

三保海岸における海岸浸食の実態と底生生物 に及ぼす影響の把握

CHARACTERISTICS OF BEACH EROSION AND EFFECT OF THE BEACH EROSION ON THE HABITAT OF MACROBENTHOS IN MIHO BEACH

木村賢史¹・根元謙次²・長濱祐美³・吉河秀郎⁴・西村 修⁵

Kenshi KIMURA, Kenji NEMOTO, Yumi NAGAHAMA, Shuro YOSHIKAWA
and Osamu NISHIMURA

- | | | | |
|-------|----|--------|--|
| 1 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) |
| 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 非会員 | | 東北大学 | 大学院工学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06) |
| 4 非会員 | | 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) |
| 5 正会員 | 工博 | 東北大学教授 | 大学院工学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06) |

Multi-fan beam data shows detailed bathymetric features off the Miho Peninsula, shizuoka Japan. Comparisons between recently acquired bathymetric data sets and past data collections show systematic differences in sedimentary regime of this area. Northern part of the area is characterized by the deposition on the sea floor and progradation and the southern part by the retrogradation and erosion. Several gravitational sediment flows composed of the deposition swell and down slope sand ridges are clearly delineated by the 3D image from multi-fan beam data along the southern coast where intensive coastal erosion has been taking place since 1983. Benthos fauna is examined on the basis of dredge samples from this area. This study indicates that benthos fauna appears to be related with the sedimentary regime. Drastic decrease in biomass of Macrobenthos from 360.5g in 1971 to 168.0g in 2004 is observed and suggests erosional effect on benthic biological community last 33 years.

Key Word: Coastal Erosion, Macrobenthos, Biomass, Miho Coast, Sediment Flow, Multi-fan Beam, 3D Bathymetric image

1. はじめに

静岡県静岡市にある三保半島は日本を代表する複合砂嘴である。半島は3つの枝分かれした砂嘴よりなり、上部の砂層と下部の砂礫層から構成され、これら堆積物の供給源は、南西にある安部川と有度丘陵とされる¹⁾。半島の起源は第四紀最終氷期以降の全体的な海水準上昇にあり、上部砂層は約7500年前の停滞期、引き続く急激な上昇により形成された²⁾。高度成長期での河床礫の採取、砂防ダムの建設による供給減少の結果、1975年から安部川河口での浸食が開始し、1983年には清水海岸に達した³⁾。海岸浸食に関して、三保松原を中心として航空写真や海底地形断面からの浸食域の移動速度、移動限界水深の検討⁴⁾や周辺海底地形の砂嘴形態への影響⁵⁾などの研究がある。海岸浸食は、人的利用価値の低減とともに、漁業や生態系への影響、あるいは沿岸域の有する水環境浄化機能や防災機能にも大きな影響を与えていることが推測されるが、その影響の解明は不十分な面が多い。

本研究では、海岸浸食が顕著な三保海岸において、海岸浸食の実態と海岸浸食が底生動物へ与える影響を検討した。また、本海域を対象に、海岸浸食が底生動物の生息にどのような影響を与えてきたのかを、現状と過去のデータより比較検討した。

2. 調査内容

(1) 調査場所

a) 海岸浸食調査

半島沖大陸棚(図-1)幅は最大でも約2.5kmと狭く、先端の三保灯台から羽衣の松の沖までの海域には、巨大な羽衣海底谷が分布する。谷の南北両縁は谷中谷地形となる。北の三保灯台沖に谷頭を持つ北支谷、南の羽衣の松沖に谷頭を持つ南支谷である。海岸線沿いを北上する礫質堆積物の北支谷への崩落、砂質堆積物の南支谷への崩落が指摘された⁶⁾。羽衣海底谷の南には羽衣海脚が分布し、大陸棚は東へと伸びる。海脚南縁には羽衣の松の

沖からの海底砂丘がある⁷⁾。さらに南の駒越沖大陸棚は幅約1kmとなり、斜面には北駒越海底谷の谷頭が分布する。

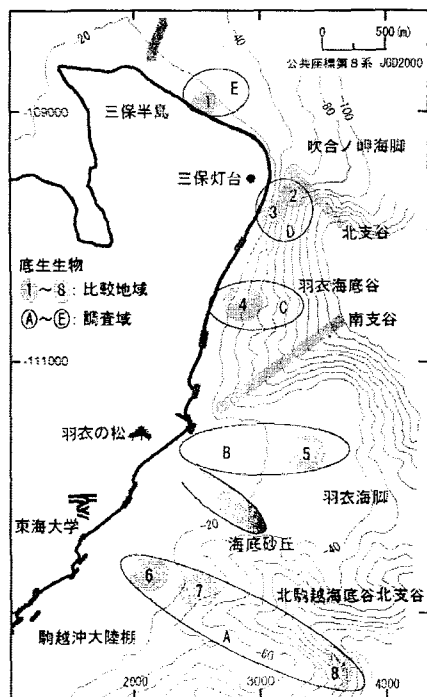


図-1 調査域概略図

b) 底生動物調査

半島外海側沿岸域を調査域とし、海底地形や侵食状況からA～Eの5つの調査域を設け、その上に水深ごとに調査エリアを設けた(図1)。エリアAは侵食の激しい海岸付近から北駒越海底谷にかけて、エリアBは比較的地形変化が穏やかと考えられる羽衣海脚上、エリアC・Dは侵食が大きく海底斜面が急な羽衣海底谷斜面上の中央部と北方、エリアEは堆積傾向と考えられる半島北側である。各エリアで0m、10m、30m付近で調査を行い、海底斜面が比較的緩やかなエリアAとBのみ5m付近を、海谷が迫るエリアAとDのみ100m付近を調査した。

また、1971年のデータと比較するため、2004年の地点で1971年の地点とほぼ同地点を選び、エリアとして比較検討した。比較地点数は1～8地点であり、データが少ないため詳細な検討は難しいが、傾向をつかむことは可能であると考ええる。

(2) 調査項目

a) 海岸侵食調査

ナローマルチビーム、シングルビーム音響測深機器と水準測量による海岸・海底地形の詳細な把握に努めた。また、海底環境の変遷を推測する目的で過去の海岸線や海底地形図をデジタル資料に変換し、最新のデータとの比較を実施した。

b) 底生動物調査

海岸侵食と底生動物相の関係を把握するため、2004年に底生動物定量調査と、その生息環境である底質の調査

を行った。調査対象は、砂泥中に生息し侵食の影響を受けやすい底生動物、中でもマクロベントスとした。底生動物の調査項目は、2004年では個体数・湿重量・種類数である。過去との比較では、1971年の調査項目と整合させ、出現目ごとの湿重量と、多毛類・貝類の各科の湿重量について検討した。また、底質についても同様で、2004年には泥温(℃)、乾燥減量(%), 強熱減量(%), 粒度組成(%), 硫化物量(mg/g), 1971年との比較では、泥温(℃), 強熱減量(%), 粒度組成(%)について比較検討した。

(3) 調査方法

a) 海岸侵食調査

86年と02年のシングルビーム測深結果を比較した(図-2)。同資料は資料密度が低く、地上電波による船位決定のため、概略的な海底面の長期的変化は捉えているが、細部での比較は困難である。そこで、04年6月と11月にナローマルチビーム(SeaBat 9001S)による高精度・高密度測深を実施した。船位決定はRTK GPSであり、水平・垂直誤差は共に±2cmとされる。

b) 底生動物調査

調査は季節変化を考慮して2004年5月と9月に行った。汀線付近以外の地点は船上から調査を行った。採取面積30×30cm²のスミスマッキンタイヤ型採泥器を用い、各測点にて3回採泥し試料とした。試料内の体長1mm以上の生物をふるいで分離し、底生動物試料とし、底生動物試料は1m²あたりに換算した。また生物を除く砂泥を100ml採取し、底質分析の検体とした。1971年6月のデータは伊藤ら⁸⁾のデータを用いた。

3. 結果

(1) 海岸侵食調査

86～02年の水深増加を侵食(図-2上)、水深減少を堆積(図-2下)とした分布を示す。水深10m以浅では、羽衣の松(No36)を境に、北での堆積、南での侵食が特徴的である。また、海岸線から南北両支谷の軸に沿って堆積域が分布する。南支谷では、羽衣の松付近から北東の調査域外まで連続し、北上する砂質堆積物の駿河トラフへの移動を示す。羽衣海脚上は全体的に微弱な侵食域だが、南縁の砂丘域では最大約4mの堆積が認められる。この値は現在の砂丘の比高とほぼ等しく、砂丘は86年以降に形成されたと判断できる。海脚周辺斜面の堆積は細粒物質の再堆積を示し、音波探査でのSlope Layer⁹⁾にあたり、未固結細粒物質を表す記録上の透明層が分布する。駒越沖大陸棚上の水深約10m以浅の海岸沿の海底では、幅300m、長さ1.8kmに及ぶトラフ状の海底侵食域が見られる。

04年6月実施のナローマルチビーム結果から羽衣の松以南での3次元海底地形イメージを示す(図-3)。水深15mまでの平滑な大陸棚、以深の斜面、斜面上には海底谷の谷頭部が見られる。駒越沖大陸棚上にはSE方向の直線的な細長い海底の高まりが発達し、同様な地形が羽衣の松の南に小規模に分布する。また、羽衣の松沖から海

脚南縁に緩やかに隆起する海底砂丘がみられる。

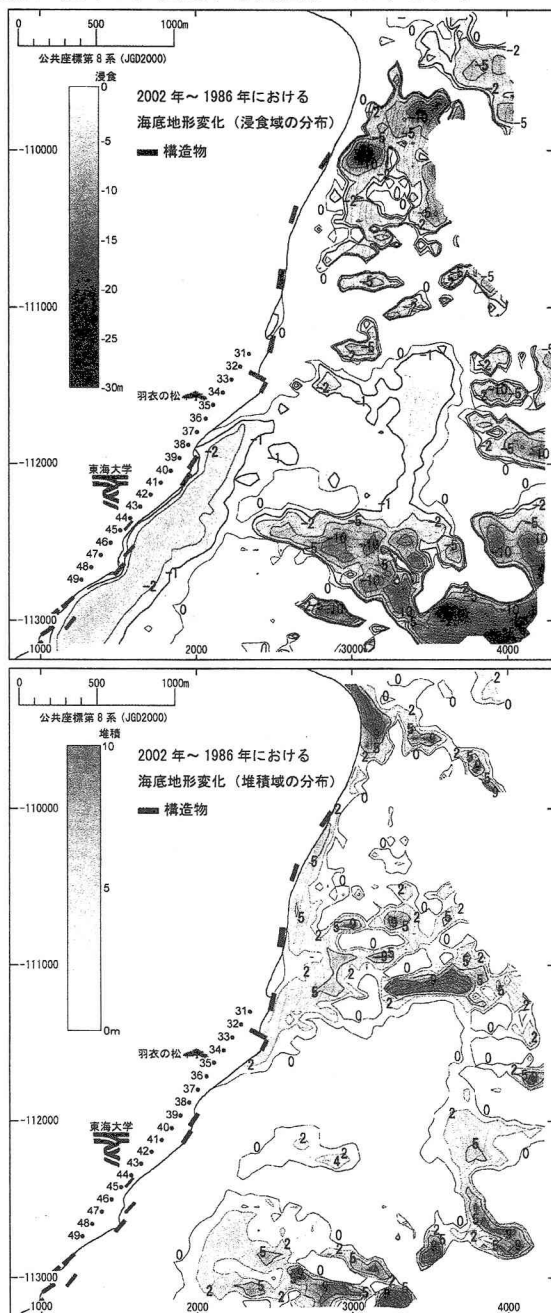


図-2 水深比較（02～86年），上：浸食，下：堆積

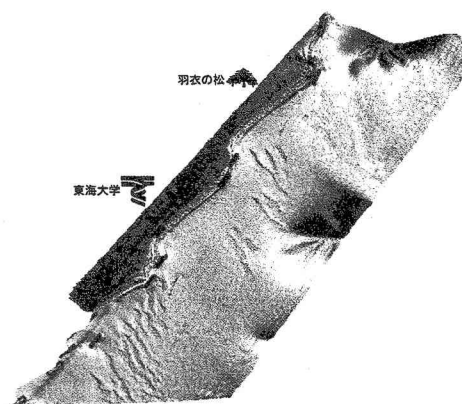


図-3 04年6月の海底地形三次元図

駒越沖での地形イメージを示す（図-4）．上が04年6月，下が同年11月の結果である．海岸線付近の崖地形や海底の緩やかな膨らみ（Coastal Swell），Coastal Swellからの直線状の高まり（Sand Ridge）が多数見られる．6月ではSand Ridgeは比高20～50cm，長さ200～400mの規模を持つ．11月ではSand Ridgeの比高は、30～100cm，長さ最大500mと成長し，Coastal Swellの規模は縮小、崖地形はやや拡大する．

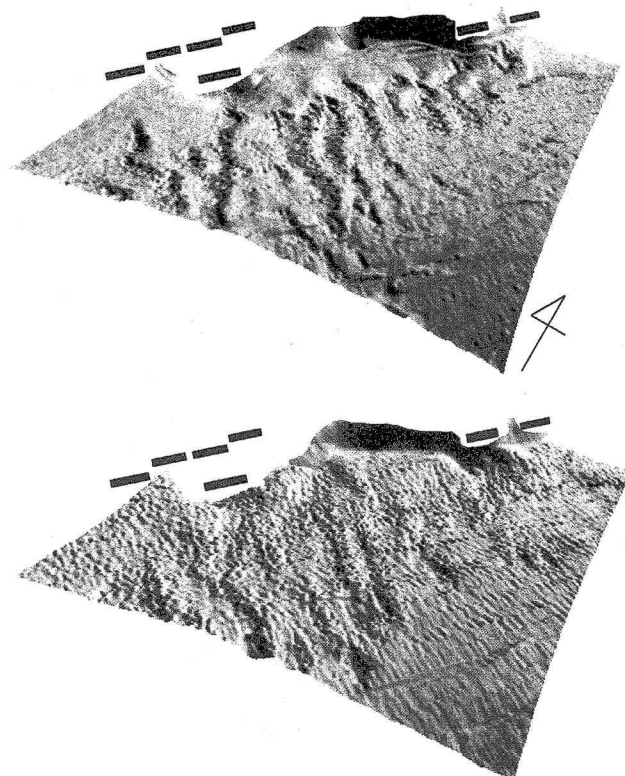


図-4 駒越沖の海底地形三次元図，上：6月，下：11月

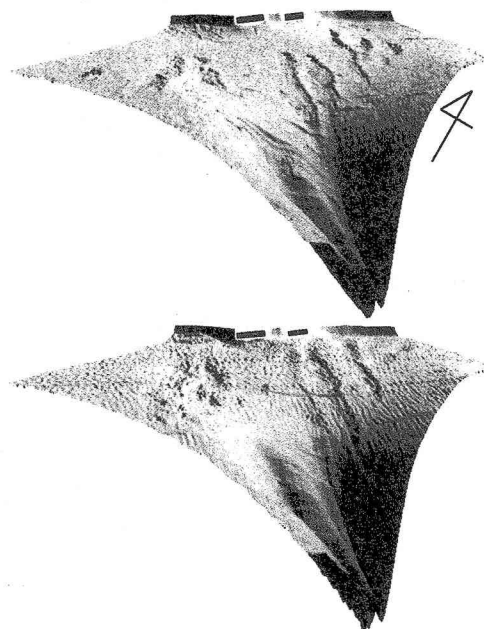


図-5 羽衣の松南の海底地形三次元図
上：6月，下：11月

羽衣の松の南での海底地形イメージを示す(図-5)。11月でのSand Ridgeの成長とCoastal Swellの規模の縮小がみられる。下図の左では急崖基部の小規模なCoastal Swellに続く新たなSand Ridgeの形成がある。粒度分析結果より、これらの堆積物は海浜堆積物と同様な組成であり、碎屑物質からなる重力流堆積物であろう¹⁰⁾。Coastal SwellとSand Ridgeを含め、Sediment Flowと呼ぶ。

羽衣の松沖の海底砂丘上のbedformは、6月のSmall Subaqueous Dune(小型水成砂漣)¹¹⁾から、11月のMedium Subaqueous Duneへと変化する。この変化は、海底での南東方向への強い流れの影響¹¹⁾であろう。

(2) 底生動物調査

5月では349種が確認され、本域が非常に種の多様性に富んだ海域であることが明らかとなった。平均して1測点あたり48種、最大はエリアA30m付近で139種、最小はエリアBの0m付近で2種であった(図-6)。個体数は合計で31208個体、平均して1測点あたり1676個体であった。最大値はエリアAの30m付近で8765個体、最小値はエリアDの100m付近で21個体であった。湿重量は8測点合計で687.02gとなり、平均して1測点あたり37.71gであり、最大はエリアEの30m付近で207.59g、最小はエリアAとCの0m付近の0.00gであった。

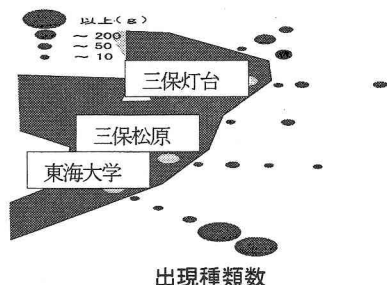


図-6 2004年5月の底生動物の種数の分布

9月では、246種が確認された。そのうち、5月の調査で出現しなかった種が88種類あり、5月・9月あわせでの全出現種数は437種となった。平均して1測点あた

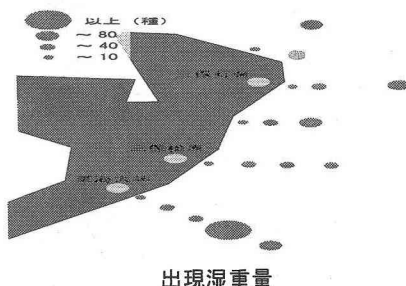


図-7 2004年9月の底生動物の湿重量の分布

り33種、最大はエリアAの30m付近で91種、最小はエリアCの0m付近で2種であった。また、個体数は合計で16273個体、平均して1測点あたり904個体であり、5

月の約50%に減少した。最大値はエリアDの0m付近で4341個体、最小値はエリアAの0m付近で116個体であった。湿重量は合計で229.87g、平均して1測点あたり12.77gであり、最小はエリアAの0m付近の0.25gであった(図-7)。湿重量については5月と比較して1/3まで減少した。

4. 考察

(1) 海岸浸食に伴う土砂の移動

86~04年の静岡県土木事務所による海岸線資料をデジタルデータに変換し、海岸線変化を検討した。海底地形変化にあわせ、86~02年までの変化を示す(図-8)。羽衣の松付近(No36)を境として、北では最大200mの海岸線の前進が、南では最大100mの海岸線の後退が認められる。同期間での海底面の変化(図-2)は、羽衣の松付近(No36)を境に、北での堆積、南での浸食を示し、海岸線の前進は浅海域での堆積現象と、後退は浅海での浸食現象と密接に対応する。

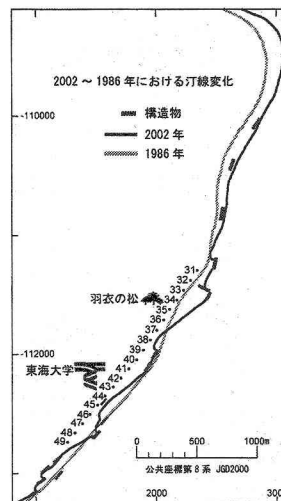


図-8 汀線変化(02~86年)

04年6月と11月との海浜と海底の地形変化図を示す(図-9)。上は浸食、下は堆積を表す。堆積や浸食域が陸から海域へと連続し、海岸線付近での浸食と大陸棚上での堆積が示される。離岸堤付近では、一般に2~3m、最大4mに及ぶ浸食が見られる。内側に湾曲した海岸の前面やL字突堤前面から南支谷にかけての堆積が特徴的である。また、Sand Ridgeの位置と堆積域が一致し、Sand Ridgeの成長やCoastal Swellの浸食が確認できる。この時期には9回の台風接近があり、海底面付近において大きな影響を与えたと推測できる。

04年6~11月での比較(図-9)より、海浜での約17000m³の浸食と海底での153000m³の堆積が確認された¹⁰⁾。海浜での浸食量は、海域での堆積量の約10%であり、海域堆積の90%は調査域外からの供給、つまり、調査域外からの大量の漂砂による。

過去16年間わたる碎屑物質の供給量の減少により、

羽衣の松以南の水深 10m 以浅の海底では広域なトラフ型海底浸食域—堆積空間—が形成された。その結果、海

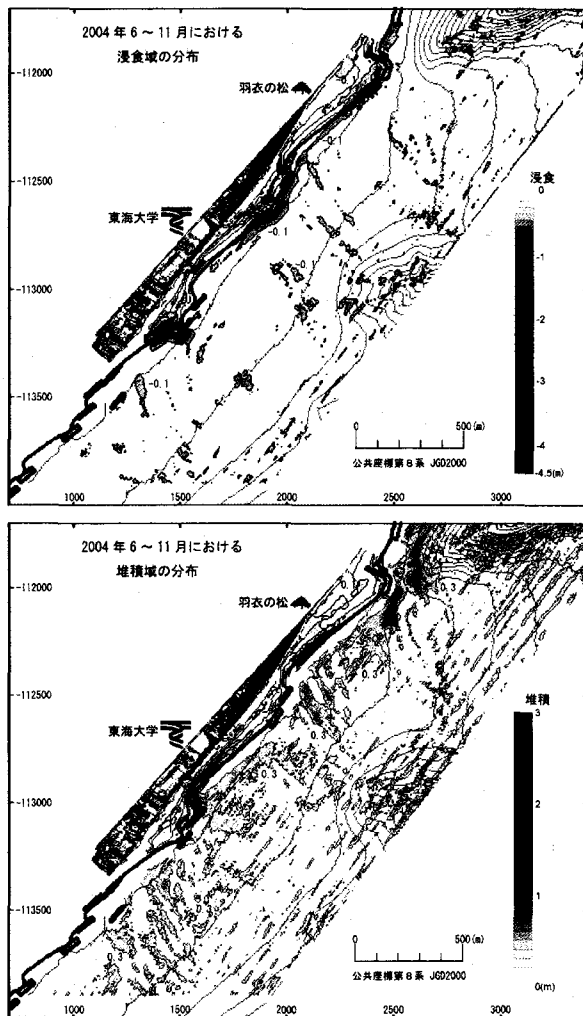


図-9 水深比較 (04 年 6~11 月), 上: 浸食, 下: 堆積

岸線とその前面の大陸棚平坦面を繋ぐ崖地形の発達や、後退、海浜から海域への堆積物の移動、そして漂砂による堆積空間への多量の碎屑物の供給が明らかとなった。海岸線後退の防止策として構造物を構築した場合、周辺の海底には新たな堆積空間が発生する。そこに碎屑物質が集積することにより、Coastal Swell が形成され、さらに Coastal Swell 起源の Sand Ridge として碎屑物質は沖方向に運搬される。

(2) 海岸浸食と底生動物の関係

a) 2004 年底生動物の変化

水深 0m 付近の海岸線は羽衣の松付近を境に以北では堆積傾向、以南では浸食傾向が著しい水域であり、さらに干満による干出もあり厳しい環境となっている。このような環境では、底生動物の種数・現存量 (図-6, 7) は極めて少ないことがわかった。また、エリア A の緩やかな堆積傾向で底質の安定している 30m 付近は底生動物の種数や個体数も豊かであることがわかった。5 月の一個体あたりの湿重量は平均 0.02 g と、同じく半島西側の

清水港内の 0.06 g と比べ非常に小さい。

9 月の一個体あたりの湿重量は平均 0.01 g と、5 月よりさらに小さい結果となった。このことから、本沿岸域は、幼生の加入はあるものの成体までは成長できない変化の激しい環境であり、再生産能力が低い海域であると推察された。

底生動物と底質の関係から、底質中の礫や砂分、シルト・粘土分との相関が見られ、礫分が多いと環形動物の減少、砂分、シルト・粘土分が多いと増加の傾向を示す。

海岸浸食によって移動の著しい底質は砂礫質部が多く、シルト・粘土分の堆積する環境は比較的底質移動が小さく安定している水域である。

このように、海岸浸食による浸食・堆積が著しい水域では、底生動物の生息に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

また、8 月から 9 月にかけて台風が来襲し、海底の土砂移動の大きな要因となっていたことが地形変化 (図-9) から明らかとなった。そのため、底生動物にも大きな影響が出ていると推測された。そこで、出現種数をみると、5 月→9 月にかけて 104 種減少している。Shannon-Wienwer の多様度指数を求めると、5 月では月平均 2.27 となり、最大値はエリア E の堆積傾向にある 10m 付近で 3.84、最小値はエリア B の浸食の著しい 0m 付近で 0.15 となった。9 月の多様度指数では、平均 2.21 と 5 月とほぼ同値であるが、最大値はエリア A の緩やかな堆積がみられる 100m 付近、最小値はエリア D の堆積の著しい 0m 付近となった。このように 5 月と 9 月で底生動物の状態に違いがみられた。底生動物の生活史上の問題等も考えられるが、数ヶ月間の間で世代が大きく変わることは推測しにくい。重要な環境因子である海底の DO 濃度は、外海でかつ水深が浅いことから夏季でも 5mg/l を下回ることはない。以上の結果から、5 月と 9 月の間の底生動物の変動は台風による底質攪乱による影響と考えられた。

b) 過去との比較

2004 年の底生生物相の現状から、本海域は台風などの一時的な暴風による影響を受けやすい海域であることが明らかとなった。1971 年 6 月と 2004 年 5 月を比較した結果、全底生動物の湿重量は 1971 年で 360.5g、2004 年で 168.0g と、1971 年の約 1/2 に減少していることが明らかとなった (図-10)。エリア別に比較すると、緩やかな堆積がみられ底質が安定しているエリア 6 で 5.9g、エリア 7 で 29.4g 増加している他は減少している。最も著しいのは、エリア 1 で 1971 年 41.3g だったものが 0g へと減少しているが、これは同地点が堆積により陸地化したためである。環形動物門と軟体動物門の出現状況を比較すると、個体数では、環形動物門で最も著しく減少したのは浸食の著しいエリア 2 で 1/700 に減少した。最も減少が少なかったのはエリア 6 と 7 であった。軟体動物門では、個体数はエリア 1 (陸地化) と 2 では減少傾向であるが、それ以外のエリアでは増加した。減少は著しくいずれも 1/100 以下であった。

また、1971 年と 2004 年の粒度組成を比較すると、陸

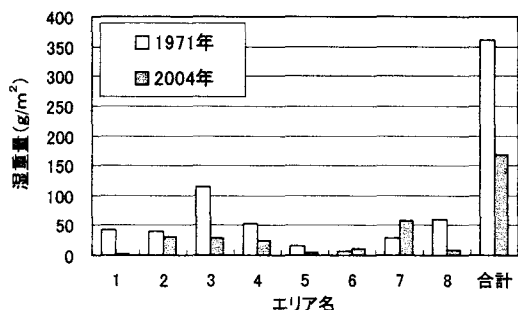


図-10 過去との底生動物湿重量の比較

域化したエリア1と浸食傾向の2・3・5では砂泥質から礫質への変化が見られた。これは底生動物全体の減少や環形動物門の大幅な減少が見られるエリアとほぼ一致している。一方、緩やかな堆積が進むエリア4・7・8では泥質・または砂泥質から砂質への変化が見られ、このエリアは底生動物全体、中でも軟体動物門が増加しているエリアと一致する。また、水深30m未満の浅い沿岸域では非常に生物層が貧弱であることが明らかとなった。これは、この水深での浸食が著しく、底質変化が激しいことに起因していると推察される。これらのことから、海岸浸食による底質の変化が底生動物の生息に関係していることが明らかとなった。

5. まとめ

三保海岸の海岸浸食と底生動物について以下のことが判明した。

- ①三保半島沖の水深10m以浅の海底環境は、羽衣の松沖以北と以南とで異なる。北では海岸線の前進と海底での堆積現象が卓越し、南では海岸線の後退と、浸食による新たな堆積空間の形成がある。
- ②羽衣海底谷北縁の北支谷では礫質堆積物、南縁の南支谷では砂質堆積物の崩落が認められた。羽衣海底谷は安部川を起源とする碎屑物質の主要な移動経路であり、海底谷から碎屑物質は駿河トラフへと移動する。
- ③羽衣海脚上の南縁には海底砂丘が分布し、現在でも成長しつつある。砂丘構成物質の起源は羽衣の松沖の砂質堆積物であり、海底での南東方向の強い流れにより運搬されたと考えられる。
- ④構造物を中心として、極浅海域に海底の膨らみ (Coastal Swell) と、Coastal Swellからの直線的な細長い海底の高まり (Sand Ridge) が認められた。これらは、海岸浸食と関連して発達した重力流堆積物 (Sediment Flow) と考える。
- ⑤04年6月から11月の間で、海浜では約17000 m³の浸食、海底では153000 m³の堆積が確認された。海域での堆積の多くは、調査域外からの碎屑物質、漂砂によるものである。これらの堆積は、長期にわたり形成された堆積空間を埋める。
- ⑥浸食傾向にあるエリアでは底質の礫化が進み、環形動

物門を主とする底生動物の減少を、緩やかな堆積が進むエリアでは、泥質または砂泥質から砂質への変化が見られ、環形動物の減少を促していた。また、浸食によって海底地形や底質の変化が著しい地点は、底生動物相の貧弱化を促進する可能性が示唆された。

- ⑦過去33年間の間に、海岸浸食等により三保沿岸域の底生動物の湿重量は1971年360.5g、2004年168.0gと、1971年の約1/2に減少していることが明らかとなった。

6. 参考文献

- 1) 星野通平: 駿河湾の謎, 静岡新聞社, 静岡, 253pp. 1976.
- 2) 依田美行・黒田 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.
- 3) 宇多高明: 日本の海岸侵食. 教文堂 442pp. 1997
- 4) 宇多高明・山本幸次・河野茂樹: 砂嘴地形周りの海浜変形—三保松原を例として—, 地形 第12巻第2号 p. 117-134, 1991.
- 5) 宇多高明・山本幸次: 砂嘴形成海域の海底地形と砂嘴形態の関係について, 地形 第13巻第2号, p. 141-157, 1992.
- 6) 根元謙次・伊津信之助・土方 聡・藤井真二・難波丈介・滝野義幸: 羽衣沖海底谷—堆積物の流動現象についての地質学的考察. 東海大学紀要海洋学部, 第29号, p. 1-21, 1989.
- 7) 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. 217, 1996.
- 8) 伊藤博志・中村正美・馬場三郎: 駿河湾陸棚上のベントス群集の研究-II—三保半島周辺海域, 1971.
- 9) 依田美行・石井良・滝野義幸・太田光晴・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, 第43号. p. 157-170, 1987.
- 10) 吉河秀郎・根元謙次・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運搬作用, 海洋調査技術, 投稿中, 2005.
- 11) Ashely G.M.: Classification of large-scale subaqueous bedforms, Journal of Sedimentary Petrology Vol.60 No.1 January p.160-172. SEPM, 1990.
- 12) 根元謙次・佐藤 武・伊津信之助・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, 第24号. p. 83-97, 1987.
- 13) 吉河秀郎・金子純二・横山心一郎・鬼頭 毅・根元謙次: 三保半島沖大陸棚の堆積環境. 日本地質学会第111年学術大会講演要旨, p. 71, 2004.