

三里浜海岸における底質特性と漂砂移動について

芝 野 照 夫

The Prevailing Direction Transport through Beach Sediment Properties along The Sanri-hama coast, Fukui

Teruo SHIBANO

The objective of this paper is to make clear the predominant direction of longshore sediment transport at the Sanri-hama coast, Fukui.

Therefore, we conducted the sieved sediment samples taken along the shoreline, scarp and dune-foot, obtained the characteristics of sediment size.

It is found the prevailing direction of longshore sediment transport on the long-term is northernward but the short-term show the fluctuation due to beach configurations and local longshore currents.

1. 緒 言

砂浜海岸における底質は、河川からの流送土砂あるいは沿岸部の海崖の侵食土砂が、主として波浪や沿岸流によって輸送され、堆積するものである。

この底質の供給源からの輸送過程において摩耗を受け、粒径の変化だけではなく底質の構成や比重による淘汰などが生じ、種々の底質構成が見られると同時に海岸地形をも形づくるものである。

本研究は、福井市から三国町にかけて広がる三里浜海岸を対象として、汀線砂礫および浜崖、砂丘端部付近の底質の粒径特性の沿岸方向分布から、この海岸における沿岸漂砂の卓越移動方向を明らかにするものである。

2. 三里浜海岸の地形的特性

三里浜海岸は、図-1のよう
に、九頭竜川河口からS W方向
に広がる砂浜海岸であり、その南

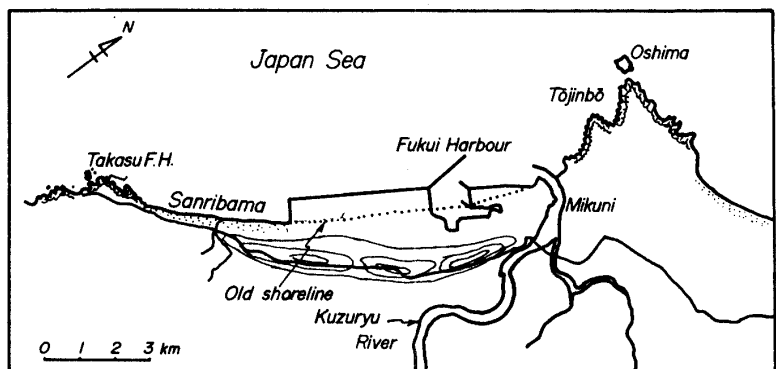


図-1 三里浜海岸位置図

側は岩石海岸で知られている越前海岸の北端となっている。

この海岸はかつて約12kmの延長であったが、現在では九頭竜川河口左岸に福井港が築造され、また、その周辺は臨海工業用地として埋め立て・開発されてきている。沿岸部の約2/3が人工海岸となっているため、自然の砂浜海岸として残されているのは約4kmである。さらに、その自然海岸のうち南側海岸には離岸堤が築造され、背後地の保全がはかられている。

この海岸の背後には砂丘があり、古い地質時代からの九頭竜川の流送土砂と海からの外力の作用によって形成されてきたものと考えられる。三里浜海岸の形成は九頭竜川の流路の変化と海水面の変化が大きな原因であって、現在砂丘背後の九頭竜川の流路に近いところは、低湿地として水田が多くみられるところである。また、この海岸の浜幅（汀線から海浜背後の植生限界までの浜幅）と汀線から浜崖までの距離の沿岸方向分布を示したものが図-2である。海岸の北側、すなわち、三国側ほど浜幅も広く、また、同様に浜崖までの距離も変動はあるものの大きくなっている。

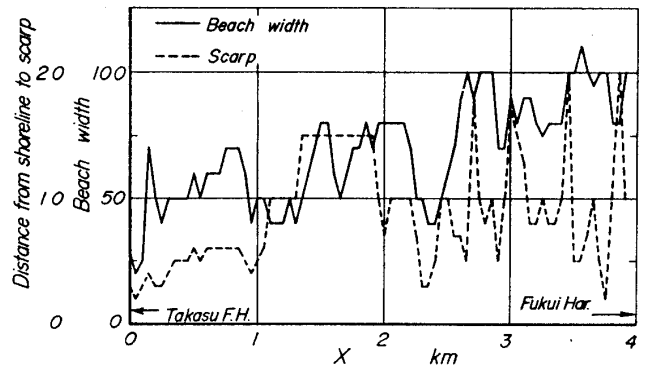


図-2 浜幅および浜崖の沿岸方向分布

このことは海岸の南側には離岸堤が築造されており、来襲波浪がそれによって消波されるのに対して北側では、消波されずに直接汀線まで達するため、海浜を遡上する波浪が汀線より海浜奥部にまで達することに原因すると考えられる。

3. 三里浜海岸の海象条件

この海岸に来襲する外力、とくに、波浪は冬期季節風時に高波浪が来襲し、それによって沿岸漂砂の移動が活発であると考えられる。三国港における観測波浪の来襲状況は、観測風の来襲方向と若干相違して、通常の高波浪の来襲は海岸線に対して少しW方向からの来襲頻度が高いことが明らかである。冬期季節風時に観測される風については、波向よりも若干W方向よりであって、これは南側で海岸まで山地が迫っているために、海からの風が山地で方向が変化し、山地に沿って吹送されるためと考えられる。

4. 海浜底質の採取と粒度分析

海浜底質の採取のうち汀線砂礫については、1989年10月に海岸南端の岩礁付近から北側に向かって50m間隔で、また、浜崖および砂丘地の海側端部の底質は、1990年6月下旬の波浪の静穏な時期に行なったが、採取基準は鷹巣海水浴場付近と臨海工業用地南端の石油備蓄基地の護岸とし、汀線から約3m程度陸上部の浜崖付近と海岸背後の砂丘地の海側端部付近で表面底質を100m間隔で

採取した。さらに、海岸のほぼ中間において汀線から砂丘地に向かって2 m間隔で汀線と直角方向の底質分布を明らかにするための表面底質の採取も同時に行った。採取した底質は乾燥器によって十分に乾燥した後、約15分間篩い、粒径の小さなものから大きいものへと累加重量を求めて、その累加百分率を正規確率紙にプロットした後、以下に示す粒径の特性値を求めた。

読み取り粒径 mm $d_5, d_{10}, d_{16}, d_{25}, d_{50}, d_{75}, d_{84}, d_{90}, d_{95}$

中央粒径 mm d_{50} , 平均粒径 mm Md , 標準偏差 $\sigma\phi$, 歪度 $\alpha\phi$

この特性値のうち、 $\sigma\phi$ および $\alpha\phi$ については次のような特性を表すものである。 $\sigma\phi$ は底質の粒径分布の形を示す山形が急峻であって、 ϕ_{16} および ϕ_{84} の値がプラス、マイナス同じである場合に値は0となり、ほぼ均一な粒径から構成された淘汰のよい底質であることがわかる。

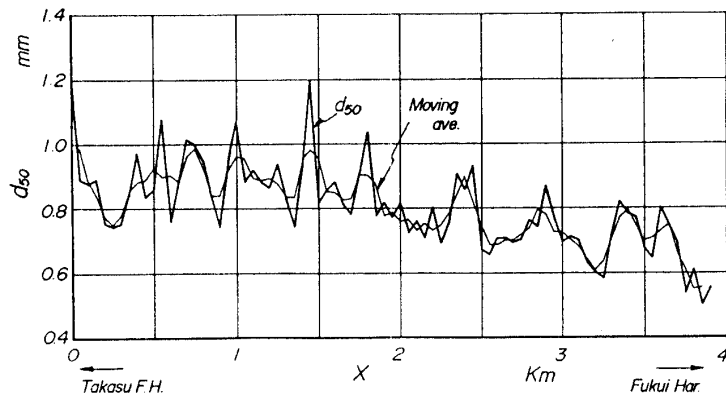


図-3 中央粒径の沿岸方向分布

一方、 $\alpha\phi$ については粒径分布の山形が歪んでいる場合、その値は正または負の値を示し、値が正のときには底質構成のうち粒径のより粗いものが失われていることを、負の場合にはより細かいものが失われていることを示すものである。すなわち、一般には底質構成は正規分布に従うとされており、その場合には左右対象な平均的な底質構成となっているもので、 $\alpha\phi$ の値は0となるものである。

5. 底質の分布特性

海浜の底質は、波浪などの外力によって漂砂として移動するが、その移動形態のうち汀線付近では波浪の遡上に伴うジグザグ運動をしながら浜漂砂として沿岸方向に移動するものである。

一方、汀線より陸側では高波浪時の遡上波によって運搬された底質が残留するが、海浜背後の砂丘地においては飛砂として輸送されるために、それぞれの領域によって粒径特性に相違がみられるものと考えられる。

a. 汀線砂礫の沿岸方向分布

(1) 粒径の沿岸方向分布

図-3は、中央粒径(d_{50})の分布であって、鷹巣漁港付近から約1.5 km付近までは、その値に変化があるものの0.8 mm～1.0 mm程度の範囲である。しかし、それより三国側では、中央粒径の値は沿岸方向に一般的に小さくなる傾向を示し、約4 kmのところでは0.6 mm以下の値となってい

る。

なお、図中には 3点移動平均した値も示しており、沿岸方向分布の一般的な傾向が明らかにできる。

(2) 標準偏差 ($\sigma\phi$) および歪度 ($\alpha\phi$) の沿岸方向分布

標準偏差 ($\sigma\phi$) は、底質を構成する砂粒の淘汰度を示すものであり、値が 0に近いほど良く淘汰されていることを示し、粒径加積曲線が鉛直に近く、均一に近い粒子から構成されていることを示すものである。

一方、歪度 ($\alpha\phi$) は、底質の構成が中央粒径 (d_{50}) を中心として、

それより大きな粒径の割合が多ければ正、少なければ負の値となり、粒径の頻度分布では前者は粒径の大きい方に傾き、後者は粒径の小さな方に傾くものである。

図-4および5は、標準偏差と歪度の沿岸方向分布を示したものである。なお、図中には一般的な傾向を見るための 3点移動平均値も記入している。

標準偏差の分布は、その値がほぼ 0.3~0.6程度の範囲にあつて、この海岸の汀線砂礫が比較的淘汰のよいことを示しているが、その値は約 0.6

~1kmの間隔で周期的に変化しており、後述するように cusp など沿岸方向に海浜地形の変化がみられることによるものであろう。また、歪度の沿岸方向分布においては、鷹巣漁港付近から約

3.3kmまでは正の領域であるが、それより三国側では負の領域を示している。つまり、砂礫の粒径が小さくなるほど中央粒径に対して小さな粒径の占める割合が大きいことを表している。この歪度が周期的に変化して大きな値を示すところは、標準偏差も大きな値を示し、約 0.6km間隔で周期的な変化が現れている。以上のように、汀線砂礫を沿岸方向に見てきたが、砂礫の淘汰度を表す標準偏差と粒径加積曲線から求められる各粒径との関係を示す

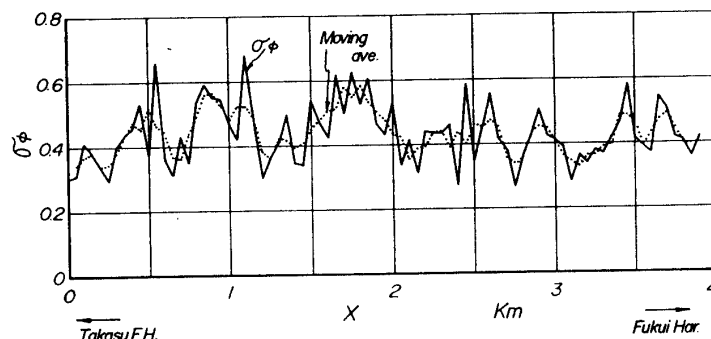


図-4 標準偏差の沿岸方向分布

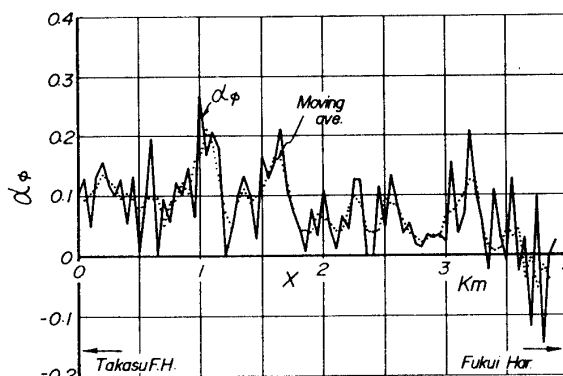


図-5 歪度の沿岸方向分布

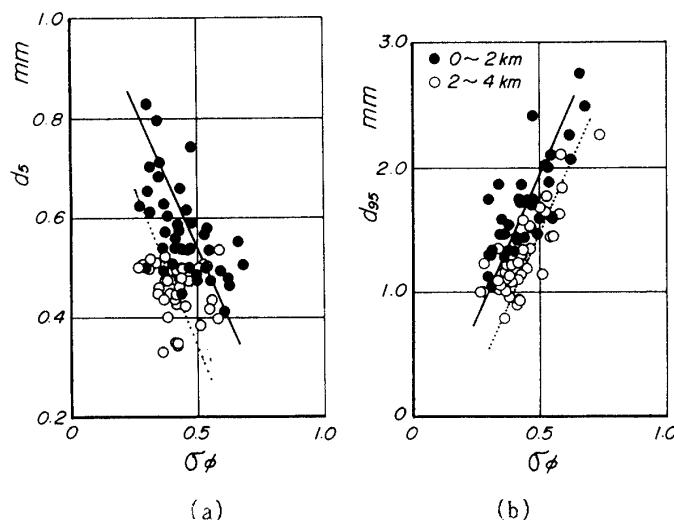


図-6 汀線砂礫の粒径と標準偏差の関係

と図-6のようである。一般に、粒径が大きくなるほど淘汰度、すなわち、標準偏差が大きくなり、幅広い粒径を持つ砂礫から構成されているといわれている。ここでは d_{95} 、 d_{50} 、 d_{25} および d_5 各パーセントにおける $\sigma\phi$ との関係から、ほぼ d_{50} 以上の大きな粒径の範囲で、粒径が大きくなるにしたがって $\sigma\phi$ の値も大きくなる傾向を示している。しかし、粒径が小さい d_{25} と d_5 においては、粒径が小さくなるほど $\sigma\phi$ の値は小さくなる逆の傾向を示している。さらに、図中では鷹巣漁港付近を基準として三国側へ 2 km までを ● 印、それより北側を ○ 印と三里浜海岸を南北に分けて示しているが、海岸に直接来襲する波浪のエネルギーの相違をあらわし、 d_{25} の粒径を境界として波のエネルギーに対して砂礫の特性も変化するものといえよう。

b. 浜崖および砂丘付近における底質の沿岸方向分布

(1) 粒径の沿岸方向分布

図-7は、浜崖付近で採取した三国から鷹巣に至る底質の 10、50 および 90% 粒径の沿岸方向分布を示しているが、場所的に大きな変動があるものの、各粒径とも海岸のほぼ中央部の約 2 km のところで粒径が小さくなる傾向がみられる。しかし、粒径毎に詳細にみると鷹巣側と三国側から次第に粒径値が小さくなり、その両者が重なるところが 2 ~ 3 km 付近となっている。また、図-8は砂丘の海側端部における同様のものであつて、どの粒径においても約 3.2 km 以降の粒径値が小さく、前出の浜崖の底質の粒径が大きく変動する範囲と一致している。この範囲においては砂浜の距離が長く、また、植生もそれより南側に比べて豊かであり、飛砂の発生と砂礫の輸送が若干異なるためではないかと考えられる。しかし、10% 粒径では鷹巣から三国へ進むにつれて粒径値が小さくなる傾向がみられ、この海岸における風の特徴と一致して、南から北へと砂丘砂も移動しているのではないかと考えられる。

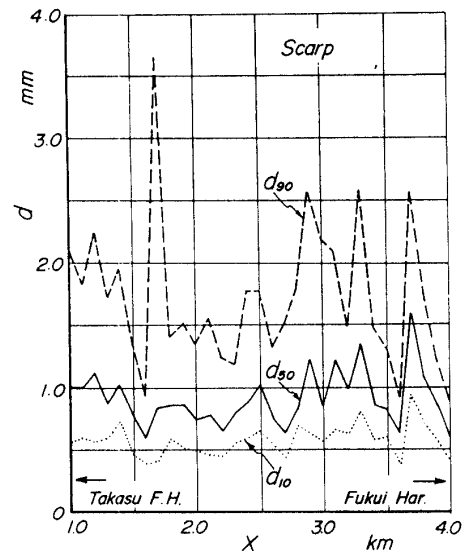


図-7 浜崖砂の粒径の沿岸方向分布

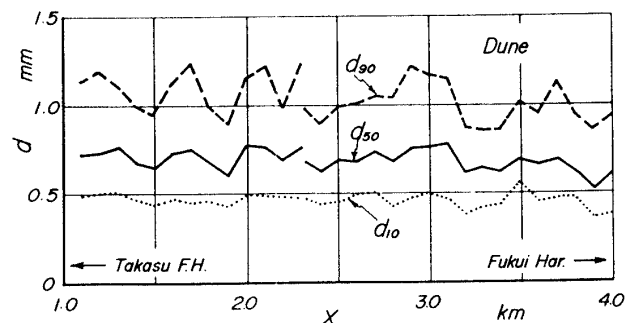


図-8 砂丘端部における粒径の沿岸方向分布

(2) $\sigma\phi$ および $\alpha\phi$ の沿岸方向分布

$\sigma\phi$ の沿岸方向分布については、図-9に示すように浜崖付近と砂丘端部の底質では底質の淘汰が悪く、その値の大きくなる位置は両者ともほぼ一致しているが、値そのものは大きく相違している。すなわち、砂丘端部における底質は飛砂によって輸送されるために粒径のみならず底質の淘汰が良いことを示している。とくに、その沿岸方向分布は、前出の粒径分布における 90% 粒径の分布とほぼ一致しており、50% 粒径以上の粗粒径の影響が大きいことを示している。また、浜崖付近の底質は、粒径の分布と同様に約 2.5 km 付近で値が小さくなる傾向で、海岸両側から移動するために良く篩い分

けられていることが明らかである。しかし、砂丘砂に比べるとその値は大きく、波浪による淘汰と風による淘汰、すなわち、外力の違いによる淘汰作用の相違を表しているといえよう。

$\alpha\phi$ の沿岸方向分布を図-10に示すが、 $\sigma\phi$ の沿岸方向分布や粒径の分布とは若干相違して、浜崖付近の底質はほぼその値が正の領域であるのに対して、砂丘端部の底質は一部のところを除いてその値が0付近となっている。これも飛砂と波浪といった底質の輸送形態の相違に基づくものであって、浜崖付近の底質は本来正規分布をするものであるにもかかわらず粒径の粗い底質の少量が高波浪時に残留するため見かけ上、底質分布において粗粒径部分が失われたように見えるものといえよう。

(3) 粒径と $\sigma\phi$ および $\alpha\phi$ との関係

このような底質について中央粒径と標準偏差($\sigma\phi$)の関係を、浜崖付近と砂丘端部の底質を合わせて示したものが図-11である。

この図から浜崖付近の底質は粒径および標準偏差の範囲も広く分布しているが、砂丘砂は d_{50} および $\sigma\phi$ ともに集中していることが明らかである。

つまり、砂丘端部の底質がよく淘汰され、均一な粒径から構成されていることが明らかにされる。一方、浜崖付近の底質は、粒径が大きくなれば底質の淘汰が悪くなる。

すなわち、 $\sigma\phi$ の値が大きくなる傾向を示しており、通常の高浜にみられる底質特性と同様の傾向である。

また、 $\sigma\phi$ と中央粒径の関係を示したものが図-12である。この図から顕著な傾向はみられないものの、浜崖付近の底質は正の領域のものが多く、見

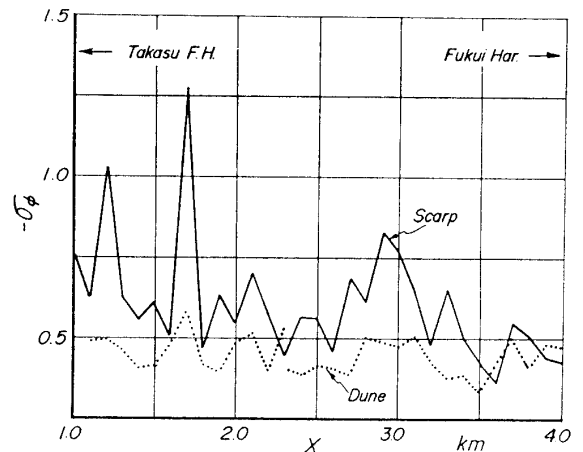


図-9 標準偏差の沿岸方向分布

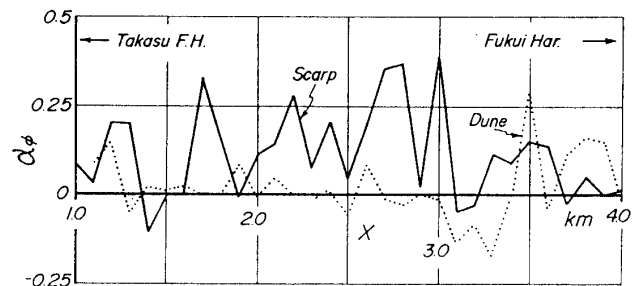


図-10 歪度の沿岸方向分布

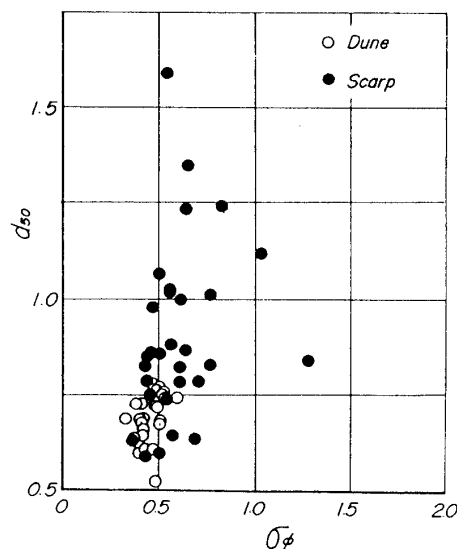


図-11 d_{50} と $\sigma\phi$ の関係

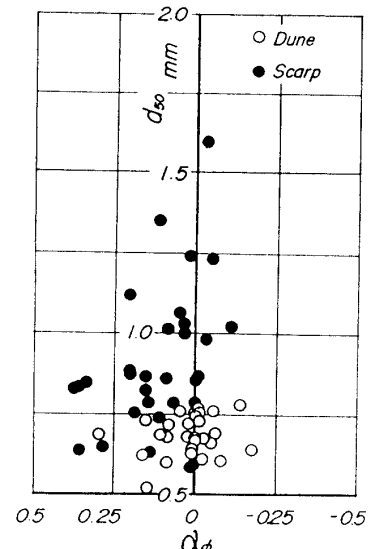


図-12 d_{50} と $\alpha\phi$ の関係

かけ上粗粒径部分が失われたように表されているが、通常の正規分布する底質構成に高波浪時に少量の粗粒径砂礫が付加されたことを示しているものといえよう。一方、砂丘端部の底質については、負の領域に分布するものが多く、これは飛砂現象によって正規分布していた底質のうち細粒部分が運搬され、欠けていることを示している。

以上のように、浜崖付近と砂丘端部付近の底質は、底質を運搬する外力が波浪と風と違ったものであり、この影響によって底質特性が相違するものであることが確認された。

c. 汀線と直角方向の底質分布

図-13は、海浜の汀線から直角方向に採取した底質の粒径の分布を示したものであり、通常の波浪時に選択輸送された底質が取り残されたところといえよう。さらに、汀線から約20～30m、40～45m付近の粒径も大きくそれぞれ高波浪時の遡上波によって取り残された粒径の大きな底質から構成されているものと考えられるが、飛砂による細粒の底質と混合しているために粒径値としては比較的小さな値となっているものである。一方、歪度については、汀線から約22～28m、40～46mのところでマインナスの値を示し、飛砂によって構成された底質の割合が大きいことを示している。

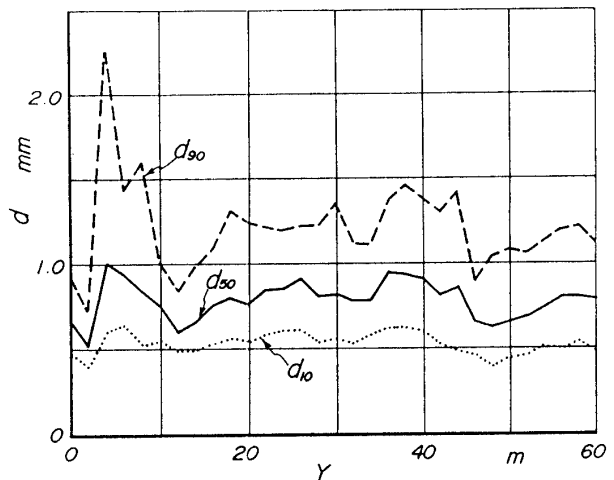


図-13 汀線と直角方向における粒径分布

6. 漂砂の卓越移動方向

これらの粒径値と粒径特性を表す図に基づいて、三里浜海岸における沿岸漂砂の卓越移動方向を推定すると図-14のようである。すなわち、一般的な移動方向は、海岸の南西端から約1km付近を境界として、南方向と北方向の2方向に分かれるものと考えられる。また、このような移動方向の中に場所的に方向が変化するところがみられる。その間隔は、砂礫の特性値の周期的な変化に対応しており、約0.6km間隔の変化は沿岸方向にみられる大cuspの波長と一致するものといえよう。このような周期的な変化が三里浜海岸の北側で大きいのは、現在海岸の南側に離岸

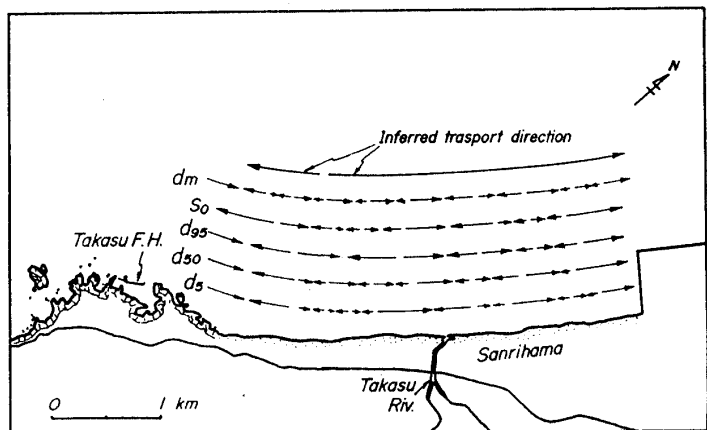


図-14 三里浜海岸における沿岸漂砂の卓越移動方向

堤が築造されていることから、浜幅の沿岸方向分布からも明らかなように、離岸堤のない北海岸では南海岸に比べて波浪が海岸構造物によって遮閉されることなく直接汀線まで入射し、大きな波浪エネルギーであることに原因するもので、これからも海浜の *c u s p* の規模が場所的に変化するものであろう。

三里浜海岸の底質から推定される沿岸漂砂の卓越移動方向については、汀線砂礫の調査から一般的には南から北へ方向であると推定されるが、高波浪時の影響をより表していると考えられる汀線より陸上部の浜崖付近の底質からは、海岸の両端からほぼ中央部に向かって粒径が小さくなっており、それと同じ方向に移動しているものと考えられる。これは通常の波浪は海岸線に対してW方向の波浪が卓越するものの、海浜高く遡上するような高波浪はN方向からも来襲することを表しているものといえよう。また、この高波浪時の底質の移動と関連して、海浜奥部では波浪と飛砂の両作用によって底質が移動していることが考えられる。

7. 結 語

三里浜海岸における底質を採取し、その粒度特性の分布から沿岸漂砂の移動方向などを検討したが、浜崖付近の底質は、高波浪時に移動・堆積するため、海岸の中央部へと海岸南端および北端から移動しているものと考えられる。また、汀線付近の砂礫は南から北に向かう傾向であるが、汀線の形状、すなわち、離岸堤などの影響による複雑な沿岸流や海浜 *c u s p* の形成によって局所的な変動があるものと考えられる。さらに、海浜奥部の底質は、波浪と飛砂の両者の作用によって沿岸方向と岸沖方向に移動していることが明らかにされた。

参 考 文 献

- 1) 服部昌太郎：海岸工学，コロナ社，pp.123～136，1987.
- 2) Sunamura,T and K.Horikawa: A Study on the Prevailing Direction of Littoral Drift along the Kashiwazaki Coast,Japan, Ann.Rep.Eng.Res.Inst.,Univ. of Tokyo, Vol.30, pp.21～28,1971.
- 3) Sunamura,T and K.Horikawa:Improved Method for Inferring the Direction of Littoral Drift from Grain Size Properties of Beach Sands …… A Study on the prevailing Direction of Littoral Drift along the Kashiwazaki Coast,Japan(Report,No.2) …… , Ann.Rep.Eng.Res.Inst.,Univ. of Tokyo, Vol.31,pp.60～68,1972.
- 4) 経済企画庁：土地分類基本調査，福井（地形・表層地質・土壌），P.136.1971.
- 5) 三国町史編纂委員会：三国町史，pp.3～21,1963.

（平成3年12月4日受理）