

# 漂砂の動態による海岸の分類について

芝野照夫・土屋義人

## A CLASSIFICATION OF SANDY BEACHES IN RELATION TO THE BUDGET OF LITTORAL SEDIMENTS

By Teruo SHIBANO and Yoshito TSUCHIYA

### Synopsis

To investigate beach processes, topographical situation of the beach has to be clarified. From the view point of the budget of littoral sediments, a new classification of sandy beaches is proposed, taking into consideration both the classification of coasts by Shepard and Tanner's concept of equilibrium beach. The classification provides three types of sandy beaches, such as closed sand drift beach, quasi-closed sand drift beach and open sand drift beach. Sandy beaches can be considered as equilibrium, erosional and depositional beaches respectively in the classification of sandy beaches proposed. Practical examples for these classifications are shown for additional explanation of them.

### 1. 緒 言

海岸線は波浪、潮汐などの外力と地殻変動に起因する地盤の昇降が、相対するところであり、これらの諸作用によって変化する海岸地形を系統的に把握するために、その地形の相違点や類似点をとらえて分類する試みが種々行われてきた。

Johnson<sup>1)</sup> は地形発生的な立場から、海岸を沈水海岸、離水海岸およびその中間の中性海岸の、3つのタイプに分類している。この分類では、地形の生成を主として地殻変動に原因するものとしており、地形変化の過程に不合理性を残しているといわれている。

また、Inman ら<sup>2)</sup> は、全地球的な観点からプレートテクトニクスの考えを導入して、沿岸域の巨視的な地形区分を行っている。つまり、プレートの衝突によって形成された海岸 (Collision coasts)、大陸プレートの移動に伴って、陸側へ引きづられる海岸 (Trailing-edge coasts)、海洋の縁にあって、島孤に囲まれ保護された海岸 (Marginal sea coasts) と大きく分け、これを1次地形としている。この1次地形に付加される作用として、侵食、堆積および生物の作用をあげている。これらを総合して、大陸棚の幅と海岸地帯の山地の高さで規定される分類を行っている。しかし、Inman らも述べているように、この地形分類は巨視的なものであって、地球上すべての地域のプレートテクトニクスが十分に解明されていないことや、河口デルタのようにテクトニクスによって形成された地形が、堆積物によって覆われているところでは、正確なテクトニクス地形を明らかにすることが困難であると述べている。しかし、全地球的な観点から、プレートテクトニクスの考えに基づいた地形区分は、海岸地形の生成を説明したものとして、注目に値するであろう。

さらに、Shepard<sup>3)</sup> も海岸が生成された原因に着目して、その地形生成に加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。まず、地形を大別して1次および2次の海岸とし、前者は陸上における力、すなわち断層、雨、風、氷河および火山などの作用によって生成された地形が、海と接している海岸である。後者は生成時代が比較的新しく、海からの作用、すなわち波浪、流れなどの外力とリーフやマングローブ海

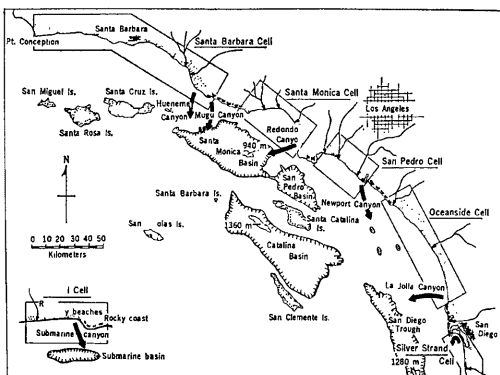


Fig. 1 Littoral sedimentation cell in California<sup>63</sup>

岸に見られるような、海生物によって生成された海岸としている。このように分類された海岸において、本論文の対象とする砂浜海岸は、その両者に見られるものである。例えば、ポケットビーチに代表されるような、岩石海岸に内包されたものや、大河川河口部のデルタ地形は、1次の海岸に対応する。また、沿岸砂州が発達し、それが陸上の砂丘へと続く海岸やトンボロ、砂し海岸は2次の海岸に属することになる。このような海からの外力で形成された砂浜海岸は、当然のことながら漂砂の侵食、堆積の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。

この漂砂に伴う海浜変形の原因として、岩垣<sup>61</sup>は漂砂の非一様性に起因すると指摘している。非一様性をもたらすものとして、次の3つを挙げている。まず、第1は地形上の原因であり、来襲波浪の波向および波高分布から算定される波浪エネルギーフラックスが沿岸方向に分布をもち、沿岸漂砂が一方方向に向いて形成された海岸やトンボロ海岸をあげている。第2は海岸構造物の築造によって、沿岸漂砂が阻止され、その上手側では堆積性、下手側では侵食性となる海岸である。また、第3は河口デルタの変形であって、河川からの流送土砂の変化に伴う海岸侵食を取りあげている。

以上のように、漂砂の卓越する海岸の変形は、土砂収支<sup>62</sup>が崩れることによって生ずることがわかる。

本論文では、漂砂の動態に基づいて、砂浜海岸を分類しようとするものであり、地形生成の観点ではなく、海岸の現状を把握して、海岸地形が人間活動とのかかわりで、どのように変化していくのか砂浜海岸の土砂収支をも考慮した分類を行うものである。

## 2. 地形分類と漂砂系

ここでは、海岸地形の現状を正確に把握し、その変化過程をも含んだ Shepard の分類に基づいて考察する。Shepard は、前述のように1次および2次の海岸と分類し、陸上の作用によって生ずる地形を前者とし、その作用は断層、雨、風および火山などの力によるもので、例えば、断層崖前面のように切り立った海岸線、河口デルタおよび砂丘地形などをあげている。これらの海岸では断層崖前面のように、比較的規模の小さな砂浜海岸を内包していることも多く、また河口デルタ地形では大規模な砂浜海岸

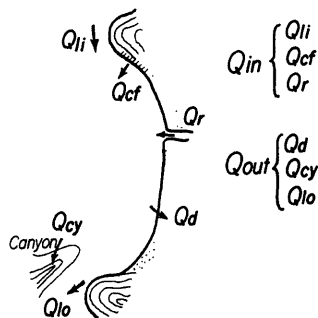


Fig. 2 Schematic diagram of littoral sand drift by Inman and Frautschy<sup>62</sup>

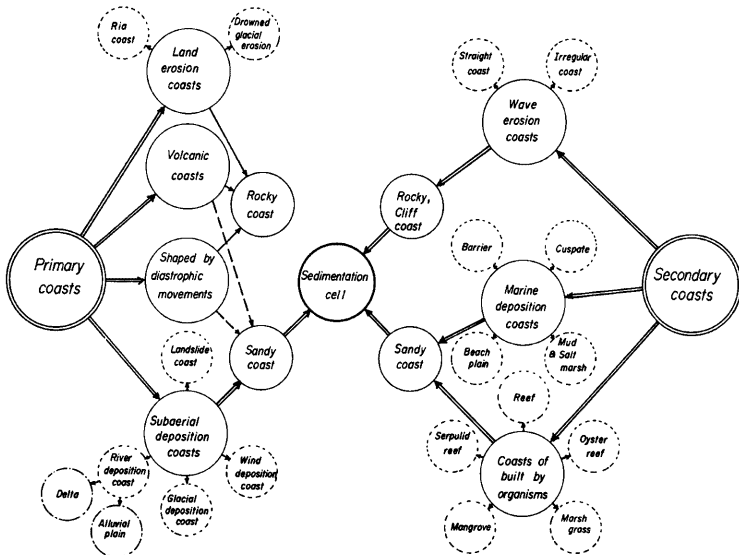


Fig. 3 Classification of coasts and sedimentation cell by Shepard

が見られる場合が多い。一方、2次の海岸は、波浪などの外力やリーフなどの作用によって形成された砂浜海岸が多く、漂砂に伴って海岸変形が生ずることになる。

海岸における漂砂は、海岸土砂収支<sup>5)</sup>に密接に関係して、一般に海岸地形に対応した個々の海岸単位で収支しているはずである。Inman ら<sup>6)</sup>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”と呼んでいる。ここではそれを『漂砂系』と呼ぶが、この Inman らの調査によると、アメリカ西岸の California 州 Santa Barbara から San Diego にかけては、Fig. 1 に示すような5つの漂砂系があり、これらの砂浜海岸の両端は、岬状の崖海岸となっている。漂砂の供給源は各漂砂系内に流入する河川であって、この流送土砂が砂浜海岸を函養しながら、波と流れによって下手側海岸へと移動している。下手側海岸では砂浜の幅も広く、その汀線の方向は、来襲波浪の波向に対応したほぼ直線状となっている。また、下手側海岸へ移動した漂砂は、隣接する次の漂砂系海岸へ岬を越えて移動することなく、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。このように、5つの漂砂系はそれぞれ独立した砂浜海岸として、海岸土砂収支を形成しており、それを模式的に示すと Fig. 2 のように表されるであろう。

この Inman らの漂砂系を、Shepard による海岸地形の分類に当てはめると、Fig. 3 のようになると考えられる。Shepard の分類した1次および2次の海岸には、規模の大小はあるものの、砂浜海岸が存在し、それぞれの漂砂系を形成すると同時に、外力との関係から安定で平衡な海岸に近づくよう、その平面形状および断面形状

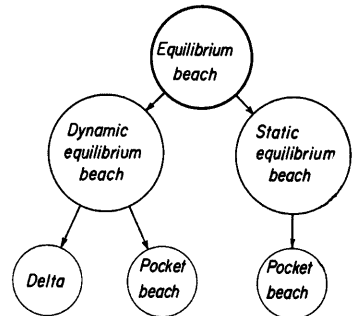
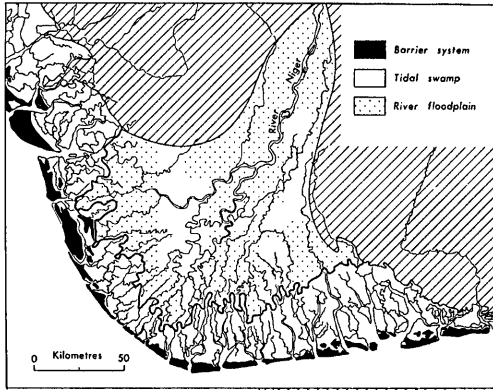
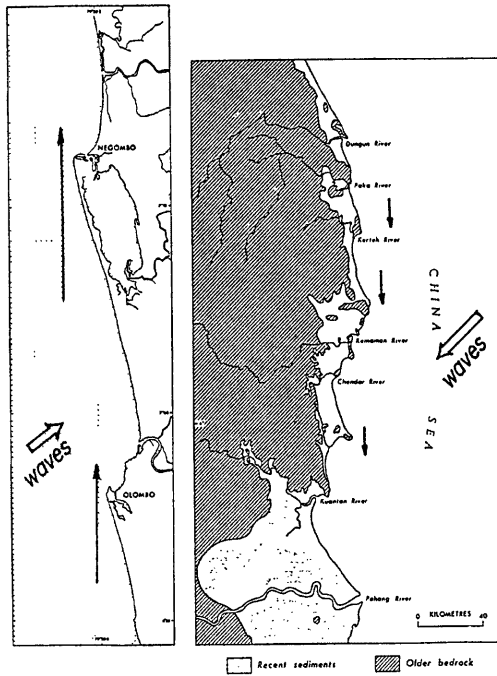


Fig. 4 Statically and dynamically equilibrium beaches based on littoral sand drift



(a)



(b)

Fig. 5 Examples of dynamically stable beach

とも変化するといえよう。

この安定な海岸について Tanner<sup>7)</sup> は“equilibrium beach”と定義している。その海岸線は曲線状であって、外力すなわち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。また、橋本<sup>8)</sup> は、現在わが国で海岸侵食が顕在化してきた大河川河口部のデルタ地形の変化について、1次元解析法による変化予測を行っている。それは直線状海岸に流送土砂を伴う流入河川がある場合、その海岸は河口部でしだいに沖方向に突出したデルタ地形を形成するが、流送土砂は波によって沿岸方向に移動し、その堆積は場所的にも一様で、沿岸漂砂と波のエネルギーとのバランスのとれた平衡な海岸となることを示している。一方、Komar<sup>9)</sup> も Tanner の考えに基づいて、河口デルタおよび海域からの漂砂の流失がないポケットビーチの平衡形状について数値計算を行い、海岸の平面形状は最終的に来襲波浪の砕波点における波峰線と一致することを示しており、河口デルタのように沖方向へ突出した地形とともに、陸側へ湾入した地形においても平衡な地形が存在することを示唆している。なお、Tanner の平衡海浜は海側へ突出した河口デルタ地形を想定したもので、河川からの流送土砂とバランスした海岸では、沿岸漂砂に非一様性がなく安定な海岸形状を示し、漂砂の動態から考えて動的に安定な海岸といえよう。一方、Komar の数値計算からも明らかのように、漂砂の流入、流失がないポケットビーチの場合でも、平衡で安定な海岸が存在し、これは静的に安定な海岸といえる。

この Tanner の“equilibrium beach”を動的および静的に安定な海岸として示すと Fig. 4 のようであり、それらの海岸の例として、前者の場合は Fig. 5 (a) のデルタ地形および Fig. 5 (b) では、マレーシア東海岸、スリランカ西海岸やオーストラリア北東海岸に見られるように、陸側に湾入して沿岸方向に一定の漂砂が存在して安定していると思われる海岸である。また、静的に安定な海岸として代表されるポケットビーチの例を、Fig. 6 に示す。

このように平衡で安定な海岸に対して、海浜変形が生じて、侵食性あるいは堆積性海岸となる場合は、“non-equilibrium beach”と定義できる。この侵食性海岸となる原因は、海岸に来襲する外力の変化を除けば、漂砂の流入と流出のバランスが崩れることが最大の要因であり、次の2つの場合が考えられる。まず、第1は、漂砂の流入はあるものの、海域からの流出が多いことによる場合で、第2は漂砂の流入がなく、流出のみがある場合である。前者では一般に比較的規模の小さな侵食が生ずるものと考えられるが、後者では規模の大きい侵食となり易いといえよう。また、堆積性海岸についても2つの場合が考えられる。第1は、漂砂の流入と流出がある場合で、しかも流出量が少なければ土砂が堆積して、汀線が前進することになる。第2は漂砂の流入があり、流出がない場合で、当然のことながら堆積性海岸となる。この場合、前者は比較的小さな、後者は大きな堆積性海岸となるであろう。

以上のように、沿岸漂砂の存在する海岸を、地形的および海岸土砂収支ならびに Inman らの言う“littoral sedimentation cell”，すなわち漂砂系として分類すると、Fig. 7 のようになるであろうし、それぞれの漂砂系をもつ海岸は平衡海岸、侵食性海岸および堆積性海岸とも分類できる。

なお、国中の  $Q_{in}$  は流入漂砂、 $Q_{out}$  は流出漂砂を表し、また、CSD beach は後述する「閉漂砂海岸」、Q-CSD beach は「擬閉漂砂海岸」および OSD beach は「開漂砂海岸」を表している。

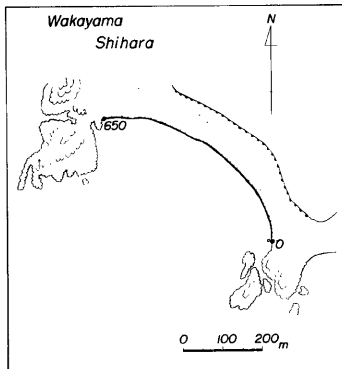


Fig. 6 Example of statically stable beach

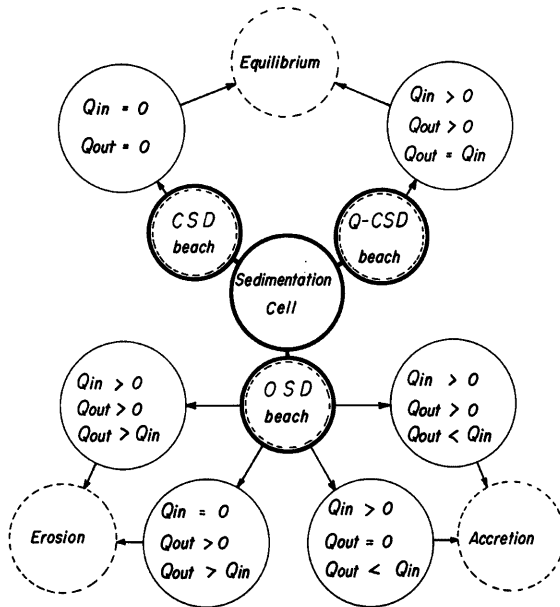


Fig. 7 Sedimentation cell and beach classification based on littoral sand transport

### 3. 漂砂海岸の分類

沿岸漂砂の存在する海岸について、漂砂の動態すなわち海岸土砂収支に基づいて検討してきたが、ここでは、前述の3つに分けた漂砂海岸について、実際海岸を例示して考察する。

まず第1は、ポケットビーチで代表される「閉漂砂海岸」である。例えば、入江や湾奥に発達する砂浜海岸の両端を岬で囲まれた小規模な海岸において、海域外からの沿岸漂砂の流入や流送土砂をもたらすような流入河川もなく、海域から流出する漂砂もない場合は、長年にわたって高い安定性をもった海岸となるであろう。このような海岸の土砂収支は、その限られた海域内においてのみ生じ、海浜の季節的な変動はあるものの、長期的には閉じられた系として、外力とバランスした海岸といえよう。

第2は、広域的には閉漂砂海岸の性格をもつが、海岸変形の長期的な観点から沿岸漂砂の分布が非一様性を示す海岸である。この場合、局部的に汀線は後退して侵食性海岸となるものの、その侵食土砂は沿岸漂砂となって下側海岸に堆積し、そこが堆積性海岸となるものである。このように、漂砂に伴う土砂収支は、長期的な変化が見られるものの、海岸全域として均衡のとれた海岸といえよう。さらに、流入河川からの流送土砂と海域からの流出土砂のバランスがとれていて、長期的に大きな海浜変形が発生しない動的に安定な海岸も、海岸土砂収支を考えると、この海岸の範疇に属するといえよう。このような海岸を「擬閉漂砂海岸」と分類する。

さらに、第3は侵食性および堆積性海岸の両者に見られ、前者では地形的な特性などの原因で、一方的に汀線は後退しつづけ、この侵食によって生産された土砂が漂砂系外、すなわち沖合の洋谷などの深海域へ流出して、再び海浜の回復に寄与しない海岸である。後者は、海域外からの漂砂と流入河川からの流送土砂に比べて、海域外への漂砂の流出がまったくないか、少ない場合で、当然のことながら堆積性の海岸となる。

この場合を「開漂砂海岸」とする。

このように、沿岸漂砂の存在する海岸を地形および海岸土砂収支を考慮して分類し、さらにInmanらの“littoral sedimentation cell”，すなわち漂砂系として分類すると、Fig. 7のようになるであろうし、それぞれの漂砂系海岸は平衡型海浜、侵食型海浜および堆積型海浜との組合せによって細分類できるであろう。

また、海岸の侵食および堆積土砂量として、海岸地形とくに汀線の変化をも含めた漂砂の動態を、模式的に示すとFig. 8のようである。

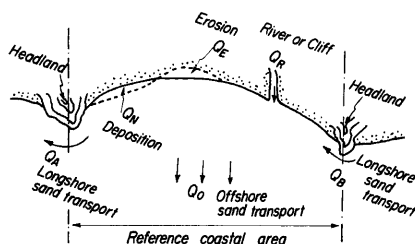


Fig. 8 Schematic diagram of littoral sand transport

以上のように、3つに分類した海岸について、さらに、実際海岸の例をあげて考察すると次のようである。

(a) 閉漂砂海岸

$$Q_E - Q_N = 0 \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 $Q_E$ ；侵食土砂量、 $Q_N$ ；堆積土砂量、 $Q_A$ ；海域からの流出沿岸漂砂量、 $Q_O$ ；沖方向への流出漂砂量、 $Q_B$ ；海域への流入沿岸漂砂量、 $Q_R$ ；河川および崖からの供給漂砂量であり、さらに、 $Q_A = 0$ 、 $Q_O = 0$ 、 $Q_B = 0$  および  $Q_R = 0$  とする。

つまり、閉漂砂海岸では海域への漂砂の流入、流出など、海浜変形を生じさせるような要因がなく、安定した海岸であるといえよう。

Fig. 9は茨城県北部の北茨城市の太平洋に面する海岸で、それぞれ汀線の延長が約1 km から5 km 程度をもち、砂浜海岸の両端には岩礁から成る岬がある。来襲波浪は季節によって波向が変化し、夏期にはSSE、冬期にはNNE方向からの波浪が卓越する。田中<sup>10)</sup>は、これらの砂浜海岸の汀線変化を調べ、来襲波浪の季節的な波向の相違によって、汀線は変化するものの、長期的に海域からの漂砂の流出がない海岸であって、また流入河川もないことから、安定した砂浜海岸であると指摘している。

また、和歌山県白浜町の白良浜<sup>11),12)</sup>は、鉛山湾の湾奥に位置する典型的なポケットビーチであって、延長約500 mの砂浜海岸である。この海岸の両端には権現崎、湯崎の岩礁からなる岬が存在している。来襲波浪は夏期の台風時にWSW方向、冬期季節風にはNW方向から高波浪が来襲する。しかし、漂砂の流出

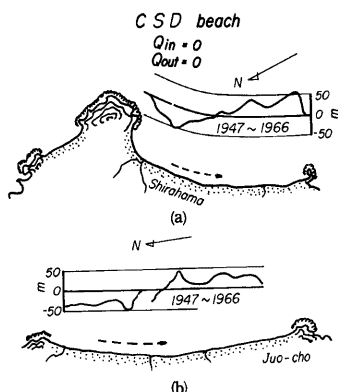


Fig. 9 Closed sand drift beach in northern areas, Ibaragi Prefecture

はほとんどなく、季節的に来襲波浪の波向に対応して、汀線の変化が生じるだけである。Fig. 10は汀線の前進・後退を、基準点からの浜幅の変化として表したもので、4月から6月の春期には、砂浜の南側汀線が後退して、北側汀線は相対的に前進する。一方、夏から秋期では、これと逆の傾向を示している。この汀線の季節的な変化とともに、波浪のエネルギーフラックスの沿岸方向分布は、Fig. 11のように、砂浜の両端付近でいずれも長期的にゼロとなり、白良浜への漂砂の流出入がほとんどなく、湾奥の海域内においてのみ漂砂の収支が成立していることになる。

さらに、Fig. 12に示す北海道室蘭市の東側に位置するイタンキ海岸は、イタンキ岬とトッカリシ岬に挟まれた延長約4 kmの海岸である。近藤ら<sup>13)</sup>は現地調査によって、汀線変化が沿岸方向に一様に生じ、しかも季節的に変動しており、さらに、汀線砂礫の粒径特性のうち均等係数  $S_0$

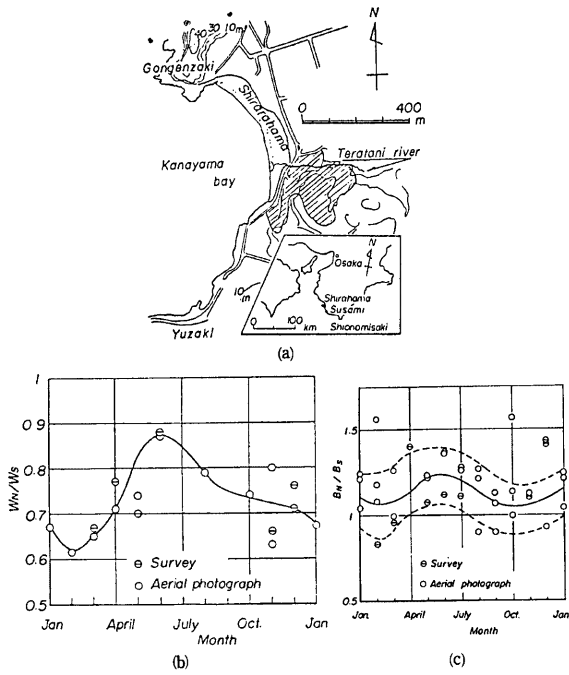


Fig. 10 Seasonal changes in beach width at Shirarahama beach, Wakayama Prefecture

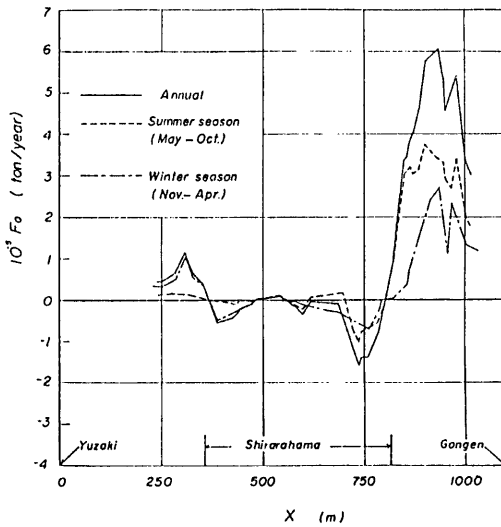


Fig. 11 Distribution of wave energy flux alongshore Shirarahama beach



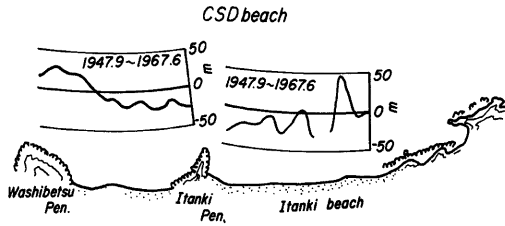


Fig. 12 Shoreline change at Itanki beach, Hokkaido

と中央粒径  $d_{50}$  の関係が、来襲波浪とその経時変化に応じて、2次放物線で近似される分布系内を移動することから、この両岬による閉じられた系内でのみ、漂砂が存在する海岸であると指摘している。

以上、閉じられた系内でのみ漂砂の収支が成立している海岸の例をあげたが、これらは季節的に波向の相違する波浪によって汀線が短期的に変動するだけで、長期的には漂砂の流入・流出がなく、安定な海浜を形成しているものである。

(b) 擬閉漂砂海岸

$$Q_E - Q_N = (Q_B + Q_R) - (Q_A + Q_O) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

広域的には、海岸土砂の均衡がとれていると思われるが、局所的な汀線の前進・後退、すなわち侵食・堆積領域が見られる海岸である。なお、局所的な海岸変形をもたらす原因は、漂砂の供給源の変化や海岸・港湾構造物の築造などが考えられる。

例えば、Fig. 13 に示す鹿児島県志布志海岸<sup>14)</sup>は、延長約 15 km の砂浜海岸であって、その南端に肝属川が流入している。肝属川は比較的流送土砂の多い河川であるが、最近の河川改修などに伴って流送土砂は減少している。また、志布志海岸は構造物がほとんどない自然海岸であって、汀線は海岸の両端で後退の傾向を示すのに対して、中央部では前進している。つまり、海岸両端部の侵食土砂が中央部付近に移動して堆積す

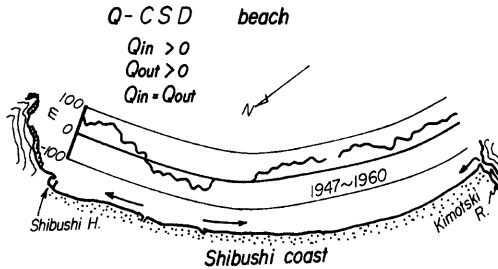


Fig. 13 Shoreline change at Shibushi coast, Kagoshima Prefecture

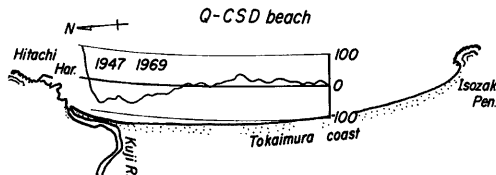


Fig. 14 Shoreline change at Tokaimura coast, Ibaragi Prefecture

ることを表しており、来襲波浪のエネルギーフラックスの沿岸方向分布も、海岸の中央部への漂砂をもたらす方向になっているためであろう。このように、海岸の中央部付近に漂砂が堆積して、汀線の前進する海岸の例は、Fig. 14 に示す茨城県日立港から磯崎岬に至る約 15 km の東海村海岸<sup>15)</sup> においても見られる。この海岸の北端に位置する日立港の南側には久慈川が流入し、その河口砂州の形状から沿岸漂砂は局所的に北側へと向いており、日立港南防波堤に沿って汀線が前進している。しかし、久慈川より南側では大きな汀線後退領域となっている。また、磯崎岬から北 3 km 付近まででは、若干の汀線の後退が見られるが、東海村海岸の中央部では、両端の侵食領域からの土砂は沿岸漂砂として堆積し、汀線の前進行の領域となっている。

一方、海岸構造物の築造によって、これまで1つの漂砂系であった海岸が分断され、侵食および堆積領域が顕在化した海岸もある。例えば、直江津海岸は関川からの流送土砂によって、河口の東側および西側海岸が涵養されてきたが、直江津港の修築に伴って河口のつけかえおよび大水深域までの防波堤建設が行われ、現在では東および西海岸は完全に分断されたといってもよいであろう。この結果、直江津西海岸<sup>16)</sup>の東端に関川が流入しているが、流域の改修によって流送土砂も減少したうえに、さらに、直江津港の防波堤が延長

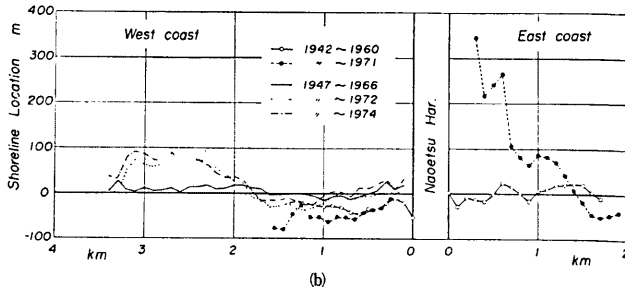
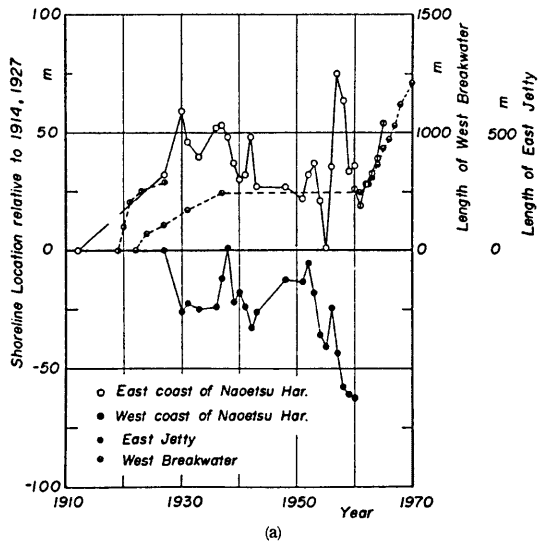


Fig. 15 Shoreline changes at the west coast of Naoetsu, Niigata Prefecture

され、来襲波浪の波向と防波堤法線の角度の関係によって、反射波が発生し、それによる西向きの沿岸流が生じることになり、防波堤基部付近はしだいに侵食され、侵食領域も西側へ移動している。この侵食土砂は Fig. 15 (b) に示すように、西方のヘッドランドを形成していた郷津付近に堆積して、汀線は現在 100 m 以上も前進し、広い砂浜を形成している。

なお、Fig. 1 に示した Inman らによって littoral sedimentation cell と規定された海岸は、海域への漂砂の供給は流入河川によるもののみで、しかも供給量に対応した土砂が海岸下手側から流出し、沖合の洋谷へと流下している。このように、漂砂の流入および流出のバランスがとれ、海浜変形もほとんど生じていないことから、これらの海岸は、沿岸漂砂が存在するにもかかわらず比較的安定な海岸であって、海岸土砂収支の観点から擬閉漂砂海岸に対応するものといえよう。

(c) 開漂砂海岸

$$Q_E - Q_N = (Q_B + Q_R) - (Q_A + Q_O) \leq 0 \dots\dots\dots(3)$$

海岸土砂収支の均衡が破れ、一方的に侵食あるいは堆積する場合で、海域の土砂は漂砂として流出または海域内に堆積するために、式(3)のように表されるであろう。

まず、一方的に侵食される海岸の好例は、新潟県との県境付近から黒部川に至る富山県下新川海岸<sup>17)</sup>をあげることができる。この海岸は地形的特性による、いわば宿命的な侵食海岸であるといわれるが、近年漂砂の上手側に築造された港湾構造物によって沿岸漂砂が阻止され、上手側では堆積、下手側では侵食海岸となっている。Fig. 16 は、構造物の築造に伴う汀線の変化と下手側海岸への侵食領域の移動を示している。侵食の激化に伴って、海岸堤防、離岸堤などの侵食対策工が施工され、これら構造物によって反射波が発生するようになり、その前面は洗掘され、水深が大きくなり、高波浪の来襲時には以前に増して波高の大きな波が来襲することになる。最近ようやく緩勾配の侵食対策工法の採用によって、砂浜を回復しつつある地区もあるが、これまでの堤防方式による構造物の倒壊、ひいてはそれが海岸侵食の助長さえしてきたといえよ

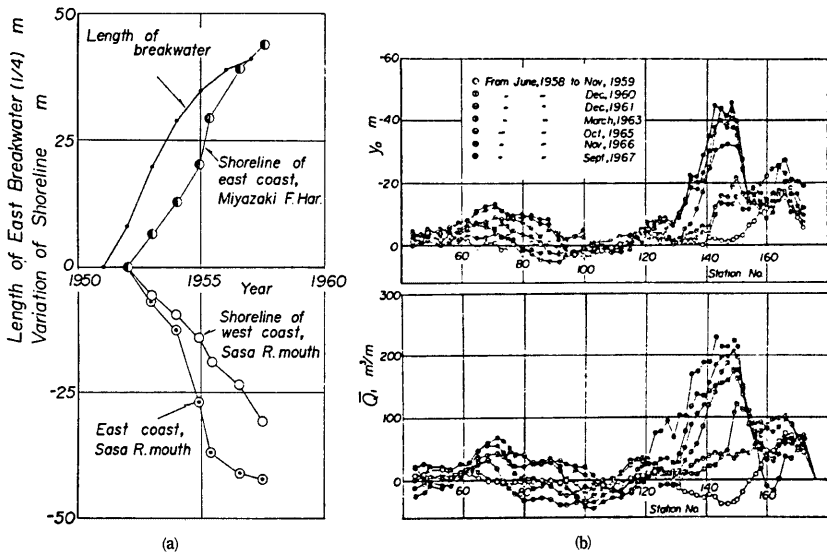


Fig. 16 Shoreline changes near Miyazaki Fishy Harbor at Shimoniiigawa coast

う。**Fig. 17** は下新川海岸の汀線変化を示しているが、図中に示すように、海岸線近くまで洋谷が迫っており、沿岸漂砂はそれに流下して漂砂の下手側海岸の函養にほとんど寄与せず、一方的に侵食が進行することを示しているといえる。

また、下新川海岸と同様に、一方的に汀線後退が進行する海岸の例として、福島県北端の松川浦海岸<sup>18)</sup>があげられる。**Fig. 18** に示すように、松川浦海岸は宇多川の流送土砂によって形成された砂州海岸と考えられるが、海岸の北および南端には岩礁からなる岬があり、南側の岬を越えて漂砂の供給はなく、この岬付近から図中に矢印で示した方向に、海岸の底質は沿岸漂砂として北側に移動するとともに、北側の岬を越えて流出するため、汀線の後退が顕著となっている。

このように、漂砂の上手側や流入河川からの供給土砂がなく、海岸の侵食によって沿岸漂砂を生産し、一方的に海岸線が後退するような開漂砂海岸に対して、上手側あるいは流入河川からの供給土砂が、海域から流出することなく堆積して汀線が前進する場合も、漂砂の動態から見て開漂砂海岸といえよう。

このような海岸の例としては、新潟県寺泊海岸<sup>19)</sup>があげられよう。この海岸は信濃川を分水した新信濃川の流入によって、本川からの流送土砂が排出され、**Fig. 19** のように、汀線の前進は河口付近を中心として1947年以降約20年間で、最大 300 m にも及んでいる。この海岸は西側を寺泊港、東側を岬に挟まれた一つの漂砂系海岸を形づくっており、この両端では汀線の変化がほとんどない。また、海域へ流送土砂をもたらすような主要な流入河川がなく、隣接する海岸の侵食土砂の移動が汀線の前進をもたらす海岸の例として、千葉県九十九里海岸<sup>20)</sup>をあげることができる。この海岸は **Fig. 20** のように、東側の屏風ヶ浦における軟岩から構成された海崖の侵食土砂と西側に流入する夷隅川からの少量の流送土砂が、しだいに海岸中央部に堆

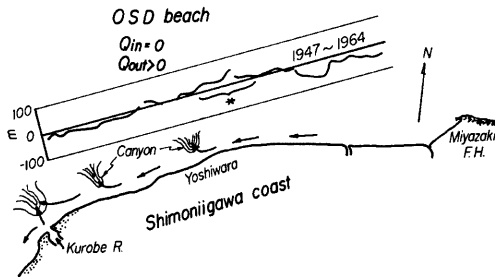


Fig. 17 Shoreline change at Shimoniigawa coast, Toyama Prefecture

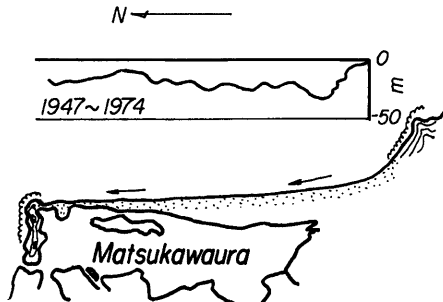


Fig. 18 Shoreline change at Matsukawaura beach, Fukushima Prefecture

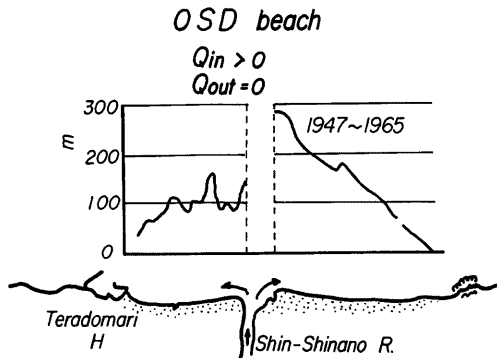


Fig. 19 Shoreline change at Teradomari beach, Niigata Prefecture

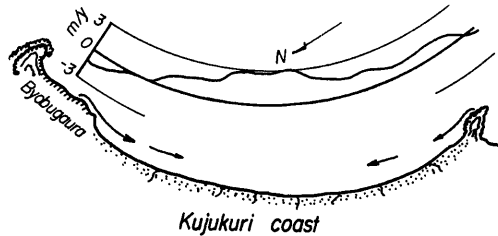


Fig. 20 Shoreline change at Kujukuri coast, Chiba Prefecture

積して、汀線が前進する傾向であると報告されている。

以上のように、3つのタイプに分類した漂砂海岸について、それぞれ典型的な実際海岸の例をあげて考察したが、次いで、それらの漂砂海岸を比較して、その一般的な海浜変形のパターンとして考察する。

#### 4. 漂砂海岸における海浜変形のパターン

以上述べたように砂浜海岸をその形成と Shepard の地形分類に準じて区分するとともに、漂砂海岸としてとらえ、海岸土砂収支の立場から、海岸変形とくに汀線形状の変化を考察してきた。

汀線の変化は、当然のことながら海岸に作用する外力、とくに来襲波浪と海域への供給漂砂の關係に依存することはいうまでもないことである。また、ここで分類した漂砂海岸は、季節変動などの短期的なものではなく、長期的な観点から分類したものであって、まず、閉漂砂海岸は海域への漂砂の流入・流出がなく、海浜の地形変動も短期的に生じるが、長期的には発生せず、安定で平衡な海岸と言えるであろう。擬閉漂砂海岸は開漂砂海岸との中間的存在であって、広域的に漂砂の流入・流出がある場合とない場合、また、海浜も比較的安定で平衡な場合と不安定な侵食および堆積領域が顕在化する場合がある。これは流入河川からの流送土砂の変化や海岸・港湾構造物の築造によって、これまでの漂砂系が変化することから生ずるものであると言えよう。さらに、開漂砂海岸は漂砂の流入がない場合や流入がある場合でも、それ以上に流出すれば、海岸全域は侵食傾向となり、海浜は侵食型不安定となる。また、漂砂が流入するのみで流出しなければ、堆積傾向となって堆積型不安定となるであろう。このように、海岸を安定および不安定砂浜海岸の2つに区分し、それぞれに対する漂砂海岸の分類を示すと Fig. 21 のようになるであろう。

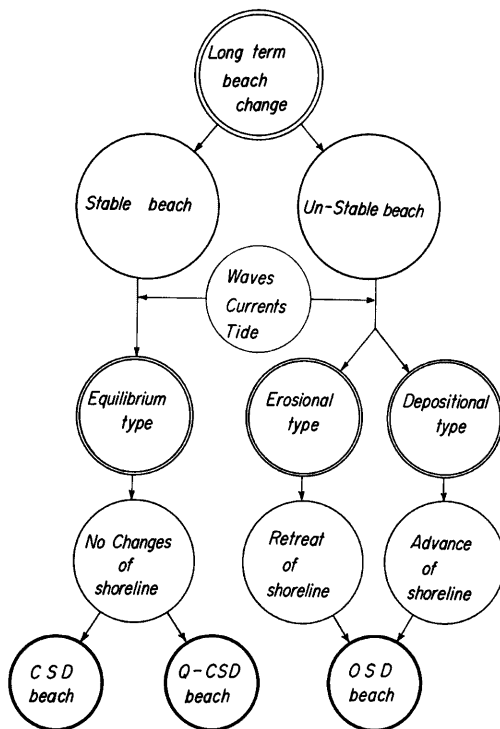


Fig. 21 Beach classification, equilibrium, erosional and depositional types

さらに、前述のように3つのタイプに分類した漂砂海岸について、汀線形状の変化を沿岸漂砂の移動方向との関係から図示すると、Fig. 22 のようになるであろう。まず、閉漂砂海岸では長期的に汀線形状が変化せず、来襲波浪の季節的な波向の変化によってのみ変動する。また、擬閉漂砂海岸では、海岸の中央部において汀線は前進するが、その両端で後退するものやその逆となるもの、海岸の片側が侵食されるが、堆積して汀線の前進が生じるものが見られる。さらに、流入漂砂量と流出漂砂量が均衡している場合は、当然のことながら安定な海岸で、大きな汀線形状の変化は生じないであろう。開漂砂海岸では、河川からの流送土砂の堆積によって河口部の汀線は前進し、海岸の端部で汀線変化がゼロとなる場合および海岸全体にわたって汀線の後退する場合が見られ、図中に示した沿岸漂砂の卓越方向からも、海岸の分類が特徴づけられるものと考えられる。

## 5. 結 語

以上、砂浜海岸を漂砂海岸としてとらえ、Shepard の分類による1次および2次の海岸の中で、砂浜海岸を Inman らの漂砂系海岸として位置づけ、また、Tanner の平衡海浜の考えをも考慮して、海岸土砂収支の立場から漂砂海岸の分類を行った。

その結果、漂砂系海岸は閉漂砂海岸、擬閉漂砂海岸および開漂砂海岸の3つのタイプに分類できることを述べた。

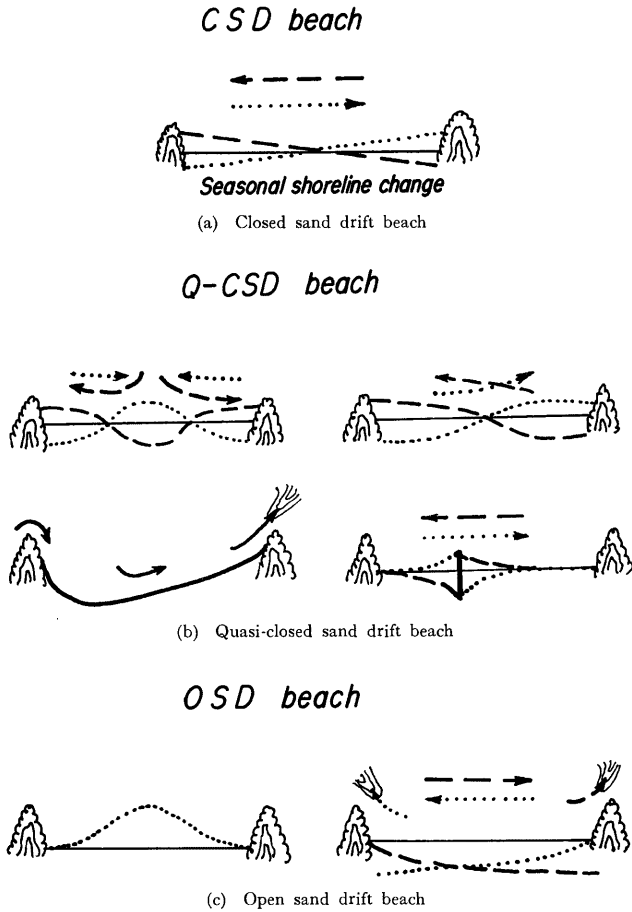


Fig. 22 Schematic diagrams of shoreline configuration and dominant directions of littoral sand drift

これらの海岸は土砂収支の観点から、平衡型海浜、侵食型海浜および堆積型海浜との組合せによって、さらに細分類できることを述べ、それらの海浜に対応した実際海岸を例示した。

#### 参 考 文 献

- 1) Johnson, D. W.: Shore processes and shoreline development, John Wiley and Sons, 1919, 584 pp.
- 2) Inman, D. L. and C. E. Nordstrom: On the tectonic and morphologic classification of coast, *Jou. Geology*, Vol. 79, No. 1, 1971, pp. 1-21.
- 3) Shepard, F. P.: Submarine geology, Harper & Row, 1963, pp. 152-166.
- 4) 岩垣雄一: 海岸侵食論, 1966年水工学に関する夏期研修会講義集Bコース, 1966, pp. 17-1~17.

- 5) 土屋義人：海岸土砂収支と海浜変形, 1973年水工学に関する夏期研修会講義集Bコース, 1973, pp. 1-19.
- 6) Inman, D. L. and J. D. Frautschy: Littoral processes and the development of shorelines, Coastal Eng., Santa Barbara, Specialty Conf., 1965, pp. 511-536.
- 7) Tanner, W. F.: The equilibrium beach, Trans. AGU, Vol. 39, No. 5, 1958, pp. 889-891.
- 8) 橋本 宏：河口部海岸線の変化特性, 土木技術資料, Vol. 17, No. 12, 1975, pp. 33-37.
- 9) Komar, P. D.: Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and long-shore transport, Geo. Soci. Amer. Bull., Vol. 84, 1973, pp. 2217-2226.
- 10) 田中則男：汀線変化の変遷, 1978年水工学に関する夏期研修会講義集Bコース, 1978, pp. B-4-1~21.
- 11) 土屋義人・河田恵昭・芝野照夫・林 省造：白良浜の海浜過程について, 第22回海岸工学講演会論文集, 1976, pp. 343-348.
- 12) 土屋義人・河田恵昭・芝野照夫・山下隆男：白良浜の海浜過程とその保全(1), 京大防災研年報, 第27号B, 1984, pp. 513-555.
- 13) 近藤俊郎・谷野賢二：イタンキ海岸の海浜変形過程, 第25回海岸工学講演会論文集, 1978, pp. 260-263.
- 14) 田中則男・小笹博昭：海浜変形調査資料(第2報)——航空写真による汀線変化の解析——, 港湾技術資料, No. 192, 1974, pp. 94-106.
- 15) 田中則男・小笹博昭・小笠原 昭：海浜変形調査資料(第1報)——航空写真による汀線変化の解析(東日本編)——, 港湾技術資料, No. 163, 1973, pp. 30-39.
- 16) 土屋義人・芝野照夫：直江津港西海岸における海浜過程について, 第21回海岸工学講演会論文集, 1974, pp. 141-145.
- 17) 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, 1973, pp. 483-488.
- 18) 田中則男・小笹博昭・蜂須賀和吉・三好英一：海浜変形調査資料(第3報)——航空写真による汀線変化の解析——, No. 266, 1977, pp. 83-90.
- 19) 堀川清司・砂村継夫・銚川 登：新信濃川とその河口海岸, 土砂の流送・運搬に伴う自然環境変化に関する研究(代表者：石原藤次郎), 1975, pp. 69-70.
- 20) 堀川清司・砂村継夫：千葉県九十九里海岸における漂砂の卓越方向に関する研究, 第18回海岸工学講演会論文集, 1971, pp. 417-421.