

熊野川の河床材料の粒度分析から見てきたこと

三重大学生物資源学研究科共生環境学専攻

○野呂明美, 松本真弓, 奥村貴史, 千葉菜保子, 垂澤悠史, 春山成子

noro@bio.mie-u.ac.jp

1. はじめに

今年の8月19・20日と初めて河川について学ぶ機会を得て、熊野川（水系名：新宮川）下流部2地点における河口砂州、河床材料の粒度分析に同行した。このとき取得した粒度分析のデータが何を語っているのかわり知らなくなった。そこで、インターネットを利用し、熊野川流域の地形・地質・歴史的背景・過去の災害・衛星画像等の各種資料を収集し、熊野川について調べた。これらの結果について報告する。また、Freeの衛星画像・解析ソフトウェアを入手し、お金をかけずに何ができるのか探ってみたのでこの結果についても合わせて報告する。

2. 熊野川の概要

熊野川は奈良県・和歌山県・三重県の3県にまたがる幹川流路延長183 km、流域面積2,360km²の一級河川である。新宮川水系の流域地形は、中央には大峯山脈が、西側には伯母子山地が、東側には台高山脈(大台ヶ原山地)がそれぞれ南北に走っている(図1参照)。新宮川水系はこれら3つの険しい山地の間を屈曲しながら流れている。熊野川本線の水源は奈良県吉野郡天川村にある山上ヶ岳(標高1,719m)で、途中、多雨地帯である大台山系から流れ込む北山川と合流し、熊野灘へ注いでいる。

流域上流部は豊富な水量があることから電源開発の有力地帯とされダム建設が行われてきた。昭和41年10月にダム群計画が完了するまでに合計11ダム設置された。新宮川水系では8~9月の台風時期に降雨が多く過去に何度も洪水による被害にみまわれている。明治22年の十津川大水害、昭和34年、昭和57年、平成2年、平成6年、平成9年、平成13年、平成15年、平成16年と台風が来るたびに出水・氾濫している。

流域の土地利用は、森林が約95%、水田や畑地等の農地が約1.5%、宅地が約0.5%、その他が約3%である。流域面積の大半は森林で下流部に僅かな平野がある。熊野川は「近畿の屋根」と呼ばれるこれら急峻な険しい山中を流れ、下流部に来て急に川幅が広がって流れが緩やかになる。河口部には砂州形成が見られる。

流域の地質は、北部に秩父累帯、中央部に四万十帯、南部に新期花岡岩類の火成岩類や、熊野層群の体積岩類が分布している。上・中流域では風化が進み崩壊箇所が多く見られる¹⁻³⁾。

熊野川は熊野三山(熊野本宮大社、熊野速玉大社、熊野那智大社)への重要な参詣道としてその歴史は古く、平安時代から「蟻の熊野詣」と呼ばれるほど多数の人が川の参詣道である熊野川を利用した。現代では平成16年に、「紀伊山地の霊場と参詣道」が世界遺産に登録され、再び熊野古道を訪れる人が増え、地元の観光産業振興に寄与している。



図1 新宮川水系流域
(出典：国土交通省)

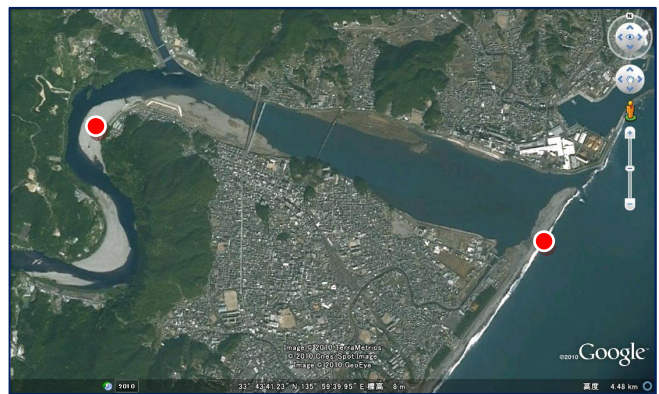


図2 サンプルング地点 画像：Google Earth
<http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>

3. 河床材料調査および結果

3.1 サンプルング方法

河床材料分析のために最下流速を反映したと考えられる場所を選定するため、平均的な粒度を示す場所（図2に記した箇所）を選び、写真1に示すように一辺1mの正方形で囲んだ場所の深さ30cmまでの土砂をサンプルングした。サンプルングした土砂はブルーシートの上へ堀上、周辺の土砂が混入しないよう注意した⁴⁾。



写真1 サンプルングの様子 撮影者：千葉

3.2 粒度分析

まず始めに、長径の長い岩石から順に選び、それぞれの岩石について長径、短径、ラウンドネス、岩種、重量を計測し記録した。次に、篩をメッシュの粗いものを上に細かいものを下へ目の開きの順に重ね、一番上の篩にサンプルングした土砂を入れ篩う。JAS規格の目の開きの篩を用いて篩った土砂を袋に入れバネ秤で秤量し記録する。粒度2mm未満のものについてはサンプルを研究室に持ち帰り分析した。メッシュが細くなり篩うことが困難な細砂については蒸留水を用い洗い流しながら篩い、乾燥後、秤量した。相筋水際の水中においては水際の中から代表的な岩石を100個選んで長径、短径、ラウンドネス、岩種について記録した。

3.3 粒度分析の結果と考察

図3にラウンドネスの解析結果を示す。河口砂州（あけぼの）地点の河床材料のラウンドネスは下流部高水敷（相筋）に比べ円磨されたものが多い傾向が見られた。また、砂州には円磨度の異なる岩石の3つのピークが見られるがこれは離岸流由来の丸い岩石と、上流から流下した尖った岩石が混ざり合っていることを示すものであると考えられる。粒度は上流から下流に向けて円磨されるのが通常であるがここでは必ずしも下流ほど磨耗度が高いわけではない。しかしながら、河成作用ならびに海岸流の流れが混層して複雑な様相を呈している。

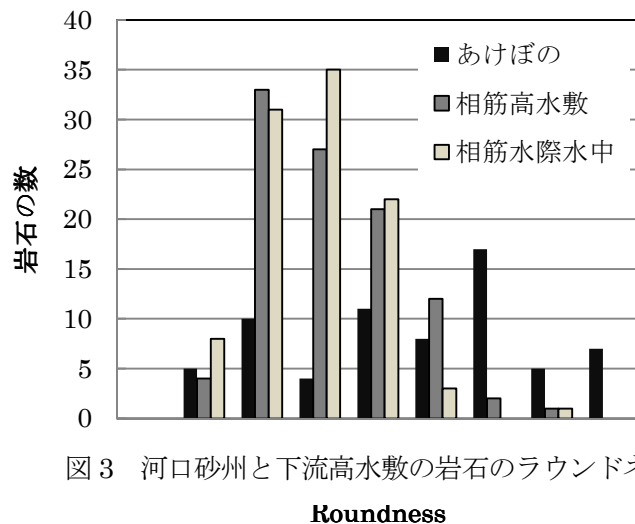


図3 河口砂州と下流高水敷の岩石のラウンドネス

図4に河口部砂州（あけぼの）と下流部高水敷（相筋）における粒径加積曲線を示す⁶⁾。粒径2.0mm以上を礫に分類し、2.0mm未満を砂と分類するが、河口部砂州（あけぼの）（実線）のこの部分になだらかなショルダーが見られる。砂州表層部は粒径2mm未満である砂と、粒径53mm以上の礫で構成されていることがわかる。ラウンドネスと粒径の間に相関は見られなかった。砂州はラウンドネスの解析結果から離岸流と上流から流下してくる岩石で構成されていると考えられるが、この砂についてはどちら由来の物かは判断できなかった。

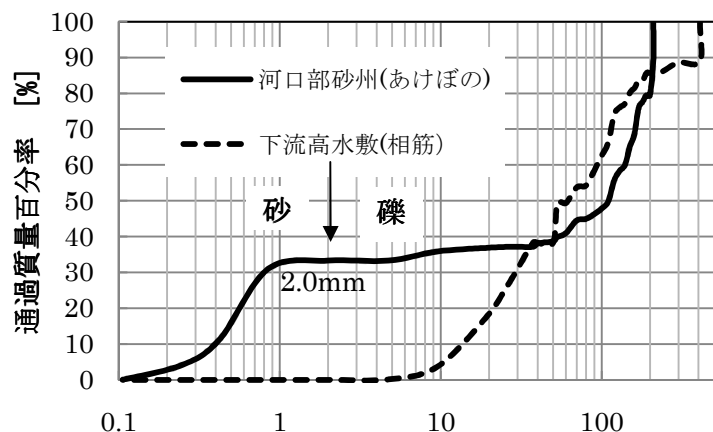


図4 河口部砂州（あけぼの）と下流部高水敷（相筋）における粒径加積曲線

下流部高水敷（相筋）における粒径加積曲線（破線）では2.0mm未満の砂は重量百分率0.14%とほとんど

見られなかった。高水敷の河床材料は粒径 75mmから 408mmまでの岩石材料である巨礫で構成されていた。75mmから 408mmの間の粒径分布は全ての粒径にわたって分布していた。

3.4 岩種に関する分析と考察

図 5 に岩種の解析結果を示す。河口砂州(あけぼの)と下流部高水敷(相筋)のグラフは岩石の種類別に重量百分率で表したものである。相筋水際水中については重量を現地で計測していないため、 $\pi/4$ と長径と短径の積で概算の面積を求め概算面積百分率で表した⁴⁾。堆積岩類を左側に、右側に火成岩類を示した。河口砂州の岩石は堆積岩が約 64%であるのに対し、下流高水敷では堆積岩が約 89%と堆積岩の割合が高かった。相筋水際水中の堆積岩の割合は高水敷の岩石と同様であった。相筋の水際水中では砂岩が 74.3%と著しく多かった。砂州の岩石に火成岩類が 36%含まれていたのは流域南部に新期花岡岩類の火成岩類の地質が分布している影響であると考えられる。相筋高水敷に腐食砂岩、風化頁岩など風化した岩石が見られた。これについては上・中流域にみられる風化した岩石が過去の洪水で運ばれて来た可能性を示唆していると考えられる。

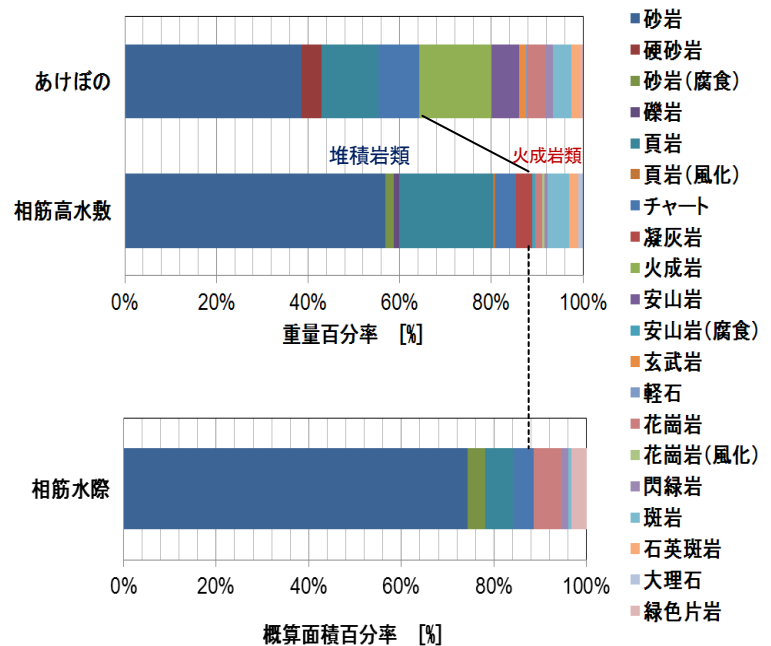


図 5 河口砂州(あけぼの)、下流高水敷(相筋)における岩石の種類重量百分率
相筋水際水中における概算面積百分率

4. 衛星画像について

4.1 衛星画像と地図ナビゲータの入手方法

ランドサット衛星画像のうちTM(Thematic Mapper)画像、ETM(Enhanced Thematic Mapper)画像が米国のメリーランド大学のWEBサイト (<http://www.glc.f.umd.edu/data/landsat/>) から無償でダウンロードできる⁶⁾。また、国土地理院が整備した基盤地図情報無償で国土地理院のサイト (<http://fgd.gsi.go.jp/download/>) からダウンロードできる。これにより入手した衛星画像データを杉本智彦(DAN杉本)氏が開発しフリーソフトとして提供している3D地図ナビゲータ「カシミール3D」で読み込みビットマップファイルを作成した。

4.2 衛星画像の一例

図6はランドサット7により2001年4月15日に取得された衛星データのフォールスカラー画像である。フォールスカラー画像とは赤にband4(近赤外波長)、緑にband3(赤波長)、青にband2(緑波長)をあてはめた画像で森林や農地など植生を赤く表示する。緑葉に含まれるクロロフィルが赤と青の波長の光を吸収し、近赤外光を強く反射する性質を利用し植物の針葉樹・広葉樹の区別、農作物の生育状態等を見るときに利用される⁷⁾。新宮川流域の「約95%が森林である」と前述で記したが、細かい数値までは無理であるにしても、少なくとも大部分が森林等の緑葉に覆われていることがこの図から分かる。

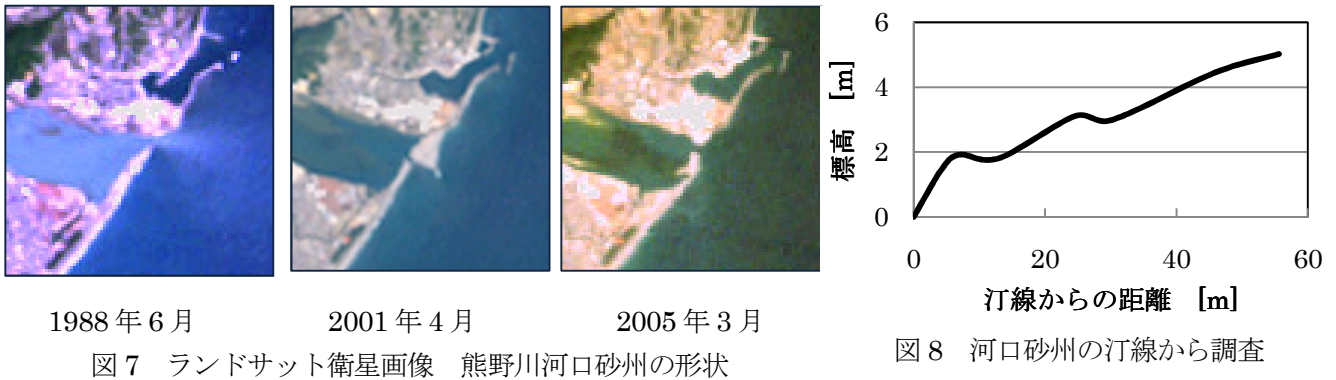


図 6 新宮川水系流域(一部)のフォールスカラー画像

ランドサットの衛星画像は標高データを持っていない。しかし、国土地理院の基盤地図情報から標高データをダウンロードし、標高データを重ねることにより3Dで画像を楽しむことができる。

4.3 河口砂州の衛星画像

上述のサイトから1988年6月(Landsat5 TM 画像)、2001年4月(Landsat7 ETM画像)、2005年3月(Landsat7 ETM画像)の衛星画像を取得することができた。図7にそれら画像の河口部分を拡大して示す。いずれの画像にも砂州が河口をほとんど塞いでいる様子がうかがえる。砂州は和歌山県側から三重県側に伸び、三重県側で少し開いている。砂州の形状は、台風による高潮や洪水により変化する。砂州は熊野灘からの潮汐流や波浪と熊野川の河川流に影響されながら形成される。砂州が閉ざされると国土交通省紀南河川国道事務所が開削している。図8に河口砂州(あけぼの)の汀線からサンプリング地点(砂州の断面中央)までの断面図を示す。汀線から55mで5mの標高があり、特に波打ち際はかなり急勾配になっていることが分かる。熊野灘から打ち寄せる波は荒く浸食するエネルギーはかなり大きいと感じた。



1988年6月 2001年4月 2005年3月
図7 ランドサット衛星画像 熊野川河口砂州の形状

図8 河口砂州の汀線から調査地点までの断面図

5. おわりに

幼いころから数えて数回は訪れたことがある熊野川であるが、今一度行って、もっと鋭い眼で観察したいと思った。熊野川流域には美しく豊かな自然と温泉がある。一方で河口の南方にある王子ヶ浜や北側にある七里御浜では海岸侵食が進み1947年と比べ50m以上後退しているという報告がある⁸⁾。この原因として熊野川におけるダム建設と川砂採取、及び、鶴殿港の突堤建設が考えられるのだそうだ。今回調査することにより、上記の礫浜海岸は熊野川が運搬する丸い礫で形成されているということを知った。美しい海岸が後退しているというのには胸が痛む。後世に広く美しい礫浜海岸を残し伝えたいものである。地域防災、治水と自然環境保全との兼ね合いは難しい問題だと思うが、専門家の英知により良い方向へと導いてほしいと願う。

謝辞

熊野川について学ぶ機会を与え、粒度分析に同行させて下さり、忙しい中、助言を頂いた春山成子教授にここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 新宮川水系河川整備基本方針、国土交通省河川局 (2008)。
- 2) 熊野川圏域河川整備計画、和歌山県 (2009)。
- 3) 熊野川河床調査委員会報告書概要版、熊野川河床調査委員会 (2005)。
- 4) 寺沢直樹、山崎憲人、巨石を含む広い礫径分布を有する礫床河川における粒度分布調査手法、北陸地方整備局管内事業研究会 (2007)。
- 5) 土の粒度試験、規格-JIS A 1204、(株)ジオテックホームページ。
- 6) Finding, Importing and Making Subsets of Free Landsat Data, NASA.
- 7) 北海道農業のためのリモートセンシング実利用マニュアル改訂版、国土交通省北海道開発局 (2008)。
- 8) 千葉賢、四日市大学研究機構サステナビリティ研究所調査報告書「“持続可能な三重”を目指した低酸素社会の構築に向けて」VIオリジナルデータ・調査、第1章海域④熊野灘の海岸侵食、PP.264-66 (2010)
- 9) 津留宏介ら編著、CAD/CG/GISユーザーのための航空・衛星写真画像ハンドブック、古今書院 (2008)。