

北海道太平洋岸における海岸侵食の特徴

——内浦湾、日高・胆振海岸の侵食成因調査から——

鴻 上 雄 三*・井 波 宏 之**・星 藤 男***

1. ま え が き

海岸侵食の防止対策を検討する場合に、個々の海岸の侵食、堆積の過程を知り、あわせて要因の主体を明らかにしておく必要がある。

内浦湾、日高・胆振海岸は北海道でも屈指の侵食被害激甚海岸で、突堤・護岸などによる防護にもかかわらず、沿岸の鉄道、道路が再三にわたり路線変更を余儀なくされたことで有名な海岸であるが、筆者らは、前者について38年度から3年間、後者について40年度から4年間、地形、地質、河川流出土砂量、侵食現況、侵食要因に関する諸調査に参加し、沿岸の波浪、流れ、海岸変形に関する多くの資料を得、海岸全体としての侵食、堆積の過程および成因の考察を行なった^{1),2)}。

この報文ではそれらを要約して

1) 侵食が海岸の地質との関連で説明され、現在、その進行のもっとも著しいのは主として新第3紀以降の比較的軟弱な地質に属する地域である。

2) 海浜の変形量が、来襲波の沿岸方向のエネルギー変化とよい相関にある。

3) この海岸に特有な超塩基性岩石などに着目した漂砂分布、あるいは沖合底質の火山灰含有量分布などの結果が、海岸全体の漂砂機構の考察に有効である。

など、いくつかの知見について述べる。

2. 内浦湾、日高・胆振海岸の概況

海岸の形状は図-1に示すとおりで、内浦湾は直径50 kmの円形で、延長150 kmの海岸線を持ち、湾口を南東で太平洋に開き、日高・胆振海岸は襟裳岬～地球岬間230 kmの太平洋に面する弓形の海岸で、苫小牧付近がその変曲点に当たる。

(1) 海岸の現況

a) 内浦湾

海岸の性状は外力、地理的条件から3つに分類できる。

① 北東海岸：このうち静狩～有珠間は火成岩系の地質に属し、侵食に対してはきわめて強い抵抗力を示す。長流川～稀府の東部北東海岸は沖積層および海岸段丘からなり、侵食にはきわめて弱い地層である。この海岸は、湾口からのうねりとW～WNWの季節風による強い風波とを受ける位置にあり、段丘は絶えず高波に洗われて崩落を続ける。崩落土砂による補給があって侵食速度は1～3 m/年と遅く見える(図-4.1)が、前浜の砂には細粒が見られず、沖方向への移動が考えられ、ボーリングの結果も基盤が深くしかも砂層が東になるにつれて厚くなることから、冬期風波の勢力のほうが強く、稀

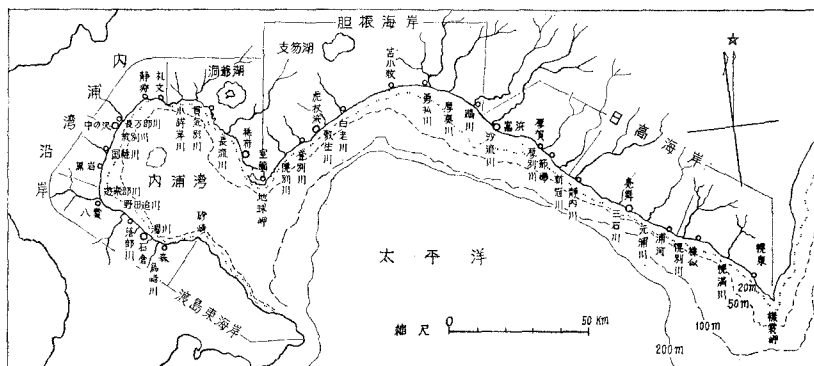


図-1 内浦湾、日高・胆振海岸概要図

府前面沖が堆積の場所と推察できる。

② 北西海岸：静狩～八雲間は沖積層の単調な砂浜海岸で、とくに国縫までの北部海岸は、水深20m程度の海底の隆起による離水海岸で、砂粒は微細で侵食にはも

* 正会員 北海道開発局土木試験所 港湾研究室長

** 正会員 北海道開発局室蘭開発建設部
苫小牧港建設事務所 第1工務班長

*** 正会員 北海道開発局小樽開発建設部 築港課計画係長

っとも抵抗力の弱い地層を形成する。海岸の年平均後退速度は中の沢で5~15mである(図-4.2)。浸食は年間を通して徐々に進行するのではなく、1度の高波で急激に行なわれる特徴があり、4m等深線が39年7月と40年3月とで60~70m岸に近づき海浜全体に深くなっており、浸食の激しい海岸である。この海岸は冬季節風の影響はないが、湾口から直接侵入するうねりおよび冬期日本海を通過する低気圧による風波により、著しく海浜が変化する。

③ 南西海岸：北東海岸の対岸に当たり海岸の現象はまったく逆である。全般に凝灰岩、泥岩の堆積岩が多く、海食崖を形成している。この海岸は人工構造物により浸食を最小に防いでいる状態にある(図-4.3)。とくに落部~石倉間が激しく、地形的にも湾口からと季節風との波浪をともに受ける位置にある。この海岸は海底勾配が急で、波が斜めに入射するから、海崖の崩落があっても浸食の速度が早い。沿岸方向の強い流れが浸食を促進させている海岸である。漂砂の動向は落部漁港の築設に伴う左岸汀線の大規模な前進から、通年的には湾口方向が多く、堆積場所は砂崎の砂州の発達状況からその前面と見られるが、海底勾配が急なので沖方向への流出も考えられる。

b) 日高・胆振海岸

日高・胆振海岸の特徴は海岸線全般が非常に単調で、日高海岸はほとんど海岸防御工が行なわれ、自然浜として残されている部分が少なく、胆振海岸は大規模な砂浜で構成されていることである。そして日高海岸の港湾施設のある所では、例外なく東側に砂が堆積し、西側に浸食が見られ、また、西に向かうにしたがって大きい河川が流れ、漂砂現象も顕著になっている。一方、胆振海岸は部分的に浸食の見られる個所もあるが、全体としては安定な海岸に属している。

① 東部日高海岸：襟裳岬~元浦川間は非常に硬質な変成岩およびかなり硬質な先白堊紀の堆積岩からなり、浸食には強い抵抗力がある。この海岸は、夏季の台風と冬季節風との影響を受ける位置にあり、海岸における営力は大さいが、過去に浸食され尽くして基盤が露出し、現在ではほとんど浸食の認められない海岸である。

② 中部および西部日高海岸：元浦川~鶴川間は新第三紀の堆積岩からなる比較的軟弱な地層の海岸で、海食崖を形成している。このうち元浦川~静内の中部日高海岸は両端を岬や岩礁に挟まれた凹形の海岸が多く、三石~東静内の沿岸100~200mの間は波食を受けた岩質の岸が平行し、汀線における浸食は起こらず安定を保っている。梟舞における観測によれば岬をう回する漂砂が存在し、前浜土砂の年間最大移動量は $25\text{ m}^3/\text{m}$ であるが、外力の転向に応じて湾曲海岸を砂が東西に移動するだけで、年変化としてはほとんど表われていない(図-2.1)。

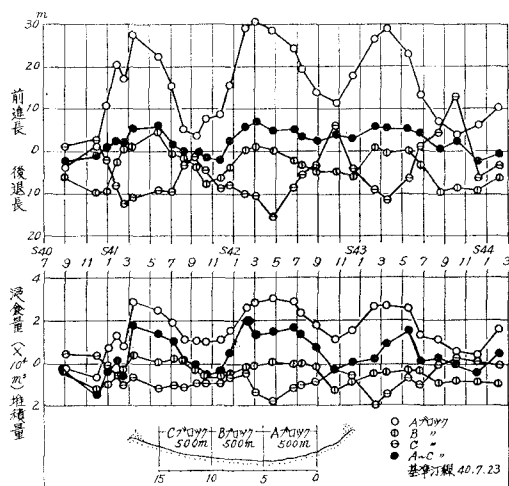


図-2.1 汀線変化と前浜土量(梟舞)

静内~鶴川の西部日高海岸は、海岸線に沿って段丘や砂丘が分布し、浸食にはきわめて弱い地層を形成する。節婦、厚賀の漁港はそれぞれ新冠川、厚別川の西側に位置するため、卓越する西向きの沿岸流により運搬される排出土砂が、港の東側に堆積し汀線の著しい前進を招き、港内埋没を生じている。一方、西側は土砂の供給が断たれて浸食が進み、突堤、護岸による防御にもかかわらず、鉄道、道路が再三路線変更を行なったことで有名な海岸である。すなわち、最近20年間における防波堤の建設により、それまでの漂砂の均衡が人工的に破られて海岸浸食を誘起した典型的な例となっている^{3),4)}。門別~富川間は現在、日高海岸のうちもっとも浸食の激しい個所となっているが、中央部のシノダイ岬により東西

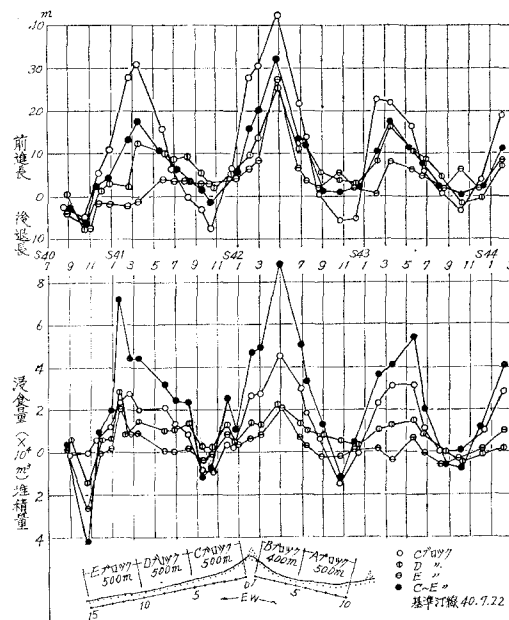


図-2.2 汀線変化と前浜土量(富浜東海岸)

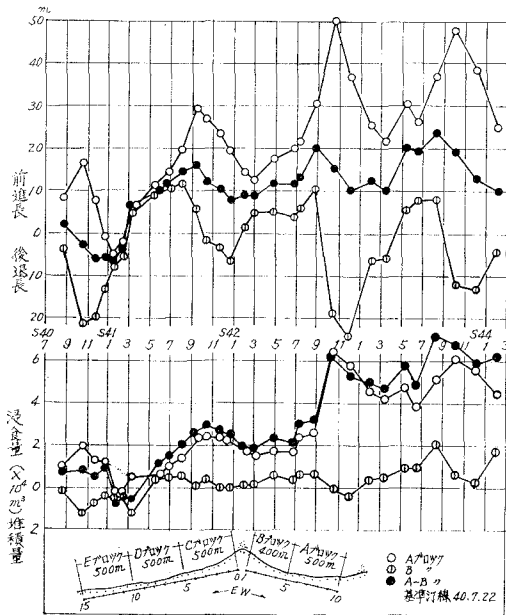


図-2.3 汀線変化と前浜土量(富浜西海岸)

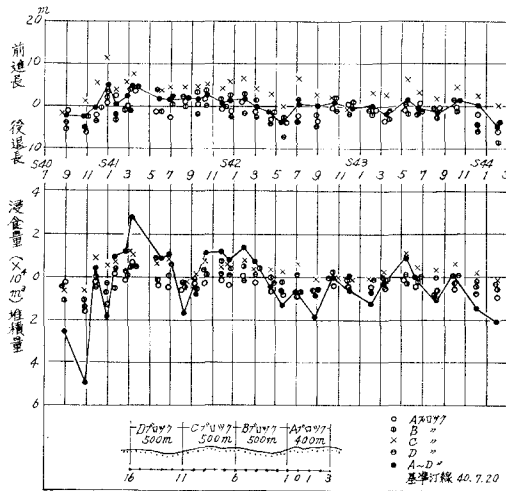


図-2.4 汀線変化と前浜土量(虎杖浜)

の性状を異にする。岬のすぐ東側は、西向き沿岸流が卓越する10~11月に東方の土砂の移動が起こり、岬を中心に堆積して汀線を前進させ、東向きの沿岸流が卓越する2~5月に後退する。

汀線測量の東基線について、前浜土砂の年間最大移動量は $75 \text{ m}^3/\text{m}$ と大きい、全体としての土量の年変化はほとんど見かけ上は安定を保っている(図-2.2)。一方、西基線については、その中央から東側が岬の遮閉域に当たり浸食は少ないが、西側は9~10月の台風期の高波により1度に大きく浸食し、それが1~3月の前進期に回復せず、浸食は年々増大する。この個所の浸食量は年間最大 $50 \text{ m}^3/\text{m}$ で、西基線全体については平均 $16 \text{ m}^3/\text{m}$ の土砂が流出し、汀線は平均 $7 \text{ m}/\text{年}$ 後退する(図

—2.3)。

③ 胆振海岸：地質的に鶴川~苫小牧の沖積層区と、苫小牧から地球岬に至る後背に火山岩地域を持つ沖積層区とに分けられる。海岸は突出部のない単調な砂浜で海底勾配が緩やかで、台風時の波浪は地形の影響で海岸に直角に入射し、季節風は吹送距離が短く高波を伴わず、海浜変形に与える作用が小さく、したがって全般的に安定な状態を保っている(図-2.4)。

(2) 汀線の長期的変動

図-3.1, 3.2は過去のある時から現在までの海岸線の移動速度を表わすもので、ほぼ10~80年の平均値である。この資料は現地古老からの聞き込みによる結果を整理したもので、海岸によって起算の年代が統一されていない点、および護岸、突堤などが築設された海岸では、その時から移動速度が激減するから平均値は小さくなるという点の考慮が必要である。

これらの図からも内浦湾、日高・胆振海岸は全般的に浸食を受け、その度合が、2.(1)の分類による海岸の地質との関係で説明される。

(3) 河川流出土砂量

表-1.1, 1.2は、それぞれの海岸から選んだ代表河川の水量と流砂公式とを結びつけて計算した海岸全体の流出土砂量を示すもので、限界掃流力、流砂量の計算に

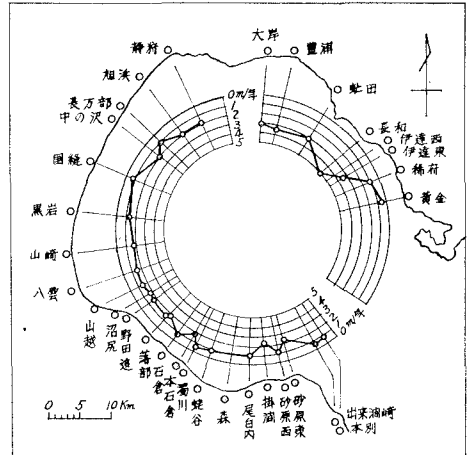


図-3.1 汀線の浸食速度(内浦湾)

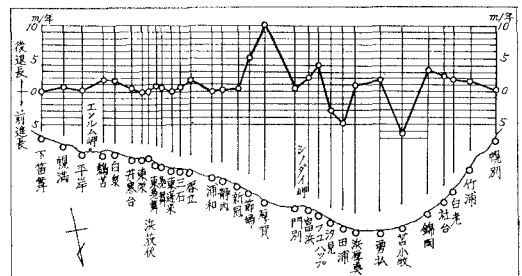


図-3.2 汀線の浸食速度(日高, 胆振)

表-1.1 河川流出土砂量 (内浦湾)

河川名	面積 (km ²)	延長 (km)	勾配 <i>I</i>	粒径 <i>d</i> (cm)	流砂量 <i>Q_B</i> (m ³)
長流川	305.6	45.0	1:600	0.33	47,000
貫気別川	236.0	27.0	1:540		72,000
小鈴岸川	38.0	7.2	1:230		20,000
小計	北東海岸の沿岸距離 46.0 km 1 km 平均				139,000 3,023
長万部川	109.6	18.4	1:740	0.81	33,000
紋別川	32.1	9.4	1:220		17,000
国縫川	50.8	12.0	1:420		22,000
小計	北西海岸の沿岸距離 30.6 km 1 km 平均				72,000 2,355
遊楽部川	330.4	27.2	1:400	1.81	125,500
野田追川	120.0	26.7	1:210	1.81	63,500
落部川	125.2	21.0	1:400		48,000
濁島川	40.3	11.6	1:75		21,000
崎川	72.4	16.6	1:100		38,000
小計	南西海岸の沿岸距離 59.0 km 1 km 平均				296,000 5,020

はそれぞれ栗原公式, Brown 公式を用いている。

3. 平均汀線および前浜土量と波のエネルギー

平均汀線および前浜土量の変動は、図-2、図-4 の上段に示すとおり年間を通して堆積期と浸食期が交互に訪れ、年を単位とする周期性があり両者の相関は非常によい。一方、海岸に襲撃する波浪、沿岸流の特性は季節的に特有な変動を示すから、海岸変形と波浪の特性には密接な関係があることが考えられる。

一般に海岸変形に係る要素は、波高、波形勾配、波向、海岸勾配、底質の性質、流れなどであるが、ここでは外力の大きさを表わす指標として海岸に到達する波のエネルギーの沿岸方向成分を用いて、平均汀線および前浜土量との比較を行なってみる。

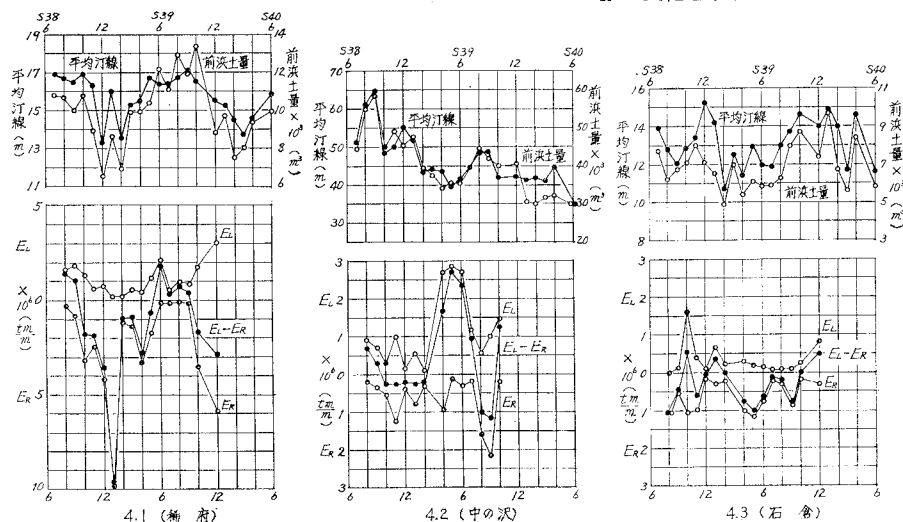


図-4 平均汀線, 前浜土量と波のエネルギー

表-1.2 河川流出土砂量 (日高・胆振)

河川名	面積 (km ²)	延長 (km)	勾配 <i>I</i>	粒径 <i>d</i> (cm)	流砂量 <i>Q_B</i> (m ³)
幌満川	159.92	22.4	1:120		13,800
幌別川	341.92	32.4	1:900	1.32	0
小計	東部日高海岸の沿岸距離 45.0 km 1 km 平均				13,800 307
元浦川	288.80	34.8	1:300	0.70	24,900
三石川	170.04	26.0	1:300		14,600
静内川	645.00	60.0	1:440	1.20	219,400
小計	中部日高海岸の沿岸距離 47.0 km 1 km 平均				258,900 5,509
新冠川	406.40	72.4	1:550		138,200
厚別川	284.60	36.4	1:500		33,500
沙流川	1,354.40	95.6	1:730		159,500
小計	西部日高海岸の沿岸距離 38.0 km 1 km 平均				331,200 8,716
鶴川	1,268.00	128.0	1:1,100	0.08	141,300
老川	92.80	23.5	1:420	0.40	34,600
敷生川	144.00	19.6	1:550		53,700
登別川	52.40	13.6	1:180		19,500
幌別川	84.40	16.4	1:360		31,500
小計	胆振海岸の沿岸距離 100.0 km 1 km 平均				280,600 2,806

砕波線において沿岸に平行方向に単位幅を単位時間に通過するエネルギー E_a は

$$E_a = (1/16 T) \cdot n \omega_0 H^2 L \cdot \sin 2\alpha \cdot K_r^2, \dots (1)$$

ここに, K_r : 屈折係数, α : 砕波線における波の入射角, ω_0 : 海水の単位体積重量, n : 水深 h における波速と群速度との比, H, L, T : 水深 h における波高, 波長, 周期。入射角 α は汀線に直角方向を 0° にとると $+\alpha, -\alpha$ に分けられるから、波が左手から入射する場合を E_L , 右手から入射する E_R とする。

図-4.1~4.3 は内浦湾沿岸の稀府, 中の沢, 石倉における毎月の平均汀線および前浜土量と $E_L, E_R, E_L - E_R$ の変化を示す。エネルギーの算出は毎日 12 時に観測

した波の諸元をその日の代表値として用い、前回の汀線測量から次回までの間を累積したものである。

まず稀府について比較する。この海岸の E_R は 6, 7 月に最大, 1, 2 月に最小となる変動を示す。 E_R はこれと異なり夏期に最小, 冬期に最大となる。 $E_L - E_R$ は E_R の値が

年間を通して大きいのでその変動傾向に一致する。7月ころに最大になる $E_L - E_R$ は、秋期から冬期にかけ E_R が増加するので11月以降は急激に E_R の領域に入る。この時期は季節風の発達期に当たり波形勾配、波高の大きな波が来襲する。同時に沿岸流も強くなる。2月以降は季節風が弱まり、湾口から侵入する波の頻度が多くなり E_L 成分が増加する。 $E_L - E_R$ は5月ころに E_L の領域に入り、7、8月に最大となる。

このように年間を通してのエネルギーの変動は、波浪特性の変動状況に一致する。このことは $E_L - E_R$ の大きさが稀府の汀線の前進、後退を支配する大きな要素になっていることを示唆する。したがって冬期の季節風により発達する風波は、 E_R を急激に増大させ汀線の後退を促進する。後退した汀線が回復するには、堆積期にこの E_R に相当するだけのエネルギーがなければならぬ。もしそれが小さければ、汀線は後退し浸食となって現われる。

中の沢の傾向は稀府の場合とやや異なる。汀線の前進は $E_L - E_R$ が E_L の領域にある時に生じ、 E_L の領域では後退する。しかしこの海岸は全般的に浸食傾向にあるので、1年経過後も汀線は回復しない。これらのことから考えて、中の沢における浸食要因の1つに、冬期から春期にかけて日本海を通過する低気圧による発達した風波をあげることができる。この低気圧はしばしば台風級にまで発達してオホーツク海方面へ抜ける。この時、北海道の太平洋側ではS～SSE方向からの風波が急激に発達する。中の沢は、この波を汀線直角方向からやや右側に受けるので、 E_R が大きくなり汀線は著しく後退する。石倉は稀府の対岸に当たり、 E_L は冬期、 E_R は夏期に大きくなる。しかしエネルギーの大きさは稀府に比較して非常に小さい。 $E_L - E_R$ と汀線の関係は稀府ほど明らかでないが、 E_L 、 E_R 領域でのピークは汀線の後退、前進に一致している。

4. 重鉱物、礫種の分布から見た日高・胆振海岸の漂砂の動向

(1) 重鉱物の分布

一般に海岸の砂の構成鉱物を知ることにより、その源となる岩石の種類が推定され運搬経路の手掛りが得られる。しかし、砂の大部分は石英、長石からなり、よほどの特徴がなければならぬ。そこで石英、長石などの軽鉱物(比重2.9以下)や砂粒の間を埋める基質を除き、重鉱物(比重2.9以上)だけを取り出して顕微鏡で観察することにより、砂の特徴をつかむことができる。

北海道中軸帯には日高変成帯や神居古潭変成帯が南北に発達し、これらの変成帯にはそれに特有な蛇紋岩、礫らん岩など超塩基性岩が分布する。クローム鉄鉱は超塩基性岩にのみ産し、比重4.32～4.57、屈折率2.07～2.16

表-2 クローム鉄鉱の分布

採取地名	原試料 (gr)	塩酸 洗量 (gr)	重鉱物/ 試料10gr	重鉱物量/ 全量 (%)	クローム 鉄鉱の有 無
静内入舟町	100.2	67.0	4.2	28.1	○
静内駒場	108.8	87.7	3.5	30.8	
新冠川河口	100.0	77.3	5.8	44.7	○
節 婦	100.0	63.5	3.4	21.6	○
大 狩 部	100.0	64.8	2.6	16.9	○
厚 賀	105.9	65.2	1.7	11.1	
慶 能 舞 川	100.0	75.3	9.4	70.8	○
波 恵	102.4	80.7	4.5	36.1	
富 浜	106.8	77.8	3.7	29.8	
沙流川河口	57.2	42.0	2.4	10.1	○
鷗 川 河 口	100.0	65.5	3.6	23.6	○
入鹿別川河口	107.8	63.8	3.2	20.4	
苫小牧市堺	100.0	77.0	0.2	1.5	○
安平川河口	105.2	75.7	3.1	23.5	○
苫小牧 No.7	100.9	34.7	2.6	9.1	
〃 No.4	70.0	61.8	1.5	9.3	○
〃 No.2	100.0	64.2	4.0	25.6	○
小糸川河口	100.0	75.3	5.1	38.4	
錦 岡	49.8	27.9	5.1	28.6	
党 生 川	100.4	74.3	3.1	23.0	
社 台	106.0	81.2	3.2	26.9	
本 村	104.4	73.6	5.0	36.8	○
白 老	100.4	74.8	4.0	30.1	
萩 野	100.0	74.2	3.8	27.8	
敷 生 川	100.0	69.9	4.7	32.9	
虎杖浜内	103.8	67.3	5.5	36.8	
虎 杖 浜	100.0	60.1	5.3	31.9	

である。したがって、クロム鉄鉱の有無を調べることに
より漂砂の経路の推定ができる。

表-2は、静内～虎杖浜間27カ所の試料の分析結果で
クローム鉄鉱は静内～苫小牧間に存在し、苫小牧以西で
は本村で1個見られただけである。この調査では個数は
調べていないが、苫小牧付近に比較的多く存在する。

このような分布の特徴から考えると、超塩基性岩を流
域に持つ河川(鷗川以東の河川で沙流川、三石川、静内
川、幌別川など)により流出した砂が、沿岸流により苫
小牧まで運ばれその付近に蓄積されたものといえる。

(2) 礫種の分布

重鉱物を利用した漂砂の移動経路推定が、砂に含まれ
る特殊鉱物に注目し、その源の岩石を推定するという間
接的な方法であるのに対し、礫種を利用する礫の移動調
査は、源となる岩石を直接見ることができる有利さを持
っている。日高・胆振海岸はこの調査に適したいくつか
の特徴がある。

1) 日高海岸へ流出する河川(歌別川～鷗川)の流域に
は、日高変成帯、神居古潭変成帯が分布し、これに起源を
持つ礫が大量に供給され、しかも海岸での漂流に際し強
固である。そして鷗川以西の河川からは供給されない。

2) 逆に、日高・胆振海岸において勇払川以西の河川
には火山岩類が供給され、これより東側の河川からは浮
石を除く火山岩類が供給されない。

3) 様似、幌満付近には、きわめて狭い範囲に分布が

表-3 底質の性状

水深 (m)	鳶 舞 (昭43.2.11)					苦 小 牧 (昭43.1.3)					虎 杖 浜 (昭43.3.12)				
	粒径 (mm)		篩分係数 S	標準偏差 σ	火 山 灰 含有量 (%)	粒径 (mm)		篩分係数 S	標準偏差 σ	火 山 灰 含有量 (%)	粒径 (mm)		篩分係数 S	標準偏差 σ	火 山 灰 含有量 (%)
	d_m	d_{50}				d_m	d_{50}				d_m	d_{50}			
5	0.244	0.094	1.18	1.51	1.4	0.155	0.079	1.16	1.21	1.7	0.321	0.110	1.50	1.72	1.1
10	0.162	0.081	1.19	1.28	0.9	0.197	0.082	1.18	1.25	0.3	0.178	0.085	1.15		0.7
15	0.222	0.089	1.17	1.29	0.6	0.160	0.078	1.17	1.20	1.1	0.182	0.088	1.12	1.20	0.6
20	0.229	0.080	1.20	1.03	1.1	0.671	0.290	1.72	1.85	28.2	0.191	0.087	1.17	1.20	0.8
30	0.226	0.088	1.12	1.19	2.7	0.506	0.200	2.19		17.8	0.180	0.080	1.24		4.1
40	0.216	0.083	1.19	1.19	3.7	0.493	0.200	2.39	2.40	12.0	0.156				10.4
50	0.310	0.085	1.39	1.51	16.7	0.364	0.202	1.74	1.00	13.8	0.190	0.082			15.2

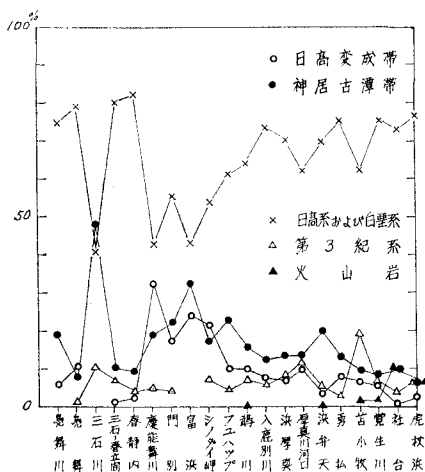


図-5

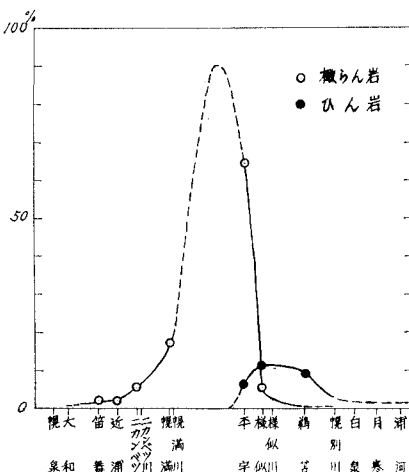


図-6

と点在するものが白泉, 月寒を越え浦河まで追跡できる。

5) 幌満付近を中心にニカン別川より平宇川までの河川によって供給される礫りん岩の礫は、幌満北西で数10%を占め、南東では大和まで分布し幌泉以遠では認められない。一方北西では、様似付近で数%を占め、それ以遠では点在するものが月寒付近でも認められる。

限られるひん岩、礫りん岩が海岸近くにあり、これらの礫は他と見分けられやすい。

図-5, 6に幌泉～虎杖浜間の礫の分析結果を、表-3に鳶舞, 苦小牧, 虎杖浜における底質の分析結果を示す。これらの図表から次のような特徴が見られる。

1) 上記変成帯からの礫の供給がある鵜川以東では、日高変成帯の礫は三石付近を除き10%以上を占め、神居古潭変成帯の礫は10数%を占める。一方、これらの礫の供給のない鵜川以西ではそれぞれ10%, 10%以下となり、西へ向かうにしたがって減少の傾向を示す。

2) 上記変成帯の礫がともに苦小牧の西方に至っても数%存在する。

3) 火山岩類は虎杖浜から苦小牧まで分布し、苦小牧以東では浜弁天、鵜川に1個見られる。なお、虎杖浜～苦小牧間の幌別川、白老川、社台川より流出する礫の80～90%は火山岩であるのに、この間で少ないのは海岸での漂流に際し変成岩よりも著しく弱く、細分されて沖合へ流出するものである。表-3で沖方向の底質の火山灰含有量に顕著な境界が認められることは特筆される。

4) 様似付近に露岩するひん岩の礫は様似で10%を占め、南東では平宇まで分布しそれ以遠では認められないのに対し、北西では幌別川まで数%を示しこれを過ぎる

以上、重鉱物、礫種の分布から推定される日高・胆振海岸の漂砂の動向は、2. (1)に述べた海岸の現況から考察される漂砂の動向を再確認するものである。

5. む す び

以上内浦湾、日高・胆振海岸における浸食の現況、成因に関していくつかの特徴を述べてきたが広範囲の海岸で漂砂問題を考える場合には、どうしてもMacro的視野に立ち、地質学的考察を加えることが必要である。この報文では問題が広範囲なため、波、沿岸流など説明資料を省略したが文献を参照されたい。終わりに、この報文は、当所の河川、港湾、応用理化学、地質研究室による合同調査の1部であることを付記し、関係各位の労に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 内浦湾における海岸浸食の現況とその成因について、北海道開発局土木試験所報告第43号、昭42.2.
- 2) 日高、胆振海岸における海岸浸食の現況とその成因について、北海道開発局土木試験所報告第51号、昭45.1.
- 3) 日高海岸節厚質両港調査研究報告、北海道大学工学部理学第1、水工学第1研究室、昭38.3
- 4) 福島・柏村・八嶽・高橋：日高海岸における漂砂の研究(1),(2)、第9,10回海岸工学講演会講演集、昭37,38.10