

マクロ的視点から見た砂鉄分布特性と広域漂砂特性

野志保仁* ・ 小林昭男** ・ 宇多高明***
北 賢治**** ・ 芹沢真澄***** ・ 熊田貴之*****

南九十九里浜の堆積・中立・侵食域において岸沖測線を設定し縦断測量と砂鉄の含有率調査を行った。侵食域からは比重 2.6 の細砂が選択的に沿岸漂砂により下手側へと流出し、その中の $d = 0.25 \text{ mm}$ の砂は主に中立域付近に堆積し、更に粒径の細かい $d = 0.11 \text{ mm}$ の砂は下手端付近に集中的に堆積した。また堆積域に運ばれた $d = 0.11 \text{ mm}$ 以下の砂は風の作用により岸側に運ばれ砂丘を形成したことが分かった。また侵食域では比重が 4.8 と大きい砂鉄が残され、比重の大きい砂鉄でも通常の砂と同様、細粒分ほど岸側に分布する傾向が明らかとなった。

1. はじめに

全国各地の侵食性海岸では、砂鉄が砂浜表層を覆うという現象が多く見られる。こうした海岸では、砂鉄が黒いため砂浜が黒く見え白砂青松のイメージと大きくかけ離れたものとなる。また砂鉄は比熱が大きいことから、夏季に地表面温度が異常に高まり、海浜利用やアカウミガメなどの産卵に悪影響を及ぼすと考えられる。筆者らは、この種の問題に着目した研究を進めている。野志ら (2004) では、南九十九里浜での現地調査から、沿岸漂砂によって侵食域では比重の小さい砂が選択的に流出・移動して比重の大きい砂鉄が残され、堆積域では比重の小さい砂が堆積するという比重の相違による砂の沿岸分級現象を明らかにした。しかし、この調査は汀線付近の海浜構成材料のみを研究対象としたために、砂鉄の岸沖分布特性、すなわち砂丘を含む陸上部から水中部までの砂鉄分布特性の解明までには至っていない。

そこで、本研究では、砂鉄の岸沖方向の分布特性を明らかにするために、南九十九里浜を対象として侵食の激しい東浪見(とらみ)海岸、堆積傾向にある片貝海岸、侵食・堆積のほぼ中立位置にある南白亀(なばき)川河口左岸において岸沖方向の測線を設けて詳細な底質調査を行い、底質砂と砂中の砂鉄の粒径毎の分布特性を解析し、南九十九里浜を対象とした広域漂砂特性を明らかにする。

2. 南九十九里浜における砂鉄分布特性の調査・分析

(1) 南九十九里浜の概要

南九十九里浜の位置を図-1 に示す。南九十九里浜は太平洋に面した千葉県東岸において南北約 60 km にわた

って続く九十九里浜の、片貝漁港付近より太東岬の間の海岸で、背後には幅約 10 km という帯状の広大な海岸平野を抱えている。南九十九里浜は、主として南端の太東岬の海食崖が太平洋の荒波で削られて流出した土砂が漂着し形成されたと言われており、背後に広がる総面積約 660 km^2 という広大な海岸平野もこのようにして漂着した砂の堆積によって形成されたものである。つまり、南九十九里浜の形成には沿岸漂砂の作用が大きく関与している。南九十九里浜は、以前には最大で 100 m 近い海浜幅を持った広大な砂浜が広がっていた (宇多, 2004)。しかし、ここ数十年間に起きた侵食により海浜幅が急激に狭まり、かつての広大な砂浜は現在ではなくなりつつある。侵食原因は様々であるが、最大の原因は南九十九里浜に漂着する砂量が急激に減少していることにある。主な砂の供給源であった太東岬の海食崖を防護するために、海食崖の基部に沿って連続的に消波ブロックを設置するという侵食対策工事が行われた。この結果、南九十九里浜への砂の供給量が激減した。また、戦後、太東岬の北側の付け根に太東漁港が建設された。しかしながら、太東漁港が建設された場所は太東岬から南九十九里浜への沿岸漂砂の通過点であったために、防波堤の建設に伴い沿岸漂砂が阻止された。それらにより南九十九里浜で

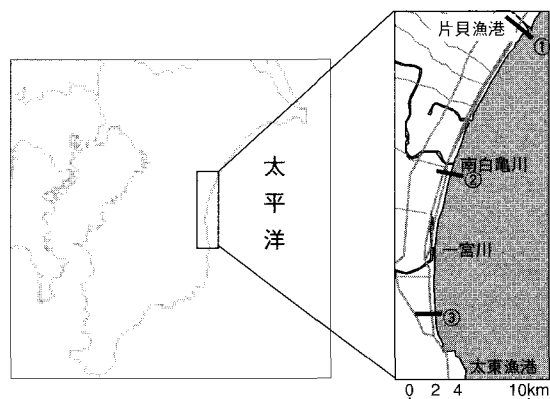


図-1 千葉県南九十九里浜の位置

* 学生会員 日本大学大学院理工学研究科海洋建築工
学専攻
** 正会員 工博 日本大学助教授理工学部海洋建築工学科
(財)土木研究センター理事兼さ総合研
究室長
*** 正会員 工博 日本大学理工学部海洋建築工学科
**** 正会員 海岸研究室(有)
***** 正会員 博(工) (株)水圏科学コンサルタント技術部

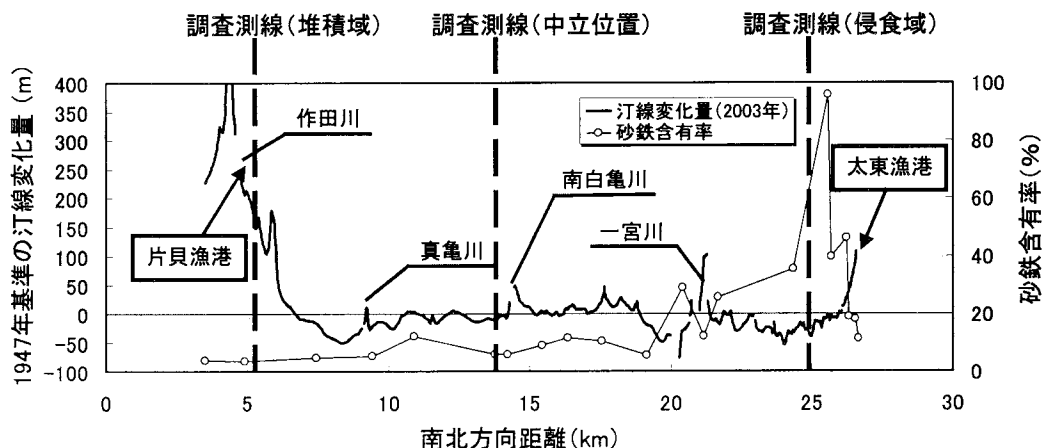


図-2 南九十九里浜の汀線変化と汀線付近における砂鉄含有率の沿岸分布

は沿岸漂砂のバランスが崩れ、防波堤による波の遮蔽域の一部を除いて広域で侵食が起るようになった。

前述のように南九十九里浜は沿岸漂砂の供給下で形成され、動的意味からは安定した姿を保ってきたため、沿岸漂砂の供給量の急減の影響が顕著に現れた。侵食の激しい地先では砂浜の消失の危機に晒されている。現在、その対策として侵食の激しい海岸を中心にヘッドランドや離岸堤の整備が進められている。

中でも特に侵食の激しい一宮海岸付近より南側の海岸では、表層に砂鉄層が形成されている箇所が多く見られる(図-2参照)。図-2は、1947年を基準とした2003年の汀線変化量である。野志ら(2004)は、沿岸漂砂によって土砂が運び去られる時、一宮海岸付近より南側の侵食域では砂鉄層が残され、逆に土砂が堆積する片貝漁港付近では比重の小さい砂が堆積するという基本的な機構を明らかにした。そこで図-2に示す堆積域の片貝海岸、中立位置の南白亀川河口左岸、地表面に大量の砂鉄が観察される侵食域の東浪見海岸を対象として海浜縦断測量および岸沖方向の底質砂採取を行った。

(2) 南九十九里の砂鉄分布特性

2004年8月7日に、海浜縦断測量および底質砂採取を行った。底質採取は、測量地点間の中点で行い、採取後ふるい分け分析を行った。調査を行った3測線の縦断形の重ね合わせを図-3に示す。堆積域の片貝海岸では海浜幅が広く、 $Y = 60$ m 付近に砂丘が形成されている。中立位置の南白亀川河口左岸も片貝海岸ほどではないが十分広い海浜幅を有しており、 $Y = 10$ m 付近に砂丘が形成されていることがわかる。一方、侵食域に位置する東浪見海岸では海浜幅が非常に狭く砂丘も存在しない。

図-4には堆積域(片貝海岸)、中立位置(南白亀川河口)、侵食域(東浪見海岸)の測線毎の粒径スペクトルの平均を示す。堆積域である片貝海岸では、粒径 $d =$

0.11 mm を中心とした砂で主に構成されており、淘汰度が非常に高い。中立位置の南白亀川河口左岸では、 $d = 0.25$ mm と堆積域の片貝海岸に比べ粗粒径にスペクトルのピークを持ち、さらに砂の粒径レンジが広いため淘汰度はあまり高くない。これに対して侵食域の東浪見海岸では $d = 0.11$ mm を中心とした砂で構成され淘汰度も高く、片貝海岸の粒径スペクトルはほとんど区別ができないほどよく似ている。従来の漂砂理論によれば、侵食域では沿岸漂砂の作用によって粒径の細かい砂が選

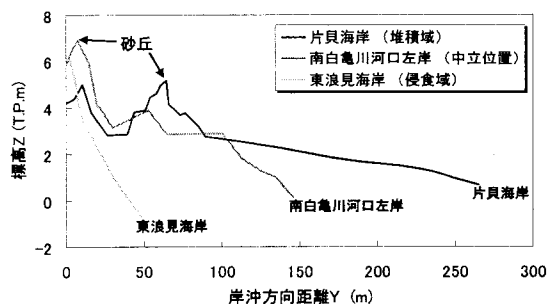


図-3 調査3測線の海浜縦断形

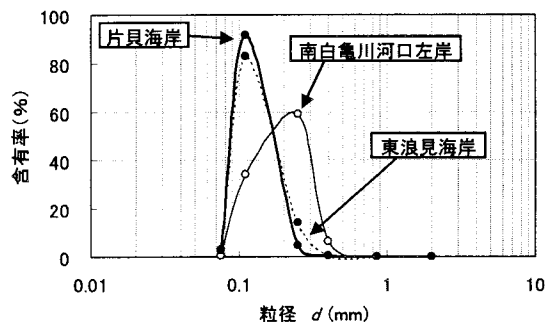


図-4 堆積域(片貝海岸)、中立位域(南白亀川河口)、侵食域(東浪見海岸)の測線毎の粒径スペクトルの平均

沢的に堆積域へと運び去られるため、海浜が粗粒砂で構成されるべきであるが、侵食域の海浜を構成している砂の粒径は片貝海岸同様、細くなっている。この原因を明らかにするために測線毎に粒径毎の分布傾向を調べた。

図-5は片貝海岸で採取した全海浜材料の、粒径毎（JIS規格の各ふるい目）の含有率の岸沖分布である。堆積域に位置する片貝海岸を形成している粒径砂は0.11 mmの砂の含有率が圧倒的に高く、それに0.25 mmの砂がわずかに存在するのみである。そこで含有率の高い上位3粒径（0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mm）を選び、改めて海浜縦断面とともに含有率の岸沖分布として再整理したのが図-6である。これによると、汀線近傍を除き粒径0.11 mmの砂の含有率が圧倒的に高いことがわかる。この原因は、片貝海岸には沿岸漂砂によって粒径0.11 mmの細砂が大量に運ばれてきたためと考えられる。さらに、粒径0.11 mmの砂は汀線付近から陸向きに含有率が増加傾向にあり、また粒径0.075 mmの砂もわずかなではあるが砂丘付近で含有率のピークを有する分布となった。一方、粒径0.25 mmの砂は汀線付近で相対的に含有率が高く、他の粒径と異なる傾向を示した。これは北ら（2005）が指摘しているように飛砂の影響と考え

られる。すなわち、粒径0.11 mm以下の細粒砂は風的作用を強く受けて陸向きに運ばれるのに対し、粒径0.25 mm以上の砂は相対的に移動しにくいいため、上記の粒径分布特性を示したと考えられる。

図-7は南白亀川河口左岸で採取した全海浜材料の、粒径毎の含有率の岸沖分布である。ここでは、0.25 mmの粒径砂の含有率が50~75%と高いが、粒径0.4 mmおよび0.11 mmの砂も無視できない大きさの含有率を有する。しかしそれ以外の粒径含有率は0である。そこで含有率の高い上位3粒径（0.4 mm, 0.25 mm, 0.11 mm）を選び、海浜縦断面とともに含有率の岸沖分布を図-8に示す。粒径0.4 mmの砂は陸側から汀線へと含有率が急激に増大し、粒径0.25 mmの砂も汀線へと緩やかな増加傾向を有するという特徴が見られる。これに対し、粒径0.11 mmの砂の含有率は汀線から陸方向に含有率が増大するという逆の傾向が見られる。これは、片貝海岸同様、粒径0.4 mm, 0.25 mmなど、比較的粗な砂は粒径0.11 mmの砂に比べて風によって運ばれにくいいため汀線付近により多く残され、粒径0.11 mmの砂は容易に風により運ばれたためにこのような結果となったと考えられる。

図-9は東浪見海岸で採取した全海浜を構成する砂の、

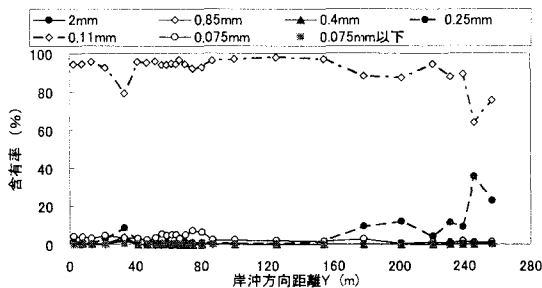


図-5 採取した全海浜材料の、粒径毎の含有率の岸沖分布（片貝海岸）

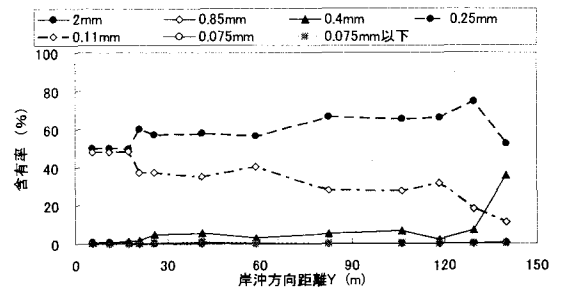


図-7 採取した全海浜材料の、粒径毎の含有率の岸沖分布（南白亀川河口左岸）

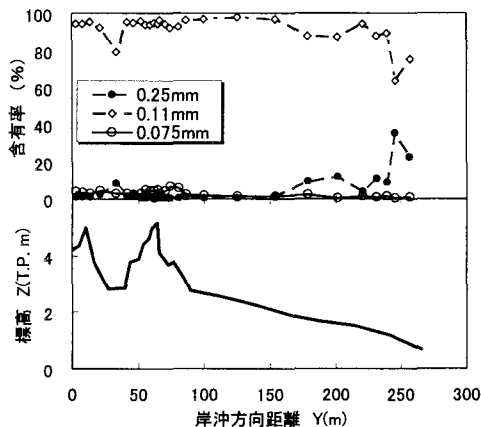


図-6 上位3粒径（0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mm）の含有率の岸沖分布と海浜縦断面形（片貝海岸）

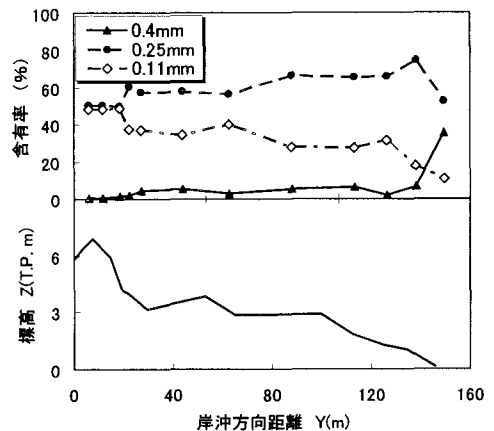


図-8 上位3粒径（0.4 mm, 0.25 mm, 0.11 mm）の含有率の岸沖分布と海浜縦断面形（南白亀川河口左岸）

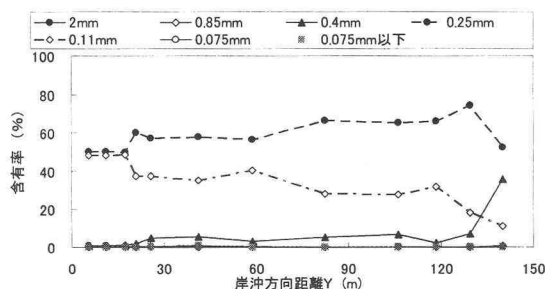


図-9 採取した全海浜材料の、粒径毎の含有率の岸沖分布 (東浪見海岸)

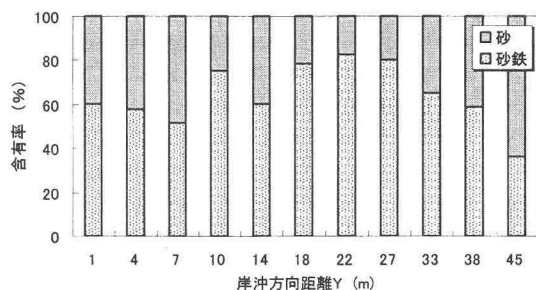


図-10 砂鉄と砂の含有率 (東浪見海岸)

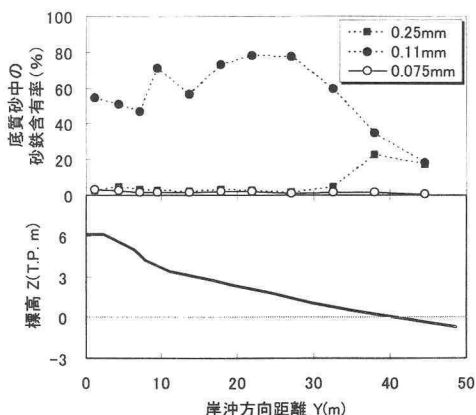


図-11 上位3粒径 (0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mm) の砂鉄含有率の岸沖分布と海浜縦断形

粒径毎の含有率の岸沖分布である。図-4のスペクトル図からもわかるように、侵食域であるにもかかわらず堆積域同様、粒径0.11 mmの砂の含有率が高いことが特徴である。しかし、写真-1の片貝漁港周辺の砂と写真-2の東浪見海岸の砂の色調は明らかに異なり、東浪見海岸の砂が黒色化していることは明瞭である。図-10は東浪見海岸における砂鉄と砂の含有率を示したものである。図-10から東浪見海岸における砂鉄含有率は約70%に達している。そこで、図-9において含有率の高い上位3粒径 (0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mm) を選び、縦断形とともに砂鉄含有率の岸沖分布を図-11に示す。

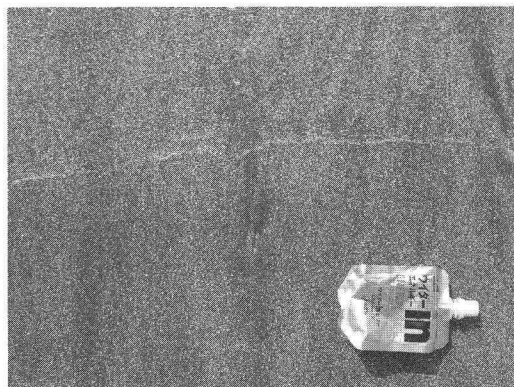


写真-1 片貝漁港周辺の砂の色調



写真-2 東浪見海岸の砂の色調

これによれば東浪見海岸の海浜を構成する砂は、主に粒径0.11 mmの砂鉄であることがわかる。またその分布傾向は図-6の片貝海岸とは異なり、粒径0.11 mmの砂であるにもかかわらず後背地付近に含有率のピークを見ることができなかった。これは、同じ粒径の砂であっても比重が違うために分布傾向が異なっただと考えられる。すなわち、東浪見海岸は片貝海岸よりも比重の大きい砂鉄で構成されているために0.11 mmと同じ粒径の砂で構成されているにもかかわらず、飛砂の影響をあまり受けなかったと考えられる。さらに細かく分析を行うために、図-12には0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mmおよび0.075 mm以下の砂鉄の含有率の岸沖分布と海浜縦断形を示す。図-12を見ると粒径毎の砂鉄含有率のピークは粒径が細くなるにつれて岸側に移動していることがわかる。このことから、比重の大きい砂鉄であっても飛砂の影響を受けていることが分かる。すなわち、比重が大きくても粒径が小さくなれば、飛砂として岸側に運ばれていると考えられる。ただし、図-12からもわかるように砂鉄の大半は0.11 mmの粒径砂であり、0.11 mm以下の粒径の砂鉄はほとんど存在していないために、堆積域の片貝海岸および中立位置の南白亀川河口左岸のように砂丘が

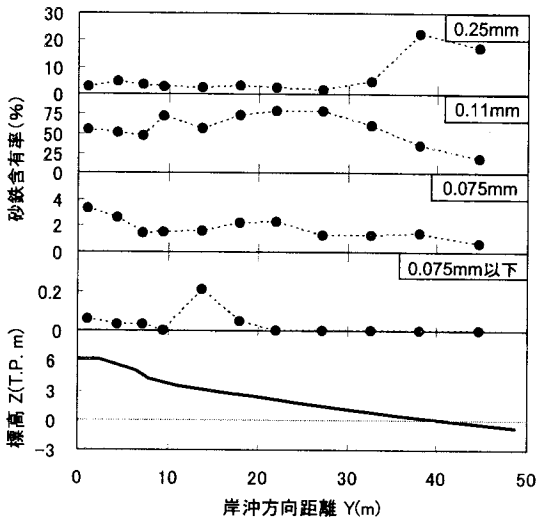


図-12 粒径が0.25 mm, 0.11 mm, 0.075 mm および 0.075 mm 以下の砂鉄含有率の岸沖分布と海浜縦断面形

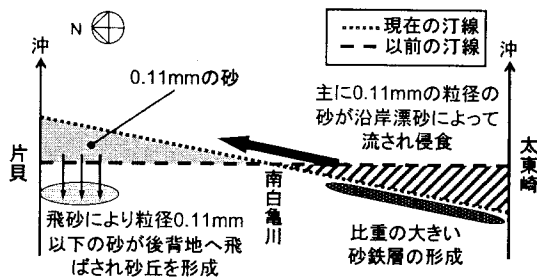


図-13 南九十九里浜の広域漂砂特性

形成されなかったと考えられる。

3. 結 論

以上の調査結果より、南九十九里浜を広域的にとらえ、飛砂および砂鉄の特性も考慮した漂砂特性は図-13の模

式図に整理される。

太東崎の侵食対策工事および太東漁港防波堤建設を機に、以前は安定した海浜幅をもった南九十九里浜への砂の供給がなくなり、太東漁港の北側区域では侵食が進んだ。この結果、漂砂上手からは砂の比重2.6程度の細砂が選択的に沿岸漂砂により下手側へと流出した(宇多ら, 2004; 野志ら, 2004)。また、運ばれた砂(比重2.6)の中の粒径0.25 mmの砂は主に南白亀川河口付近に堆積し、更に粒径の細かい粒径0.11 mmの砂は片貝海岸に集中的に堆積したと考えられる。堆積域に選択的に運ばれた粒径0.11 mm以下の砂は、風的作用を受けて容易に岸側に運ばれ砂丘を形成した。

沿岸漂砂が生じる際、侵食域の東浪見海岸では比重の大きい砂鉄(比重4.8)が残された(宇多ら, 2004; 野志ら, 2004)。さらに、比重の大きい砂鉄であっても通常の砂と同様、細粒分ほど岸側に分布する傾向が明らかとなった。このような現象は、九十九里浜全体をマクロに捉えなければ解明できないものである。本研究の結果より、堆積海岸での飛砂問題および侵食域での砂鉄層の形成問題の検討にあたっては海岸全体を局所的に捉えるのではなく、マクロ的視点から現象を捉える必要性があることが明らかである。このことが本研究の主な結論である。

参 考 文 献

- 宇多高明(2004):「海岸侵食の実態と解決策」, 山海堂, p. 304.
- 宇多高明・熊田貴之・芹沢真澄・星上幸良・三波俊郎・小林昭男(2004): 侵食域の前浜上における砂鉄層形成のメカニズム, 海洋開発論文集, 第20巻, pp. 539-550.
- 北 賢二・小林昭男・宇多高明・野志保仁・和田信幸(2005): 堆積性海岸における粒径毎の飛砂特性, 海洋開発論文集, 第21巻, pp. 409-414.
- 野志保仁・熊田貴之・宇多高明・小林昭男・星上幸良・和田信幸(2004): 侵食域の前浜に見られる砂鉄高含有率砂層の形成機構, 海洋開発論文集, 第20巻, pp. 416-420.