

第4章 自然の力で回復しつつある鳥取砂丘海岸の実態と草原化の行方

小玉 芳敬

1. はじめに

砂丘海岸および鳥取砂丘には、2つの自然環境的課題がある。いずれも1980年代以降に顕在化したもので、ひとつは「砂丘海岸の海岸侵食」(景山・小玉, 2000)、もうひとつは「砂丘の草原化」である。それぞれに対して、海岸の護岸工事や沈水人工リーフ(沈水式離岸堤)の設置、さらにはサンドリサイクル事業、砂防林の手入れ、除草活動などが実施されてきた。

本報告では、砂丘がかかえるこれらの課題について、後背地の千代川流域に視野を広げて考えてみたい。広域を対象とすれば、当然より長い時間スケールでの解析が求められるが、本稿で扱えるのは、得られたデータの関係上、最近50年前後にとどまる。にもかかわらず、砂丘海岸が主に自然の回復力により、劇的に変化している実態をとらえることができた。このことは今後の草原化対策や海岸侵食対策を考える上で重要な要素となるので、ここに報告する。一部は、3年前の報告(小玉, 2010)と重なるものの、理解を助けるために再度ここに掲載する。

2. 調査方法

鳥取砂丘およびその周辺の自然環境的課題の原因を探るために、流域流砂系の観点から調査を実施した。まず鳥取県博物館所蔵の鳥取県郷土視覚定点資料を使い1968年～2008年までの5年おきに撮影された9セットの空中写真より、鳥取砂丘沖の沿岸

砂州を判読し図化した。浅海底にある沿岸砂州は、暗色に写る海域の中に明るい帯として記録される。1988年の空中写真は煙霧のためか海域が不明瞭であったため、解析から除外した。

次に千代川の行徳水位流量観測所の流量を調べ、大規模出水と沿岸砂州の規模変遷との関係を検討した。さらに千代川の河原における砂礫堆積状況や植生繁茂の様子を出水との関係で15年以上にわたり観察・調査してきた結果を加味した。

最後に鳥取砂丘海岸において、サンドリサイクル事業が始まる以前から砂浜堆積物の粒度組成を適宜モニターリングしてきた。現千代川河口の右岸側から岩戸にかけて約7.5 kmの海岸線を歩き、原則として200 m毎に汀線付近に形成されたバーム(低位汀段)のクレスト部から50gほどの試料を採取し、沈降管粒度分析装置にかけた。バームが侵食され、浜崖が形成された地点では、浜崖の頂部から試料を採取した。

バームとは穏やかな波浪が続いたとき、最も汀線寄りの沿岸砂州が浜に乗り上げた堆積地形であり、暴浪時にはバームは侵食され、その砂は沿岸砂州に貯留される(たとえばShort, 1979, 1992)。つまり、バームの堆積物は、浅海底と頻繁に行き来するもので、前浜から外浜の堆積物を代表するものと考えられる。

砂浜堆積物の調査を、①2004年12月15日～2005年2月8日、②2009年5月10日、③2011年4月16日、④2012年6月1日に

実施した。幸いなことに類似の調査が1955年8月に福本（1956）により実施されており、その結果が山名（1962, 2010）に公表されていた。これらのデータを比較することで、半世紀以上にわたる鳥取砂丘海岸の砂浜堆積物の粒度変遷を明らかにした。

3. 調査結果および考察

3-1 沿岸砂州の規模変遷と千代川の大規模出水の関係

千代川では大規模な出水が発生すると、川原が砂で満ちあふれ礫集団が活発に移動する。しかし数年もすると、砂が流亡し礫集団の動きは停止する。これらの事実は1998年の智頭採石場の崩落事故以来、千代川を流下する礫集団の追跡調査のより明らかにされている（たとえば湯村，2013）。

鳥取砂丘の浅海底にみられる沿岸砂州の規模は、1968年～1998年にかけては大局的に縮小傾向にあったが、2003年には一変し大規模に拡大した（図1）。つまり、1968年には千代川河口から岩戸に至る鳥取砂丘海岸の全域で、2列の沿岸砂州が明瞭に発達していた。しかし1973年には千代川河口付近から、沿岸砂州が不明瞭となり、不明瞭な区間は順次東に拡大した。1983年には沖側の沿岸砂州は福部沿岸にかろうじて認められる程に縮小した。1993年には、沿岸砂州の規模が少々回復したものの、1998年には再び西側から沿岸砂州の規模縮小が進行した。ところが2003年には沿岸砂州は規模を一気に拡大し、2008年もその状態を維持した。

海岸侵食が深刻化した1980年代、鳥取砂丘沿岸の浅海底には、まさに砂が欠損していた。このことが海岸侵食を招いた原因と

考えられる。鳥取県が海岸侵食の対策として実施したサンドリサイクル事業は、2005年から始まった。しかしすでに2003年には浅海底に多量の砂が存在していたのである。

沿岸砂州の規模変遷の要因を探るために千代川の大規模出水のみを抜き出し図1に示した。1975年以降で6回しか発生していない規模の出水のうち、4回が1998年以降に発生した。大規模出水を招いた大雨は、多量の砂を無数の沢から千代川本川にまで運び出し、千代川は数年かけてこれらの砂を下流に運搬している。そこで、これらの大規模出水と沿岸砂州の規模変遷を照らし合わせてみる。

1979年10月の出水は、沿岸砂州の規模に影響を与えず、1978年から1983年にかけて沿岸砂州は規模の縮小を続けた。この背景には、1983年に完了した千代川河口付け替え工事が関わっていると思われる。河口付け替えにより人工的に掘削された台形の河道横断形状は、砂床区間である千代川河口部の河道形状からはほど遠いものであった。1979年の大規模出水以降に運搬されてきた砂は、河道形状の修復に使われたと思われる。そのため浅海底まで十分な量の砂が供給されることなく、沿岸砂州の規模縮小傾向を止めることができなかったと考えられる。

1990年9月の出水は、1993年に記録された沿岸砂州の規模回復に貢献した。しかし砂の供給量は充分ではなく、1998年には再び沿岸砂州の規模縮小を招いた。1998年に2回、2004年に2回の大規模出水が千代川で発生した。出水後、千代川の河原は確かに砂であふれた。これらの砂は引き続いて発生した中・小規模出水で数年かけて河口

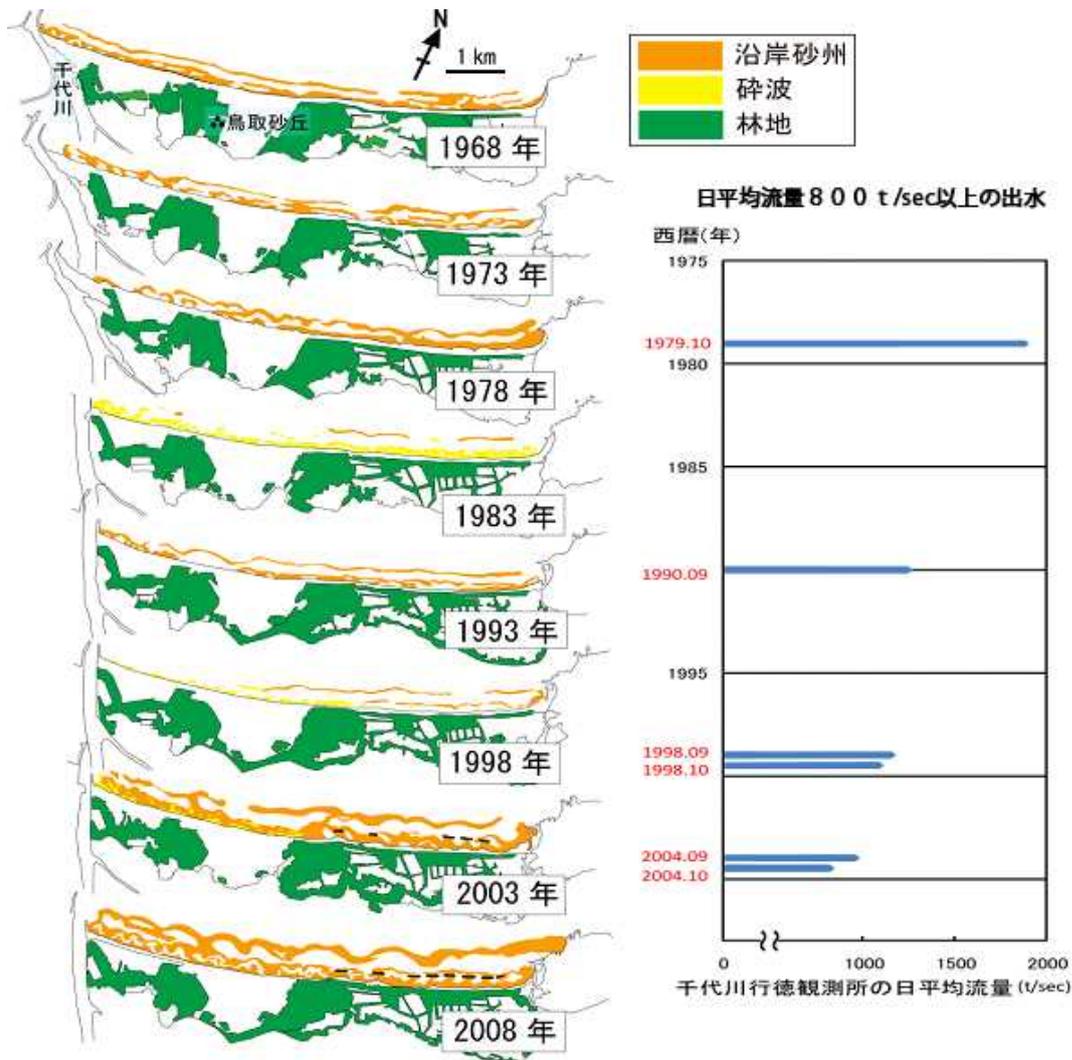


図1 鳥取砂丘海岸に形成される沿岸砂州の規模変遷と千代川の大規模出水

部まで運搬され、2003年と2008年の沿岸砂州の規模拡大に反映したと考えられる。このように沿岸砂州の規模は、千代川の大規模出水に数年遅れて対応していることが、明らかになった。

高度経済成長期以降、日本全国で発生した橋脚の洗掘・倒壊や海岸侵食・浜の消失事例などから推察すると、1968年～1998年にかけて、鳥取砂丘海岸の沿岸砂州が規模を縮小し続けた根本原因は、1960年代～1970年代に盛んに実施された川砂利採取に

よると考えられる。このことが沿岸砂州の規模縮小、ひいては海岸侵食を招いてきたと思われる。千代川における川砂利採取の実態に関しては、残され課題である。

3-2 鳥取砂丘海岸の粒度組成変遷

鳥取砂丘が面する海浜において(図2)、バームクレストの砂の粒度組成を調査し、1955年当時のデータと比較した結果を図3に示した。全体傾向としては2004～2009年にかけて粗かった鳥取砂丘の砂浜が、2011

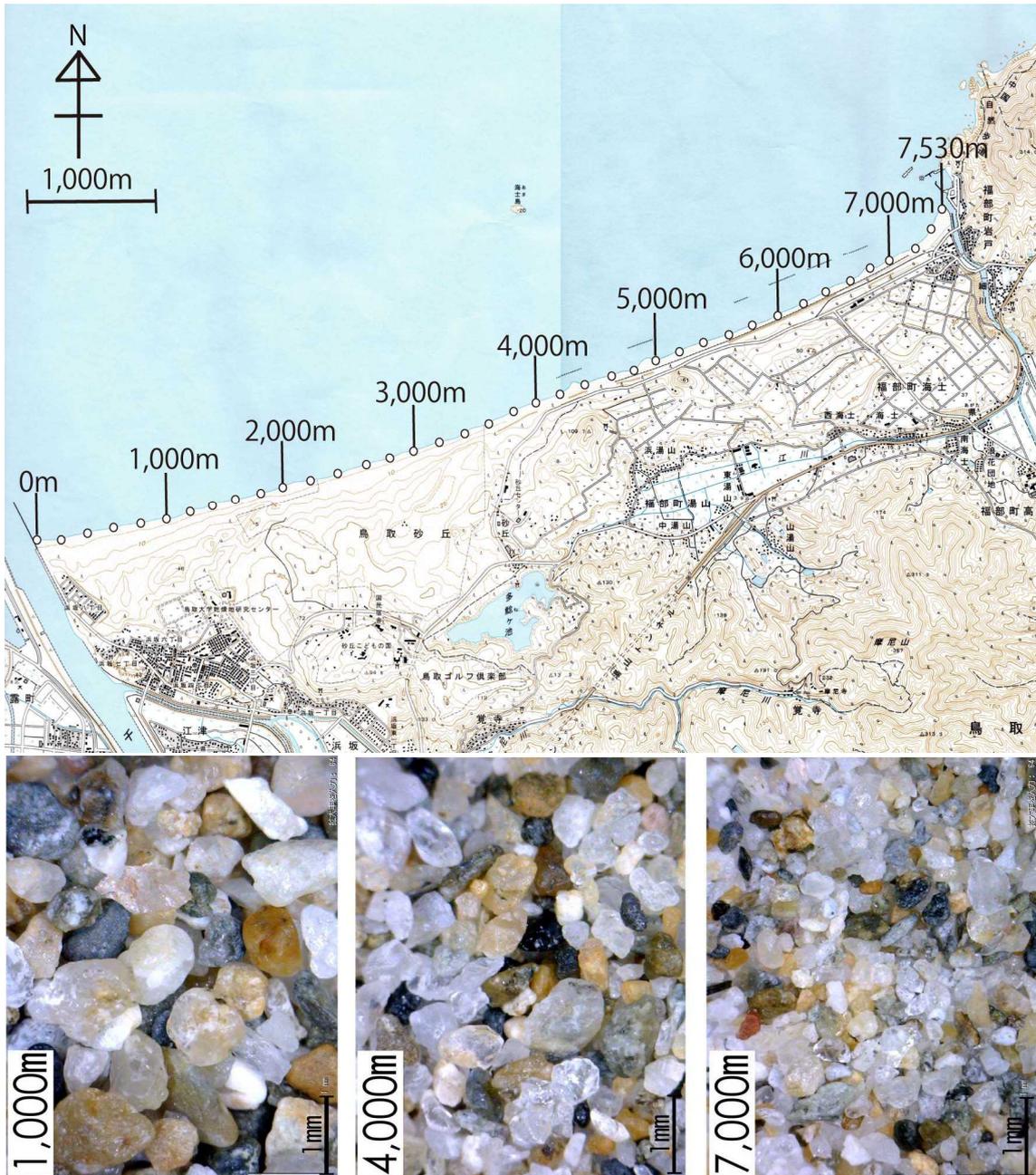


図2 鳥取砂丘海岸における砂浜堆積物の調査地点と砂粒の代表的な顕微鏡写真

年には急に細くなり、2012年には天然記念物「鳥取砂丘」が面する砂浜も、1955年当時の粒径に戻りつつある実態が明らかになった。

詳しく観ると、1955年当時、千代川の河口は現在の鳥取港（賀露港）、つまり、現河口よりも約800m西側にあった。当時の砂

浜の中央粒径は、千代川河口付近で 1.5ϕ (0.35 mm) 前後、そこから東へ2 km～3 kmの地点にかけて 1.0ϕ (0.50 mm) まで一端粗くなり、5 kmの地点に向けて 2.0ϕ (0.25 mm) まで徐々に細くなった。ところが2004年～2005年では、現河口から東へ4 km付近にかけては、 -0.75ϕ (1.68 mm) ～ 0.5

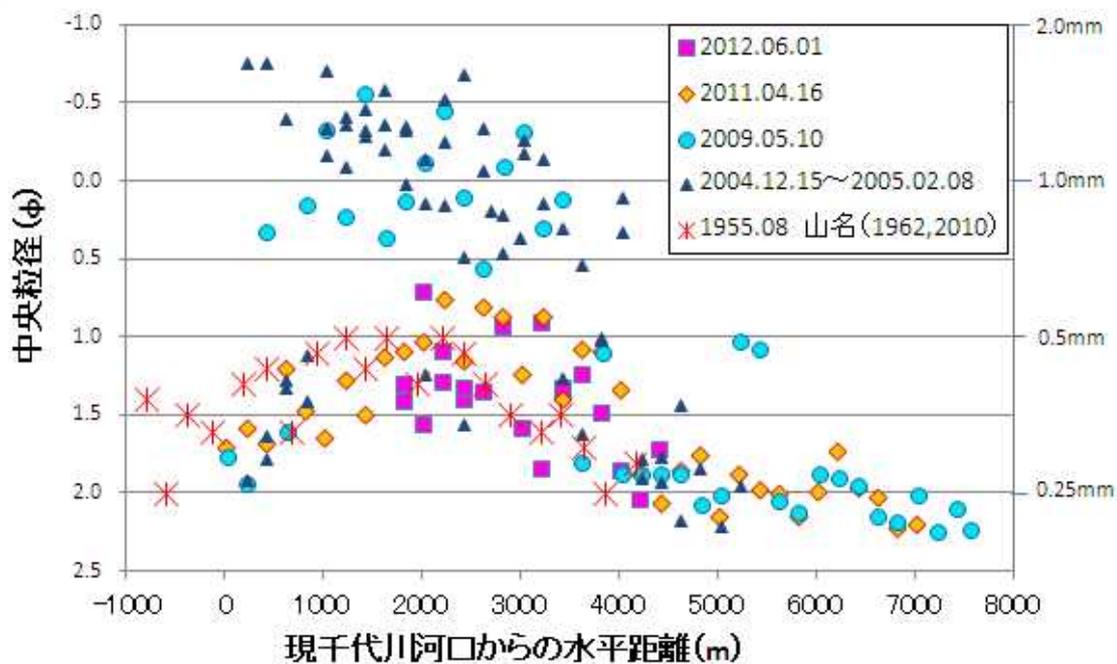


図3 鳥取砂丘海岸における堆積物の中央粒径の時空間変遷

ϕ (0.71 mm) と明らかに粗くなっていた。おそらく鳥取砂丘海岸で海岸侵食が顕著になった1980年代には、砂浜の粗粒化が進行したものと考えられるが、残念ながらその実態を示すデータは見つかっていない。

このような粗粒状態は2009年も維持されていた。しかし、現河口から東へ2 kmまでの区間では、 0.0ϕ (1.0 mm) よりも細かい地点が多くなり、調査区間の西側から若干、細粒化が始まっていた。

2011年1月には、暴浪時であっても第2砂丘列の脚部にまで直接波が打ち寄せることなく、砂浜が広がっていた(図4)。これは波が打ち寄せていた前年までとは、大きく異なった光景であった。つまり、砂浜が太ったことを物語っている。

このことを反映して、2011年4月の砂浜の中央粒径は急変し、細粒化した。千代川河口から東へ2 km付近にかけては、 1.7ϕ (0.31 mm) ~ 1.0ϕ (0.5 mm) と徐々に東

方に粗くなり、2 km ~ 4 kmの区間では、 0.75ϕ (0.59 mm) ~ 1.4ϕ (0.38 mm) と一段粗い状態で、東方に細かくなった。2009年からの変化でみると、0 km ~ 2 kmの区間は1955年と同じ粒径分布の傾向に戻り、2 km ~ 4 kmの区間は、1955年の中央粒径分布に近づく途中段階にある。2 km ~ 4 kmの区間はちょうど天然記念物「鳥取砂丘」の前面



図4 暴浪時にも浜が残る鳥取砂丘海岸

2011年1月16日に第2砂丘列頂部より撮影

にあたる。4 km 以東の傾向は、2009 年と大差なく 2.0 φ (0.25 mm) 前後で東に細かくなっていた。

2012 年には、1.8 km~4.4km の区間のみ調査を実施した。1.8 km~2.6 km にかけては 2011 年よりも細粒化の進行が認められた。2.8 km~3.8 km では 2011 年と大差はなく、若干細粒化した地点があった。ここでも西側から順に現象が伝播している様子を確認できた。

1955 年とは、千代川で大規模な砂利採取が実施される以前にあたる。より自然状態に近い時代の砂浜にみられた中央粒径分布に、鳥取砂丘の海岸は、今まさに近づきつつあることが実証された。この背景には、千代川で大規模な川砂利採取が規制されたことや、1998 年と 2004 年に大出水が計 4 回起きたこと、が関与している。

風洞実験によると、粗砂がわずかに混じっただけで、飛砂量は桁違いに減少する(長尾, 2011)。海浜が粗粒化した当時は、浜からの飛砂量が減少し、これが砂丘内の飛砂を減らし、非砂丘植物(外来植物)も生育できる環境が維持されてきた。これが砂丘草原化のひとつの原因と考えられる。今後は中砂よりも細かくなった海浜からの飛砂量が増え、砂丘内の飛砂も活発化して、草原化も自然に緩和すると期待される。植生のモニターリングが、ますます重要となろう。

4. おわりに

鳥取砂丘にみられる 2 つの自然環境的課題、「海岸侵食」と「砂丘の草原化」について、流域流砂系の視点から現状把握を試みた。その結果、鳥取砂丘海岸の浅海底では、

1968 年~1998 年の 30 年間は砂の量がどんどん減少し、沿岸砂州の規模が縮小傾向にあった。しかし、2003 年以降の最近 10 年間は砂が多量に存在し、大規模な沿岸砂州が発達していることが明らかになった。最近 10 年ほどで浅海底の状況は一変したと言える。少なくとも 2004 年~2009 年にかけては中央粒径 1.0 mm 前後と粗かった砂丘海岸の砂浜は、2011 年以降、ようやく細粒化がおこり、1955 年当時の砂浜の粒径(0.5 mm 以細)に近づきつつある。なぜ沿岸砂州の規模拡大から 10 年近く遅れて砂浜の細粒化が起ったのか、この原因は残された課題である。いずれにしても鳥取砂丘の海岸は、自然の営み(回復力)により、ダイナミックに変化しており、その実態を上手く捉えることに成功している。

砂丘内の植生にも、今後自然の営みを反映した何らかの影響があらわれることを期待したい。

文献

- 福本公規(1956)鳥取砂丘の自然地誌的研究. 鳥取大学学芸学部昭和 30 年度卒業論文, 112pp.
- 景山龍也・小玉芳敬(2000)鳥取県の砂浜海岸における海岸線の経年変化. 鳥取地学会 1999 年度研究発表会要旨集, 23-26. In:小玉芳敬(2004)「鳥取の地形まるごと研究」鳥取大学教育地域科学部, 6-9.
- 小玉芳敬(2010)「発達史」と「形成プロセス」の観点から調べた鳥取砂丘の地学現象. In:鳥取砂丘再生会議(保全再生部会)編,「山陰海岸国立公園 鳥取砂丘景観保全調査報告書」17-34.

- 長尾 翼 (2011) 飛砂量に及ぼす粒径の混合効果に関する風洞実験 —砂表面の粗粒化と飛砂量の減少—. 鳥取大学地域学部平成 22 年度卒業論文, 22pp.
- Short, A. D. (1979) Three dimensional beach-stage model. *Journal of Geology*, 87, 553-571.
- Short, A. D. (1992) Beach system of the central Neatherlands coast: processes, morphology and structural impacts in a storm driven multi-bar system. *Marine Geology*, **107**, 103-137.
- 山名巖 (1962) 鳥取砂丘砂の粒度組成について. 鳥取県立科学博物館研報, no. 1, 17-22.
- 山名巖 (2010) 鳥取砂丘砂の粒度組成について再吟味. 鳥取地学会誌, 第 14 号, 11-17.
- 湯村 健 (2013) 千代川を流下する礫集団の追跡と河床表面砂礫の堆積状況. 鳥取大学地域学部平成 24 年度卒業論文, 24pp.

