

表層堆積物の分布とwave base —静岡県三保半島折戸から駒越海岸沖において—

DISTRIBUTION OF BOTTOM SEDIMENTS AND WAVE BASE
AT ORIDO-KOMAGOE NEARSHORE ZONE
OFF MIHO PENINSULA, SHIZUOKA PREFECTURE

吉河秀郎¹・根元謙次²・木村賢史³

Shuro YOSHIKAWA, Kenji NEMOTO, Kenshi KIMURA

¹学生会員 東海大学 連合大学院理工学研究科 (〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

²非会員 理博 東海大学教授 海洋学部海洋資源学科 (〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

³正会員 工博 東海大学教授 海洋学部水産学科 (〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

Modern submarine environment at Orido-Komagoe nearshore zone off Miho Peninsula, Shizuoka, Japan, is studied on the basis of grain size analysis on sediments from this area. This study clarifies distribution pattern of bottom materials and modern sedimentary environment, and also suggests seaward transport of beach sediments. Continuous deepening of the storm wave base during last twenty years has resulted in significant changes of the bottom material in the area and is thought to be caused by intensive mass transportation of beach and shallow water sediments seaward.

Key Words : coastal erosion, bottom sediment, wave base, sedimentary environment, Miho Peninsula

1. はじめに

海岸浸食は全国的に起きている深刻な環境問題であり、沿岸域では生態系の生産性が非常に高いことから、人為的な影響を強く受け様々な環境問題が生じている。本研究域の静岡県三保半島も、主要な土砂供給源である安倍川からの堆積物供給不足により海岸浸食が深刻化している。浸食問題が注目される沿岸域で、堆積物特性から土砂移動に関する研究が行われている^{1) 2)}。本域では根元ほか³⁾や、依田ほか⁴⁾、坂本ほか⁵⁾などにより表層堆積物の分布・移動形態、また海底の堆積環境やwave base (波浪作用限界水深) について検討された。

表層堆積物の分布や、その粒度組成は、海底地形や海底付近での流れに強く影響を受け、個々の堆積環境に大きく反映する。碎屑物の移動形態や、現在の海底環境についての総合的な議論には、表層堆積物の研究が重要である。

本研究では浸食の激しい海岸、及びその沖の海底における表層堆積物の分布を明確にし、各堆積環境の堆積物の粒度組成の比較を行い、また、海底の極表層部の柱状試料から現在のwave baseを推定し、過去の報告^{3) 4)}と比

較し、海岸浸食による底質の変化、wave baseの変化について検討した。

2. 調査域概要

調査域は静岡県静岡市三保半島の海岸と、その沖の浅海域であり、研究域を平面直角座標第8系 (JGD2000) で示した (図-1)。本域の海底地形は、羽衣海底谷、羽衣海脚、駒越沖大陸棚 (羽衣海脚以南の陸棚域)、北駒越海底谷、南駒越海底谷³⁾ からなる (図-1)。

本域は駿河湾奥であり、南方の湾口から侵入する外洋波浪が湾の奥まで波高変化せずに直進するため、外洋に面した海岸と同じ波浪条件となり⁷⁾、波浪卓越型の海岸である。調査域北部の羽衣海脚上の流速計 (図-1) の観測資料⁸⁾ から、海底面近くでは、夏季には120cm/secを超える南南東～南南西方向の流速が観測されている。これは、羽衣海脚上 (図-1) のSand Ribbon⁹⁾ を構成するSubaqueous Dune¹⁰⁾ から予測できる海底面付近での流向・流速とよく対応し、流れの高領域を示す¹¹⁾。調査域南部の駒越沖大陸棚では、離岸堤型ヘッドランド前面にCoastal Swell¹¹⁾ が水深約4～7mに分布し、それを起源にSand Ridge⁹⁾ が沖合いに発達し、その形態は沖方向の

砕屑物の移動を示す(図-2)。東海大学沖の東に分布するいくつかのSand Ridgeは、北駒越海底谷の水深約35mまで連続する¹¹⁾。調査域に分布するSubaqueous Duneの規模から、駒越沖大陸棚は羽衣海脚に比較すると流れの低領域である¹¹⁾。

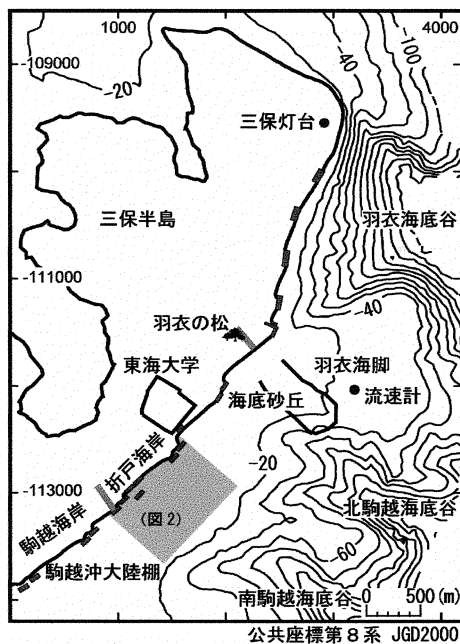


図-1 調査域(海岸の名称は佐藤⁶⁾による)

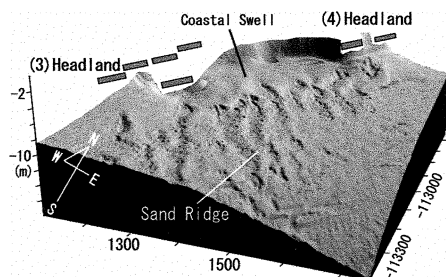


図-2 砕屑物の沖方向の移動(吉河ほか¹¹⁾)

3. 研究手法

底質調査をスミスマッキンタイヤー型グラブ式採泥器により、2004年10月24日、11月27日に実施した。採泥点数は合計62点であり(図-3)、地点測位はD-GPSを用いた。また、採泥とほぼ同時期の04年10月7日、17日に調査域の前浜と後浜で(図-3)、表面から深さ10cm程度までの表層堆積物を合計37点採取した。試料はそれぞれ2mm (-1ϕ)と1/16mm (4ϕ)メッシュでふるい分けをし、含礫率、含砂率、含泥率を求めた。砂質堆積物の粒度分析は、エメリー管法¹²⁾を用いた。粒度階区分はWentworth¹³⁾、試料の分類方法はFolk¹⁴⁾、粒度指標値の計算方法、及び評価はFolk and Ward¹⁵⁾に従った。また、極表層での堆積構造(砂泥互層)を検討するために、アクリル板の柱状容器¹⁶⁾を作成した。船上で採泥器の上蓋を開き、柱状容器を垂直に堆積物に挿入し、堆積構

造を乱さないよう配慮し抜き取った。その後、乾燥を防ぐため柱状容器を密封し、軟X線写真撮影を行った。

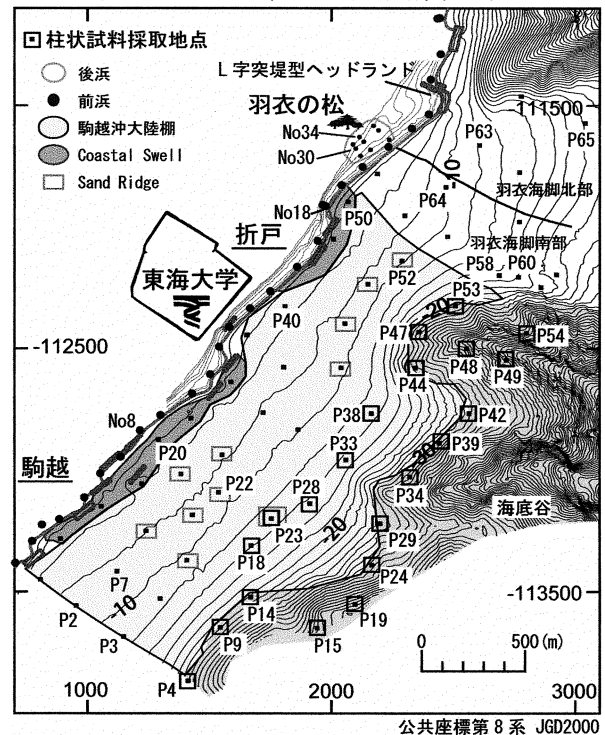


図-3 採泥地点図

4. 結果

(1) 底質分布

2004年調査結果による底質図と2m間隔の等深線を合わせて示す(図-4)。後浜は礫質砂・砂、前浜では礫・砂質礫が分布する。調査域南部の駒越沖大陸棚上は、汀線から水深20m付近まで礫質砂・砂が分布し、水深約20~40mは泥質砂であり沖方向に細粒化する。海底谷(北駒越海底谷・南駒越海底谷)谷斜面から谷軸付近の水深40~60mでは砂質泥が主に分布する。また、北駒越海底谷の谷頭の試料下部に細礫がみられる地点が一部あるが、細礫は除き分類を行った。調査域北部の羽衣海脚では、海脚南部は砂に覆われるが、北部では礫・礫質砂であり、この礫は残存性堆積物³⁾ 4)を含む。全体的に底質分布からは、北東方向への漂砂¹⁷⁾にともなう堆積物の細粒化は判読できない。

(2) 砂質堆積物の粒度組成

粒度指標から堆積物特性を知るには、堆積環境内の試料ごとに検討することが重要である¹⁸⁾。ここでは地形的な特徴を考慮し、後浜・前浜・駒越沖大陸棚(Coastal Swell・Sand Ridgeを除いた地域)・Coastal Swell・Sand Ridge・羽衣海脚南部と北部・海底谷(北駒越海底谷・南駒越海底谷)に分け(図-3)、砕屑物の運搬作用を反映する砂質堆積物の中央粒径値(median)と淘汰度(sorting)について検討した(図-5)。

中央粒径値(図-5)は後浜が $1\sim 1.5\phi$ (中粒砂)に分布し、前浜は $0.2\sim 2\phi$ (極粗粒砂~中粒砂)と幅広い

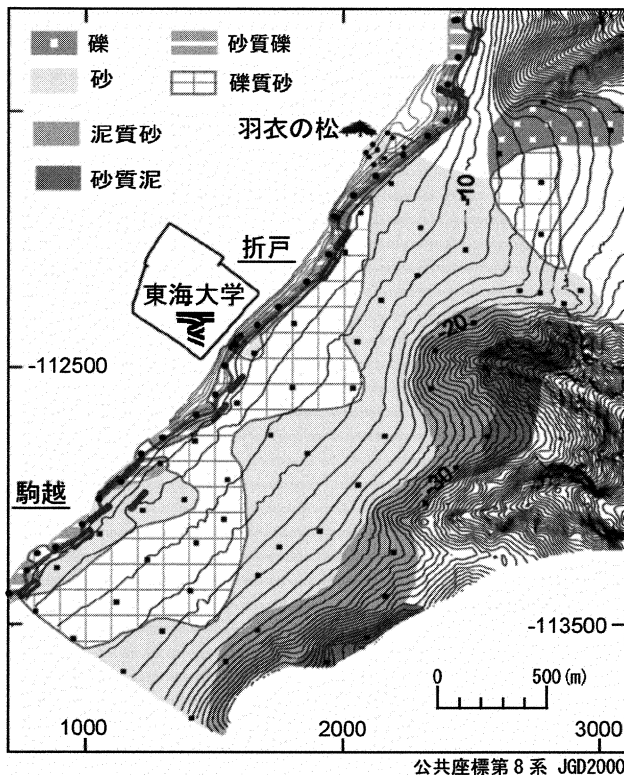


図-4 底質図

分布を示す。駒越沖大陸棚 (Coastal Swell・Sand Ridgeを除いた地域) は集中した分布からはずれたP40を除けば中央粒径値2.1~3.6 ϕ (細粒砂~極細粒砂) となる (図-5)。一方, Coastal Swellの分布域は1.3~2.7 ϕ (中粒砂~細粒砂), Sand Ridgeでは1.9~3.2 ϕ (中粒砂~極細粒砂) である。海底谷は調査域で最も粒径が細かく2.4~3.6 ϕ (細粒砂~極細粒砂) となる。羽衣海脚南部は1.9~2.9 ϕ (中粒砂~細粒砂) であるが、北部は0~1.1 ϕ (粗粒砂~中粒砂) と粗い。

淘汰度の分布 (図-5) は後浜では0.6~1 (やや良い~普通) に分布し、前浜は0.6~1.1 (やや良い~悪い) である。駒越沖大陸棚 (Coastal Swell・Sand Ridgeを除い

た地域) はP40を除けば淘汰度が0.3~0.6 (非常に良い~やや良い), Coastal Swellでは0.4~0.9 (良い~普通), Sand Ridgeの分布域は0.4~1 (良い~普通) となる。海底谷はP.47を除き淘汰度0.3~0.6 (非常に良い~やや良い) であり、分布からはずれて他の地点より淘汰度の悪いP.47はSand Ridgeの分布域¹¹⁾と一致する。羽衣海脚南部では淘汰度0.2~0.5 (非常に良い~良い) と良いが、北部では淘汰度は0.7~1.1 (普通~悪い) と悪く、前浜と同様な分布を示す。

それぞれの累積頻度曲線 (図-6) によると、後浜は1~3 ϕ まではほぼ一定の傾きである。一方、前浜では0~2, 3 ϕ の傾きは小さいが、-1~0 ϕ と2, 3~4 ϕ の傾きは大きい。累積頻度曲線は傾きが大きいほど淘汰度が良いので¹⁹⁾、前浜では0~2, 3 ϕ の淘汰度が悪く、-1~0 ϕ と2, 3~4 ϕ の淘汰度が良い。駒越沖大陸棚での累積頻度曲線の傾きは様ではないが、前浜で淘汰度の悪い1~3 ϕ の淘汰度が良くなり粒径分布が細粒側に偏る (図-6)。また、駒越沖大陸棚上では汀線付近から沖方向へ粒径分布が細粒側に偏り淘汰度が良くなる。Coastal Swell・Sand Ridgeの累積頻度曲線は、駒越沖大陸棚と同様な前浜との違いがみられるが、Coastal SwellからSand Ridgeの沖方向への変化はほとんどない (図-6)。海底谷の累積頻度曲線はほぼ一定の傾斜を示す。羽衣海脚南部では海底砂丘に近づくに従い1~3 ϕ の淘汰度が良くなり、累積頻度曲線の傾きが直線的になる (図-6)。また、海脚北部は前浜の累積頻度曲線とほぼ同様である。全体的に海脚北部を除いた地域では、砂質堆積物は海岸から沖方向へ細粒化するが、漂砂¹⁷⁾を示す北東方向への細粒化、及び淘汰度の変化はみられない。また、累積頻度曲線の変化から (図-6)、現在陸棚上を移動する主な砂質堆積物 (漂砂) は0~3 ϕ といえる。

中央粒径値と淘汰度の相関をみると、各堆積環境で固有の分布を示す (図-5)。後浜及び前浜堆積物は羽衣海脚北部の礫質海底を除き、海底堆積物と明瞭に区別でき、粗粒で淘汰度が悪い。つまり、砂質堆積物が海岸から沖合いへ移動する際の篩い分けがみられる。羽衣海脚北部

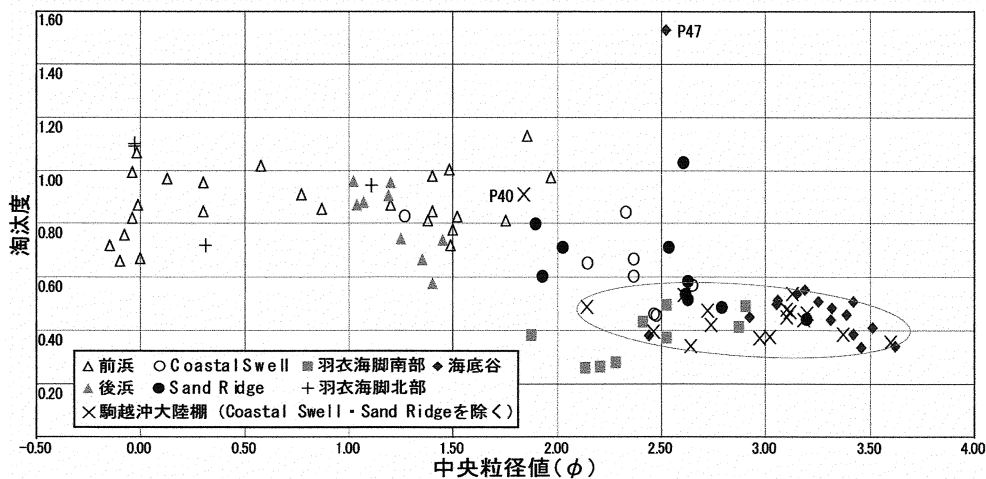


図-5 砂質堆積物の中央粒径値と淘汰度の相関図

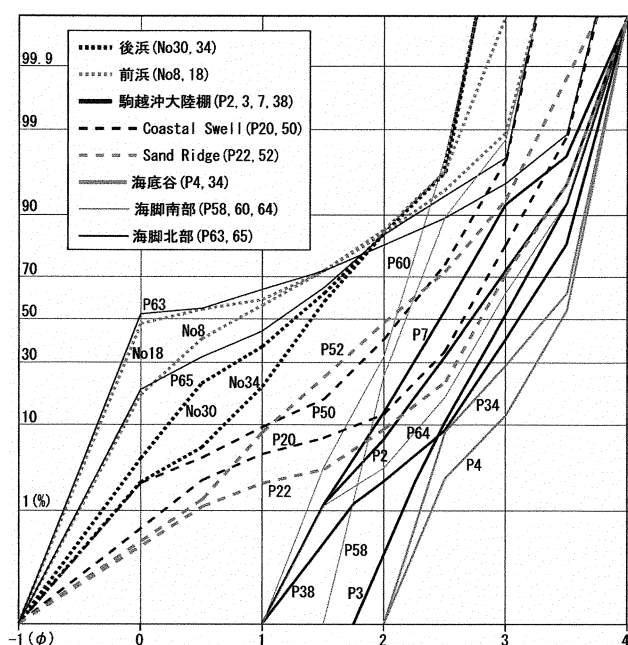


図-6 各堆積環境の累積頻度曲線
(採泥地点は図-3を参照)

は水深12~22mにも関わらず前浜堆積物の分布域中にあり、前浜と同様に細粒堆積物の洗い出しが活発な場所であり、流れの高領域¹¹⁾といえ、残存性堆積物^{3) 4)}の海底の露出の原因となる。Coastal Swell・Sand Ridgeは近い分布を示し、海底堆積物中では粗粒で淘汰度が悪い。海底谷は駒越沖大陸棚の細粒側に分布し、両者間で淘汰度は同様である。これは泥質堆積物が浮遊により移動するためといえる。羽衣海脚南部は調査域で最も淘汰度が良く、海岸浸食に起因した漂砂による海脚南縁の海底砂丘の形成²⁰⁾が支持できる。

(3) 柱状試料

駒越から折戸海岸沖の合計21点の柱状試料から海底の表層堆積構造について検討した(図-7)。柱状試料の採取位置を図-3に示す。

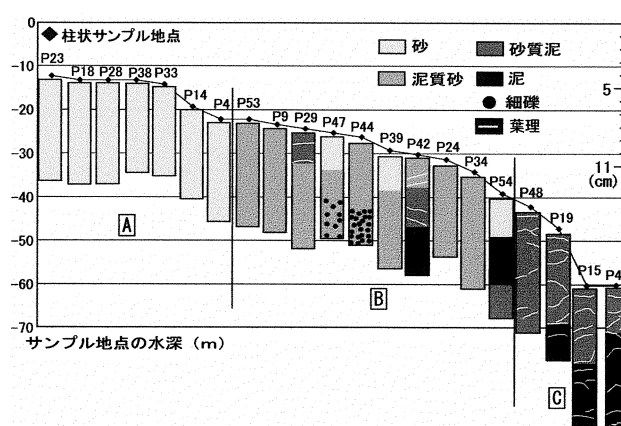


図-7 表層堆積構造 (採泥地点は図-3を参照)

試料の長さは7~11cmであり、縦軸の左は柱状試料を採取した地点の水深、右は試料の長さのスケールを示す(図-7)。海底の底質は、A：水深22m以浅の一部礫質堆積物を含む砂層、B：水深約25~40mまでの泥質砂層及び砂泥互層、C：水深40m以深の泥層に区分できる(図-7)。柱状試料のない水深13m以浅は、含泥率5%以下の砂礫質堆積物であるためAに区分する。AはSand Ridgeの分布¹¹⁾から、砂礫質堆積物の移動が活発な地域である。BのP29(写真-1)、P39、P47は砂泥互層であり、静穏時に堆積した泥層^{1) 9)}と、暴浪時の砂質堆積物の形成をはさむ内側陸棚の堆積環境である⁵⁾。また、P47(写真-2)やP44は下部に細礫が混在する。両地点ともSand Ridgeの分布域¹¹⁾と一致する事から、海浜堆積物の沖方向への移動の結果である。P42の下部は泥層であり(図-7)、生物擾乱が観察され、酸化的な環境²¹⁾を示す。北駒越海底谷北側斜面に位置するP54の泥層上部に砂層がのる(写真-3)。これはP54の位置の北にある海底砂丘上(図-1)のSubaqueous Duneの分布・形態¹¹⁾から、羽衣海脚からの砂質堆積物といえる。Cは葉理の見られる粘性の高い黒〜灰色の泥層がみられ(写真-4)、泥層中に生物擾乱が見られず葉理が保存されている事から還元的な環境²¹⁾を反映する。

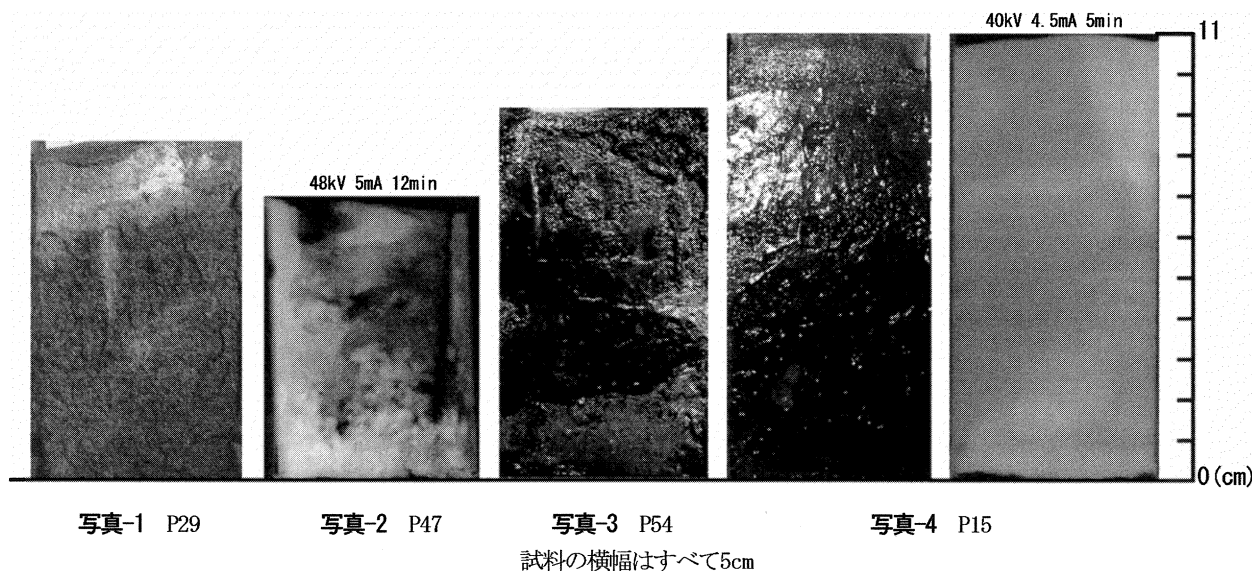


写真-1 P29

写真-2 P47

写真-3 P54

写真-4 P15

試料の横幅はすべて5cm

(4) 底質変化

根元ほか³⁾の底質図(図-8)は1984, 85年の採泥結果による。それによると海岸線に沿い汀線から水深約7mまで礫が分布し、駒越沖大陸棚では水深7~18mにかけ泥質砂から砂質泥が分布する。表層堆積物は陸棚から海底谷方向へ細粒化し、北駒越海底谷・南駒越海底谷では泥・砂質泥が主な分布となり、谷斜面において一部で泥質礫・礫質泥などの粗粒堆積物が分布する(図-8)。羽衣海脚は一般に泥質砂によって覆われるが、水深10~20mに残存性礫質堆積物と判断された³⁾砂質礫・礫が等深線に沿った帯状の分布を示す(図-8)。底質図の北部に位置する羽衣海底谷では、谷頭から谷斜面で礫質砂・砂質泥、谷軸で泥が分布する(図-8)。

04年(図-4)と84~85年(図-8)を比較すると、全体的に、泥質砂へ泥の細粒堆積物の分布水深が深くなる。84~85年では、砂質泥は駒越沖大陸棚の水深18m以浅に分布するが、04年には谷斜面の水深30m以深のみでみられ、浅海域での泥質堆積物の分布が深化する。一方、汀線付近の礫の分布水深は04年(図-4)にかけ浅くなる。また、羽衣海脚北部の残存性礫質堆積物の分布はほとんど変化しないが(図-4・8)、海脚南縁では04年には砂が分布し(図-4)、残存性礫質堆積物を被覆する新期砂質堆積物²²⁾が海底砂丘を形成していることがわかる。つまり、海底砂丘の発達は85年以降と考えられる。

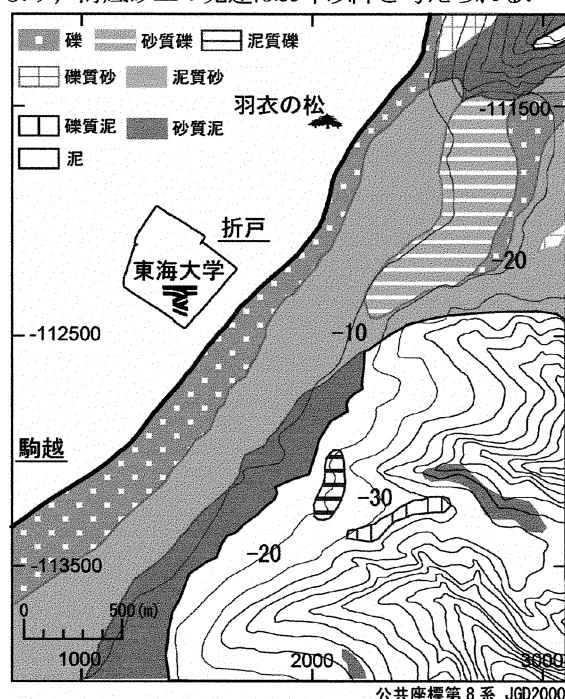


図-8 根元ほか³⁾の底質図を改変

5. 議論

調査域の海底(水深4~60m)では、南からの波浪により北東方向に移動する漂砂¹⁷⁾を支持するような底質の粒径・淘汰度の変化はみられない。一般的に考えられる調査域以南からの漂砂は、底質採取を行っていない汀線から水深約4m以浅の急崖部、及び海岸を主な移動範囲とするか¹¹⁾、移動が軽微であるため底質にほとんど

反映されない、また、その両者の組合せが考えられる。ただし、本調査域の漂砂量は年間135000m³とされ²³⁾、軽微とは考えられない。

表層堆積物は調査域南部(駒越沖大陸棚)ではCoastal Swell・Sand Ridgeの分布域を除き、沖方向に細粒化し、砂質堆積物の篩い分け作用は陸棚上で収束する。この事は、Sand Ridgeの分布域以外の本域の海底においても、海岸からの堆積物の移動が沖方向を主体とする事を示す。一方、羽衣海脚では北部と南部で堆積環境は異なり、海脚南部は砂質海底、北部は残存性堆積物を含む礫質海底である。これは、前に述べた羽衣海脚における流れの高領域と、砂質堆積物の移動形態を反映するものである。羽衣の松からL字突堤型ヘッドランド前面の砂質堆積物は南東~南南東方向に移動し、海底砂丘の構成要素となるため¹¹⁾、海脚南部に砂質堆積物は集中する。沖方向に移動する主な砂質堆積物(漂砂)は累積頻度曲線から0~3φ(粗粒砂~細粒砂)が主体である。

表層堆積物の分布は、海底付近での流れと波浪による振動流により支配される。海底の柱状試料の表層堆積構造により、駒越から折戸海岸沖の現在のwave base(波浪作用限界水深)を推定した。wave baseは幾つかの定義があり²⁴⁾、本域では依田ほか⁴⁾と同様に、wave baseを波浪による堆積物の移動限界水深とした。A, B, C(図-7)の堆積環境の違いは明瞭であり、A/B境界(水深20m付近)が静穏時のwave baseに、B/C境界(水深40m付近)が暴浪時のwave baseにあたる。つまり、水深約20m以浅の海底(A)が外浜、水深約25~40m(B)が内側陸棚、水深約40m以深(C)が外側陸棚の環境と区分できる。依田ほか⁴⁾による羽衣海脚上のwave baseは、静穏時で水深10~15m、暴浪時で水深40~50mとされ、ほぼ同様な値を示す。静穏時において本研究では多少深い、これは海脚上以外では静穏時(通常時)に断続的にくる南からの波浪が海底谷の存在により、減衰せず北上する⁷⁾ためと考えられ、局地的な値の違いといえる。

根元ほか³⁾は三保半島沖大陸棚上の地形平坦面をI~IVに区分し、その分布的特徴から、第I地形面(水深5~20m)を当時、本域が海岸浸食の被害にあう前のwave baseによる地形面とした。このwave baseとされた地域は、駒越沖大陸棚では礫、泥質砂、砂質泥の分布域である。つまり、第I地形面の表すものは、静穏時と暴浪時を合わせた地形面であり、85年当時の底質分布から暴浪時のwave baseは、駒越沖大陸棚では水深約20m付近と考えられる。つまり、約20年間で暴浪時のwave baseが沖側へ移動し、波浪の影響を受ける場所が拡大した。泥質堆積物の減少は暴浪時のwave baseの深化の結果であり、その結果、堆積物は粗粒化した。しかし、汀線~水深7mまでの礫は砂礫質堆積物に、駒越沖大陸棚の泥質砂、砂質泥は砂質堆積物に変化し、海脚南部の海底砂丘は85年以降に形成された。この底質変化は、約20年間における海底の堆積環境(流れ環境・碎屑物の移動量や形態)の変化を示し、前に述べた沖方向の碎屑物移動の活発化によると考えられる。

6. まとめ

現在の海底環境を把握するには表層堆積物の研究が重要である。海岸浸食の激しい海岸、及びその沖の海底で底質調査を実施し、その結果以下の事が明らかとなった。

① 海岸では礫質堆積物が多く分布し、調査域南部の駒越沖大陸棚上は礫質砂・砂・泥質砂が分布し、海底谷斜面～谷軸では泥質堆積物が多く含まれ、底質は沖方向に細粒化する。一方、羽衣海脚では沖方向に細粒化しない。海脚南部は砂質海底であるが、北部では新期砂質堆積物は堆積せず、残存性礫質堆積物が分布する。

② 砂質堆積物の粒度組成は各堆積環境で固有の分布を示す。特に海岸堆積物と海底堆積物の違いは明瞭であり、後者の方が細粒で淘汰度が良い。Coastal Swell・Sand Ridge, 羽衣海脚を除いた陸棚上の砂質堆積物は沖方向へ細粒化し、淘汰度が良くなり、篩い分け作用は陸棚上で収束する。現在、陸棚上の漂砂の主体は 0～3φ であり、それぞれの堆積環境における砂質堆積物の粒度組成の違いは、流れ領域と碎屑物の移動形態を反映する。また、今回の底質調査（海岸・水深 4～60m）結果からは、南からの波浪による漂砂を支持する粒径分布の変化はみられなかった。

③ 海底極表層部の柱状試料の堆積構造から、現在の三保半島駒越から折戸海岸沖の wave base を静穏時で水深 20m 付近、暴浪時で水深 40m 付近とした。水深約 20m 以浅が外浜、水深約 25～40m が内側陸棚、水深約 40m 以深が外側陸棚の堆積環境となる。

④ 暴浪時の wave base が約 20 年間で沖側へ移動した。泥質堆積物の減少は暴浪時の wave base の深化の結果であり、その結果表層堆積物は粗粒化した。しかし、汀線～水深 7m までの礫は砂礫質堆積物に、駒越沖大陸棚の泥質砂、砂質泥は砂質堆積物に変化し、海脚南部の海底砂丘は 85 年以降に残存性礫質堆積物を覆うように形成された。この底質変化は、約 20 年間における海底の堆積環境（流れ環境・碎屑物の移動量や形態）の変化を示し、沖方向の碎屑物移動の活発化によると考えられる。

謝辞：東海大学海洋学部資源学科の佐藤武教授には底質分析での助言を頂いた。東海大学船舶管理課の方々には調査の際に協力を受けた。静岡県土木事務所清水支所の方々には養浜資料等を、静岡県土木部河川海岸整備室の方々には、海象計の観測資料を提供して頂いた。以上の方々とともに、調査やデータ整理に協力して頂いた東海大学大学院生、学部学生に深謝する。

参考文献

- 1) 山本幸次, 鳥居謙一, 笠井雅広, 佐藤慎司: 柱状コア採取と音波探査に基づく鹿島灘沿岸の堆積物特性の把握, 海岸工学論文集 47, 土木学会, p. 651-655, 2000.
- 2) 佐藤慎司: 海岸堆積物の分析に基づく流砂系における土砂移動実態の推定, 水工学に関する夏期研修会講義集 Vol. 307, No. B, p. B-3-1-B-3-22, 2001.

- 3) 根元謙次, 佐藤武, 伊津信之介, 小川浩史, 廣瀬重之: 駿河湾・三保半島沖の海底地形および底質について, 東海大学紀要海洋学部, 24, p. 83-97, 1987.
- 4) 依田美行, 石井良, 大田光晴, 福岡一步, 根元謙次: 駿河湾西岸三保の松原沖の底質分布について, 東海大学紀要海洋学部 43, p. 157-170, 1997.
- 5) 坂本雄一, 滝野義幸, 中西のぶ江, 根元謙次: 三保半島北方浅海域の表層堆積物の分布, 東海大学紀要海洋学部 49, p. 89-101, 2000.
- 6) 佐藤武: 三保の海岸侵食, 海のはくぶつかん, 27, 6, p. 4-6, 1997.
- 7) 齋藤晃, 小菅晋: 駿河湾の波と漂砂, 沿岸海洋シンポジウム「急傾斜海岸の海洋環境と開発」, 沿岸海洋研究ノート 26, 1, p. 1-10, 1988.
- 8) 静岡県静岡土木事務所: 清水西海岸高潮対策波浪観測業務委託その2, 2001.
- 9) 堆積学研究会: 堆積学辞典, 朝倉書店, 470pp, 1998.
- 10) Ashley, G.M.: Classification of large-scale subaqueous bedforms, *J. Sed. Petrol.*, 60, 1, January, p. 160-172, SEP, 1990.
- 11) 吉河秀郎, 根元謙次, 横山心一郎, 鬼頭毅, 木村賢史: 三保半島海浜から内側陸棚における碎屑物の移動と堆積, 海洋調査技術 18 (1), p. 3-15, 2006.
- 12) Emery, K.O.: Rapid method of mechanical analysis of sands, *J. Sed. Petro.*, 8, p. 105-111, 1938.
- 13) Wentworth, C.K.: A scale of grade and class terms for clastic sediments, *J. Geo.*, 30, p. 377-392, 1922.
- 14) Folk, R.L.: The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature, *J. Geo.*, 62, p. 344-359, 1954.
- 15) Folk, R.L. and Ward, W.C.: A study in the significance of grain size parameters, *J. Sed. Petrol.*, 27, 1, p. 3-26, 1957.
- 16) 有田正史: 堆積物の軟X線写真撮影法—その2—, 地質ニュース, 350, p. 46-56, 1983.
- 17) 星野通平: 駿河湾のなぞ, 静岡新聞社, 静岡, 253pp, 1976.
- 18) 齋藤文紀, 西村昭: 現世海成細粒堆積物の粒度組成の特徴—東北日本太平洋側の例, 堆積学研究会会報, 28, p. 41-51, 1988.
- 19) 公文富士夫, 立石雅昭: 新版 碎屑物の研究法, 地学団体研究会, 399pp, 1998.
- 20) 石井良, 滝野義幸, 依田美行, 根元謙次: 駿河湾西岸三保松原沖の海底堆積物—特にTransverse Barについて—, 日本地質学会第103年学術大会要旨, p. 257, 1996.
- 21) 高橋正征, 古谷研, 石丸隆: 生物海洋学4ベントス, 東海大学出版会, 131pp, 1996.
- 22) 依田美行, 黒石修, 根元謙次: 堆積シーケンスからみた三保半島及び半島沖大陸棚の形成, 海洋調査技術 12 (2) p. 31-47, 2000.
- 23) 宇多高明, 鈴木忠彦, 山本幸次, 板橋直樹: 三保松原の危機的海岸侵食状況, 海岸工学論文集 40, 土木学会, p. 441-445, 1993.
- 24) 齋藤文紀: 沿岸域の地形や堆積物と波浪作用限界水深の関係, 月刊 地球, Vol. No. 7 p. 458-466, 1988.