

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)		所属		役職
	すずき よしひろ 鈴木 祥広		宮崎大学 工学部 社会環境システム工学科		教授
②研究テーマ	名称	宮崎県中部河川とそれに面する海岸における土砂の鉱物学的類似性の比較			
	政策領域	[分野] 地域課題分野 (河川)	融合技術	流砂・土砂輸送	
		[公募課題]			
③研究経費 (単位: 万円)	平成 年度	平成 年度	平成 年度	総 合 計	
※端数切り捨て。	119	178	178	475	
④研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)					
氏 名		所属・役職 (※平成30年3月31日現在)			
伊藤 健一		宮崎大学国際連携センター・講師			
大石 博之		西日本技術開発 (株) ・部長代理			
⑤研究の目的・目標 (申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)					
<p>我が国では、高度成長期以降、全国各地で港湾や漁港の防波堤、ならびにダムの建設が進められている。ダムの建設や河川整備等によって、海岸への主な土砂供給源である河川において、土砂供給量を極端に減少している。また、海岸構造物の建設によって、沿岸漂砂の連続性が遮断されている。こうした人為的な原因によって、土砂収支が乱れ、全国的に海岸侵食が顕在化している¹⁾。九州南部の宮崎県における宮崎海岸においても、海岸侵食が深刻である。海岸侵食の対策を実施するにあたって、流域全体の土砂移動場を「流砂系」という概念で捉え、流砂系における「総合的土砂管理」²⁾が重要な施策の一つとして推進されている。流砂系の一貫した土砂管理を実現するためには、土砂輸送の量と質を高い精度で解析し、土砂動態の実態を把握することが極めて重要である³⁾。</p> <p>近年、土砂量の経年変動量に焦点を当てた深淺変化解析や汀線変化解析など沿岸域を対象とした土砂動態調査等が多く実施されている。しかしながら、その多くは土砂量の増減に焦点を当てており、沿岸域を対象とした海岸を形成する土砂の質に関する基礎的知見は極めて乏しい。その一方で、Murakami <i>et al</i> (2013) は定方位法X線分析による鉱物の質的に詳細なデータに加えて、鉱物の元素組成の両面から解析・評価することによって、土砂発生源を追跡する手法を確立した⁴⁾。この方法と解析法を応用することによって、河川と海岸の土砂について、鉱物学な“質”に関する基礎的な情報を解析することが可能であると考えた。そこで本研究では、宮崎県中部の海岸と隣接する河川流域を対象とし、土砂の鉱物学的な特徴を解析し、海岸を形成する土砂の質的特性の把握を試みる。</p>					

⑥研究成果

(様式 E-10と同じ内容について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

1. 研究の背景・目的

我が国では、1950年代から経済の高度成長を遂げ、河川流域の土地利用の変化、貯水・治水ダムの建設、建設材料としての河川および海岸砂利の採取、海岸構造物の建設などが進められた。これらの人為的行為は、河川域や海域における土砂の生産・運搬・堆積過程に大きな影響を与えた。その結果、ダム貯水池の堆砂問題、河川河道における河床低下、海岸侵食などが顕在化した。これらの土砂問題に対しては、山地部、平野部、河口部、海岸部とそれぞれの領域において技術対応がなされてきた。しかしながら、1980年代後半になると、各領域の技術行為は、その領域空間を超える空間にまで影響を与えることが明らかとなり、個別領域を超えた技術行為の調整と統合化が求められるようになった。このような背景によって、1998年に建設省河川審議会総合政策委員会総合土砂管理小委員会から、「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の答申がなされた。そこでは、山地部から海岸部までの流域全体における土砂移動の場を「流砂系」という概念で捉え、流砂系における「総合土砂管理」が重要な施策の一つとして推進されている。

流砂系の一貫した土砂管理を実現するためには、土砂輸送の量と質を高い精度で解析し、土砂動態の実態を把握することが極めて重要である。これまで総合土砂管理における土砂の“質”については、粒径のみが評価項目として検討されてきた。しかしながら、近年、河川流域を中心に土砂を構成する化学(元素)組成や鉱物組成を分析することによって、河川改修や河川管理にとって重要な土砂の起源や輸送経路の情報も追跡可能となってきている。

九州南部の宮崎県における宮崎海岸では、海岸侵食の問題が深刻化している。そこで、国土交通省九州地方整備局は、宮崎海岸侵食対策検討委員会を設置し、海岸の環境と利用の調和を図りつつ、背後地への越波被害を防止するため、養浜や埋設護岸および突堤の建設を行うなど侵食対策を進めている(8)。近年、土砂量の経年変動量に焦点を当てた深淺変化解析(9)や汀線変化解析(10)など沿岸域を対象とした土砂動態調査が多く実施されている。宮崎海岸においても、沿岸域における漂砂移動の推定と漂砂量が算出されている。しかしながら、土砂の増減のみで土砂動態を把握することは非常に困難であり、土砂の質の分析を含めて検討することが重要である。一方において、海岸侵食の問題対策を実施するにあたっては、流砂系の総合的な土砂管理が必須となる。そこで、宮崎県中部の大淀川、一ツ瀬川、小丸川、耳川間の河川流域、およびこれらに面した海岸を対象として、「宮崎県中部流砂系委員会」が設置され、流砂系の総合的な土砂管理に向けた取り組みが積極的に進められている。当委員会では、対象流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の移動領域に関連する様々の課題を検討してきているが、中部河川に面する海岸における土砂動態に関する情報は依然として限られている。これまでに得られている対象流域・海岸の質的な情報・知見を整理すると、鉱物の特性から河川や沿岸域における土砂の輸送経路の特定、ならびに堆積環境を解明する研究が報告されている。また、三浦ら(2003)は、宮崎海岸において重鉱物分析と放射年代測定によって堆積環境を推定しており、李ら(1999)は底質分析によって底質の特性を検証している。しかしながら、海岸土砂の鉱物学的な情報すなわち土砂の化学組成や鉱物種に関する情報・知見は、現在においても極めて乏しく、宮崎海岸および流入河川を対象とした土砂動態について、河川を含む広域的かつ質的な視点から調査した報告は極めて少ない。その一方で、Murakami *et al.* (2013)は、宮崎県一ツ瀬ダムとその集水域を対象として、蛍光X線分析とX線回折分析によって、土砂の化学組成と鉱物組成を分析した。そして、化学組成の割合とX線回折パターンをそれぞれ定量的に解析・評価することによって、土砂発生源が追跡できることを報告した。この手法を、宮崎海岸を中心とする海域と周辺河川の土砂に応用することによって、宮崎県の中中部海岸全体における土砂の輸送・堆積状況を理解するための基礎的な情報を得ることが可能であると考えた。そこで本研究では、宮崎海岸を含む約60 kmにわたる宮崎県中部海岸と隣接河川を対象とした広域的土砂の粒径、化学組成、鉱物組成を分析した。そして、海岸と隣接する河川流域における土砂の質的特性を比較することによって、土砂の分布実態の解明を試みた。

⑥研究成果（つづき）

2. 3カ年の研究内容

(1) 試料採取

河川領域は、耳川、小丸川、一ツ瀬、大淀川、清武川の5河川を対象とした。また海岸領域は、これらの河川に面する海岸を対象とした。

a) 河川領域の土砂試料

河川領域における土砂試料は、河川の中流から下流にかけてそれぞれ1地点を選定した。試料は、各地点における河床表面の堆積物について、スコップを用いて湿潤状態の土砂を採取した。

b) 海岸領域の土砂試料

海岸領域における試料は、耳川から清武川にかけての約60 kmの海岸を対象とした。採取地点は、立ち入り可能な海岸の砂浜において、500 mから5 kmの間隔で65地点を選定した。試料は、アクリルパイプを用いて満潮汀線上の表層から10 cmまでの土砂を採取した。各地点につき近傍3箇所から採取し混合し、コンポジット試料として分析した。大淀川右岸以南の海岸は、2014年に実施されてボーリング調査（宮崎県県土整備部）の柱状試料を用いた。柱状試料は、人工物との混合を考慮し、第1層目の1 m下部から試料を採取した。

(2) 実験前処理

全試料は、プラスチックトレイ内に均一に広げ、直射日光を避け数日間室温で風乾させた。風乾後、水道水で5回もしくは蒸留水で3回洗浄し、乾燥させた。河川試料および粒径の大きい海岸試料については、2 mmふるいで区分し、通過した土砂を分取した。その後、自動乳鉢（ニッター製、ANM-1000型）で粉砕した粉末試料を分析に供した。

(3) 分析方法

海岸および隣接する河川流域の土砂の特徴を把握するために、採取した土砂について物理学的・鉱物学的な分析を以下の方法で実施した。

a) 粒度分析

土砂の粒度は、JIS A 1204にしたがって分析した。耳川から大淀川までの海岸を対象に、計26地点の土砂を粒度分析に供した。このうち、小丸川から大淀川にかけての海岸については、既存データ(2010)5)のTP +1 mの地点における粒度分析データを用いた。

b) 化学組成

土砂の化学組成を定量するため、化学分析（Energy Dispersive X-ray Fluorescence : ED-XRF）分析によって、試料に含まれる各元素を測定した。全元素を対象に定量を行い、鉱物の基本元素であるSi, Al, Fe, Mg, Ca, Kの中で、変動がみられたAl, Ca, Kの存在割合について、Al-Ca-Kの三角図を作成し、傾向を比較した。

c) 鉱物種の同定と鉱物組成

土砂の鉱物組成を定性するため、粉末X線回折（X-ray Diffraction : XRD）分析によって、試料を構成する鉱物種の同定と回折ピーク強度の測定を実施した。全測定試料は、日本粘土学会が定める粘土ハンドブックに準じて、X線回折用の定方位試料を作成した。定方位試料は、粉末試料を45 mlの遠沈管に50 mg分取した。さらに、蒸留水0.750~0.850 mLを加え、攪拌・懸濁させ、鉱物用スライドグラス（28×48 mm）上に滴下し、自然乾燥させて調整した。この方法で定方位試料を作成し、X線回折パターンを取得した。照射X線はCuK α 線、測定角度は5°～85°である。XRD分析の回折パターンから、土砂を構成する鉱物種を同定した。同定は、国際回折データセンター（International Centre for Diffraction Data : ICDD）のデータベースであるPowder Diffraction File (PDF-2)を使用した。

⑥研究成果（つづき）

(4) 土砂の類似性評価

各土砂試料における類似性の評価は、XRD分析によって得られた回折パターンにおける回折角度のピーク強度を用いて、式(1)からピーク強度比(%)を算出し、定量的な鉱物含有率の比較を行った。

$$\text{ピーク強度比 (\%)} = \frac{I_i}{(\sum I_i)} \times 100 \quad (1)$$

なお、 i はX線回折によって得られた、特定の回折角度を表し、 I_i は回折角度のピーク強度を表している。各土砂試料の類似性は、角度のピーク強度比(%)について、クラスター解析によって評価した。クラスター間の距離は、グループ内平方和を最小とするWard法を用いた。

3. 研究成果

(1) 粒度分析

耳川から大淀川までの海岸における土砂は、多くの海岸で砂分の割合が高い傾向を示した。特に、宮崎海岸においては砂分の割合が高く均質であった(88.5%~99.6%)。しかしながら、石並川・名貫川近傍の海岸と小丸川近傍の海岸は、極端に礫分の割合が高かった(5.1%~80.4%)。これらの地点を除いた海岸の中央粒径は、0.174 mm~0.575 mmの範囲であった。

(2) 化学組成

Al・Ca・Kにおける元素の割合を比較すると、河川土砂は、Alが高く、Caが低い傾向を示した。一方で、海岸試料は、Alが低く、Caが高い傾向を示した。小丸川河口両岸の近傍に位置する海岸は、小丸川の河川試料と非常に類似した。また、石並川・名貫川近傍の海岸と人工海岸(サンビーチツ葉)の土砂はKが高く、河川・海岸の試料と類似しなかった。

(3) 鉱物組成

XRD分析によって、全試料の鉱物種を同定した結果、石英、イライト・白雲母、カオリナイトが全試料において同定された。また、耳川から大淀川にかけての海岸を中心に緑泥石が同定された。さらに、緑簾石、方解石、輝石も一部の試料から同定された。同定された鉱物種のX線回折角度におけるピーク比によるクラスター解析を実施し、ユークリッド平方距離15%で、5つのクラスターに類型化した(図-1)。図-2に、クラスター解析によって類型化し、同一クラスターごとに色分けした土砂の類似別分布図を示す。この結果、耳川、小丸川、一ツ瀬川の土砂と、大淀川、清武川の土砂がそれぞれ類似した。また、これらの河川土砂は、河川最近傍の海岸とも類似したため、各河川から海岸に土砂が分布することが明らかとなった。海岸の土砂を比較すると、各流入河川の間位置する海岸に類似する土砂が分布した。耳川から小丸川にかけての海岸は、耳川河口と小丸川河口と類似した土砂で構成され、その間の海岸は異なる土砂が分布した。耳川と小丸川以外の河川から土砂が輸送されていると考えられる。小丸川から一ツ瀬川の海岸は、小丸川と一ツ瀬川に類似した土砂が分布していたことから、両河川からの土砂が海岸に輸送されていると判断される。大淀川以南の土砂は、大淀川と清武川の土砂が河川近傍からそれぞれ南方向に類似しており、大淀川から南方向に土砂が輸送されることがわかる。一方で、侵食対策として重要なエリアである一ツ瀬川から大淀川に面する宮崎海岸は、単独のクラスターを形成した。宮崎海岸は海岸侵食の進行が顕著であり、土砂の供給源であるはずの一ツ瀬川や大淀川の土砂とは類似しなかった。ただし、鉱物学的特徴は、大淀川の土砂と比較すると、小丸川と一ツ瀬川の土砂に近い。以上の結果から、宮崎県中部海岸の鉱物組成の類似性を比較することによって、海岸における土砂の起源と分布状況を把握できることが明らかとなった。

⑥研究成果 (つづき)

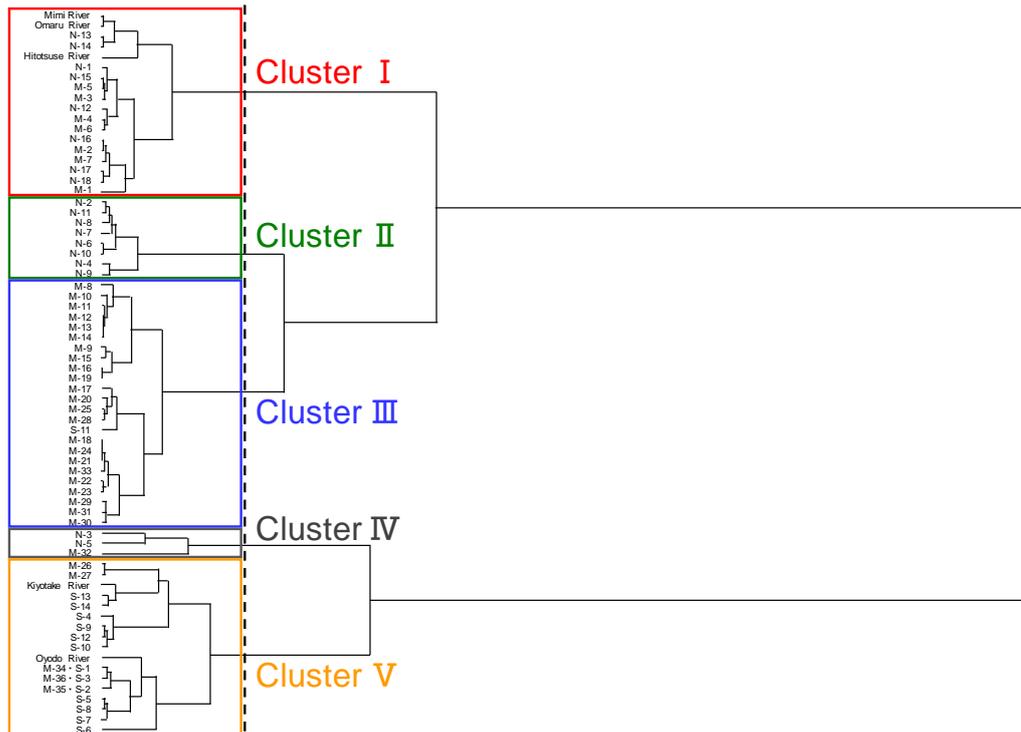


図-1：調査地域全体におけるクラスター解析結果の系統樹

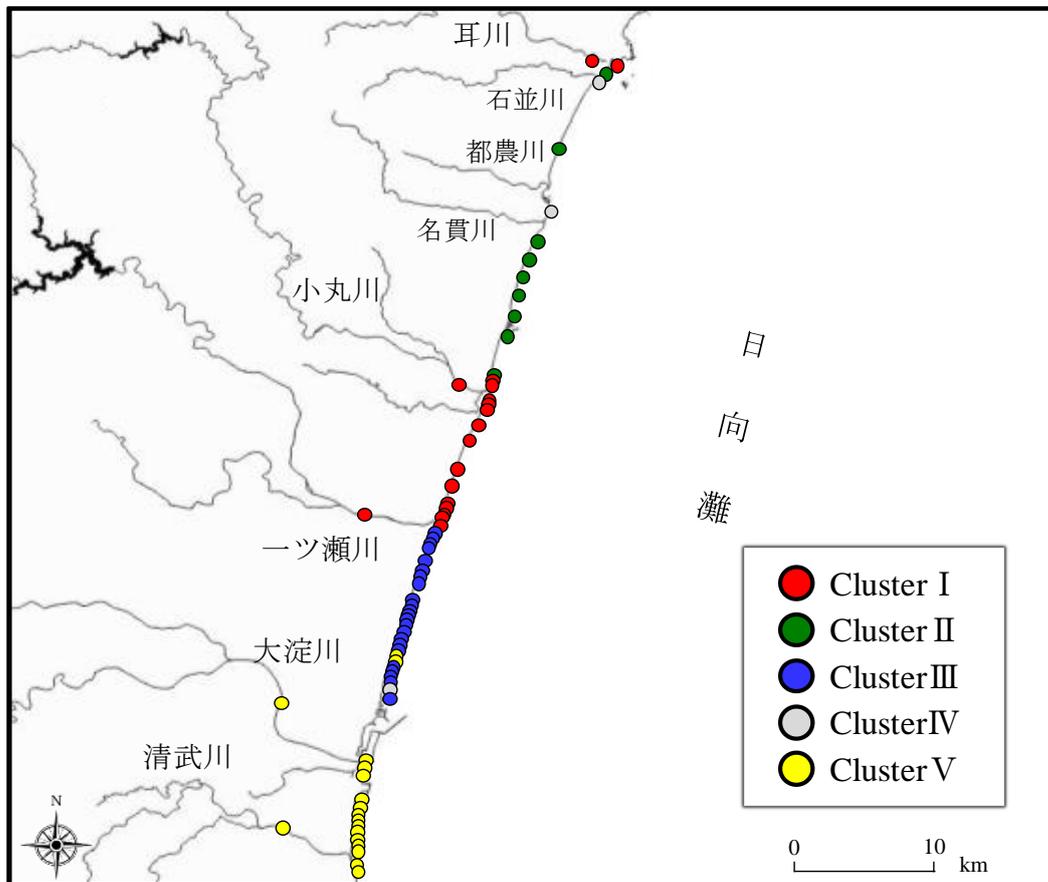


図-2：クラスター解析の類似別分布図

⑦研究成果の発表状況

【学会発表】

- 1) 宮崎海岸における土砂の鉱物学的類似性の比較. 平成 27 年度日本水環境学会九州沖縄支部研究発表会講演要旨集, pp. 61-62, 2016 年 2 月.
- 2) Qualitative characterization of coastal sand distribution in Miyazaki Coast along Hyuganada by mineralogical Aanalysis. Water Environment Technology Conference 2016, WET2016 Program and Abstract, p. 42, 2016 年 8 月.
- 3) 砂の鉱物学的特性による宮崎県一ツ瀬川河口・海岸の土砂堆積過程の検討. 第 53 回環境工学研究フォーラム講演集, p. 12, 2016 年 12 月.
- 4) 宮崎海岸における養浜の海岸保全効果の検証. 第 51 回日本水環境学会年会講演要旨集, 2017 年 3 月.
- 5) 宮崎海岸の養浜施工が前浜の土砂分布に及ぼす影響. 土木学会平成 29 年度西部支部研究発表会, 2018 年 3 月.
- 6) 宮崎県中部海岸における土砂の鉱物学的類似性の比較. 土木学会平成 29 年度西部支部研究発表会, 2018 年 3 月.

【学術論文】

- 1) 鉱物学的解析によるダム堆砂の発生源追跡に関する研究, 土木学会論文集G(環境), 72(2), 12-23, 2016.
- 2) Negligible contribution of reservoir dams to organic and inorganic transport in the lower Mimi River, Japan. Journal of Hydrology 555:288-297, 2017.

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

宮崎県におけるダム貯水池の濁水原因土砂の発生源追跡に関する研究, 一般財団法人みやぎん経済研究所 調査月報 6月, No. 277, pp. 2-8, 2016.

* 当該事業の代表者の研究室ホームページにおいて, 研究成果や関連情報を発信している。

<http://www.suzuki-labo.com>

⑨表彰、受領歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

平成27年度宮崎銀行ふるさと振興助成事業学術部門受賞

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

ダムの建設によって、海岸への主な土砂供給源である河川において、土砂供給量を極端に減少している。また、海岸構造物の建設によって、沿岸漂砂の連続性が遮断されている。こうした人為的な原因によって、土砂収支が乱れ、全国的に海岸侵食が顕在化している。九州南部の宮崎県における宮崎海岸においても、海岸侵食が深刻である。海岸侵食の対策を実施するにあたって、流域全体の土砂移動場を「流砂系」という概念で捉え、流砂系における「総合的土砂管理」が重要な施策の一つとして推進されている。流砂系の一貫した土砂管理を実現するためには、土砂輸送の量と質を高い精度で解析し、土砂動態の実態を把握することが極めて重要である。

H27～29年度の研究において、宮崎県日向灘の海岸の主要エリアについて、類似した土砂の分布マップが作成でき、河川から海岸至る土砂輸送を解明することができた。本研究で用いた手法は、河川の土砂輸送やダムの通砂運用などの河川事業の評価において、科学的な情報提供が可能である。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

河川・沿岸域を対象とした土砂動態調査は、土砂量の経年変動量に焦点を当てた深淺変化解析や汀線変化解析など多く実施されている。宮崎県においても、沿岸域を対象にした深淺測量調査や航空写真による汀線変化調査が行われている。しかしながら、土砂の増減のみで土砂動態を把握することは非常に困難であり、土砂の質の分析を含めて検討することが重要である。現在までに、鉍物の特性から河川や沿岸域における土砂の輸送経路の特定、ならびに堆積環境を解明する研究が報告されている。しかし、その多くは含有する鉍物種の詳細な同定を目的とせず、簡易な不定方位法によって分析しており、土砂の輸送経路あるいは堆積環境の正確な情報を得るまでには至っていなかった。また、沿岸域を対象とし、海岸を形成する土砂の鉍物学的性質を明らかにした質に関する基礎的知見は極めて乏しい。

総合的土砂管理の施策の立案・計画において、本研究で得られた成果を反映させることによって、効果的かつ確実な実績をあげることが期待できる。