

基盤地質と流域の土砂生産に支配された穿入蛇行河川の発達：  
四万十川中流区間における実証的研究

Controlling Factors for Formation of an Incised Meandering River: A Case Study in the Shimanto River, Western  
Shikoku, Japan

○辻 哲也・松四雄騎

○Tetsuya TSUJI, Yuki MATSUSHI

We investigated river morphology and denudation rates in Shimanto River basin, Kochi prefecture, Japan to explore feedback system between riverbed erosion and sediment supply that influences formation of meandering bedrock channels. The Shimanto River forms a typical incised meandering channel, which developed on accretionary prism mainly composed with sandstone-mudstone alternating beds. Sinuosity of the channel gradually increases downstream in the sandy area. This study attempts to quantify relationship between meandering enhancement, sediment supply from tributaries, and incision rate of the main stream. The rates of sediment supply and incision were determined based on cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  concentration in quartz in the samples collected from fluvial sand and bedrock exposed on the riverbed. We examined the development of bedrock river meandering using the cosmogenic nuclides-derived erosion rates and field survey results. Preliminary results will be reported in the presentation.

1. はじめに

岩盤河川の蛇行度は、洪水の頻度やそれに伴う土砂移動頻度の大小といった気候因子(Stark et al., 2010)のほか、河床の受食性といった地質的因子(Johnson and Finnegan, 2015)の影響を受ける。岩盤河川の蛇行については、種々の理論や概念的モデルが提案されるとともに、小スケールのアナログ実験(Shepherd, 1972)や数値シミュレーションで蛇行河川の生成に成功した例が提示されるなど、研究が進んできている。また、現実の地形に対しても、洪水頻度や岩盤強度などとの対応関係に基づいて蛇行度の空間的差異を説明した例があるが、任意の場所の岩盤河川の蛇行の支配要因を明らかにしたうえで、その発達過程の数量的な説明に成功した例はない。

本研究では、地理情報システムと宇宙線生成核種というツールを用いてこの問題を解決するとともに、それらにより得られるデータを、踏査による岩盤物性の測定や砂礫堆積量の決定と組み

合わせ、現実の地形に対して初めて実証的研究の展開を試みる。調査は、付加体を基盤とする四国山地の西部を西流する四万十川の中流区間を対象に実施した。この区間では、基盤が泥質岩から砂質岩へと変化すると、流路形状が一旦直線化したのち、下流に向かって再び蛇行度が増大するという特徴的な地形の遷移が認められる。この範囲の流路および流域を対象に、地理情報システムを用いた地形の解析、野外調査に基づく河床岩盤の物性測定と流下堆積物量の推定、鉱物中の宇宙線生成核種の分析による河川の下刻速度および支谷からの砂礫の供給量の決定を行う。これにより、この区間における穿入蛇行の空間的な変化を明らかにするとともに、河床摩耗材としての砂礫の供給量の変化や、河川の砂礫運搬容量、侵食営力に対する岩盤の抵抗性といった因子が、どのようにして岩盤河川の下刻および側刻、ひいては、その縦断形や平面形を制御しているかについて考察した。

## 2. 手法

宇宙線生成核種  $^{10}\text{Be}$  を用いた侵食速度の定量化手法 (Lal, 1991) により, 河床の下刻速度と流域の平均侵食をそれぞれ7地点, 8流域で算出した. また, 現地調査においては河床基盤岩を構成する地質の調査およびシュミットロックハンマーを用いた岩盤強度の測定を行った. また, 河床の土砂堆積環境の調査として UAV を用いて空撮した低高度航空写真判読に加え, 寄州の厚みの測量および構成礫の粒径測定を行った.

## 3. 結果

河床を構成する基盤岩の強度と蛇行度の関係性は部分的であるため, 穿入蛇行発達の支配要因としての基盤岩特性の寄与率は低いものと推定される. 宇宙線生成核種の核種濃度の測定により導出した岩盤下刻速度は normalized steepness index ( $k_{sn}$ ) と  $k_{sn} < \sim 200$  の範囲で高い線形相関にあり,  $k_{sn}$  の値は四万十流域内の9割以上で200以下の値を取っていることから, 同流域の大部分では, 河道の下刻速度と隆起による地形発達速度が均衡した定常状態に達しているものと推定される.

流域から供給される土砂量とその輸送能力に着目すると, 梶原川の合流以後で流量に対する土砂量の比率が突然上昇することがわかった. 現地調査の結果を踏まえると対象流路は, 梶原川の流入前後で異なる地形発達プロセスを維持した状態であることが予想される. 梶原川の合流以前の上流側ではその比率が低く, 土砂は洪水時に容易に輸送されるために土砂は摩耗材として河床を下刻する. これにより上流側の区間では, 直線的な流路を維持した状態となる. これに対し下流側ではその比率が高く, 輸送されにくい土砂が寄州を形成し, 偏流の効果によって側方侵食および蛇行が促進されるフィードバックシステムを維持した状態で定常状態に至っていると考えられる. 以上より, 四万十川中流区間では, それぞれの定常状態における蛇行への寄与率が梶原川の流入を機に変化するために, 空間的に異なる蛇行度を

もつ河川形状を作り出しているものと推定される.

## 4. 引用文献

Johnson, K. N., and Finnegan, N. J. (2015) A lithologic control on active meandering in bedrock channels. *Geological Society of America Bulletin*, 127(11-12), 1766-1776.

Lal, D. (1991) Cosmic ray labeling of erosion surface: in situ nuclides production rates and erosion models. *Earth and Planetary Science Letters*, 104, 424-439.

Stark, C. P., Barbour, J. R., Hayakawa, Y.S., Hattanji, T., Hovius, N., Chen, H., Lin, C.-W., Horng, M. J., Xu, K. Q., and Fukahata, Y. (2010) The climatic signature of incised river meanders. *Science*, 327, 1497-1501.

Shepherd, R. G. (1972) Incised river meanders: Evolution in simulated bedrock. *Science*, 178, 409-411.