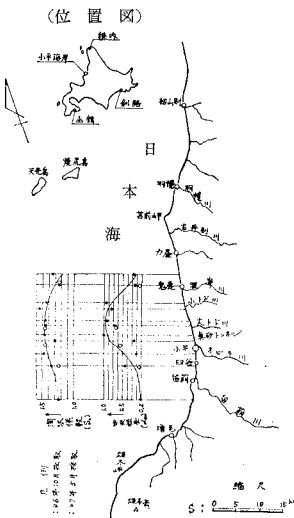
1. はし が き

本沿岸は北海道の北西部に位置し、砂浜できわめて単調な南北の緩曲線状の海岸線をもって日本海に臨んでおり、また沿岸の大部分は海拔 30~60m 以下の海岸段丘によって構成され、段丘基部あるいは河川低地の沖積層地帯にわずかに集落が形成されている。留萌港より北 7km に位置する小平海岸は、昭和 40 年頃より侵食が始まり昭和 41, 42, 43 年と引き続き侵食による災害を受けたため、その都度天端高 +3.8m の傾斜式護岸で防護してきたが、堤体基部の侵食は根固工および消波工によっては防禦し得ず、ここに侵食対策を根本的に検討するため昭和 44 年より海岸調査をしたものである。本考察はこの海浜における地形、地質、沿岸の波浪、底質粒径分布の特性とさらに沿岸漂砂の要因をなす沿岸流調査等から漂砂機構について若干の考察を行なったものである。

2. 留萌沿岸の性状

(1) 地形および地質

留萌沿岸の南部は硬質頁岩層よりなり雄冬岬が海面に突出し、一方北部は比較的軟かい堆積岩類で構成されているが、苫前の北西約 25 km の海上には新第三系の火山噴出岩類からなる天売・焼尻両島が存在している¹⁾。また雄冬～苫前間の深浅を海図上から追跡すると、個々の深浅に差はあるが総体的には雄冬から天売・焼尻両島を両端とし、小平・大トド川を湾奥としたゆるい凹弧状に平行している。この地域一帯は変化に富んだ地質構造からなっているので、この区間を 4 つに区分し



図—1 留萌沿岸平面および汀線底質粒径調査

たのが表—1 である。

表—1 留萌地域の地質

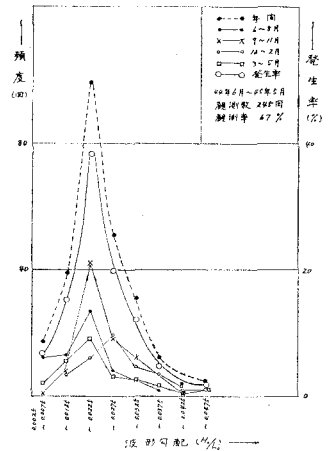
区 分	距 離 (km)	地 質
1. 雄冬岬～留萌	25	硬質頁岩および塊状砂岩
2. 留萌～真砂トンネル	10	中新世の砂岩、泥岩、珪岩
3. 真砂トンネル～小トド川	5	凝灰質および珪藻土質泥岩、砂岩、珪岩などの地質が三ヶ月形に区分され、半径 3.8~4.2 km 程度西に開いた大トド半向心構造体を形成しており、この構造体を大トド川が横断している
4. 小トド川以北	23	砂岩、泥岩および珪岩層

(2) 風

当海岸より至近距離にある留萌港で年間を通じて行なわれている気象・海象の観測資料の結果から、風向・風速はともに西方向と南東方向が卓越しており、10m/sec 以上の風向は西北西～西～西南西のみとなっている。

(3) 波 浪

波高の日最大有義波の発生確率は、ほぼ対数正規分布とみなされ、発生率の 0.274% の有義波は 3.7 m, 周期は 9.4 sec で、大部分の波は $H_{1/3}=1.0$ m, $T=5.4$ sec, 波形勾配 0.022 程度と考えられる。また波形勾配頻度分布の図—2 から、最大波形勾配 0.0225 の発生率は 38% も占められているが、平均波形勾配 0.0125~0.0275 の発生率は 51% となっている。



図—2 波形勾配頻度分布

J.W. Jonson は、海浜を分かつ限界条件として $H_0/L_0=0.025\sim0.030$ 以下を正常海岸であると指摘しているが、当海岸におけるこの発生率は約 17% で、この点を中心として 17%, 66% の大小の発生率となっている。

次に波向別波高出現率を求めた図—3 から、来襲波の約 55% は西方向でその他は西～北まで 10% 内外の出現

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

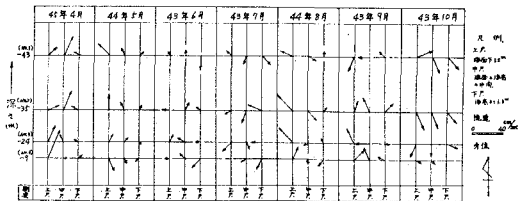
** 正会員 北海道開発調整部

—8), 海底勾配の状態は夏季では -7m , 冬季では -10m がほぼ限界であることから, 発生率は両者ともに 0.01 であり, すなわち -7m および -10m 以下をおおのの砕波帯であると考えてよいであろう。

白谷漁港付近の海底を音響測深器により調査したところによれば, 小平から連続してあった bar は消滅し距岸 150m 付近より $1/40$ の急勾配で水深 -11m に達し, それより沖合は岩盤が不規則なアメーバ状に分布しあるいは -4m 位まで隆起し, 段丘面上では $1\sim 3\text{m}$ 内外の凹凸あるいは陥没状態を形成し, しだいに深くなっている。

(5) 沿岸流

沿岸流速および流去方向などの調査にフロートにより追跡を試みてみたが, 波高および風によってその移動は定常的でなくまた表面流より観測されない欠点がある。たまたま留萌港において, 漂砂による港内埋没調査のため, $43\sim 45$ 年の $4\sim 10$ 月まで月ごとに 4 地点, しかも水深別に流向と流速を CM—2 型流速計によって測定された記録 (図—9) によると, 図のように季節的な変化が認められた。



図—9 沿岸流実測値 (留萌海岸)

3. 漂砂の方向と漂砂源

(1) 前浜底質

海岸踏査は小平を中心に南へ 12km , 北へ 15km の海岸から $1\sim 7\text{km}$ 区間ごとに底質を採取し, d_{50} と S_0 を求めたのが 図—1 である。この結果, 大トド川付近—一つの頂点として南北方向に減少する傾向が認められる。この現象は, 前述のように地形的要素と内陸部の比較的軟かい地質, とくに半向心構造体を横断する大トド川および小トド川からの流出土砂が主要な供給源となっているものと思われる。しかしながら, これら河川の流量は約 $0.3\sim 1.1\text{m}^3/\text{sec}$ 程度であり, 現在原始河川であるためほとんど調査されていないので掃流土砂量を把握していない。

(2) 沿岸流の実測とその考察

漂砂の移動方向を推定する一つの手段として, 2. の (5) を一つのモデルとして非常に多くの影響因子をもった沿岸流を実測してみることにした。実測にあたって, 器具・方法および観測月は前者と同一にし, しかも測定範囲を拡大した場合, 流れの方向および流速はどう変わるであろうか。また真の沿岸流が漂砂にどう影響を与えているのであろうか。さらに測定値との対比において,

前者の測定結果を広範囲なものとして適用できるものかどうかという点を考慮して 4 月上旬に実測を行なった。

a) 測定範囲

白谷漁港～真砂トンネル間 (約 6.6km), 汀線より距岸 1800m 。

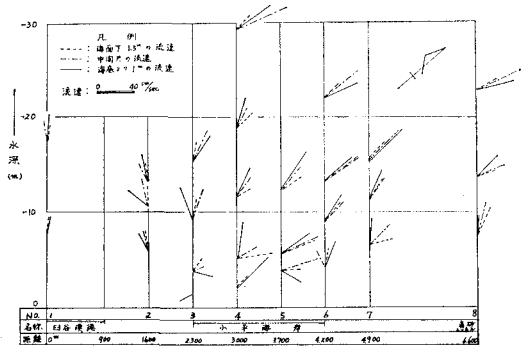
b) 間隔

汀線方向に対し, 約 $700\sim 1700\text{m}$ ごと。

c) 測点

距岸に対して, trough, bar, その沖合 (以下「沖合」という) を測定のための一つの目安とした。

d) 測定結果 (図—10)



図—10 小平海岸沿岸流実測値

trough, bar, 沖合では総体的に北方向への流れが主流をなしている。しかしながら, No. 3 より流向に変動が認められ, No. 2 では各層とも完全に逆転流し西方向への流れに変わっている。すなわち No. 1 から No. 2 の間では, 沖合 1000m (水深 -15m) まで離岸流が存在しているものと推定される。

また流速は, No. 2 の場合のみ水深の別なく各層とも類似しているが, その他の個所は下層ほど大きい現象を示している。なお測定時では, 風向北西, 風速 $3.2\sim 5.2\text{m/sec}$, 波向北北西～西北西, 波高は静穏, なお潮位はほぼ満潮位であった。

4 月に実測した小平海岸の流況現象と, 2. の (5) の結果とを比較するならば, 流去方向は水深の別なく北方向に流れていることは全く類似しているが, その流速については一般的に留萌よりやや大きくまた下層が上層部に比して大きい傾向を有しているのに反し, 留萌港の場合は下層が非常に小さくなっている。

以上のことから, 小平海岸で沿岸流を実測したのは 4 月だけであったが, 両者が非常によく類似していることから, 留萌海岸と小平海岸の流況は通年ほぼ同一と考えてよいであろう。そういう前提条件に立てば, 小平海岸の流況は一般に春季には水深の別なく各層とも北方向に流去し, 夏季になるに従って特定方向の沿岸流の存在が失われてしまい, 秋季になるにつれて南方向への流れが卓越するようになり, 冬季間はその最大に達するものと

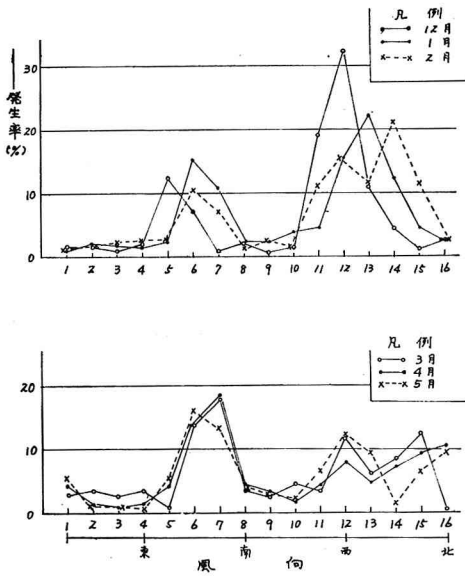


図-11(a) 風向の頻度分布 (その 1)

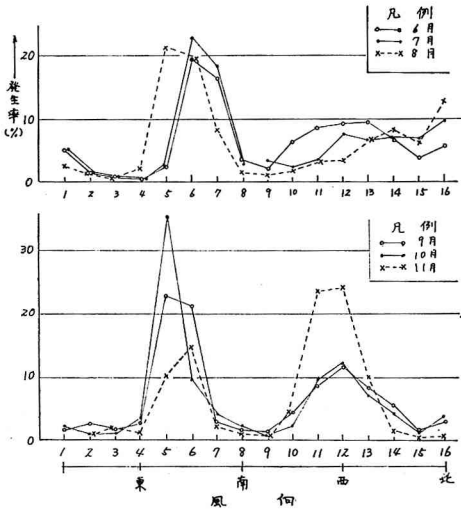


図-11(b) 風向の頻度分布 (その 2)

推定される。

このような現象を説明するために、図-1の10月末に採取した大トド川以南の汀線底質粒径調査結果でも有効であると思われる。

しかし大トド川以北は、以南と全く異なった現象となっているのは次のように推測される。すなわちこのような現象は、一つには沿岸流に基づくものと考えられ、そこで卓越風について風向を各月ごとにしかも四季に分けて発生率を求めてみたところ(図-11)、各月とも全く類似した大小2つの南東と西方向のモードが存在することがわかった。しかも春から夏になるに従って、2つのモードのうち南東の発生率が徐々に大きくなり8月には最大

に達するが、秋季の後半11月には以前の現象が逆転し西方向が卓越するようになり、冬季間のこの現象が継続するものと考えられる。さらに前述のように、地形的要因と沿岸流の発生をこの卓越風による吹送傾斜流に基づくものと考えてみると、冬季卓越の西風による吹送流はエクマンらせん^{3),4)}により右に偏し、留萌〜増毛付近に海面の上昇をもたらし、それにより二次的に傾斜流が発達して一方では鬼鹿海岸に沿って北上し、一方は南下する。

一方夏季の南東風の場合は、海岸から沖に向かって吹送流を発達させるが、苫前岬が海面にそう大きく突出しておらずために、上記と全く反対の傾斜流が発達しないわけではないが、その発生率がきわめて小さいために汀線底質粒径変化が顕著に現われないものと思われる。また力屋および初山別などの地元漁民にこの沿岸の流況などについて聞いてみたところ(表-2)、冬季間の南下流の発生率はほぼ1/2程度であることからみても、本海岸の沿岸流は地形的要因によって変化を受けているものと推定され、とくに冬季風浪によって本海岸の漂砂現象が左右されるものと考えてよいはずである。

表-2 留萌沿岸における流況(アンケート)

区 分	春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)
苫前〜羽幌〜初山別における流向	北上流 80~90%	北上流 80%	北上流 70%	南下流 50~60%
苫前〜力屋〜鬼鹿における流向	北上流 75~80%	北上流 70~75%	北上流 60%	南下流 50~60%

このような沿岸流と汀線底質粒径との関係について、5月に調査したところ全般的に粒径は小さくなったが、 S_0 はほとんど変化がなかった(図-1)。

汀線漂砂の移動は、一般に Steep な波浪によって非常に短期間に沖合へ流出されるといわれているが、当海岸の波浪は図-4から明らかに冬季間は汀線に対し直角方向であり、しかも Steep な波浪であるため汀線底質が沖合に流出される量が多いはずであり、しかも図-5よりみるならば南へ行くにつれて底質移動はしだいに多くなっており、また bar 位置が夏季よりも汀線側に移動している。小平海岸より南が堆積性となっているのは、前浜から侵食された砂が冬季間南下流の影響によったものであることは、写真-1からも立証される。

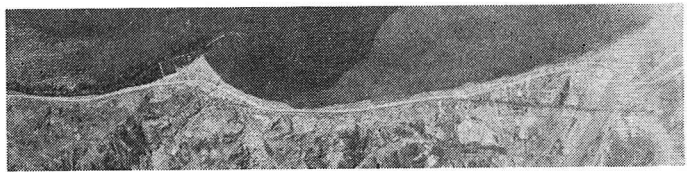


写真-1 小平海岸および臼谷漁港(昭44年10月撮影)

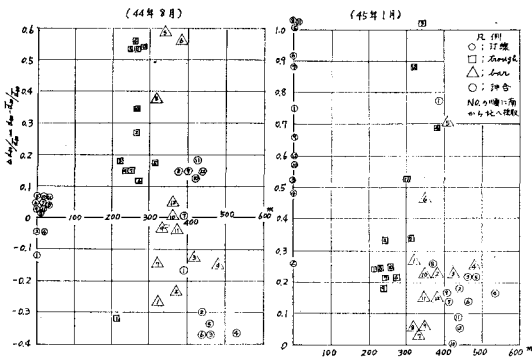
(3) 底質粒径群の移動

底質の移動について当海岸の波浪特性および沿岸流な

どの外的条件による漂砂機構の考察を行なったが、さらに底質の分布状態を局地的な観点から明らかにすることにより、侵食と堆積の一般的な現象を考察することにした。

調査は小平海岸の区間 1 200 m、距岸 500 m (—7—8 m) の範囲内で、200 m 間隔の測線上の汀線, trough, bar, 沖合の各点で測深と同時に底質の採取を 8 月と 1 月に行なった。

これら採取した資料から、この範囲内における底質粒径分布とその移動との関係を知るために、ある地点における $\Delta d_{50}/\bar{d}_{50}$ (ここに $\Delta d_{50}=d_{50}-\bar{d}_{50}$, d_{50} : 中央粒径, $\bar{d}_{50}$: 平均粒径) と各測点の距岸との関係をあらわしたのが図—12 である。



図—12 粒径群の分布

これより粒径群は夏季には第 1—2 称限に、冬季になると第 1 象限にのみ分布し、かつ汀線粒径群に比して trough および bar 群は非常に小さくなっている。これは汀線砂が波浪により淘汰され、細砂が沖合に流出されたことによるもので、汀線以外の粒径群は大体集団化の傾向を示している。また夏季になると、汀線粒径群はほとんど中央粒径と平均粒径が同一となり、全く集団化するのに反し、他の粒径群のパラッキは非常に大きくなり、その中でも trough 群がとくに大きいのは、碎波点の移動と沿岸流による漂砂移動がその原因と考えられ、さらにその群の分布は、年間を通じいずれも第 1 象限にあり、しかもほぼ同一の状態で分布していることは、他の粒径群における海底勾配より大きいので、その付近の流れは底面に強く作用し、このため細砂は流動し分散するが、粗砂は停滞して均一な粒度のものを集積することによる

ものとみなされる。一方沖合の粒径群は、夏季において南と北に分割されて第 1—2 象限に存在するが、冬季では第 1 象限にしかも夏季における北側の分布個所に集団化されるので、その場合は年間を通じあまり大きな海底変化がないものと考えてよいであろう。このことから 2. の (4) の底質移動形態の発生率において、大体 —10 m までを碎波帯と考えられるとしたが、場所的に変化はあるが、その最小は —7 m と考えられる。

4. む す び

小平海岸における漂砂機構について、地形ならびに地質上の因子から漂砂源をとらえ、かつ沿岸流況調査の結果、たとえば湾奥部を際として夏季および冬季によって沿岸流の逆転流する現象が得られたことなどから、一般に波による流れの方向に漂砂が多い場合であっても、波の方向と逆に堆積することもあるので、漂砂の移動機構の調査にあたっては海岸の現象的考察が必要と考えられる。

また当海岸において昭和 45 年より離岸堤が施工されその効果が認められているが、以上の考察から一般的に trough ならびに bar における漂砂移動量が大きく、かつ汀線に対し直角方向の移動量が大きい場所に離岸堤を設置した場合、その効果が現われるのではなからうかと思われるが、離岸堤を設置したことにより粒径群がどのような過程を経て堆積しおよび移動するのか。また、底質を移動させる要因の強さと頻度ならびに浮遊砂濁度等の調査から、離岸堤の効果を今後考察してゆきたいと考える。

本調査は、留萌土木現業所の協力のもとに行なった現地調査の結果であり、ご協力をいただいた長谷川治水課長、坂口技術係長に対し、ここに記して感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 工業技術院地質調査所:「焼尻島」「留萌」「鬼鹿」, 昭和 35 年
- 2) 第 1 港湾建設局編: 掘込港湾の計画に関する研究, 昭和 44 年
- 3) 樋口明生: 湾内の流れ, 土木学会関西支部, 昭和 42 年 3 月
- 4) 福島久雄他 3 名: 石狩川の河口構造, 第 8 回海岸工学講演会講演集, 昭和 36 年