

# 下新川海岸における深海への土砂流出実態

宇多高明\*・中田定男\*\*・小俣 篤\*\*\*

## 1. ま え が き

急深な富山湾に形成された黒部川扇状地では、山岳部からの多量の流出土砂は平野を形成することができず、扇状地を経て直接深海へ流失する。この扇状地の外縁を成す下新川海岸では、過去より現在に至るまで侵食対策が重要な課題となっている。当海岸において海岸侵食を根本的に解決するためには、海岸での土砂収支を十分検討する必要がある。特に、深海への土砂流出機構の解明が重要である。

近年、下新川海岸のうち黒部川河口より東に位置する部分は著しく侵食を受け、現在では護岸や離岸堤により海岸線が防護されている。しかし、その下手側海岸の汀線付近では侵食量に釣り合う土砂堆積は生じておらず、多量の土砂が海底の急斜面を経て深海へ流出したと推定される。その一例として、石川・山本(1987)は黒部川扇状地の土砂動態を推定し、一万年間を平均的に見て  $190 \text{ 万 m}^3/\text{yr}$  が河口から直接深海へ、また一旦海中に堆積した土砂が  $44 \text{ 万 m}^3/\text{yr}$  の割合で深海へ流出したことを示した。黒部川からの土砂流出は現在でも存在することか

ら、汀線付近から深海への土砂流出は現在も継続して生じていると考えられる。したがって、海岸保全施設の適切な配置計画について検討するには、まず深海への土砂流出の実態を明らかにすることが必要とされる。本研究は、黒部川から流出する土砂、および沿岸漂砂により輸送される土砂が、富山湾の深海へ流出する経路と機構を現地調査により明らかにすることを目的とする。

筆者らは海底での土砂移動の調査対象区域として、河口東側で最も大きな海底谷である吉原洋谷、および黒部川河口沖から生地鼻沖までの海底を選定して、1985年に海底面の調査を行った(宇多ら, 1986)。本報では、これに続いて行った現地調査の結果について述べる。

## 2. 生地鼻沖での流れと砂礫移動

### 2.1 調査内容

前報(宇多ら, 1986)によると、深海への土砂流出は主に生地鼻沖と黒部川河口沖で生じていると推定された(図-1 参照)。そこで、まず生地鼻沖での土砂流出の経路、機構を調べるために種々の現地調査を行った。調査は1986年12月～1987年1月と1987年12月～1988年3月の2回、冬季風浪時に行った。調査内容は次の通りである。

#### (1) 流向流速測定

生地鼻沖の水深  $12 \text{ m}$  地点(図-2)の底面上約  $1.5 \text{ m}$  の位置にロータ回転式流速計を設置し、流向流速を測定

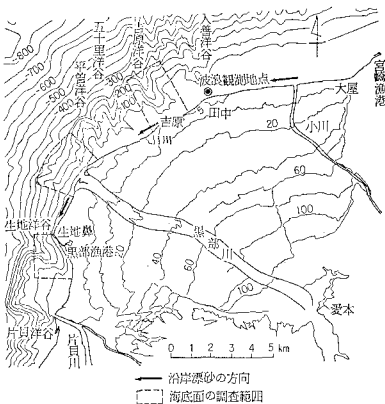


図-1 黒部川扇状地

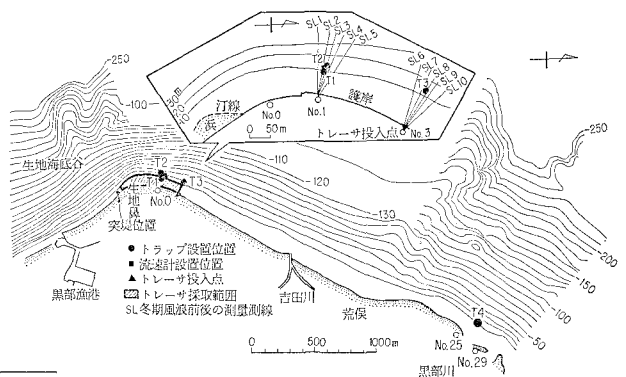


図-2 測定地点位置図

\* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長  
 \*\* 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所調査課長  
 \*\*\* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

した。測定時間間隔は10分である。流速は5秒間の平均値であり、厳密には波動運動成分を除去し得ないが、ロータの応答性が低いため測定結果はほぼ平均的な流れを表わす。

## (2) トラップ調査

生地鼻沖の急斜面上の土砂移動を調べるため、図—2に示す T1, T2, T3 の位置にボックスカルバート (1.5 × 1.5 × 4 m) 製のトラップを設置した。1 回目の調査位置は T1, 2 回目の調査位置は T2, T3 である。設置水深は T1 が 10 m, T2, T3 が 14 m である。捕砂状況は、ダイバーの潜水調査により調べた。

## (3) トレーサ調査

生地鼻周辺での土砂移動状況を調べるため、生地鼻の北側に位置する護岸前面に約 50 m<sup>3</sup> のトレーサを投入し、図—2 に示す範囲で移動状況を調べた。トレーサには現地の底質とは異なる能登安山岩の礫 (平均的粒径約 50 mm) を用いた。

## (4) 深 浅 測 量

冬季風浪時に生じる地形変化を調べるため、2 回目の調査前後 (1987年12月1日, 1988年3月11日) にトラッ

プ T2 と T3 の周辺で深淺測量を実施した。

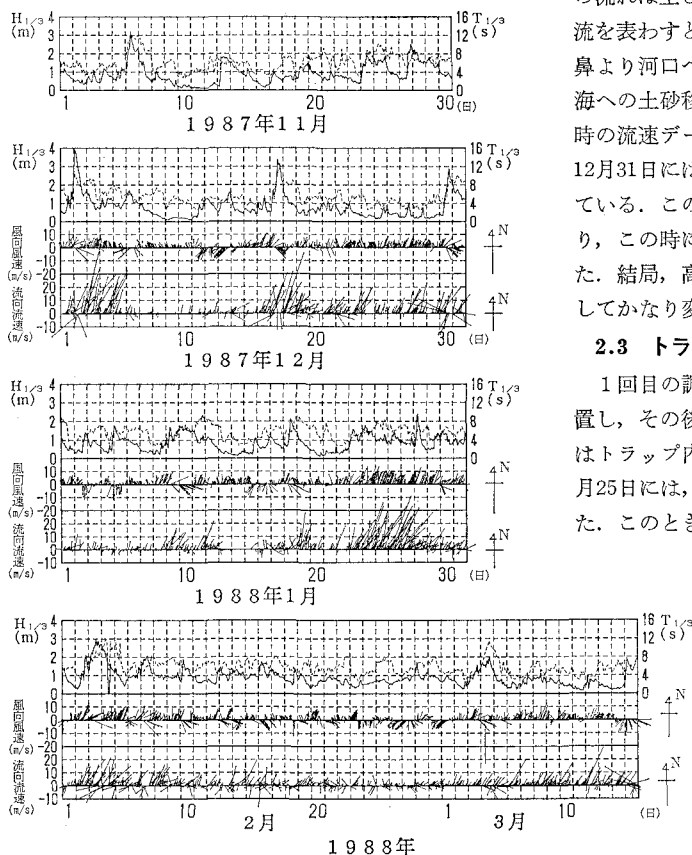
## 2.2 流向流速測定の結果

長期間欠測のない2回目の観測時の測定結果を図—3に示す。流速ベクトルは煩雑さを避けるため2時間ごとに示した。また、図には田中観測所 (図—1 参照) で測定した水深 15 m における波浪データと風向風速も示した。

流速ベクトルを見ると、北北東、すなわち生地鼻より河口に向かう流向が卓越している。これは、沿岸漂砂の卓越方向、すなわち沿岸流の卓越方向とは全く異なっている。流速計の設置位置は水深 12 m であり、波高 2~4 m の波により形成される碎波帯よりかなり沖に位置するため、沿岸流の影響はほとんどないと考えられる。波高との対応を見ると、12月30日, 1月19日, 1月24~27日のように、波高の高い時と流速が大きい時が必ずしも一致していない。一方、風向の変化は流向の変化と比較的良好に対応し、特に南南西の風向が長期間継続する時に北北西の流向となる傾向が見られる。河村(1977)によると、富山湾周辺では主として冬季に出現する北寄りの傾度風向の時に、地上風は湾奥から生地鼻方向へ向かう風向となることが示されている。これらのことから、海底の流れは主として観測点より南の湾奥より発達する吹送流を表わすと考えられる。しかし、海岸線に沿って生地鼻より河口へと向かう流れは、その方向から判断して深海への土砂移動とは無関係と考えられる。一方、高波浪時の流速データを詳しく見ると、12月2日, 12月17日, 12月31日には短時間であるが北西の沖向き流れが出現している。この傾向は1回目の調査時にも確認されており、この時には高波浪時に流向が乱れ、その後欠測した。結局、高波浪時には海底付近の流れが静穏時と比較してかなり変化することがわかった。

## 2.3 トラップ調査の結果

1 回目の調査では1986年11月13日にトラップ T1 を設置し、その後3回堆積状況を調べた。12月8日の観察ではトラップ内に少量の堆砂が見られたのみであった。12月25日には、トラップ内の約 1/3 が砂礫で埋められていた。このときには、トラップに近接した流速計取り付け用ブロックが洗掘により傾き、トラップとの結合ワイヤーが切断されていた。さらに、1月21日には上部に約 30 cm の隙間を残しただけの状態でトラップ内に砂礫が堆積していた (写真—1)。観測期間中の波浪データ (図—4) によると、12月14日以降に波高 2 m 以上の波浪の来襲頻度が増加し、特に12月20日, 1月10日, 13日の波高が高い。トラップ内の堆砂は12月8日~25日に生じ、特に高波浪の来



図—3 流速測定結果 (2回目観測時)

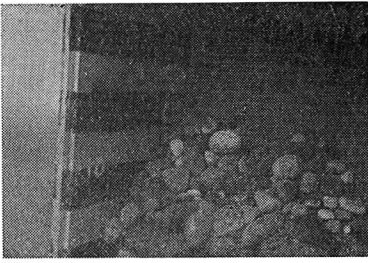


写真-1 トラップ T1 内の堆砂状況  
(1987年1月21日)

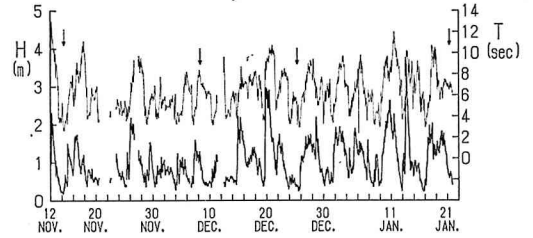


図-4 1回目調査時の波浪データ

襲頻度の高い12月25日～1月21日に多量の堆砂を生じた。このことから、高波浪の来襲と砂礫移動の関連が示唆される。また、約40日間に約7m<sup>3</sup>の堆砂が生じ、かなり礫が含まれていたことから、地滑りのような形態で一度に多量の砂礫が移動した可能性が高いと考えられる。

2回目の調査では1987年11月10日にトラップT2、T3を設置してその後8回堆積状況を調べた。しかし、調査期間を通じてT2、T3共に土砂はほとんど捕捉されなかった。この観測期間にも3mを越える高波浪が数回来襲したが、急激な土砂移動は確認されなかった。

次に、生地鼻沖の海底斜面における土砂移動を地形変化の面から調べた。代表例として測線SL3とSL8の断面形状を図-5に示す。水深約10mで浅は緩勾配であるが、水深20～40mの海底勾配はSL3で約1/3、SL8で約1/6と急勾配である。また、地形変化は水深30～50mにまで及んでいることがわかる。さらに、海底地盤高の変化量の水平分布を図-6に示す。横軸のXは測量基準点からの水平距離である。T2周辺のSL1～SL5では、SL2を除いてX<10mの範囲で堆積傾向にあり、全体としては堆積量が多い。T3周辺のSL6～SL10でも、X<15mの範囲でSL10を除き堆積傾向にあり、全体としては堆積量が多くなっている。これらの範囲は水深がほぼ20m以下に当たり(図-5参照)沿岸漂砂による土砂供給があったことを示すと考えられる。しかし、局所的には地盤が1～2m低下した箇所もある。また、堆積・侵食が生じた範囲は測量範囲の沖端水深40m付近の海底にまで及んでいる。これらの地形変化の特徴として、隣接した測線間の同じ水深域で地形変化の傾向が異なることが挙げられる。このように、冬季風浪時に生じた地形変化は水深40～50mにまで及び、さらに局所的にその傾向が異なる。このことも、急勾配斜面上で局所的な沖向き土砂移動が発生したことを示すと考えられる。また、土砂移動が局所的であったことが、2回目のトラップ調査時にT2とT3で土砂堆積が生じなかった理由と考えられる。

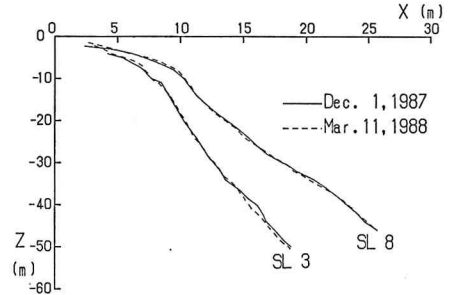


図-5 測線 SL3 と SL8 の断面変化

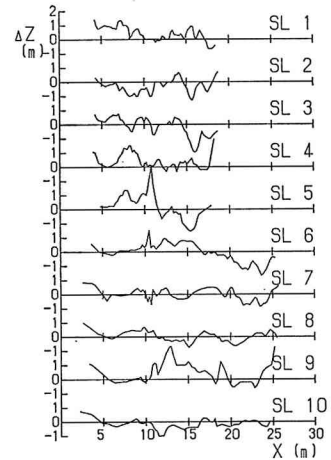


図-6 海底地盤高変化量分布

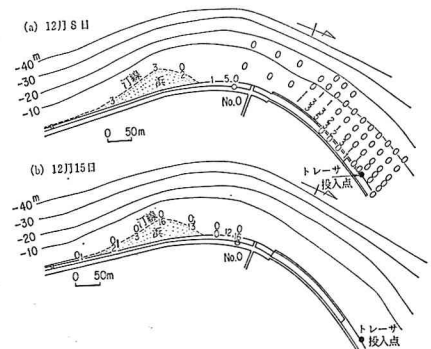


図-7 トレーサ調査結果

#### 2.4 生地鼻周辺の砂礫の移動状況

生地鼻周辺でのトレーサ調査の結果を図-7に示す。

トレーサは図中の数字で示した位置で採取した。これらの数字は1m四方、深さ約10cmの採取範囲内で発見されたトレーサの個数を示す。50m<sup>3</sup>と大量の礫をトレーサに用いたにもかかわらず、1回目の採取時に投入地点でトレーサは発見されなかった。投入から1回目の採取までの間には波高約4mの高波浪が来襲した(図-3参照)。その結果、トレーサは急速に移動したと推定される。トレーサは投入点とNo.0の間で採取されており、No.0の南の浜でもいくつか発見された。この浜は沿岸漂砂によって形成された砂嘴(生地鼻)の先端にあたる。この浜より南にはほとんど前浜はなく、沿岸漂砂による底質移動は少ないと考えられる。また、投入から採取までわずか8日しかなく、多量のトレーサが短期間の間に浜より南へ輸送されたとは考えにくい。一方、水深10m付近でトレーサは全く発見されていない。以上のことから、ほとんどのトレーサは投入直後に来襲した波高約4mの高波浪により、水深10m以深の海底へと急速に移動したと推定される。

2回目の調査時に投入地点からNo.0の間を踏査したが、トレーサは確認されなかった。このとき、No.0以南でトレーサを採取したところ、多くのトレーサが前浜に打ち上がっていた(図-7(b)参照)。これは、1回目の採取時に投入点とNo.0の間で発見されたトレーサが、波高2mを越える高波浪が来襲しなかったために、沿岸方向、南に移動して前浜に多く打ち上げられたと考えられる。生地鼻沖の海底勾配は1/3~1/6、傾斜角にして16~32°と非常に急であるため、沿岸漂砂によって急斜面上に輸送された砂礫は、局所的には非常に不安定な状態で堆積すると考えられる。そして、不安定な堆積状態にある土砂が、高波浪を契機として局所的に沖向きの土砂移動を開始することは十分に考えられる。多量のトレーサが投入点より急速に消失したのも、このような現象によると推定される。

不安定に堆積した土砂が沖向きの移動を開始する原因には次のことが考えられる。第一には、水中安息角に近い状態にあった斜面へ高波浪時の沿岸漂砂によって土砂が供給された結果地滑りが発生し、初速度を得た砂礫が重力により沖へ流下する形態の土砂移動である。第二には、高波浪の作用によって分散圧力(Bagnold, 1954)が発生した結果、表層の底質が支持力を失い、重力によって砂礫が移動を開始し、Grain flowとして砂礫が沖向きに移動するものである。

沖向きの土砂移動の発生を直接示す事例として、生地鼻南のブロック積み突堤(図-2参照)の沈下を挙げることができる。生地鼻南には4基のブロック積み短突堤が施工されていた。このうち1基が1987年2月の高波浪時に2~3m沈下した。しかし、隣接する突堤にほとん

ど変化が生じていなかった。このことから、沖向きの土砂移動が局所的に発生することがわかる。

### 3. 黒部川河口沖の地形変化

海底面の状況から、河口沖でも深海への土砂移動が生じている可能性がある。ここでは、河口沖の地形変化より土砂移動の実態を考察する。

1回目の調査時には、河口左岸沖にトラップT4を設置した(図-2参照)。観測期間はトラップT1と同じである。このとき、T4内に堆積は生じなかった。2回目の調査時の1988年2月18日に設置地点を潜水調査したところ、トラップT4は発見できなかった。地形形状から見て設置地点の海底はかなり堆積したようであり、トラップは埋積された可能性もある。供給土砂の出口である河口沖の海底でこのような地形変化が生じることは十分考えられる。そこで、1975年以後の定期深淺測量の結果を用いて、河口中央(No.29, 図-2参照)沖の海底断面の変化を調べた(図-8)。1980年から1985年の間に水深6~24mの範囲が侵食され、それ以浅では堆積した。また、1985年から1986年にかけては水深7m以浅で著しい侵食が生じた。以上のように、河川からの土砂流出の影響を直接受けると考えられる海底では、大きな地形変化が生じている。

ここで河川の流量との関連を考察する。1951年~1986年の年最大および平均流量の経年変化を図-9に示す。年平均流量にあまり変化は見られないが、年最大流量は長期的にみて減少傾向にある。さらに、3000m<sup>3</sup>/s以上の洪水は最近生じていない。土砂の輸送、特に砂礫分の流送は流量の大きな洪水時に生じると考えられ、年最大流量の長期的な減少は、河川からの流出土砂量の減少を示唆する。海底の地形変化との関連を調べると、1985年から1986年の期間にNo.29の海底が大きく侵食されたのに対応して、1985年には936m<sup>3</sup>/sの年最大流量を生じ

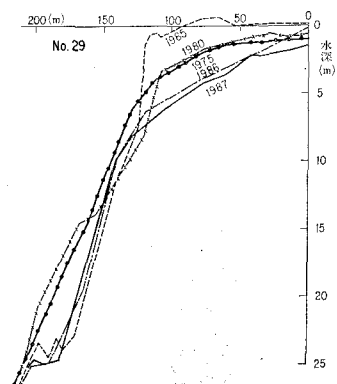


図-8 黒部川河口沖の海底地形変化(測線 No. 29)

ている。1985年の測量は7月、出水は8月であることから考えると、海底の侵食は出水時に生じた可能性が高い。その理由として、まず1979年～1984年には大きな出水がなかったことから、河口前面には除々に土砂が堆積し、その結果1985年には河口前面がかなり急勾配化したと考えられる(図一8参照)。そこに1985年の出水が生じたため河口前面に多量の土砂が急激に堆積し、海底地滑りを生じたか、あるいは堆積により不安定度を増した急斜面が冬季風浪時に崩壊した。図一8によると、水深8 m 以深の海底勾配は  $1/4$  (約  $25^\circ$ ) と非常に急である。そのため、洪水時に河口から土砂流出が生じると、過剰堆積による地滑りの発生や wash load の流出に端を発する密度流の発生によって、大規模な深海への土砂移動が生じることは十分可能と考えられる。

#### 4. 土砂移動機構に関する考察

以上の結論に既往の調査結果(建設省黒部工事, 1979; 石川・山本, 1987; 土屋ら, 1971; 土屋ら, 1987)より求めた土砂移動量のオーダーを加えて黒部川河口より西の海岸における土砂移動のモデルを作成した。このモデルでは、生地鼻から片貝川方向への沿岸漂砂による土砂

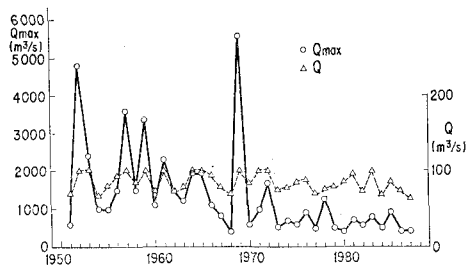
移動はほとんどないとしている。土砂移動モデルを図一10に示す。大出水時に河川より流出した土砂のほとんどは深海へと流下する。また、小出水時には河口沖の海底地形に応じて浅海域に一時堆積するか、または出水時に海底地滑り等を生じて深海へと流出する。河川からの流出土砂量に比べ沿岸漂砂量は  $1 \sim 2$  オーダー小さいため、河川流出土砂量と深海への流出土砂量はほぼ等しい。生地鼻方向へ沿岸漂砂により移動する土砂は、生地鼻沖に一時堆積して、そのほとんどが高波浪を契機に深海へと流出する。

#### 5. 結 論

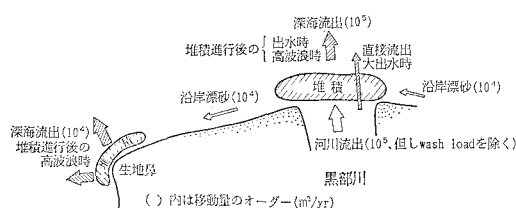
- ①生地鼻沖水深約 10 m 地点で冬季風浪時に実施した流向流速測定によると、波高約 2 m 以上の高波浪時には、海底付近の流れは乱れて沖向きの流向も出現した。
- ②生地鼻沖水深 10 m の位置にトラップを設置したところ、高波浪時の来襲後にトラップ内に砂礫の著しい堆積が見られた。しかし、別の観測時には同様な波浪条件でも砂礫移動は観測されなかった。また、トラップ周辺の地形変化から、高波浪の作用後には近接した海底に侵食部と堆積部が共存することがわかった。以上のことから、生地鼻沖では高波浪の来襲により沖向きの砂礫移動が局所的に生じていると推定された。
- ③河口沖では、出水により河口前面に堆積が進行した後に、過剰堆積による地滑りや波浪の作用によって深海への土砂移動が生じると推定された。
- ④下新川海岸の黒部川河口から生地鼻の間の土砂移動モデルは図一10のようにまとめられる。

#### 参 考 文 献

- Bagnold, R. A. (1954): Experiments on a gravity-free dispersion of large solid sphere in a Newtonian fluid under sea, Proc. R. Soc. Lond., A 225, pp. 49～63.
- 石川忠晴・山本浩之 (1987): 黒部扇状地の土砂動態に関する考察, 土木学会論文集, 第381号/II-7, pp. 35～43.
- 宇多高明・小俣 篤・堤 博志・吉村敏明 (1986): 深海への土砂流出実態の現地調査, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 277～281.
- 河村 武 (1977): 全国地上風分布図, 気象庁技術報告, 第91号, 76 p.
- 建設省黒部工事事務所 (1979): 下新川海岸侵食の歴史, 417p.
- 土屋昭彦・星畑国松・本間勝一 (1971): 河川からの流出土砂量, 防災科学技術総合研究報告, 第25号, pp. 35～41.
- 土屋義人・芝野照夫・須山 洋・吉村敏明 (1987): 黒部川扇状地海岸の形成と変化について, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 322～326.



図一9 年最大流量と年平均流量(愛本地点)



図一10 下新川海岸の黒部川より生地鼻の間における土砂移動のモデル