海岸侵食問題の縮図 – 一宮海岸の例

清野 聡子¹・宇多 高明²・大谷 靖郎³・大木 康弘³

¹ 正会員 九州大学大学院工学研究院准教授環境社会部門生態工学研究室
(〒819-0395 福岡市西区元岡 744)
E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

² 正会員 一般財団法人土木研究センター常務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 東京都台東区台東 1-6-4 タカラビル)
E-mail: uda@pwrc.or.jp

³ 正会員 一般財団法人土木研究センター (〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4 タカラビル)

侵食対策を進めるに際しては経済投資効果が強く求められるため、工学的に最適と考えられる手法ではなしに応急的な対策を進めざるを得ない場合が多い。また、漂砂バランスの崩れから侵食が発生した場合、被害の著しい場所から対策を進めることは侵食区域を下手側に移すのみの結果に至ると知りつつも、社会的条件がそれを許さないこともある。問題の解決を図るにはこの種の問題について正面から取り組み、制度の改善も含む取組が必要である。本研究では、九十九里浜南部の一宮・一松海岸で現在起きている解決が困難な侵食問題について掘り下げ、この種の問題について考察した。

Key Words : Beach erosion, artificial headlands, gabions, shoreline change, Ichinomiya coast

1. はじめに

海岸侵食は主として土砂バランスの崩れから起こる。したがって例えば海食崖や河川からの土砂供給を前提としていた海岸においてその前提条件が崩れ、土砂供給量が激減した場合、あるいは防波堤などの構造物により沿岸漂砂が阻止された場合、必然的結果として侵食が起こる。このように侵食は海浜を構成する砂の絶対量の不足が根本的問題となる。一方で、その対策を考える場合には、単なる自然科学の枠を超え、様々な評価軸が深く絡みあうがゆえに問題の解決が遠ざかることもしばしばである。これに絡む大きな要因として、侵食対策を進めるに際して経済投資効果が強く求められるため、工学的に最適と考えられる手法でなく、応急的な対策を進めざるを得ない場合が多いことが挙げられる。また、漂砂バランスの崩れから侵食が発生した場合、被害の著しい場所から対策を進めることは、科学的には侵食区域を下手側に移すのみの結果に至ると知りつつも、社会的条件がそれを許さないことも指摘される。これらの解決には、例えば価値観の異なる人々の間での合意形成が必要であるために、漂砂メカニズムや海浜変形予測に関する研究などと比べるとはるかに対応が難しい。しかし問題の解決を目指すことを研究の主旨と考えるのであれば、この種の問題について正面から取り組むこともまた必要である。本研究では、九十九里浜南部の一宮・一松海岸で現在起

きている解決が困難な侵食問題について掘り下げて検討し、制度の改善を含む今後の方向性について考察した。

2. 南九十九里浜の長期的海浜変形

九十九里浜は太平洋に面し、北端の飯岡漁港から南端の太東漁港に至る長さ約60 km、幅約10 kmの海岸平野の縁辺をなす。この海岸は、主として北端・南端に位置する屏風ヶ浦と太東崎の海食崖からの崩落土砂が沿岸漂砂により運ばれて堆積して形成された。しかし1970年代以降、海食崖の崩落防止工事が行われた結果、海食崖からの土砂供給量が激減し、同時に北端・南端に造られた飯

図-1 南九十九里浜の位置

図-2 南九十九里浜の1947年から1970, 2012年までの汀線変化¹⁾ 図-3 南九十九里浜の浜幅の沿岸分布¹⁾

図-4 一宮海岸の1～10号HLの配置

岡・太東漁港の防波堤により沿岸漂砂が阻止され、浚渫土砂が投棄されたことなどにより海岸線の北端・南端部で沿岸漂砂バランスの崩れが生じた。さらに、中央部に片貝漁港の防波堤が伸ばされ、波の遮蔽域が形成されたため遮蔽域へと南部海岸から砂が運び去られた。本研究では、九十九里浜のほぼ中央にある片貝漁港から南端の太東漁港までの海岸線を研究対象とした(図-1)。

図-2は、南九十九里浜の1947年から1970, 2012年までの長期的汀線変化¹⁾を示す。南端部の $X=18\sim24$ km(一宮海岸)では、1947年と比べ汀線が最大約90 mも後退したが、これと同時に片貝漁港の南側隣接部では大量の堆砂が起こり、汀線が大きく前進した。南端部の一宮海岸では侵食が著しく進んだため、1990年以降侵食対策として10基のヘッドランド(HL)が建設された。図-2において $X=18\sim24$ kmにあるパルス状の汀線変化は、HL背後での汀線の著しい前進による。これらの対策工事には多額の経費を要し、同時に養浜も行われたにもかかわらず一宮海岸では過去の前浜は復元されていない。図-3は、2012年における浜幅の分布を示す。過去に著しい侵食を受けた一宮海岸では、太東漁港の北側隣接部を除き前浜がほとんど消失し、護岸に波が打ち寄せる状態となっている。

3. 2, 3号HL間での侵食への対応

図-4に示すように、一宮海岸では2, 3号HL間が海水浴場として古くから利用されてきた。この区間でのHL建設に伴って観測された汀線の経時変化²⁾を図-5に示

す。横堤がなかった1990, 2000年にはHL間の汀線はほぼ直線状であったが、横堤が伸び始めた2005年以降、HLの付け根で汀線が大きく前進した。HLの計画当時と比べて侵食が徐々に進む中で横堤が当初計画のまま伸ばされたため、汀線付近において横堤による波の遮蔽効果が強く表われ、HL間で著しい汀線後退が起こるとともに、HLの付け根では過剰な堆砂が起きて海岸利用に支障を来した。このことから事業を当初計画通り推進することに疑問が出され、モニタリング結果をもとに合意形成を進める順応的管理の考え方が導入された³⁾。しかしながら、2, 3号HL間では太東漁港の南側に堆積した粗砂を2010～2014年で合計27,000 m³投入しているにもかかわらず、当初計画で示した前浜の回復ができなかったこと

図-5 一宮海岸の2, 3号HL間の汀線変化²⁾

から、地元住民との合意形成会議においては、2,3号HL間での投入砂流出防止を目的とした小突堤の建設や、追加養浜に同意せざるを得ない状況となり、これらの事業を進めている間、一宮海岸周辺での侵食対策を進めることが困難な状況となった。

4. 3,4号HL間での新たな対応の必要性

2,3号HL間での侵食対策の進捗に時間を要している間にも、その上手側に位置する3,4号HL間と下手側の一松海岸では侵食が進んだ。3,4号HL間では間隔950mで堤長約60mのHLが造られてきている。図-6は3,4号HLの2014年3月の衛星画像と写真撮影地点番号(St.1-St.3)を示す。現地踏査は、夏季の静穏波の作用により前浜が広がる前の2014年6月5日に行った。まずSt.1において4号HL方面を望んだ写真を図-7に示す。中央部では海岸線に沿って災害復旧事業により設置された大型フトン簀の前に広い前浜があったが、南端部ではこの大型フトン簀が波に曝されている状況が遠望された。St.2付近では(図-8参照)、大型フトン簀が波力により大きく変形するとともに、基礎に投入されていた礫が露出して、このように大型フトン簀前面の砂浜が消失するとともに強い波力を受けたため、St.3では大型フトン簀の天端が大きく陥没し、陥没は背後地にまで広がりつつあった(図-9参照)。この付近の大型フトン簀は災害復旧事

業で造られたものであり、応急対策として造られた。背後地が保安林区域のため事業効果を見込むことができなかったことが、応急対策選択の理由である。しかし図-8、9に示したようにこの施設も波の作用で破壊が進み、当初目的の達成が困難な状況に至り、再び施設を造り直す必要に迫られていた。この場合、災害復旧制度では原形復旧を基本とするがゆえに、抜本的な対策、例えば大規模養浜などは採択されることがないので、復旧工事を進めても侵食問題の抜本的対応にはならないのが現状である。一方、北向きの沿岸漂砂のバランスの喪失という、当海岸におけるそもそもの侵食原因を考えると、大量の細砂を投入しても土砂は再び北向きに運ばれてしまい、一方、現地砂と比べて相対的に粒径の大きな砂の投入は環境影響などから地元合意が得られないことなど、現況を取り巻く状態を変える上で大きな壁が立ちはだかっている。

5. 一松海岸の侵食

(1) 汀線変化

一松海岸は一宮川河口の北側、一宮海岸の下手側に位置する。一松海岸の2000,2014年の空中写真を図-10に示す。2000年には既に河口の北側にそれぞれ1450m,1300m離れた位置に1,2号突堤が造られていたが、1号突堤と一宮川河口間には幅約60mの砂浜が連続的に伸びてい

図-6 3,4号HL間の衛星画像と2014年6月5日の踏査地点

図-7 3,4号HL間の大型フトン簀の前面の海浜(St.1)

図-8 基礎が露出し破壊されつつある大型フトン簀(St.2)

図-9 大型フトン簀の天端の沈下・陥没(St.3)

図-10 一松海岸の空中写真の比較 (2000 vs 2014)

図-12 一松海岸の衛星画像と踏査地点

た. しかし南部からの沿岸漂砂の供給量の減少とともに、河口の北側隣接部の砂浜は消失し、1170mにわたって護岸で覆われた. 図-11は、図-10に示す3000m区間において100m間隔で行われた31測線での汀線測量結果より定めた2012年までの汀線変化を示す. 対象区間では2000年から全域で汀線が後退し、とくに1号突堤の南側で汀線後退が著しかった.

(2) 侵食状況

一松海岸では、図-11に示したように2000年以降侵食が進んできていたが、2014年10月5日と10月14日には台風18, 19号の襲来により急速に侵食が進んだ. 以下では、台風18号通過中の10月5日と、台風19号通過後の10月16日に行った現地踏査の結果について述べる. まず、図-12には2014年3月23日の衛星画像と写真撮影地点番号(St.4~St.10)を示す. 図の右端が一宮川河口にあたる. この付近の海岸では、当初太東崎の海食崖の侵食防止工事により南部からの土砂供給量が激減し、北

図-11 一松海岸の汀線変化

図-13 大型フトン簀の基部に沿って並べられた捨石 (St.4)

向きの沿岸漂砂とのバランスが崩れて侵食が発生した. その後、当海岸の南側に位置する一宮海岸において10基のヘッドランドが建設され砂の流出が阻止された結果、著しい侵食区域が北側へと波及してきた.

河口北側での侵食の激化に伴い、海岸線に沿って延びる長生村の村道を侵食から守るため、応急対策として大型フトン簀が汀線に沿って設置された. しかし、大型フトン簀の洗掘沈下が著しく、同時に強い波力により中詰め材の吸出し散乱が起きたため、災害復旧による修復が繰り返し行われ、現況では図-13(St.4)に示すように大型フトン簀とその基部に捨石が整然と積み、通常のコンクリート護岸と同じ機能を有する施設となっていた. このように北向きの沿岸漂砂が卓越する海岸での護岸建設は、護岸背後地が削られるのを防止するがゆえに、当然の帰結として護岸付近から北向きに流れる漂砂量の減少を招き、隣接部での侵食を激化させる要因となった.

図-14 波により散乱した基礎捨石 (St.5)

図-15 1号突堤の上手側に堆積した砂 (St.6)

図-16 1号突堤の下手側での激しい浜崖侵食 (St.7)

図-17 長生村道の侵食 (St.8)

図-18 村道と保安林区域の境界まで進んだ侵食 (St.9)

図-19 砂丘の頂部まで進んだ侵食 (St.10)

図-13に示す大型フトン簀は、St.4の北308mのSt.5にまで連続的に伸びていたが、図-14に示すように、St.5では大型フトン簀前面に設置された捨石の沈下散乱が著しく、大型フトン簀も大きく変形していた。大型フトン簀の変形は、図-12に示したように一宮川と1号突堤間で緩やかな弓状に後退した汀線の底(図-12の矢印A)付近で著しかったが、この付近は前浜がないため護岸のり先水深が大きく、したがって波力も大きいため大型フトン簀の変形が著しかったと推察される。これに対し1号突堤背後のSt.6では、図-15に示すように1号突堤による北向きの沿岸漂砂の阻止のため突堤の南側隣接部に広い前浜が残されているのが確認された。対照的に、1号突堤の北側隣接部では激しく侵食が進み、海岸線に沿う村道がほぼ消失する被害が発生していた。1号突堤の北140mのSt.7の浜崖形成状況を図-16に示すが、汀線湾入部では比高約3.5mもの浜崖が形成されていた。しかしながらこの高い浜崖も1号突堤から北向きに距離とともに低下していた。図-17はSt.8において村道を南向きに望んだ状況を示す。St.8付近では村道の大半が残されていたが南向きに急激に狭まり、やがてSt.8の南50mのSt.9では図-18のように村道は途切れた上、海岸保全区域と保安林区域との境界杭付近まで浜崖侵食が達していた。この図からは、1号突堤の北(手前)側の汀線の湾入状況が見て取れるが、侵食が著しい場所は1号突堤の下手側

直近であることが分かる。図-19は砂丘上のSt.10より侵食域全体を望んだものであり、砂丘の半分以上が削り取られていた。1号突堤は、当初図-13, 14に示す上手側区域での侵食を軽減させるために造られたが、結局のところ上手側区域では侵食が進み、全線が護岸により覆われた。その後、激しい侵食区域は1号突堤の北側まで広がってきた。一連の侵食区域の広がりは、北向きの沿岸漂砂が卓越する海岸において、上手側から対策が行われたことに起因する。過去、一松海岸では一宮川の河口隣接部から侵食が始まったが、護岸建設-下手側侵食-護岸建設という悪循環から逃れることができず、侵食区域の広がりは現在も続いている。

6. まとめ

図-2に示したように、南九十九里浜の一宮川河口以南では、太東漁港の隣接地を除けば北向きの沿岸漂砂パランスの崩れに起因して1970年以降著しい侵食が発生した。一宮海岸では汀線の後退が著しいことから侵食対策が実施されることになり、1990年以降ヘッドランドの建設や養浜も行われてきた。これらの対策には多額の経費と時間を要したものの、侵食以前に見られた自然豊かな砂浜の回復には至っていない。その結果、侵食が著しく

進み、海水浴やサーフィンなど海岸利用が盛んな区域が、沿岸漂砂の上手端に近い場所にあり、そこで対策が必要とされた点が問題の解決を難しくした。種々の対策が行われたものの、砂は北向きの沿岸漂砂により徐々に運び去られたため、沖浜も含めて侵食が進み対策の効果が出てにくい状態にあった。こうした条件下で、海水浴場として高度に利用されてきた2,3号HL間の海浜復元に集中的な対策が取られた分、上手・下手側隣接区域での侵食対策が手薄となった。上手側の3,4号HL間では、応急対策として造られた大型フトン簀が基礎から破壊され、その修復が必要とされているが、原形復旧を基本とする限りにおいて数年後に再び同じ状況が繰り返される可能性が大きい。しかし壊れたまま放置すれば施設の破壊が進むことから放置することもできないこともまた事実であり、海岸管理者は侵食の本質について熟慮した対応を検討する時間がないまま復旧工事に時間を取られることになった。

一方、一松海岸では、沿岸漂砂の上手端近くに突堤が伸ばされた当然の帰結として、突堤の北側直近が侵食された。しかも浜崖侵食は海岸保全区域内にある村道を消失させてしまっただけでなく、既に侵食域は保安林区域内へと入り込んだため、海岸保全区域と保安林区域の所管の相違に関する必要な調整を進めつつ村道を防護する策についても検討を迫られた。その場合もまた施設整備が主となることから、工事が終わった後には図-13に示す光景が北向きに伸びる可能性が大きい。

九十九里浜は細砂からなる緩勾配の海浜のため、図-20に示すように汀線付近ではハマチドリが食餌する風景を目にすることができた。過去、侵食が進む前には一宮海岸でも同じ風景が随所に見られたが、そのような風景は急速に失われてきた。2000年施行の海岸法では、防護、環境、利用が謳われたものの、侵食が進むことによってそれどころではない状態に立ち至っているのが現状で、しかも制度的、社会的問題が立ち足るがゆえに、課題の現実的解決法を見出すことが困難な状態にある。

図-20 侵食以前の前浜で食餌するハマチドリ

一宮海岸での過去の経験によれば、今後改善がなされるべき点は、①沿岸漂砂が卓越する海岸において漂砂の上手側海岸から施設による災害対策を優先させることは、それが経済面から投資効果が高くても侵食区域の下手側への広がりを助長することから、目先でのBenefit/Costの評価だけでなく、大局的視点に立って対策が進められるよう制度を改善すべきこと、②わが国の災害負担法での基本概念である原形復旧は、その行為が問題を直接的に解決し基本的問題を除去する手法ではないため、施設防護区域を下手側に広げることに繋がることから、原形復旧の在り方を再検討すること、③海岸侵食災害の場合、「災害後ただちに防護する」との考え方は必ずしも正しいとは言えないことを理解し、時間をかけて問題を根本から解決する手法を取るべきこと、などが挙げられる。

参考文献

- 1) 宇多高明, 水垣 浩, 宇野晃一, 大木康弘, 酒井和也: 南九十九里浜の地形変化要因: 地盤沈下, 沿岸漂砂, 2011年大地震による地殻変動, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_516-I_520, 2014.
- 2) 宇多高明, 熊田貴之, 清水達也, 富澤和雄, 川瀬 栄, 今村康士: 南九十九里浜一宮海岸のHL周辺の地形特性, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.67, No.2, pp.I_1224-I_1229, 2011.
- 3) 清野聡子, 宇多高明, 近藤健雄, 水垣 浩, 宇野晃一: 千葉県一宮海岸における保全・利用の摩擦と合意形成, 沿岸域学会誌, Vol.26, No.3, pp.79-91, 2013.

ESSENTIAL ASPECTS OF BEACH EROSION – LESSONS FROM DEVASTATION OF ICHINOMIYA COAST

Satoquo SEINO, Takaaki UDA, Yasuro OHTANI and Yasuhiro OOKI

The fundamental issues of the beach erosion including the difficulty in social and comprehensive adjustments of the beach erosion were discussed through a case study, taking the Ichinomiya coast on south Kujukuri Beach as an example. On this coast, artificial headlands have been constructed since the 1990 as a measure against shoreline recession, but this caused further downcoast expansion of the beach erosion. Finally, it became difficult to escape from a vicious cycle of seawall construction - downcoast erosion - seawall construction - downcoast erosion, permitting further expansion of the erosion area. Such difficulties were analyzed, and the necessity of the improvement of the relevant system was discussed.