

南九十九里浜の侵食と堆積の実態

BEACH EROSION AND ACCRETION OF SOUTH KUJUKURI COAST

宇多高明¹・三波俊郎²・古池 鋼²・星上幸良³・長山英樹⁴

Takaaki UDA, Toshiro SAN-NAMI, Kou FURUIKE, Yukiyooshi HOSHIGAMI and
Hideki NAGAYAMA

¹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 台東区台東1-6-4 タカラビル)

²海岸研究室(有) (〒160-0011 新宿区若葉1-22 ローヤル若葉301)

³正会員 博(工) 国際航業(株)防災海洋部 (〒183-0057 府中市晴見町2-24-1)

⁴(財) 土木研究センター河川・海岸研究部 (〒110-0016 台東区台東1-6-4タカラビル)

Beach erosion and accretion of the south Kujukuri coast was investigated based on the aerial photographs and field observation. The sand supply by northward longshore sand transport has been decreasing on this coast, causing erosion of the south part of the coast close to the sand source (sea cliff). In contrast, on the north end of the coastline, a long breakwater of the Katakai fishing port was extended and a large amount of sand has been deposited in the wave shelter zone. Furthermore, the ground subsidence up to 60 cm occurred along the coastline due to the pumping-up of the ground water to obtain the water-soluble gas. The coastal situation of the south Kujukuri coast has devastated year by year due to all these impacts. To save the coast, full scale sand nourishment is required.

Key Words : Beach erosion, Kujukuri coast, shoreline changes

1. まえがき

房総半島の太平洋岸に位置する九十九里浜は、全長約 60km の細砂からなる緩勾配の海岸であり、北部の屏風ヶ浦と南部の太東崎の海蝕崖、および太東崎の南側に流入する夷隅川からの供給土砂が堆積してきた海浜である¹⁾。この海浜のほぼ中央よりやや南には片貝漁港が立地している。この漁港は沿岸漂砂を完全に阻止してはいないものの、防波堤の規模はかなり大きいので一応の control point になりえる。そこで、図-1 に示すように片貝漁港を北端として九十九里浜南端の太東漁港までの区間を南九十九里浜と呼び、この区間の海浜変形に注目した。

この海浜にあっても 1970 年頃から海岸侵食が顕著となり、現在ヘッドランドが建設されつつある。しかし今もなお侵食区域は拡大しつつあり、それとともに海岸の人工化が急激に進んでいる。既に宇多²⁾、星上³⁾ が指摘したように、この海岸の主な侵食要因には海蝕崖の防護対策により北向きの沿岸漂砂の供給が途絶えたこと、太東漁港により沿岸漂砂が阻止されたこと、さらには保安林造成などの人為的改変に伴い、自然海浜地が陸側から狭められたことなどが分かっている。そのほかこの地域では地下水汲み上げに起因する地盤沈下も無視できない。

本研究は、これらを受けて近年の南九十九里浜の

侵食と堆積の実態を明らかにし、今後の海岸保全について考えることを目的とする。

2. 南九十九里浜の砂浜幅と汀線の変化

南九十九里浜では、侵食や地盤沈下による汀線の後退、さらには陸側からの保安林の拡大に伴う自然

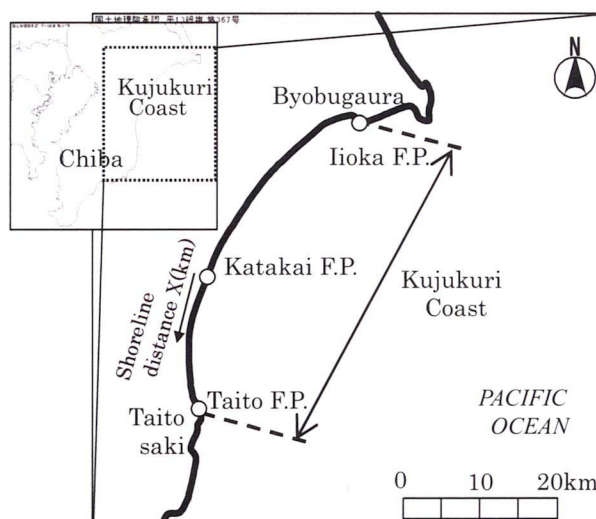


図-1 南九十九里浜の位置図

砂丘地の消失などが重なって起きている。このため汀線変化のみでは海岸の変遷を見誤る可能性が高い。そこでまず現況の護岸線を基準とした汀線までの沖向き距離を浜幅と定義し、その沿岸方向分布を調べた。

図-2 は 1947 年と 2007 年における浜幅の沿岸分布を示す。1947 年当時、九十九里浜では自然砂丘が広がっていたが、その後保安林が海側へと造成され、自然砂丘は大きく狭まった。そして保安林の海側端に護岸が造られ、その位置が海岸保全区域と保安林区域の境界線として定められた。海岸保全の意味ではこの護岸線が絶対的な限界線を与えるので、本研究では、図-2 中の模式図に示すように 1947 年当時の絶対的な砂浜幅ではなく、現況護岸線を基準とした汀線までの距離を測定した。図-2 によると、現護岸線位置を基準とすれば南部の一宮町や長生村では 1947 年当時も砂浜幅は概ね 60m 以下とそれほど広くはなく緩衝帯幅は狭かったが、これに侵食が重なって汀線が後退したため前浜がほとんど失われることになった。これと比べると中央部の南白亀川河口付近では浜幅が 160m から 180m へと広がり、さらに北端の片貝漁港では防波堤の建設に伴って浜幅が著しく広がったことが分かる。

次に、南九十九里浜において侵食が顕著になり始めた 1990 年から 2007 年までの汀線変化を図-3 に示す。図には流入河川と漁港の位置、および南部に建設中のヘッドランド (1~10 号 HL) と災害復旧で造られた突堤 (G1, G2) の位置を示す。1990 年から 1994 年までは片貝漁港の南側区域全体で汀線は後退傾向を示す。この時期までに太東漁港の北側に隣接する一宮海岸ではヘッドランド (HL) の建設が進められたために、鋸の歯状の汀線が形成され始めた。1995 年になると、片貝漁港の防波堤の建設が進んだために漁港南側隣接部での汀線の前進が始まったが、これと対照的に海岸中央部の $x=10\sim18\text{km}$ では侵食傾向を

示す。以後中央部の汀線後退区域では変動はあるものの時間経過とともに後退量が增大していく。2001 年では、片貝漁港の南側の堆積域が広がると同時に汀線の前進量も増大した。同様な傾向は現在まで続き、 $x=5\text{km}$ の真亀川河口以北で著しい堆積が起きている。

以上の変化と対照的に、 $x=9\sim18\text{km}$ および HL の整備の進んだ一宮海岸にあっても侵食が著しい。なお一宮海岸にあるパルス状の汀線変化はその位置に HL ができたためである。一連の汀線変化は、堀川以南の延長 15km の海岸線全域で侵食が進み、そこから沿岸漂砂によって運ばれた砂が片貝漁港に集中的に堆積するという状況にある。

南部九十九里浜は、図-3 に示したように侵食域と堆積域に大別される。そこで侵食域に測線 No. 1 ($x=14.3\text{km}$) を、堆積域に測線 No. 2 ($x=2.5\text{km}$) を設定し、それぞれの位置での 1990 年以降の汀線変化量を経時変化として整理したのが図-4 である。測線 No. 1 では 2000 年までは著しい後退は見られなかったが、2000 年以降急速な後退が始まり、2000 年から 2007 年までに 48m 後退した。一方、片貝漁港の南側の堆積域の測線 No. 2 では、1994 年頃から前進傾向となり現在に至るまで前進傾向が続いている。1994 年から 2007 年までの汀線前進量は 104m に及ぶ。

図-4 に示した汀線変化によれば、侵食域と堆積域が時間経過とともに沿岸方向に次第に広がる現象が見て取れる。そこで沿岸方向距離 x を横軸に、時間 t を縦軸にとった $x-t$ 座標系上に汀線の前進量・後退量をプロットして侵食・堆積域の変化を調べた。結果を図-5 に示す。 $x-t$ グラフ上において縦に見える侵食・堆積量の変化は同じ場所で侵食・堆積が進んだことを示す。例えば、一宮海岸に見られる縦縞模様は HL 群の建設に伴う変化を示す。一方、侵食域と堆積域の境界線、つまり汀線変化量が 0 の線は 1991

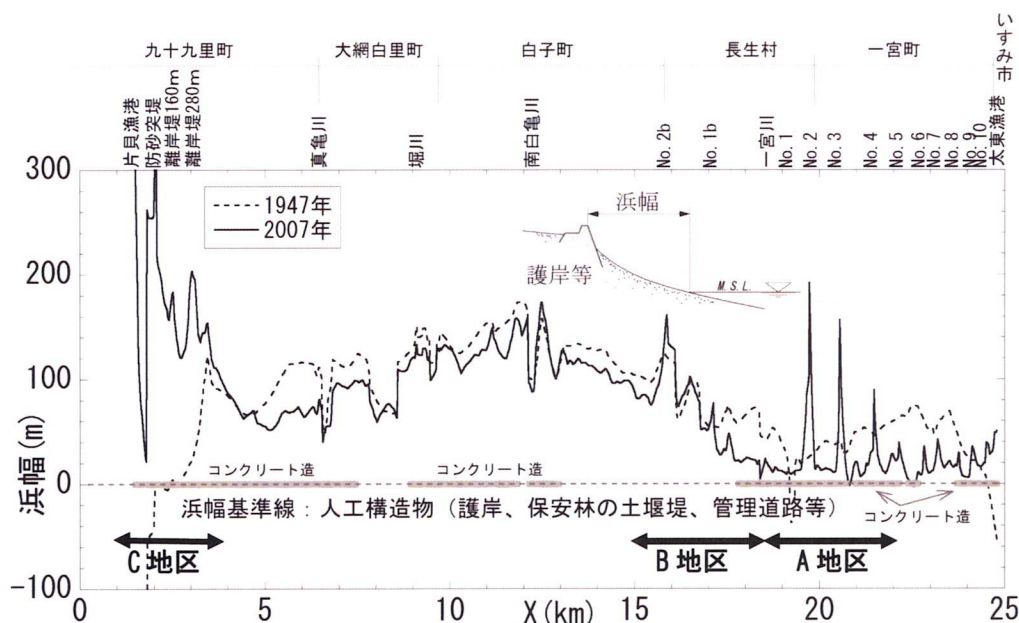


図-2 1947年と2007年における浜幅の沿岸分布

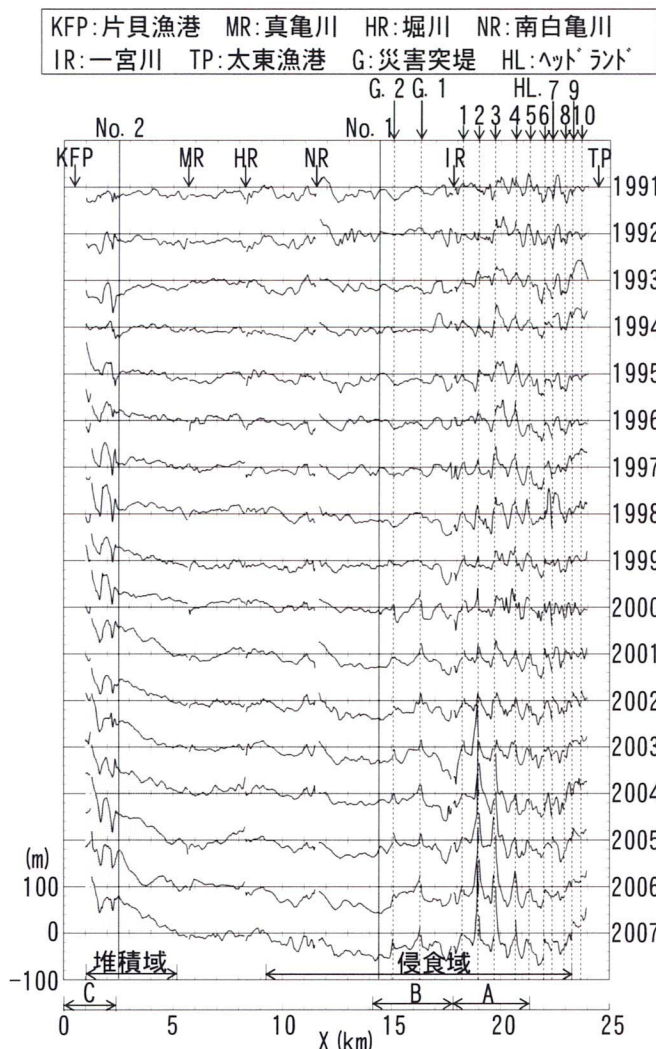


図-3 南九十九里浜における1990～2007年の汀線変化

年には $x=19.7\text{km}$ にあったが、2007年には $x=8.3\text{km}$ に移り、時間経過とともに北側へ広がり、2007年には堀川河口までが侵食域に入ったことが分かる。

いま汀線変化0の線を取り出し、横軸に1990年からの経過時間の $\sqrt{t}$ を取り、縦軸に汀線変化量を取って示したのが図-6である。これによれば汀線変化量 $\Delta Y = 2.4\sqrt{t}$ の関係が成立する。このように南九十九里浜においては侵食域が時間の $\sqrt{t}$ に比例して北側へと広がってきたことが分かる。このような変化が起こると同時に、片貝漁港から真亀川河口までの区域では、逆に堆積域が急速に南側へと広がっている。

3. 空中写真による海岸の変遷調査

南九十九里浜の南部では侵食が、また片貝漁港周辺では堆積と対照的な変化が起きているので、図-3に示すように侵食域からA, B地区を、堆積域からC地区を選んでこれらの区域における詳細な海岸の変遷を空中写真の比較により調べた。

まず、図-7は図-3のA地区（一宮海岸）の状況である。1990年には既に海岸線に沿って黒々と保

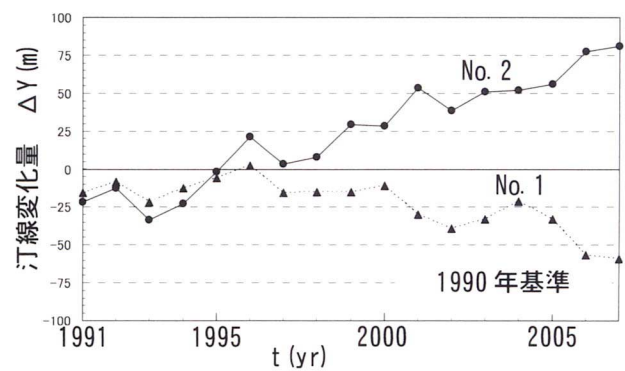


図-4 No.1,2 地点における汀線位置の時間的変化

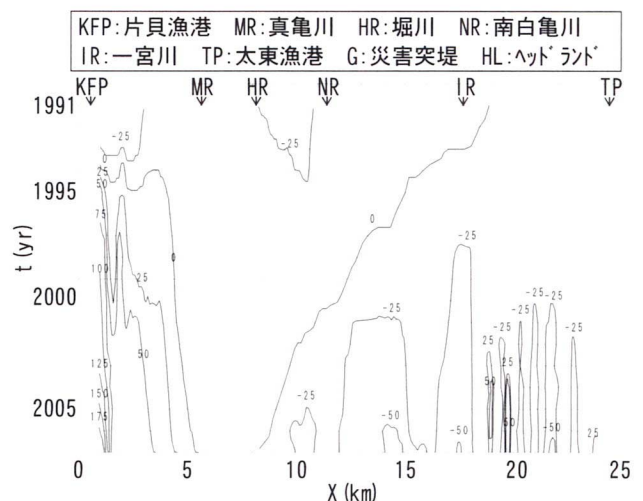


図-5 汀線変化のx-tダイアグラム

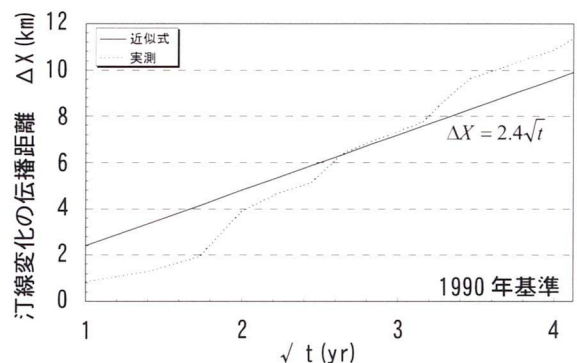


図-6 汀線変化の広がり速度

安林区域が広がり、浜幅は平均 80m、護岸前面では約 40m であった。また侵食が進んできたために、ヘッドランドの縦堤部の建設が始まった。しかしヘッドランドの建設着手時には既に浜幅が狭かったことが注目される。浜幅は侵食が早い時期から始まった南部ほど狭く、一宮川河口付近ではまだ侵食が激化していなかった。2000 年になるとヘッドランドの縦堤が暫定完成したが、砂浜幅はさらに狭まった。とくに一宮川河口右岸の汀線は著しく後退し護岸が露出した。2007 年になると 2, 3, 4 号ヘッドランドが横堤まで着手され、2, 3 号の間はポケットビーチ化した。ヘッドランド間の中央では護岸前面の砂浜は完全に消失した。

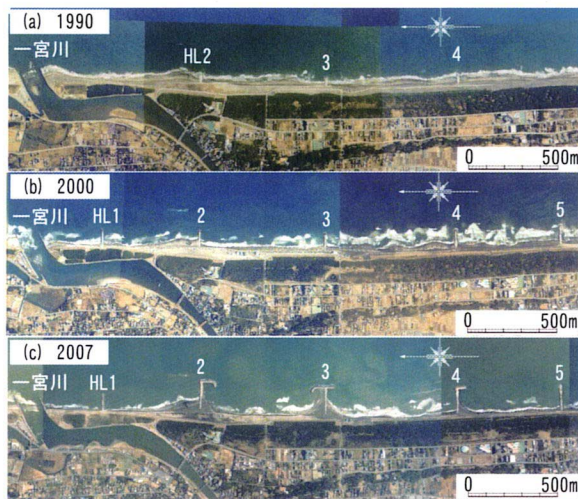


図-7 A地区（一宮海岸）の海岸状況の変遷

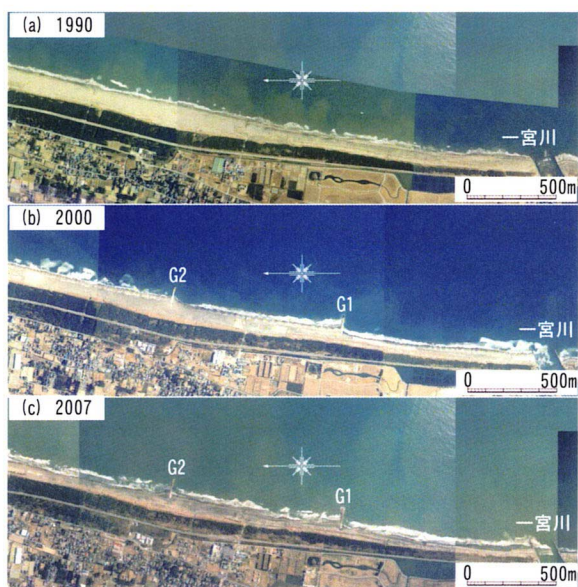


図-8 B地区（一松海岸）の海岸状況の変遷

図-8 は B 地区（一松海岸）の海岸状況の変遷である。1990 年には平均で約 130m、最大で 200m の浜幅を有する砂浜が連続的に伸びていた。2000 年になると、一宮川河口左岸で汀線の後退が始まり、この直前に災害復旧により建設された G1、G2 の 2 基の突堤により汀線が維持されていた。2000 年の写真は 1 月に撮影されたため北寄りの波が入射し、突堤北側で局所的な汀線の前進が見られる。当海岸の卓越沿岸漂砂は北向き（写真右から左）であるが、冬季は逆向きの漂砂が生じていることが上記の汀線形状となった理由である。2007 年では侵食域が全域に拡大し、汀線が全体的に後退して砂浜幅が狭まった。

図-9 は堆積域の C 地区（片貝漁港の南側海浜）の状況である。1990 年では漁港の港口には「ハ」の字形防波堤があったが、漁港埋め立て地の隅角部にはまだ波が作用しており、南側の海岸線は離岸堤背後に形成された舌状砂州を除けばほぼ直線的であった。しかし 1995 年には北防波堤が延伸され波

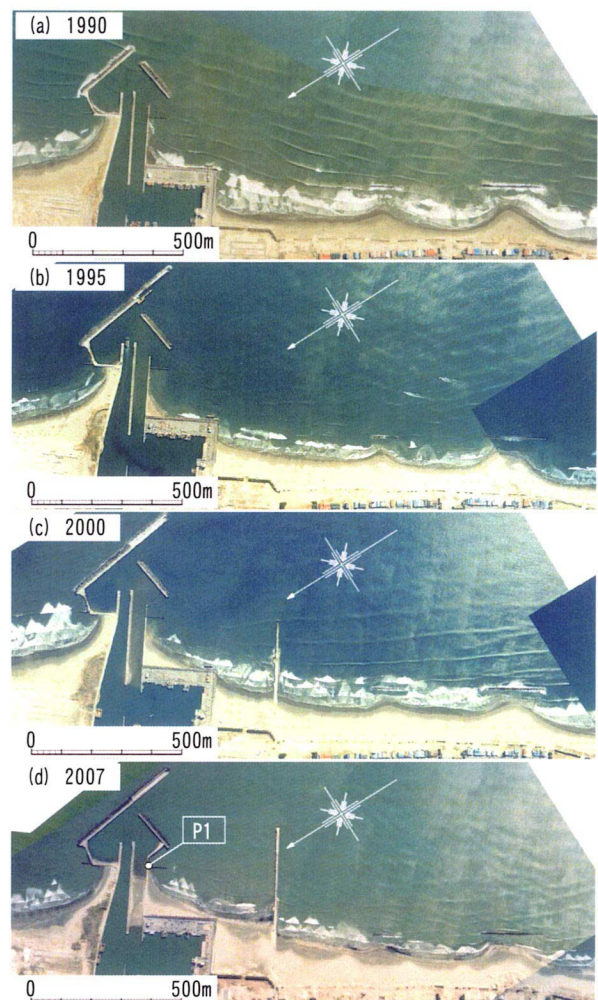


図-9 C地区（片貝漁港の南側海浜）の海岸状況の変遷

の遮蔽効果が上がったため、隣接海岸では砂が堆積し汀線が沖向きに前進した。2000 年には漁港から 400m 南側に防砂突堤が建設され始めたが、汀線の前進は継続した。この頃から 2 本ある航路のうち右側の航路が埋まり始めた。2007 年には防砂突堤が完成したが、汀線は更に前進を続け、漁港埋め立て護岸は陸となり、右側の航路は砂で完全に埋まった。

以上のように南九十九里浜の南部では侵食、北部の片貝漁港の南側では堆積と全く逆の現象が起きているのが南九十九里浜の特徴である。

4. 地盤沈下

南九十九里浜の汀線後退には地盤沈下の影響も無視できない。千葉県史⁴⁾によれば、九十九里平野等で行われている水溶性ガスやヨードの採取が盛んになり始めた 1960 年代後半に地盤沈下が顕著となった。そこで千葉県地盤環境インフォメーションバンク⁵⁾が有する周辺地域の地盤沈下に関するデータを整理解析した。図-10 は地下水汲み上げ量の経年変化である。1957 年から 1970 年頃まで天然ガスとかん水の揚水量が経年的に増加したため地盤沈下が

発生し、1973年に地盤沈下防止協定が締結されて以降、揚水量の一部を地下へ還元しているが、その量は揚水量の約2割程度である。

図-11は、観測開始から2005年までの期間における海岸線付近の地盤沈下の沿岸方向分布である。地盤沈下量は片貝漁港付近では約30cm、南白亀川河口付近では約60cmにも及ぶ。南白亀川河口付近の前浜勾配はほぼ1/30～1/50であることから、沈下量を汀線変化量に換算すると、18～30mの後退となる。この値は図-2に示した南白亀川左岸海浜での汀線後退量（約30～40m）と同じオーダーである。したがって南九十九里浜にあっては、沿岸漂砂バランスに起因する汀線の後退に地盤沈下の影響が重なっていることになる。地盤沈下は局所的な海面上昇と同義語であり、波によって移動可能な砂が消える意味から深刻な結果を招いている。

5. 現地踏査

2007年7月20日、太東漁港から片貝漁港まで25km間の海岸現地踏査を行った。なお現地踏査に先立つ5日前の7月15日には、台風4号による高波が九十九里浜に襲来した。片貝漁港沖の水深22mに設置された波高計による観測結果によれば、台風来襲時の7月15日15時には $H_{1/3}=3.11\text{m}$ ($T_{1/3}=9.2\text{s}$)の波が観測された。

図-12には5,6号ヘッドランドに挟まれた区域の海岸状況を示す。ヘッドランド間にはほとんど前浜が残されておらず、海岸線に沿っては災害復旧によって設置された大型フトン簀が直線的に延びている。汀線へのアクセスは断たれている。この大型フトン簀は透過性であるが、直立構造を有するために強い波力を受け、平坦なはずの天端が波打っている。このように波の作用で破壊され中詰め石の散乱に繋がるという再度災害が起きつつある。

上記のように南九十九里浜の南部では侵食が著しいが、北側に離れると次第に侵食状況は軽くなる。例えば、一松海水浴場のやや南側で行われていた観光地引網の状況が図-13である。九十九里浜における地引網は長い歴史があり、海岸侵食とともに地引網は行われなくなったが、今回たまたま長生海水浴場の南側の地先で行われていた地引網状況である。

図-14は、堀川河口のすぐ北側の海岸にある砂丘地の状況である。昔ながらの九十九里浜のよきイメージが残されている。コウボウムギに覆われた砂丘から碎波帯を望んだものであり、侵食が激化する前の南九十九里浜の状況はこの付近にのみ残されるという状況となっている。

図-15は、真亀川河口の北側の汀線で遊ぶ幼稚園生の一コマであり、緩勾配のため小さな子供が比較的安全に水辺で遊ぶことができる、昔ながらの海浜利用の姿がある。過去には南部の一宮海岸でもこのような海浜利用が可能であったが、そこは著しく侵

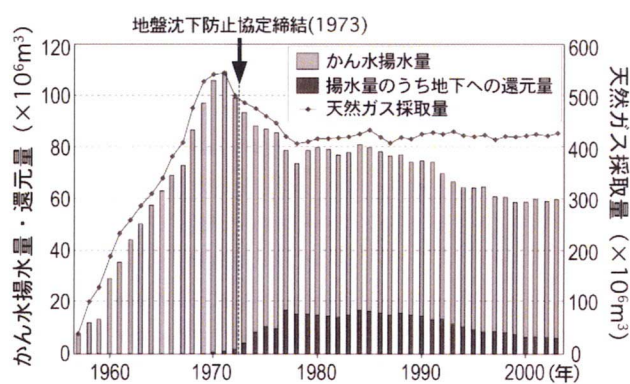


図-10 地下水汲み上げ量の経年変化

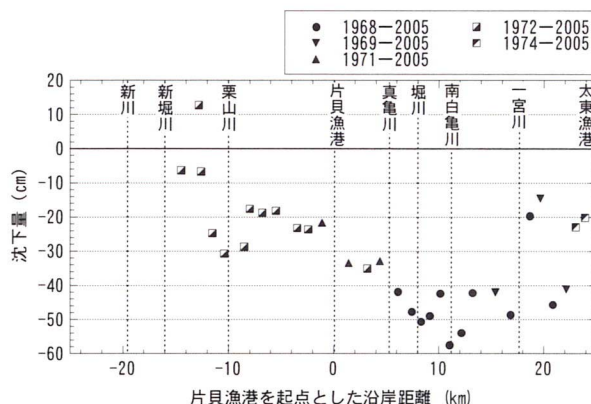


図-11 観測開始から2005年までの海岸線付近の地盤沈下量の沿岸方向分布

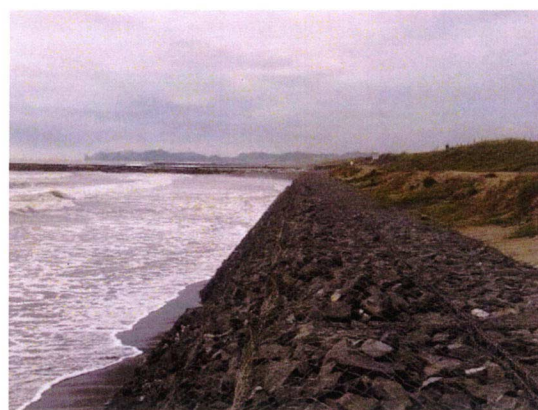


図-12 5, 6号HL間の海岸状況 (X=22.4km)



図-13 観光地引網の光景 (X=17.5km)



図-14 堀川河口北側海岸にある砂丘地 (X=8.8km)



図-15 砂浜での遊び (X=6.0km)



図-16 片貝漁港での著しい堆砂状況 (X=1.8km)

食され、海浜利用が困難になった。

調査区域北端の片貝漁港での著しい堆砂状況を示すのが図-16 (図-9 の P1 地点) であるが、旧防波堤の南側に大量の砂が堆積している。右手に遠く見える防波堤の手前側は海であったが、現況では砂が堆積して前浜となった。

6. まとめ

南九十九里浜における砂浜の消失原因は、従来指摘されてきた海蝕崖等からの土砂供給量の減少や防波堤による沿岸漂砂の阻止だけではなく、天然ガス採取に伴う地盤沈下、および保安林造成や宅地化もあげられる。また片貝漁港防波堤の拡張に伴って波の遮蔽域が南側に拡大し、遮蔽域外から遮蔽域内へと向かう沿岸漂砂が誘起されたことも海浜のバランスを崩す原因となっている。

一方、漂砂系の南端に位置する太東漁港では、太東崎方面からの沿岸漂砂の流入があるものの、その量は多くはない。この結果、太東漁港の下手側に位置する一宮、一松海岸では侵食が激化し、ヘッドランドも造られつつあるが、侵食域は経過時間の平方根に比例して広がっている。

侵食域では対策として大型フトン籠が設置されているが、それらの多くは波に直接晒され、破損が進んでいる。侵食とともに海水浴場はもちろん、緩勾配の九十九里浜の風景、例えば天然砂丘 (図-14)、観光地引網 (図-13)、砂浜での遊び (図-15) などの九十九里浜らしい海岸環境が消えつつある。こうした侵食と対照的に、片貝漁港においては現況で益々細砂の堆積が進んでいる。このため航路に砂が溜まったのみではなく、背後地では飛砂も著しい。

過去、九十九里浜は連続的な「細砂の流れ」が存在したことによってのみ成立しているの、この流れをできるだけ阻害せずに、この流れに役立つ細砂を人工的に補給する手だてとして、片貝漁港の浚渫土砂を一宮海岸に大量に投入することが、自然海浜を残すためには是非とも必要と考えられる。

参考文献

- 1) 星上幸良・宇多高明・野志保仁・小澤広樹: 九十九里浜の形成にかかわる土砂供給源に関する一考察, 海洋開発論文集, 第22巻, pp.403-408, 2006.
- 2) 宇多高明: 「海岸侵食の実態と解決策」, 山海堂, p.304, 2004.
- 3) 星上幸良・小林昭男・宇多高明・熊田貴之: 近世における九十九里浜の形成と変形, 沿岸域学会誌, 第17巻, 第3号, pp.47-56, 2005.
- 4) 千葉県: 「千葉県の歴史-地誌2」, p.995, 1999.
- 5) 千葉県地質環境インフォメーションバンク:
<http://www.pref.chiba.jp/pbgeogis/servlet/infobank.index/>