

湘南海岸流砂系の土砂動態と相模川河口地形の変化

福山 貴子*・松田 武久**・佐藤 慎司***・田中 晋****

広域流砂系の土砂環境の変化と海岸侵食との関係を解明するためには、長期にわたる広域のデータを収集して分析する必要がある。本研究では、海岸侵食が深刻化している湘南海岸を対象とし、早川・酒匂川・相模川からなる流砂系における土砂動態の変遷と長期海浜過程を、様々な測量データと現地観測等から明らかにした。その結果、流砂系における表層土砂の質はこの 40 年間に大きく変化しており、相模川河口周辺海岸においては土砂が著しく減少し、近年では河口砂州の自律的回復が困難な状況にあることが分かった。また河口砂州部の底質は数十年以前の堆積物が多くを占めており、侵食傾向が激しいことが確認できた。

1. はじめに

近年各地で顕在化している慢性的な海岸侵食の機構を解明するためには、長期にわたる広域のデータを収集して分析する必要がある。しかし、海岸における各種情報は一般に非常に少なく、例えば、深浅測量データでも限られた領域において高々 30 年程度の蓄積があるのみである。そのため、長期かつ広域的な土砂移動の実態を解明するためには、地形測量データなどに基づく「土砂量」の分析に加えて、堆積物の起源や堆積過程を検討する「土砂の質」の分析を実施することが重要となる。

本研究では、海岸侵食が深刻化している湘南海岸を対象とし、流砂系における土砂動態と長期海浜過程を明らかにする。同海岸には、早川、酒匂川、相模川の三河川が流入しており、これら三河川の流域を含めた広い地域を調査対象領域とした。すなわち、海岸部では漂砂の連続性を考慮して早川河口から茅ヶ崎ヘッドランドまで、河川流域では主要なダム貯水池までを含んだ広範な領域を対象とした。特に地形変化の大きい相模川河口部では数回の現地観測を含めた詳細な調査を実施し、海岸の長期変形過程と河口周辺地形の大規模な変化との関係を考察した。

2. 地形測量データによる分析

湘南海岸流砂系では図-1 にその一部を示すようにダムや堰などの河川横断構造物、海岸部においても漁港やヘッドランドなど多くの構造物が建設されている。また、相模川・酒匂川では 1960 年代を中心に大規模な土砂採取が実施されている。これらにより、流砂系の土砂動態が大きく変化し、海岸が全般的に侵食されるようになった。図-2 は酒匂川上流に建設された三保ダム貯水池の堆砂量を示したものである。堆砂量は、建設後 24 年間で 550 万 m^3 におよび、骨材利用を目的とした浚渫土砂量を加え

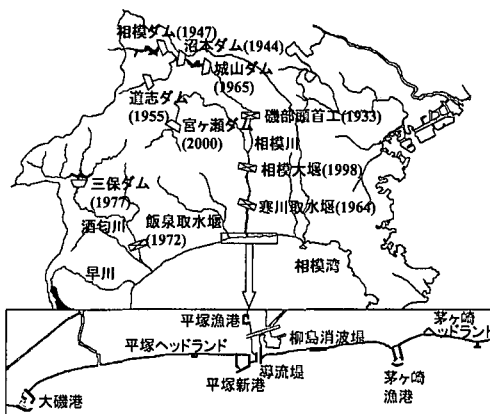


図-1 対象地域における各種構造物 (括弧内は完成年)

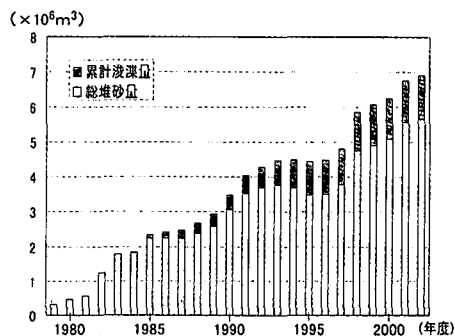


図-2 三保ダム貯水池総堆砂量

ると 700 万 m^3 (年平均 28 万 m^3) におよぶ土砂がダムにより遮断されていることになる。貯水池への大量堆砂は相模ダムでも見られ、海岸への土砂供給量減少の一因となっていることが予想される。

海岸部での土砂量変化は、酒匂川河口右岸と相模川河口周辺について分析した。図-3 は、酒匂川河口右岸海岸の沖合い 600 m までの土砂量の変遷を 1971 年を基準として表している (横軸は間隔 200 m おきの測線番号を表す)。三保ダムが建設された 1979 年頃を境に、急激な土砂量の減少が見られ、1971 年から 2000 年にかけて河口右岸 1 km 程度の領域では、年間約 5 万 m^3 の土砂量が減少

* 正 会 員 鹿島建設(株)技術研究所
 ** 学生会員 東京大学 工学系研究科社会基盤工学専攻
 *** 正 会 員 工 博 東京大学教授 工学系研究科社会基盤工学専攻
 **** 正 会 員 日本ミクニヤ(株)東京支店

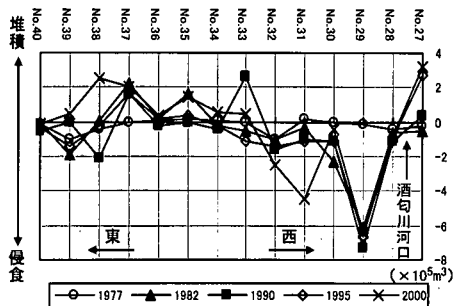


図-3 小田原東海岸の土砂量の変遷 (1971年基準)

している。

また、図-4は、相模川河口を中心とした東西約10kmの海岸について21本の深浅測量データを分析したもので、T.P. 0m, T.P. -10mの等深線位置の1971年を基準とする経年変化を示したものである。T.P. -10mの等深線は大磯港近傍(No. 22-24)や茅ヶ崎漁港近傍(No. 4, 5)で局所的な前進(堆積)が見られるものの、等深線は全体的に陸側へ移動しており、沖合いで侵食が進んでいることがうかがえる。ただし、沖合いで侵食は1982年頃までに一気に進み、それ以後は比較的安定傾向にある。一方、海岸線は河口部周辺を除いてほぼ安定傾向にあり、これは、後述する養浜や侵食対策の効果によるものと考えられる。なお、河口左岸No. 2測線における海岸線の前進は消波堤の建設によるものである。

これらを踏まえた上で、相模川河口周辺海岸を5つの領域に分け、沖方向1km(水深約15m)までの土砂量の変化を、1971年を基準として算出した。図-5に各領域区分を、図-6に土砂量の経年変化を示す。また、図-7にこれまでの養浜量の累計値を示し、あわせて考察することとする。図-6によると、総土砂量は1980年代前半までに急激に減少し、その減少量は200万m³におよぶことがわかる。その後茅ヶ崎・平塚ヘッドランドや柳島消波堤などの建設や養浜が実施されたため総土砂量は増加に転じ、最近では安定傾向にあるが、相模川左岸部や茅ヶ崎ヘッドランド東側などでは養浜が継続的に実施されているものの土砂量は回復していない。

3. 流砂系堆積物の分析

2002年6月から11月にかけてダム貯水池上流から海岸部まで合計50地点(図-8中黒丸)で表層堆積物を採取した。全地点で共通して見られた粒径1~5cmの礫に焦点を当てることとし、これらを各地点で約100個ずつ無作為に採取するとともに、礫の最大粒径を計測した。

採取した礫を分類し、各地点における岩石構成比を円グラフで示したものが図-8である。荒巻・鈴木(1958)が指摘したように、早川流域では箱根火山から供給され

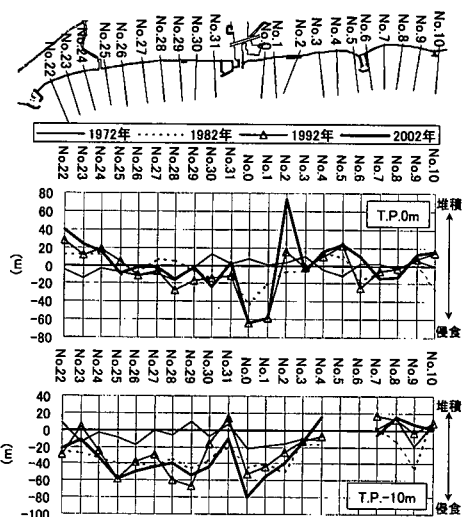


図-4 等深線位置の変化

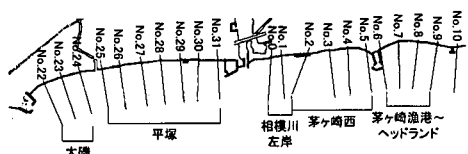


図-5 相模川河口周辺海岸の領域区分

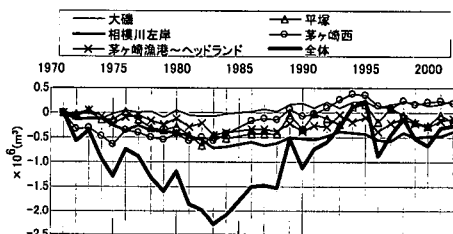


図-6 各領域における土砂量の経年変化

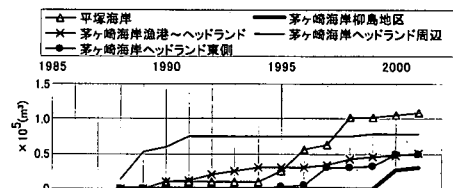


図-7 相模川河口周辺海岸への養浜量累計

る安山岩、酒匂川の上流域では丹沢・足柄方面から供給される石英閃緑岩・緑色凝灰岩が多く含まれることが確認される。特に安山岩と石英閃緑岩はそれぞれ早川、酒匂川でしか見られず、流域を代表する特徴的な岩石であると言える。相模川では、上記以外の多種類の堆積岩系の礫が見られたが、特徴的な岩石はみられなかった。

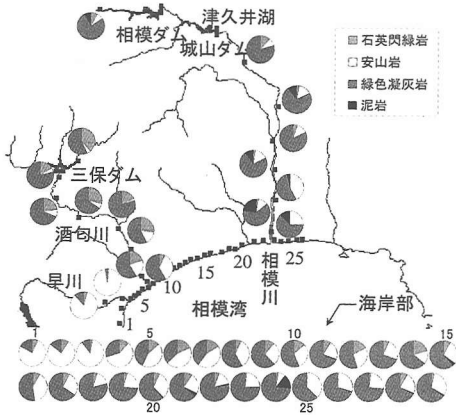


図-8 試料採取地点と岩石構成比

図-8の三保ダム上下流地点を比較すると、三保ダムを境に石英閃緑岩の割合が急に小さくなっており、三保ダムがさらに上流に分布する石英閃緑岩の運搬を遮断している可能性が示唆される。

図-9は海岸における岩石構成比を約40年前の調査である荒巻・鈴木(1958)の結果と比較したものである。どちらの調査結果においても、主として早川から供給される安山岩と酒匂川から供給される石英閃緑岩は、それぞれの河川の河口付近で構成比が高く、東へ向かうにつれ、徐々にその割合が小さくなっている。最大礫の大きさも西から東へ向かうにつれ徐々に小さくなる傾向となることを確認しており、これらは漂砂の卓越方向が東向きであることを示していると考えられる。ただし、今回の調査では、酒匂川河口付近において、石英閃緑岩・緑色凝灰岩の割合が小さくなり、安山岩などの割合が高くなっていることがわかる。これは、酒匂川からの供給土砂が減少し、海岸表層の底質に含まれる酒匂川由来の礫の割合が低くなったものと解釈できる。また、早川と酒匂川間の海岸部で石英閃緑岩の割合が相対的に高くなっているのは、同海岸に酒匂川から採取した土砂による養浜が実施されたことと対応している。このように、海岸における土砂の質は流域や海岸におけるさまざまな人為的改変の影響を受けてこの40年間に大きく変化したことが判明した。

4. 相模川河口周辺地形の変化

対象流砂系の中でもとりわけ相模川においては相模ダムや各種取水堰の建設や土砂採取などの流域における人為的改変に加え、導流堤や漁港の建設など河口周辺での人為的改変が大きく、河口部周辺海岸の大変形が生じている。図-10に示すように河口砂州が上流側へ移動し、またその規模も縮小している。河口砂州の変形・消滅は、

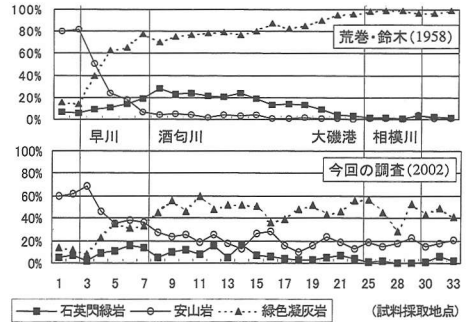


図-9 海岸における岩石構成比の比較

背後に形成されている干潟の生態系や河口を通過する舟運の安全性にも影響するため、その保全是、多面的な観点から検討する必要がある。本節では相模川河口部に焦点を絞り、その地形変化について議論を進める。

(1) 相模川に関する資料分析

まず相模川の基礎資料として、河床高データ、河床材料データを分析した。図-11に河口から上流7 kmまでの平均河床高、図-12に河口から上流14 kmまでの表層底質の粒度分布(建設省関東地方建設局京浜工事事務所, 1972, 1999)を示す。図-11より、1961年から1971年にかけて河床高が大幅に低下しており、また緩勾配化していることが分かる。また、図-12からは1972年に比較して1998年の粒径は全般に小さくなっていることが分かる。つまり、相模川から海岸部へ供給される土砂量が減少しており、さらには供給される土砂が細粒化していることが推察される。

(2) 相模川河口部の地形変化

相模川河口部における深淺測量データを分析し、河口砂州の汀線位置、河口砂州陸上部の総土砂量、河口テラスの総土砂量変化を算出した。総土砂量の変化はそれぞれ、図-13に示した範囲に対して計算した。測量時期によって測量範囲が異なるため、空中写真により砂州の変形領域を読み取ってデータの補完を行った。

図-14に砂州の汀線位置と図-5で示した測線 No. 0の汀線位置の比較、河口砂州土砂量変化、河口テラス土砂量変化を示す。砂州の汀線位置は左岸側の海岸線の後退とともに1990年まで年間約5 m後退していたが、以降1995年まで急激に後退していることが分かった。また、河口砂州については1993年から1995年にかけて、河口テラスについては1992年から1998年にかけて大幅に土砂量が減少していることが分かった。さらに、河口砂州は1999年以降 T.P. 2 m以上の土砂量がほとんど0 m³に近い状態であり、高さが低い砂州になっていることも分かった。

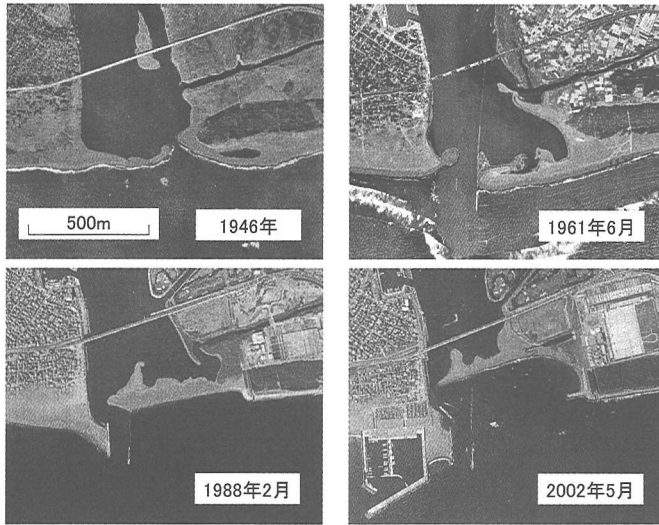


図-10 相模川河口部の変遷

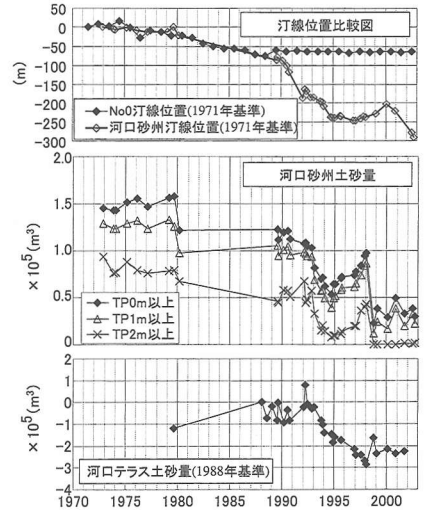


図-14 汀線位置及び土砂量の比較

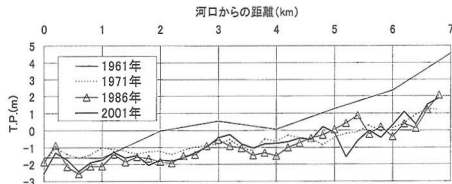


図-11 平均河床高縦断面図

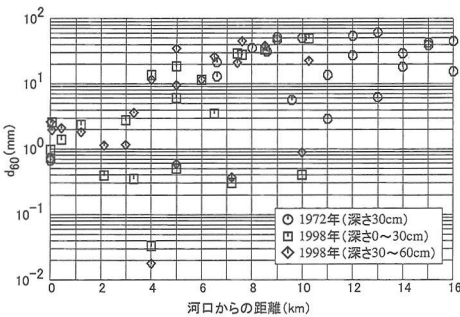


図-12 河床材料粒度分布

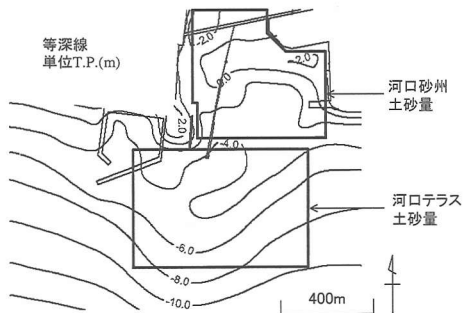


図-13 河口部土砂量算出範囲

(3) 相模川河口部における現地観測

砂州周辺の土砂移動を詳細に把握することを目的として、2002年7月27日及び10月5日に相模川河口左岸砂州において地形測量及びコア試料採取を行った。2002年6月の予備踏査時には導流堤まで達する砂州が形成されていたが、その後の出水でフラッシュされ、7月及び10月の観測時にはいずれも砂州は復元されておらず、2回の観測で砂州陸上部の地形に大きな変化は見られなかった。また、小突堤裏側の砂州基部において砂州の基盤層と考えられる粘土層が露出していることが確認されており、このことから砂州の基部においては不可逆の侵食過程が進行しているものと考えられる。図-15に10月5日観測時の砂州形状とコア試料採取位置を示す。採取したコア試料は地表面から10 cm ごとに小分けし、炉乾燥の後、粒度分析と Pb-210(半減期 22.3 年の放射性降下物)に相当する放射線強度を測定した。

図-16に中央粒径分布、図-17に自然放射線強度測定結果を示す。砂州付け根近くの①～④の中央粒径分布を見ると、砂州表面は中央粒径 0.5 mm 程度の細砂が覆われているが、T.P. 1 m 付近で急に小さくなっており、粘土質の基盤層が存在していることが確認できる。自然放射線強度は、緩やかな堆積過程が継続した地点では、地表面に近づくほど放射線強度が大きくなる傾向にある。しかし今回の測定結果で表層に近づくほど漸増する傾向がみられるのは地点⑤のみであり、他の地点では上層ほど小さい結果となっている場合もある。地点⑤は砂州頂背後に位置し、近年において侵食された形跡がないことが空中写真からも確認されていることから、緩やかな堆積が進んでいるものと考えられる。その他の地点では、砂州の消滅と回復に伴う激しい土砂移動を経験している

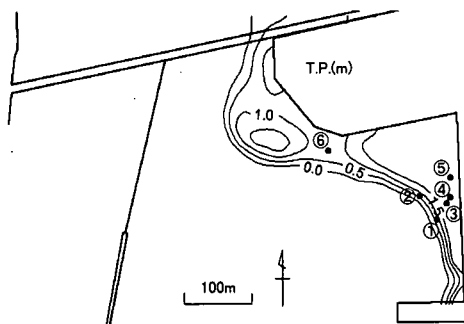


図-15 砂州形状とコア試料採取位置

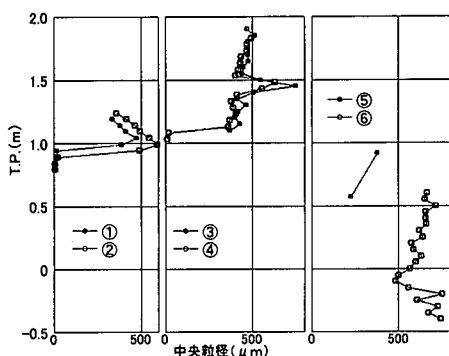


図-16 中央粒径の鉛直分布

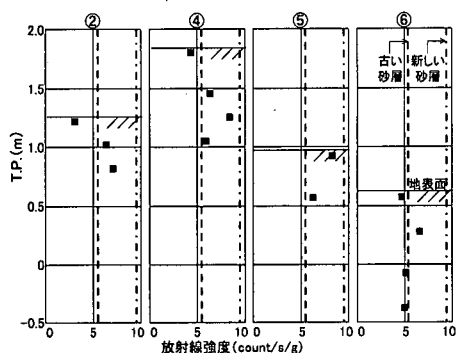


図-17 Pb-210 に対する自然放射線強度

うえ、近年は侵食傾向にあるため、着実な堆積過程の痕跡が検出できなかったものと考えられる。

さらに、図-17 中には勿来海岸で採取した非常に古い堆積砂層と考えられる試料と新しい層と考えられる試料の測定結果をそれぞれ点線と一点鎖線で示してある。相模川河口砂州の試料は古い砂層の測定結果である点線と同程度のものが多く、相模川河口砂州の上層における土砂は Pb-210 の吸着量が少ない比較的古い砂層であることが分かる。河口周辺では図-14 に示したようにテラスを含めて広い範囲で侵食作用が続いており、テラスと砂

州間で土砂が移動していること(宇多ら, 1997)を考えると、数十年前以前に河口周辺に堆積した土砂が侵食で削られ、砂州の表層に輸送されてきているものと推察される。

5. 結 論

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

(1) 湘南海岸では、早川河口では安山岩、酒匂川河口では石英閃緑岩の各河川の流域を代表する特徴的な火成岩が主たる表層堆積物であり、これらが波により東へ輸送されている。約 40 年前の調査では早川・酒匂川の河口周辺でそれぞれの河川流域に特徴的な礫が多く観察されたが、近年では海岸の底質分布が均質化する傾向にある。これは河川からの供給土砂が減少していることや海岸での養浜などの影響を反映するものであると考えられる。

(2) 相模川下流部では、1970 年に河床低下と底質の細粒化が進み、海岸部の土砂は 1980 年代前半までに著しく減少した。その後、養浜の努力などにより海岸の土砂量は安定傾向にあるが、相模川河口近傍では依然として減少傾向が続いている。

(3) 河口付近の地形は出水と波浪による砂州の消滅と復元を繰り返しながら、徐々に総土砂量が減少する傾向を続けている。土砂量の減少は 1990 年以後急速に進み、近年では砂州の自律的な回復が困難な状況にある。

(4) 砂州の底質は混合が激しいが、数十年前以前の堆積物が多くを占めており、このことから侵食傾向が激しいことが確認できた。

謝辞：現地観測は、日本ミクニヤ(株)、東亜建設工業(株)、東京水産大学及び東京大学が共同で実施した。また、地形測量などのデータは、国土交通省京浜工事事務所、神奈川県県土整備部、神奈川県企業庁より提供して頂いた。堆積物の分類では、日本工営(株)井上公夫氏、神奈川県立生命の星・地球博物館 平田大二氏の協力を得た。なお、本研究の一部は学術振興会科研費及び河川整備基金の助成を受けて実施した。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 荒巻 孚・鈴木隆介 (1958): 海浜堆積物の分布傾向から見た相模湾の漂砂について、地理学評論, 第 35 巻, 1 号, pp. 17-34.
- 宇多高明・木村一雄・寺田好孝・小倉和範・見附敬三 (1997): 相模川河口で観測された土砂移動サイクル, 海岸工学論文集, 第 44 巻, pp. 581-585.
- 建設省関東地方建設局京浜工事事務所 (1972): 昭和 47 年度相模川河床材料調査報告書, pp. 9-24.
- 建設省関東地方建設局京浜工事事務所 (1999): 平成 10 年度多摩川下流・相模川河床材料調査業務報告書, pp. 19-25.