

氏名	Sigdel Ashok	
学位の種類	博士（理学）	
学位記番号	総博甲第87号	
学位授与年月日	平成25年9月24日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項	
文部科学省報告番号	甲第495号	
専攻名	マテリアル創成工学専攻	
学位論文題目	<p>Evolution of the fluvial systems and petrography of sedimentary rocks of the Miocene Siwalik Group, Karnali River section, Nepal Himalaya: implications for provenance, paleoclimate and Himalayan tectonics  （ネパールヒマラヤ、カルナリ川沿いの中新統シワリク層群から読み取る河川システムの発達と堆積岩の岩石学: 堆積物の起源, 古気候, ヒマラヤのテクトニクスへの意味づけ）</p>	
論文審査委員	主査	島根大学准教授 酒井哲弥 島根大学教授 石賀裕明 島根大学教授 三瓶良和 島根大学教授 入月俊明 島根大学准教授 Roser, Barry, P

## 論文内容の要旨

Fluvial deposit of the Miocene Siwalik Group (4000–6500 m thick) was accumulated in the Himalaya foreland basin. The Siwalik Group is considered to be an important archive of Himalayan uplift and related climate changes. It is thought that uplift of the Himalaya affected world climate pattern. A noticeable effect was global cooling due to the absorption of carbon dioxide by the chemical weathering process induced by increased rainfall (Indian Summer Monsoon) due to uplift. Although several studies have been focused on the Siwalik Group by using different methods to reconstruct the monsoonal climate change, the lack of the studies on possible causes of the gap of the estimated timing of climate change is not yet clear. One probable cause is the effect of local climate change induced by local topography.

This study analyzes the fluvial successions of the Siwalik Group along the Karnali River, where the large paleo-Karnali River is presumed to have flowed, and in which local climatic effects should be minimal. Therefore, the Karnali River section is expected to contain a good record of regional changes in climate and tectonics. Because fluvial facies are directly affected by increased precipitation related to climate change and increase in sediment supply associated with uplift, lithostratigraphic and fluvial facies studies were conducted to understand the changes in depositional system. Petrographic analysis was also carried out to determine the sediment source area and related tectonic setting.

The newly established stratigraphy of the Karnali River section is: Chisapani Formation (equivalent to Lower Siwalik, (2045 m), Baka Formation (equivalent to Middle Siwalik, (2740 m), Kuine and Panikhola Gaun Formations (equivalent to Upper Siwalik, 1500 m) in ascending order. The Chisapani Formation is composed of interbedded red mudstones and fine- to medium-grained sandstones. The Baka Formation is composed of medium- to coarse-grained 'salt and pepper', pebbly sandstones interbedded with greenish grey mudstones. The Kuine and Panikhola Gaun Formations consist of thick pebble, cobble to boulder conglomerates.

Based on facies analysis, six facies associations (FA1-FA6) were identified. The individual facies associations represent fine-grained meandering river systems (FA1), flood flow-dominated meandering river system (FA2), deep (FA3) and shallow (FA4) sandy braided river systems, followed by gravelly braided river systems (FA5) and a debris flow-dominated braided river system (FA6), respectively. The facies change from FA1 to FA2 is an important indicator of climate change. The change from fine-grained meandering river deposits with red soils (15.8-13.5 Ma) to the flood flow-dominated meandering river deposits with greenish grey mudstones (13.5-9.6 Ma) indicates increased water discharge after 13.5 Ma, which resulted from increased precipitation. Appearance of playa lake facies in FA2 also reflects a seasonal increase in precipitation. In contrast, the timing of this facies change ranges from 10.5 to 9.5 Ma in other Nepal Siwalik sections. The earlier facies changes in the Karnali River section at about 13.5 Ma may have been due to intensification of the Indian Summer Monsoon. Earlier uplift in the western Nepal Himalaya may also have caused higher orographic rainfall in this region. The change from a meandering river system to a braided river system at about 9.6 Ma is probably related to progradation of large alluvial fans in the ancient Indo-Gangatic Plain.

The results of petrographic analysis confirm that the sediments were mainly derived from the Higher Himalaya and the Lesser Himalaya throughout the deposition. The Higher Himalaya was a major source terrain even in the early stage (16.0 Ma) of deposition, and Lesser Himalayan contribution increased after 13.0 Ma. This indicates the Lesser and the Higher Himalayas were deeply incised by the large paleo-Karnali River. The petrographic results along with previous studies from all Siwalik sections suggest the diachronous uplift of the Himalaya, which began earlier in far western Nepal.

The early uplift and related orographic rainfall are consistent with other studies which show extension of drier areas in western China and restriction of humid areas to southern China during the late middle Miocene (13.5 Ma). The uplift may have suppressed deep penetration of wind originating from the Indian Ocean to the Tibetan Plateau, creating a rain shadow zone in western China, and significant orographic rainfall in the frontal Himalaya.

# 論文審査結果の要旨

申請者の研究では、極西ネパール、カルナリ川沿いに分布するシワリク層群と呼ばれる地層を対象とし、地質調査を行った。カルナリ川沿いに分布するシワリク層群はこれまでもいくつかの研究の対象とはなっていたが、地質学の一番の基礎である岩相層序が確立されていなかった。このため申請者は最も基礎的な調査から着手した。調査結果に基づき、申請者は岩相層序区分を提唱し、さらに地層が堆積した環境の変遷を明らかにした。これまでも大まかな復元はなされていたが、彼の研究ではこれまでにない高解像度で環境の復元に成功した。その結果、他のシワリク層群が露出する地域と、ほぼ同じ河川環境の変化が起きていることがわかった。それらは地層の下位から順に蛇行河川の発達する場、蛇行河川が発達し洪水が頻発していた場、砂質な網状流河川が発達する場、礫質な網状流河川が発達する場という変化である。この変化はインド亜大陸がユーラシア大陸に衝突することに伴い、かつてのガンジス平原がヒマラヤ山脈に向かって移動していく過程を反映したものである。

申請者は復元された環境変化をもとに、気候変動の復元を行った。カルナリ川はヒマラヤ山脈から流れ出る大河川の1つであり、現在の流路の位置、これまでの地球化学的研究から、過去にもほぼ同じ位置にカルナリ川が流れていたと予想される。大きな河川が気候変動、具体的には降水量の変化によってその形や堆積物の特徴が変わるためには、大きな降水量の変動が必要である。そのため、過去のカルナリ川の河川堆積物は、気候変動のシグナルを捉えるのに最適である。先に述べた河川流路の変化のうち、洪水が頻発する蛇行河川の出現は、明らかに河川流量の増加、すなわち降水量の増加を反映しており、これがヒマラヤ山脈南縁で夏期モンスーンが強まった証拠であると考えられる。この地点では1350万年前にその変化が起きたことが示された。申請者の行った周辺地域の気候学的研究のレビューから、このときにチベットでは乾燥化が起きたことがわかった。この気候変化がヒマラヤ山脈の隆起、インド洋からチベットへの気流の流入が妨げられたことに伴う変化である可能性が示された。

また申請者は河川流路堆積物の砂粒子の鉱物組成を詳細な統計処理も含めて解析を行った。それによると、早い時代から高ヒマラヤ帯（ヒマラヤ山脈の最も高い部分）より堆積物が供給されていることが示された。また、供給源の多少の変動は見られたが、鉱物組成はシワリク層群全体を通じて、大きな変化を示さないことがわかった。これはヒマラヤ山脈が東側に比べて、西側で早くに隆起が起きていたことと整合的であり、大きな集水域が維持され続けていたことが確認された。よって、ここで検出された気候変化の記録は、極西ネパールにおける広域的な気候変化記録として用いることができるとの結論に至った。

申請者の研究はヒマラヤ山脈での気候変動、それを引き起こしたテクトニクスを考える上で重要な成果であり、高く評価できるものである。申請者の研究成果は博士の学位にふさわしいものであると判断される。