

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350424

研究課題名(和文)地殻変動の様式変化による山地河川発達への影響：室内モデル実験と力学的理解

研究課題名(英文)Response of mountainous rivers to uplift: laboratory experiments

研究代表者

遠藤 徳孝(Endo, Noritaka)

金沢大学・自然システム学系・助教

研究者番号：60314358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：地殻変動の影響を強く受ける山岳河川の発達過程に関しては、平野に発達する沖積河川と比べて理解が遅れている。そこで、山岳河川の室内モデル実験を行った。(1)中流域のみが隆起する場合と(2)流域全体が傾動隆起(陸側が海側より速く隆起)について行い、以下のことが分かった。(1)隆起地帯を河川が流れ続けるか、流路放棄が生じるかは、下刻(河川が河床を下方に削る)速度と隆起速度の大小関係のみで決まるような単純なものではなく、周辺の流路パターンの変化に支配される複雑なメカニズムによる。(2)本流と支流の縦断形発達の時間的なずれが、隆起がない場合に比べて小さくなる。

研究成果の概要(英文)：Developmental processes of mountainous rivers has not been well understood in comparison to alluvial rivers on plains. In this study, laboratory (model) experiments were conducted under two types of uplift: (1) uplift only in a midstream area and (2) tilting uplift over the whole basin (uplift rate increases landward). Under (1), whether the stream continues to flow inside the uplift area or abandons the uplift area is not determined only by the balance between incision and uplift rates, but controlled by complex reaction due to change in channel networks in surrounding areas. Under (2), difference between timings of long-profile development of a trunk channel and tributaries is unclear in comparison to the case of no uplift.

研究分野：地形学

キーワード：山地河川 岩盤河床 隆起 室内モデル実験

### 1. 研究開始当初の背景

変動地形学の分野では、地形学的特徴から地殻変動や世界的海水準変動の履歴を探索の研究が続けられて来たが、山岳地域の地殻変動については未解明なことが多い。山地斜面崩壊については多くの地形学的研究があるが、時間スケールが短いため地殻変動と結びつけ難い。一方、岩盤河床を持つ山地河川は発達速度が遅いため地殻変動の時間スケールと調和的である。しかし、山地河川の発達メカニズムは十分に解明されていないのが実情である。また、現実の(自然界の)河川では、隆起が活発な地域で河岸段丘がよく発達するが、河成段丘の発達過程について室内モデル実験を行った先行研究では、急激で1回きりの変動や空間的に一様な変動に対しては調べられたが、傾動隆起や地域的な隆起に対して山岳河川がどう応答するかについては十分に調べられてこなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、室内モデル実験により、傾動や地域的に限定された隆起など隆起速度が場所によって異なる場合に、河川がどのように応答を調べる。河川や流域の形状変化、および、その履歴として地形に残される河成段丘に着目する。野外観測の場合は、継続的(長期的)な観測が困難であり、室内モデル実験はこの点を補うものである。また、自然地形を考察する場合、地質の不均一性や、地域によって気候が異なることによる岩盤の風化速度の違いなど複雑な要因を考慮しなければならないが、実験であれば均質な基盤に対して、再現性の良い降雨を充てることもメリットとして挙げられる。

### 3. 研究の方法

約1×1.5mの平面水路内で、岩盤河床模擬材料の上に降雨により流水を生じさせ、地形発達や碎屑物輸送過程を観察・測定する。降雨は、雨滴によるクレーターが生じないように、粒子の細かい霧状の散水が可能なノズルを使用した。岩盤河床模擬材料として、細粒砂に適度な粘土を混ぜたものを用いた。地形は、レーザー変位計および写真測量を用いてDEM(3次元地形データ)を得ることで定量化する。写真測量は、水槽内の地形を、航空写真の要領で位置を変えながら多数撮影し、市販のソフトウェアを用いて3次元データ化することにより行う。隆起は、(1)部分隆起(水槽底面の一部を矩形にくりぬいて、水槽下部から中流域の基盤をモーターで押し上げる)および(2)傾動隆起(電動ジャッキにより水槽全体の傾斜を変える:山側の隆起速度が速い)の2つのケースについて行った。(1)(2)のいずれの場合も、マイクロコントローラにより設定された速度で継続的にモーターを駆動することができる。

### 4. 研究成果

(1) 十分発達した河川の中流域が隆起する場合の河川の変化:

この実験では中流域以外は隆起も沈降しないテクトニックに安定な状態を仮定している。この場合、本流・支流含め概ね隆起帯を避けて流れようとする傾向が見られた。つまり、流路は側方移動(側方侵食)により隆起帯の外の安定した場所へと移動する。しかし、一部の流路は隆起帯を貫いて流れ続ける。局所的に見た場合、且つ、ある程度の時間間隔に渡って見た場合は、従来の考え方通り、下刻速度が隆起速度を超えていれば、流路は隆起帯を流れ続けることができると言える。しかし、隆起帯およびその周辺で流路網の再構成が行われ、河川の応答は単純ではなかった。ある特定の(時間的に連続して存在する)流路での流量は一定ではない。隆起開始後の下刻速度は、隆起が始まる前の河川の状態から予想される侵食速度とは一致せず、時々刻々と変化する。そのため、流路が隆起帯を流れ続けるか、放棄されるかをあらかじめ予想するのは難しく、少なくとも一本の流路だけでなく、近隣の流路を含めて考える必要があることが分かった。

(2) 傾動隆起(山側の隆起速度が速い)に対する河川の応答:

平坦な地形から開析が始まる場合、隆起の有無にかかわらず、流域面積の時間発展は2段階に分かれるように見える。初めの速い増加と、その後の遅い増加である。例えば図1のような流域において、流域面積(開析された面積)は図2のような時間発展を示す。

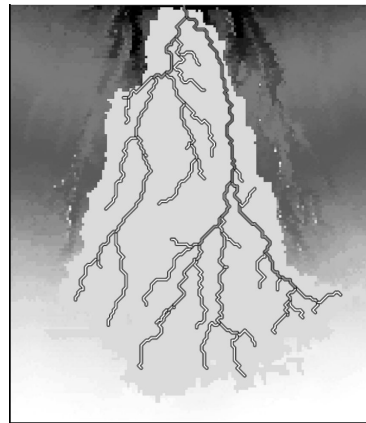


図1

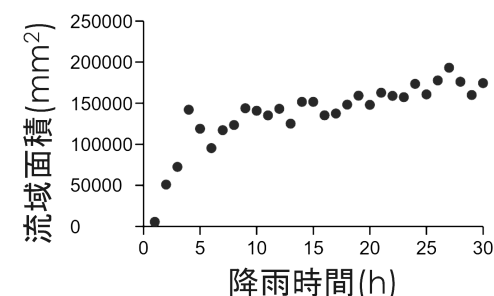


図2

これは、多くの流量を得ることができる本流が初めに発達し、それに続いて支流による亜流域が発達することによる。先行研究の定性的な観察とも調和的である。ただし、傾動隆起の場合、流域面積と違い、縦断形の発達は隆起がない場合と比べると明瞭ではなかった。

傾動隆起速度が変化した場合の応答についても検討した。傾動速度が  $0.36^\circ/h$  で一定のままの場合と、途中で  $0.6^\circ/h$  に上げた場合とで比較した。前半の  $0.36^\circ/h$  の間では両者の違いはほとんどなく、同じ時間で比べると、谷頭の位置は異なるものの縦断形の勾配は一致した。後半の  $0.6^\circ/h$  において勾配はしばらく増加したがその後落ち着き、新しい動的平衡状態に遷移したと考えられる。この動的平衡状態に達する途中の時点で、比較的大きな遷急点(スロープ・ブレイク)が生じた。

### (3) 河成段丘の発達過程:

野外調査では、段丘が発達する場において下刻速度を見積もる際、段丘の離水年代と現河床との高低差を用いて下刻(侵食)速度を見積もることがある。モデル実験では、発達過程の途中を見ることができるので、以下の2つの方法で侵食速度を計算した。(1)野外で行われる手法と同様の、段丘の形成時期と河床からの高低差から求めた侵食速度と(2)実験中に得られた地形データ(DEM)に基づいて、一定時間経過後の差分からもとめた実際の侵食速度。(1)で求めた侵食速度は、段丘形成後の経過時間が短いほど大きく、その後、その速度が収束していく傾向にあり、野外研究で指摘されている侵食速度低下がみられた。一方、(2)で求めた侵食速度は、短いタイムスケールで振動を示した。(2)は河床の高さの変動によるもので、この変動と同程度以上のスケールで時間平均をとると時間スケールに応じて変動の効果が相対的に小さくなることで(1)の結果となり、野外調査でも同様の理由によることが示唆される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計7件)

Sota Iijima, Noritaka Endo, 2016, Response to the uplift of a single channel in mountain rivers: Laboratory experiments. 2016年5月23日, 幕張メッセ(千葉県・千葉市).

Reiko Genno and Noritaka Endo, 2015, Profile of graded river and a role of knickpoints: laboratory experiment. The

12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2015年9月5日, 台北(台湾)

Yuki Tsuzuki and Noritaka Endo, Development stages of river basins in model experiments. The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2015年9月5日, 台北(台湾).

Noritaka Endo, 2015, Simple cellular automaton model for bed with sparse sand. The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2015年9月5日, 台北(台湾).

Reiko Genno, Noritaka Endo, Adjustment processes of river longitudinal profile: laboratory experiments. 日本地球惑星科学連合 2015年大会. 2015年5月26日, 幕張メッセ(千葉県・千葉市).

Yuuki Tsuzuki, Noritaka Endo, 2015, Landform development of bedrock river focusing on the planform: Laboratory experiments. 日本地球惑星科学連合, 2015年5月26日, 幕張メッセ(千葉県・千葉市).

仲内 拓野・遠藤徳孝, 局所的な隆起による河川への影響に関するモデル実験. 日本地球惑星科学連合 2014年大会. 2014年4月30日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市).

[図書](計1件)

Noritaka Endo and Takuya Nakauchi, Model study for response of river on tectonic activities: flume experiments for bedrock rivers affected by localized uplift. 書籍「(題名) *Earth surface processes and environmental changes in East Asia – records from lake-catchment systems.* (K. Kashiwaya, J. Shen and J.Y. Kim 編)」, Springer (New York) の中の p307-321 (Chapter 16).

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

遠藤 徳孝(ENDO, Noritaka)

金沢大学・大学院理工研究域・助教  
研究者番号：60314358

(2)研究分担者

片岡 香子 (KATAOKA, Kyoko S.)  
新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授  
研究者番号：00378548

(3)連携研究者

松四 雄騎 (MATSUSHI Yuki)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：90596438

柳田 達雄 (YANAGITA, Tatsuo)  
大阪電気通信大学・工学部・教授  
研究者番号：80242262

(4)研究協力者

( )