

浜幅と汀線変化から見た東部遠州灘海岸の 侵食実態

宇多 高明¹・柴田 直紀²・大井戸 志朗²・山下 さくら³・花田 昌幸⁴

¹正会員（一財）土木研究センターなぎさ総合研究所兼日本大学理工学部海洋建築工学科
（〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4）

E-mail: uda@pwrc.or.jp (Corresponding Author)

²静岡県交通基盤部河川砂防局河川企画課（〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町9番6号）

E-mail: kasenki@pref.shizuoka.lg.jp

³八千代エンジニアリング（株）（〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8 CSタワー）

E-mail: sk-yamashita@yachiyo-eng.co.jp

⁴八千代エンジニアリング（株）（〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8 CSタワー）

E-mail: ms-hanada@yachiyo-eng.co.jp

空中写真をもとに東部遠州灘海岸の砂浜面積の変化について調べた。解析の結果、2010～2024年には天竜川河口～福田漁港間（区域Ⅰ）と福田漁港～菊川河口付近（区域Ⅱ）では、海浜面積がそれぞれ9.3万 m²、8.9万 m²減少したことが分かった。これに漂砂の移動高12 mを乗じ、14年で除すと、区域Ⅰ、Ⅱでの土砂量の減少割合は7.9万 m³/yr、7.6万 m³/yrとなり、合計15.5万 m³/yrの速度で土砂量が減少したことが分かった。区域Ⅰの海浜面積の減少は、天竜川からの供給土砂量が減少し、東向きの沿岸漂砂とのバランスが失われたためと考えられる。一方、区域Ⅱでは沿岸漂砂バランスが失われたことに加え、内陸へ向かう飛砂により土砂損失が起きた。さらに調査区域東端の区域Ⅲでは、1962～2010年に海浜面積が50.1万 m²減少したため、海浜砂が枯渇状態となり、飛砂損失も起こり得ない状態となった。

Key Words : Enshu-nada coast, Tenryu River, windblown sand, shoreline change, beach width, beach erosion

1. まえがき

遠州灘海岸は、天竜川河口を頂点とする河口デルタを中心として、河口の東側は御前崎まで約42 km、西側は伊良湖岬まで約72 kmの長大な海岸線を有している。天竜川の河口デルタは、天竜川により運ばれた砂礫が堆積して形成されたものであるが、1956年に佐久間ダムが完成した後、下流への砂礫の供給量が激減し、河口からの土砂供給と沿岸漂砂のバランスが失われたため、侵食域が河口から両翼の海岸線へと広がってきた。一方、この海岸では、冬季の西風時の飛砂が著しく、このため河川からの供給土砂のうち砂分が飛砂として海浜から背後地へと運ばれ、遠州灘海岸東部では浜岡砂丘を、西部では中田島砂丘を形成してきた。しかし天竜川からの砂分の供給量の激減とともに、これらの砂丘地にも著しい変化が起こりつつある。このような状況を考慮して、遠州灘海岸にあっては、各地先での沿岸漂砂量や内陸へ運び去られる飛砂量の評価など¹⁾が行われてきた。これらの研

究は、いずれも漂砂フラックスの評価に主眼があり、各地先での浜幅や海浜面積がいかなる変遷を経て現在の状況に至り、現況でいかなる課題が残されているかについての議論は不十分であった。そこで、本研究では東部遠州灘海岸を対象として砂浜面積の変遷を明らかにした上で、砂浜を現況のまま放置できない状況にあることについて実測データをもとに論じた。

2. 東部遠州灘海岸における飛砂量と漂砂量に関する既往調査

既往調査では、天竜川からの供給土砂の減少が沿岸の汀線変化に及ぼす影響や、福田漁港による沿岸漂砂の阻止の影響を沿岸漂砂量の変化から説明する試みが主に行われてきた。例えば、宇多ら²⁾は、東部遠州灘海岸を対象として地形学的時間スケールでの飛砂量を推定し、天竜川河口の東17 kmに位置する弁財天川以東での陸向き

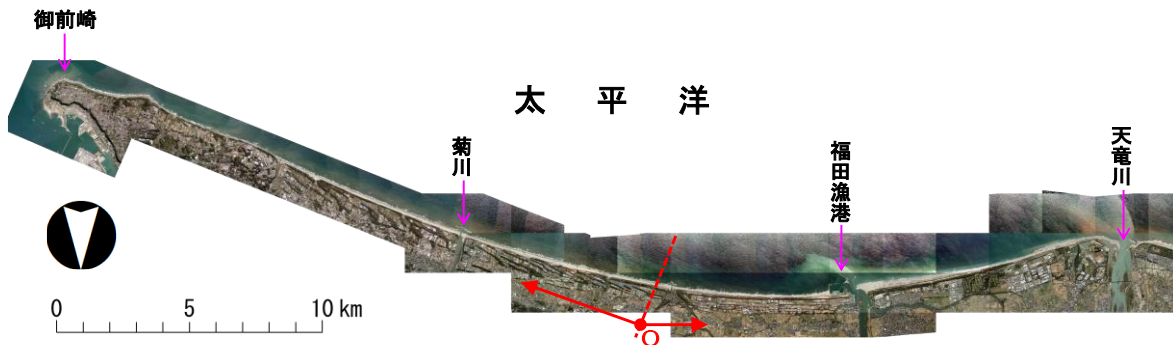


図-1 汀線の読み取りのための座標系

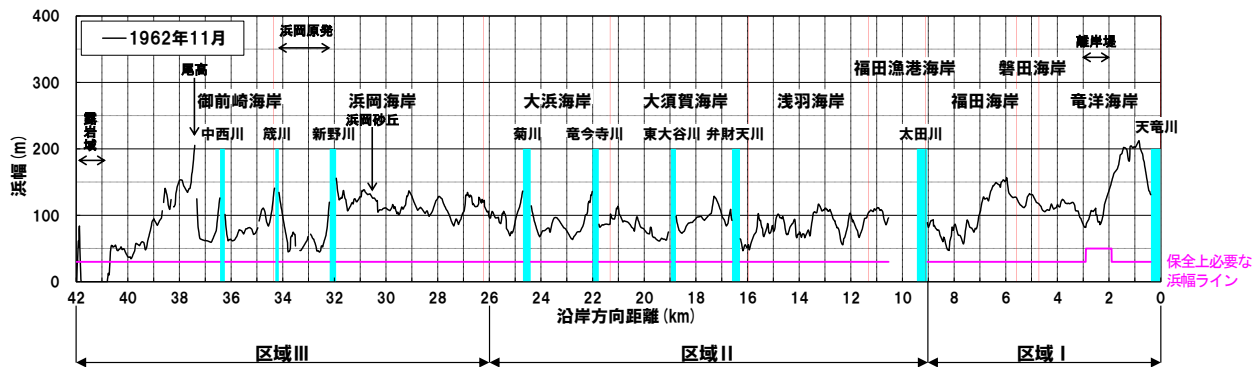


図-2 浜幅の沿岸分布 (1962年)

飛砂による海浜砂の損失速度を $5.7 \text{万 m}^3/\text{yr}$ と推定した。また、地殻変動により御前崎を中心に地盤の沈降が進みつつあり、その沈降速度が御前崎で 8 mm/yr と推定できるとした。さらに空中写真解析により沿岸の汀線変化量を求めるとともに深浅測量データの解析により、竜洋海岸～浜岡海岸間での漂砂の移動高を 12 m と推定した。これらより、地盤沈降と飛砂損失を考慮した上で、福田漁港建設後の1977～2008年の沿岸漂砂量分布を求め、天竜川河口から東向きに供給される沿岸漂砂量が自然状態にあった当時の $30 \text{万 m}^3/\text{yr}$ から、2008年には $24 \text{万 m}^3/\text{yr}$ まで減少してきたこと、また福田漁港での通過漂砂量が約 $13 \text{万 m}^3/\text{yr}$ であること、さらには浜岡原発から御前崎間での沿岸漂砂量が約 $2 \text{万 m}^3/\text{yr}$ であることを明らかにした。

3. 砂浜・汀線変化解析の方法

図-1に示すように、天竜川河口の東側、福田漁港と菊川河口のほぼ中間地点に原点O ($138^\circ 59'18.7''\text{E}$, $34^\circ 40'41.5''\text{N}$) を設け、この地点より東側と西側においてそれぞれ海岸線とほぼ平行な直線を引き、これを汀線読み取り時の基準線とし、空中写真よりこれらの直線から汀線までの沖向き距離を読み取った。本研究では、とくに様々な改変が行われる前(1962年)と、近年(2010, 2024年)の浜幅と汀線の変化に着目し、これらの時期の空中写真を用いて解析を進めた。汀線位置の読み取りは沿岸方向に 10 m 間隔で行い、読み取った汀線形状より2010年

当時の護岸位置もしくは保安林前縁線を基準として、海岸保全区域内での浜幅の分布と汀線変化を算出した。汀線位置の読み取りに際しては、一般的に用いられている潮位補正法として、各海岸の前浜勾配 ($1/15 \sim 1/30$) と写真撮影時の潮位より補正を行う手法を用いた。その場合必要な潮位は、気象庁の舞阪での観測潮位を参照し、撮影時刻は航空カメラの撮影記録を基に海岸毎の平均的な撮影時刻とした。

4. 浜幅の変化

まず東部遠州灘海岸全体での汀線変化を各年の浜幅の変遷から調べた。空中写真をもとに、護岸の設置個所にあつては護岸位置を、保安林区域にあつては保安林の前縁線を基準として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。まず、図-2には1962年時点での浜幅の分布を示す。この当時、浜幅は天竜川河口左岸に隣接する竜洋海岸で最大で 212 m もあり、変動を有しつつも福田漁港が立地する太田川河口まで浜幅が漸減する分布を有していた。また、太田川河口以東では平均 80 m 程度の浜幅が菊川河口付近まで続いていた。菊川東側の浜岡海岸では、平均 115 m と大浜・大須賀海岸と比べて浜幅が広く、新野川河口の西 1.4 km に位置する浜岡砂丘では約 130 m 幅の砂浜があったことから、砂丘への飛砂供給も十分なされていたと推定される。一方、新野川を挟んで東側の、現在は浜岡原子力発電所が立地する

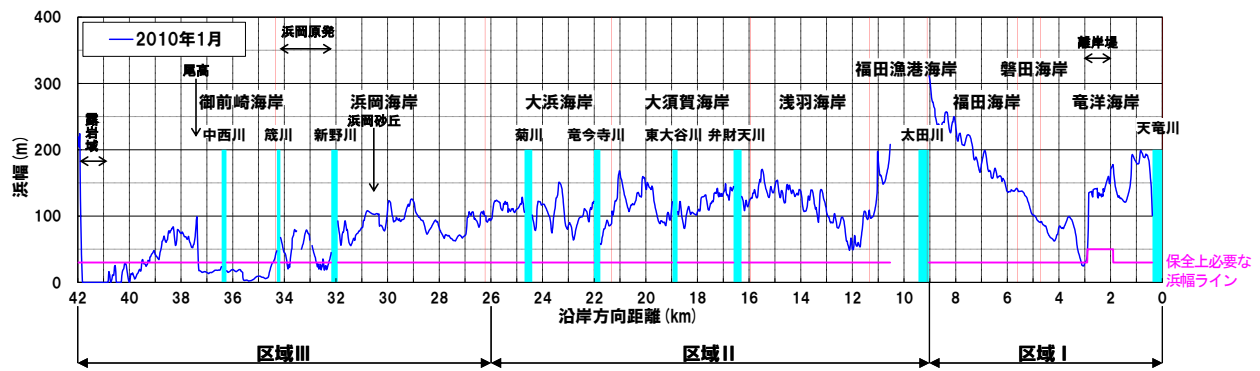


図-3 浜幅の沿岸分布 (2010年)

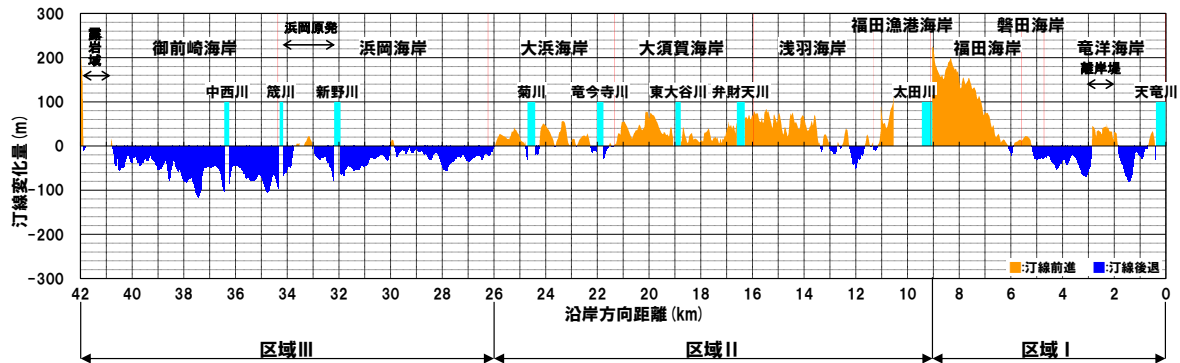


図-4 1962年基準での2010年までの浜幅の変化

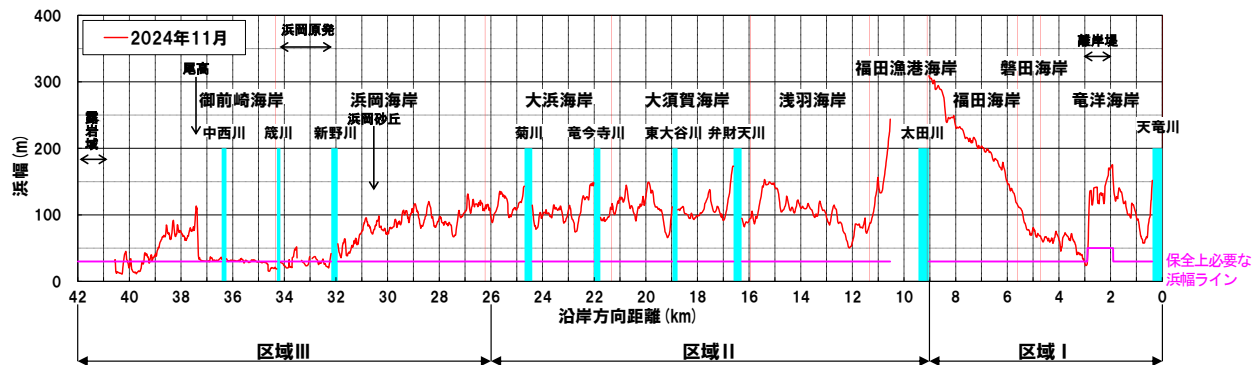


図-5 浜幅の沿岸分布 (2024年)

区域での浜幅は68 mと狭かったが、中西川の東約1 kmにある尾高の岩礁では、浜幅が最大で200 mと広がり、そこから東向きに浜幅は漸減していた。

続いて図-3には2010年の浜幅の分布を、また図-4には1962年基準での2010年までの浜幅の変化量を示す。これら両者を基に浜幅の変化を調べると、この時期までに竜洋海岸では5基の離岸堤が造られたため、それらの背後では浜幅が増加したが、離岸堤群東端の $X = 3$ kmでは急激に浜幅が狭まり、浜幅は1962年の86 mから2010年の30 mまで大きく狭まった。これと同時に、福田漁港が造られて東向きの沿岸漂砂が阻止されたため、福田漁港の西側近傍では浜幅が300 mまで一挙に広がった。対照的に、漁港東側の浅羽海岸の $X = 12$ km地点では1962年には100 mあった浜幅が50 mへと半減した。一方、大須賀海岸では全体的に浜幅が増加傾向にあったものの、菊川河口の東側の $X = 26$ km地点から御前崎間では、浜幅の著しい減少

が起きた。これは主に冬季の西寄りの季節風による内陸への飛砂損失と、東向きの沿岸漂砂量の減少による。

同様にして図-5には2024年の浜幅の分布を、また図-6には1962年基準での2024年までの浜幅の変化を示す。この間の浜幅の変化は、当地で卓越する冬季の西寄りの季節風による内陸への飛砂損失²⁾と、沿岸漂砂による供給量の減少によりもたらされている。この間、天竜川河口左岸の竜洋海岸では浜幅の減少が著しく、 $X = 0.5$ kmでは2010年には177 mあった浜幅が2024年には55 mにまで激減した。一方、竜洋海岸の離岸堤区間では汀線がほぼ維持されていたが、磐田海岸では浜幅の減少区域が広がった。さらに浅羽海岸以東でも全体に浜幅が減少しており、とくに浜岡海岸以東では浜幅の減少が著しく、遠州灘海岸で保全上必要な30 mの浜幅を割り込んだ場所が増加している。必要浜幅30 mを満足しない区域の沿岸方向の長さは、御前崎付近の岩礁帯を除けば1962年には0 mであっ

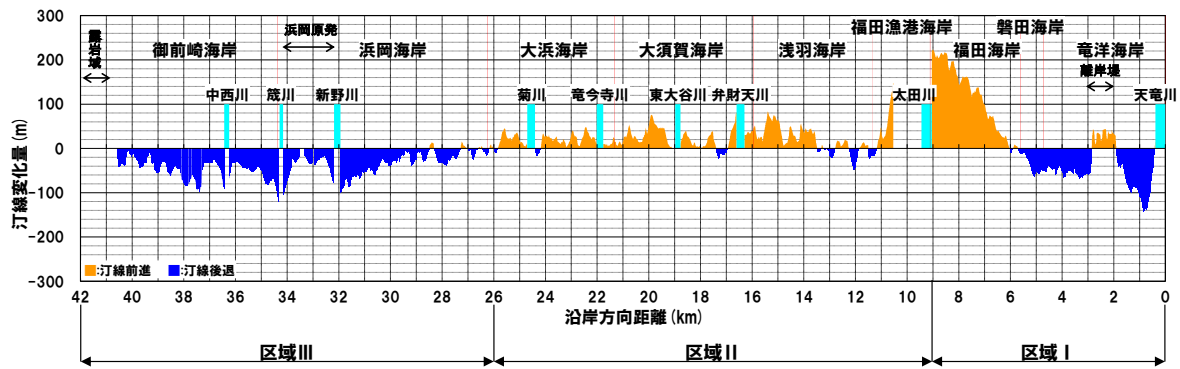


図-8 1962年基準での2024年までの汀線変化

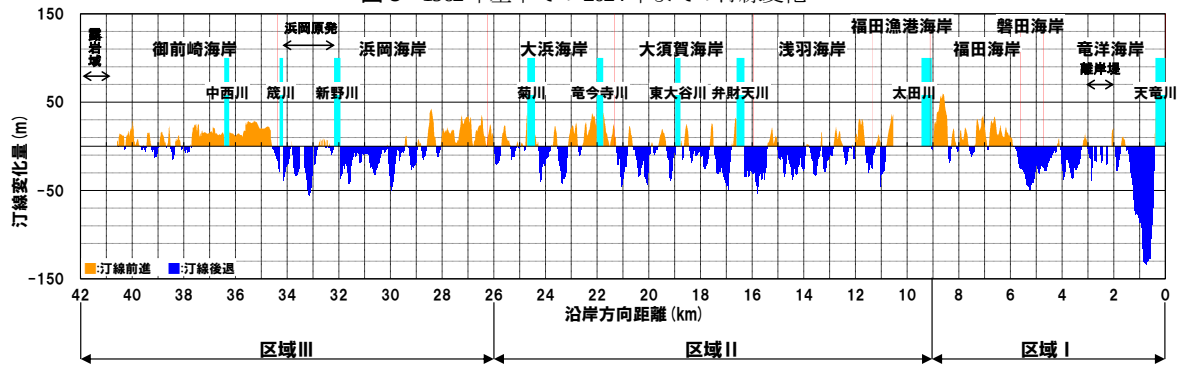


図-9 2010年基準での2024年までの汀線変化

の、福田海岸での堆積面積は竜洋・磐田海岸での侵食面積と比べ小さい。この付近での汀線変化は天竜川からの土砂供給(+)と福田漁港を東側に回り込む漂砂(一)により定まること、また福田漁港の防波堤形状はこの間に変化していないので、通過漂砂量も2010年当時とあまり変化していないと考えられることを考慮すれば、最近では天竜川からの供給土砂量の減少が竜洋・磐田海岸の侵食にも影響していると考えられる。

さらに福田漁港の東側の浅羽・大須賀海岸でも侵食傾向が強まっている。一方、 $X = 26$ km地点から御前崎間では、箴川以東では堆積傾向であるのに対し箴川の西側では侵食傾向を示し、とくに新野川河口の西側隣接部での大きな汀線後退に対して浜岡海岸の西部では堆積傾向に変わったことから、2010年と比較して2024年には浜岡海岸付近では通常と異なる西向きの漂砂が起きていたと推定される。

6. 天竜川から御前崎間全体での海浜面積の減少と汀線後退量

天竜川河口から福田漁港を区域I、福田漁港から箴川河口東側の $X = 26$ kmまでを区域II、さらに $X = 26$ kmから御前崎までを区域IIIとして、これら各区間の砂浜の総面積を求め、それらの経年変化について検討した。1962, 2010, 2023年の空中写真をもとに、区域I, II, IIIの海浜面積を求めた結果を表-1に示す。1962年の海浜面積を基準に

表-1 区域I, II, IIIでの海浜面積の変化

($\times 10^3$ m ²)				
区域	I	II	III	合計
1962年	1036	1253	1313	3601
2010年	1289	1675	812	3775
2024年	1196	1586	817	3599
1962～2010年	253	422	-501	174
2010～2024年	-93	-89	5	-176

すると、2010年までは天竜川河口から福田漁港間(区域I)の海浜面積は25.3万 m²の増加、福田漁港から $X = 26$ km地点までの区域IIでは42.2万 m²増加しており、2010年までに区域I, IIでは67.5万 m²も海浜面積が増加していたことが分かる。しかし $X = 26$ kmから御前崎までの区域IIIでは50.1万 m²の海浜面積の減少が起きていた。このような海浜面積の減少は、沿岸漂砂の場所的の不均衡や冬季季節風による内陸へ向かう飛砂損失などの要因によりもたらされたと考えられる。その後、2010年から2024年の浜幅の変化を調べると、区域Iでは9.3万 m²、区域IIでは8.9万 m²だけ海浜面積が消失し、区域I, IIの海浜面積の総減少量は18.2万 m²に達した。ここで宇多ら⁷⁾で推定された漂砂の移動高12 mを乗じ、2010～2024年での経過年(14年)で除すと、区域I, IIでの土砂量の減少速度はそれぞれ7.9万、7.6万 m³/yr、合計で15.5万 m³/yrとなった。このような海浜土砂量の減少は、浜幅測定時の基準線の変化は含まれていないので、漂砂または飛砂によってのみ起きている。

区域I, IIの延長はそれぞれ9, 17 kmなので、上記の海浜

面積の減少量を各区間の延長で除すと、区域Ⅰ、Ⅱでの浜幅の減少量はそれぞれ10, 5 mとなった。一方、東端の区域Ⅲでの2010～2024年での海浜面積の変化は小さく、0.5万 m²の増加に留まった。区域Ⅲで海浜面積の変化量が小さかった理由は、汀線が海岸護岸に張り付くまで後退し、それ以上汀線が後退できなかったことによると考えられる。

7. 考察

東部遠州灘海岸の土砂収支には、主に3要因が関係している。第一は天竜川からの土砂供給であり、これは海浜土砂量を増加させるプラス要因である。第二は、ほぼ菊川河口以東において、冬季の西寄りの風に伴う飛砂により海浜砂が背後地へと運び去られる土砂移動²⁾であり、これは海浜砂のマイナス要因となる。そして第三には、調査対象区域東端に位置する御前崎を回り込んで北側へと沿岸漂砂により砂が運び去られることによる土砂損失である（マイナス要因）。

これらのうち、第一の要因については、宇多ら¹⁾に述べられているように、天竜川河口から東向きに供給される漂砂量は、自然状態にあった当時ほぼ30万 m³/yrであったが、2008年時点で24万 m³/yrまで減少しており、その後も天竜川からの供給土砂量の減少が続いていると考えられるため、東向き漂砂量とのバランスが失われて河口に隣接する区域Ⅰで侵食が進んだと考えられる。

第二の要因である飛砂による海浜砂の損失については、宇多ら²⁾により検討された。宇多ら²⁾は季節風の卓越方向がW+11.25° Nと推定されることを示した上で、海岸線直角方向、内陸へと運ばれる飛砂量を算出している。この結果、弁財天川（X=23 km）付近から新野川河口まで、飛砂量は線形的に増加し、新野川で約6 m³/yr/mの最大値を取ることを明らかにした。弁財天川から新野川間の沿岸距離は13 kmで、この間、飛砂量は弁財天川河口での0から新野川河口での6 m³/yr/mまで線形的に増加することから、距離に平均飛砂量を乗じると、この区間で内陸へと運び去られた総飛砂量は、39,000 m³/yrとなり、毎年3.9万 m³の飛砂の損失が進んできたことになる。このようにして内陸方向へ向かう飛砂がある一方、上手側から供給される漂砂量が減少しているためバランスが失われ、浜幅が急激に狭まって護岸が波に曝される状態になってきたと考えられる。

第三の要因に関しては、貝沼ら³⁾が空中写真に基づく汀線変化解析により東部遠州灘海岸における土砂動態について調べており、御前崎での東向き沿岸漂砂量を約2万 m³/yrと推定した。また、宇多ら⁴⁾は、2011年からは御前崎を回り込んでマリパーク御前崎へと運び込まれた

土砂を上手側に運ぶサンドリサイクルが行われ、毎年ほぼ1.6万 m³の砂が養浜され、2011年以降2020年までに総量13.1万 m³の土砂が投入されたとした。このように御前崎近傍の海岸（白羽地区）では、毎年サンドリサイクルによる養浜が行われてきたにもかかわらず、砂浜面積は増加していないことから、投入土砂量と同じ量がマリパーク御前崎へと流出していると考えられる。すなわち、ほぼ一定量の砂が循環しており、御前崎付近ではネットでの砂の損失が起きていないと判断できる。

8. まとめ

東部遠州灘海岸の浜幅と汀線の変化について調べた結果、近年の2010～2024年には天竜川河口から福田漁港間（区域Ⅰ）と、福田漁港から菊川河口東側のX=26 km地点までの間（区域Ⅱ）では、海浜面積がそれぞれ9.3万 m²、8.9万 m²減少してきたことが分かった。ここで、宇多ら¹⁾で推定された漂砂の移動高12 mを乗じた上、2010～2024年での期間14年で除すと、区域Ⅰ、Ⅱから失われている土砂量の割合は、それぞれ7.9万、7.6万 m³/yr、合計で15.5万 m³/yrと推定された。区域Ⅰでの海浜面積の減少は、天竜川からの供給土砂量が減少し、東向きの沿岸漂砂とのバランスが失われたためと考えられる。一方、区域Ⅱでは沿岸漂砂のバランスが失われたことに加え、内陸へ向かう飛砂による損失も起きている。さらに、調査区域の東部に位置する区域Ⅲでは、1962～2010年に海浜面積が50.1万 m²減少したが、これは沿岸漂砂の場所的不均衡に加え、冬季季節風による内陸へ向かう飛砂損失によりもたらされたと考えられる。この結果、海浜砂が枯渇状態となり、飛砂損失も起こり得ない状態となった。

REFERENCES

- 1) 宇多高明, 三波俊郎, 石川仁憲, 伊藤祐介, 白石慎重, 佐藤純一郎: 御前崎海岸の海浜変形に及ぼす地殻変動の影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.1_666-1_670, 2013. [Uda, T., San-nami, T., Ishikawa, T., Ito, Y., Shiraishi, N. and Sato, J.: Effect of ground subsidence to beach changes on Omaezaki coast, *Journal of Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 69, No. 2, pp. 1_666-1_670, 2013.]
- 2) 宇多高明, 内藤慎也, 袴田充哉, 八木裕子: 東部遠州灘海岸の地形変化に及ぼす飛砂の影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.77, No.2, pp.1_421-1_426, 2021. [Uda, T., Naito, S., Hakamata, M. and Yagi, H.: Effect of aeolian sand to topographic changes along east Enshu-nada coast, *Journal of Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 77, No. 2, pp. 1_421-1_426, 2021.]
- 3) 貝沼征嗣, 戸田晃裕, 津島康弘, 宇多高明, 石川仁憲, 三波俊郎: 天竜川河口～御前崎間の東部遠州灘海岸における土砂動態, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.74,

No.2, pp.L_805–L_810, 2018. [Kainuma, M., Toda, A., Tsushima, Y., Uda, T., Ishikawa, T. and San-nami, T.: Sand movement on eastern Enshu-nada coast bounded by Tenryu River mouth and Point Omaezaki, *Journal of Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 74, No. 2, pp. L_805–L_810, 2018.]

- 4) 宇多高明, 内藤慎也, 岩辺路由, 大石昌仙, 竹内由衣, 石橋さくら: マリンパーク御前崎からのサンドリサイクルと白羽地区の海岸保全, 土木学会論文集 B2 (海岸工

学), Vol.78, No.2, pp.L_541–L_546, 2022. [Uda, T., Naito, S., Iwabe, M., Oishi, M., Takeuchi, Y. and Yamashita, S.: Sand back-passing from MarinePark Omaezaki and shore protection at Shirowa area, *Journal of Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 78, No. 2, pp. L_541–L_546, 2022.]

(Received March 17, 2025)

(Accepted July 22, 2025)

BEACH EROSION OF EAST ENSHU-NADA COAST IN TERMS OF BEACH WIDTH AND SHORELINE CHANGE

Takaaki UDA, Naoki SHIBATA, Shiro OHIDO, Sakura YAMASHITA and Masayuki HANADA

The change in foreshore area along the east Enshu-nada coast was investigated using the aerial photographs. The foreshore areas in area I between Tenryu River mouth and Fukude fishing port and area II between Fukude fishing port and the Kikukawa River mouth decreased by $9.3 \times 10^4 \text{ m}^2$ and $8.9 \times 10^4 \text{ m}^2$, respectively, during 2010 and 2024. When multiplied the change in these foreshore areas by the characteristic height of beach changes of 12 m on this coast and divided by the elapsed time of 14 years, the rate of decrease in sand volume in areas I and II were estimated to be 8.6×10^4 and $8.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$, resulting in the rate in decrease in sand volume of $1.68 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ in areas I and II. The decrease in foreshore area I is due to the imbalance between eastward longshore sand transport and the rate of sand supply from the Tenryu River. In contrast, regarding area II, not only the imbalance in longshore sand transport but also the loss of sand by windblown sand are assumed to occur. Furthermore, in area III located at the eastern side of the study area, the foreshore area decreased by $5.01 \times 10^5 \text{ m}^2$ due to erosion between 1962 and 2010, resulting in exhaustion of shoreline sand.