

砂浜海岸の分類と底質特性について

土屋 義人*・芝野 照夫**

1. 緒 言

わが国沿岸の砂浜海岸には、岩石海岸などに多く見られるポケットビーチから大河川河口部の大規模砂浜海岸まで存在している。

海岸地形の生成に関して、古く Johnson は、地形発生的な立場からこれを分類し、また、Inman ら¹⁾はプレートテクトニクスの考えを導入して大地形の分類を行い、Shepard²⁾も地形生成に加わった外力の要素に基づいた海岸地形の分類を行っている。この Shepard の分類において、海からの外力によって形成された砂浜海岸は、当然のことながら漂砂の侵食・堆積作用によるものであると同時に、海岸地形もそれによって変化することになる。また、底質特性も来襲する外力に対応した分布を示すものと考えられる。ここでは、漂砂の動態に基づいて砂浜海岸の分類を行い、その分類に従って底質特性の分布を検討する。

2. 漂砂系と砂浜海岸の分類

海岸における漂砂は、海岸土砂収支に密接に関係して、一般に海岸地形に対応した海岸単位で収支しているはずである。

Inman ら³⁾は、この海岸地形に対応して独立した土砂収支が行われているのを“Littoral sedimentation cell”

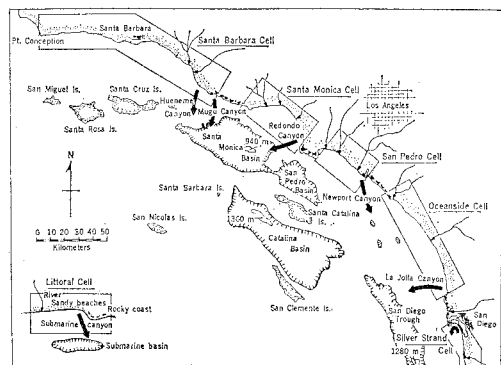


図-1 Inman らによる漂砂系³⁾

と呼んでいる。ここではそれを「漂砂系」と呼ぶが、Inman らはアメリカ西岸の California 州 Santa Barbara から San Diego にかけて、図-1 に示すように 5 個の漂砂系があり、これらの砂浜海岸の両端は、岬状の崖海岸となっているとし、漂砂の供給源は各漂砂系内に流入する河川であって、漂砂は砂浜海岸を涵養しながら下手側へと移動し、下手側岬の沖合に存在する洋谷へと流失することを示している。一方、Tanner⁴⁾は安定な海岸を“Equilibrium beach”と定義して、その海岸線は曲線状で、波のエネルギーと長期間にわたる漂砂のバランスがとれていなければならないとしている。それによれば海岸は2つの形態を示すものといえよう。まず、第1は、河口デルタのように海側に凸形状を示すものであり、第2は、凹形状の砂浜海岸である。この場合、漂砂の流入、流失のないポケットビーチは静的に、それが存在してもバランスがとれているのは動的に安定な海浜といえる。

このような観点から、砂浜海岸を漂砂系および海浜の平面形状の変化などに基づいて分類すると図-2 のようになるのであろうし、また、海岸は平衡海岸、侵食性海

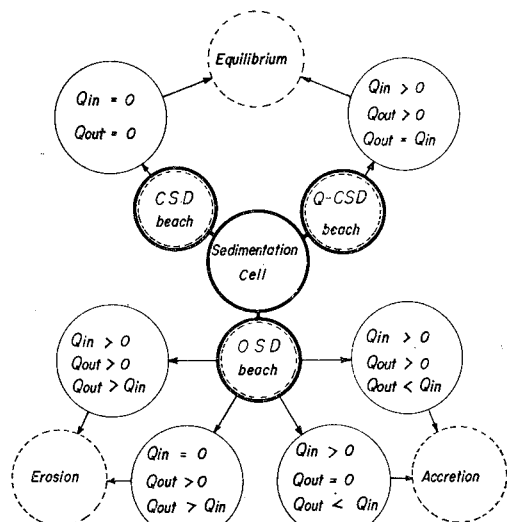


図-2 漂砂系と漂砂海岸の分類

* 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所

** 正会員 工博 京都大学助手 防災研究所

岸および堆積性海岸とも分類できる。

平衡海岸は漂砂の動態，すなわち砂浜海岸の地形においても変化しない海岸であって，漂砂の流入，流失がない場合とある場合がある。とくに，後者は漂砂のバランスがとれた海岸である。また，侵食性および堆積性海岸は，漂砂の流入，流失に差があることから生じるものといえる。なお， Q_{in} は流入漂砂， Q_{out} は流失漂砂を表し，CSD beach (Closed sand drift beach) は閉漂砂海岸，Q-CSD beach (Quasi closed sand drift beach) は擬閉漂砂海岸および OSD beach (Open sand drift beach) は開漂砂海岸である。また，砂浜海岸の形状の長期的な安定および不安定を念頭に分類定義すると図-3 になる。ここに，Q-CSD beach の中には，海域を通過する漂砂があるにもかかわらず閉漂砂海岸に近い安定な海岸形状を示すものもあると考えられ，一応，Q-CSD beach の範疇に入れている。

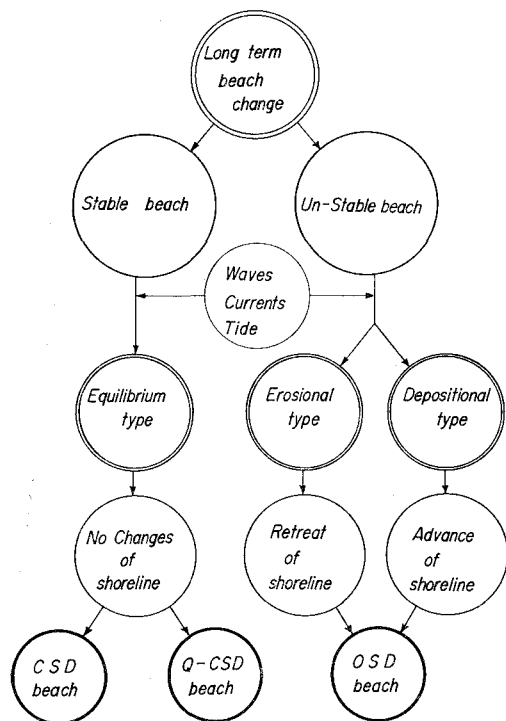


図-3 砂浜海岸の形状と漂砂海岸の分類

3. 海岸の分類と底質特性

ここでは，以上3つに分類に漂砂海岸ごとに，それらの底質特性の分布を考察する。

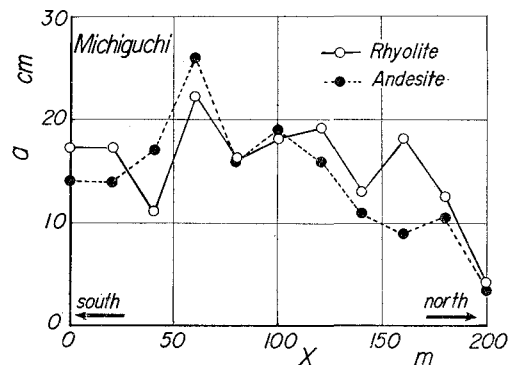
(1) 閉漂砂海岸における底質特性

ポケットビーチで代表される安定な海岸は，閉漂砂海岸と定義されることから，汀線砂礫をはじめとする底質が，背後の崖などの崩壊土砂によって構成されていると考えられる。とくに，ヘッドランドによって漂砂が阻止

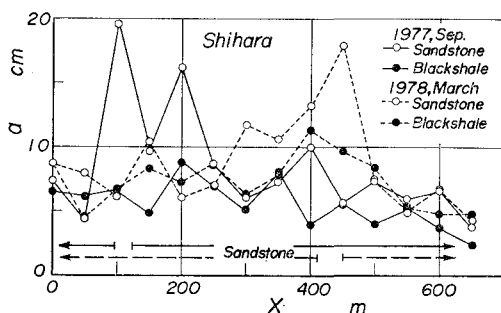
されるような静的に安定な海浜では，その海浜内でのみ底質が移動，堆積するために，来襲波浪の強弱と波向に対応した篩分けが生じ，沿岸方向に分布をもつものと考えられる。ここで取りあげた海岸は，日本海側の福井県越前海岸と太平洋側の和歌山県南部海岸である。底質は汀線に沿って一定の間隔で測点を設け，その測点で表層の砂礫を採取するとともに，後浜部における最大粒径と見られる礫の岩種をそろえて採取し，その形状，すなわち長径 a ，中径 b および短径 c を計測している。

a) 越前海岸：この海岸は一般に岩石海岸であって，岩礁にはさまれた小規模なポケットビーチが随所に見られ，来襲波浪は冬期季節風時の NW~W 方向が卓越する。図-4 (a) は道口海岸の最大礫の長径 a について沿岸方向分布を示したもので，約 60 m 付近から海浜両端のヘッドランドの方向へその粒径値が漸減する傾向を示し，漂砂の卓越方向もそれと一致しているものといえよう。

b) 和歌山県南部海岸：この海岸も岩石海岸の間に小規模なポケットビーチが各地に存在しており，高波浪の来襲は一般に台風時であるが，海岸の面する方向によっては冬期季節風時にも来襲することとなる。図-4 (b) は志原海岸の底質特性の分布を示しているが，この海岸では季節別に冬期と夏期にそれぞれ調査を行い，前述の季節による波向変化の影響が顕著に現れている。



(a) 道口海岸



(b) 志原海岸

図-4 閉漂砂海岸における底質の沿岸分布

(2) 擬閉漂砂海岸

この海岸は、漂砂の動態から見て侵食および堆積領域を含んでいるものの、海岸全体のバランスがとれており、また、その安定で最終的な形状を示す海岸、すなわち動的に安定な海岸では、来襲波浪の沿岸分布に応じて海浜形状のみならず底質特性も規定されるものと考えられる。ここでは人為的な影響によって、これまで広域的に比較的安定であった海岸が変化してきた例として、直江津・大潟海岸を取りあげる。この海岸における底質特性の沿岸分布を図-5に示すが、直江津港東海岸では西防波堤による遮閉領域とそれより東側の境界付近で底質粒径が大きくなり、東西方向への漂砂の卓越移動方向があるものと考えられる。一方、直江津西海岸では郷津に近づくにしたがって、その値が漸減しているが、これは直江津港西防波堤による反射波が西向きの流れを形成して、漂砂の卓越移動方向が変化し、郷津付近が大きな堆積領域となってきたことの影響である。

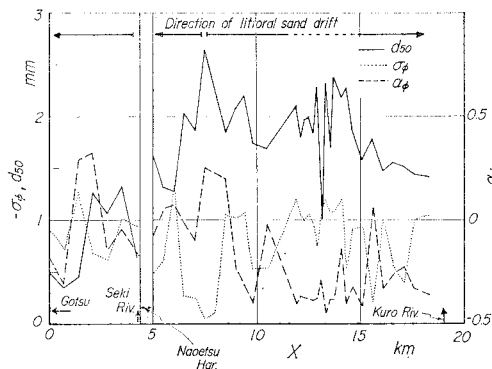


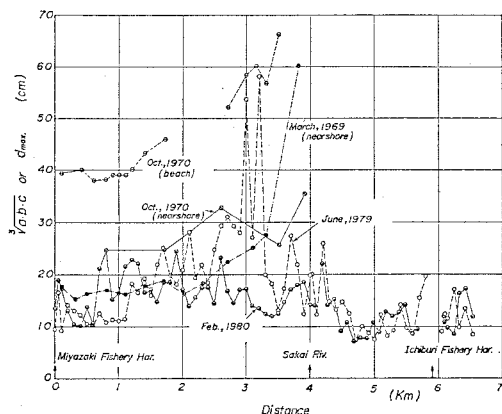
図-5 擬閉漂砂海岸における底質特性の沿岸分布(直江津・大潟海岸)

(3) 開漂砂海岸

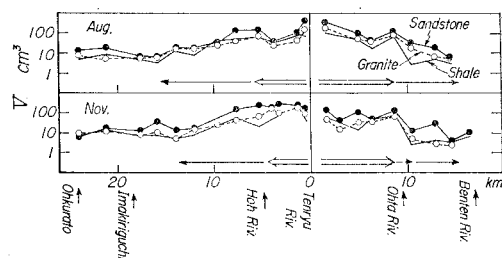
開漂砂海岸のうち侵食性海岸は、その海浜勾配から急勾配侵食性海岸と緩勾配侵食性海岸に分けられ、前者としては富山県下新川海岸、駿河湾沿岸の駿河海岸や蒲原海岸など、後者は天竜川河口に広がる遠州灘海岸などが好例といえる。ここでは細分類した海岸ごとに底質特性の分布を検討する。

a) 急勾配侵食性海岸：下新川海岸のうちその東端の市振漁港から宮崎漁港までの底質特性の沿岸分布を図-6(a)に示しているが、侵食の進行に伴って経年的に粒径が変化するとともに、流入河川河口部では再び粒径が大きくなっている。一方、宮崎漁港より下手側では、洋谷の存在と海岸構造物の影響によって粒径が大きくなるものの、いずれも東から西へとその値が漸減する傾向を示している。これは片貝川河口までの全域で同様である。

b) 緩勾配侵食性海岸：天竜川河口に広がる遠州灘海



(a) 宮崎漁港東海岸



(b) 天竜川河口部海岸⁵⁾

図-6 開漂砂海岸における底質の沿岸分布

岸は、その勾配は約 1/100 で沿岸砂州の発達した海岸であるが、服部ら⁵⁾によれば、この海岸の底質の沿岸分布も天竜川河口から東・西両海岸に向って、その礫体積が漸減し、特性が変化していることを明らかにしており、漂砂の卓越移動方向も河口から両側に向っているものと考えられる。

4. 底質特性と海浜形状との関係

底質特性は海浜勾配および来襲波浪の特性と密接に関係していることが明かであり、また、沿岸分布のみならず、汀線と直角方向にも変化することは、周知のとおりである。ここでは分類した海岸ごとに、海浜勾配と底質粒径の関係および底質特性の沿岸分布を規格化して検討する。

(1) 汀線と直角方向の底質特性の分布

これまで現地調査によって得た底質の中央粒径と海浜勾配の関係を、3つの漂砂海岸ごとに分類して示したものが図-7である。底質粒径は 0.2 mm 程度のものから 60 mm にわたる粗粒径のものまで含んでいるものの、Bascom の結果と同じく、大局的に2つに分けることができ、開漂砂海岸では開漂砂海岸に比べて、一般に同じ底質粒径であれば海浜勾配が急となることを示している。

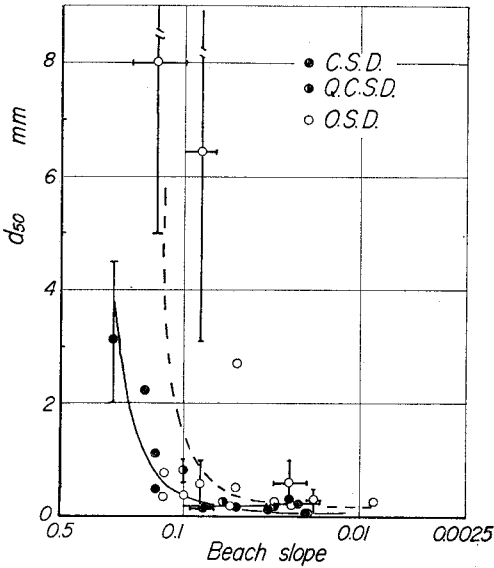


図-7 海浜勾配と底質粒径との関係

(2) 汀線に沿う底質特性の分布

a) 閉漂砂海岸の場合：ポケットビーチに代表される閉漂砂海岸では、砂浜の形状が半円形に近く、海底地形も「すり鉢状」であると思われることから、海浜付近の入射波の特性は、砂浜の中央部からヘッドランドにかけて屈折によって扇形に広がり、海浜中央部付近からヘッドランドに向う沿岸流が発生するものと考えられる。海岸の平面形状に関係する β_b/θ_B の値に従って、底質特性の分布を示すと図-8 のようである。なお、規格化するための基準底質粒径は、波の主方向に対する上手側海浜の最大湾入位置のもので代表させている。これによれば、 β_b/θ_B の値が1付近を境として、規格化した底質特性の分布形状に相違が見られる。すなわち、その値が1以下であれば双峰型の分布形であるのに対して、1付近では規格化した海浜の中央部付近に底質特性のピークが現れる単峰型となる。また、その値が1以上になれば、来襲波浪の主方向に片寄った単峰型の分布となることを示し

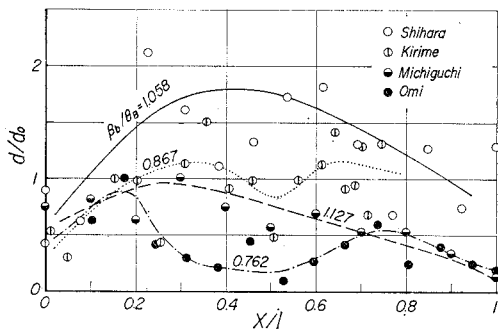


図-8 閉漂砂海岸における粒径比の沿岸分布

ている。

b) 擬閉漂砂海岸の場合：直江津・大潟海岸を例として示すが、前述のようにこの海岸は、直江津港の修築に伴って分断され、とくに西海岸は西端の郷津の岩礁地帯および直江津港西防波堤が、あたかも閉漂砂海岸のヘッドランドと同じ機能をはたしていることを思わせる。また、かつて郷津付近は来襲波浪の波向と海岸線の角度から、東向きに沿岸漂砂を生じていたものと思われるが、現在では西防波堤の法線と波浪の主方向との関係から逆方向の沿岸漂砂が卓越することとなっている。図-9 は直江津港をはさむ東西両海岸の規格化した底質特性の分布を示している。西海岸では β_b/θ_B の値が1以上に対応した分布形を示しているが、西防波堤と郷津の岩礁地帯基部を結んだ線によって求めたその値は0.16であり、また、西防波堤基部と郷津の岩礁地帯ではほぼ1となる。しかし、底質特性の分布のピークは波浪の主方向ではなく、西防波堤に近い沿岸漂砂の上手側に位置している。このことから、西防波堤の存在が汀線形状のみならず底質特性の分布も規定しているものといえる。一方、東海岸では直江津港に近いところでその値も小さく、西防波堤による影響を示すが、後述する開漂砂海岸と同様な傾向を示しながら、複雑な分布形を示している。このことから西海岸では閉漂砂海岸の性格をもつものに対して、東海岸では開漂砂海岸に近い性格といえよう。

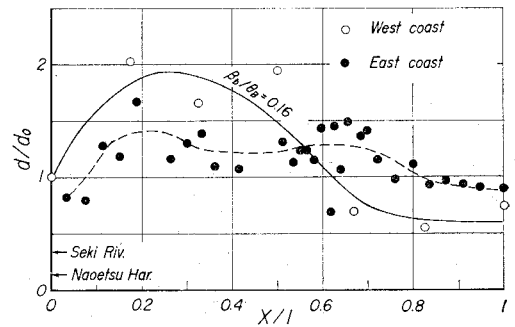
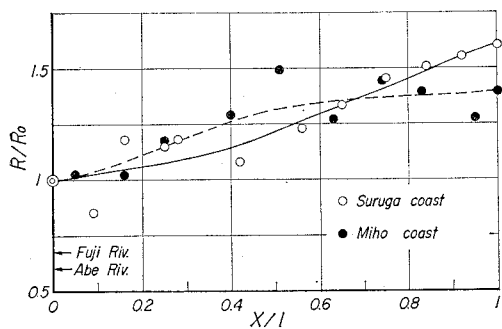
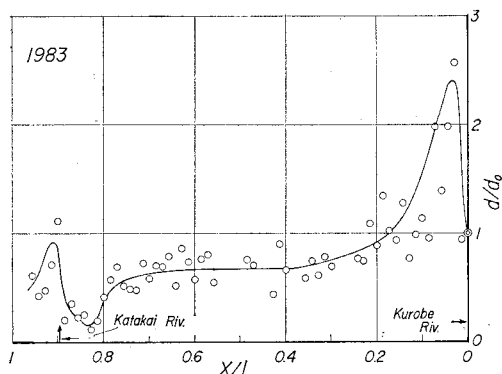


図-9 擬閉漂砂海岸における粒径比の沿岸分布

c) 開漂砂海岸の場合：侵食型開漂砂海岸では、沿岸漂砂は上手側から下手側へと移動、流失して、再び海浜の形成にほとんど寄与しない海岸である。図-10 (a) は典型的な開漂砂海岸における汀線礫の円形度⁷⁾を示したもので、漂砂源の河口から下手側に向ってその値が高くなり、底質は磨耗作用によってしだいに丸味が增大することがわかる。また、下新川海岸のうち黒部川河口から片貝川に至る海浜の最大礫の粒径比を図-10 (b) に示している。一般に漂砂の上手側から下手側に向って粒径比が漸減しているが、片貝川河口付近では流送土砂の

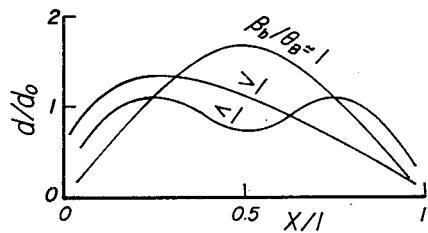
(a) 駿河海岸⁷⁾

(b) 黒部海岸

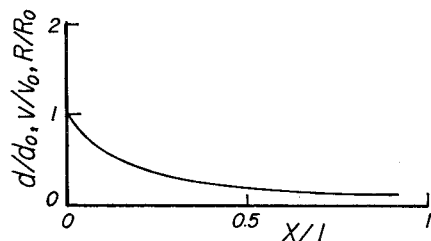
図-10 開漂砂海岸における粒径比の沿岸分布

影響によって再び値が大きくなっている。このように、漂砂源から漂砂の下手側に向って値が小さくなるものの、途中で流入河川や海岸構造物が存在すれば、その影響によって再び値が大きくなることもある。

以上のように、砂浜海岸の分類と底質特性の類型化を行ったが、図-11に示すように、閉漂砂海岸では来襲波浪の波向 β_b と海浜両端のヘッドランドを結ぶ線と下手側汀線にはさまれた角 θ_B の比によって、底質特性の分布が変化する。一方、開漂砂海岸では漂砂源および沿岸漂砂の上手側端をピークとして、しだいに漸減する分布形を示し、流入河川や海岸構造物の存在によって、再びピークが現われる場合もある。また、擬閉漂砂海岸では、これら両者の性格をもった複雑な分布形を示すこととなる。



(a) 閉漂砂海岸



(b) 開漂砂海岸

図-11 漂砂海岸における底質特性の沿岸分布の類型化

5. 結 語

以上、漂砂の動態と海浜形状、とくに平面形状に基づいて砂浜海岸を閉漂砂海岸、擬閉漂砂海岸および開漂砂海岸に分類定義するとともに、底質の沿岸分布特性を検討し、海浜に対する入射波の波向によって、それが類型化されることを示した。

参 考 文 献

- 1) Inman, D. L. and C. E. Nordstrom: On the tectonic and morphologic classification of coast, Jour. Geology, Vol. 79, No. 1, pp. 1~21, 1971.
- 2) Shepard, F. P.: Submarine Geology, 1973.
- 3) Inman, D. L. and J. D. Frautschy: Littoral processes and the development of shorelines, Coastal Eng., Santa Barbara, Speciality Conf., pp. 511~536, 1958.
- 4) Tanner, W. F.: The equilibrium beach, Trans. AGU, Vol. 39, No. 5, pp. 889~891, 1958.
- 5) 服部昌太郎・鈴木隆介・佐藤敏夫: 遠州海岸中央部の海浜変形と漂砂, 第21回海岸工学講演会論文集, pp. 127~134, 1974.
- 6) 土屋義人・R. Silvester・芝野照夫: 安定海浜工法による海岸侵食制御について, 第26回海岸工学講演会論文集, pp. 191~194, 1979.
- 7) 中山正民: 礫浜における堆積物の諸性質について, 地理学評論, Vol. 28, No. 2, pp. 103~120, 1965.