

神奈川県秋谷海岸の侵食機構と養浜材の条件

BEACH EROSION OF AKIYA COAST AND CONDITIONS OF BEACH NOURISHMENT

宇多高明¹・高村光雄²・久保田隆司³・石川謙作⁴・三波俊郎⁵・石川仁憲⁶

Takaaki UDA, Mitsuo TAKAMURA, Takashi KUBOTA, Kensaku ISHIKAWA,
Toshiro SAN-NAMI and Toshinori ISHIKAWA

¹正会員 工博(財)土木研究センター理事なぎさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科(〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4)

²神奈川県横須賀土木事務所河川砂防部長(〒238-0022 神奈川県横須賀市公郷町 1-56-5)

³神奈川県横須賀土木事務所河川砂防部河川砂防課長(〒238-0022 神奈川県横須賀市公郷町 1-56-5)

⁴神奈川県横須賀土木事務所河川砂防部河川砂防課(〒238-0022 神奈川県横須賀市公郷町 1-56-5)

⁵海岸研究室(有)(〒160-0011 東京都新宿区若葉 1-22 ローヤル若葉 301)

⁶正会員 工修(財)土木研究センターなぎさ総合研究室(〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4)

Beach changes on the Akiya coast facing Sagami Bay were investigated through the comparison of aerial photographs. Shoreline changes were determined from the aerial photographs. A wave shelter zone was formed on the lee side of Kuruwa fishing port on the south end of the pocket beach of the Akiya coast, inducing longshore sand transport toward the wave shelter zone. Sand accumulated inside the wave shelter zone, whereas the shoreline significantly retreated outside the wave shelter zone. In the period between 1973 and 1980, longshore sand transport of 2,500m³/yr occurred. Tracer test using color sand with $d_{50}=0.5, 1.5$ and 15 mm was carried out to investigate the selective movement of sand depending on the grain size. Coarse material deposited near the shoreline and slowly moved alongshore, whereas fine material was carried offshore.

Key Words: Beach erosion, tracer test, color sand, Akiya coast, shoreline change, longshore sand transport

1. はじめに

秋谷海岸は神奈川県三浦半島西岸に位置し、相模湾に面した南端の秋谷漁港から北西端の長者ヶ崎までの延長約 3.5km の海岸である。この地域は岩礁帯が多く存在し隆起波蝕台が広がる。海岸のほぼ中間に位置する久留和漁港から長者ヶ崎間では、近年海岸侵食が進み、海岸線に沿って立ち並ぶ家屋が越波被害を受けるとともに、海岸線近傍を走る国道 134 号線基部の地盤の崩壊も危惧される状態となっている。対策として養浜による海岸保全が住民合意により決定され、今後実施に向けた詳細な検討を進めることになったが、効果的な養浜計画の立案にはまず侵食機構の十分な理解が必要である。

秋谷海岸について、宇多ら¹⁾は 1946~2001 年の空中写真の判読と現地踏査より侵食原因について考察し、1973 年以降顕著となった秋谷海岸の侵食原因の一つは、高潮位・高波浪の条件下で長者ヶ崎先端部を越えた漂砂の流出をあげ、また久留和漁港の防波堤建設に伴って波の遮蔽域へ向かう沿岸漂砂が誘起されたことも一つの要因とした。しかしこれらの要因の重要度は、汀線変化読み取り時の座標系が汀線変化の方向とほぼ平行であったため読み取り誤差が

入り易いとの問題点があり明らかではない。一方、澤田ら²⁾は宇多ら¹⁾より調査区域を広げて漂砂源を調べるとともに汀線変化の再測を行った。しかしながらこの場合も汀線変化が直交座標系上で読み取られたため、汀線変化の読み取り方向と座標系とが小さな角度となる場所で測定精度が低いという問題点があった。そこで本研究では侵食が進んだ 1973 年以降の海浜変形について、1973 年の海岸線に沿った曲線座標を用いて汀線を高精度で測定し、汀線変化解析や沿岸漂砂量の推定などを実施し、侵食機構を解明した。また、高波浪が来襲する夏季の 3 ヶ月間に 3 粒径($d_0=0.5, 1.5, 15\text{mm}$)のトレーサを用いた漂砂調査を行い、粒径別の砂の移動状況を明らかにし、当海岸における養浜材の適正条件について検討した。

2. 侵食機構の解明

(1) 秋谷海岸の概況と空中写真の判読

図-1 は 2004 年撮影の空中写真に 2003 年の深淺図を重ねて示したものである。南東端には久留和漁港があり、そこから北西に約 1.3km 離れた位置で大きく突出しているのが長者ヶ崎である。海岸線の方向



図-1 秋谷海岸周辺の空中写真と深浅図

は長者ヶ崎を境に SE-NW 方向から S-N 方向へと変わり、北西側にもポケットビーチが広がる。一方沖合の海底地形に注目すると、久留和漁港付近から斜めに広大な露岩域が広がり、等深線は複雑な形状を示す。これに対し井戸石から長者ヶ崎の間の浅海域（水深 6m 以浅）は滑らかな等深線を有している。

宇多ら¹⁾によると、著しい汀線変化は 1973 年以降の久留和漁港の防波堤延長に伴い起きた。そこで、図-2 には久留和漁港～長者ヶ崎間における 1973 年以降の空中写真を示す。各空中写真には 1973 年の汀線を比較のため示す。1973 年には既に久留和漁港の防波堤が 117m 伸ばされていたが、防波堤は岩礁の背後にはほぼ隠れていた。この当時井戸石背後の舌状砂州部分でも連続的な砂浜が延びており、また長者ヶ崎側にあってもビーチカスプの発達状況から分かるように前浜が続いていた。1980 年になると久留和漁港の防波堤がさらに伸び、開口部を挟んで防波堤の総延長は 210m となった。このため防波堤背後には波の遮蔽域が形成され、それに伴って北西側区域から沿岸漂砂によって砂が運び込まれて汀線が前進した。これと対照的に井戸石周辺では汀線の後退が始まった。1996 年では、久留和漁港の防波堤の開口部が塞がれ波の遮蔽効果が増加した。また波の遮蔽域内に長さ 75m の導流堤兼防砂突堤（以下、防砂突堤と呼ぶ）が伸ばされ、沿岸漂砂が阻止されたためにその北西側では汀線が大きく前進した。南側を不透過壁に区切られた場所に砂が堆積するためには、砂は北西側から沿岸漂砂によって運ばれる以外方法がないことから、このような汀線変化は防波堤などの波の遮蔽構造物建設に伴う海浜変形の典型例³⁾と言える。2000 年では防砂突堤がさらに 25m 延長された。その延長と同時に西側での汀線前進と、井戸石から長者ヶ崎に至る全区間における汀線後退が著しくなった。一方、防砂突堤と漁港の防波堤に囲まれた区域では漂砂の出入りが困難となったにもかかわらず、全体として汀線が後退しているのは、1996 年 12 月から 1997 年 3 月の間で 6,367m³の浚渫が行われていたこ

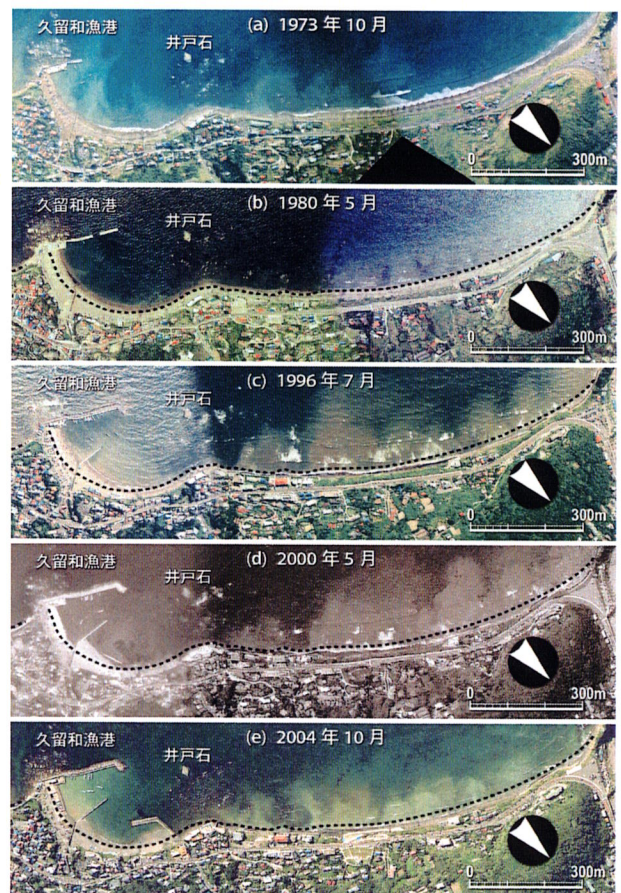


図-2 秋谷海岸の空中写真の比較

とが理由として考えられる。2004 年では、久留和漁港の西側に新たに 142m の逆 L 字形防砂突堤が伸ばされ、その東にある防砂突堤の西側に堆積していた砂が新設の防砂突堤の背後へと逆流した。これ以降 2005 年も含めて、逆 L 字形防砂突堤の北西側では砂の堆積は全く見られず、井戸石から長者ヶ崎までの全区間の汀線は後退したままとなった。このことは井戸石から長者ヶ崎までの海岸では砂が流出し、現

地踏査^{1) 2)}でも明らかにしたように岩盤が露出して漂砂が枯渇した状態となったことを意味する。

(2) 汀線変化

汀線変化を定量化するために、空中写真を偏歪修正したモザイク写真上の汀線位置を計測し、潮位補正を行って平均潮位に対応した汀線を求めた。その際 1973 年の汀線上に曲線座標を定め、この曲線座標と直交方向に浜幅を計測して汀線変化量を求めた。図-3 は久留和漁港から葉山御用邸付近までの区域における汀線変化量の沿岸分布である。

汀線は久留和漁港の防波堤遮蔽域内で大きく前進し、最大前進量は 1973～2000 年で約 45m に達した。また波の遮蔽域内の汀線は全体として時計回りに回転すると同時に、 $X=300\text{m}$ から長者ヶ崎 ($X=1,700\text{m}$) までの区間の汀線は経年的に後退した。後退量は長者ヶ崎近傍ほど大きく、1973～2005 年の最大後退量は $X=1,500\text{m}$ 付近での 25m であった。この付近では汀線が護岸線と重なっていることから、護岸がなければ汀線後退量はさらに大きくなったと推定できる。

防波堤遮蔽域の北側に隣接する区間 ($X=450\sim 700\text{m}$) では、井戸石を中心として海底に広く岩礁が露出しているため全体的に汀線が海側へ突出している。この区間の漁港側 ($X=450\text{m}$) の汀線は 1985 年までに約 12m 後退した後、後退が止まったが、長者ヶ崎側の汀線は徐々に後退が進んだ。この区間では防波堤延伸前の汀線は連続的に延びており、沿岸漂砂は南北両方向に移動可能であったが、現況では露岩域が一種の固定境界となり長者ヶ崎側から久留和漁港側への土砂流入が生じにくくなった。また井戸石に隣接して造られた逆 L 字形突堤は先端部の離岸距離が短いために波の遮蔽効果が著しく、結果としてその背後に著しい堆砂を引き起こし、それに必要な土砂は漁港側から運び込まれたために 2000 年までに大きく前進していた防砂突堤脇の汀線が約 20m 後退した。

一方、長者ヶ崎から北側の小磯までの汀線は、突堤や河口部を挟むごとに約 10m の変動はあるものの 1973 年以降ほとんど変化しておらず安定である。このように長者ヶ崎を境に北側の汀線は安定であるのに対し、長者ヶ崎から井戸石までの汀線はいずれの地点であっても後退傾向を示すことから、長者ヶ崎を越えた土砂の流出・流入はほぼ無視でき、1973 年以降生じた長者ヶ崎より南東側の海浜変形は久留和

漁港の防波堤建設に伴う波の遮蔽域形成によって生じたと考えられる。また干潮時の現地踏査によれば、長者ヶ崎の南側隣接部は巨石露岩で覆われており、砂の移動が困難と考えられることも上記推定を裏付ける。

また、図-3 において長者ヶ崎の南側隣接部の汀線は時間経過とともに単調に後退し、北側の汀線との落差が増大している。仮に長者ヶ崎を南側から回り込む沿岸漂砂があるならば、南側からの漂砂供給が続くために長者ヶ崎の南側隣接部の汀線は後退せず、そこより南側に離れた場所で汀線後退が顕著になるはずである。しかし実測値はこれと逆の傾向を示し、しかも長者ヶ崎北側の汀線はほぼ安定していることから、沿岸漂砂の連続性は長者ヶ崎で切れており、長者ヶ崎以南の汀線変化はその区域に造られた施設の影響によって引き起こされたと考えられる以外現象を説明できない。

以上のように、①久留和漁港の防波堤による波の遮蔽域において汀線が単調に前進したこと、②井戸石から長者ヶ崎までの間の汀線も漁港防波堤建設とともに単調に後退したこと、③長者ヶ崎は大きく突出しているためいずれの時期でもその東側側面での波の入射方向は右回りの方向からとなることを考慮すれば、対象地域の海浜変形は、海岸線に対し波がほぼ直角入射する条件において、海岸線の一端に波の遮蔽域が形成された場合の海浜変形と推定できる。

(3) 沿岸漂砂量の沿岸方向分布の推定

上記の検討によれば、沿岸漂砂は長者ヶ崎では 0 と仮定できるので、そこから南向きに汀線変化量を積分し、これに漂砂の移動高を乗じ、さらに対象年数で割ることで期間内の平均沿岸漂砂量を推定した。

漂砂の移動高は、近年の限られた現地データしかないため、次の理由から 3m と仮定した。まず図-3 に示した汀線変化から見て侵食が十分進み、ほぼ安定状態に近づいた時期である図-1 の 2003 年 2 月の深浅図によれば、-2m と -1m の間に侵食平坦面と見られる広い平坦面が存在しており、また汀線が大きく後退した長者ヶ崎の南東側隣接部において、-1m の等深線が汀線とほぼ重なるほどに海岸線に接近しているのに対し、-2m の等深線は -1m の等深線変化に追従せず、それ以深の等深線とほぼ平行なことから、波による地形変化の限界水深 (h_c) はほぼ -2m にあると推定される。この水深は一般的に相模湾周辺の海岸で見られる h_c (例えば、茅ヶ崎海岸では 9m) と比較して小さいが、これは浅海域に岩盤が露出しており、地形変化がそれにより大きく制約されるという秋谷海岸特有のものと推定される。

図-4 は対象海岸中央部での中央粒径の水深分布であるが、数 mm 程度と粗い粒径が -1m から -2.5m 付近まで分布しているのに対し、-2.5m 以深では 0.2mm 以下の細粒へと収束する傾向がある。さらに図-5、6 は測線 No. 72+80 (図-1 参照) に沿う縦断形と粒度組成の水深分布を示す。縦断形は -1m を境に勾配が急変しており、-1m 以浅では 1/10、-1m 以深では 1/100

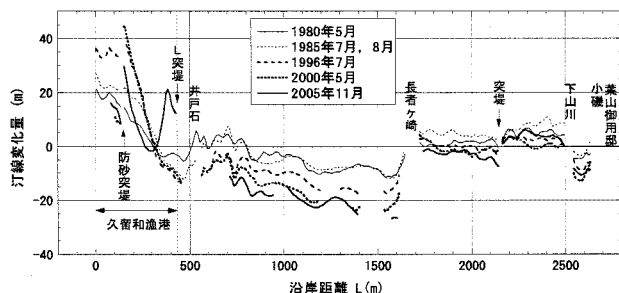


図-3 汀線変化 (1973 年基準)

と極端な変化が見られる。これと連動して汀線から-1.5m付近では礫と粗砂が多く含まれる。これ以深では中砂と細砂がほとんどを占めるが、-1.9m付近まで礫と粗砂が含まれており、漂砂移動はこの付近まで活発であることを示唆する。

このように、-1mと-2mの等深線形状と浅海域に岩盤が露出していること、さらに前浜が残されている箇所の中央粒径の水深分布、および秋谷海岸では古くから沖の浅海域に藻場が存在するという事実から、秋谷海岸での h_c は-2.0mに等しいと推定できる。

一方、現地のバーム高が1~1.5m程度であることから、漂砂の移動高はバーム高と h_c の和よりほぼ3mと与えられる。

図-7は推定された沿岸漂砂量の沿岸分布である。これによれば沿岸漂砂は全区間で南東向き（久留和漁港方向）であり、防波堤延伸直後の1973~1980年では $X=300m$ 、 $800m$ において南東向きに最大 $2,500 \sim 2,600 m^3/yr$ の沿岸漂砂量が生じていた。その後1973~1996年では $X=300m$ で最大約 $2,000 m^3/yr$ の沿岸漂砂量となった。完全に閉じた漂砂の系の場合、久留和漁港の防波堤（ $X=0m$ ）では漂砂量は0とならなければならないが、1996年までで約 $900 m^3/yr$ の土砂流出が起きている。この理由として久留和漁港では過去に航路浚渫が行われ、その時期は1990年代に集中し、合計約 $11,000 m^3$ の浚渫土砂が沖合に投棄されたことがあげられる。

図-3の汀線変化をもとに、井戸石付近から長者ヶ崎までの侵食区間全域における1973年を基準とした土砂減少量と久留和漁港近傍の堆積土砂量を算出し、その経時変化を示したのが図-8である。堆積土砂量は防波堤延伸直後の1980年まで大きく増加し、その後は漸増傾向にあり、波の遮蔽域での土砂堆積の特徴がでている。なお、1996~2000年に久留和漁港内の堆積域を覆って物揚場が造られたため、2000

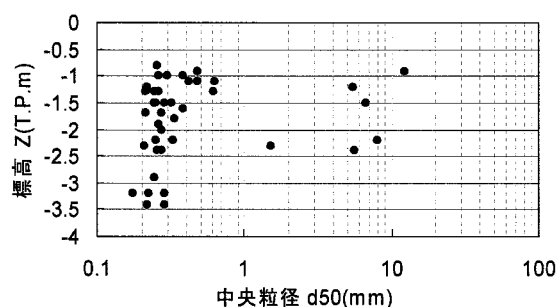


図-4 海岸中央部での中央粒径の水深分布

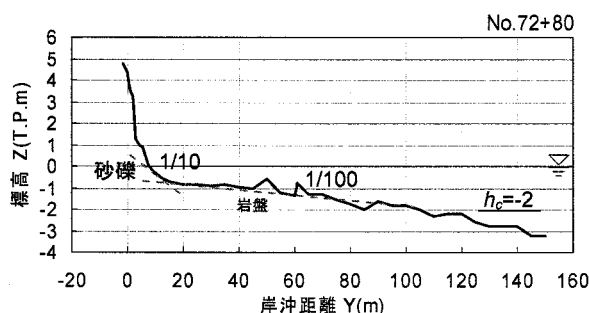


図-5 No. 72+80の縦断形

年以降の堆積土砂量は不明である。これに対して侵食土砂量は1980年までは堆積土砂量の変化と逆位相を示すが、その後再び侵食速度が増加する。堆積量と侵食量の合計でみると、1985年までは土砂収支がほぼ取れていたが、1990年以降収支が減少傾向にある。1996年時点の土砂減少量は約 $20,000 m^3$ である。この時点までの浚渫量の累計は約 $4,700 m^3$ であり、両者は定量的意味から見ると対応していない。この理由としては、移動高の推定誤差、初期の浚渫量が不明なこと、さらには現地踏査より確認された飛砂による損失などが考えられる。

(4) 秋谷海岸の侵食機構

調査結果より、秋谷海岸（久留和漁港から長者ヶ崎までの海岸）の海浜変形は、1973年以降、久留和漁港の防波堤建設に伴う波の遮蔽域形成によって生じた最大約 $2,500 m^3/yr$ の南向きの沿岸漂砂による影響と推定された。

2000年以降侵食速度が大きく低下しているのは、2002年に建設された先端水深2mのL形突堤が久留和漁港方面への沿岸漂砂を阻止していることととも、

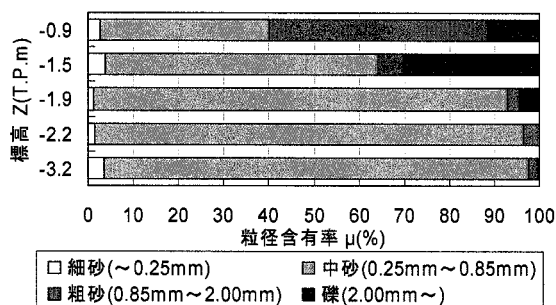


図-6 測線 No. 72+80 の粒度組成の水深分布

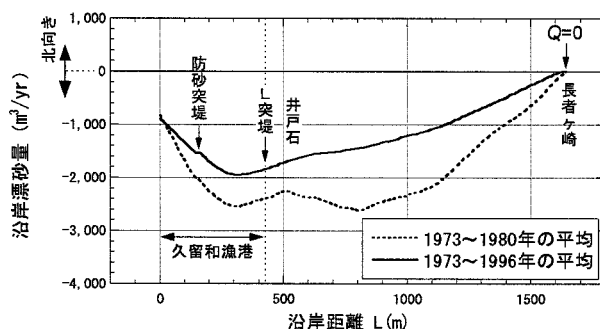


図-7 沿岸漂砂量の沿岸方向分布

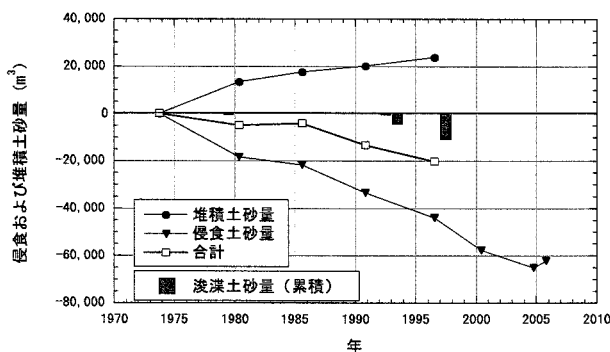


図-8 土砂量の経年変化

澤田ら²⁾によれば最大の地盤高減少量が約 2m であり、現状が広い範囲で露岩域となっていることから、侵食の結果岩盤が露出し運ばれるべき砂がほとんどなくなったためと考えられる。このことは、侵食以前の海浜は岩盤上に薄く砂が覆う海岸であったことを示唆し、このような砂層厚が薄い海浜において防波堤の延伸により沿岸漂砂が生じた結果、砂浜から露岩域へと海岸状況の激変を招いたと考えられる。また、現在わずかに残された海浜の構成材料は礫が主体で、このため前浜勾配も急であるが、久留和漁港の背後に運ばれ堆積した砂が細砂であることを考慮すれば、侵食以前には広い区域が細砂を多く含む海浜であり、そこから波の遮蔽域へと選択的に細砂が流出した結果、侵食域には礫など粒径の大きな砂礫が残されたと推定できる。

以上のことから、秋谷海岸の侵食は、岩盤上に薄く砂が載る海浜において、主に漁港防波堤の延伸に伴う波の遮蔽域へ向かう沿岸漂砂の発生により生じたと考えられる。また砂層厚が薄かったことが、砂浜から露岩域へと海岸状況の激変を招いた理由であったと考えられる。

3. 養浜材の条件

過去、砂が岩盤上に薄く載っていたことは、秋谷海岸の侵食対策においては逆に養浜土砂量はそれほど大きくなくても済むことを意味する。こうした状況において秋谷海岸の海浜を復元する場合、沖合の礫への細粒土砂の流出を防止しつつ、逆 L 字形突堤を超えて漁港内へと砂が移動しないように、粒径の下限値を検討しなければならない。現況では久留和漁港の防波堤による波の遮蔽域の北西側への広がり逆 L 字形突堤によってかなり阻止されているので、秋谷海岸にもとから存在したと考えられる砂礫分で構成された土砂を用いて養浜を行えば侵食以前の海浜を復元することが可能と考えられる。これにはまず投入砂の粒径ごとの移動特性を正確に把握する必要がある。このため粒径を考慮したカラーサンドの移動に関する現地実験を行い、養浜材の条件を明らかにした。

(1) 粒径を考慮した漂砂調査

カラーサンドの投入は 2006 年 7 月 14 日に行った。それぞれ 1m³のカラーサンドを図-1 の P1 に投入し、その後の移動状況を調べた。投入後 5 回(7, 14, 40, 61, 95 日後)にサンプリングを行った。この間、図-1 に P2 で示す沖合の水深 15m には波高計を設置し調査期間中の波浪条件を調べた。サンプリングでは投入点を中心に 50m 間隔で 7 測線を設け、これらの測線上、汀線から -1m までは 0.5m 間隔で、-1m から -5m までは 1m 間隔で行った。測点数は合計 49 である。また汀線に沿って延長 1.3km 区間において、約 50m 間隔で 20 点程度のサンプリングも行った。サンプリングでは、ダイバーが直接海底の底質を採

取した。採取試料より試料 1 リットルあたりのカラーサンドの個数を計測した。

観測期間中の最大有義波高は、カラーサンド投入直後の 7 月 15 日の 1.7m (周期 12s) であり、1 回目の観測はこの高波浪の影響を強く受けている。その後 2, 3 回目の観測は波高 1m 以下の静穏な条件で行われたが、4 回目の観測直後の 9 月 19 日には再び波高 1.5m (周期 8s 程度) の高波浪が襲来した。一方、波向は海岸線とほぼ直交する SW 方向からの波が卓越していた。

図-9 は、 $d_{50}=0.5$ mm のカラーサンド投入後 95 日間の拡散状況を示す。投入直後の高波浪の作用を受けた結果、投入後 7 日でトレーサは投入点を中心として釣鐘状に急速に拡散した。砂の拡散範囲は井戸石周辺の岩礁による消波効果が発揮される付近である。最も沖合まで移動した砂は -4m まで到達した。14 日後にもほぼ釣鐘状の分布を示すが、重心が東側にずれている。40 日後には沖方向への移動がさらに進み、最大で -5m までの移動が見られ、同時に汀線付近では東向きの移動が卓越している。61 日後も釣鐘状の拡散分布は同様であるが、東端の測線上で多数のカラーサンドが発見された。95 日後では分布形が大きく歪み、汀線付近での高濃度の場所が東端となり、高濃度帯が斜め沖向きに伸びている。結局、 $d_{50}=0.5$ mm のカラーサンドは、当初岩礁背後の相対的に静穏な海域を中心として舌状に広がったが、時間経過とともに汀線を中心として東向きの移動が起きたことが分かる。

図-10 は、 $d_{50}=1.5$ mm のカラーサンド投入後 95 日間の拡散状況を示す。サンプリングは 0.5 mm の場合と同一点で行ったが、全観測期間を通じて水深 2m 以深ではカラーサンドは全く発見されなかった。投入 7 日後においては汀線に沿って投入点の両側に帯状に広がったが、投入点からの移動距離は東側の 150m に対し西側は 75m と、全体に東向きの移動が起きた。この傾向は 14, 40, 61 日の測定でも同様であったが、95 日では発見個数が極端に減少した。以上の観測結果より、 $d_{50}=1.5$ mm の砂は沖方向にはほとんど拡散せず汀線に沿って移動すること、その移動方向は全体的に東、すなわち久留和漁港方向であることが明らかとなった。さらに $d_{50}=15$ mm の砂は投入点を中心とする汀線近傍の東西約 100m 区間に留まり、大きな移動は見られないことが分かった。

以上のように、 $d_{50}=0.5$ mm の砂は時間経過とともに -5m 付近まで広がったのに対し、 $d_{50}=1.5, 15$ mm の砂は沖方向には拡散せず汀線付近に歩留まることが確認された。 $d_{50}=0.5$ mm の砂は細粒のため波による攪乱を受け、さらに離岸流などにより沖に拡散したと推定できる。この結果は、 h_c が約 2m にあるという推定と矛盾するように思われるが、この点は次のように考えれば整理できる。すなわち数千年という長い年月の波の作用を経て形成された自然海岸では、海浜を構成する底質は波の力によって淘汰を受けており、近年では漁港施設整備による人為的改変の影響も受け、この過程の中で混合砂としてある粒度組成が定

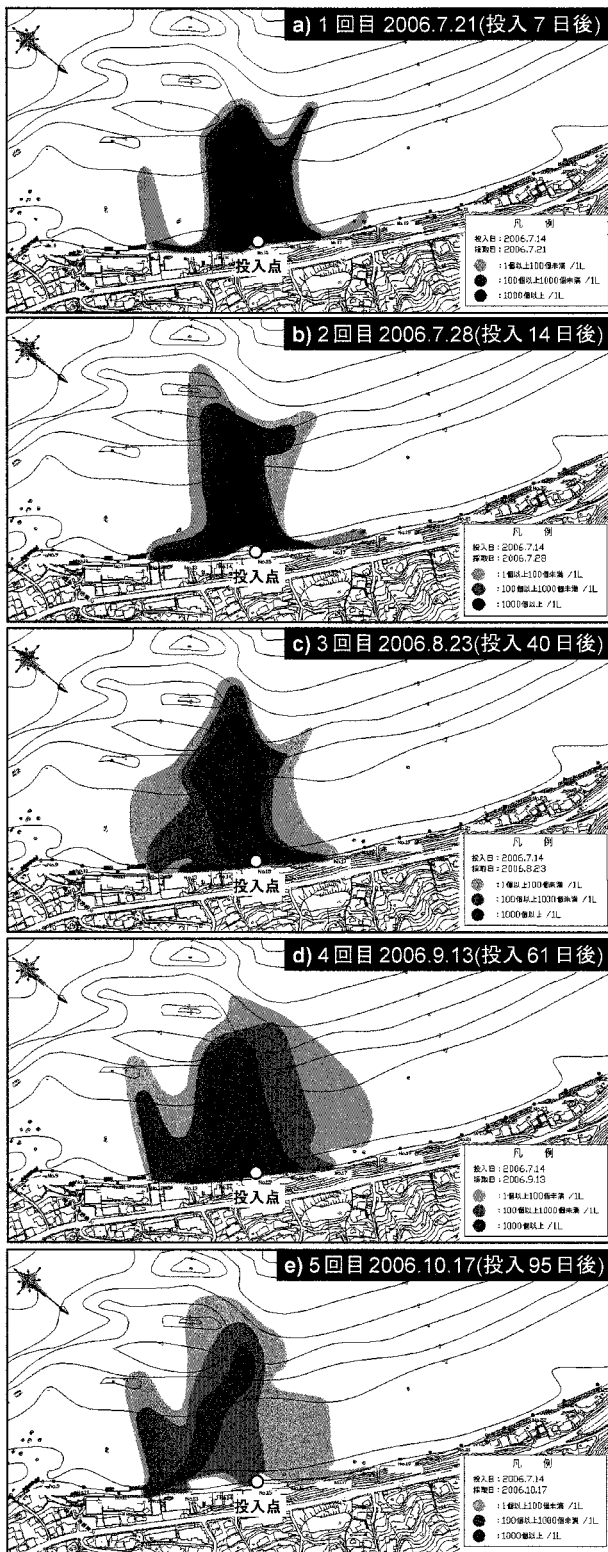


図-9 $d_{50}=0.5\text{mm}$ のカラーサンドの拡散状況(95日間)

まっている。細粒分は汀線に全く存在しないのではなく、汀線付近においてある含有率分までは存在できるが、それ以上含有率が高まるとその余剰分は沖へ流出することになる。したがって現在の漂砂環境は、汀線付近には細粒分がほとんどなく、淘汰を受けた粗い成分のみの移動となったと推定される。この点は、沖の露岩域に藻場があることから確認される。なぜなら藻場は細粒の土砂が絶えず降りかか

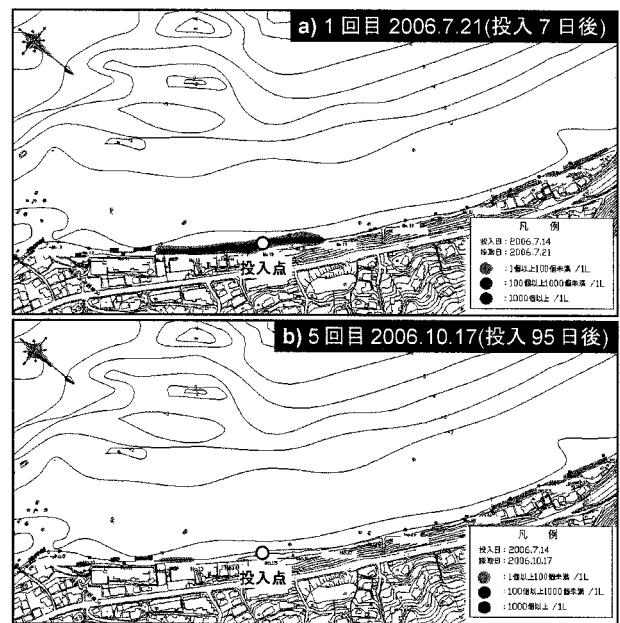


図-10 $d_{50}=1.5\text{mm}$ のカラーサンドの拡散状況(95日間)

る条件では消失するからであり、藻場が近年まであったことは、そのような細粒の土砂の流出も小さかったという証拠になるからである。

(2) 適切な養浜材の条件

現況の秋谷海岸では汀線付近に粒径の大きな礫が散在しているが、これは前述したように久留和漁港による波の遮蔽域へと細粒分が選択的に運び去られた結果であり、過去の秋谷海岸は礫主体ではなく、細砂を含む混合粒径から構成されていたと考えられる。近年の秋谷海岸の海浜材料を見て、粗粒化が進んだ砂礫のみで昔から覆われていたと考えることは誤りである。したがって過去の復元を行う場合には、単に安定性が高いという理由のみから礫材のみ投入することは望ましい選択ではない。カラーサンドの拡散状況も考慮すると、沖合の岩礁帯を広く覆い海藻類の生育を阻害するような細かな粒径成分は別にして、影響のない粒径帯を選ぶことが可能である。現地実験では粒径 0.5mm の砂は沖へとかなり拡散したことから、 1.5mm 以上の粒径で養浜を行う手法が有効であろう。早期の防護目標達成と海浜利用を考えた場合、できる限り粒径を小さくすることが望ましく、これらを考慮すれば粒径が 1.5mm で多少の礫を含む材料が養浜に適していると考えられる。

参考文献

- 1) 宇多高明・三浦正寛・芹沢真澄・三波俊郎・熊田貴之：三浦半島西岸に位置する秋谷海岸の侵食機構，海洋開発論文集，第20巻，pp. 545-550，2004。
- 2) 澤田麻美・小林昭男・宇多高明・三浦正寛：三浦半島西岸に位置する秋谷海岸の侵食実態，海洋開発論文集，第21巻，pp. 457-462，2005。
- 3) 宇多高明：「海岸侵食の実態と解決策」，山海堂，p. 304，2004。