

勿来海岸における波・流れと土砂移動機構に関する現地観測

藤田 龍* ・熊谷隆宏** ・佐藤慎司***
磯部雅彦**** ・梶村 徹*****

1. はじめに

日本の多くの海岸では、港湾構造物の建設や土砂供給の減少に起因する汀線の後退、及び砂浜の消失が問題となっている。比較的安定とされているポケットビーチにおいても海岸侵食は生じており、その原因の解明のためには、河川や崖侵食による土砂供給と、波・流れによる土砂移動機構を流砂系全体で正しく理解することが重要である。

本研究では福島県いわき市南部に位置する鮫川・勿来海岸流砂系を対象とし、波・流れ・濁度・地形変化に関して総合的な現地観測を実施した。勿来海岸は、南端の鵜ノ子岬、北東端の竜宮岬を含む岩礁に挟まれた緩勾配(1/50~1/100)のポケットビーチである。やや北部には土砂供給源として中規模河川の鮫川が流れ込んでおり、一連の流砂系を構成している。また、勿来海岸の中央部から南側にかけては汀線後退が顕著である。

そこで本研究ではまず、観測中に捉えられた出水、高波浪時のデータから、勿来海岸における波・流れと土砂移動特性を分析した。そして数値計算との比較から、鮫川・勿来海岸流砂系の土砂移動機構を明らかにすることを目的とした。

2. 現地調査の概要

現地観測は、2000年8月26日から約1ヶ月間実施した。図-1に示すように、沿岸方向約5km、沖合方向約2kmの海域のA~E地点、鮫川河道内G地点の底面付近に波高流速計と濁度計を設置した。また、鮫川河口から約1.5km沖合の流軸上に位置するF地点には、ADCP及び水温・塩分計を設置し、その鉛直分布の測定を行った。さらに高波浪時には、高所からのビデオ撮影や現地踏査を行い、波・流れ・土砂移動特性を調査した。

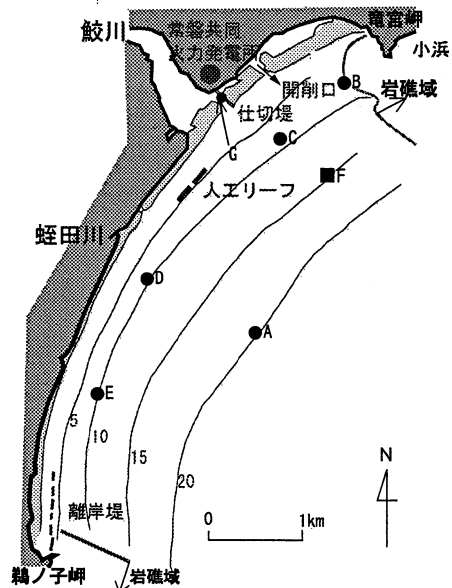


図-1 勿来海岸及び観測地点

3. 波・流れ・浮遊砂濃度変動の特性

3.1 出水時の土砂移動特性

鮫川河道内G地点の観測データ(図-2)によると、9月11日から12日にかけて、急激な濁度の上昇と強い流れが発生している。このとき小名浜測候所においては、日降水量47.0mm、1時間当たり最大14.5mmの激しい降雨を記録している。また、日平均河川流量は、鮫川上流に位置する高柴ダム、四時ダム合計で83m³/s(放流量ベース)であり、過去17年間の年平均値(9.5m³/s)に比べて10倍程度の流量であった。しかし、図-3に示す、河川流軸上のC地点での底面流速は小さく、濁度の変動はほとんどない。また、沖合のF地点の流れの鉛直構造(図-4)にも河川水の影響はほとんど認められなかった。梶村ら(2001)によると、過去の河口周辺の大規模地形変化は170~340m³/s程度の大規模出水によりもたらされることが明らかにされており、今回の出水前後では、河口砂州の大きな変形は見られなかった。これ

* 正会員 修(工) 五洋建設(株)技術研究所
** 正会員 Ph.D. 五洋建設(株)技術研究所
*** 正会員 工 博 東京大学教授 工学系研究科社会基盤工学専攻
**** フェロー 工 博 東京大学教授 新領域創成科学研究科環境学専攻
***** 修(工) 前 東京大学大学院 工学系研究科社会基盤工学専攻

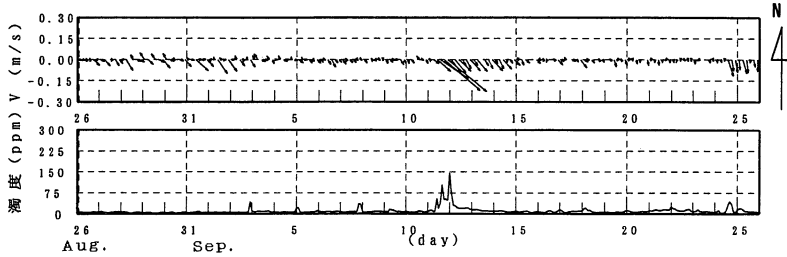


図-2 平均流速・濁度の経時変化 (G地点)

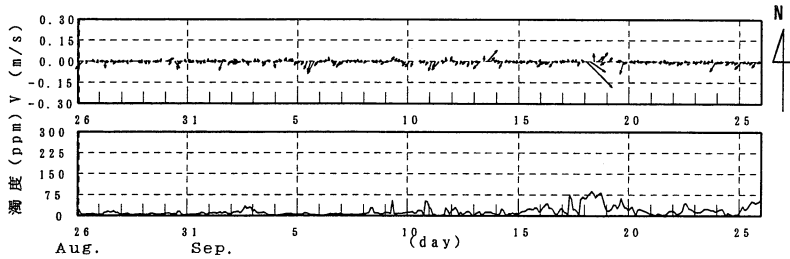


図-3 平均流速・濁度の経時変化 (C地点)

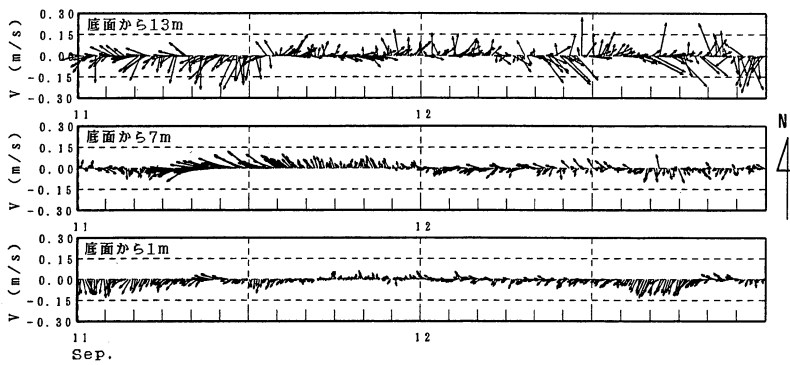


図-4 出水時の水平流速の鉛直分布 (F地点)

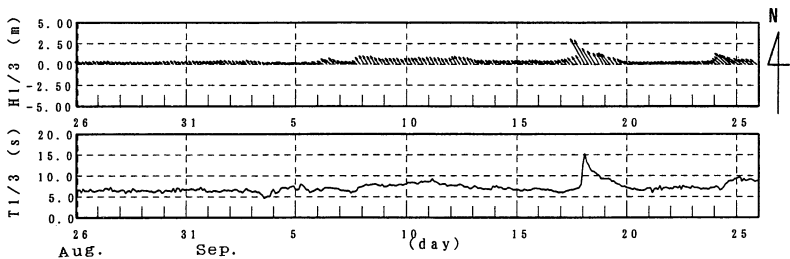


図-5 波高・周期の経時変化 (A地点)

らのことから、今回の出水は、河口砂州や河口前面海域における大規模な地形変化を生じさせる外力にはなり得なかったことが推測された。

3.2 高波浪時の土砂移動特性

図-5のA地点の観測データによると、観測期間中の9月17日深夜から18日早朝にかけて、台風17号の通過により、沖波で有義波高3.5mを越える高波浪が観測さ

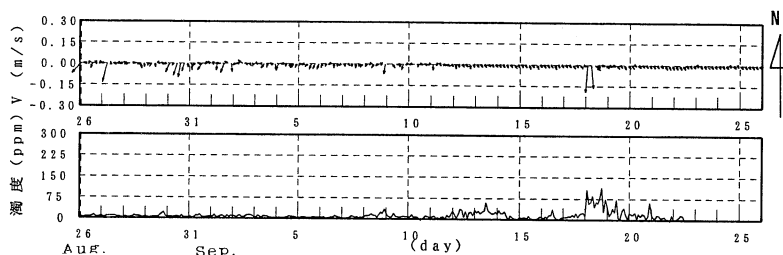


図-6 平均流速・濁度の経時変化 (B地点)

れている。直後の現地踏査で、このときの波が砂州頂部まで打ち上がっていたことや、鯨川左岸側の常磐共同火力発電所の放水路仕切堤の天端上に大量の砂が打ち上げられていた(図-7)ことなどから、河口周辺で顕著な土砂移動が生じていることが推測された。また、河口部高所から撮影したビデオ画像から、勿来海岸北端部の竜宮岬周辺では大規模な離岸流が発生していたことが確認された(図-8)。B地点における計測器の記録(図-6)からも沖合に向かう強い流れが観測され、濁度も上昇していることから、ポケットビーチから竜宮岬の沖合へ大量の土砂が輸送されていることが推察された。



図-7 仕切堤に打ち上げられた砂

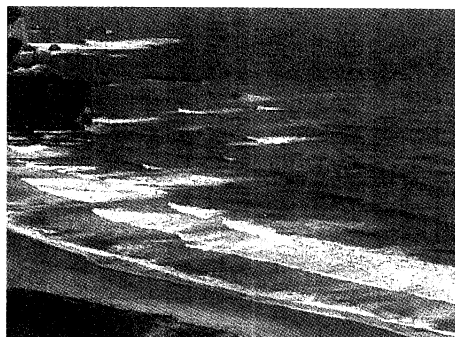


図-8 竜宮岬周辺での離岸流の発達

4. 海浜流場の特徴と土砂移動機構

ここでは現地観測結果及びビデオ画像で捉えられた、高波浪時における竜宮岬南部での離岸流の発達に着目し、その再現計算を行った。さらに年間の波浪特性から、勿来海岸における土砂移動機構を推測することを試みた。

4.1 海浜流場の再現計算

9月17日深夜から18日にかけての平均的な波浪条件(有義波高3.5m, 有義波周期12.0s, 波向SSE)を入射波条件として、海浜流場の計算を行った。計算には、エネルギー平衡方程式による波浪場計算から得られるradiation stressの空間勾配を外力とした水平二次元平均流モデルを用いた。計算結果を図-9に示す。このとき勿来海岸北端部では、ビデオ画像に似た大規模な離岸流が発生しており、数値計算においても大規模離岸流の発達を確認することができた。

4.2 土砂移動機構の推定

a) 波浪出現率の整理

勿来海岸との入射波の相関が高いと思われる、勿来海岸の北東9kmに位置する小名浜港での運輸省の波浪観測データ(1998.4~2001.3)をもとに、年間の波浪特性を整理した(図-10)。その結果、大きく分けると、4月~9月の春, 夏期にはSE, 10月~3月の秋, 冬期にはESEからの波が卓越していることが分かった。

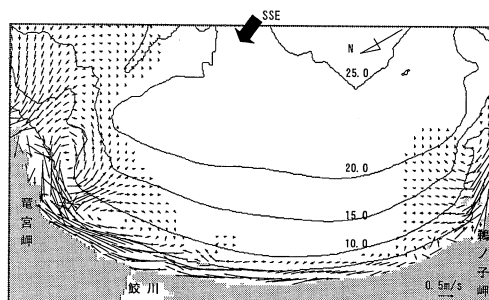


図-9 高波浪時('00.9.17~9.18)の海浜流場の再現計算結果

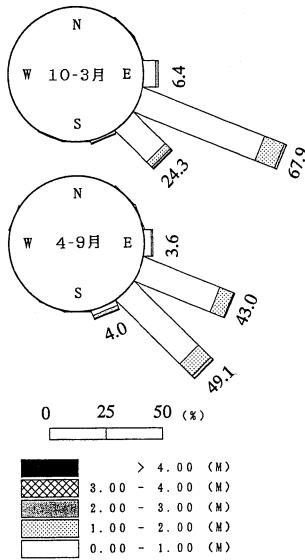


図-10 小名浜港における波浪出現頻度

表-1 計算ケース一覧

計算ケース	波高(m)	周期(s)	波向	1年間当たり出現日数	
10月～3月	Case 1	1.86	9.5	ESE	23.13
	Case 2	2.87	10.0	ESE	3.59
	Case 3	3.95	10.0	ESE	0.95
4月～9月	Case 4	1.91	9.0	SE	28.77
	Case 5	2.90	9.5	SE	3.88
	Case 6	3.92	10.5	SE	0.78

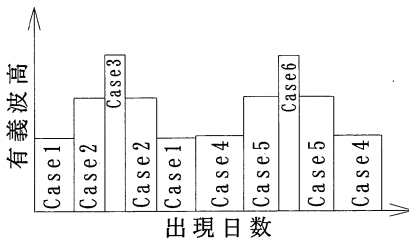


図-11 モデル時系列波浪

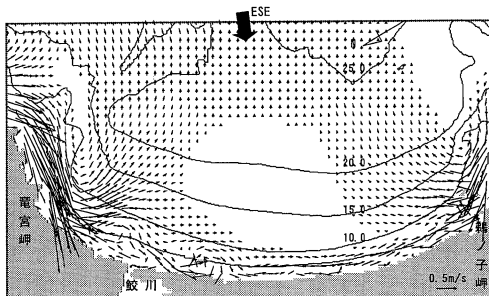


図-12 海浜流計算結果 (Case 3)

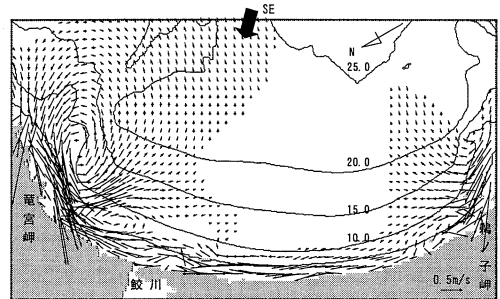


図-13 海浜流計算結果 (Case 6)

b) 土砂移動量と海浜地形変化

a) での波浪統計処理結果から、それぞれ表-1のように有義波高段階別 (1.5~2.5 m, 2.5~3.5 m, 3.5~4.5 m) のエネルギー平均波を求め、それを入射波条件として海浜流及び地形変化の計算を行った。

まず、波向の違いによる海浜流の特徴を捉えるため、Case 3 及び Case 6 の海浜流の計算をおこなった (図-12, 13)。いずれも竜宮岬南部で大規模な離岸流を発生しているが、勿来海岸中央部付近に関しては、ESE からの入射波に対しては南より、SE からの入射波に対しては北向きの海浜流が発生している。さらに、勿来海岸汀線付近では、全体的に Case 6 の方が Case 3 の沿岸流速より大きいことを考慮すると、勿来海岸では年間を通して北向き沿岸漂砂が卓越していることが推測される。

次に、図-11 に示すモデル時系列波浪を与え、各波浪条件毎に地形変化の履歴を考慮し、再び次ステップの波浪場の計算から繰り返すという手法により、3次元海浜変形モデルを用いて1年間の地形変化の計算を行った。この中で流れによる漂砂量は、渡辺モデル (1984) の漂砂量係数を3として算定することとし、波による漂砂量は考慮しなかった。また、竜宮岬と鶺ノ子岬周辺には図-1に示したように広い範囲に岩礁域がみられるため、土砂移動量が小さくなると思われる。今回の計算では、岩礁域における漂砂量フラックスを0にすることによって、岩礁域の影響を表現することにした。侵食堆積分布

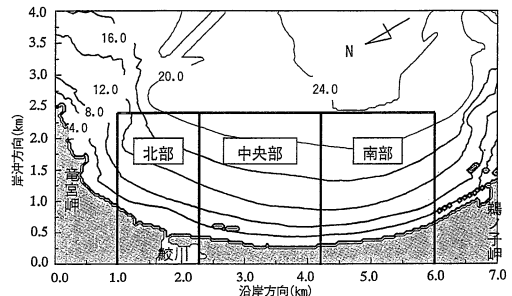


図-14 領域分割図

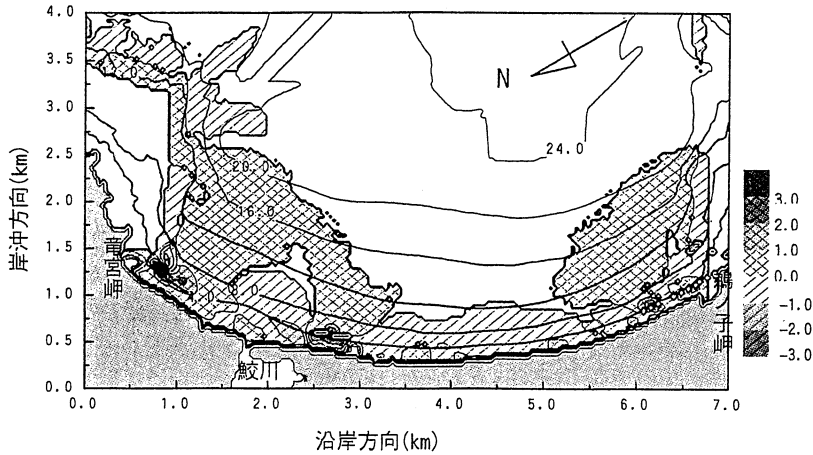


図-15 侵食・堆積分布図

表-2 領域別土砂収支

水深(m)	土量変化 (万 m ³)		
	北部	中央部	南部
0~4	-0.53	-4.23	-5.36
4~8	+3.21	+1.15	-4.10
8~20	+7.57	+0.55	+0.53
計	+9.68	-2.53	-8.93

図(図-15)をみると、北部では鮫川河口前面が侵食され沖合に堆積している。岩礁上に堆積した土砂は、実際は竜宮岬を越えて隣接する小浜海岸へ到達することが、4~9月の高波浪時の海浜流のパターン(図-12)から推測される。また、中央部から南側にかけては汀線付近が侵食傾向にある。ここで、図-14のように領域を3分割し、系全体での土砂移動特性を調べると、表-2に示すように北部では堆積傾向、中央部から南部では侵食傾向にあり、梶村ら(2001)による過去の地形データ解析から得られる結果とほぼ一致している。このことは、波浪出現頻度分布と海浜流場の推定にもとづく数値計算によって、土砂移動機構の定量的な推定がある程度可能であることを示している。

5. おわりに

現地観測により、小規模な出水と台風による高波浪による波・流れ場と、それに伴う土砂移動が捉えられた。そして、海浜流及び地形変化の数値解析を通して、ポケットビーチ内で卓越する、以下に示すような土砂移動機構

があることを明らかにした。

(1) 勿来海岸においては、南よりの波浪が卓越する4~9月には北向き、北よりの波浪が卓越する10~3月には南向きの沿岸漂砂が卓越する。

(2) 年間の土砂収支としては、北向き沿岸漂砂が卓越するため、勿来海岸中央部から南側にかけて顕著な汀線後退が発生する。

(3) 高波浪時には竜宮岬南側で離岸流が発生して沖合への土砂移動を起こし、その一部は龍宮岬を超えて隣接する小浜海岸へ流出する。

今後さらに土砂移動機構を解明していくためには、大規模出水時の土砂移動特性やポケットビーチ両端の岬を越えて移動する土砂量の検討を行う必要がある。

謝辞: 本研究に際しては、福島県いわき建設事務所、ならびに常磐共同火力発電所には、地形データ等の貴重な資料の提供や現地踏査に際して多大の協力をして頂いた。ここに関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

梶村 徹・佐藤慎司・中村匡伸・磯部雅彦・藤田 龍 (2001): 鮫川・勿来海岸流砂系の土砂動態と長期海浜過程, 土木学会論文集, (投稿中).
 佐藤慎司・前田 亮・磯部雅彦・関本恒浩・笠井雅弘・山本幸次 (2000): 利根川河口部の漂砂機構と波崎海岸への土砂供給の実態, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 656-660.
 渡辺 晃・丸山康樹・清水隆夫・榊山 勉 (1984): 構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 406-410.