

ポケットビーチの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-

BEACH CHANGES CAUSED BY CONSTRUCTION OF DETACHED BREAKWATERS NEAR THE END OF A POCKET BEACH -THE EXAMPLE OF TOJO COAST IN KAMOGAWA CITY-

宇多高明¹・石川 仁憲²・清野聡子³・渡辺宗介⁴・三波俊郎⁵・古池 鋼⁵

Takaaki UDA, Toshinori ISHIKAWA, Satoquo SEINO, Shusuke WATANABE,
Toshiro SAN-NAMI and Kou FURUIKE

¹正会員 工博 建設省土木研究所河川部長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

²正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ (株) 港湾部 (〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5)

³正会員 農修 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科助手 (〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1)

⁴東京大学大学院総合文化研究科 (同上)

⁵海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉 1-22-208 ローヤル若葉)

Beach changes triggered by the construction of detached breakwaters near the end of a pocket beach were investigated at the Tojo coast in Kamogawa City in Chiba Prefecture. This beach has an around 3.9km long stretch and is facing the Pacific Ocean. Shoreline changes were read from the aerial photographs and field observation was carried out. Sand accumulated behind detached breakwaters thanks to their wave dissipation effect. Simultaneously this caused beach erosion in the other area and countermeasures were needed to protect facilities. The cause is due to the lack of thinking on overall balance of sandy beach in a closed system of littoral drift. It is concluded that construction of offshore breakwaters in a pocket beach should be carefully done because of the impact to the surrounding coast.

Key Words : Pocket beach, littoral drift, detached breakwaters, beach erosion

1. まえがき

海浜の両端を規模の大きな岬などによって区切られたポケットビーチでは、岬によって沿岸漂砂の移動が阻止されるために閉じた漂砂系を形成する。この場合、ポケットビーチのある場所で離岸堤や防波堤のような波の遮蔽構造物が造られると、一般に遮蔽構造物の外側からその背後へと沿岸漂砂移動が起こり、遮蔽域から離れた海浜では侵食が、遮蔽域内では堆積が起こる¹⁾。筆者ら²⁾は、前回のシンポジウムにおいて、こうした事例の一つとして茨城県の有明・高浜海岸の例を報告した。その原理は単純ではあるが、多くの現地海岸ではそのポケットビーチの海岸線の管理主体が複数あり、遮蔽構造物を建設する事業主体とその周辺の海岸管理者が異なる。また、管理者が同一であっても、海岸線背後において集落が偏在し、そのことがある地区で集中的な防災工事を要求される場合もある。このような場合、各事業の周辺海浜に及ぼす影響についての理解が不十分なまま工事が行われると、いずれかの地先での海岸侵

食の犠牲のもとに、別の地先では前浜の拡幅が行われるという皮肉な結果が生じる。この種の問題の発生は、現在の我が国の社会システムに帰すので、工学的な議論の対象にはなじまないという考え方もあるが、筆者はむしろ科学的事実を正確に整理しておくことが問題の解決、ないしは将来における同種の問題の発生を防ぐ上で重要と考える。そこで、ここでは実例として千葉県鴨川市の東条海岸を具体例として考察する。

2. 千葉県鴨川市の東条海岸の概要

鴨川市は房総半島南部に位置し、太平洋に面している。図-1には東条海岸周辺の地形図を示す。東条海岸は北東側を葛ヶ崎により、南西側を弁天島などからなる岩礁群によって挟まれた延長約3.9kmのポケットビーチである。近年、南西端には鴨川漁港の防波堤が伸ばされ、それによって南端部は区切られている。海岸線形状は海岸中央部から北東側ではほぼ直線的に伸びているが、南西端付近では海岸線の

曲率が大きくなり、反時計回りの方向に傾いている。
 このポケットビーチには加茂川と待崎川が流入している。南部を流れるのが加茂川で、この川は河口部で湾曲して南向きに流れ、ポケットビーチ南端の岩礁の手前から太平洋に注いでいる。河口左岸には長さ約180mの河口導流堤が伸び、右岸の鴨川漁港の防波堤との間で河口先端部が絞られている。一方、待崎川は低地で蛇行を繰り返して流下した後、東条海岸中央とポケットビーチ南西端のほぼ中央から海へ流入している。河口には右岸側にのみ河口導流堤が設置されているが、河口砂州が大きく発達し、加茂川と比較して河口の閉塞が著しい。一連の海岸線のうち、待崎川河口より南部は前原海岸と呼ばれる。

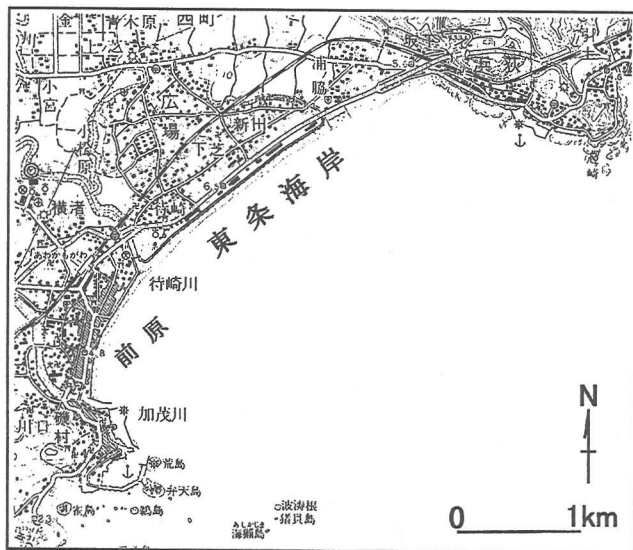


図-1 東条海岸の地形図

3. 海浜変形の実態

写真-1には1966年撮影の空中写真を示す。この時点では海岸線に沿って連続的に砂浜が伸びており、規模の大きな消波施設が存在しない自然海浜であった。この当時鴨川の市街地の前面に広がる前原海岸の前浜幅は非常に狭かった。写真-2に示す1996年の空中写真では、それ以前と比較してポケットビーチの南端部を中心として著しい地形変化が生じた。す

なわち、加茂川と待崎川の河口の間に堤長200mの離岸堤が2基建設されるとともに、それらの開口部にも堤長約60mの離岸堤が建設されたことによって、波の静穏度が高まり、離岸堤背後に舌状砂州が形成された。これと同時にポケットビーチの中央部で汀線が大きく後退し、前浜が狭くなった。1974年以前には待崎川河口の南側で前浜が狭かったのに対し、1996年では待崎川河口以南で前浜が広がり、待崎川河口を挟んで前浜の広さが逆転したのである。しかし、ポケットビーチの北東側端部付近では前浜形状にそれほど大きな変化は見られない。

以上の汀線変化は、離岸堤群の建設によってポケットビーチの南部に波の遮蔽域が形成されたために、その静穏域へと沿岸漂砂によってポケットビーチの中央部から砂が運ばれたことを示している。なお、写真-2において、加茂川河口に隣接して建設されつつあるのは、鴨川フィッシャリーナの防波堤の先端部である。

写真-3は1998年撮影の空中写真である。海岸状況は1996年とかなり類似しているが、待崎川河口の南側に隣接する離岸堤の南側で著しい汀線変化が現れた。この時期までに鴨川フィッシャリーナの防波堤がほぼ完成しているが、この防波堤が新たに波の遮蔽域を形成したために、堤長200mの離岸堤の間で汀線が後退し、前原海岸の中央部が大きく後退することになった。離岸堤間から侵食されて運び去られた砂は、南端の離岸堤背後と鴨川フィッシャリーナの付け根部分へ移動して堆積したが、新設の防波堤の背後に堆積して形成された前浜は、フィッシャリーナの用地として利用された。

図-2には、1974年から1998年までの汀線変化を示す。ポケットビーチの中央部が薄く削られ、その土砂が南端部の離岸堤と防波堤の遮蔽域に堆積したことがよく分かる。南端部での最大汀線前進量は約100m、鴨川シーワールドの前面での汀線後退量は約21mであった。総侵食面積は $4.88 \times 10^4 \text{m}^2$ 、堆積面積は $4.48 \times 10^4 \text{m}^2$ で、両者はほぼ均衡していることが分かる。

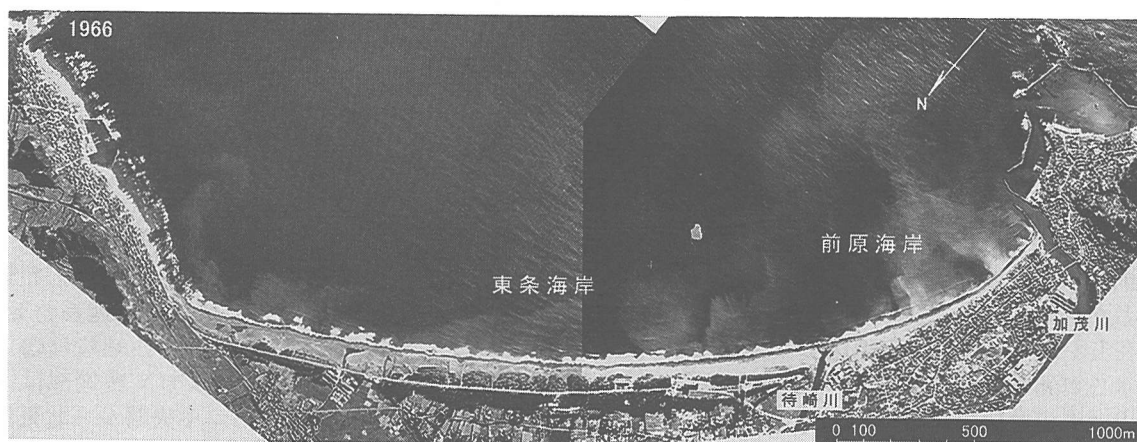


写真-1 東条海岸の空中写真（1966年）

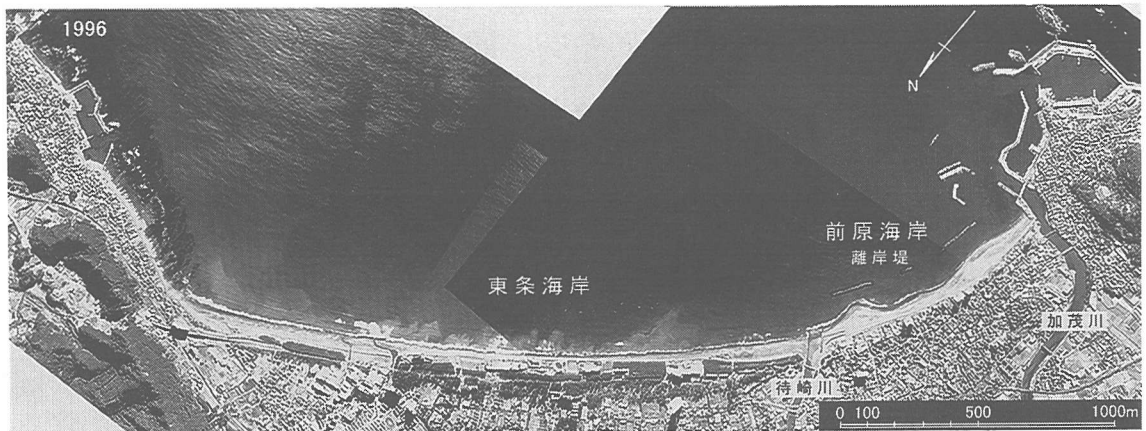


写真-2 東条海岸の空中写真（1996年）

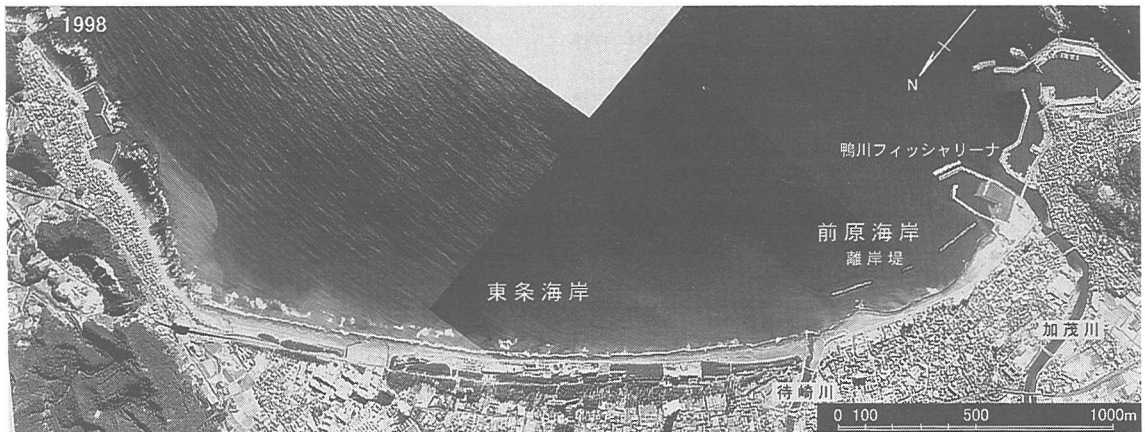


写真-3 東条海岸の空中写真（1998年）

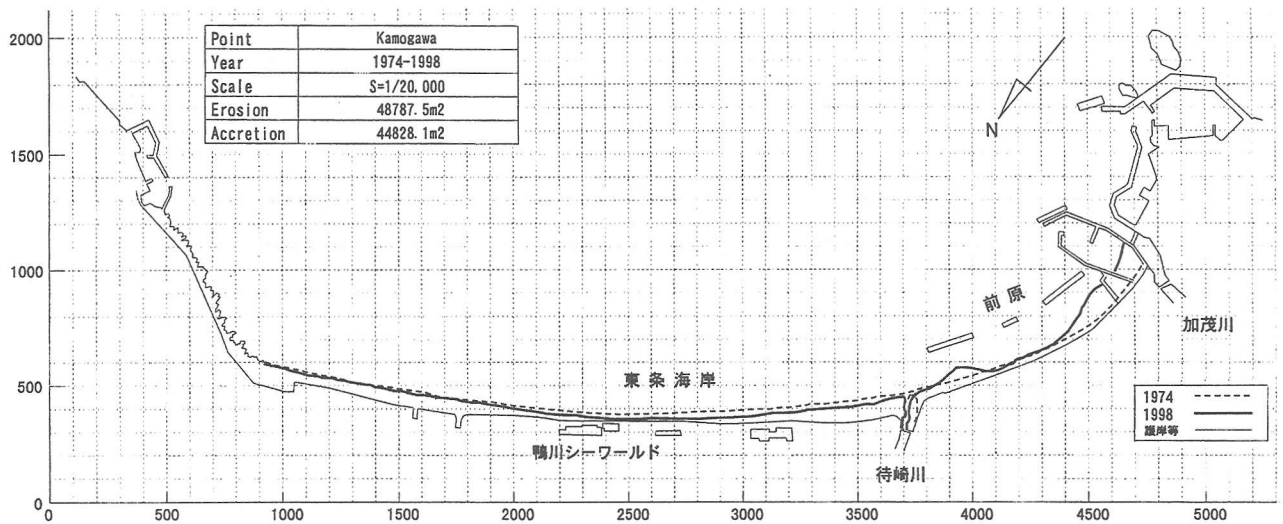


図-2 東条海岸の汀線変化（1974年 vs. 1998年）

4. 現地調査

1998年9月12日、海岸の現地調査を行った。以下では現地調査時に撮影した写真を整理して示す。

写真-4は東条海岸の北東端付近の前浜状況である。ポケットビーチの北東端に位置するため、写真中央から右側に見えるように海岸線には岩礁が露出しているが、その手前側にはかなり広い前浜が広がり、砂が堆積してバームが形成されている。また詳細に見

ると小高いバームの前面には最も高いところで約0.9mの浜崖が形成されている。この浜崖は沿岸方向に高さを減じている。写真-3に示したように、北東端は岩礁であって、沿岸漂砂の出入りのない固定境界であることを考慮すれば、この浜崖は主として南西方向への沿岸漂砂があったために形成されたと推定される。

ポケットビーチの中央やや東寄りに位置する鴨川シーワールドは保安林であった場所に各種施設が前

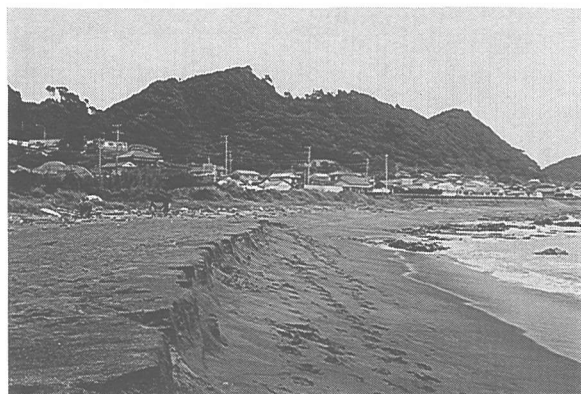


写真-4 東条海岸の北東端の海浜（浜崖の様子）



写真-5 鴨川シーワールド前面での護岸の災害復旧状況

出しする形で造られた。このため、もともと前浜が狭かったが、ポケットビーチ南西部における離岸堤等の施設の建設にともなって南西方向に沿岸漂砂が移動した結果、前浜がさらに狭まった。そこに1997年9月18, 19日に台風20号による高波が来襲したことにより、護岸が大きく破壊された。現地踏査時にはこれらの護岸の災害復旧工事が行われつつあった。

写真-5は災害復旧として緩傾斜護岸が建設されつつある状況を示している。また、写真-6は復旧が終わったばかりの緩傾斜護岸と工事区域との境界の状況である。矢板端部でフック状に汀線が後退し、浜崖が形成されている。

写真-7は、写真-6と同一の場所から南西方向に海岸線を望んだものである。既設の緩傾斜護岸の下部にかろうじて狭い前浜が残されているのみである。背後には民間施設が迫っており、施設と護岸天端の間には遊歩道がある。このため緩傾斜護岸は海浜地に突出している。緩傾斜護岸の勾配は1/4であるために、もともとあったわずかな砂浜はコンクリートで覆われた。緩傾斜護岸は積極的な沿岸漂砂制御効果は有しておらず、さらにのり先が汀線近傍にまで達しているため緩傾斜護岸上を波が遡上し易く、かなりの越波が生じる可能性が高いことが問題点として指摘できる。

写真-8は待崎川河口の左岸導流堤を西側から撮影したものである。写真に示すように導流堤の西側端部ではその背後に造られた駐車場を守るための捨石が流出し、散乱している。またこの付近は汀線付近



写真-6 新設護岸と護岸建設中の境界付近の海岸状況



写真-7 緩傾斜堤の前面にごくわずかに残された前浜



写真-8 待崎川右岸導流堤とその南西側での侵食状況

が全体に凹状になっている。突堤状に突出した施設の南西側で侵食が進んでいる点は、待崎川河口では南西向きの沿岸漂砂の存在を強く示唆する。

写真-9は駐車場用地を守るために設置されていた蛇かごの破壊状況を示す。この駐車場の上部では、台風20号時の高波浪による災害痕跡がそのまま残されていた。

写真-10は、駐車場を囲むコンクリート柵と、その海側に設置されていた蛇かごの状況を示す。蛇かごはねじけるようにして駐車場へと運び込まれている。写真の手前側では柵の変形が小さく前方ほど大きくなるのは、手前側は左岸導流堤による波の遮蔽域に入るためである。この駐車場はもともと海浜地に盛土により造られたものであり、その法線形を調べると周辺の海岸線に対して突出している。このため波浪に対して弱点となったと考えられる。



写真-9 破壊された蛇かご

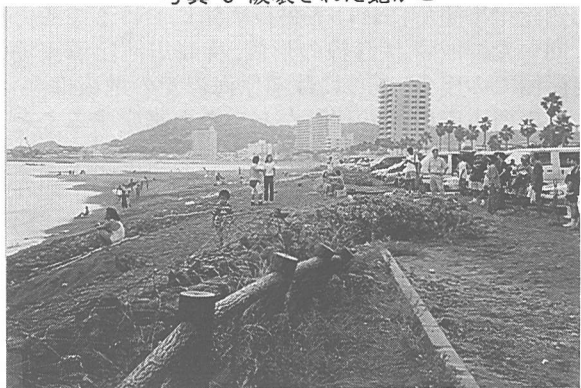


写真-10 1997年台風20号時の高波による破壊状況



写真-11 前原海岸から北東方向の海岸線を望む



写真-12 前原海岸からポケットビーチ南西部を望む



写真-13 鴨川フィッシャリーナの新設された防波堤



写真-14 鴨川フィッシャリーナ内での浚渫状況

写真-11は、前原海岸における南側の離岸堤背後付近から北を望んだ状況である。手前側の前浜の広さに対して、前方へと前浜幅は次第に狭くなる。これは手前側には離岸堤群や新設された防波堤があり、それらの堆砂効果が現れ、逆に開口部では侵食されて汀線が後退したことによる。写真-12は、写真-11と逆方向に鴨川フィッシャリーナ方面を望んで撮影したものである。この付近から新設の防波堤の付け根に向かって前浜はその広さを増す。ここでは離岸堤による波の遮蔽効果に伴う土砂堆積と同時に、斜めに伸びた防波堤の背後に波の遮蔽域が形成されて砂が堆積し、前浜幅が広がった。

写真-13は新設の鴨川フィッシャリーナの防波堤である。全体に「く」の字形をしているためにその背後は静穏となって堆砂が生じている。砕波帯内の波浪が静穏なことが鴨川シーワールド前面の波浪状況と比較して明らかである。

写真-14は、鴨川フィッシャリーナ港内における浚渫状況である。調査時には航路確保のための浚渫が

行われていた。

写真-15は、防波堤によって四方を囲まれた水域内に残された旧前浜である。計画によればこの付近は埋立地になる予定である。旧前浜上に土砂を投入して埋立地を造ることは容易であるが、その場合現在ここに存在する砂は波の作用で再び移動が困難な砂となってしまう、東条海岸や前原海岸から運び込まれた土砂の純損になる。ここに堆積した土砂だけではなく、汀線と直角方向に伸びた階段護岸の前面に堆積し、現在はその上部に植生の侵入の始まった後浜部分についても同様に砂を他の土砂と入れ替え、発生した土砂を海浜地に戻すことが望まれる。

この付近に堆積した土砂は、鴨川シーワールド付近から運ばれてきたものであることを考慮すれば、堆積土砂をそのままにする、ないしは埋立の基礎として使用する限りにおいて、東条・前原海岸の侵食は回復傾向になることはなく、じり貧状態となることは間違いない。



写真-15 防波堤に囲まれた水域内に残された旧汀線

5. 考察

東条海岸には加茂川と待崎川が流入しているが、加茂川は南側を鴨川漁港の防波堤により固定され、しかもその南側沖には岩礁群と防波堤が伸びているため、南側からの高波浪が遮蔽された区域に流れ込んでいる。このように島や岩礁、あるいは岬の背後から中小河川が海へ注ぐという特徴は、他の多くの海岸でも見られる共通的現象³⁾であって、その場合河口はかなり安定することが明らかにされている。このことから、加茂川河口もかなり安定していると言える。これに対して待崎川はポケットビーチの中央部に流入するために河口への漂砂の流入が著しく、河口が閉塞傾向にある。

空中写真による1966年から1998年まで約30年間の海岸線の変遷を調べると、東条海岸は1974年までは海岸線付近に規模の大きな消波施設のない自然海浜であったが、1995年ではポケットビーチの南端部を中心として各種施設の建設が進んだ。これらのうち海浜変形に最も大きな影響をもたらしたのは加茂川河口に隣接して建設された2基の堤長200mの離岸堤である。これらの離岸堤は背後の人家密集地を守るという理由で建設されたものであるが、離岸堤が建設された結果、その背後に規模の大きな舌状砂州が形成された。この舌状砂州は背後地への波浪侵入の防止を図る上で効果的であったが、ポケットビーチという閉じた漂砂系の端部で波の遮蔽施設が造られたために、北東側の海浜から砂を集めることになった。すなわち、人家密集区域を守る施設の建設が、周辺の自然海浜の侵食を助長したことになる。「人家密集区域の資産を守ることが重要であって、家屋がまばらな海浜は侵食されてもよい。」という考え方もあるかも知れない。しかし、現在では家屋がまばらな北部地域にも鴨川シーワールドなどの施設が立地している。そうだとすれば侵食によってこれらの施設が波浪による災害を受ける可能性が高くなったとして、その海浜を防護することは意味がないと言い切れなくなる。この場合、その地区を防護するという目的で新たに離岸堤などの消波構造物が建設されると、その隣接海岸では昔の自然海岸の時よりも災害ポテンシャルが増加し、結局、海岸線に沿って多くの消波施設が並んでしまうという危険性がある。

前原海岸での堆砂に対して、鴨川シーワールド付近を含む北東側の海浜は距離が十分離れているから、直感的に見て侵食の影響は及ばないと楽観視することも多いと考えられるが、全国の多くのポケットビーチ海岸で観測された事実は、そのような考え方が誤りであることを示している。ポケットビーチの一端における波の遮蔽構造物の建設に起因した汀線変動は、全体系に影響が及ぶことは注意されるべきであろう。

現地踏査時に得られた海岸の特徴のうち、ポケットビーチの北東端での浜崖の形成、鴨川シーワールド近傍の小河川河口での砂州の発達状況、緩傾斜堤の建設工事箇所における矢板裏側における南西方向を向いたフック状汀線の形成、待崎川河口導流堤の右岸側での侵食、さらには前原海岸での堆積は、いずれも南西方向の漂砂移動があったと推定することによって合理的に説明可能である。

このようにして砂が堆積した区域において現在鴨川フィシャリーナが建設されている。その建設の是非は別としても、離岸堤の建設によって堆積した前浜部分が埋立られれば、埋立部へ堆積した砂は波の作用により移動可能な砂ではなくなる。このことは、このポケットビーチにあった自然砂の減少を招く。前浜にたまった砂を隣接海浜に戻した上で、新たに埋立を行うのであれば周辺海岸における侵食被害は少ない。建設コスト上そのような行為の実行は困難と考えられるが、一考に値すると思われる。

東条海岸の中央部には1966年当時松林が広がっていたが、この区域において鴨川シーワールドなどの施設が建設され、それらの施設を守るために海側に海岸護岸が造られた。このことは、たとえ汀線の後退がなかったとしても、相対的に見れば砂浜幅が減少してきたことを意味する。そしてもともと自然海岸の有していた緩衝作用の減少につながっている。自然海浜の汀線は変動するが、一時的に汀線が後退した場合、汀線のごく近傍に施設が並んでいると汀線後退を許容できず、したがって施設を守ろうとする行為がしばしば行われる。しかし、いずれ自然の作用で回復が起こる場合でも、緩傾斜護岸などのかかり規模の大きな人工構造物を設置してしまうと、その存在自体によって海浜の回復を妨げてしまうことも多い。この点は、現在のわが国における海岸保全のあり方について基本的問題を提起していると考えられる。

参考文献

- 1) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，p. 442, 1997.
- 2) 三波俊郎・芹沢真澄・古池 鋼・宇多高明・鱈谷純夫・高野泰隆・大木康弘・賀上裕二・神田康嗣・五十嵐竜行：閉じた漂砂系での離岸堤設置に伴う周辺海岸での海岸侵食とその防止策の検討，海洋開発論文集，第15巻，pp. 535-540, 1999.
- 3) 宇多高明・酒匂敏次・野村光寿：ポケットビーチに流入する中小河川の河口位置の決定メカニズムと河口処理，水工学論文集，第41巻，pp. 863-870, 1997.