

黒部川扇状地海岸の形成と変化について

土屋義人*・芝野照夫**・須山 洋***・吉村敏明****

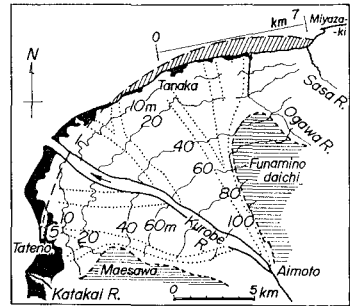
1. 緒 言

黒部川扇状地は宇奈月町愛本を扇頂とし、扇端までの半径が約 10~13km の典型的な扇状地地形で、その西端部は富山湾へと続いている。その扇状地の黒部川河口以東は、わが国でも有数の侵食海岸として知られている下新川海岸であり、これまで数多くの調査研究が実施されてきた。下新川海岸の変形は扇状地の形成以来継続しているものであって、大河川河口部のデルタ地形の変形と同様に、扇状地デルタの縮小過程と位置づけることができる。この縮小過程、すなわち侵食過程を究明するためには、少なくとも 2 つのタイムスケール、約 300~400 年前における黒部川の河口位置の変更に伴う漂砂源の変化を要因とする長期のタイムスケールと最近の海岸構造物の築造に伴う漂砂源の変化による短期のタイムスケールにおける汀線変化や海底地形の変遷を明らかにし、それぞれのタイムスケールにおける侵食要因に対してとるべき侵食制御の方策を究明しなければならないといえよう。

2. 黒部川扇状地の形成

(1) 扇状地の形成

扇状地の形成は地質時代に始まり、洪積世前期から後期にかけての海水準の変動と合せて発達してきたことが明らかにされている。とくに、扇状地東側の舟見野台地や西側の前沢台地などは、当時の黒部川の流送土砂によって形成された旧扇状地面である。現在の黒部川扇状地は、旧扇状地を削り新しく形成されたもので、この侵食から残された部分が前述の台地として存在している。図—1 は藤井¹⁾による地形学図から黒部川旧河道および旧扇状地台地の分布を示したもので、現扇状地は黒部川の流路が東西に変化しながら、旧扇状地面を侵食し、その上に流送土砂が堆積して形成されてきた。この現扇状地形成に伴う堆積土砂量について、藤井¹⁾は $44 \times 10^9 \text{ m}^3$ と算定し、扇端部が吉原沖約 2km の水深 100m 付近の



図—1 黒部川旧河道と海岸線の復元

大陸棚末端にあり、その位置が当時の海岸線で、その時代は約 2 万年前と推定している。一方、石川²⁾は旧扇状地面から現扇状地面への移行を約 1 万年前とし、海水準の上昇と地盤変化を考慮して、陸上部に $1.65 \times 10^9 \text{ m}^3$ 、海中部に $1.68 \times 10^9 \text{ m}^3$ 堆積していると算定した。ここでは陸上部の堆積土砂層厚をボーリング資料、海中部については地層探査資料³⁾から基盤上のそれを求め、その分布から堆積土砂量を算定した。それによると、陸上部に約 $6 \times 10^9 \text{ m}^3$ 、海中部に約 $2 \times 10^9 \text{ m}^3$ となり、堆積期間を藤井と同様にとれば年平均約 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 堆積したものと考えられる。しかし、海中部については現海底面から基盤までの堆積厚さとしているために、扇状地形成当時はさらに大量の土砂が堆積していたものと考えられる。その後、現在までの海水準の上昇に伴い、扇状地沿岸部に作用する外力によって侵食され、縮小してきたものといえよう。

(2) 黒部川流路の変遷

黒部川は扇頂の愛本から海岸まで 図—1 に示すように、流路を変化させながら流下してきた。往時には自然河川として幾筋にも分れて流れており、例えば 1691 年の「奥の細道」の文中には“黒部四十八ヶ瀬とかや、数しらぬ川を渡りて……”と書かれ、その当時は数多く分流していたことがわかる。また、かつて黒部川の主流が現在より東側の古黒部集落付近を流れていたと言われていたが、その年代は約 300~400 年前とされている。例えば、「越中資料」の中に次のように記載されている。“黒部川は口碑に依ふる所によれば、往古愛本橋下中の

* 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所

** 正会員 工博 福井工業大学助教授 建設工学科

*** 正会員 建設省北陸地方建設局河川部長

**** 正会員 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所調査課長

中より愛本村, 新屋村間を貫通し, 横山村大字古黒部村を経て海に注ぎしなるも, 貞享2年(1685年)の大洪水にて現今の位置に変遷したるものなり……”. また, 天明5年(1785年)の絵図に描かれた黒部川の流路を集落名に基づいて現在の地図に描くといずれも現河道付近となり, 約300~400年前には古黒部集落付近から西偏して, すでに現河道付近が主流路となっており, 大きく漂砂源が変化したものと考えられる.

3. 扇状地の復元と流路変更による侵食土砂量

(1) 扇状地の復元

黒部川の流路が現河道に移ったのが約300~400年前で, また, 扇状地の形状が吉川⁴⁾にならって同心円状の扇形であったとするが, 現在の扇端部を見ると標高5mの等高線の分布が, 現黒部川河口口以東の地域で不連続となり, 標高0~5mの領域が欠けている. さらに, 扇状地西端で砂浜海岸が残されている黒部市立野から石田付近の海岸線を, 一応の扇状地と海の接するところと仮定して, かつての扇状地を復元し, その海岸線を示すと前出の図-1の図中の破線のようなものである. これによると春日付近では沖合約600m程度に汀線があったこととなり, 現在の水深約10mのところとなる. また, 愛本を中心として赤川および八幡までの断面地形から, その勾配, とくに等高線5mから10mまでがそのまま延長されるものとして示したものが図-2であり, 扇状地形成当時の汀線は現在よりも数百m以上沖合にあったものと考えられる.

(2) 流路変更による侵食土砂量

ここでは, 黒部川河口が東偏していた当時の扇状地の復元結果と測量結果および山田⁵⁾による研究成果を用いて, 現在に至る下新川海岸の侵食土砂量を笹川河口付近から八幡付近までの等深線が汀線とほぼ平行で, 洋谷が存在しない約6.5kmの範囲について算定した. 黒部川扇状地の復元結果から平均的に見て当時の海岸線は約550m沖合にあったと仮定し, また, 水深10m以浅の海底形状が現在と同じ状態で侵食されてきたものとして, 海浜断面形状の変化を模式的に示したものが図-3である. なお, 図中に記した年代は山田らによって算定された汀線位置を示している. これから汀線後退速度を示すと, 1850年から1910年までは約0.6m/yr, 1910年から1947年では約1.4m/yr, さらに1947年

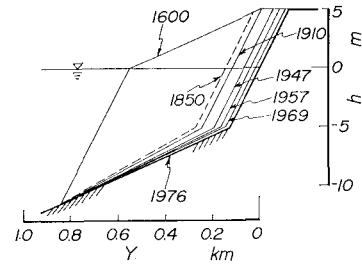


図-3 海浜断面形状変化の模式図

から1969年頃までは約2.3m/yrと急激な後退を示している. しかし, それ以降は約1.5m/yrと比較的小さな値となっている. この平均的な汀線後退速度と図-3の海浜断面形状から侵食土砂量を算定し, その経年変化を示したものが図-4である. この図から, 古黒部集落付近に旧黒部川の河口があり, 扇状地の形状も一定で, 沿

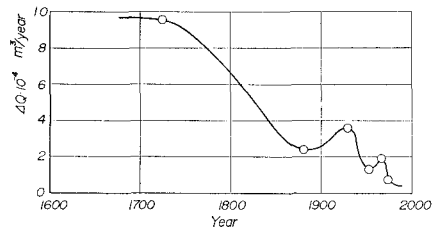


図-4 侵食土砂量の経年変化

岸漂砂と流送土砂が均衡していたとする大きな仮定ではあるが, 河口が西偏して漂砂源が消滅し, 下新川海岸の東部から次第に侵食が始まった時代には約10万m³/yr程度の侵食土砂量ではないかと推定される. その後, 侵食の進行によって海底地形や汀線の方角も変化して, その量は減少しているものの, 現在でも約1万m³/yr程度の値を示すものと考えられる.

4. 最近における海岸地形の変化

下新川海岸は古くから侵食が激しく, また, 最近では沿岸漂砂の上手側に宮崎漁港さらに市振漁港など, 沿岸漂砂を阻止する構造物が築造され, これまでの地形的特性による侵食に加えて, 漂砂の連続性を阻止する構造物によって侵食がより助長されてきた. ここでは建設省黒部工事事務所によって実施されてきた1958年以来20年40回にわたる深淺測量のデータを, 測深時期をそろえてスプライン補間により20m間隔の格子点に水深値を配分して, 地形変化などを検討した. なお, データは測量誤差などを除くため3年間ごとの平均値とし, その中央の年を代表年としている.

(1) 汀線および等水深線の変化

a) 汀線の変化特性: 測点 No. 103 の田中を基点として東側の笹川河口までの汀線変化の沿岸方向分布を

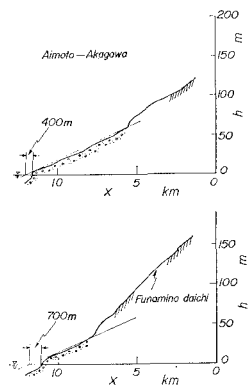
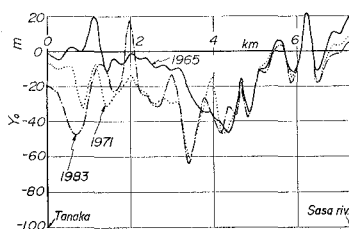


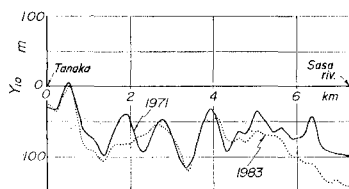
図-2 扇状地の地形断面



図—5 汀線変化の沿岸方向分布

図—5 に示すが、汀線は経年的に後退しており、田中付近から東草野付近でその傾向が顕著である。一方、東草野から笹川河口付近までは、汀線の後退はあるものの、1959 年当時から海岸堤防前面に砂浜がほとんどなく、また、侵食がこの付近から西側へと進んだために、海岸堤防などの保全対策工によって維持され、現在では全域にわたって、これら構造物が汀線後退をくい止めているのが現状である。

b) 等水深線の変化特性：等水深線の変化も汀線変化と同じく経年的に変化し、図—6 のように等水深線が次第に汀線に近づき、水深が増大する傾向である。また、その位置は汀線の後退領域とほぼ一致し、古黒部から春日、東草野および大屋付近でその傾向が顕著になってい

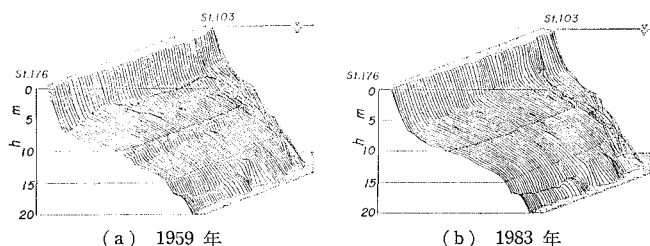


図—6 10 m 等水深線変化の沿岸方向分布

る。しかも約 1km 間隔で波状性を示すのは、沖合の洋谷の位置とそれによる波浪の屈折特性に関係するものと考えられる。また、水深 10m の等水深線の変化は、1965 年に比べて 1983 年に八幡と古黒部付近で約 120m、大屋以東笹川河口までは約 150m も汀線へ近づき、沖合の水深も増大している。

(2) 海底断面形状の変化

海底地形は黒部川以東の田中付近の沖合に洋谷が発達するが、水深 5~15m の浅海域は緩斜面が広がり、沖方向に次のような 3 つの領域に分けることができる。ま

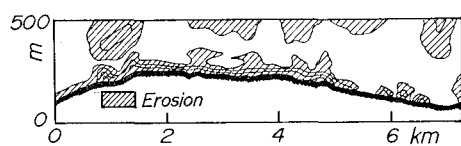


図—7 海底形状の鳥観図

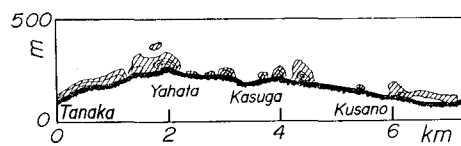
ず、第 1 は汀線から水深 5m までの勾配が約 1/25 の領域、第 2 はそれ以深は約 15m までの勾配 1/100 の緩斜面と第 3 はそれ以深の約 1/50 の領域である。図—7 (a), (b) は 1959 年および 1983 年の海底地形の鳥観図を示しているが、水深 5m 程度以浅では経年的に侵食され、海底勾配も急峻化してきている。

(3) 侵食・堆積領域とその経年変化

侵食の進行に伴って汀線および等水深線の離岸距離が変化してきていることを明らかにしたが、この変化は海岸土砂の侵食、堆積の場所的な不均衡を示すものであり、ここではその空間的な実態を知るために、侵食・堆積領域図を作成した。図—8 は測量期間を前半と後半に分けたものと 1959 年と 1983 年の 24 年間を比較したもの



(a) 1959~1971 年



(b) 1971~1983 年



(c) 1959~1983 年

図—8 侵食・堆積領域図

ので、その経年的な傾向は次のようである。まず、第 1 に 5km 付近の東草野から 7km の笹川河口にかけては、測量開始以前からの侵食によって、ほぼ現在と同じところまで侵食が進み経年的な変化があまり見られない。しかし、これは海浜が安定したのではなく、海岸堤防などによってかろうじて維持されていることを示しているといえよう。第 2 に、侵食・堆積領域が経年的に水深の大きな沖合まで及んできていること、第 3 に、約 2 km の横山、八幡付近では各年ともに堆積領域が見られ、海岸の地形も沿岸方向に屈曲する地点となり、来襲波浪の波向と地形の関係によるものと考えられる。図—8 (a) の前半の期間では沿岸方向に侵食領域が大きく広がっているのに対して、(b) の後半では堆積または平衡領域の範囲が広がっている。また、(c) の全期間ではほぼ全域に侵食領域が広がり、水深 10m 以浅の侵食が激しいこと

を示している。

5. 沿岸漂砂量とその変遷

(1) 波浪の屈折特性

海岸侵食の進行に伴って、波浪の屈折特性がどのように変化してきているかを検討するために、1965 年と 1983 年の海底地形を用いて屈折図を描き、その結果に基づいて波浪の屈折角およびエネルギーフラックスなどの沿岸方向分布とその変遷について考察する。まず、この海岸に襲撃する波浪は、ほぼ冬季節風時に限られ、その来襲方向は NW と N~NNE 方向に大別されるが、後者は一般に「寄廻り波」と呼ばれ、周期の長いことで知られている。ここでは、NW 方向は 8sec、N~NNE 方向は 12sec の周期として計算したが、いずれも碎波点の位置が 1965 年に比べて 1983 年では岸側に接近している。また、波浪の集中個所は波向 NW および N~NNE とともに両者であり変化が見られないが、後者の波向の場合、一般に波浪がより集中するような傾向が見られる。一方、碎波角の沿岸方向分布を見ると NW 方向の波浪に対しては、海底地形との関係で変化するが、碎波角は -10° 前後のところで沿岸方向に変動している。これに対して波向 $N10^\circ E$ では平均して $6\sim7^\circ$ 程度、NNE 方向では $8\sim10^\circ$ 程度となっている。

(2) エネルギーフラックスの分布とその変遷

波浪エネルギーフラックスの沿岸方向分布の計算に際しては、波浪条件を変化させ、隣接する波浪観測点における高波浪の年平均継続時間に基づいて行なった。図 9 にその結果を示している。なお、その値は 7.7 倍する

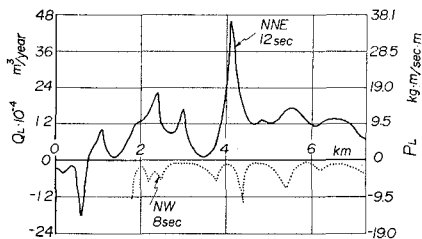


図 9 年平均エネルギーフラックスおよび推定沿岸漂砂量の沿岸方向分布

必要がある。エネルギーフラックス P_L の分布は碎波角の分布とよく対応して、沿岸方向に大きく変動する。これは沿岸方向に侵食・堆積個所がかなり固定して存在することを表すものといえよう。また、図 5 に示す汀線変化の沿岸分布と波向 NNE の波浪エネルギーフラックスの勾配の沿岸分布がよく似た傾向を示しており、エネルギーフラックスの集中個所やその分布の急変によって、局所的な海岸侵食が進み、これが汀線変化として現われているものと考えられる。さらに、1965 年および 1983 年の海底地形の相違による比較では、波向 NW の

場合、前者に比べて後者のエネルギーフラックスの変動が若干小さくなり、平滑化される傾向が見られる。一方、波向 N の場合でも同様の傾向であるが、いずれの場合も汀線の後退に伴って碎波角は若干小さくなるが、碎波帯とくに水深 10m 付近までの海域が次第に深くなってきている傾向と相反して、エネルギーフラックスはそれほど減少していない。このことは漂砂帯が次第に沖側に移行してきていることを示唆するものといえよう。

(3) 侵食土砂量の沿岸分布と汀線変化との関係

現在、下新川海岸東端の笹川付近では、海底に岩盤が露出しており、侵食土砂量もほとんどないものと考えられる。笹川河口から西側へ単位幅当りの侵食土砂量を累計したものが図 10 である。なお、移動限界水深 h_K の違いによってその値は変化するが、これまでの研究成

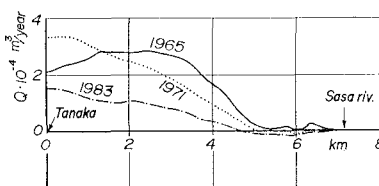
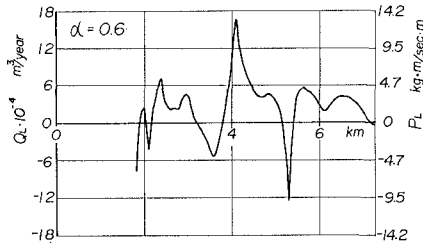


図 10 累加侵食土砂量の分布とその経年変化

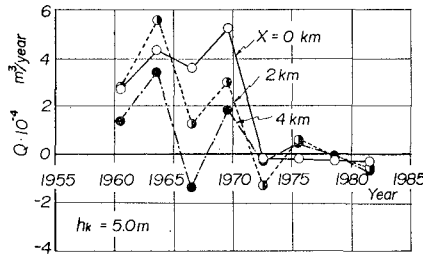
果から h_K は 5m 程度と考えられる。この図 10 から累加侵食土砂量は笹川河口付近より西側に移動するに伴って変動し、増大するが、2~4km での値は $2\sim3\times 10^4$ m^3/yr となっている。また、侵食の進行に伴って侵食面積速度と汀線後退速度との関係に変化が現われ、1965 年以前では比較的良好な関係を示しているが、それ以降は前述のように離岸堤などによる汀線位置の固定化に伴って、前面水深の増大による侵食面積が増加する傾向となり、海底勾配が急峻化し、両者の関係は悪くなっている。

(4) 沿岸漂砂量の分布とその変遷

海岸侵食に寄与する波浪として、波向 NW および N~NNE の 2 方向、また波向が 2m 以上の高波浪であるとして、前述の高波浪の年平均継続時間を考慮した波浪条件に対するエネルギーフラックスと侵食土砂量から推定される沿岸漂砂量の分布を比較し、両者の関係ができるだけ直線関係を示す代表波浪の波高を求めた。この 2 方向の代表波浪の組合せ、すなわち寄与率を明らかにするために、NW 方向の寄与率を α とし、種々の α の値を仮定して求められる年平均全エネルギーフラックスとそれに対応する沿岸漂砂量を計算した。図 11 はその 1 例であるが、図 9 と同様に 7.7 倍する必要がある。前出の図 10 に示した 1956 年から 1965 年の侵食土砂量の分布において、2~4km 付近における沿岸漂砂量が $2\sim3\times 10^4$ m^3/yr であること、1965 年の海底地形を対象とした図 11 の寄与率 $\alpha=0.6$ の結果とかなり良好な一致を見ることができる。すなわち、NW 方向の波浪が



図—11 年平均全エネルギーフラックスと沿岸漂砂量の分布



図—12 沿岸漂砂量の経年変化

0.6, N~NNE 方向が0.4程度の寄与率を示すものと推定され, 下新川海岸の侵食に対する後者の割合が, 来襲頻度に比べて高いことがわかる。

(5) 沿岸漂砂量の変遷

前述した方法によって侵食土砂量から推定された沿岸漂砂量の経年変化について考察するため, 図—10において, $x=0, 2$ と 4Km 地点における沿岸漂砂量を求め, その経年変化を 図—12 に示す。ここでは, $h_K=5\text{ m}$ としているが, 1970 年頃まではかなり変動があるものの, 経年的に減少してきている。しかし, h_K の値が 5m より若干大きいことを考えると, 現在でも $2\sim3\times10^4\text{ m}^3/\text{yr}$ 程度の沿岸漂砂量があり, それがかなり変動することが明らかにされた。

6. 結 語

以上のように, 黒部川扇状地海岸の変化を扇状地デル

タの縮小過程として位置づけ, その侵食過程のタイムスケールには長期および短期的な両者が存在することを明らかにした。前者の長期のタイムスケールにおける侵食の要因は, 黒部川河口の移行による漂砂源の変化に伴う来襲波浪の波向に対して, 安定な海岸に移行する過程での侵食といえよう。また, 短期のタイムスケールにおける侵食の要因は, この海岸に流入する河川からの流送土砂量の減少と漂砂の上手側にある宮崎漁港の修築に伴う沿岸漂砂の阻止によって, 下新川海岸の漂砂源が大きく変化してきたこと, さらに, 各種の海岸構造物の築造に伴って反射波が発生し, それによって汀線近傍を漸深化させてきたことによる海岸侵食の助長の両者が存在するといえよう。これら侵食要因に対する海岸保全の方策も, それぞれのタイムスケールに対応したものが考えられるが, まず第1の長期のタイムスケールに対しては, 基本的には代表波浪の波向に海岸線を直角にして, 沿岸漂砂を発生させない安定な海岸を形成させることである。他方, 短期のタイムスケールの侵食に対しては, 漂砂の上手側の宮崎漁港東海岸に約 $2\times10^4\text{ m}^3/\text{yr}$ の堆積土砂があり, これを有効に生かして下手側海岸に供給すると同時に, 下新川海岸の沿岸漂砂量との差に相当する沿岸漂砂量を制御するよう海岸線の傾きを若干変えればよいと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 藤井昭二: 黒部川扇状地の形成と富山湾周辺の埋没林について, 地球科学, No. 78, pp. 11~20, 1965.
- 2) 石川忠晴: 黒部川扇状地の土砂動態, 第30回水理講演会論文集, pp. 193~198, 1986.
- 3) 建設省国土地理院: 沿岸海域基礎調査報告書(富山湾東部地区), 国土地理院技術資料 D-3, No. 40, P 224, 1982.
- 4) 吉川虎雄: 黒部川扇状地の海岸決壊調査, 富山湾海岸侵食調査報告書, pp. 162~174, 1952.
- 5) 山田時夫・谷井文夫・竹村利夫: 下新川海岸侵食の歴史——地図・空中写真による研究——, pp. 178~185, 1977.
- 6) 土屋義人・芝野照夫: 下新川海岸の海浜過程について, 第20回海岸工学講演会論文集, pp. 483~488, 1973.