

49. 鳥取県皆生海岸における沿岸および沖向きの漂砂堆積量の見積もり

—沿岸のジオスライサー試料と沖合のコア試料を基に— (予察)

Volume estimation of drifting sand near shore and transport to offshore at Kaike coast, Tottori Prefecture

-based on "Geoslicer" samples near shore and core samples of offshore-

○井上卓彦 (愛媛大), 五十嵐厚夫 (復建調査設計), 原口強 (大阪市立大),

米田明徳 (前国土交通省日野川河川事務所), 井内美郎 (愛媛大 CMES)

Takahiko Inoue, Atsuo Igarashi, Tsuyoshi Haraguchi, Akinori Yoneda, Yoshio Inouchi

1. はじめに

海岸侵食は現在日本の多くの海岸域で問題となっている。海岸線を維持するためには、沿岸漂砂系全体の土砂収支を明らかにすることが前提となっている。鳥取県皆生海岸は、海岸侵食対策のモデル地域とされ、これまでいくつかの対策工や調査が実施されている。

皆生海岸は、長さ20kmに及ぶ日本有数の砂州である。弓ヶ浜半島の東岸側に位置し(図-1)、日野川から美保湾へ供給された土砂が、漂砂として沿岸流により運ばれ堆積したことで形成された(貞方, 1996¹⁾; 宇多, 1997²⁾)。特に、近世当初より盛んであった砂鉄採取を目的とした「かなな流し」により過剰な土砂が供給され、海岸線が大きく前進した(貞方, 1996¹⁾)。しかし、20世紀に入りかなな流しが衰退し、供給土砂が減少した影響で、皆生海岸東半部の海岸で侵食傾向が強くなり、海岸線が後退を続けている一方で、弓ヶ浜半島先端部(境港市)近傍の海岸では堆積傾向が強くなっている(宇多, 1997²⁾) (図-2)。

この海岸侵食の抑止・対策を念頭に、かなな流し時とかなな流し終焉以降に沿岸域に堆積した土砂量を見積り比較するために、一昨年、定方位地層抜き取り装置「ジオスライサー」を用い、調査が行われた(五十嵐ほか, 2004³⁾)。その後、五十嵐ほか(2004)³⁾に関連した調査として、美保湾内で柱状試料を採取し、沖合への土砂移動量を推定した。

本研究では、ジオスライサーを用いた調査および美保湾沖合での柱状試料を用いた調査の結果から、沿岸での漂砂移動量と沖合への土砂移動量を推定することとした。

2. 調査・分析方法と採取試料

(1) ジオスライサー調査 (沿岸域)

調査測線として、1948年以降に海岸線が200m程度後退した3'測線(日野川河口)と、同じく100m程度前進した83'測線(境港工区)の2測線を設定した(図-1, 図-2)。採取作業は、ジオスライサー調査法(中田・島崎, 1997⁴⁾; 原口ら, 1998⁵⁾)を基本とし、海域用に改良した方法により実施した。調査・採取試料の詳細については五十嵐ほか(2004)³⁾を参照されたい。

地層の年代決定には、主に放射性炭素(C14)法と鉛210法およびセシウム137法を用いた。放射性炭素(C14)法で

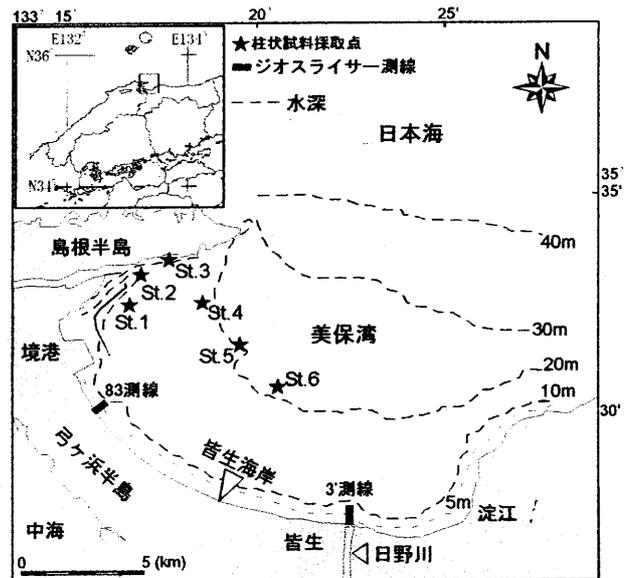


図-1 皆生海岸とジオスライサー測線
および柱状試料採取点位置図

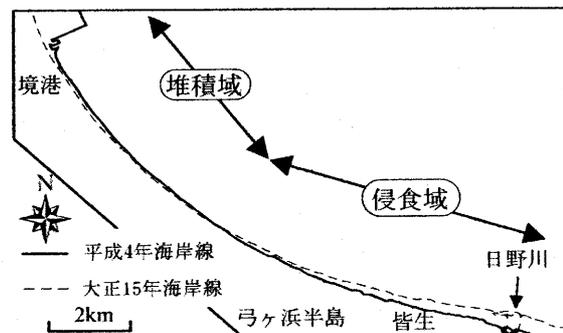


図-2 侵食域と堆積域

(大正15年と平成4年地形図を比較)

は堆積物に含まれる貝殻、有孔虫殻11試料を測定に供し、鉛210法およびセシウム137法では各測線で1本のコアについて等間隔に採取した堆積物を測定に供した。

また同時に堆積相解析および堆積環境の推定のために堆積物の粒度分析、堆積構造の観察を行い、またかなな流し実施期間と開始前、終焉後の堆積物を識別するために20cm, 40cm, ないし50cmの深度間隔で、堆積物粒子の砂粒・鉱物組成分析を行った。

本研究では、かなな流しが衰退して海岸東半部で侵食が始まった時期に注目し、過去100年間の堆積量と侵食量を推定する。

(2) 柱状コア調査 (沖合域)

本研究では、湾内の底質を代表する泥質堆積物および砂質堆積物分布域の6地点で柱状採泥を行い、最長約50cmのコアを計11本得た(図-1)。さらに、河川および海岸から湾内へ輸送された土砂の移動範囲を明らかにするため、井上ほか(2002)⁶⁾の湾内および日本海で計196点の底質データの再検討を行った。

表層堆積物についてはふるい分析法を用いた粒度分析を行い、柱状試料についてはレーザー回折・散乱粒度測定法を用いた粒度分析と鉛210法堆積速度測定を行なった。

3. 調査結果および考察

(1) 沿岸域

海岸侵食が始まってからの皆生海岸における土砂移動量を明らかにするため、ここでは過去約100年間の堆積層に注目して議論する。3'測線および83測線では、粒度組成から堆積層がAs-1とAs-2に区分され(図-3, 図-4)、C14法、鉛210法、花粉組成分析および岩石鉱物組成分析の結果からAs-1が過去約100年間の堆積物、つまり皆生海岸で侵食が顕著になって以来の堆積物、As-2はそれ以前の堆積物であることが明らかになった(五十嵐ほか, 2004³⁾; 井上ほか, 2004⁷⁾; 原口ほか2004⁸⁾)。

各測線でのAs-1の特徴として、3'測線ではAs-1は主に粗～中粒砂ないし中～細粒砂からなり、下部には安山岩質円礫を含む極粗粒砂を含む(図-3)。3'測線は日野川河口部に位置しており、As-1の下部は過去の洪水堆積物の粗粒部が残留したものであると考えられる。As-1の最下部には塩化ビニール片が確認され、As-1はビニールが普及する第2次世界大戦後～現在と推定される。対してAs-2の最上部は鉛210の検出限界以前であり、花粉分析および砂粒組成分析の結果から、100年前以前の堆積物であると推定され、As-1と最下部とAs-2の最上部との間には明瞭

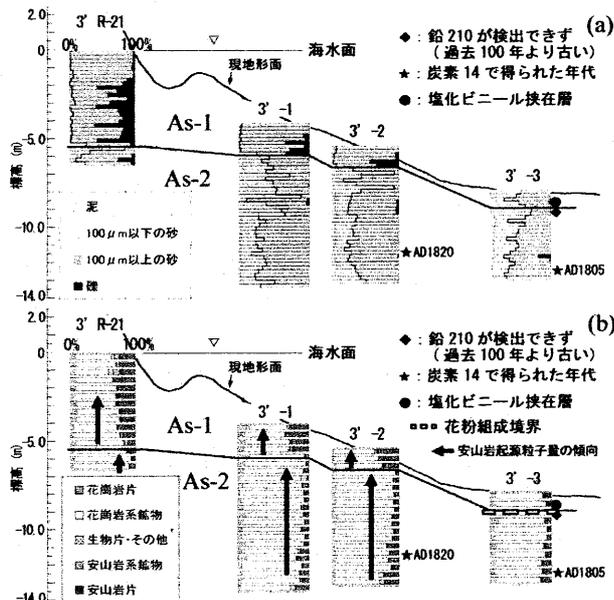


図-3 3'測線堆積物分析結果断面
(a)粒度分析結果断面, (b)鉱物組成分析結果断面

な時間間隔が示唆される。またAs-1の上部の比較的細粒な堆積物は、暴浪期に再移動すると考えられ、一時的に留まっている堆積物であると考えられる。ここで侵食域においてこれまで侵食されてきた堆積層の主たるものはAs-2に相当するものであると考えるのが妥当であろう。

83測線ではAs-1は粗～中粒砂からなり、現在の砂州地形を形成し、その分布は沿岸の海底地形の傾斜変換点以浅によく対応する(図-4)。

侵食された土砂と堆積している土砂との間には極細粒砂より細粒な碎屑物の含有率に差が認められる(図-3, 図-4)。極細粒砂以下の碎屑物(125 μ m以下)は一般的に浮遊移動すると言われ、沿岸漂砂として移動する際に沖側に洗い出され、堆積物中の極細粒砂以下の含有率は沿岸流下流側に向かって低下する傾向にあると考えられる。3'測線において侵食されてきたと考えられる堆積層は、極細粒砂以下の碎屑物を約30%含む。それに対して、沿岸流下流側の83測線の砂州地形を形成している堆積層は約5%の極細粒砂以下の碎屑物を含むにすぎない。以上のことから、海岸保全の見地から堆積量と侵食量を見積もる際、その両者の体積のみではなくその粒度組成に留意する必要がある。これは特に養浜などを行う際には非常に重要となると考えられる。

本研究では堆積量・侵食量を見積もるために、平成4年と大正15年の弓ヶ浜半島の海岸地形を比較し、その海岸線の前進・後退に今回ジオスライサーによって得られた地層断面を適用するという方法を用いた。それぞれの侵食域と堆積域の過去の海底地形は現在の地形断面と相似であると仮定している。

以上の結果、過去約100年間に侵食された土砂量として約 $2.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ (200,000 m^3 /年)、沿岸流下流域の83測線近傍に堆積した土砂量として $1.3 \times 10^7 \text{ m}^3$ (130,000 m^3 /年)と算出した。そのうち細粒砂以上の土砂量に注目すると、

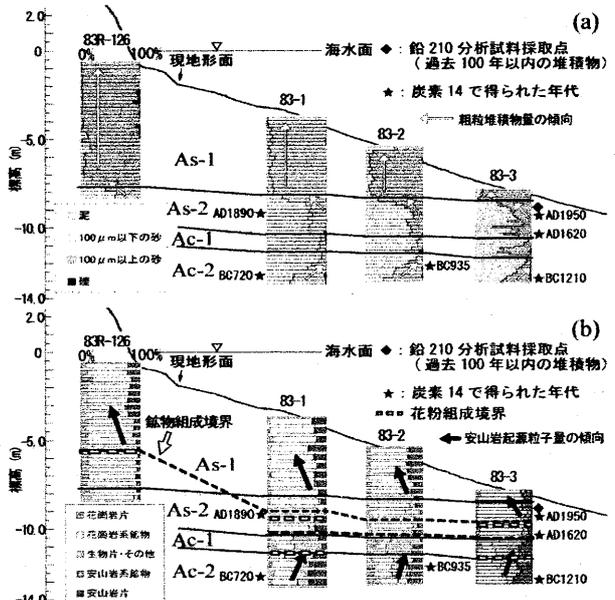


図-4 83測線堆積物分析結果断面
(a)粒度分析結果断面, (b)鉱物組成分析結果断面

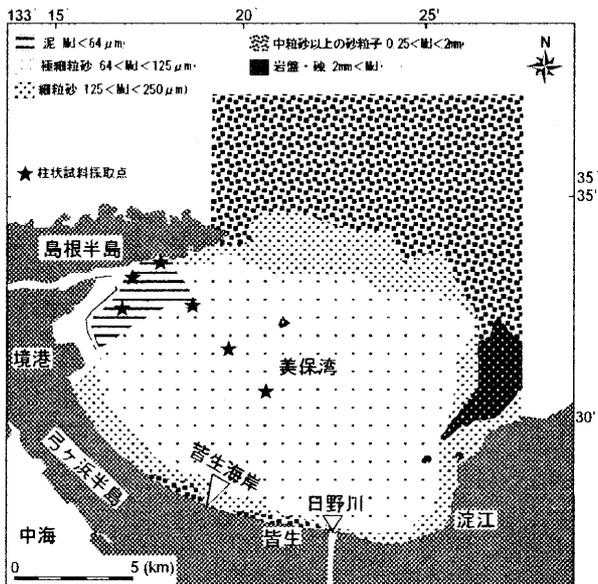


図-5 美保湾底質図および柱状試料採取点

侵食量が $140,000\text{m}^3/\text{年}$ 、堆積量が $125,000\text{m}^3/\text{年}$ となり、侵食量と堆積量がほぼ釣り合う。このことから、運搬されやすい極細粒砂以下の土砂を除いて、侵食域で侵食された土砂の多くが 83 測線近傍に堆積していることが明らかになった。

一方、この収支には河川からの土砂供給量と漂砂系外への土砂移動量については考慮されておらず、全体の土砂収支を明らかにするには、この二つの土砂量も考慮に入れる必要がある。日野川からの供給土砂量は、佐藤ほか(1998)が河床変化からウォッシュロードより粗い土砂を対象に算出した約 $67,000\text{m}^3/\text{年}$ が示されている。そこで漂砂系外への土砂移動量について、美保湾内で柱状採泥を行い、細粒砂以上の土砂について沖合移動量を推定した。

(2)沖合域

美保湾の底質は、沿岸の水深 9m までに細粒砂から粗粒

砂を主とする堆積物が分布し、これより深いところは、中央粒径値で $64 \sim 125\mu\text{m}$ 径前後（極細粒砂）の堆積物が広く分布する（井上ほか, 2002⁶⁾、図-5）。このことから、河川から供給された細粒砂以上の粒子の大部分は砂州沿岸域に沿って移動していると考えられる。また、境港沖合には泥質堆積物が分布し、流れの減衰が示唆される（井上ほか, 2002⁶⁾）。

一方、島根半島東沖の美保湾の水深約 30m 以深から日本海側では粗粒堆積物が堆積しており、美保湾に広く分布している極細粒砂よりはるかに粗粒な堆積物が分布している（図-5）。

美保湾の底質分布から、日野川から供給される細粒砂より粗い粒子は、湾中央部の極細粒砂分布域を超えて日本海まで運搬されるとは考えにくく、多くが美保湾内に堆積されると考えてよい。

美保湾底質分布とジオスライサーによる試料の検討結果から皆生海岸の砂州を形成する堆積物は細粒砂以上の粒子であることが明らかになった。海岸侵食を抑止するためには、水深 9m から海岸線へと連続する砂州地形を維持する必要がある、海岸侵食を引き起こす沖側への土砂の移動を考える際、砂州を構成する細粒砂以上の土砂の動態を明らかにすることが重要となる。

以上のことから、湾内で得られた柱状試料の堆積速度と粒度組成を用い、湾内に堆積する細粒砂以上の粒子のフラックスに注目し、土砂量を算出した。

美保湾で得られた柱状試料の粒度プロファイルは、鉛直方向での粒度変化は少なく、St.5 コアでは細粒砂以上の粒子の含有率は約 30%、また、St.6 コアでは細粒砂以上の粒子が 30%~40%含有する。両コアではともに、上方へわずかに含泥率が低くなり、より粗粒な堆積物の含有率が大きくなる。また、St.5 コアの鉛 210 法による重量堆積速度は $0.62\text{g}/\text{cm}^2/\text{年}$ であった（図-6）。

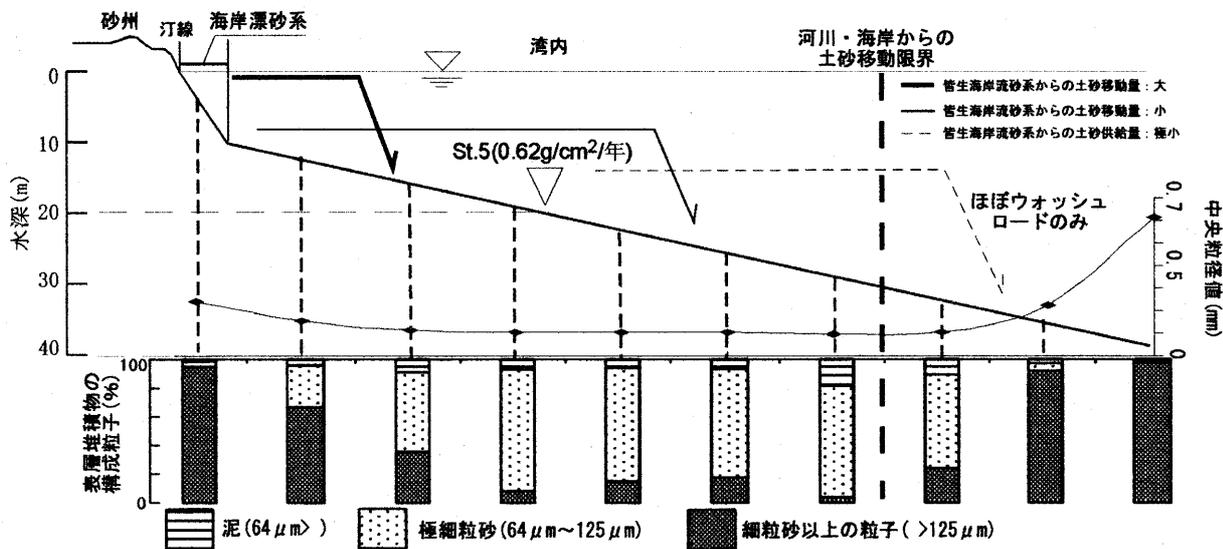


図-6 海岸からの土砂輸送範囲概略図。下部の棒グラフは表層試料の構成粒子組成
海底表層底質の中央粒径値と粒度組成は美保湾底質データより作成
(ここでウォッシュロードには極細粒砂と泥を含む) ▽ : は St5 採取地点水深

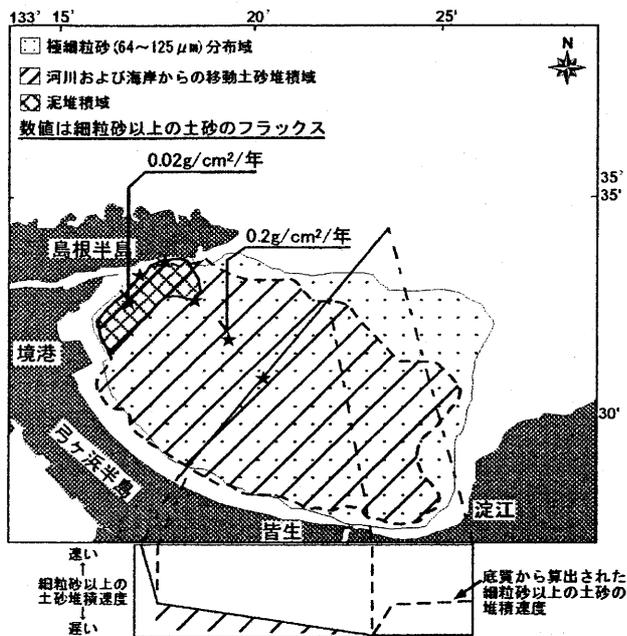


図-7 湾内における河川・海岸起源の土砂堆積域と年間土砂移動量算出モデル(図-6 参照)

重量堆積速度とそこに含まれる細粒砂以上の粒子の含有率から、砂質堆積物分布域における、湾内への細粒砂以上の粒子の単位面積当りのフラックスは約 $1,800 \text{ ton/km}^2/\text{年}$ となる。

湾内に供給される細粒砂以上の粒子の主な供給源は河川と砂州である。そこで、沿岸域からの細粒砂以上の粒子が移動する沖側の限界を、美保湾底質の細粒砂以上の含有率から求め、湾内に1年間で堆積する細粒砂以上の量を推定した(図-5)。

本研究海域では、沿岸域から沖側へ細粒砂の含有率が減少し、ある地点で沖側へ含有率が高くなる(図-6)。そこで、底質の細粒砂以上の粒子の含有率が陸側よりも沖側が高くなる地点を、“河川・海岸から土砂が供給される海域”の限界とした(図-6)。これは数本のコアで湾全体を代表させるため、予察として行っており、厳密には更に検討が必要である。この手法により“河川・海岸から土砂が供給される海域”の面積を見積もると、約 99 km^2 となる(図-7)。

美保湾内の細粒砂以上の平均フラックスと“河川・海岸から土砂が供給される海域”の面積から計算すると、“河川・海岸から土砂が供給される海域”への細粒砂以上の年間供給土砂量は約 $95,000 \text{ ton}/\text{年}$ と見積もられる。これを体積に換算すると約 $66,000 \text{ m}^3/\text{年}$ と見積もられ、この土砂量は佐藤ら(1998)が得た日野川からの細粒砂以上の供給土砂量約 $67,000 \text{ m}^3/\text{年}$ とほぼ同量であることから、河川から供給される土砂量と同量の土砂が水深 9m 以深に移動していることが明らかになった。

4. まとめと今後の展開

皆生海岸での海岸線の後退を抑えるためには、どれだけの土砂量を日野川から海域へ供給すればよいかを定めることが不可欠である。そのためには、かんな流し期間中に

おける河口域を大きく前進させるほどの過剰な土砂供給量と、かんな流し終焉から現在にかけての海岸侵食を引き起こすほどの不足する土砂供給量との間の、海岸線の現状を維持するに適切な土砂供給量を見積もることが必要である。今回は予察ということで、沿岸域でのジオスライサーを用いた調査と湾内での柱状試料の採取によって得られたデータから、概略的に土砂量を求め、概算値ながら細粒砂以上の土砂について比較的妥当な値を得た。これにより、今後更に調査測線および調査点を増やし、皆生海岸に分布する両期間中の堆積物の体積を計算・比較することが可能である。以上に基ついて、皆生海岸の海岸保全のために日野川から供給すべき適切な土砂量を定めることができると考える。

今回、沿岸堆積物について用いたジオスライサー調査法および湾内で用いた堆積物フラックスを堆積物供給量の算定手法は、現在、皆生海岸と同様の海岸侵食に関する問題を抱えている国内各地における、流砂系一貫の総合土砂管理計画、効果的な海岸保全計画の立案・検討に資する地質基礎調査に対して、有用であると考えられる。

謝辞

徳岡隆夫鳥根大学名誉教授には、本調査を進めるにあたり色々ご討論頂いた。ここに深い謝意を表する。

引用文献

- 1) 貞方昇 (1996) : 中国地方における鉄穴流しによる地形環境変貌. 溪水社, pp.173-195.
- 2) 宇多高明 (1997) : 日本の海岸侵食. 山海堂, 442p.
- 3) 五十嵐厚夫・原口 強・米田明德・児島秀行・井上卓彦・井内美郎, 2004, ジオスライサーによる鳥取海成海岸での沿岸堆積物調査と海岸保全への応用, 平成16年度日本応用地質学会研究発表会
- 4) 中田高・島崎邦彦 (1997) : 活断層研究のための地層抜き取り装置(Geo-slicer). 地学雑誌, 106 巻, pp.59-69.
- 5) 原口強・中田高・島崎邦彦・今泉俊文・小島圭二・石丸恒存 (1998) : 未固結堆積物の定方位連続地層採取方法の開発とその応用. 応用地質, 39 巻, 3 号, pp.306-314.
- 6) 井上卓彦・塩屋藤彦・為末克章・井内美郎・徳岡隆夫 (2002) : 日野川-弓ヶ浜砂洲-美保湾における碎屑物の移動と堆積, 第12回環境地質学シンポジウム論文集, pp.433-438.
- 7) 井上卓彦・米田明德・原口 強・五十嵐厚夫・井内美郎 (2004) : 堆積物分析からみた日野川・皆生海岸流砂系における過去 400 年間の環境変遷. 海工論文集, 第 51 巻, pp. 586-590.
- 8) 原口 強・米田明德・五十嵐厚夫・井上卓彦・井内美郎 (2004) : 地層解析による皆生海岸の侵食・堆積過程, 海工論文集, 第 51 巻, pp.576-580.