

現・潮間帯堆積物と 1703 年・1923 年関東地震で隆起した段丘堆積物の比較——微地形分類の重要性—— Comparison between the Tidal Zone Deposits and the Terrace Deposits Emerged in the 1703 and 1923 Kanto Earthquakes

金 幸隆^{1*}; 萬年 一剛¹; 捧 一夫²; 熊木 洋太³; 松島 義章⁴

KIM, Haeng yoong^{1*}; MANNEN, Kazutaka¹; SASAGE, Kazuo²; KUMAKI, Yohta³; MATSUHIMA, Yoshiaki⁴

¹ 神奈川県温泉地学研究所, ² パスコ, ³ 専修大学, ⁴ 神奈川県立生命の星・地球館

¹Hot Springs Reserch Institute of Kanagwa Prefecture, ²PASCO, ³Senshu University, ⁴Kangawa Prefecture Museum of Natural History

関東地震の震源域では、隆起海岸が発達しており、関東地震の履歴について研究がなされている。その研究の多くは、主として房総半島を対象としており、同じように重要な三浦半島では、関東地震の履歴と上下変動量の情報は 1703 年および 1923 年の 2 つの地震に限られている。古地震の発生履歴を解明するためには、堆積物を調べる必要がある。

三浦半島では更新世海成段丘を開析する沖積谷の中に、完新世の海成・河成の堆積層が分布し、その堆積面が隆起・陸化して形成された海成段丘が分布する。こうした堆積物を伴う段丘は、古地震の年代および上下変動量を解明する上で重要であると判断される。

本研究は、半島南部の毘沙門湾沿いの沖積谷の中に分布する段丘を分類し、ボーリング調査を行った。堆積物の分析から、段丘の形成過程を解釈し、古地震との関係について検討する。段丘堆積物の堆積環境を理解するために、現世の干潟の側線上 11 地点で堆積物を 2.5~5.4 kg 採取し、粒度分析を実施した。現干潟と段丘の堆積物について、比較を行う。これらの結果、以下のことが明らかとなった。

1. 1946 年米軍撮影の縮尺 4 万分の 1 の空中写真の判読と 1921 年測量の縮尺 1/25,000 の地形図の読図より、海成段丘および河成段丘を詳細に分類した。平均潮位から海拔 10 m までの間に、海成段丘が 7 段分布している。ここでは、段丘面を低位より高位の順に L1 面から L7 面とよぶ。

2. 段丘面は海岸線にほぼ平行に分布するほか、おぼれ谷状に内陸に入り込む形態を呈し、おぼれ谷を埋めた海成・河成の堆積面が陸化したものであり、また、その堆積面と連続する岩石海岸の侵食面からなると判読した。また 1946 年の海岸線は、現在の海岸線とほぼ同じ位置に分布しているが、1921 年の地形図に描かれた海岸線は内陸側に最大約 20 m ほど前進している。これは 1923 年の関東地震の隆起によって、毘沙門湾奥の海底が陸化し、海が相対的に海退したものと判断する。以上のように、空中写真判読と地形図読図に基づく、L 1 面は 1923 年の地震の隆起で陸化した段丘面である。なお 1921 年の地形図の海岸線の位置は、1946 年の写真で判読された L1 面と L2 面の境界線にほぼ一致している。

3. 開発が進み、沖積谷の中は耕作土が埋められている。そこで、毘沙門湾の西奥に分布する沖積谷とその支谷で、深さ 2~5 m のボーリング調査を 9 地点で実施した (4 地点については、2 ヶ月前に掘削したばかりである)。その結果、耕作土は厚さ 1~2 m あり、その下からウミナ Batillaria multiformis、真牡蠣 Crassostrea gigas どの貝化石を含む砂礫層や有機質の砂泥層が堆積している。こうした潮間帯の貝化石のほか、木片や貝殻片が含まれ、泥の量も多いことから、これらの貝片砂礫層・貝片砂泥層は毘沙門湾の入り江の湾奥に堆積した干潟の堆積物であると判断する。川の流出口付近とそこから 180 m 上流に分布する L1 面および下流部の支谷で認められた L3 面の調査地点では、干潟層の上に河成の砂礫層が堆積している。こうした段丘堆積物の層相は、現在の干潟の堆積物のそれとかなりよく相似している。

4. 海成層の堆積面から、L 1 面は M.S.L.+0.8 m~1.3 m、L2 面は M.S.L.+1.5 m~2.1 m、L3 面は M.S.L.+3.7 m に分布する。これらの段丘面が地震性隆起によって生じたものであれば、段丘面の高度はおよそ関東地震の隆起量と地震間の沈降量の累積合算値を示す。陸地測量部 (1926) の三等三角点の改測に基づく、毘沙門湾の周辺の隆起量は約 1.2~1.3 m であるため、標高 2.1 m の段丘面が 1923 年の地震で段化・陸化したのではなく、1923 年のひとつ前の地震で陸化した可能もある。また L 1 面および L2 面の堆積面の高度は、岩礁に付着するカンザシゴカイの化石の高度から推定された 1923 年と 1703 年の隆起量 [西畑・他 1988; 宍倉・越後、2001] ととも、ほぼ一致する。

5. 毘沙門湾は沖積谷の河口に形成された入り江であり、同湾の湾奥には小さな河口干潟が形成され、干潟には沖積谷から (小川) が流れ込む。砂や礫は、小川から運搬されたと判断される。砂や泥は、潮汐に伴った海の流れによって、干潟の堆積面の上を往復し、堆積した。そのため、干潟の堆積物は、雑多な堆積物からなると判断される。大礫は M.S.L.+0.8~-0.05 に認められ、低潮線側では認められない。中礫 (小) の量は M.S.L.-0.3~-0.4 m よりも低潮線側では急激に減少する。平均潮位線よりも低潮線側では、泥・中粒砂の細粒物の量が急激に増えていた。さらに、段丘堆積物との関係を検討していく。

キーワード: 関東地震, 古地震履歴, 沖積谷, 段丘堆積物, 干潟堆積物, 三浦半島

HCG37-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

Keywords: Kanto Earthquake, Paleo-earthquake Record, Terrace Deposits, Tidal-flat Deposits

新第三系中新統陸成層における堆積盆地内の古土壌を用いた河川地形の復元 The paleosols and topography of sedimentary basin relationships in the upper Miocene Clay deposit, central Japan

葉田野 希^{1*}; 吉田 孝紀²

HATANO, Nozomi^{1*}; YOSHIDA, Kohki²

¹ 信州大学大学院理工学系研究科, ² 信州大学理学部地質科学教室

¹Division of Science and Technology, Graduate School of Shinshu University, ²Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

堆積盆地における河川地形の古環境復元には、チャンネルやレヴィー、クレバススプレイなどの堆積物記録が利用され、碎屑物の浸食・運搬・沈積過程が検討される。しかし、このような堆積物記録には、非常に狭い範囲かつ短期間の水理環境しか保存されていない。なぜなら、陸成層の堆積盆地では、碎屑物がチャンネル内部や湖沼などの限られた地域で短期間のうちに堆積するのに対し、浸食や古地表面での風化が広い河川地形内で長期間進行しているためである。古土壌には、このような風化環境の様々な記録が保存されており、特に堆積物供給量や排水条件がそれらの形成に反映される(Kraus, 1999)。したがって、古土壌は、堆積盆地内における詳細な古環境復元に有用なツールといえる。そこで、本研究では、新第三系中新統の陸成層である土岐口陶土層を対象とし、堆積相解析と古土壌学的視点から小堆積盆地内の地形・風化環境を検討した。

調査地点は、岐阜県多治見市の菱屋鉦山と同県土岐市の中山鉦山である。両鉦山に分布する新第三系は、土岐口陶土層堆積時の基底高度分布図(陶土研研, 1999)によると、同堆積盆地内で堆積していたと考えられる。また、菱屋鉦山は堆積盆地の縁辺部、中山鉦山は堆積盆地の中央部に相当する。堆積相解析の結果、盆地縁辺部には、砂質河川、低粘性のデブリーフロー堆積物などの粗粒な堆積物が卓越する。盆地中央部には、そのような粗粒な堆積物は分布せず、粘土からなる湖性の堆積物が卓越し、約2m厚の基質の少ない沼沢地性の亜炭層が堆積している。古土壌層は、盆地の縁辺部でも中央部でも20枚前後に達する。ただし、盆地縁辺部では、古土壌層を密に挟むのに対し、盆地中央部では間欠的に挟むという層序学的な分布密度の違いが認められる。また、盆地縁辺部では、赤褐色の土色を呈する比較的酸化的な土壌環境を示す古土壌層位のタイプが認められるのに対し、盆地中央部では、シデライトノジュールを産し青灰色の土色を呈する比較的還元的な土壌環境を示すタイプが認められる。また、最もよく発達した古土壌層には、太さ50cmの樹幹化石や長さ150cmの根化石が産出し、層厚100cmで明瞭に土層分化した古土壌層位が発達することから、灌木林が茂っていたことが予想される。これら良く発達した古土壌層は、盆地縁辺部でも中央部でも、湖の堆積物に挟まれる形で発達する。したがって、明瞭な古土壌層位は、盆地内の位置に関わらず湖が干上がった後に形成され、その後氾濫原での粗粒な碎屑物の供給がなされないまま、湖での堆積が進行したと考えられる。

本研究の結果より、盆地縁辺部で粗粒なチャンネル堆積物やデブリーフロー堆積物が認められ、盆地中央部で粗粒な堆積物が少なく細粒な湖沼性堆積物が卓越するという堆積相の違いが認められる。これらは、盆地縁辺部から盆地中央部へと、碎屑物の供給源から堆積場が遠ざかっていることを反映していると考えられる。また、盆地縁辺部と盆地中央部での古土壌層の層序学的な分布密度の差違は、粒度の違いによってもたらされる排水条件の違いを反映していると考えられる。また、盆地縁辺部と中央部に共通して、湖での堆積が進行する期間とそれらが干上がり灌木林が茂る期間の、水理条件が大幅に異なる期間が繰り返される。この水理条件の変動は、土岐口陶土層の堆積盆地全域での環境変動に関連し、土石流が頻繁に発生したことによる水流のせき止めによって引き起こされたものと考えられる。

文献

Kraus, M.J., 1999. *Earth-Science Reviews*, 47, 41-70.

陶土団体研究グループ, 1999. *地球科学*, 53, 291-306.

キーワード: 古土壌, 中新統, 陸域環境, 土岐口陶土層, 堆積相解析

Keywords: paleosols, Miocene, terrestrial environment, Tokiguchi Porcelain Clay Formation, sedimentary facies analysis

画像を用いた年縞堆積物の時系列化手法の一例 Applications of a method to detect varved sediments

佐々木 華¹; 石原 与四郎^{1*}; 齋藤 めぐみ²; 小松原 純子³
SASAKI, Hana¹; ISHIHARA, Yoshiro^{1*}; SAITO-KATO, Megumi²; KOMATSUBARA, Junko³

¹ 福岡大学理学部, ² 国立科学博物館, ³ 産業技術総合研究所
¹Fukuoka University, ²National Museum of Nature and Science, ³Geological Survey of Japan / AIST

湖成堆積物からは、高解像度の古環境記録が得られることが明らかになっている。特に年縞堆積物は、年単位での記録が得られることから古くから多くの解析が行われてきた。年単位での情報を得るためには、少なくとも一年ごとの境界を見出し、たとえば層厚やその中に含まれる微化石などを解析する必要がある。また、年代軸を決定する上でこれらの認定や計測は可能な限り客観的な方法が望ましい。

このような年縞の境界の認定・計測方法には、たとえば、(1) 目視による測定、(2) 画像を利用した測定がある。このうち、(2) には、写真画像、軟 X 線画像、元素マッピング画像等を用いることができ、更に数値化においては (A) しきい値を用いる方法、(B) Wavelet 解析を用いる方法、(C) 波形処理を行う方法等がある。目視による測定は、人為的な誤差や判定基準の難しさがある一方、画像を利用した方法でも特に境界の認定に関わる様々な問題が指摘されている。たとえば、しきい値を用いる方法ではどの層準でも一定の基準を用いることができないこと、Wavelet 解析では分解能が十分で無いこと、波形処理ではノイズに弱いこと、等である。

本研究では、縞状堆積物の葉理境界を認定する手法として、以下のような手順を試みた。すなわち、(1) 画像の平滑化、(2) 画像濃淡 (たとえば明度) の傾斜面の認定、(3) 画像濃淡の振幅の中間値の取得、(4) (2)、(3) の組み合わせで境界の認定を行う、である。その結果、目視で認定した葉理境界と近い認定がなされた上、葉理内部の情報 (たとえばある葉理内の軟 X 線透過率) も得ることができた。これらの境界を読むことで年縞の時系列を得ることができる。年縞を用いた多くの周期性の解析では単に層厚の時系列を検討した例が多いが、本研究の手法を用いることで洪水堆積物の自動認定や迅速な時系列化が可能となる。

キーワード: 年縞, 画像解析, 時系列, 軟 X 線, 珪藻土

Keywords: varved sediments, image analysis, time-series, soft-X ray, diatomite

岡山県中期更新統蒜山原層の湖成縞状珪藻土の年縞に認められる周期性と洪水・崩壊イベント Depositional cycle and flood and slope-failure events in an 8,000-yr varve of Pleistocene Hiruzenbara Formation, Japan

佐々木 華^{1*}; 石原 与四郎¹; 齋藤 めぐみ²; 成瀬 元³
SASAKI, Hana^{1*}; ISHIHARA, Yoshiro¹; SAITO-KATO, Megumi²; NARUSE, Hajime³

¹ 福岡大学理学部, ² 国立科学博物館, ³ 京都大学理学部
¹Fukuoka University, ²National Museum of Nature and Science, ³Kyoto University

年縞堆積物から過去の環境変動を抽出する試みは、時代や場所を問わず、多くの例がある。岡山県真庭市蒜山原高原に分布する蒜山原層は、中期更新統の湖成層で、ほとんどが純粋な珪藻土からなる年縞堆積物を含む。この年縞堆積物からは、太陽活動の周期に対応する年縞層厚の変化が得られている上(石原・宮田, 1999)、洪水・崩壊のイベント堆積物が多く挟まれることも明らかになっている。本研究では、蒜山原層の縞状珪藻土を対象として、年縞が明瞭な層準ほぼすべてに対して画像解析を用いた年縞の時系列化手法を適用し、約8000年の年縞層厚、葉理の明度、葉理内の明度の分散の時系列を得た。また、洪水堆積物・崩壊堆積物の認定も行い、これらの挟在頻度を明らかにした。そしてそれぞれ時系列解析を行った。

得られた年縞層厚の時系列には、大局的には1000年~2000年の長期的な変動が認められた。年縞のうちの淡緑色部は、上位にゆくにしたがって明瞭に層厚を増加させる。一方、これらの時系列に対してFFTやWavelet解析による周波数解析を行った結果、8~12年、20年前後、30~35年の周期が卓越することが明らかになった。これらの周期は、石原・宮田(1999)やMasuda et al. (2004)でも得られている。得られた周期のうち、8~12年、20年前後年はしばしば太陽活動の周期に、35年は湖面変動の周期に対応するという報告が多い。しかしながら、いずれの周期も安定して存在しないという点は、年縞を顕微鏡で計測した石原・宮田(1999)やMasuda et al. (2004)と同様である。

年縞堆積物に挟在する洪水堆積物は、8000年間で約147層が認定された。これらは高頻度の部分と低頻度の部分があるのが見てとれ、それらは全層準で数回繰り返す。平均層厚は2mm程度と薄い。一方、崩壊堆積物は、全層準で33層得られた。これらは解析層準の上部と最下部は低頻度で、下部は高頻度であるが、洪水堆積物のような頻度の増減の繰り返しは無い。平均層厚は5.5mm程度である。

洪水堆積物が高頻度に挟在する時、年縞の平均層厚が薄い傾向のある層準、もしくは局所的に平均層厚が厚くなる層準が数カ所認められる。また、挟在頻度の少ない検討層準上部は年縞の平均層厚が厚い。これは洪水の発生頻度もしくはその時の気候条件が珪藻の生産量(葉理の厚さ)に影響を与えていた可能性を示唆する。また、洪水堆積物が高頻度に挟在する時、前述の周期性は認められなくなることがある。崩壊堆積物の挟在頻度は、年縞堆積物の層厚や明度やその周期性との関係は明瞭ではなく、湖底斜面の崩壊は湖の成長・発達に関わるローカルな現象の反映である可能性を示唆する。

キーワード: 縞状珪藻土, 年縞, 画像解析, 洪水堆積物, 崩壊堆積物, 太陽活動

Keywords: Banded diatomite, Varve, Image analysis, flood deposit, slope-failure deposit, Solar activity

宮崎平野南部, 島山地域における 1662 年寛文日向灘地震による沈降と堆積環境の変化 Subsidence and a change of depositional environment by the 1662 Hyuganada earthquake in southern Miyazaki Plain

生田 正文^{1*}; 佐藤 善輝¹; 丹羽 正和¹; 鎌滝 孝信²; 黒澤 英樹³; 高取 亮一⁴
IKUTA, Masafumi^{1*}; SATO, Yoshiki¹; NIWA, Masakazu¹; KAMATAKI, Takanobu²; KUROSAWA, Hideki³; TAKATORI, Ryoichi⁴

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 秋田大学, ³ 応用地質株式会社, ⁴ 株式会社地圏総合コンサルタント
¹Japan Atomic Energy Agency, ²Akita University, ³OYO Corporation, ⁴Chi-ken Sogo Consultants Co.,Ltd.

宮崎平野は, これまでに日向灘や南海トラフで発生した巨大地震によって繰り返し被害を受けてきた。このうち, 日向灘では M7 クラスの地震が 1909 年から 1984 年までの間に 6 回発生した地震活動が活発な領域であり, 1968 年日向灘地震 (M7.5) では津波が宮崎平野にも到達した。1909 年以前にも, 寛文日向灘地震 (1662 年, M7.5~7.8) や明和日向灘地震 (1769 年, M7.5~8), 明治 32 年の日向灘地震 (1899 年, M7.1) などによる被害記録が残されている (宇佐美ほか, 2013)。他方, 宝永南海地震 (1707 年, M8.6) や昭和南海地震 (1946 年, M8.0) などの南海トラフを震源とする地震でも, 津波が到達している (宇佐美ほか, 2013)。近年, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2012) によって最大クラスの地震・津波想定で震源断層域に新たに日向灘を含めるモデルが示されるなど注目が集まっているが, 日向灘を震源とする巨大地震については, その影響範囲や規模などに関する研究事例が少なく, 未解明な点が多く残されている。

日向灘で発生した最大規模の地震である 1662 年寛文日向灘地震では, 文書記録から大きな被害や地変が起きたと推定されている (羽鳥, 1985)。宮崎平野南部の大淀川や加江田川の河口付近では高さ 4~5 m の津波が到達し, 地盤が約 1 m 沈降したと見積もられている。加江田川河口部に位置する島山地域では, この時発生した地盤の沈下によって入江が形成され, 地震から 27 年後に作成された『元禄二年日向国那珂郡南方村絵図』にもその様子が描かれている。その後, 入江は河川から供給される土砂によって埋積され (木花郷土誌編集委員会, 1980), 享保年間 (1716~1735 年) の干拓を経て, 現在は水田となっている (宮崎市史編纂委員会, 1978)。このように, 文書記録や絵図からは島山地域において地震に伴う急激な地形や堆積環境の変化が生じたかと想定されるが, これまでに地質学的データからその実態を検証した事例はなかった。

そこで本研究では, 島山地域を対象として人力打込み式採土器およびボーリングによる地質調査を行うとともに, 採取したコア試料を用いて微化石や化学成分について分析を行い, 沈降域周辺の堆積環境の復元を試みた。島山地域の浅層部堆積物は大きく 4 層に区分される (下位から順に A~D 層と呼ぶ)。A 層は火山軽石に富む砂~シルト層で, 炭質物の挟在する灰色シルト及び細~中粒砂の互層からなる。内陸側の掘削地点では, シルト層中に層厚約 1~15 cm の白色火山軽石層を複数枚挟在する。B 層は保存のよい巻貝や貝殻片を多く含む泥~砂層で, 灰色~灰茶色シルトの互層からなる。B 層は標高-1.5 m 付近で A 層を覆って堆積する。基底付近の層厚約 15~40 cm は生物擾乱の発達する黒~濃灰色を呈する泥質な細粒砂層で, 砂の偽礫や 1 mm 以下の貝の破片, 火山岩片を含む。また, 海側の地点では植物片や炭質物を多く含む傾向がある。C 層は標高-0.5~0 m 付近の灰色シルト~砂層で, シルト層を主体として細~中粒砂や炭化植物片が濃集する層を複数枚挟在する。D 層は標高 0 m 付近~地表までの堆積物で, 表層約 20 cm の人為的な耕作土層とその下位のシルト~細粒砂層からなる。

珪藻分析の結果, A 層では淡水性付着性種の *Cymbella turgidula* や *Gomphonema parvulum* を多産し, やがて珪藻化石をほとんど産出しなくなるのに対して, B 層では *Cocconeis scutellum* や *Thalassionema nitzschioides* などの汽水~海水生種が優占的に産出する。また, 堆積物の吸着水分析では, B 層基底を境として, K, Ca, Na, Mg および SO_4^{2-} など海水中に多く含まれる成分の濃度が急激に増加している。さらに, 堆積物の粒度や貝化石の有無などにも B 層基底を境として差異が認められた。以上の分析結果は, B 層基底標高を境として, 淡水湿地から干潟・内湾へと堆積環境が急激に変化したことを示唆する。

得られた年代測定値から見積もった堆積年代の暦年較正值は, 沈降以前の淡水環境の堆積物 (A 層) が AD1445~1595 年頃, 沈降によって生じた入江を埋積した海水~汽水環境の堆積物 (B 層) が AD1549~1771 年頃, その上位のシルト~砂からなる汽水~海水環境の堆積物 (C 層) が AD1651~1771 年頃となる。この結果は, B 層基底標高を境とする堆積環境の変化が 1662 年寛文日向灘地震に伴う地殻変動に対応するものであることを示す。

これらの結果をもとに, 本講演では, 地震の沈降による堆積環境の変遷について, これまでの研究で明らかになったことを速報として紹介する。

キーワード: 日向灘地震, 宮崎平野, 堆積環境

Keywords: Hyuganada earthquake, Miyazaki Plain, depositional environment