

石川県片野・塩屋海岸の海浜・砂丘地の変遷とその変形機構

BEACH AND DUNE CHANGES ON KATANO AND SHIOYA COASTS IN ISHIKAWA PREFECTURE AND THEIR MECHANISM

宇多高明¹・古池 鋼²・芹沢真澄³・三波俊郎²・清野聡子⁴・渡辺宗介⁵

Takaaki UDA, Kou FURUIKE, Masumi SERIZAWA, Toshiro SAN-NAMI, Satoquo SEINO
and Shusuke WATANABE

¹ 正会員 工博 国土交通省土木研究所河川部長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

² 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)

³ 正会員 海岸研究室 (有) (同上)

⁴ 正会員 農修 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科 (〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1)

⁵ 学生会員 東京大学大学院総合文化研究科 (同上)

Beach and dune changes on the Katano and Shioya coasts in Ishikawa Prefecture were investigated by comparison of aerial photographs and field observation. In this area, sand dune develops along the shoreline and main sediment source is the Daishoji River flowing into the central part of the coastline. The shoreline change shows recession on the west side of the river mouth, whereas the shoreline advances on the east side. The mechanism of shoreline changes was explained by the reasons that the eastward energy flux is bigger than the westward flux on this coast, and the intermittent sediment transport was induced by the eastward transport as an oneway transport by the weir effect of the river mouth jetties.

Key Words : Dune, longshore sand transport, Katano and Shioya coasts, intermittent transport

1. まえがき

一般に、海浜変形に関する研究においては、波や流れによる土砂輸送に重点が置かれており、沿岸漂砂による海浜変形と飛砂による砂丘変形は別々の現象として扱われることが多い。しかし海岸砂丘は沿岸漂砂によって輸送された細砂が供給源となって形成されるものであり、飛砂によって海岸線から運び去られる量は沿岸漂砂量と比較して決して小さくない。したがって海浜変形と海岸砂丘の変形は本来同時に扱う必要があると考えられる。とくに砂丘の形成は地形学的に長い時間にわたることから、地形形成においては両者の関係について十分な理解が必要である。このような研究として西ら¹は、鹿児島県の吹上浜を対象として砂丘地と海浜の地形変化の関係について調べた。しかしこのような地形学的視点に立った研究は数少ない。本研究では、石川県南部にあり、大聖寺川河口の北側に発達した海岸砂丘を研究対象として、海岸・砂丘特性と地形変化機構について考察する。

2. 片野・塩屋海岸の概況

片野・塩屋海岸は図-1に示すように石川県南部に位置し、日本海に面した延長約14kmの砂浜海岸である。海岸線の北東端は片野の岬により、また南西端は越前松島の岩礁によって区切られている。片野の岬の北西約3kmに

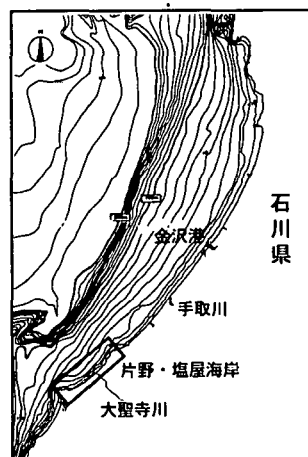


図-1 片野・塩屋海岸の位置図

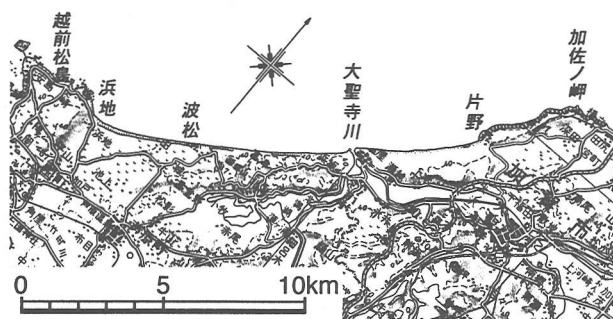


図-2 片野・塩屋海岸の詳細地形図

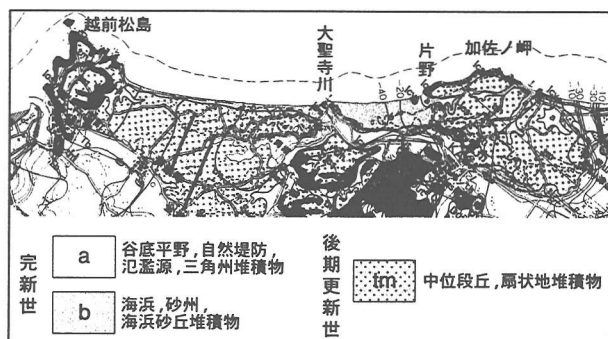


図-3 片野海岸付近の表層地質図

は加佐ノ岬があり、その北には石川海岸が連なっている。延長約14kmの砂浜のうち、北東端から約4km南西には大聖寺川が流入している。この川は図-2に示すように東側から蛇行して流れた後、現河口から日本海へと流入している。現河口の西側には古砂丘が連なり、そこでの砂浜幅は狭い。これに対して、河口東側には新砂丘が片野の岬まで延びている。また、現河口には岩礁群があり、それが河口を固定する役目を果たしている。

図-2に示したように、大聖寺川河口から片野岬まで約4km間において、幅約1km、比高約50mで発達している新砂丘は、主として大聖寺川からの流出土砂が堆積して形成されたと考えられるが、この砂丘地の背後には低平地が広がっている。

片野海岸における風特性として、冬季にはWまたはNW方向の風が卓越する²⁾。海岸線はほぼSW～NEの走行を有するためにNW方向は海岸線と直角であり、W方向では東向きの飛砂フラックスを生じさせる。この海岸の波浪特性として、福井港の波浪観測結果³⁾によれば冬季はNWまたはWNWが卓越するが、その他の季節にはNNW方向の頻度も高い。図-2において大聖寺川河口付近の海岸線形状を調べると、NW方向はほぼ海岸線と直角方向からの入射であり、NNWでは南西向き、WNW方向では北東向きの沿岸漂砂を発生させる。この海岸では波向がサイクリックモードをもって変動しているが、波浪エネルギーは冬季に大きく、その他の時期では小さいという特徴がある。

図-3は片野海岸付近の表層地質図である⁴⁾。これによれば大聖寺川河口の東側は完新世の海岸砂丘堆積物で広く覆われている。一方、河口西側の海岸線に沿う細長

い区域は、河口東岸と同様な砂丘堆積物により覆われているが、その背後は後期更新世の中位段丘が広がっており、河口を挟んで東西の地形条件は大きく異なる。

3. 空中写真による海岸特性の判読

写真-1は片野・塩屋海岸を含む海岸線全体の空中写真である。河口から南西側は1995年5月、北東側は1994年5月撮影の空中写真である。河口には「ハ」の字形の防波堤が設置されており、さらにその沖には長さ約100mの沖防波堤が延びている。河口を挟んで南西側と北東側の海岸状況は大きな相違を示す。南西側は海岸線近傍まで段丘面が広がり、畑地やゴルフ場などに利用されている。これに対して河口北東側にはクロマツ林に覆われた新砂丘が海岸線から内陸方向に最大約1.6kmの幅で広がっている。大聖寺川河口の南側には北潟湖があり、河口で大聖寺川と繋がっている。海岸線沖には沿岸砂州の発達が顕著であり、とくに河口の北東側では少なくとも2段の沿岸砂州の発達が見られる。

片野海岸の砂丘地では、写真に破線で示すように海岸線と直交して16本の縞模様が判別される。また砂丘背後の低地と砂丘地との境界には凹凸があるが、それには規則性があり約300m間隔で並んでいる。そして砂丘上の窪みの延長上ではこの境界線が凹んでおり、明らかにこれらの微地形が相互に関連している。

写真-2a, b, cは、1948年7月、1975年10月、1997年1月撮影の空中写真をもとにした大聖寺川河口部の拡大空中写真である。1948年7月では河口部には規模の大き

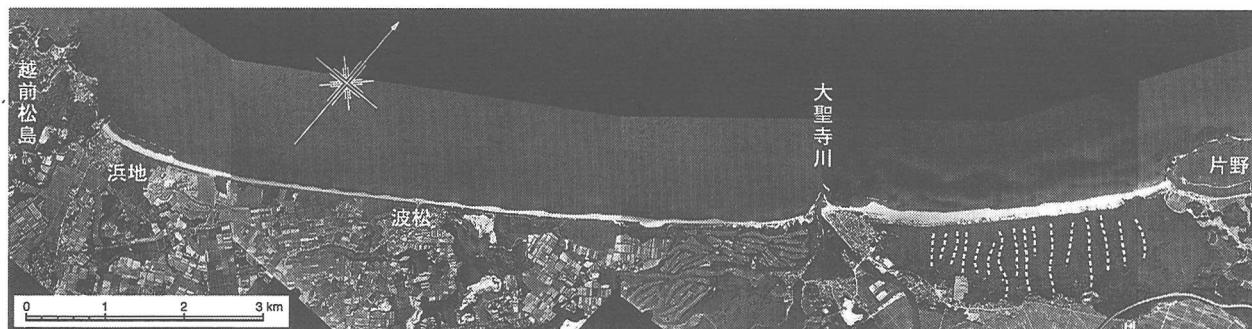


写真-1 片野・塩屋海岸の空中写真（大聖寺川河口以西：1995年5月撮影，河口以東：1994年5月撮影）

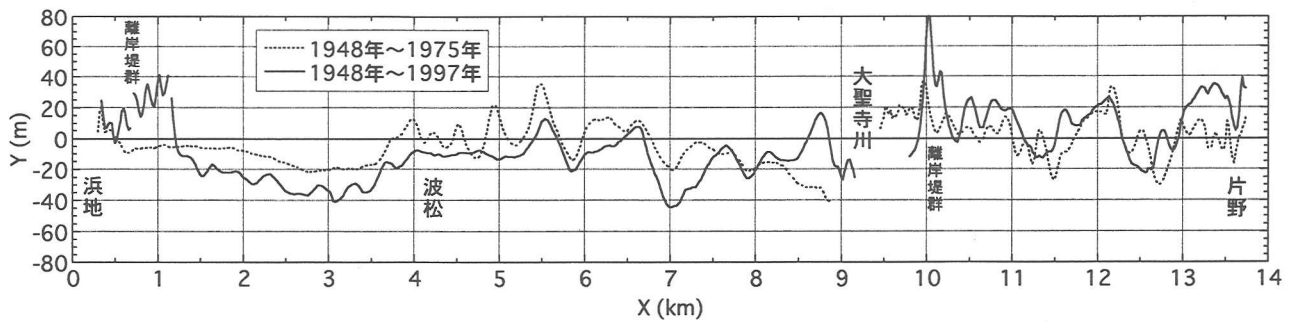


図-4 空中写真による片野・塩屋海岸の汀線変化

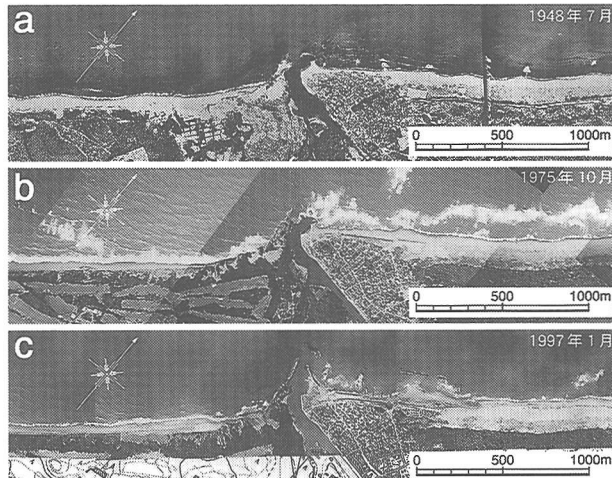


写真-2 空中写真による大聖寺川河口部の変遷
(a: 1948年7月, b: 1975年10月,
c: 1997年1月撮影)

な施設はなかったが、1994年には河口に「ハ」の字形導流堤兼用の防波堤が延びており、さらにその沖に防波堤の開口部を遮蔽するように長さ約100mの沖防波堤が設置されている。またこれらの防波堤の東側には黒々とした岩礁が写っている。

図-4は1948年を基準とした1975年および1997年までの汀線変化である。これによれば、離岸堤群の建設によって局所的に汀線が前進した西端の浜地地区を除けば、大聖寺川河口の西側区域では経年的に汀線が後退傾向にあり、これと対照的に大聖寺川河口の東側地区では汀線が前進傾向にある。なお河口の隣接部での局所的な汀線の前進は2基の離岸堤の設置による。

4. 海岸の現地踏査

1999年10月16日、片野・塩屋海岸の現地踏査を行った。写真-3は大聖寺川河口左岸の台地上から河口部を撮影したものである。写真には左岸の防波堤と沖防波堤が写されている。左岸防波堤の付け根部分は岩石海岸であって、防波堤と岩礁によって東西方向の沿岸漂砂が大きく阻止される条件下にある。しかし、この岩礁から南東方向を望むと写真-4の光景が見られる。ここでは比高約30mに達する海食崖が発達し崖の崩壊が進んでいる。海



写真-3 大聖寺川河口の左岸側から沖防波堤を望む

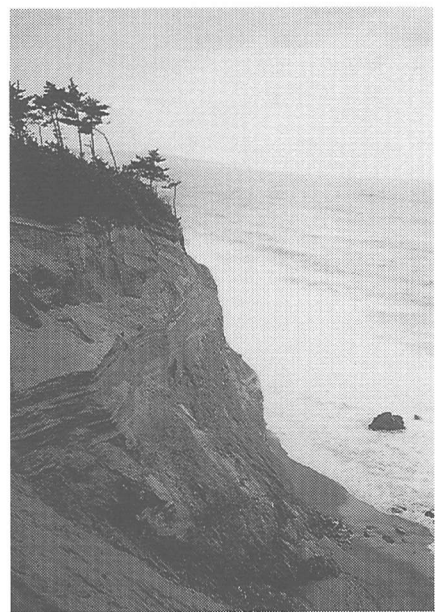


写真-4 大聖寺川河口左岸側に形成された海食崖

食崖から大量の土砂が供給されと考えられるにもかかわらず海食崖前面の砂浜幅は狭い。このことは崩落土砂が崖直下からは次々と運び去られる条件下にあるといえる。この崖を西側に回り込んだ位置では写真-5に示すように台地上部まで侵食が進み、多数の松が崩落している。このような状況はこの付近が海食崖の後退に伴って現在も激しく侵食されていることを示している。

写真-6は写真-5の撮影位置よりもわずかに海側で南西方向を望んで撮影したものである。海岸線には段丘が



写真-5 海食崖上部の崩壊状況



写真-8 大聖寺川河口の北東側隣接部の海岸状況



写真-6 大聖寺川河口左岸の台地上から南西側の海岸を遠望



写真-9 離岸堤の北東側の自然海浜に形成された高いバーム



写真-7 波松海岸の侵食箇所



写真-10 砂丘地上の低木植生

迫っており、その前面に狭い砂浜が続いている。大聖寺川河口の南西側では、写真-6に示すように砂浜幅は河口から離れると次第に狭くなる。海岸線が最も後退した場所ではほとんど前浜が存在しない。この付近の海岸状況を撮影したのが写真-7である。海岸線に沿って海岸護岸とその前面に消波ブロックが連続的に設置されており、自然海浜は全く存在しない。写真-7で護岸の背後に見える木柵は、その背後で進められつつある保安林としての松の植林を塩害から守る目的で設置されたものである。

写真-2に示した大聖寺川河口部の空中写真によれば、河口右岸側導流堤の北東約500mには離岸堤が設置され

ている。右岸導流堤と離岸堤の間では弓状に汀線が後退し中央部が凹んでいる。写真-8は離岸堤の西端付近から河口方面を望んで撮影したものである。海岸線には直立護岸と数多くの突堤が見える。突堤群のうち最も遠方に見えるのが写真-2に示した河口右岸導流堤である。写真に示すように、中央部で前浜はほとんど見られない。汀線が最も後退した付近には緩傾斜堤が設置されている。

離岸堤の東側直近で東向きに撮影した海岸状況が写真-9である。写真-8に示した離岸堤西側の海岸状況と大きな違いを示し、高いバームが発達している。離岸堤の西側では汀線と背後地境界までは約80mしか離れてい



写真 - 11 片野海岸の砂丘を北東端から遠望

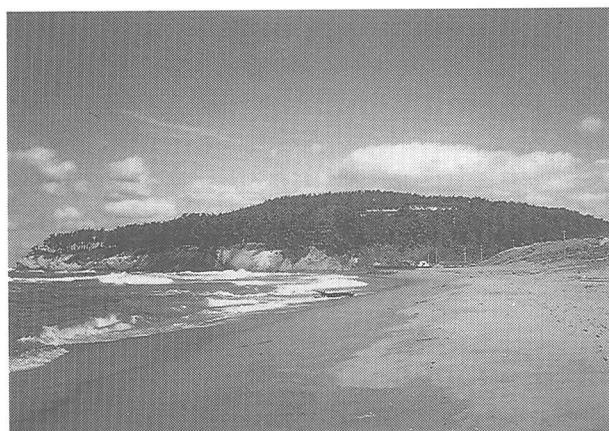


写真 - 12 片野岬の海食崖とその手前側の海浜

ないのに対し、写真-9の撮影位置付近では汀線と境界線まで約200mの距離がある。このような海浜スペースの違いが海岸状況に大きな違いをもたらしている。写真-10は保安林の前面に広がる草木類を主体とする植生帯の状況である。緩やかな砂丘に草木類や低木が育っている。写真-11は片野海岸の北東端の砂丘上から砂丘地を遠望したものである。

写真-12は片野岬とそれに続く砂浜の状況を南西側から撮影したものである。この付近では非常に広い前浜が広がっている。

5. 海岸砂丘の安定化の歴史

大聖寺川河口の東側にある新砂丘では、長い年月にわたる海岸砂防が行われた結果、現在のクロマツを主体とする保安林が形成された。以下、金沢営林署²⁾より重要部分を抜粋する。まず、「砂浜国有林は石川県の南端大聖寺川の河口に近く日本海に直面し総面積 290ha を有する。かつては日本海より吹き上げた飛砂の堆積によって形成された一望無限の砂地であってそこには一木一草の青色も見られなかった」とある。しかし、砂丘地の安定化のために長い年月にわたって懸命な努力が払われてきた。このため、「飛砂と砂丘の破壊を防止して植栽地

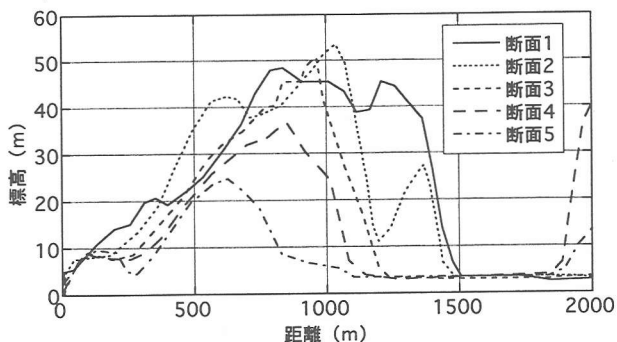


図 - 5 国土地理院の数値地図に基づく砂丘の断面測線の位置

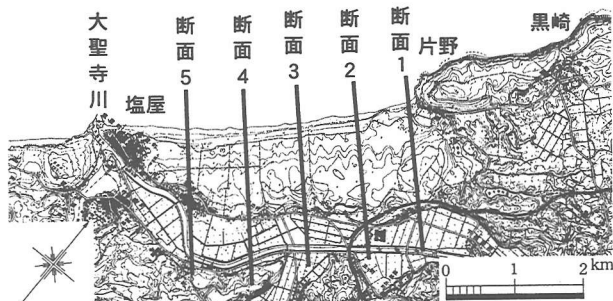


図 - 6 砂丘の断面測線

の地盤を形成させるため砂防垣を主風の方向と約45度（ほぼ汀線に平行）に18mの間隔を置いて平行直線状に新設した」。片野海岸の砂丘にあっては塩屋海岸より明治44年以降砂防垣の建設が始まり、順次東側へと砂防垣の設置が広げられ砂丘の安定化が図られた。当初は汀線とほぼ平行に、大正5年からは網目状に砂防垣が配置された。また、「植栽に平行して海岸砂防林の完璧を期する為には適正なる前丘の築設が絶対条件となる。そこで大正5年度より汀線に沿って一大前丘の造成を企画し先ず海岸線に沿い、高さ2mの集砂垣を築き引続き堆積砂上に逐次築き直して砂丘の上昇を図った。大正12年に至り高さ約6mの前丘の造成に成功した」とある。写真-11に示した前砂丘は現在植生で覆われているが、当時この部分はむき出しの砂丘であり、人工的に安定化された砂丘地であることがわかる。

6. 数値地図をもとにした片野海岸の砂丘堆積土砂量の計算

図-5に示すように海岸線とほぼ直交方向、700m間隔で砂丘を横断する5測線を設定し、国土地理院発行の数値地図をもとに砂丘地の横断形を書いたのが図-6である。砂丘地の最高標高は58mであり、南西方向に次第に標高が低下している。また測線3に明らかのように、砂丘は海岸線付近で平坦面を有した後、約1/17勾配で最高標高まで達し、その後約1/6勾配で標高が低下している。図-6には各断面の砂丘断面積を示す。さらに各測線の間

隔を乗じて砂丘の総土砂量を算出すると、総土砂量は約 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ となる。

この付近の海岸における海水準の変動については、完新世末期の約1万年前から急速に海面が上昇し約6,000年前には現在より約5m高い水準に達した後、現在とほぼ同じ水準で変動を繰り返している。そこで新砂丘の形成が約6,000年前から始まったと仮定すると、砂丘への堆積速度は $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。砂丘の沿岸方向の長さは約4kmであるから、単位長さ当たりの飛砂量に換算すると、 $5.0 \text{ m}^3/\text{m}$ となる。この飛砂量は、Uda et al.⁵⁾ が茨城県の阿字ヶ浦海岸で求めた飛砂量 $20 \text{ m}^3/\text{m}$ や、佐藤ら⁶⁾ が新潟海岸で求めた $30 \text{ m}^3/\text{m}$ と比較してもほぼ妥当な水準にある。

7. 考察

砂丘を含む片野海岸については、その形成史や現況の海岸特性を系統的に説明する上でいくつかの疑問点が指摘される。

①写真-2に示したように、現況では河口沖には「ハ」の字形の防波堤と沖防波堤がある。大聖寺川河口の防波堤は、平均海岸線に対して時計（右）回りから波が入射する場合、河口南西側に波の遮蔽域を造るには河口左岸側から離れ過ぎているため、防波堤背後で堆砂効果を発揮できない。したがって南西向きの沿岸漂砂に対しては固定境界を与え、河口南西側隣接部では侵食を助長させる働きを持つ。一方、平均海岸線に対して反時計（左）回りから波が入射する場合には、北東向きの沿岸漂砂下手端の固定境界として働き、堆積をもたらす。南西向き、北東向きの沿岸漂砂量が釣り合っておれば、河口左岸隣接部での激しい侵食は起こらないはずである。しかし実際には激しい侵食が起きていることは、南西方向へ向いた沿岸漂砂の作用も強いことを意味している。

②大聖寺川河口の南西側にある段丘面は急傾斜で汀線まで落ち込んでいる。このことは、段丘前面の砂浜より北東向きの沿岸漂砂によって砂が片野海岸方向へと流出した可能性が高いことを示唆する。しかし、その場合、大聖寺川河口を挟んで南西側、すなわち漂砂供給側の汀線が北東側の汀線より凹んでいる理由が不明である。以上の2点は相互に矛盾するように思われる。

写真-2に示したように、現在では大聖寺川河口には「ハ」の字形の導流堤兼用の防波堤が延びているが、これら施設の建設以前の空中写真によれば、河口の左岸側にのみ規模の大きな岬が延びており、河川流はこの岬によって阻止されてやや北向きに流入していた。そこに冬季の高波浪時における北東向きの沿岸漂砂が作用した

ため、河川からの流入土砂が河口の北側に拡散されやすかったと考えられる。これが河口北東側の砂浜が南西側より広い理由の一つと考えられる。

この海岸では、海岸線に対して反時計回りに傾いたWNW方向からの冬季風浪が高頻度で襲来する。その場合、沿岸漂砂としては北東向きになるが、この方向からの波浪に対して河口部で斜めに延びた防波堤から反射波が発生すれば局所的には南西方向の漂砂を生じさせてよい。しかし防波堤が延ばされる以前の1975年10月においてすでに侵食が始まっていたことから、これを主原因とすることはできない。

波浪データから見れば大聖寺川河口の南西側隣接部では、北東方向と南西方向の沿岸漂砂が周期的に変動していたと考えられる。その場合、波浪エネルギーは北東方向のフラックスの方が大きいために、河口の南西側は侵食されるのではなく堆積するはずである。河口には岩礁があり、これらは冬季の高波浪時における北東方向の沿岸漂砂は容易に越えることが可能であるが、その他の季節において沿岸漂砂の方向が反転した場合、相対的に波高が低いためこれらの岩礁が沿岸漂砂阻止能力が高まり、結果として砂が河口北東側に閉じこめられる効果が生じたと考えられる⁷⁾。これが河口北東側の海浜が南西側のそれよりも沖に突出している理由の一つと考えられる。また、このような条件では南西向きの沿岸漂砂が生じる場合、漂砂の不連続が生じるので、浅い海域から陸側で侵食が目立つことになる。以上のように考えれば一連の現象を無理なく説明できる。

参考文献

- 1) 西 隆一郎, 宇多高明, 佐藤道郎, 西原幸男, 井ノ上由人: 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的変動特性, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.661-665, 1998.
- 2) 金沢営林署: 砂浜国有林海岸砂防事業の概要 - 砂の津波から内陸を守るもの -, p.29, 1961年5月.
- 3) 運輸省港湾技術研究所: 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS1992), 港湾技研資料, pp.118-123, 1994.
- 4) 通商産業省工業技術院地質調査所: 20万分の1地質図幅「金沢」, 1999.
- 5) Uda, T.: Field investigation on development and deformation processes of sand body on Ajigaura Beach, Coastal Eng., Japan, Vol.37, No.2, pp.173-188, 1994.
- 6) 佐藤慎司, 大谷靖郎, 橋本 新, 堀口敬洋: 新潟海岸における飛砂の実態と防砂フェンスの機能, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.496-500, 1999.
- 7) 樋口豊久, 西澤 学, 川村哲也, 宇多高明: 間欠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.