

吹上浜海岸における汀線と海岸植生および砂丘林境界の 長期変動特性

西 隆一郎* ・宇 多 高 明**・佐 藤 道 郎***
西 原 幸 男****・井之上由人*****

1. ま え が き

沿岸方向に海食崖や砂丘が連続する海岸では、海食崖や砂丘と海浜間での土砂のやり取りが海浜形成や変形を論じる上で重要な意味を持つ。これらのうち砂丘は、貯砂機能だけでなく高波浪や津波に対する自然の防波堤としても重要な役割を果たす。例えば、秋田県沖での日本海中部地震津波では、高さ約 7 m の海岸砂丘があった地域では背後地の被害は生じなかったが、砂丘のない地域では津波による死傷者が出たことが報告されている (高橋ら, 1989)。消波機能に加えて、砂丘は多くの場合動植物の生息、生育域ともなっていることから、海岸環境保護上も重要な場所である。このような砂丘と海浜が共存する海岸の保全を行う場合、地形的にも砂移動の面からも連続した漂砂系として両者を取り扱う必要がある。このことから、本研究では鹿児島県吹上浜海岸を対象に、砂丘-海浜系の変形機構を考察する。

2. 鹿児島県吹上浜海岸の概況

図-1 に吹上浜海岸の位置を示す。吹上浜海岸は鹿児島県薩摩半島の西部に位置し、東シナ海に面した全長約 40 km の砂浜海岸である。この海岸の北西方向には甕島列島が約 35 km にわたって延びている。このため、東シナ海からの入射波浪のうちほぼ北西方向は遮蔽される条件下にある。吹上浜海岸の範囲は上述のようにかなり広いが、一般には、図中の戸崎鼻から大浦までの延長約 30 km が吹上浜と呼ばれているので、本研究ではこの狭義の意味での吹上浜を研究対象とする。図中には吹上浜海岸への流入河川も示してあるが、これらの河川の流域面積は最大規模の万之瀬川で 372.3 km²、第 2 位の神之川で 98.8 km²と、全般に規模は小さい。

田中・小笹 (1974) が終戦直後と昭和 30 年代後半の航空写真を調べた結果によれば、吹上浜海岸では、万之瀬川付近で幾分堆積傾向が見られるが、そのほかの地区で

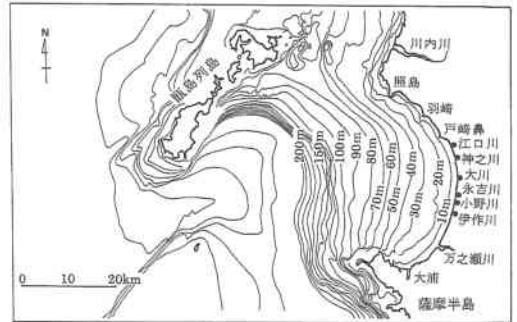


図-1 調査地域



写真-1 第一砂丘前面の侵食

は堆積も侵食もあまりないとされている。しかし、写真-1 に示すように、最近では高波浪来襲後に第 1 砂丘前面での浜崖侵食がかなり目立つ箇所がある。

国土地理院発行の 2.5 万分の 1 縮尺の地図等から砂丘地の平面形状と等高線を調べると、吹上砂丘は永吉川河口付近から発達し始め、小野川付近で砂丘幅が顕著に増大し、さらに南向きに砂丘幅が増大しながら万之瀬川河口付近で約 2.7 km と最も広くなる。一方、現地踏査によれば江口川から神之川河口にかけては海浜背後に海食崖 (シラス崖) が形成され、神之川から大川にかけては内陸部でガリー侵食が進んでいることが分かった。

図-2 には、吹上浜海岸北端の東市来町湯田と海岸線にある東市来漁港における風配図を示す。東市来町においては、通年で見ると NNW, NE, ESE 方向が卓越して

* 正会員 工修 鹿児島大学工学部海洋土木工学科助手

** 正会員 工博 建設省土木研究所河川部長

*** 正会員 工博 鹿児島大学工学部海洋土木工学科教授

**** (元)鹿児島県庁土木部河川課長

***** 中村測量設計技術部長

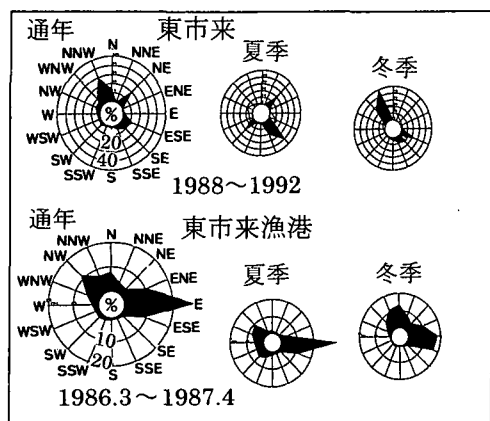


図-2 風配図

いる。また、10 m/s以上の強風に関しては、冬季の季節風に対応するNNWと夏季の台風に対応するESEとNEが卓越風向である。これらの風向のうちNEとESEは陸風となるので、波浪や海岸付近での飛砂の発達に関与しない。飛砂に特に影響するのは、NNWの風である。これは、海岸線に沿って南下する方向の飛砂を発達させる。直接海に面した東市来町江口漁港では、NW方向の風が卓越するが、これに加えてE方向も卓越する。これは観測地点が海と陸の境界上にあるために、海陸風の影響を受けたとも考えられるが、この方向の風は飛砂にほとんど影響しないことは明らかである。

気象データを取得するアメダスの設置位置が海岸線から離れた地点にある場合、測定した風向・風速は必ずしも海岸の局地的気象条件を代表しない可能性がある。そのために、西・木村(1966)による吹上浜海岸の永吉浜、北吹上浜、南吹上浜、北田布施浜、南田布施浜の汀線上で、飛砂の卓越する冬季において測定された風向・風速に関するデータを参照すると、長吉川から万之瀬川に至る海岸では、冬季にN～NWの風が卓越し、同時に、汀線から内陸部に至り砂丘林を横切る測線上でも、NNW～NWが卓越している。したがって、これらの風速データからも吹上浜北部から南向きに運ばれてきた飛砂が、万之瀬川河口付近で堆積することになる。

3. 吹上浜海岸における最近の砂浜幅の沿岸分布

吹上浜海岸の背後地では、特に市来漁港に注ぐ大里川から万之瀬川の間は、シラス(入戸火砕流堆積物)が広大な台地を占めている(理科年表読本, 1996)。そのために本調査地域の、江口川から大川にかけてシラス台地が波や流水で削られることによる海食崖やガリー侵食がある。そして、砂丘は永吉川以南で発達し、その幅も広がっ

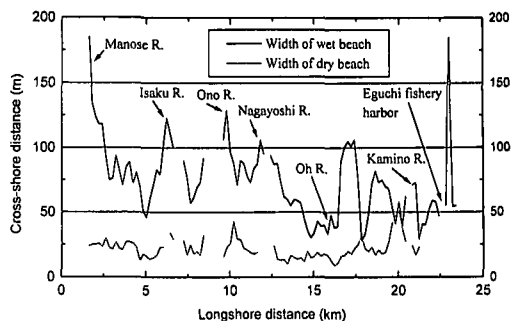


図-3 ドライビーチとウェットビーチ幅の沿岸分布

ている。

砂丘を形成する底質は、飛砂により海浜から供給されており、満潮時のH.W.L.から後浜にいたる乾燥した砂浜幅が広いほど飛砂量は多くなるはずである。また、このドライビーチ前面において干潮時に現れるウェットビーチは、満潮時には水面下に没し、波による漂砂が卓越する領域となる。このウェットビーチは満潮時でも平均水深が2～3mと浅いため台風に伴う高波浪を強制的に碎波させる消波領域としても海浜保全上重要な海岸地形である。加えて、ドライビーチへの漂砂供給源ともなり、間接的に砂丘保全に関連する。そこで、1996年4月5日の干潮時に撮影した空中写真を用いて、これら2種類の浜幅の分布を沿岸方向200m間隔で読み取った。それらは、利用面から通常海浜として認識される植生帯限界からH.W.L.までの乾燥したドライビーチ幅と、ドライビーチの海側境界から干潮時汀線までのウェットビーチ幅である。

図-3に、ドライビーチ幅とウェットビーチ幅を示す。測定領域の平均ドライビーチ幅は22mで、神之川から大川にかけてはこれより広くなり、神之川河口南側で最大の52mとなる。そして、大川から永吉川にかけて、ドライビーチ幅が若干狭まり、永吉川以南でまた増加する。ドライビーチ幅は底質の供給源の一つである河口部では、大川を除き全体的に突出傾向を示す。また、神之川と大川間で直接河口に面していない領域にも浜幅のピークが見られるが、これは海浜背後のシラス性の海食崖による底質供給に起因したものと考えられる。

ウェットビーチ幅もドライビーチ幅と同様に南向方に平均的に増加する傾向がある。ウェットビーチの平均幅は74mとドライビーチ幅の3.4倍で、万之瀬川河口前面で最大185mの浜幅を有し、この付近に大量の土砂が堆積している。これは海浜縦断測量の結果とも一致する。一部データの欠測はあるが、ドライビーチ幅の沿岸分布に比べて、ウェットビーチ幅の分布が河口前面で明瞭な極値を示している。ウェットビーチ幅は、流入河川の土

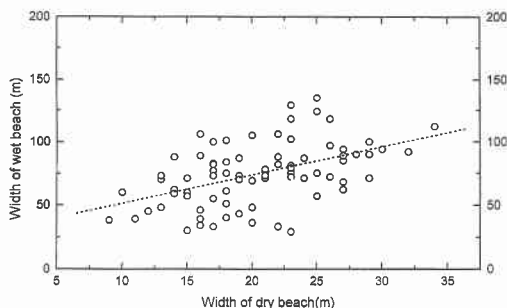


図-4 ウェットビーチとドライビーチ幅の相関

砂供給能力に関係すると考えれば、河川からの土砂供給量は万之瀬川が一番大きく、次いで伊作川、小野川、永吉川はほぼ同じ程度、そして、神之川の順に大きい可能性が高い。ただし、大川については河口前面にウェットビーチ幅の極値が存在していない。加えて、神之川～大川間には河口に対応しない極値が2箇所あり、そのピーク値が神之川河口前面のものより大きい。これは、この領域における海食崖やガリー侵食による底質供給が、河川に匹敵するものであることを示している。

図-4に、ウェットビーチ幅 y_w とドライビーチ幅 x の関係を示す。また、回帰直線は次式で表される。

$$y_w = 2.24x + 28.8 \quad \dots\dots\dots (1)$$

なお、それぞれ神之川河口以南、小野川河口北側、そして万之瀬川河口部の浜幅が特に広い4箇所の測点データは、両浜幅のピーク位置が沿岸方向に若干ずれ、式(1)で示す平均的傾向から極端にずれてしまうために、解析から除外した。

4. 吹上砂丘の植生帯と海岸砂丘林帯の長期的変化

写真-2に示すように当海岸で1954, 1974, 1992年に撮影された空中写真から、汀線位置、植生帯および砂丘林帯の海側境界位置を沿岸方向に約200 m間隔で読み

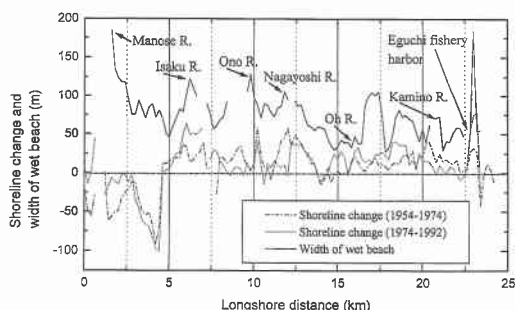


図-5 汀線変動量 (1974-1992)

取り、それらの長期的変化を調べた。図-5には1954～1974年にわたる20年間と1974～1992年にわたる18年間の汀線変化、ならびに比較のためウェットビーチ幅も示す。

図より平均的な侵食堆積傾向が、空間的にも時間的にも両期間で類似していることが分かる。また、両期間内の汀線変動量はウェットビーチ幅とよい相関を持っている。これは、現在のウェットビーチ幅が、過去の漂砂現象の結果であることを考えれば当然であるが、このことにより、1954～1974年と1974～1992年の汀線変動量データと、ウェットビーチ幅データの信頼性が相互に確認されたことになる。両期間の汀線変動は正の相関係数0.71を持つので、以降、解析には主に現在の海岸状況を説明する1974～1992年間のデータを用いる。

図-5中の、1974～1992年の全測定領域での汀線変動量は、平均で10 mである。このことより、当海岸は最近の18年間で堆積傾向にあったことが分かる。ただし、万之瀬川河口以北の1.2～4.8 km 区間においては汀線が後退傾向にあり、 $X=4.4$ kmでは最大で100 mも後退している。また、大川を除くその他の河口周辺では汀線の突出が認められる。一方、大川と神之川間の領域では、神之川河口に対応する汀線変動以外に海食崖や背後地のガリー侵食によると考えられる汀線の前進があり、その量は $x=18.4$ kmで最大41 mとなる。さらに、江口川河口周辺部での局所的な汀線の前進は、防波堤の建設に伴うものである。伊作川と永吉川に挟まれる区域では汀線の前進量が比較的小さく、また大川以南の $X=14.0$ km付近では汀線が若干後退している区域がある。

図-6には1974～1992年における植生帯境界の変動を実線で砂丘林の海側境界の変動を破線で示す。これによると、海岸全域で植生帯境界の変動の平均は約11 mであり、万之瀬川から $X=5.0$ kmまでの区間は汀線の空間的変動が激しく最大で29 m前進、かつ72 m後退している。その北側の伊作川周辺では、全体的に植生が前進し河口以南の $X=5.6$ kmで最大79 m前進している。そして、小野川以南の $X=8.8\sim11.0$ km 区間において



写真-2 解析に用いた吹上浜海岸の空中写真例

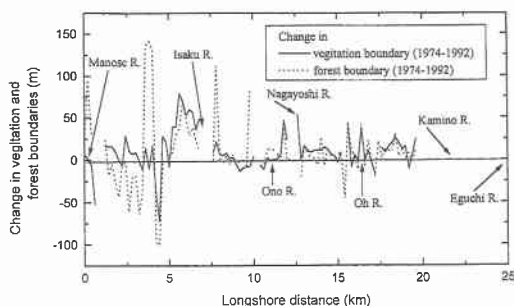


図-6 海岸植生境界と砂丘林境界の変動

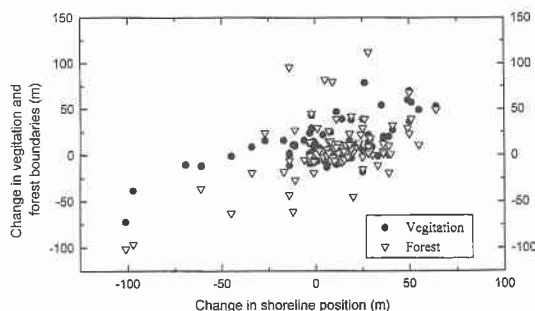


図-7 汀線と植生境界および砂丘林境界の変動の相関

は植生が安定か若干後退傾向にある。一方、小野川以北においては前進か安定傾向にある。植生帯限界は、台風時等の高波浪の遡上域より陸側にあり、海浜の岸側境界を示す指標であるために、特に伊作川や永吉川周辺では安定した海浜が広がり、その発達速度は伊作川周辺の $X=5.2\sim 8.8$ km 区間では平均約 1.86 m/yr に達することが分かる。

さて、調査領域での砂丘林の海側境界変動の平均値は 10.6 m と、汀線変動、植生変動の平均値とほぼ同じである。1974～1992 年では、砂丘林も伊作川右岸から、 $X=3.6$ km の領域にかけてその前進が著しく、多いところでは約 142 m も海側に砂丘林帯が広がっている。また、この砂丘林は 1974～1992 年では、伊作川と万之瀬川の間付近で後退傾向にある。最終的に、植生変動 (Δy_s) と砂丘林変動 (Δy_f) の間に次式で示す関係がある。

$$\Delta y_s = 0.75 \Delta y_f + 2.93 \quad \dots\dots\dots (2)$$

図-7 には、汀線変動量と植生帯限界の相関を丸印で、汀線変動量と砂丘林境界の相関を三角印で示す。この図より、平均的に汀線が後退する領域では植生帯も後退し、汀線が前進する領域で植生帯も前進する傾向が読みとれる。汀線変動量 (Δy) と植生帯の変動量 (Δy_s) の間には、単相関分析によれば次式が成立する。

$$\Delta y_s = 0.48 \Delta y + 7.14 \quad \dots\dots\dots (3)$$

同様に、砂丘林の海側境界の変動量を (Δy_f) とすると、

次式が得られる。

$$\Delta y_f = 0.67 \Delta y - 0.48 \quad \dots\dots\dots (4)$$

砂丘林の海側境界の変動量も、汀線変動量と全体的に正の相関 0.55 を持つ。これは植林などの人工的な因子が働くとは言え、結果として砂丘林が安定して存在する区域の海側境界が、波による汀線変動という自然現象と密接に結びついていることを示している。

5. Blow out による砂丘の変形

上述した砂丘林保護の歴史とは対照的に、吹上浜海岸では写真-3 に示すように、砂丘林と砂丘フロントの間の植生が破壊されて形成された洗掘孔に伴う裸地が多数分布している。これは強風による blow out (砂の吹き飛ばし) が主な原因と推定されるが、このほか豪雨の後にも発生しているようである。これは、第1、2砂丘列の間の低地には水が溜まりやすく、この状態が長く続くと植物が枯死して砂丘表面の植生が破壊されることとも関係していると思われる。この洗掘は時には数 m の深さにもなるために、砂丘フロントとこの洗掘の間が、波による overwash や溜まった雨水等の流出により切れると、その付近で急激に砂丘が後退し、台風などの高波浪時に隣接砂丘の波による侵食を助長することになる。

図-8 には、万之瀬川河口に隣接する測線上での、blow



写真-3 砂丘の風による洗掘部 (Blow out 部)

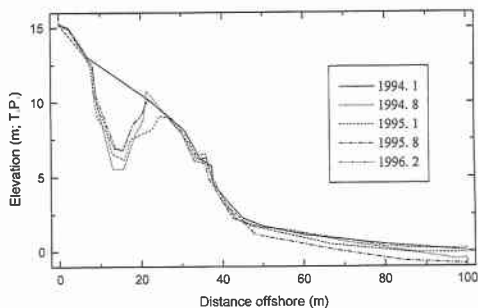


図-8 砂丘洗掘部の縦断形状変化

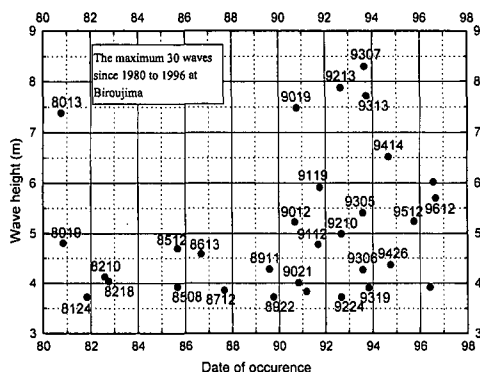


図-9 近年の高波浪来襲状況 (枇榔島)

outを含む縦断面形状変化を示す。図中、1994年1月には砂丘は一様な断面であったが、同年8月には砂丘の中央部で深さ約6.2mの穴が形成された。その後、1995年1月までに中央部で0.8mほど、1995年8月までには1.3mほど飛砂による回復が生じたが、1995年8月から1996年2月には飛砂による回復はほとんど見られない。

この洗掘域の表面積により、調査期間内に堆積した砂量を割ると、この地域の飛砂量が概算できる。1994年8月～1995年1月に1.6m³が、1995年1月～8月では1.2m³が、沿岸方向の単位幅あたりトラップされている。したがってこの付近の植生で被覆された砂丘上では、沿岸方向の単位砂丘長・単位面積当たり、約1.4m³/yrの飛砂があったと推定される。

6. あとがき

1994年度までの長期的な海浜変形の傾向を調べたが、そこには江口漁港周辺を除いて、海岸構造物周辺での侵食・堆積、あるいは海砂採取域隣接海岸での侵食・堆積という、沿岸漂砂に伴う長期汀線変動が生じていなかった。一方、沿岸漂砂の負の勾配以外にも、暴浪にともなう遡上波による岸沖漂砂と砂丘面の斜面崩壊で、浜崖が

発生する事も知られている。そこで、浜崖の形成を生じするような高波浪が、近年入射していたのか考察するために、志布志港湾事務所の波浪データとNOWPHASの波浪データを用いて最終的に図-9に示すような隣接海岸での入射波条件についても、若干調べた。その結果、近年の浜崖を伴う顕著な海岸侵食については、図に示すように1990年代になり有義波高5mを超える高波浪の来襲頻度が急激に増加した事、つまり1990年代になり外力条件が厳しくなった事が主な浜崖形成の原因とも考えられた。

前述の調査に基づき当海岸の漂砂環境を要約すると以下の様になる。

(1) この沿岸では冬季にNNWを中心とした季節風が強い。このため全体としては南下する方向に強い飛砂が発達する。これは、砂丘の発達状況や河口砂州の発達状況と一致している。

(2) 当海岸では、甌島列島による遮蔽効果により、ほぼNNW方向の強風が吹いても南下する強い沿岸漂砂は生じにくいと推定される。その理由として、吹上浜海岸中央付近の河口導流堤の両岸の汀線が直線的に延びていた事実があげられる。

(3) 吹上浜砂丘への土砂の供給源としては、各流入河川に加え、大川河口以北に広がるシラス性の海食崖、およびこの地区でのガリー侵食が考えられる。

参考文献

- 高橋 博・竹田 厚・谷本勝利・都司嘉宣・磯崎一郎 (1989): 沿岸災害の予知と防災—津波・高潮にどう備えるか—, 白亜書房。
- 田中則男, 小笹博昭 (1974): 海浜変形調査資料 (第2報) 一航空写真による汀線変化の解析—, 港湾技研資料, No. 192。
- 西力造・木村泰造 (1996): 吹上浜砂丘地帯における前砂丘造成による安定法の研究, (財)九州治山協会。
- 理科年表読本 (1996): 日本列島の地質, 工業技術院地質調査所監修, 丸善(株)。