

II-53

鶴川河口部の海浜変形とその保全について

室蘭工業大学大学院 学生員 成田 望
 室蘭工業大学工学部 正員 藤間 聡

1. 研究目的

近年、我が国では海岸侵食が急激に進行している¹⁾。海岸侵食の原因は様々であるが、海岸構造物による沿岸漂砂の遮断が最も深刻な問題である。さらに、海との接点である河口部では、河川流と波浪、海浜流、潮流などによる現象がきわめて複雑であり、定量的解析が殆ど行われていないのが現状である。しかし、河口部の海岸侵食問題を解決するには、沿岸漂砂の卓越方向のみでなく、その量や地形変形の特長、河川流の影響範囲などを定量的に把握しなければならない。

鶴川は、北海道東部胆振海岸に位置し、1978年以降沿岸漂砂の上手側における漁港建設により漂砂の供給量が減少し、急激に河口部の侵食が進行している。著者らは、この現象を移動床模型実験により再現し、河口部の漂砂移動特性及び海浜変形性状を明らかにし、長期的変化を数値モデルを用いて予測している²⁾。さらに、河口部汀線測量図から長期的な砂州の後退量、変形特性を明らかにしている³⁾。また、保全対策として人工リーフ工法を用いて海浜の安定化及び周辺海浜に与える影響を実験的に明らかにした⁴⁾。

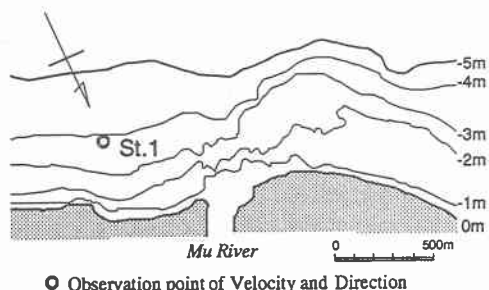
本研究は、当河口部で進行している海岸侵食の軽減を図るために、1978年～1995年までに不定期に実施された現地調査データを用い、漂砂移動特性、河川流の影響及び沿岸漂砂量を定量的に解析することを目的とする。さらに、当海浜における適切な保全対策の検討を行う。

2. 鶴川河口部の海浜変形

鶴川河口部は、これまで右岸側に広大な干潟を有しており、渡り鳥の飛来地になっていた。しかし、河口部の海岸侵食により消失の一途をたどっている。さらに、河口部の砂州が狭小化を伴って侵食が進行することによって、波が河口部へ侵入し右岸側の河岸を大きく侵食している。そこで、河口部の地形変形の特長を把握するために、1994年8月、1995年2月、8月に計3回の深淺測量を実施した。また、1995年7月には河口部の底質調査を行い、沿岸流の流向及び流速観測を1ヵ月間行った。

2.1 流向及び流速調査

1995年7月から1ヵ月間の流向・流速の観測位置及び頻度を図-1(a)、(b)に示す。図-1(a)に示すように、夏季沿岸流による漂砂移動特性を知るために、観測機器の設置水深は約-4mとし、水底から1.5m付近の流速・流向を測定した。流向は、図-1(b)からESE、SE方向の東向きの流れ、SW～W方向の西向きの流れが卓越する岸に沿った往復流が認められる。東向きの流れが卓越している原因は潮汐の影響であると考えられる。また、河口部はテラス状の地形が形成されているため入射波の



○ Observation point of Velocity and Direction

図-1(a) 流向・流速調査位置

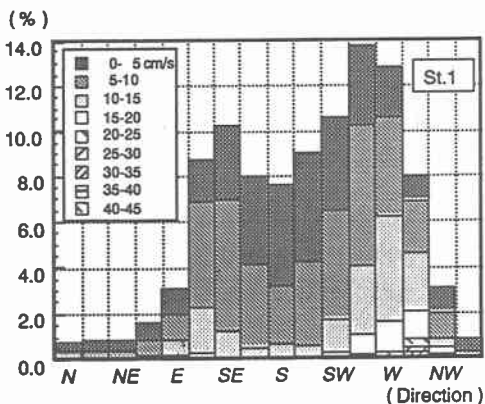


図-1(b) 流向・流速頻度

Study on Topographical Change and Coastal Protection at The Mu River Mouth.

by Nozomu NARITA and Satoshi TOHMA

屈折と、河川流の影響も若干考えられる。西向きの流れは、観測実施時は西向きの沿岸流が発達することは良く知られており、入射波と汀線の角度によって生じる沿岸流成分であると推察できる。

流速は、東向き、西向きの0~10cm/s程度の流速が卓越し、各々全観測値の35、40%に達している。また、西向きの10~20cm/sの流速が卓越し、全観測値の15%を占めており、東向きの同一流速の出現頻度が非常に少ない。さらに、最大流速はWNWの42cm/sとなっている。そこで、図-2に示すように、調和解析を行い、岸に沿った往復流が潮汐の影響であるか、恒流成分はどの程度かを調べた。図から流向に半日周変動が顕著に認められる。よって、岸に沿った往復流は一日二回潮であると考えると、潮汐の影響を強く受けている。さらに、この往復流は、北東~南西に10cm/s程度であることが認められる。また、恒流成分を見ると汀線から河川流軸方向の南西に3.8cm/s程度の流れが存在し、沿岸流の流向と河川流の影響を受けていると考えられる。

このことから、当海浜では、主要因とし潮汐の影響による往復流が北東~南西に発生するが、漂砂の移動に影響を及ぼしているのは、恒流成分である南西向きの流れであると考えられる。

2.2 海浜断面形状及び河口部底質分布

深淺測量は1994年8月~1995年2、8月と3回行っている。沿岸漂砂の季節的変動を明らかにするために、鷓川河口部を対象として深淺測量及び底質採取結果から漂砂の移動特性を調べた。河口部海浜断面測定及び底質採取位置を、1995年2月の深淺測量結果に、測線No.1~No.6まで200m間隔に配置したものを図-3に示す。海浜断面は、変形の顕著である左岸側測線No.1、No.3、及び右岸側測線No.6について図-4~6に示す。

測線No.1の海浜断面形状は、単調であり漂砂移動は、汀線から沖側に500mの水深-5~-7m程度で若干堆積傾向にあり、-5m以浅での海底地形変動は顕著に見られない。このことから、漂砂の移動限界水深は、-6~-7m程度であると考えられる。汀線の侵食・堆積量は侵食傾向にある。しかし、その量は1994年8月~1995年2月まで10m程度であり、1995年2月~1995年8月間も同様に5m程度後退している。このことから、汀線は季節的に変動せず年間を通じて侵食傾向にあるが、その量は少ないと考えられる。

測線No.3は、左岸側先端に位置し、河口部の海底地形はテラス状に広がっている。侵食が顕著に見られる水深は比較浅く、汀線から-3m程度であり、それ以深での地

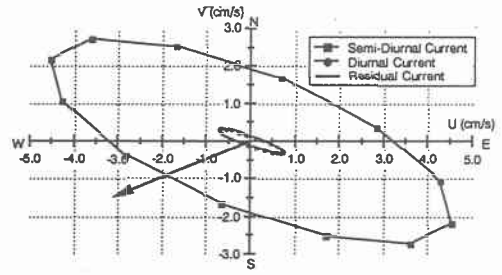


図-2 調和解析図

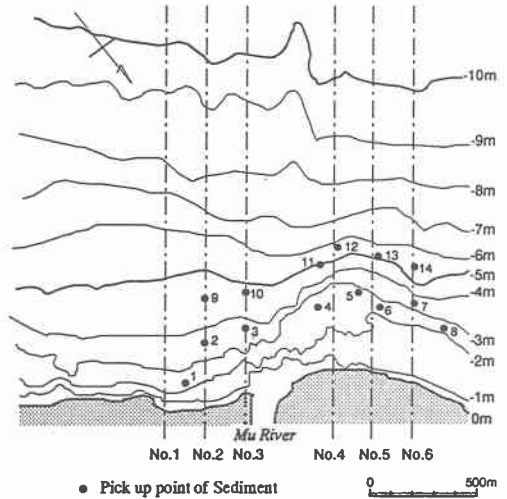


図-3 調査位置

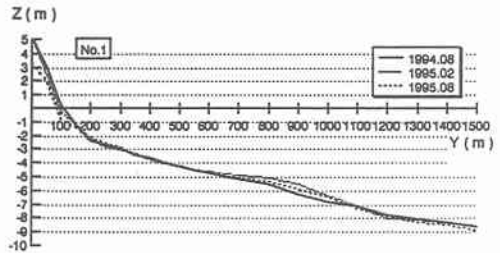


図-4 左岸側断面図 (No.1)

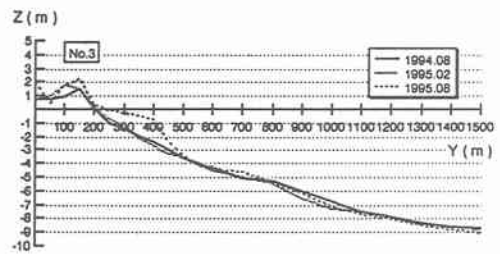
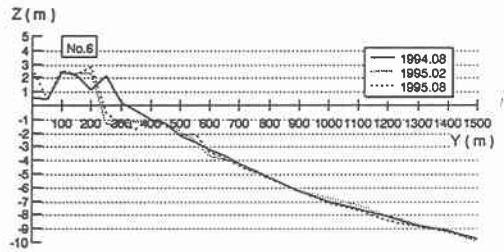


図-5 左岸側断面図 (No.3)

形変動はあまり見られない。また、1994年8月～1995年2月までの海底地形変動が顕著であり、その後は顕著に変動しない。しかし、汀線の位置は年間を通じて変化していない。このことから、左岸側砂州は、1995年8月の断面形状が汀線から沖側に約200mまで比較的緩勾配の断面が形成されていることを併せて、夏季の河川流の影響が大きいと考えられる。また、水深-5mを境にそれ以深では侵食傾向にあるのが認められ、測線No.1の結果から比較的深い水深での漂砂移動があると推察される。

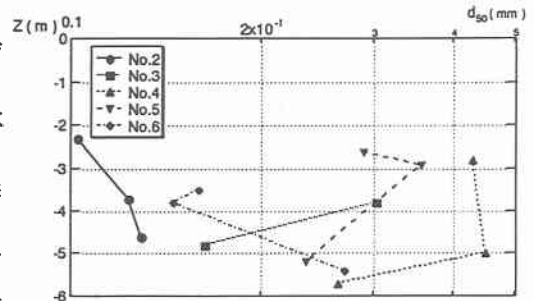


図一六 右岸側断面図 (No.6)

測線No.6は、右岸側に位置する。汀線の後退量は1994年8月～1995年2月までは約60m程度後退しているのに対し、1995年8月までは若干ではあるが堆積傾向にある。河口部はヘットランド状に突出しているため、冬季東向きの沿岸流が発達すると、No.6では侵食傾向にあり、夏季には堆積もしくは平衡状態にあると推察される。また、1995年2、8月の断面形において、汀線から沖側200mまでの水深-1～-2mの範囲で比較的緩勾配の断面が形成されているのがこれは河口部にテラス状の地形が形成されていると推察される。

上述の結果から、全ての断面について共通な特徴として、汀線は侵食傾向にあるがその侵食量は少なく、河口部断面から海底勾配は1/120～1/150と緩勾配で単調な海浜を呈しているのが特徴である。河川流の流出範囲は、比較的緩勾配な断面が形成されている汀線から沖側に200～300m程度であると考えられる。さらに、漂砂の移動限界水深は-6～-7m付近にある。この値は、尾崎⁵⁾、宇多⁶⁾らの調査結果と良い一致を示す。

さらに、河川流出土砂の範囲を知ると共に、両岸砂州の変形に河川流の影響が支配的であると考えられるため、図一3に示した断面測定箇所に沿った底質の水深方向分布を図一7に示す。



図一七 底質水深方向分布

測線No.2の底質分布は約0.11～0.13mmと水深が-2～-4.5mと深くなると共に若干ではあるが粗くなる。No.3においては、底質粒径は水深-3.8mで0.3mmであるのに対し、水深-3.9mでは0.17mmと水深が深くなるに従って細くなるが、粒径が全体的に粗いことから、河川流出土砂の影響と考えられる。右岸側のNo.4は、特に底質粒径が粗く水深-2.8mで0.43mm程度であり、水深-5.8mになると底質粒径は0.27mmと細くなる。No.5においても同様である。しかし、No.6では水深が深くなると粗く0.28mm程度になる。このことから、左岸側断面では水深-5m付近で底質粒径が一致する傾向にあり0.14～0.17mmとなる。右岸側では水深-5.5m付近で粒径0.24～0.28mm程度で一致する。

上述から、河口部の底質移動は河川流の影響が水深-5.5m程度まで及んでおり、底質粒径の粗さから右岸沖方向に流出し、河口テラスを形成していると推察できる。

3. 沿岸漂砂量

海浜保全対策工法を講ずる際に問題となるのが沿岸漂砂量である。当海浜は、漁港建設によって沿岸漂砂量が減少し、河口部が侵食されたことから、構造物が沿岸漂砂が完全に遮断されていると考えて、構造物の上手側の漂砂堆積量から、沿岸漂砂量を算定した。

沿岸漂砂量算定に用いた1978年5月及び1994年8月の深淺測量結果を図一8に示す。1978年5月の漁港建設時測量結果の汀線を点線で示した。沿岸漂砂量の算定法は、沿岸漂砂が堆積していると考えられ

る漁港から750m東側の範囲に沿岸漂砂が堆積したと考え、測線No1., No2の断面について、長期的な沿岸漂砂量を推定した。さらに、深淺測量の観測間隔が16年と非常に長期間であるため、図-9, 10に示すように、1994年8月~1995年8月までの短期間の季節的に移動する沿岸漂砂量の推定も行った。

図-9, 10から1978年の断面形状は、凹型の侵食傾向にある断面であるのに対し、漁港建設以降凸型の堆積傾向に変化している。また、底質の移動限界水深は河口部と同様に水深-6~-7mである。1978年と1994年の16年間で漁港防波堤に堆積した沿岸漂砂量は約 $70 \times 10^4 \text{m}^3$ であり、年間漂砂量は $4.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ と見積もることができる。この値は、16年の時間経過と共に沿岸漂砂の上手側での河川改修による河川流出土砂量の減少、沿岸に種々の構造物が建設されたことによる漂砂遮断等が考えられ、現在ではかなり少ない量であると見積もられる。

1994年8月~1995年8月までの1年間の短期間の漂砂移動量は、図-9, 10に示す断面堆積量から $3.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ となる。この短期間の沿岸漂砂量は、季節的に移動する沿岸漂砂量を算出したものである。このことから、長期的に算出される沿岸漂砂量より、季節的に短期間で移動する沿岸漂砂量のほうが大きいと考えられる。しかし、沿岸漂砂量の算定は非常に困難であるので、簡易的な算定式により算出された漂砂量と現地観測値がオーダー的に適切な値であるか否かを判断するために、一般的に多く用いられる海底勾配、底質粒径、入射波浪特性が考慮されている岩垣ら⁷⁾の沿岸漂砂量算定式を用いた。

$$Q_s = 31.7 g^{1/2} \left\{ \frac{1}{16(\rho_s/\rho - 1)} \right\}^{3/2} d_{50}^{-1/2} (\tan \beta)^{4/3} \times (\sin 2\theta_b)^{4/3} \cos \theta_b \frac{1}{(2\pi)^{3/4}} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{2/3} \left(\frac{L_b H_b^2}{L_0} \right)^{3/2} \quad (1)$$

ここに、 θ_b は碎波時の入射角、 H_0 , L_0 はそれぞれ沖波波高、沖波波長、 L_b は碎波時の波長であり、浅水変形を考慮し Stokes の浅水変形理論を適用した。また、碎波波高は合田の碎波波高算定式⁸⁾から求めた。その結果、年間漂砂量は、 $1.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ と算出した。このことから、簡略的な算定式から求めた沿岸漂砂量とも良い一致を見ることができ、当海浜の沿岸漂砂量は数万 m^3 程度であると予測される。さらに、季節的な沿岸漂砂量が長期間の沿岸漂砂量より少なくとも2倍以上大きいと考えられる。

4. 現地調査結果

現地調査で得られた結果を以下に要約する。

- 河口部の流向・流速調査から、ESE, SEの東向きSW, Wの西向きの岸に沿った往復流が認められる。この往復流の流速は、0~10cm/sの流速が卓越し、全観測値75%に達する。さらに、西向きに10~

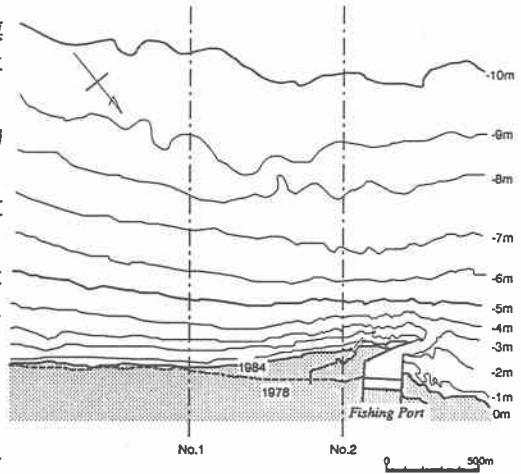


図-8 沿岸漂砂量測定位置

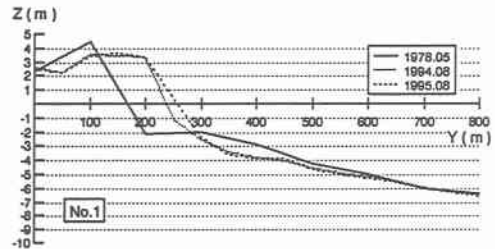


図-9 漂砂量算定断面 (No.1)

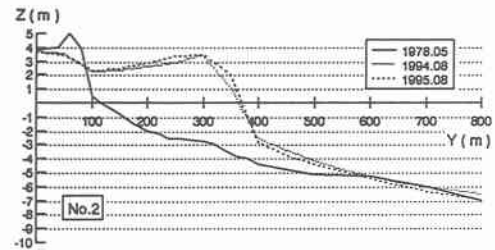


図-10 漂砂量算定断面 (No.2)

20cm/sの沿岸流流速が卓越する

- 2) 調和解析結果から、岸に沿った往復流は潮汐の影響であり、その流速は、北東～南西に10cm/s程度である。また、恒流成分は南西に3.8cm/s程度であり、沿岸流の卓越流向と一致する。
- 3) 海浜断面形状から汀線の後退量は、季節的に変化せず侵食傾向にあり、その後退量は少なく10m程度の値である考えられる。
- 4) 漂砂移動は比較的浅い-3m程度で顕著である。さらに、水深-5～-7m程度の水深においても若干の漂砂移動が見られ、堆積・侵食両方の傾向が伺える。
- 5) 河口部の断面形状は単調であり、海底勾配は1/120～1/150程度である。また、漂砂の移動限界水深は、-6～-7mと推定される。
- 6) 底質の水深方向分布から、水深が深くなると共に底質粒径は細くなるが、河川流の影響があるため水深と粒径に良い一致が見られない。
- 7) 河川流の影響範囲は、緩勾配の断面が形成されている汀線から沖側に200m～300m程度であると推定される。
- 8) 河口部の緩勾配な断面形状から河川流の掃流力は水深-3m付近まで及んでおり、底質粒径の粗さから河川流は右岸側方向の水深-4～-5mまで流出している。
- 9) 長期的な沿岸漂砂量は、通年では $4.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ となり、短期間の沿岸漂砂量は $3.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ と大きな値を示している。このことから平均的な長期沿岸漂砂量より短期間の季節的変動の沿岸漂砂量のほうが大きい。
- 10) 岩垣らによる簡略的な沿岸漂砂量算定式を用いた場合、 $1.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ となり、現地調査結果と良い一致を見ることが出来る

5. 保全対策の検討

上述のように、現地調査結果から海浜保全に有効であると考えられる2, 3の結果を得た。東部胆振海岸及び日高海岸はこれまでに様々な海浜保全対策がなされてはいるが有効に機能している場合は少なく、現在保全対策が急務とされている。

鶴川河口部もその例外でなく緩傾斜護岸等の保全対策がなされているが、西向きの沿岸漂砂が年間を通じ非常に卓越するために、人為的に漂砂のバランスが壊されることによって沿岸漂砂の下手側で同様の海岸侵食が生じるのが現状である。

しかし、漁港建設から16年経過した現在、汀線後退状況からも沿岸漂砂の減少による急激な汀線の後退量は年間数メートルであり、侵食性海岸では当然起こりうる現象である。このことから、現在進行している海岸侵食は漁港による漂砂遮断ではなく、主に低気圧の通過による高波浪によって生ずるような数日を時間スケールとする侵食形態に移行していると考えられる。

保全対策工法とし直接的に海岸護岸をする方法と、入射波のエネルギーを減衰させることで海浜の安定化を図る間接的な方法に大別される。ここではどの工法が有効であるか明確ではないが、自然のまま海浜を残すことを考えるならば後者を選択すべきであろう。このことから、有効な保全対策を行うためには、十分な現地調査を行い、これまでの事例を参考にし同じことの繰り返にならないように留意することが必要である。

6. 結 び

海浜保全を行う際、鶴川河口部のように現地観測があまり行われていない場合が大半である。保全対策の基礎資料となる観測データの充足、整備には多大な費用、労力及び期間を有するため、特定の目的に活用できる観測資料数が限定せられるのが現状である。この状況を改善するには、現在、個々の期間で行われている対策実験や現地観測資料を集中的に管理、利用できるデータバンクの設立が不可欠であると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、資料等を提供していただいた室蘭開発建設部、資料収集等には河川環境管理財団、(株)日本データサービス、(株)アルファ水工コンサルタンツ関係者各位の多大なるご協力を頂いた。また、データ整理には本学4年目学生、大槻仁孝、佐野之彦両君の協力を得た。記して謝意を表わします。

参考文献

- 1) 例えば 堀川清司：海岸工学，東京大学出版会，pp.265～283,1976
- 2) 藤間 聡・成田 望・今日出人：鶴川河口部の海浜変形に関する研究，第41回海岸工学講演会論文集，pp.446～450,1994.
- 3) 成田 望・藤間 聡：鶴川河口砂州の変形特性に関する研究，土木学会第50回年次学術講演会，pp.866～867,1995.
- 4) 成田 望・藤間 聡：鶴川河口部の海浜保全に関する実験的研究，土木学会北海道支部論文報告集，pp.332～335,1995.
- 5) 尾崎 晃：日高静内海岸の海浜過程について，第21回海岸工学講演会論文集，pp.135～139,1974
- 6) 宇多高明ほか：北海道日高海岸における海浜変形，第38回岸工学講演会論文集，pp.276～280,1991
- 7) 榎木 亨：波と漂砂と構造物，技報堂出版，pp.184～185,1991.
- 8) 合田良美：碎波指標の整理について，土木学会論文報告集，第180号，pp.33～49,1970