

石筍の年縞の特徴とその自動認定 Automatic identification and statistical characteristics of annual layers in stalagmites

佐々木 華^{1*}; 石原 与四郎²; 吉村 和久³; 大西 由梨²
SASAKI, Hana^{1*}; ISHIHARA, Yoshiro²; YOSHIMURA, Kazuhisa³; ONISHI, Yuri²

¹ 福岡大学大学院理学研究科, ² 福岡大学理学部, ³ 九州大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Fukuoka University, ²Department of Earth System Science, Fukuoka University, ³Faculty of Sciences, Kyushu University

鍾乳石(石筍)のMg/Ca比や炭素同位体記録からは、植生変動や太陽活動の周期性など、さまざまな古環境情報が得られている。また、石筍に認められる年縞は、このような古環境情報の年代のプロキシとしても用いられている。石筍の年縞は、主として石筍に取り込まれる不純物の濃度の年周期変化によって形成される。不純物としてフルボ酸などの蛍光物質を含む石筍では、紫外線を照射することで年縞を観察できる。このような石筍の年縞の形成には、堆積速度に関わる滴下水量、カルシウムイオン濃度、石筍の形態、洞窟大気中の二酸化炭素濃度などのほか、フルボ酸生成量に影響を与える環境変動などが深く関わると考えられる。しかしながらこれらの要素がそれぞれどのように作用して個々の年縞の厚さや蛍光強度が決まるのかは明らかになっていない点が多い。

一方、年縞を年代のプロキシとした多くの研究では、年縞が明瞭でない場合に、層準的に近い年縞の層厚で堆積速度が見積もられている。また、石筍の年縞のカウントや層厚測定は基本的に顕微鏡下で行われており、再現性や客観性に問題を含むことが指摘される。そのため、より客観的かつ定量的に石筍の年縞の数や層厚の取得を試みることで、そして層厚にどのような統計的特性があるのかを知ることは、石筍を用いた古環境研究を行う上では非常に重要である。本研究では、湖成縞状堆積物を対象に開発された葉理の時系列化手法(Sasaki et al., in press)を石筍の年縞に適用し、年縞の自動認識を行うとともに、これに基づいて層厚の統計的特徴を検討した。

石筍の年縞は、九州大学大学院理学研究院反応分析化学研究室の蛍光顕微鏡を用いて撮影した。年縞の認定、計測では、Sasaki et al. (in press)の手法を適用した。すなわち、葉理画像を数値化し、(1) 葉理の濃淡画像の平滑化と濃淡の変化率の検出、(2) 指定 Window 内における濃淡の中央値の検出、(3) (1)の最大変化率、(2)の中央値を組み合わせる葉理境界の認定を行った。葉理の認定の後、葉理に垂直方向に見て明るい葉理と暗い葉理の数が入れ換わる部分を境界として層厚を計測し、時系列化した。

解析の結果、湖成堆積物に用いられる年縞の自動認識手法が石筍の年縞にも適用可能であること、年縞にその形成過程に深く関わる可能性がある非対称な蛍光強度の変化が認められること、年縞層厚や年縞内の平均蛍光強度は短期間でも大きく変化し、その時系列には揺らぎが見られることが明らかになった。例えば、長崎県西海市の龍王洞内で得られた石筍で得られた層厚 50 μ m ~ 200 μ m の各年縞は下位から上位に向かって蛍光強度が強くなる傾向を示すとともに、対数正規分布もしくは分散の大きい正規分布で近似可能な層厚頻度分布を示す。また、年縞内の蛍光強度は層厚とは別に変動すること等が明らかになった。このうち、年縞の形成過程は洞窟内部の環境によって大きく変わる可能性があり、現在形成中の石筍の年縞を直接観測する必要があることが指摘される。

文献

Sasaki, H., Saito, K., Kato, M., Komatsubara, J. & Ishihara, Y., Application of a method for detecting lamina characteristics in sediments for time series analysis: an example using a soft X-ray image of varves from the Hiruzenbara Formation. Journal of Sedimentary Society of Japan, in press.

キーワード: 年縞, 画像解析, 石筍, 時系列解析

Keywords: annual layer, image analysis, stalagmite, time series analysis

宮崎層群青島層にみられるセディメントウェーブの形成条件 Formation condition of deposits of sediment wave in the Neogene Aoshima Formation, Kyushu Island, southwest Japan

石原 与四郎^{1*}; 大西 由梨¹; Kawakami-Takii 喜和子¹
ISHIHARA, Yoshiro^{1*}; ONISHI, Yuri¹; KAWAKAMI-TAKII, Kiwako¹

¹ 福岡大学理学部

¹Department of Earth System Science, Fukuoka University

宮崎県宮崎市の日南海岸沿いには、宮崎層群青島層がよく露出する。青島層は、特異な堆積シーケンスや層厚頻度分布を示す重力流堆積物が卓越する前孤海盆埋積堆積物である。基本的には流向方向への連続性がよく、厚さ 30 cm 以下の単層がおよそ 10 km にわたって対比が可能である。重力流堆積物の堆積相解析や層厚頻度分布の解析からは、青島層はファンデルタ沖合に位置すると推定されている。

宮崎市折生迫白浜の海岸沿いに分布する青島層は、およそ 700 m に渡って詳細な単層の追跡がなされた。その結果、これらの層厚分布が波長数 100 m のセディメントウェーブを成すことが明らかになってきた。露頭におけるこのような規模のセディメントウェーブの報告は今まで認められていない。本研究では、得られたセディメントウェーブの波長からこれらを形成した流速を求め、認められる堆積構造との整合性を検討した。

青島層のセディメントウェーブは、以下の特徴がある。すなわち、(1) 単層はおおよそ中粒砂からなり、検討層準上部ほど層厚変化に富む、(2) 波長は 600~700 m で、短い stoss side と長い lee side を持つ、(3) stoss side ではしばしば泥岩同時侵食礫を含む、(4) 全体的に spaced planar lamination が発達する等である。これらの特徴からは、全体的に高領域での流れが推定されるとともに、stoss side で跳水が起こっていたことが指摘できる。

得られたセディメントウェーブの流速を、海水と重力流の密度差を 10~300 kg/m³ の範囲で Normark et al. (1980) によるセディメントウェーブの波長と流速の関係で求めた。また、オートサスペンションの起こらない堆積的な流れを仮定すると、基底面の傾斜が 0.1° と緩いときは 3.0~17.3 m/s, 1° のときは 3.0~13.0 m/s, 2° のときは 3.0~6.5 m/s, 5° のときは 3.0~4.3 m/s であったことが推測される。このような流れは、セディメントウェーブを形成する重力流堆積物の堆積構造が高領域での流れを反映したベッドフォームからなることと矛盾しない。

キーワード: セディメントウェーブ, トラクションカーペット, 重力流堆積物, 単層解析, 流速

Keywords: sediment wave, traction carpet, sediment gravity flow deposit, bed-by-bed correlation, flow velocity

検層データに基づくタービダイト・サクセションの堆積相解析 Facies analysis of turbidite succession using borehole log data

大西由梨^{1*}; 佐々木華¹; 石原与四郎²; 高野修³
ONISHI, Yuri^{1*}; SASAKI, Hana¹; ISHIHARA, Yoshiro²; TAKANO, Osamu³

¹ 福岡大学大学院理学研究科, ² 福岡大学理学部, ³ 石油資源開発技術本部技術研究所探鉱研究室シーケンス層序グループ
¹Graduate School of Science, Fukuoka University, ²Department of Earth System Science, Fukuoka University, ³Japan Petroleum Exploration, JAPEX Research Center

坑井において取得される様々な物理検層ログデータのうち、ガンマ線検層は岩相変化に最も的確に反応する。したがって、物理検層ログデータ上での岩相区分にはガンマ線検層が一般に用いられる。坑井におけるタービダイト・サクセションにおいても、ガンマ線検層を用いて岩相区分および堆積相区分を行うことが可能である。しかしながら、検層データはデータ取得間隔の関係から分解能に制限が存在することや、区分解釈において客観性を保つ必要があることから、近年、ガンマ線検層のデータ解析を行って、堆積相やその層序的变化を検出するソフトウェアが開発されてきている（たとえば、ガンマ線検層のスペクトル解析を行う CycloLogTM など）。これらを用いると砂質・泥質な層準の抽出、層序的变化の規模の推定、ログ間の対比等を、客観的に容易にできるようになる。本研究では、タービダイト・サクセションを対象に掘削されたガンマ線検層ログデータを用い、Sasaki et al. (in press) による葉理の認定手法および Hurst 解析等の手法を用いることによって、堆積相解析を試みた。

Sasaki et al. (in press) は縞状堆積物の葉理境界を自動認定する上で、画像濃淡の変化率および振幅の中間値を用いた手法を用い、客観性と再現性のある葉理境界の認定を可能にした。この手法は2種類の葉理からなる縞を認定することができるので、本研究においても波形のパターンに基づき、砂岩優勢互層と泥岩優勢互層を区分できることが期待される。Hurst 解析ではログデータのフラクタル性を検証でき、Sasaki et al. (in press) で区分された互層をユニットごとに特徴付けることができる。

検討の結果、ガンマ線検層ログデータ上において、砂岩勝ち互層と泥岩勝ち互層が区分され、更に密度 (RHOB) の情報を用いて高密度、低密度の互層かを評価することができた。Hurst 解析では、ログデータの波形の持続性、すなわち、単調な波形が連続するのか、それとも複雑に変動するのかを評価できた。これらの結果を組み合わせることで、野外で認められる堆積相区分との対比が可能になることが期待される。

引用文献: Sasaki et al., in press, Journal of Sedimentological Society of Japan.

キーワード: 堆積相区分, タービダイトサクセション, Hurst 解析, ガンマ線検層

Keywords: sedimentary facies analysis, turbidite succession, Hurst analysis, gamma-ray log

堆積相を考慮した沖積層の3次元地質モデル - 熊本平野での例 - Three-dimensional models of alluvial plain considering sedimentary facies: an example of Kumamoto Plain

中尾 健人^{1*}; 石原 与四郎¹; 成瀬 元¹
NAKAO, Kento^{1*}; ISHIHARA, Yoshiro¹; NARUSE, Hajime¹

¹ 福岡大学理学部地球圏科学科地学分野, ² 京都大学大学院理学研究科

¹Department of Earth System Science Faculty of Science, Fukuoka University, ²Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University

日本の沖積平野は臨海平野部に位置し、多くの場合人口が集中する。近年の沖積層の研究では、これらが地盤工学的に脆弱な地質であることから、地盤図や三次元地盤モデルの構築が積極的に行われている。江藤ほか(2008)は関東平野の埋積谷を充填する沖積層の三次元地質・地盤モデルを解釈や専門家の知識を必要としない方法で構築した。一方、三次元地質・地盤モデルを構築する上であまり顧みられていない重要な点は岩質の連続性の評価である。その連続性はこれらの堆積過程が反映されるため、それぞれの“堆積相”を判定することは、モデルの精度の向上につながると考えられる。

九州中央部の熊本市を中心とした地域に分布する熊本平野は、阿蘇カルデラから流れる白川と緑川の下流部に位置する。本地域の沖積層は下位より島原海湾層、有明粘土層と累積する。有明粘土層の堆積相として内奥部に河川流路と氾濫原、島原海湾周辺部に完新世のデルタが認められる(長谷・岩内, 1996)。本研究では、熊本平野の沖積層ボーリングの岩相分布の特性を評価した上で、埋積谷における三次元地質モデルの構築手法を改良して熊本平野に適用した。その結果、かつてから指摘されている有明粘土層からなる軟弱地盤が内奥部まで広がるという特徴が可視化された。

キーワード: 沖積平野, ボーリング情報, 岩質の連続性, 熊本平野, 堆積相, 三次元地質モデル

Keywords: alluvial plains, borehole database, continuities of lithology, The Kumamoto Plain, sedimentary facies, three-dimensional geological model

近江盆地の表層地盤構造 Subsurface structure around Oumi basin

北田 奈緒子^{1*}; 伊藤 浩子¹; 井上 直人¹; 三田村 宗樹²; 竹村 恵二³
KITADA, Naoko^{1*}; ITO, Hiroko¹; INOUE, Naoto¹; MITAMURA, Muneki²; TAKEMURA, Keiji³

¹一財) 地域地盤環境研究所, ²大阪市立大学大学院 理学研究科, ³京都大学大学院 理学研究科
¹Geo-Resarch Institute, ²Osaka City Univ., ³Kyoto Univ.

KG-NET・関西圏地盤研究会では、4カ年をかけて近江盆地地下の地盤情報を収集して表層地盤構造を検討するとともに、基準ボーリング調査を実施して、表層部の地質特性および地盤特性についての検討を行ってきた。これらの内容は「新関西地盤—近江盆地」においてとりまとめを行った。本発表では、このときの検討、取りまとめ内容を中心に、近江盆地部の地下の地質の特徴やその分布について述べる。

調査は琵琶湖を巡る周辺の低平地を中心に、約14600本の工学ボーリングを用いて検討した。また、野洲川河口部および、姉川では基準ボーリングを実施して、地質コアを用いた堆積環境解析などを行い、対比の基準とした。

琵琶湖の周辺の基盤岩は、花崗岩と流紋岩、堆積岩からなり、それぞれの地質の異なる山地から河川によって運搬される土粒子は、河口部の特徴も後背地の地質によって異なる傾向がみられる。また、近江盆地の中心に位置する琵琶湖の湖内流（還流）による浜堤の発達、後背湿地の形成などもあり、非常にバリエーションに富む。ボーリングデータからの各地域の表層の地層の分布や特徴から、地域の堆積環境を知り、地盤特性などを抽出した。

一例を挙げると、琵琶湖大橋の付近には、近江盆地内で最も厚い粘土層が分布し、野洲川河口部には花崗岩起源のマサ土を中心とした、砂層が分布する。

キーワード: 沖積層, ボーリング, データベース, 堆積環境
Keywords: alluvium, borehole, database, sedimentary environment

オマーン北部、オマーン山地の Alwa 層における frutexites の化学組成と分類 Chemical composition and classification of frutexites in Alwa Formation, Oman mountains, northern Oman

本庄 連^{1*}; 吉田 孝紀²
HONJO, Ren^{1*}; YOSHIDA, Kohki²

¹ 信州大学大学院理工学研究科, ² 信州大学理学部地質科学科

¹Graduate school of science and technology, Shinshu University, ²Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

オマーン北部、オマーン山地には三畳系石灰岩が堆積している。そのような石灰岩層の一つに Alwa 層がある。Alwa 層は主に赤色を呈する peloidal wackestone または peloidal packstone で構成される (Woods and Baud, 2009)。また、一部に特徴的な黒色を呈する石灰岩、sheet crack と呼ばれる方解石で満たされた部分がレンズ状や層として挟まっており、そこでのみ frutexites が見られる。frutexites とは Maslov (1960) で述べられた Fe や Mn に富む樹木状の microstromatolite であり、微生物活動によって層状構造を呈するとされる (Jakubowicz et al., 2014)。しかし、Alwa 層の frutexites の記載は十分に行われていない。そこで本研究では Alwa 層の frutexites の記載を行い、薄片観察結果と化学分析の結果を用いて frutexites の分類を行った。

Alwa 層の frutexites は、鏡下観察において方解石層と金属鉱物の層が見られる。方解石層は白色のものとオレンジ色のものがあり、後者の方解石層は frutexites の一番外側の層の色としてよく見られる。このような frutexites は大きさが 0.1mm から 1.5mm ほどである。また大きさが 0.1mm から 0.5mm 程度の全体的に黒色がかかった frutexites が観察できる。この frutexites は前者と異なり、オレンジ色の方解石層はほとんど見られない。

また信州大学理学部所有 EDS(JSM-6510A, 日本電子株式会社製)によりそれぞれの frutexites の化学分析を行った。その結果、それぞれの frutexites の持つ金属鉱物層の組成に差異が見られた。通常の frutexites の金属鉱物層中には Mg、Mn、Fe といった金属元素が含まれている。しかし、全体的に黒色がかかった frutexites の金属鉱物層からはそれらの元素の他に Al、P が含まれている部分がある。これらの元素は後者の frutexites においてのみ特徴的に見られる元素である。

よってこれらの結果から Alwa 層の frutexites は方解石層の呈する色、frutexites の大きさ、金属鉱物層の化学組成の特徴から二つに分類できる。Frutexites は時代に関わらず、様々な環境の堆積物に保存されているので (Jakubowicz et al., 2014)、その多様性は Alwa 層の堆積時の間隙水や底層水の変動と関連している可能性がある。

キーワード: 三畳紀, 石灰岩, 化学組成, オマーン

Keywords: Triassic, limestone, chemical composition, Oman

更新統下総層群木下層・常総層にみられる MIS5e以降の海退システムの一考察 Special differences of regressive systems during MIS 5e-4 in the Pleistocene Kioroshi and Joso Formations, Shimoso Group

秋山 大地^{1*}; 中里 裕臣²; 岡崎 浩子³
AKIYAMA, Daichi^{1*}; NAKAZATO, Hiroomi²; OKAZAKI, Hiroko³

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ² 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所, ³ 千葉県立中央博物館地学
研究科

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²National Institute for Rural Engineering, ³Division of Earth
Science, Natural History and Institute, Chiba

関東平野において、中・上部更新統下総層群が堆積した古東京湾と呼ばれる内海は、氷河性海水準変動に伴い繰り返し出現した。下総層群の上部層にあたる木下層・常総層が堆積した海洋酸素同位体ステージ (MIS) 5e 以降の海水準の低下により、河川や海浜平野の発達など様々な海退システムが出現した。本研究では湾奥と太平洋側での典型的な海退システムについて堆積相解析を行った。その結果、木下層から下部外浜相、上部外浜相、海浜相、湿地相などが、常総層から河川相、湿地相などが認定された。この内、同様な堆積相でも湾奥と太平洋側とは層相や粒度分布に違いが認められた。例えば、河川相について、湾奥のものは大規模なトラフ型斜交層理が発達する非常に分級の悪い泥～中礫層からなり、典型的な河川相を示す。一方、太平洋側のものは湾奥のものに比して分級が良く、主に中・粗粒砂で構成され、泥の成分は数%である。発達するトラフ型斜交層理も小規模で葉理には砂鉄の濃集が認められる。このような両者の差は内陸と外洋側では海退に伴う地理的分布や微地形の発達が異なることを反映していると考えられる。また、詳細な古地理の変遷を復元するには年代決定が重要だが、検討中である。

キーワード: 海退システム, 中・上部更新統, 古東京湾

Keywords: regressive systems, Middle to Upper Pleistocene, Paleo-Tokyo Bay