

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

BEACH EROSION INDUCED BY CONSTRUCTION OF DETACHED BREAKWATERS
IN A POCKET BEACH OF A CLOSED LITTORAL CELL
AND ITS PREVENTIVE MEASURES

三波俊郎¹・芹沢真澄²・古池 鋼¹・宇多高明³・鱈谷純夫⁴・
高野泰隆⁵・大木康弘⁴・賀上祐二⁴・神田康嗣⁶・五十嵐竜行⁶

Toshiro SAN-NAMI, Masumi SERIZAWA, Kou FURUIKE, Takaaki UDA, Sumio NAMASUYA,
Tairyu TAKANO, Yasuhiro OHKI, Yuji KAGAMI, Yasutsugu KANDA and Tatsuyuki IGARASHI

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

² 正会員 海岸研究室 (有) (同上)

³ 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)

⁴ (株) 水圏科学コンサルタント (〒 145-0064 東京都大田区上池台 1-14-1 明伸ビル)

⁵ 正会員 (株) 水圏科学コンサルタント (同上)

⁶ 正会員 (株) エムエーシー (〒 134-0088 東京都江戸川区西葛西 6-9-12 第三吉野ビル)

Beach erosion induced by construction of detached breakwaters in a pocket beach of a closed littoral cell was investigated taking the Ariake-Takahama coast facing the Pacific Ocean in Ibaraki Prefecture as the example. In order to protect houses against wave overtopping 8 detached breakwaters were built on this coast. This caused longshore sand movement toward the wave calm zones behind the detached breakwaters, whereas south beach was severely eroded by this sand movement. Advance of coastal forest and construction of sea dike to protect this forest further accelerated narrowing the sandy beach. Four measures to prevent this phenomenon are proposed and compared.

Key words: Beach erosion, field observation, detached breakwater, pocket beach, Ariake-Takahama coast

1. まえがき

全国各地の海岸では高潮対策や侵食対策の一環として古くから離岸堤が造られてきた。これらはそれらの施設の陸側にある生命・財産を波浪災害から守るために設置されるものであり、したがって主として人家が連なる区域において重点的に建設されてきた。一方、海岸保安林としての松林も保全の対象となり、農地海岸として保全が進められてきている。そのほか漁港工事や港湾工事も各所で進められている。これらはそれぞれの保全や開発上の目的を達成する上では合理性を有しているが、両端が岬などによって囲まれたポケットビーチなどでは各工事の影響が周辺区域全体に及び、ポケットビーチ全体としての調和を失う方向に向かってしまうことがしばしばである¹⁾。このような問題は、海岸における個々の工事を越えた全体的なマスタープランを持たない限り解決は難しい。ここでは閉じた漂砂系内における離岸

堤群の建設と保安林の防護の関係について、茨城県の有明・高浜海岸を例として具体的な考察を行う。この海岸における現地踏査は1998年6月7日に行った。現地踏査時の写真とともに、1993年撮影の空中写真も参考としてこのような根本問題について考察し、本来のあるべき海岸保全について論じる。

2. 空中写真の判読

写真-1には1993年撮影の海岸線全線の空中写真を示す。この空中写真より海岸線状況をまず調べてみる。写真に写された海岸線の全長は約6kmであり、海岸線はほぼ南北方向に伸びている。南端が鵜の岬、北端が高戸崎である。海岸線には北から順に、関根川(流域面積38km²)、花貫川(65km²)、小石川(20km²)の2級河川が流入している。関根川は高戸の岩礁の南側約400mに、関根川河口の南約2.1kmには花貫川が、さらにその南約



写真-1 茨城県北部高戸～鵜の岬間の海岸線の空中写真（1993年撮影）



写真-2 鵜の岬の海食崖

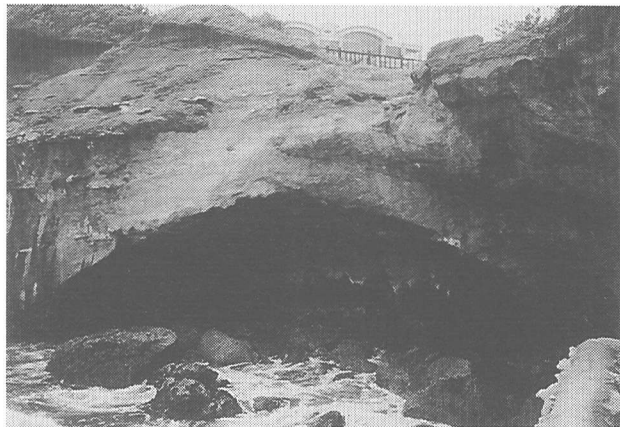


写真-3 鵜の岬の海食崖に形成された海食洞

1.3kmには小石川が流入している。空中写真からいくつかの特徴を拾うことができる。

第一に、花貫川河口南側地区には飛砂防備保安林が集中していることである。この付近の海岸では冬季に北風が卓越している。このため、南北に伸びた海岸線に沿って南下する方向の飛砂が発達し易い。しかも詳細に見ると、海岸線方向が花貫川河口付近を境にそれより北側ではN20°Eであるのに対し、花貫川河口以南ではN5°Eと変化しており、花貫川河口より南部では海岸線から内陸へと飛砂が侵入し易い条件下にある。さらに流入河川のうち規模の大きい2河川が保安林区域の北側に位置することなどが上記の原因と考えられる。これに対して花貫川河口から北側は人家の密集地域となっている。南部の海岸砂丘の背後は低地である。またこの低地の陸側には海水準が高い時代に形成された海食崖が伸びている。

第二に、海岸の南部と北部には離岸堤群が設置されていることである。南端の鵜の岬には2基の離岸堤が設置されているのに対し、花貫川河口より北側には7基が設置され、さらに建設中の1基が見える。これらの離岸堤群の背後にはいずれも緩やかな形で舌状砂州が形成されている。また北部の離岸堤群背後に形成された前浜の規模を比較すると、北側ほど前浜が広い傾向が見られる。離岸堤背後における前浜が相対的に広いのに対し、花貫川河口から鵜の岬の北側に隣接する離岸堤群の間での前浜幅は相対的に狭い。とくに小石川河口から南側に700mの間での前浜幅は約25mと非常に狭い。一方、小石川河口のすぐ北側には岩礁が一部観察され、そこではその消波効果によって相対的に前浜が広がっている。



写真-4 鵜の岬から伊師浜海岸を望む

3. 海岸の現地踏査

有明・高浜海岸の現地踏査は、調査対象区域の最南端に位置する鵜の岬から北向きに行った。以下では現地踏査と同じ順に海岸状況を整理する。まず写真-2は鵜の岬の海食崖である。鵜の岬は太平洋に突出しており、写真-1に示すように岬南部の海浜と北部の海浜の海岸線はこの地点で不連続になっている。このことはこの岬が沿岸漂砂の移動を阻止する固定境界となっていることを意味している。写真-2に示すように鵜の岬では標高20～30mの海食崖が形成されている。主として砂岩・泥岩の互層となっている。海食崖の基部に砂浜は存在せず、海食崖が崩壊した際生産された岩石塊が基部を埋めている。写真-3は、写真-2の北側隣接部に形成されている海



写真-5 伊師浜海岸の展望台周辺の洗掘状況



写真-7 海岸防災林を防護するための海岸堤防（土堤）

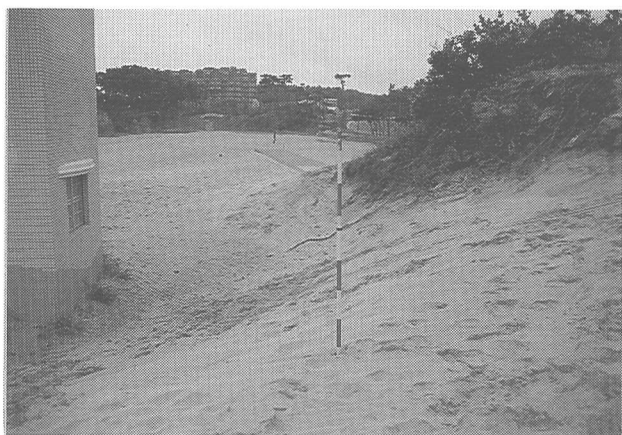


写真-6 展望台の側面の洗掘と背後の砂丘

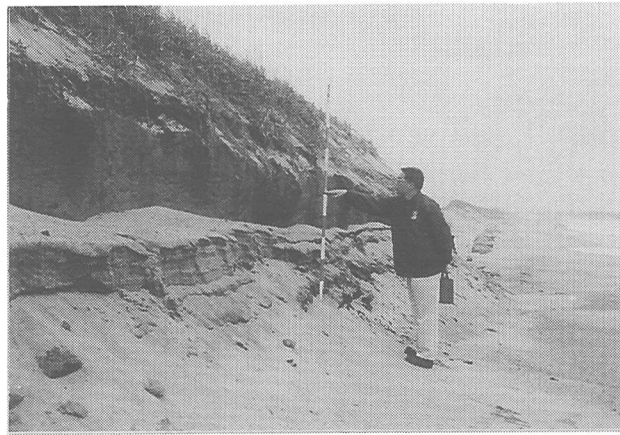


写真-8 海岸堤防の侵食状況

食洞の状況である。アーチ状に大きな海食洞が形成されており、その奥行きは目視ではあるが数十mはあった。

鵜の岬の北側には伊師浜海岸と呼ばれるきれいな砂浜が広がっている。写真-4は鵜の岬から伊師浜海岸を北向きに望んだものである。風化花崗岩砂（マサ）からなる砂浜が広がっている。この付近の海底勾配はかなり緩やかであることが広い碎波帯の状況から読みとれる。また写真中央より右側の沖合には離岸堤が写されている。一方写真の左側には砂丘が黒々と写されており、さらに左端には展望台が見える。この展望台の周辺では、この付近の海浜変形に飛砂が重要な作用を及ぼしていることが観察された。

写真-5は展望台を北側から撮影したものである。四角い展望台の周辺には飛砂の作用により洗掘が生じている。展望台の北側で大きく掘れ、側面では穴の深さが次第に減少する。そして展望台の裏（南）側では逆に砂が堆積している。このことは、この展望台付近では北風による飛砂が著しいことを明瞭に示している。展望台とその西側に位置する砂丘の関係を示すのが写真-6である。砂丘へと細砂がうずたかく堆積し、砂丘斜面へと続いている。

以上のように伊師浜海岸では飛砂が卓越し、それに伴って砂丘の発達が著しかったことが明らかである。砂丘の発達状況は写真-1に示した空中写真からの判読結



写真-9 決壊した海岸堤防の断面

果と調和的である。このような飛砂を防護するために海岸線に沿って保安林があるが、その保安林を守るために砂丘の前面に海岸堤防（土堤）が1996年に造られている。写真-7は海岸堤防上から北向きに海岸線を撮影したものである。海岸堤防の海側にはコンクリート護岸が造られている。この堤防に沿って北向きに移動すると前浜幅は次第に狭くなり、やがて写真-8に示すように海岸堤防の表のり面が波の作用で削りとられ、海岸堤防（土堤）のコアが露出している。この位置よりさらに北側では、写真-9に示すように海岸堤防は完全な決壊状況を呈していた。激しく侵食を受けた場所では碎石が敷かれ、仮設道路が造られていたが、その背後の保安林が削り取られ



写真-10 決壊した海岸堤防背面の松林の被災状況

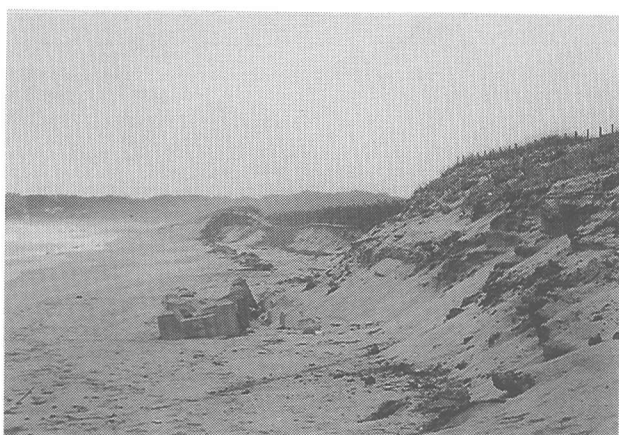


写真-13 激しい侵食域を北側から望む



写真-11 決壊した海岸堤防の全景



写真-14 小石川河口の南側隣接部で観察された浜崖



写真-12 海岸堤防の北側部分におけるのり面の侵食状況

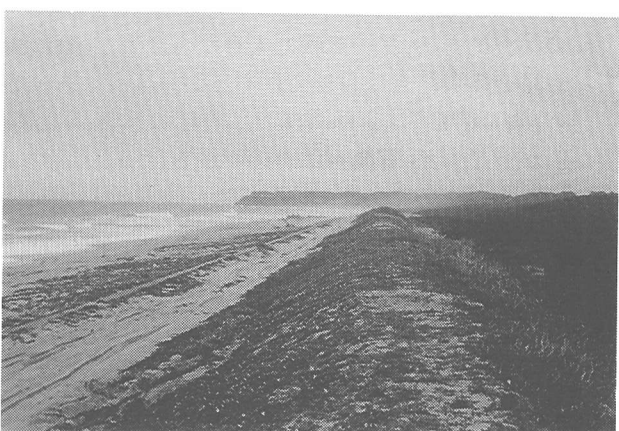


写真-15 海岸堤防とその背後の保安林

ている状況が観察された。その状況を撮影したのが写真-10である。さらに、写真-11は著しく侵食された区域の全体状況を示す。延長数百mにわたって海岸侵食が進んでいる。写真-11の撮影地点のすぐ北側でも写真-12のように高さ3m以上の浜崖が形成されている。しかしそこから北側では写真-13に示すように浜崖の高さは次第に低くなっていく。

以上の浜崖侵食の著しい区間を過ぎると、侵食状況は弱まる。しかし、写真-14に示すように小石川河口の南側隣接部では汀線付近に低い浜崖が形成されていることから分かるように、海浜は全体として侵食傾向にあった。写真-1にも示したように、花貫川河口から南西に約

400mには矢印で示すように小高い「いぶき山」が海岸線近傍にある。この山付近の海岸線状況を写真-15に示すが、この付近の海浜は比較的安定しており、海岸堤防(土堤)の上部も植生で覆われている。写真-16は花貫川河口から南側の海浜を撮影したものである。写真撮影時にこの付近は堆積傾向にあり、パームの形成が見られた。写真-17は、河口の北側の海浜状況である。この前面には写真-1の撮影された1993年当時には離岸堤がなかったが、現地踏査時には離岸堤が設置されており、関根川河口から花貫川河口までの範囲で合計8基の離岸堤が設置されていた。これらの離岸堤の背後ではいずれも舌状砂州が発達し、海浜は安定状況にあった。



写真 - 16 花貫川河口から南部の海岸線を望む

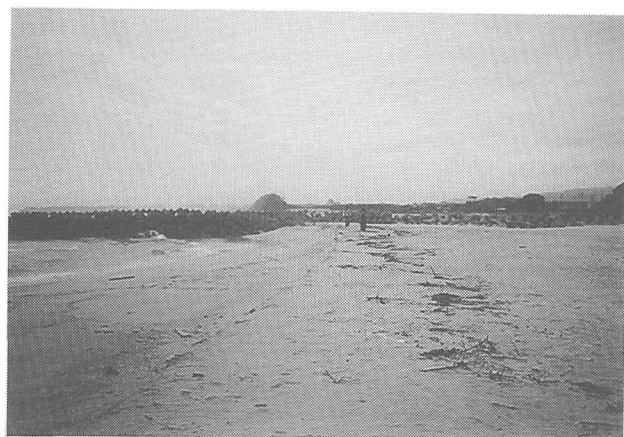


写真 - 17 花貫川河口の北側隣接部の状況

4. 考察

太平洋に東面する有明・高浜海岸は、南北両端を比較的規模の大きな岬で区切られており、これらの岬によって沿岸漂砂の移動が阻止されている。漂砂系としての海岸線延長は約6kmである。有明・高浜海岸の北約9kmに位置する大津漁港周辺での波浪観測によれば、海岸への入射波向は季節変動を有しており、海岸線への法線に対して時計・反時計回りの方向から入射する²⁾。これに併せてサイクリックモードの汀線変化が見られる。高萩海岸と大津漁港付近の海岸線はその走向角がそれぞれN13°E、N22°Eとほぼ同一であり、また両者は互いに近接することから、高萩海岸でもほぼ同様な入射波条件にあると考えられる。したがって高萩海岸は一方向の沿岸漂砂が卓越する海岸ではなく、岬間でサイクリックモードを有する汀線変動が繰り返される海岸と考えられる。

この海岸のほぼ中央より北側の、家屋密集地域に8基の離岸堤群が建設された。離岸堤は消波効果を有するから、背後の家屋密集地域への越波災害の軽減にはそれなりの効果を有している。また、消波効果は堆砂効果を持つことと同義語であるため、離岸堤群の背後には砂が堆積して広い前浜が形成された。前浜の拡幅はこの区域にとっては歓迎すべきことがらである。しかし閉じた漂砂

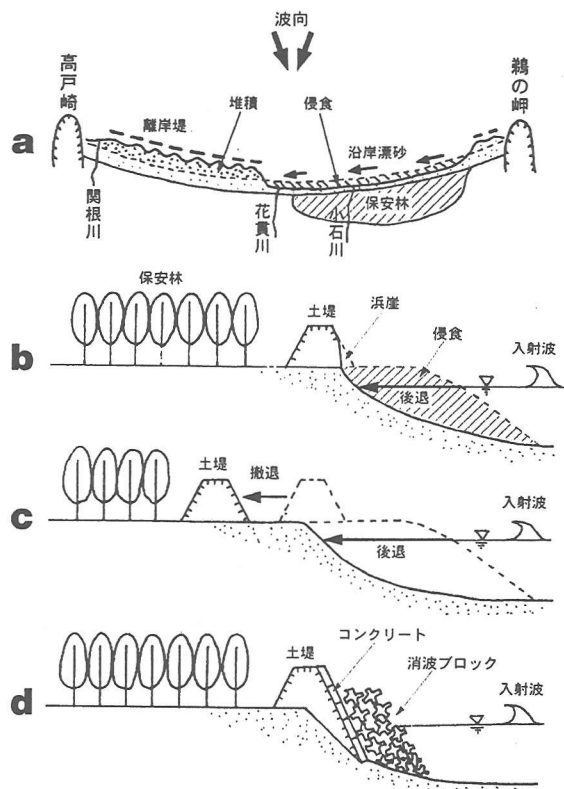


図 - 1 海岸侵食の模式的説明

系の北側部分で離岸堤群の建設が集中的に進んだことは、波の入射方向が変動して北向きの沿岸漂砂が生じる条件下で花貫川河口南側の海岸から北側へと沿岸漂砂が移動し、離岸堤群の背後に堆積したことを意味する。当然の帰結として、花貫川河口より南部の海浜は侵食傾向となる。以上の地形変化は図-1aに要約される。このようにして離岸堤群のない小石川河口から伊師浜海岸の間での侵食が激しくなったと考えられる。花貫川河口には導流堤があるが、その先端水深はこの付近での波による地形変化の限界水深約8m^{2),3)}と比較すれば小さいので、この施設は沿岸漂砂を完全に阻止するものではない。一方、小石川河口と花貫川河口にはそれぞれ導流堤が設置されており、そこで汀線の固定が図られている。また、小石川河口の北東側には写真-1に示したように岩礁があり、それも小石川河口導流堤と合わせて汀線の固定に役だっている。これらの理由によって小石川河口から南側で海岸侵食が顕著に現れたと考えられる。

小石川河口南側の地先では海岸侵食が著しく、海岸堤防（土堤）が決壊している。堤防の決壊状況は図-1bの模式図にまとめられる。海岸堤防（土堤）前面の汀線が後退すると同時に前浜の地盤が低下し、波浪の直接的作用が海岸堤防に及んで土堤が侵食されたのである。図-1bは海浜の変化を縦断的に示したものであるが、海浜の土砂は沖向き漂砂によって沖合へと移動したのではなく、大部分は沿岸方向北向きに移動し、この区域全体の土砂量が大きく減少したのである。このような移動の結果図-1bのような海浜縦断形の変化が残されたのであ

る。要するに局所的な問題として海岸侵食が発生したのではなく、波向が変動する場において一連海岸の片側に高い消波効果を有する離岸堤群が造られ、それによって海浜の土砂バランスに変化が現れたことにある。すなわち離岸堤群を設置したことにより海浜は新たな安定状態に接近しつつあるのであり、それが南部における汀線の後退という形で現れ、海岸堤防（土堤）前面の前浜が非常に狭くなったことに起因している。離岸堤群背後での堆積土砂が満杯状態になればそれ以上堆積は起こらないので、それに見合う土砂量を南部の海浜（土堤含む）から供給できればそれで海浜は安定することになる。すなわち図-1cに模式的に示すように南部にある保安林が侵食され、後退した状態のままで守るよう、海岸堤防（土堤）を後退させればそれはそれで安定することは間違いない。

しかし、保安林の管理者は必ず保安林を防護しようとし、保安林防護という目的のために海岸堤防の復旧が行われるはずである。その場合、海浜の土砂量が減少していることから、被災前の土堤を原形復旧してもその施設は波浪の外力に耐えられないことは自明である。この結果、土堤の表のり面がコンクリートで補強されるか、あるいはさらにその根固めに消波工が置かれることにつながっていく。この状況は図-1dに要約されるが、人工海岸化が進むことになる。

このような点を考えると、閉じた漂砂系の中での防波堤、離岸堤さらには人工リーフなど、消波効果を有する海岸構造物を設置することは、それを設置したことによって周辺の自然海浜ではそれらの施設が存在しない時よりも災害ポテンシャルが上昇してしまうこと、また全体的な漂砂移動の視点が不足したままでそれへの対応を行うと、海岸線の人工化を一層招いてしまうことに十分な注意が必要であろう。

有明・高浜海岸の場合の具体的な対応策について考える。まず、第一案としては家屋密集区域への波浪災害の防止では図-2aに示すように、そもそも海岸堤防の嵩上げで十分であったと考えられる。ただしこれはすでに済んでしまった話なので詳細な議論は意味がない。

第二案は図-2bに示すようである。高萩海岸がポケットビーチであることを考慮すれば、北部と南部とをヘッドランドや河口導流堤などによって区分し、その上で北側海浜で養浜を行って前浜を拡幅する方法である。その場合、建設コストを考えれば施設の先端水深はこの海岸における波による地形変化の限界水深約8mほどには大きくできないと考えられるので、養浜土砂の一部が南部へと流出することは完全には防ぐことができない。その意味では養浜を定期的に行われなければならないであろう。しかし南部に流出した土砂は南部の海浜を養うことからそれなりの意味を有している。さらに飛砂が南部

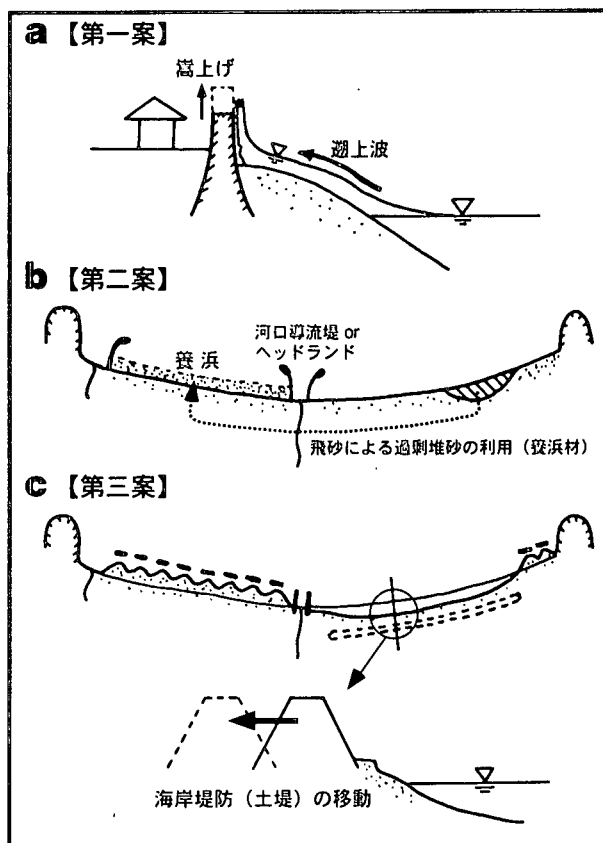


図-2 海岸保全の具体的イメージ

の海浜に過剰に堆積した場合には北部海浜の養浜材料として再利用することも可能であろう。

第三案の具体的イメージは図-2cのようである。南部海浜での侵食は北部へと砂が流出したことに原因があるが、南部は家屋が密集しておらず、また汀線の後退はある段階で止まるので、それを念頭において現況の海岸堤防（土堤）の法線を一部下げて復旧することである。この場合、保安林の管理者は一種の被害者的な立場に立つ。

第四案はすでに述べたように侵食域にも頑強な構造物を徹底して造ることである。その結果、海岸線の人工化が進むことについては既に述べた。

参考文献

- 1) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，442p.，1997.
- 2) 司代 明・川村哲也・田中正博・大熊義夫・宇多高明：茨城県北部大津漁港～高戸海岸における広域海浜地形変化の現地観測，海岸工学論文集，第44巻，pp.656-660，1997.
- 3) 樋口豊久・西澤 学・川村哲也・宇多高明：間歇的な沿岸漂砂移動を伴う岬（岩礁）周辺における海浜地形変化の現地観測，海岸工学論文集，第44巻，pp.626-630，1997.

(1999.4.19 受付)