

人為改変による砂浜消失 -千葉県船形漁港周辺海岸の例-

BEACH EROSION TRIGGERED BY ANTHROPOGENIC FACTORS-EXAMPLE OF FUNAKATA COAST IN CHIBA PREFECTURE

菅原裕介¹・小林昭男²・宇多高明³・酒井和也⁴・黒澤祐司⁵

Yusuke SUGAWARA, Akio KOBAYASHI, Takaaki UDA,
Kazuya SAKAI and Yuji KUROSAWA

¹株式会社レオパレス21 (〒164-8622 東京都中野区本町2丁目54番11号)

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ぎ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 東京都台東区台東1-6-4 タカラビル)

⁴正会員 修(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)

⁵日本大学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)

Beach erosion triggered by anthropogenic factors was investigated on the Funakata fishing port coast in Chiba Prefecture. On this coast, sand has been supplied from Daibu Point west of the coast, but groins were built upcoast, causing erosion downcoast due to decrease in longshore sand supply. As a measure, another groin was built. A wave shelter zone was formed by the extension of this groin, and further downcoast erosion occurred, requiring the construction of a seawall and a detached breakwater to protect the coast. It is shown that the formation of an artificial coastline is due to the misunderstanding of littoral drift at the initial stage.

Key Words: *Anthropogenic factors, Funakata coast, shoreline changes, erosion*

1. まえがき

1980年代以降, わが国の多くの海岸では自然海浜が消失し, 構造物で囲まれた無機質な人工海岸へと変わってきた。人工化された海岸では, その原因を深く考察し, 根本原因を見定めて再発防止を図ることが必要と考えられるが, 「なぜそのような姿になったか?」の疑問が解かれることも少なく, そのまま放置される例が多い。多くの海岸では意図して海岸の人工化が図られたわけではなく, 過去のある時期になされた工事の影響が海岸線に現れ, その対策として別の人工物が造られ, それらの影響が連鎖することによって人工化が進んだ例が多く見られる。このような現象は過去にのみ起きたことではなく, 海浜変形の原理を十分理解せずにおけば, 現在から将来にもまた起こりうることである。この種の海浜変形の例は多くあるが, 本研究では千葉県房総半島先端部に近い多田良漁港西浜地区と船形漁港周辺地区での実例をもとに考察する。

2. 研究対象区域の長期汀線変化

研究対象地は, 図-1に示すように千葉県房総半島の先端部に近い船形漁港周辺地区である。館山市の下原漁港や船形漁港(南部)周辺(図-1の破線区域)では星上ら^{1) 2)}による研究があるが, 本研究では星上ら²⁾の研究対象地の北西側区域(図-1の矩形区域)を対象とする。研究対象地は図-1に示したように館山湾を南に望み, 北端の大房(だいぶ)岬から船形漁港まで, 東ないし南東方向に伸びる延長約2.0kmの海岸線である。館山湾は南端を洲崎によって区切られているため, この付近への入射波は主に相模灘から東向きに入射する波と, 浦賀水道を通過して北北西方向から入射する波である。

対象区域全体における漂砂特性を調べるために, 図-2には1974年と2008年における対象区域の空中写真を示す。1974年は自然状態にあった当時の海岸状況を示す。西端にある大房岬が南向きに突出し, その東側に2段のフック状海岸線が延びていた。フッ

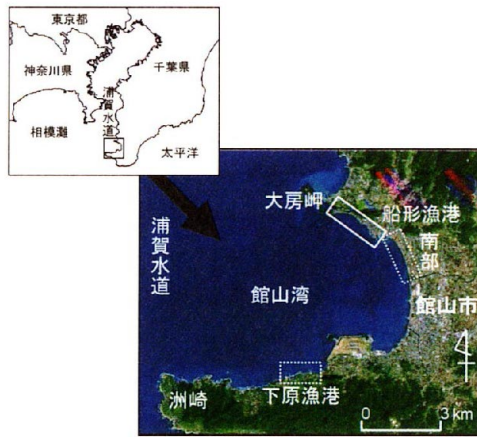


図-1 研究対象海岸の位置

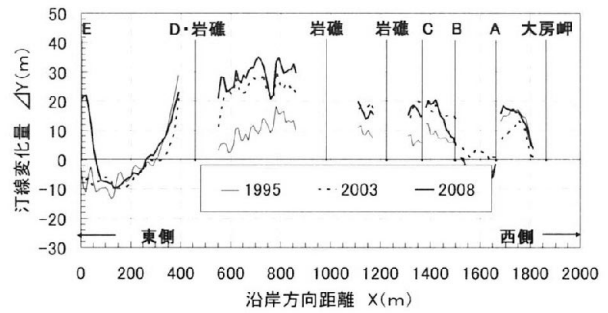
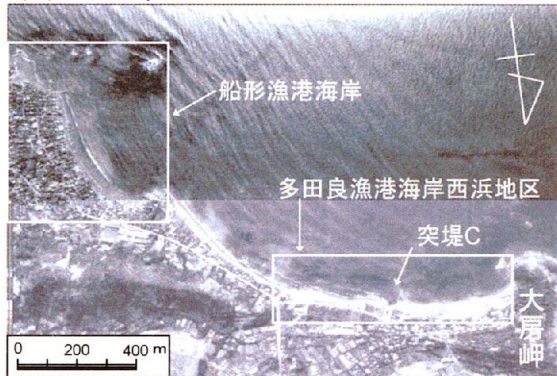


図-3 1974年基準での1995,2003,2008年までの汀線変化

(a) 1974年



(b) 2008年

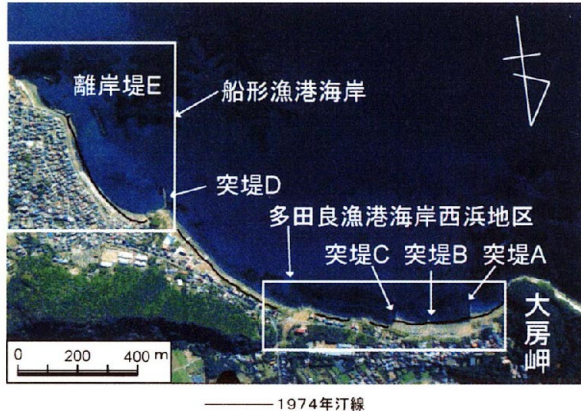


図-2 1974年と2008年における対象海岸の空中写真

ク状海岸線のうち、西側は多田良漁港西浜地区、東側は船形漁港海岸と呼ばれている。またフック状海岸線の形成状況から、この海岸における沿岸漂砂の卓越方向はほぼ東向きと推定される。さらに西端の大房岬と東端の船形漁港の沖合には広い露岩域がある。またフック状海岸線の沖にも所々露岩域が広がっている。

2008年には、海岸には各種構造物ができた結果、海岸線形状に大きな変化が現れた。図には1974年の汀線を併せて示すが、大房岬の東側には突堤A,Bが新設された。突堤Cは1974年当時にも存在したが、

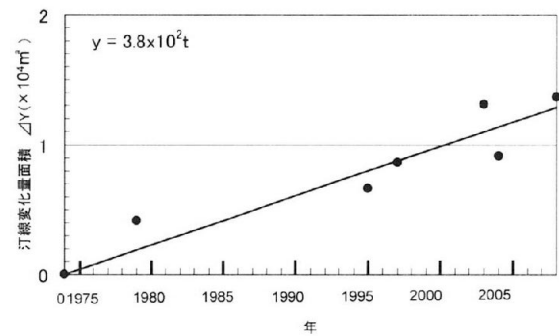


図-4 海岸面積の経年変化

突堤A,Cでは突堤西側で汀線が大きく前進し、それに見合った汀線の後退区域が見られないことが特徴である。また突堤Cの東側にある露岩域の背後、および新設された突堤Dに至る区間全体で汀線が大きく前進している。この場合もまた汀線はネットで前進しており後退域が見られない。このことは、大房岬が沿岸漂砂の固定境界ではなく、岬を超えて東側に流入する沿岸漂砂があったことを示す。船形漁港海岸にあっては、突堤Dと南端に造られた離岸堤Eによる波の遮蔽域では砂が堆積したが、残りの区域では汀線が後退傾向を示す。

図-3は1974年を基準とした1995, 2003, 2008年までの汀線変化を示す。図には突堤A～Dと離岸堤E、および岩礁区域を示す。西側から順に特徴を調べると、突堤Aでは1974年までに突堤の西側を中心に汀線が前進したが、1995年から2008年の間の変化は少ない。突堤A,B間も汀線変化は小さい。しかし突堤Cの西側では汀線が大きく前進しており、西側から漂砂供給があったことを示す。同様な傾向は突堤Dの西側域でも顕著であり、汀線の前進が著しい。対象区域への漂砂供給源は西端の大房岬を通過する以外ないので、対象区域の砂浜面積の増加は、大房岬方面から漂砂が供給されたためと考えられる。一方、船形漁港海岸にあっては、西端に突堤Dが伸ばされ東向きの沿岸漂砂が阻止されて東側海岸への砂の供給量が減少すると同時に、突堤Dによる波の遮蔽効果が発揮されて海浜変形が起こり、自然海浜のままの形態

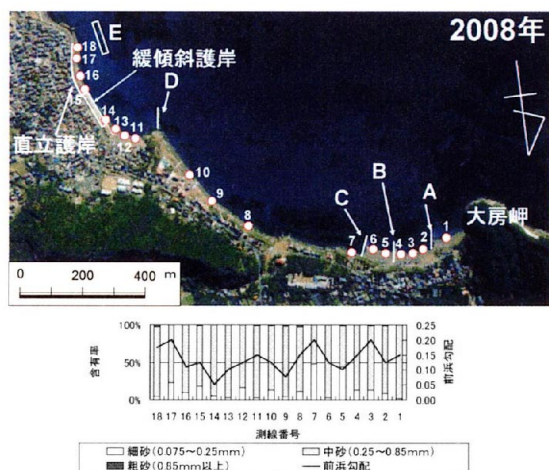


図-5 前浜勾配と粒度組成

を保つことができなくなったことがわかる。

図-4は、1974年を基準として各年の汀線変化から算出した突堤D以西における前浜の増加面積を示す。前浜面積の増加量が図示する直線で近似できるとすれば、その変化割合は $380\text{m}^2/\text{yr}$ となる。この地区では深淺測量が行われていないので海浜縦断形変化は不明であるが、汀線付近に軟岩が露出している状況は同じ岩質を有する三浦海岸と同様なので、三浦海岸で推定された漂砂の移動高 2m^3 をそのまま用いて上記の値に乗じると、大房岬方面からの沿岸漂砂の供給量は $760\text{m}^3/\text{yr}$ 程度であったと推定される。さらに、図-5には実測の前浜勾配と前浜砂の粒度組成を示す。対象区域の前浜勾配はほぼ1/10であり、細砂をわずかに含んだ中砂からなる海岸である。

3. 現地踏査による多田良海岸の漂砂調査

2008年11月29日、対象地域の海岸を踏査した。踏査区域の西端より北側では海蝕崖を有する大房岬が伸びているが、この海蝕崖の東側端部を基点として東に向かい次第に南下しつつ踏査を行った。

図-2に示したように、大房岬の東側にはフック状汀線が形成されているが、この汀線は図-6のように突堤Aを境に段差を有し、東側が後退している。このことは突堤A付近では東向き沿岸漂砂が卓越していることを示す。詳細に観察すると、突堤Aの付け根部分の天端高はバーム高と等しく、天端上に砂が堆積していることから、沿岸漂砂の一部は矢印で示す越流とともに下手側へと移動可能である。図-7は突堤Aの下手側にできた比高0.9mの浜崖であり、突堤の基部が侵食されて根固め捨石が露出し、さらにこの浜崖は突堤から東向きに離れるに従い比高が下がる。これより東向き沿岸漂砂の卓越が明らかである。図-8は突堤Aの東約130mにある突堤Bの状況である。突堤Bの西側直近では砂が堆積しバームが



図-6 突堤A付近の汀線状況



図-7 突堤Aの下手側に形成された浜崖



図-8 突堤Aの東約130mにある突堤Bの状況



図-9 突堤B上での砂の堆積

形成されている。この場合も突堤Bは完全に沿岸漂砂を阻止しておらず、突堤の付け根の天端高が隣接海浜のバーム高より低いために、遡上波の一部が突堤の背後を通り過ぎて東側へと流れ落ち、その際砂も運ばれている。図-9のようにコンクリート上に西側から砂が被さっていることから西側から砂が運ばれてきていることがよく分かる。

突堤Bの東約100mに1974年当時から存在した突堤Cの左右岸における堆積状況の差異を図-10に示す。突堤Cの西側では天端近くまで砂が堆積しているのに対し、突堤東側では砂浜は全くなく岩盤が露出し

2008.11.29



図-10 突堤Cの左右岸における堆積状況の差異

2008.11.29



図-11 岩盤の東側隣接部に形成されていた浜崖

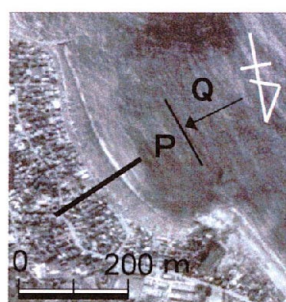
ている。このことは突堤Cの沿岸漂砂阻止能力が突堤A,Bと比較して高く、東向きの沿岸漂砂を長い年月阻止してきたことを意味する。ただバーム高と天端高の差が小さいことから、高波浪時の越波時には突堤A,Bと同様な機構による漂砂の流出が起こると推定される。突堤Cの東側では広く岩盤が露出しているが、岩盤の東側は再び砂浜となる。図-11は岩盤の東側隣接部に形成されていた浜崖を示す。端部で比高が1.4mで、東側に比高が低下している。海浜植生の根が多数露出していることから最近侵食されたことが明らかである。浜崖の高さは岩盤から東向きに離れるに従い次第に低下し、消失する。このことからこの浜崖は東向きの沿岸漂砂の卓越した条件のもとで形成されたことがわかる。

4. 船形漁港海岸の海岸変遷の詳細分析

(1) 空中写真による変遷調査

船形漁港海岸では図-2, 3に示したように、過去のフック状汀線を有する海岸において、北端に突堤と、南端に離岸堤が造られた結果、両者による波の遮蔽域には砂が堆積する一方、それらの間では砂が削り取られて汀線が大きく後退した。その上汀線後退の著しい中央部では緩傾斜護岸が造られたため自然の砂浜はほとんど消失した。図-3は1974～2008年の長期的変化を理解する意味では役立つものの、変化過程は十分明らかではない。そこで1974～2008年の空中写真のうち構造物が造られた時期の写真を全て抽出し、海岸の変遷を詳細に調べた。図-12には緩傾斜護岸の建設経緯と合わせて7時期の空中写真を示

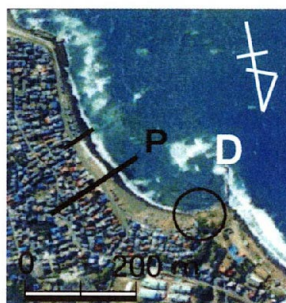
(a) 1974年



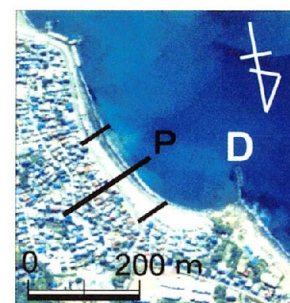
(b) 1979年



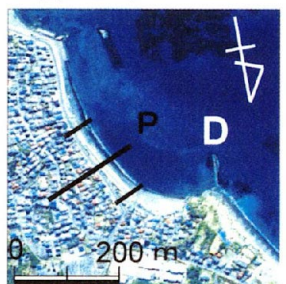
(c) 1995年



(d) 1997年



(e) 2003年



(f) 2004年



(g) 2008年

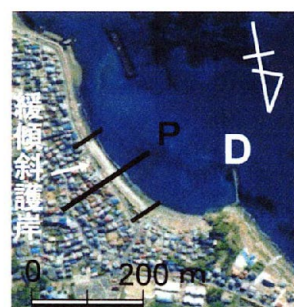


図-12 船形漁港海岸における緩傾斜護岸の建設経緯と合わせた7時期の空中写真

す。

1974年は自然海浜のままであった。南部の岩礁での回折波を無視し、フック状汀線の直線部との対応を考えると、波峰線形状から卓越波はほぼQ方向(N75°E)から入射していたと推定される。その後、1979年までには北端に突堤Dが建設された。この突堤はQ方向からの入射波に対して東側隣接部に波の遮蔽効果を発揮した。1979年にはその影響はまだ顕在化していなかったが、1995年までには南部で汀線

が後退し、浜幅がほぼ0となると同時に、突堤Dの東側隣接部では汀線が前進するという、汀線の反時計回りのrotationが生じた。遮蔽域での汀線の前進状況は、(b), (c)に○印で示すように、従来岩の付け根にあった汀線が岩の前まで前進したことから見て取れる。このように突堤Dによる影響が出たために、1995年には南端部の消波堤と、中央部の緩傾斜護岸88mが造られた。

突堤Dによる波の遮蔽域への砂の堆積は1997年も継続する一方、中央から南部では汀線の後退が続いた。この間、緩傾斜護岸は191mまで伸ばされた。緩傾斜護岸は沿岸漂砂の制御効果を持たないことから、海浜変形はそのまま継続した。2003年までには南端部沖に離岸堤が建設され始め、長さ20m分が完成した。突堤Dによる波の遮蔽効果によって砂が北向きに流出し、浜幅が狭まって護岸に沿って走る道路への越波が問題となった結果、消波対策が必要となり離岸堤も建設されることになったものである。その後2004年には離岸堤は80mまで伸ばされ、その背後で波の遮蔽効果が発揮され始めた。2008年までに離岸堤は全100mが完成し、その背後に舌状砂州が形成された。これに要する砂は緩傾斜護岸の南端部付近とその南側隣接部から運び込まれた。両端に構造物を建設すれば、それらによる波の遮蔽効果が中

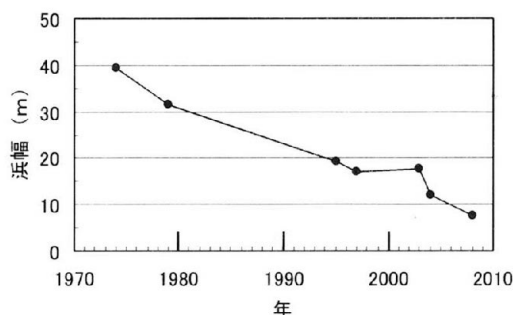


図-13 緩傾斜護岸中央部の浜幅の変化

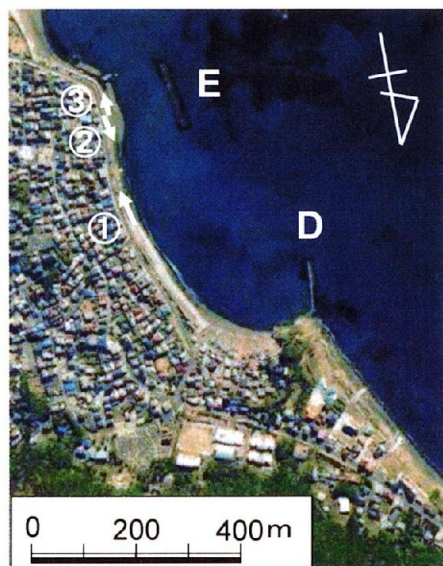


図-14 現地写真の撮影位置と方向 (①から③の矢印)

央部に及んで汀線の曲率が大きくなるという現象が起こるにもかかわらず海浜の中央部では緩傾斜護岸が直線状に延ばされた結果、中央部が直接波に曝される条件となり、1974年当時の自然海浜は失われた。図-13は緩傾斜護岸の中央を通る測線Pに沿う浜幅の変化を示す。浜幅は1974年には40mもあったが、その後汀線の後退および緩傾斜護岸の建設に伴って2008年には7mまで狭まったことが分かる。

(2) 現地踏査に基づく現場状況の確認

船形漁港海岸の現地状況の変遷については2001年から2008年の間に数回の現地踏査を行って調べた。

図-14には現地写真の撮影位置と方向を①から③の矢印で示す。緩傾斜護岸の南端から①のように撮影したのが図-15(a), (b)である。8月14日にはその上部に植生帯を載せた後浜があったが、11月29日には侵食されて浜崖が形成された。浜崖の比高は1mである。緩傾斜護岸は沿岸漂砂に対する固定境界となり、そこで沿岸漂砂量が0となる。その南側で浜崖が形成されている点は、この浜崖が南向きの沿岸漂砂によって形成されたことを示す。

図-14に示すようにこのフック状海岸の南端沖には離岸堤Eが設置され、また護岸前面には消波堤も設置されている。図-16(a), (b)は、この消波堤の背後から②の向きに撮影した海岸状況である。2001年には消波堤の北端の汀線は大きく後退し、護岸の根固めが露出していた。しかし2008年8月14日までに離岸堤による波の遮蔽効果によって砂が運び込まれ、この付近で大きく前浜が広がった。図-17は11月29日の状況であるが、離岸堤背後には舌状砂州が形成されていた。しかし直立堤防と消波工の間では



図-15 緩傾斜護岸の南端部での海岸状況の変化



図-16 海岸東端での海浜状況の変化

大量の砂が流れ込み堆積しているのが見出された。緩傾斜護岸周辺では侵食され、浜崖が形成されていたが、この侵食によって発生した砂は南向きの沿岸漂砂で離岸堤背後へと運ばれ、その際消波工と直立護岸の間の空間を埋めたことが分かった。図-18は直立護岸上から砂の堆積状況を③の向きに撮影したものであるが、消波工と直立護岸の開口部から砂が運び込まれたことがよく分かる。

5. まとめ

船形漁港海岸ではもともと大房岬方面からの沿岸漂砂の供給があり、それが東向きに流れるという漂砂環境にあったが、西端に突堤Dが建設されて沿岸漂砂が阻止され、同時に突堤による波の遮蔽効果が下手側海浜に及んで侵食・堆積が起きた。汀線後退域では当時の汀線を確保する形で緩傾斜護岸が直線的に伸ばされたが、その後も続く侵食により護岸が波に曝されるようになった。また南部では侵食に伴って道路への越波が増したため、新たに離岸堤も建設された。しかしこの離岸堤背後へと再び沿岸漂砂が吸い込まれたことにより、中央部海浜はさらに侵食されるという悪循環が起きた。さらに南端の離

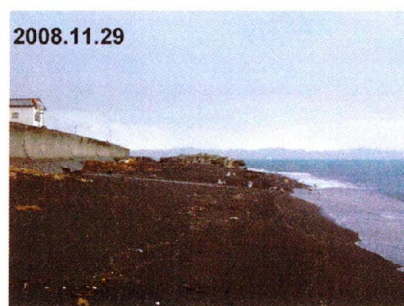


図-17 東端の離岸堤背後における堆砂



図-18 消波堤背後における堆砂

岸堤の背後では消波工と直立護岸間に砂が吸い込まれ、そこで固定されてしまっていることも判明した。ここに吸い込まれた砂礫は堆積したまま元には戻ることができないために、北側隣接域の緩傾斜護岸の端部以南の区域の侵食を助長し、海浜の安定化を妨げる要因となっている。この区域の海岸の人工化は以上の経過を経て進んできている。今後の越波防止や侵食対策を検討する場合にはこれらの点を十分考慮した計画とすることが望まれる。

参考文献

- 1) 星上幸良・熊田貴之・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼：館山湾に位置する船形漁港周辺の海浜変形，海洋開発論文集，第18巻，pp. 473-478，2002.
- 2) 星上幸良・小林昭男・宇多高明・三浦正寛・熊田貴之・三波俊郎：波の遮蔽構造物建設に伴う周辺海岸での侵食・堆積を未然に防ぐ手法に関する考察-館山市下原漁港を例として-，海洋開発論文集，第19巻，pp. 481-486，2003.
- 3) 岩瀬光平・小林昭男・宇多高明・石川仁憲・野志保仁・清水達也：人為的要因による北下浦海岸の侵食と三浦海岸の堆積，海洋開発論文集，第24巻，pp. 1333-1338，2008.