

潮位変化による海浜砂礫粒度の変動

齋 藤 晃*

要 約 比較的に大粒径の底質からなるきわめて急勾配の海浜に測線を設定し、測線上のいくつかの点で底質の採取を干潮時、満潮時およびその中間の時刻ごとに約 25 時間にわたって連続して実施した。なお、同時に波浪の目視観測も行ない、浜断面形の測量も何回か行なった。採取した底質の粒度分析を行なった結果、海浜断面には潮位変化によって底質の粒度がかなり変動する部分と、あまり変動しない部分とがあった。一般に干潮面付近の底質は最も粒度変動が少なく、満潮面付近の底質は粒度変動が最も著しい。また、各潮時における海面とそれよりも高い区域の底質は小粒径と大粒径の 2 か所にピークを持ち、中粒径の部分が少ない粒度分布曲線となるものが多い。それより低い区域の底質は 1 個のピークを有する粒度分布を示すものが多いことが知られた。

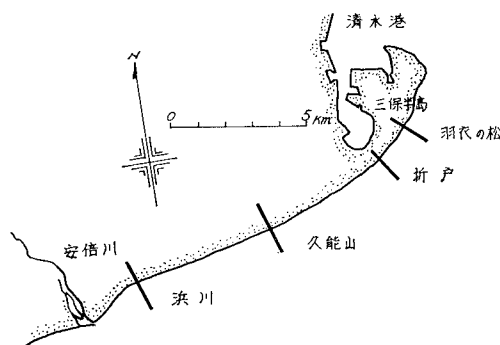
1. ま え が き

駿河湾奥部の海浜は前浜勾配がほとんどの場所で 1/4 ~ 1/7 程度ときわめて急であり、水深 1000 m までの平均勾配も 1/10 くらいになっている。したがって、満潮時と干潮時の汀線の位置はせいぜい水平距離にして 10 m 程度しか違ってはいない。さらに、駿河湾奥部の海岸には安倍川、富士川、狩野川などの有名な急流河川が流入して、かなり粒径の大きい砂礫を多量に排出している。これらの砂礫のうち、ごく細粒の部分は砕波帯の沖側へ輸送されてしまい、残りの比較的大粒径の部分が急勾配の海浜ぞいにごく幅の狭い区域内で移動することになる。海浜の底質に含まれる各粒子は作用する外力が変化すればそれぞれより安定な位置へ移動する。波浪条件が一定でも、潮位変化に伴って砕波帯が移動すれば外力も変化する。したがって、浜のある一点の底質を観察すると、その点に波が作用するかぎり、潮位変化によって常に変動していることになる。

汀線調査を実施する際に、各海浜断面の代表的底質として安定な試料を得るために Bascom は米国西海岸において行なった多くの現地調査の結果から、満潮面と干潮面の中間海面と浜断面との交点付近から底質を採取することを提案した¹⁾。この方法は基準点 (Reference Point) の方法として広く採用され成果をあげている。しかし、

Bascom の調査は中央粒径、 $D_{50}=1$ mm 以下程度の砂よりなる急勾配のゆるい海浜を対象としたものであり、その結果が駿河湾奥部の海浜のように比較的粒径の大きい砂礫からなる海浜にも適用できるかどうかは明らかでない。

本報告においては基準点の概念が中央粒径、 $D_{50}=10$ mm 程度の礫よりなる海浜でも成立つかどうか、また潮位変化により底質の粒度がどのように変動するかが述べてある。本調査は駿河湾奥部の海浜のうち、安倍川から三保半島にいたる区間を対象として行なったもので、その内容は断面測量と底質の試料採取である。なお、底質の採取は約 3 時間ごとに一昼夜連続して行なった。調査区間の略図として 図—1 を掲げておく。



図—1 調査区間の略図

2. 調査方法

図—1 に示した各測線について、それぞれ前浜頂に基本杭を打ち、その陸側に見通し線が汀線と直角になるように控杭を打設した。基本杭から沖側へ 2 m ごとに測点を設置し、底質の採取と海浜断面の測量とを行なった。底質の採取は波の遡上上限から砕波帯の岸側までの測点について実施し、直径約 7 cm の金属製薄肉パイプを海底へ斜めに手で押し込んで行なった。採取点の位置確認は採取者に一端を結びつけた間縄を使用して行なった。採取は干潮時、満潮時、その中間の時刻にそれぞれ行ない、ほぼ 3 時間ごとに一昼夜、約 25 時間連続して実施した。また、波浪状況もポールとストップウォッチを使用して測定し、海浜断面測量も何回か行なった。採取した

* 正会員 工修 東海大学助教授 海洋学部

底質は乾燥後フルイ分けにより粒度分析を行ない、粒度加積曲線と粒度分布曲線を作成した。



写真—1 羽衣の松測線

各測線の調査日時とその最大潮差は次の通りである。

羽衣の松 (写真—1 参照) : 1969年12月8日10:48~

9日11:19, 最大潮差 1.60 m

1972年11月23日10:07~24日10:55, 最大潮差 1.55 m.

折戸 : 1969年11月27日12:45~28日13:07, 最大潮差 1.36 m.

1972年11月12日9:36~13日10:33, 最大潮差 0.86 m.

久能山下 : 1969年11月20日15:34~21日15:56, 最大潮差 1.05 m.

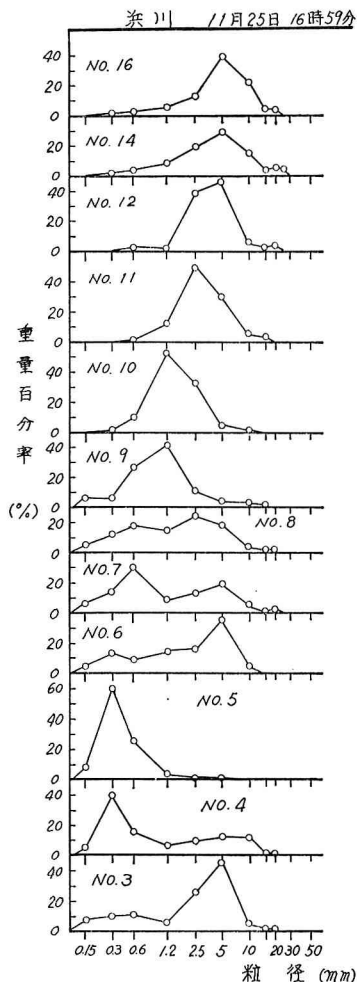
浜川 : 1972年11月25日14:27~26日15:29, 最大潮差 1.11 m.

3. 粒度分布

図—2 は底質の粒度分布図の一例で、浜川測線における1972年11月25日16:59 採取底質の粒度分布である。

図—2 の縦軸は各フルイに保持された底質の重量百分率, %を示し, 横軸は対数目盛であり, フルイ目の大きさを mm で示している。この底質の採取時間は干潮から満潮へ移行するちょうど中間の時刻にあたり, 測点 No. 9 付近が汀線になっていた。波浪は周期 7 sec, 碎波々高 0.5 m 程度であり, 遡上波は最高で測点 No. 3 にまで達していた。

ほぼ碎波点に相当する測点 No. 14 とその前後では, 粒度分布のピークが粒径 5 mm に存在している。碎波点から汀線にかけては, 粒度分布曲線のピークが次第に小粒径の方へ移動し, 丁度海面にあたる測点 No. 9 では 1.2 mm まで低下している。汀線からさらに陸上側でひんぱんに波が遡上する部分, すなわち測点 No. 8, No. 7, No. 6 では粒度分布曲線に2個のピークが認められる。ピークの1つは粒径 2.5~5 mm に存在し, これは碎波点付近におけるピークと同じ粒径である。もう1つのピークは粒径 0.3~0.6 mm に存在し, これは測

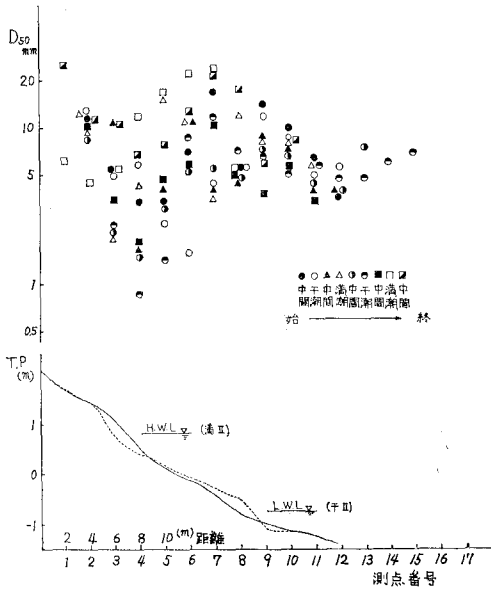


図—2 浜川測線の粒度分布

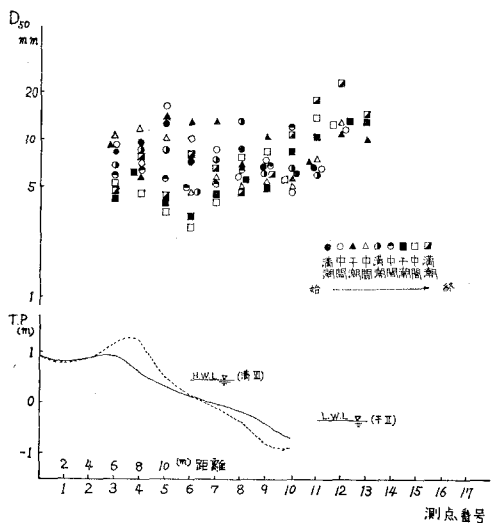
点 No. 5, No. 4, No. 3 にも共通のものである。測点 No. 5, No. 4, No. 3 はときどき大きな遡上波が到達するだけであり, 直前の満潮の際に作用した波浪の影響がかなり残っているものと考えられる。遡上の最高限にあたる測点 No. 3 の底質には, 大粒径側にもう1つのピークがある。これは碎波帯の底質のもつピークである粒径 5 mm に一致している。粒度分布曲線に2つのピークを持つ底質は, 各採取時における汀線の付近からひんぱんに波が遡上する区間までの測点に良く見掛けられるようである。この2つのピークのうち, 小粒径の方を構成している底質は遡上流れとともに浜斜面を上下に動きつつ存在していると考えられる。このピークの粒径より小さい粒径の底質は, 波により浮遊させられて碎波帯の沖側へ輸送される。2つのピークの中間域の粒径をもつ底質は, 斜面を遡上流れが戻るときに運搬され, 汀線と碎波帯の間に分布するようである。大粒径の方のピークはこの採取時の波浪では移動しない大きさの粒径である。

4. 中央粒径の分布

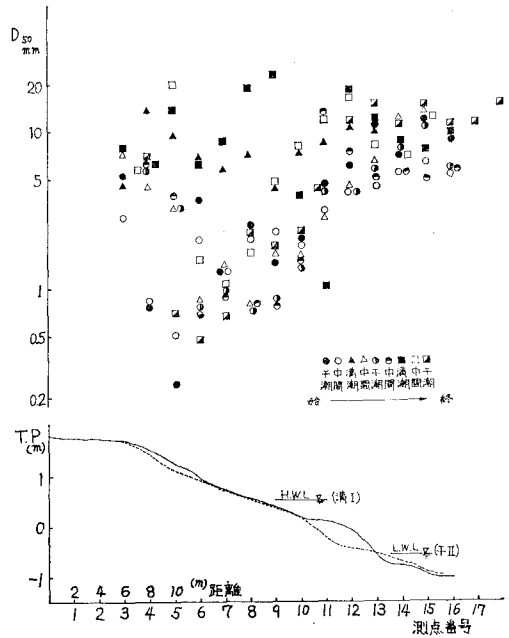
図—3, 図—4, 図—5 はそれぞれの羽衣の松, 折戸, 浜川の各測線における海浜断面形と各測点の底質中央粒径の変化を示している。各図とも, 縦軸は上が対数目盛で中央粒径 D_{50} を mm 単位で, 下が T.P. よりの標高を m で示している。また横軸は各測定点の位置と距離を表示している。なお D_{50} は底質の重量比で 50% が保持されるフルイ目の大きさを mm 単位で表わしたものである。各図には海浜断面形を 2 つ記入してある。これは測定した断面形のほぼ上限と下限とを与えるものであるが, 波浪の大きいときには断面形を測量しなかったの



図—3 羽衣の松測線



図—4 折戸測線



図—5 浜川測線

表—1 調査時の海況

測 線	観 測 日 時	潮 汐	碎 波 状 況	
			T (sec)	H _b (m)
羽衣の松	11月23日 10:07		10.0	0.4
	12:51	干 潮	9.0	0.6
	15:25		9.5	0.8
	18:00	満 潮	10.0	0.8
	21:32		9.5	0.4
	24日 1:04	干 潮	10.0	0.4
	4:38		9.0	1.0
	8:13	満 潮	9.0	1.0
	10:55		7.0	1.3
折 戸	11月12日 9:36	満 潮	6.5	0.8
	12:15		—	—
	14:54	干 潮	6.0	0.6
	17:16		—	—
	19:39	満 潮	6.0	1.0
	23:18		—	—
	13日 2:57	干 潮	10.0	0.4
	6:54		7.5	0.5
浜 川	10:33	満 潮	7.0	0.6
	11月25日 14:27	干 潮	10.0	0.7
	16:59		7.0	0.5
	19:32	満 潮	8.5	0.8
	23:06		9.0	0.5
	26日 2:40	干 潮	7.5	0.4
	6:17		7.0	0.7
	9:55	満 潮	8.0	0.5
	12:42		8.0	0.7
	15:29	干 潮	7.0	0.8

で, 必ずしも調査期間中の断面変化の上限と下限を示してはいない。なお, 各図中の HWL および LWL はそれぞれ調査期間内での最高潮位と最低潮位とを意味している。各調査時の海況を表—1 に示しておく。

図-3 は羽衣の松測線の結果であるが、海浜断面図で実線は11月23日10:07、点線は23日15:43の断面形を表わしている。干潮面と満潮面に相当する個所付近に、それぞれ堆積と浸食が認められる。干潮面と満潮面の中間に断面変化の少ない個所が存在するが、その部分の測点である No. 4 と No. 5 は粒度変動の大きい区域となっている。粒度変動の少ないのは、遡上の最高限にあたる測点 No. 2 と干潮面よりやや深い部分の測点、No. 10 の前後となっている。

折戸測線の例では干潮面下部が浸食され、前浜頂に堆積が生じている。図-4 の海浜断面図で実線は11月12日の9:20、点線が13日の10:53の断面形である。断面変動の大きい測点 No. 3, No. 4, No. 8, No. 9 における粒度変動はあまり大きくなく、逆に断面変化の最も少ない測点 No. 5, No. 6 とで粒度変動が最大となっており、羽衣の松測線の場合と同じになっている。さらに、この測線で最も粒度変動の少ないのは、羽衣の松測線の場合と同様に干潮面付近の測点 No. 9 になっている。

浜川測線の結果を図-5 に示しておく。図中の海浜断面図で実線は11月25日14:42 測定断面図で、点線が26日10:14 測定のものである。遡上上限付近と干潮面のすぐ上の部分に浸食が認められ、干潮面以下にやや堆積が生じている。この例でも干潮面と満潮面との中間付近に、地盤変化の少ない部分が存在している。これは測点 No. 8, No. 9, No. 10 に相当しているが、この部分は先の2例と同様に粒度変動の大きな部分となっている。なお、この浜川測線では前浜にあたる測点 No. 4, No. 5, No. 6 の区間は他の測線と違って、かなり粒度変動のある部分となっている。ただし、粒度変動が最小となるのは他の測線と同様に干潮面に相当する測点 No. 13 と No. 14 になっている。

1969年度調査の分については、すでに報告してあるが、満潮面と干潮面の間に潮位変化によってあまり粒度の変動しない区間が存在するという結論が得られていた²⁾。1969年度の結果の例とし

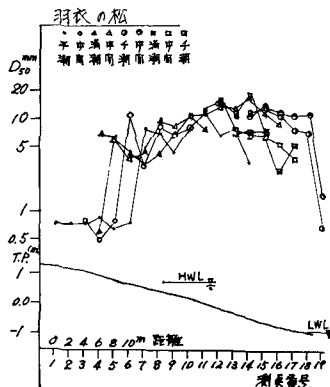


図-6 羽衣の松測線 (69年度)

て、羽衣の松測線の中央粒径分布図を図-6 に示しておく。図-6 によると、干潮面と満潮面の間に粒度変動の最も少ない区間が存在する。しかし、1969年度調査は1972年度の調査に比べて各底質採取時の底質採取点数がかなり少なかったため、1972年度の結果がより信頼できるものと考えられる。

すなわち、本調査対象海岸のようにかなり粒径の大きな底質からなる海岸では、干潮面付近の底質が最も安定しているようである。したがって、大粒径の底質からなる海岸では、Bascom の提案した点よりも低い位置にあたる干潮面付近をその海浜を代表する底質採取のための基準点とすることが望ましいと考えられる。

5. 断面変化と粒度変動

潮汐周期程度の短期間内における、海浜断面の変化と底質粒度の変動との関係がどうなっているかを、羽衣の松、折戸、浜川の各測線について調べる。図-7 は縦軸に連続する一組の断面測量の結果から求めた各測定点における地盤高の変化量、 Δh を cm 単位で示し、横軸には断面測量実施時における各測点の底質中央粒径、 D_{50} の比を目盛っている。地盤高の差、 Δh は後の調査時の地盤高から前の調査時の地盤高を引いたものであり、正号は堆積を、負号は浸食をそれぞれ意味する。また粒径比 $(D_{50})_1/(D_{50})_0$ は同様に同じ測定点について、前の調査時の中央粒径、 $(D_{50})_0$ で後の調査時の中央粒径、 $(D_{50})_1$ を割ったものである。この値が1より大であれば粒径増加を、1より小であれば粒径減少をそれぞれ意味している。図-7 によると、各データは全体としてみると粒径比、 $(D_{50})_1/(D_{50})_0=1$ と地盤高の差、 $\Delta h=0$ を中心として横長の楕円状の範囲に分布しているようであるが、個々の測線についてみると、縦長の楕円状に分布しているものもある。この図からだけでは、浸食や堆積に伴って

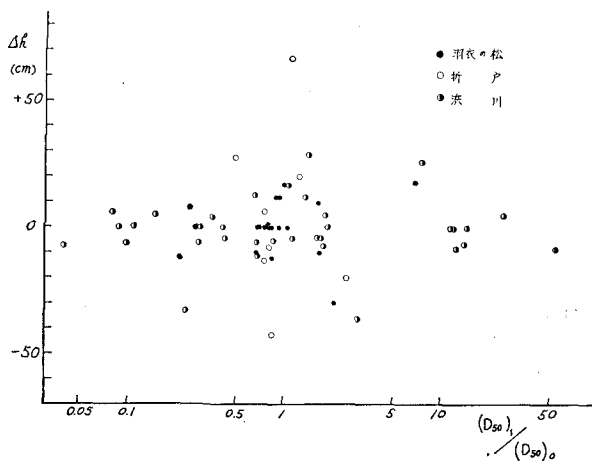


図-7 地盤高変化と粒度変動の相関

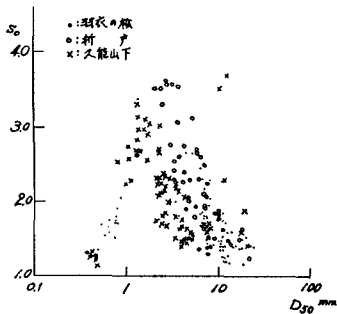
底質の粒度がどう変動するかは明らかでない。

浜川測線では、中央粒径が 0.2 mm から 20 mm 程度の範囲で変動しており、粒径比の変動範囲も著しく広い。しかし、地盤高の変化はそれほど大きくない。逆に、粒径変動の幅が 4~15 mm と狭くなっている折戸測線では大きな地盤高変化が生じている。羽衣の松測線はちょうど、両者の中間的な傾向を示し、粒径変動の幅も地盤高変化の幅も浜川測線と折戸測線の中間の結果を示している。

6. 粒度と淘汰度

波力の作用が最も強い所ほど底質の淘汰が良くなると考えられる。本調査対象海浜において、どのような粒度の底質が最も良く淘汰されているかを見たのが 図—8 である。図の縦軸は淘汰度、 S_0 を示し、横軸は中央粒径、 D_{50} を示している。ただし、 $S_0 = \sqrt{D_{75}/D_{25}}$ であり、 D_{75} および D_{25} はそれぞれ重量比で底質試料の 75% と 25% が通過するフルイの目の大きさを mm で表わしたものである。なお、粒度分布曲線にピークが 2 個ある場合には、それぞれ独立に D_{50} と S_0 を求めるようにした。

図—8 によると、ある粒径のところで S_0 が最大となり、その両側で S_0 が小となることが認められる。すな



図—8 淘汰度と中央粒径の相関

わち、中央粒径が 1 mm 程度以下で遡上流れにより比較的容易に浮遊して輸送されると考えられる底質では、粒径が小となるほど淘汰が良くなっている。さらに、中央粒径 2 mm 以上の底質では、粒径が大となるほど淘汰が良好となることが知られる。この結果は比較的大粒径の底質からなる、急勾配の海浜で得られたものであり、細粒砂からなる遠浅の海浜ではかなり違った結果となるものと考えられる。しかし、輸送形態の差違により淘汰最良となる粒径がそれぞれ存在することは間違いのないであろう。

7. あとがき

大粒径の底質からなる急勾配の海浜で底質調査を一昼夜連続して行なった。その結果、(1)干潮面付近の底質が粒度変動最小であること、(2)海浜断面の変化と底質粒度の変動はあまり明らかな相関がみられないこと、(3)中央粒径が 1~2 mm 程度のとき淘汰が最も不良なことなどが知られた。

最後に、この研究を進めるにあたり終始御指導と御鞭撻をいただいた故速水頌一郎教授の御霊に深い哀悼の意とともに感謝の意を捧げます。また、理化学研究所主任研究官・宇野木早苗先生にも絶えず御指導をいただいた。ここに記して厚く謝意を表わすとともに、研究に協力された多数の東海大学海洋学部学生諸氏にも感謝します。

参 考 文 献

- 1) Bascom, W.N.: The Relationship between Sand Size and Beach—Face Slope, Trans. of A.G.U., Vol. 32, No. 6, pp. 866~874, 1951.
- 2) 速水頌一郎・宇野木早苗・斎藤 晃: 潮位変動にともなう底質粒度の変化, 第 8 回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, pp. 123~124, 昭和 46 年.