

鵠川海岸における海浜地形について

THE BEACH PROFILE AT THE MUKAWA COAST

戸巻昭三¹・柏葉導徳²・竹沢三雄³・後藤浩⁴

Shozo TOMAKI, Mitinori KASIBA, Mitsuo TAKEZAWA and Hiroshi GOTOH

¹正会員 博士(工学) 株式会社クマシロシステム設計(〒060-0807 札幌市北区北7条西2丁目8)

²正会員 北海道網走土木現業所(〒093-8670 網走市北7条西3丁目)

³フェロー会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科(〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8)

⁴正会員 博士(工学) 日本大学専任講師 理工学部土木工学科(〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8)

The change of beach profiles at the Mukawa Coast was considered by the overlap of soundings from 1994 to 1999 in this paper. The change of sediments divided into 12 small parts was compared with the wave climate at the Mukawa Coast and the discharge at the Mukawa River, and the form of sediment transport was shown by the Shields Number and the Cluster Analysis. Consequently, the beach profile of the Mukawa Coast was eroded on the whole from August in 1994 to February in 1999 by construction of the Mukawa fishing harbor.

Key Words : shoreline change, cluster analysis, form caused by sediment transport movement

1. はじめに

北海道南東部の太平洋に面する胆振・日高沿岸の鵠川漁港は、一級河川鵠川(流域面積 1,270km², 計画高水流量 3,600m³/s)の南東2kmに位置する。この鵠川漁港は第1種漁港で、1973年より建設が進められたが、漁港建設後急激に漁港の西側海岸の侵食が進み、鵠川河口砂州の規模が経年的に減少した。そのために、1994年8月から1999年2月までの間、年2回継続的に深浅測量が実施され、また1994年8月と1995年2月には底質粒径調査が行われた。

本論文は、鵠川漁港の位置する鵠川海岸の深浅測量調査から得られた地形の経年変化と底質粒径分布状況から、鵠川海岸における海浜変形について考察したものである。

2. 鵠川海岸の概要

(地形)

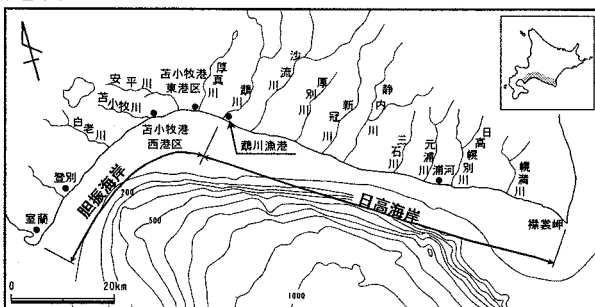


図-1 胆振・日高沿岸と鵠川海岸位置図

鵠川海岸は、図-1に示すように日高山脈が屹立して迫り、岩礁が広範囲に分布する日高沿岸¹⁾(延長130km)と、登別・室蘭付近に一部岩礁が見られるものの、おおむね砂浜をなす胆振沿岸(延長120km)との中間に位置する砂浜海岸で、その海岸線の法線は、ほぼ北西から南東方向へ直線的に伸び、海底勾配は1/120の緩勾配を形成している。

(波浪)

図-2に示すように、鵠川海岸より北西10kmに位置する苫小牧港東港区における波浪観測(水深-18.5m)から得られた波向別波高出現頻度分布²⁾によると、来襲する波向は、SSW~S方向が89%を占めるのに対し、SSE方向は僅か2.6%の出現率に過ぎない。また波高は、0.5~0.9m以下が47.4%、1.5~1.9m以下が13.4%そして3.0m以上は僅か0.2%の出現率である。しかし、この0.2%の出現率を示す3.0m以上の波高には、鵠川海岸の最多波向S、SSWがそれぞれ0.1%づつ含まれている。

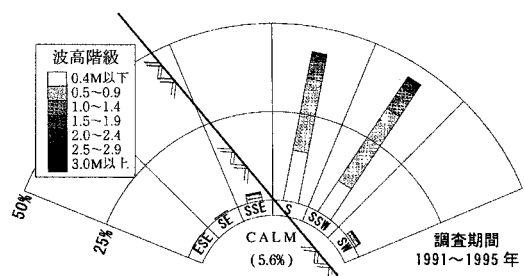


図-2 波向別波高出現頻度分布図(年間)

沿岸流³⁾の卓越方向は、2月下旬から西向きに変化し、6~8月で最大になる。9月を過ぎると東向きに変化し、1月で最大になる。これらの転流は非常に緩やかであり、年間を通じての卓越方向は西向きが全体の3/4を占め、沿岸流の最大流速は50cm/s程度である。

鵠川海岸の漂砂源としては、図-3⁴⁾に示すように鵠川、沙流川を中心とした鵠川以東の諸河川からの流出土砂、特に新冠川からが多く、その土砂が西向きの沿岸流で鵠川海岸に運ばれてきているものと考えられる。

Figure 1 is a scatter plot showing sediment discharge (m³/YEAR) on the Y-axis (0 to 40,000) versus distance from MURORAN (km) on the X-axis (0 to 234). The plot includes data for several rivers: 福振川 (Fukuhira River), 豊川 (Toyohira River), 紫生川 (Muroran River), 社台川 (Shitai River), 新堀川 (Shinburi River), 沙流川 (Sagami River), 静内川 (Shizunai River), 元浦川 (Muroran River), 日高橋川 (Hinagashi River), and 幌川 (Horo River). The legend indicates that black circles represent the Kuroshio (黒潮) and white circles represent the Sea of Japan (日本海). The discharge is highest for the Kuroshio, reaching up to 40,000 m³/YEAR, while the Sea of Japan discharge is much lower, generally below 5,000 m³/YEAR.

現地調査は、表-1に示す通り1994年8月から1999年2月までの約5ヶ年間にわたり、鵜川漁港と鵜川を中心に沿岸方向5000m、岸沖方向2100mの調査範囲に51測線を設け深浅測量を行った。また1994年8月と1995年2月の2回、汀線、水深-3.0m、-6.0mおよび-9.0m付近における52地点の底質調査を行った。

Figure 1 is a cross-sectional diagram of the Tsurumi River estuary. The vertical axis represents depth in meters (0 to 1000m), and the horizontal axis represents distance in meters (0 to 5000m). The diagram shows the seabed profile and the location of the Tsurumi River Port. A legend indicates the data is for four different dates: 1970年5月 (solid line), 1975年9月 (dashed line), 1991年5月 (dotted line), and 1999年2月 (dash-dot line). A table on the left lists the depth of the seabed at various points (A, B, C, D, E) for different dates.

Point	1970年5月	1975年9月	1991年5月	1999年2月
A	220m	220m	220m	220m
B	290m	290m	290m	290m
C	280m	280m	280m	280m
D	167m	167m	167m	167m
E	495m	495m	495m	495m

深淺測量範圍 沿岸×沖方向(m)		測線数	実測年	底質調査
5000×2100		51 測線 (間隔100m)	1994年8月 1995年2月 1995年8月	1) 調査年月 1994年8月 1995年2月
細瀬漁港を中心 2000m×1100m	41 測線 (間隔50m)	1996年2月 1996年8月	2) 底質採取地点数 汀線 19地点	33 地点 6地点 計 52地点
	25 測線 (間隔50m)	1997年2月 1998年8月 1999年2月	-3m 付近 17地点 -6m 付近 10地点 -9m 付近 6地点	
		25 測線 (間隔50m)	1998年8月 1999年2月	

- 1046 -

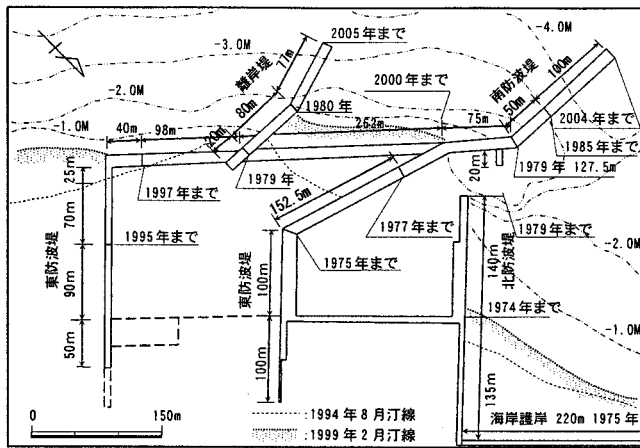


図-5 鶴川漁港防波堤等の延伸経過

環境は大きく変化し、渡り鳥の生息環境やシシヤモの自然産卵床に大きな影響をもたらすようになった。

なお、鶴川河口域は、1998年10月北海道により道設鳥獣保護区に設定されている。

4. 海浜断面地形変化

(1) Stable Point⁶⁾

表-1に示す現地調査のうち、1994年8月、1996年8月、1997年2月、1999年2月の深浅測量図から、測線1、測線12、測線31、測線41における海浜断面地形図を重ね合わせると図-6に示すようになる。

なお、測線1、12、31、41は、図-7の基線に示す測線1からの距離0m、1100m、3000m、4000mにおける岸沖方向の直線である。

すなわち、

- ①測線-1は、この海岸の最東部の基線で鶴川漁港による影響が最も少ない。
- ②測線-12は、西向きに沿岸漂砂が鶴川漁港の影響を受け始めようとする地点に相当する。

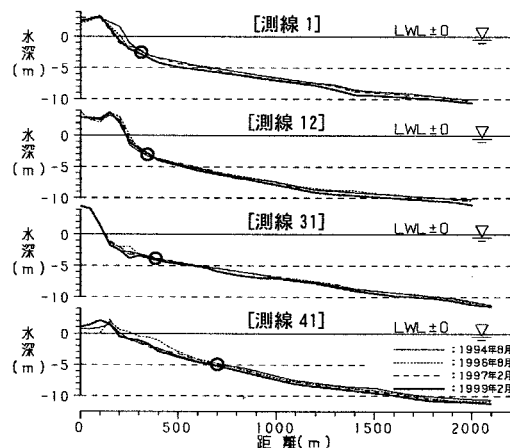


図-6 海浜断面図

- ③測線-31は、鶴川漁港と鶴川河口砂州の中央部に相当する。

- ④測線-41は、鶴川の左岸砂州移動の影響を受ける。

図-6および図-7から、海浜断面地形が安定する地点(stable point)⁶⁾は、測線-1で-3.0m、測線-12で-3.5m、測線-31で-4.5m、測線-41で-5.0mと、漁港から河口に近接するにつれてstable pointの離岸距離が大きくなることが認められた。つまり、鶴川漁港の防波堤が3.0m以深まで伸長されているために、沿岸漂砂が遮断されたことになる。

(2) 小領域の地形変化

表-1に示す5000m×2100mの実測範囲を12領域に区分し、それぞれの領域についての地形変化特性を考察する。

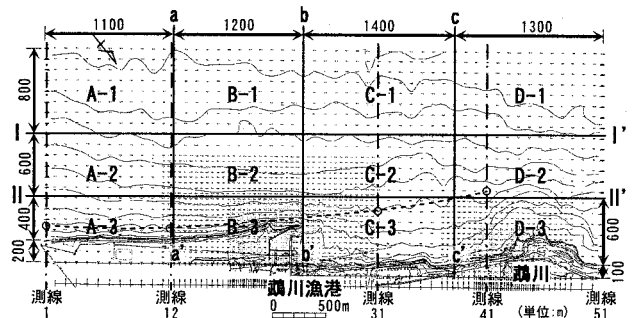


図-7 領域区分

図-7に示すように領域区分は、測線1において水深-8.0mと-5.0mをベースに、I-I'とII-II' lineに区分した。またa-a' lineは測線-12であり、b-b' lineは鶴川漁港南防波堤先端部、c-c' lineは、鶴川左岸側河口砂州端で区分した。なお、a-a' lineは汀線の前進が始まった地点であり、b-b' lineは漂砂の移動が最も激しいと思われる地点、c-c' lineは砂州が最も侵食された地点である。

図-8(a)、(b)は、1994年8月の深浅測量結果をベースに1999年2月までの、各々の領域での土砂量変化を比較をしたものである。また図-9は、深浅測量調査を行った前月(1月、7月)の鶴川の日平均流量⁷⁾と苫小牧港東港区波浪観測値の最大有義波高である。

図-8(b)から、D-1領域で侵食するのは、鶴川の大規模な河川流量に伴う流出土砂が、沿岸に沿って東方向のB-1領域まで移動したからと考えられる。そのため、図-8(a)に示すようにB-1領域は他の領域に比較してかなり多量の土砂が堆積したが、その堆積量も1999年2月の時点で1994年8月の結果に戻った。これは、鶴川の河川流量が長期間にわたり低水量が継続したからと考えられる。すなわち、図-8(a)(b)と図-9から、鶴川海岸の土砂量変化は、鶴川海岸に來襲する波浪や鶴川の日平均流量が多い時期などは、外力の変動に対応して土砂の堆積量や侵食量が一時的に大きな変化をもたらす要因となっているものと考えられる。さらに、鶴川海岸は全体的に侵食傾向にあることが図-8(a)(b)より認められる。

また漁港前面の領域B-3および漁港の上手側のA-3領域、下手側のC-3領域は、A-2、B-2、C-2領域よりも侵食の割合が少ないのは、A-3領域、B-3領域、C-3領域の汀線付近が急勾配であるため、入射波の波高が小さくなるほど砕波点が岸に近寄り⁸⁾、底質移動は岸向き⁹⁾に転じてトラフを埋め戻し、海浜断面地形は図-6に示すようにflatになったからと考えられる。

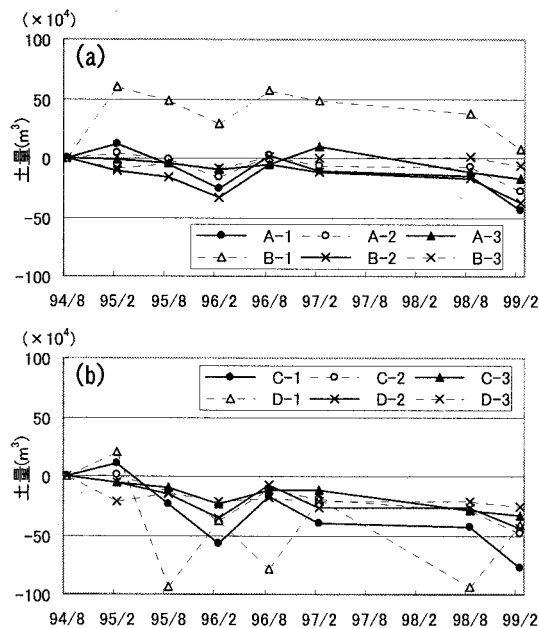


図-8 各領域における土量変化

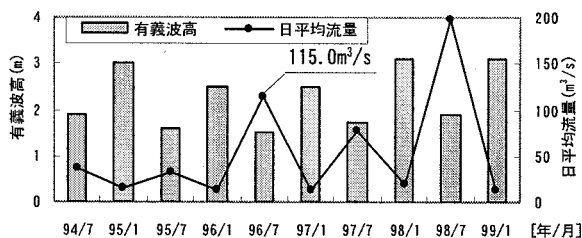


図-9 有義波高と鵜川の日平均流量

5. 鵜川海岸周辺の漂砂移動

(1) 底質調査と粒径分布

図-10は、鵜川海岸の底質土砂⁵⁾を1994年8月と1995年2月の2回にわたって、汀線、水深-3.0m、-6.0m、-9.0mの52地点において採取した底質土砂の採取位置と、領域区分図を重ね合わせて示したものである。

図-11は、1994年4月から1995年2月まで、鵜川で連続水位観測で得られた日平均流量の経時変化である。

また図-12(a), (b)は、底質中央粒径(d_{50})と底質を採取した水深の関係を示したもので、図中の数字は図-10に示す主な採取地点である。

図-12(a)においては、汀線付近に0.18~1.0mmの粗粒砂が分布し、また水深-9.0~10.0m付近の「河口沖合」にも0.1~0.6mmの粗粒砂が分布している。この「河口沖合」の粗粒砂は領域D-1(測点58~60)にも分布しており、

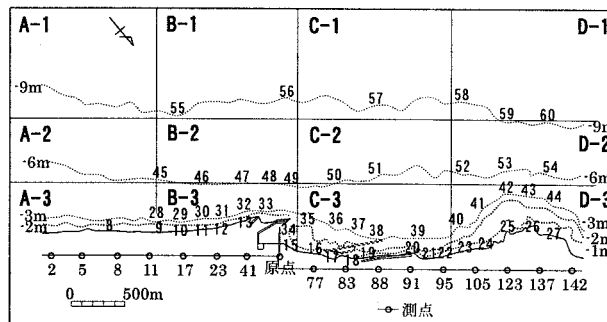


図-10 底質採取位置と領域区分図

土砂の粒径分布から推測すると、領域D-1(測点58~60)から領域C-1(測点57)、領域B-1(測点55, 56)へと移動しているものと考えられる。

1995年2月調査の図-12(b)においても同様の傾向が認められ、ある一定水深に底質粒径が分布する傾向になる。すなわち、鵜川河口からの排出土砂が多いときには、その土砂はD-1からC-1領域、さらにはB-1領域へと移動しているものと推定される。

この底質移動の状況は、苫小牧港東港区建設の海域調査において、鵜川から流出した底質を鉱物分析した結果¹⁰⁾、鵜川からの流出土砂がD-1領域からB-1領域へ移動し、そこに堆積しているという調査結果と一致する。

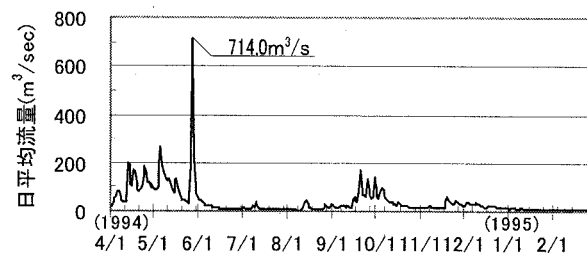
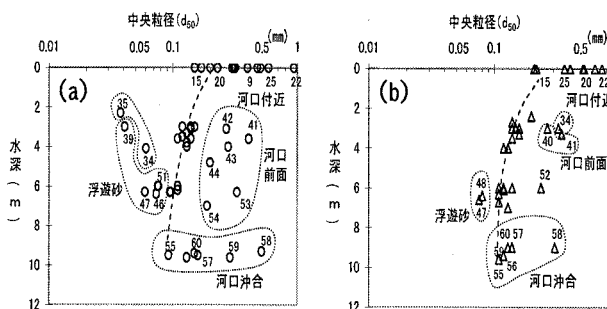


図-11 鵜川の日平均流量の経時変化



(1994年8月調査)

(1995年2月調査)

図-12 底質中央粒径の沿岸・水深方向分布

(2) 底質の諸量を変量値としたクラスター分析

1994年8月と1995年2月に採取した底質から、水深-3.0m、-6.0m、-9.0m付近の33地点の中央粒径、密度、篩分係数を求め、それに波高、水深、海底勾配を加えた6つの変量値を用いてクラスター分析¹¹⁾を行い、底質の移動過程を検討した。

底質調査の1カ月前の苫小牧港東港区の波浪観測データのうち、7月調査の場合の最大有義波高 $H_{1/3}=2.0\text{m}$ と

その周期 $T_{1/3}=5.7\text{s}$ 、1月調査の場合の最大有義波高 $H_{1/3}=3.1\text{m}$ とその周期 $T_{1/3}=7.4\text{s}$ から、各底質採取地点の水深(h)で発生するときの波高(H)を換算した。なお、波向きは汀線と直角方向であるSWとした。

以上の条件より、クラスター分析した結果が図-13(a)、図-14(a)の樹形図である。なお、図-13(a)の樹形図の切り分けにあたって、2.54の距離(図形における高さ)で切り分けたが、さらに4.0の距離で切ってクラスターの分類を多くした。同様な考え方で、図-14(a)の樹形図は0.66と5.35の距離で切り分けた。

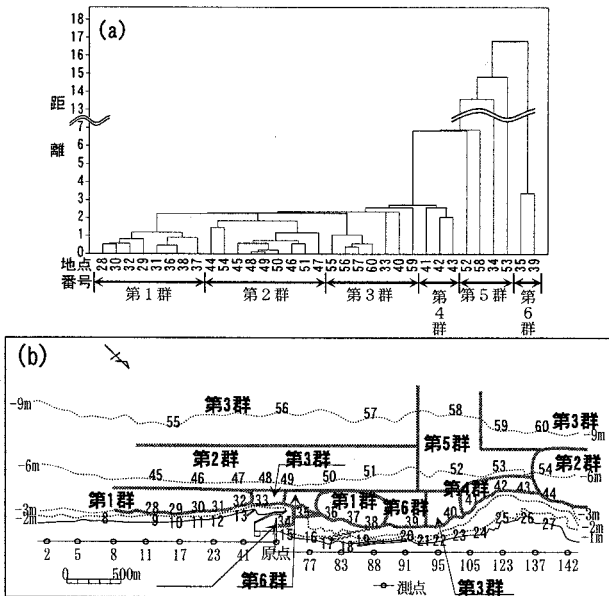


図-13 クラスター分析(1994年6月)

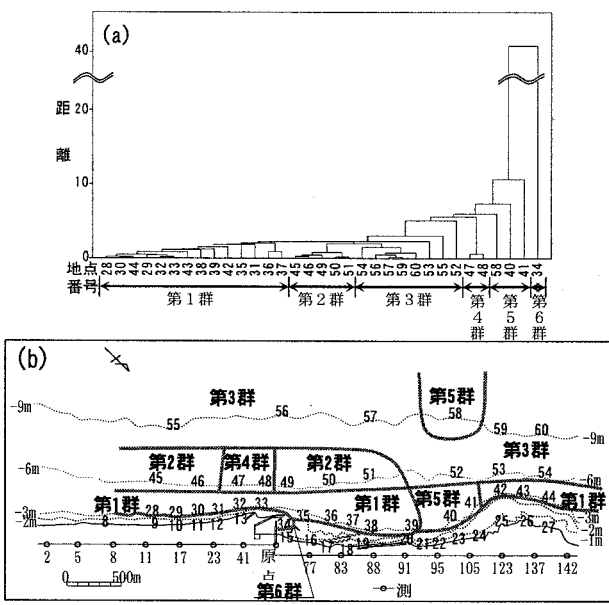


図-14 クラスター分析(1995年2月)

以上の結果から、図-13(b)、図-14(b)に示すように、第1群から第6群までの6群のクラスター群に分類した。

(3) シールズ数(Ψ_m)と漂砂の移動形態

図-15(a)、(b)は、1994年8月と1995年2月における底質採取地点のシールズ数(Ψ_m)と相対水深(h/d)の関係から、底質の移動形態¹²⁾の遷移条件をクラスター群と対比して示したものである。

ただし、シールズ数(Ψ_m)は

$$\Psi_m = \tau_{bm} / (s \rho g d) \quad (1)$$

ここで、 s : 底質の水中比重、 ρ : 水の密度、

g : 重力の加速度、 d : 底質の中央粒径、

底面の最大せん断力 τ_{bm} は、

$$\tau_{bm} = f_\omega \rho u_{bm}^2 / 2 \quad (2)$$

ここで、 f_ω : 海底摩擦係数で0.015

u_{bm} : 海底面での流速振幅の最大値

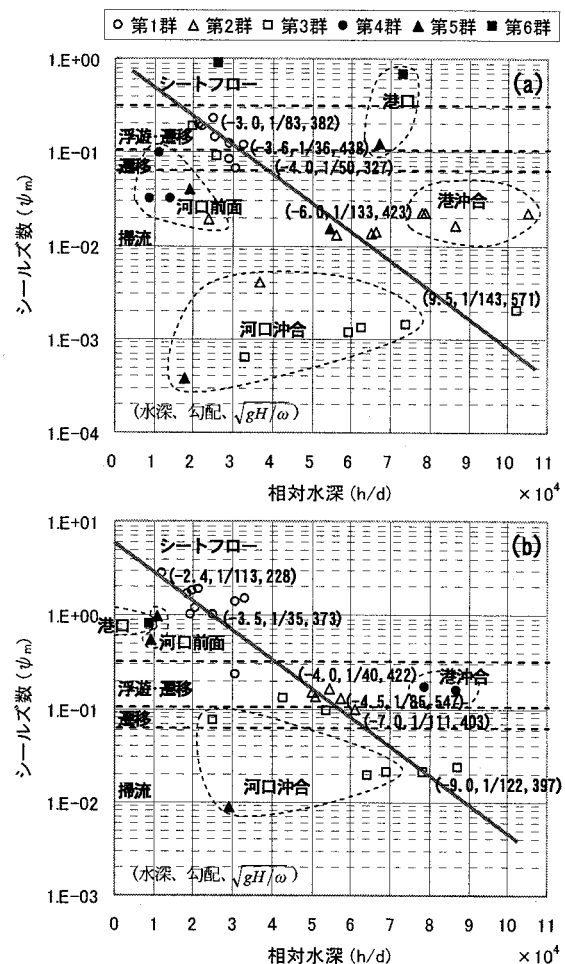


図-15 シールズ数と相対水深の関係

なお、波高(H)は先にクラスター分析を行った際の有義波高($H_{1/3}$)であり、図-15(a)、(b)には底質採取地点の水深(h)、海底勾配および底質の浮遊しやすさを示す無次元沈降速度 $\sqrt{gH}/\omega$ を()に示した。ここで、 ω は砂の底質粒径 d_{50} の沈降速度である。

図-15(a)、(b)から、 Ψ_m と h/d の関係は、図中に示した実線で示され、シールズ数と相対水深は反比例しパラメータのクラスター群はシールズ数が大きい第1群から小さい第5群へと連続的に移行している。また、「河川沖合」の土砂は掃流移動、「河川前面」および「港沖合」

表-2 クラスター群と底質移動形態等の比較

底質採取地点		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
クラスター群	(a) 1994年 8月調査	1					3	5	6	1			6	3	4			2										5	2	3			5	3	
	(b) 1995年 2月調査	1					6	1			5	1		2	4	2		3										5	3						
底質の移動形態	(b)	シートフロー	浮遊・遷移	シートフロー	浮遊・遷移	シートフロー										浮遊・遷移										遷移	浮遊・遷移	遷移	掃流						
	(a)	浮遊・遷移	遷移	浮遊・遷移			シートフロー	浮遊・遷移			シートフロー	遷移	掃流	遷移	掃流																				
領域区分		B-3							C-3					D-3					B-2					C-2		D-2			B-1		C-1		D-1		

の土砂は掃流あるいは浮遊・遷移移動、港口の土砂はシートフローの移動をすることが明らかになった。

表-2は、クラスター群の分布、底質の移動形態さらに小領域区分における土量変化等について、1994年8月と1995年2月の調査を対比させ、総合的に評価したものである。

表-2より、「シートフロー」が存在するのは2月調査の測点34～44（小領域区分のB-3の一部、C-3、D-3）で、8月調査では採取地点35、39以外に「シートフロー」は存在しない。逆に「掃流」形態は、8月の調査範囲のほぼ半分の測点41、43～60（B-1、B-2、C-1、C-2、D-1、D-2、D-3の一部）に存在するが、2月調査時点では測点55～60（B-1、C-1、D-1）の限られた範囲だけである。

また「浮遊・遷移」となるのは、8月調査では測点28、31～34、36～38（B-3、C-3、D-3領域）であるが、2月調査では、測点29～33（B-3領域）、45～54（B-2、C-2、D-2領域）である。すなわち、図-9に示される鵠川の日平均流量の経年変化が1月に比べて7月が多く、また図-11の鵠川の日平均流量の経時変化では1994年5月28日に急激に増大したことから、表-2に示された1994年8月調査時におけるB-2～D-2領域の底質は掃流状態で移動したものと考えられる。また、1995年2月調査時では1月の冬季風浪による高波浪が来襲したことからB-2～D-2領域の底質は、浮遊・遷移状態で移動したものと考えられる。さらに、水深9.0mの測点55、56、57、58、59、60（領域B-1、C-1、D-1）では、8月の調査及び2月の調査共に「掃流」で移動している。これは、鵠川から排出された土砂が鵠川沿岸に発生する沿岸流によって移動したものと考えられる。

7. むすび

以上の結果、以下のことが明らかになった。

- 沿岸漂砂の激しい地形変化の限界を示す stable point は、鵠川漁港付近では-3.5～-4.5m、鵠川河口付近では-5.0mである。
- 鵠川海岸全体を12の領域に区分した各領域の土量変化は、鵠川の河川流量と鵠川海岸に來襲する波浪によって支配されるが、この海岸の特性としては全

般的に侵食性の傾向がある。

- 河川流量の影響が残存する8月と、同様に波浪の影響が残存する2月の調査結果から、マクロ的に水深-3.0～-6.0mを境界にして、2月調査の場合、岸側は「シートフロー」、沖側は「浮遊・遷移」等による底質の移動形態となる。一方8月調査の場合、-6.0m以深の沖側では「掃流」、-6.0m以浅の岸側では港口と消波堤Eの西端沖が「シートフロー」となる以外は、「浮遊・遷移」による移動形態となる。

また、-9.0m付近の砂移動は、8月および2月の調査において、共に掃流の移動形態であった。

参考文献

- 宇多高明，北上勝彦，山本孝次，河野茂樹：北海道日高沿岸における海浜変形，第38回海講論，PP. 276-280，1991。
- 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所：苫小牧港調査報告書，1994，1995，1996，1997，1998，1999，2000。
- 薄木琢嗣，藤間聡，中田満洋：北海道日高沿岸鵠川河口周辺の海浜変形，土木学会第48回年次学術講演会概要集，PP. 896-897，1993。
- 山本徹，吉沢良，黒木幹男，板倉忠興：胆振日高海岸における海浜変形と流域の土砂生産に関する研究，海岸工学論文集，第45巻，PP. 621-625，1998。
- 北海道漁港漁村課：漁港実験年報，第28号，PP. 170，2001。
- 久宝雅史，戸巻昭三：海浜横断面の平衡点について，第28回海講論，PP. 247-250，1981。
- 日本河川協会：流量年表，鵠川流量，1996，1997，1998，1999，2000，2001。
- 加藤一正：緩勾配海岸と急勾配海岸の前浜に作用する外力の違い，海岸工学論文集，第40巻，PP. 421-425，1993。
- 田中正博，佐藤慎司，磯部雅，渡辺晃，小林博：2粒径混合砂海浜変形モデルを用いた大型海浜断面実験の再現，海岸工学論文集，第47巻，PP. 591-595，2000。
- 川合紀章，中村信之：苫小牧東港海域の漂砂について，-底質の分布状況からの考察-，第25回北海道開発局技研論文集，PP. 71-80，1982。
- 田中豊，脇本和昌：多変量統計解析法，現代数学社，PP. 229-244，1987。
- 堀川清司編：海岸環境工学，東京大学出版会，PP. 158-159，1985。