

新潟西海岸における土砂移動の現地観測

田中茂信*・佐藤慎司**・坂上 悟***
二木 渉****・泉 正寿*****

1. はじめに

新潟西海岸では、海象観測と合わせて深浅測量調査が継続して実施されているが、水深10m～20m付近の地形変動は主として測量の誤差として取り扱われてきた。しかし、高波浪時には0.5m/sを越える底層流が観測されており、沖合でも地形が変動している可能性が高いが、土砂移動の現象は未解明のままである。そこで、本研究では日本海側において地形変動が顕著に現れる冬季に、ナローマルチビームによる高精度深浅測量、底層流調査及び蛍光砂調査を実施し、新潟西海岸沖合における土砂移動機構を考察した。

2. 現地観測の概要

1995年の冬季の新潟西海岸において表-1に示す内容の調査を行った。

底層流調査は、図-1に示すSt. 1, St. 3の底面上0.5m及びSt. 4の底面上1.0mに電磁流速計を設置し約1ヵ月間観測を行った。設置水深はSt. 1: 20m, St. 3: 8m, St. 4: 4mで記録は20分毎に0.5秒間隔で120個のデータを収録した。また、水深16mのSt. 2では建設省が波浪と流況観測を実施しているので、0.5秒間隔の連続データを取得した。

蛍光砂調査は、底層流調査と観測期間が重なるようSt. 2, St. 3, St. 4に蛍光砂を投入し、投入地点を中心に蛍光砂の拡散状況をみながら約3ヵ月の間に海域部で3回、汀線部で5回の採取を行った。海域部の採取地点は、各点とも投入点を中心に第1回目は8方位について25m, 50m, 75mの25点、第2回目、3回目は第1回目の結果から蛍光砂の移動方向が密になるよう投入点から25m, 50m, 75m, 100mの25点について実施した。汀線部は拡散状況をみて随時範囲を広げて実施した。

深浅測量は、ナローマルチビーム測深システム(表-2

- * 正会員 工修 建設省土木研究所海岸研究室長
- ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室主任研究員
- *** 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所調査設計課長
- **** 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所調査係長
- ***** 正会員 国際航業(株)海洋エンジニアリング部

表-1 調査内容

項目	手 法	期 間
底層流調査	電磁流速計による観測	11月19日～ 12月19日
波浪調査	水圧式・超音波式併用	連続
蛍光砂調査	現地砂で作成した蛍光砂を潜水士により投入・採取しカウントする	11月29日投入 汀線部採取 12月2, 3, 5, 18日, 3月5日 海域部採取 12月10, 19日, 3月7, 8日
深浅測量	ナローマルチビーム測深システムによる面的測量	11月22, 23日 12月19, 20日 3月7, 8日

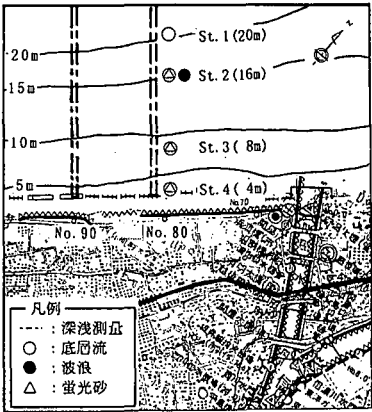


図-1 調査位置図

表-2 ナローマルチビーム測深システムの性能

機器名	型 式	主 な 性 能
GPS 測位システム	1009 型	測定方式 : ディファレンシャル測位法 測定範囲 : 最大 80 km 精度(DGPS) : ±0.2~1 m
ナローマルチビーム測深ソナーシステム	測深ソナー 9001S 型	測深能力 : 120 m レンジ分解能 : 5 cm (固定距離 2 cm) 周波数 : 455 KHz 指向角 : 1.5°×1.5° (-3 db) 受信ビーム数 : 60 点 探査範囲 : 水深の 2 倍 幅 (90° スワッス幅) 送信間隔 : 10 m レンジ : 15 回/秒 25 m レンジ : 13 回/秒
	マリンモーションセンター TSS335B 型	波の周期 1~20 秒, 波高 10 m を 95% (5 cm) まで補正
	方位コンパス KVH1000 型	測定精度 : 0.5°

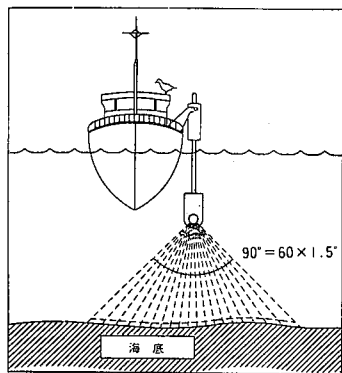


図-2 ナローマルチビーム測深システム

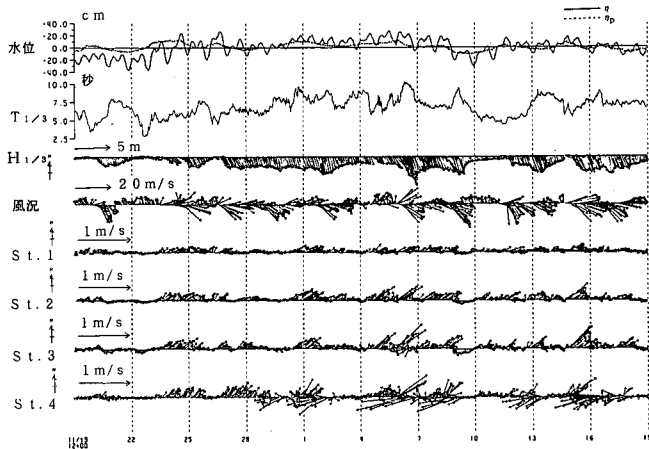


図-3 気象・海象データ経時変化図

参照)により沖合水深20m付近まで底層流, 蛍光砂調査に合わせて3回実施した。この測深システムは、船の左右両方向(90°幅)に指向性の鋭い音響ビームを発射して、一度に60点の水深が計測できるため(図-2)、1本の音響ビームを使った音響測深機で得られる線的な水深データに比べて、面的な水深データの取得が可能となるため、精密な海底地形や構造物の形状を正確にとらえることができるものである。

3. 調査結果

(1) 底層流調査結果

底層流, 波浪の調査結果を新潟西海岸関屋で観測された風況とともに図-3に示す。図-3には、上から20分間の平均水位 η , 水頭に換算した大気圧による水位変化 η_P , 有義波周期 $T_{1/3}$, 有義波高 $H_{1/3}$ 及び平均波向, 平均風速ベクトル, St. 1~4の平均流速ベクトルを示してある。

冬季波浪に伴う時化の発達時と時化の最盛期から減衰時において、St. 4の経時変化が他の3地点と大きく異なることがわかる。時化の発達時には、4地点とも北東へ向かう流れ、すなわち、新潟海岸の汀線にほぼ平行な東向きの流れとなるが、時化の最盛期から減衰時にかけてはSt. 4で、今までとは逆向きである南西向きの1m/sに達する強い流れが観測された。これは、時化時に碎波帯内で発達する南西向きの沿岸流の影響であると考えられる。

図-3からも分かるように、観測された流れは潮汐より長い時間スケールで変動しているため、大気圧, 平均水位, 流速, 風速を海岸に平行な成分と垂直な成分に分けて、30時間以上の長周期変動成分を抽出し、相互相関係数 $C(\tau)$ を求めた。

この結果、海岸に垂直な成分は全般に低い相関値で

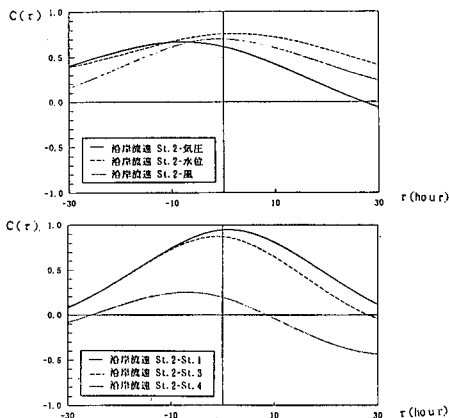


図-4 長周期成分の相互相関

あったので、海岸に平行な成分の結果を図-4に示す。図-4の上段にSt. 2の沿岸流速 V_2 と気圧を水面変動に換算した η_P , 平均水位 η , 風速 W との相互相関を示した。相関の時間差は、 V_2 を基準として気圧が8時間、風が1時間先行し、平均水位が2時間遅れとなっている。すなわち、佐藤(1995)が示したように、気圧が低下し風が強くなり、海岸線に平行な流れが生じ吹き寄せにより水位が上昇するという機構が再確認された。

次に、図-4下段にSt. 2と他の観測点との沿岸流速の相互相関を示す。St. 2とSt. 1, St. 3はほぼ同時に沿岸流速が発達するものの、St. 4は30時間以上経過してから沿岸方向逆向きの流れが発生することがわかる。

(2) 蛍光砂調査結果

蛍光砂の拡散状況を汀線部と海域部にわけて図-5, 図-6に示す。図-5の棒グラフの値は、採取したサンプルの内、10グラムを取り出し、暗室にて紫外線ランプを照射して蛍光砂の数をカウントしたそれぞれ3回の平均

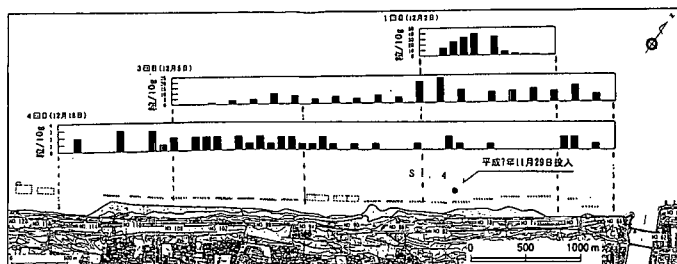


図-5 蛍光砂拡散状況 (汀線部)

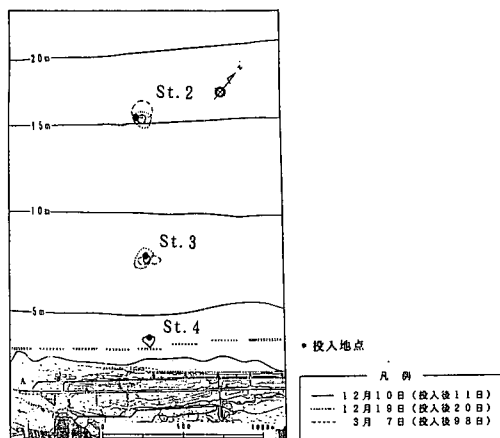


図-6 蛍光砂拡散状況 (海域部)

値であり、図-6中の線は、同様にして求められた5粒/10グラムの等値線である。水深16m (St. 2) では岸に沿って東へ蛍光砂が移動し、移動距離は投入後約10日で最大100mに達している。移動方向は、図-3に示した底層流の方向と一致しており、輸送の外力はこの流れと判断される。

一方、水深4m (St. 4) では12月19日以降は拡散しきったのかほとんど蛍光砂は検出されなかったが、投入後11日目の12月10日では蛍光砂は岸へ向かっており、汀線部での観測では、12月18日まではSt. 4に投入された蛍光砂だけが検出され、蛍光砂拡散分布の重心は投入地点よりかなり西側に移動している。これは、前述した時化の最盛期から減衰時にかけて起こる強い西向きの沿岸流に乗って移動したためと考えられる。水深8m (St. 3) では、岸に向かって蛍光砂が移動しているが、これは底層流調査結果の向きと一致していない。従って、この地点では移動の外力としては流れより、むしろ波の影響を大きく受けていると考えられる。

(3) 深浅測量結果

深浅測量結果をSt. 1からSt. 4を通る測線No. 80とNo. 90の地形の平面及び断面変化として図-7に示す。

これから水深16m以深は底層流の流れによる土砂移動によって侵食傾向を示し、水深16m～8mは以深からの土砂供給と以浅への土砂移動が相殺されたと考えられ、地形の変動はほとんどみられなかった。水深8m以浅は、11月22, 23日から12月19, 20日にかけては、沖側からの土砂の供給を受け測線No. 80, 90ともに堆積傾向を示したが、3月7, 8日には測線No. 90の水深5m前後のトラフ地形が2m程度の侵食を受けた。

4. 土砂移動機構

図-8に西港から新川河口までの新潟西海岸で実施した既存深浅測量解析の結果を示す。上段に昭和61年の等深線図、中下段にこれを基準とした平成3年、5年の侵食堆積域の分布を模式的にそれぞれ示した。これから、深浅測量の誤差を越えた変化として、水深10mより沖側では東側で侵食傾向、西側で堆積傾向が認められる。

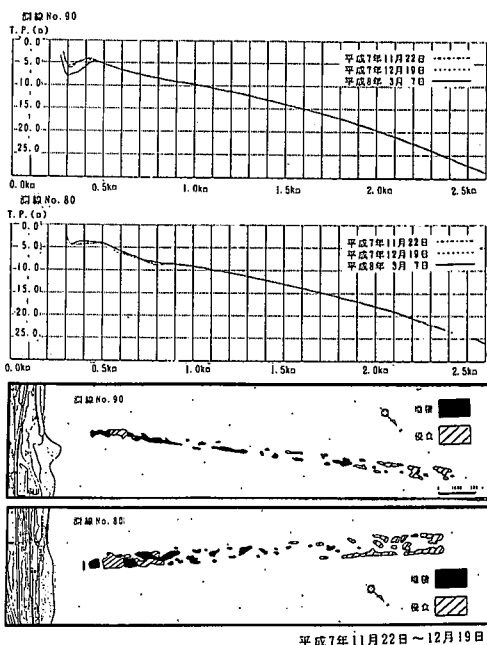


図-7 ナローマルチビームによる深浅測量結果

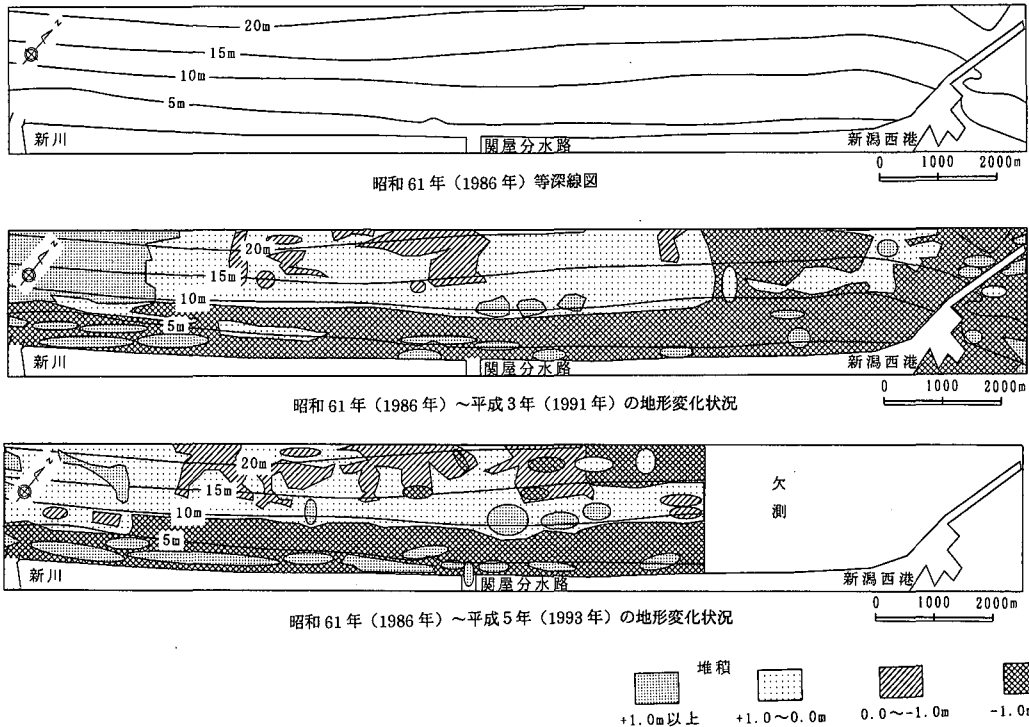


図-8 新潟西海岸の地形変化状況

また岸側では、侵食域が堆積域を上回り、侵食域の中に海岸線に沿った帯状の堆積域が分布している。

図-8の解析結果と今回の底層流、波浪、蛍光砂調査及び深浅測量からモデルとなる新潟西海岸の土砂移動機構を推測すると図-9に示すとおりとなる。すなわち、時化の発達時は、沖合の土砂は底層流に乗って北東方向（やや岸向きの沿岸に沿った東向き）へ移動し、岸側では波浪により岸方向へ輸送されるが、波浪に舞上げられた土砂は東向きの流れに乗って沿岸方向東へ移動する。これらの中間地点である水深8m付近では舞い上がる土砂量が少ないので主に波浪により岸方向へ移動する。この結果、沖合の土砂が岸方向へ輸送され、沖側で侵食、岸側で堆積となる。一方、時化の最盛期から減衰時は、岸側で発達時とは全く逆の沿岸方向西向きの強い流れが発生し、時化の発達時に沖側から岸側に輸送され堆積した土砂が西側の新川河口付近に運ばれると考えられる。水深8m前後の中間領域では、図-9下段に示した土砂移動にあわせて沖向きの土砂移動が卓越すると思われる。

5. まとめ

新潟西海岸の冬季に実施した底層流調査、蛍光砂調査及び深浅測量から、土砂移動機構を推定した。水深15mから20mの沖合では底層流による沿岸方向東向きの土砂移動が生じ、水深8m付近では主に波浪による岸向き

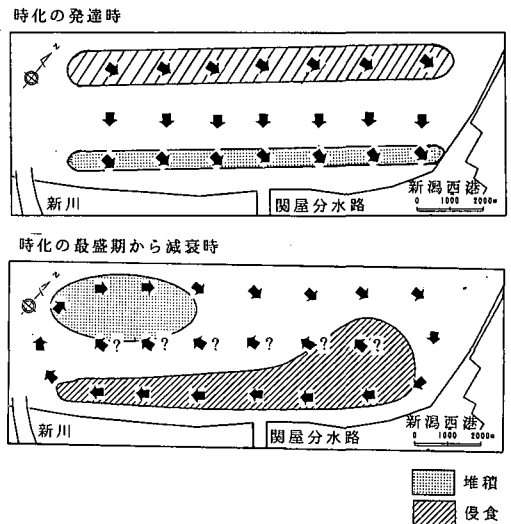


図-9 新潟西海岸の土砂移動機構

の土砂移動となり、水深4m付近では波浪により舞上げられた土砂が風と波の両者の作用によって発達する流れに乗って輸送されることが分かった。しかも、水深4m地点では時化の発達時と時化の最盛期から減衰時とは土砂移動機構が異なり、時化の発達時に波浪により舞い上げられた土砂が底層流に乗って東へ輸送されるもの

の、時化の最盛期から減衰時にかけて起こる強い西向きの沿岸流により、今度は西へ土砂が輸送されると考えられる。

今回の調査から、図-9に模式的に示す新潟西港から新川にかけての時計回りの土砂移動が推定された。

この土砂移動の起動力として、底層流が大きく関与していることが分かったが、波浪により舞上げられた土砂が底層流に乗って輸送されることも今回の調査で確認された。従って、図-9に示す土砂循環の形状、規模を明らかにするとともに、波浪に舞上げられて輸送される土砂量を定量的に把握しモデル化することも侵食対策の検討に重要になると考える。この際のモデル化にあたっては、

気圧・水位・風の変動特性が新潟西海岸の土砂移動機構の重要な要因になると思われるので、現地データを更に蓄積して解析していく必要があると考える。

参 考 文 献

- 新井洋一・田村政太郎・岩本博史・川又良一 (1987): 新潟西海岸における波浪に伴う海底変動, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 357-361.
- 佐藤慎司 (1995): 日本海沿岸で観測された流れの特性, 土木学会論文集, No. 521, II-32, pp. 113-122.
- 徳田泰夫・田村政太郎・岩本博史・川又良一・黒木敬司 (1988): 新潟西海岸における波浪に伴う海底変動 (第2報), 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 467-471.