

## 砂浜海岸の分類と漂砂系

芝 野 照 夫\*・前 屋 欽 一\*\*

### Classification and Littoral Sediment Cell at Sandy Beach Coast

Teruo Shibano and Kin-ichi Zenya

Generally, coastal landform are classified into rocky coast, sandy beach coast and cliff coast. Sandy beach coast is formed by a sand movement to exist for a coast. A classification of a sandy beach coast were based on a sand movement and coastal sediment revenue expenditure.

We classified sediment transport coast into dynamic equilibrium beach and static equilibrium beach.

Further, re-classification to this coast for closed sand drift beach, quasi-closed sand drift beach and open sand drift beach.

#### 1. 緒 言

わが国各地に見られる砂浜海岸は、近年の海岸域の利用に伴って再生・回復を目指した各種の対策が講じられてきている。かつて、沿岸域の開発と海岸漂砂の供給源としての流入河川流域における開発によって、大河川からの供給土砂が減少するとともに漂砂源の消滅など、各種の要因が砂浜海岸の消失をまねいてきた。

砂浜海岸は固定的なものではなく底質、すなわち、海岸の砂礫が移動すること（漂砂）によって海岸が維持されるといった観点から、これまで Johnson, D.W.<sup>1)</sup> や King, C.A.M.<sup>2)</sup> など地形学者によって分類されてきた海岸地形のうち、とくに砂浜海岸の形成と海岸土砂の移動・収支に注目し、砂浜海岸の地形的分類と漂砂移動について検討するものである。

#### 2. Shepard による漂砂海岸の地形分類

砂浜海岸は小規模なものから大規模なものまで種々存在し、また、海岸背後地の形態もいろいろである。これは砂浜海岸の生成要因や変形過程の相違によるもので、砂浜を形づくる漂砂の動態に依存しているのである。

ここでは海岸の生成に着目した F.P. Shepard<sup>3)</sup> の分類に基づいて、そのなかでも漂砂によって形成された海岸、すなわち、砂浜海岸について考える。砂浜海岸はポケットビーチに代表されるような岩石海岸の中に見られるものや大河川河口部のデルタ地形は1次の海岸に

---

\* 建設工学科土木工学専攻    \*\* 建設工学専攻土木工学系大学院生

対応し、また、沿岸砂州が発達し、砂丘に続く海岸やトンボロ、砂嘴海岸は2次の海岸に属することとなる。

海からの外力によって形成された砂浜海岸は、漂砂の侵食、堆積作用の結果であると同時に、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について岩垣<sup>4)</sup>は、漂砂の非一様性に起因すると指摘し、それをもたらす原因として次の3つを挙げている。

まず、第1は地形上の原因であり、来襲波浪の波高と波向から算定される波浪エネルギーフラックスに沿岸方向分布があり、沿岸漂砂が一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を取りあげている。

このように、漂砂の卓越する海岸の変形は、海岸土砂収支<sup>5)</sup>の均衡が崩れることによって生ずることがわかる。ここでは、漂砂の動態に基づいて砂浜海岸を分類するが、海岸の現状把握から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、海岸土砂収支を考慮した分類を行う。

### 3. 地形の分類と漂砂系

漂砂は海岸の土砂収支に関して、その海岸地形に対応した個々の海岸単位でバランスしているはずである。

Inman<sup>6)</sup>は、いろいろの海岸地形に対応して、独立した海岸土砂の収支が行われているのを“Littoral Sedimentation Cell”と呼んでいる。ここでは『漂砂系』と呼ぶが、アメリカ西岸のCalifornia州 Santa Barbara から San Diego にかけて、図-1のように5つの漂砂系があり、それらの砂浜海岸の西端は、岬状の岩石崖海岸になっている。

それぞれの漂砂系における砂礫(漂砂)の主要な供給源は、その系内に流入する河川からの流送土砂で、沿岸漂砂は砂浜海岸を涵養しながら波と流れによって下手側海岸へと移動しており、移動した漂砂は次の漂砂系海岸へ岬を越えて流入せず、沖合いの洋谷へと流失することを示している。

この漂砂系の海岸土砂収支を考慮して、前出のShepardの海岸

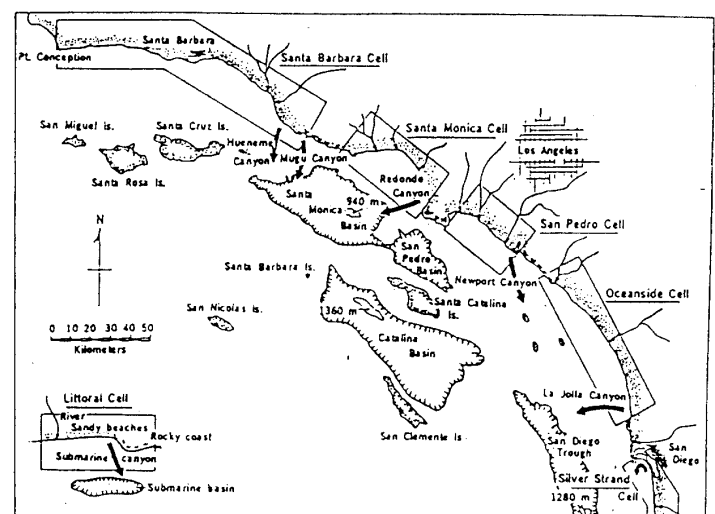


図-1 Inman による漂砂系

## 地形の分類と漂砂系

を結びつけると

図-2 のようになるであろう。

このような漂砂系海岸は、波浪などの外力との関係から平面形状、断面形状ともに安定で平衡な海岸地形に移行するものといえよう。安定な海岸を **Tanner** <sup>7)</sup> は、“**Equilibrium beach**” と定義し、海岸線は曲線状で、波

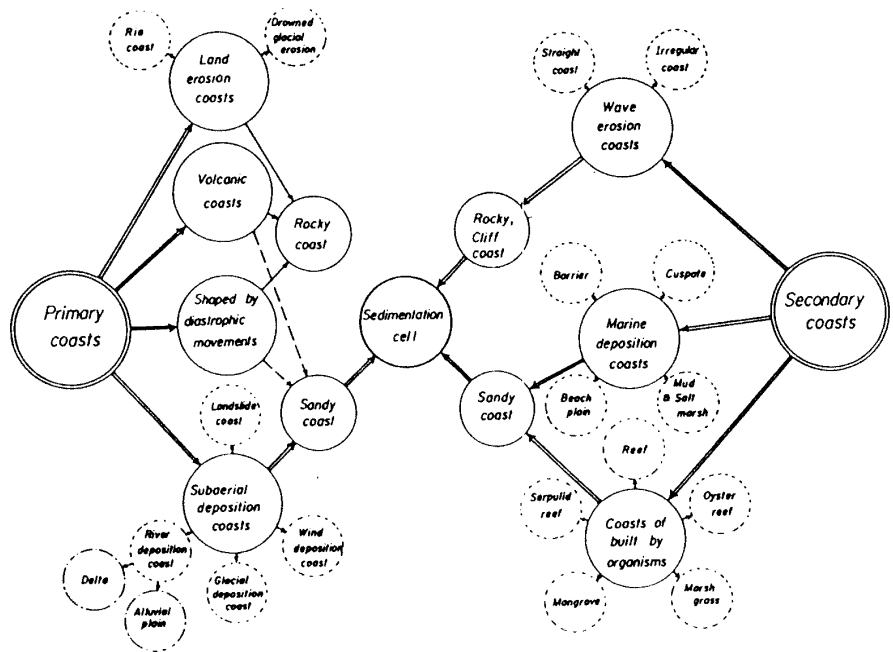


図-2 Shepard による海岸地形の分類と漂砂系

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>は大河川河口部のデルタ地形の侵食について、河川からの流送土砂変化と外力に対応した沿岸漂砂量にバランスした平衡地形に近づくことを示すとともに、Komar<sup>9)</sup>も Tanner の考えに基づいて陸側に湾入したポケットビーチにおいて、波浪の碎波点の波峰線と一致した平衡な汀線形状になることを示している。

この 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あるが、河川からの流送土砂とバランスした河口デルタや漂砂の流入、流失のバランスのとれたポケットビーチでは、沿岸漂砂が一樣で、安定な形状を示し、漂砂の動態から考えて『動的に安定な海岸』といえよう。

これに対して漂砂の流入、流失がないポケットビーチのような海岸は、『静的に安定な海岸』といえる。

これらの海岸の例として、前者の場合は図-3 (a) のニジェール川のデルタ地形、および図-3 (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樣な漂砂が存在し、安定していると思われる海岸である。また、後者はわが国の岩石海岸に数多くみられる小規模なポケットビーチが対応すると考えられる。

このように、平衡で安定な海岸に対して、海浜変形が活発で、侵食性あるいは堆積性海岸となる場合は、“**No-equilibrium beach**”『不安定な海岸』と定義することができる。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・流失のバランスが崩れることが最大の原因で、次の2つの場合が考えられる。まず、第1は漂砂の流入が

あるものの、海域からの流失が多いことによる場合で、第2は漂砂の流入がなく、流失のみがある場合である。

前者では一般に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な侵食となりやすいといえよう。

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は漂砂の流入と流失がある場合で、しかも流失が少ないときには土砂が堆積して、汀線が前進することとなる。第2は漂砂の流入があり、流失がない場合で、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。

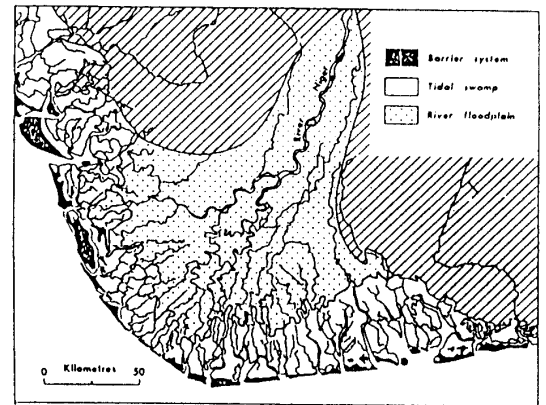
以上のように、沿岸漂砂の存在する海岸を地形的に、しかも海岸土砂収支を考慮して Inman らのいう“Littoral Sedimentation Cell”、として分類すると、図-4 のようであり、それぞれの漂砂系海岸は平衡海岸、侵食性海岸および堆積性海岸とも分類することが可能である。

なお、図中の  $Q_{in}$  は流入漂砂、 $Q_{out}$  は流失漂砂をあらわし、**CSD (Closed Sand Drift) beach** は「閉漂砂海岸」、**Q-CSD (Quasi-Closed Sand Drift) beach** は「擬閉漂砂海岸」、さらに**OSD (Open Sand Drift) beach** は「開漂砂海岸」を表している。

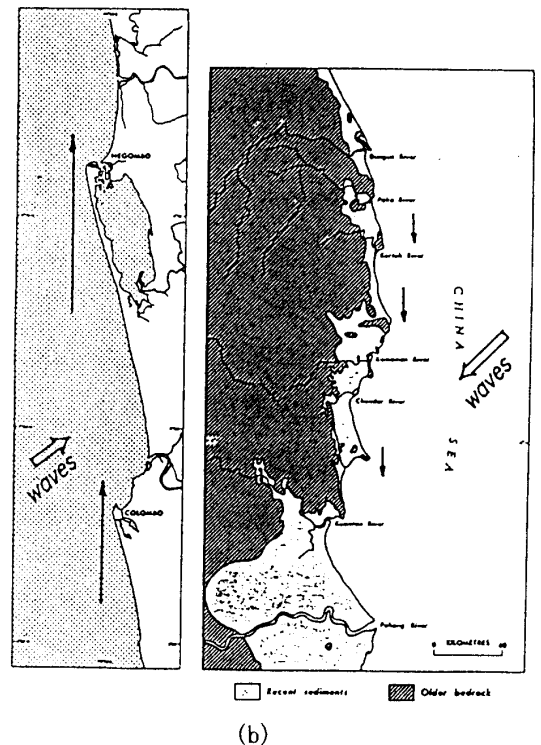
#### 4. 海岸土砂収支による漂砂海岸の分類

3つに分類した漂砂海岸における土砂収支の模式図を示すと図-5 のようであり、図中の記号は次のようである。

ここに  $Q_E$ : 侵食土砂量、 $Q_N$ : 堆積土砂量、 $Q_A$ : 海域からの流失沿岸漂砂量、 $Q_o$ : 沖方向への流失漂砂量、 $Q_B$ : 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る。これに従って分類した漂砂海岸ごとの土砂収支を考えると次のようになる。



(a)



(b)

図-3 動的に安定な海岸

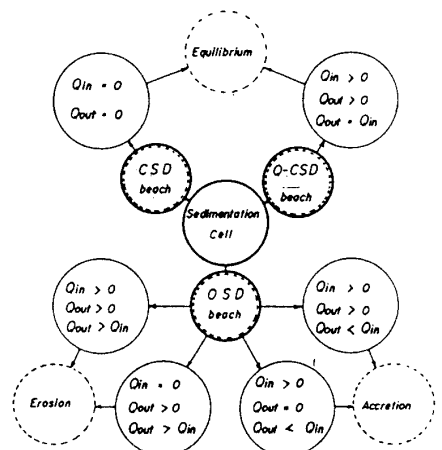


図-4 海岸土砂収支に基づく

漂砂系と海岸の分類

(1)閉漂砂海岸：侵食・堆積ともに生じない海岸であり、 $Q_A$ 、 $Q_0$ 、 $Q_B$  および  $Q_R$  がいずれも 0 の場合である。

このような海岸では海浜変形を生じさせるような要因がなく、安定した海岸といえる。この閉漂砂海岸は各地のポケットビーチが形状を変えることなく安定であることから、その範疇に属するものと考えられる。

例えば、和歌山県白浜町の白良浜は、図-6のように鉛山湾の湾奥に位置する南北延長約 500 m の美しい白砂から成るポケットビーチで、夏には海水浴場として重要な観光資源の 1 つとなっている。この海岸の両端には、権現崎、湯崎の岩礁からなる岬があり、夏期台風時の W S W 方向と冬期季節風時の N W 方向からの高波浪は、いずれも岬によって遮閉され、このように季節的な来襲波浪の波向に応じて汀線変化が生じるだけであり、海域外へ漂砂の流失がなく、湾奥の海域内においてのみ漂砂の収支が成立している安定な海岸である。このような安定な海岸は、茨城県北部海岸や北海道室蘭市のイタンキ海岸など各地のポケットビーチで見られる。

(2)擬閉漂砂海岸：広域的には、海岸土砂収支の均衡がとれているものと考えられるが、局所的な汀線の前進・後退、すなわち、侵食・堆積領域がみられる海岸である。その原因として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。海岸中央部で汀線が後退し、両端部で前進する例として、鹿児島県志布志海岸が

あげられるが、逆に海岸中央部で前進、両端部で後退する海岸として茨城県東海村海岸がある。いずれも流入河川からの流送土砂の変化と来襲波浪のエネルギーフラックスの沿岸方向分布の関係が 1 つの漂砂系海岸における海岸土砂収支に不均衡をもたらしたものだといえよう。

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は各地に数多く存在する。

例えば、直江津海岸では従来より関川の流送土砂によって河口の東西両海岸が涵養されてきた。しかし、直江津港の修築にともなう河口のつけかえと大水深域までの防波堤築造が行なわれ、現在では

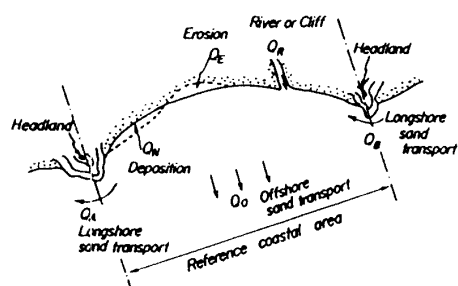


図-5 海岸土砂収支の模式図

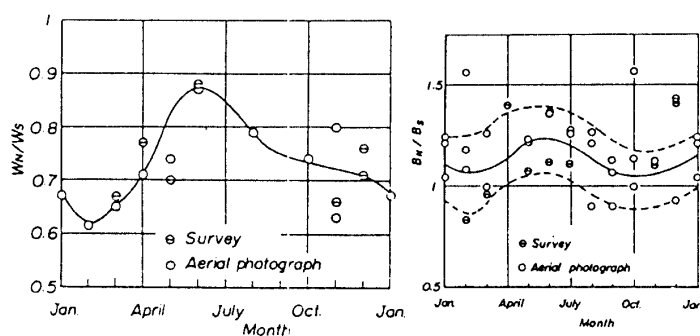
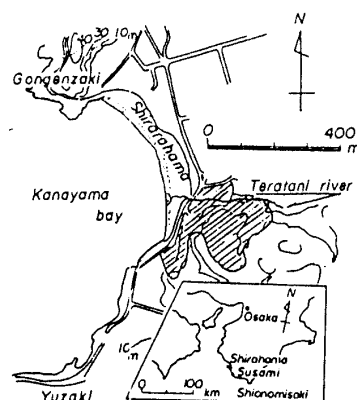


図-6 和歌山県白良浜海岸の汀線変化

東西両海岸は完全に分断されている。このため図-7に示すように、西海岸では関川からの流送土砂の減少と直江津港西防波堤と来襲波浪の波向との関係から、反射波と西向きの沿岸流が発生して、防波堤基部付近の侵食が進み、その侵食土砂が海岸の西端付近に堆積して汀線は 100 m 以上も前進している。また、東海岸では防波堤の延長による漂砂源の消滅と波浪の変化によって、侵食領域が次第に東へ進んできている。

(3)開漂砂海岸：海岸土砂収支のバランスが崩れ、一方的に侵食あるいは堆積性となる海岸の場合で、海域の土砂が流失または海域内に堆積する海岸である。まず、一方的に侵食される海岸の好例は、富山県下新川海岸をあげることができる。この海岸は地形特性による宿命的な侵食海岸といわれるが、長期的にみると扇状地を形成した黒部川の流路の変更による漂砂源の消滅とともに、漂砂の上手側に築造された海岸・港湾構造物によって沿岸漂砂が阻止され、図-8のように上手側では堆積、下手側では侵食が進んでいる。

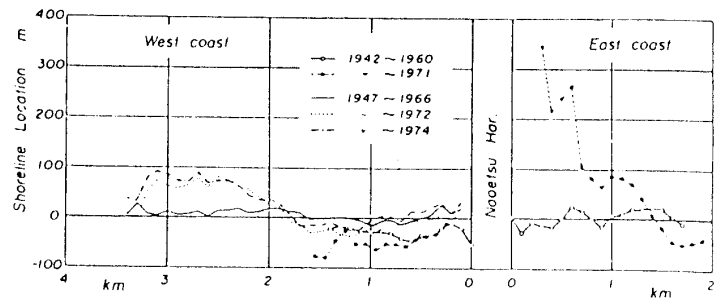


図-7 直江津海岸における汀線変化

この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、これらの構造物によって反射波が発生するようになるとその前面水深が洗掘されて水深が大きくなり、以前にも増して大きな波浪が来襲することとなる。このため逆に構造物の築造が侵食を助長してきたともいえよう。また、海岸線近くまで洋谷が迫っており、図-9のように沿岸漂砂はそれに流れ込み、下手側海岸の涵養にほとんど寄与せず、一方向的に侵食が進行することを示している。これと同様な侵食海岸は福島県北端の松川浦海岸をあげることができる。

一方、侵食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失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定義できる。

このような海岸の例としては、のり海岸新潟県寺泊海岸があげられる。この海岸は信濃川を分水した新信濃川からの流送土砂の堆積によって汀線が次第に前進し、図-10のように河口を中心として1947年以降、約20年間で最大300mも前進し、海岸西側の寺泊漁港と東側の岬に挟まれた1つの漂砂系の海域内に供給土砂が堆積している海岸であるといえよう。

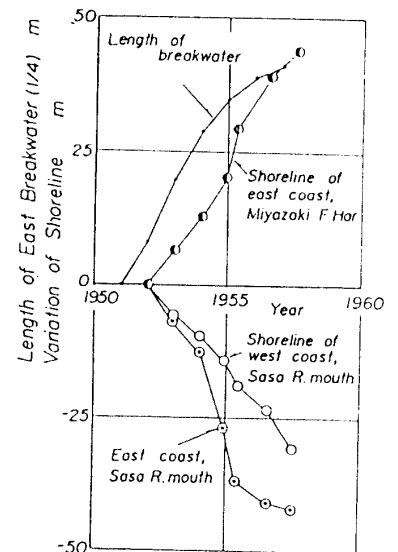


図-8 宮崎漁港防波堤

延長に伴う汀線変化

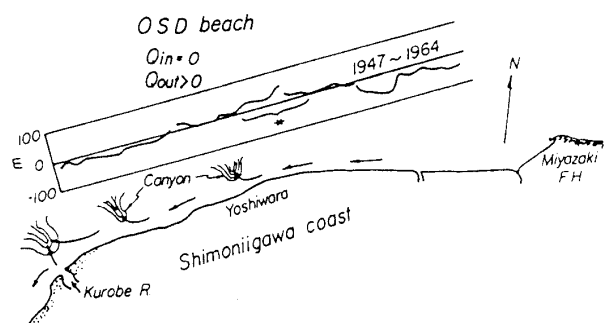


図-9 下新川海岸における汀線変化

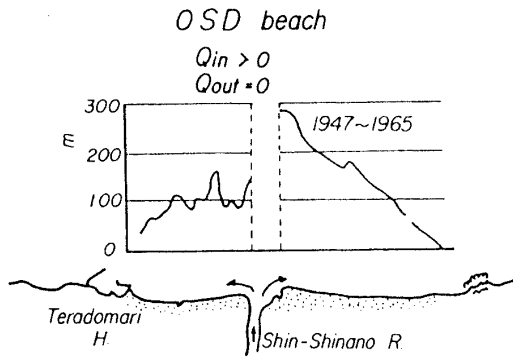


図-10 新潟県寺泊海岸における汀線変化

## 5. 漂砂海岸の海浜変形パターン

砂浜海岸の変形は汀線および海底の変化として表れるが、長期的な観点から海浜の安定と不安定、海浜の侵食・堆積などが来襲外力や海岸環境によって変化するのである。これらのことを総合的に見ると図-11に示すように、安定な海浜・不安定な海浜は外力の作用によって侵食・堆積・平衡な海岸に分類される。

さらに、それらの海岸では汀線が後退する海岸と進する海岸、さらに、汀線がほぼ変化しない海岸に分けられ、それぞれの海岸における漂砂の動態を考慮すると汀線があまり変化のない海岸は「閉漂砂海岸」と「擬閉漂砂海岸」に分類でき、また、汀線が後退・前進の両方が見られる海岸は「開漂砂海岸」と分類できるであろう。

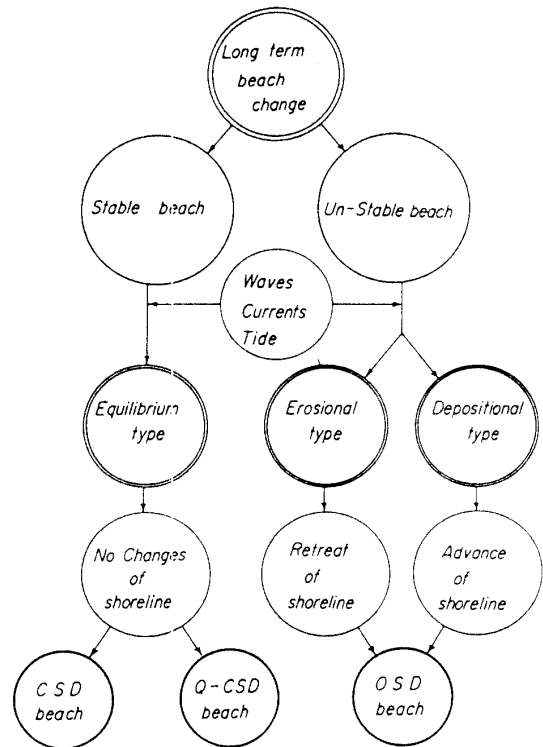


図-11 海岸土砂収支に基づく

漂砂系と海岸の分類

## 6. 結 語

以上のように、海岸地形、とくに海岸土砂の移動と海岸土砂収支を考慮した砂浜海岸の地形分類を行ったが、砂浜海岸はそれぞれの海岸に対応した漂砂系のなかに存在し、その中で侵食・堆積を繰り返してきたものといえよう。この漂砂系が自然的・人為的な作用によって、そのバランスが崩れたときに大規模な砂浜海岸の侵食、逆に堆積をもたらすことがわかる。各種の海岸・港湾構造物などが築造されているわが国では、漂砂の供給源である河川上流域から海岸部までを含めた『流域土砂移動系』としての考えが必要な時期になってきているといえよう。

## 参 考 文 献

- 1) Johnson, D.W.: Shore processes and shoreline development, Hafner Publ., 1965, pp.159-456.
- 2) King, C.A.M.: Beaches and coasts, second edition, Edward Arnold, 1972, pp.403-416.
- 3) Shepard, F.P.: Submarine geology, third edition, Harper 6 Row Publ., 1978, pp.102-122.

- 4) 岩垣雄一：海岸浸食論,1966 年度水工学に関する夏期研修会講義集,  
土木学会水理委員会,1966, pp.B-1 ～ B-17.
- 5) 土屋義人：海岸土砂収支と海浜変形,1973 年度水工学に関する夏期研修会講義集,  
土木学会水理委員会,1978,pp.B-3-1 ～ B-3-19.
- 6) Inman,D.L. and J.D.Frautschy: Littoral processes and the development of shorelines, Coastal Engg.,  
Sata Barbara, Speciality 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.10,1975,pp.22-27.
- 9) Komar,P.D.: Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and longshore  
transport, Geo. Soci. Ameri.Bull.,Vol.84,1973,pp.2217-2226.

(平成10年12月 2 日受理)