

東条・前原海岸における近年の海浜変形の実態

RECENT BEACH EROSION OF TOJO AND MAEBARA COASTS IN CHIBA PREFECTURE

北村真一¹・小林昭男²・宇多高明³・星上幸良⁴・野志保仁⁵・清水達也⁶
Shin-ichi KITAMURA, Akio KOBAYASHI, Takaaki UDA, Yukiyooshi HOSHIGAMI,
Yasuhito NOSHI and Tatsuya SHIMIZU

¹大和ハウス工業株式会社 (〒530-8241 大阪府大阪市北区梅田3丁目3番5号 大和ハウス大阪ビル)

²正会員 工博 日本大学教授 理工学部海洋建築工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

³正会員 工博 (財) 土木研究センター理事なごさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科 (〒110-0016 東京都台東区太東-6-4 タカラビル)

⁴正会員 博(工) 国際航業(株)河川環境事業部 (〒183-0057 東京都府中市春見町1-24-1)

⁵正会員 博(工) (有) アイコムネット (〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2 永田町TBRビル201)

⁶学生会員 修(工) 日本大学大学院理工学研究科海洋建築工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

Recent beach changes of the Tojo and Maebara coasts in Kamogawa City after the extension of the breakwater were investigated. The shoreline changes were studied through the comparison of aerial photographs. The grain size distribution along the shoreline was measured. Since 2004, the tip of the fishing port was extended for 71 m to enhance the wave calmness in the fishing port, resulting in sand accumulation inside the wave shelter zone and erosion outside of it. It was found that with erosion medium sand was selectively transported owing to longshore sand transport because of lack of fine sand, leaving coarse material on the shore face.

Key Words: Beach changes, shoreline changes, wave shelter zone, Tojo coast, longshore sand transport

1. まえがき

房総半島南部に位置する千葉県鴨川市の東条・前原海岸は、図-1に示すように北東側を葛ヶ崎により、南西側を弁天島からなる岩礁群によって区切られた延長3.9kmのポケットビーチである。東条・前原海岸は、千葉県内はもとより県外からの利用客も多く、漁業・観光・レジャーの場として貴重な海岸である。当海岸は、従来安定した汀線を有していたが、1982年頃から前原海岸で集中的に侵食が発生し、その対策として離岸堤の建設、および漁業の安全操作のための防波堤の建設が行われた。その後これらの構造物背後に形成された波の遮蔽域へと向かう沿岸漂砂が生じた結果、東条海岸の砂が前原海岸へと移動し、東条海岸では汀線の著しい後退が起きた。当海岸の侵食については、既に宇多ら^{1) 2) 3)}による研究があり、これらによれば東条海岸の海浜変形はほぼ収束状態に近づいており、したがって大きな問題はな

なりつつあると考えられた。しかしながら現地踏査によれば依然として海浜変形が進んでいることが見出された。そこで2004年以降の海岸状況の変化を調べたところ、防波堤が71m再延長され、これによる波の遮蔽効果の増大など、海浜変形を起こす新たな要因が加わった。このことから、本研究では、これら新たなimpactが与えられた東条・前原海岸における海浜変形について現地実測データに基づいて考察

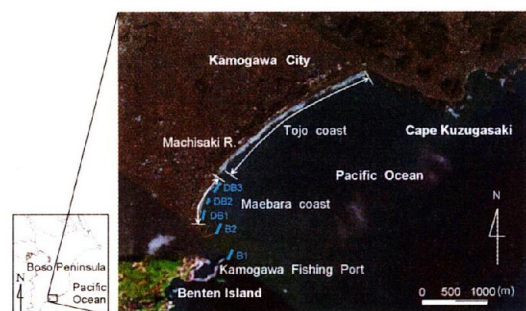


図-1 千葉県鴨川市の東条・前原海岸の位置

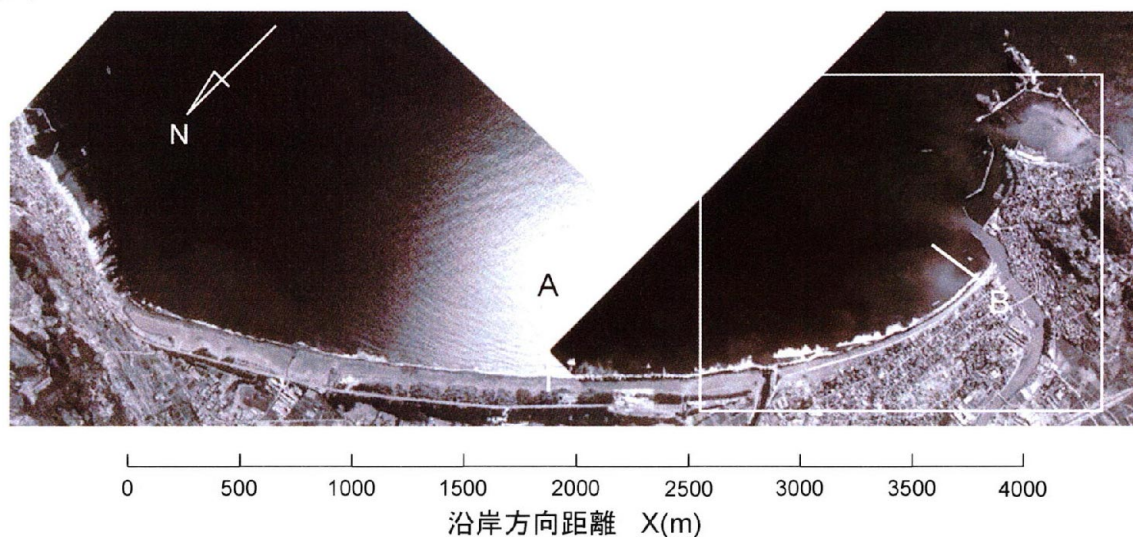
するものである。

2. 既往研究と現地実測の方法

宇多ら^{1) 2) 3)}によれば、ポケットビーチ南部での防波堤と離岸堤の建設に伴って南西向きの沿岸漂砂が起き、この結果北東部の東条海岸では侵食が進み、前原海岸では離岸堤背後と漁港防波堤付近には過剰に砂が堆積したことが分かっている。また1974年から1998年までの汀線変化解析によれば、鴨川シーワールドの前面では汀線が最大で約20m後退し、南端部の鴨川漁港付近では汀線が約100m前進したこと、さらには総侵食面積が約48,800m²であるのに対し、総堆積面積は44,800m²であり両者がほぼ均衡してい

ることから、土砂収支がとれていることが明らかにされている¹⁾。この研究結果を参照し、2004年以降の構造物建設による長期的地形変化とともに、海浜の季節変動についても注目し、2008年夏季の7月11日と冬季の12月1日に前浜勾配と汀線における砂のサンプリングを行った。前浜構成材料の粒度分析と前浜勾配の測定では、2004年11月27日の観測³⁾と同様、沿岸に18測線を設けた。また空中写真による汀線変化解析より、2004～2008年の侵食状況を定量的に把握した。なお、研究の主眼は、2003年までの海浜変形により当海岸では汀線も含めてほぼ安定状態に達し、その後加えられた人為的改変に伴う影響は小さいとの仮説が正しいかどうか確認することに置いた。

(a) 1967年



(b) 2008年

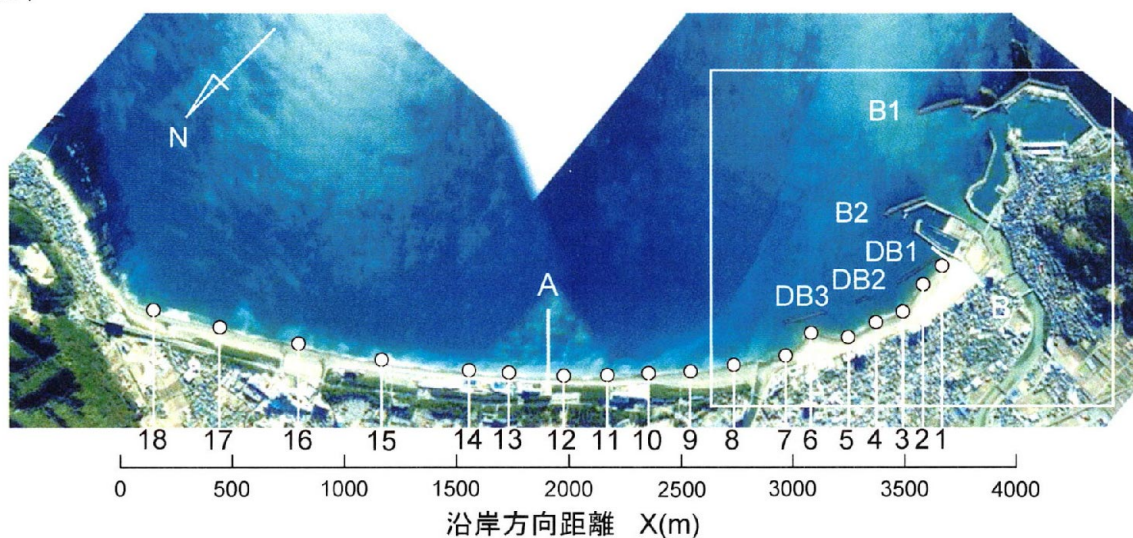
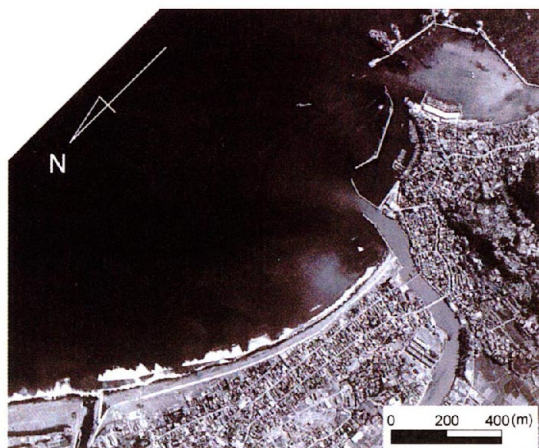
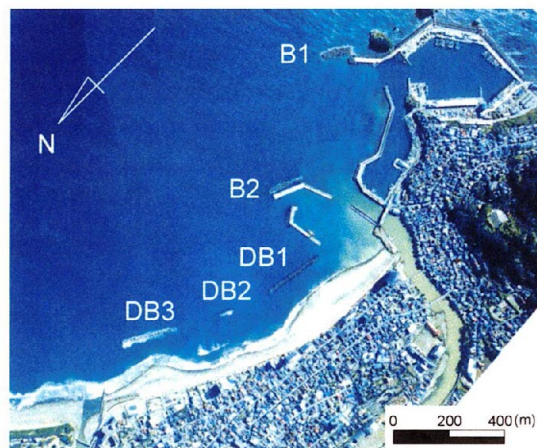


図-2 東条・前原海岸の1967年と2008年の空中写真

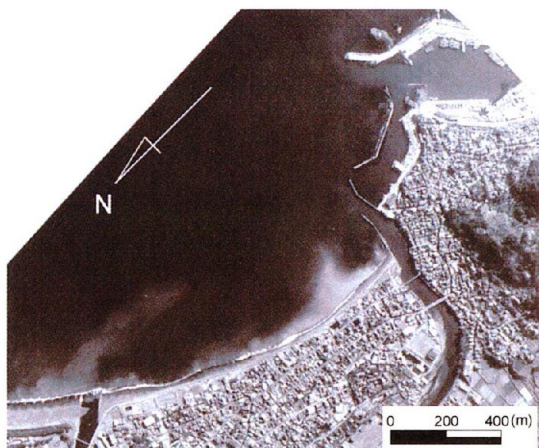
(a)1967年



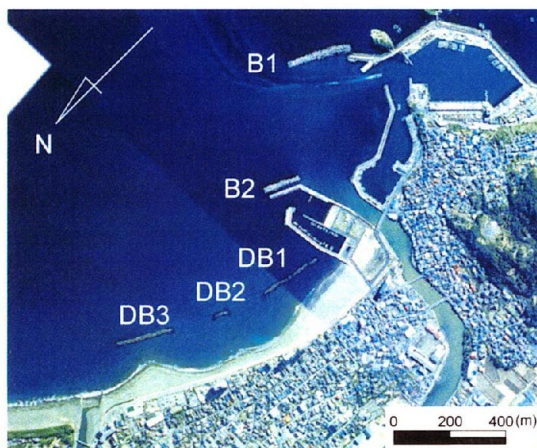
(c)1997年



(b)1983年



(d)2003年



(e)2008年

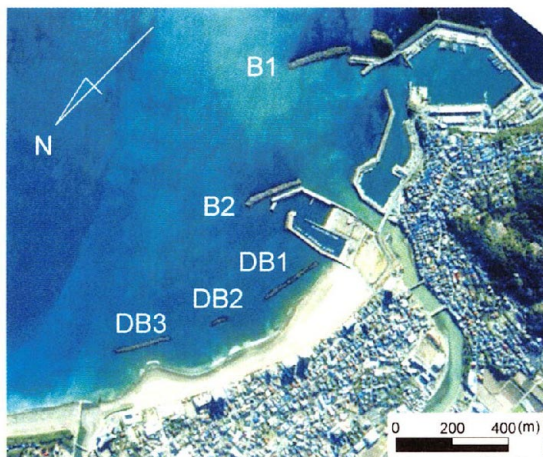


図-3 図-2の矩形区域の1967～2008年の全空中写真

表-1 離岸堤と防波堤の建設経緯

構造物	施工時期	延長工事時期
DB1	1983-1988年	なし
DB2	1994年	なし
DB3	1989-1993年	なし
B1	1984-1988年	1997-2002年
B2	1989-1990年	2002-2003年

3. 東条・前原海岸の変化

図-2には東条・前原海岸の1967年と2008年の空中写真を示す。2008年の空中写真には沿岸に造られた離岸堤（DB1, 2, 3）と鴨川漁港の防波堤（B1, 2），および汀線に沿った測線No. 1からNo. 18の位置を示す。また表-1には構造物の建設経緯をまとめて示す。

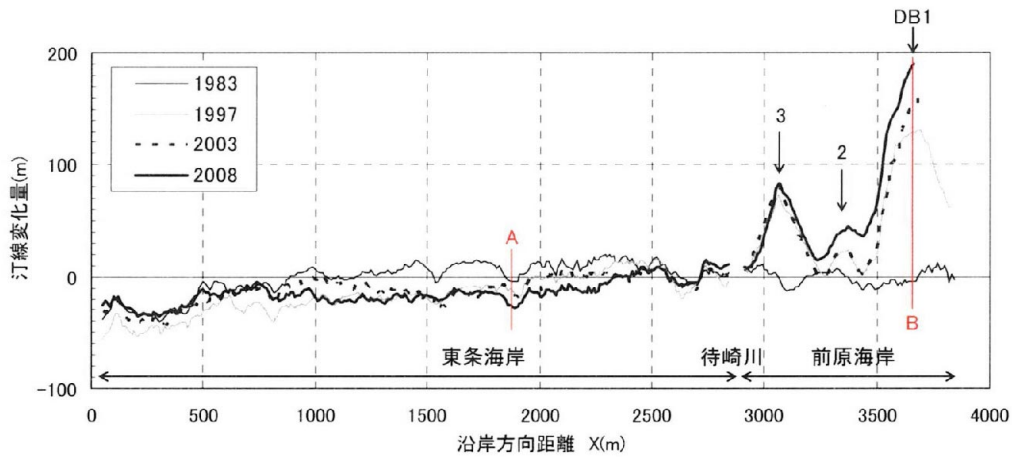


図-4 1967年以降41年間の汀線変化

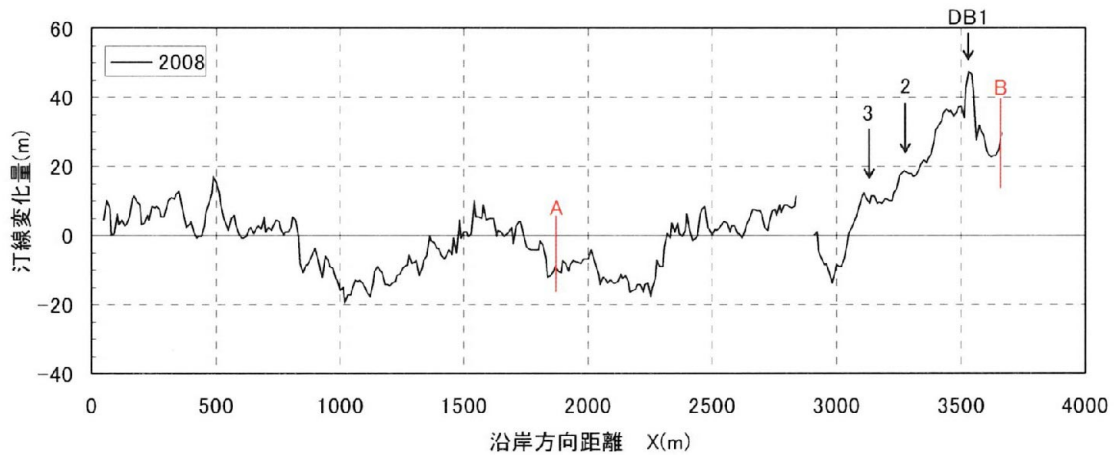


図-6 2003～2008年の汀線変化

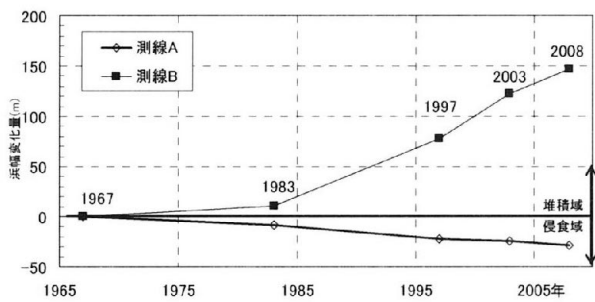


図-5 侵食域の測線Aと堆積域の測線Bにおける浜幅の時間的変化

す。1967年には自然海浜が広がっていたが、2008年までに沿岸には防波堤や離岸堤が建設され、それらの影響によってポケットビーチ全体で汀線変化が起これるとともに、海岸線背後での土地利用の高度化などにより海岸線近傍まで施設が前進した結果、砂浜幅が狭まった⁴⁾。とくに構造物の影響が顕著に現れている前原海岸と鴨川漁港周辺の区域(図-2の矩形区域)を切り出し、1967年から2008年までの全空中写真を比較したのが図-3である。1967年には前原海岸の汀線は加茂川河口まで直線状に伸びていた。同様な状況は1983年にも見られる。しかしその後1997

年には鴨川漁港の防波堤先端部(B1, B2)の建設が行われると同時に、離岸堤(DB1, 2, 3)も建設された。この結果、これらの構造物背後の波の静穏域では砂が堆積して汀線が大きく前進した。2003年にはB1, B2が完成し、B2の背後域は埋立地となった。2008年には2003年と大きな変化は見られないものの、B2の沖側にある防波堤がさらに71m伸ばされた。この間DB1背後の汀線は前進したが、そのほかの地域での汀線変化は少ないように見える。

1967年を基準とした汀線の41年間の変化を図-4に示す。横軸は沿岸方向距離、縦軸は汀線変化量を示す。長期的に見ると東条海岸は全域で汀線が後退する一方、DB1, DB3の背後では舌状砂州の形成とともに汀線が前進してきたことが分かる。とくにこれらの離岸堤背後では規模の大きな舌状砂州が形成され、汀線が大きく前進したことが分かる。図-5は、図-2に示す東条海岸の侵食域に設定した測線Aと、前原海岸の堆積域でB2の北面に設定した測線Bにおける浜幅の時間的変化を調べたものであるが、測線A, Bで対照的で、かつ時間的に単調な汀線変化が起きたこと、さらには2003年以降も変化が起きていることなどが見て取れる。図-4に示したのと同じデータより、とくに近年の変化に着目し2003年から



図-7 測線No. 3から北向きに海浜状況を撮影



図-8 ポケットビーチ北東端近傍のX=450m付近における浜崖形成

2008年まで5年間の汀線変化を拡大して示すのが図-6である。待崎川河口導流堤左岸のX=2,800mでは堆積、右岸のX=2900mでは侵食が起きていることから、2004年から2008年にかけても従来と同様、南西向きの沿岸漂砂が起きたことがわかる。前原海岸の堆積をもたらした砂は、沿岸漂砂により東条海岸から運び込まれたと考えられる。東条海岸では従来と同様侵食傾向であるのに対し、前原海岸では明らかに堆積が進んでいる。この場合の総侵食面積は13,200 m²、総堆積面積は20,200 m²であった。

図-7は、測線No. 3から北向きに海浜状況を撮影したものであるが、細砂が堆積して緩勾配の海浜となっている。このように離岸堤および防波堤の背後域に細砂が堆積する場合、バーム高も低く、砂の堆積厚が小さくなったことが上記の原因と推定される。さらに図-6において、DB2の背後のX=3300mでは、離岸堤が沈下したことにより汀線の後退が予想されたが、実際には汀線は約20m前進していた。DB2は沈下したものの、防波堤延伸による波の遮蔽効果の増大のほうが強くなったためこのような結果になったと推定される。一方、侵食域での海岸状況として冬季の風浪の作用が著しい時期の2008年12月1日にポケットビーチ北東端近傍のX=450mで撮影したのが図-8であるが、従来砂に埋まっていた緩傾斜護岸が露出していることから、ポケットビーチの末端部まで侵食が進んできていることが明らかである。

4. 前浜粒径と勾配の変化

2004年11月27日の観測³⁾と同様に設定した測線No. 1からNo. 18での前浜構成材料の粒度分析結果と前浜勾配を図-9に示す。前浜構成砂の d_{50} の沿岸方向分布を示す。2004年11月と2008年7月の d_{50} を比較すると、No. 8以北で全体的に粗粒化が進んでいること、また2008年12月の d_{50} の比較でもNo. 10以北で

粗粒化が進んでおり、2004年から2008年までの4年間で粗粒化が進んだことが分かる。宇多ら^{1) 2) 3)}、および本研究による汀線変化を示す図-4, 7によれば、東条海岸のNo. 8からNo. 18の区域では侵食が、前原海岸のNo. 1からNo. 7では堆積が進んでいるが、上記の結果より、侵食が進んだ場所では粗粒化が、また堆積が進んだ場所では主に細砂の堆積が続いていることが分かる。

次に、東条・前原海岸における前浜構成砂について粒度組成の面から調べた。No. 1からNo. 18の各測線の計測値をもとに、細砂(0.075~0.25mm)、中砂(0.25~0.85mm)、粗砂(0.85~2mm)、礫(2mm~)ごとの含有率を求め、前浜勾配と合わせて含有率の沿岸方向変化を示すのが図-10である。2004年11月27日、2008年7月11日および同年12月1日の計測値を(a), (b), (c)に分けて示す。2004年11月から2008年7月にかけて、前原海岸では細砂の含有率が減少する一方、中砂の含有率が増加している。これに対して東条海岸では細砂・中砂の含有率が減少し、粗砂・礫の含有率が増加している。これは、東条海岸の中砂が前原海岸へと移動したことで侵食が進み、東条海岸では粗粒化が起きたことを示唆する。前原海岸では、離岸堤と防波堤による波の遮蔽効果により、2004年以前よりも粗い粒径の中砂が堆積したことで粗粒化したと考えられる。

2008年7月と2008年12月の粒度組成を比較すると、前原海岸では細砂が減少し、中砂の含有率が増加している。一方、東条海岸では細砂・中砂の含有率が減少し、粗砂・礫の含有率が増加している。このように2004年11月と2008年7月の比較と同様の変化が認められた。しかしながら、前原海岸では、2008年7月の時点ではほぼ含まれていない粗砂が2008年12月1日における測線No. 4, 5, 7では含まれ、とくに沈下の進んだ離岸堤の背後の測線No. 4では中砂の含有率が増加し、 d_{50} も高い値を示す。この原因として、離岸堤の沈下に伴い静穏度が低下し、細砂が

再び運び去られたことが考えられる。また東条海岸の測線No. 8, 9では粗砂、礫の含有率が減少し、 d_{50} も低い値を示している。この理由は、2008年10月8日および11月22日に、河口閉塞が起きていた待崎川の土砂が浸没後待崎川河口左岸に投入されたため、投入点付近の測線No. 8, 9の粒径が細くなったと考えられる。

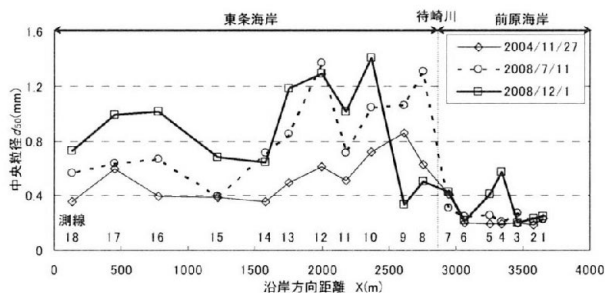
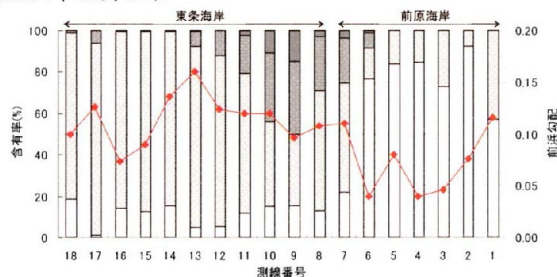
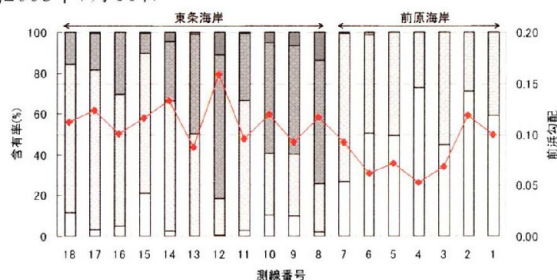


図-9 測線No. 1からNo. 18での前浜構成材料の d_{50} と前浜勾配

(a)2004年11月27日



(b)2008年7月11日



(c)2008年12月1日

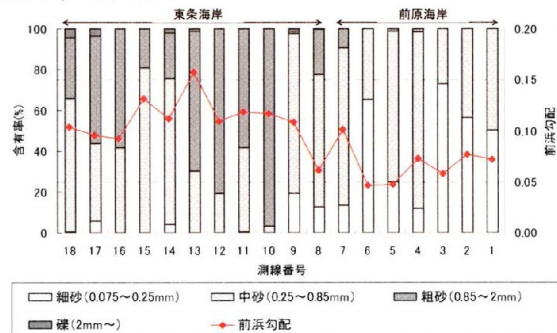


図-10 細砂(0.075~0.25mm), 中砂(0.25~0.85mm), 粗砂(0.85~2mm), 礫(2mm~)ごとの含有率と前浜勾配の沿岸方向変化

5. まとめ

東条・前原海岸の再調査によれば、2004年から2008年には南西方向への沿岸漂砂により東条海岸から前原海岸へと中砂成分が多く移動したこと、この結果東条海岸では侵食が進み、粗粒化がさらに進んだことが分かった。一方、前原海岸では2004年以前にこの区間の海浜を構成していた材料よりも粗い中砂が多く堆積しつつあり粒径が粗くなっている。東条海岸では過去から継続的に起きてきた侵食により、既に細砂成分が南西側に運び去られて粗粒化が進んできたが、それでも侵食が止まらないため、中砂成分まで南西向きに沿岸漂砂によって運ばれつつあることが分かった。図-3に示したように、2003年から2008年には構造物条件は大きく変化してはいないように見えたが、鴨川漁港の防波堤B2の沖側にある防波堤が71m伸ばされた。鴨川漁港の防波堤や離岸堤群による波の遮蔽に伴う地形変化は図-3において1997年と2003年の汀線変化がほぼ変わりがなかったことから、2003年当時ほぼ安定状態に接近していたが、新たに防波堤B2が延伸されたことによって海浜のバランスが崩れ、新しい安定な汀線となるよう変形が起きたこと、同時に海浜の質(粒径)から見た変化も起きており、波の遮蔽域には当初細砂が、また細砂が欠損状態になると中砂まで運び込まれ、結果的に遮蔽域の外では粗粒化が進みつつあることが分かった。

参考文献

- 1) 宇多高明・石川仁憲・清野聡子・渡辺宗介・三波俊郎・古池 鋼：ポケットビーチ端部付近での離岸堤建設に伴う海浜変形―千葉県鴨川市の東条海岸での事例―，海洋開発論文集，第16巻，pp. 595-600，2000。
- 2) 宇多高明・石川仁憲・清野聡子・渡辺宗介・三波俊郎・芹沢真澄：ポケットビーチ端部付近での離岸堤建設に起因する海浜変形：千葉県鴨川市東条・前原海岸での事例，地形，第22巻2号，pp. 217-226，2001。
- 3) 宇多高明・清野聡子・高橋 功・芹沢真澄・星上幸良・内木場俊：千葉県鴨川市海づくり会議での地域資料と数値計算の統合化による海浜環境変化の検討，海岸工学論文集，第51巻，pp. 486-490，2004。
- 4) Uda, T., Y. Hoshigami, S. Seino and H. Ozawa: Increase in disaster potential caused by excess use of land in coastal zone, Journal of Coastal Research, SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), Gold Coast, Australia, pp. 140-146, 2007。