

鮫川・勿来海岸流砂系における土砂動態の長期的変遷に関する研究

阿部真人*・佐藤愼司**・磯部雅彦***

海岸の長期的な変形過程を解明するために、流砂系各所で鉛直コア試料を採取し、粒度分析及び Pb-210 に注目した自然放射線測定をおこなった。これらを地形測量結果と併せて分析することにより、堆積・侵食傾向の変遷を解明した。下流河内川沖定に関しては、かつて浸没されたところが近年自然に埋め戻されたことよって河床勾配が低下し、海岸へ供給される土砂の量と質が減少した可能性があることがわかった。さらに、表層堆積物の鉍物分析により、鮫川からの供給土砂の影響は岬を隔てた隣接海岸ではわずかであること、またダム建設の影響は数十年スケールで海岸の底質変化として顕在化するということがわかった。

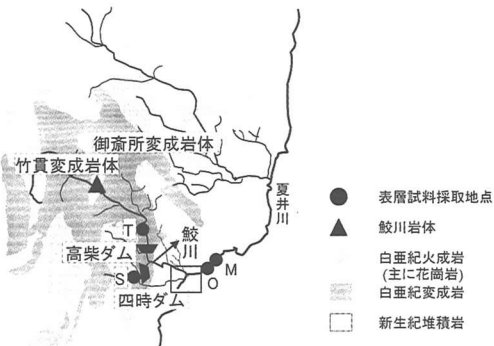
1. はじめに

近年、海岸侵食が全国各地で顕在化している。その原因としては、建設用資材確保を目的とした土砂採取や、ダム貯水池への堆砂などによる下流や海岸部への土砂供給量の減少、沿岸構造物による漂砂の遮断、などがあげられる。しかし、これらの原因が複合していることが多く、個々の要因の定量化は困難な場合が多い。

本研究では、中規模河川とポケットビーチで構成される流砂系のひとつである鮫川・勿来海岸流砂系に焦点を当て、特にこれまで見過ごされがちであった土砂の質に関する定量分析に基づき、流域の人工的改変が集中した最近数十年の土砂移動機構の変遷について解明することを目的とした。本流砂系に関しては、阿部ら（2002）が河口砂州の短期的変形と河道付け替えが海岸北部の漂砂機構に与えた影響について検討しているが、本研究では系内南端部における離岸堤建設及び鮫川河道内土砂採取、さらには鮫川上流におけるダム建設の影響について土砂の質に関する定量分析に基づいて議論を展開する。

2. 鮫川・勿来海岸流砂系の概要

本研究の対象である鮫川・勿来海岸流砂系においては、図-1、図-2 及び表-1 に示すように、多くの人為的改変が加えられている。これらは、放水路の建設や仕切堤建設による河口位置の変化や漁港防波堤の建設、また、海岸部で進む侵食の対策としては、系内中央部における人工リーフ、さらには 1960 年代から 1970 年代にかけて最も侵食が顕著であった系内南端部における計 6 基の離岸堤の建設などである。さらに 1970 年代までの鮫川河道における土砂採取や、1962 年の高柴ダム及び 1984 年の四時ダム建設による流砂の遮断も、流砂系の土砂動態を大きく変化させ、海岸への土砂供給量を減少させていると考えられる。



図一1 流域の概要と表層試料採取地点

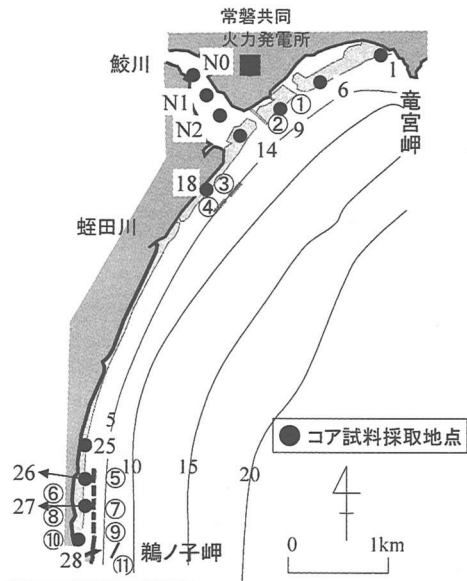


図-2 海岸部の構造物配置及びコア試料採取地点

3. 自然放射線強度測定による堆積年代推定

1970年代後半から離岸堤が建設された勿来海岸南端

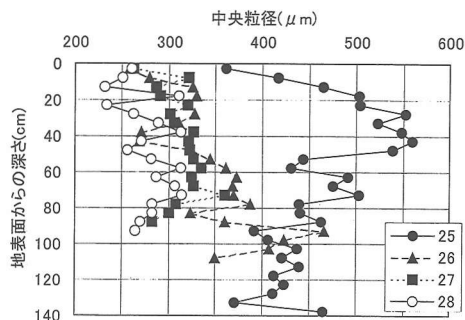
修(工) 鹿島建設(株) 関西支店

*** 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

表一 各構造物の建設年次

各構造物の建設年次	
①放水路	～1983年4月
②仕切堤	1982年7月～1983年2月
③人工リーフ	1993年9月～
④人工リーフ	1998年11月～
⑤離岸堤	1978年9月～
⑥離岸堤	1977年6月～
⑦離岸堤	1982年6月～
⑧離岸堤	1998年11月～
⑨離岸堤	1988年5月～
⑩離岸堤	1988年5月～
⑪勿来漁港沖東防波堤	1997年～1999年



図一3 南端部コア試料の中央粒径

部及び土砂採取禁止後に中州が回復した鮫川下流河道部で採取した表層堆積物の鉛直コア試料に関して、放射性降下物である Pb-210 (半減期 22.3 年) の崩壊に対応する 46.5 keV のガンマ線についての自然放射線強度を測定した (佐藤ら, 2000)。コア試料は、海岸部では 2001 年 8 月 23 日, 24 日に, また河道部では 2002 年 8 月 11 日に採取した。採取方法は、内径 4.3 cm, 長さ 2 m の塩ビパイプをかけやを用いて地中に打ち込み、上部を水密にしたうえでゴム栓をして引き抜く方法を用いた。写真一は鉛直コア試料採取時の様子である。採取したコア試料は 10 cm ごとにスライスし、約 100°C で十分に乾燥させた後質量を計測し、アクリル容器に整形したうえで、ガンマ線スペクトロメータを用いて 1 サンプルにつき約 10 万秒の測定をおこなった。



写真一 鉛直コア試料採取の様子

3.1 南 端 部

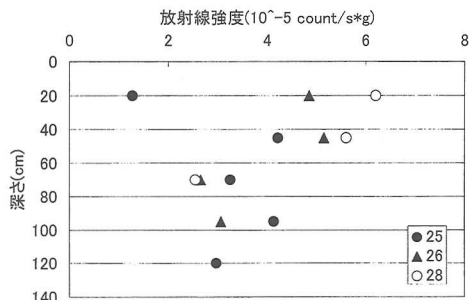
図一2 に示した地点 25～28 において考察をおこなう。図一3 は南端部コア試料の中央粒径分布である。これによると、地点 25 と地点 26 は約 230 m しか離れていないにもかかわらず、地点 26 の中央粒径は、地点 25 に比べて極端に小さい。この原因は、地点 25 は離岸堤の遮蔽域外なのに対し、地点 26 はその遮蔽域内に入っているため、地点 25 では侵食されやすく、地点 26 では堆積しやすい環境となるからである。

また、両地点の粒径は、深さ約 90～100 cm で収束する傾向があり、これより上層が離岸堤建設以後に堆積した

砂層であると推測される。図一2 に示すように地点 26 は、6 基のうちの⑤離岸堤の背後に位置しており、これは 1978 年以後に相当することになる。

次に、地点 26～28 の中央粒径を比較すると、これら 3 地点はすべて離岸堤の背後に位置するが、概ね地点 26、地点 27、地点 28 の順に粒径が小さくなっていく傾向が見られる。これは、離岸堤群が北側から順次建設され、さらに最近では勿来漁港沖東防波堤⑪も建設されたために、これらの地点が波の遮蔽域に入り、汀線部の波浪が弱くなるとともに、大規模な循環流が生じ、南向きの沿岸漂砂が卓越するようになったためと考えられる。

図一4 は南端部各地点の自然放射線強度である。地点 25 (図中●印) の自然放射線強度は、深さ方向に関してばらつきが大きい。これはこの地点では波浪が大きく、侵食と堆積が激しく繰り返されていることを示している。これに対し地点 26 (図中▲印) では、深さ約 60～80 cm より浅い部分で急激に放射線強度が大きくなる。これは前述した通り離岸堤が建設されたために、その背後では遮蔽域が形成されることで、一度堆積した新しい土砂が侵食されにくくなったためである。Pb-210 の半減期が 22.3 年であることを考えると、この深さ約 60～80 cm が離岸堤建設時の地盤高さであると考えることができる。この結果は中央粒径分析の時に推定した深さとはほぼ整合性があるといえる。



図一4 南端部コア試料の自然放射線強度

地点 28 (図中○印) でも、深さ 50~70 cm より浅い部分で放射線強度が大きくなる。これは地点 26 と同様に離岸堤の建設によるところが大きいのと考えられるため、地点 28 では、深さ 50~70 cm 以浅が前面に離岸堤が建設された 1988 年以降に堆積した砂層と考えるのが自然である。

3.2 鮫川河道下流部中州

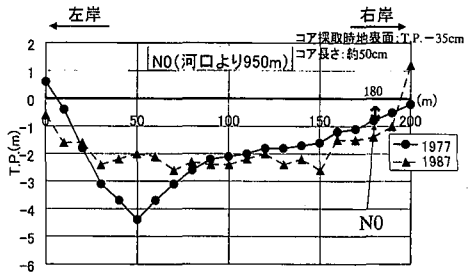
鮫川河道下流部中州においては 1970 年代まで建設資材用として土砂が採取されていた。その土砂採取量を推測する資料は残存しないが、梶村ら (2001) によれば、土砂採取禁止後もしばらくの間、鮫川上流からの流送土砂は中州の土砂採取跡を埋め戻すのに使われ、海岸への供給土砂量は減少していたものと考えられる。

鮫川から供給される土砂は、本流砂系内の土砂動態に最も影響を与えるものと考えられるため、中州部においても図-2 に示す N0~N2 の 3 地点でコア試料を採取し、粒度分析及び自然放射線強度測定をおこない、さら

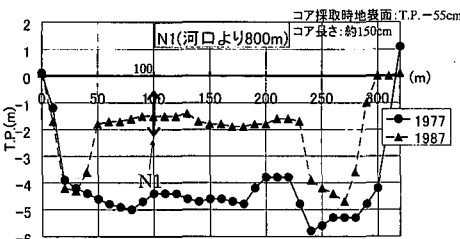
に鮫川河床横断地形のデータを加えて、考察をおこなった。各地点の位置は、1977 年の河口位置から、N0 が約 950 m、N1 が約 800 m、N2 が約 650 m 上流の地点にあたる。図-5 は、上記 3 地点に近い河床横断地形データに、今回採取したコアの位置及び深さを書き加えたものである。N0~N2 の全地点において、河床高は近年上昇傾向にあり、これは、1970 年代までに土砂採取された跡地が回復傾向にあるということを表している。中州部のコア試料には、海岸部表層ではまれにしか見られない粒径 2 mm を超える小礫が数多く混入し、粒径が不均一であった。そこで、「粒径 2 mm 以上の小礫の、全試料に対する質量割合 (%)」という指標を用いてここでは考察を進めていくものとする。

図-6 は中州部コア N0~N2 の、各層ごとの 2 mm 以上の小礫の質量割合 (%) を表したものである。これによると、小礫の割合は上流から下流に向かうにつれほぼ単調に減少することがわかる。ただし、いずれの地点でも表層部には細粒分が堆積しており、例えば最も下流に位置する N2 地点においては、表層 30 cm 程度までには 2 mm 以上の小礫はほとんど含まれていないものの、深さ約 30 cm 程度より深い所になると、小礫の含有率が 20% 程度にもなっていることがわかる。これに対して、河口砂州部のコア 14 (図-2 参照) では、2 mm を超える小礫は、地表面から深さ約 5.5 m 以浅では全く発見されていない (阿部ら, 2002)。

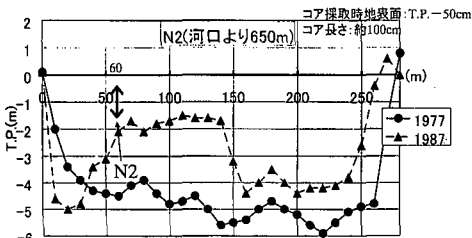
このように、N2 地点と河口部は約 650 m しか離れていないにもかかわらず、2 mm 以上の小礫の含有率には大きな差がある。出水時に移動する土砂が、深さ約 30 cm より深い部分にまで及んでいると仮定すれば、その中には 2 mm 以上の小礫が数十% の割合で含まれるはずであり、河口砂州表層部で 2 mm 以上の小礫が全く発見されないのは、非常に不自然である。したがって、N2 地点に



(a) 河口より 950 m 地点の河床横断地形及びコア N0



(b) 河口より 800 m 地点の河床横断地形及びコア N1



(c) 河口より 650 m 地点の河床横断地形及びコア N2

図-5 河床横断面図及びコア採取地点

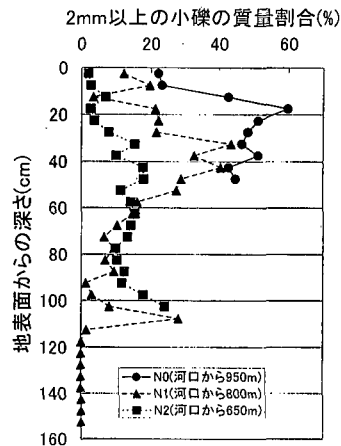


図-6 中州部試料の粒径 2 mm 以上の小礫の質量割合 (%)

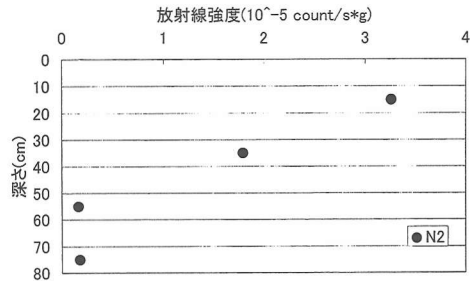
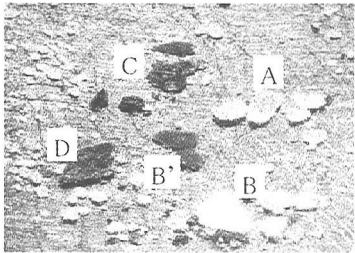


図-7 地点 N2 の自然放射線強度



【各鉱物の特徴】

- A 石英…無色透明
- B&B' 長石類…白色透明～赤茶色(風化)
- C 黒雲母…薄くてはがれやすい.不透明.金色の光沢有り
- D ホルンブレンド(角閃石の一種)…黒色不透明.表面に白い斑点があることも

写真-2 拡大鏡を通した観察例

おいて出水時に移動する土砂は、表層の 20～30 cm 程度の部分の土砂に限定されていると考えるのが自然である。この仮説の妥当性を確かめるために、N2 地点のコア試料に対して自然放射線強度測定をおこなった。

図-7 は N2 地点における自然放射線強度を表したものである。これによると、深さ約 30～50 cm で急激に値が小さくなっており、特に 50 cm 以深では放射線強度はほぼ 0 に近く、数十年以前の堆積物であることがうかがえる。つまり、約 50 cm 以深の土砂は一度堆積した後は移動しておらず、常に地表面から約 30 cm 程度までにある細粒土砂だけが侵食と堆積を繰り返していると考えられ、粒径分布をもとにした考察は妥当であったといえる。

4. 鉱物組成分析による流砂系土砂動態の考察

海岸部の考察をおこなう際には、堆積物の地質学的性質である鉱物組成も併せて分析した。図-1 には本流砂系及びその周辺の地質を示してある。鮫川上流には、阿武隈変成帯に属する竹貫変成岩体及び御斎所変成岩体の 2 つの変成岩体が分布している。ここで鮫川流域に特有な鉱物として角閃石が挙げられる(地質調査所, 1998)。表-2 は、加納ら(1973)が報告した、図-1 中の鮫川岩体における計 23 地点の鉱物含有率の平均値である。これによると、この一帯は花崗岩質ではあるものの角閃石含有率が 21%にも達し、周囲よりも角閃石の含有率が高い。

表-2 鮫川岩体の鉱物組成

石英	斜長石	カリ長石	黒雲母	角閃石
18%	50%	3%	8%	21%

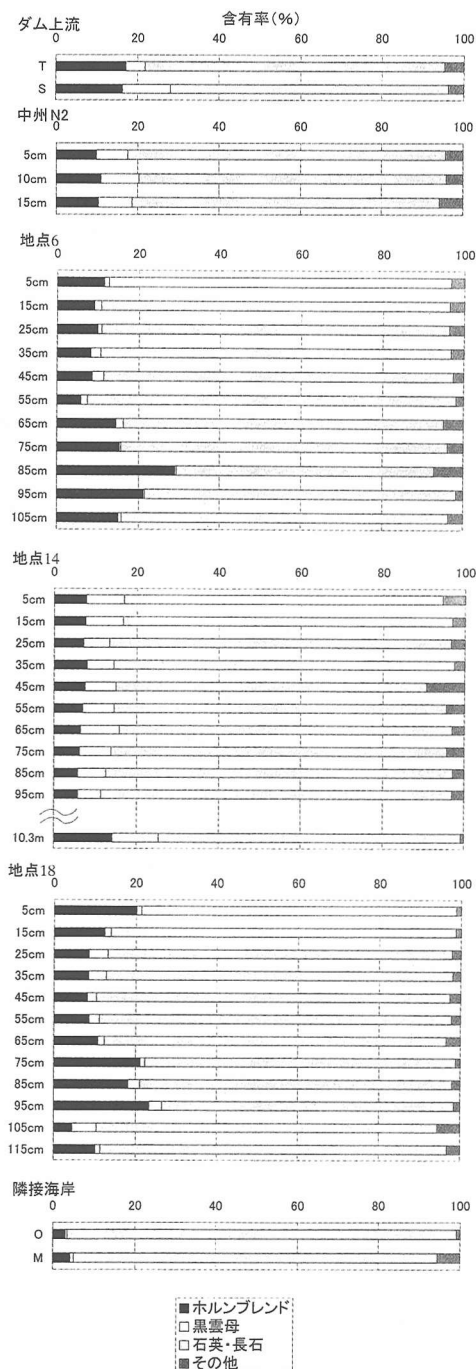
次に鉱物組成同定の方法についてであるが、本研究では、10 倍程度の拡大鏡を用いて鉱物種を判定した。各試料につき約 250 個以上の粒子について鉱物種を判定し、含有率を算出した。写真-2 は拡大鏡を通した観察例と各鉱物の特徴を記したものである。本研究では角閃石の一種であるホルンブレンドの含有率に着目したので、拡大鏡による観察のみでは判別の難しい石英と長石類は同じグループに分類した。

本研究で鉱物組成を調べたのは、図-2 に示したように、勿来海岸部においては地点 1, 6, 9, 14, 18, 25, 28 の 7 地点のコア試料についてであり、また鮫川流域では高柴ダムの上流の T 地点、支流の四時川流域では四時ダムの上流の S 地点について、また隣接海岸である小浜(O 地点)及びいわきサンマリーナ(M 地点)の表層試料についてである。海岸部のコア試料については、地表面から 5 cm ごとにスライスした試料を 1 つおきに分析対象とした。

図-8 は各地点の鉱物組成分布を表したものである。この結果によると、鮫川上流域に特有の鉱物であるホルンブレンドは、流砂系内いずれの地点、いずれの層においても確認されている。

ダム上流地点である T 地点及び S 地点を見ると、その含有率は比較的大きい。それに対して、鮫川河道内中州にあたる N2 地点においては、上流部よりも小さい値をとっている。これは先に述べたように、N2 地点での表層の細砂はダム建設以後に、主としてダムより下流のホルンブレンド含有率が低い土砂が堆積したものであると考えられるためである。次に海岸部について検討する。まず岬を越えた隣接海岸である O 地点と M 地点におけるホルンブレンドの含有率は数%程度であり、勿来海岸部と比較してかなり小さい値をとっている。このことは、鮫川からの流出土砂は岬を越えて流出しているものの、隣接海岸へ及ぼす影響はわずかであるということを表している。

さらに勿来海岸部での含有率を詳細に見ると、ホルンブレンドが鮫川に特有の鉱物であることを考慮すると、本来なら海岸部への土砂供給源にあたる河口砂州部の地点 14 で、その含有率が最大となっているはずである。ところが実際には、他のいくつかの地点、あるいはいくつかの層において、河口地点 14 よりもホルンブレンドの含有率が高く検出された。この理由は、ダム建設前後で河



図—8 流砂系各地点の鉱物組成成分

川から供給される土砂の質が変化したためと考えられ

る。ホルンブレンド含有率が低い土砂は中州や河口砂州の表層部に多く見られ、河口から離れた海岸部では比較的古い時代の供給土砂が残存しているものと考えられる。つまり、最近 20 年程度の間に河川から供給された土砂は河口周辺から海岸表層部を覆い始めているといえる。以上の分析から、近年においてはダム建設の影響によって、供給される土砂の中のホルンブレンドが減少してきており、またダムによる流砂遮断の影響は少なくとも数十年遅れて海岸堆積物の質の変化として顕在化するということがわかる。

5. おわりに

鯨川・勿来海岸流砂系の長期的な漂砂過程に関して、粒度分析と自然放射線強度測定を組み合わせることで、ダム貯水池への堆砂や河道における土砂採取などが流砂系の土砂動態に及ぼす影響を検討した。また、離岸堤に代表されるような、海岸保全施設周辺の海浜の侵食・堆積過程を定量的に考察した。さらに、鉱物組成を調べることで、岬を隔てた隣接海岸への流入はわずかであること、さらにはダム建設による流砂遮断の影響は、下流河道部においても見られ、海岸部ではそれらは数十年スケールで河口部から顕在化していくということがわかった。

謝辞：地形測量データは福島県河川課、河口砂州コア試料は国土技術政策総合研究所海岸研究室から提供を受けた。また、自然放射線測定では東京大学アイソトープ総合センター野川憲夫助手、鉱物分析では同大学院理学系研究科永原裕子教授の指導と協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 阿部真人・福山貴子・佐藤慎司・磯部雅彦・熊谷隆宏 (2002): 鯨川河口砂州の変形と勿来海岸の地形変化過程に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 531-535.
- 梶村 徹・佐藤慎司・中村匡伸・磯部雅彦・藤田 龍 (2001): 鯨川・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, No. 691/II-57, pp. 121-132.
- 加藤 博・黒田吉益ら (1973): 竹貫地域の地質, 工業技術院地質調査所, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 図幅, 新潟 (7) 第 70 号, 52 p.
- 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.
- 通商産業省工業技術院地質調査所編 (1998): 日本の岩石と鉱物, 東海大学出版会, 150 p.