

実験地形の発達における山地の成長限界について Limit of mountain growth in the development of experimental landforms

大内 俊二^{1*}
OUCHI, Shunji^{1*}

¹ 中央大学理工学部

¹ Faculty of Science and Engineering, Chuo University

細砂とカオリナイトの混合物からなる四角い砂山 (60 × 60cm) をゆっくり隆起させながら人工降雨によって侵食地形を発達させる実験では、隆起速度がある閾値 (下方閾値) を越えると、起伏が 60mm を越えるあたりから流水侵食によって発達した水系の尾根部分が隆起を続けて斜面が成長するようになる。斜面は小規模な崩壊を起こしながらも成長を続け、起伏が増大して山地状の地形が形成されていく。起伏が十分大きくなると大規模な崩壊が集中して起き、起伏も平均高度も一時的に低下するが、その後、隆起とともに起伏が増大して大規模崩壊が起こる過程がくりかえされるようになる。斜面 (起伏) が砂山構成材料と降雨強度に規定されるある限界 (critical slope) まで成長して崩壊することを繰り返して、隆起速度に関係なくある一定の起伏で“平衡状態”に達すると考えることもできる。しかし、隆起速度が上方と下方の閾値の間にある場合は、起伏は隆起速度が大きいほど大きくなる傾向を示し、単純な限界斜面 (起伏) や“平衡状態”を想定することは難しい。1cm グリッド内の最大傾斜はどの run においても 80° 以上に達しているが、乾燥材量の安定角が 34° 程度であることを考えると、この最大傾斜をもって critical slope とすることには疑問がある。実験経過の観察からは、大規模崩壊には引き金現象が必要であり、これがなければ斜面は崩壊が発生するような勾配あるいは高さに達した後も成長を続ける。実験では、計測のために降雨をしばらく止めた後の降雨再開直後に大規模崩壊が発生することが多く、このような降雨の停止と再開が最大の引き金現象であったと推定できる。計測の間隔は必ずしも一定ではなかったが、各 run で大きく異なるわけではなく、計測時の降雨停止と再開が最大の引き金現象であれば、隆起速度が大きいほうが起伏・斜面の成長が進むのは当然であろう。また、隆起速度が小さければ流水の作用による谷底の拡幅が進んで緩傾斜の面が広がり、全体の平均傾斜、起伏、平均高度、最大高度などがどれも小さくなる。隆起速度が下方と上方の閾値の間にある場合 (平衡状態段階) は、このようにして隆起速度に応じた平均高度・起伏となるのであろう。これを“平衡状態”と呼んでよいものか疑問であるが、隆起継続中に平均高度や起伏の変化が隆起速度に応じたある範囲に収まる様子は“平衡状態”に類似していることも確かである。一方、隆起速度が上方閾値を越えている場合 (山脈形成段階) は、起伏が堆積場の幅に規定されるまで成長するため、隆起速度がさらに大きくなっても平均高度・起伏がそれ以上大きくなりなくなると考えられる。この場合は、一定の高度で安定したとしても隆起-侵食間の“平衡状態”に達したとは言いがたい。侵食速度は平均傾斜の増大とともに大きくなるとされており、最近ではその増大の仕方が nonlinear であると考えられている。実験においては、隆起に伴う起伏の増加とともに 1cm グリッドの平均傾斜 (起伏) が隆起速度にかかわらず同じように直線的に大きくなるが、斜面崩壊が顕著になってくる起伏 60mm を越えるとこの関係がほとんど見られなくなってしまう。侵食速度も平均傾斜とともに直線的に増加するが、地形変化において大規模な斜面崩壊が支配的になるころから平均傾斜の増大にかかわらずほぼ一定の値となるようであった。その値は隆起速度に応じて大きくなっており、nonlinear とされている侵食速度と平均傾斜の関係も隆起を考えに入れて再考する必要があることを示唆しているようである。

キーワード: 降雨侵食実験, 山地成長限界, 隆起速度, 限界斜面, 大規模崩壊

Keywords: rainfall-erosion experiment, limit of mountain growth, threshold uplift rate, critical slope, landslides

隆起と降雨による地形発達実験における山地成長と河床縦断形進化 Evolution of river profile of experimental mountain building

大上 隆史^{1*}; 大内 俊二¹
OGAMI, Takashi^{1*}; OUCHI, Shunji¹

¹ 中央大学理工学部

¹ College of Science and Engineering, Chuo University

隆起と降雨による地形発達実験において、異なる隆起速度で山地が発達する際の河川網を解析し、河床縦断形の変化、特に定常的な状態に達した際の河床縦断形の形状を検討した。実験装置は細砂とカオリナイトの混合物を 60 cm × 60 cm の正方形の形状で間欠的に隆起させるように設計されており、霧状の人工降雨を発生させることによって隆起した砂山を侵食させ、地形を発達させる。実験は A-D の 4 回行い、各実験における隆起速度は A : 0.2 mm/h, B : 0.5 mm/h, C : 1.2 mm/h, D : 5.0 mm/h であり、隆起継続時間/実験時間はそれぞれ 1350 時間/1350 時間, 582 時間/582 時間, 270 時間/646 時間, 61 時間/710 時間である。降雨の強度・様式は 4 つの実験すべて同じ条件で行われた。

隆起範囲を中心とした 110 cm × 110 cm の範囲の地形計測を行い、1 cm × 1 cm の標高モデルを作成した。また、標高モデルにもとづいて傾斜を算出した。いずれの実験においても隆起継続時には平均標高および平均傾斜は増加していく傾向があり、C および D では隆起が停止したあとは平均標高および平均傾斜が低下している。起伏が大きい範囲（山地）を抽出して平均標高、平均傾斜の変化をみると、隆起が継続している期間内でも A では 582 時間以降、B では 190 時間以降、C では 78 時間以降、D では 30 時間以降は平均傾斜の変化が小さくなる。特に、A の 902-1094 時間、B の 486-582 時間、C の 174-270 時間は平均標高および平均傾斜の変化が小さく、いわゆる平衡状態と呼ばれる定常状態を呈する。

それぞれの標高モデルについて水系網を作成し、河床縦断形を作成した。各流路について 5 cm 間隔の河床平均勾配 (S) と、その区間に流入する上流側の集水域面積 (A) を計算した。横軸に log A、縦軸に log S をプロットし (S-A プロット)、河床縦断形の時間変化を検討した。C (隆起速度 1.2 mm/h) の河床縦断形をみると、S-A プロットは隆起開始直後から河床勾配が大きくなるように変化し、30-46 時間では上に凸状をなす。その後の隆起に伴う変化をみると、62-94 時間はほぼ直線状をなし、110-270 時間はやや下に凸状となる。隆起速度が 0 となった 286 時間以降は下に凸状を呈する。

隆起と侵食による河川網発達モデル、特にストリームパワー侵食に重点をおいたモデルでは、河床の高度変化が 0 である定常状態では河床勾配が集水域面積の冪関数で表されるとしている。すなわち定常状態では S-A プロットが直線状をなすことが予想される。本実験では、山地が定常的な状態にあるとき、河川の S-A プロットはやや下に凸の状態を呈している。これはモデルから予想される定常状態にある河床縦断形に比べて、下流側の河床勾配が急勾配になっていることを意味する。この説明として、従来のモデルでは考慮されていなかった土砂流入フラックスの効果を挙げるができる。すなわち、下流ほど土砂流入フラックスが大きいために、従来のモデルから予想される定常状態に比べて河床勾配が大きくなる傾向があると考えられる。

さらに、山地の成長と河床縦断形の変化を比較すると、河床縦断形は山地に先行して定常状態に達している。山地をみると、まず平均傾斜が定常状態に達し、その後に平均傾斜・平均標高の両者が定常状態になっている。河床縦断形は、山地の平均傾斜が定常状態に達する前に S-A プロットが直線状となり、平均傾斜・平均標高が定常状態に達する前にやや下に凸状を呈するようになる。これらは、定常状態を考える際に、河川の定常状態と山地 (平均傾斜・平均標高) の定常状態が実現するまでの時間差があることを実験から実証する結果である。このことは、いわゆる山地の平衡状態を実現するためには先に定常的な河床縦断形が形成される必要があることを示し、山地の発達における河川網の重要性を指摘している。

キーワード: 降雨侵食実験, 隆起, 河床縦断形, 平衡状態, 土砂フラックス

Keywords: rainfall-erosion experiment, uplift, river profile, equilibrium, sediment flux

局所的な隆起による河川への影響に関するモデル実験 Experimental study of the effect of partial uplift on river channels

仲内 拓野¹; 遠藤 徳孝^{1*}
NAKAUCHI, Takuya¹; ENDO, Noritaka^{1*}

¹ 金沢大学理工学域
¹ Kanazawa Univ.

Flume experiments were conducted to examine the effects of uplift on river channels in which the uplift area was restricted to the middle reaches. Experimental landform was evolved by exerting fine water mist on the slope consisting of a mixture of fine sand and clay, and the uplift was realized by jacking up the partial area of the flume bottom. The conventional idea that the occurrence of water gaps was determined by the balance between rates of uplift and downward erosion is true locally. The rate of down erosion is, however, variable due to the change of channel paths in the meso-scale. The avoidance of flowing in the uplift area tends to cause a new confluence and higher stream power producing larger erosion rate. A confluence makes the possibility of forming water gap high. The avoidance of the uplift area, however, does not always induce a confluence, in which the water gap is not generated.

キーワード: 河川, 隆起, モデル実験
Keywords: river channel, uplift, laboratory experiments

レーザー回折散乱法およびデジタル画像解析法を用いた堆積物の粒子径測定技術の現状と課題 Current status and issues of grain-size analysis using a digital image method and a laser diffraction method for sedimen

七山太^{1*}; 古川 竜太¹
NANAYAMA, Futoshi^{1*}; FURUKAWA, Ryuta¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

粒子径計測は様々な物質の特徴を評価する上で最も基礎的な物理情報の一つであり、その分析技術も粉体工学会によって明確に JIS 規格化されている(椿・早川, 2001)。これまでの地形学分野においては、泥、砂、礫および火山灰等の粒度分析を、篩分級法、沈降法またレーザー回折散乱法(以下 LD)、もしくはこれらを併用して行うことが一般的であった。現在の LD の最新技術では、各社とも 10nm-3mm のワイドレンジの粒子群を同時にかつ短時間に計測することが可能となっている。しかし、単一の物性値を持つ工業製品の粉体ではなく、様々な割合の複合物である自然界の土砂を検討する際には、未だ多くの技術的な課題が散在するように思える。例えば、サブミクロンオーダーの微小粒子の測定では入射する光の波長が短いほど大きな散乱光強度が得られることが確認されているので、レーザー光だけでは強度が不十分となることが知られている。しかも非球形粒子の形状によって後方錯乱が大きくなり、粒径は細粒側にシフトする傾向が確認されている。また、Mie 理論を利用して逆計算によって粒径を求める場合は、粒子屈折率と吸収係数の値のユーザー側での設定が必要となるが、自然界の複合試料を取り扱う地質学分野の場合、この仮定はユーザー側にとってはたいへん悩ましい問題である(七山ほか, 2013)。

最近の粉体工学分野での粒子径計測では、デジタル画像解析法を用いた新しい分析機器の開発が増えてきている。この方法では、まず粒子の 2 次元画像を CCD カメラで取得し、ピクセル分割してデジタル画像化する方法である。大きく静的(JIS Z 8827-1:2008; ISO 13322-1)および動的(JIS Z 8827-2:2010; ISO 13322-2)の 2 つの手法に区分されるが、どちらも粒子群をデジタル画像として取り込み、パソコン上で統計処理する過程は同じである。単一粒子のデジタル画像を用いた解析手法は明解であり、ユーザー側からの信頼は厚い。さらに、デジタル画像を用いるため、異なる定義ごとの粒子径や粒度分布に関する情報だけでなく各種粒子形状パラメーター、例えばアスペクト比(aspect ratio)、1-アスペクト比(elongation)、円形度(circularity)、面積円形度(HS circularity)、周囲長包絡度(convexity)、面積包絡度(solidity)、等の値を同時に定量的に解析できる機能が最大の利点といえる。さらに、輝度(intensity)および透過率(transmittance)等の物性値も別途得ることが出来る。これら粒子形状と物性値に関するデータを粒子径測定結果と併せて解析することが、今後の粒度分析の新しいスタンダードになっていくことが予想される(七山ほか, 2013)。

産総研では、2008 年 12 月に動的デジタル画像解析式粒子径測定装置であるドイツ Retsch 社の開発した CAMSIZER の導入を行っており、現在も地質試料分析のためにルーチン化作業が進められている。CAMSIZER は 2 台の CCD カメラ(CCD-Basic で 75 μ m, CCD-Zoom で 15 μ m の解像度)を使い、30 μ m-30mm の超ワイドレンジでの再現性の高い高精度な粒度分析が可能である。但し、現在は乾式システムのみであり、30 μ m より細粒な粒子は原理的に計測できない。そこで我々は、2012 年 12 月に新たに静的デジタル画像解析式粒子径測定装置 Morphologi G3 を導入した。この機器は英国 Malvern 社が開発した最新の粒子径測定装置である。粒子径の測定範囲は 0.5 μ m ~ 1 mm であり、実際には 0.2 μ m まで検出は可能とされている。更に、2014 年 3 月に、5mm の粒子径まで測定が可能な堀場製作所の最新 LD, LA-960G を導入した。前述通り、現状の LD による粒子径測定ではサブミクロンオーダーでの細粒粒子の測定や屈折率の設定に難があることが知られているが、今後、静的デジタル画像解析法を併用し、相互にデータを比較することによって、これらの問題の解決法を提案できる可能性がある。

本報告は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成 24 年度「外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマーzin 評価手法の研究開発」の成果の一部を含んでいる。

引用文献: 椿 淳一郎・早川 修, 2001, 現場で役立つ粒子径測定技術. 日刊工業新聞社, 161p. 七山太・古川竜太・小笠原正継, 2013, 粒子径を測る! GSJ 地質ニュース, 2, 82-85.

キーワード: レーザー回折散乱法, デジタル画像解析法, 堆積物, 粒子径測定技術, 現状, 課題

Keywords: laser diffraction method, digital image method, sediment, grain-size analysis, current status, issues

砂礫の岩質と形状変化から検討した河川上流部における砂礫分布の特徴 Causes of gravel-sand distribution in upstream part of the river revealed from changes in lithology and form of detritus

宇津川 喬子^{1*}; 白井 正明¹
UTSUGAWA, Takako^{1*}; SHIRAI, Masaaki¹

¹ 首都大学東京大学院地理学教室

¹ Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

はじめに

河川で観察される砂礫の粒径は、下流方向に細粒化しながら分布する傾向がある。この細粒化の原因については「流水の営力による分級作用」と「物理的な生産作用」の2説がある。国内では、破碎（粒径を減じるような破壊）や摩耗（粒子の一部が欠ける破壊）のような「生産作用」に基づく細粒化傾向の研究（例えば、Kodama1994）が盛んに行なわれる一方、海外では、比較的「分級作用」を重要視する傾向にある（例えば、Frings2011）。本研究の目的は、日本の河川、特に上流部における碎屑物分布の傾向から、分布に対する両作用の関与を明らかにすることである。そのために、従来の研究で扱われていた礫のみではなく、礫～砂の粒度ごとに、岩種組成や岩種ごとの形状変化を検討した。

手法

北関東を流れる渡良瀬川の支流（秋山川）内3地点を対象として、野外調査と室内分析を行なった。

各地点において、礫洲表面に堆積する大～中礫（256～8mm）について、礫種・礫径およびKrumbeinの印象図を用いた円磨度の測定を行なった（1地点あたり130個程度）。また、表面礫下の細粒な碎屑物（概ね8mm以下）を採取し、そのうち細礫（4～2mm）、極粗粒砂（2～1mm）、粗粒砂（0.5～1mm）について、首都大学東京地理学教室が所有するデジタルマイクロスコープを用いて、それぞれ岩種および円磨度のデータを取得した（1地点あたり各粒径200粒程度）。

結果・考察

大～中礫および細粒碎屑物の各粒径で岩種組成が上流から下流方向に変化することがわかった。粒径区分の幅が広い「大～中礫」だけではなく、「細礫」や「極粗粒砂」など同じ粒径における岩種組成が下流方向に変化する。調査地点の間の秋山川沿いの露頭の岩種を考慮すると、この岩種組成の変化は分級作用のみでは説明できない。すなわち、破碎や摩耗といった「物理的な生産作用」がはたらくことで、運搬中の礫からより細粒な碎屑物が生成される。「生産作用」の関与は、細粒の粒子ほど円磨度が低いという事実、同じ粒径内で碎屑粒子が上流から下流方向に変化する傾向とも整合的である。

細粒碎屑物のうち、粗粒砂（1～0.5mm）については、より粗粒な粒径と比べて岩種組成が下流方向へあまり変化せず、円磨度は下流方向へ著しく高くなる傾向が認められた。粗粒砂は破碎作用を受けにくく、摩耗作用が卓越し始める安定した砂の粒径であると推察される。つまり、河床における粗粒砂およびより細粒な碎屑粒子の分布を追求することが、河川に沿った「生産作用」から「分級作用」への移行を明らかにするための鍵になると考えられる。生成された砂の粒径に注目し、河川の流れに沿った同じ粒度の碎屑物の岩種・形状変化を更に追跡することにより、生産作用と分級作用を併せた碎屑物の侵食・運搬過程の考察が可能となり、将来的にはそれを反映した地形発達史を編むことができると期待される。

参考文献

- Frings, R. 2011. *Journal of Sedimentary Research* 81 : 52-63.
Kodama, Y. 1994. *Journal of Sedimentary Research* A64(1) : 68-75.

キーワード: 砂礫, 破碎・摩耗作用, 岩種組成, 円磨度, 渡良瀬川支流

Keywords: gravel, sand, crush-abrasion, lithological component, roundness, tributary of Watarase River

日本中央部, 滝谷池湖沼一流域系を対象とした観測に基づく地表プロセスの解明
Earth-surface processes on the basis of instrumental observations in Takidani-ike lake-catchment system, central Japan

糸野 妙子^{1*}; 柏谷 健二¹; 落合 伸也¹
ITONO, Taeko^{1*}; KASHIWAYA, Kenji¹; OCHIAI, Shinya¹

¹ 金沢大学

¹Kanazawa University

Lacustrine sediments contain both high-resolution regional environmental records and global information in lake-catchment systems. They are also of great use for reconstructing short-term environmental changes (precipitation, water discharge, etc.) and understanding earth-surface processes (erosion, transportation, sedimentation) in the lake-catchment system.

Process understanding is essential for clarifying causal relations in earth surface phenomena and proper interpretation of sediment information. Instrumental observation (monitoring) is of great use for the process understanding. This study deals with the instrumental observation for a small pond-catchment system (Takidani-ike) near Kanazawa University. The pond is storage reservoir. It is used for agricultural irrigation in summer. Therefore the water level shows highly fluctuation. Our observation consists of sediment sampling with trap, water level measurement, temperature measurement, and precipitation measurement. Observation in Takidani-ike using sediment trap has continued since June 2000.

Observational and analytical results for Takidani-ike show that; the sedimentation rate (both monthly and seasonal sedimentation) is expressed as a function of two factors; precipitation intensity (external factor) and water level change (system factor, closely related to size of erodible area). The correlation for the seasonal relationship is better than one for the monthly relationship, suggesting that reservoir effect in the catchment should be considered. The results also show that mineral grain size may be used as proxies for sedimentation rate.

キーワード: 湖沼一流域系, 地表プロセス, 池沼堆積物, 堆積速度

Keywords: lake-catchment system, earth-surface process, pond sediment, sedimentation rate

沖縄県宮古島海食崖下に見られる巨大岩塊の特徴と生産プロセス Characteristics and production processes of coastal huge blocks in the Miyako Island

島津 弘^{1*}; 瀬戸 真之²
SHIMAZU, Hiroshi^{1*}; SETO, Masayuki²

¹ 立正大学, ² 福島大学

¹Rissho University, ²Fukushima University

沖縄県宮古島の沿岸には巨大な岩塊が多数見られる。これらの一部は海底から打ち上げられた津波石であるが、それ以外の岩塊は海食崖から生産されたものである。Maekado (1991) や Kogure *et al.* (2006) は沖縄島あるいは宮古島において、それぞれ海岸の崖をつくっている琉球石灰岩が剥ぎ取られる過程を力学的に解析した。それらによると海面の高さ付近に形成されたノッチの深さが深くなること、崖と平行する割れ目の発達によって岩盤が不安定となり剥離したことによって生産されたことが指摘されている。これらの研究に基づけば、崖の高さに応じた大きさの岩塊が生産されることになる。しかし、島津ほか (2009) は宮古島の海岸の岩塊は場所によって大きさが異なることや崖の高さと岩塊の大きさには単純な関係がないことを指摘した。宮古島南部の保良川ビーチでは高さおよそ 40m の崖下に長径数 m~15m 程度の岩塊が堆積している (瀬戸ほか, 2012), Kogure *et al.* (2006) も取り上げている東平安名岬では高さおよそ 20m の海食崖の前面に長径 10m~30m、さらにそれ以上の大きさの岩塊が点在している。前者では岩塊は不定形で植生はほとんど見られないが、東平安名岬の直方体に近い形をしており、上面が植生に覆われている。本発表では宮古島のそのほかの海岸における岩塊の特徴を調査した結果も加え、特徴の違いを地質構造との関係から検討した結果を報告する。

宮古島では保良川ビーチ、東平安名岬以外の場所にも岩塊は広く分布している。東平安名岬北西およそ 2km にある北向き海岸では最大長径で 10m を超える巨岩が分布しているものの、それらの多くは 10m 以下のブロックに分割されている。新城海岸では長径が 10m を超える巨岩も存在するものの 4m 程度以下の岩塊が多数を占める。浦底漁港では海食崖の高さは 60m 以上あるものの、海岸の岩塊は長径 6m 以下のものがほとんどであり、上述の地点より小さい。宮古島北端付近の島尻では高さおよそ 15m の海食崖の前面に主として 7m 以下で 1 つの面が植生で覆われた岩塊が分布している。

宮古島では琉球石灰岩が島尻層群と呼ばれる半固結の堆積岩を不整合に覆っている。2 つの層の境界は海面より高い場合が多い。琉球石灰岩は多孔質のため浸透能が高いが、下位の島尻層群は細粒砂岩、シルト岩、泥岩で難透水層となっており、その上面に地下水の層ができる。海食崖のある高さに地層境界がある場合には、地下水はその境界から湧出する。保良川ビーチでは地層境界が崖の中央部付近の高さ 14~20m にあり、湧水の湧き出し口では軟らかい堆積岩が侵食されてノッチ状の地形が形成されていた。東平安名岬では 2 つの層の境界は崖の下端近く、高潮位より数 m 高い位置にある。ここでは明瞭な湧水は見られなかったが、しみ出てくる水や暴浪時の波などによって形成されたと考えられる深いノッチが確認できる。ほかの海食崖でも琉球石灰岩と島尻層群との境界に湧水があり、現地では海食崖にアプローチできた地点ではノッチ状の地形が確認された。ノッチが発達すると島尻層群の上を覆う琉球石灰岩は不安定となって崩れる。高いところで崩れると、転がり落ちながら砕ける。海食崖が全面琉球石灰岩できている島尻では Kogure *et al.* (2006) の指摘のように、琉球石灰岩は剥がれるように崩れ、剥がれたときと同じ形で堆積する。海面と地層境界の比高が小さい東平安名岬の場合には、ノッチの形成プロセスは異なるものの、Kogure *et al.* (2006) と同様のプロセスによって岩塊が生産される。2 層の境界の高さがより高く、琉球石灰岩の厚さが薄く、地層境界の高さが海面から高い位置にある新城海岸や城辺運動公園では生産される岩塊の元々の大きさが小さいのに加え、落下途中に割れるために、堆積時点での岩塊の大きさはより小さくなる。

キーワード: 巨大岩塊, 地形プロセス, 海食崖, 湧水, 琉球石灰岩, 宮古島

Keywords: huge block, geomorphic process, coastal cliff, spring, Ryukyu limestone, Miyako Island

10Be,26Alによって示される北東チベットにおける第四期後期の変動地形発達過程 Late Quaternary tectonic development at the northeastern margin of Tibet revealed by 10Be and 26Al

白濱 吉起^{1*}; 宮入 陽介²; 何 宏林³; 傅 碧宏⁴; 狩野 謙一⁵; 越後 智雄⁶; 横山 祐典²; 池田 安隆¹
SHIRAHAMA, Yoshiki^{1*}; MIYAIRI, Yosuke²; HE, Honglin³; FU, Bihong⁴; KANO, Ken-ichi⁵; ECHIGO, Tomoo⁶;
YOKOYAMA, Yusuke²; IKEDA, Yasutaka¹

¹ 東京大学大学院地球惑星科学専攻, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 中国地震局地質研究所, ⁴ 中国科学院地質・地球物理研究所, ⁵ 静岡大学理学部, ⁶ 財団法人地域地盤環境研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Institute of Geology, China Earthquake Administration, ⁴Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (IGGCAS), ⁵Faculty of Science, Shizuoka University, ⁶Geo-Research Institute

Tibetan Plateau has been growing up due to collision between the Indian and Eurasian plates and expanding its area laterally by invading marginal forelands and making them involved into deformation. The mechanism of expansion at the northeastern margin of the plateau is still a subject of much debate due to the scarcity of tectonic researches. In the Kumkol Basin at the northeastern margin of the plateau we made detailed geomorphological mapping using satellite images, and revealed that there is a huge anticlinorium that consists of many thrusts and folds covered with significantly deformed fluvial or fluvio-glacial fans or terraces along the Pitileke River. The development and deformation rate of the anticlinorium would give an important clue to understanding the growth mechanism of the plateau. In order to estimate the deformation rate, we dated depositional surfaces by surface exposure dating by using cosmogenic radionuclides (CRNs), such as ¹⁰Be or ²⁶Al. Field investigations were conducted in 2011 and 2013, and mainly pebbles of vein quartz were collected at 22 points on the surface of fans and terraces. Depth-profile samples were collected also from 3-m deep sections at two points; each depth profile of ¹⁰Be and ²⁶Al concentrations were analyzed for the exposure age, erosion rate, and inheritance by the Monte Carlo simulation. In addition, grain-by-grain CRN concentrations were measured for surface samples from two points to estimate the origin of sediments. Following three inferences were obtained: (1) the sediments of the lower part of terraces and the present river contain reworked sediments; (2) depositional processes and erosion processes are strengthened in the glacial and interglacial period, respectively; (3) the uppermost two steps of terraces were formed before the MIS6 and in the transition period from MIS6 to MIS5, respectively.

キーワード: チベット高原, 柴達木盆地, 変動地形, 表面照射年代

Keywords: Tibetan Plateau, Qaidam Basin, tectonic landform, surface exposure dating

宇宙線生成核種 ^{10}Be より求めた小鹿溪谷の下刻速度の縦断分布：滝と滝壺区間および穿入蛇行区間の発達過程 Longitudinal distribution of incision rates in the Oshika Gorge, Tottori prefecture using terrestrial cosmogenic ^{10}Be :

渡壁 卓磨^{1*}; 小玉 芳敬²; 松四 雄騎³; 松崎 浩之⁴

WATAKABE, Takuma^{1*}; KODAMA, Yoshinori²; MATSUSHI, Yuki³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 鳥取大学大学院地域学研究科, ² 鳥取大学地域学部, ³ 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野, ⁴ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻

¹Graduate School of Regional Sciences, Tottori University, ²Faculty of Regional Sciences, Tottori University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ⁴School of Engineering The University of Tokyo

研究対象である鳥取県三朝町の小鹿溪谷では、溪床勾配と河相との対応関係が知られている。溪床勾配が 0.04-0.05 を示す瀬淵河床区間は、径 1 m 以下の礫が瀬をなす区間である。溪床勾配が 0.08 を示す区間には、径 2 m 以上の巨礫が集積しており、ここを巨礫の集積区間と呼ぶ。これらの溪床勾配は、上流側や支谷から供給された砂礫を滞りなく流下させるような動的平衡勾配になっていると考えられている(小玉・中村, 1997)。小鹿溪谷の中央部には、最急勾配 (0.13) の滝と滝壺区間がある。この滝と滝壺区間における縦断測定の結果は、滝が上流方向へ後退するよりも、むしろ位置を保ったまま下刻する作用の方が強く働いていることを示す(小玉, 2004)。しかし溪谷の発達過程の具体像に関しては、これまでほとんど知見が認められない。

本研究の目的は、宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いて溪谷内に散在する侵食段丘面から縦断的に 7 測線を選び、それらの編年を行い、下刻速度の縦断変化や時代的変遷を明らかにすることである。その上で、小鹿溪谷の発達過程についてより具体的に考察を加える。

その結果、小鹿溪谷の侵食段丘面の地表面露出年代は、最も新しいもので 1.2 kyr (比高 1.2 m)、最も古いものは現河床が保持している核種濃度を考慮に入れて 50.2 kyr (比高 11.0 m) となった。小鹿溪谷内の平均下刻速度は測線によって変化し、0.24~1.40 mm/yr の値をとった。しかし全測線の下刻速度は、中国山地の隆起速度よりも少なくとも 2 倍以上速い。それゆえに、深い谷地形を保ちながら溪谷が維持されていると考えられる。

平均下刻速度の特徴を見ると、瀬淵河床区間と巨礫の集積区間で比較的速く (0.64~1.40 mm/yr)、下流ほど増大する傾向を示した。いっぽう滝と滝壺区間では 0.24~0.57 mm/yr と比較的遅かった。特に上流側の神繩滝と雄淵 (0.24 mm/yr) で最も遅く、下流へ向けて玉藻滝と雌淵 (0.33 mm/yr)、水晶滝と弥六淵 (0.57 mm/yr) と順次速度を増した。また穿入蛇行の顕著な Big Bend 区間では、瀬淵河床区間であるにも関わらず 0.36 mm/yr と遅かった。

これらの下刻速度の違いを流砂現象に関連する河道形状の変遷として考察した。まず、滝と滝壺区間の発達過程について検討した。滝と滝壺区間において、滝と滝壺の形成・成長に伴い河床の凹凸(粗度)が増大することで流砂効率が落ちる。これを補うために増傾斜化が進行して、その結果、下刻速度の遅い測線が出現したと考えた。滝と滝壺区間の最下流に位置する弥六淵では下刻速度が、31.1~17.0 kyr までは 0.99 mm/yr と速かったが、17.0 kyr 以降は 0.30~0.44 mm/yr と遅くなった。前者の下刻速度は、瀬淵河床区間のものとほぼ同じであった。このことは、水晶滝と弥六淵の形成が 17.0 kyr 前後に始まったことを示唆する。測定の結果は、弥六淵の形態はいまだ発達段階にあり、若い地形であることを支持する。神繩滝と雄淵、玉藻滝と雌淵では 5 万年前にすでに滝と滝壺が形成されており、それらの成長に伴って、増傾斜化作用が継続してきた。そのため、下刻速度が遅くなったと理解できる。雄淵から弥六淵へと順に下刻速度が増大しているのは、滝と滝壺の発達が上流側から下流側へと伝播した反映と考えられる。このように小鹿溪谷の滝・滝壺区間は、上流から下流に向けて河道形態が発達してきたモデルを提案できた。弥六淵の形態から、今後も増傾斜化がしばらくつづくと思われる。

つぎに、Big Bend 区間における穿入蛇行の発達過程を考察した。ここでは上流側の瀬淵河床区間 (D・E 測線) の下刻速度が、下流側に位置する滝と滝壺区間の下刻速度より約 3 倍も速いため、必然的に緩勾配化が進行した。その結果、砂礫が堆積しやすくなり、砂礫堆の形成に伴う水流の集中発散が発生し、河道の側方侵食が進んだ。すると溪岸崩壊が多発し、そこから供給された砂礫が砂礫堆をますます発達させた。この過程で大規模な斜面崩壊を招き、Big Bend 区間には堆積段丘状の地形を現在も残し、広い谷底を形成してきた。このようにして小鹿溪谷の中流部に穿入蛇行の特異な区間が発達したモデルを提案できた。

本研究では、宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いて小鹿溪谷内に散在する侵食段丘面の下刻速度を求めた結果、以下のことが明らかになった。小鹿溪谷の下刻速度は、瀬淵河床区間と巨礫の集積区間で比較的速く (0.64~1.40 mm/yr)、下流ほど増大する傾向を示す。滝と滝壺区間の下刻速度は相対的に遅く、下流に向かって下刻速度が増大する。つまり滝・滝壺の形成・発達に応じた増傾斜区間をなしている。滝・滝壺区間の上流側に続く穿入蛇行が顕著な Big Bend 区間は、上下流の下刻速度の差から生まれた緩勾配化により、砂礫堆が発達し、側方侵食が進展して形成された地形である。

HGM22-09

会場:422

時間:4月30日 11:15-11:30

キーワード: 岩盤侵食河川, 下刻速度, 宇宙線生成核種 ^{10}Be , 滝と滝壺区間, 穿入蛇行区間

Keywords: bedrock river, incision rate, cosmogenic nuclide ^{10}Be , waterfall-pool sequence, incised meander zone

宇宙線生成核種を用いた屋久島地域における流域斜面の侵食速度の推定 Basin-averaged erosion rates of Yakushima using cosmogenic ^{10}Be in river sediments

城谷 和代^{1*}; 松四 雄騎²; 松崎 浩之³
SHIROYA, Kazuyo^{1*}; MATSUSHI, Yuki²; MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹ 産業技術総合研究所, 深部地質環境研究コア, ² 京都大学, 防災研究所, ³ 東京大学大学院, 工学系研究科, 原子力国際専攻

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo

侵食のプロセスを議論する上で、降水量や傾斜、地質環境などの異なる条件下での各々の地域の侵食速度を把握することが必要となる。本研究では、気候（降水量）と侵食量の関係および高度、傾斜度と侵食量等の関係を調べることを目的とし、宇宙線生成核種による斜面の平均的な侵食速度の推定を本邦で最も多雨な屋久島地域で行った。その結果、屋久島と比べて降水量が数倍から数千倍も少ない地域で示された侵食速度と屋久島のそれとは、同程度となり、降水量と侵食速度との間には相関関係は示されなかった。このことから、必ずしも降水量が地形形成の決定要因ではないことが示唆された。屋久島は、特異的に降水量が極めて多い地域であるにもかかわらず、長期の侵食速度が遅い地域の一例として位置づけされる。本発表では、得られた定量的な侵食速度データおよび各種地形解析データに基づいて、屋久島における斜面侵食の様式や地形の発達について議論する。

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 25 年度地層処分に係る地質評価手法等の整備（地質関連情報の整備）」として実施した。

キーワード: 屋久島, 流域斜面の侵食速度, 降水量, 宇宙線生成核種

Keywords: Yakushima, Basin-averaged erosion rate, precipitation, cosmogenic Be-10

黒部川現河床堆積物の石英の TL 及び ESR 信号からみる堆積物の年変動 Temporal variation of Kurobe River Sediments revealed by TL and ESR signals in quartz

吉田 真徳^{1*}; 豊田 新¹; 蜷川 清隆¹; 高田 将志²; 島田 愛子³
YOSHIDA, Msanori^{1*}; TOYODA, Shin¹; NINAGAWA, Kiyotaka¹; TAKADA, Masashi²; SHIMADA, Aiko³

¹ 岡山理科大学大学院理学研究科応用物理学専攻, ² 奈良女子大学 文学部 地域環境学コース, ³ 株式会社 JEOL RESONANCE
¹Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science, ²Department of Geography, Nara Women's University, ³Application Support Team, JEOL RESONANCE Inc

河川堆積物の供給起源を推定できれば、気候の変化や地殻の変動などによって生じた過去の河川流域環境の変化を解明する糸口が得られる可能性がある。石英中の E1' 中心の信号強度から求められる酸素空孔量は、風成塵の供給起源を推定する指標として用いられている (Toyoda and Naruse, 2002)。火成岩と深成岩で TL 発光色が異なること (Hashimoto et al. 1991) を基礎にした TLCI (熱ルミネッセンスカラー画像) 及び不純物中心の ESR 信号を用いて、木津川堆積物の供給起源の推定について一定の議論に成功した例がある (島田、2008)。

以上のことをふまえ、本研究では、黒部川流域の河川堆積物について、TL (熱ルミネッセンス) 信号と ESR (電子スピン共鳴) 信号の特徴を調べた。黒部川において、2012年に採取した8個の試料と、2013年に採取した14個の試料を、粒径分け (500-250 μ m, 250-75 μ m) をし、化学処理をおこない石英を抽出し加熱 (300 $^{\circ}$ Cで1h) した。ESRの試料については抽出後、粉碎して250-75 μ mに揃えた。ESR測定用の試料については、9段階に分けて γ 線照射 (最大2640Gy) をおこなった。また TL 測定用の試料については809又は857Gyの γ 線照射をおこなった。

温度—スペクトル同時 TL 測定をおこなったところ、赤色領域の140~250 $^{\circ}$ C (Low Red) と290~370 $^{\circ}$ C (High Red)、青色領域の103~211 $^{\circ}$ C (Blue) にピークが観測された。

発表では、ESR 信号と TL 信号の特徴を比較して報告する。

キーワード: 電子スピン共鳴, 熱ルミネッセンス
Keywords: ESR, TL(thermiluminescence)

鳥取県三朝町高釜における甌穴群の分布特性と発達過程-河川侵食における甌穴の役割-
Distribution pattern and formation processes of potholes in Oshika, Tottori: role of pothole on river incision processes

小玉 芳敬^{1*}; 井上 裕貴²
KODAMA, Yoshinori^{1*}; INOUE, Yuuki²

¹ 鳥取大・地域学部, ² 鳥取大学・地域学部・学

¹Fac.of Regional Sciences, Tottori-Univ., ²Under Graduate, Fac.of Regional Sciences, Tottori-Univ.

はじめに

甌穴とは河床の岩盤面などに形成される侵食穴のことである。河床のくぼみや割れ目に入った砂利が渦流で回転し、岩盤を削り形成される。鳥取県三朝町を流れる小鹿川では、高釜周辺の河床や河岸の岩盤上に多くの甌穴が形成されている。この甌穴群は以前から地元では知られており、個々の甌穴の形状を記載した調査報告が行われてきた(石村ほか; 1986)。

本研究では甌穴群の分布特性と発達過程を明らかにすることを第1の目的とし、一般論として甌穴群が河川侵食過程でどのような役割を持つかを考察することを第2の目的とした。

調査方法

調査は、段丘調査(段丘面区分, 段丘を覆う古土壌のC14年代測定), バルーンを用いた平面写真撮影, 測量調査(縦断測量, 横断測量), 篩による粒度分析の4つを行った。

結果および考察

i) 甌穴群が発達する高釜の河道中央に露出した岩盤は、侵食段丘面(第8面)の名残であった。第8面を覆う土壌層から採取した試料のC14年代測定結果は、約3,500年 calBPであった。すると、高釜甌穴群は約3,500年 calBP以降に形成されたことになる。

ii) 第8面形成後、掃流砂礫量が減少する過程で、縦渦に対応した縦溝が岩盤に刻まれ、その内部に甌穴が発達した。そのため、甌穴は列状配置をなしている。列状に並んだ縦溝のうち最も右岸側のものが選択的に侵食されて、現在の流路となっている(図)。

iii) 高釜は遷急区間に位置し、河岸や河床は割れ目の少ない硬質凝灰岩で構成され、甌穴を形成するのに適したサイズの礫(32~128mm)が流下する。つまり甌穴群の形成条件を満たした場所である。

iv) 高釜の投影縦断面(図)を見ると、河道中央の堅固な岩盤を縦溝や甌穴群が低水流路近くの高さにまで下刻していることがわかる。

v) 掃流砂礫量が多いときには面的(カンナ状)侵食による侵食段丘面を、少なくなるに従って線的(ノコギリ状)侵食による溝を、さらに点的(ドリル状)侵食による甌穴群を形成している。つまり甌穴群は河川侵食過程において、少ない運搬砂礫量で固い岩盤を効率よく侵食する重要なプロセスと捉えられる。

キーワード: 甌穴群, 地形発達過程, 列状配置, 河川侵食過程, バルーン平面撮影, 鳥取県三朝町小鹿川

Keywords: potholes, pothole developing processes, line distribution, river incision processes, balloon photos, The Oshika River, Tottori, Japan

HGM22-12

会場:422

時間:4月30日 12:00-12:15

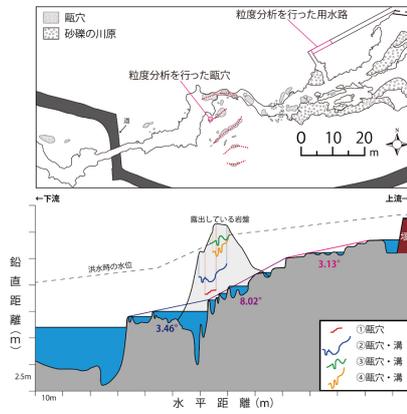


図 三朝町高釜にみられる甌穴群の平面図 (上) と縦断面図 (下)