

新潟県西部海岸の砂礫の粒度・鉱物組成とそれをトレーサー とした漂砂源および沿岸漂砂量の推定

白井 亨・山下 隆男

SIZE AND MINERAL COMPOSITION OF BEACH GRAVELS IN THE WEST COASTS OF NIIGATA PREFECTURE, CENTRAL JAPAN, AND ESTIMATION OF LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT RATE BY TRACING GRAVEL COMPOSITION

By Toru SHIRAI and Takao YAMASHITA

Synopsis

Size and mineral composition of beach gravels in the west coasts in Niigata Prefecture, Central Japan, were investigated in terms of 1 m^3 -sediment sampling at the points of Miyazaki and Itoigawa coasts including river mouths. Coastal sediment sources were estimated by the analysis of size and mineral composition of the sediments.

The method for evaluating the longshore sediment transport rate by tracing gravel compositions were studied in which continuity of each component of mineral or grain size was assumed. The result of this method which was applied to the sediment data in Miyazaki coast showed an understandable alongshore distribution of longshore sediment transport rate.

1. 緒 言

本研究では、1979年10月および1980年6月にそれぞれ富山、新潟県境の宮崎海岸および新潟県西部の糸魚川海岸において、河口付近の河床および海浜底質を 1 m^3 （ $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ）採取した試料の解析を行い、粒度組成および岩種組成を検討した。このような多量の試料について粒度・岩種組成の検討が行われたことはほとんど例がなく、これまで不明な点が多かった河床・海浜礫の粒度分布特性や岩種組成などについて新しい知見を得た。

また、底質の粒度・鉱物組成のマトリックスからこれらをトレーサーとして漂砂の連続関係を満足する解を最小2乗法で求め、海岸土砂収支における漂砂源および沿岸漂砂量の分布を推定する方法が土屋ら¹⁾により宮崎海岸の例について検討されているので、その方法および結果について検討する。

2. 新潟県西部海岸の砂礫の粒度・鉱物組成

2.1 調査地域の概要

2.1.1 海岸地形

調査地域をFig. 1に示す。調査地域を含む新潟県西端部沿岸の大陸棚の幅は、ほとんどの場合に2～3 km以下であり、大陸棚は発達していない。この地域には大陸棚を刻む数多くの海底谷がみられるが、姫川沖の海底谷の場合その谷頭は姫川河口沖に達しており、また海川あるいは早川沖の海底谷の場合は、約1 km沖に谷頭がある。宮崎海岸および糸魚川海岸は、沿岸砂州による砂浜海岸の分類（茂木²⁾）において、

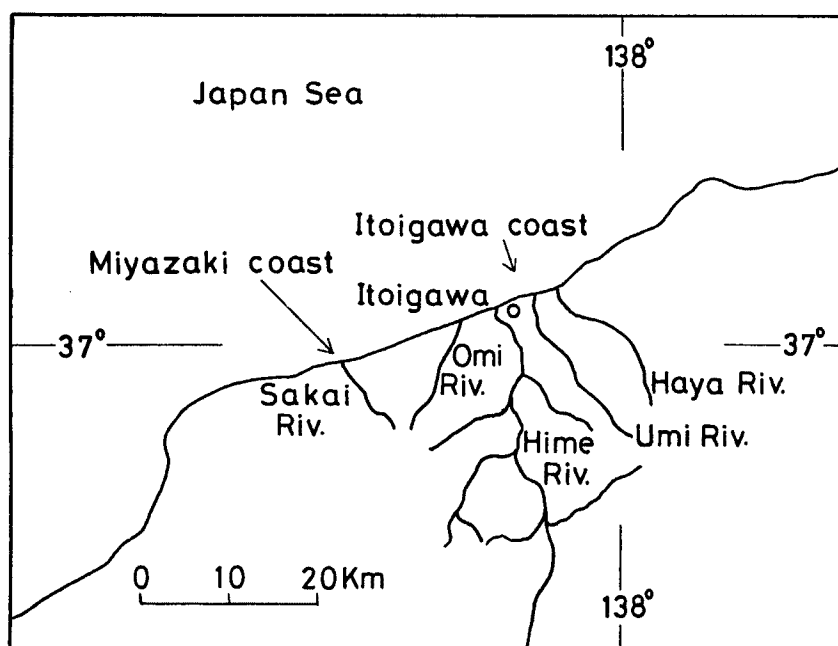


Fig. 1 Location map of Miyazaki coast.

平滑海岸のうちの急斜海岸に分類される。まず、宮崎海岸および糸魚川海岸の水深 10 数 m までの海浜断面形状を、土屋ほか^{1), 3)}などを参考にして略述すればつぎのようである。境川西側海岸の海浜断面形状は凹形を示し、水深 8 m、距岸 130 m 付近に傾斜の変換点があり、海底勾配はそれ以浅では約 6.5/100、それ以深では約 1.5/100 である。境川東側海岸では、海浜断面形状は、汀線近くでは凹形、沖側では凸形を示し、水深 2 m、距岸 20 m 付近に傾斜の変換点があり、海底勾配はそれ以浅では約 10.5/100、それ以深では約 3.5/100 である。さらに、市振漁港東側海浜の海浜断面形状は凸形を示し、水深 7 m、距岸 40 m 付近に傾斜の変換点があり、海浜勾配はそれ以浅では約 18.5/100、それ以深では約 3.5/100 である。糸魚川海岸では、姫川～海川間についてみれば、水深 15 m 付近までの海浜断面形状は凹形を示し、距岸 100 m 付近までは約 6/100～8/100 の勾配で単調に急深し、距岸 100 m、水深 6 m 付近の勾配の変換点よりも沖側では 3/100～5/100 の勾配で単調に深度を増す。宮崎海岸および糸魚川海岸のいずれにも沿岸砂州は存在しない。

2. 1. 2 地 質

新潟県地質図・同説明書⁴⁾などを引用あるいは参考にして調査地域後背地の地質を略述すれば以下のようである。姫川地域を主とする調査地域は糸魚川－静岡構造線が横断し、その地質構造は複雑である。糸魚川市から姫川沿いに南下する糸魚川－静岡構造線の西側には青海－蓮華変成岩類、二畳系～石炭系、ジュラ系、古第三系などが帯状に配列し、一方その東側はフォッサ・マグナ地域で新第三系が分布し、両者は地形的にも著しく異なるものとされている。河床底質を採取した 5 つの河川流域の地質を概観すればつぎのようである。まず、宮崎海岸の境川流域をみると、親不知海岸には親不知火山岩層（古第三系）とよばれる安山岩質火砕岩層がひろく分布する。親不知火山岩層は主に塊状の安山岩質凝灰角礫岩からなり、凝灰岩・凝灰質砂岩を挟み、基底部に礫岩層を挟在する。上流域には、ジュラ系の来馬層（礫岩・砂岩・頁岩）が分布し、貫入岩として蛇紋岩・閃緑ひん岩が存在する。

つぎに糸魚川海岸についてみると以下のようである。まず、青海川流域では、海岸付近に黒雲母花崗岩、はんれい岩が存在し、下流域には二畳系～石炭系の青海石灰岩、砂岩・頁岩・チャートなどが分布する。上

流域には、青海結晶片岩類、来馬層、親不知火山岩層が分布するが、貫入岩として蛇紋岩・はんれい岩が存在し、さらに流紋岩類が分布する。姫川流域では、海岸付近には段丘堆積物が分布する。下流域には中新統、鮮新統が分布し、さらに、はんれい岩（一部閃緑岩）、鮮新世の安山岩類が存在する。上流域には、二畳系～石炭系の砂岩・頁岩・チャート、親不知火山岩層が分布し、蛇紋岩、閃緑岩などが存在する。最上流域には、蓮華変成岩類（結晶片岩・千枚岩・角閃岩）、流紋岩、貫入岩として蛇紋岩・はんれい岩などが存在し、第四紀火山の安山岩熔岩が分布する。海川流域では、海岸付近～下流域に鮮新統、更新統、段丘堆積物などが分布する。上流域では熔岩・火山角礫岩を主とする鮮新世の安山岩類が中新統を不整合におおい、さらに安山岩～ひん岩、石英安山岩がそれらを貫いて存在する。最上流域には閃緑ひん岩などが存在する。早川流域では、海岸付近～下流域に鮮新統、更新統、段丘堆積物、および鮮新世安山岩類が分布する。上流域には中新統、第四紀火山の泥流堆積物・安山岩熔岩が分布し、さらに閃緑ひん岩、流紋岩が存在する。

2.1.3 試料採取地点および粒度・岩種分析

試料採取地点を Fig. 2 に示す。新潟県西端部海岸に流出する主な河川である西から境川、青海川、姫川、海川、および早川の5つの河川の河口付近の河床底質および海浜底質を採取した。底質の採取は、宮崎海岸では1979年10月12日に、また糸魚川海岸では1980年6月24～28日に行った。宮崎海岸では Fig. 2 に示した境川の河床および河口付近の4地点において、試料採取地点近傍の底質の分布がほぼ一様で、底質特性がその付近を代表していると考えられる場所の、約1m立方の底質を全量採取した。つぎに、糸魚川海岸においては、青海川、姫川、海川、および早川のそれぞれの河口から約300m上流側の河床礫、およびそれぞれの河口の東・西側6地点の前径浜において海浜礫を採取した。試料採取にあたっては宮崎海岸におけるのと同様な注意を払ったが、とくに河床においては巨礫よりも大きい礫が分布する地点をさけた。約1m立方

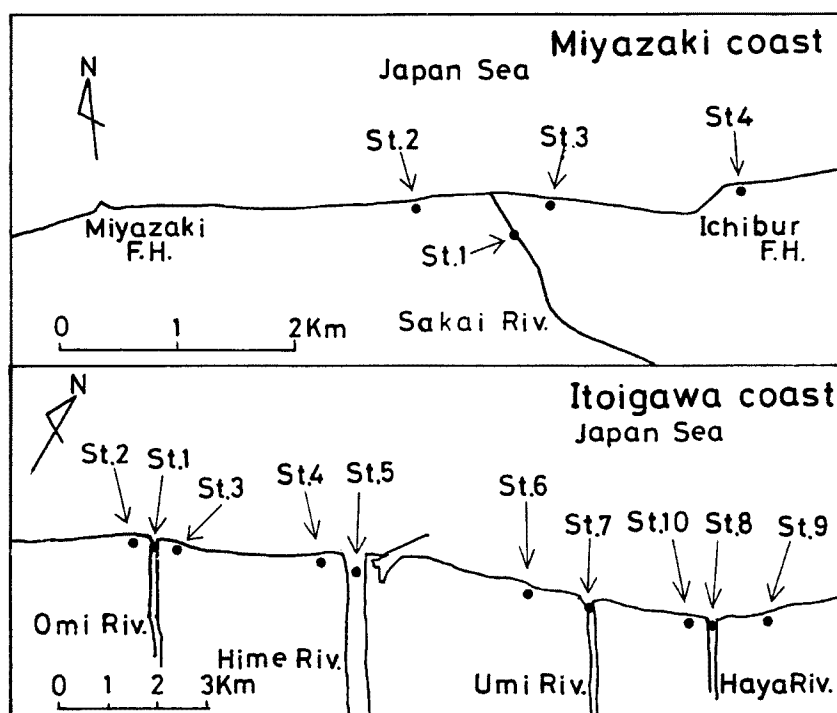


Fig. 2 Location of sampling points. Sampling in Miyazaki was conducted on 12 October, 1979 and that in Itoigawa on 24 to 28 June, 1980.

の底質を全量採取したが、垂直方向に上部から 0～15 cm, 15～50 cm, 50～100 cm に区分して採取し、さらに最上部は粒度分析のための試料の必要量および精度を検討するために、50 cm 角に 4 等分して採取した。採取した試料は実験室に搬入し、64 cm×44 cm の大型の箱型標準フルイを用いて粒度分析を行い、各階級の重量頻度を計算した。粒径階の間隔は Table 1 に示す。なお、この研究では主として礫成分について検討する。つぎに、各粒径階にふり分けした試料について礫種を同定したが、この場合 -3ϕ よりも細粒な礫については 4 分法で 300～500 個の礫を抽出して同定した。

Table 1. Rank of sediment size

Diameter (ϕ)	Rank of sediment size
$-6.66 > \phi$	1
$-6.66 > \phi > -6.47$	2
$-6.47 > \phi > -6.25$	3
$-6.25 > \phi > -5.99$	4
$-5.99 > \phi > -5.67$	5
$-5.67 > \phi > -5.47$	6
$-5.47 > \phi > -5.25$	7
$-5.25 > \phi > -4.96$	8
$-4.96 > \phi > -4.67$	9
$-4.67 > \phi > -4.47$	10
$-4.47 > \phi > -4.26$	11
$-4.26 > \phi > -3.99$	12

*Ranks of cobble fraction are listed.

2. 2 粒径分布

2. 2. 1 宮崎海岸

(a) 粒度組性

境川河口付近の河床および海浜底質の正規確率紙に描いた累積頻度曲線および頻度分布曲線をそれぞれ Fig. 3 および Fig. 4 に示す。まず、粒度分布の指標値を検討する。境川、市振漁港東・西側海岸、境川西側海岸（宮崎海岸）の順に、中央粒径 Md_ϕ は -3.1ϕ , -4.63ϕ , -2.29ϕ , -4.89ϕ , 近似計算による標準偏差 σ_ϕ (Inman)⁵⁾ は 2.74, 1.04, 1.85, 2.37, 近似計算による歪度 α_ϕ は 0.05, -0.08 , -0.01 , 0.48 である。

このように海浜底質は、市振漁港の影響が大きいと推定される同漁港西側海岸において最も細粒であり、同漁港東側および境川西側海岸では境川の河床底質に比べて粗粒である。標準偏差は、境川が最も大きく、境川西側海岸がこれにつき、市振漁港の東・西側海岸ではこれらよりも小さい。歪度は、境川およびそれよりも東側の海岸で 0 付近であるのに対して、境川西側海岸では正である。頻度分布曲線から粒度組成を検討すると次のようである。境川および宮崎海岸の海浜底質は礫 ($-8 < \phi < -1$) および砂 ($-1 < \phi < 4$) からなるが、礫の百分率は境川、市振漁港東・西側海岸、境川西側海岸の順に 74.3, 99.9, 71.5, 87.8% である。境川の底質は、頻度分布曲線において明瞭なモードを示さず、 $-6\phi \sim 1\phi$ の粒径範囲の各粒径階でほぼ等しい頻度を示し、単峰分布あるいは多峰分布を示す海浜底質と区別される。市振漁港東側海岸の底質は大礫 ($-8 < \phi < -4$) および中礫 ($-4 < \phi < -2$) からなり、大礫が卓越する。境川西側海岸の底質は、大礫、中礫、小礫 ($-2 < \phi < -1$)、および極粗砂 ($-1 < \phi < 0$)・粗砂 ($0 < \phi < 1$) からなり、大礫が卓越する。市振漁港西側海岸の底質は大礫～小礫、極粗砂～中砂 ($1 < \phi < 2$) からなり、中礫～小礫が卓越する。以上のような粒度分布の諸特性は、この海岸に來襲する波浪の卓越方向が NNW～NW および NE 方向で¹⁾、エネルギー成分を考慮すれば、後者が卓越することと整合的である。なおこの場合、市振漁港西側における細粒成分の堆積は NNW～NW 方向の卓越波によって市振漁港の西側海岸にトラップされたものと考えられる。

(b) 底質の構成正規分布集団

以上のように、通常検討される粒度分布の諸特性によっても漂砂現象を定性的に説明することができ、それはとくに長期的な沿岸漂砂の卓越方向の推定に有用である。このような底質の粒度分布特性による漂砂現象の説明は底質の構成正規分布集団の解析によってさらに明確にされるので、これらについて以下に検討する。一般に、流体の作用のもとで堆積した細粒な岩屑の多くは、粒径の対数値に対する重量頻度がしばしば

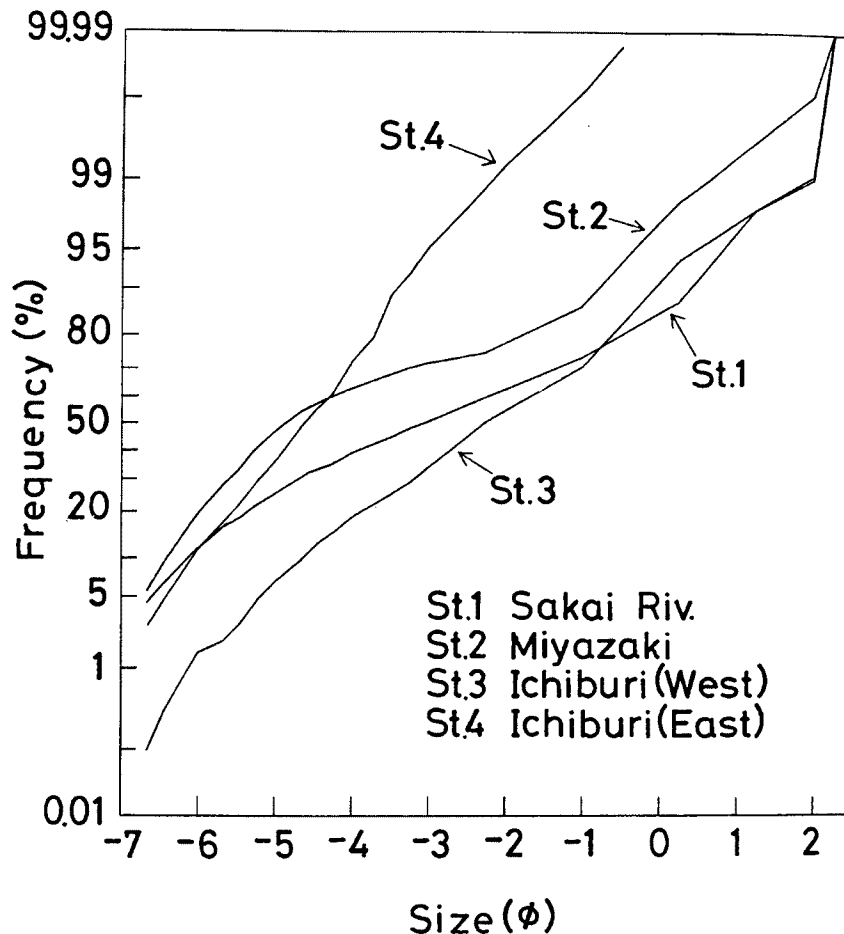


Fig. 3 Cumulative frequency vs. grain size curves of the sediments from Miyazaki coast.

正規分布かまたはそれに近い分布をする事が経験的に知られている¹²⁾。しかし、実際には多くの堆積物は正規確率紙に粒径分布を描いた場合に屈曲の変換点を示し^{6), 7), 8)}、オーバーラップした正規分布集団から構成されている。すなわち粒径分布がいくつかの正規分布集団の合成からなっている。このような構成正規分布集団の分析と、それによる堆積環境の解析は数多くなされているが^{9), 10), 11)}、礫については用いた試料の量に関連して不明確な点が多いように思われる。さらに、クルンバイン (1936) によって提唱された ϕ 尺度は細粒な粒子からなる堆積物についての考察に適した粒径区分法として考えられたもので、河床砂礫や海浜砂礫のような場合には粒径の区切り方か、または従属変数として重量以外のものを選ぶなどの工夫をする必要が指摘されている¹²⁾。この場合にも、まず多量の試料を用いた分析結果について検討することが有用であろう。この研究では1 m 立方という多量の試料について粒度分析を行ったので、以下にこれらの点について検討する。

境川の河床底質は、正規確率紙に描いた累積頻度曲線において、 -5.7ϕ 、 -4.7ϕ 、 -4.0ϕ 、 -1.0ϕ 、 -0.3ϕ 、 1.3ϕ 、および 2.0ϕ 付近に、また宮崎海岸の海浜底質は -6.0ϕ 、 $-4.7\sim-4.3\phi$ 、 $-3.3\sim3.5\phi$ 、 -2.3 、 -1.0ϕ 、 0.3ϕ 、 1.3ϕ 、 2.0ϕ 付近に屈曲の変換点を示す。このように、これらの河床および海浜底質の粒径分布はいくつかの構成正規分布集団の合成からなるが、累積頻度曲線における屈曲の変換点は海浜

底質においてたがいに類似した値を示し、さらにそれらは境川の河床底質とも類似している。このような、正規確率紙に描いた場合に屈曲の変換点を示す累積頻度曲線の解析は、構成集団の混合によって説明するものと、構成集団を“truncated distribution”として説明するものの2つの立場からなされているが、ここでは前者の立場から検討を行う。なお、この研究では、構成正規分布集団の分析をグラフィックメソッド^{13), 14)}によって行った。Fig. 5に構成集団の分離の例を示すが、この図で黒丸は累積頻度を示す点であり、白丸は分離した構成正規分布集団を図上で再び合成してもとの累積頻度曲線と比較したものである。境川および宮崎海岸の底質についてみれば、分離した集団を図上で合成した場合に、もとの累積頻度曲線との適合性は例に示したように良好であった。このようにして構成正規分布集団を分析した結果をTable 2に示す。なおこの表で、平均粒径が類似する集団をひとつの集団としてまとめ、A 集団、B 集団、…などと命名してある。なお、砂成分については粒径階の幅が広いために構成集団の分析が正確とはいえないので第1表には示さず、以下の文中に参考データとして記載する。

境川および宮崎海岸の底質についてみると、各構成正規分布集団の平均粒径がそれぞれの底質を比較してよく類似している。境川の底質は、微量混合するものを除けば、大部分がA, B, C, Dの4つの礫集団によって組成されており、砂集団であるF集団（平均粒径が 0.4ϕ 付近）およびG集団（平均粒径が 0.9ϕ 付近）の量比はそれぞれ約14%および10%であり、D集団が卓越する。しかし、この場合粒径階の間隔が広いためにD集団とE集団が分離されていない可能性がある。市振漁港東側の底質は、微量混合するものを除けば、A, B, C, Dの4つの礫集団からなり、B集団が卓越する。市振漁港西側の底質は、同じく、B, C, D, Eの4つの礫集団からなり、FおよびG集団をそれぞれ約23%および4%混合するが、C, D, E集団がそれぞれ16~22%しめる。境川西側海岸の底質は、同じく、大部分がA, B, C, D, Eの5つの礫集団で組成され、F集団を約11%混合し、B集団が卓越する。市振漁港東側海岸および境川西側海岸の底質と境川を比較すれば、前者では大礫（ $-8 < \phi < -4$ ）に属する集団の量比がとくに大きいのに対して、後者は中礫（ $-4 < \phi < -2$ ）に属する集団の量比が大きい。また、市振漁港西側海岸および境川西側海岸の底質と市振漁港東側海岸を比較すれば、前者は後者に比べて中礫～砂に属する集団を多く混合しており、それは市振漁港西側海岸において著しい。このような底質の構成集団組成から、境川は市振漁港西側海岸および境川西側海岸に対して、中礫よりも細粒な集団の漂砂源として寄与していることが推定される。

2. 2. 2 青海町海岸（糸魚川海岸西部）

(a) 粒度組成

この論文においては、青海川およびその河口付近の海浜底質について詳述し、姫川以東については次節で大礫成分について検討することにする。青海川河口付近の河床・海浜底質の、1m立方試料についての、正規確率紙による累積頻度曲線および頻度分布曲線をそれぞれFig. 6およびFig. 7に示す。まず、粒度分布

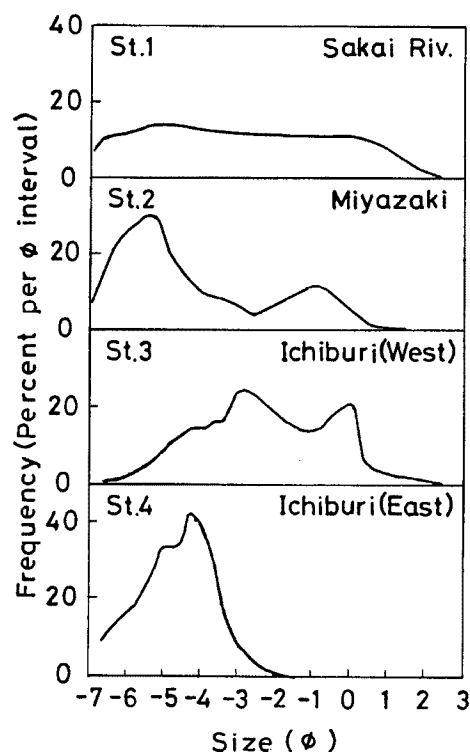


Fig. 4 Grain size frequency distribution of the sediments from Miyazaki coast.

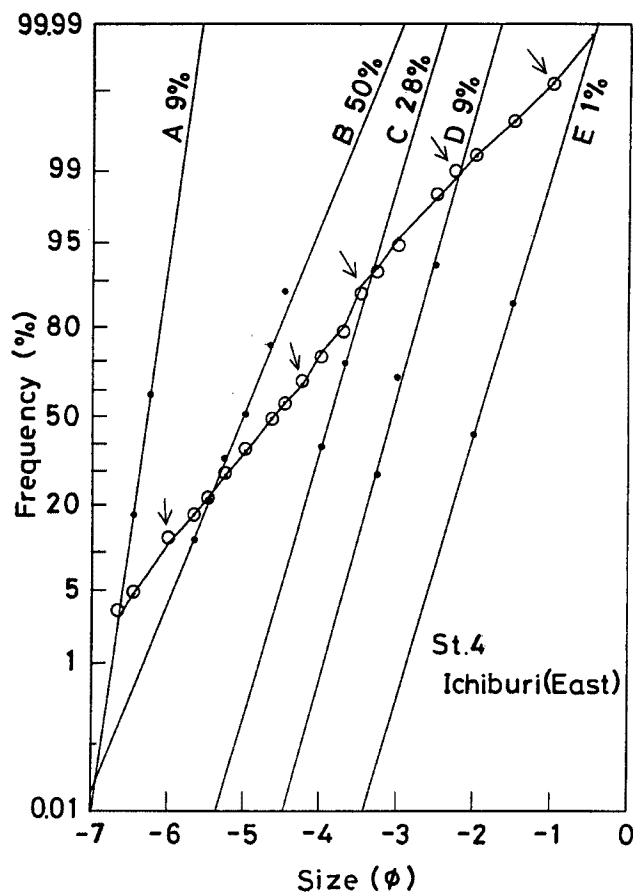


Fig. 5 Cumulative probability curve and constituent subpopulations derived by partitioning from the curve. Arrows indicate the inflection points on the cumulative provability curve at which subpopulations are divided. Circles are the cumulative plots constructed from the partitioned constituent subpopulations.

Table 2. Summary of median, graphical standard deviation and proportion of the subpopulation in each partitioned curve.

Sample. No.	Population A			Population B			Population C			Population D			Population E		
	$f(\%)$	Md_ϕ	σ_ϕ	$f(\%)$	Md_ϕ	σ_ϕ	$f(\%)$	Md_ϕ	σ_ϕ	$f(\%)$	Md_ϕ	σ_ϕ	$f(\%)$	Md_ϕ	σ_ϕ
Miyazaki															
Coast.															
River															
St.1	12	-6.12	0.35	14	-5.16	0.34	9	-4.30	0.30	35	-2.57	0.99			
Beach															
St.2	14	-6.26	0.25	35	-5.36	0.43	14	-4.15	0.41	7	-2.95	0.45	12	-1.62	0.45
St.3	1	-6.26	0.21	11	-4.97	0.46	16	-3.80	0.43	22	-2.75	0.37	20	-1.62	0.45
St.4	9	-6.27	0.21	50	-5.02	0.55	28	-3.90	0.36	9	-3.08	0.38	1	-1.93	0.41
Itoigawa															
Coast.															
River															
St.1	11	-6.30	0.19	20	-5.31	0.49	8	-4.30	0.34	10	-3.50	0.40			
Beach															
St.2	1	-6.23	0.18	8	-5.47	0.35	23	-4.75	0.33	24	-3.23	1.01	16	-1.26	0.72
St.3				26	-5.33	0.45	26	-1.65	0.43	11	-3.55	0.41			

*Subpopulations of the gravel size are listed.

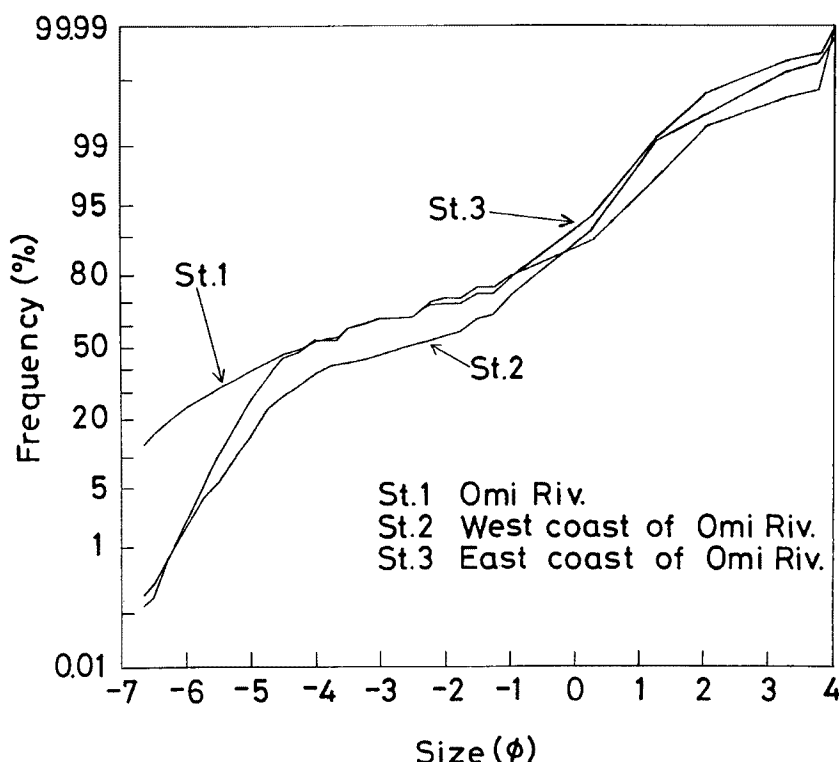


Fig. 6 Cumulative frequency vs. grain size curves of the sediments from Itoigawa coast.

の指標値を検討する。青海川、同東側海岸、同西側海岸の順に、 Md_ϕ は -4.17ϕ 、 -4.12ϕ 、 -2.55ϕ 、近似計算による標準偏差 σ_ϕ は 3.00, 2.33, 2.30, 近似計算による歪度 α_ϕ は 0.23, 0.50, -0.04 である。このように、中央粒径は青海川およびその東側海岸ではほぼ等しく、青海川西側海岸ではそれらよりも細粒である。標準偏差は、青海川の東・西側海岸ではほぼ等しく、青海川ではそれよりやや大きい。歪度は、青海川およびその東側海岸で正、青海川西側海岸では 0 付近である。

つぎに、粒度組成を検討すると以下のようなものである。青海川およびその東・西側海岸の底質は礫および砂からなる。礫の量比は、青海川あるいはその東側海岸では 78~80% でほぼ等しく、青海川西側海岸では 73% で砂の量比が大きい。大礫成分は、青海川あるいはその東側海岸ではいずれも 53%，青海川西側海岸では 38% であり、中礫成分はいずれも 17~19% である。小礫成分は、青海川あるいはその東側海岸では 8~9%，青海川西側海岸では 17% である。砂成分は、微量~少量混合するものを除けばいずれも極粗砂 ($-1 < \phi < 0$)、および粗砂 ($0 < \phi < 1$) であるが、極粗砂は青海川およびその東側海岸では 8~13%，青海川西側海岸では 16% であり、粗砂はいずれも 8~10% である。このように、青海川とその東側海岸は礫および砂の各成分の組成が類似しているが、一方、青海川西側海岸は、それらに比べて大礫成分の量比が小さく、小礫および極粗砂の量比が大きい。このような粒度組成から、青海川西側海岸への、青海川の小礫・極粗砂を主体とする漂砂源としての寄与が考えられる。青海川およびその東・西側海岸の底質は、いずれもイレギュラーな頻度分布曲線を示す。青海川およびその東側海岸では、中礫~小礫の粒径範囲において重量頻度が 0 あるいはそれに近い粒径階が存在し、また青海川西側海岸では小礫の粒径範囲に重量頻度が数%の粒径階が存在する。一般に岩屑の場合に、それがきわめて多数の粒子からなるため、粒径と重量頻度は連続的な変化量とみなしうると考えられ、上記のような特徴を示す粒径分布は特別な例と考えられる。このような中礫~小礫成分にみられる重量頻度が 0 あるいは 0 に近い値を示す粒径階の存在は、底質の堆積後に水理作用によ

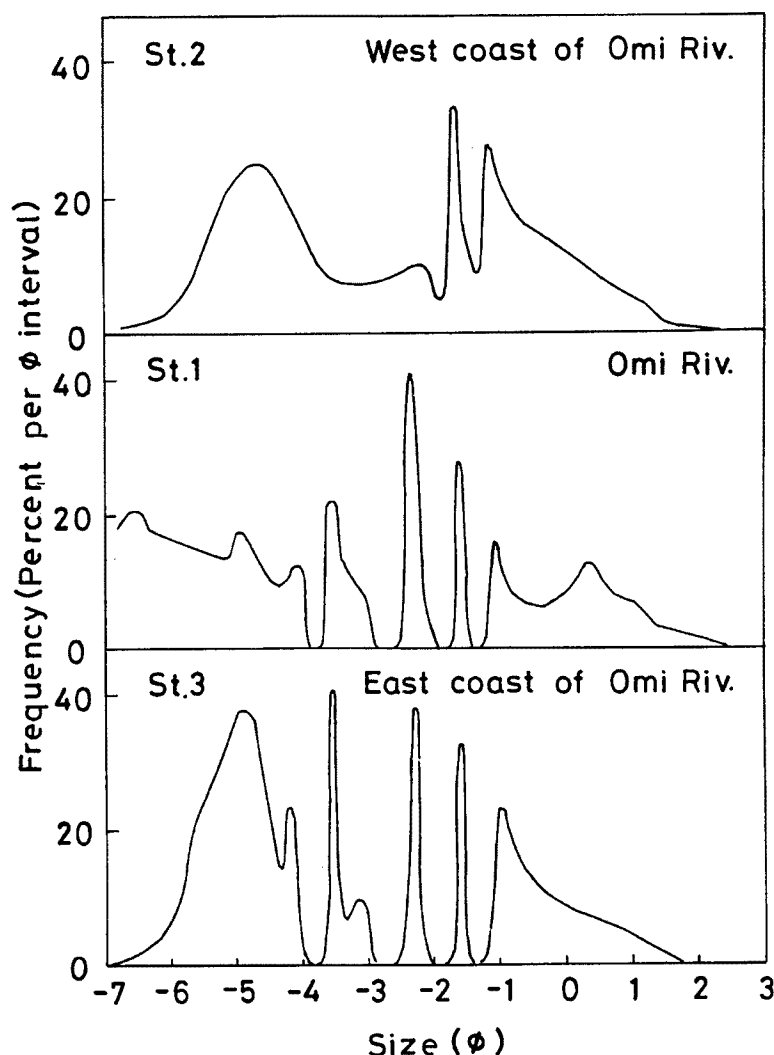


Fig. 7 Grain size frequency distribution of the sediments from Itoigawa coast.

って生じた礫間の間隙に、それよりも細粒な底質がトラップされたことによって生じたと考えられるが、なお検討を要する。

(b) 底質の構成正規分布集団

青海川およびその東・西側海岸の、1 m 立方の底質試料について構成正規分布集団の検討を以下に行う。青海川およびその東・西側海岸の底質の正規確率紙による累積頻度曲線を Fig. 6 に示した。累積頻度曲線において、青海川の底質は -6.0ϕ , -4.7ϕ , -4.0ϕ , -1.0ϕ , 0.3ϕ , 1.3ϕ , および 2.0ϕ 付近に、青海川東側海岸の底質は -6.5ϕ , -5.0ϕ , -4.0ϕ , -3.7ϕ , -3.0ϕ , -1.3ϕ , 0.3ϕ , 1.3ϕ , および 2.0ϕ 付近に、青海川西側海岸の底質は -6.0ϕ , -5.3ϕ , -4.3ϕ , -1.7ϕ , -1.0ϕ , 0.3ϕ , 1.3ϕ , および 2.0ϕ 付近に、それぞれ屈曲の変換点を示す。ここで、前述のように、青海川および青海川東側海岸の底質においては、それぞれ $-4.0 \sim -1.0\phi$, および $-4.0 \sim -1.3\phi$ の間の粒径範囲に、重量頻度が 0 あるいは 0 付近である 4 つの粒径階が存在し、累積頻度曲線がイレギュラーになっている。一方、青海川西側海岸の底質は、 $-2.0 \sim -1.0\phi$ の間の粒径範囲に、重量頻度が 1.3% および 2.3% である 2 つの粒径階があり、同様に累積

頻度曲線がイレギュラーになっている。

このように、青海川およびその東・西側海岸の底質は粒径分布がいくつかの正規分布集団の合成からなっている。構成正規分布集団の分析を行った例を **Fig. 8** に示すが、この図で白丸・黒丸などの図示は宮崎海岸の例の場合と同様である。分離した構成正規分布集団を図上で再び合成して、もとの累積頻度曲線と比較して検定したが、適合性は宮崎海岸の場合と同様に良好であった。このようにして、構成集団を分析した結果を **Table 1** に示した。なお、累積頻度曲線がイレギュラーである粒径範囲については解析を行っていない。

青海川およびその東・西側海岸の底質は、各構成正規分布集団の平均粒径がよく類似している。それは、また宮崎海岸の底質の各構成正規分布集団の平均粒径ともよく類似するが、中礫および小礫を構成する集団

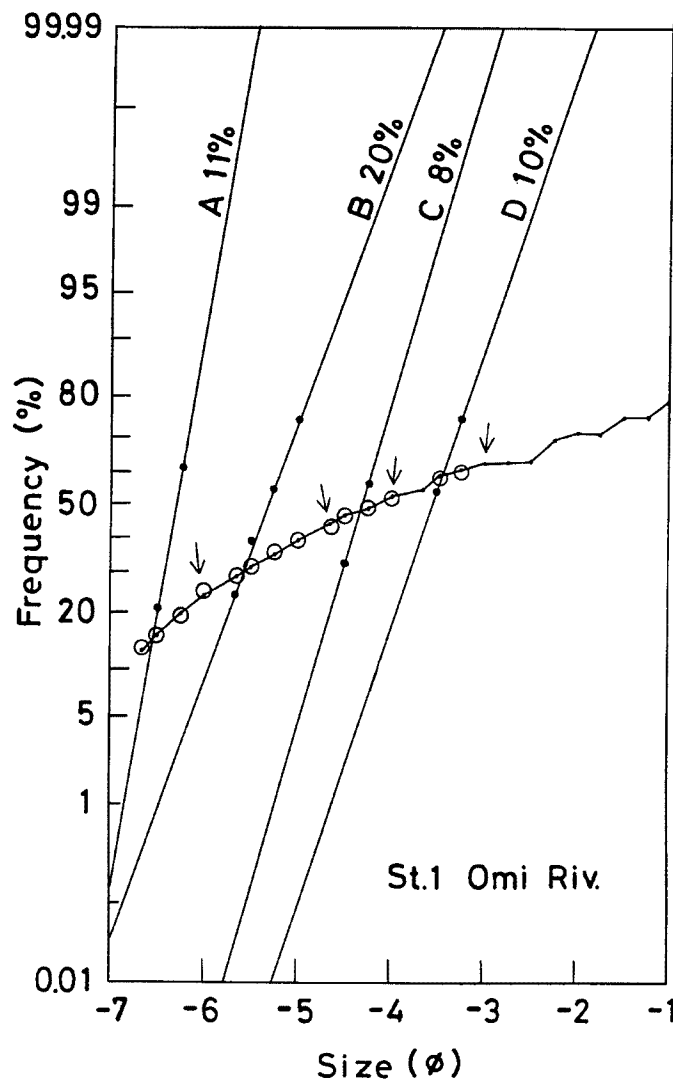


Fig. 8 Cumulative probability curve and constituent subpopulations derived by partitioning from the curve. Arrows indicate the inflection points on the cumulative provability curve at which subpopulations are divided. Circles are the cumulative plots constructed from the partitioned constituent subpopulations.

についてみれば、平均粒径が一致しない。境川・宮崎海岸および青海川・青海町海岸の底質における正規分布集団の構成の一致は、これらの河川および海岸の水理条件、および後背地質の類似によるものと考えられる。中礫～小礫を構成する集団における両者の不一致は、青海川・青海町海岸の中礫～小礫の粒径範囲における、いくつかの粒径階の重量頻度が0あるいは0に近い値を示すことと関係しているものと考えられる。

以上、宮崎海岸の結果と合わせて検討すれば、大量の試料について分析を行えば、 ϕ 尺度は礫からなる堆積物においても、細粒な粒子からなるそれと同様に有用な粒径区分法であることが分かり、従属変数として重量頻度を選んだ場合にも ϕ 尺度を用いて礫の粒径分布を示すことができる。また礫においても粒径分布がいくつかの正規分布集団の合成からなっており、構成集団の解析による堆積環境の検討が有用であることが分かった。

2.2.3 糸魚川海岸

(a) 河床および海浜礫の粒度組成

この節では、 $-6.66 \sim -4.47\phi$ の粒径範囲の大礫成分について検討する。青海川、姫川、海川、早川、およびそれらの東・西側海岸から採取した 1 m 立方試料の $-6.66 \sim -4.47\phi$ の粒径範囲の成分についての累積頻度曲線を Fig. 9 に示す。河床と海浜の底質は、累積頻度曲線においてよく分離される。まず、河床底質は海浜底質に比べて粒度組成が粗粒である。すなわち、 $-6.66 \sim -4.47\phi$ の大礫成分についてみれば、 -6ϕ よりも粗粒な成分が前者では 60～70%（青海川では約 50%）であるのに対して、後者では数%（海川西側海岸では約 10%）であり、また -5ϕ よりも粗粒な成分は前者では約 90%であるのに対して後者では 40～60%（青海川では約 75%）である。このような河川と海浜の間の底質の粒度組成における相違から、河口付近の底質の大礫成分について考えれば、海岸への河川の漂砂源としての寄与がほぼ -6ϕ 付近よりも細粒な底質を大部分としており、それは河床底質の 40%程度（青海川では 50%程度）であることがわかる。

つぎに、累積頻度曲線をみると、河床底質は接線の勾配が小さく、かつ一様である傾向を示す。それに比べて、海浜底質は $-5.25 \sim -5.5\phi$ 付近（海川西側海岸では -6ϕ 付近）よりも粗粒側では接線の勾配が小さく、細粒側ではそれが大きい。すなわち、大礫成分について考えれば、河床底質は各粒径における頻度の変化が小さく、なだらかな粒径分布を示し、海浜底質は粗粒から細粒へ頻度が大きく増大するような粒径分布を示す。なお、早川西側海岸の底質は、河床底質と同様な粒径分布を示す。このことは、採取地点が河口に近接していること、あるいは早川の早川西側海岸に対する漂砂源としての寄与が特に大きいことのいずれかに起因するものと考えられるが、おそらく前者によるものであろう。河床と海浜における上に述べたような粒径分布の相違は、河川を漂砂源とする海岸底質に粒径の上限があること、および海岸における波浪による底質の分級作用を示すものと考えられる。

(b) 最大礫の分布特性

この研究において主として検討した 1 m 立方試料によるものとは異なるが、1980 年 2 月に行った糸魚川海岸における最大礫の分布特性の検討を以下に行う。最大礫の粒

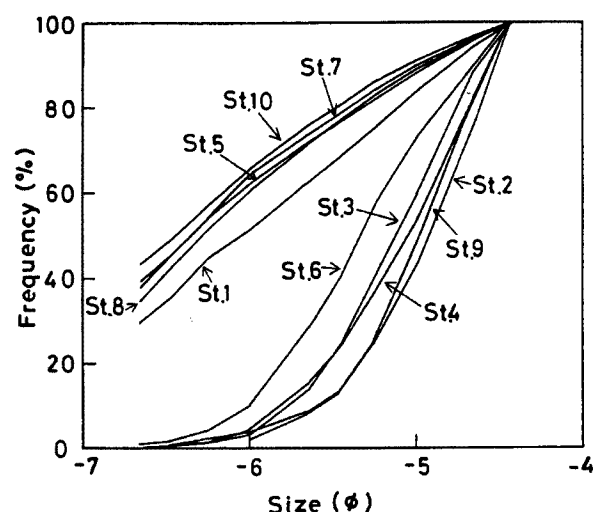


Fig. 9 Cumulative frequency vs. grain size curves of the -6.67ϕ to -4.47ϕ size fraction of the samples from Itoigawa coast.

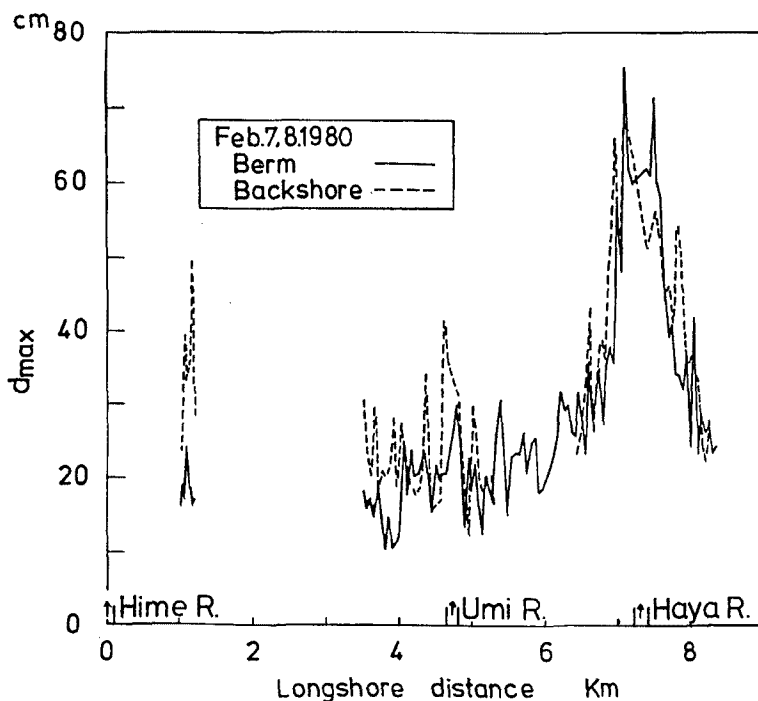


Fig. 10 Longshore distribution of the maximum size of sediment along Itoigawa coast.

径, および最大礫についての細長率・偏平率の沿岸方向分布をそれぞれ Fig. 10, Fig. 11 に示す。海川および早川の河口付近から左右に最大礫径の減少がみられるが, 海川付近の海岸においては最大礫径の変化が著しい。海川付近と早川付近の海岸の間には最大礫径に明瞭な相違があり, 後者では最大礫径が大きい。つぎに, 海川と早川付近の海岸の間には細長率および偏平率の段階的な変異がみられ, 前者では細長率および偏平率が大きい。このような最大礫径および細長率, 偏平率の沿岸方向分布から, -7ϕ 付近よりも粗粒な礫についてみれば, 海川および早川の漂砂源としての寄与がそれぞれ広い範囲にはおよんでいないことが推定される。

2.3 礫種組成

2.3.1 宮崎海岸

境川の河床およびその東・西側海浜において採取した 1 m 立方の底質試料の -4.47ϕ (22.2 mm) よりも粗粒な成分についての礫種組成を重量百分率で Fig. 12 に示す。まず, 境川の河床礫は, ひん岩および砂岩が卓越してそれぞれ 45% および 31% をしめる。ついで, 泥質岩およびひん岩がそれぞれ 12% および 5%, 多い順に流紋岩・安山岩・凝灰岩がそれぞれ 1~2% をしめ, 人工岩・チャートがこの順にごく微量 (1% 以下) 含む。このように, 境川の河床底質はひん岩および砂岩が卓越するほかは少量~ごく微量の少数の礫種からなり, 礫種組成が流域の地質および流域面積が小さいことを反映している。つぎに, 海浜底質についてみると, まず市振漁港東側の海浜礫は, 流紋岩が卓越して 27% をしめる。ついで, 多い順にチャート・安山岩・砂岩がそれぞれ 13~15%, 同じく塩基性火成岩・変質火山岩・ひん岩・花崗岩・凝灰岩・が 3~7%, 同じくひん岩・石灰岩・泥質岩が 1~2% をしめ, 同じく結晶片岩・緑色片岩・破碎岩をごく微量 (1% 以下) 含む。市振漁港西側の海浜礫は, 砂岩および流紋岩が卓越し, それぞれ 29% および 27% をしめる。ついで, 安山岩および泥質岩がそれぞれ 10% および 8%, 多い順にチャート・変質安山岩・ひん岩がそれぞれ 4~7%, 同じく花崗岩・変質安山岩・ひん岩・結晶片岩・破碎岩・凝灰岩がそれぞれ 1~2% を

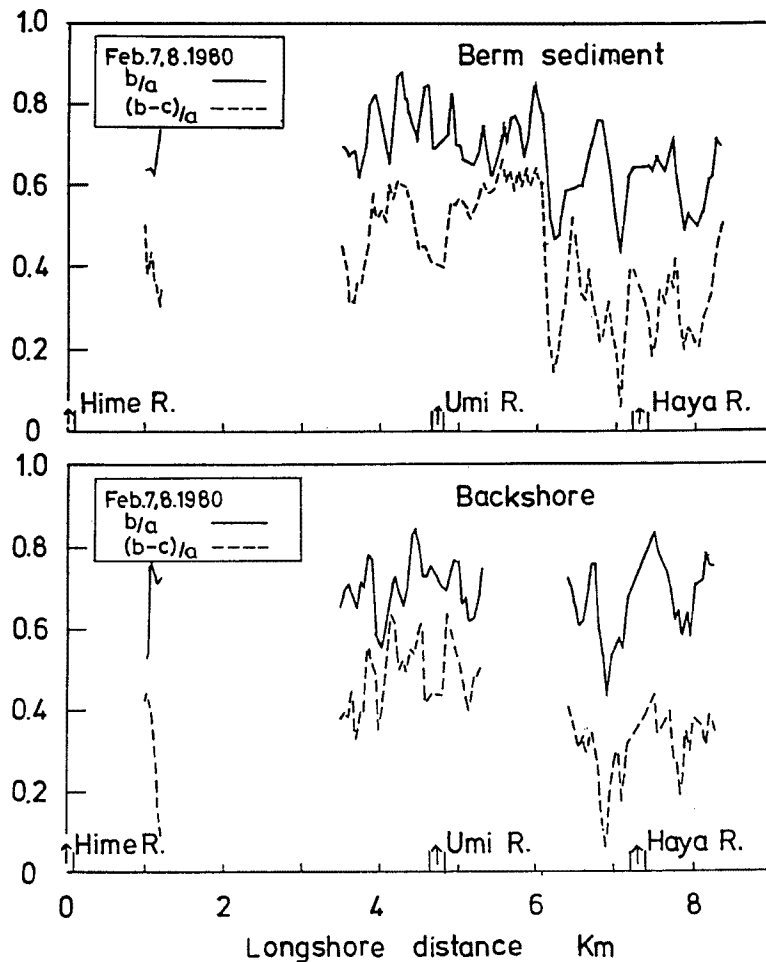


Fig. 11 Longshore variation of shape of gravels along Itoigawa coast. The length of a gravel is designated a , the breadth b , and the thickness c .

しめ、同じく変質岩・アルビタイト・蛇紋岩をごく微量（1%以下）含む。境川西側の海浜礫は、流紋岩および砂岩が卓越し、それぞれ29%および28%をしめる。ついで、ひん岩が14%、多い順にチャート・泥質岩・安山岩がそれぞれ5～6%、同じく破碎岩・ひん岩・変質火山岩・結晶片岩・花崗岩がそれぞれ1～3%をしめ、同じく凝灰岩・蛇紋岩をごく微量（1%以下）含む。

境川および宮崎海岸の大礫成分（ $-6.65 \sim -4.47\phi$ ）の礫種組成を検討するとつぎのようである。流紋岩礫は、この海岸のいずれの海浜においても卓越しているが、境川の河床礫には微量含まれるにすぎない。後述するように、糸魚川海岸の海川西側海岸以西の河床および海浜礫には流紋岩が相当量含まれていること、および波向き分布から推定される漂砂の卓越方向が西向きであることから、この海岸に分布する流紋岩礫の多くは糸魚川海岸に由来するものと考えられる。他の卓越成分である砂岩礫は、後背地質を反映して、海川を除いて宮崎・糸魚川海岸の主要な河川の河床礫に相当量含まれ、したがっていずれの海浜礫にも相当量含まれるものである。ひん岩は境川の河床礫において45%近くをしめる最も卓越する成分であるが、海浜礫においては境川西側において15%近くをしめるほかは微量含まれるのみである。このことは、漂砂の卓越方向が西向きであることと整合的であり、さらにひん岩が境川西側海浜において卓越成分でなく、他に由来

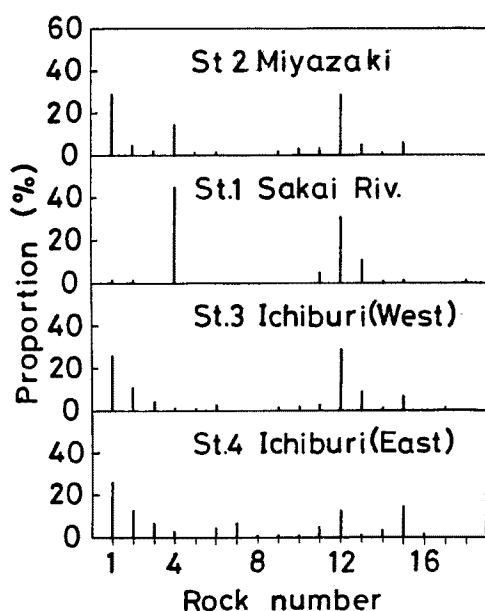


Fig. 12 Mineral composition of the 22.2 to 101.6 mm (-6.66ϕ to -4.47ϕ) size fraction of the samples from Miyazaki coast. Rock numbers are: 1, rhyolite; 2, andesite; 3, altered volcanic rock; 4, porphyrite; 5, serpentinite; 6, granite; 7, basic igneous rock; 8, green schist; 9, crystalline schist; 10, cataclasite; 11, conglomerate; 12, sandstone; 13, mudstone; 14, tuff; 15, chert; 16, limestone; 17, albitite; 18, artificial rock.

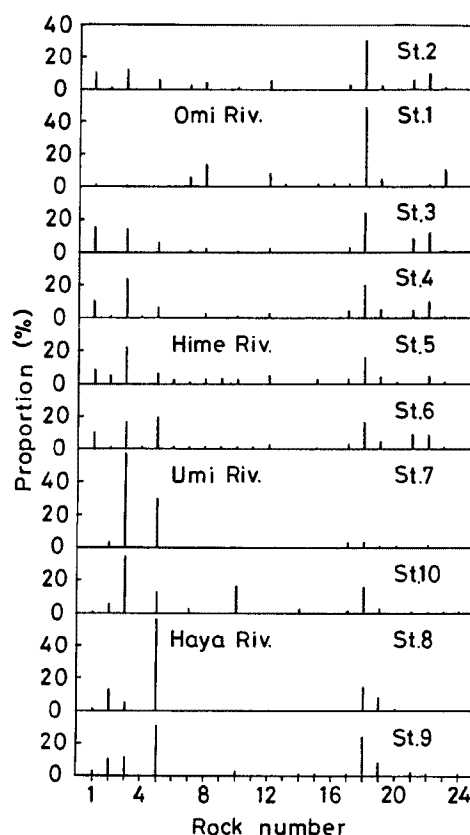


Fig. 13 Mineral composition of the 22.2 to 101.6 mm (-6.66ϕ to -4.47ϕ) size fraction of the samples from Itoigawa coast. Rock numbers are: 1, rhyolite; 2, dacite; 3, andesite; 4, altered volcanic rock; 5, porphyrite; 6, diabase; 7, green rock; 8, serpentinite; 9, albitite; 10, granite; 11, quartz; 12, crystalline schist; 13, gneiss; 14, hybrid rock; 15, cataclasite; 16, hornfels; 17, conglomerate; 18, sandstone; 19, mudstone; 20, tuff; 21, quartzite; 22, chert; 23, limestone; 24, artificial rock.

すると考えられる流紋岩に比べて量比が小さいことから、礫成分の漂砂源としての境川の寄与はそれほど大きくないものと考えられる。宮崎・糸魚川海岸の後背地質および河床礫の礫種組成から考えて、宮崎海岸の海浜礫にかなりの量～微量含まれる安山岩・花崗岩・塩基性火成岩は、緑色片岩・結晶片岩・チャート・石灰岩などと同様に、境川以東の海岸および河川に由来するものと考えられる。

2. 3. 2 糸魚川海岸

糸魚川海岸に流出する主な河川である青海川・姫川・海川・早川の河床およびそれらの東・西側海岸において採取した1 m 立方の底質試料のうち上部から15～50 cm 区分の -4.47ϕ (22.2 mm) よりも粗粒な成分についての礫種組成を重量百分率として Fig. 13 に示す。

(a) 河床礫

まず、青海川の河床礫は、砂岩がとくに卓越して50%をしめる。ついで、多い順に蛇紋岩・石灰岩（大理石を含む）・結晶片岩がそれぞれ9～14%，同じく緑色岩類・泥質岩がそれぞれ6%および5%，同じく片麻岩・流紋岩がいずれも約1%をしめ、同じくひん岩・破碎岩・花崗岩・安山岩・ホルンフェルス・チャート・アルビタイト・凝灰岩・ひん岩・石英（岩脈）・人工岩がそれぞれごく微量（1%以下）含まれる。姫川の河床礫は、安山岩および砂岩が卓越してそれぞれ23%および17%をしめる。ついで、多い順に流紋岩・結晶片岩・ひん岩・石英安山岩・チャート・泥質岩・アルビタイトがそれぞれ4～10%，同じく蛇紋岩・ひん岩・花崗岩・輝緑岩・破碎岩・緑色岩類がそれぞれ1～3%をしめ、同じく凝灰岩・石灰岩がそれぞれごく微量（1%以下）含まれる。海川の河床礫は、安山岩およびひん岩がとくに卓越してそれぞれ58%および30%をしめる。ついで、多い順に石英安山岩・ひん岩・砂岩・チャートがそれぞれ2～4%をしめ、同じく凝灰岩・泥質岩・珪質岩・人工岩・蛇紋岩がそれぞれごく微量（1%以下）含まれる。早川の河床礫は、ひん岩がとくに卓越して57%をしめる。ついで多い順に砂岩・石英安山岩・泥質岩がそれぞれ9～15%，安山岩が5%をしめ、同じく凝灰岩・流紋岩・珪質岩・ホルンフェルス・緑色岩類がそれぞれごく微量（1%以下）含まれる。

このように、それぞれの河床礫は後背地質をよく反映しているが、青海川および姫川と海川および早川の間には河床礫の礫種の構成および組成に大きな相違がみられる。すなわち、青海川および姫川の河床礫は礫種の構成がよく類似しており、いずれも安山岩・流紋岩などの火成岩および砂岩・チャートなどの堆積岩が卓越するが、海川・早川に比べて数多くの礫種からなる。一方、海川および早川の河床礫は大部分が、前者では安山岩・ひん岩、後者ではひん岩・石英安山岩・砂岩からなり、少量～微量混合するものを除けば2～3種の礫種からなり、ひん岩の量比が大きいことで類似している。このように青海川・姫川と海川・早川の間には、河床礫の礫種組成に明瞭な相違が存在し、それは糸魚川―静岡構造線の両側の地質の相違をよく反映している。

(b) 海浜礫

青海川西側海岸（St.2）では、砂岩が卓越して31%をしめる。ついで、多い順に安山岩・チャート・流紋岩・結晶片岩・ひん岩・珪質岩・蛇紋岩がそれぞれ5～13%，同じく泥質岩・緑色岩類・ひん岩・石灰岩がそれぞれ1～3%をしめ、同じく花崗岩・石英安山岩・アルビタイト・輝緑岩・破碎岩をそれぞれごく微量（1%以下）含む。青海川東側海岸（St.3）では、砂岩が卓越して25%をしめる。ついで、多い順に流紋岩・安山岩・チャート・珪質岩・ひん岩がそれぞれ7～16%，同じく結晶片岩・蛇紋岩・ひん岩・緑色岩類・泥質岩・石灰岩（大理石を含む）がそれぞれ1～3%をしめ、同じく花崗岩・石英安山岩がそれぞれごく微量（1%以下）含まれる。姫川西側海岸（St.4）では、安山岩および砂岩が卓越し、それぞれ25%および22%をしめる。ついで、多い順に流紋岩・チャート・ひん岩・泥質岩・珪質岩がそれぞれ6～11%，同じくひん岩・結晶片岩・蛇紋岩がそれぞれ2～4%をしめ、同じく緑色岩類・花崗岩・石英安山岩・石灰岩・変質火山岩・凝灰岩・混成岩をそれぞれごく微量（1%以下）含む。

海川西側海岸（St.6）では、ひん岩・安山岩・砂岩が卓越して、この順に20%，17%，17%をしめる。ついで、多い順に流紋岩・珪質岩・チャート・泥質岩がそれぞれ5～11%，同じくひん岩・結晶片岩・花崗岩・変質火山岩類がそれぞれ1～2%をしめ、同じく蛇紋岩・石英安山岩・石英（岩脈）・緑色岩類・アルビタイト・石灰岩・輝緑岩・破碎岩をそれぞれごく微量（1%以下）含む。早川西側海岸（St.10）では、安山岩が卓越して35%をしめる。ついで、多い順に花崗岩・砂岩・ひん岩がそれぞれ13～17%，同じく石英安山岩・泥質岩がそれぞれ4～6%，同じく混成岩・緑色岩類・ひん岩・珪質岩がそれぞれ1～2%をしめ、同じく石灰岩・流紋岩・チャート・人工岩・結晶片岩をそれぞれごく微量（1%以下）含む。早川東側海岸（St.9）ではひん岩および砂岩が卓越して、それぞれ32%および25%をしめる。ついで、多い順に安山岩・石英安山岩・泥質岩がそれぞれ9～12%，同じく花崗岩・流紋岩・珪質岩がいずれも約3%をしめ、同じく混成岩・チャート・ひん岩・破碎岩・人工岩をそれぞれごく微量（1%以下）含む。

以上のように、海川以西の海浜礫は、礫種の構成がよく類似しており、いずれも安山岩・流紋岩などの火成岩と砂岩・チャートなどの堆積岩が卓越するが、海川以東に比べて多種の礫種からなる。一方、海川以東の海浜礫は、石英安山岩・安山岩・ひん岩・砂岩などのとくに卓越する数種の礫種からなり、同様に礫種の構成がよく類似している。このような、海川を境にした、その東・西側海岸における礫種組成の相違は、前述した青海川・姫川と海川・早川の間河床礫における礫種構成の相違に対応するものであり、それは河床礫の場合と同様に糸魚川―静岡構造線の両側における地質の相違をよく反映している。

つぎに、海浜底質の礫種組成を河床底質との関連から検討するとつぎのようである。上述のように、海川以西の海岸は礫種の構成がよく類似しており、それはまた青海川・姫川ともよく類似する。しかし、礫種組成を検討すると、青海川の河床礫に相当量含まれる蛇紋岩あるいは石灰岩が青海川の東・西側および姫川西側海岸の海浜礫には少量～微量含まれるにすぎない。逆に、青海川の河床礫にはごく微量含まれるにすぎない安山岩・流紋岩・ひん岩・チャートなどが青海川の東・西側、および姫川西側の海浜礫には、それぞれ多量あるいは相当量含まれている。一方、姫川の河床礫は安山岩・流紋岩・ひん岩・チャートをそれぞれ多量あるいは相当量含んでおり、このような礫種組成から、姫川以西の海浜礫の主要な漂砂源は姫川であり、青海川の東・西側海岸を含めて青海川の寄与は小さいものと考えられる。

海川西側海岸においては、姫川からの礫成分の漂砂が姫川港の建設によって阻止されていると考えられるにもかかわらず、海浜礫の礫種組成が姫川と類似し、かつ海川と相違しているが、ひん岩を多く含有することでは海川と類似している。海川西側の海岸が著しく侵食状態にあることからみて、海川西側の海浜礫は、姫川港の拡大以前に姫川からの漂砂によって形成された海岸を構成する底質に、海川を漂砂源とする底質が付加したものと考えられる。早川の東・西側海岸では、3～4の礫種が卓越し、多くの礫種から構成されている海川西側海岸以西と異なる。早川西側海岸では海浜礫の大部分が多い順に安山岩・花崗岩・砂岩・ひん岩からなり、早川東側海岸では、同じくひん岩・砂岩・安山岩・石英安山岩からなることから、早川西側海岸では、安山岩についてみれば海川の、また砂岩についてみれば早川の漂砂源としての寄与が大きいように考えられる。早川東側海岸についてみれば、礫種組成が早川とよく類似しており、主要な漂砂源は早川といえる。

2. 4 粒度による礫種組成

宮崎海岸および糸魚川海岸の1 m 立方試料の、各粒径階についての礫種組成を検討するとつぎのようである。これらの試料の、各粒径階における卓越礫種の量比をそれぞれ Fig. 14 および Fig. 15 に示す。なお、これらの図においては、1 m 立方の試料の全量についての上位から3種の卓越礫種について示してある。まず、宮崎海岸についてみると、河床および海浜底質においてひん岩・安山岩は粗粒な粒径階ほど、また流紋岩・砂岩は細粒な粒径階ほど量比が大きい傾向がある。つぎに、糸魚川海岸についてみると、砂岩は細粒な粒径階ほど量比が大きい傾向があるが、青海川においてはどの粒径階も類似した大きい量比を示す。ひん岩は粗粒な粒径階ほど量比が大きい傾向があるが、この傾向は海浜底質において著しい。安山岩は、青海川の東・西側海岸では粗粒な粒径階ほど量比が大きい傾向があるが、一方、姫川、海川、早川では細粒な粒径階ほどわずかに量比が大きい傾向があり、また姫川の東・西側海岸では変化が著しく一定の傾向を示さない。河床礫においては、海浜礫に比べて各粒径階における卓越礫種の頻度の変化が小さい傾向がある。このような粒度による礫種組成は、漂砂と関連した海浜礫の礫種組成の解析に有用であると考えられるが、今後の課題とする。

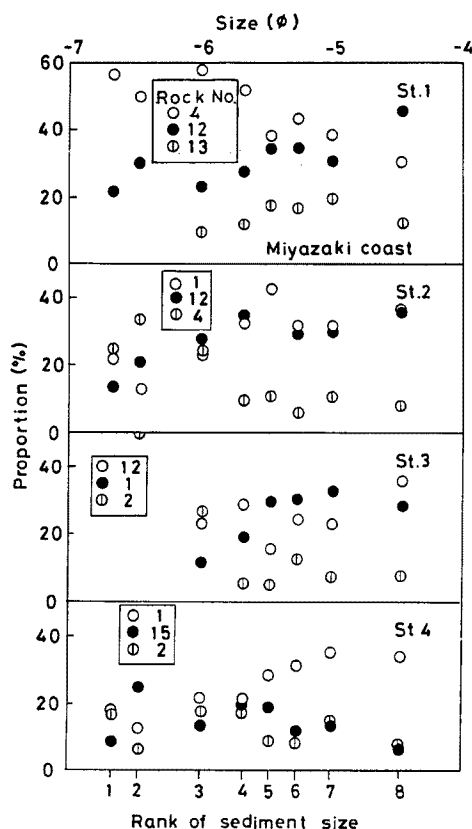


Fig. 14 Mineral compositions in each grain size in Miyazaki coast. Rock numbers are: 1, rhyolite; 2, andesite; 4, porphyrite; 12, sandstone; 13, mudstone; 15, chert.

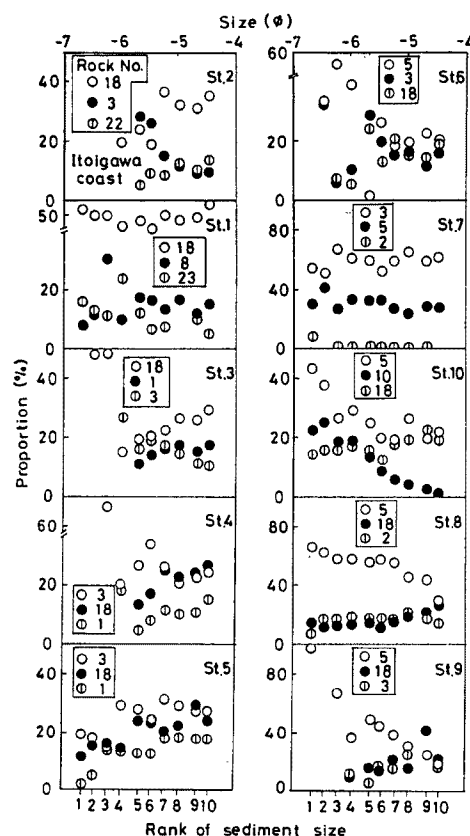


Fig. 15 Mineral compositions in each grain size in Itoigawa coast. Rock numbers are: 1, rhyolite; 2, dacite; 3, andesite; 5, porphyrite; 8, serpentinite; 10, granite; 18, sandstone; 22, chert; 23, limestone.

3. 海岸砂礫の粒度・鉱物組成をトレーサーとした漂砂源および沿岸漂砂量の推定

ここで対象とする青海海岸から宮崎海岸にかけての海浜過程には、境川を中心としたこの海岸における漂砂源及び沿岸漂砂量を的確に把握することが肝要である。ここでは海岸、河床の底質の特性から、長期的な沿岸漂砂の特性を推定することを試みる。

3.1 粒度・鉱物組成による推定方法

河川および海岸における砂礫の長期的移動方向および量を推定することは、海岸侵食対策には極めて重要な問題のひとつである。ここでは、対象とする領域の底質の粒度・鉱物組成から漂砂源および沿岸漂砂量を推定する方法を示す。まず、Fig. 16 に示す領域について、砂礫の移動に以下のような仮定を設ける。

仮定1：海岸における砂礫の移動は沿岸漂砂によるものであり、その方向は従来の調査研究から Fig. 16 の方向である（移動の一方向性）。

仮定2：現在海岸および河床に堆積している砂礫の流送される粒度および鉱物組成は同一である（堆積砂れきと流送砂礫の同一方向性）。

仮定 3 : 対象とする領域内においては流送による砂れきの損失, 摩耗はない (砂礫の非損失, 非摩耗性)。

以上の仮定の下に, 各粒度・鉱物組成についての連続関係から, 宮崎海岸における漂砂量 Q_M で規格化した境川からの流送土砂量 $\bar{Y}$, および市振漁港周辺 (東側または西側) における沿岸砂量 ($\bar{X}$ または $\bar{Z}$) を推定する。

いま, 宮崎海岸における沿岸漂砂量を Q_M 市振漁港西側および東側のそれを Q_{IW} および Q_{IE} 境川からの流出土砂量を Q_S とおくと, 上述の仮定 1 から, 流送土砂量の間には次式で示される連続関係が成り立っていると考えられる。

$$\bar{X} + \bar{Y} = 1 \quad \text{before extension of breakwater} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{Z} + \bar{Y} = 1 \quad \text{after extension of breakwater} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに, $\bar{X} = Q_{IE}/Q_M$, $\bar{Y} = Q_S/Q_M$, $\bar{Z} = Q_{IW}/Q_M$, である。

一方, 仮定 2 および仮定 3 から, 各粒径階および各岩種についても, 現在堆積している底質の特性を用いて次の連続関係が成立する。

$$P_{i,j}^{IE} X_{i,j} + P_{i,j}^S Y_{i,j} = P_{i,j}^M \quad \text{after extension of breakwater} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{i,j}^{IW} X_{i,j} + P_{i,j}^S Y_{i,j} = P_{i,j}^M \quad \text{after extension of breakwater} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに $P_{i,j}^{IE}$ の IE は市振漁港東側, i は粒径階, j は岩種による分頒を意味し, P はその百分率である。

以上の式 (1) および (3) または式 (2) および (4) を最小自乗法で解くことを考える。つまり, 式 (3) および (4) から得られる (x, y) および (z, y) の解群は, すべて式 (1) および (2) の関係を満足すべきことから, 残差としては次式を考えればよい。

$$\varepsilon_b^2 = \sum_{m=1}^N (\bar{X} - X_m)^2 + \sum_{m=1}^N (1 - \bar{X} - Y_m)^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\varepsilon_a^2 = \sum_{m=1}^N (\bar{Z} - Z_m)^2 + \sum_{m=1}^N (1 - \bar{Z} - Y_m)^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに, $N = {}_{ij}C_2$ である。よって, 式 (5) および (6) の残差を最小にするような $(\bar{X}, \bar{Y})$ および $(\bar{Z}, \bar{Y})$ は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{2} + \frac{(\sum_{m=1}^N X_m \sum_{m=1}^N Y_m)}{2N} \\ \bar{Y} &= \frac{1}{2} + \frac{(\sum_{m=1}^N X_m \sum_{m=1}^N Y_m)}{2N} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{Z} &= \frac{1}{2} + \frac{(\sum_{m=1}^N Z_m \sum_{m=1}^N Y_m)}{2N} \\ \bar{Y} &= \frac{1}{2} + \frac{(\sum_{m=1}^N Z_m \sum_{m=1}^N Y_m)}{2N} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

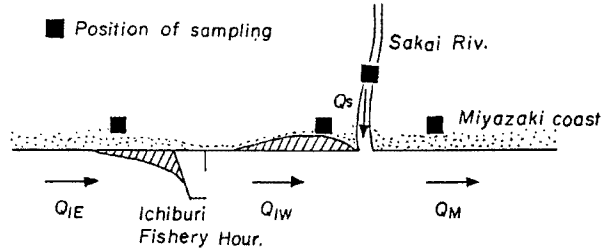


Fig. 16 Definition of variables and sampling position of sediment.

3.2 漂砂源変化の推定

以上に示した方法により、 Q_{IE}/Q_M 、 Q_{IW}/Q_M 、および Q_S/Q_M の比を計算し、市振漁港の防波堤延長に伴う漂砂源の変化を推定する。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{IE}/Q_M=0.505, \quad Q_S/Q_M=0.494 \\ Q_{IW}/Q_M=0.769, \quad Q_S/Q_M=0.231 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

以上の結果から漂砂源の変化は次のように推定される。境川からの流送土砂量 Q_S の経年変化はわからないが、市振漁港の防波堤延長前後でその量が一定であると仮定すると、市振漁港の東側および西側での沿岸漂砂量および宮崎海岸でのそれは境川の Q_S を用いて Fig. 17 のように表わされる。ここで、 Q_{IE} は防波堤延長前の、 Q_{IW} は延長後の市振から境川河口への沿岸漂砂量を示すと考えると、防波堤の延長により 3.3 倍の量の沿岸漂砂量が、現在侵食されている

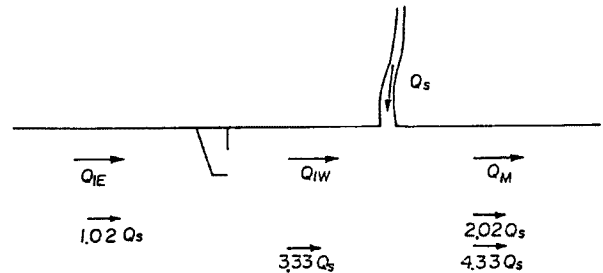


Fig. 17 Longshore sediment transport rate estimated by mineral and grain size matrix.

る市振漁港西側で存在していることになる。つまり、季節風による高波浪時に移動すると考えられる大粒径 ($d > 37.1 \text{ mm}$) の底質からは宮崎漁港の防波堤延長により、その東側に底質は阻止され、その西側からはその 3.3 倍の量の底質が取り去られていると結論づけられる。

4. 結 語

以上のように、宮崎・糸魚川海岸について大量の試料を用いて粒度・鉱物組成の分析を行い解析した。その結果、この海岸の沿岸漂砂について多くの知識を得た。さらに、大量の試料についての分析結果からこれまで不明な点が多かった礫質堆積物についての粒径分布や鉱物組成について多くの知見を得た。得られた結果の主なものについてまとめると、次のようである。

(1) 大量の試料について粒度分析を行えば、 ϕ 尺度は礫からなる堆積物においても、細粒な粒子からなるそれと同様に有用な粒径区分法であり、従属変数として重量頻度を選んだ場合にも ϕ 尺度を用いて礫の粒径分布を示すことができる。

(2) 礫においても粒径分布はいくつかの正規分布集団の合成から成っており、構成集団の解析による堆積環境の検討が有用であることがわかった。

(3) 糸魚川-静岡構造線の両側の河床礫の礫種組成はその両側の地質の相違をよく反映しており、さらに海浜底質の礫種組成は河床底質のそれをよく反映している。すなわち、糸魚川-静岡構造線の両側の海岸において明瞭な礫種組成の相違が見られ、後背地質と海浜礫組成の関連が明確に示された。

(4) 河床礫と海浜礫の間に明瞭な粒径分布の相違がみられ、海岸における底質の分級作用を示している。

(5) 粒度・鉱物組成の検討から、新潟県西部海岸においては、巨視的には西向き沿岸漂砂が卓越し、この海岸の長期的な変形を支配しているものと考えられる。姫川以西では姫川が、以東では早川および海川が卓越漂砂源と考えられるが、これは巨視的に見た場合の西向き沿岸漂砂と姫川港の存在に関係するものであろう。

(6) 粒径分布および礫組成の特徴を考慮して、これをトレーサーとして漂砂源および沿岸漂砂量分布を特定する方法を示し、それを宮崎海岸に適用した。その結果、境川からの流送土砂量 Q_S の経年変化はわか

らないが、市振漁港の防波堤延長前後でその量が一定であると仮定すると、市振漁港の東側および西側での沿岸漂砂量および宮崎海岸でのそれが得られた。これにより、防波堤の延長により 3.3 倍の量の沿岸漂砂量が、現在侵食されている市振漁港西側で存在していると推定された。

最後に、岩種分析について多くの御助力をいただいた新潟県新井市の早津賢二理博、およびこの研究にあたって多大な御協力をいただいた京都大学防災研究所附属大湊波浪観測所の内山 清技官に深く感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 土屋義人・山口正隆・白井 亨・河田恵昭・芝野照夫・山下隆男・A. R. Syamsudin : 富山県宮崎海岸の海浜過程について, 京大防災研究所年報, 第 24 号 B-2, 1981, pp.433-473.
- 2) 茂木昭夫 : 日本の海浜型について (沿岸州の地形学的研究 第 1 報), 地理評 36, 1963, pp.245-266.
- 3) 土屋ほか : 糸魚川海岸の侵食制御に関する調査研究, 防災研究協会, 1985, pp.1-130.
- 4) 新潟県 : 新潟県地質図・同説明書, 1977, pp.1-493.
- 5) Inman, D. L. : Measures for describing the size distribution of sediments, Jour. Sed. Petrology, Vol.22, 1952, pp.125-145.
- 6) Tanner, W. F. : The zig-zag nature at Type I and Type IV curves, Jour. Sed. Petrology, Vol.28, 1958, pp.372-375.
- 7) Tanner, W. F. : Sample components obtained by the method of differences, Jour. Sed. Petrology, Vol.29, 1959, pp.408-411.
- 8) Tanner, W. F. : Modification of sediment size distributions, Jour. Sed. Petrology, Vol.34, 1964, pp.156-164.
- 9) Fuller, A. O. : Systematic fractionation of sand in the shallow marine and beach environment off the South African coast, Jour. Sed. Petrology, Vol.32, 1958, pp.602-606.
- 10) Spencer, D. W. : The interpretation of grain size distribution of curves of clastic sediments, Jour. Sed. Petrology, Vol.33, 1963, pp.180-190.
- 11) Ashley, G. M. : Interpretation of polymodal sediments, Jour. Geology, Vol.86, 1978, pp.411-421.
- 12) 井口正男 : 漂砂と流砂の水理学, 古今書院, 1975, pp.1-290.
- 13) Harding, J. P. : The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions : Jour. Marine Boil. Assoc. U.K., Vol.28, pp.141.
- 14) Sinclair, A. J. : Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs, Jour. Geochemical Explor. Vol.3, 1974, pp.129-149.