

天竜川～遠州灘を例にした河川－海岸系の砂礫にはたらく円磨作用の特徴

Grain abrasion of gravel-sand in fluvial-beach systems: the case study of Tenryu River to Enshu Coast, central Japan

*宇津川 喬子¹、白井 正明¹

*Takako UTSUGAWA¹, Masaaki Shirai¹

1. 首都大学東京大学院 地理学教室

1. Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

砕屑粒子は河川から海浜へと運搬される過程で破碎作用や摩耗作用を受ける、すなわち角張ったり丸みを帯びたりしながら最終的に「円磨」される。こうした粒子の形状、特に輪郭の滑らかさを評価する「円磨度」は、砕屑物の堆積環境や運搬－堆積過程などを示す指標として、長年様々な研究で用いられてきた (Krumbein1941; 宇津川・白井2016a)。河川環境において、相対的に細かい礫は粗い礫に比べて円磨度が低い傾向が知られており (Sneed and Folk1958), Utsugawa (2017MS) は渡良瀬川水系の礫だけではなく粗粒な砂 (径0.5～128 mm) においても、その傾向を確認した。細かな粒子がより角張る要因としては、粗い粒子より耐久性があること (Kodama1994) や運搬中の粒子同士の衝突しにくさ、また、新しく生産された、すなわち角張った粒子の供給 (宇津川・白井2016b) があげられる。発表者らは、粒径と“運搬環境 (水流条件、底質の粒径等)”によって、粒子にはたらく円磨作用が異なると考え、河川下流～海浜環境において、河川環境ではほとんど円磨されない傾向にある砂粒子の円磨度変化を検証した。

本研究では、砂粒子でも同定しやすい微粒子で構成され、運搬－堆積リサイクルの影響が少ない岩種 (“軟らかい”頁岩および“硬い”チャート) を選定し、天竜川中流域のダム群より下流域から遠州灘海岸にかけての約62km計6地点において、砂粒子 (粗粒砂～極粗粒砂; 径0.5～2 mm) の円磨度を調べた。ふるい分けした試料から、デジタルマイクロスコープVHX-1000 (KEYENCE社製; 首都大学東京地理学教室所有) を用いて頁岩とチャートを選別した。円磨度は、画像解析型粒度分析装置FF-30micro (ジャスコインタナショナル社製; 同上) に搭載されている画像解析ソフトウェアPIA-Proを用いて“O. Bluntness” (Pirard1993MS) を測定した。O. BluntnessはKrumbein (1941) の円磨度印象図の階級値と高い相関があり、独自に求めた換算式を用いてこの値から“Krumbein円磨度”を再計算した。

粗粒砂 (径0.5～1 mm) と極粗粒砂 (径1～2 mm) の頁岩およびチャートの円磨度 (約110～130粒) を調べたところ、両岩種とも、全体的な傾向として、極粗粒砂よりも粗粒砂の方がやや低い円磨度平均値を示すとともに、海浜での運搬距離が長くなるにつれて円磨度が高くなる傾向が得られた。特に河口から最も遠い前浜での円磨度はチャートでも高い。石英粒子が河川よりも海浜での波の作用 (粒子の往復運動) で顕著に円磨されることは以前から知られているが、本研究では、頁岩およびチャートでも同様の傾向が観察された。興味深い点として、河口付近 (河口州前浜側および河口から約3 kmの前浜) について詳細に検討すると、頁岩の円磨度平均値が海浜環境であるにもかかわらず上昇しなかった。河口付近では、天竜川から供給された礫 (主に径2～64 mm) が前浜表面に広く堆積しており、日常的な波の作用でも転動や跳動を繰り返している様子が観察される。こうした粗い粒子同士が波の作用によって衝突し、新たに生産された、すなわち角張った粒子の供給が河口付近の前浜では盛んであると推察される。

引用文献

宇津川喬子・白井正明 2016a. 地理学評論89: 329-346.

宇津川喬子・白井正明 2016b. 日本地球惑星連合大会2016年大会要旨 (HGM14-P07) .

Kodama, Y. 1994. Jour. Sed. Res. A64: 76-85.

Krumbein, K. C. 1941. Jour. Sed. Pet. 11: 64-72.

Pirard, E. 1993MS. Doctoral Thesis submitted to Univ. of Liege (in French).

Sneed, E.D. and Folk, R.L. 1958. Jour. Geol. 66: 114-150.

Utsugawa, T. 2017MS. Doctoral Thesis submitted to Tokyo Metro. Univ.

キーワード : 砂、円磨度、円磨作用、天竜川、遠州灘

Keywords: sand, roundness, grain abrasion, Tenryu River, Enshu Coast

星砂の磨耗度と放射性炭素年代に基づく瀬底島海浜堆積物の年代と堆積過程

Age and depositional process of beach sediments around Sesoko Island (Okinawa, Japan), based on abrasion grades and radiocarbon ages of *Baculogypsina* (Foraminifera)

*伊藤 真裕子¹、森 愛²、本郷 宙軌²、浅海 竜司²、宮入 陽介³、横山 祐典³、藤田 和彦²

*Mayuko Ito¹, Ai Mori², Chuki Hongo², Ryuji Asami², Yosuke Miyairi³, Yusuke Yokoyama³, Kazuhiko Fujita²

1. 琉球大学大学院理工学研究科物質地球科学専攻、2. 琉球大学理学部物質地球科学科、3. 東京大学大気海洋研究所

1. Graduate School of Engineering and Science University of the Ryukyus, 2. Faculty of Science, Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Topographic changes of coral-reef beaches are predicted to occur due to sea-level rise associated with global warming. Beach sediments are mainly composed of skeletal fragments and shells produced by calcifying organisms, which are sensitive to environment changes. However, the production age, transport time and depositional age of beach sediments have not yet been fully understood. Here we show the age and depositional process of beach sediments around Sesoko Island (Okinawa, Japan), based on the abrasion grades and radiocarbon (¹⁴C) ages of *Baculogypsina* (star sand; Foraminifera). Results of abrasion-grade analysis showed that well-preserved tests of *Baculogypsina* (a pristine test with most spines remained) became fewer from the reef flat toward the beach, where abraded tests with no spines were found abundantly. Results of ¹⁴C dating showed that all *Baculogypsina* ages were after ca. 1300 cal AD, while most of coral fragment ages were younger (ca. 1700 cal AD-Modern) than *Baculogypsina* ages. *Baculogypsina* ages generally became older from the reef flat toward the beach. *Baculogypsina* ages in beach sediments were younger in the north side than the south side. These results suggest that the production of *Baculogypsina* tests increased after 1300 cal AD. This is likely caused by the formation of a reef flat (i.e. the increase of foraminiferal habitats) related to a relative sea-level fall at late Holocene. After transported from a reef flat, *Baculogypsina* tests were deposited into a beach mainly from the north to the south by nearshore currents. The presence of modern coral fragments brought by tidal waves and typhoons suggest that beach formation continues until present.

キーワード：有孔虫、サンゴ礁、海浜堆積物、放射性炭素年代、磨耗度

Keywords: foraminifera, coral reef, beach sediments, radiocarbon age, abrasion grade

確率論的評価による鎌倉市および逗子市の海岸低地埋積過程モデル Probabilistic Evaluation of Coastal Aggradation Models of Kamakura and Zushi areas, Japan

*萬年 一剛¹

*Kazutaka Mannen¹

1. 神奈川県温泉地学研究所

1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

相模湾北東岸に位置する鎌倉市および逗子市の海岸低地では、現在の海面高度付近に礫質の干潟堆積物が広く認められる。この堆積物の炭素14年代値は3つのグループを形成し、各々のグループの年代は、歴史文書から確認出来る大地震の時期に近接している。このことから、干潟堆積物の形成がテクトニックな変動を反映している可能性が指摘された（萬年ほか、2014；第四紀学会予稿）。しかし、年代値や限られたボーリングの地質観察からだけでは、干潟堆積物が徐々に拡大していった可能性を否定することは難しい。そこで、本研究では、干潟の埋積が連続的に行われた場合（Model 1）と、間欠的に行われた場合（Model 2）のどちらかが観測された炭素14年代分布をより説明できるか、確率論的に考察した。

まず、各埋積モデルについて干潟堆積物全体の炭素14年代分布モデルを求めた。この年代分布モデルから、実際のボーリング調査同様のサンプリングをした際、実際のボーリング調査で得られた炭素14年代分布と「似た」ものが得られる確率を p^* と定義し、 p^* 値をモンテカルロ法により計算しモデル間で比較した。ここで「似た」とする定義は、2標本の母集団の確率分布が異なっているか否かを調べる為に用いられるコルモゴロフ・スミルノフ（K-S）検定を用いた。また、Model 1については干潟の存続期間、Model 2は干潟の形成時期を可変のパラメータとしたほか、また干潟堆積物中の物質の平均滞留時間を様々に仮定し、実際のボーリング調査で得られたサンプルの年代分布を最も説明するシナリオを探索した。

その結果、Model 1の最適解は干潟の存続期間がAD1800-500で、その時の p^* 値は0.0600であった。Model 2の最適解は干潟の形成時期が、AD1680および1180、780で p^* 値は0.2150であった。また、歴史地震（1703, 1257, 878）と干潟の形成が関係しているというシナリオで、 p^* 値は0.0942であった。Model 2の炭素14年代分布モデルと実際の年代分布を比較すると、1703年、1293年、1257年の地震に関連して干潟が形成または定置した可能性は高いと判断できたが、878年の地震に関しては関連性が薄いように見えた。

以上のことから、鎌倉・逗子の海岸低地に認められる干潟堆積物は、1) 連続的な埋積と言うより間欠的な埋積によって形成された可能性が高く、2) 埋積の間欠性は歴史地震と関係している可能性があるが、3) その他の要因も考慮する必要がある、と結論できる。

キーワード：干潟、埋積過程、歴史地震、年代測定、相模湾、確率論的評価

Keywords: tidal flat, aggradation, historical earthquake, dating, Sagami Bay, probabilistic evaluation

生物攪拌は初生堆積構造をどう変える？：ルール型格子モデルによる検討

Investigation of preservation potential of sedimentary structures by ruled-lattice model for bioturbation

*小川 琴奈¹、成瀬 元¹

*Kotona Ogawa¹, Hajime Naruse¹

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室地球生物圏史分科

1. Biosphere Study Group, Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Kyoto University

生物攪拌とは、巣穴の形成や採餌といった底生生物の活動によってすでに堆積した粒子が拡散・混合されることを指す。地表面の堆積物は多くの場合、底生生物による生物攪拌作用を受けている。生物攪拌によって地層中に含まれる化石の産出層準が時間的に平均化されたり、初生的な堆積構造が失われたりする現象が起こる。すなわち、地質記録から古生態系の構造や機能を復元したり、古環境情報の保存確率を検討したりするためには、生物攪拌によってどれほどの初生的な情報が失われたかを定量的に見積もることが重要になる。そこで、本研究は、生物攪拌作用による初生的な堆積構造の保存確率がどのような要因によって決まるのかを定量的に検討するため、生物攪拌のルール型格子モデルによる数値計算を行った。その結果、生物攪拌に関するパラメーターを変化させると、条件が特定の閾値を超えた場合に堆積構造が急激に塊状化すること、生物攪拌作用が堆積構造に対し特定の周期の堆積構造のみを保存するいわばバンドパスフィルターの役割をになうことが明らかになったので報告する。

本研究は、生物攪拌作用による堆積物粒子の拡散を定量化するための数理モデルであるSchiffers et al(2011)による生物攪拌のルール型格子モデルを発展させ、数値実験を行った。このモデルは、堆積層を格子状に区切り、それぞれの格子内の堆積物（以下「粒子」とよぶ）が単位時間当たり一定の確率で上方もしくは下方へ移動するようにルールを定めた生物攪拌作用の格子モデルである。なお、粒子移動距離の確率密度関数は正規分布で与えられる。Schiffersらはこの格子モデルにより、飼育実験下の生物攪拌作用を的確に表現できることを示した。生物攪拌のルール型格子モデルは、実際の堆積構造や底生生物の生態、生痕化石の形状をモデルパラメーターとして取り込みやすいという利点がある。本研究はこのモデルを発展させ、生物攪拌が起こる深度範囲、粒子移動確率、粒子移動平均距離、粒子移動方向という4要素に加えて堆積速度を考慮するモデルを作成した。初生的な堆積構造としては、一定の時間間隔で交互にトレーサー粒子と非トレーサー粒子の薄層を交互に堆積させた葉理構造と、二種類の波長の正弦波を合成した波に従って、トレーサー粒子の濃度を変動させた葉理堆積構造を用いた。そして、生物攪拌の影響を受けなくなる限界深度以下の堆積物（ヒストリカルレイヤー）におけるトレーサー粒子濃度の垂直変化に対してフーリエ解析を行い、初生的な葉理の特徴が保存される度合いを定量化して、初生的構造が生物攪拌によって失われる条件について検討を行った。

ヒストリカルレイヤーにおけるトレーサー粒子濃度の垂直分布をフーリエ変換した結果、設定したパラメーターに応じて、初生的な葉理と同じ周期におけるスペクトル密度が十分に大きい堆積層が形成される場合と、スペクトル密度がバックグラウンドと識別できなくなる塊状堆積層が形成される場合とははっきりと分かれることが明らかになった。また、初生的な堆積構造が二つの波長を持つ場合、生物攪拌の度合いが大きくなると、堆積構造にはより長い波長の構造のみが残されることが明らかになった。すなわち、ここでは、生物攪拌作用がいわばバンドパスフィルターの役割を果たしているということになる。様々なパラメーターの下で実験を行ったところ、こうした堆積構造の保存には、葉理の幅に対する生物攪拌が起こる深度範囲や、粒子移動平均距離が強く影響している可能性が高いことがわかった。

キーワード：生物攪拌、堆積構造、ルール型格子モデル

Keywords: Bioturbation, Sedimentary structure, ruled-lattice model

ベースレベル低下による岩盤河床流路の形状変化と岩盤強度との関連性：モデル実験による探究

Relationship between bedrock strength and change in shape of bedrock channel due to base level lowering: Laboratory experiments

*飯島 荘太¹、遠藤 徳孝¹

*Sota Iijima¹, Noritaka Endo¹

1. 金沢大学自然科学研究科

1. Kanazawa university, Graduation school of natural science and technology

岩盤河川の発達には気候、隆起量、岩盤強度など様々な要素によって支配されている。このうち岩盤強度は古くから河川地形発達の様相を左右する重要なパラメータである可能性が示唆されており、岩盤強度が高い区域に遷急区間が存在するなどといった報告がフィールド研究からされている。しかし、地形変化には長い時間がかかることと、そのほかのパラメータがフィールドでは千差万別であるため、岩盤強度との正確な関係の理解は十分でない。そこで、本研究では山岳河川の形状について、モデル実験を用いて高精度で観察を行い、その形成過程・要因等を岩盤強度に焦点を当てて考察する。今回は、河川形状の特徴として勾配と蛇行度の変化に着目した。

箱型の実験装置に砂を敷き、中央に単一の直線チャンネルを持ち、一定の傾斜を有するような初期地形を作った。砂は標準砂($\phi=0.2\text{mm}$)とシルトを一定量比で混ぜ合わせたものであり、この量比を変えることで岩盤強度の違いを再現している。上流端から水を流し、20分おきに下流端に存在する堰を1cmほど下げ、これを7回ほど繰り返してベースレベルの低下(相対的な隆起)を発生させる。実験は縦断形が約30分以上ほぼ変化しない状態をもって終了した。

実験終了時の縦断形を見ると、岩盤強度の違いがあっても縦断形にほとんど差異が無いことが確認された(この約30分以上ほぼ変化しない縦断形を安定状態とみなす)。このことから、岩盤強度は最終的に流れに対して安定する縦断形を決定する要因としては機能せず、初期状態から最終的な縦断形へと変化する間にのみ影響を与えるものと考えられる。

勾配は実験中一度極大となった後減少し、一定の値をとり安定状態となる。ピーク時の勾配は岩盤強度が大きいほど高かった。また、蛇行度は勾配が極大となるタイミングで、大きくなる傾向が見られ、この傾向は岩盤強度が高いほど顕著であったが、実験終了時の蛇行度の値もじゃ、岩盤強度の差による違いが見られなかった。よって、自然界の岩盤強度が高い地域においてしばしば見られる大きな蛇行度は、地球科学的タイムスケールでは遷移的な現象である可能性が高い。遷移的である間の蛇行の大きさを決定する要因として、岩盤自身の絶対的な強度以外に、岩盤強度の空間的差異などが考えられるため、今後更に実験を重ね考察する必要がある。

キーワード：河川地形、岩盤強度、蛇行

Keywords: river topography, bedrock strength, meandering

河成段丘の形成過程と侵食速度の時間変化

Temporal change of incision rate in relation to river terraces: model experiment

*山村 美稀¹、遠藤 徳孝¹

*Miki Yamamura¹, Noritaka Endo¹

1. 金沢大学大学院 自然科学研究科 自然システム学専攻 地球環境学コース

1. Department of Earth Science, School of Natural System, Kanazawa University

河成段丘は、過去の河床と下刻の記録であり(Pazzaglia, F. J. & Brandon, 2001)、隆起や海水準の低下といった急激な変化によって、階段状の地形が形成されることから、河川の鉛直侵食速度を定量化する直接的な方法を提供している。しかし、段丘から算出される侵食速度が新しい段丘ほど速く見えてしまうというSadler effectがフィールド研究(Finnegan, Schumer and Finnegan, 2014)、数値的モデル(Hancock and Anderson, 2002)を行った研究でみられており、段丘からの侵食速度は見かけ上の下刻速度であると示唆されている。

本研究では、時間経過の観察が可能な山側傾動隆起をつけたモデル実験を行い、段丘から侵食速度を計算し、Sadler effectがみられる要因について検証することを目的としている。

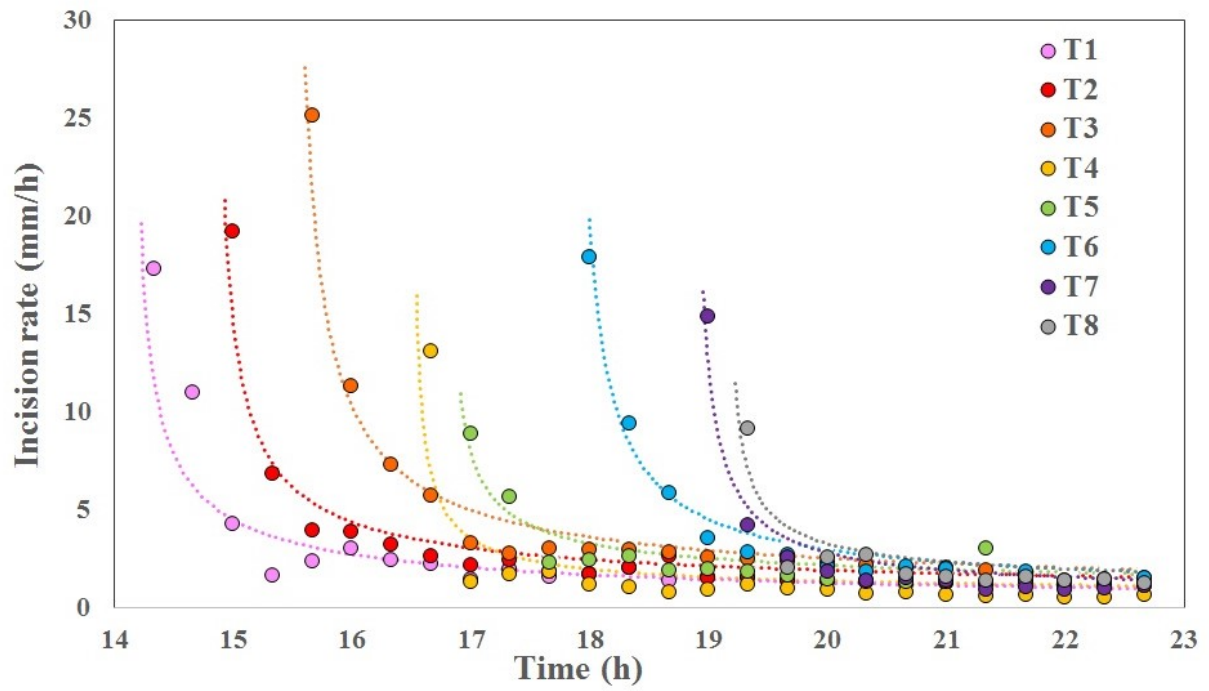
水槽に標準砂とカオリナイトの量比を10.5:1(Ouchi, 2011)で混合した砂を初期斜面1°で水槽に敷き詰め、スプリンクラーで霧状の雨を降らせることによって地形を発達させていくモデル実験を行った。河口側に設けた傾動モーターを用いて、河口をゆっくりと下げることによって相対的な山側傾動隆起を再現している。はじめの40分間は地形を発達させるために隆起をさせずに雨を降らせた。その後の試行は隆起をさせながら、雨を20分間降らせ、その後の地形をカメラで撮影する作業を繰り返し行った。

ある一つの流路に沿って8個の段丘(T1-T8)を観察することができた。それらの段丘から侵食速度を算出すると、形成してからの時間が短いほど高い侵食速度がみられ、Sadler effectを実験でも再現された。また、Sadler effectは段丘形成からの経過時間が長くなるほど小さくなることが確認できた。

Sadler effectの減衰について考えるために、河川の高度変化から実際の侵食速度を見積もったところ、20分間隔の侵食速度から、侵食優勢と堆積優勢が周期的に変動していることから、河床が一定でなく変動していると考えられる。20分間隔の侵食量を累積し、時間平均した侵食速度の時間変化と段丘からの侵食速度の時間変化の傾向と一致している。河床変動の周期性がSadler effectがみられる要因であると考えられ(Gallen et al., 2015)、この周期を知ることができれば、Sadler effectが減衰するまでの時間を予測することができるかもしれない。

キーワード：段丘、侵食速度

Keywords: terrace, incision rate

Temporal change of averaged incision rate estimated from identical terraces

古琵琶湖層群下部における供給源変化と後背地風化：鮮新世における古風化環境の復元

Paleoweathering environments recorded in the Pliocene-Pleistocene Kobiwako Group, southwest Japan

*吉田 孝紀¹、葉田野 希²、笹尾 英嗣³

*Kohki Yoshida¹, Nozomi Hatano², Eiji Sasao³

1. 信州大学理学部理学科地球学コース、2. 信州大学大学院総合工学系研究科、3. 日本原子力研究開発機構

1. Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, 2. Interdisciplinary graduate school of Science and Technology, Shinshu University, 3. Japan Atomic energy Agency

三重県北部から琵琶湖南部に分布する鮮新統・更新統は古琵琶湖層群と呼ばれ、古くから古生物学的・層序学的研究がなされてきた。この地層群は新第三紀鮮新世～第四紀の西南～中部日本の陸上環境を復元する際に重要な役割を果たすと期待される。今回、三重県北部から滋賀県南部に分布する古琵琶湖層群下部の鮮新統について、層序と堆積相、堆積物の顕微鏡観察、全岩化学組成と粒度分析による風化残留元素の濃集状態について検討し、全岩化学組成・REE組成などの多角的なアプローチによって、古風化度の見積もりを行った。

調査地域を三重県伊賀市上野～島ヶ原地域とし、古琵琶湖層群の下部を占める伊賀層・北又層について検討を行った。伊賀層では、氾濫原、湖沼堆積物が卓越する。下部では含角礫塊状シルト層相が卓越し、上部ではチャネル状斜交層理砂礫層相が増加する。これらは堆積相の多様性から蛇行河川システムによって形成された可能性がある。一方、北又層は大礫を含む礫支持礫層相とその上位の斜交層理砂礫層相からなる。これらはシルト-粘土層と指交関係にあり、泥質岩相に乏しく、礫質・砂質な堆積物が卓越する。これらのことからチャネル堆積物と考えられる。

古琵琶湖層群伊賀層および北又層の堆積相解析をもとに、泥質岩試料の採取を行い、その主要元素組成とREE組成を検討した。その結果、伊賀層の化学組成は、おおよそSiO₂が47%から77%、Al₂O₃が13%から34%、Fe₂O₃が1%から6%である。一方、北又層では、おおよそSiO₂が70%から74%、Al₂O₃が18%から22%、Fe₂O₃が2%から4%である。風化度を表すCIA値は伊賀層で52から95であり、北又層で72から80であった。

一方、コンドライトによって規格化されたREEスパイダーダイアグラムにおけるEu異常と重希土類と軽希土類の比(La/Sm)_Nを使用して、供給源の識別を行った。その結果、分化した火成岩類を起源とするグループと未分化な火成岩類に由来するグループ、その中間のグループが識別でき、それぞれのCIA値が大きく異なることが判明した。

結果として、伊賀層の供給源岩と古風化度は一見すると多様であるが、供給源岩ごとにCIA値を区別すると、分化した火成岩、たとえば花崗岩、に起源を持つグループが卓越し、CIA値85-95程度を示す。一方、伊賀層上部と北又層では、玄武岩・安山岩などの、分化の低い火成岩に起源を持つグループが卓越し、それらは70-83程度のCIA値を示す。供給源の変遷をまとめると、古琵琶湖層群初期には強い風化を受けた花崗岩類から堆積物が供給され、その後、ほとんど風化を受けていない凝灰岩類・火山灰類からの供給に変化したことが示唆される。

従って、古琵琶湖層群下部の堆積期初期には強い風化条件をもたらす陸上環境が出現していたと考えられる。凝灰岩の年代からその時期は3.3-3.1 Maと考えられ(川辺ほか, 1996; 林・川辺, 1993)、落葉樹からなる暖帯型の植物群で特徴付けられる時期とされる(木田, 1989)。気候区と古風化度の関連については今後の検討が必要であるが、供給源岩の識別によって古風化度を限定し、具体的な見積もりが可能となったといえる。

風化帯は、地質環境の最上部に位置することから、本研究は過去の風化状況の復元を通じた、地質環境の変遷の理解に活用されることが期待される。

本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「地質環境長期安定性評価確証技術開発」の成果の一部を使用した。

キーワード：古風化、後背地、供給源

Keywords: paleoweathering, hinterland, provenance

瀬戸内区中部中新統におけるバーティソルの発見とそれが示す古風化・古気候条件

Development of vertisol in the Middle Miocene Porcelain Clay Formation in the Setouchi Geologic Province; its paleoclimatic and paleoweathering significances

*葉田野 希¹、吉田 孝紀²

*Nozomi Hatano¹, Kohki Yoshida²

1. 信州大学大学院総合工学系研究科、2. 信州大学理学部地球学コース

1. Interdisciplinary graduate school of Shinshu University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu university

The description of paleosols, chemical and mineralogical analysis and sedimentary facies analysis were carried out for the Middle Miocene Seto Porcelain Clay Formation distributed in the Toyota City, Aichi Prefecture. The main paleosol characterized by hummock-and-swale structure showing gilgai microrelief and mukgara subsurface horizon is equivalent to Vertisol (Soil Survey Staff, 1999). This result indicates that climatic conditions in this period were subhumid to semiarid climates with a pronounced dry season.

The Seto Porcelain Clay Formation, the lower member of the Seto Group, distributed in the Aichi Prefecture, is considered to be deposited in the middle Miocene period (6-9 Ma) dated by the paleomagnetic data (Nakayama and Yoshikawa, 1990; Nakayama et al., 1995).

The Sedimentary facies analysis suggests that deposition occurred mainly in a lacustrine, backswamp and floodplain with meandering river channel.

Three paleosol horizons were developed in the stagnant water sediments and have been described and compared to modern soils; vertisol-like (swelling clay soils), histosol-like (peaty soils) and inceptisol-like (young soils). Histosol-like paleosol and inceptisol-like paleosol were developed on lowland topography. Histosol-like paleosol, characterized by thick peaty horizon and reddish mottling showing subsurface-water gleization, ascribes to poor-drainage condition on the lower topography and high vegetation cover. Inceptisol-like paleosol, characterized by thin soil horizon and poor illuviated clay, ascribes to lower topography and rapid sedimentation with short exposure duration. These paleosols, therefore, reflect on the local topographic and/or sedimentary features, for example drainage condition, vegetation cover and sedimentation rate. On the other hand, the vertisol-like paleosol was developed on the flat terrace with gentle slope. The paleosol is characterized by illuviated clay-rich B horizon (Bt horizon, argillic horizon), hummock-and-swale structure showing gilgai microrelief and mukgara subsurface horizon (Paton, 1974). The strongly differentiated soil horizons of vertisol-like paleosol reflect on the X-ray bulk and clay-fraction mineralogy and bulk chemistry of soil profiles. The paleosol shows vertical fluctuating of chemical weathering ratio (Al_2O_3 wt. % / Na_2O wt. % and CIA value; Nesbitt and Young, 1982), mineral weathering ratio (kaolinite/feldspar ratio by intensity of XRD) and proportion of clay fraction in the soil horizons. Higher chemical and mineral weathering ratio and finer grain size in the Bt horizons than those in the Bw and C horizons suggest pronounced leaching of cation from surface soil horizons (O and A horizons) and their accumulation in sub-surface soil horizons (B and C horizons). Besides, the effects of parent material and grain size have been checked by using REE composition (especially by Eu anomaly) and clay minerals/quartz ratio by intensity of XRD and Al_2O_3 wt. % / SiO_2 wt. %. Above described vertisol-like paleosol, accordingly, indicates the typical soil type that represents the

climatic division (zonal soil) in the period. The results are suggestion that the climatic conditions in this period were subhumid to semiarid climates with a pronounced dry season.

References

- Nakayama, K. and Yoshikawa, S., 1990, Magnetostratigraphy of the late Cenozoic Tokai Group in central Japan. *Journal of Geological Society of Japan* 96, 967-976.
- Nakayama, K., Yoshikawa, S. and Ito, T., 1995, Magnetostratigraphy of the Late Cenozoic Tokai Group in central Japan and its sedimentologic implications. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 12, 95-104.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 299, 715-717.
- Paton, T.R., 1974, Origin and terminology for gilgai in Australia. *Geoderma* 11, 221-242.
- Soil Survey Staff, 1999, *Keys to Soil Taxonomy*. Pocahontas Press Inc., Blacksburg, Virginia, USA, 600 p.

キーワード：古土壌、バーティソル、化学風化、微地形、地化学、中期中新世

Keywords: paleosolol, vertisol, chemical weathering, microtopography, geochemistry, Middle Miocene

福島県・猪苗代湖における湖底堆積物の音響地質構造と巨大湖底地すべりの発見

Seismic reflection profiling of lacustrine deposits and discovery of an extremely large sublacustrine landslide in Lake Inawashiro, Fukushima, Japan

*山崎 新太郎¹、片岡 香子²、長橋 良隆³

*Shintaro Yamasaki¹, Kyoko S Kataoka², Yoshitaka Nagahashi³

1. 北見工業大学、2. 新潟大学災害・復興科学研究所、3. 福島大学

1. Kitami Institute of Technology, 2. Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, 3. Fukushima University

沿岸域や浅水域では過去に大地震に伴う数百から数千m²以上の大規模な崩壊や地すべりが発生している。これは水で飽和した地質が大地震により液状化したり破壊されたりすることにより強度を失うことで発生するものと考えられる。しかし、近年の大地震により大規模に沿岸域が崩壊・喪失した事例や、その痕跡として浅水域に地すべり地形が確認されたものは、液状化の発生事例数やその範囲に比べると明らかに小さい。沿岸域や浅水域における大規模崩壊や地すべりの発生には、加えてさらに特異な条件が必要であることが示唆される。沿岸域には人口が集中し、もし沿岸一浅海域における大規模崩壊の条件を理解することができれば、特に地震時の危険性に注意を払うべき場所が明確になるだろう。本講演でとりあげる福島県・猪苗代湖では、その沿岸に地すべりの地形であることを示す馬蹄形滑落崖と、それから伸びた舌状地形が複数認められる。この状況の存在は猪苗代湖が前述のような大規模崩壊を発生させやすい特異な条件を備えていることを強く示唆し、それを地質学的かつ地盤工学的に詳しく検討すれば、前述した地すべりの発生条件の解明に繋がるものと思われる。

筆者らは、2015年と2016年の2カ年に渡って3.5 kHzサブボトムプロファイラによる音響地質構造探査を、のべ120 kmに渡って猪苗代湖全域を網羅するように実施した。この音響地質構造データと、2012年に福島大学が猪苗代湖湖心部で湖成堆積物を貫通するように採取した約28m長のコア（INW2012コア）との対比を行った。その結果、湖底における斜面の安定性と地すべりについて特に得られた知見を以下に3つ列挙する。

1) 猪苗代湖の湖心より南部の水域において湖形成以降の湖底堆積物の全体の音響地質断面画像が得られた。同水域の底質は全域に渡って一貫した成層構造であり、層内に水平に連続して認められた強反射層の一部はINW2012コアに認められた広域テフラ層準と一致していた。また、湖底堆積物底面には湖形成以前の砂礫層と位置する反射が認められた。この湖心から南部の水域では湖成層が安定的に堆積してきたものと思われる。一方で湖の北部では湖底最表層での音響の減衰が大きいため下方の構造を認識できなかった。おそらく、北部では磐梯山の火山活動及び長瀬川の流入による砂礫成分の流入が活発であるため最表層での音波の反射と減衰が大きいと思われる。従って北部に認められる大規模な地すべり地形は粗粒の堆積物の下位に存在すると思われる。

2) 得られた音響地質断面画像では、ほぼ全てに渡って、無構造な堆積物であることを示す音響的透明相が頻繁に認められた。これらは猪苗代湖の湖成層内では、流体またはガスの噴出がこれまでに複数繰り返されてきたことを示唆し、湖成層がこれまでに複数の地震の影響を受けてきたことを示すと考えられる。特にその密度は湖心部で約13 m下から湖成層底部までの区間で高い。この深度は浅間火山起源のAs-Kテフラ層準（18, 100年前；廣瀬ほか2014）より1 m下である。この深度は約2万年前に相当し、この時期に猪苗代湖の周辺で

大地震が発生した可能性がある。

3) 猪苗代湖南部を起源とする長さ2.8 km, 最大厚さ約25 mの大規模な湖底地すべりを示す地質構造が発見された。この地すべりは前述のAs-Kの約1 m下に存在し, この湖底地すべりの主たる運動は, 塊状移動体の滑動によるものである。地すべりは0.8度の傾斜を持つすべり面で発生し, 下方末端には約1 kmに渡って複数のスラストと褶曲を伴って衝突変形している様子が観察できた。この地すべりは音響探査により地層の変形構造とすべり面が追跡できた貴重な例であり, 今後, この地すべり体を直接掘削し, その地質と構造および材料的な地震に対する反応性の面から分析すれば, 沿岸域や浅海域で崩壊・地すべりが発生する条件の解明に迫れるものと思われる。

<文献>

廣瀬孝太郎・長橋良隆・中澤なおみ (2014) 福島県猪苗代湖の湖底堆積物コア (INW2012) の岩相層序と年代。第四紀研究, 日本第四紀学会, 157-173.

キーワード: 海底地すべり、水底地すべり、地層探査、猪苗代湖、地震、津波

Keywords: submarine landslide, subaquatic landslide, seismic profiling, Lake Inawashiro, earthquake, tsunami

A study of relationship between stratigraphic patterns and paleo-climatic changes in Rathnapura basin, Sri Lanka

*Sumanajith Kumara¹, Nelum Kanthilatha²

1. Department of Geography, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka. , 2. Department of Sociology and Anthropology, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka.

Quaternary sediments of Sri Lanka is distributed in river valleys as valley-fill deposits and floodplain deposits. Sri Lanka, as a tropical country is prominent of depositing sediments because of high rate of erosion, transportation and deposition in river flows. There is an evidence of stratigraphical patterns and paleo-climatic changes from the Quaternary period. The dominant mode of sediment transport and deposition as well as the composition and stratigraphy reflect the prevailing environmental conditions. Stratification of many sediment types in the Kalu Ganga river basin in Rathnapura is conspicuous in terms of depth of sediments and number of sediment layers. This research aims to study the sediment types and stratigraphy in Rathnapura basin. Sediment samples were taken from the gem mines representing the middle and lower catchment of the Kalu Ganga river basin. Gem mines provide a valuable opportunity to examine the stratigraphy and other physical characteristics of the fluvial sediments in this area. Sediment types identified mainly by sieve analysis and pipette analysis. There is a spatial variation in the number and the depth of gem bearing sediment layers. Evidence of a lake has come from the lower catchment area of the river. Stratigraphy of the area has rich of evidences to study of paleo-climate of the region.

Keywords: stratigraphy, sediments, Kalu Ganga, deposition, paleo-climate