

骨コラーゲンの同位体分析によるマダガスカル絶滅種の食性解析

畑中美沙希 (東京大)・横山祐典 (東京大)・小川奈々子 (JAMSTEC)・宮入陽介 (東京大)・Geoffrey Clark (ANU)・大河内直彦 (JAMSTEC)

Misaki HATANAKA, Yusuke YOKOYAMA, Nanako O. OGAWA, Yosuke MIYAIRI, Geoffrey CLARK,
Naohiko OHKOUCHI: Paleodiet study based on isotopic ratio analysis of bone collagen
from extinct species in Madagascar

1. はじめに

マダガスカルは生息する動植物の 80%以上が固有種であると言われ、独自の生態系で知られる。しかし、完新世末には体重 10 kg 以上の大型固有種が全滅しており (Burney & MacPhee, 1988)、南西部では 1450–1150 cal BP にかけて大型動物の個体数が激減し、1250–950 cal BP の間にほぼ絶滅したことが明らかになっている (Clark, 私信)。

動物骨上のカットマークや堆積物中の花粉・木炭記録から、~4000–2000 cal BP 頃から島に入植したと考えられる人間の活動 (乱獲による個体数の減少、火の使用による生息環境の変化)、あるいは気候変動 (乾燥化による生息環境の変化) が絶滅イベントの主要因として考えられているが、生息環境と絶滅との詳しい因果関係は解明されていない。

2. 本研究の目的・研究試料・手法

本研究では、人為的要因あるいは気候変動によって生息環境が変化したならば、それに伴って動物相の食性も変化し絶滅に至ったという作業仮説の下、絶滅動物の食性の経時変化の復元を行い、絶滅・植物相変化との関連性について評価することを目的とした。

研究対象として、マダガスカル南西部の 3 地点 Taolambiby, Ambolisatra, Itampolo の異なる年代層から採取されたマダガスカル絶滅種 (コビトカバ・*Choeropsis liberiensis*) の半化石骨 13 試料を用いた。化学処理を経て骨コラーゲンを抽出した後、その炭素および窒素安定同位体比を元素分析計/同位体比質量分析計を用いて測定し、シングルステージ加速器質量分析計によって年代測定を行なった。

3. 結果・考察

測定されたコビトカバ化石骨コラーゲンの暦年代は 2750–1130 cal BP の値を示した。

窒素同位体比は生物の栄養段階の指標であり、通常、捕食者・被食者間で 3.4‰ の差が生じる。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、Taolambiby では 9.6–10.1‰、Itampolo では 11.1–12.3‰、Ambolisatra では 12.5–12.6‰ の値を示した。よって同一地域ではコビトカバの栄養段階の変動はなかったと示された。

一方、炭素安定同位体比は、摂取していた植物が C3 植物か C4 植物かを反映する。南西マダガスカルの現生 C3 植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値から予測される C3 植食コビトカバの同位体比の範囲は約 -31 ‰

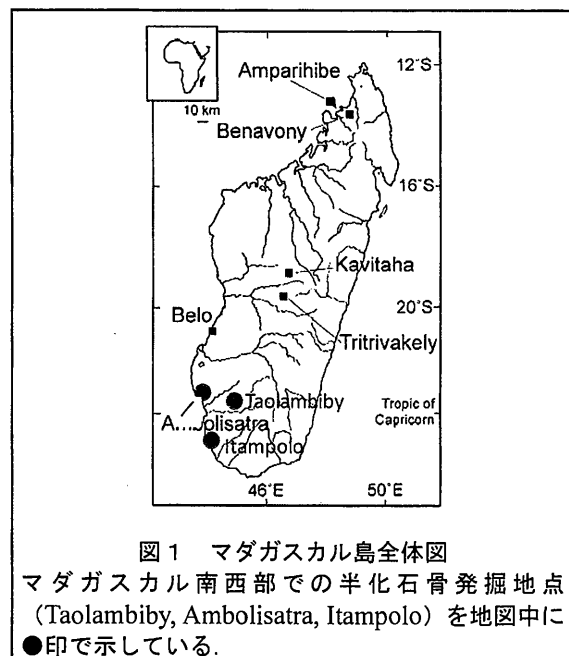
-17‰ である (Crowley et al., 2011)。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、Taolambiby では -18.9 ‰–-19.7‰、Ambolisatra では -17.2 ‰–-17.9‰、Itampolo では -12.7 ‰–-14.8‰ の値を示した。よって C3 植食か C4 植食かは地域に依存しており、同一地域ではコビトカバの食性は C3 植食から C4 植食へ変動しなかったと示された。

4. 結論

窒素・炭素安定同位体比の結果から、同一地域においてコビトカバの食性は絶滅に至るまで変化しなかったという知見が新たに得られた。

また、同一地域で $\delta^{13}\text{C}$ 値の変化が無いことから、周辺の植物相分布は激変しなかった可能性が示唆される。仮に植物環境が変化したとしても、コビトカバは C3 植物・C4 植物の両方を摂取することが可能であったと考えられるため、植物相分布の変化は絶滅の要因でない可能性が高いと言える。

すなわち、生息環境の変化が絶滅に与えた影響は小さく、乱獲などの人間活動の寄与が相対的に大きい可能性が高いと結論付けられる。



5. 引用文献

- Burney & MacPhee (1988) *Natural History*, 97(7), 46.
Crowley et al. (2011) *American Journal of Primatology*, 73(1), 25–37.

台湾台中市の完新世後期の遺跡から出土した齧歯類遺体 —オニネズミはオランダ人によって台湾に持ち込まれたのか?—

河村 愛 (大阪市立大学)・河村善也 (愛知教育大学)・張鈞翔・陳彦君・劉克弘・屈慧麗 (中華民國・国立自然科学博物館)

Ai KAWAMURA, Yoshinari KAWAMURA, Chun-Hsiang CHANG, Yen-Jean CHEN, Ke-Hung LIU, Whei-Lee CHU: Rodent remains from late Holocene archaeological sites in Taichung, Taiwan: Was the bandicoot rat introduced to Taiwan by the Dutch?

1. はじめに

台中市のいくつかの遺跡から出土した哺乳類遺体が、中華民国国立科学博物館で保管されている。今回はその中で齧歯類遺体について、形態の詳しい研究と産出層についての検討を行った。形態の研究では属または種のレベルまで同定できる下顎骨や臼歯は、ほとんどがオニネズミ (*Bandicota indica*) のものであることがわかった。オニネズミはネズミ科 (Muridae) のネズミ亜科 (Murinae) に属する大型のネズミで、現在は東洋区に広く分布し、西はパキスタンから、東は中国南部を経て、分布域の東端は台湾にまで達している。このネズミの現在の生息地は、主に人家の周辺や田畑など人間に関係した場所である。このことから、このネズミの広大な分布域の縁辺部では、人間の活動によって、作為的または偶然にこのネズミの分布域が拡大したことがあったと考えられている。たとえば、このネズミの現在の分布域の南端はジャワ島で、そのオニネズミは人間によって持ち込まれた可能性が指摘されている。同様のことは、台湾のオニネズミについても古くから言われていた。Swinhoe (1870) は、オランダによる台湾支配の初期、1630 年にオランダ人がこのネズミを台湾に持ち込んだらしいと述べたが、その根拠は示されていない。しかし、その後この「オランダ人による移入説」は一般に広く受け入れられてきた。この説に従えば、1630 年に持ち込まれたオニネズミがその後台湾各地に広がったのであり、1630 年以前の台湾にはオニネズミは生息していなかったことになる。ところが、今回検討した齧歯類遺体とその産出層の年代は、この説を再考する必要があることを示している。本講演では、遺体の産状や年代と形態的特徴や同定の根拠を述べ、「オランダ人による移入説」について議論する。

2. 遺跡

それらの遺体は、台中市西部の以下の 3 遺跡から出土したもので、これらの遺跡は台湾の考古編年では「金属器時代 (2000-400 年前)」(陳光祖, 2000 など) のものとされる。

- 1) 清水遺跡 Chingshui (Qingshui) site
- 2) 鹿寮遺跡 Luliao site
- 3) 恵来 (里) 遺跡 Huilai (li) site

3. 齧歯類遺体

清水遺跡のものは下顎骨が 1 点と M_1 が 1 点で、下顎骨については何傳坤ほか (1998) に簡単に同定結果が述べられている。大きさや下顎骨の形態、 M_1 の歯根の形態がオニネズミのそれとよく一致するので、オニネズミに同定できる。鹿寮遺跡のものには、明らかに大きさの異なるネズミ亜科の 2 種類が含まれる。大型のものは切歯と $M_1 \sim M_3$ の植立した下顎骨 3 点と $M_1 \sim M_3$ の植立した下顎骨 1 点からなり、これらも大きさや下顎骨と臼歯の咬合面の形態の特徴などからオニネズミに同定できる。小型のものは、切歯と M_1 の植立した下顎骨 1 点で、 M_1 の咬合面の形態がオニネズミのそれとは異なり、クマネズミ属 (*Rattus*) に似ているので、クマネズミ属と同定した。恵来遺跡のものは M^2 が 1 点と M_1 が 2 点で、いずれも大きさや咬合面の模様、歯根の形態がオニネズミのそれと一致したので、オニネズミと同定した。

4. 考察

これらの遺跡から出土した齧歯類遺体の大部分は、上述のように形態の特徴や大きさから明らかにオニネズミに同定でき、そのことはこのネズミが 1630 年以前から台湾に生息していた可能性を示している。長く信じられてきた「オランダ人による移入説」は成り立たない可能性が高い。少なくとも 1630 年以前の完新世後期には、オニネズミは現在のように人間の生活領域の近くに多数生息していたことが考えられる。台湾では最近オニネズミの化石が台南市の菜寮地域の中中部更新統から発見されている (河村ほか, 2016)。このことは、台湾ではかなり古い時代から、ずっとオニネズミが生息していた可能性を示しているが、台湾のオニネズミについてはまだよくわからないことが多いので、さらに検討したい。

引用文献：陳光祖 (2000) 中央研究院歴史語言研究所集刊, 71, 129-198. 何傳坤ほか (1998) 台中県清水鎮清水遺址調査暨考古發掘報告, 中華民国行政院文化建設委員会. 河村 愛ほか (2016) 日本古生物学会 2016 年会講演予稿集, 日本古生物学会. Swinhoe (1870) *Proc. Zool. Soc. London*, 1870, 615-653

九州古墳時代人骨の食性解析から推定された雑穀利用について

小池裕子 (九大博物館)

Hiroko KOIKE: On the Use of Millet Crops Estimated from the Food Analysis of Human Bones during the Kofun Period in Kyushu

1. はじめに

九州大学医学部解剖学教室では金関丈夫教授ならびに永井昌文教授によって西日本各地から発掘された人骨が多数収集され、鋭意研究されてきた(永井, 1988)。これら九州出土人骨標本のうち保存状態の良い個体について、遺跡数の多い古墳時代人骨を中心として炭素・窒素安定同位体($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)分析する機会を得たのでその結果を報告したい。

2. 分析人骨

古墳時代前期に属する人骨では当初 $\delta^{13}\text{C}$ 用として人骨片を採取し(小池・Brian Chisholm, 岩崎純子, 1991)その後、試料残量が十分なものについて $\delta^{15}\text{N}$ 測定を行った。古墳時代前期の草場第二遺跡($\delta^{13}\text{C}=5$ 個体)・寺島5号石棺($\delta^{13}\text{C}=3$ 個体, $\delta^{15}\text{N}=1$ 個体)・谷口古墳($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}=1$ 個体)・岩屋石棺($\delta^{13}\text{C}=1$ 個体)・長井浜石棺($\delta^{13}\text{C}=1$ 個体)の計11個体である。古墳時代中期では、宇土3号墳($\delta^{13}\text{C}=4$ 個体, $\delta^{15}\text{N}=3$ 個体)・老司古墳($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}=2$ 個体)・寺山石棺($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}=3$ 個体)・下山古墳($\delta^{13}\text{C}=1$ 個体)・城2号墳($\delta^{13}\text{C}=1$ 個体)の計10個体である。古墳時代後期に属する人骨では、上ノ原横穴群($\delta^{13}\text{C}=10$ 個体, $\delta^{15}\text{N}=3$ 個体)・竹並遺跡($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}=3$ 個体)・十一横穴($\delta^{13}\text{C}=4$ 個体, $\delta^{15}\text{N}=3$ 個体)・法恩寺4号墳($\delta^{13}\text{C}=1$ 個体)および時期不明のオゴモリ遺跡1個体の計19個体を測定した。

3. 結果と考察

縄文時代の山鹿貝塚の人骨(図1)は水産系食物に多く依存していることを示唆した。これらの値は称名寺貝塚または北海道近世アイヌなど水産系食物の多いグループに匹敵する値であった。

古墳時代人骨を海岸部と内陸部の遺跡の立地に分けてプロットすると(図2), 両者は2分され、海岸部の人骨はともに水産系蛋白の摂取量が多いと推定された。なおこれらの海岸部の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値の回帰直線は関東縄文人に比べ上位に位置し九州弥生時代人と同様に水稻による $\delta^{15}\text{N}$ 値のシフトの可能性も含めて検討する必要がある。

古墳時代後期に属する上ノ原・竹並・十一横穴遺跡の人骨は $\delta^{13}\text{C}$ 値がやや高い割には $\delta^{15}\text{N}$ 値が高くなり、特異な位置にプロットされ、いわゆる回帰直線上にはあてはまらなかった。前2遺跡は海岸部に、十一横穴は内陸部にあり、ヒエ・アワ・ヒビの摂取により、 $\delta^{13}\text{C}$ が上昇した可能性も今後検討していきたい。

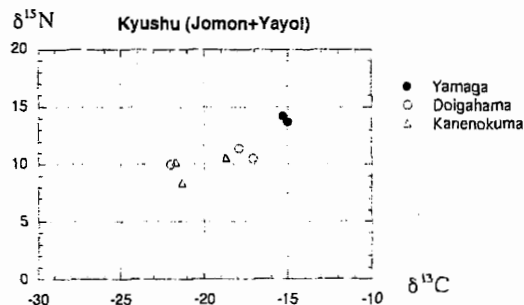
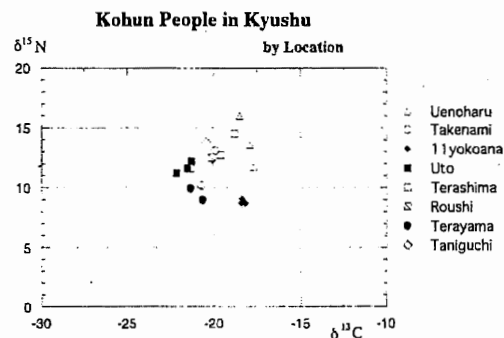
図1 九州縄文・弥生人骨の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分布

図2 地域別(白ぬき: 海岸部、黒塗り: 内陸部)で分けた場合

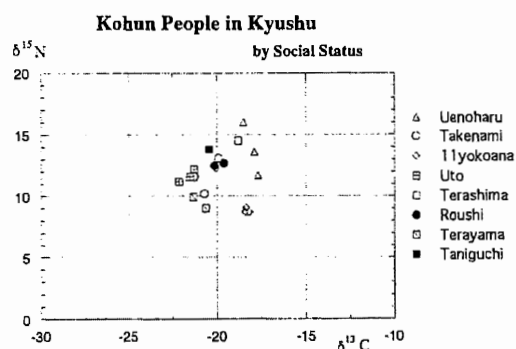


図3 社会的関係(黒塗り: 上位、升目: 中位、白抜き: 下位)で分けた場合

引用文献

- 小池裕子・Chisholm, B.・岩崎純子 (1991) 古人骨の $\delta^{13}\text{C}$ 測定値リスト(1)九州大学解剖学教室保管標本を中心とした青年日本人骨の $\delta^{13}\text{C}$ 値。埼玉大学紀要, 27:19-31
- 小池裕子・Chisholm, B. (1996) 九州古墳時代人骨の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 測定値について。比較社会文化 2:109-116.

鹿児島県竹島の鬼界アカホヤ噴火以降における黒ボク土の生成

井上 弦 (神奈川農技セ)・杉山真二 (古環境研究センター)・大岩根 尚 (元 三島村役場)・

山中寿朗 (東京海洋大)・溝田智俊 (元 岩手大)

Yudzuru INOUE, Shinji SUGIYAMA, Hisashi OIWANE, Toshiro YAMANAKA, Chitoshi MIZOTA: Formation of Andosols after Kikai-Akahoya eruption in Takeshima, Kagoshima, Japan

1. はじめに

鬼界カルデラの北縁を構成する鹿児島県三島村竹島は、その名の通り島全体を竹(リュウキュウチク)に覆われる。竹島は本来、照葉樹林帯に位置することから、リュウキュウチク群落ではなく、照葉樹林への植生遷移が推定され、そこに分布する土壌も褐色森林土が想定される。しかしながら、竹島では、文献記録だけでも、少なくとも100年以上、竹(リュウキュウチク)が繁茂し続け、植生遷移は進まず、同時に褐色森林土ではなく、黒ボク土が生成し続けている。一般に、黒ボク土の生成には、土壌有機物の給源としての草本植生が必要であり、日本において草本植生が維持されるためには、火入れなど人間活動が必要と考えられている。そして過去に火入れも含め火事が起こったことを明らかにするには、土壌中に残る炭化粒子(charcoal)の量が決め手の一つになる。そこで、本研究では、ca. 7.3 cal ka BP (町田・新井, 2003)の鬼界アカホヤ(町田・新井, 1978)噴火以降、いつからリュウキュウチクが繁茂しているのかを明らかにするとともに、黒ボク土の生成過程について検討した。

2. 試料および方法

試料は、鹿児島県竹島において鬼界アカホヤ噴火以降に生成した黒ボク土を対象に土壌断面調査(日本ペドロロジー学会編, 1997)を行うとともに、現表土まで垂直方向に約10 cmずつ黒ボク土層から計7点、同様に黒ボク土層下位部分から計7点の合計14点の試料を供試した。分析は、植物珪酸体組成(杉山, 2000)、炭素含量、選択溶解法による酸性シュウ酸塩可溶鉄(Fe_o)・アルミニウム(Al_o)・ケイ素(Si_o)含量、ピロリン酸塩可溶鉄(Fe_p)・アルミニウム(Al_p)含量(土壌環境分析法編集委員会編, 1997)、および炭化粒子(Macro-charcoal)含量を調べた。Macro-charcoalは、Okunaka, et al. (2012)に準じ、ここでは、粒径 $> 105 \mu m$ (150 mesh)について $1 g (= 1 cm^3)$ 当たりの粒数(個/ cm^3)を計数した。さらに、粒径 $> 105 \mu m$ 部分の試料について $500 \mu m$ (30 mesh)で篩い、 $> 500 \mu m$ のMacro-charcoalの粒数を計数した。

3. 結果および考察

植物珪酸体組成は、全層を通してメダケ節型 *Pleioblastus* sect. *Nipponocalamus* type が優勢であり、下層から上層に向かって増加する傾向を示した。本調査地点に広く分布するリュウキュウチク節の植物珪酸体は、本分析法ではメダケ節型としてカウントされることから、同定したメダケ

節型の植物珪酸体は、その多くがリュウキュウチク節と考えられた。日本の黒ボク土における有機物の給源は、ほとんどがその植生に由来することから、竹島の黒ボク土における有機物の給源も、現植生と変わらずリュウキュウチクが主体と考えられた。また、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)堆積後の比較的早い時期からリュウキュウチクが竹島に繁茂していたことが示唆された。リュウキュウチクは、その地下茎の強い緊縛力と微生物分解が困難な落葉層が他の植生の稚苗を遮蔽するため随伴可能な植物種が少なく、他の植物種が優占しにくい環境を作ることが推定されている(寺田, 1998)。

土壌の炭素含量は2Ab1層(試料No. 4)で最大値 $74 g kg^{-1}$ であり、土色も黒色(10YR2/1)を示した。また、本調査地点は、本来の表層が削剥されていると考えられるものの、現表層においてもその炭素含量は $32 g kg^{-1}$ であり、土色も黒褐色(10YR3/2)を示した。A層全体(1A層~2Ab2層)の層厚は58 cmあった。 $Al_o + 1/2Fe_o$ 含量は、2Ab2層(試料No. 5, 6)で最大 $60 g kg^{-1}$ を示し、 $Al_o + 1/2Fe_o > 20 g kg^{-1}$ の黒ボク特徴を満たした。

$> 105 \mu m$ のmacro-charcoalは黒ボク土層下位部分でほとんど検出されなかった。一方、黒ボク土層では $155 \sim 610$ 個/ cm^3 であった。さらに、その場所で火事が起こった証拠とされる $> 500 \mu m$ のmacro-charcoalは全層を通じて、平均1個/ cm^3 程度でありほぼ検出されない。したがって、少なくとも竹島の試料採取地点で過去に火事が起こったとは考えにくい結果を得た。

以上のことから、K-Ahの堆積以降に生成した竹島の黒ボク土は、鬼界アカホヤ噴火後の比較的早い時期から、一貫してリュウキュウチクを主な土壌有機物(腐植)の給源とし、主にテフラの風化に伴い溶出するSi, Al, Feなどが腐植複合体を形成し腐植を保持することで生成したと考えられた。リュウキュウチク群落が継続した原因としては、前述したリュウキュウチクの特異な地下茎の性質などが考えられた。さらに火入れなどによる草本植生(リュウキュウチク)の維持は全く考えられないものの、macro-charcoal含量から判断するとその関与は小さいことが示唆された。

引用文献：土壌環境分析法編集委員会編(1997)427p. 土壌環境分析法。町田・新井(1978)第四紀研究, 17, 143-163. 町田・新井(2003)新編火山灰アトラス, 336p. 日本ペドロロジー学会編(1997)土壌調査ハンドブック, 169p. Okunaka, et al. (2012) The Holocene, 22, 793-800. 杉山(2000)考古学と植物学, pp. 189-213. 寺田(1998)鹿児島県博研報, 17, 1-33.

粒炭データベース作成の試み (2)

小椋純一 (京都精華大・人文)

Jun-ichi OGURA : An Attempt to Create a Database of Macroscopic Charcoal (2)

1. はじめに

過去の植生や、それに対する人為などによる火の影響を知る上で、泥炭や土壌に含まれる微粒炭は重要な手がかりになる。その量的分析も重要であるが、微粒炭の母材植物がわかれば、それによって花粉分析や植物珪酸体分析などでは明らかにできない過去の植生の実態を知る手がかりが得られる可能性がある。

微粒炭の母材植物を知るためには、その表面形態について観察を行う必要がある。それは、落射顕微鏡を用いて 400 倍程度以上の高倍率で観察することにより、より明確にとらえることができる (小椋 2007)。そうした微粒炭をもとにした研究のためには、微粒炭の標本をもとに作成した微粒炭写真のデータベースがあるとよい。

微粒炭データベース作成の試みについては 2015 年に第 30 回日本植生史学会 (於北海道博物館、札幌市) でも発表した。ここではその後の改善点なども含めた現状を報告する。

2. 微粒炭データベース作成の流れ

1) プレパラート作成

2015 年に本学会で発表したように、微粒炭データベース作成のためには、まずしっかりとした微粒炭標本の作成が必要である。微粒炭は同じ植物でも材や樹皮などの組織により、その表面形態は大きく異なる。また、樹木の幹枝の太さや樹齡、炭化温度や炭化時間などの炭化条件の違いによってもその表面形態が変わることがある。そのため、微粒炭標本作成には、単にある植物が燃えてできた炭化物を標本にするのではなく、電気炉などを用い、植物の部位・組織ごとに一定の炭化条件下で行う必要がある。

炭化した植物試料は手の指などで適度な圧力を加えて粉状にし、それを 125 μm 、250 μm 、500 μm のメッシュの篩を重ねて用いて篩分けし、125 μm のメッシュの篩に残ったものをプレパラートとした。

2) 写真撮影

写真撮影は、落射顕微鏡により 125–250 μm クラスの微粒炭について、400 倍の倍率で意図的にならないよう順次一定数を撮影した。

3) タイプ分け

ある植物の部位・組織の一定数の微粒炭写真は、大まかに 2–3 の主なパターンに分類できる場合が多い。一方、「その他」に分類されるものや、数は多くはないものの特徴的な形態をしたものが見られることがある。

そうしたことを踏まえ、各グループの微粒炭は、A, B, C, D, O, S に分類した。ただし、C, D の形態例がない場合もある。各記号で示した各形態例は、次のことを示す。

A : 最多形態例。最多形態例の中にも形態が似ていて 2 つ以上に分けた方がよいと思われるものがある場合には、A1, A2 などと分けることがある。

B : 上記 A の次に多い形態例。A と同様、B1, B2 などと分けることがある。

C : 上記 B の次に多い形態例。C1, C2 などと分けることがある。

D : 上記 C の次に多い形態例。D1, D2 などと分けることがある。

O : A~D に含まれない「その他 (Others)」の形態例。

S : 通常数は少ないが「特徴的 (Special)」形態例。

4) データベース用写真の選択

各形態例の写真を通常 3~10 枚程度選ぶ。ただし、O と S についてはこの限りではない。

5) データベースのシステムに情報を追加

3. データベース画面

1) 検索項目

- ・草本/木本
- ・植物種名
- ・炭化条件：たとえば、350°C-10 分など
- ・部位・組織

2) 表示項目

上記検索項目のほかに

- ・形態例：A, B, C, D, O, S (各形態例の記号の後には、たとえば〈60/100〉のように各形態の割合を示す)
- ・標本：各形態例の写真を通常 3~10 枚程度

現在作成中の微粒炭データベースは下記 URL で見ることができる。

<http://ogura.s095.demo-sites.com/>

微粒炭の分類に時間がかかることが多いことなどにより、そのデータベースの充実の速度は遅いが、今後それを充実させながら、より広く閲覧可能な状態にしてゆく予定である。

文献

小椋純一 (2007) : 微粒炭の母材植物特定に関する研究、『植生史研究』(15) 2, 85-95.

九州における鬼界アカホヤ噴火前後の縄文集落の動態

葉畑光博（都城市教育委員会・九州大学アジア埋蔵文化財研究センター）

Mitsuhiro KUWAHATA: The impact of the Kikai-Akahoya eruption on human society in Kyushu.

1. はじめに

縄文時代早期に大隅半島南端から約 40 km の海底で起こった鬼界アカホヤ（K-Ah）噴火では、九州本土南端まで達した大規模な火砕流が発生し（宇井，1973），上空高く舞い上がった細粒火山灰は東北地方まで及んだ（町田・新井，1978）。この噴火が当時の地形や植生などの自然環境へ与えた影響については、自然科学分野の調査研究の進展で、さまざまなアプローチがなされている（森脇ほか，1994；成尾，1999；杉山，2002；松下，2002）。

発表者はこれまで、鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）の年代に関する研究をレビューしつつ、同テフラの考古編年上での位置付けについても検討を進め（葉畑，2013），K-Ah 噴火が縄文土器文化にどのような影響を与えたのか考察してきた（葉畑，2002，2016）。また、K-Ah 噴火に伴う幸屋火砕流堆積物（K-Ky）の分布範囲とその周辺における K-Ah 噴火後の遺跡を集成し、縄文時代早期末～前期前半の土器型式編年をもとにした各段階の遺跡の内容と分布状況を検討して、K-Ah 噴火による激甚被災地における狩猟採集民の再定住プロセスの復元も行ってきた（葉畑，2016）。

本研究では、先に示した土器編年の型式細分と各土器型式の較正暦年代の絞り込みをより進めた上で、九州全域を対象として、K-Ah 直前と直後と推定される遺跡の集成を行い、両者を比較することによって、K-Ah 噴火が九州における縄文時代の集落形成にどの程度の影響を与えたのか考察したい。最後に、K-Ah 噴火後の南九州における集落形成の推移についても再論したい。

2. K-Ah と K-Ah 直前・直後の土器型式の年代

理化学的な手法による K-Ah の年代推定については、水月湖の湖底堆積物の年縞年代により 7280 cal BP とされ（福沢，1995），同湖の 2006 年コアを用いた K-Ah 層準の ^{14}C 年代測定値の較正暦年代では 7165～7303 cal BP とされた（Smith et al., 2013）。現状では較正暦年代が 7200～7300 cal BP の間、5300 cal BC 前後とすることが可能である（葉畑，2013）。

火山灰層位法にもとづいて、K-Ah に最も近い時期の土器型式を抽出すると、条痕文系土器群の轟 A 式土器と西之蘭式土器を見出すことができる（葉畑，2016）。さらに、轟 A 式土器と西之蘭式土器の外表面付着炭化物の ^{14}C 年代測定値を IntCal13（Reimer et al., 2013）の較正曲線に基づいて較正暦年代に換算し、 2σ を用いて年代幅を推定すると、おおむね前者は 5600～5300 cal BC、後者は 5350～5050 cal BC となる。

K-Ah は、上記の条痕文系土器群の年代幅約 600 年間のちょうど中頃に位置する。すなわち、K-Ah の噴火は、条痕文系土器様式の轟 A 式土器から西之蘭式土器へと移行する時期に起こったイベントであると考えることができる（葉畑，2013，2016）。

3. 資料と方法

K-Ah 噴火が九州における縄文集落の形成にどのような影響を与えたのかをみるために、前節の土器型式の前後関係と年代幅を踏まえて、K-Ah 噴火直前、直後に位置付けられる遺跡を抽出する作業を行う。具体的には、九州内で発掘調査され報告書が刊行された遺跡の中で、轟 A 式土器と西之蘭式土器が出土している遺跡を拾い上げる。集成に際しては、第 24 回九州縄文研究会大分大会の『九州における縄文時代早期末～前期初頭の土器様相 発表要旨・資料集』（2014）及び第 26 回九州縄文研究会熊本大会の『九州縄文貝塚の現状と課題 2』（2016）中の地名表を基本にしながら、個別の遺跡発掘調査報告書もチェックした。その結果、現時点において、轟 A 式土器が出土した遺跡は 166 箇所、西之蘭式土器が出土した遺跡は 43 箇所となった。

この集成をもとに、K-Ah 直前に位置付けられる遺跡数と K-Ah 直後に位置付けられる遺跡数を比較するわけであるが、出土した土器と K-Ah の層位的関係について前置きすると、九州南半部の鹿児島県・宮崎県においては、K-Ah の堆積が明瞭であるため、出土土器との層位関係も比較的明確であるが、九州北半部の福岡県・大分県・佐賀県・長崎県・熊本県では K-Ah の堆積が薄く、層位的関係が不明瞭な場合も多い。このことはどうしても解消できない問題である。したがって、九州北半部における K-Ah 堆積の確認できない遺跡に関しては、轟 A 式土器が出土した遺跡を K-Ah 直前、西之蘭式土器が出土した遺跡を K-Ah 直後と機械的なふるい分けをせざるを得ない。その一方で、K-Ah の堆積が明瞭な九州南半部では、轟 A 式土器が K-Ah 上位から出土した遺跡や西之蘭式土器が K-Ah 下位から出土した事例もあるため、前者の遺跡を K-Ah 直後の遺跡に入れ、後者の遺跡を K-Ah 直前の遺跡に入れた。

4. 九州における K-Ah 直前・直後の遺跡動態

九州全域における、K-Ah 直前の遺跡は 157 箇所、K-Ah 直後の遺跡は 43 箇所である。先述した土器型式の較正暦年代をもとに起算すると、K-Ah 前の轟 A 式土器の年代幅は約 300 年間、K-Ah 後の西之蘭式土器の年代幅は約 250 年間なので、

各々100年間あたりの遺跡数を割り出すと、K-Ah直前が52.3箇所、K-Ah直後が17.2箇所となり、九州全体でK-Ah直後の遺跡数がK-Ah直前の3分の1まで落ち込んでいることがうかがえる。

つぎに九州内での地域差をみるために、九州北半部（福岡県・大分県・佐賀県・長崎県・熊本県）と九州南半部（鹿児島県・宮崎県）に分けて、K-Ah直前と直後の遺跡数を比較してみる。九州北半部のK-Ah直前の遺跡は47箇所、K-Ah直後の遺跡数は20箇所、九州南半部のK-Ah直前の遺跡は110箇所、K-Ah直後の遺跡は23箇所であるので、先と同じように100年間あたりの遺跡数を割り出すと、九州北半部はK-Ah直前が15.7箇所、K-Ah直後が8箇所、九州南半部はK-Ah直前が36.7箇所、K-Ah直後が9.2箇所となる。九州北半部ではK-Ah直後の遺跡数がK-Ah直前の約半分まで下げ止まったのに対し、九州南半部ではK-Ah直後の遺跡数がK-Ah直前と比べて4分の1に激減しており、K-Ah噴火災害の九州内での地域差をうかがうことができる。

また、九州の北半部、南半部に関わらず、K-Ah直後の遺跡における土器出土量は、K-Ah直前の遺跡における土器出土量と比較して少ない状況が看取される。このことは土器消費量が低調であったことを示すとともに、遺跡を形成した集落構成員数や集団の規模自体が縮小していたことを反映していると考えられる。

5. K-Ah 噴火後の激甚被災地における遺跡分布状況の推移

K-Ah直後の西之園式土器期においては、おおむねK-Ky分布北限ライン以北に遺跡の分布が確認され、より南方では遺跡の分布が確認されていない。このことは、火砕流の影響によって薩摩半島南端部・大隅半島南端部・大隅諸島の生態系が甚大なダメージを受けて、集落形成の空白期間が生じていたことを物語っている（栗畑、2016）。

轟B1式土器期（5100～4900 cal BC）になると、K-Ky分布北限付近だけでなく、南九州本土の南方と種子島で集落が形成されるようになる。しかしながら、薩摩半島南端部の鹿児島県指宿市一帯、大隅半島南端部、屋久島では遺跡は見つかっておらず、当該期に至るまで狩猟採集民の活動は再開されなかったようである（栗畑、2016）。

轟B2式土器期（4900～4500 cal BC）には、薩摩・大隅半島のほぼ全域において遺跡の分布が認められる。種子島では土器が多量に出土したり、明確な遺構を伴ったりする遺跡がみられる。しかし、西隣の屋久島ではこの時期の遺跡は発見しておらず、明確な集落が形成されるのは、一湊松山遺跡の事例から、K-Ah噴火から約1000年後の曽畑式土器期以降であると考えられる（栗畑、

2016）。

大隅諸島の種子島における定住生活の再開は噴火から約250年後以降と推定されるが、屋久島では噴火から1000年を経過してようやく再定住が行われたと推定される。この時間差は、両島を覆ったK-Kyの度合いの違いと地形環境の違いによるものと推察される。種子島においてK-Kyは南部だけに比較的薄く確認される（藤原・鈴木、2013）のに対し、屋久島では南端部を除いてほぼ全域にK-Kyの比較的厚い堆積が確認される（下司、2009）。屋久島の大半を占める山地と渓谷は、K-Kyに覆われた際に森林植生が破壊され、貯水機能を失った山地斜面は崩壊が起こりやすい条件にあったと推定され、植生をはじめとする生態系の回復も遅れたと推察される。

引用・参考文献

- 藤原 誠・鈴木桂子（2013）幸屋火砕流堆積物及びその給源近傍相のガラス組成と堆積様式。火山, 58 (4), 489-498.
- 福沢仁之（1995）天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物。第四紀研究, 34 (3), 135-149.
- 下司信夫（2009）屋久島を覆った約7300年前の幸屋火砕流堆積物の流動・堆積機構。地学雑誌, 118 (6), 1254-1260.
- 栗畑光博（2002）考古資料からみた鬼界アカホヤ噴火の時期と影響。第四紀研究, 41 (4), 317-330.
- 栗畑光博（2013）鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）の年代と九州縄文土器編年との対応関係。第四紀研究, 52 (4), 111-125.
- 栗畑光博（2016）超巨大噴火が人類に与えた影響—西南日本で起こった鬼界アカホヤ噴火を中心として—。255p, 雄山閣。
- 町田 洋・新井房夫（1978）南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰。第四紀研究, 17 (3), 143-163.
- 松下まり子（2002）大隅半島における鬼界アカホヤ噴火の植生への影響。第四紀研究, 41 (4), 301-310.
- 森脇 広・鈴木廣志・長岡信治（1994）鬼界アカホヤ噴火が南九州の自然に与えた打撃。町田 洋・森脇 広（編），火山噴火と環境・文明—文明と環境Ⅲ—。思文閣出版，京都，151-162.
- 成尾英仁（1999）アカホヤ噴火時の火山災害の諸相。南九州縄文通信, 13, 67-73.
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hafflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4):1869-1887.
- Smith, V., Staff, R., Blockley, S., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Takemura, K and Danhara, T. (2013) Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: Chronostratigraphic markers for synchronisation of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, vol. 67, 121-137.
- 杉山真二（2002）鬼界アカホヤ噴火が南九州の植生に与えた影響—植物珪酸体分析による検討—。第四紀研究, 41 (4), 311-316.
- 宇井忠英（1973）幸屋火砕流—極めて薄く拡がり堆積した火砕流の発見。火山, 18, 153-168.

ボーリング資料を活用した東京台地部の中・後期更新世地質断面の再検討

遠藤邦彦・堀伸三郎・石綿しげ子・須貝俊彦（東大）・鈴木毅彦（首都大）・上杉陽・大里重人（土質リサーチ）・杉中佑輔（計算力学研究センター）・近藤玲介（皇學館大）・佐藤明夫（東大）・竹村貴人（日大）

Kunihiko ENDO, Shinzaburo HORI, Shigeko ISHIWATA, Toshihiko SUGAI, Takehiko SUZUKI, Yo UESUGI, Shigeto OOSATO, Yusuke SUGINAKA, Reisuke KONDO, Akio SATO, Takato TAKEMURA : Revision of the the Middle-Late Pleistocene profiles in Tokyo Upland areas using boring data

1. 研究の目的

近年、大量のボーリング資料が活用可能となり、これらを解析するツールも開発が進み、ボーリング資料に基づいて東京の台地部の中・後期更新世の地下構造を解明することは現実味を帯びてきた。本研究は解析ツールによって得られるこの枠組みに、テフラ、年代、古環境などの調査・分析データを加えることによって、中・後期更新世に数回の海進・海退サイクルを経て形成された複雑な地下構造を解明することを目的とする。本研究では、東京の台地部（環状八号線の東を中心）を対象に、地質柱状図資料をボーリング柱状図解析システムにより解析すると同時に、アナログ的に各地質柱状図や断面図を見直し、解析システムにフィードバックさせるという過程を繰り返し、地形発達過程を踏まえた地下構造の真の理解を目指す。

2. 研究の手順

使用した柱状図資料は、東京都地盤図等で公開されたもの約 28000 本である。これらに基づき、ボーリング柱状図解析システム（防災科研・産総研）を用いて、資料が集中する幹線道路沿いに 12 本の一次断面図を作成した。

・一次断面図に対し、層序モデルおよび各種データを基礎として解釈を加え、層序断面解釈図を作成した。これらから各礫層等の平面分布図を作成し、その妥当性を検討する。必要に応じ以上のプロセスを繰り返す。

・層序モデル：大磯丘陵～横浜・川崎を中心に過去 40 万年のテフラ層序がほぼ確立し、連続的なテフラ層序に水成層層序を併記した層序表（時間軸）が公表されている（上杉，1986；関東第四紀研究会，1987；町田，2009，など）。これを可

能な範囲で適用する。

3. 東京の台地部における地下構造—東京層を中心とする断面解釈図—

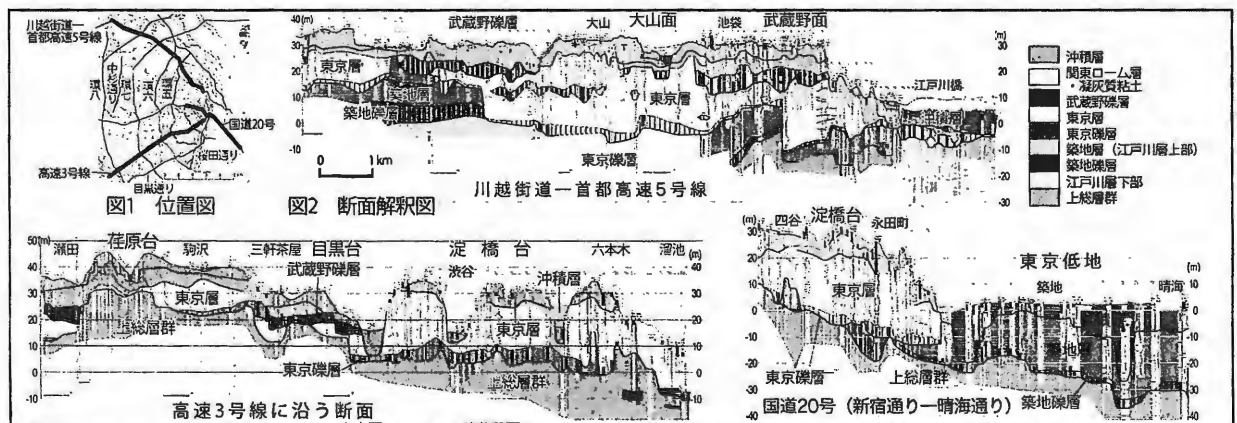
本研究では、下末吉面に対比されてきた淀橋台地を基準とし、その構成物として新宿区河田町付近で得られる、東京礫層-海成泥層・砂層-SIP を含む渋谷粘土層・下末吉ローム層の一連の堆積物を東京層とし、これを周囲に追跡する。板橋地区においては淀橋台に相当する大山面がM面に囲まれて残存することが確認され、基底礫層を持つ谷埋め海成泥層とこれを覆う砂質堆積物で構成される（遠藤，2017）。下末吉台地においては、下末吉層と鶴見層の波食棚（海食台）とその堆積物が同高度に露出するが、当地域でも同様の関係が認められる。以下に現段階における層序断面解釈図を例示する。

4. 次のステップへの課題

以上の現段階の解釈では、東京層を MIS6⇒5.5、築地層（仮称、築地礫層を基底；江戸川層上部に相当；鶴見層相当）を MIS8⇒7 と想定する。しかし、東京の台地部地下ではテフラの確認例はまだ乏しい。資料には厚い軽石層の記載があるので、今後試料を得てその層準を特定していきたい。また露頭やコアで試料を得て OSL 年代測定を行う予定である。これらの結果によって上記の解釈は変更される可能性がある。

様々なデータに接してこられた多くの方々よりご意見をいただきたい。

引用文献：遠藤(2017)日本の沖積層(改訂版)。岡ほか(1984)東京西南部地域の地質。上杉陽(1986)関東の四紀，12，11-20。関東第四紀研究会(1987)関東の四紀，13，3-46。町田洋(2009)デジタルブック最新第四紀学。



2016 年熊本地震における液状化及び建物倒壊の分布

研川英征・関口辰夫・吉田一希（国土地理院）

Hideyuki TOISHIGAWA, Tatsuo SEKIGUCHI, Kazuki YOSHIDA: Distribution of liquefaction and building damage caused by the 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

2016 年熊本地震では、4 月 14 日 21 時 26 分 (M6.5) 及び 4 月 16 日 1 時 25 分 (M7.3) に発生した 2 つの地震の規模が特に大きく、最大震度 7 を記録した。これらの地震により、地震断層が出現し、液状化や建物倒壊が発生した。そこで被害が特に集中した益城町の市街地において、それぞれの地震直後に撮影された空中写真 (4 月 15 日及び 4 月 16 日撮影) を用いて、倒壊した建物と液状化した場所を抽出した。また地形も判読し、建物倒壊と地形の関係について検討した。

液状化は益城町から熊本市まで広範囲に分布するため、4 月 16 日の地震直後に撮影された空中写真を用いてさらに抽出し、治水地形分類図及びボーリング資料と比較した。

2. 益城町における建物倒壊と地形の関係

益城町において、建物倒壊及び液状化データを作成し、地形も判読した (図. 1)。

調査地域の地形は、台地 (北西側) と低地 (南東側) に分けられる。北西側の台地は阿蘇方面からの火砕流による堆積面が広がっており、その南



東縁は低地に向かって傾斜を増し、台地を侵食して形成された数段の段丘面と断層崖や撓曲状の地形がみられた。さらに南東側には水田の卓越する低地が広がる。

建物倒壊の分布を地形分類結果と比較すると、主に台地南東縁の傾斜を伴う段丘面や、撓曲状の地形に分布している。また本調査で判読した撓曲状地形については、Goto et al (2017) による秋津川撓曲帯とほぼ同一であった。

3. 益城町における 4 月 14 日地震直後と 4 月 16 日地震直後の比較

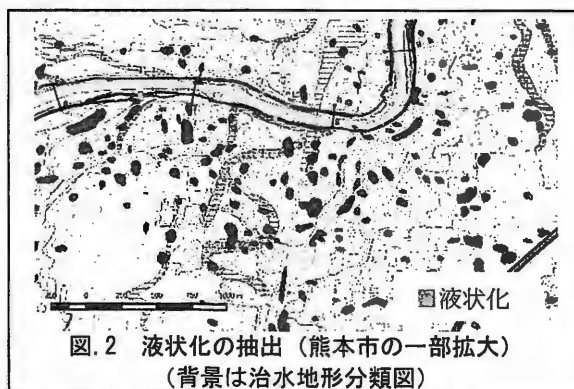
4 月 14 日の地震直後は、台地の南東縁や低地を中心に液状化が多数発生している。建物倒壊は液状化の発生が見られる範囲におおむね含まれる。

4 月 16 日の地震直後は、建物倒壊が多数見られる。液状化については、南東側の低地において、4

月 14 日より広い範囲に確認できる。なお、台地上の液状化については 4 月 14 日時点で既に液状化が分布しているが、建物倒壊による瓦礫の散乱により、空中写真による判読性が低い。

4. 建物倒壊及び液状化分布の地形との関係

益城町から熊本市にかけて、4 月 16 日の地震直後における液状化を抽出した (図. 2)。次に、治水



地形分類図と比較して、地形毎の発生密度を面積単位で算出した (表. 1)。その結果、旧河道が特に高く、後背湿地や自然堤防、氾濫平野についても比較的高いことが明らかとなり、地形と災害リスクの関係が数字にも表れた。一方、段丘にも液状化は発生しているものの、比較的発生密度は低い。また、建物倒壊についても同様に算出したところ、液状化の発生密度と同傾向であった。

5. 噴砂の色調とボーリングデータの比較

空中写真から、噴砂の色調には、大きく分けて白色、灰色、黒色が分布することが分かった。そこで、液状化発生箇所付近のボーリングデータとの比較をおこなったところ、色調は直下の地層を反映していることが確認できた。

引用文献

関口ほか (2017) 日本地理学会 2017 年春季学術大会発表要旨集, No. 91, p77.

Goto et al (2017) Earth, Planets and Space 69: 26.

全国地質調査業協会連合会 (2016) 熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト.

2016 年熊本地震による阿蘇カルデラ内の陥没被害に関するヒアリング

安田進（東京電機大学）・村上哲（福岡大学）・永瀬英生（九州工業大学）

Susumu YASUDA, Satoshi MURAKAMI & Hideo NAGASE: Hearing on the damage due to graben in the Aso caldera caused by the 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

2016 年熊本地震により阿蘇カルデラ内の各地で局所的に細長い範囲の陥没が発生した。陥没した箇所では住宅の落込み沈下や傾斜が発生し、道路も沈下し、ライフライン・農地・護岸の破損をもたらした。ただし、沈下や傾斜した住宅の窓ガラスや壁が大きく破損することなく、また付近の墓石もあまり倒れておらず、震動による被害と明らかに異なっていた。そこで、筆者達は陥没の発生原因を究明するために、各種探査や地盤調査、土質試験、解析を行うことを計画した。その第一歩として被災状況を住民の方からヒアリングしたので以下に概要を報告する。

2. ヒアリングを行った地区と方法

陥没が発生したのは阿蘇カルデラのうち北部の阿蘇谷内の、役犬原から小里、内牧、狩尾、的石地区にかけての約 7 km の地区である。小里～的石にかけては北東～南西方向、役犬原付近では北西～南東にかけて細長い陥没が発生した。今回はこれらのうち、まず住宅に被害が多く発生した小里、内牧、狩尾で合計 7 人の住民の方からインタビュー方式でヒアリングを行った。特に狩尾では現地の案内もしてもらいながら 5 名の方にお聞きした。なお、ヒアリングを行ったのは地震から 1 年 1 か月経った後である。

3. ヒアリング結果

上述したように最も詳しくヒアリングが出来たのは狩尾地区であるので、そこでの結果を以下に述べる。

(1) 陥没、亀裂の発生箇所に関して

図 1 に陥没や地割れが発生した概略の位置を示す。図中実線で示したのは国土地理院で調べられた亀裂であるが、この地区では住民の方も詳細に亀裂や陥没の分布を調べられている。それによると国土地理院の分布に加えて図中③の地区でも亀裂や陥没が発生したとのことである。また、⑤の田んぼの中には温かい水が噴き出したとのこと、1 年経っても噴き出しが続いていた。

(2) 地震時の状況に関して

4 月 14 日に発生した前震の際には陥没は発生せず、16 日未明の本震で陥没が発生したとのことである。狩尾地区で陥没深さが最も大きく 1.3 m も生じた地点①の 2 名の方によると、i) 揺れはあまり感じずにストンと家が落ちた、ii) 灯籠や家具が倒れず窓ガラスも割れなかった、iii) 幅 50 cm 程度の地割れが発生しそこに竿をさし込んだところ 6 m ほどはいった、とのことである。

一方、陥没深さは余り深くないが地割れは多く発生した地点③の 2 名の方は、i) 地震の最初に突



図 1 国土地理院で調べられた狩尾地区の亀裂分布に住民の方が調べられた亀裂を加筆した図

き上げられその後横に揺すられた、ii) テレビや灯籠も倒れた、と話されており、同じ地区内でも少し震動の様子は異なったようである。

(3) 地震後の変化に関して

地点①の方によると地震後に地盤変状は進んでいないとのことである。ただし、地震後しばらくは雨が亀裂に入り宅地に水が溜まることはなかったが、ツユ末期になってからは溜まり出したとのことである。なお、地面が少し低い南々西側の田んぼには水が溜まり、池のようになっていた。

(4) その他

地点②の方によると古くから家が建てられてきた箇所の表層には「とが」と呼ばれる硬い砂質土層があるとのこと、地震でそれが割れて家が傾いたのではないかと推測されていた。また、地点④にはかつて 10 数 m の北落ちの滝があったとのこと、この硬い砂質土層の分布の境界に該当するのかもしれないと思われた。

4. あとがき

本研究はJSPS 科研費基盤研究(B)17H03306 の補助を受けて10名で共同研究を開始している。また、実施にあたっては阿蘇市役所および住民の方々に大変お世話になっており、感謝する次第である。なお、被災箇所では住宅はもとより道路も陥没したままになっており、陥没の原因が分からないと再建できないとのこと、今後の研究成果を復旧に役立てていただきたいと考えている。

引用文献：国土地理院、平成28年熊本地震・空から見た（航空写真判読による）布田川断層帯周辺の地表の亀裂分布図、

<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>（参照2017-6）

北海道西部沿岸低地における 1959 年宮古島台風来襲時に生じた

砂質堆積物の堆積過程と 1993 年津波堆積物との比較

重野聖之 (明治コンサルタント(株))・七山 太 (産総研/熊本大)

Kiyoyuki SHIGENO, Futoshi NANAYAMA: Deposition processes between a sandy deposits generated by the Miyakojima Typhoon (1959) and comparison with 1993 tsunami deposits in the western coastal lowland of Hokkaido

1. はじめに

近年、地球温暖化によって、台風を含めた世界各地の熱帯低気圧は今後巨大化することが予想されている。さらに、海面上昇に伴い、津波や台風に伴われる高波 (storm wave)・高潮 (storm surge) による沿岸災害のリスク増大が、わが国の沿岸防災分野で盛んに論じられている。本研究では北海道久遠郡せたな町大成において Nanayama et al.(2000)によって 1959 年の宮古島台風によるウォッシュオーバー堆積物として概報した砂質イベント堆積物(以下、SED)について追加調査を行い、堆積構造と堆積過程と粒子径から読みとれる流速変化を考慮した時系列的な堆積過程について検討した。さらに、同一箇所記載された 1993 年北海道南西沖地震による津波堆積物 (七山ほか, 1998) との相違点についても考察した。

2. 1959 年宮古島台風の概要と 1959 SED の認定

1959 年宮古島台風は、9 月 12 日にグアム島付近で発生した後、16 日に沖縄県宮古島付近を通過し、日本海を北上後、19 日未明に宗谷海峡に抜けたが、この際、北海道南西部渡島半島西岸の爾志郡大成村 (現在のせたな町大成区) では 9 月 18 日 13~14 時に最大波高 6.2~7.0 m を記録し、高波災害をもたらした (気象庁)。我々は 1997 年トレンチ調査の際に 1993 年北海道南西沖地震津波によって生じた津波堆積物の下位に、偶然、1959 年宮古島台風来襲時に発生したウォッシュオーバー堆積物 (1959 SED) を発見した。その認定根拠として、住民の証言および 1959 SED に含まれた資生堂の化粧瓶、過去の台風記録が挙げられる。

3. 研究方法

現地調査ならびに室内研究は、以下の 3 つの手順で行った。①測線の設定、原地形の復元および被災した住民に聞き込み結果による越波浸水高の計測、②トレンチならびにピット掘削による堆積柱状図の作成と堆積ユニット区分、③砂試料の実体鏡を用いて、採取した砂質試料の粒子組成の記載および粒度分析を行った。

4. 研究結果

① 1959 SED の分布

掘削調査の結果、1959 SED は総じて海側の凹地で粗粒かつ厚層であり、遡上方向に向かって細粒かつ薄層化し、さらにその末端部ではレンズ状となり消滅している。

② 1959 SED の層相

Lunch Box 法 (重野ほか, 2008) を用いた堆積構造解析の結果、1959 SED 中に 3 つの堆積ユニットを識別することができた。Unit T は浸食基底を介して凹地形を埋積した、3D デューンを示すトラフ型斜交層理が認められた。粒度も堆積ユニットの変化とともに上方粗粒化する。よって、Unit T は、台風の影響で越波営力がもっとも及んだ堆積ユニットと解釈される。

これに対して、Unit S は 2D デューンからこれを覆うリップルへの変化が認められ、上方に向かって流速が減衰する過程を示している。粒度は細粒化傾向を示すが、一部上方粗粒化するなど流れが均一ではなく、海岸を襲う波動営力の増減によって、流れが脈動し、その後減衰していった過程を示している。Unit D は、高波浪発生時に海岸や河川から運ばれた浮遊物や浸食された土壌がその後の静穏時の滞水中に沈殿し、Unit S の上面を覆って生じたと考えられる。

③ 堆積過程の復元

1959 SED は、以下に示す堆積過程を経て、現在の分布を示すに至ったと理解される。

Unit T は 9 月 18 日午前 9 時以降の台風接近に伴う高潮・高波浪営力の増幅過程を、Unit S は 13~14 時以降の台風の移動に伴う高潮と高波浪営力の減衰過程を記録していると結論づけられる。9 月 19 日 0~1 時以降、台風の波浪の影響が無くなった滞水時に、Unit D の浮遊物が Unit S を覆ったのであろう。

5. 1993 津波堆積物と 1959 SED の相違点

1959 SED の堆積構造と堆積過程について検討した結果、3D デューンや 2D デューン、リップルの発達が認められた。これらは遡上方向への 1 方向流のみを示し、台風の影響による短周期の波浪が一定時間継続したことを示唆している。一方、1993 年北海道南西沖地震津波堆積物にはリップルや 3D デューン、礫のファブリック等が観察され、津波による長周期の波の押し引きが復元された。これら堆積構造の違いは、堆積物を生じさせた波動の違いを反映したものと考えられる。

引用文献:

- 重野ほか (2008) 地質ニュース, no. 652, 6-12.
- 七山ほか (1998) 月刊地球号外, no. 15, 140-146.
- Nanayama et al. (2000) *Sedimentary Geology*, 135, 255-264.
- 気象庁, 災害をもたらした気象事例, 宮古島台風 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/1959/19590915/19590915.html>

沿岸防災にむけたグリーンインフラストラクチャー：サンゴ礁形成の例

本郷宙軌（琉大）・栗原晴子（琉大）・木口雅司（東大）・Golbuu Yimnang（パラオサンゴ礁センター）
Chuki HONGO, Haruko KURIHARA, Masashi KIGUCHI, Yimnang GOLBUU: Green infrastructure based coastal disaster risk reduction: an example of coral reef formation

1. はじめに

国内外において発生する様々な沿岸災害（浸水や海岸浸食など）の対策として防波堤と防潮堤が整備されている。しかし、今後も海面上昇や強化台風等の影響により、災害リスクのさらなる増加が懸念されている。近年、沿岸生態系を健全な状態に維持することで、自然が元々有する防災能力を効率的に利用して災害リスクを低下させるグリーンインフラストラクチャー[1]が国内外で注目を集めている。

サンゴ礁は高波に対して沿岸を保護する防災機能を持つことが知られている。また、サンゴ礁は水産資源を人々に提供し、サンゴ礁堆積物は土地の形成には欠かすことができない。一方で、現在、サンゴ礁生態系は地球環境変動と人間活動の影響による急速な衰退が進行しており、サンゴ礁生態系を維持することで、サンゴ礁が有する防災機能と社会・文化を維持していくことが早急に望まれている。しかし、サンゴ礁を対象としたグリーンインフラストラクチャーの研究はまだ始まったばかりであり、将来の気候変動によってサンゴ礁が持つ防波堤・防潮堤機能がどの程度変化するのか定量的知見はまだほとんど無い。さらに、防波堤・防潮堤機能を維持するために必要なサンゴ群集と礁形成速度の知見もまだ無い。

そこで、本研究の目的は、将来の海面上昇と強化台風来襲に注目し、(1) 数値計算による波高と水位の予測、(2) サンゴ礁形成に必要なサンゴ群集と礁形成速度の算出をおこなうことで、サンゴ礁が持つグリーンインフラストラクチャーとして有効性を評価することである。

2. 調査地域と研究手法

台風の接近が世界で最も多い沖縄県石垣島（伊原間）と近年、大型台風の来襲を受けたパラオ共和国（マルキョク）を調査地域とした。防波堤機能の指標としてサンゴ礁内の波高を採用し、防潮堤機能の指標として海岸付近の水位を採用した。それぞれの値は波浪推算モデルであるCADMAS-SURF[2]を用いて算出した（石垣島：258 ケース、パラオ：112 ケース）。計算は21世紀末までに設定しておこなった。入力条件は、強化台風を想定して外洋の波高を8.7-15.0 m、海面上昇量を0.24-0.98 m [3]、高潮を1.00 m および潮位変化とした。サンゴ礁の機能を明確にするためにサンゴ礁形成の有無を計算に取り入れた。また、サンゴ礁掘削コア試料を用いて主要なサンゴ群集の同定と重量堆積速度の算出をおこなった。

3. 結果と考察

今後、海面上昇と強化台風によって水位上昇と高波が発生した際、もし、サンゴ礁の形成が停止していると、石垣島でもパラオでもサンゴ礁内の波高が現在よりも増加することが明らかとなった（石垣島：現在1.69 m→最大3.00 m、パラオ：現在1.05 m→最大2.14 m）。しかし、サンゴ礁の形成が継続していれば、石垣島では最大0.75 m、パラオでは0.44 mの波高の低下が期待できることが明らかとなった。

沿岸の水位についても、石垣島でもパラオでも現在よりも増加することが明らかとなった（石垣島：現在1.40 m→最大4.87 m、パラオ：現在0.86 m→最大3.51 m）。一方、サンゴ礁形成の有無による水位差は5cm以下であり、サンゴ礁形成による海岸線付近での水位低下は期待できないことが明らかとなった。これは水面下にあるサンゴ礁が持つ透水性に起因していると考えられる。

掘削コア試料の解析から両地域のサンゴ礁ともテーブル状とコリンボース状のミドリイシ属サンゴが主要な形成者であることが明らかとなった。重量堆積速度の見積もりから、上述の波高低下を達成するためには、石垣島では7.9 kgCaCO₃/m²/y、パラオでは5.8 kgCaCO₃/m²/yのサンゴ礁の上方成長速度が必要であることが明らかとなった。既存研究によると[4]、これらの堆積速度はサンゴの被覆度が8%以上に相当することが明らかとなった。

4. まとめ

サンゴ礁形成がグリーンインフラストラクチャーとして防波堤機能を持つことが初めて定量的に明らかとなった。サンゴ礁は人工の防波堤とは異なるため、その健全度をサンゴの被覆度や堆積速度等の指標によってモニタリングしていく必要がある。サンゴ礁を活用するグリーンインフラストラクチャーは低コストで実施できるため、特に社会資本整備費の乏しい東南アジアや太平洋島嶼国では今後、有効な取り組みとなることが期待できる。

引用文献：[1] Benedict and McMahon (2002) Green infrastructure, Sprawl Watch Clearinghouse. [2] 沿岸開発技術研究センター (2001) 数値波動水路の研究と開発, 沿岸開発技術ライブラリー. [3] Church et al. (2013) Climate change 2013: The physical Science Basis, 1137-1216. [4] Kayanne et al. (2005) Glob Biogeochem Cycle 19, GB3015.

猪牟田-ピンクテフラのジルコン U-Pb 年代測定と FT 年代との比較

岩野英樹・檀原徹（京都 FT）・坂田周平（学習院大）・平田岳史（東大地球化学）

Hideki IWANO, Tohru DANHARA, Shuhei SAKATA, Takafumi HIRATA: U-Pb dating of zircon from Shishimuta-Pink tephra and comparison with zircon fission-track age

1. はじめに

筆者らは 2010 年より第四紀ジルコンの U-Pb 年代測定に取り組み、当初課題とされた(1)非常に小さい Pb/U 比を正確・精密に測定する分析法の改良と(2)U-Th-Pb 放射壊変系列の非平衡補正に関する理論的裏付けを進めてきた(Sakata et al., 2014, 2017). これらの基礎研究に基づいた応用例として、中部九州を給源とする猪牟田-ピンクテフラを対象に放射非平衡補正ジルコン U-Pb 年代を求めたので報告する. またジルコンフィッション・トラック(ZFT)法による噴出年代との比較から、U-Pb 年代のもつ意味を考察する.

2. 猪牟田-ピンクテフラ (Ss-Pnk)

猪牟田-ピンクテフラは中部九州の猪牟田カルデラを給源とし、四国-近畿-東海-房総半島に確認される前期更新世末期の重要な広域テフラである. 代表的な対比テフラとして、中部九州の豊肥火山地域に広く分布する耶馬溪火砕流堆積物や大阪層群の Ma1 (第 1 海成粘土層) の上位に挟まれるピンク火山灰があり、琵琶湖 1400m コア中の B943-3 テフラも対比されている(檀原ほか, 1997, 2010). 最近、火山ガラスの主要・微量元素の検討から、これらのテフラ対比の確からしさが支持された(Maruyama et al., in press). 本テフラの堆積年代は、その層準が古地磁気層序のハラミヨ正磁極期(0.99~1.07Ma)中にあり、酸素同位体比・古地磁気・石灰質ナノ化石の複合年代層序から 1.056~1.050 Ma と推定された(辻ほか, 2005). 一方著者らの報告した ZFT 年代の平均値 (1.03 ± 0.04 Ma, 2SE, $n=35$) は、上述の堆積年代とよく一致している.

3. ジルコン U-Pb 年代測定

本研究での U-Pb 年代測定には、給源の耶馬溪火砕流堆積物と大阪層群ピンク火山灰のジルコンを用いた. 両試料から分離したジルコンを結晶外部面が露出するように PFA テフロンに埋め込んだ. U-Pb 年代測定は京都大学理学研究院に設置されたマルチコレクター ICPMS (Nu Plasma 2) を使用し、試料サンプリングには ArF193nm エキシマレーザー (New Wave Research) を用いた. 最近の研究により第四紀ジルコンのコアよりリムの方が若い U-Pb 年代をもつ例(Matthews et al., 2015) が示され、本研究では外部表面から深さ $2.5 \mu\text{m}$ までの範囲で分析した. 放射非平衡の補正は Sakata et al. (2017) に従い、 ^{230}Th と ^{231}Pa に関わる補正係数として $f_{\text{Th}/\text{U}}=0.2$ と $f_{\text{Pa}/\text{U}}=3.5$ を採用した. またコモン鉛補正も行った.

4. 結果と考察

耶馬溪 39 点とピンク火山灰 39 点(計 78 点)で決めた U-Pb 年代を年代順に並べ替えて図 1 に示した. 0.93 ± 0.06 Ma から 1.39 ± 0.10 Ma まで変化した. 粒子間で 3σ 誤差を有意に超える幅広い年代分布となった. 最若、最古 2 粒ずつが加重平均処理(Ludwig, 2008)で棄却され、残る 74 粒から 1.09 ± 0.01 Ma (2σ) が得られた. >1.2 Ma の粒子はマグマに取り込まれた外来結晶かもしれない.

ジルコン U-Pb 系の閉鎖温度は $>900^\circ\text{C}$ と高いことから、FT 年代よりも古い U-Pb 年代(1.09Ma)は結晶化年代と捉えなければならない. 図 1 が示す年代分布は、約 1.15Ma から噴出直前(1.05 Ma)までの間、マグマだまり中で継続的にジルコン結晶化が進んだとも考えられ、それはマグマ滞留時間に相当する. その一方、ジルコン U-Pb 年代だけではテフラ噴出年代のひとつの制約(この年代以後に噴出した)を与えることしかできない. テフラ噴出年代決定にはジルコンの FT および U-Pb ダブル年代測定が強力な手段となることを強調したい.

引用文献: Sakata et al. (2014) Geostand. Geoanal. Res., 38, 409-420. Sakata et al. (2017) Quat. Geochronol., 38, 1-12. 檀原ほか (1997) 地雑, 103, 994-997. 檀原ほか (2010) 第四紀研究, 49, 101-119. Maruyama et al. (in press) Quat. Int. 辻ほか (2005) 地雑, 111, 1-20. Matthews et al. (2015), Geochem., Geophys., Geosyst. 16, 2508-2528. Ludwig (2008). User's manual for Isoplot 3.70.

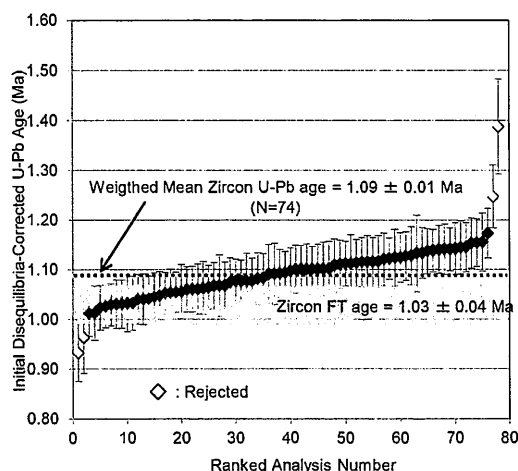


図 1 Ss-Pink テフラのジルコン U-Pb 年代測定結果. 年代誤差は 2σ . 網掛けは FT 年代の誤差範囲を示す. 白抜き 4 点は加重平均で棄却されたデータを示す.

中部日本における前・中期更新世の花粉生層序

楡井 尊 (埼玉自然博)・本郷美佐緒 (有限会社アルプス調査所)

Takashi NIREI, Misao HONGO: Pollen biostratigraphy of Early-Middle Pleistocene in central Japan

1. はじめに

中期更新世全体を含み、前期更新世に及ぶ4本のコア資料(本郷 2009, 本郷ほか 2011 など)と、中期更新世全体を含まないものの年代的な連続性のある5資料の花粉分析結果を用いて、近畿地方から関東地方にかけての、花粉生層序を検討した。その際、中部日本の中期更新世では、大型植物化石でヒメブナ、コウヨウザン属、アマミゴヨウなどの消滅種や化石種も見つかる(Momohara 2016)ため、現在とは異なるメンバーが古植生を構成し、生態的にも異なっていたことを考慮した。その結果、中部日本の前期末から中期更新世は、花粉生層序学的に5つの花粉帯に区分できることがわかった。従って、他の層序学的な検討手段では層準がはっきりしない資料でも、花粉化石によって層準を推定することがある程度可能になる。

2. アカガシ亜属多産層準(MIS 11)

渥美半島～浜松地域の中期更新世の海進・海退サイクルを検討した杉山(1991)はMIS 11に当たる層準でアカガシ亜属が多産することを指摘した。本郷ほか(2011)は、同様に大阪湾のコア資料と関東内陸部のコア資料でもMIS 11におけるアカガシ亜属多産を報告した。今回検討したMIS 11を含む9資料の花粉分析すべてでアカガシ亜属の多産は見いだされる。一方でMIS 11の前後の温暖期であるMIS 7, 9, 13, 15, 17では、MIS 11ほどアカガシ亜属を多産しないため、MIS 11のアカガシ亜属多産は生層序学的に有効な指標となる。

3. コナラ亜属多産層準の上限(MIS 15/17)

本郷ほか(2011)はMIS 15と17の間より下位ではコナラ亜属を多産する特徴があることを見いだした。MIS 15以上ではコナラ亜属は低率でありブナ属が多い。MIS 17以下では、ブナ属とコナラ亜属が共に多い傾向がある。これらの特徴は、近畿から関東にかけて共通して見られるため、花粉生層序学的に有効な層準と考えられる。

4. メタセコイア属出現の上限(MIS 25付近)

消滅属の一つであるメタセコイア属の連続的な出現は、MIS 25付近まで見られる点で、花粉生層序的に区分可能である。これはTai(1983)の大阪層群の花粉層序のメタセコイア帯の上限とほぼ同じである。メタセコイア花粉化石は、スギ属などと区別せずスギ科としている場合もあり、さらなる検討が必要である。

5. キクロカリア属産出層準

クルミ科のキクロカリア属は、中国に現生種が存在し、大型植物化石での産出が鮮新統～下部更新統から知られている消滅属である。花粉化石での記載例は、まだ少ないが、近縁のクルミ属やサワグルミ属とは発芽孔周辺の外壁外層の肥厚部が厚く、数が4～5(まれに3)と少ない点で異なるため、同定可能である(楡井 2012)。出現率が低いものの連続的な出現がMIS 13～15付近まで記録されている例(本郷 2009, 本郷ほか 2011 など)があるため、キクロカリア属は中期更新世の前半まで存在していた可能性がある。このことは花粉生層序を検討する上で、指標になると思われる。

6. まとめ

前期更新世末から中期における中部日本の地域花粉生層序は、前述の層準をもとに5つに区分することができ、その特徴は下位より以下のようにまとめられる。

- 1) MIS 25より下位はメタセコイア属を伴う特徴があり、Tai(1973)のメタセコイア帯の範囲とほぼ一致する。
- 2) MIS 17～21ではコナラ亜属が多くブナ属も多く、キクロカリア属を伴う。
- 3) MIS 13～15ではブナ属が多くコナラ亜属は少ない。キクロカリア属の記録がある。
- 4) MIS 11ではアカガシ亜属が広い範囲で多産する。現在の気候条件に最も近く、常緑広葉樹林の広がった温暖な古気候と考えられる。
- 5) MIS 7～9ではアカガシ亜属が高率にならず、スギ属などの温帯針葉樹やトウヒ属のような冷温帯～亜寒帯の針葉樹が高率の資料も多い。現在より温暖化の程度は低かったと考えられる。

このように鮮新世より中期更新世に向かって気候変動の寒冷～温暖のサイクルが進むとともに次第にメタセコイア植物群などの古い要素が消滅しつつ、より現在に近い植生に近づく過程が段階的に進行した。

引用文献：本郷(2009)地質学雑誌 115, 64-79. 本郷ほか(2011)地質調査研究報告 62, 281-318. Momohara(2016) *Quaternary International* 397, 93-105. 楡井(2012)化石研究会誌 44, 66-72. 杉山(1991)地調月報 42, 75-109. Tai(1973) *Mem. fac. Sci. Kyoto univ. Ser. Geol. Mine.* 39, 123-165

トルク増幅ギヤを用いた成長錐コア自動採取装置

香川聡・藤原健（森林総研）

Akira Kagawa, Takeshi Fujiwara: A portable device for automated sampling of tree-ring cores.

1. はじめに

年輪年代学で用いられる長樹齢の大径木は、伐採することが困難な場合が多い。成長錐は、樹木を枯死させることなしに比較的少ないダメージでコア試料を採取することができるので、年輪年代学や組織・材質学の分野の研究者に広く用いられている。年輪幅・密度測定の場合、小径の成長錐コア（ $\phi 5\text{mm}$ ）が用いられているが、マスタークロノロジー構築のためには研究サイト 1 か所あたり十数個体以上の採取が必要であり、さらに樹幹の 2~4 方向からの採取が必要なため、合計 30~60 本と多数のコア採取が必要となる。 $\phi 5\text{mm}$ コアの場合、成長錐のハンドルを回すのに必要なトルクは比較的小さいが、多数のコア採取を必要とするため、作業者の疲労が大きい。年輪の安定同位体比や放射性炭素同位体比を測定する場合、より多量の試料が得られる大径のコア採取（ $\phi 12\text{mm}$ ）が望ましいが、 $\phi 12\text{mm}$ コアは $\phi 5\text{mm}$ のものに比べ成長錐のハンドルを回すのに大きなトルクが必要となり、作業者が疲労するだけでなく、回転力が不十分で試料が採取できない場合もある。

2. 従来の装置

この問題の解決のため、成長錐を自動で採取する試みは 1960 年代頃からさかんに行われ、電動モーター、ガソリンエンジン、油圧モーターなどの動力源を持つものが考案されている。樹幹や地面に固定された水平なレールに沿わせてモーターを移動させて成長錐のねじ込みを行う装置や、台車に搭載した水圧ポンプとホースで接続された水圧モーターにより成長錐を回転させる方式があり、 $\phi 5\text{mm}$ ~ $\phi 12\text{mm}$ のコア採取に成功している。1980 年代になると、チェーンソーを改造した $\phi 5\text{mm}$ コア用の装置が開発され、数多くのコア採取が必要な山火事研究等に役立てられている。

最近になって、非常に硬い熱帯の巨木から $\phi 15\text{mm}$ 、長さ 135cm のコアを抜くことができる持ち運び可能な装置（23kg）が発表されている。成長錐と異なり、先端に木材を切削する鋸歯が付いた刃を用いて木材を円柱状に切削することにより、硬い熱帯材でも長いコア採取が可能である。この装置は、装置の総重量が数十キログラム以上と重く、持ち運びに不便であるという問題や、試料採取木への装置の設置に時間がかかり、成長錐コアの採取に時間がかかるという問題があった。

3. 森林総研で開発中の装置

そこで我々は、電動レンチ等を動力源として用いることにより、（1） $\phi 5\text{mm}$ 成長錐コア採取用

に、総重量 6.5kg 以下で 1 分間に 50cm 程度成長錐をねじ込むことができる装置、（2） $\phi 12\text{mm}$ 成長錐コア採取用に、総重量 9.5kg 以下で 1 分間に 12cm 程度成長錐をねじ込むことができる装置を開発した（Kagawa & Fujiwara 2017）。同装置により、大径で材の堅いミズナラでも、 $\phi 5\text{mm}$ ・ $\phi 12\text{mm}$ コア共に長さ 60cm 以上のコア採取に成功している。現在、フィールドワークでの持ち運びに便利のように、さらに軽量化した改良版を開発中であり、これらの装置の普及により、年輪年代学や組織・材質学研究における将来の成長錐コア採取作業の効率化に大きく貢献できることが期待される。

引用文献：

Kagawa A., Fujiwara T. (2017) Smart increment borer - a portable device for automated sampling of tree-ring cores (in review).

西暦 775 年炭素 14 スパイクに基づく白頭山 10 世紀噴火の年代検証

箱崎真隆(歴博)・三宅美沙・中村俊夫(名大)・木村勝彦(福島大)・増田公明(名大)・奥野充(福岡大)
Masataka HAKOZAKI, Fusa MIYAKE, Toshio NAKAMURA, Katsuhiko KIMURA, Kimiaki MASUDA,
Mitsuru OKUNO: Verification of the annual dating of the 10th century Baitoushan Volcano eruption based on AD
774–775 carbon-14 spike

1. はじめに

白頭山 10 世紀噴火は過去 2000 年間で最大級の噴火と推定され、その噴火年代は、炭素 14 年代法など様々な方法によって測定されてきた(Nakamura et al. 2007 など)。しかし、それらの結果は 10 世紀前半～半ばにかけての複数の候補を示し、確定には至っていなかった。最近、Oppenheimer らは、西暦 775 年炭素 14 スパイク(西暦 775 年における年輪炭素 14 濃度の急増: Miyake et al. 2012)を年代指標とする手法で、噴火年代を西暦 946 年と求めた(Oppenheimer et al. 2017)。しかし、彼らは白頭山北西麓の埋没木 1 点のみの分析結果から年代を求めており、年代のズレを生む可能性がある「欠損年輪」や「偽年輪」の確認は行っていなかった。

本研究では、白頭山北東麓から得られた埋没木 2 点を対象に、西暦 775 年炭素 14 スパイクを指標とする手法と年輪年代学的手法を併用して、10 世紀噴火の年代検証を行った。

2. 試料と方法

白頭山北東麓から得られた樹皮付きのチョウセンゴヨウの炭化埋没木 1 点(試料名 C3)と同未炭化埋没木 1 点(試料名 C5)を試料とした。試料の木口面の複数方位から 0.01mm 精度で年輪幅を計測し、個体内・個体間で年輪幅時系列をクロスデイトして、計測時における人為ミスや、欠損年輪・偽年輪の有無、枯死のタイミングの同時性を確認した。

次に C5 の樹皮直下年輪を西暦 946 年と仮定して、西暦 766–785 年と仮定される年輪まで遡って 1 年輪ごとに切り分け、セルロース抽出後、AMS 法により年輪炭素 14 濃度を測定した。測定値を先行研究の炭素 14 スパイク(Miyake et al. 2012)と比較し、775 年の年輪を特定して、樹皮直下年輪の年代を求めた。

3. 結果と考察

年輪年代解析の結果、C3、C5 には、それぞれ 234 層、314 層の年輪が確認され、欠損年輪、偽年輪が無いことも確認された。また、両者の年輪幅時系列(短周期成分)は非常に高い相関を示し、同じ年に枯死したことが確認された。

炭素 14 濃度測定の結果、西暦 775 年と仮定した年輪において、18.8‰の急激な濃度上昇が確認された。この上昇量およびその後の数年にわたる濃度減衰は、先行研究(Miyake et al. 2012)で確認された西暦 775 年炭素 14 スパイクと極めてよく一致した(図 1)。

西暦 775 年炭素 14 スパイクは、日本のヤクスギで初めて確認され(Miyake et al. 2012)、それ以降、ドイツ(Usoskin et al. 2013)、アメリカ、ロシア(Jull et al. 2014)、ニュージーランド(Güttler et al. 2015)の年輪年代既知木材で再現されている。このことから、極めて信頼度の高い年代指標と見なすことができる。今回の結果が

ら、C5 の樹皮直下年輪の年代は、仮定の通り、西暦 946 年と確定した。年輪年代法によって同時に枯死したことが確認された C3 も同様である。これは、Oppenheimer らが求めた白頭山 10 世紀噴火の年代=西暦 946 年を支持するものであり、それが真である可能性を強く示唆する。

*本研究は Radiocarbon 誌に受理され印刷中である。

引用文献

- Güttler et al. (2015) Rapid increase in cosmogenic ¹⁴C in AD 775 measured in New Zealand kauri trees indicates short-lived increase in ¹⁴C production spanning both hemispheres. *Earth and Planetary Science Letters*. 411, 290–297.
Jull et al. (2014) Excursions in the ¹⁴C record at A.D. 774–775 in tree rings from Russia and America. *Geophys. Res. Lett.* 41 (8): 3004–10.
Miyake et al. (2012) A signature of cosmic-ray increase in AD 774–775 from tree rings in Japan. *Nature* 486: 240–2.
Nakamura et al. (2007) Application of (¹⁴C) wiggle-matching to support dendrochronological analysis in Japan. *Tree-ring Research* 63(1): 37–46.
Oppenheimer et al. (2017) Multi-proxy dating the ‘Millennium Eruption’ of Changbaishan to late 946 CE. *Quaternary Science Reviews* 158: 164–171.
Usoskin et al. (2013) The AD775 cosmic event revisited: the Sun is to blame. *Astron. Astrophys. Lett.*, 552, L3,

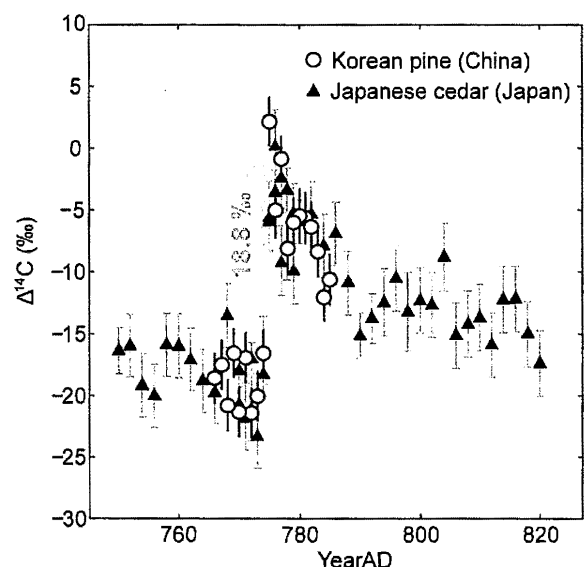


図 1 白頭山チョウセンゴヨウ埋没木(白丸)とヤクスギ(黒三角)の西暦 775 年付近の年輪炭素 14 濃度変動。両者は極めて良く一致する。ヤクスギのデータは Miyake et al. (2012) より引用。

房総半島養老川における上総層群中-下部国本層テフラの再検討

中里裕臣 (農研機構)・里口保文 (琵琶湖博)・竹下欣宏 (信州大)

Hiroomi NAKAZATO, Yasufumi SATOGUCHI, Toshihiro TAKESHITA: Reexamination of the tephras from middle to lower Kokumoto Formation, Kazusa Group along the Yoro river, Boso Peninsula

1. はじめに

養老川沿いに露出する中-上部国本層は、中-下部更新統の境界となるMB境界を含み、GSSP候補地として申請された(極地研,2017)。MB境界はKu2テフラの下位でByk-Eテフラの約1m上位にあり(Suganuma et al., 2015)これらのテフラはMB境界の指標となる点で重要である。ここで、養老川におけるByk-Eより下位のテフラについてみると、三梨ほか(1959), Pickering et al.(1999),小松原(2015)はKu3,4,5,6の層位を柱状図に示し、三梨ほか(1962), WQSB(1996)はKu3,5,6の分布を地質図やルートマップに示したが、テフラ間の層厚は文献により異なり、各テフラの岩石記載的性質は不明である。一方、町田ほか(1980), 里口(1995)は上総大久保駅周辺におけるKu3~6の岩石記載的性質を記載した。そこで、本報告では上総大久保駅周辺及び養老川河床におけるByk-Eより下位の国本層テフラの岩石記載的性質を明らかにし、養老川における中-下部国本層テフラの分布を再検討する。

2. 再検討結果

今回検討したテフラの岩石記載的性質については表1にまとめた。町田ほか(1980)がKu6の模式地とした上総大久保駅南東の露頭では、Ku6A,B,C,D,Eが確認できた。さらにこの露頭ではKu6Eの約17m上位にKu5B,C,Dが確認できた。Ku6C,D,Eは養老川に架かる大國橋の上流約135mの右岸河床部で確認した。駅周辺と河床露頭とのテフラの位置関係から推定される走向・傾斜から、一般走向・傾斜をN67°E8°NWとすると、Ku5は大國橋付近の河床に分布すると推定されたが、露出状況が悪く河床ではKu5は確認できなかった。

大國橋の下流では、下位から層厚5cm最大径50mmの軽石テフラ、層厚16cm中-粗粒白色軽石質結晶質テフラ、層厚5cm細-中粒褐色軽石質結晶質ユニットと上位の層厚2cmの白色細粒ガラス質ユニットからなるテフラが確認でき、それぞれKu4.5, Ku4, Ku3と同定される。本報告のKu3,4はKu6Eの約38m上位にあり、三梨ほか(1959)及びWQSB(1996)がKu5としたテフラに相当する。火山ガラスの主成分組成分析によっても今回Ku3としたテフラはKu5とは異なり、茂原のKu3及び銚子地域の犬吠層群でKu3と対比されているYk7.5(中里ほか,2003)と対比できることを確認した(図1)。

今回の再検討により養老川周辺の中-下部国本層におけるKu3,4,5,6の層位を明らかにした(図2)。この結果、上総層群(Pickering et al., 1999)と犬吠層群(Kameo et al., 2006)の酸素同位体比曲線の詳細な比較が可能となり、Ku3は両地域でMIS21の後期を指示することが明らかになった。

表1 主なテフラの岩石記載的性質

Loc.	テフラ重鉱物組成	屈折率(glass:n, opx:γ, n ₂ :ho)	文献
河床 Ku3	opx>cpv	n = 1.504-1.508 (1.506) γ = 1.711-1.718 (1.716)	
大久保 Ku3	opx>cpv	n = 1.504-1.507 γ = 1.713-1.717 (1.715)	町田ほか(1980)
銚子 Yk7.5	opx>cpv	n = 1.504-1.508 (1.506) γ = 1.711-1.718 (1.715)	
河床 Ku4	opx>cpv>>ol	γ = 1.711-1.718 (1.715)	
茂原 Ku4	opx>cpv>ol	γ = 1.711-1.718 (1.715)	七山ほか(2016)
河床 Ku4.5	opx>cpv	γ = 1.710-1.714 (1.712)	
茂原 Ku4.5	opx>cpv	γ = 1.710-1.715 (1.713)	七山ほか(2016)
大久保 Ku5B	ho>>pc, opx	n ₂ = 1.664-1.674	
茂原 Ku5B	ho>>pc, opx	n ₂ = 1.662-1.675 (1.668)	七山ほか(2016)
河床 Ku6C	opx>cpv	n = 1.511-1.515 (1.513)	
大久保 Ku6C	opx, cpx, ho	n = 1.513-1.515 (1.514)	町田ほか(1980)
河床 Ku6E	ho>>opx	n ₂ = 1.678-1.690 (1.684)	
茂原 Ku6E	ho>>opx	n ₂ = 1.679-1.690 (1.684)	七山ほか(2016)

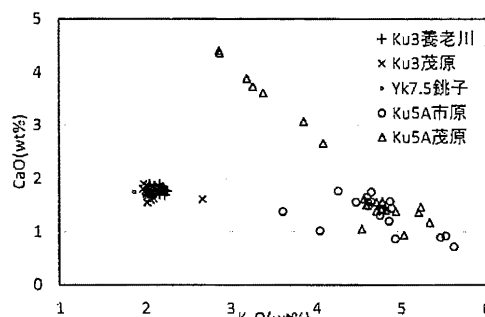


図1 Ku3, Ku5の火山ガラスのEDS分析結果

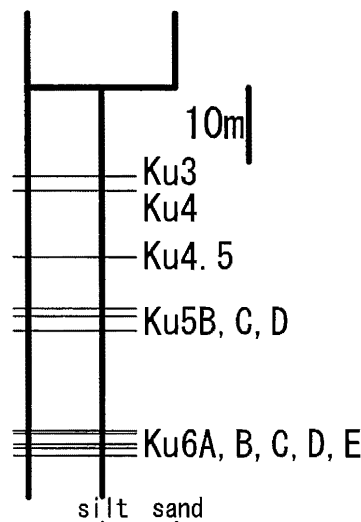


図2 養老川周辺における中-下部国本層柱状図

引用文献: Kameo et al.(2006) Island Arc, 15, 366-377; 小松原(2015)地質調査総合センター速報, 68, 27-38; 極地研(2017) <http://www.nipr.ac.jp/info/notice/20170607.html>; 町田ほか(1980)第四紀研究, 19, 233-261; 三梨ほか(1959)地調月報, 10, 9-24; 三梨ほか(1962)油田ガス田図富津大多喜; 中里ほか(2003)地質学会110大会要旨, 9; Pickering et al.(1999) Jour. Geol. Soc. London, 156, 125-136; 里口(1995)地質雑, 101, 767-782; Suganuma et al.(2015) GEOLOGY, 43, 491-494; WQSB(1996) Proceedings on the Research of Stratotype for the Lower-Middle Pleistocene Boundary, 13-23.

十和田-中掬テフラの火山ガラスの屈折率と主成分化学組成に基づく 給源テフラと遠地テフラの対比

石村大輔（首都大学東京）

Daisuke ISHIMURA: Correlation with proximal and distal Towada-Chuseri tephra based on the refractive index and chemical composition of volcanic glass shards.

1. はじめに

十和田-中掬 (To-Cu) テフラは十和田火山を給源とし、約 6000 年前に降灰したテフラである (町田・新井, 2003)。最近の研究により (荻谷ほか, 2016; 廣瀬ほか, 2014), その降灰範囲が東北地方南部にまで及ぶことはほぼ間違いないと考えられている。給源地域では、To-Cu は 3 つのユニットに分けられ、下位から中掬軽石 (Cu), 金ヶ沢軽石 (Kn), 宇樽部火山灰 (Ut) とされている (Hayakawa, 1985)。石村ほか (2014) は三陸海岸に分布する To-Cu の詳細な屈折率測定により、三陸海岸には Cu だけではなく、その上位の Kn や Ut も降灰している可能性を示唆した。荻谷ほか (2016) は、火山ガラスの主成分化学組成に基づき、会津駒ヶ岳と月山に降灰した To-Cu は Kn を主な構成粒子とするとした。

本発表では、三陸海岸で見出された To-Cu テフラ (石村ほか, 2014) に対して火山ガラスの主成分化学組成分析を行った結果と長野県青木湖で採取されたピストンコア中における To-Cu テフラの発見を報告する。

2. テフラ分析

分析に使用した試料は、十和田火山と三陸海岸で採取された To-Cu 試料 (石村ほか, 2014) と青木湖で掘削されたピストンコア中の白色テフラ (層厚 2mm) である。

分析は粒径 1/8-1/16 mm 粒子を対象に、偏光顕微鏡観察、火山ガラスの屈折率測定と主成分化学組成分析を実施した。使用した機器は以下の通りである。火山ガラスの屈折率測定については、30 片以上のガラス片を対象として、千葉大学理学部および首都大学東京都市環境学部所有の温度変化型屈折率測定装置 RIMS2000 (株式会社京都フィッシュン・トラック製) を使用した。火山ガラスの主成分化学組成分析 (EDS 分析) については、首都大学東京所有のエネルギー分散型 X 線分析装置 Genesis APEX2 (EDAX 製) と走査電子顕微鏡 JSM-6390 (日本電子株式会社製) を使用した。EDS 分析の条件は Suzuki et al. (2014) による。

3. 結果・考察

十和田火山近くの Cu, Kn, Ut の主成分化学組成について、Cu と Kn は似た値を示したが、Ut に関しては大きく Cu, Kn と異なる。特に SiO_2 が Cu, Kn と比べて大きく、 Al_2O_3 , CaO , FeO , MgO では Cu, Kn よりも低い値となっている。

青木湖で見出されたテフラの火山ガラスの屈折率と主成分化学組成は Cu とほぼ同様であった。

Kn については、主成分化学組成は一致するが、若干火山ガラスの屈折率のレンジが異なる。そこで、本研究では、青木湖中のテフラは Cu を主とし、Kn も含まれる可能性があると結論づけた。

三陸海岸では、一次堆積物としての To-Cu は 4 つないし 5 つのユニットに分けられる。下位から、白色テフラ、褐色～灰色テフラ、紫～桃色テフラ、褐色～黒色テフラである。火山ガラスの屈折率と主成分化学組成に基づくと、最下部の白色テフラは Cu に、最上部の褐色～黒色テフラは Ut に、その間が Kn に相当すると考えられる。これらから、Ut に相当するテフラは三陸海岸の岩手県山田町以北では認められるが、宮城県南三陸町では認められなかった。Cu, Kn については三陸海岸全域に降灰したと考えられる。三陸海岸における To-Cu (Cu, Kn, Ut) の層厚は野田村周辺で最も厚く 20 cm 程度あり、洋野町では 10 cm 程度、宮古周辺では 10 cm 程度、南三陸町周辺では 5 cm 程度と野田村から層厚が南へ向かって減少する傾向を示す。

4. まとめ

3 つの地域の To-Cu テフラに対して、火山ガラスの屈折率測定と主成分化学組成分析を行った。給源試料とそれ以外の地域の To-Cu を比較することで、給源に分布する 3 つのユニットの降灰分布を推定することができた。従来は一つのテフラとして遠地で認識されていたが、遠地でも複数ユニットに分けられることと給源の 3 つのユニットと対比可能であることが明らかになった。このような給源テフラとの対比は、To-Cu テフラの遠地対比の精度向上につながる。加えて、長野県青木湖で To-Cu テフラが見出されたことにより、西日本でも本テフラが見つかる可能性が高まった。湖沼堆積物や湿地堆積物中で今後見出されることを期待する。

引用文献: Hayakawa, Y. (1985) Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, 60, 507-592. 廣瀬孝太郎・長橋良隆・中澤なおみ (2014) 第四紀研究, 53, 157-173. 石村大輔・山田圭太郎・宮内崇裕・早瀬亮介 (2014) 地学雑誌, 123, 671-697. 荻谷愛彦・青木かおり・高岡貞夫 (2016) 第四紀研究, 55, 237-246. 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス, 東京大学出版. Suzuki, T., Kasahara, A., Nishizawa, F., Saito, H. (2014) Geographical reports of Tokyo Metropolitan University, 49, 1-12.

遺跡発掘調査報告書放射性炭素年代測定データベース作成の取り組み

工藤雄一郎（国立歴史民俗博物館）

Yuichiro KUDO: Approach for creating database of the radiocarbon dates published on the archaeological research reports in Japan

1. はじめに

年間 7000 件以上の遺跡発掘調査が日本全国で行われている。考古学において遺跡・検出遺構・出土遺物の時代や時期を決定することは最も基礎となる作業であり、層位学的な検討と出土遺物を考古学的な相対編年に位置づける作業が行われる。一方、理化学的な年代測定による数値年代の把握も重要視されており、加速器質量分析法（AMS）による放射性炭素年代測定が普及した現在、各都道府県や市町村の遺跡発掘調査においても多数の放射性炭素年代測定が実施されている。

これらの放射性炭素年代測定事例は考古学にとっても、第四紀学にとっても貴重なデータであるものの、一人の研究者がその全てを把握するのは到底不可能な数の遺跡発掘調査報告書が毎年刊行されているのが現実である。

同様の問題は、放射性炭素年代測定のみならず、遺跡の発掘調査に合わせて実施される各種の自然科学分析についても起こっている。筆者らは、日本国内の遺跡出土大型植物遺体のデータベースを作成するプロジェクトを 2012 年度から開始し、2016 年 3 月に国立歴史民俗博物館のデータベースとして、「日本の遺跡出土大型植物遺体データベース」を公開した（https://www.rekihaku.ac.jp/up/cgi/login.pl?p=param/issi/db_param）。これは、国立歴史民俗博物館の図書室にある約 6 万冊の遺跡発掘調査報告書の悉皆調査を行い、大型植物遺体の分析例がある報告書約 2500 冊を抽出し、記載されている大型植物遺体の記録をデータベース化したものである。このデータベースに 2016 年 3 月までに登録されたデータ件数は約 63000 件にのぼる（石田ほか、2016）。「日本の遺跡出土大型植物遺体データベース」は、考古植物学的な研究、大型植物遺体による古環境研究を行うにあつて、日本列島各地でどのような分析がすでに実施されているのかを把握したり、どのような分類群がこれまでに同定されているのかを知るための極めて重要なデータベースとなっている。

2. 現在までのデータ件数

これに続いて、筆者は 2015 年から遺跡発掘調査報告書に掲載されている放射性炭素年代測定例のデータベース作成作業を開始した。調査・収集対象としたのは国立歴史民俗博物館の図書室に収蔵されている約 6 万冊の遺跡発掘調査報告書に掲載された放射性炭素年代測定例である。

収集している項目は以下の通りである。

- ・ 都道府県

- ・ 遺跡名
- ・ 所在地
- ・ 分析試料の採取地点
- ・ 試料の種類
- ・ 時代（測定前）
- ・ 放射性炭素年代測定結果 (Conventional ^{14}C age)
- ・ 測定機関番号
- ・ 分析者（分析機関）
- ・ 報告題、掲載報告書名

2015 年度までに関東 7 都県（東京・千葉・神奈川・埼玉・群馬・栃木・茨城）のデータ入力完了した。データ総数は約 4400 件であった。データ件数が多い順に県別に見ると東京 1683、神奈川 958、埼玉 708、千葉 495、群馬 434、栃木 158、茨城 81 と各都県によって大きく異なる。

関東 7 都県のデータを時代別に見ると、旧石器時代が 432、縄文時代：1857、弥生時代 403、古墳時代：408、古代：372、中世：180、近世：95 であった。縄文時代の測定例が圧倒的に多いことが分かる。

3. 検索システム

日本全国を網羅したデータベースは未完成であり、完成には数年を要する。そこで、関東 7 都県のデータを先行して公開することにし、国立歴史民俗博物館のデータベースの一つとして 2017 年度中の公開を目指している。

検索は都道府県、時代、放射性炭素年代測定値、時代（A：旧石器時代、B：縄文時代、C：弥生時代、など、時代をコード化して検索しやすくする）、放射性炭素年代の中央値の範囲（例：2500～2000 BP などの範囲を入力し、その範囲に中央値が含まれるデータを抽出する）などで検索できるようなシステムを構築中である。

暦年較正年代についてはデータベースには含めていない。較正曲線の更新によって、較正年代値は常に更新されるため、データベースに含める必要がないからである。その代わりに、検索結果の画面からオックスフォード大学の暦年較正プログラムである Oxcal（<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>）にダイレクトにリンクし、検索画面上で暦年較正結果を閲覧可能なシステムの構築を考えている。

引用文献

石田糸絵・工藤雄一郎・百原新（2016）日本の遺跡出土大型植物遺体データベース。植生史研究，24，18-24。

岩手県岩泉町ひょうたん穴遺跡下部層の年代 —新たな放射性炭素年代と小型哺乳類化石群集から—

河村善也（愛知教育大学）・河村 愛（大阪市立大学）

Yoshinari KAWAMURA, Ai KAWAMURA: Geological age of the lower part of the sediments of the Hyotan-ana cave site, Iwaizumi, Iwate Prefecture: Viewed from a new radiocarbon date and its small mammal fossil assemblage

1. はじめに

ひょうたん穴（瓢箪穴）遺跡は、北上山地北部の三畳紀石灰岩中に形成された横穴型洞窟の入口に立地する遺跡で、1961年7月にその最初の発掘調査が行われた（江坂・笹津、1967）。その後の1995年5月から2000年5月には、より大規模な発掘調査が行われた（藤村ほか、1999；鎌田ほか、2003）。2000年11月になって「旧石器ねつ造事件」が発覚し、この発掘調査の主体であった東北旧石器文化研究所と東北福祉大学考古学研究会の関わった多くの調査で旧石器のねつ造が疑われることとなった。そのため、この遺跡でも旧石器とされた遺物の検証が行われた結果、それらには旧石器時代のものは1点もなく、それらは意識的に堆積物中に埋め込まれたと結論された（小野・佐藤、2003）。このようにこの遺跡では旧石器ねつ造が認定されてはいるが、「ねつ造旧石器」を除けば、この遺跡の重要性は不動であり、縄文時代の遺物の分析や小型哺乳類化石の研究などを行うことは有意義であることは、小野・佐藤（2003）も認めており、そのような観点で演者らは、この遺跡出土の哺乳類化石の研究を続けている。ここでは、藤村ほか（1999）が中期旧石器時代のものとしたこの遺跡の下部層（19～8層）出土の骨試料で新たに測定された¹⁴C年代と、その資料と同一層準の堆積物に含まれていた小型哺乳類化石群集の内容について報告する。

2. 年代測定

今回の試料は、下部層のうちで特に下位の17層から採取された堆積物を、小型哺乳類化石採取用の0.5mm目の篩で水洗して得られたもので、ニホンジカ程度の大きさの哺乳類の長骨骨幹の破片である。得られた¹⁴C年代値は7035±25yBPであった。近接したグリッドの17層からは、藤村ほか（1999）が「骨器」とした骨片の一部を用いた¹⁴C年代値が近藤・松浦（2003）によって報告され、その値は6930±40yBPで、今回のものと非常に近い値であることは注目される。

3. 小型哺乳類化石群集

17層の堆積物の水洗処理で得られた小型哺乳類化石には、シントウトガリネズミ（*Sorex shinto*）、キクガシラコウモリ（*Rhinolophus ferrumequinum*）、ウサギコウモリ（*Plecotus auritus*）、ユビナガコウモリ（*Miniopterus fuliginosus*）、トウホクヤチネズミに近似の種類（*Phaulomys* cf. *andersoni*）、ハタ

ネズミ属（*Microtus* sp.）、アカネズミ（*Apodemus speciosus*）、ヤマネ（*Glirulus japonicus*）があった。これらが構成する17層の化石群集は、現在のこの地域の森林に生息する小型哺乳類の動物相に類似しており、確実に絶滅種と言えるものは含まれていなかった。

4. 考察

東北地方では、青森県東通村の尻労安部洞窟や、岩手県花巻市のアバクチ洞穴遺跡や風穴洞穴遺跡で、後期更新世と完新世の哺乳類化石群集が詳しく調査されている（河村、2003；河村ほか、2015など）。これら東北地方のものも含め、本州の後期更新世と完新世の化石群集では、両者の内容は互いに似ているものの、一般に後期更新世のものには若干の絶滅種が含まれているのに対して、完新世のものにはそれが含まれていないので、そのような絶滅種は後期更新世から完新世にかけて絶滅したと考えられている（河村、2005など）。上記の年代値やそれに含まれる小型哺乳類化石群集の特徴から、17層を含むこの遺跡の下部層は完新世のものと考えるのが妥当である。この遺跡の上部層（7～1層）は出土遺物から縄文時代やそれ以降のものと考えられ、その下位にある下部層も縄文時代のものということになり、下部層で「石器の埋め込み」があったとすると、「ねつ造者」は人の目を盗んでは、せつせと縄文時代の層に縄文時代（？）の石器を埋め込んでいたことになる。

謝辞：今回の¹⁴C年代測定には、株式会社パレオ・ラボ「第7回若手研究者を支援する研究助成」（助成対象：河村 愛）を使用させていただいた。

引用文献：江坂・笹津（1967）日本の洞窟遺跡、67-74、平凡社。藤村ほか（1999）ひょうたん穴遺跡発掘調査報告書Ⅰ、東北旧石器文化研究所・東北福祉大学考古学研究会。鎌田ほか（2003）ひょうたん穴遺跡発掘調査報告書、東北旧石器文化研究所。河村（2003）北上山地に日本更新世人類化石を探る、284-386、東北大学出版会。河村（2005）日本の考古学、49-55、学生社。河村ほか（2015）青森県下北郡東通村尻労安部洞窟Ⅰ、59-79、六一書房。近藤・松浦（2003）前・中期旧石器問題の検証、387-389、日本考古学協会。小野・佐藤（2003）前・中期旧石器問題の検証、44-47、日本考古学協会。

中国新石器時代初期稲作遺構田螺山遺跡出土土器脂質分析による食性復元

○宮田佳樹・久保田眞二（金沢大学）・小林正史（北陸学院大学）・堀内晶子（国際基督教大学）・西田泰民（新潟県立歴史博物館）・宮内信雄・吉田邦夫（東大博物館）・孫国平（浙江省文物考古研究所）、中村慎一（金沢大学）

Yoshiki MIYATA, Shinji KUBOTA, Masashi KOBAYASHI, Akiko HORIUCHI, Yasutami NISHIDA, Nobuo MIYAUCHI, Kunio YOSHIDA, Guoping SUN, Shinichi NAKAMURA: Dietary analysis of archaeological pottery from Tianluoshan site.

1. はじめに

田螺山遺跡は、初期稲作文化の集落遺跡である。堆積層の厚さは最大 3.3m で、第 1 層から第 8 層に区分される。第 3～8 層が河姆渡文化層に相当し、前期（第 8・7 層）、中期（第 6・5 層）、後期（第 4・3 層）に区分される。遺跡は、地下水位下に埋もれていたために、木質遺物、植物遺体、人骨、動物骨などの有機質遺物が極めて良好な状態で保存されていた。

2. 本研究の目的

土器付着炭化物の 14C 年代測定、安定同位体分析結果に加えて、1) 土器残存有機物の脂質組成から、調理した食材を推定するバイオマーカー分析、2) 分子レベルの炭素同位体比分析 (Compound Specific Stable Isotope Analysis; CSIA) ($\delta^{13}C_{16:0}$, $\delta^{13}C_{18:0}$) によって、起源物質を直接推定する手法を組み合わせることにより、中国新石器時代稲作文明初期の土器で調理された食材を推定することである。さらに、歯骨試料の同位体解析結果や推定した健康情報などと比較することにより、稲作農耕文化の食生活とその健康への影響を総合的に評価することが長期目標である。

3. 試料と方法

土器脂質分析は、東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析施設 (MALT) で行った。以下、その概要を記す (堀内、宮田、エバーシェッド、2013)。土器付着炭化物試料 (数十～数百 mg) を乳鉢で粉末状に粉碎し、アルカン C34 (内部標準) を添加して、 $CHCl_3:CH_3OH$ 溶液 (2:1) で溶媒抽出し全脂質を回収した。全脂質を TMS 化して、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) を用いて同定した。GC-MS の分析条件は以下の通りである。Thermo Scientific TRACE GC ULTRA-ISQ LT, カラム: HP-1 50 m x 0.32 mm x 0.17 μm , 初期温度: 50°C で 2 分間維持, 300°C まで 10/min で昇温, 15 分間維持。

4. 結果と考察

第 8・7 層から出土した内面底部層状コゲ付着土器 4 試料の分析結果をまとめてみる。検出された脂肪酸、長鎖アルコール類は試料によって若干異なるが、以下の点は共通していた。

1. 水棲動物のバイオマーカーであるイソプレノイド類が検出されていない。つまり、海産、淡水

産魚介類の影響を強く受けていない。

2. 炭素数 16, 18 の APAA (Alkylphenyl Alkanoic Acids) が検出された。APAA は、不飽和脂肪酸が 270 度以上に加熱されると、生成する環状有機物であり、天然にはほとんど存在しない。また、不飽和脂肪酸は不安定なので、数千年もそのまま土器付着炭化物として、堆積環境中に保存されたと考え難い。したがって、APAA は、脂質を含む食材が土器で加熱されたということを示すバイオマーカーである。さらに、炭素数 20 以上の APAA が検出されていないため、海産物である可能性は低い。

3. レボグルコサンが検出された。デンプン質の食材と燃料材のセルロース、両者からレボグルコサンは検出される。しかし、全て内面土器に付着した炭化物 (コゲ) であるため、燃料材である薪に含まれるセルロース由来と考えるよりも、食材に含まれるデンプン質由来の可能性が高い。

さらに、これらの内面底部付着物 (コゲ) の安定同位体組成から、 C_4 植物としての雑穀 (アワ、ヒエ、キビ) の影響はほとんどみえず、堅果類の影響はあったとしてもあまり大きくないと推定された。

5. まとめ

中国新石器時代初期稲作遺構 (紀元前 5000-4700 年) の田螺山遺跡第 8・7 層から出土した内面底部土器付着物試料 (N=4) は、海獣、(海産、淡水産) 魚介類などを含まず、(単一食材かどうかはともかく、) デンプン質を含む C_3 植物 (and 陸獣) の調理を行った痕跡と考えられる。発表では、陸獣など動物性脂質の影響を評価するために、分子レベルの炭素同位体比分析結果とスコゲ使用痕観察を行った完形品土器の脂質分析結果も交えて、稲作文明初期の具体的な調理の形態に関しても考察を加えたい。

6. 謝辞

科研費新学術領域研究”稲作と中国文明-総合稲作文明学の新構築-”高精度年代測定および稲作農耕文化の食生活・健康への影響評価 (研究代表 米田穰; 15H05969) 及び、科研費基盤研究 (A) ”科学分析手法と土器使用痕観察を組み合わせた古食性と調理形態復元に関する学際的研究” (研究代表 宮田佳樹; 16H01824) の支援を受けた。

長崎県佐世保市に位置する福井洞窟遺跡の地形・地質学的特徴

西山賢一（徳島大）・柳田裕三（佐世保市）・辻本裕也

Ken-ichi NISHIYAMA, Yuzo YANAGITA and Yuya TSUJIMOTO: Geomorphological and geological features of Fukui Cave, a historical site in Sasebo City, Nagasaki Prefecture, Japan.

1. はじめに

長崎県北部の佐世保地域は、「北松型地すべり」の多発地域である。このうち、年代測定がなされた地すべりはごくわずかであり、近年活動した地すべりを除くと、北松型地すべりの活動履歴については、ほとんど知見が得られていない。

筆者らは、旧石器時代～縄文時代草創期の遺物が出土する史跡・福井洞窟の発掘調査に関連して、洞窟の形成過程に関する地形・地質学的な調査を行った（佐世保市教育委員会、2016）。その後の検討結果を含めて、洞窟の形成に関与した地すべりに関する知見が得られたので報告する。

2. 地すべり地形と段丘地形の分布と特徴

福井洞窟が開く急崖は、佐世保市北部を流れる福井川沿いの河谷低地の側部に位置する。急崖は比高約 20m あり、新第三系福井層の中粒砂岩からなる。急崖の中～下部にノッチが開口しており、福井洞窟はこのノッチを利用した遺跡である。

福井川に沿って数段の段丘地形が断片的に分布するとともに、周辺斜面には多数の地すべり地形が密集する。福井川沿いの段丘面を 4 段（高位、中位、低位、最低位）に区分した。福井川からの比高が最も高い高位段丘（比高 20m 強）は、福井洞窟背後の平坦面にあたる。この段丘面で掘削されたトレンチでは、玄武岩～安山岩の亜角礫が、福井層からなる砂岩の上位を覆っていることから、この角礫層は、福井川の河床を構成していた河成礫層が離水した段丘堆積物と考えられる。

福井洞窟の北隣には、高位段丘面を沈下させる小規模な地すべり地形が認められ、福井川を西に偏流させている。この地すべりは、高位段丘離水後の下刻過程で発生したと考えられる。

比高 15m 程度の中位段丘は、福井洞窟の下流域に断続的に分布する。中位段丘面には、福井層の砂岩を覆って、厚さ 1m 程度の礫層からなる段丘堆積物が分布する。江迎川源流域にあたる鷲尾岳北麓斜面付近にも中位段丘が分布しており、福井川流域との分水界＝風隙をなす。この中位段丘は、福井川の流下方向が現在と異なり、風隙を通過して江迎川に向かって流下していた当時の河床が段丘化したものと考えられる。中位段丘の離水には、福井川と江迎川の河川争奪による急速な下刻が関与したと考えられる。

3. 河川争奪の誘因としての地すべり地形

福井川と江迎川流域の風隙にあたる鷲尾岳北麓斜面付近には、大規模な地すべり地形が複数認

められる。鷲尾岳の北東斜面では、1950 年代に顕著な地すべりが発生し、移動体が鉄道線路を埋没させるなどの甚大な被害をもたらした。周辺斜面にはこのほか、同規模の地すべり地形が複数認められる。この規模の地すべりの移動が生じると、河道閉塞を引き起こしうることから、江迎川と福井川との河川争奪には、地すべりによる河道閉塞が影響した可能性が指摘できる。河川争奪の発生時期はいまのところ特定できていない。

4. ノッチ近傍の地すべりに伴う埋積

福井洞窟の発掘調査の結果、ノッチ内部には厚さ 5.5m に及ぶ礫質堆積物が累積することが確認された。基盤である新第三系福井層の砂岩を覆って、最下部には亜円礫を伴う河川堆積物が分布する。この堆積物は、ノッチを形成した福井川に由来する。その上位に累積する礫質堆積物には河成礫を含まないため、離水後の堆積物と考えられ、洞窟天井からの落盤による平板な砂岩礫（径 0.5m 程度）をしばしば挟在する。

礫質堆積物の中部には、径 1m を超える砂岩の角礫岩塊を含む厚さ約 2.5m の岩塊堆積物が分布する。この堆積物は、洞窟開口部で最も厚く、奥壁側に行くほど薄い。岩塊堆積物の直下には、奥壁側へ向かってめくれ上がるように変形した砂層が認められる。この岩塊堆積物は、天井からの岩塊落下由来ではなく、洞窟開口部から奥壁に向かって土塊が移動したために、直下の砂層も奥壁側に引きずられ、めくれ上がるような変形構造が生じたと考えたほうが理解しやすい。この土塊の供給源は、福井洞窟のすぐ北側にある小規模な地すべり地形が挙げられる。地すべり移動体が、当時の福井川の河谷にせり出し、その一部が、厚さ約 2.5m の岩塊層として洞窟開口部から奥壁側へ移動・堆積したと考えられる。

5. ノッチを埋積した地すべりの発生時期

洞窟内に堆積した岩塊堆積物の供給源と推定される小規模な地すべりは、高位段丘面を数 m 程度沈下させており、段丘離水後の下刻過程で不安定化した岩盤斜面が地すべり発生に至ったものと推定される。高位段丘の離水年代はいまのところ特定できていない。トレンチ内部の岩塊堆積物中から見いだされた炭質物の ^{14}C 年代測定結果に基づけば、この地すべりは、最終氷期末期の 17,800 cal yBP ごろに発生したと推定される。

引用文献 佐世保市教育委員会（2016）佐世保市文化財調査報告書、第 14 集、426p.

長崎県福井洞窟における細石刃石器群の層位的変遷と年代

柳田裕三（佐世保市）

Yuzo YANAGITA : Radiocarbon dating and stratigraphic transition of the microblade assemblages from Fukui Cave, in Nagasaki Prefecture, Japan.

1. はじめに

史跡福井洞窟は、長崎県佐世保市吉井町福井に所在し、長崎県北部の国見山系の山地から西流する福井川の侵食により、標高 110m に形成された新第三紀堆積岩の砂岩洞窟である。昭和 35・38・39 年に鎌木義昌、芹沢長介らにより学術調査が行われた。この調査では、旧石器時代から縄文時代草創期までの遺物が層位的に確認された。土器と細石刃石器群が同一文化層で検出したことで、旧石器文化から縄文文化への発展過程を層位的に確認するという画期的成果を上げた。今回は、半世紀を経て史跡福井洞窟を再調査した結果について記述する。

2. 細石刃石器群の層位的変遷と年代

発掘調査の結果、地面から厚さ 5.5m にわたる地層の中で少なくとも 8 時期（約 10,200—18,700 calBP 以前 9,000—15,500BP 以前）の包含層を確認した。その中で旧石器時代終末期から縄文時代草創期の細石刃石器群の包含層を 6 期（約 14,700—18,700 calBP 12,500—15,500BP）重層的に検出した。

2～3 層（約 14,700—16,000 calBP 12,500—13,300BP）で土器と福井型細石刃石器群が共伴し、4 層（約 16,200 calBP 13,500BP）で船野型細石刃石器群のみ出土するという昭和 35 年当時の調査成果を追認した。一方、進展した科学分析によって 2 層でイノシシなどの動物相の一端を同定した。さらに、下層の 7 層と 9 層では、同一時期の文化層として捉えることができ、無遺物層と考えていた 12 層では位牌塔型（野岳型）細石刃石器群を検出した。このことで石器製作技術の変遷に関する新たな研究課題を浮き彫りにした。

つまり、それまで細石刃石器群の初現期やナイフ形石器群と捉えられていた 7 層と 9 層の小石刃の石器群が前後の層位や遺物分布、年代測定の結果から細石刃石器文化期の間に存在することを確認した。また、7-9 層（約 17,000—17,300 calBP 14,000—14,200BP）では、洞窟の中央で炉跡 2 基を部分的に検出した。その 2m 下の 12 層（約 17,700 calBP 14,600BP）においても、炉跡（幅 52 cm × 長さ 60 cm）を保存の良い状態で検出した。12 層の炉跡の周辺には遺物約 300 点がみつき、2 個体の位牌塔型細石刃核（50 点近いの接合資料）を確認するなど、炉跡の周辺での石器製作跡を確認した。また、この 7-9 層と 12 層の間には 1～2m 級の大型の落石があり、洞窟の地形が大きく変化したことも分かった。13 層（約 18,700 calBP 15,500BP）でも炉跡や石敷と共に位牌塔型細石刃

核を検出した。最下層の 15 層（約 18,700 calBP 15,500BP 以前）では、放射性炭素年代測定の結果が未確定（>53,000 BP ほか）だが、河川の影響を受けた堆積物であることと、安山岩製の石器以外にも黒曜石を石器石材として利用していたことを新たに確認した。

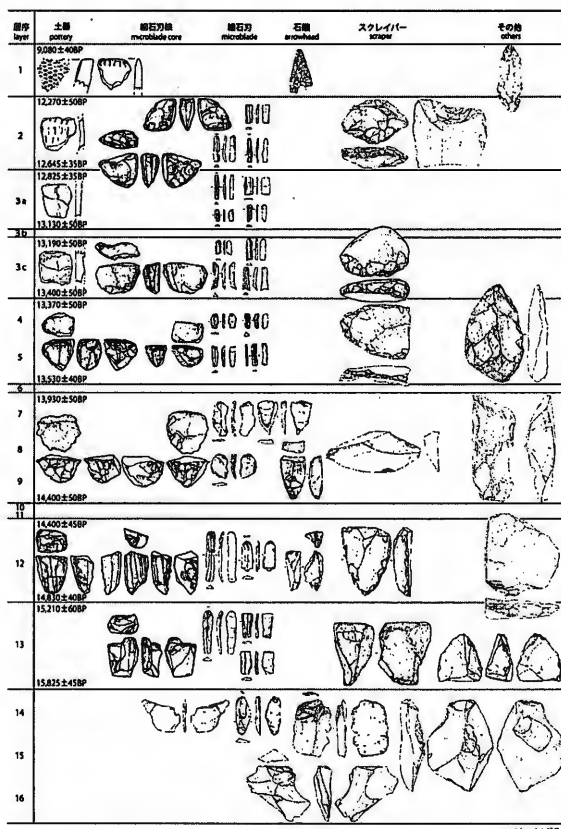
今回、洞窟遺跡の形成過程や旧石器時代の炉跡を中心とした洞窟利用の実態を明らかにしたことも重要な成果であるが、その中でも、細石刃石器群の初現から終末にいたる変遷過程（位牌塔型（野岳型）→小石刃→船野型→福井型）を層位的に確認した点は特筆すべき考古学上の成果である。これらは、旧石器時代細石器文化期の遺構を重層的に検出したことで、文化層序の逆転のない層位によって裏付けられた。さらに、泉福寺洞窟や岩下洞穴の遺物組成と重ねることで重厚な移行期の様相を示すことができたと言える。この変遷過程は高精度の年代測定法等により、今後広域的な比較研究をより可能とすることだろう。

3. おわりに

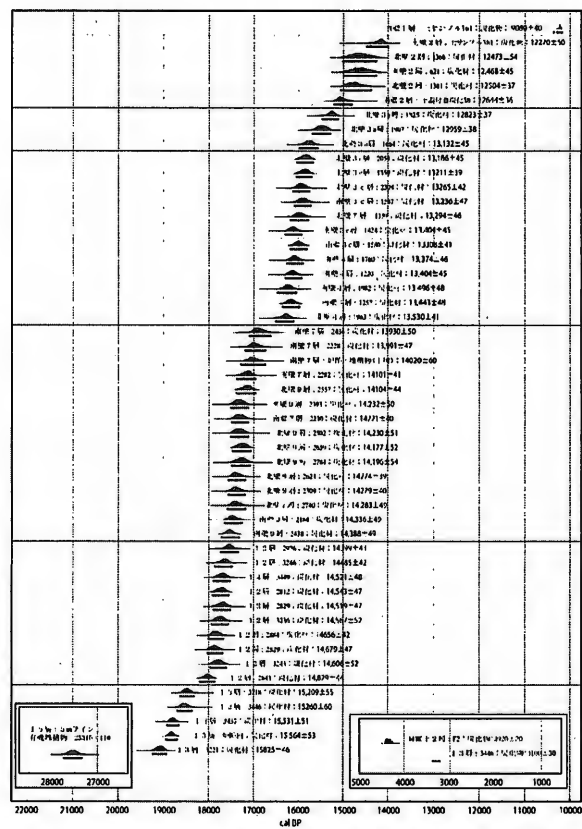
本論は調査報告書の一部を抜粋し、まとめたものである。調査報告書は発掘調査と各分析とその結果を総括したものである。

末尾にはなりますが、ご尽力をいただきました皆さまに心から御礼を申し上げます。

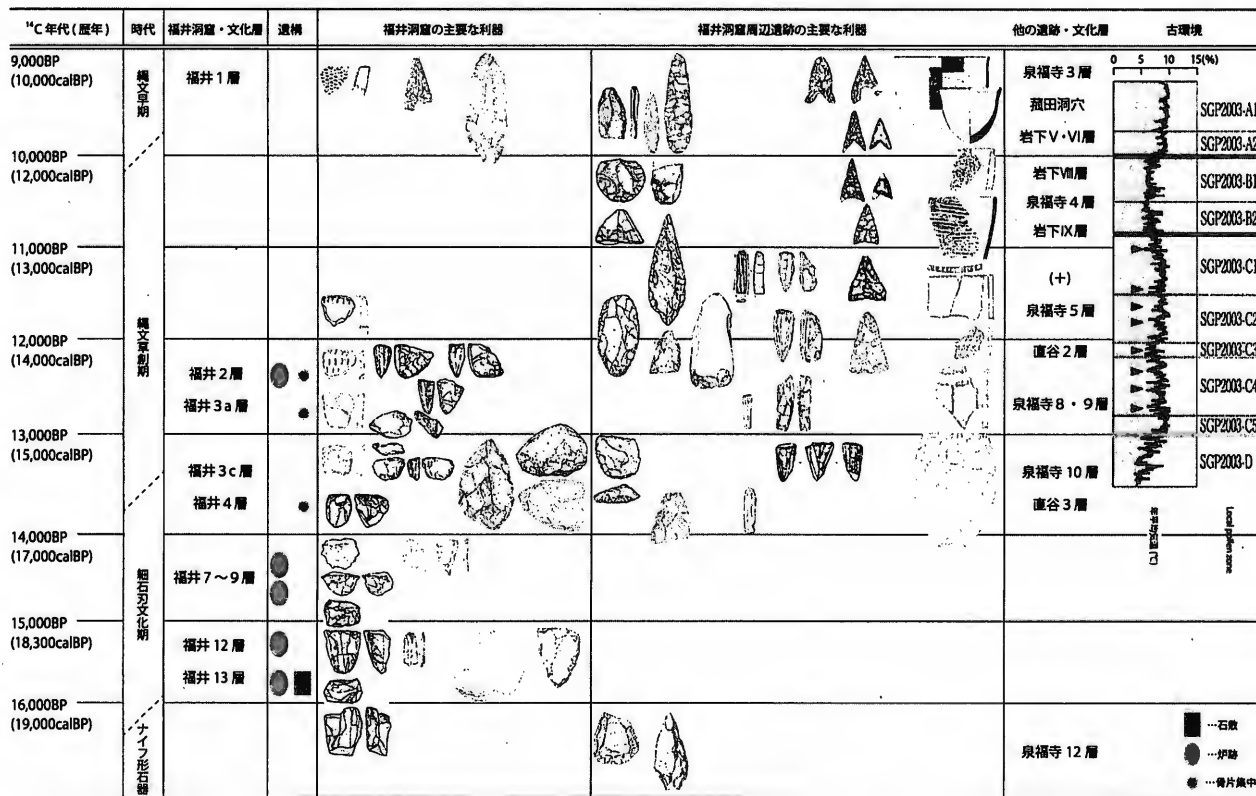
引用文献 佐世保市教育委員会（2016）佐世保市文化財調査報告書、第 14 集、426p.



第1図 福井洞窟各層の遺物組成図 (スケール任意)



第2図 福井洞窟各層の14C年代測定結果 (校正年代)



第3図 西九州の旧石器時代終末から縄文時代草創期移行期の様相 (スケール任意)

セルロース酸素同位体比がもたらす気候変動と年輪年代の新しい研究展開

中塚 武 (総合地球環境学研究所)・気候適応史プロジェクトメンバー

Takeshi NAKATSUKA, Members of Historical Climate Adaptation Project: New research developments on climate variation and dendrochronological dating induced by cellulose oxygen isotope ratios

1. はじめに

年輪幅の変動のサンプル間でのパターンマッチングを原理とする年輪年代法は、地質学・考古学・建築史学などで用いられる、最も精度の高い年代決定法の一つであり、日本でも約3千年前以降の時代の年輪数が多いヒノキやスギ等の針葉樹材を対象に広く用いられてきた。しかし広葉樹材は一般に年輪数が少なく、地域を代表する年輪幅の標準変動曲線(マスタークロノロジー)を作ること難しいことから、これまでは年輪年代法の対象外であった。近年、演者らは、年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比を年輪幅に代わるパターンマッチングの指標として、広葉樹を含むあらゆる樹種に適用可能な「酸素同位体比年輪年代法」(中塚, 2015)を開発することに成功し、地質学、考古学、気候学、歴史学などの関連分野に様々な波及効果を及ぼしつつある。ここでは、その原理と現状、効用について概観したい。

2. 酸素同位体比年輪年代法の原理と特徴

年輪セルロースの酸素同位体比は、光合成によってセルロースの原料であるブドウ糖が生産される葉内の水の酸素同位体比の変動を記録しており、葉内水の酸素同位体比自体は、降水の酸素同位体比と相対湿度という2つの気象学的因子によって決まっている。一般に光合成が行われる夏に雨が降り多い年は、雨量効果により降水の酸素同位体比が低くなるだけでなく、相対湿度が高いことから(葉内で重い酸素18を濃縮させる)蒸散が起きにくく、葉内水の酸素同位体比は低く保たれる。つまりセルロースの酸素同位体比と夏の降水量の間には顕著な負の相関が生じ、それが樹種や個体を越えて広域の樹木間で共通であることから、セルロースの酸素同位体比は、年輪数が少ない広葉樹材にも適用できる普遍的な年輪年代決定の指標になる。この酸素同位体比年輪年代法には当初、従来の年輪年代法と比べて、「分析に時間と費用がかかる」、「セルロースが選択的に分解した劣化材には適用できない」、「資料の破壊の程度が大きい」等々の欠点があったが、分析技術の改良を重ねた結果、時間と費用は数10分の1に縮減でき、殆どの劣化材から確実にセルロースが抽出できるようになるなど、様々なブレークスルーによって、一気にその利用が進みつつある。

3. マスタークロノロジーの作成状況

酸素同位体比年輪年代法の普及のためには、年輪セルロース酸素同位体比の標準変動曲線を地域毎に作成しておく必要があり、その迅速な作成

のためには、年輪数の多いヒノキやスギ、ヒバなどの針葉樹材を用いることが効率的であった。演者らは、過去数年間に年輪年代学や建築史学の研究者、全国の埋蔵文化財調査機関の関係者らから膨大な数の現生木、自然埋没木、建築古材、遺跡出土材の提供を受けて、図1のように日本各地で地域を代表する年輪セルロース酸素同位体比のマスタークロノロジーの構築を進めてきた。その多くが既に連続的なデータとなっており、地域の木材年輪年代の決定に利用され始めているが、同時に追加分析によって統計的精度を高めている段階でもある。一方、本州中部と屋久島では、現在までに約2千年前後に及ぶクロノロジーの全体が、年毎に十分な測定数(つまり十分な統計精度)を得ており、後述のように年輪年代の決定だけでなく、気候変動の研究にも活用され始めている。

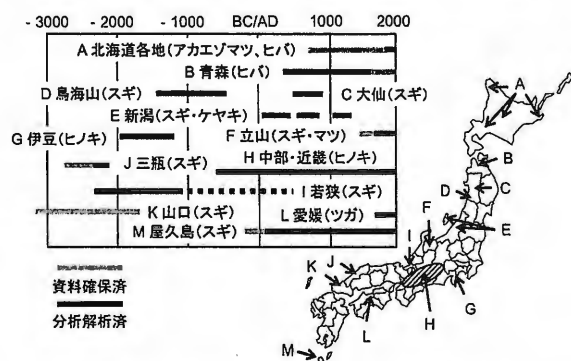


図1. マスタークロノロジーの作成状況

4. 遺跡出土広葉樹材の年輪年代決定

酸素同位体比年輪年代法の最大の応用対象の1つが、全国各地の自治体が進める埋蔵文化財発掘調査の際に出土する、竪穴住居の柱や水田の板、水路の杭などの、主に広葉樹からなる膨大な数の木材資料である。これらは広葉樹であり年輪数も少ないことから、これまでは年輪年代法の対象外であったが、小径で樹皮がついていることが多く、(スギやヒノキの大木と比べて価値が相対的に低いことから)再利用されることも少ないため、遺跡や遺物の年単位での年代決定のためには、本来最も有望な資料群であった。酸素同位体比年輪年代法の登場により、これらの無数の遺跡出土材に年単位の年代が与えられるようになり、縄文時代以降の日本史の年代観が、今、大きく書き換えられようとしている。図2には、大阪府の弥生時代後期の灌漑施設の遺跡から出土した杭材の年代決定の状況を示す。簡易凍結乾燥等を用いて、元の形状を保持したまま木材薄板をセルロース化できる技術の導入により、分析にかかる時間・

費用・効率を大幅に改善したことで、同一遺跡の多数の出土材を重複分析することができ、年輪数が30年程度しかない資料群に対しても、信頼できる確実な暦年代を与えることができる。

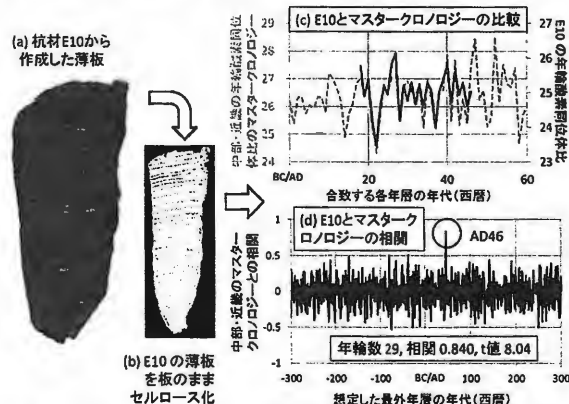


図2. 弥生時代後期の水田遺構の杭材の年代決定例

5. 過去2600年間における夏の降水量の変動

中部日本における年輪セルロースの酸素同位体比の経年変動は、夏の降水量の経年変動を良く再現することが、現代の気象データだけでなく、近世や中世の古日記や古文書との比較からも、明らかになってきている(中塚, 2016)。しかし、そこで用いられているヒノキの酸素同位体比には顕著な樹齢効果(成長効果)があり、成長速度の高い(若い)時期には酸素同位体比が高く、低い(老いた)時期には低くなる、という気候変動とは関係のない長期変動が含まれることも分かっていた。それゆえ、これまで中部日本の酸素同位体比のデータからは、あらかじめ個体毎に長期トレンドを削除してから、複数個体のデータを平均して長期時系列を作成していた。しかし演者の研究室では、最近、同じセルロースの水素同位体比が酸素同位体比と、気候変動によって同じ方向に変化する一方で、樹齢効果によって逆の方向に変化することを利用して、樹齢効果のみをキャンセルする方法の開発に成功しつつある。図3は、過去2600年間における中部日本の年輪セルロースの酸素同位体比と水素同位体比のデータを、それぞれ多個体間で繋ぎ合わせたのち、酸素と水素の同位体比の時系列を合成して、酸素同位体比の気候変動成分のみを抽出したものであるが、そこからは、様々な新しい気候学・考古学・歴史学の研究課

題が浮かび上がりつつある。

6. 新しい気候学・考古学・歴史学の研究課題

図3からは、世界各地の堆積物などによる気候の長期復元でも知られている、約千年周期の変動が2周期分も認められると同時に、図中に詳述したように、日本におけるこれまでの考古学・歴史学のさまざまな知見を説明できる数百年スケールの顕著な降水量の変動が、多数発見された。また(これは長期トレンドを除去して接続した酸素同位体比の時系列データからも分かっていたことであるが)数十年周期の降水量変動の振幅が、数百年に一度の割合で拡大(つまり洪水や干ばつの被害が長期化)し、その都度、日本や中国では社会体制の転換を伴うような大きな動乱がおきていた、という対応関係も認められた。従来、歴史学や考古学では、曖昧な気候などの要因で人間の歴史の変化を説明することは、「気候決定論」という形で否定的に評価されることが多かったが、セルロース酸素同位体比などを用いて年単位で正確に復元されるようになった気候変動のデータは、歴史学や考古学に対して、「気候と社会の関係」に関する、全く新しい実証的な研究の促進を迫るものとなってきている。

7. おわりに

セルロース酸素同位体比を用いた酸素同位体比年輪年代法には、第一に、あらゆる樹種の木材を対象にした新しい普遍的な年代決定法という側面と、第二に、自然や人間に大きな影響を与える夏季降水量変動の高精度復元という側面がある。前者だけならば、「先史時代の年代を年単位で決めてどうするのか」という反論もありうるが、後者と合せることで、「あらゆる時代の自然や社会の変動と気候変動の間関係を検証・反証する」という、新たな巨大な研究のシーズが生まれる。双方向での研究の発展が期待される所以である。

引用文献：中塚 武(2015)考古学研究, 62, 17-30. 中塚 武(2016)日本史研究, 646, 3-18

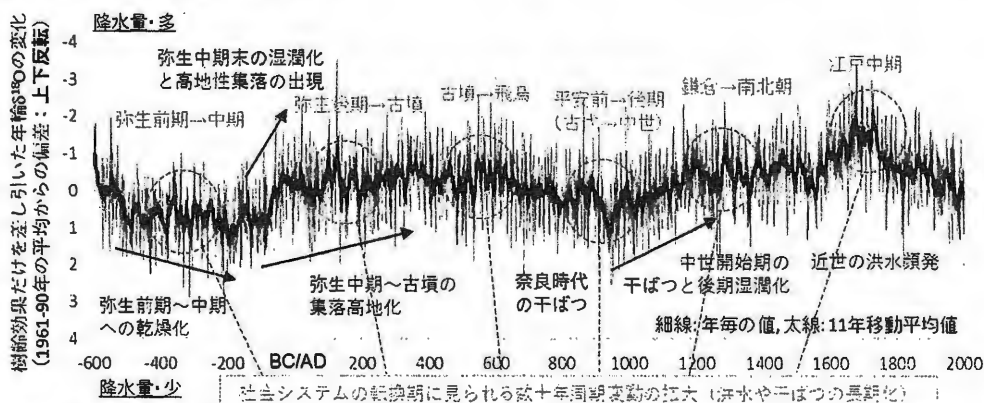


図3. 過去2600年間の中部日本における年輪セルロース酸素同位体比の経年変動

酸素同位体比測定法の導入によるモンスーンアジアでの年輪年代学の新展開

佐野雅規（早稲田大）・Chenxi Xu（中国科学院）・中塚武（地球研）

Masaki SANO, Chenxi XU, Takeshi NAKATSUKA: Recent progress and future perspective of oxygen isotope dendrochronology in monsoon Asia

1. はじめに

樹木の年輪情報を読み取ることで、生育年代を誤差無く決定できるほか、過去の気候変動を1年単位の分解能で復元できる。これまでの樹木年輪による研究は、気温、もしくは降水量が樹木成長の制限要因となる森林の分布限界から収集したサンプルを材料とし、測定が容易な年輪の幅や容積密度を用いて進められてきた。アジアでも、1990年代から、ヒマラヤやチベット、モンゴルといった寒冷・乾燥地域を中心として研究が進展し、現在までに数100年～1000年超の年輪年代曲線が各地で構築されてきた（Cook et al., 2010）。他方、温暖・湿潤なアジアモンスーン地域では、気候だけでなく隣接木との競合といった生態学的な要因が樹木の成長に大きく寄与する。こうした環境では、年輪年代の精確な決定が条件の揃った良質の考古材に限られるほか、気候変動の復元も精度が劣る。この問題を克服する画期的な手法として、近年、年輪セルロースの酸素同位体比が注目されている。本報告では、アジアモンスーン地域で急速に進展しつつある酸素同位体比年輪年代法の概要について、著者らの研究成果を交えながらレビューする。

2. セルロース酸素同位体比の規定要因

年輪の酸素同位体比は、光合成が行われる葉内の水の酸素同位体比によって規定されている。根から幹を通じて葉内に運ばれた水が気孔を通して大気に蒸散するとき、軽い酸素（ ^{18}O ）が優先的に蒸発し、結果として葉内では重い酸素（ ^{16}O ）が濃縮する。その際、『相対湿度』が低いほど、軽い酸素がより蒸発して、重い酸素が濃縮するため、葉内の水の酸素同位体比は相対湿度と負の相関を示す。また、もう1つの規定要因である『降水の酸素同位体比』は、アジアモンスーン地域のような湿潤地では、降水量と負の相関を示すこと（雨量効果）が経験的に知られている。ここで、雨の時は湿度が高くなる、つまり、相対湿度が降水量と正の相関を示すことを加味すると、年輪セルロースの酸素同位体比は、乾燥・小雨の年に高くなり、逆に湿潤・多雨の年に低くなる。

3. 東南アジアの年輪による ENSO の高精度復元

ベトナムに生育するフォッキニア（ヒノキ科）の年輪酸素同位体比を計測・解析した結果、1）年輪幅よりも酸素同位体比の方が、より精確に過去の乾湿変動を記録していること、2）試料採取地から150km隔てたラオスの年輪酸素同位体比データとも変動パターンが良く一致しており、イ

ンドシナ半島北部の広域的な水環境の代替データになること、3）さらにインドシナ北部の水環境と ENSO に密接なテレコネクションがあり、年輪酸素同位体比からサンプル採取地域の気候のみならず、ENSO そのものを復元できることが分かった（Sano et al., 2012; Xu et al., 2013）。

4. インドモンスーンの時空間変動の復元

ヒマラヤを横断する複数地点（インド、ネパール、ブータン）で収集した年輪酸素同位体比データは、いずれの地域でも夏期の降水量や相対湿度を反映しており、ヒマラヤの夏期モンスーンの時空間変化を詳細に復元することができた（Sano et al., 2013）。また、サンプル採取地間の距離が増すにつれ、両者の相関が低下するものの、酸素同位体比の変動パターンは地域間で類似していたほか、年単位で見ると、顕著な乾燥年を全ての年輪データから検出することができた。ヒマラヤでは、ベンガル湾が水蒸気の主たる起源となっており、北西に向かうにつれ、毎年のモンスーン入り（開始日）が遅くなるとともに、雨期の降水量が少なくなることから、東西方向での酸素同位体比の同調や差異は、毎年のモンスーンの張り出しを反映していると考えられる。

ヒマラヤに加え、チベット高原の年輪酸素同位体比データ（Liu et al., 2014）も含めて長周期変動の傾向を比較したところ、水蒸気源であるベンガル湾から遠く離れた地域では、過去100～200年にわたって降水量に減少トレンドが認められる一方で、海から近い地域（ブータンやチベット高原の南東部）では、降水量の変動に長期的なトレンドが認められなかった。Chung and Ramanathan (2006) は、気候モデルによる解析から、インド洋での海水温の南北コントラストがここ数十年で弱まったために、インドモンスーンが弱まっていると報告しているが、このモンスーン弱化的傾向は、より内陸の地域でのみ顕著であり、海から近い地域では認められないことが複数の年輪データの比較により明らかとなった（Sano et al., 2013）。

引用文献： Chung & Ramanathan (2006) *J. Clim.* 19, 2036-2045. Cook et al. (2010) *Science* 328, 486-489. Liu et al. (2014) *Quat. Sci. Rev.* 88, 55-68. Sano et al. (2012) *J. Geophys. Res.*, 117, D12115. Sano et al. (2013) *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 8399-8410. Xu et al. (2013) *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 386, 588-598.

酸素同位体比年輪年代法による白頭山 10 世紀噴火の年代測定

木村勝彦(福島大)・箱崎真隆(歴博)・佐野雅規(早大)・對馬あかね・李貞・
中塚武(地球研)・中村俊夫(名大)・奥野充(福岡大)

Katsuhiko KIMURA, Masataka HAKOZAKI, Masaki SANO, Akane TSUSHIMA, Zhen LI, Takeshi NAKATSUKA, Toshio NAKAMURA, Mitsuru OKUNO: Annual dating of the "Millennium Eruption" of Baitoushan Volcano based on the oxygen isotopic dendrochronology

1. はじめに

過去 2000 年間で最大級の噴火と推定される白頭山 10 世紀噴火は、直接的な文書記録が無いことから、長らくその正確な年代が不明であった。白頭山の周辺には、噴火時に発生した火砕流によって埋没した多数の埋没木が良好な保存状態で残存している。しかし、朝鮮半島では年輪年代法の適用範囲が 10 世紀まで到達していないため、これまで、それらの埋没木に年輪年代法を適用することはできなかった。

近年、日本で開発された「酸素同位体比年輪年代法(中塚 2015)」は、樹種を越えて年代測定が可能であること、空間的な適用範囲が従来法(年輪幅の年輪年代法)に比べて格段に広いことなどから、発展が遅れていた北東アジアの年輪年代法にブレークスルーをもたらした画期的な手法である。本研究では、白頭山北東麓から採取した埋没木 1 点を対象に、酸素同位体比年輪年代法を適用し、白頭山 10 世紀噴火の年代決定を試みた。

2. 試料と方法

白頭山北東麓から採取した樹皮の残る未炭化のチョウセンゴヨウ埋没木 1 点(試料名 C5)を試料とした。板ごとセルロース抽出法(Kagawa et al. 2015)に従って、セルロース板とし、測定試料を 1 年輪毎に切り出して、銀箔に梱包後、TC/EA により酸素同位体比を測定した。得られた酸素同位体比パターンを、青森ヒバのデータから成る東北日本版酸素同位体比クロノロジー(箱崎ほか 2016)とクロスデーティングし、年輪年代を決定した。

3. 結果と考察

セルロース抽出の結果、樹皮直下年輪を含む最外部 14 年輪は、炭化および劣化によってセルロース化できなかった。しかし、その内側の 298 年輪は、セルロース化に成功した。

酸素同位体比分析・年輪年代解析の結果、試料の酸素同位体比パターンは、西暦 635-932 年の位置で東北日本版クロノロジーと最も高い相関を示した。また、目視によるグラフ確認でも全域にわたって同調することが確認できた(図 1)。セルロース化できなかった年輪の数を足すと、試料の樹皮直下年輪=枯死年は、西暦 946 年と決定した。

Oppenheimer et al. (2017) は西暦 775 年炭素 14 スパイク(西暦 775 年における年輪炭素 14 濃度の急増: Miyake et al. 2012)を年代指標として、白頭山 10 世紀噴火の年代を西暦 946 年と決定した。本研究の結果はこれを支持するものとなった。

本研究によって酸素同位体比年輪年代法は、朝鮮半島北部の木材の年代測定にも応用できることがわかった。本研究で得られたデータは、今後、朝鮮半島北部の古代から中世にかけての年輪年代測定および古気候復元に寄与するものと考えられる。

引用文献:

箱崎ほか (2016) 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXVII, 34-39.
Kagawa et al. (2015) Chemical Geology, 393-394, 16-25.
Miyake et al. (2012) Nature, 486, 240-2.
中塚武 (2015) 考古学研究, 62, 17-30.
Oppenheimer et al. (2017) Quaternary Science Reviews, 158, 164-171.

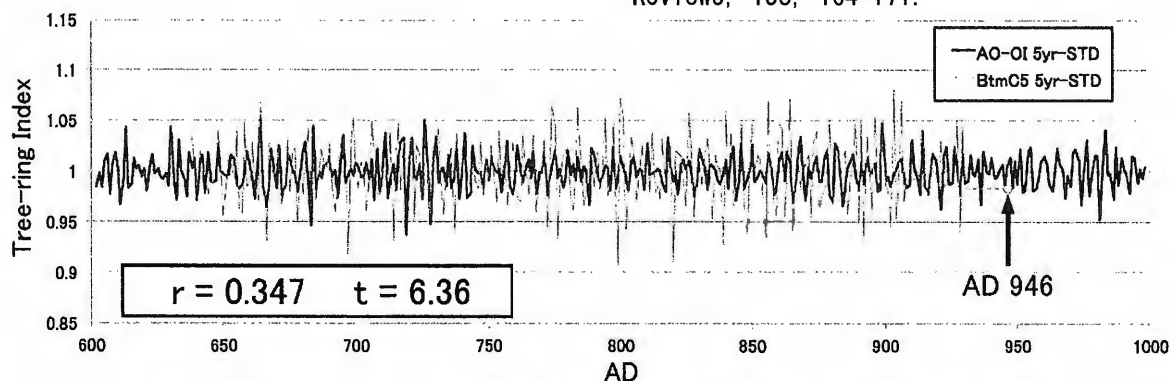


図1 白頭山チョウセンゴヨウ埋没木の酸素同位体比パターン(灰色線:BtmC5)と東北日本版酸素同位体比クロノロジー(黒線:AO-OI)の比較。両者は一般的な年輪年代法に従い、5年移動平均法によって長周期成分を除去してから比較している。重なり合う区間の全域で年々の変動がよく一致しており、統計的指標となる $t = 3.5$ を大きく超える t 値も得られている。

ジルコンの U-Pb および (U-Th)/He 年代測定から推定される大町テフラの噴出年代

伊藤久敏 (電中研)・Danišík Martin (Curtin U.)・大石雅之 (立正大)・中里裕臣 (農研機構)

Hisatoshi ITO, Martin DANIŠÍK, Masayuki OISHI, Hiroomi NAKAZATO: Eruption age of Omachi Tephra estimated from zircon U-Pb and (U-Th)/He dating

1. はじめに

最近の機器分析の発展により、ジルコンの U-Pb 法により第四紀試料の年代測定が可能となっており、筆頭著者の使用する LA-ICP-MS 装置では 100 ka 程度の年代まで測定可能である (Ito, 2014; Ito et al., 2017). 但し、ジルコンの U-Pb 法はマグマからジルコンが晶出した年代を示すため、必ずしもテフラの噴出年代を示す訳ではない。これに対し、ジルコンの (U-Th)/He 年代測定 (Danišík et al., 2017) は、我が国では実用化には至っていないが、U や Th の放射壊変で生じる He が希ガスであるため、テフラの噴出時にはジルコン中に He が存在せず、その年代は噴出年代を示す。従って、一粒のジルコンを用い、U-Pb 年代と (U-Th)/He 年代を測定することで、テフラを噴出したマグマの活動履歴とテフラの噴出年代が推定可能となる。このような適用例は世界的にも少ない。今回、大町テフラの A1Pm と DPm (中谷, 1972) を対象にジルコンの U-Pb 年代と (U-Th)/He 年代測定を行った結果を報告する。

2. 採取したテフラ

大町テフラは長野県大町市の旧大町スキー場の近傍 (採取地点の座標: 36. 552801, 137. 865769) で採取した。層序や斜方輝石の屈折率測定から採取した 2 枚のテフラは A1Pm と DPm であることを確認した。

3. 年代測定手順

テフラ各 1kg から通常の方法でジルコンを分離し、テフロンシートに埋め込み、電中研所有の LA-ICP-MS 装置で U-Pb 年代測定を実施した。その後、試料を Curtin 大学に送付し、同大学にてジルコンをテフロンシートから剥がし、(U-Th)/He 年代測定を実施した。

4. 結果と考察

各テフラについて 20 個のジルコンを対象に年代測定を行った。その結果、A1Pm では 426 ± 19 ka (誤差は 95%信頼区間で以下同様) の U-Pb 年代と 384 ± 13 ka の (U-Th)/He 年代が得られた (図 1)。DPm では 204 ± 20 ka (但し追加の 50 粒のジルコン年代を含む) の U-Pb 年代と 101 ± 9 ka の (U-Th)/He 年代が得られた。得られた (U-Th)/He 年代は両テフラともに層序から推定される年代と良く一致する。U-Pb 年代からは、特に北アルプスの立山起源とされる DPm では、噴火に至るまでに長いマグマの活動期間 (準備期間) があったことが推定される。以上より、ジルコンに U-Pb

法と (U-Th)/He 法の両方を適用することで、テフラの噴出年代のみならずマグマの活動履歴に関する情報が得られることから、本手法はテフラの年代学的研究に大いに貢献可能と考えられる。

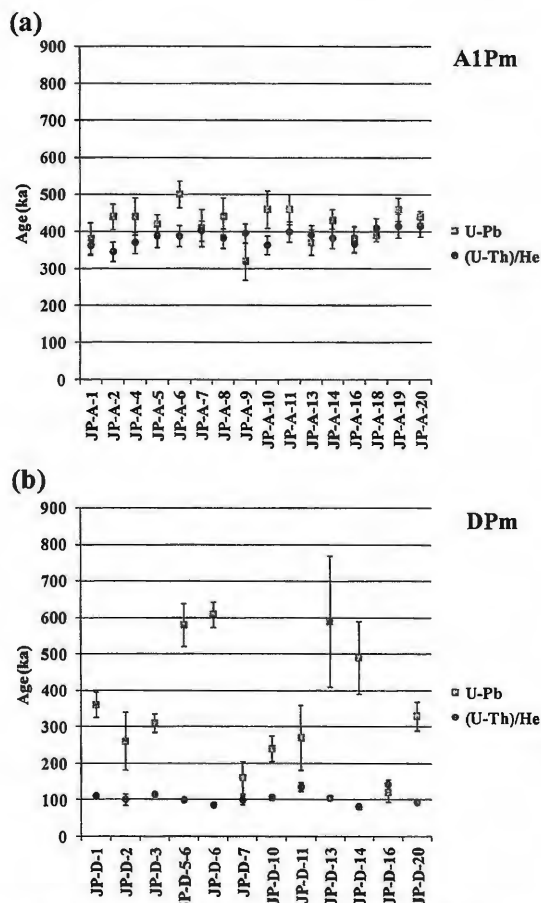


図 1 ジルコン毎の U-Pb, (U-Th)/He 年代
A1Pm(a) は U-Pb 法と (U-Th)/He 法ともにバラツキが小さくほぼ 400ka の年代を示す。DPm(b) は、(U-Th)/He 法はバラツキが小さく約 100ka の年代を示すが、U-Pb 法は 600~100ka の年代を示し、DPm の噴出に至るまでに約 50 万年間の長いマグマの準備期間があったことが推定される。

引用文献 : Danišík et al. (2017) *Quat. Geochronol.*, 40, 23-32. Ito (2014) *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 289, 210-223. Ito et al. (2017) *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 338, 92-100. 中谷 (1972) 第四紀研究, 11, 305-317.

海洋酸性化現象のサンゴ及びサンゴ礁生態系への影響

鈴木 淳 (産業技術総合研究所)

Atsushi SUZUKI: Ocean Acidification impact on corals and coral reef ecosystems

1. はじめに

熱帯から亜熱帯の浅海域に分布するハマサンゴ類は、炭酸カルシウムを主成分とする骨格を1年間に厚さ約1 cm ずつ分泌しながら、過去数百年にわたり成長を続ける。骨格には年輪が形成され、形成年代を正確に知ることができ、化石の場合にも各種年代測定法により正確な形成年代が分かることから、サンゴ骨格は第四紀研究分野において、たいへん優れた古気候記録試料である。このサンゴ類が、近年、地球温暖化に伴い、大きな影響を受けている。2016年の異常高水温によってグレートバリアリーフで発生したサンゴ白化現象の被害は甚大であった。さらに、地球温暖化に加えて、新しい地球環境問題として注目される海洋酸性化も、サンゴ類とサンゴ礁への影響が危惧される。

2. 亜熱帯域のサンゴ類等の海洋酸性化実験

演者が参加した研究グループでは、琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設にて、亜熱帯域のサンゴ類や底生有孔虫類、石灰藻類について、高精度二酸化炭素濃度調整海水生成装置(いわゆる AICAL 装置)を用いた海洋酸性化実験を実施してきた。サンゴ類は、その初期生活史に産卵、受精、幼生への変態、定着そして、初期ポリプによる共生藻の獲得と石灰化の開始の段階を経る。琉球列島に一般的に分布するコユビミドリイシを対象とした実験により、海洋酸性化が、受精と初期ポリプの石灰化について負の影響を与えることが明らかになった (Morita et al., 2009; Ohki et al., 2013)。

一方、各種サンゴ類の親群体を対象にした実験によると、ハマサンゴやニオウミドリイシでは、海洋酸性化により石灰化量の有意な低減が認められたのに対し、コユビミドリイシでは認められなかった (Iguchi et al., 2012)。これは、種によって、海洋酸性化現象への耐性が異なることが示唆される。種による海洋酸性化応答の違いは、サンゴ礁棲の底生有孔虫類にも見られ、海洋酸性化に伴い、ゼニイシは石灰化が低減するが、ホシスナやタイヨウスナではむしろ石灰化量が増進する結果が得られた (Hikami et al., 2011)。これは、共生する藻類の違いや石灰化機構の違いが影響していると考えている。

また、サンゴ類の同一種内でも、海洋酸性化耐性に多様性が見られることが明らかになった (Sekizawa et al., 2017)。これらの結果は、海洋酸性化の進行に対して、サンゴ礁の石灰化生物の種組成や種内系統に変化が生じる可能性が示唆される。

3. 温帯性サンゴ類の海洋酸性化実験

本州周辺の温帯性サンゴ類は、過去100年間の海水温の上昇傾向により分布域が北方に拡大していることが知られている (Yamano et al., 2011)。演者らは、公益財団法人海洋生物環境研究所実証実験場(新潟県柏崎市)において、本州周辺の温帯性サンゴ類を対象とした、海水温上昇と海洋酸性化の複合影響を評価する実験を実施している。実験的にサンゴの骨格成長を評価した結果、現在の海水の pH 条件では、3°C程度の水温上昇は成長を促進させる傾向が見られるが、温度上昇と海洋酸性化の両方が進むと現在よりも成長が低下してしまうことが示唆された。海洋酸性化が温帯性サンゴ類に与える影響も興味深い。

4. 石灰化生物の海洋酸性化耐性について

今後の海洋酸性化の進行に対して、石灰化生物がどのように応答していくかを評価するためには、個々の石灰化生物の炭酸カルシウム生成機構についての生物学的研究が重要である。サンゴ類の骨格形成は、造骨細胞と骨格に挟まれた石灰化母液で進行する。骨格が作られる際には、骨格形成を阻害する水素イオンが適切に除去される必要がある。Ohno et al. (2017)では、pH イメージング法を応用して石灰化母液の pH 変化を観察し、コユビミドリイシに石灰化母液の pH を能動的に調整する機能の存在を示唆する結果を得た。周囲の海水が石灰化母液に到達する様子も観察されており、これらの機能・機構が、石灰化生物の海洋酸性化耐性を規定している可能性がある。また、演者らは、骨格の炭素同位体比組成から、その石灰化生物の海洋酸性化耐性を推定する可能性についても検討を実施している。

謝辞: 本研究は、科研費基盤S課題「海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験」(平成26~30年度、代表: 野尻幸宏) ほかによる成果である。

引用文献: Morita et al. (2009) *Zygote*, 18, 103-107. Ohki et al. (2013) *Biogeosciences*, 10, 6807-6814. Hikami et al. (2011) *Geophys. Res. Lett.*, 38, L19601. Iguchi et al. (2012) *Mar. Environ. Res.*, 73, 32-36. Sekizawa et al. (2017) *Mar. Pollut. Bull.*, Yamano et al. (2011) *Geophys. Res. Lett.*, 38, L04601. Ohno et al. (2017) *Sci. Rep.*, 7, 40324.

鹿児島県喜界島のサンゴ骨格の微量元素に記録された小氷期からの海洋環境情報
 横山祐典（東京大）・川久保友太（東京大）・平林頌子（東京大）・アリバート シャンテール（オーストラリア国立大）・鈴木淳（産総研）・宮入陽介（東京大）

Yusuke YOKOYAMA, Yuta KAWAKUBO, Shoko HIRABAYASHI, Chantal ALIBERT, Atsushi SUZUKI, Yosuke MIYAIRI: Environmental reconstruction using coral obtained from Kikai Is., Kagoshima prefecture.

1. はじめに

将来の気候変化の予測について、気候モデルによる数値計算が行われているが、その精度向上のためには、長期の気候データの取得およびモデルの出力との比較検討が必須である。しかし100年ほどの測器記録のデータでは、10年から数十年スケールで変動している海洋の変化を正しくとらえることが難しい（横山・鈴木 2013）。

また過去 1,000–2,000 年間にも中世の気候変動期（西暦 950–1250 年）や小氷期（西暦 1300–1850 年）といった気候変動期が存在しており、ヨーロッパや北米などでは多くのデータが得られてきている。しかし、東アジア地域の復元データは不足している。日本でも陸域については台風で倒れた巨木を使った研究などが進められている。例えば過去 400 年間について、木材のセルロースの酸素同位体比が、相対湿度や降水量の指標となり、江戸時代には湿潤であったことを奈良県の室生寺の巨木を使い明らかにしたものや（Yamaguchi et al., 2010; Sakashita et al., 2016）、伊勢湾台風の際に倒れた巨木によって小氷期の後半にあたる 1780–1880 年に最も降水が多く湿潤だったと復元した研究などがある（Sakashita et al., 2017）。

一方で海洋の情報の高精度復元は、試料の制約から極めて限られている。そこでプロキシ（代替指標）を使った環境復元を行うことが重要であるが、夏と冬のどちらの情報も復元することのできる、サンゴ礁を形成するサンゴ骨格を使った古環境復元は、特に注目されている。

2. 目的・試料・方法

本研究では、鹿児島県喜界島荒木沖で採取した現生の長尺ハマサンゴ骨格試料を用いて、過去 400 年を超える期間の水温変動復元を行い、北西太平洋の日本近海における温度等の海洋環境変化を高精度で行うことを目的とした。

サンゴは 2009 年に採取され、水温指標のプロキシである骨格中の Sr/Ca を測定した。測定には、オーストラリア国立大学地球科学研究所および東京大学大気海洋研究所のレーザーアブレーション併設型の誘導プラズマ質量分析装置（LA-ICPMS）を用いて行った（Kawakubo et al., 2014）。海洋循環の指標としての放射性炭素（ ^{14}C ）の分析を、東京大学大気海洋研究所のシングルステージ加速器質量分析装置（AMS）を使って分析した（Yokoyama et al., 2016）。

3. 結果

サンゴ骨格試料を使った化学分析に基づく環境復元では、続成作用などで変質した部分のデータを取り除いて分析を行うことが重要である。LA-ICPMS では、測定データのばらつきが大きい箇所については異なる成長測線を用いて繰り返し測定を行うことで、再現性が高く信頼度の高い値を採用することが可能である。そのようにして得られた水温の情報は、織田信長が安土城を築城開始した 1576 年からの水温復元を行うことに成功した。これは微量金属分析によるサンゴ骨格試料に基づいた世界最長の記録である。

特に低海水温の時期は小氷期でもあり太陽活動が弱かったマウンダー極小期の時期である 1660–1700 年に見られた。1782–1785 年にも低水温期が認められ、これは天明の大飢饉と合致する。また、この時期に起こったアイスランドの火山噴火（ラキ火山）とも同期している。

また、西太平洋（WP）パターンとして知られる西太平洋上の対流圏中上層高度場偏差の南北双極子構造とよく対応していることがわかった。この WP パターンは日本では冬の豪雪をもたらす時のパターンとして位置付けられるため、日本列島を含む北西太平洋域の気候復元を行う上で重要である。

さらに ^{14}C の分析をサンゴ骨格に適用したところ、大気との濃度差であるローカルリザーバー年代が短期間に大きく変化していることがわかった（Hirabayashi et al., 2017）。これはエルニーニョ（ENSO）や太平洋 10 年規模変動（PDO）といった海洋循環に影響を及ぼす変動によって変化しており、1900 年代は $\Delta R = -20 \pm 33$ 年、1940 年代は $\Delta R = -49 \pm 44$ 年と変化してきたことが明らかになった（Hirabayashi et al., 2017）。

発表ではデータの解析結果や気象現象との関連性などについて示す予定である。

引用文献：Kawakubo, Y. et al. (2014) *Geochem. Jour.* 48, 145–152., Hirabayashi, S., et al. (2017) *J. Quat. Sci.* 32, 1–6, Sakashita, W. et al. (2016) *Quat. Int.* 397, 300–306., Sakashita, W. et al., (2017) *Quat. Int.* in press, Yamaguchi, Y. et al. (2010) *PNAS*. 107, 20697–20702, Yokoyama, Y. et al. (2016) *PNAS*, 113, 2354–2359. 横山・鈴木 (2013) *気象研究ノート* 230. ISBN978-4-904129-11-1,

琉球列島産硬骨海綿の骨格記録と古海洋環境復元の可能性

浅海竜司 (琉球大)・松森建人 (琉球大)・石原信司 (琉球大)・金城章 (琉球大)・大城大輝 (琉球大)・
成瀬貫 (琉球大)・植村立 (琉球大)・水山克 (琉球大)・伊勢優史 (名古屋大)

・藤田喜久 (沖縄芸術大)・坂巻隆史 (東北大)・C-C Shen (国立台湾大)

Ryuji ASAMI, Taketo MATSUMORI, Shinji ISHIHARA, Akira KINJO, Daiki OHSHIRO, Tohru NARUSE,
Ryu UEMURA, Masaru MIZUYAMA, Yuji ISE, Yoshihisa FUJITA, Takashi SAKAMAKI, Chuan-Chou SHEN:
Paleoceanographic proxy and skeletal records of hypercalcified demosponges from the Ryukyu Islands, Japan

1. はじめに

陸域ならびに海域の地質試料を用いた古気候解析は、地球環境変動を理解する上で重要な手法の一つである。モンスーンやエルニーニョなどの数年スケールのグローバルな変動現象を捉えるためには、海洋の高時間分解能の古環境データを得ることが重要である。この代表的な海洋生物プロキシとして、サンゴや二枚貝などが知られている。

硬骨海綿は、海底洞窟や水深数十〜百 m にも生息し、炭酸カルシウム (CaCO_3) の骨格を形成する。硬骨海綿の酸素・炭素の安定同位体組成を用いた環境解析は、カリブ海を中心にグレートバリアリーフやパラオで行われているが (例えば, Swart et al. 2002; Grottoli et al. 2010), 類似のサンゴ年輪研究例と比べて圧倒的に数が少なく、国内での報告例はない。これは、1) 生息場所へのアクセスが容易でないこと、2) 成長速度が小さく、時間決定や高分解能解析が容易でないこと、3) サンゴ年輪による古気候解析が注目されてきたこと、などによる。硬骨海綿の環境解析研究は、サンゴと併せた解析によって長期的かつ空間的な海洋の変動現象を捉えることができる可能性があり、今後基礎的データの蓄積が望まれる。

そこで本研究では、琉球列島サンゴ礁域に生息する硬骨海綿について、骨格の成長輪解析と安定同位体組成分析を実施し、海洋環境指標 (プロキシ) の有用性を評価することを目的とする。

2. 調査地域および手法

本研究地域は、琉球列島の南琉球〜中琉球に位置する宮古島 ($\text{N}24.7^\circ$, $\text{E}125.3^\circ$), 沖縄本島 ($\text{N}26.5^\circ$, $\text{E}127.8^\circ$), 久米島 ($\text{N}26.3^\circ$, $\text{E}126.7^\circ$) である。2012〜2016 年にかけて現場の海洋調査、生息場のモニタリング、硬骨海綿試料のサンプリングを実施した。採取した現生の硬骨海綿は、*Astrosclera willeyana* および *Acanthochaetetes wellsi* であった。骨格試料を切断・整形した後、デジタル X 線画像解析、電子顕微鏡観察、鉱物組成分析、微量マイクロサンプリング、放射性同位体 (^{14}C , U/Th) 年代測定、酸素・炭素安定同位体組成分析を実施した。

3. 結果および議論

生息現場の環境モニタリングデータならびに環境水の化学組成は、衛星・船舶等で得られている広域データとほぼ一致することが確認された。

X 線回折分析の結果、*Astrosclera willeyana* の骨格はアラゴナイト、*Acanthochaetetes wellsi* の骨格は高マグネシウムカルサイトであることがわかった。電子顕微鏡を用いた高倍率観察では、続成セメントの付着や溶解などはみられず、保存状態の良い現生試料であることが確認された。複数の硬骨海綿 ($N=39$) について、骨格形成時期を同じくする部位の酸素・炭素の安定同位体組成分析を実施した結果、同一個体内および個体別において統計学的に有意な差はないことがわかった。また、生息現場において同位体平衡で形成されるアラゴナイトおよびカルサイトの理論値と分析誤差内で一致した。これらの結果は、硬骨海綿の同位体組成記録が古海洋環境のプロキシとして有用性が高いことを示している。大型の硬骨海綿試料 ($N=3$) について、放射性同位体年代測定を実施した結果、U/Th 年代は正確な年代値が得られなかった。これは、骨格中の Th 濃度が高かったためと考えられる。一方、 ^{14}C 濃度は明瞭な Bomb カーブを示し、石垣島のサンゴデータ (Hirabayashi et al. 2017) と調和的であった。その比較解析の結果、本研究で用いた大型の硬骨海綿は 1870 年以降に成長を続け、骨格を形成してきたことが明らかになった。X 線画像解析の結果では、硬骨海綿の骨格には約 130〜150 の成長輪が確認され、 ^{14}C 濃度による年代決定と大きな矛盾はなかった。構築した炭素および酸素の安定同位体組成の長期時系列データはそれぞれ、海洋中における人為起源二酸化炭素の増加を示すスース効果と水温・塩分変動を示した。琉球列島の硬骨海綿の骨格記録は、サンゴ礁浅海域のプロキシデータと併せて解析することで、過去数百年間の海洋の空間的変動を理解できる可能性がある。

引用文献:

- Grottoli et al. (2010) *Jour. Geophys. Res.* 115, doi:10.1029/2009JC005586.
Hirabayashi et al. (2017) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 18, doi:10.1002/2017GC006854.
Swart et al. (2002) *Paleoceanography*, 17, doi:10.1029/2000PA000622.

第四紀後期の日本海堆積物における TOC 濃度変動と暗色層との関係

公文富士夫 (高知大・海洋コア研究センター)・滝沢侑子 (北海道大・院)・林田 明 (同志社大)
Fujio KUMON, Yuko TAKIZAWA and Akira HAYASHIDA: Comparison between the TOC concentrations and dark layers in the late Quaternary sediments from the Japan Sea

1. はじめに

2001 年に日本海南西部の隠岐堆 (水深 932m) で採取された MD01-2407 コア (補正コア長 53.6 m) について, ほぼ 1cm 毎 (約 130 年間隔) で 5200 試料について TOC 濃度の測定を完了した。一方で, MD01-2407 コア試料についての船上記載 (Kido et al., 2007) と TOC 分析に使用した古地磁気測定用試料 (同志社大において U-channel に冷蔵保存されていたもの) の写真とを比較統合して暗色層の認定を試みた。日本海の第四紀堆積物は明暗の交互層があることで特徴づけられ, 暗色層は対比の手段としても用いられているので, その成因の解明は重要な課題と考えられる。

2. 結果

TOC 濃度は 0.6% から 5% 以上まで変化し, 数 10cm から数 m のオーダーで準周期的な変動を示した。暗色層は, 「肉眼で上下の層準よりも相対的に暗色」と判断できるものとし, 暗色層の間隔が 10cm よりも小さい場合には, それぞれを「亜帯」として扱った。結果として 60 層の暗色層を認定した。

TOC 濃度の変動を暗色層の出現層準と関係づけて比較すると, 以下のような事実が判明した。

1) 暗色層は TOC 濃度の相対的ピークと一致した。暗色層と認定した層準の TOC 濃度は, その上下の層準の明色層よりも高濃度である場合がほとんどであり, 少なくとも上・下位の明色層の一方よりは高い。

2) 黒色度の高い暗色層は高い TOC 濃度を持つことが多いが, 異なる層準の明色層よりも TOC 濃度の低い暗色層はしばしば認められる。

3) LGM 様の最寒冷期 (最低海水準期) の暗色層は顕著ではなく, TOC 濃度は 1% 以下と低い。

4) 狭義の間氷期にあたる最高海水準期の TOC 濃度は中程度 (1~2.5%) であったが, 明色層となる場合も暗色層となる場合もあった。

3. 議論

これらの事実に基づくと, 日本海堆積物の暗色層は, 相対的な TOC 濃度とともに堆積時の海底環境 (酸化還元状態) とに規制されており, 上下の層準 (前後の期間) よりも「相対的に TOC 濃度が高く」, かつ「より還元的な環境であった」場合に形成されたものと考えられる。日本海において酸化還元環境を支配する要因は, 鉛直循環の強度 (vs 成層構造の強度) と, 表層における生物生産性に支配される沈降有機物粒子の量 (その分解による酸素消費強度) である。例えば, 完新世の

堆積物は中程度の TOC 濃度 (2.0~2.5%) をもつが, 現在の日本海の深層水が活発な深層水形成にともなって例外的に酸化的 ($>200 \mu\text{mol/kg}$) であること (Gamo, 1999) から類推されるように, 完新世の酸化的な海底環境が明色層を形成したと考えられる。

一方, LGM の氷期最寒冷期には, 対馬海流の日本海への流入が大きく制限され, 表層水の淡水化が日本海に強固な密度成層を生み出した。その結果, 鉛直循環が抑制されて強い還元環境が海底に形成されたため, TOC 濃度は低いが, 黄鉄鉱微粒子の増加などによって暗色層が形成された可能性がある。

間氷期と氷期最盛期との中間的な海水準の時代には, 対馬海流の流入が減って深層水の形成に伴う鉛直循環がある程度抑制されていたため, 生物生産性の増加が, 沈降有機物粒子の分解による酸素消費を促して水柱における有機物の保存ポテンシャルを高め, 両者が相乗的に作用して堆積物中の有機物濃度 (=TOC) を高めたと考えられる。

4. 結論

暗色層は TOC 濃度の相対的なピークと一致するが, 暗色の度合いが TOC 濃度に比例するわけではない。日本海の第四紀堆積物に普遍的な暗色層と明色層の繰り返しは, おもに表層水塊の生物生産性の相対的な増減を反映している。それに加えて, 間氷期 (最高海水準期) には活発な深層水形成にともなう酸化的環境が暗色層の形成を抑制する。一方, 氷期最寒冷期 (最低海水準期) には強固な塩分成層が鉛直循環を抑制して海底に強い還元環境をつくりだし, 暗色層の形成を促進したと考えられる。

謝辞: MD01 クルーズによって採取されたコア試料を活用させていただくとともに, 乗船者チームの丁寧なコア記載に基づいて本研究の一部が遂行された。

引用文献:

- Gamo, T., 1999, *Geophysical Research Letters* 26, 3137-3140.
Kido et al., 2007, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 247, 32-49.

大阪湾周辺における中期更新世の気候変化—MIS 11~15 の降水量増加
山田皓生(神戸大)・崎山なみ穂(神戸大)・北場育子(立命館大)・加藤茂弘(人と自然博)・
兵頭政幸(神戸大)

Hiroki YAMADA, Namiho SAKIYAMA, Ikuko KITABA, Shigehiro KATOH, Masayuki HYODO:
Middle Pleistocene climate change around Osaka Bay—Increase in precipitation from MIS 15 to 11

1. はじめに

東アジアモンスーンは、氷期・間氷期を繰り返す第四紀の気候の中で進化を続けてきた。中期更新世には中国黄土高原のレス・古土壌層が MIS 13 以降、降水量が増加したこと、すなわち夏季モンスーンの強化を示している(Hao et al., 2012)。本研究では、大阪湾 1700m コアの中期更新世堆積物の花粉分析を行い、MIS 15~MIS 11 の気候にそのような降水量変化が起こっているかどうかについて調べた。

2. 研究対象地域

大阪堆積盆地は、後期鮮新世から堆積が始まり、MIS 35 以降は間氷期毎に海進が及び海成層が堆積している。中期更新世以降は平均 50~60cm/ka(Biswas et al., 1999)の速い速度で堆積が続いており、高解像度の古環境復元が可能である。

3. 花粉分析方法

大阪湾 1700m コアの MIS 15 に対比される海成粘土 Ma6 層から MIS 13 に対比される海成粘土 Ma8 層を含む深度 325~220m について 0.1~1.0m 間隔で試料を採取した。粉末試料 5~8g を KOH 法、ZnCl₂ 重液による比重分離法、アセトリシス法を用いて処理を行い、プレパラートを作成した。光学顕微鏡 400 倍下で同定・計数を行い、樹木花粉が合計 300 個以上に達するまで検鏡を行った。樹木花粉は樹木花粉総数を基数として割合を算出した。

4. 花粉分析結果と解釈

分析層準最下部の非海成層では、トウヒ属を伴う針葉樹林が成立しており、寒冷な気候であった。MIS 15 に対応する海成粘土 Ma6 層(322.9~294.6m)にかけて、ブナ属が優占する落葉広葉樹林へと遷移しており、間氷期に向かう温暖化が起こったことがうかがえる。その後、しばらく冷涼な植生が維持された後、ブナ属は急激に減少し、かわってアカガシ亜属(11~29%)が優占する暖温帯落葉広葉樹林が成立した。これは、MIS 15 の最温暖期に相当する。同時に、スギ属(約 10~30%)、コウヤマキ属の割合が増加したこと、降水量が増えたと考えられる。その後、再びブナ属を主体とする落葉広葉樹林が拡大し、気候が冷涼化したことを示す。この植生は、海成粘土 Ma7 層(294.6~274.7m)でも維持される。Ma7 層上位では、ごく短期間のアカガシ亜属の増加に続いて、

スギ属・コウヤマキ属が増加している。このことは、Ma6 層よりは規模が小さいものの、温暖化とそれに続く降水量の増加が起こったことを示している。Ma7 層より上位の非海成層では、再び亜寒帯性のトウヒ属が産出し、寒冷化が起こった。さらに上位の MIS 13 に対応する海成粘土 Ma8 層(259.3~231.4m)では、全体を通して、ブナ属やニレ属・ケヤキ属の優占する落葉広葉樹林が成立していた。このステージでは、アカガシ亜属の割合が全体を通して非常に低いこと(約 0.5%)から、MIS 15 に比べ、より冷涼な気候であったといえる。同時に、スギ属やコウヤマキ属は目立って増減を繰り返していた。Ma8 層よりも上位の非海成層では、トウヒ属やモミ属をはじめとするマツ科針葉樹が目立って産出しており、氷期に相当する寒冷期を迎えたことを示している。

5. 降水量の変化

降水量の多い気候を好むスギ属・コウヤマキ属の産出率を降水指標とすると、降水指標の平均値(信頼度 95%)は MIS 15 では 6.6~13.5%、MIS 13 では 13.0~20.6%、MIS 11 では 11.3~15.7%(Nakano, 2016)であり、MIS 15 は MIS 11, 13 と比べて降水指標の平均値が低く、加えて平均を下回る期間が長く見られる。また MIS 15 では、降水指標の最小値が 0%となる期間、つまり氷期並みに降水が大きく減少する期間が存在する。したがって、間氷期 MIS 15 は間氷期 MIS 11, 13 に比べ降水量が少なく、MIS 13 以降に降水量が増加したと考えられる。同じコアから出された花粉化石群集データ(Hongo, 2007)から MIS 11~15 の降水量変化を見てみると、MIS 13 で降水量の増加が認められる。MIS 13 からの間氷期の降水量の増加は、中国黄土高原レス古土壌層の帯磁率が示す降水量変化(Hao et al., 2012)にも見られる。したがって、東アジアの広範にわたって MIS 13 以降に降水量が増加した可能性があり、東アジア気候システムに何らかの変化が起こったことが示唆される。

引用文献: Biswas et al. (1999) *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 148, 233-248. Hao et al. (2012) *Nature* 490, 393-396. Hongo (2007) *Rev. Palaeobot. Palynol.* 144, 287-299. Nakano, K. (2016) Kobe Univ. master's thesis. 吉川ほか(2000) 第四紀研究 39, 505-520.

野付崎バリアースピッツの現行過程の視点から読み解く現在・過去・未来

七山 太 (産総研/熊本大学)・渡辺和明 (産総研)・重野聖之 (明治コンサルタント)

石井正之 (石井技術士事務所)・長谷川 健 (茨城大学)・内田康人 (北総研)・石渡一人 (別海町)
Futoshi NANAYAMA (GSJ/AIST, Kumamoto Univ.), Kazuaki WATANABE (GSJ/AIST), Kiyoyuki SHIGENO (MEICON), Masayuki Ishii (Ishii Professional Engineer Office), Takeshi HASEGAWA, T. (Ibaraki Univ.), Yasuto Uchida (GSH), Kazuto ISHIWATA (Betsukai Town): Present, past and future viewing from the modern sedimentary process of the Notsukesaki barrier spits, eastern Hokkaido

1. はじめに

北海道東部沿岸地域には、本邦では珍しい現在でも活動的なバリアースystemが海跡湖と共に存在している。釧路市の春採湖、厚岸町の厚岸湖や根室市〜別海町の風蓮湖はその代表例である。そして外洋と海跡湖を区画する砂礫体は砂嘴もしくは砂州とも呼ばれるが、本稿ではバリアーという地形用語を用いることにする。バリアー地形は完新世海面変動に支配されており、大西洋沿岸、フロリダ半島〜メキシコ湾沿岸、北海沿岸のものが、世界的にはよく知られている。

北海道東部、野付湾周辺には、現在も活動的なバリアースystemが認められており、ここでは野付崎バリアースピット(NBS)と呼ぶことにする。NBSは、標津川河口から南東方向に延びる本邦最大の総延長28.9 kmの明瞭な分岐砂嘴であり、知床半島起源の安山岩礫を多く含むことが知られている。航空写真判読によって、5列の砂嘴(BS1~BS4)が認識され、それらの分岐関係によって地形発達史が解読できる。我々は、2015年以降、科研費予算を用いて、NBSにおいて砂嘴を横断する5本の測線を設定し、(1)GPSスタティックとトータルステーションを用いた地形測量と地形断面図の作成、(2)地中レーダ探査と探査記録を用いた各砂嘴の離水標高(BH)の計測、(3)ハンドボーリング調査および(4)掘削試料を用いたAMS¹⁴C年代測定およびテフラによる堆積年代の検討、(5)珪藻による古環境の推定、(6)CAMSIZERによる海浜砂と砂丘砂の判別、(7)海域の音波探査や測深調査、を実施してきている。

2. 調査結果

これまでの掘削調査により、上位から7層の完新世テフラ、Ta-a(1739年樽前火山起源)およびKo-c2(1694年北海道駒ヶ岳火山起源)(古川・七山, 2006)、B-Tm(929年白頭山火山起源; 上手ほか, 2010)およびMa-b(10世紀摩周火山起源; 山元ほか, 2010)、Ta-c(2.5 cal kBP 樽前火山起源; 古川・七山, 2006)、Ma-d(4.0 cal kBP 摩周火山起源; 山元ほか, 2010)、Ma-e(5.2 cal kBP 摩周火山起源; 山元ほか, 2010)が見いだされ、これらを時間面として、NBSの地形発達史を高精度に解読することが出来た。

NBSが現在の位置に成立したのは、茶志骨の泥炭層基底の年代からMa-dを挟む泥炭層の存在から4000年より前と推定される。この時期に発生した初期の砂嘴は既に浸食されて、現地形と

しては保存されていないが、残された砂嘴の先端の形状からは、現在よりも東方沖に存在していたと推察される。

一方、最も若い砂嘴であるBS1はTa-a, Ko-c2に被覆されないことから、17世紀以降に出現し、現在荒浜岬を形成している。BS1のBHは+0.60-1.00 mにある。BS2は江戸時代後期(AD1799〜)の通行屋遺跡を載せている。喜楽岬から発しナカシベツ付近からBS1と分岐し、さらに竜神崎へと連続する。BS2のBHは+1.47 mに達している。この浜堤はTa-a, Ko-c2に直接被覆されることから、17世紀に離水した可能性が高い。一本松岬から野付埼灯台にかけて連続するBS3の離水年代はTa-a, Ko-c2と礫浜層との間に薄い泥炭層を挟むことから、12/13世紀と予測される。BS3のBHは+2.28 mにある。BS4はオンニクルのみに分布する古い砂嘴である。ここには縄文時代の竪穴式住居跡を載せている。今回の調査の結果、海浜砂礫層を覆う泥炭層からTa-cの挟在と共に2.7-2.3 cal kBPのAMS年代値を得た。BS3のBHは+2.66 mにある。

2. 考察

千島海溝沿岸域では500年間隔で発生した超巨大地震(Mw 9.1〜)の存在が明確になり、特にこの地の地盤は17世紀巨大地震時(もしくはその後)には1~2 m(もしくはそれ以上)隆起し、逆に地震以降現在まで8~10 mm/年の速さで沈降し続けてきたことが解っている(Atwater et al., 2004)。特に野付半島地域の沈降速度は、15 mm/年に達することが知られている(山下・前原, 2009)。澤井(2007)は、この周辺地域において過去2500年間に、約300年前、約700~300年前、約1300~1000年前、約2400~1700年前の4回の離水イベントがあったと述べている。ゆえに、少なくともNBSのBS3よりも若い分岐砂嘴の出現には、千島海溝における広域な地震性地殻変動が関わっていた可能性が高いと考えられる。謝辞: 本研究はJSPS科研費基盤研究(C)15K05323の助成を受けて実施した。

引用文献: Atwater et al., 2004, The Holocene, 14, 487-501. 古川・七山, 2006, 火山, 51, 351-371. 上手ほか, 2010, 地質学雑誌, 116, 349-359. 澤井, 2007, 第四紀研究, 46, 363-383. 山元ほか, 2010, 地質調査研究報告, 61, 161-170. 山下・前原, 2009, 平成21年度土木学会北海道支部論文報告集, no. 66, B-44.

地上レーザ測量の地形学的活用

早川裕弐 (東京大)

Yuichi S. HAYAKAWA: Applications of terrestrial laser scanning in geomorphology and related Quaternary sciences

1. はじめに

第四紀における長期的な地形変化は、現在観測可能な地形変化と比べ、多くの場合、その速度や様式は一定でないことが多い。しかしながら、数ヶ月から数年といった時間スケールにおける地形変化を明らかにすることは、長期的な地形変化を考慮する上でも重要な基礎情報となる。ところが、移動速度の大きい土砂などの運搬・堆積作用は、その変化を地形計測により明らかにすることが相対的に容易であるものの、岩盤の風化や侵食といった変化速度の比較的小さい地形変化現象に関しては、その変化の検出のためには、より微細で精密な地形計測が求められる。従来の計測手法においては、低速な地形変化を検出するために、固定された計測地点における変化の抽出が試されてきている。しかしながら、こうした点の情報だけでは、広域的な地形変化のなかにおける、その変化の正確な位置づけが困難となることも多い。そのため、低速な地形変化を面的、あるいは立体的に把握することが、より長期的な地形変化との関連性を議論する上で重要となる。

地上レーザ測量 (TLS; terrestrial laser scanning) は、2000 年代から土木・工学分野で広まり始めた計測技術であるが、地球科学分野での適用も急速に広まってきている (早川・小口, 2016; Telling et al., 2017)。その大きな利点の一つは、微細な地形の形状を、解像度 mm~cm といった空間スケールで明らかにすることができる点である。もう一つの利点は、同じ箇所の異なる時期の計測を行うことで、微細な地形変化を、面的・立体的に捉えることができる点である。

ここでは、TLS のおおまかな計測原理についてまとめた上で、その地形学的な適用事例をいくつか挙げつつ、TLS の今後の適用可能性についても議論する。

2. 地上レーザ測量の概要

TLS に用いられる機器の種類は、その計測手法によりいくつか分類される。レーザ測距法に基づく、ToF (time of flight) 法と PB (phase based) 法とに分けられ、前者は長距離の、後者は短距離の高速な計測に適している。測距可能距離に基づけば、短距離型 (概ね 100 m 以下)、中距離型 (100 ~ 500 m)、長距離型 (500 m 以上) に分けられる。レーザの照射可能範囲では、ほぼ全球的に 360° の視野を得られるパノラマ型、台座が回転せず視野が限られるカメラ型、また、両者の中間的位置づけとなるハイブリッド型とに区分される。

TLS で得られる主要データは、XYZ の 3 次元位

置情報をもつ点群であり、これにレーザの反射強度や、別のセンサで得られた画像 (RGB 色) 情報が属性として付与されることが多い。一般に、TLS による計測は、1 か所からのみでは対象とする物体の全体の情報を得ることが困難であれば、複数箇所から実施されることが多い。その場合、複数箇所からの点群データを合成することが必要となる。これには、異なる地点から観測できる範囲に参照点 (ターゲット) を複数設置し、ターゲットの位置関係に基づき点群を合成するタイポイント法と、ターゲットを用いず、複数の点群のなかで、オーバーラップする対象領域における 3 次元的な形状情報に基づき、その点間距離を最小化する方法 (ICP; iterative closest point) とがある。

TLS により取得される点群の生データには、反射したレーザのすべてが含まれるため、不要な点を除去すること (フィルタリング) や、対象物に基づき適切に区分すること (セグメンテーション) が必要となってくる。その上で、平面・立面的な対象物である場合には、2 次元のラスターデータであるデジタル地形モデル (DEM; digital elevation model) に変換して分析を行ったり、あるいは複雑な形状の場合、空間的な分布密度はランダムであっても、3 次元の点群データのままで、形状解析や変化検出が行われたりする。また、反射強度の解析により、岩相区分といった、対象物の表面の状態を把握することも行われる。

3. 地上レーザ測量の適用事例

3. 1. 形状解析の事例

三陸海岸・姉吉においては、東北地方太平洋沖地震にともなう津波により、谷底部および谷壁斜面における植生や土壌の除去だけでなく、岩盤の侵食が実際に生じた。この地点を TLS を用いて詳細に計測することにより、津波による岩盤侵食の特徴が明らかとなった (早川ほか, 2015; Hayakawa et al., 2015)。とくに、津波浸水高の付近に小崖が多く形成されていた。過去数千年間において生じた複数の同規模の津波が、その水面付近で岩盤侵食をもたらした、その効果が蓄積することにより、こうした明瞭な小崖が岩盤に形成されたと考えられる。津波堆積物が乏しい岩石海岸においては、侵食による地形的痕跡を細密に分析することにより、過去の津波の規模や頻度を明らかにできる可能性が示唆された。

石灰岩地域における鍾乳洞では、洞窟の内部には複雑な形状が特徴的にあらわれるが、こうした形状を定量的に記載することは従来の手法では

困難であった。そこで、TLS を用いることにより、地下空間における鍾乳石の分布を定量的に評価することを、福島県あぶくま洞において試みた。あぶくま洞における最大の洞内空間において、TLS による点群情報を取得し、その天井部にある多数のつらら石の位置を抽出した。さらに、周辺の天井面の形状を 2 次元のラスターデータとして整理し、つらら石の分布との空間的な関係をみたところ、つらら石の形成が、天井面における水の集まりやすさに部分的に支配されていることが示唆された（高山，2013）。こうした洞窟内部における 3 次元形状解析は、鍾乳洞だけでなく、たとえば人工的な洞窟も含め、その 3 次元的な構造解析など、様々な適用可能性が期待される。

3. 2. 時系列変化抽出の事例

山地上流域において、頻繁に発生する土石流による粗粒な堆積物の量的な評価や、その時系列変化を知ることは、その下流域に向けての土砂供給の実態を把握し、防災計画を構築する上でも欠かせない情報となる。静岡県安倍川上流域における大谷崩では、年に 3 回の TLS による現地調査を数年間継続することにより、土石流堆積物の 3 次元的な変動が明らかになりつつある（Hayakawa et al., 2016）。大まかには、冬期の凍結融解作用により周辺の斜面から供給される土砂が谷底に深く堆積し、夏期の降雨にともなう土石流がその堆積物を流下させる。数ヶ月の間に 5 m 以上の上下変動が観察されることもある。時系列点群情報を用いて、こうした谷底堆積物の変化が定量的に明らかになるとともに、堆積物上面の形状の変化や、岩盤部分の侵食や周辺斜面の変化も含め、詳細な地形変化プロセスが明らかとなる。

崖面における岩盤崩落も、TLS 計測によりその位置や量を正確に把握することが可能となる。とくに変化の激しい海食崖や、滝の周辺部における崖（滝崖）が対象となりうる。日光・華厳滝においては、1986 年に発生した大規模な滝肩の岩盤崩落を含め、正確な滝崖の形状計測はあまり行われてこなかったようであるが、最近数年間にわたる TLS 計測により、その滝崖の崩落箇所が明らかとなりつつある。より長期的な滝の侵食速度は年間平均 2 cm 程度であると知られているが（早川・松倉，2003）、数年間の短期的な岩盤崩落は、滝面の中・下部の柱状節理が卓越する領域において、より頻繁に生じていることが明らかとなった。これは、30 年前の大規模崩落以降、水流の落下地点が変化したことにより、滝の中・下部における凍結融解作用の強度が強まったことが一因として考えられる。また、長期的（数 100 年）には、滝の中・下部の岩盤崩落が継続することにより、上部の板状節理からなる岩盤の安定性が失われ、滝肩付近の崩落が再び大規模に発生する可能性がある。

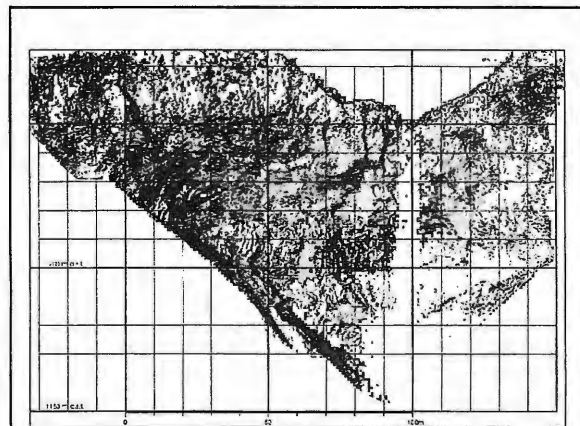


図. 1 華厳滝崖面において抽出された変化発生箇所（2011-2014 年）。東向きの立面図で示す。華厳滝の流水は中央やや右の白抜き部分に位置する。

3. 地上レーザ測量の可能性

TLS に用いられる計測機器は一般に高額であり、個々の研究者・研究室が所有し自由に使える環境とすることは、これまで困難を伴っていた。しかしながら、センサの価格は低下傾向にあり、今後、機器自体がより普及することが期待されている。また、SfM 多視点ステレオ写真測量といった、異なるアプローチによる高密度点群情報を補完・補強する手段としても、TLS などレーザ測量によるより高精度な点群データを有効活用できる可能性がある。

一方、得られる 3 次元点群情報の処理方法についての情報共有や、解析手順の一般化など、学術的研究利用における普及の課題は多い。また、得られる高密度点群情報は大容量であり、そうしたデータの適切な保管や整理、共有方法についても、たとえばデータ形式の標準化も含め、広く検討されつつある。その上で、これまでの手法だけでは理解することが困難であった、比較的短期間における地表プロセスの解明や、その長期的な変化との関連づけといったことが、さまざまな研究対象において実施・適用されて行くことが望まれる。

引用文献：早川・小口（2016）地学雑誌 125, 299-324. Telling et al. (2017) *Earth Sci. Rev.* 169, 35-68. 早川ほか（2015）地学雑誌 124, 241-258. Hayakawa et al. (2015) *Geomorphology* 242, 3-10. 高山（2013）東京大学修士論文. Hayakawa et al. (2016) *In: Meadows & Lin (eds.) Geomorphology and Society, Springer*, 125-147. 早川・松倉（2003）地学雑誌 112, 521-530.

大気中生成 Be-10 を用いた津波堆積物の起源推定

中村淳路・澤井祐紀・原淳子・松本弾（産総研）・松崎浩之（東大）・
篠崎鉄哉（産総研，現在：筑波大）・谷川晃一朗（産総研）

Atsunori NAKAMURA, Yuki SAWAI, Junko HARA, Dan MATSUMOTO, Hiroyuki MATSUZAKI,
Tetsuya SHINOZAKI, Koichiro TANIGAWA: Using meteoric Be-10 to characterize tsunami deposits

1. はじめに

津波堆積物を用いた古津波や古地震の研究は、古文書記録を検証し、さらに有史以前の履歴を得る手法として有用である。地層中から過去の津波堆積物を認定する際、第一段階としてその候補となるイベント堆積物を見つける必要がある。さらに、そのイベント堆積物が陸域起源の洪水堆積物なのか、海域起源の津波や高潮堆積物なのかを検討しなくてはならない。イベント堆積物の起源を推定する際には、珪藻や有孔虫などの微化石が用いられることが多い。しかし津波堆積物には微化石が残されていない場合もあり、微化石による起源推定を補う手法として化学分析による起源推定法が近年注目されている。ところが化学分析による起源推定法は対象地域によって有効な指標が異なるため、単純な解釈を行うことができないことが多い。例えば海水起源の水溶性イオンは、海水の流入を示す有効な指標として利用出来る場合もあるが、水溶性イオンは時間の経過とともに拡散してしまうことが指摘されている (Chagué-Goff et al., 2016)。また堆積物の主要元素や微量元素の組成によって起源を推定できる場合もあるが、これらの指標は研究地域の地質、堆積物粒度、および鉱物組成の影響を大きく受けるため、研究地域ごとの解釈が必要となる。そのため、化学分析を用いた津波堆積物研究では、複数の指標の組み合わせることの有用性と、新たな指標開発の必要性が指摘されている (Chagué-Goff et al., 2016)。そこで本研究は大気中生成 ^{10}Be を利用して、初めて津波堆積物の起源推定を試みた。

2. 研究対象・手法

大気中生成 ^{10}Be (meteoric ^{10}Be) は大気中で宇宙線による核破砕反応で生成し地表に降下する。近年、この大気中生成 ^{10}Be を化学風化起源の ^9Be で規格化することにより、地表の侵食速度や堆積物の起源推定を行うことができる可能性が提唱されている (Wittmann et al., 2012; von Blanckenburg et al., 2012)。特に海岸の砂は ^{10}Be 濃度が低いことが知られており (Nichols et al., 2012)、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は津波堆積物の起源推定に利用できる可能性がある。本研究では現世の津波堆積物として、福島県小高地区で採取した 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比を測定した。さらに古津波堆積物への適用として、北海道霧多布湿原で採取した 17 世紀および 13~14 世紀の津波堆積物の

$^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比を測定した。まず酸による溶解法 (Wittmann et al., 2012) に従い堆積物に吸着している ^{10}Be および ^9Be を抽出し、ICP-MS により ^9Be 濃度を測定した。次にキャリアを加え、加速器質量分析器により ^{10}Be を測定した。

3. 結果・考察

福島県小高地区と北海道霧多布湿原においてそれぞれ津波の遡上方向に沿った 2 地点において $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比を求めたところ、各地域において 2 地点の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は同様のプロファイルを示した。 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は ^{10}Be および ^9Be 単独の変動と同様の変化を示しており、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比の変動は主に ^{10}Be 濃度の変化に支配されていることを表している。福島県小高地区では津波堆積物中の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は下位の耕作土よりも小さく、北海道霧多布湿原においても津波堆積物中の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は上位と下位の泥炭層よりも小さい値であった。これらの結果は $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比が津波堆積物の起源推定に有用であることを示している。さらに福島県小高地区の津波堆積物は、津波堆積物中においてもユニット毎に $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は異なる値であった。この結果は津波が遡上する際の耕作土の取り込みを反映している可能性があり、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比を利用して異なる起源の堆積物の混合について知見を得ることができると示唆している。 ^{10}Be は、鉱物組成に依存しにくい指標であり、今後さらなる研究の展開が期待される。

引用文献:

- Chagué-Goff, C., Szczuciński, W., Shinozaki, T. (2016) *Earth-Science Reviews* 165, 203-244.
Nichols, K.K., Bierman, P.R., Rood, D.H. (2012) *Geomorphology* 224, 102-110.
Wittmann, H., von Blanckenburg, F., Bouchez, J., Dannhaus, N., Naumann, R., Christl, M., Gaillardet, J. (2012) *Chemical Geology* 318-319, 126-138.
von Blanckenburg, F., Bouchez, J., Wittmann, H. (2012) *Earth and Planetary Science Letters* 351-352, 295-305.

別府湾最奥部のイベント堆積物の示すもの：どの程度の地震であれば別府湾最奥部にイベント層を形成できるか？

池原 研（産総研・地質情報）・入野智久（北海道大）・竹村恵二・山田圭太郎（京都大）・
原口 強（大阪市大）・加三千宣（愛媛大）

Ken IKEHARA, Tomohisa IRINO, Keiji TAKEMURA, Keitaro YAMADA, Tsuyoshi HARAGUCHI,
Michinobu KUWAE: How large earthquakes can record as the event deposits in the deepest part of Beppu Bay?

1. はじめに

近年、海底や湖底堆積物中のイベント層（通常時の堆積プロセスとは異なるプロセスで形成された、通常時の堆積物とは異なる構造・組成上の特徴を持つ堆積層）を認定し、これらの堆積年代や頻度から過去の地震や洪水などの地質・気象イベントを読み解く研究がなされている。これにより、観測記録や歴史史料には残されていない過去の災害頻度の推定やそれをもたらす背景（洪水イベントであれば、気候条件など）の検討ができるようになってきた。しかし、イベント層を形成するイベントの規模はそれぞれの堆積場毎によって異なることは容易に想定でき、その規模を過去のイベント層の堆積状況のみから推定するのは困難である。別府湾最奥部の海底堆積物中には明瞭で侵食的な基底から始まり、上方に細粒化する“イベント層”が多数挟在する（Kuwaie et al., 2013; Yamada et al., 2016）。これらの多くは細粒タービダイトの構造を有し、地震によって形成されたものもあると考えられている。しかし、別府湾最奥部においてもどの程度の規模の地震であればイベント層が形成されるかはわかっていない。2016年4月16日の熊本地震の際には別府市でも震度6弱を観測した。三陸沖における連続的海底観測からは2011年東北沖地震の余震において海底堆積物の巻き上がり現象が観察されており（Oguri et al., 2016）、震度6弱の地震動で別府湾内に堆積物記録として残るほどの擾乱が起きたかどうかを確認しておくことは、別府湾のイベント堆積物の解釈に重要である。そこで地震以前に海底堆積物試料が採取されている場所において表層堆積物コアを採取し、イベント層の有無を検討した。

2. 結果と解釈

試料は2016年8月にHG式採泥器を用いて、別府湾奥部の3地点から表層の乱れのないコア試料として採取した。コアは立てたまの状態で、京都大学地球熱学研究施設で冷蔵保管された。このコアを半割し、肉眼記載と軟X線構造解析を行うとともに、最表層部と亜表層部分から試料を採取し、XRDにより鉱物組成を検討した。

3地点から採取された試料のうちの2地点の堆積物は生物擾乱の発達したシルト質粘土であり、別府湾最奥部の葉理の発達した珪藻質粘土とは異なる岩相を示した。したがって、この2地点の

試料は湾最奥部のイベント層の評価には使えない。ただし、この2地点の試料には明瞭なイベント層は認められず、鉱物組成も別府湾の通常時の表層堆積物のその範囲にあった。したがって、この2地点でも厚いイベント層の形成はなかったと判断される。

一方、もう一点の試料は最表層まで珪藻質の葉理が認められ、湾最奥部のコア試料の通常時の堆積物と同じ岩相を持っていた。さらに、最表層部にイベント層の特徴である基底の明瞭な侵食面やその上位の粗粒堆積物層、上方に細粒化する塊状の泥は認められなかった。さらに最表層部分の泥の鉱物組成は亜表層の堆積物や別府湾最奥部コアの通常時の堆積物のそれと一致し、高い石英/長石比と高い灰長石/曹長石比を持つ。以上のことから、2016年熊本地震で別府市が体験した震度6弱の揺れでは、別府湾最奥部に明瞭なイベント堆積物は形成されなかったことが明らかとなった。

今回の結果のみから、別府湾最奥部において震度6弱程度の揺れでイベント層が絶対に形成されない、と言い切れるものではない。しかし、別府近傍の別府-万年山断層系以外の内陸活断層である布田川断層の活動による揺れではイベント層が形成されなかったという事実は重要である。一方、別府-万年山断層系の活動である慶長豊後地震に年代的に対応するイベント層は湾奥コアからすでに確認されており、その層厚は30cmと厚い（Kuwaie et al., 2013; Yamada et al., 2016）。したがって、湾奥コアの厚いイベント層は近傍の内陸活断層の活動を示唆する可能性があると言える。ただし、別府湾湾奥部で厚いイベント層を形成しうるプロセスとしては別府-万年山断層系の活動のほかに、南海地震やそれに伴う津波、大型洪水に伴う急激かつ大量な陸起源土砂の供給などが考えられる。別府湾奥コア中のイベント層から別府-万年山断層系の活動をより正確に抽出するためには、大型出水（洪水）や南海地震などの直後に別府湾湾奥でそれに関係した堆積物の形成がどのように行われるかの事実データの蓄積が重要である。

引用文献：Kuwaie et al. (2013) *J. Asian Earth Sci.*, 69, 133-148. Oguri et al. (2016) *J. Oceanogr.*, 72, 155-166. Yamada et al. (2016) *J. Asian Earth Sci.*, 117, 13-22.

四国西岸・龍王池および九州天草・池田池（大蛇池）におけるイベント（津波および台風）層準における珪藻遺骸と黄金色藻胞子

鹿島薫（九州大）・福本侑（立命館大学）・Jonathan WOODRUFF（マサセチュー大学）・原口強（大阪市立大学）・吉永佑一（防災地質研究所・箕田友和（九州大）

Kaoru KASHIMA, Yu FUKUMOTO, Jonathan WOODRUFF, Tsuyoshi HARAGUCHI Yuuichi YOSHINAGA and Tomokazu MITA: Diatoms and Chrysophyceae Spores at Lake Ryuo-ike and Lake Ikeda-Ike (Daija Ike), Coastal Lagoons at Western part of Japan, to Identify Typhoon and Tsunami Deposits in Lake Sedimentary Cores

1. はじめに

本研究では、沿岸性湖沼堆積物に残された過去のイベント（津波および台風）層準について、その珪藻遺骸と黄金色藻胞子の変動を報告し、これらの化石がイベント（津波および台風）層準の判定に極めて有効な指標となることを示したい。

調査地域は、四国西岸・龍王池および九州天草・池田池（大蛇池）であるが、両湖沼とも、海岸に面した小規模な湖沼であり、その海側を砂州で遮られ、現在は淡水湖沼となっている。しかし、過去のイベント時、津波や高潮が砂州を乗り越え、湖沼内に侵入したことが推定される地形条件を有している。先行研究によって、龍王池では1707年の宝永津波、池田池（大蛇池）では1281年の元寇（弘安の役）における台風・高潮が確認されている。

2. 四国西岸・龍王池における1707年の宝永津波堆積物とそれに含まれる珪藻遺骸と黄金色藻胞子

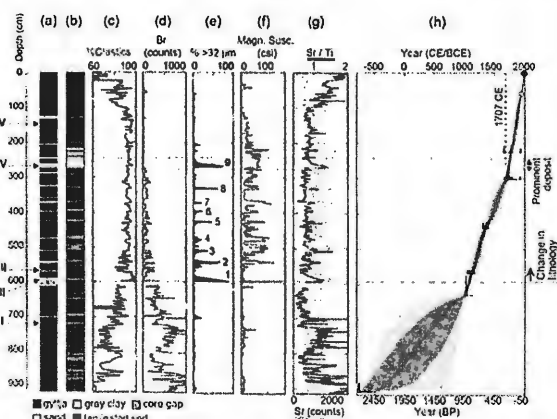
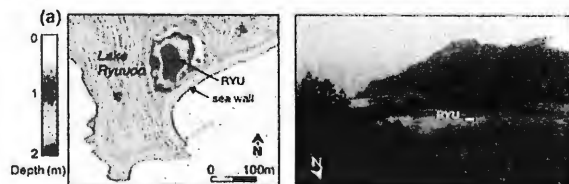


図1 龍王池におけるボーリングコア試料 (Baranes et al., 2014) (a) 柱状図 (b) X線写真 (c) 砕石物の割合 (d) Br の量 (e) 32 μm以上の粒子の割合 (f) 帯磁率 (g) Sr/Ti 比 (h) 放射性炭素年代による年代測定

四国西岸に位置する龍王池では Baranes *et al.*,

(2014) によって、深度 260–270cm の砂層が 1707 年の宝永津波に伴う津波砂層とされていた。しかし、同様の砂層が深度 300–600cm においても 8 枚見られ、どの砂層が津波起源であるかという問題が生じていた。

珪藻遺骸では、深度 260–270cm の砂層および深度 215cm–260cm まで、海生珪藻に加えて、周辺の湿地や斜面などに生息する珪藻が多産した。これらは淡水湖に生息する種ではなく、津波波および地震動によって生じた周辺域から湖への流入堆積物であることを示している。言い換えると、津波砂層の上位に 50cm 弱の泥層からなる攪乱イベント堆積物が堆積していることになる。

龍王池における他の 8 枚の砂層ではこのような攪乱泥層を伴っておらず、津波とは異なった営力での砂層堆積を推定できる。

3. 九州天草・池田池（大蛇池）における1281年の元寇（弘安の役）における台風・高潮堆積物とそれに含まれる珪藻遺骸と黄金色藻胞子

九州天草・池田池（大蛇池）は、海に面した小規模な湖沼であるが、Woodruff (2014) によって、元寇における台風・高潮堆積物が発見された。Woodruff (2014) は深度 190cm 前後における 2 枚の砂質シルト層の薄層（それぞれ層厚 1–2cm 程度）を元寇における 2 回の台風の堆積物とした。

2016 年、原口ほかによってコア試料の再掘削が行われ、詳細な堆積環境の復元がなされた。珪藻および黄金色藻胞子の変動から、深度 190cm 前後における 2 枚の砂質シルト層を基底として、その直上に層厚約 60cm の周辺域から湖への流入堆積物を確認した。ここでは汽水生珪藻に加えて、周辺の湿地や斜面などに生息する珪藻、さらに黄金色藻胞子が多産した。

その上下では淡水湖沼に特徴的な群集が多産することから、深度 130–190cm の層準は極めて異質であり、それが高潮および台風時の大雨による土砂崩壊などによって、湖内に流入した、イベント性堆積物である可能性が大きい。

C14 年代測定結果からもこの層準が、1281 年の元寇（弘安の役）における台風・高潮に伴う堆積物である可能性が高いと考察した。

富士黒土層を含む累積性黒ボク土断面におけるペリレンキノン系色素の分布特性

小林孝行・隅田裕明 (日大生物資源)

Takayuki KOBAYASHI, Hiroaki SUMIDA: Vertical distribution of perylenequinone pigments in cumulic Andosols containing Fuji Black Soil.

1. はじめに

糸状菌の代謝産物を主な起源とし、土壤腐植酸中の緑色成分 (Pg) の構成成分あるいは類縁物質として考えられている土壤中のペリレンキノン系色素 (PQs) は、世界中の様々な表層土壌だけでなく、数万年前の埋没腐植層 (古土壌) でも安定に存在することが知られている。演者らは、古環境指標物質および土壌有機物の安定化メカニズム解明のためのモデル物質としての PQs の有用性に注目している。しかし、埋没腐植層をはじめとする高炭素含量の土壌における PQs 含量測定法は確立されておらず、詳しい検討を行うためには、これらの土壌にも適用できる新たな PQs 分析法が必要であった。

この問題を克服すべく、これまでに演者らは高炭素含量の土壌からでも選択的に PQs を抽出する手法を開発し、土壌 PQs 含量の測定法を確立した。また、PQs の化学構造を検討したところ、演者らの手法によって抽出される PQs は DHPQ (4, 9-dihydroxyperylene-3, 10-quinone) とその誘導体で構成されることも明らかにしている。

本報では、約 5000-10000 年の年代を持つ富士黒土層を含む神奈川県の実験性黒ボク土土壌断面における PQs の分布特性について報告する。

2. 土壌試料

日本大学生物資源科学部敷地内 (神奈川県藤沢市) の厚層多腐植質アロフェン黒ボク土 (日本ペドロロジー学会土壌分類第 2 次案) の土壌を試した。この土壌断面は宝永 (1707 年)、貞観 (862 年)、延暦 (502 年) の火山灰を由来とする土壌であり、約 5000-10000 年前に表層であった富士黒土層を含む。土壌試料は A~4Bw 層まで計 11 点採取した。

3. 方法

炭素量 100mg に相当する風乾土 (<2mm) に、30mL の HCl-DMSO (ジメチルスルホキシド) 混液を加えて一晩室温にて振とう抽出した。抽出操作は計 3 回行った。HCl-DMSO 抽出液を 10M NaOH でアルカリ性 (pH 約 11) として一晩静置後、遠心分離によって得られた上澄液をただちに酸性化した (pH <2)。この溶液に含まれる PQs をクロロホルムで抽出後、抽出液の UV-Vis スペクトルを測定した。PQs 含量は、PQs の吸収波長である 454, 440, 418 nm の吸光度から算出した。分析は 2 連で行った。

また、各層位の PQs 含量と土壌の一般理化学性との関連を相関分析により検討した。

4. 結果

表層 (A1 層) の PQs 含量は $0.45 \text{ (g kg}^{-1}\text{)}$ であった。演者らは、我が国の黒ボク土表層における PQs 含量が、国内および米国の様々な表層土壌より一桁以上高いことを報告しており、藤沢断面もこれと同様の結果を示した。PQs 含量の垂直分布 (下図) より、PQs 含量は A1 層から 2A1 層につれて減少したが、2A1 層から 4A1 層まで増加し、4A1 層で最大値を示した。富士黒土層に相当する層位 (4A1~4AB 層) では、概して高い PQs 含量であったが、4Bw 層で急減した。富士黒土層を表層とする時代は、温暖期に相当すると推定されることから、PQs を生産する糸状菌等の微生物活動が当時活発であった可能性がある。また、SOM (土壌有機物) に占める PQs の割合 (PQs/SOM) は 0.11~0.59% であり、4Bw 層を除き下層ほど増加する傾向を示した。この傾向は他の累積性黒ボク土断面でも認められ、PQs が他の SOM よりも安定な成分であることが示唆された。

4Bw 層を除く各層位の PQs 含量と一般理化学性の相関分析から、PQs 含量は酸性シュウ酸抽出のアルミニウム (Al_o) および低結晶質 (Short Range Order) の粘土含量と有意な正の相関が認められ ($p < 0.05, n = 10$)、PQs の安定化には非晶質~低結晶質の Al の関与が示唆された。

以上より、土壌 PQs は古環境指標物質および土壌有機物の安定化機構を解明する上でのモデル物質として有用である可能性が推定された。

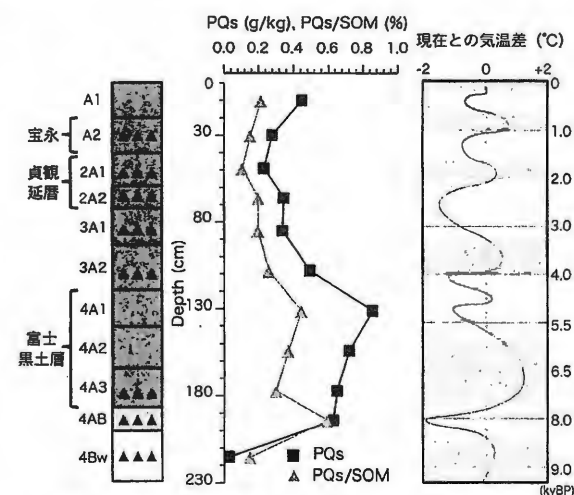


図. PQs 含量の垂直分布と地球上の気温変化
土壌有機物量 (SOM) は全炭素量 (%) に 1.74 を乗じた。

引用文献: 渡邊・小林 (2001) 第四紀研究, 40, 19-28. Kobayashi et al. (2005) *Soil Sci. Plant Nutr.* 51, 779-786.

阿蘇カルデラ北西部、蛇ノ尾火山のテフラ層序と噴火年代

宮縁育夫 (熊本大)

Yasuo MIYABUCHI: Tephrostratigraphy and eruption age of Janoo Volcano, northwestern part of Aso caldera, Japan

1. はじめに

阿蘇火山中央火口丘群北西部に位置する蛇ノ尾火山 (標高 754.3 m) は、その噴出物が観察できないだけでなく、詳細な噴火年代も不明であった。筆者は 2013 年以降に出現した露頭の調査によって、噴出物の層序や噴火年代について検討したので、その結果を報告する。

2. 蛇ノ尾火山のテフラ層序

蛇ノ尾火山の火砕丘は主にスコリアによって構成されている (渡辺, 2001) が、その上位には全層厚 1.3~4.7 m のテフラや土壌層が存在している。蛇ノ尾火山起源と推定される噴出物は火山灰および埋没黒ボク土層を挟んで、その上位の軽石層と下位のスコリア層の 2 つのユニットからなることが判明した (宮縁, 2017)。

蛇ノ尾火山噴出物の上部にあたる軽石が純層として観察できるのは東側火口壁の地点と蛇ノ尾山頂から南南東 1 km の地点のみで、それ以外の地点では褐色シルト質火山灰層中に軽石が散在する産状を示す。東側火口壁での全層厚は 113 cm で、下部の軽石層、中部の成層した火山灰層、上部の軽石層に分けられる。軽石はデイサイト質 ($\text{SiO}_2=65.4\text{--}67.7$ wt.%) で灰白色を呈して全体的に発泡が良く、斑晶鉱物として斜長石、単斜輝石、斜方輝石、黒雲母、不透明鉱物を含む。また、発泡の良い縞状軽石が多量に認められるとともに、最大粒径 47 cm に達する緻密なガラス質岩片も存在する。本軽石層は斑晶鉱物組合せや年代から、阿蘇中央火口丘第 1 軽石 (ACP1: 高田, 1989) に対比される。ACP1 は、その分布から噴出源は米塚溶岩に覆われる地域と推定されていた (渡辺, 2001) が、具体的な火口位置は特定されていなかった。しかし、蛇ノ尾火口付近に厚く堆積し、最大粒径もとくに大きいことが確認されたことから、ACP1 の噴出源は蛇ノ尾火山と考えられる。

下部のスコリア層は火砕丘の主構成物であり、蛇ノ尾スコリア (略称 JnS) と命名された (宮縁, 2017)。火砕丘北麓の地点では 3 m 以上の層厚を有しているが、火口壁内では少なくとも厚さ 30 m 程度のスコリア層として観察できる。JnS は、径 1~5 cm 程度の発泡した黒褐色~褐色の玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2=54.7\text{--}55.5$ wt.%) スコリアを主体としており、カリフラワー状の外形を有し、内部がやや緻密な火山弾も含まれる。スコリア中の斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石、かんらん石、斜方輝石、不透明鉱物である。

また、蛇ノ尾火山西方に分布する安山岩質 ($\text{SiO}_2=56.8\text{--}59.5$ wt.%) の赤水溶岩 (小野・渡

辺, 1985) は噴出源や詳細な年代が不明であったが、有色斑晶組合せ (単斜輝石>斜方輝石>かんらん石>>黒雲母) と化学組成などから、蛇ノ尾火山が給源であることが明らかとなった (宮縁, 2017)。

3. 蛇ノ尾火山の噴火年代

これまで蛇ノ尾火山の噴火年代は、火砕丘を構成するスコリアの上位に鬼界アカホヤ火山灰が認められたという調査結果から 7.3 ka よりも古いと考えられていた (渡辺, 2001)。しかしながら、テフラ層序の再検討を行った結果、次のような噴火年代が明らかになった (宮縁, 2017)。ACP1 を含む火山灰層直下の土壌層の校正歴年代から、ACP1 の噴出年代は 4.2~4.1 ka である。この年代は他地点で報告されている ACP1 の噴出年代 (4.1 ka) とほぼ一致している。

一方、JnS については下位の ^{14}C 年代が得られていないため、噴火年代は上位の黒ボク土層が示す 4.2~4.1 ka より古いということしかいえないが、他地点とのテフラ層序の対比等から、その噴出年代は 4.9~4.3 ka 頃と推察された。しかしながら、7.3 ka 以前に蛇ノ尾火山で噴火活動の有無については今後検討する必要がある。

4. 蛇ノ尾火山を形成した噴火活動

蛇ノ尾火山の活動は、4.9~4.3 ka の玄武岩質安山岩マグマの噴火によって始まった。その噴火は、多量の降下スコリアを噴出するストロンボリ式噴火であったと考えられ、蛇ノ尾火砕丘が形成された。数 100 年間の休止期をおいた後期の噴火 (4.2~4.1 ka) では、縞状軽石を多量に含む ACP1 が噴出するとともに、赤水溶岩も流出した。その溶岩の流出によって火砕丘の南半分が破壊された可能性がある。

阿蘇中央火口丘群北西部に位置し、4~3.3 ka に活動した火山群 (杵島岳・往生岳・米塚・上米塚) の噴出物は、玄武岩~玄武岩質安山岩マグマに由来するものであるのに対し、蛇ノ尾火山噴出物は玄武岩質安山岩~デイサイトという幅広い化学組成を有している。蛇ノ尾火山は活動の間に土壌層が形成されるような休止期 (数 100 年程度) を挟むことや苦鉄質マグマだけでなく珪長質マグマも噴出していることなど、他の中央火口丘群北西部の火山群とは異なる特徴を有することがわかった。

引用文献: 宮縁 (2017) 火山, 62, 1-12. 小野・渡辺 (1985) 阿蘇火山地質図. 高田 (1989) 熊本地学会誌, 90, 8-11. 渡辺 (2001) 一の宮町史, 7, 241p.

噴火史研究からみた桜島-薩摩噴火の可能性

奥野 充 (福岡大)・小林哲夫 (鹿児島大)

Mitsuru OKUNO, Tetsuo KOBAYASHI: Possibility of the biggest eruption "Sz-S", viewed from eruptive history of Sakurajima volcano, SW Japan

桜島火山は、始良カルデラの後カルデラ火山で北岳と南岳からなる^[1-3]。始良カルデラでは約 29 cal kBP^[4]に大規模火砕噴火^[5]により入戸火砕流堆積物や始良 Tn (AT) 火山灰が形成された^[6]。一連の火砕堆積物は総体積約 500 km³ で始良 Tn テフラ (AT) と総称される^[7]。桜島最初のプリニー式噴火 (P17) は、年代約 26 cal kBP、みかけ体積 1.1 km³ である^[4, 8]。桜島は、古期北岳、新期北岳、古期南岳、新期南岳の 4 ステージに区分される^[3]。新期南岳は、歴史時代の天平宝字、文明、安永、大正の噴火でプリニー式噴火と溶岩流出からなる。これ以前にもプリニー式噴火は頻繁にあり、大隅半島に何層もの降下軽石が分布する^[1, 9, 10]。古期南岳では山麓に火山砂層が形成された^[3]。新期北岳は、約 13 cal kBP の薩摩テフラ (Sz-S/P14、みかけ体積 14 km³)^[3]から開始し、古期北岳との間には 1 万年以上の休止期がある^[4, 10]。その間に始良カルデラから約 19 cal kBP の高野ベースサージ (A-Tkn)^[9, 11]や約 16 cal kBP の新島軽石 (A-Sj)^[11, 12]が噴出した。桜島を含む始良カルデラのマグマは 4 グループあり、桜島は安山岩質〜デイサイト質、始良カルデラは流紋岩質〜高シリカ流紋岩質である^[13]。大正噴火で始良カルデラを中心に地盤沈降した^[14]。1946 年の山腹噴火以降はほぼ隆起しているが、ブルカノ式噴火が活発な時期は地盤隆起が停滞するかやや沈降する^[15, 16]。噴火に伴う地盤沈降は、それまでの隆起量を完全に解消せず、約 1.3 mm/年の割合で隆起している^[16, 17]。この傾向は地形・地質学から完新世まで遡られる^[18]。この隆起量が始良カルデラのマグマ蓄積を示し AT 噴火直後から継続したとすると、数 10 km³ のマグマが既に

蓄積されたと推計される^[17]。地震や地殻変動から、桜島火山には始良カルデラの地下約 10 km の深部マグマ溜まりと桜島直下 3~6 km の浅部マグマ溜まりがある^[15]。桜島を含む始良カルデラではマグマ溜まりが複数存在し、地下で互いに影響を及ぼし合っている。したがって、始良カルデラの A-Tkn や A-Sj の噴出が、桜島のマグマ蓄積を大きくし、古期北岳と新期北岳の間の休止期をもたらした可能性がある。Sz-S に次ぐ規模である P17 噴火も、AT 噴火から約 3000 年しか経っていない。始良カルデラと桜島のマグマ溜まりは、地下では圧力的に互いに影響しながら、それぞれ並行してマグマ蓄積が進行しているのであろう。

参考文献:

- [1] 福山 (1978) 地質雑, 78, 309-16. [2] 小林 (1982) 火山, 27, 277-92. [3] 小林ほか (2013) 桜島火山地質図. [4] 奥野 (2002) 第四紀研究, 41, 225-36. [5] 荒牧 (1969) 地質雑, 75, 425-42. [6] 町田・新井 (1976) 科学, 46, 339-47. [7] 町田・新井 (2003) 新編 火山灰アトラス. [8] Okuno *et al* (1997) *NIMB*, 123, 470-4. [9] 小林 (1986) 科研報告書, 137-3. [10] 森脇 (1994) 科研報告書, 1-20. [11] 西村・小林 (2015) 月刊地球, 37, 259-64. [12] Kano *et al* (1996) *JVGR*, 71, 187-206. [13] Takahashi *et al* (2013) *Bull Volcanol Soc Jpn*, 58, 19-42. [14] Omori (1916) *Bull Imp Earthq Inv Comm*, 8, 35-179. [15] Iguchi (2013) *Bull Volcanol Soc Jpn*, 58, 1-18. [16] 泉ほか (1991) 京大防災研年報, 34 B, 81-190. [17] 小林ほか (2010) 京大防災研年報, 53 B, 269-75. [18] 森脇ほか (2002) 第四紀研究, 41, 253-68.

サマラス火山, AD 1257 カルデラ形成噴火にむけた前兆的噴火

小林哲夫 (鹿児島大)・奥野 充 (福岡大)・I Wayan Warmada (ガジャ・マダ大)

Tetsuo KOBAYASHI, Mitsuru OKUNO, I Wayan WARMADA: Precursory eruptions to the AD 1257 caldera-forming eruption of Samalas Volcano, Lombok Island, Indonesia

1. はじめに

インドネシアのロンボク島で 13 世紀に発生した大噴火は、リンジャニ (Rinjani) 火山の西に隣接するサマラス火山で発生したカルデラ形成噴火であり、その噴火年代も AD 1257 と特定された (Lavigne *et al.*, 2013; Vidal *et al.*, 2015 など). それ以前の噴火についての報告 (Nasution *et al.*, 2004 等) もあるが、サマラス火山の噴火履歴については不明であった. Nasution *et al.* (2004) によると、約 6 kBP まではリンジャニ火山を中心に、玄武岩質マグマの噴火が続いていたが、その後、デイサイト質マグマの噴火がリンジャニ火山の南東山腹で発生し、プロポク (Propok) 軽石とレンバ (Lemba) 溶岩の噴出があった. 約 2.5 kBP にはリンジャニ火口で軽石噴火が発生した. 我々は 2016 年にサマラス AD 1257 噴火の前兆的な噴火に関する予察的な調査を行ったので、その結果を報告する.

2. 前兆的な噴火

玄武岩質マグマの活動は約 6 kBP までであり、それ以降のデイサイト質の噴出物に着目して調査を行った. リンジャニ火山の南東山腹には、プロポク (Propok) 軽石とレンバ (Lemba) 溶岩が分布する. また北東山腹ではレンバ溶岩とその上位にリンジャニ軽石 (2550 ± 50 BP) が分布する. プロポク軽石とレンバ溶岩の噴出年代は未測定で、6 kBP ~ 2.5 kBP の間と推定されていた. プロポク軽石は模式地では全体に粗粒で、黒雲母の斑晶を含む降下軽石層である. リンジャニ軽石も黒雲母の斑晶を含む. なお従来の記載からは、リンジャニ軽石はリンジャニ火口からの噴出物と特定できないため、模式地名からセンバルン (Sembalun) 軽石と改称した. 今回の調査では、火山体の北西方向の海岸付近で、サマラス AD 1257 テフラの下位にデイサイト質の降下軽石堆積物を発見し、その地名からメダナ (Medana) 軽石と命名した. この 3 つの軽石の噴火様式は、準プリニー式噴火 ~ プリニー式噴火であったと推定される.

3. 年代測定の結果

今回新たにメダナ軽石、プロポク軽石およびセンバルン軽石直下の 3 つの腐植土壌の ^{14}C 年代測定を行った. 校正暦年の中央値はメダナ軽石が約

4.4 cal kBP, プロポク軽石が約 4.4 cal kBP, センバルン軽石が約 2.9 cal kBP である. センバルン軽石の年代は、既報年代よりもやや古い.

3. 考察

約 6 kBP の玄武岩質マグマの活動の後、1500 年以上の時を経て、約 4.4 cal kBP にメダナ軽石とプロポク軽石の噴火があった. 両者の噴火年代は近接しているが、斑晶組み合わせが異なっている. マグマ組成はともにデイサイト質であり、カルデラ噴火のマグマ溜りと同時期に形成されたものである. 分布が広域なので、両者はサマラス火口からの噴出物と推定している.

一方、センバルン地区でレンバ溶岩を覆うセンバルン軽石の露頭を見出した. 軽石層はレンバ溶岩表面の塊状岩塊の隙間を埋めるように堆積しているが、溶岩表面と軽石の接触部に土壌は存在していない. また軽石は溶岩からの熱的影響も受けていない. それゆえ両者の時間差を 100 年 ~ 長くとも数 100 年程度と推定した. レンバ溶岩はプロポク軽石の噴火時に噴出したとされていたが、上記した産状をもとに、センバルン軽石に近い年代と判断した. センバルン軽石の噴火年代は約 2.9 cal kBP なので、レンバ溶岩の噴出は約 3 cal kBP (~ やや古い年代) と推定される. センバルン軽石の火口もサマラス山頂と推定している.

センバルン軽石の噴火後に、サマラス火山の山頂には火口湖が形成され、AD 1257 噴火までに少なくとも 2 回の水蒸気マグマ噴火が発生した. AD 1257 噴火までの時間を均等割すれば 750 年間で噴火が発生したことになる. 前兆噴火で山頂火口に溶岩が出現したかどうかは定かでないが、サマラス 1257 年噴火の火砕流堆積物には比較的新鮮な岩片が多数包含されているため、それらの研究がなされれば、前兆噴火の実態がより鮮明になるものと期待される.

引用文献: Lavigne *et al.* (2013) *Proc. National Acad. Sci.*, 110, 16742-16747.; Nasution *et al.* (2004) *Proc. 33rd Ann. Convention, Indonesian Assoc. Geologists, Bandung, 2004.*; Vidal *et al.* (2015) *Bull. Volcanol.*, 77, 73.

桜島へのマグマ供給と噴火発生予測

井口正人 (京都大)

Masato IGUCHI

1. はじめに

桜島の主マグマ溜まりは北部海域の始良カルデラの中央部にある。これは1914年噴火後に南九州全域において顕著な地盤沈下が検出されたが、沈降中心が桜島ではなく、始良カルデラの中央部にある (Omori, 1916) ためである。本稿では、地球物理学的観測から明らかとなった桜島のマグマの供給系について概説するとともに、桜島における噴火発生予測研究の現状について述べる。

2. 桜島のマグマ供給系

1914年噴火後の始良カルデラ中央部を中心とする地盤変動から Mogi (1958) はカルデラ中央部の深さ10km付近に圧力源を求めた。このことからカルデラ中央部にマグマ溜まりが推定されている。マグマ溜まりの存在は、重力の Bouguer 異常の分布 (Yokoyama and Ohkawa, 1986) や地震波の減衰 (Ono et al., 1978)、地震波の走時異常から求められる3次元構造 (Alanis, 2012) から確かめられる。

地盤変動の空間分布から北岳付近と南岳直下に圧力源が求められる (Hotta et al., 2016)。地質学的に見ても桜島の火山活動の大半は北岳の噴火活動の歴史であり、北岳下にマグマ溜まりが存在することは整合的である。地震波の伝播特性をみても南岳下に加え、北岳下でも著しい減衰が見られることは北岳下のマグマ溜まりの存在を支持する。

一方、5000年前から噴火活動は南岳を中心として繰り返されており、南岳下に火道が推定できる。火山性地震は、岩石のせん断破壊によって生じる火山構造性地震と流体の動き、特に、膨張・収縮による体積変化によって生じる低周波地震に大別される。低周波地震は南岳直下の直径500m程度の狭い領域に鉛直に分布するが、火山構造性地震はその周辺に分布する。火山性地震の種類によるメカニズムの相違から、低周波地震が発生する領域が火道と考えられる。

始良カルデラ下の大きいマグマ溜まりから北岳下、南岳下を通り、南岳に至るマグマ供給系が推定される。2006年に58年ぶりに再発し、2009年以降、噴火活動が激化した昭和火口に至る火道は、南岳に至る火道が分岐したものである。

3. 火山噴火の発生予測

火山噴火の発生予測のための観測データとしては、火山性地震の発生状況、地盤変動、地熱活動、火山ガスの濃度などが用いられる。

直前予測 一般的に、まず、火山構造性地震が発生し、その後、低周波地震活動に移行し、噴火

が発生するとされる。桜島も例外ではなく、火山構造性地震の活動が深部 (5-10km) から浅部 (<2 km) へ移動し、その後、低周波地震 (B型) が発生した後、火山噴火に至る (加茂, 1978)。南岳の噴火活動が活発化した1980年代以降は、火山構造性地震の活動は低下したが、低周波地震の群発活動と爆発発生との対応関係が顕著となった (西, 1984)。2009年以降の昭和火口の活動期においては概して、火山性地震活動は低調であり、火山性地震による予測は難しくなっている。

現在の火山活動状況において最も信頼できるデータは地盤変動である。1980年代の南岳爆発活動最盛期において完成したハルタ山観測坑道に設置された水管傾斜計、伸縮計は70%のブルカノ式噴火に前駆する火口方向の隆起・山体膨張を5分から数時間前に検知できた (Kamo and Ishihara, 1989)。昭和火口の活動期においてもさらに近接した有村観測坑道の機器により90%のブルカノ式噴火に前駆する地盤変動を検知できる (Iguchi et al., 2013)。

中期予測 次に1か月から数年単位の予測について述べる。桜島の南岳の爆発活動は2003年以降、年間爆発回数10回程度まで低下した。このころから、昭和火口における噴火活動の前駆活動が始まった。2003年から2004年にかけて火山構造性地震が南岳直下だけでなく、南西部及び北東の若草カルデラ付近で多発し、2004年後半から桜島の膨張が観測された。2006年に入ると昭和火口周辺の噴気量が増加し、地熱異常域が拡大した。2009年以降の爆発活動期に前駆して、温泉ガスの二酸化炭素及び水素ガス濃度が著しく増加した。

長期予測 桜島における長期予測には始良カルデラの地盤変動が重要である。カルデラ西縁のBM2474は1914年噴火で約80cm沈降したが、その後100年間で約70cm隆起した。GNSS観測では、隆起・膨張の中心は始良カルデラの中央部にあり、マグマの再蓄積が進行している (井口・他, 2008)。Hickey et al. (2016) は、精細な地殻モデルと温度に依存する地殻の粘弾性を考慮して、マグマの供給率を $0.014 \text{ km}^3/\text{年}$ と見積もった。これは、従来知られている値 (Ishihara, 1981) よりも4割ほど多い。地盤の隆起率及び供給率いずれから見ても今後、30年以内に1914年噴火に匹敵するマグマが蓄積される。昭和火口におけるブルカノ式噴火に前後する地盤の膨張及び収縮比は1:1を中心とする正規分布を示す。膨張量から噴出物量に対応する収縮量を予測することが可能であるが、膨張量の10倍の収縮量の噴火発生の確率も1%ある。

玄界灘～響灘沿岸の海岸低地の沖積層におけるイベント堆積物

ト部厚志（新潟大学）・濱崎真二（下関市教育委員会）・小林善也（下関市教育委員会）

Atsushi URABE, Shinji HAMASAKI, Yoshiya KOBAYASHI: Event deposits in the coastal low land of the Genkai to Hibiki-nada area

1. はじめに

山口県から長崎県にかけての九州北部沿岸では、既存の歴史資料による津波の履歴は知られていない。また、日本海大規模地震検討会による九州北部海域でのモデルでは、菊川断層および西山断層の海域部分が津波の波源として想定されているが、活動履歴についてはほぼ未解明の状況である。

一方、山口県下関市綾羅木地区の梶栗浜遺跡の関連調査において、浜堤内陸側の低地部から、約2,500年前（弥生時代前期）と推定されるイベント堆積物（海起源の微化石を含む砂層）が見出され、このイベント堆積物の形成要因として津波あるいは高潮が示唆されている（濱崎ほか、2012）。梶栗浜遺跡の南方の綾羅木川流域の延行条里遺跡の発掘調査記録では、弥生時代前期の水田（遺構）面が砂層で覆われている記録が示されている。

このため、H28年度の日本海地震・津波調査PJでは、この約2,500年前とされるイベント堆積物の広域的な確認を調査目的の1つとして、長崎県壱岐市芦辺地区、下関市綾羅木地区、吉母地区や土井ヶ浜地区においてボーリングによるイベント堆積物の調査を行った。

2. 各地区での調査結果

①長崎県壱岐市芦辺地区（壱岐島）

壱岐島の東部に位置する芦辺地区は、玄界灘に面した内湾状の地形（芦辺港）が認められる。芦辺地区では、既存ボーリング資料により内湾環境と推定される泥質堆積物の分布が推定できる2地点で掘削を行った。コア試料の層相と年代から、2地点ともに、約8,500年前から内湾環境となり、約3,500～1,000年前まで泥質な環境が維持され、その後、河川要素の強い塩水湿地、あるいは砂質な浅海の堆積環境に変化する。両コアでのイベント堆積物は、泥層中に挟在する浸食面を伴う砂層や侵食を伴い貝化石片などの侵食時の残留堆積物（ラグ堆積物）を伴う砂層として認定できる。これらの砂層は、複数層準において認定できるが、約3,500年前の侵食面を伴う砂層のみが、両コアにおいて対比できた。

②山口県下関市綾羅木地区

下関市綾羅木地区では、梶栗浜遺跡の南方の綾羅木川右岸の低地の9地点においてボーリングによる地層の採取を行った。この結果、各コアでは深度3～4m程度で、風化した基盤や約6,000年前の年代を示す河川流路を示す砂礫層となり、上位は氾濫原環境と推定できる有機質な砂層や泥

層から構成されており、イベント堆積物の検出対象となる沖積層の深度は浅かった。綾羅木地区では、上位の氾濫原環境の層準において、特徴的な層相を示す2層準のイベント砂層が確認できた。これらの砂層の年代は約2,500年前と約3,500年前と推定される。

③山口県下関市吉母地区

下関市吉母地区の浜堤の後背地で調査を行った。この結果、約深度5.5～7.7mで沖積層の基底付近に達し、表層近くまでのほとんどが貝化石片を含む砂質な内湾堆積物から構成されており、イベント堆積物は見出せなかった。

④山口県下関市土井ヶ浜地区

下関市土井ヶ浜地区は、現在の海岸線に沿った砂丘（砂丘と飛砂斜面）と、現在の海岸線に直交する方向で分布する砂丘を有した特徴的な地形を有している。現在の海岸線に直交する方向で分布する砂丘には、弥生時代前～中期の土井ヶ浜遺跡が位置する。この地区の低地や砂丘部の9地点でボーリングを行った。この結果、基本的な沖積層の層序は、深度約12mを基底として、貝化石片を多く含む内湾の砂層から、浜堤背後の低湿地の腐植土層となっており、遺跡の立地する砂丘は、腐植土層の上位に累重していることが明らかとなった。イベント堆積物については、内湾から浅海の環境を示す砂層では認定できなかったが、低湿地を示す腐植土層の層準には、貝化石片を含む層厚10cm程度の複数の砂層を挟在しており、浜堤背後の低湿地環境に流入したイベントによる海起源の砂層であると考えられる。これらの年代は、約3,500年前と約2,500～2,700年前以降を示す。

3. まとめ

壱岐市や下関市の調査地点において、イベント堆積物は、これまでの研究で指摘されている約2,500年前のイベント堆積物の他に、新たに、約3,500年前のイベント堆積物が共通して見出せる可能性がある。

今後、響灘（日本海）沿岸の壱岐市や下関市で認められたイベント堆積物については、堆積物に含まれる貝化石、微化石、構成粒子の特徴等の詳細な解析、堆積物の年代の追加検討、イベント堆積物による堆積環境の変化（特に内湾堆積物）などについて慎重に検討を行う必要がある。

引用文献：濱崎真二ほか（2012）考古学研究, 59, 1-4.

神津島天上山-新島向山テフラの認定・識別に関する再検討

鈴木毅彦・西澤文勝・石村大輔・伊藤美和子（首都大）・

丸山誠史・檀原 徹（京都フィッシュン・トラック）・平田岳史（東大）

Takehiko SUZUKI, Fumikatsu NISHIZAWA, Daisuke ISHIMURA, Miwako ITO, Seiji MARUYAMA, Tohru DANHARA, Takafumi HIRATA: Re-examination of identification and discrimination of Kozu-Tenjosan and Nijima-Mukaiyama tephtras, Izu Islands, Japan

1. はじめに

神津島天上山テフラ Iz-Kt は AD838 年に噴出し、伊豆諸島をはじめ伊豆半島から富士山周辺域にかけて広く認定されている。本テフラは神津島の噴火史のみならず周辺火山の噴火年代、さらには断層活動イベントの年代決定に寄与してきた。また神津島北北東 15 km に位置する新島においてもその約 50 年後、新島向山テフラ Iz-Nm を噴出した。両テフラは黒雲母流紋岩質マグマに由来し、火山ガラスの屈折率と主成分化学組成が類似する。遠隔地で片方のみが産出する場合、記載岩石学的手法で識別する必要がある。近隣火山の噴火年代決定を進めていく上で欠かせない。

両テフラの識別について杉内・福岡（2005）は WDS による火山ガラスの主成分組成分析により識別可能とし、津久井ほか（2006）も同様に述べている。一方で杉原ほか（2005）、Kobayashi et al.（2007）は両テフラの識別に火山ガラスの形態が有効であるとした。また土屋ほか（2017）は Iz-Kt または Iz-Nm の対比候補となるテフラの火山ガラスの主成分化学組成分析を行ったものの、その識別には至らなかった。本研究では EDS による主成分化学組成分析を系統的に実施し、同時に LA-ICP-MS による微量成分分析を行い、両テフラの認定・識別を試みた。

2. 化学組成

Iz-Kt は神津島南西部ありま展望台入口で 3 層準、新島中部の富士見峠北東で 1 層準、Iz-Nm は新島富士見峠北東で 1 層準から採取した。ありま展望台入口で Iz-Kt は下部から細粒軽石礫・火山灰からなる約 10 cm のテフラ層（Unit-L）、白色火山灰が卓越する 15-18 cm のテフラ層（Unit-M）、黒耀石岩片や軽石礫、火山灰を含む約 10 cm のテ

フラ層（Unit-U）の 3 ユニットからなる。このうち Unit-U 下部はピンク色を帯びた正級化した粗粒軽石質火山灰～中粒砂サイズ火山灰からなる。

ありま展望台試料の火山ガラスの主成分化学組成はいずれも流紋岩の化学組成を示し、Unit-L と Unit-U は K_2O と Al_2O_3 の含有率が Unit-M に比較してやや富み、 SiO_2 と CaO の含有率がやや低い。この組成は新島で採取した Iz-Kt とよく類似する。また Iz-Nm の火山ガラスの組成は Unit-L・M・U の変動範囲内に入り、Unit-L・U のみと比較すると Iz-Nm の火山ガラスの組成は SiO_2 と CaO の含有率が極わずかに高く K_2O が低い。これは Iz-Nm では CaO と K_2O の組成幅がやや広く、 CaO の含有率の高いガラスと K_2O の低いガラスを含むことによる。

LA-ICP-MS による分析でも Iz-Kt と Iz-Nm はよく類似した傾向を示した。しかし微量元素のうち軽希土類（La～Eu）に着目すると Iz-Nm のみが高い傾向を示す。とくに新島富士見峠北東で得た Iz-Kt と Iz-Nm の測定結果を Tukey-Kramer 多重比較検定法で検証したところ、軽希土類全てについて有意な差が認められた。以上の結果から、Iz-Kt と Iz-Nm の認定についてはユニット間の特性変化も含めて多角的に検討する必要があるといえる。

引用文献：Kobayashi et al.（2007）Bull. Geol. Surv. Japan, 57, 409-430. 杉原ほか（2005）第四紀学会講演要旨集, 35, 10-11. 杉内・福岡（2005）第四紀学会講演要旨集, 35, 133-134. Suzuki et al.（2014）Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ., 49, 1-12. 土屋ほか（2017）火山, 62, 23-30. 津久井ほか（2006）火山, 51, 327-338.

表 神津島天上山及び新島向山テフラに含まれる火山ガラスの主成分化学組成

		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	Total	n
Iz-Nm	Mean	78.04	0.11	12.77	0.81	0.14	0.16	0.38	3.67	3.93	100.00	95.66
富士見峠北東	Std.	0.27	0.08	0.08	0.08	0.09	0.03	0.11	0.19	0.15	0.00	1.26
Iz-Kt	Mean	77.78	0.13	12.85	0.72	0.13	0.16	0.42	3.80	4.02	100.00	97.31
富士見峠北東	Std.	0.29	0.09	0.07	0.10	0.08	0.03	0.09	0.13	0.10	0.00	1.54
Iz-Kt (U)	Mean	77.74	0.09	12.87	0.81	0.14	0.15	0.33	3.79	4.08	100.00	97.86
ありま展望台	Std.	0.22	0.07	0.09	0.10	0.07	0.03	0.05	0.10	0.09	0.00	1.09
Iz-Kt (M)	Mean	78.22	0.09	12.69	0.86	0.10	0.19	0.55	3.44	3.86	100.00	94.80
ありま展望台	Std.	0.30	0.06	0.08	0.12	0.05	0.03	0.10	0.26	0.21	0.00	0.93
Iz-Kt (L)	Mean	77.67	0.11	12.84	0.85	0.17	0.14	0.35	3.80	4.07	100.00	97.65
ありま展望台	Std.	0.25	0.08	0.08	0.09	0.08	0.03	0.04	0.11	0.09	0.00	0.94

組成値は水を除いて 100 % にノーマライズ、n は測定数。分析機器は JSM-6390 and EDAX-Genesis APEX2 energy dispersive X-ray spectrometry を使用。分析条件の詳細は Suzuki et al.（2014）に示した。

中米・エルサルバドル東部パカヤル火山周辺のテフロクロノロジー 北村 繁 (弘前学院大・社会福祉)

Shigeru KITAMURA: Tephra stratigraphic approach to the eruptive history around Chinameca-Pacayal Volcano, Usulután, El Salvador, C.A.

1. はじめに

中米・エルサルバドル、ウスルタン県には、ベルリン-テカパ(Berlín-Tecapa)、パカヤル(Pacayal、別名チナメカ:Chinameca)、チャパラスティケ(Chaparrastique、別名サン・ミゲル:San Miguel)をはじめ、多数の成層火山が比較的密集して形成されている地域がある。これらのうち、チャパラスティケ火山は、現在、最も活発な火山活動が知られている。また、パカヤル火山周辺には、下位より、ブランカ・ロサ(Blanca Rosa)、ツイン(Twin)、ユニットA(unit-A)、および、パカヤル-1~4(数字の小さい方が下位)などの軽石層が知られていた(柱状図参照)。これらのうち、ブランカ・ロサ軽石については、75ka という Ar-Ar 年代が知られていた(GENZL, 1995)ものの、本地域のテフラは、太平洋海底ボーリングコア中にあまり見出されておらず、年代についての検討は十分ではなかった。

2. 研究方法

本研究では、エルサルバドル大統領府遺産局(SECULTURA)ならびに環境警察(Policía de Medio Ambiente)および名古屋大学考古学教室の協力により、当該地域の現地調査を行う機会を得た。その現地調査において、年代指標となる可能性のある白色細粒火山灰を見出したため、採取した試料を日本に持ち帰り、弘前大学理工学部地球環境学科(当時)柴研究室の波長分散型X線マイクロアナライザー(WDS)を用いて、火山ガラスの化学組成分析を行い、既知の大規模噴火由来のテフラの特徴と比較した。

3. 結果

本研究では、ブランカ・ロサ軽石とツイン軽石の間に新たに3層の軽石層を認めたほか、ブランカ・ロサ軽石とパカヤル-1 軽石の間に、遠来のものとみられるガラス質の白色細粒火山灰層を3層見出した。これらをそれぞれフクアパ(Jucuapa)-1~3 軽石およびチナメカ-2~4 火山灰と呼ぶ(いずれも数字の小さい方が下位; 柱状図参照)。

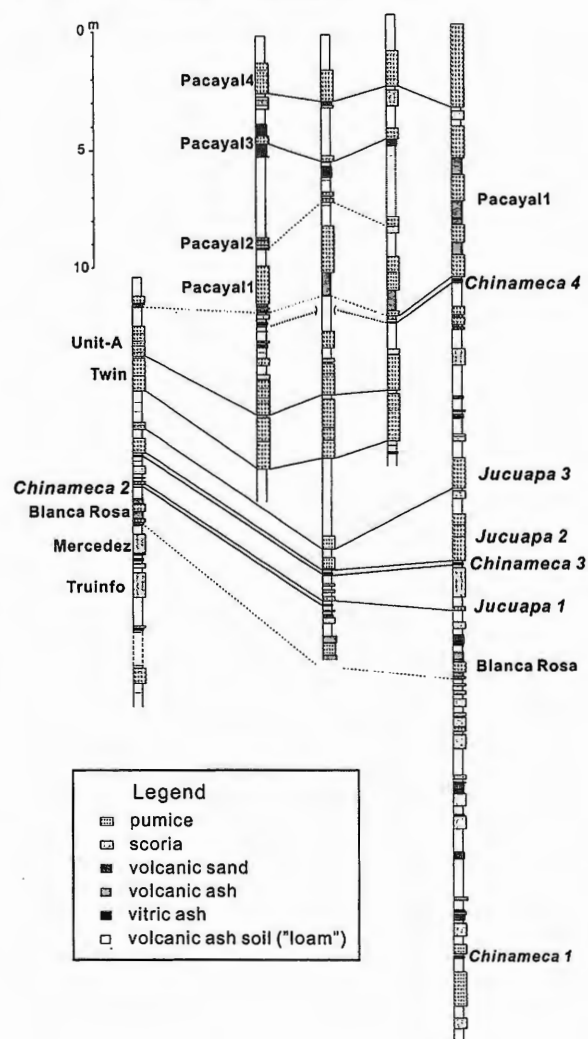
チナメカ-4 火山灰は、パカヤル-1 軽石の下位の極めて近い層準に見出され、2 地点の試料から得られた火山ガラスの化学組成の分析結果からみて、エルサルバドル西部のコアテペケカルデラを起源とするコンゴ(Congo)テフラ(およそ53~57Ka)またはコナカステ(Conacaste)テフラ(およそ51Ka)に対比される。このため、Pacayal-1 の噴火年代はおおよそ5 万年前ころとみられる。

一方、フクアパ2の下位に見出されたチナメカ-3 火山灰の火山ガラスの化学組成はグアテマラのアティラン(Atitlán)カルデラを起源とするロス・チョコヨス(Los Chocoyos)テフラ(84ka)に一致した。このテフラは、中米北部およびその太平洋沖の海底ボーリングコアにおいて最も広く見出され

ており、以前より有効な時間指標として用いられてきた。このため、したがって、チナメカ-3 火山灰がロス・チョコヨステフラに対比されれば、ブランカ・ロサ軽石の従来の年代(75ka)は再検討を余儀なくされる。ただし、現時点では、1 地点の試料の分析にとどまっていることから、今後さらなる分析による確認作業が必要となる。

チナメカ-2 は、ブランカ・ロサより上位、フクアパ-1 の下位に見出されたガラス質白色火山灰だが、既知のテフラ層で火山ガラスの化学組成が一致するものはなかった。しかしながら、その化学組成は、エルサルバドル中部のイロパングカルデラを起源とするテフラに傾向が類似していることから、エルサルバドル中部の火山を給源とする可能性が指摘される。

引用文献: Geothermal Energy New Zealand Limited (GENZL) (1995): Estudio geovolcanológico, geología, historia volcánica, y recursos geotérmicos del área Berlín-Chinameca. Internal Report.



長野県北東部、烏帽子岳西麓における加久藤テフラと火砕流堆積物の発見とその意義
 竹下欣宏（信州大）・手島秀一（塩尻小学校）・土屋美佳（東北中学校）・齋藤武士・高橋 康（信州大）
 Yoshihiro TAKESHITA, Shuichi Teshima, Mika Tsuchiya, Takeshi Saito Kou Takahashi: Recognition and its
 significance of Kakuto tephra and Pyroclastic flow deposits in western foot of the Mt. Eboshidake, central Japan

1. はじめに

長野県東部、浅間火山の西側に隣接する烏帽子火山群（飯島ほか，1958）は、開析が進んだ西部と比較的新鮮な火山地形原面を残す東部に区分される（金子ほか，1991）。このうち烏帽子岳を中心とする烏帽子火山群西部は、休止期間をはさみながら、約1Ma ごろ、約0.85~0.75Ma、約0.45~0.35Ma にかけて活動し、成層火山体を形成した（西来ほか，2013）。烏帽子岳の南麓~西麓には、下部・上部烏帽子岳溶岩層に挟まれて岩清水礫層が分布する（高橋，2004）。高橋（2004）によると、岩清水礫層は主に土石流堆積物からなり、火山活動の休止期間の堆積物とみなされた。そして本礫層中には黒雲母を多量に含む3層火山灰層（IS1-1, 2, IS2）が挟まれ、それらは大町APmテフラ群（A₁Pm~A₅Pm：鈴木・早川，1990）のいずれかに対比される可能性が高いとされた。

本研究では烏帽子岳西麓の岩清水礫層中に新たにガラス質火山灰層（IS-GI）を発見し、南九州起源の加久藤テフラ（Kkt：町田・新井，2003）に対比されることを明らかにした。また、Kktとの層序関係からIS1-2はA₅Pmに対比でき、さらに岩清水礫層中の土石流堆積物とされていたものの多くが、火砕流堆積物であることが明らかになったのであわせて報告する。

2. 岩清水礫層中のテフラ層

2-1. IS-GI

IS-GIは、烏帽子岳西麓の標高900m付近に分布する岩清水礫層中に挟まれる肌色から淡橙色の細粒なガラス質火山灰層である。褐色風化火山灰層（いわゆるローム層）中で長径数cm~15cmほどのレンズ状を呈する。IS-GIは厚さ数cmのローム層を挟んでIS1-2に覆われる。IS-GIの下位に火砕流堆積物を挟んでIS1-1が位置する。

IS-GIを水洗したのち、200~100メッシュの粒子を偏光顕微鏡で観察すると、ほとんどの粒子がバブルウォール型の火山ガラスであり、わずかに斜方輝石と角閃石が確認できた。

2-2. IS1-1, 2, IS2

IS1-1, 2は、ともに烏帽子岳西麓の標高900m付近に分布する岩清水礫層中に挟まれる黒雲母が目立つ黄白色~黄褐色粗粒火山灰層である。IS1-1の層厚は35~65cm、IS1-2は25~50cmである。IS1-1は厚さ10cmの軽石層を挟んで火砕流堆積物を覆い、厚さ数cmのローム層を挟んで火砕流堆積物に覆われる。IS1-2は薄いローム層を挟んでIS-GIを覆い、火砕流堆積物に覆われる。

IS2は、烏帽子岳南麓の金原川標高1550m付近で、主に土石流堆積物からなる岩清水礫層中に挟

まれる厚さ約40cmの黒雲母が目立つ黄白色粗粒火山灰層である。

IS1-1, 2, IS2のいずれも苦鉄質鉱物として黒雲母に富み、角閃石と少量の斜方輝石、極少量の単斜輝石を含むが、IS1-1が他の2層に比べ斜方輝石と単斜輝石に富む。

3. 火砕流堆積物の認定

IS1-1, 2の上下層準において、これまで土石流堆積物とされていた堆積物の層相を詳しく観察した結果、火砕流堆積物特有の堆積構造（基底のグラウンドサージ部、上部の赤色の高温酸化部、最上部の灰神楽部、ガス吹き抜けパイプ）を確認することができた。さらに決定的な証拠として、9層の堆積物からそれぞれ3~5試料について残留磁化方位を測定したところ、すべての試料から安定な熱残留磁化起源と考えられる成分が得られた。堆積物毎の α_{95} (95%信頼限界)は2.6~12.5°と良い集中を示した。

4. Kktの対比と火砕流堆積物認定の意義

IS1-1, 2, IS2と長野県長野市大岡樺平のA₁Pm~A₅Pmの鉱物組成と角閃石の主成分化学組成を比較したところ、IS1-1, 2, IS2は、A₁Pm~A₅Pmのいずれかに確実に対比できることがわかった。

IS-GIと同様に大町APmテフラ群に挟まれるガラス質火山灰層としてKktが知られている（町田・新井，2003）。そこでKktに対比されている長野県川上村のヌカ1（内山，1998）とIS-GIの火山ガラスの主成分化学組成を比較したところ、両者の組成がよく一致した。樺平ではA₄PmとA₅Pmの間にKktが確認されている（鈴木・早津，1991）ため、IS-GIはKktに、IS1-2はA₅Pmにそれぞれ対比されることが明らかになった。

これまで火山活動の休止期間の堆積物と考えられてきた岩清水礫層中に多数の火砕流堆積物を確認できたため、Kktや大町APmテフラ群が降灰した期間、烏帽子火山群西部は、多数の火砕流を発生させるほど活発に活動していたことが明らかになった。また、多数の火砕流堆積物にKktと大町APmテフラ群が挟まれることが明らかになったため、複数の火砕流堆積物から放射年代値を測定することができれば、Kktと大町APmテフラ群の年代観に寄与できる可能性がある。

引用文献：飯島ほか（1958）地球科学，37，46-59。

金子ほか（1991）震研彙報，66，299-322。町田・新井（2003）新編火山灰アトラス，336p。西来ほか（2013）地質雑誌，119，474-487。鈴木・早川（1990）第四紀研究，29，105-120。鈴木・早津（1991）第四紀研究，30，361-368。高橋（2004）火山，49，83-102。内山（1998）地球科学，52，26-37。

第四紀の海水準変動・養老断層運動・御嶽噴火と濃尾平野の埋積プロセス —とくに御嶽白尾火山灰層との関連に注目して—

須貝俊彦(東京大)・水野清秀(産総研)・高橋尚志・佐々木夏来(東京大・院)

Toshihiko SUGAI (Univ. of Tokyo) Kiyohide MIZUNO (GSJ AIST) Takayuki TAKAHASHI, Natsuki SASAKI (Univ. of Tokyo): Nobi tilted basin development by concurrent sea-level changes, Yoro fault movement, Ontake eruption, and fluvial and coastal processes with special reference to Ontake-Byakubi Tephra Bed.

1. 濃尾平野の地形と地下層序の概要

濃尾平野は、西縁を養老断層に画された傾動盆地であり、過去 90 万年間、最大 1 mm/年 で等速的に沈降しつつ(図 1, 須貝・杉山 1999)、木曾山脈や御嶽山からの多量の土砂をためてきた。平野の南は、伊勢湾、伊良湖水道を経て、大陸斜面へ続く。氷河性海水準変動に伴い、平野の海岸線は南北に大移動してきた(Saegusa 他 2007 など)。

濃尾平野の地下には「海面低下期～低海面期の河成礫層、海面上昇期～高海面期の内湾泥層、デルタ砂層、河川氾濫原層から成る堆積シーケンス(Ogami 他 2015)」が、MIS 12 以降、5 サイクル累重する。いずれのシーケンスも養老断層へ向かって層厚を増している(Sugai・Sato 2015)。

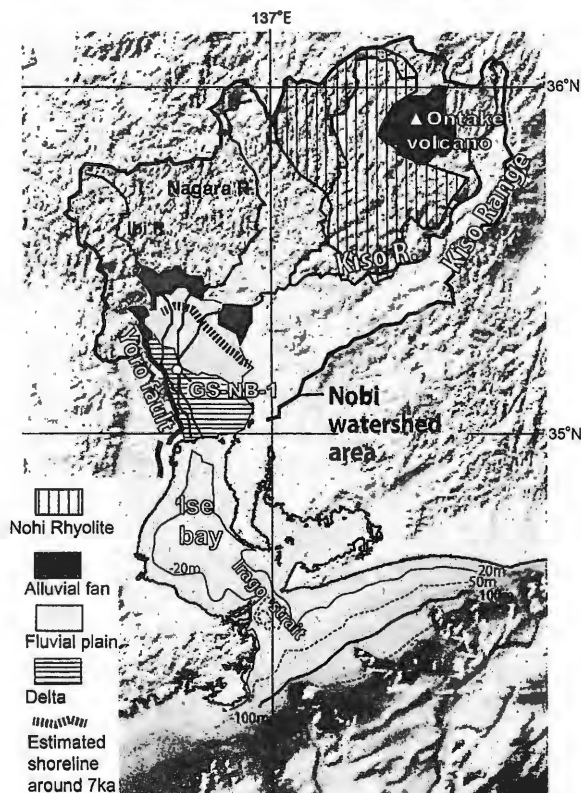


図 1 濃尾平野と GS-NB-1 位置図

濃尾平野西部で掘削された深度 601 m の GS-NB-1 コアは、新期御嶽山起源の On Pm-1' ~3 の 6 つの火山灰(岩崎他 2009)、小林笠森火山灰、猪牟田アズキ火山灰を挟み、コア深度 545 m 付近に MBB(松山ブリュンヌ境界)を記録する(須貝他 2000)。また、同コアは、濃飛流紋岩の大～中礫によって特徴づけられる河成礫層を 11 層含み、

それぞれ MIS 22, 20, 18.4, 18.2, 16, 12, 10, 8, 6.6, 6.2, 2 に対比されている(Sugai 他 2016)。

本発表では、GS-NB-1 コアの BMM 付近に挟在する白色軽石層が、古期御嶽山起源の白尾火山灰層(ByK-E: Takeshita 他 2016)に対比されることを新たに報告し、その堆積プロセスを考察する。

2. 濃尾平野地下に見いだされた白尾火山灰

上述の白色軽石層は、濃飛流紋岩の大礫含有礫層に挟まれた泥質細粒層(コア深度 555.5 ~ 543.5m)に挟在する。この細粒層は、淡水珪藻化石を産出し、淡水～汽水環境の EC(電気伝導度)値(Niwa 他 2006)を示すゆえ、沼沢地または淡水～汽水湖の堆積物と推定される。軽石層は、新鮮で円磨された径 1 cm 程の白色軽石を主とし、深度 545.10 ~ 545.35 m に堆積する。

この白色軽石層と千葉県市原市で採取した白尾火山灰層を比較した結果、両者とも角閃石に富み、軽石型と繊維型のガラスを含み、ガラスの主要・微量化学成分と屈折率が一致することが確認された。以上から、コア中の白色軽石は、古期御嶽山起源の白尾火山灰に対比できる。

古期御嶽山から噴出した白尾火山灰は、粗粒な軽石層として山体周辺に多量に堆積した後、木曾川によって下流へ再移動し、濃尾平野の沼沢地または湖に堆積したと考えられる。コア中において MBB よりも下位に白尾火山灰層が堆積することは、噴火後再堆積までのラグが短時間であったことを示す。

以上は、On-Pm シリーズの軽石の再堆積プロセスと類似する。On-Pm シリーズを含む MIS 5.3、5.1 の堆積層もまた、淡水珪藻を産出し、汽水～淡水環境の EC 値を示す。御嶽山起源の軽石は、礫サイズでありながら、扇状地を速やかに通過し、湖または沼沢地に堆積したと考えられる。

・引用文献

須貝・杉山・水野(1999)地調速報 EQ99/3, 69-76.
須貝・杉山(1999)地調速報 EQ99/3, 77-87. 岩崎・須貝・水野・杉山(2009)地理学会要旨. Saegusa, Sugai, Ogami, Kashima, Sasao(2011) *Quatern. Int.* 230, 67-77. Niwa, Sugai, Saegusa, Ogami, Sasao(2011) *Quatern. Int.* 230, 78-86. Sugai, Sato(2015) AGU abstract. Ogami, Sugai, Fujiwara(2015) *Geomorphology* 235, 27-39. Takeshita, Matsushima, Teradaira, Uchiyama, Kumai(2016) *Quatern. Int.* 397, 27-38. Sugai, Sato, Mizuno, Sugiyama(2016) *Quatern. Int.* 397, 30-40.

秋吉台北部におけるドリーネ堆積物中の植物珪酸体化石群と炭化物の年代

江口誠一・渡邊稜也（日本大）・藏本隆博（秋吉台博）

Sei-ichi EGUCHI, Takaya WATANABE and Takahiro KURAMOTO: Radiocarbon dating of charcoal particles and fossil phytolith assemblages from the soils in the dolines on northern Akiyoshi-dai Plateau, Japan

日本国内の石灰岩地域における植生調査は、特異な環境下であることから多くの事例が見受けられる。しかし、その変遷に関しては希少植物種の保護に着目した内容がほとんどで、群落として100年オーダーの長期にわたる議論は極めて少ない。また、石灰岩が侵食して形成された凹地形のドリーネに堆積した風成層からは、周囲の植生を反映した化石の産出が期待される。

山口県の秋吉台は、日本最大の面積をもつカルスト地域で、石灰岩台地上には多くのドリーネが分布している。そのほぼ全域で、ススキやネザサを主体とした草地景観が広がり、かつては有益な採草地として利用されてきた。同地域の江戸時代享保期の絵図や、地下鍾乳洞における石筍内の同位体分析により、少なくとも西暦1700年頃には既に同様の景観となったとされている（岡本・藤川，2013；栗崎・中村・川村・畑江・吉村，2006）。また現在も、観光などを目的とした年1回の火入れを維持し、それを保っている。本研究では、秋吉台上のドリーネ堆積物について、植物珪酸体分析と放射性炭素年代測定をおこない、その草地景観の形成時期について明らかにした。

当地域の草地範囲のほとんどが特別天然記念物に指定されている。その北部に位置する「大シブリ」（OS）、「椎の木平」（SD）、「一杯水」（IM）3ヶ所各地区のドリーネ底において、数地点のトレンチ掘削あるいは検土杖にて、深度1mほどの上位より約10cmごとに植物珪酸体分析用試料を採取した。層相は、下位より褐色微細砂シルト、炭化材を含む褐色シルト質微細砂、表層の暗褐色シルト質細砂と変化した。そのうち地下30～50cmより微細な炭化材が産出し、放射性炭素年代測定用の試料とした。

炭化材についての放射性炭素年代測定の結果はそれぞれ、OS-4地点の地下30cmで 294 ± 22 calBP（PLD-28954）、同地下40cmで 207 ± 18 calBP（PLD-28955）、OS-6地点の地下50cmで $180 \pm$

21 calBP（PLD-34173）、SD-5地点の地下50cmで 612 ± 17 calBP（PLD-28956）、同地下80cmで 647 ± 18 calBP（PLD-29841）、SD-6地点の地下50cmで 211 ± 21 calBP（PLD-34172）、IM-4地点の地下50cmで 818 ± 20 calBP（PLD-31413）、同地下75cmで 314 ± 16 calBP（PLD-31414）、IM-5地点の地下50cmで 188 ± 20 calBP（PLD-34171）であった。

植物珪酸体化石群の産出状況については、「大シブリ」、「椎の木平」の両ドリーネ底に位置する地点において先行して分析を進めた。OS-1地点では、地下30cmの層準を境に組成が変化した。下位層では樹木が多く見られたが、上位層でススキ型、チガヤ型、シバ型などの草本類をはじめ、タケ亜科、ネザサ節も増加し、その傾向は表層部で顕著となった。OS-2地点とOS-3地点はともに地下20cmより上位で、OS-4地点は地下20cmより上位で、それぞれススキ型、タケ亜科、ネザサ節が増加した。また、SD-5地点では地下60～50cmでタケ亜科とネザサ節が増加傾向にあり、表層部でそれが顕著となった。

予察の状況ではあるが、放射性炭素年代値が得られた層準から、植物珪酸体化石群の組成に変化が認められた。何れも年代試料が炭化物であることから、木本類の生育と、それより上位層の草本類の拡大が推定される。数値の暦年代が中世から近世を示し、それから現在まで調査地周辺域において、ススキやタケ・ササ類を主体とする草地景観が広がっていたと考えられる。よって、絵図や石筍の同位体分析という別の方法による従来の見解と整合する結果が得られた。今後は、さらに分析地点を増やすと共に、地点間およびドリーネ間の堆積環境の違いを考察に加えた調査・分析を進める計画である。

引用文献：岡本・藤川（2013）洞窟学雑誌，37，1-20。栗崎・中村・川村・畑江・吉村（2006）地球化学，40，245-251。

青森県屏風山砂丘地帯南部における MIS 5e 以降の海面変動を記録する地形・堆積物
小岩直人・高橋未央・柴 正俊・片岡俊一(弘前大), 菊池元良((株)興和), 横山装起(弘前大・院)
Naoto KOIWA, Mio TAKAHASHI, Masatoshi SHIBA, Shunichi KATAOKA, Motoyoshi KIKUCHI, Saki YOKOYAMA: Landforms, marine and terrestrial sediments recorded sea-level change since the MIS 5e in southern part of the Nishi-Tsugaru Coast, Aomori Prefecture

1. はじめに

青森県津軽半島の西縁には、海成段丘 (MIS 5e: 吾妻, 1995), およびそれを被覆する砂丘からなる南北約 30 km, 東西幅 3~5 km の台地がみられ、屏風山砂丘地帯と呼ばれている。本地域では、遠藤・辻 (1977), 辻・遠藤 (1978) により、おもに海食崖を対象とした詳細な調査が行われ、上部更新統の層序が明らかにされてきた。近年、護岸工事等により、これらが観察できる場所が減少してきたが、新たな港湾の建設に伴った沿岸漂砂の遮断により、調査地域南部では海食崖の侵食が進み、段丘構成層の露出が良好となっている (図 1)。本報告では、調査地域において、後期更新世の海面変動を記録する地形、および堆積物を新たに見出し、検討した結果を報告する。

2. MIS 5e 地形および堆積物の記載

調査地域南部に位置する Loc. 1 では、厚さ約 7m の海成段丘構成層が認められる。上部 4m は細粒砂からなるラグーン堆積物、その下位には上部外浜環境を示すと思われるトラフ型斜交層理の発達する砂礫層、さらに下位には平行ラミナの発達する細粒砂層がみられる。これらの堆積物は厚さ 1.2m のローム層が被覆し、その最下部には層厚 10 cm の洞爺テフラ (Toya: MIS 5d: 約 11.2~11.5 万年前降下) がみられる (分析は EPMA による)。Toya の基底の標高は 15.1m となっている。

Loc. 1 の約 1.2km 北に位置する Loc. 2 では、海成段丘堆積物を侵食する谷、それらを埋積する堆積物、砂丘の断面が観察できる。MIS 5e の海成段丘堆積物を不整合に覆う砂層がみられ、その上位には厚さ約 80cm の泥炭質砂層が谷地形を埋積する。その基底から約 20cm 上位には厚さ 15cm の Toya が挟んでいる (標高は 5.35m)。このように Toya 降下時には相対的な海面低下により本

地域は陸域となっていたと判断される。花粉分析を実施した結果、Toya の下位が冷温帯~亜高山帯、上位は落葉広葉樹林の植生が復元でき、調査地域においても MIS 5e~Toya 降下に気候の寒冷化を認めることができる。陸上に残存する堆積物からは、MIS 5e~5d の相対的な海面低下量は、Loc. 1 と Loc. 2 における Toya の分布高度の差の約 10m、段丘面の汀線アングルを考慮すると 15m 以上であると思積することが可能であろう。

3. 完新世の高海面期を示す地形および堆積物

本調査地域の南部では、遠藤・辻 (1977) により幅 1km を超える完新世の高海面期に形成された波食棚 (年代値に関する直接的な資料は得られていない) の存在が指摘されている。波食棚の標高は約 2.5m である。Loc. 3 では、海成段丘構成層、基盤岩を切って発達する谷、それを覆う完新世の堆積物がみられる。ここでは、有機質のシルト~細粒砂層と青灰色の細粒砂層との互層がみられ (標高 2.2~3.6m)、この堆積物の基底に挟まれている木片から、7,940~7,780 cal BP (IAAA-170110)、最上部付近の木片から 7,170~7,000 cal BP (IAAA-170111) の縄文海進の高頂期を含む年代が得られた。近年の海食崖の後退に伴い、新たなストームベンチが形成されており、その標高は約 2.5m と、縄文海進高頂期の波食棚の高度と調和的である。

引用文献: 我妻 (1995) 第四紀研究, 34, 75-89.
遠藤・辻 (1977) 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 (応用地学), 12, 1-11. 辻・遠藤 (1978) 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 (応用地学), 13, 69-72.

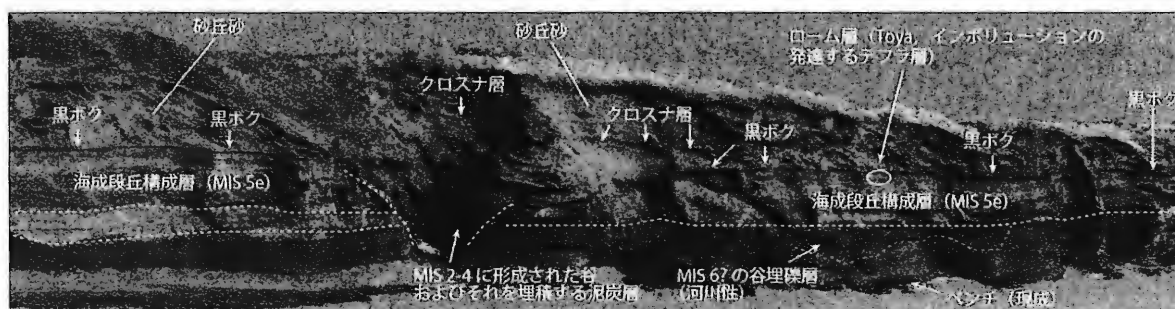


図 1. 調査対象地域の 3D 地形モデル。
小型 UAV で撮影した画像を PhotoScan を利用して作成

東グリーンランド中央部、スコアズビースンド周辺の

貝化石の年代と地形発達史

—最終氷期最盛期のグリーンランド氷床復元における意義—

三浦英樹（極地研）・前杵英明（法政大）・奥野淳一（極地研）・高田将志（奈良女子大）

Hideki MIURA, Hideaki MAEMOKU, Jun'ichi OKUNO, Masashi TAKADA: Age of fossil shells and historical geomorphology around the Scoresby Sund in the central part of East Greenland: Significance of reconstruction of the Greenland Ice sheet at the Last Glacial Maximum

東グリーンランド中央部のスコアズビースンド（Scoresby Sund）は、グリーンランド最大のフィヨルドである。このフィヨルド周辺の海岸には隆起海浜堆積物が断片的に分布する。これまで、これらの堆積物に含まれる貝化石の放射性炭素年代と産出高度および地形的に認定された完新世最高位旧汀線高度に基づいて、完新世の海面変化曲線が描かれてきた。その中で最も高い旧汀線高度は 100m を越えることが報告されている（Funder, 1978）。これらの完新世の海面変化のデータと地球の粘弾性モデルを組み合わせた氷河性アイソスタシー調整（GIA: Glacial Isostatic Adjustment）に基づいて、最終氷期最盛期のグリーンランド氷床の復元も行われており（例えば、Tushingham and Peltier, 1991; Fleming & Lambeck, 2004）、いずれのモデルも、スコアズビースンド周辺では、最終氷期最盛期以降の氷床融解量の層厚は、グリーンランドの他地域に比べて相対的に厚く、少なくとも 1500m 程度に達していたと推定されている。

また、Funder (1978) は、スコアズビースンド地域の陸上高地であるジェムソンランド半島（Jameson Land Peninsula）西岸の隆起海浜堆積物中に、最終氷期最盛期よりも古い 3~4 万年前の貝化石が含まれることを報告し、この古い年代の貝化石の存在などを証拠として、ジェムソンランド半島の一部は最終氷期最盛期には氷床に覆われなかったと考えた（Funder and Hjort, 1973; Funder et al., 2001）。一方、Håkansson et al. (2008) は、 Be^{10} と Al^{26} を用いた表面照射年代に基づいて、最終氷期最盛期には、寒冷氷河がジェムソンランド半島を覆い、その末端は大陸棚縁まで到達していたと推定した。このように、最終氷期最盛期における、この地域周辺の陸上高地の氷床の存在状況や氷床底面環境については、① 氷床に覆われていなかったという見解（Funder et al., 2011）と② 侵食力のない寒冷氷河に覆われていたという見解（Håkansson et al., 2008）の 2 つに議論が分かれている。

本発表では、まず、スコアズビースンド周辺において実施した予察的な野外地形地質調査（貝化石が含まれる堆積物の特徴や貝化石の産状の観察、海岸地形・堆積物と融氷河地形・堆積物との層位関係など）の結果、および採取した貝化石

の放射性炭素年代を報告する。次いで、これらの結果から、① 従来、この付近で 100m の高度を超える完新世最高位旧汀線と考えられていた地形が、最終氷期最盛期以降のグリーンランド氷床の後退過程で形成された融氷河性の地形・堆積物であること、② 海成層の分布状況と地形の関係から、この付近の完新世最高位旧汀線高度は、概ね 50~60m であること、③ 完新世の貝化石を含む海成層直下に位置する氷河堆積物・融氷河性堆積物に 3~4 万年前の貝化石の破片が含まれることから、最終氷期最盛期の氷床は侵食力のある温暖氷河であったこと、④ 上記の観察結果や事実から考えて、スコアズビースンド周辺における、最終氷期最盛期以降の GIA による氷床融解量の層厚は、従来、Tushingham and Peltier (1991) や Fleming and Lambeck (2004) が考えていた値より少なく見積もられること、を報告する。この考え方は、これまでの Funder et al. (2001) や Håkansson et al. (2008) の見解とも異なる第 3 の考え方となる。

引用文献:

- Fleming, K. and Lambeck, K. 2004. Constraints on the Greenland Ice Sheet since the Last Glacial Maximum from sea-level observations and glacial-rebound models. *Quat. Sci. Rev.*, 23, 1053-1077.
- Funder, S. (1978) Holocene stratigraphy and vegetation history in the Scoresby Sund area, East Greenland. *Grønlands Geologiske Undersøgelse Bulletin*, No. 129.
- Funder, S. and Hjort, C. (1973) Aspects of the Weichselian chronology in central East Greenland. *Boreas*, 2, 69-84.
- Funder, S., Kjeldsen, K.K., Kjaer, K. H. and Cofaigh, C. O. 2011. The Greenland Ice Sheet during the past 300,000 years: A review. In *Quaternary Glaciations—extent and chronology A Closer Look*. eds. Ehlers, J. et al., 699-713. Elsevier.
- Tushingham, A.M. and Peltier, W.R. (1991) ICE-3G: a new global model of late Pleistocene deglaciation based upon geophysical predictions of post-glacial relative sea level change. *J. Geophys. Res.*, 96, 4497-4523.

伊豆諸島に見られる海生生物遺骸の固着した「打ち上げ巨礫」

北村晃寿 (静岡大)

Akihisa KITAMURA: Discovery of coastal boulders with marine organisms attached from Izu lands, Japan

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波による激甚災害を教訓に、中央防災会議は、南海トラフで起こる巨大地震の震源域・波源域を見直し、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの津波の高さの予測を2012年に公表した。そして、これらの最大クラスの巨大な地震・津波を「レベル2の地震・津波」とし、これまで防災対策の対象としてきた東海地震、東南海地震、南海地震とそれらが連動するマグニチュード8程度のクラスの地震・津波を「レベル1の地震・津波」と表現した。著者の一人の北村は共同研究者と静岡県中東部の海岸低地で津波堆積物の調査を行った (Kitamura et al., 2013; Kitamura and Kobayashi, 2014; 北村・小林, 2014; 北村ほか, 2014 など)。その結果、同県では過去4千年間に、最大クラスの津波の発生を示す津波堆積物は見つかっていない (Kitamura, 2016)。

レベル2津波の設定条件の中で、静岡県に最大被害を与える想定は、伊豆諸島でも最大波高の津波をもたらす、新島では30 m、式根島と神津島では28 m、三宅島では17 mである。そこで、これらの島で、打ち上がった巨礫を調査した。その結果、海生生物遺骸の固着した「打ち上げ礫」を、神津島と三宅島で1個ずつ発見した。遺骸の14C年代測定の結果、神津島の巨礫 (標高2.4 m, 推定重量13.3トン, Cal AD 1694-Modern) は1703年の元禄関東地震、1854年安政東海地震、1923年の大正関東地震の津波が高潮によると思われる、三宅島の巨礫 (標高7.1 m, 推定重量33.4トン, 核実験後) は1979年台風20号の高潮によると思われる (Kitamura et al., 2017, Quaternary International

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.040>)。レベル2津波の発生を示唆する巨礫は見つからなかった。この結果は、Kitamura (2016) と調和的である。なお、三宅島に置いて隆起貝層 (標高2.31-3.06 m, 3900-3500 years BP.) を発見し、報告した (Kitamura et al., 2017)。

・引用文献

Kitamura, A. (2016) Examination of the largest-possible tsunamis (Level 2 tsunami) generated along the Nankai and Suruga troughs during the past 4000 years based on studies of tsunami deposits from the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Progress in Earth and Planetary Science*, 3:12 DOI: 10.1186/s40645-016-0092-7

Kitamura, A., Fujiwara, O., Shinohara, K., Akaike, S., Masuda, T., Ogura, K., Urano, Y., Kobayashi, K., Tamaki, C. and Mori, H. (2013) Identifying possible tsunami deposits on the Shizuoka Plain, Japan and their correlation with earthquake activity over the past 4000 years. *The Holocene*, 23, 1682-1696. DOI: 10.1177/0959683613505345

Kitamura, A., Imai, T., Miyairi, Y., Yokoyama, Y. and Iryu, Y. (in press) Radiocarbon dating of coastal boulders from Kozushima and Miyakejima Islands off Tokyo Metropolitan Area, Japan: implications for coastal hazard risk. *Quaternary International* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.040>

Kitamura, A. and Kobayashi, K. (2014) Geologic evidence for prehistoric tsunamis and coseismic uplift during the AD 1854 Ansei-Tokai earthquake in Holocene sediments on the Shimizu Plain, central Japan. *The Holocene*, 24, 814-827. DOI: 10.1177/0959683614530447

北村晃寿・小林小夏 (2014). 静岡平野・伊豆半島南部の中・後期完新世の古津波と古地震の地質学的記録. *地学雑誌*, 123, 813-834.

北村晃寿・大橋陽子・宮入陽介・横山祐典・山口寿之 (2014) 静岡県下田市海岸から発見された津波石. *第四紀研究*, 53, 259-264.

南アルプス七面山の崩壊と AD1096 永長東海地震

荻谷愛彦 (専修大)

Yoshihiko KARIYA: The causal link between the Schimen-zan rockslide and AD1096 Eicho Tokai megaquake in central Japan

1. はじめに

南アルプス東部の七面山 (山梨県早川町; 北緯 35.3704 度, 東経 138.3504 度, 標高 1983 m) 東面には広大な岩盤崩壊地が存在する。崩壊面には岩盤重力変形を示す地層の変形・切断が現れている。また地表に多数の線状凹地が分布する (千木良 1995)。七面山崩壊地は糸魚川-静岡構造線に沿い、地質は西傾斜の四万十帯堆積岩類からなる。山岳信仰に関連した古文書の解読に基づき、七面山崩壊地は AD1600 年代には存在していたとされてきた (永井・中村 2000)。しかし崩壊の開始時期や発達過程に関する情報は依然少ない。山岳の地形発達論や流域防災論の事例研究として、七面山崩壊地に関する地形・地質学的知見を積み増すことは重要である。

2. 崩壊性堰き止め湖沼堆積物の発見と編年

演者は七面山崩壊による堰き止め湖沼堆積物を見いだした。同堆積物は七面山崩壊地と本流 (春木川) との合流点 (標高約 645 m) より、本流をやや遡上した右岸谷壁 (標高約 670 m) に露出する。同堆積物の下限は現河床下にあり全層厚は不明であるが、数 10 cm 以上確認される。同堆積物はシルト・砂を主とし、大型植物遺体を含む。また厚さ 4 m 前後の支流性土石流堆積物 (計 3 ユニット) に不整合で覆われる。

湖沼堆積物には成長中に埋没したとみられる直立樹幹が認められる。そのうちの 2 本について樹幹最外部を微量採取して ^{14}C 年代を測定した。また湖沼堆積物の上位の土石流堆積物のうち、湖沼堆積物を覆う最下位のユニットから得た木片の年代も測定した。この結果、直立樹幹から cal

AD1057-1075・1153-1225・1231-1245 (試料 1) と cal AD 1034-1164 (試料 2) を、土石流堆積物中の木片から cal AD 1438-1514・1598-1618 (試料 3) を得た (図 1; 暦年代は全て 2σ)。

3. 崩壊の発生年代と誘因

これらの年代や堆積物の分布、地形の状況から、直立樹幹は AD1055-1160 頃に枯死し、その期間には合流点より上流側に湖沼が成立していたと判断される。この時代かそれ以前に、堰き止め湖沼を形成する程度の岩屑を生産した中～大規模の崩壊が生じたと考えられる。また湖沼が消滅した後、AD1440-1620 頃に春木川右岸支谷で土石流が発生し、露頭地点に押し出したとみられる。これらの崩壊や土石流の誘因は未詳であるが、年代の符号性から崩壊は南海・駿河トラフを震源として AD1096 年 12 月 (永長元年十一月) に発生した巨大地震 (推定 $M=8.0-8.5$; 宇佐美ほか 2013, 石橋 2014) が有力候補となる。また土石流には AD1498 明応地震 ($M=8.2-8.4$) や AD1614 慶長地震 ($M=$ 未詳) が関係した可能性がある。

七面山崩壊地は発生から現在まで 900 年程度、またはそれ以上経過していることが確実である。現時点では堰き止め湖沼堆積物の年代と歴史史料との符号性のみで崩壊の発生年代と誘因を論じているが、今後、集中降雨や内陸活断層による地震動と崩壊との関連を検討する余地がある。

引用文献: 千木良 (1995) 「風化と崩壊」近未来社。石橋 (2014) 「南海トラフ巨大地震」, 岩波書店。永井・中村 (2000) 地すべり, 37, 20-29。宇佐美ほか (2013) 「日本被害地震総覧 599-2012」, 東大出版会。

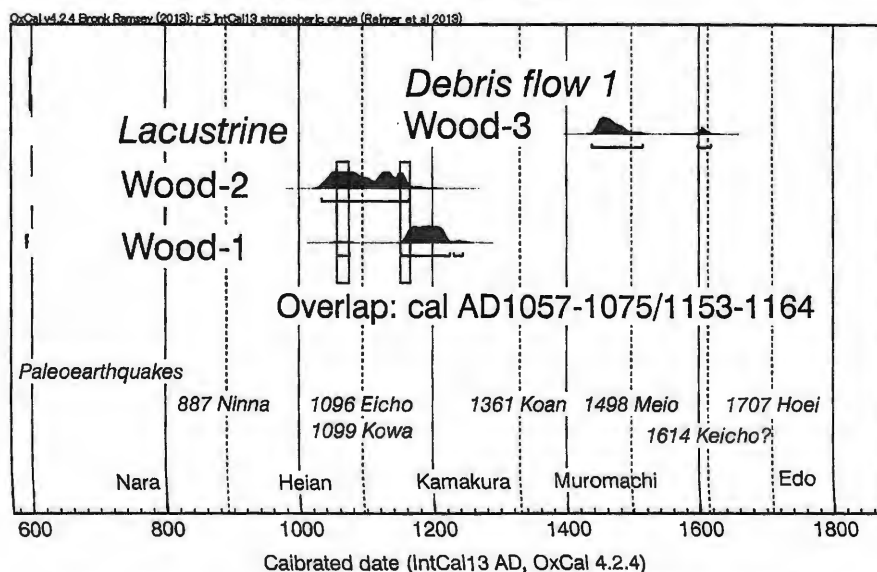


図1 試料の較正暦年確率分布と調査地域に関する主な海溝型巨大地震

熊本地震に伴い阿蘇カルデラ内に生じた大規模亀裂帯の形状と形成場

金 幸隆・長井瑞樹（大阪市大）

KIM, Haeng-Yoong and Mizuki NAGAI (Osaka City University): Geometry and Formation Field of the Large Magnitude of Fissure Zone Generated in Aso-caldera Associated with Kumamoto Earthquake

1. はじめに

熊本地震では、阿蘇カルデラ内の沖積低地に、側面に亀裂を伴った細長い地溝が形成された。地溝・亀裂の成因に関しては、地下に地すべり面を伴う地盤の側方流動・移動、地下空間の陥没、正断層地震断層など考えられている。本研究は、亀裂の形状を詳細に調査し、それに基づき性状を究明した。さらに亀裂帯の形成場に関する地形・地質的な特徴を明らかにし、亀裂の成因を考察した。

2. 亀裂の形状と地溝の分類

阿蘇谷に形成された地溝には、両側壁面に沿って上下変位を伴う開口亀裂が断続的に分布し、また地溝底面にも、複数の開口亀裂が出現している。開口亀裂の地表トレースは雁行状に分布し、地面はジグザグに割れている。

亀裂の形状について、開口の向きと量および上下変位に基づき詳細に調べた。地面に現れた亀裂は、①地面が2つに割れて開口している典型的な亀裂に加えて、②低下側の地盤が隆起側に向かって巻き上げられ、ブロックが回転した亀裂、③開口亀裂と開口亀裂の間に、ブロックが落ち込み、地盤が陥没した亀裂が認められた。②の回転型では、見かけ開口量が地表面で大きく、地下で狭いため、回転したブロックを変形前の元の形状に復元した後に開口量を見積もった。③の陥没型では、亀裂ごとに開口量を測定し、合算した。開口の向きはジグソーマッチングを行い、クリノメータで測定した。

その結果、開口の向きは概ね北西—南東である。狩尾では、地表流で扇端斜面が緩い場所があり、亀裂トレースが北東側に凸に曲がっており、ここでは北北東—南南西～西西北—東南東に開口方向の振りが大きくなる。ただし、北西側に向かって開口方向の焦点がある。開口量は最大約1.7mであり、LiDARとSAR情報の解析結果と調和する。

地震後にオートレベルで地形断面測量を実施し、地震前の5mメッシュ地形データと比較した。その結果、幅40m～200mの細長い地溝が認められた。上下変位は地溝側面で最大1.4mに達するが、亀裂帯のみに変位が認められた。この地溝帯を挟んで、両側の地盤には上下変位の差はなく、単純正断層帯を示唆する広域的ハーフグラベンや断層面は認められない。したがって地溝は、開口亀裂で限られた陥没である。

3. 亀裂帯形成場の地形的特徴

空中写真の判読によって地形分類図を作成した。中央火口丘の山麓には、合成扇状地が分布する。扇状地は段丘化し、山麓には沖積谷が認められる。阿蘇谷平野には、北西方向に広がる扇状地

が分布し、阿蘇谷平野には複合扇状地が形成されている。扇端の地形は舌状を呈し、本流・黒川沿いの沖積低地との境界線はこれを反映して曲がりを伴う。扇端部は緩い斜面になっており、その幅は約50m～500m、勾配は約1%～2%である。黒川は蛇行しながら、阿蘇谷を南西方向に流れる。黒川沿いには、勾配の極めて緩い氾濫原および低位段丘が分布し、こうした沖積低地には流路跡も認められる。亀裂帯は、正に、この沖積低地と扇状地の境界に沿って分布している。

4. 亀裂帯形成地域の地質的特徴

狩尾地区では、支流の乙姫川に沿って6地点のボーリング情報がある（九州地盤データベース、2005；2012）。北西側から南東の順に地点1～6とすると、1～5は本流の沖積低地に位置し、扇状地には6がある。地点4の柱状図は深度69.0mまであり、その層序は深部から浅部に向かって順に深度65.2～69.0m：上部に厚さ0.2mの風化帯を伴った安山岩（N値>50）、深度61.1～65.2m：軽石を含むシルト質砂（N値9～>50）、深度16.0～65.2m：砂とシルトの混じる粘土（N値1～3）、深度5.4～16.0m：シルト質粘土層を挟む砂層（N値22～>50）、深度0.8～5.4m：ローム（N値2～15）および0～深度0.8m：表土からなる。地点6では、砂層主体のやや硬質な砂地盤であり、深度52mまで砂礫層を挟むシルト層（N値<1～6）と砂層（N値6～>50）の互層が認められた。

地下層序は、地形を極めてよく反映し、本流沖積低地の地下には、硬質の安山岩の上に軟弱な粘土層が厚く堆積する。河川が流れる以前の湖底堆積物と推定される。これに対して、扇状地の地下には、やや硬質な砂層が堆積する。砂層は段丘堆積物に対比され、扇状地層と判断される。開口亀裂の位置は粘土層と砂層の地質境界とほぼ合致する。我々は、亀裂が地質境界のある地下約65mまで伸びる可能性を示す。

内牧では、地震時に温泉ボーリング孔が深度約50mで系統的に曲げられたことから、Tsuji et al. (2017)はこの深さに水平なすべり面の存在を推定した。狩尾でも安山岩風化帯の深度65.5mよりも浅い場所で、亀裂のある地質境界を堺目に水平すべりが生じている可能性がある。

5. 亀裂帯形成地域のテクトニックな特徴

熊本地震の震源断層の地表変形シミュレーションを行った。阿蘇谷は広域隆起エリアにあり、航空・宇宙測地の解析情報とも調和する。阿蘇谷では、表層地盤に起因した揺れの差が地質境界で生まれ、また北西阿蘇全体が伸張場であったために、大規模な陥没帯が形成されたと考察する。

地震波減衰トモグラフィから見る 2016 年熊本地震震源域下の流体分布

竹中博士・小松正直・小田 仁 (岡山大)

Hiroshi TAKENAKA, Masanao KOMATSU, Hitoshi ODA: Distribution of fluids beneath the source region of the 2016 Kumamoto earthquakes by seismic attenuation tomography

1. はじめに

2016 年熊本地震における一連の地震は布田川断層帯及び日奈久断層帯、別府-島原地溝周辺で発生しており、九州のこの地域では高減衰領域が大分から熊本に欠けて北東-南西方向に分布していることが知られている (例えば、小松・小田, 2015)。一般に減衰をコントロールする主な要因として温度と流体の存在が考えられている。本研究では、特に 2016 年熊本地震の震源域周辺をターゲットとして、P 波および S 波の詳細な 3 次元減衰トモグラフィを実施し、地下の減衰構造と 2016 年熊本地震の地震活動との関係を議論する。

2. データ・方法

使用した地震は、九州地方の $129.4^{\circ}\text{E} \sim 132.4^{\circ}\text{E}$, $31.5^{\circ}\text{N} \sim 34.1^{\circ}\text{N}$ の範囲内であつ、2002 年 6 月~2012 年 5 月の期間に発生したものである。これらのイベントはすべて 2016 年熊本地震以前のものである。80 観測点、743 イベントから、P 波 11512 個、S 波 11820 個の波線経路のデータを用いて、トモグラフィにより減衰構造を推定した。その際、地殻内の分解能を最大限にするため、水平方向および地殻内の深さ方向の格子点間隔は 0.125° および 5-8 km とした。

3. 結果と議論

図 1 は布田川断層および日奈久断層に沿った P 波減衰構造の鉛直断面である。熊本地震の震源域 (上部地殻) は低減衰領域が分布し、最大前震と本

震の震源付近で高減衰である。布田川断層の低減衰領域は Asano & Iwata (2016) による震源インバージョンによる大きな断層すべり領域 (強震動生成域) に対応する。一方、下部地殻では震源域下全域にわたって、高減衰領域が広がっている。

この地域では温泉水の分析による $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が報告されており (Horiguchi & Matsuda, 2013)、本震の震央近傍の地点で高い値を示している。また、Aizawa et al. (2017) はこの地域における比抵抗構造を推定しており、震央付近の下部地殻内で高い電気伝導率を示す。上述の通り、震源域の下部地殻は高減衰であり、以上のことはマントル起源の流体が下部地殻内に存在することを示唆する。下部地殻に存在する流体は震央周辺で下部地殻から上部地殻に入り込んで、そこに存在する断層の摩擦力を低下させている。そのような場で今回の地震は発生したと考えられる。

引用文献: Aizawa et al. (2017) *Earth Planets Space*, 69, 4. Asano & Iwata (2016) *Earth Planets Space*, 68, 147. Horiguchi & Matsuda (2013) *Chem. Geol.*, 340, 13-20. 小松・小田 (2015) 地震 2, 67, 105-124.

謝辞: 地震波形及び気象庁一元化震源は防災科研で公開されたものを使用しました。なお、本研究の一部は科研費 (課題番号 26282105) の補助を受けました。

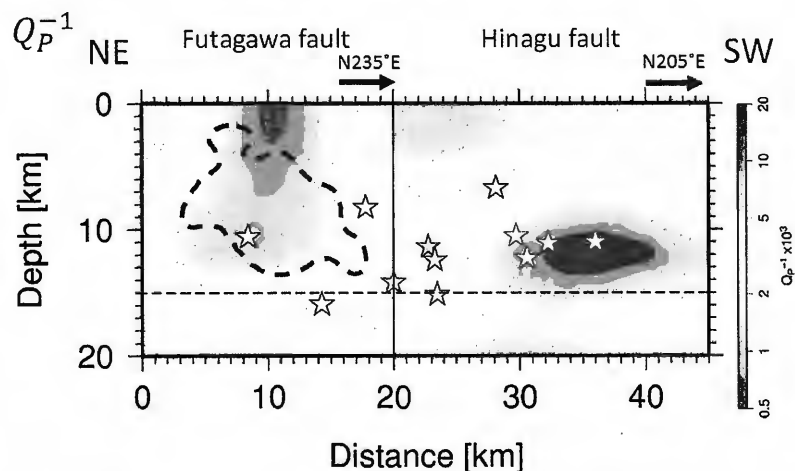


図 1 布田川・日奈久断層下の P 波減衰構造の鉛直断面

緑色と黄色の星はそれぞれ最大前震 (M6.5) と本震の震源。白色の星は前震後 1 ヶ月以内に発生した M5.0 以上の余震の震源。破線はトモグラフィで用いたコンラッド面の位置。赤い破線は Asano and Iwata (2016, EPS) による本震の断層すべりの大きかった領域。

北海道東部、茨散沼のコア試料の化石花粉およびテフラ分析

藤木利之（岡山理大）・和田恵治（北海道教育大）・佐藤鋭一（神戸大）・奥野 充（福岡大）

Toshiyuki FUJIKI, Keiji WADA, Eiichi SATO, Mitsuru OKUNO: Pollen and tephra analyses on cored sediments from Lake Barasantou, eastern Hokkaido, north Japan

1. はじめに

北海道には完新世に噴火した火山が数多くあり、テフラの堆積によって植生が何らかのインパクトを受けた可能性がある。我々は、道東の茨散沼周辺の湿原において、ピートサンプラーを用いて泥炭試料を採取し、その堆積年代を明らかにするため、加速器質量分析法（AMS）による放射性炭素（ ^{14}C ）年代測定と電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）による火山ガラスの主成分化学組成分析を行った。さらに堆積物に含まれる化石花粉を検鏡して、得られた化石花粉組成から茨散沼周辺の植生変遷を解明するとともに、テフラ降下による植生への影響についても検討した。

2. 試料採取地点と分析試料の概要

茨散沼は、道東の別海町にある西丸別川中流にある堰止湖で、面積 0.3 km^2 、平均水深 5 m であり、その周辺には湿原が成立している。別海町の年平均気温は 5.6°C 、年間平均降水量は 1187 mm で、海洋性気候の影響で積雪が少ない。沼にはジュンサイやコウホネが多く、周辺にはヨシやスゲ類とハンノキやヤチヤナギが生える低層湿原がみられる。湿原周辺には、オオアワガエリを主体とする牧草地が広がっている。

茨散沼下流部の北緯 $43^\circ 25' 23''$ 、東経 $145^\circ 15' 13''$ （標高 4.4 m ）においてピートサンプラーで 330 cm のコア試料を得た。コア試料は、全層が未分解の泥炭堆積物からなり、5 枚のテフラ（第1層：38～41 cm、第2層：150～159 cm、第3層：207～216 cm、第4層：264～271 cm、第5層：315～330 cm）が確認された。

3. 分析結果と考察

・放射性炭素年代とテフラの同定

^{14}C 年代は、深度 230 cm で $3765 \pm 25 \text{ BP}$ 、 95 cm で $935 \pm 25 \text{ BP}$ 、 65 cm で $370 \pm 25 \text{ BP}$ であり、それぞれ約 4.1 cal kBP 、約 0.8 cal kBP 、約 0.4 cal kBP の暦年代に相当した。テフラの同定結果は、第1層（38～41 cm）は、駒ヶ岳 1694 年 噴火の火山灰（Ko-c2）に対比されたが、僅かながら樽前山 1739 年 噴火の火山灰（Ta-a）の粒子も混在していた。第2層（150～159 cm）は、樽前山 Ta-c（ 2.5 cal kBP ）に、第3層（207～216 cm）は、摩周火山 Ma-d（ 4 cal kBP ）に対比され、第4層（264～271 cm）は、摩周火山 Ma-e（ 5.5 cal kBP ）に、第5層（315～330 cm）は、摩周火山 Ma-g（ 7.6 cal kBP ）に対比された。

・化石花粉組成

花粉分析では、全層でコナラ属コナラ亜属が優占し、その他、最下部から約 300 cm までイネ科、カラマツソウ属、ヨモギ属が多い。約 240 cm ま

ではハンノキ属とシダ胞子が優占する傾向があった。約 150 cm からはモミ属、トウヒ属、マツ属のマツ科針葉樹が増加し、コナラ属コナラ亜属の若干の減少がみられた。約 70 cm からはヤチヤナギ、カバノキ属、ハンノキ属の増加とともに、コナラ属コナラ亜属の減少がみられた。摩周 g（Ma-g）降下後、泥炭が堆積を始めた当時は、ハンノキ属、イネ科、カラマツソウ属、ヨモギ属、シダ類が多く、地下水位が非常に低い湿地であった。その後、徐々に地下水位が高くなり、約 $5 \sim 4.5 \text{ cal kBP}$ までには現在のような湿地になったとみられる。 2.5 cal kBP から気候が冷涼化し、マツ科針葉樹が増加する。約 0.8 cal kBP 以降は、若干地下水位が下がったためか、再びヤチヤナギやハンノキ属が増加し、湿地の縁辺に繁茂したとみられる。同時に、コナラ属コナラ亜属が減少し、カバノキ属の増加がみられる。これは人類の影響を示している可能性がある。

・テフラ降下による植生へのインパクト評価

今回の分析では、この周辺の植生が地下水面の変化や人類の影響を受けたことは検出できたが、テフラ降下による植生への明瞭な影響は認められなかった。このことは、層厚 $10 \sim 15 \text{ cm}$ 程度のテフラでは、周辺の植生にほとんど影響しないのかもしれない。しかし、現在も本湿地に生育するコタヌキモやモウセンゴケのような高さが数 cm の湿地性植物には多大な影響があったはずである。これらの植物の花粉生産量は非常に低く、今回の花粉分析では検出されなかった可能性もある。今後、テフラの直下・直上については、化石花粉の測定数を増やす必要がある。

この他にも泥炭試料と花粉分析の分解能の問題が考えられる。泥炭層は、陸上の堆積物のなかでは分解能の比較的高いものであるが、Ko-c2 に対比される第1層への Ta-a ガラスの混入は、このような粒子の上下移動があり得ることを示す。両者の噴火間隔は 45 年 であり、この程度の期間での植生へのインパクトとその回復プロセスは、ある程度攪乱されてしまうであろう。また、花粉分析のサブサンプリング間隔の 5 cm は、上記の平均堆積速度から年代に換算すると、約 $35 \sim 150 \text{ 年}$ に相当する。テフラの堆積によるインパクトを評価するには、さらに高密度なサブサンプリングが必要かもしれない。

アリューシャン列島中央部、アダック島のハベン湖周辺の植生変遷

野口真（岡山理科大）・藤木利之（岡山理科大）・奥野充（福岡大）・鳥井真之（熊本大）・
Lyn Gualtieri（シアトル大）・Virginia Hatfield（アリューシャン博物館）・Brenn Sarata（フグロ NV）・
和田恵治（北海道教育大）・中村俊夫（名古屋大）・Dixie West（カンザス大）

Makoto NOGUCHI, Toshiyuki FUJIKI, Mitsuru OKUNO, Lyn GUALTIERI, Virginia HATFIELD, Brenn SARATA, Masayuki TORII, Keiji WADA, Toshio NAKAMURA, Dixie WEST: Vegetation change viewed from pollen analysis around Haven Lake in Adak Island, Central Aleutians, Alaska

アリューシャン列島中央部、アダック島のハベン湖から得られた泥炭試料（ADK13083002 コア）について、花粉分析ならびに木炭片の個数・光学顕微鏡下でのみかけの断面積を測定した。その結果、過去の植生変遷および人類の移動と定着が明らかとなった。上位より HL-1, 2, 3, 4 の花粉帯が識別され、HL-1 帯ではガンコウラン属、オウレン属を含むキンポウゲ科、HL-2 ではガンコウラン属、イネ科、オウレン属を含むキンポウゲ科、HL-3 ではガンコウラン属、イネ科、HL-4 ではガンコウラン属、イネ科、カヤツリグサ科、ヒカゲノカズラ科がそれぞれ優占していた（図 1）。木炭片の約 180 cm（約 9.5 cal kBP）付近で若干出現し、Intermediate 上部の約 120 cm（約 7.0 cal kBP）から非常に多く見られるようになった。顕微鏡下で木炭片の断面積を測定した結果、約 9.5 cal kBP 付近の木炭片は大きさが非常に小さいため（ $20 \mu\text{m}^2$ 未満）、遠方飛来の可能性が考えられ

る。約 7.0 cal kBP 以降の木炭片の大きさは $100 \mu\text{m}^2$ 以上ではるかに大きい。約 7.0 cal kBP の貝塚（ADK-171）も発見されていることから、周辺の居住地からアリュートが使用した木炭が飛来したと考えられる。

引用文献: Okuno, M., Gualtieri, L., West, D., Wilmerding, E., G. and Nakamura, T. (2007) Aleut Shell Mounds Intercalated with Tephra Layers in Adak Island and Adjacent Volcanoes in the West-central Aleutians, Alaska, USA. *The Journal of the Geological Society of Japan*, 113, XI-XII.

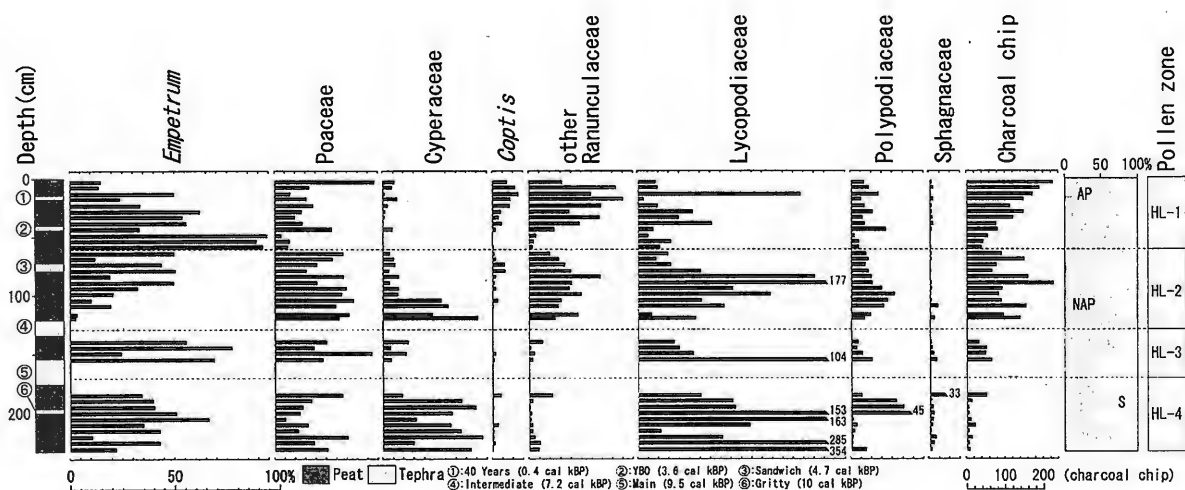


図.1 ADK13083002 コアの花粉・孢子変遷図

紀伊半島倶留尊山周辺における最終氷期最盛期から晩氷期の植生変遷—池ノ平湿原、お亀池湿原堆積物の花粉分析

高原 光・増田 彩^{*1} (京都府大) ^{*1}: 現在, 大阪大学

Hikaru TAKAHARA, Aya MASUDA: Vegetation changes from the Last Glacial Maximum to the late-glacial in Mt. Kuroso, Kii Peninsula, Japan based on pollen records from Ikenohira mire and Okameike mire

1. はじめに

花粉分析を用いた近畿地方における植生変遷に関する研究は、琵琶湖堆積物をはじめ多くの地点で進められてきたが、紀伊半島においては、浮島の森(竹岡・高原 1983, 松下 1988), お亀池湿原(竹岡ほか, 1982), 池ノ平湿原(松岡ほか, 1983)などの報告があるが多くない。また、お亀池湿原以外では最終氷期における植生の解明が十分でない。ここでは、最終氷期最盛期以降の堆積物を得ることができた三重県池ノ平湿原における花粉分析結果と隣接するお亀池湿原の資料(竹岡ほか, 1982)に基づき、三重県と奈良県の県境域に位置する倶留尊山周辺における最終氷期最盛期から完新世初期の植生変遷について報告する。

2. 試料採取地と堆積物試料

池ノ平は、三重県津市美杉町太郎生池ノ平に位置し、三重県と奈良県の県境域に位置する倶留尊山(標高 1037.6m)の東麓に広がる湿原(標高約 610m)である。湿原内はスゲ類やオオミズゴケが優占しており、イヌツゲ、イソノキなどの低木が散在している。また、樹高 10m のハンノキも散生している。湿原からそびえ立つ倶留尊山の斜面下部にはスギの植林地が広がり、湿原周辺は農地として利用されている。

シンウォールサンブラーとヒラー型ハンドボーラーを用いて、深度 800cm まで堆積物を採取した。堆積物は、ほとんどが粘土質の泥炭であり、深度 255-258cm には鬼界-アカホヤ火山灰、702-709cm には三瓶浮布火山灰、722-723cm には未知の火山灰が認められた。最下層は角礫であった。深度 655-657cm から採取した植物片の AMS 年代は $12,085 \pm 45 \text{yrBP}$ (IAAA-152127) であった。

花粉分析結果の対比に用いたお亀池(竹岡ほか, 1982)は、上記の池ノ平湿原の南西 1.5km の奈良県宇陀郡曾爾村に位置する湿原(標高約 700m)である。湿原内には、ヨシが優占し、オオミズゴケ、サワギキョウなどが生育している。湿原の周囲は、ススキが優占する草原である。

3. 池ノ平湿原堆積物の花粉分析結果

上記堆積物の深度 600cm 以下について、花粉分析を行った。その結果の概要は以下のとおりである。

(1) 深度 690 cm 以下(最終氷期最盛期) モミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属単維管束亜属のマツ科針葉樹花粉が優勢で、カバノキ属が約 30% の出現率でともなう。

(2) 深度 690-660 cm (18,000-15,000cal BP) マツ科針葉樹花粉はやや減少し、コナラ亜属、クマシデ属/アサダ属の落葉広葉樹花粉がやや増加する。

(3) 深度 660-600 cm (15,000-12,000cal BP) コナラ亜属、クマシデ属/アサダ属の落葉広葉樹花粉が優勢となり、遅れてブナ、カツラ、サワグルミ、トネリコ属花粉が増加する。深度 645cm から微粒炭が増加し始め、この層準の最上層まで比較的高い量を維持している。

4. 倶留尊山周辺における最終氷期最盛期以降の植生変遷

池ノ平湿原、お亀池湿原ともに最終氷期最盛期に相当する時代には、寒冷な気候に適応したトウヒ属、モミ属、ツガ属、マツ属単維管束亜属を中心とする亜寒帯性常緑針葉樹林が広がっていた。琵琶湖西部の比良山系(標高 960 m)、丹波山地の蛇ヶ池(標高 610m)、丹後半島(標高 550 m)においてトウヒの針葉が認められている(Takahara et al., 2014; 高原ほか, 2016, 高原ほか, 1999)。これらの花粉と大型遺体の資料から、倶留尊山周辺ではマツ科針葉樹とカバノキ属からなる亜寒帯性常緑針葉樹林が広がっていたと考えられる。しかし、18,000 年前からマツ科針葉樹は減少を始め、コナラ亜属などの落葉広葉樹が増加し始める。

15,000-12,000 年前には両地点ともに落葉広葉樹花粉が優勢となり、ナラ類、シデ類、ブナなどからなる冷温帯落葉広葉樹林が発達した。

約 13,000 年前頃に火事が多発した。この時代における火事の高発は西日本各地で認められている(井上ほか, 2001 など)。

【引用文献】

- 井上 淳・高原 光・吉川 周作・井内 美郎(2001) 第四紀研究, 40, 97-104, 松岡数充・西田史朗・金原正明・竹村恵二(1983) 第四紀研究, 22, 1-10, 松下まり子・前田保夫・松本英二・松島義章(1988) 日生態会誌, 38, 1-8, Takahara, H. Hayashi, R., Sasaki, N. (2014) Abstract Book 9th European Palaeobotany-Palynology Conference 2014 Padova-Italy, 268, 高原 光・植村善博・壇原 徹・竹村恵二・西田史朗(1999) 花粉学誌 45, 115-129, 高原 光・真鍋智子・佐々木尚子・渡辺彩花(2016) 日本第四紀学会講演要旨集 46, 46, 竹岡政治・高原 光・田中康之(1982): 京都府大学術報告・農 34, 51-57, 竹岡政治・高原 光(1983) 日林論 94, 383-385

滋賀県の遺跡における古生態学データベースに基づく森と人の関係史

林 竜馬（琵琶湖博物館）・佐々木尚子（京都府立大）・

村上由美子（京都大博物館）・瀬口眞司（滋賀県文化財保護協会）

Ryoma HAYASHI, Naoko SASAKI, Yumiko MURAKAMI, Shinji SEGUCHI: Human-Forest interactions during the Holocene based on pollen and paleoecological records from archaeological sites in Shiga prefecture.

1. はじめに

森林植生の変遷過程を探り、時間的推移や地域的差異からその生態学的背景を論じるためには、森林生態系に影響を及ぼす要因の1つとしての「人・社会・文化」の変遷との対応関係を考えていくことが必要である。そのために発表者らは、「琵琶湖地域における人と森の相互関係史の解明」に向けた共同研究を展開している。

滋賀県には、比較的広い範囲の植生を反映していると考えられる、堆積盆の大きな湖沼堆積物の花粉分析成果が既に蓄積されてきている。それに加えて、琵琶湖周辺地域における縄文時代以降の植生環境を定量的に復元することを目指し、基礎資料となる花粉分析データの収集と定量的復元手法の構築を進めている。本発表では、滋賀県の遺跡における古生態学データベースの結果を中心に、縄文時代以降の森の移ろいを明らかにし、考古学の研究成果との対比から人の移ろいとの対応関係を検討する。

2. 資料と方法

滋賀県の遺跡における古生態学データを悉皆的に収集するため、2013年度の10～3月にかけて、滋賀県立琵琶湖博物館の図書収蔵庫に保管されている全2236冊の滋賀県内の発掘調査報告書の確認を行った。古生態学データとして、花粉分析、大型植物遺体分析、出土木材同定、プラントオパール（植物珪酸体）分析、珪藻分析、動物遺体分析を対象に、これらの分析結果が掲載されている文献の収集を行い、リストを作成した。今回、収集を行った遺跡の古生態学データは、APPALÉ（Archaeological Palynology and PALeoEcology）データベースとして整理した（林ほか 2017）。

古生態学データの考古学的編年については、基本的に瀬口（2015）に準拠した。瀬口（2015）による時代区分が行われていない古墳時代以降については、飛鳥、奈良、平安前期、平安中期、平安後期、鎌倉、室町、安土桃山、江戸をそれぞれ区分した。報告書内で時期が認定されていない層準でのデータについては時代不明とした。複数の時代にまたがる可能性のある層準の古生態学データについては、可能性のある全ての時代のデータとして重複して時代の認定を行った。

データの入力・整理にあたっては、国際的な古生態学データベースである Neotoma Paleocology database に従い、Tilia 形式を採用した（<http://www.neotomadb.org>）。

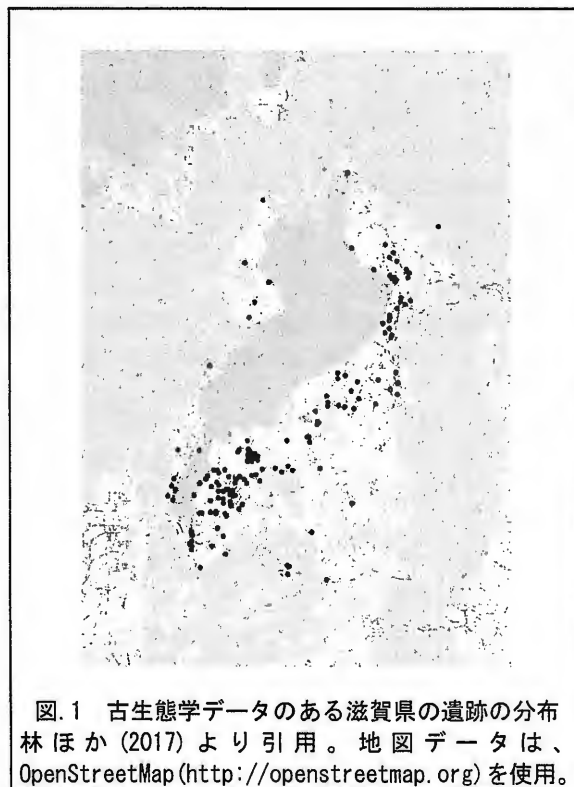


図1 古生態学データのある滋賀県の遺跡の分布
林ほか（2017）より引用。地図データは、OpenStreetMap(<http://openstreetmap.org>)を使用。

3. APPALÉ データベース集成結果

(1) 集成された古生態学データの概要

滋賀県内の遺跡の発掘調査報告書、全2236冊を調査した結果、198件の発掘調査報告書の中に古生態学データが記載されていた。本研究の結果、滋賀県においては、花粉分析データが59件、大型植物遺体分析データが58件、出土木材同定データが128件、プラントオパール（植物珪酸体）分析データが27件、珪藻分析データが11件、動物遺体分析データが27件の報告書にそれぞれ記載が認められた。

(2) 古生態学データの存在する遺跡の分布傾向

APPALÉ データベースに含まれる、古生態学データの存在する滋賀県の遺跡の分布を図2に示した。この分布図から、滋賀県では琵琶湖南湖周辺や旧中主町周辺の低地部において、多くの古生態学データが蓄積されていることが明らかになった。また、湖東低地や米原市周辺の低地部においても、比較的多くの古生態学データが認められた。その一方で、湖西や湖北地域における古生態学データは非常に限られており、今後の蓄積が期待される。

(3) 遺跡における花粉分析データの時期的傾向
 APPALE データベースの分析項目から、花粉分析データに着目し、報告書内に記載されている考古学編年に従って、各時代別の分析層準数をまとめた。APPALE データベースを整理した結果、滋賀県においては全 891 層準での花粉分析データが蓄積・公表されていることが明らかになった。年代認定が行われた層準での花粉分析データの時代別層準数を見ると、縄文時代中期まではデータが限られていることが明らかになった。一方で、縄文時代後期から中世にかけては、各時代区分の中で 30~70 層準程度の花粉分析データが蓄積されていることが示された。

この結果は、APPALE データベースの花粉分析データを整理して、解析を行うことにより、特に縄文時代後期から中世にかけての地域的な植生の復元とその時空間的な変遷が解明できる可能性を示している。ただし、ここで示している各時代の花粉分析データには、特定の時代が認定されておらず、複数の時代にまたがる可能性がある層準での分析も多く含まれているため、より厳格な考古学編年との対比のためには単一の時代認定が明確である層準での分析データを取捨選択していくことも必要になる。

4. 滋賀県における縄文時代以降の森と人の関係史

滋賀県の APPALE データベースの中の花粉分析結果に基づいて、過去 10,000 年間についての森林植生の変化を見ると、縄文時代早期にはコナラ亜属を中心とした落葉広葉樹林が優勢であったが、中期以降になるとアカガシ亜属を中心とした常緑広葉樹林へと植生が変化した。特に縄文時代後期では、常緑広葉樹林とともにスギも優勢となった。弥生以降にはイネ科とマツ属複維管束亜属が増加をはじめものの、それまで優勢であったアカガシ亜属やスギも依然高率で出現を続けた。しかし、中世以降には大きく花粉組成が変化し、イネ科とマツ属複維管束亜属がさらに急増し、スギの顕著な減少が認められた。このことは、弥生時代以降には森林資源利用や水田稲作による植生の改変が認められるものの、滋賀県において地域的に常緑広葉樹やスギを中心とした森林植生が減少し、水田や草原植生、アカマツ二次林の顕著な増加が起きたのは中世以降であったことを示している。さらに、地域的な花粉出現率の差異について検討すると、弥生以降のイネ科とマツ属複維管束亜属の増加は、信楽周地域に比べて、湖南地域の低地部で早い時期からその傾向が認められた。

琵琶湖周辺における縄文時代以降の植生と人間の相互関係の移り変わりを考えるため、縄文時代における定住集落の成立と展開過程、さらに資

源利用の変遷について考古学的に論じた瀬口 (2009, 2015) の研究との比較を行った。遺跡分布と植生の変化について比較すると、沿岸部と山間部が複合する景観にほとんどの遺跡が形成されていた第一段階とされる時期は、落葉広葉樹林の優占期へ減少時期に相当していた。さらに、第一段階の遺跡立地に加えて沿岸部や扇状地でも遺跡が顕在化する第二段階は常緑広葉樹林の増加時期に、氾濫平野も含めた内陸部の遺跡数の比率が激増する第三段階は常緑広葉樹とスギの優勢期にそれぞれ相当していた。また、資源利用に関わる遺物の変遷と比較すると、常緑広葉樹林の増加する時期に貯蔵穴と弧状底丸木舟の出現が認められ、貯蔵穴と水平底丸木舟が増加していく時期は常緑広葉樹とスギの優勢期に相当していたことが明らかになった。縄文時代における常緑広葉樹の出現とスギの増加という森林変化にともなって、当時の人間がその定住様式や資源利用を変容させてきたことがうかがえる。

また、弥生時代以降の木材資源利用と森の変化との相互関係について考察を行うために、木の考古学データベース (伊東・山田編 2012) を基にした滋賀県における用材利用の変遷と、APPAL データベースの花粉組成の変化との対比を行なった。その結果、弥生時代から古墳時代においては、滋賀県では特にスギ材の利用が多い傾向が認められ、加えてアカガシ亜属材が顕著に農耕土木具として使用されていたが、この時期には低地を中心にアカガシ亜属の植生量の低下が示唆された。さらに、古代以降になるとヒノキ材が中心的に利用されるようになるが、ヒノキの植生量の顕著な減少は花粉組成からは中世以降に認められ、木材資源利用と地域での広域的な森の変化とは時期的な相違がある可能性が示された。

このような植生と人間社会の変化との詳細な対応やその相互関係について、木材遺物や植物遺体からみる植物資源利用の把握、考古学や歴史学の成果とのさらなる対比等をとおして、今後検討を進めていく予定である。また、滋賀県と同様に全国的にも遺跡の古生態学データは数多く蓄積されてきていることから、今後同様のデータベースの収集と整理を全国的に実施していくことにより、森と人の相互関係史について地域的、時期的な特徴を明らかにしていくことが必要である。

引用文献：林・佐々木・瀬口 (2017) 財団法人滋賀県文化財保護協会紀要, 30, 97-105. 伊東・山田編 (2012) 「木の考古学 出土木製品用材データベース」, pp449. 瀬口 (2009) 「縄文集落の考古学-西日本における定住集落の成立と展開」, pp367. 瀬口 (2015) 財団法人滋賀県文化財保護協会紀要, 28, 1-12.

天草ジオパークにどのように関わっているか

長谷義隆（天草市立御所浦白亜紀資料館）

Yoshitaka HASE: How to relate to the Amakusa Geopark

1. はじめに

天草ジオパークへの取組は、日本におけるジオパークの最初の公的な動き、すなわち 2007 年に開催された連絡会議に筆者が個人の判断でオブザーバー参加したことに始まる。天草は九州の西、有明海、八代海および天草灘に囲まれた大小 120 もの島々からなる。昭和 41 年天草五橋が開通し、さらに人が住んでいる島々に橋が架けられている今日でも、船でしか行けない熊本県で唯一つの離島の町、御所浦町が日本ジオパークの認定を受けることであった。御所浦町では、平成 9 年に恐竜の化石が発見され、それをきっかけにそれ以前に発見されていた絶滅大型哺乳動物化石を含めて、白亜紀・古第三紀の多様な化石、さらに中生代と新生代の境を意味する地層の不整合現象がみられるなどがあり、天草の地質・化石を紹介・展示する御所浦白亜紀資料館（以下、資料館と記す）が開設されていた。資料館を含む地域活動が町興しに位置付けられていたことから、御所浦町はジオパークの理念に合う地域であると考えた。

2. 「天草御所浦ジオパーク」までの経過

御所浦町がジオパークに相応しいかどうかを資料館で議論して結論した後、天草市長へ提案、御所浦町のジオパーク申請に向けて当初は御所浦白亜紀資料館を含む天草市教育委員会文化課が担当部署として取組みを始めた。「天草ジオパーク構想推進協議会」（後に「天草御所浦ジオパーク推進協議会」と改称）が立ちあがり、資料館はその拠点となった。御所浦島は白亜紀の地層（御所浦層群）からアンモナイトやイノセラムスなど軟体動物化石の産出が古くから知られ、恐竜や絶滅大型哺乳類を含めて、化石による教育活動（廣瀬ほか、2009）が認定の鍵になると考え、ボランティアガイドの育成や現地の説明板の整備などを行い、2009 年に「天草御所浦ジオパーク」の認定を受けることができた（長谷、2012）。

3. 「天草御所浦ジオパーク」から「天草ジオパーク」へ

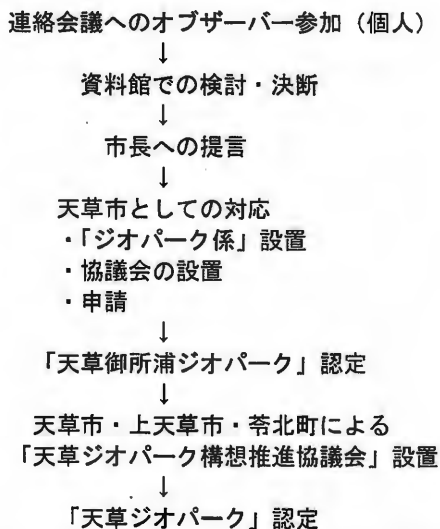
天草市では観光面で「宝島」という表現を使っていることもあり、資料館としては天草全域がジオパークに相応しいところであるとの認識をもっていたが、まず、ジオパークの理念に沿った活動が行われている御所浦町の認定を目指したのであった。その目的が達成されたことから、次の目標である天草全域のジオパーク認定への取組みを始めた。天草市教育委員会文化課ジオパーク推進係はその後同市商工観光部ジオパーク推進係へと所管が異動、また、2013 年に観光文化部

ジオパーク推進室に格上げされて役割を強化し、天草市、上天草市、苓北町の 2 市 1 町の合意の上「天草ジオパーク構想推進協議会」（前出の同名の会とは別）の設立に至った。

天草全域には白亜紀および古第三紀の地層が広く分布することから、御所浦地域ばかりでなく、天草上島、天草下島いずれに於いても軟体動物化石の産出は豊富である。さらに陶石や石炭をはじめ、砥石、下浦石、合津石、御領石、飛岳石など名称のついた多様な石の資源がある。また天草は歴史、文化面でも特異なものがあり、特にキリスト教に関して島原半島との結びつきも強いので、ストーリー性も豊かであり、ジオパークの資質に不足はないものと考えられた。

以上ように天草はジオパークの要素として十分な資質が備わっており、申請の結果、2014 年、改めて「天草ジオパーク」が認定された（註 1）。

註 1 天草ジオパークまでの経過



4. 組織と活動内容に関する工夫

天草ジオパークとしての組織は、現在、「天草ジオパーク推進協議会」の下、天草市に「ジオパーク推進室」を置き、上天草市、苓北町にもそれぞれジオパーク担当係を置いて実務を行っている。天草全域に及ぶ天草ジオパークは、天草御所浦ジオパークより 43 倍以上もの面積があるが、「天草御所浦ジオパーク」での実績を踏まえた活動が展開できる。具体的には、御所浦エリアをはじめとして 13 つのエリアに区分し、5 つのエリアでジオパークガイドの養成を行い、さらに天草全体のジオガイドができる人材養成への配慮や

ジオポイントの説明板も統一したもので整備を進めている。モニターツアーによる意見やアドバイスを聴取し、活動に反映することになっている。

天草ジオパークを知ってもらう取組みには、ジオパークガイド養成とは別に一般向けの講座「ジオ天草学」を開講することである。天草での開講はもちろん、熊本でも「ジオ天草学」、「天草ジオパークに行く」を開講している。また、天草ジオパークを青少年に理解してもらうマンガ本「天草ジオパーク大冒険」の「標準語」と「天草の言葉」版を制作し、天草の小学校・中学校すべてに配布した。このマンガ本は天草ジオパークのみどころを分かり易く解説しているということで比較的好評であるが、協議会による制作なので、一般への販売は行っていない。最近増刷したのでご希望により教育機関等を中心にお渡しできる。

上記のような活動内容は行政ができる範囲であるが、ジオパークの活動をさらに広げていくために、抱えている問題は少なくない。例えば新たな取り組みは、推進室（または協議会事務局）で起案し、決裁権者の了解を経なければ動けない。しかし、新たな発想はしばしば時間との勝負という側面があり、天草ジオパークが行政の組織でしか動けないのでは、活動内容は自ずから制限されてしまう。その意味ではジオパークの活動に民間の協力が加わることが必要である。天草ジオパークでは昨年7月、自由な発想による企画と実施を目的とした民間レベルの「一般社団法人天草ジオパークサポート」（以後、「一社天草ジオサポ」と表記）を立ちあげた（註2）。その第一歩として天草ジオパークの紹介本「海にうかぶ博物館天草ジオパーク」を発行し、販売している。この一社天草ジオサポは次なる企画を模索しているが、今後の天草ジオパークの発展にこの活動は重要であろう。

5. ジオパークへの関わり

筆者の天草への関わりは資料館の館長となったことにあり、ジオパークとの関わりは日本におけるジオパークの連絡会議へのオブザーバー参加であった。資料館の学芸員の同意を得て、共に天草におけるジオパーク活動を推進する役割を担い、「天草御所浦ジオパーク」の認定から天草全域の「天草ジオパーク」への展開を提示した。ジオパークガイド養成、ジオパークの理解を得るためのマンガ本制作、天草および熊本市内での市民向け講座、それに「一社天草ジオサポ」を起業しての「天草ジオパーク」の紹介本の発行などに関わってきた。このような関わり方を考える時、活動の動機には役職および個人、両者の立場があることに気付く。すなわち、役職として取り組めることがある一方、役職としては取り組めない、あるいは、必ずしも取り組む必要のないことでも、

個人としての発想と実施によって進められる事柄がある。このことは、たとえば、一般に行政の職員としてジオパークに関われば、必然的に数年後には転勤による異動で、ジオパークとの関わりが絶たれてします。新たな職員はまた最初からジオパークを理解し、活動に取り組まなければならない。しかし、個人の立場、すなわち行政ではない民間による活動が加わることで活動の継続が行える。天草ジオパークは行政と民間両面の推進力を持っていることが極めて重要であると考えられる。

6. おわりに

ジオパークは地域の行政による活動を中心に行われていることが多いと思われるが、同時に民間の協力によっても推進されるべきものと考え、筆者は資料館の館長という立場と同時に、民間人としても天草ジオパークに対しての役割を担っていかなければならないと思っている。「ジオパークとは何か？ ジオパークは天草にとってどのような意味をもつのか？」を常に考えながら、他のジオパークとは違うものであることをしっかり理解した上で、天草に相応しいジオパークを構築していくべきものと考え、行政が行える範囲と民間の推進活動とがうまくかみ合いながらジオパーク活動は行われなければならない。今後もジオパークに関わる一人として新しい発想と対応を模索していくことになるが、その努力が天草のジオパークへの僅かながらの貢献になるものと信じる次第である。

註2 一社天草ジオサポートの目的と実践

一般社団法人 天草ジオパークサポート（起業）
天草ジオパークの活動への支援が目的

1. 天草の大地、歴史、民俗、あらゆる分野について、小学生・中学生から一般までの教育活動の企画と実施
2. 天草ジオパークへのツアーの企画立案および実施
3. 天草ジオパークに関するイベントの企画および実施
4. 天草で行われる関連イベントへの協力
5. 天草ジオパーク関連のグッズ等の開発へのサポート事業
6. 前各号に掲げる事業に附帯又は関連する事業

・「海にうかぶ博物館 天草ジオパーク」出版・販売
・御所浦白亜紀資料館開館20周年記念特別展「恐竜展」に併せて「遊び」と「食」を提供

引用文献

廣瀬・鵜飼・長谷（2009）御所浦白亜紀資料館報、10、15-22. Hirose, Ugai and Hase (2009) Bull. Goshoura Creta. Museum. No. 10, 15-22.
長谷（2012）地理、57、12-17. 古今書院.

ジオパークにおける磯の自然観察

森野善広 (パシフィックコンサルタンツ株式会社)

Yoshihiro.MORINO: Natural observation of the coastal area in geoparks.

1. はじめに

海岸域にあるジオパークでは、ツーリズムのメニューとして磯(海岸)の自然観察が行われている。

本発表は、地形地質の露出条件がよい海岸線(磯)において、そこに生息している生物(磯の生き物)が、どのような生息空間を利用しているのかを調査し、地形地質の多様性が生物多様性に関係していることを明らかにした上で、磯における自然観察の視点を示すものである。

2. 調査対象

調査地域は、山陰海岸ジオパークエリアの京丹後市の海岸線を主体として、ジオパークの代表的な地質である第三紀北但層群堆積岩類(京都府京丹後市網野町掛津)、第三紀北但層群安山岩(同市丹後町竹野)、および花崗岩(兵庫県豊岡市竹野町切浜)です。

3. 調査方法

(1) 地形地質調査(生物生息空間の形状把握)

地質別(凝灰角礫岩、砂岩・礫岩、凝灰岩泥岩互層、安山岩、花崗岩)に風化浸食地形を観察するとともに、露岩の表面形態をトレースし、微地形断面を作成し、露頭表面の凹凸形状と地質との関係を整理する。

(2) 生物生息調査(磯の生物分布)

地質別に岩場に生息する生物(固着動物、付着藻類、甲殻類など)の分布をコドラート(40×40cm)により定量的、定性的に把握し、調査区画ごとに生息種、個体数を整理する。

4. 風化浸食による磯の微地形と地質

(1) 凝灰角礫岩

①海食台(波食台)状の平坦面(凝灰角礫岩)、②タフォニ状の風化浸食面(凝灰岩)、③溝状の窪み(断層、亀裂面に起因)、④ポットホール状の窪み(凝灰角礫岩の海食台上に形成)

(2) 砂岩・礫岩

礫岩は硬質な岩盤であるため、浸食に強く、浸食面は凸状の表面形態を示す。一方、砂岩は礫岩に比べ軟質であることから、層理面に沿った滑らかな平面状の浸食形態となる。

(3) 凝灰岩泥岩互層

泥岩あるいは凝灰岩の層理面に沿った平面状の浸食面を形成する。地形面(浸食面)の傾斜方向は、層理面の傾斜に規制される。また、互層部の断面では凝灰岩と泥岩の差別浸食が認められ、泥岩がより浸食される傾向にある。

(4) 安山岩

山陰海岸に分布する火山岩類(安山岩や流紋岩など)は、柱状節理に代表される節理の発達がよく見られる。したがって、これらの火山岩類は節理面に規制された面構造が発達する。その代表的なものが「立岩」で、鉛直方向に発達した柱状節理によって、海面から屹立した急崖を形成する。

(5) 花崗岩

3方向の節理が卓越する(方状節理)。また、花崗岩特有のマサ状の風化が発達する。このため、節理に規制され起伏に富んだ複雑な浸食形態となり、3方向の節理に囲まれた角張った窪地を形成する。また、マサ状風化の影響を受け、角がやや丸みを帯びることがある。

5. 地質と生息生物

地質の違いによる風化浸食形態と、それを生息空間として利用している生物との関連性について考察する。

凝灰角礫岩では多様な窪みが形成され、多くの固着生物、遊泳生物などがその空間を利用している。一方、層理面や節理面の発達により、平面的な形状を示す堆積岩(砂岩、礫岩、泥岩)や火山岩類(安山岩、流紋岩)は生息する生物の多様性が低い。ただし、火成岩類特有の節理の発達は、その割れ目の狭い空間を利用する固着性の生物(カメノテやイガイなど)にとっては、重要な生息空間となっており、凝灰角礫岩とは異なる生物相となっている。

6. まとめ

地質の成因による硬さの違い(浸食の受けやすさ)や面構造の発達が、多様な生物生息空間をつくり出しており、その空間を生息的な特性や行動様式に応じて(移動形態、固着性、摂食形態、避難など)生き物が利用していることがわかった。

磯の自然観察においては、地質の成因と風化浸食によって作り出される空間(微地形)が、生物の生態にあった生息場所として利用されていることを関連付けて示す教材(ツーリズムメニュー)として活用できる。

また発表では、南紀熊野ジオパーク熊野層群における生息空間の種間関係についても述べる。

本研究を進めるにあたり、「山陰海岸ジオパーク学術研究奨励事業(平成24、25、26年度)」の補助金を使用した。また、田村友紀夫氏(パシフィックコンサルタンツ株式会社)、北村格一氏(株式会社地域環境計画)には、現地調査において協力いただき、謝意を表する。

ジオパークにおける科学教育プログラム

井村隆介（鹿児島大学大学院理工学研究科）

Ryusuke IMURA: Science Education Program in Geopark

1. はじめに

現在、日本には 43 地域の世界・日本ジオパークがある。そこでは、様々な形で教育的なプログラムが行われており（JGN, 2015）、その在り方についても活発な議論がされるようになった（たとえば有馬, 2016）。本発表では、ジオパークにおける科学教育の在り方、特に小中高の学校現場での教育プログラムについて、霧島ジオパークでの例をもとに筆者なりの考えを述べてみたい。

2. ジオパークに関する学校教育プログラムのあるべき姿（?）

GGN のガイドラインに示されているように、ジオパーク活動では「保全」や「地域振興」と並んで「教育」が大きな柱となっている。そして、これまでも示されてきたように（たとえば目代, 2014）、ジオパークが地域学習の場や科学・防災を学ぶ場として有効であることは論を待たない。

しかし、これまでのジオパークにおける学校教育の視点は、2015 年に日本地理学会で行われたシンポジウム「地域の自然環境や現象を学ぶ場としてのジオパークの役割」（有馬, 2016）に代表されるように、あまりにも「地域を学ぶ」ことに偏りすぎてきたのではないだろうか？というのが筆者の考えである。

それが最もよく表れているのが、各地で行われている学校現場でのジュニアジオガイド育成プログラムであろう。子供たちが地域のことを学び、それをガイドする（伝えるところまで行う）ということは、大変良いことであり、GGN のガイドラインともよく一致している。

霧島ジオパークでは、R 中学校で、ジュニアジオガイドのプログラムが行われている。JGN や GGN の加盟審査の際にも審査委員を前にその取り組みが紹介されて好評を得た。R 中学校の生徒たちは「霧島山には標高によって暖温帯から冷温帯まで 1300 種類の植物があります。標高 800m くらいより上にあるモミやツガは 3 万年前の氷期の生き残りです」と、すらすらと紹介してくれる。そのこと自体は間違いではないし、初めて聞いた方は「へえ、なるほど」となるに違いない。が、その知識を生徒たちはどのようにして得たのか？に問題が潜んでいると、筆者は考えている。

生徒たちの知識は、ジオパークのパンフレットや現地でのジオガイドの説明から得たものであ

る。標高によって植生が変わるのは何故なのか？標高によって気温差があるのは何故なのか？モミとツガはどのように見分けられるか？など、突き詰めていくと答えられない生徒たちが多い。言い方は悪いかもしれないが、生徒たちの知識は、既存の受け売りの知識からの孫請けに過ぎない。

このような教育プログラムでは、「調べ学習を野外でしている」だけという感じしかない。教室でインターネットを用いて調べていたものが、野外でジオガイドに教えてもらうという風に変っただけである。これは、昨今流行のアクティブラーニングも同じである。

霧島ジオパークの一例をあげたが、「地域を学ぶ」の中には、「自分たちが具体的に得たデータに基づいた地域評価」という視点があってほしいと思う。ジオパークを用いて自然科学や社会科学の思考や調査方法を学ぶという視点がもっと重要視されるべきであろう。「ジオパークを学ぶ」のではなく、「ジオパークで学ぶ」ということが、研究者サイドからの希望である。

4. まとめ

理科離れが叫ばれている今、ジオパークを利用して地域を学ぶだけではなく、ジオパークを題材として科学的思考法をきちんと学ぶということが重要である。そうすることは、将来の地域の担い手だけでなく、将来の研究者を育成することにもつながる。そのためには、科学的な思考法を持ち合わせた研究者や教育関係の職に従事したことのある人たちがもっと積極的にジオパーク活動に参画する必要があるだろう。

引用文献

- 有馬貴之(2016)地学雑誌
JGN(2015)<http://www.geopark.jp/activity/research/p20151002.html>
目代邦康(2014)地理

海成段丘が発達する地域における小学校の防災教育—青森県鰺ヶ沢町の事例—

高橋未央・小岩直人（弘前大）・武田 開（国際航業株式会社）

Mio TAKAHASHI, Naoto KOIWA, Hiraku TAKEDA: Education for disaster prevention in elementary school located in the area that the Pleistocene marine terraces are well-developed, Ajigasawa town

1. はじめに

日本海に面する青森県鰺ヶ沢町では、津波に対する防災知識を広く町民に得てもらおうと、鰺ヶ沢町と弘前大学教育学部自然地理教室が共催で防災教室や防災ワークショップを開催している。その背景には、青森県の津波被害想定から鰺ヶ沢町は県内で最も被害者が多くなること、1983年の日本海中部地震で沿岸部に津波による浸水被害が生じたこと、2011年の東日本大震災では大津波警報が発令されたにも関わらず、低地の住民の避難率がわずか5%だったことなどによる。本発表では、海成段丘、および海岸低地が発達するという地形的特徴を持つ鰺ヶ沢町において、地形条件を考慮した防災教室の事例（鰺ヶ沢町立西海小学校）について報告する。

2. 鰺ヶ沢町の地形概観

青森県西部に位置する鰺ヶ沢町は、東西約20 km、南北約40 km、総面積340 km²を有し、青森県内の市町村の中では中規模の町である。鰺ヶ沢町の地形は、中期更新世以降に形成された数段の海成段丘面が沿岸部に分布し、岩木山や白神山地が源流にある中村川・赤石川の中・上流部には更新世に形成された河成段丘が、下流部には氾濫原が分布している。本地域に発達する海成段丘は、高位から順に、M1面（標高約30～45 m）、L1面（標高5～6 m）、L2面（2～3 m）に区分される。M1面は、小池・町田（2001）によるMIS 5eの時代に形成された海成段丘に対比され、L1面とL2面は、八木・吉川（1988）による西津軽郡の完新世段丘に対比されている（阿部・小岩、2008）。その形成年代は、それぞれ6,000年前、3,000年前としている。中村川最下流部におけるL2面の低位には氾濫原、海岸沿いには埋め立て地が認められる。市街地の中心部は、おもに氾濫原および埋め立て地に位置しているが、防災教室を実施している西海小学校は、M1面上に立地する。

3. 防災教室の実施

鰺ヶ沢町においては、次の3点に焦点をあて防災教室を実施している。

第1に、津波時、および河川の氾濫時には、西海小学校が避難場所として適していること、その理由として海成段丘面上に位置していることを学習する。実際に、日本海中部地震の際にも、また、青森県の津波想定においても、西海小学校は避難所として役割を担っている。これは、明らかに、海岸低地よりも数十m高い海成段丘面の上に立地していることにあることを学ばせる。その際

には、海岸段丘面、さらには海岸部の低地、埋立地がどの程度の標高であるのかを知り、地盤高の感覚を身に付けさせることを試みている。標高の把握には高精度GPS、国土地理院の地理院地図の活用を行っている。これらの情報をもとに、町内でどの場所の標高が低く、津波の襲来が及びやすいのかを知る。

次に、津波の避難に適している海成段丘ではあるが、一方で、その地形的な特徴のため、段丘崖は急傾斜地にも指定されていることから、地震時には崩壊の危険性もあり、避難経路が遮断されることもあることに気付かせることを行っている。西海小学校が立地する段丘崖では土砂崩れが生じたこともあり（図1）、これらの危険性は児童も把握している。その対応をするためにどのようなことが必要なのかを考察させる。この際には、急傾斜地崩壊危険箇所や土石流危険渓流の分布域を地図で確認させることも効果的であった。最終的には、避難経路を複数設定し災害時に臨機応変に変更して避難することを導き出すことを試みている。

防災教室では、海成段丘の存在が、津波の最適な避難場所をもたらすことに気づかせることを主に行うが、その反面、海成段丘の存在は、この地域で地殻変動が生じている事実を示すことも伝えることを行っている。すなわち、避難に適した場所をもたらすメリットとともに、大きな地震が生じる可能性、津波が発生する可能性が高いというデメリットに気づかせ、両者が表裏一体の関係であること、災害は短期間で生じる現象であるが、その恩恵は長期にわたり利用可能であることを伝えるべきであると考えられる。

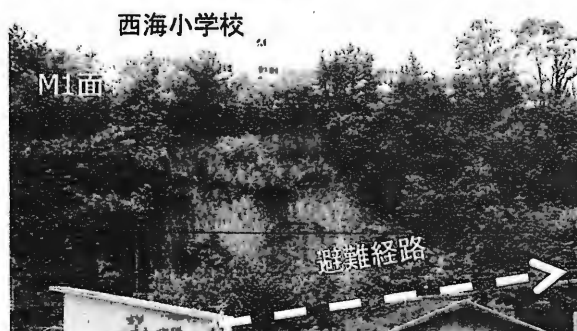


図1 M1面段丘崖の土砂崩れの様子
（鰺ヶ沢町役場撮影）

引用文献：

- 小池・町田（2001）東京大学出版会、105p.
- 八木・吉川（1988）東北地理、40、247-257.
- 阿部・小岩（2008）弘前大学教育学部紀要、99、9-13.

過去 3 万年間の日本周辺域におけるテフラ年代に基づく海洋レザバー効果の制約

岡崎裕典 (九州大)・池原研 (産総研)

Yusuke OKAZAKI, Ken IKEHARA: Constraint on radiocarbon marine reservoir ages for the past 30 kyrs in the western North Pacific off Japan

1. はじめに

過去 80 万年間の氷期-間氷期サイクルにおいて、氷期の大気中二酸化炭素濃度は間氷期と比べて 90 ppm ほど低い。この二酸化炭素低下分の炭素の行方は海洋深層であると考えられているが、その直接的な証拠や貯蔵のメカニズムは解明されていない。数万年間継続する氷期の間、安定的に海洋深層に炭素を貯蔵するためには、海洋深層水の循環速度が遅くなることが予想される。

海洋深層水の循環速度を復元する方法として、海底堆積物コア試料中の同じ層準から拾い出した底生有孔虫と浮遊性有孔虫の放射性炭素年代差がある。この放射性炭素年代差は、有孔虫生息当時における海洋表層と深層間の見かけ上の循環年数を示すとともに、その値から当時の深層水中の放射性炭素濃度を計算できる。この時、放射性炭素の地域的な海洋レザバー効果を仮定する必要があるが、過去の海洋レザバー効果を仮定することは、海洋循環や炭素循環の様式を仮定することであり、循環論に陥る危険がある。循環論に陥らないためには、独立した方法で過去の海洋レザバー効果を制約する必要があり、その一つにテフラがある (例えば Ikehara et al., 2011)。テフラは、陸上堆積物と海底堆積物に同時期面を提供する。陸上試料のテフラ年代を、海底堆積物中のテフラ層直上・直下の層準の放射性炭素年代と比較することで、テフラ堆積時の地域的な海洋レザバー効果を制約できる。このような研究を行う上で、先行研究によりテフラの同定と年代値がよく調べられている日本列島とその周辺海域は好適である。特に IntCal13 に採用されている水月湖の年縞堆積物中の主要なテフラの同定が行われており、年代値が極めてよく制約されている点は大きい (Smith et al., 2013)。

本研究では、日本列島周辺海域で採取された海底堆積物中のテフラ層直上・直下から浮遊性有孔虫を拾い出し、過去 3 万年間の地域的な海洋レザバー効果を制約することを目的とする。

2. 試料と方法

日本列島周辺域で採取された海底堆積物試料のうちテフラ層の記載があるものを、海洋研究開発機構の堆積物コアデータベース (COED0) により調べ、高知コアセンターにおいて 21 本の海底堆積物コア試料から 31 枚のテフラ層およびその上下の層のサンプリングを行った。テフラの同定は火山ガラスの形態、屈折率および鉱物組成に基づき行った。テフラ上下の層の堆積物試料は凍結乾

燥後、目合い 63 μm の篩上で洗い出し、浮遊性有孔虫種を実体顕微鏡下で拾い出した。この時、なるべく表層に生息する単一種を選び、中層種を避けた。拾い出した浮遊性有孔虫を洗浄したのち、ウズホール海洋研究所に依頼分析した。

3. 結果と考察

同定された広域テフラのうち、放射性炭素年代が利用可能な 5 万年より若いものは、鬼界アカホヤテフラ (K-Ah, 完新世中期)・十和田八戸テフラ (To-H, ハインリッヒ亜氷期 1)・三瓶浮布テフラ (SUK, 最終氷期最寒期)・および始良 Tn テフラ (AT, 海洋酸素同位体ステージ 3) であった。このうち、K-Ah と AT については、水月湖の年縞堆積物から直接テフラ年代が得られている (Smith et al., 2013)。十和田八戸テフラは水月湖には入っていないので、その年代は給源地域の陸上試料のものをを用いた (町田・新井, 2003; 小川ら, 2011)。三瓶浮布テフラについては、水月湖年縞堆積物中に入っているテフラが Suk と同一か、という問題がある。すなわち水月湖堆積物中の福沢 (1995) の阪手テフラは、Smith et al. (2013) では対比されるテフラ名が示されていない。また、阪手テフラと三瓶浮布テフラの対比についても議論がある (Ikehara et al., 2011; 中村ら 2011)。三瓶浮布テフラが水月湖堆積物中のテフラと対比できない場合は、給源地域の陸上試料を用いることになる (加藤ら 1996; 福岡ら 2007)。今回対象にした時代の異なる 4 枚の広域テフラのいずれの場合も、海底堆積物コアから見積もったテフラ堆積時の地域的な海洋レザバー効果は、近代 (核実験以前) のそれらと誤差の範囲で一致し、少なくとも 1000 年を超える大きな変化は見つからなかった。信頼できる古気候の議論を行うためには、年代モデルの確立が鍵となる。そのためには、水月湖など信頼性の高い年代軸を、海底堆積物試料へ拡張する努力が必要である。

引用文献: 新井・町田 (2003) 新編火山灰アトラス pp. 336. 福沢 (1995) 第四紀研究, 35, 135-149. 福岡ら (2007) 島根県立三瓶自然館研究報告 5, 35-39. Ikehara et al. (2011) *Quat Int* 246, 213-221. 加藤ら (1996) 第四紀研究 35, 383-389. 中村ら (2011) 地質学雑誌 117, 495-507. 小川ら (2011) 第四紀研究, 50, 169-180. Smith et al. (2013) *Quat Sci Rev* 67, 121-137.

別府湾海底堆積物の魚鱗記録からみた後期完新世のイワシ類の長期動態

加 三千宣 (愛媛大)・山本正伸 (北大)・別府湾海底コア研究グループ

Mchinobu KUWAE, Masanobu YAMAMOTO and Beppu Bay sediment core research group: Long-term dynamics of sardine and anchovy populations during the late Holocene inferred from Beppu Bay sediments

1. はじめに

イワシ類は、世界で最も漁獲される魚で、世界の漁獲の6分の1を占める。有数漁場におけるイワシ類資源の個体数は十年規模で大きく変動し、太平洋十年規模振動すなわち PDO の正位相時にマイワシ、PDO 負位相時にカタクチイワシが増加するという特徴を持つ (Chavez et al., 2003)。こうした特徴から「レジームシフト」という概念が生まれた。レジームシフトとは「大気・海洋・海洋生態系から構成される地球表層システムの基本構造 (レジーム) が数十年間隔で転換 (シフト) すること」と定義される (川崎ほか, 2007)。20 世紀には、主要なレジームシフトが 3 回起こったことが知られている (1925 年, 1947 年, 1977 年) (Mantua et al., 1997)。このような太平洋の気候や海洋生態系に見られる十年規模変動は、その周期性から次の十年の動態を予測できる可能性が指摘されてきた (Klyashtorin, 2001)。

一方で、マイワシ・カタクチイワシ魚種交替に見られる生態系レジームシフトは、過去に遡ると不明瞭であることが魚鱗を用いた古海洋学的記録から知られていた (例えば, Baumgartner et al., 1992)。世界有数漁場であるカリフォルニア沖、ペルー沖、チリ沖、アフリカ西岸沖における記録には魚種交替が 19 世紀以前でほとんど見られない。このことは、20 世紀における生態系レジームシフトは、長期スケールで見ればごく一部の動態の特徴を見ていたにすぎないことになる。

2. 目的

日本周辺海域はイワシ類の世界有数漁場の一つで、20 世紀においてマイワシ・カタクチイワシが最も明瞭に魚種交替を示す海域として知られる。本研究では、両種の主産卵場に近い別府湾の海底堆積物の魚鱗記録から両種の長期動態の特徴を明らかにし、魚種交替の安定性について検討した。

3. 結果・考察

過去 2850 年間の魚鱗記録から、マイワシとカタクチイワシの年間魚鱗堆積量はカリフォルニア沖サンタバーバラ海盆の記録で認められた正相関は示さなかったものの、両種の魚鱗堆積量の負の相関関係は認められなかった。これは、魚種交替が必ずしも起こっていないことを意味する。しかし、時期を限定すれば負の相関も認められ、数百年程度の間隔で魚種交替が認められる時期もある。いずれにしても、古海洋記録はイワシ類

のどの有数漁場でも継続した魚種交替は見られず、20 世紀のマイワシ・カタクチイワシ間のレジームシフトは一過性のものである可能性は否定できないことがわかった。

その他にも、別府湾の魚鱗記録からマイワシ、カタクチイワシには数十年スケールの周期性だけでなく百年スケールの周期性が卓越していることや、マイワシの数十年～百年スケール変動の振幅に長期的な減少トレンドが読み取れる。こうしたイワシ類個体数の長期動態には、20 世紀で観測されたレジームシフトのような特徴以外にも多様な変動パターンを示している。これは、イワシ類が十年スケールの気候モード以外にも様々な時間スケールの気候モードに対して応答してきた可能性を示唆している。今後、長期的な気候変動との関係が明らかになるにつれ、海洋生態系の十年規模変動が長周期の気候変動に対してどのように変容するかの高質な情報をもたらすだろう。地球温暖化による十年規模変動の変容を高い精度で予測するモデルには、こうした過去の気候に対する海洋生態系の応答特性を再現できるものでなければならないことは言うまでもない。

引用文献:

- Baumgartner, Soutar and Ferreira-Bartrina (1992) Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI Rep.* 33, 24-40.
- Chavez, Ryan, Lluch-Cota, and Niquen C. (2003) From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217-221.
- Klyashtorin (2001) Climate change and long-term fluctuations of commercial catches: the possibility of forecasting.
- Mantua, Hare, Zhang, Wallace and Francis (1997) A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 78, 1069-1079.
- 川崎・花輪・谷口・二平 (2007) レジームシフト—気候変動と生物資源管理. 成山堂書店, 東京.

南極ドームふじ氷床コアから探る過去72万年間における 気候の不安定性と平均状態の関係

川村賢二・本山秀明（極地研）・阿部彩子（東大気海洋研）、ドームふじアイスコアコンソーシアム
Kenji KAWAMURA, Hideaki MOTOYAMA, Ayako ABE-OUCHI

1. はじめに

氷期における数千年毎の気候変動とそれに伴う両極間のシーソー現象（バイポーラーシーソー）は、数多くの古気候記録に見られるが、それらの周期性や平均的な気候状態との関連は依然としてよく分かっていない。そういった変動のプロセスや気候の平均状態への依存性の解明は、気候システムの振る舞いの理解と将来予測の向上につながる課題である。

本研究では、数千年以上の周期を持つ気候変動を、72 万年間の長さを持つ南極ドームふじ氷床コアを新たに分析し、そのデータと欧州が掘削したドーム C コアのデータと合わせて解析し同定した。

2. 手法

過去 72 万年にわたる両コアの水同位体比（ドームふじコアは酸素同位体比、ドーム C コアは水素同位体比）のデータの振幅と平均値を規格化した後に、パターンマッチングによって年代を整合させた。その後、両者のデータの平均値を取り、解析用データとした。イベントの検出には、平滑化のためローパスフィルタをかけたデータの 1 次微分と 2 次微分をとり、それぞれに閾値を設ける方法を取った。閾値は、ドームふじコアに含まれる最も古い氷期（MIS16）における気候イベント数が 9 個になるように設定した。この数は、ドームふじコアの水同位体とダストの間に明瞭な負の相関関係が認められたイベントに基づいて決定した。こうして得られたイベントが、同位体データやダスト（バイポーラーシーソーに伴う南

極気候変動とともに変動する成分）データに見られない場合には、該当するイベントを却下し、最終的な検出結果とした。ドームふじコアの解析結果を図 1 に示す。

また、さらに詳細な追加解析として、使用したデータのうち解像度が高いドームふじコアの同位体とドーム C コアのダストを用い、両者に共通するピークを目視で検出する手法を用いた。これにより、ローパスフィルタをかけた際に失われた詳細な変動を利用できるようになった（検出の客観性とのトレードオフとなることに留意）。

3. 結果と考察

今回の詳細な解析結果において、南極の温暖化イベントの繰り返し時間と平均温度（同位体比）との関係は、最終氷期のグリーンランド氷床コアで同じ解析を行った際に得られる分布と整合的であった。したがって、平均的な気候が氷期の中間程度の状態の時にバイポーラーシーソーを含む数千年スケール変動が最も頻繁に起こるという結果は、解析手法によらない確固としたものであると結論できる。当日は、氷期に気候不安定性が増す要因についても議論する。

引用文献：

Dome Fuji Ice Core Project Members, State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from Antarctic ice cores and climate modeling, *Science Advances*, 3 (2), e1600446, doi:10.1126/sciadv.1600446, 2017.

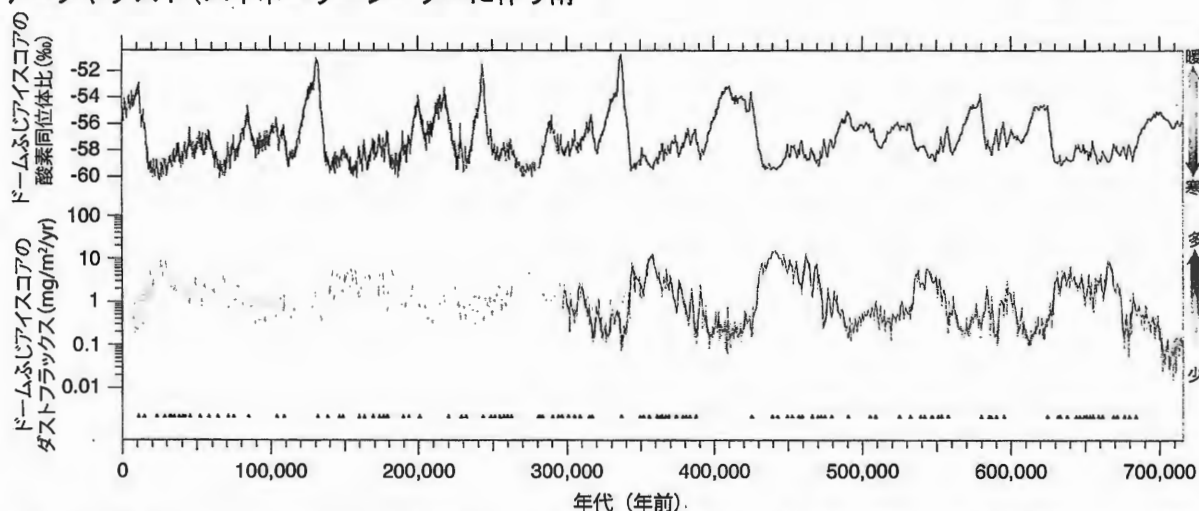


図 1：南極ドームふじアイスコアから得られた過去72万年間にわたる酸素同位体比（気温の指標）およびダストフラックス（大気中に漂う微粒子の指標）。最下段に描かれている印（三角）は、本研究で抽出された南極の温暖化ピークの位置を示す。

北東アラビア海の海洋コアから発見された eolian-sand turbidites と古海洋環境

村山雅史・山下広大・山本裕二 (高知大), 入野智久 (北海道大)

Masafumi MURAYAMA, Kodai YAMASHITA, Yuhji YAMAMOTO, Tomohisa IRINO: Paleoenvironment and characteristics of eolian-sand turbidites described in a sediment core from the northeastern Arabian Sea

1. はじめに

DSDP (国際深海掘削計画) において採取された大西洋アフリカ東岸沖のコアから, 100~600cm の層厚で中粒砂からなる堆積物が採取された。その特徴は, ungraded で massive な再堆積した eolian-sand layer と記載され, "eolomarine" sediment facies に分類された (Berger and von Rad, 1972 ほか)。その後, Sarnthein and Diester-Haass (1977) によって, 氷期の低海水準期にサハラ砂漠からもたらされた sand dune が海側に漸進し, その後, 海水準が上昇した間氷期に海底に再堆積した堆積物と解釈され, eolian-sand turbidites と名づけられた。本報告では, 北東アラビア海から採取された海底コア (ER-4) に含まれる同様の特徴を持った堆積層についての記載および古環境について報告する。

2. 海洋コア試料

本研究で用いた海底コア試料は, 学術研究船「白鳳丸」KH-09-5 次航海において, 北東アラビア海 (17° 17' N, 69° 04' E, 水深 3,500 m) から採取された ER-4 (コア長 1,350 cm) である。ER-4 コアは, インド大陸から約 400km 離れた深海底にある比高約 20m の地形的高まりから採取された。本コアの岩相は, calcareous ooze~silty clay からなり, 色は, dark gray と light gray の暗色と明色に分かれており, 後氷期を含む間氷期にあたる層準では明るく, 氷期にあたる層準では暗い色を示す傾向があった。コアトップから 205cm 付近に層厚約 2cm の fine sand, 627cm 付近に層厚約 6cm の medium sand が挟在する。それらは, それぞれ約 0.2mm, 0.5mm の平均粒径を示し, 主に marble で構成された非常に良く淘汰, 円摩された灰色ペレット状の岩片が多量に含まれていた。これらの層は massive または上方細粒化の傾向をしめす堆積構造が観察された。

3. コアの年代

過去 11 万年間をカバーしている本コアは, インドモンスーンの影響下にある。本コアの年代は, 3 層準の有孔虫 AMS¹⁴C 年代, 浮遊有孔虫による酸素同位体層序 (*Globigerinoides ruber*; 98 層準), および相対古地磁気強度からもとめられた (山下ほか, 2016)。

4. 結果と解釈

2 層準のペレット状の岩片が堆積した年代を求めると, 627cm 付近の岩片は Heinrich event 5

直後, 205cm 付近の岩片は LGM 直後にあたり, とともに寒冷期の直後であった。すなわち, 海水準の低下した寒冷な時期から, 海水準が急激に上昇する温暖期へ移行した時期に堆積したと考えられる。したがって, 2 層準の岩片の特徴と堆積年代から, eolian-sand turbidites (Sarnthein and Diester-Haass, 1977) であると考えられる。

これらの起源は, インド大陸北部に分布するタール砂漠が有力である。寒冷期の低海水準期に北東モンスーンの影響下において sand dune が海側に漸進し, 温暖期へ移行した高海水準期にそれらが海底斜面を流れ下り, 本コアサイトに到達し堆積したと考えられる。本発表では, 北東アラビア海から採取された海底コア (ER-4) に挟在する eolian-sand turbidites について記載を報告し, 形成時期と気候変動に関する古環境についても報告する。

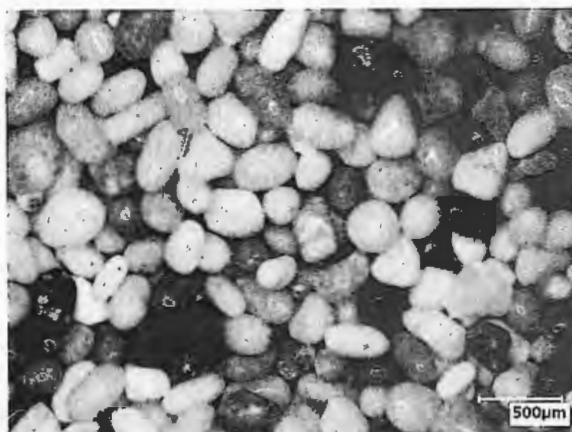


図 1: 北東アラビア海の ER-4 コアから産出した非常に良く淘汰, 円摩された灰色ペレット状の岩片

引用文献:

Berger, W. H. and U. von Rad, 1972, Cretaceous sediments from the Atlantic Ocean: in Hayes, D. E., and A. C. Pimm et al. (eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*: v. X1V, p. 787-954.

Sarnthein and Diester-Haass, 1977, Eolian-sand turbidites, *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, 868-890.

山下広大, 村山雅史, 原田尚美, 2016, 地球惑星連合大会講演要旨.

千葉セクションの高精度古海洋記録—千年～百年スケールの気候変化

兵頭政幸 (神戸大)・Balázs Bradák (神戸大)・岡田誠 (茨城大)・加藤茂弘 (人と自然博)・北場育子 (立命館大)・David L. Dettman (アリゾナ大)・林広樹 (島根大)・熊澤亘洋 (神戸大)・廣瀬孝太郎 (早稲田大)・風岡修 (千葉県地質環境研)・紫谷築 (島根大)・北村晃寿 (静岡大)

Masayuki HYODO, Balázs BRADÁK, Makoto OKADA, Shigehiro KATOH, Ikuko KITABA, David L. DETTMAN, Hiroki HAYASHI, Koyo KUMAZAWA, Kotaro HIROSE, Osamu KAZAOKA, Kizuku SHIKOKU, Akihisa KITAMURA: High-precision paleoceanic record from the Chiba Section—Millennial to centennial scale climate changes

1. はじめに

グリーンランド氷床コアや北大西洋海底堆積物が示した千年～百年スケールの気候変化は (Bond et al., 1997; Dansgaard et al., 1993 など)、日本海や中国など他地域でも発見され (例えば, Tada & Irino, 1999)、広域的な気候現象であることが明らかとなった。このような研究は、データの得られやすさから最終氷期～完新世が主な対象であった。

最近、北大西洋中緯度 (U1313; Ferretti et al., 2015) と大阪湾 (Maegakiuchi et al., 2016) から海洋同位体ステージ (MIS) 19 の高解像度古海洋記録が報告された。それによると、Matuyama-Brunhes 地磁気逆転直後に千年スケールの多数の気候イベントが起こっているが、その同期性については不明である。本研究では、千葉県養老川沿いの上総層群国本層の千葉セクションで採取したコア TB2 (Hyodo et al., 2016) から MIS 19 初期～MIS 18 初期の高解像度古海洋記録を得た。同記録と、上記二つの記録とを比較し、同時に起こった千年～百年スケールの気候変化について議論する。

2. 方法

コア TB2 の Ca/Ti 比 (生物性 CaCO_3 生産量指標)、S/Ti 比 (パイライト量、嫌気的環境の指標)、浮遊性有孔虫化石の $\delta^{18}\text{O}$ 、単位質量当たり有孔虫化石殻数、帯磁率 (χ)、非履歴残留磁化 (ARM)、磁気的粒径指標 (ARM/χ) が一致した変化を示す。特に、磁気データが示す 10 回の短期の好気イベント (嫌気的環境弱化イベント) は低海水準・低生物生産・低パイライト量イベントに一致する。この古海洋記録は、大阪湾の海水準指標、および北大西洋中緯度 IODP Site U1313 の浮遊性有孔虫化石の $\delta^{18}\text{O}$ 記録とよく一致したイベントを示す。その中で、特に低海水準/寒冷イベントを使って対比し、大阪湾データの天文年代 (Hyodo & Kitaba, 2015) を、コア TB2 と U1313 の記録に移して年代を決める。これにより、3 カ所の古海洋記録が共通の年代軸上で比較できる。大阪湾の天文年代モデルは、線形年代モデル (Kitaba et al., 2013) と誤差 1.2 kyr 以内で一致している。

3. 結果と考察

共通の年代軸に対してプロットした 3 地域の古海洋記録は、千年～百年スケールの変動に加えてミランコビッチの歳差周期に応答した変動も保持している。つまり、グローバルな気候変化だけでなく、北半球中緯度に共通の気候変化、古海洋環境変化を記録しているといえる。

古気候変動に関して、以下の特筆すべき特徴が挙げられる。MIS 19 間氷期の後半に、コア TB2 地点 (北太平洋の西端)、大阪湾、北大西洋中緯度域の 3 地域で複数の高海水準/温暖イベントがほぼ同時に起こっている。そのうちの 2 回は 776 ka 付近と 765 ka 付近で起こり、約 200 年と 800 年の卓越周期で同じパターンを繰り返す特異な変化で特徴づけられる。前者は MIS 19.3 の最高海面期の約 4000 年後の、大阪湾では花粉記録が示す MIS 19 の最温暖期、北大西洋中緯度域ではアルケノン水温計による SST の最温暖期に一致する。後者は MIS 19.1 の高海面期に一致する。これら百年スケールの気候変化は、その周期性から、太陽活動が影響した可能性を示唆する。最温暖期の遅れは地磁気逆転期の銀河宇宙線量増加に伴う日傘効果による寒冷化で説明できる (Kitaba et al., 2013, 2017)。

3 地域の気候層序が百年スケールで対比できることが分かった。コア TB2 のデータ解像度 10 年は他の 2 地域のデータ解像度約 200 年に比べ圧倒的に高い。このことは、千葉セクションの極めて高い層序学的価値を強調するものである。

引用文献: Bond, G. C. et al. (1997) *Science* 278, 1257-1266. Dansgaard, W. et al. (1993) *Nature*, 364, 218-220. Tada, R. & Irino T. (1999) *Paleoceanography* 14, 236-247. Ferretti, P. et al. (2015) *Quat. Sci. Rev.* 108, 95-110. Maegakiuchi et al. (2016) *J. Quat. Sci.* 31, 809-822. Hyodo et al. *Quat. Int.* (2016) 397, 16-26. Hyodo, M. & Kitaba, I. (2015) *Quat. Int.* 383, 136-144. Kitaba, I. et al. (2013) *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 110, 1215-1220. Kitaba, I. et al. (2017) *Sci. Rep.* 7, 40682 doi: 10.1038/srep40682.

氷期の気候の不安定性に関する気候モデリング

阿部彩子・Wing-Le Chan (東大大気海洋研)・吉森正和 (北大)・川村賢二 (極地研)

Ayako ABE-OUCHI, Wing-Le CHAN, Masakazu YOSHIMORI, Kenji KAWAMURA

1. はじめに

ドームふじコアでは数千年間隔の南北両極シーソーに伴う急激な気候変動が氷期中頃(氷期最盛期でも間氷期でもない時期)に頻繁に見られたがその要因はよくわかっていない。このような変動のプロセスや気候の平均状態への依存性の解明は、気候システムの振る舞いの理解と将来予測の向上につながる課題である。

本研究では、数千年以上の周期を持つ気候変動の起こりやすさが気候の平均状態にどう依存するかを大気海洋結合の気候モデルによる数値実験により調べた。

2. 手法

大気海洋結合大循環モデル MIROC 3.2 (解像度: 大気は水平緯度経度約 2.8 度、鉛直 20 層、海洋は水平 1°×0.5 度、鉛直 46 層) を用いる。氷床コアで見られた気候安定性の異なる 3 つの状態を想定したそれぞれの気候場 (a) Pre Industrial, (b) Middle Glacial, (c) Full Glacial) 実験を行なう。条件は、氷床形状のほか、軌道要素と温室効果ガスレベル(とくに二酸化炭素レベル)が異なる。(a) を変更した感度実験として (d) 二酸化炭素レベルのみ (b) に変更、(e) 氷床形状のみ (b) に変更を行なう。平衡状態になるまで数千年計算する。またそれぞれに対して亜氷期状態 stadial を想定して北大西洋に淡水 (0.05 Sv, 500 年で海水準 2.5m 上昇) を流入する実験を行なう。

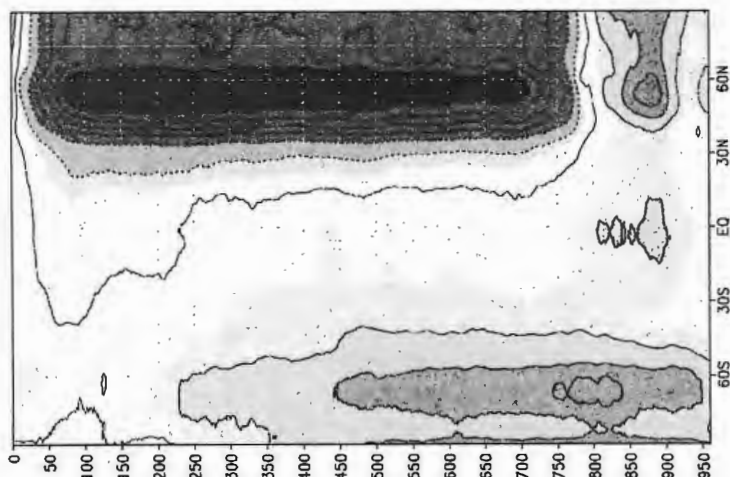
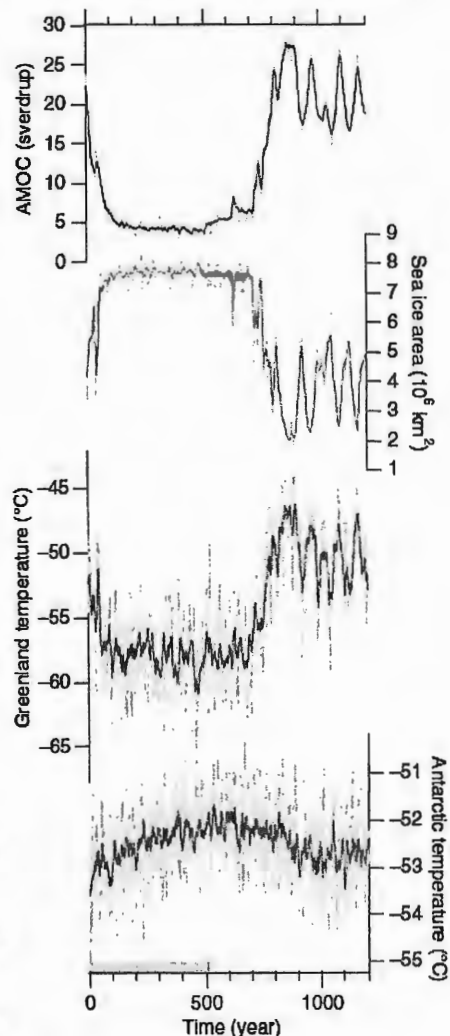


図: 左、氷期中期の場合の東西平均の気温偏差の緯度時間変化。北半球の寒冷化シグナルが先行し、その後ゆっくり南極で逆の反応が現れる。右、同じ実験の時系列、上から、深層循環の変化、北半球の海氷の変化、グリーンランド氷床での気温変化、南極氷床上的の気温変化。

3. 結果

氷期中頃の急激な気候変動と両極シーソーの様相を再現できた。それが温暖期や氷期最盛期より頻繁なのは、二酸化炭素レベルが中程度 (200~240ppm) なことに起因しそうだとわかった。

A Midglacial Hosing 0.05 sverdrup



引用文献:

Dome Fuji Ice Core Project Members, State dependence of climatic instability over the past 720,000

years from Antarctic ice cores and climate modeling, *Science Advances*, 3(2), e1600446, doi:10.1126/sciadv.1600446, 2017.

大分県における磨崖仏研究略史と県南地域での過去の整備例

豊田徹士（豊後大野市教委、ジオパーク）・山路康弘（大分県教委）森井順之（東文研）

Tetsushi TOYOTA (Board of Education Bungoono City, Bungoono Geopark Staff), Yasuhiro YAMAJI (Oita Prefectural Board of Education), Masayuki MORII (Tokyo National Research Institute for Cultural Properties)

1. はじめに

本稿は、大分県を中心にはじまった日本磨崖仏研究についての略史と、大分県内で行われた過去の整備事業の概要、さらに豊後大野市が行った整備事業の概要についてまとめ報告する。

なお、本稿で対象とする「磨崖仏」とは「崖に刻まれた石製の仏教的造形物」を指し、それは、史跡的価値が高く、現地での保存が必要不可欠な物件である。

2. 研究略史

大分県内にある磨崖仏の価値は、1913年、地質学者の小川琢治が臼杵磨崖仏を調査、報告したことによって中央学界に知られることとなった。

小川の発表の後、歴史学者や仏教美術家によりその造顕時期について様々な考証がなされていくが、考古学者である浜田青陵は形式学的見知を用い評価した。それは1925年『豊後磨崖石仏の研究』にまとめられ、以降臼杵・菅尾などの磨崖仏は平安後期から末期の所産であるという決定的な年代観を与えた。

さらに浜田は「要之、豊後の磨崖石仏は畢竟阿蘇火山体活動の結果産出せられた凝灰岩を其の材料として発生した芸術の作品に外ならない」と述べ、上質な磨崖石仏造立の背景に阿蘇溶結凝灰岩の存在があると重要な指摘をしている（図1）。

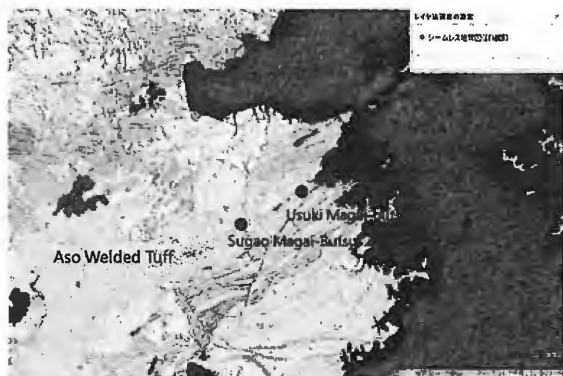


図1. 大分県中南部地質図（産総研シームレス地質図）

1934年からこれらの磨崖仏は次々と国の史跡指定を受け、さらに1950年代には菅尾、臼杵の磨崖仏は重要文化財の追加指定をうけた。磨崖仏が木彫仏並みの美術品的価値を有することが認められたのである。

1996年、渡辺文雄はこれら県南地域の磨崖仏に対して県北地域の磨崖仏群の彫刻が浅いことに注目し、その原因の一つとして岩質の違いを指摘した。渡辺は造形的な特徴の相違をもたらした理由のひとつとして岩質の相違、磨崖仏の素材選

択の地層分布を指摘したのである。

ここであらためて「磨崖仏の文化」が華開く背景には、総じて素材となる岩石の存在が不可欠であったことが理解でき、それらを維持していくためには岩質や現在の状況を正しく認識し理解して保存、修理の取り組みを行っていく必要があることが確認できる。

3. これまでの磨崖仏整備概観

臼杵磨崖仏は、保存状態が極めて悪く多くの問題を抱えていたが1953年以降本格的な整備に着手された。その保存修理事業は彫刻の状態だけでなくそれを取り巻く環境まで含め保存に最適な状態をもとめ行われ、日本の磨崖仏保存整備の先駆けとなった。その取り組みは・地質的な知見からの取り組み・岩体崩落阻止の取り組み・地下水の処理・冷気対策など多岐にわたり、その成果は他の磨崖仏整備の手本となっていく。

1997年から2008年まで保存修理工事が行われた宮迫東・西石仏では、豊後大野市により老朽化した覆屋の再建を契機として行われたが、着手前にはボーリング調査・温湿度観測・地下水位観測・湧水観測・析出物・含水率・着生生物について調査を行った。

また彫刻面に樹脂含浸を行うため、その樹脂及び洗浄剤の選定する耐候試験も行い斬新な取り組みも行われている。

同じく豊後大野市によって2012年から第2期整備事業を行った菅尾磨崖仏では、これらの成果を踏まえ・温湿度観測・岩体表面温度・風向風速・定点カメラによる間欠撮影を行い、ストレスのない現状を維持する形での環境整備を行い根本解決より最適な現状維持という整備の形を示した。

3. おわりに

1913年から始まった日本の磨崖仏研究と整備は、大分県を中心に地質学や考古学、保存科学など様々な学問領域の参画・成果の集積により確立されてきた。そしてその学際的な取り組みの萌芽はおよそ100年前にすでにあり脈々と引き継がれてきたことであった。いま自治体として、さらに学際的な取り組みであるジオパークとして、良好な状態を維持するため科学研究に基づき後世に残すべく整備を行わなければならない。

引用文献：仲嶺（1997）芸術学論叢，12。仲嶺（1998）芸術学論叢，13。浜田（1925）京都帝国大学文学部考古学研究報告，9。渡辺（1997）石造文化財の保存対策のための概要調査。

東京都産トウキョウホタテの保全と活用

川辺文久（文部科学省）・加瀬友喜（神奈川大学）・田口公則（神奈川県立生命の星・地球博物館）・佐々木猛智（東京大学総合研究博物館）・守屋和佳（早稲田大学）

Fumihisa KAWABE, Tomoki KASE, Kiminori TAGUCHI, Takenori SASAKI, Kazuyoshi MORIYA.
Conservation and utilization of *Mizuhopecten tokyoensis* (Tokunaga) from Tokyo.

1. はじめに

2016年の地質の日、日本地質学会が全国47都道府県の県の石（岩石、鉱物、化石をそれぞれひとつ）を発表した。東京都については、岩石は無人岩、鉱物は単斜エンスタタイト、化石はトウキョウホタテである。筆頭演者は、同会が出版予定の『県の石図鑑：全国都道府県の岩石・鉱物・化石』の東京都の編纂を担当し、共同演者からトウキョウホタテに関わる有益な情報を得た。そこで、標本の保全や活用に関連づけて報告する。

2. 東京都産の標本を求めて

第四紀二枚貝化石の代表格として不動の地位にあるトウキョウホタテは、化石図鑑や各地の博物館でよく見かける。千葉県瀬又産や瀬戸内海産のものが有名である。下総台地での野外実習でトウキョウホタテを採集した経験をもつ高校生や大学生もいるだろう。しかし、全国都道府県の石を選定した目的は、郷土への愛着と大地の性質や成り立ちへの関心を喚起することなので、東京都産の標本が東京都内の施設で展示されていることが望ましい。

徳永重康は北区王子付近に露出していた“王子貝層”（東京層の中にある貝殻密集層）の標本を研究し、東京に因んで *Pecten tokyoensis* と命名した（Tokunaga, 1906）、後にトウキョウホタテと呼ばれるようになった。タイプ標本は東京大学総合研究博物館にあるが、常設展示はない。

北区飛鳥山博物館には地元“王子貝層”産のトウキョウホタテが常設展示されている。展示ラベルには「北区十条仲原の清水坂公園造成時に採取」と記されている。中型で摩耗しており地味な展示物だが、由緒正しい標本である。この博物館はブラウンスと徳永重康の功績を紹介するなど第四紀関連の展示が充実している。また、近くを流れる石神井川沿いの音無さくら緑地には小さな露頭があり（館内ビデオで紹介）、農業環境技術研究所の『歴史的農業環境閲覧システム』の古地図に照らすと、ここはブラウンスの『東京近傍地質篇』に登場する水車小屋の露頭に当たる。

3. 所在を確認した東京都産標本

東京の山の手台地を刻む石神井川や神田川沿いの露頭や、地下鉄工事やビル建設の現場でトウキョウホタテがたくさん見つかった。この度、次の機関に東京区部産の標本が保管されていることを確認した。機関の登録番号を括弧に付す。国立科学博物館（筑波）所蔵

板橋区徳丸 (P1 4064)

板橋区仲宿

板橋区大和町 地下鉄工事場

北区滝野川 (P1 4096)

北区王子

中央区日本橋橋町

台東区駒形

豊島区巣鴨付近 地下鉄工事場

文京区関口二丁目 江戸川公園 (PM 8217)

新宿区戸山一丁目 国立国際医療研究センター (P1 7463)

神奈川県立生命の星・地球博物館（小田原）所蔵

北区西ヶ原 (NN 4154)

文京区関口二丁目 江戸川公園 (NN 4108)

文京区関口二丁目 椿山荘増築工事場 (NN 31608, NN 31616)

東京大学総合研究博物館（本郷）所蔵

北区王子付近 (CM13643-13673, 13791-13800)

早稲田大学（本庄）所蔵

千代田区有楽町一丁目 日活国際会館工事場（現在はザ・ペニンシュラ東京）

中央区日本橋一丁目 白木屋工事場（現在はコレド日本橋）

中央区日本橋本石町二丁目 日銀敷地工事場

台東区上野三丁目 松坂屋工事場

新宿区西早稲田一丁目 早大校舎工事場

新宿区高田馬場付近 地下鉄工事場

4. まとめ

演者の知る限り、都内産標本の展示物は北区飛鳥山博物館の一点のみである。一方、上記4機関では歴代スタッフの尽力によって、貴重な財産が守られてきた。科博や神奈川県博には寄贈標本がたくさんある。東大博にはTokunaga (1906) で使用された標本約40点がある。早大には徳永重康と直良信夫が扱った標本がある（守屋, 2017）。

今、都心では再開発が進んでおり、建設現場で東京層が掘削されてトウキョウホタテが産出するかもしれない。東京区部には区立の郷土資料館・博物館がある。東京の石の選定をきっかけに、地元産の標本が保管、展示されることを期待する。

引用文献：守屋（2017）、化石102号、1-2。
Tokunaga (1906)、東京帝国大学紀要理科21巻、1-96。

第四紀火山における応用地質学的問題—主に建設工事を対象として—

太田岳洋 (山口大)

Takehiro OHTA: Applied geologic issues in Quaternary volcanic fields - Case of construction sites -

1. はじめに

日本は島弧—海溝系に位置する弧状列島であり、110の活火山が分布する世界でも有数の火山国である。日本はこのような火山国でありながら、火山山麓を含めて鉄道、道路、電力設備などの社会基盤が発達し、多くの人々が生活している。高度成長期までは、第四紀火山周辺での社会基盤の建設は当時の技術レベルや噴火災害の危険性などを勘案し、積極的には行われてこなかったようである。しかし高度成長期以降、高速鉄道や高速道路などの整備の社会的な要求と、建設技術のレベルの向上およびより直線的な線形の優位性から、第四紀火山周辺でもこれら社会基盤の建設が行われるようになった。

しかし、第四紀火山周辺においても社会基盤の建設に先立ち行われる地質調査は、従来の構造地質学の考え方を基本とした土木地質学的手法で行われ、建設工事の対象となる地盤の条件を火山地質学的な見地に基づいて正しく評価されていないことが多い。そのため、調査結果からは予測されなかった応用地質的な問題事象による建設工事のトラブルが発生することがある。本稿では第四紀火山の周辺で施工された建設工事において、火山地質特有の応用地質的問題によるトラブルの発生事例をいくつか紹介する。それらの事例から、応用地質学で考慮すべき火山地質学的見地に基づいた地質評価の今後の展開について述べる。

2. 海外における火山地質学と工学

国際岩の力学学会では、2002年以降火山岩や火山周辺の地盤工学、岩盤工学を対象として4回の国際ワークショップが開催された。そこでは、軽石層や冷却節理に着目した地盤や岩盤の力学的な挙動や火山灰質土壌における地下水流れとそれに伴う力学挙動と斜面崩壊などのほかに、地下空洞掘削時の冷却節理や未固結の火山噴出物の分布に起因する不安定化について議論されている (Olalla et al. eds., 2010 など)。

また、メキシコや韓国の火山では、火山体を涵養源とする地下水の水質について地球化学的な研究が行われている。例えば、メキシコのGuadalajara地域の第四紀火山では、涵養域から流出域への水質の変化を実測と数値解析から水質変化をモデル化し、地下水中の窒素が人為的活動により付加されていることを示している (Moran-Ramirez, et al., 2016)。

3. 建設工事でのトラブル事例

3.1 火山体裾部～火山麓扇状地

火山体裾部から火山麓扇状地にかけては、火山

噴出物である降下火砕物、火砕流堆積物や溶岩流のほかに二次堆積物である転動堆積物、泥流堆積物や土石流堆積物、大規模な山体崩壊にともなう岩屑なだれ堆積物が分布する。これらは堆積時の火山体の地形に支配されて分布するため、3次元的にその分布を把握することは困難である。

上越新幹線中山トンネルでは、群馬県の小野小山火山と子持火山の間に厚く堆積した火山麓扇状地堆積物層の深度200～400mを掘削した (平沢ほか, 1974)。掘削位置が深いため数か所で立坑が施工されたが、立坑掘削時から主に火山泥流からなる火山麓扇状地堆積物層から多量の湧水が認められ、掘削工事の進行にともない周辺の湧水や浅井戸で湧水や減水が発生した (串山・小林, 1975)。本坑深度における火山砕屑物や泥流堆積物からなる火山麓扇状地堆積物層には約2MPa (水頭で約200m)の水圧を有する地下水が分布し、地下水の水位を低下させるために迂回坑が掘削された (大貫ほか, 1980)。しかし、高い地下水水圧のために掘削面が不安定化し、岩盤の崩落にともなって大量の地下水がトンネル内に湧出して、度々トンネルが水没した。そのため、本線ルートは直線性を放棄し、高い水圧を有する地下水が分布する範囲を迂回したルートに変更された。

北陸新幹線高社山トンネルは長野県北部に位置する高社山火山の火山体裾部から火山麓扇状地の深度140～170mを掘削したトンネルである (依田・越川, 2004)。トンネル周辺の地表部では地下水が自噴し、掘削位置に分布する地下水では掘削深度以上の水頭180mに相当する水圧が計測された。このことは、トンネル掘削位置に賦存する地下水が高社山の山体上部から涵養されていることを示唆する。掘削に際しては高い水圧による掘削面の崩落を予防するために多数の水抜き孔を設置し地下水位を低下させたため、地表部の湧水などでは湧水や減水が生じている。

以上の事例からは、火山体裾部から火山麓扇状地でトンネルを掘削する際には、火山体を涵養源とするため掘削位置では高い水圧を有する地下水による掘削面の崩落と、掘削にともなう地下水位の低下による地表での湧水や減水が問題となることがわかる。また、このような箇所では、高い水圧の地下水の涵養源となる山体上部と湧出箇所の間の地下水経路となる堆積物の分布を調査により把握あるいは推定することが困難であることが上記の問題の解決を困難にしている。

3.2 カルデラ壁

高森トンネルは、宮崎県高千穂町と熊本県高森町を結ぶ高千穂線の阿蘇火山外輪山南東部に計画された延長6,515mのトンネルである。高森方

には鮮新世の玄武岩質火砕岩が分布し、高森方坑口から約 3500m より高千穂方には阿蘇火山の噴出物が分布すると推定された(篠塚, 1976)。高森方周辺には飲料水源やかんがい用水源が多数分布していたため、弾性波探査や放射能探査により断層の分布と地下水の賦存状況が推定された。しかし、トンネル掘削時に断層箇所での湧水を制御することは難しく、断層を通過するたびに 10~20t/min の湧水が生じ、最終的には高森方坑口から約 1800m の位置で約 30t/min の湧水が発生し、掘削が中断された。掘削時に湧水が生じるたびに水源の減水や枯渇が発生し、30t/min の湧水流出時には 49.4ha の水田が枯渇するとともに減渇水による被害戸数が 1,170 戸におよんだ(篠塚, 1976)。その後、社会的背景の変化により 1976 年に本トンネルの建設は中止された。

阿蘇火山の外輪山を掘削したトンネルとしては、豊肥線の宮地・波野間に坂の上トンネルがある。このトンネルは、阿蘇火山の火砕流堆積物と降下火砕物を掘削して建設された。2012 年 7 月の九州北部豪雨の際に、本トンネルでは大分方の坑口から約 50m の箇所が崩落して地表部に陥没孔が生じた。また同行口から約 150m~300m 間では覆工背面と路盤部が著しく浸食され、敷設されていた約 1.5 km×2 本のレールが下り勾配の熊本方坑口に押し流された。この現象は大分方坑口周辺の地表部で発生した洪水による大量の河川水が坑口から流入したためと報告されている(大澤ほか, 2014)。しかし、覆工背面や路盤の著しい浸食が生じた箇所には Aso-4 火砕流堆積物の下位に分布する非溶結で粗粒の降下火砕物層が分布し、この層がトンネル上部の地表の複数の河川部に露出していることから、豪雨により増水した複数の河川の河川水がこの降下火砕物層に地下水として流入し、トンネル位置で高い水圧と流速を持って湧出したことが原因と考えられる(岡野ほか, 2014)。

以上の事例はいずれも阿蘇火山のカルデラ壁での事例であるが、それぞれ異なった地質事象を原因とするトラブルと考えられる。前者はカルデラ壁に分布する断層破碎帯に恒常的に胚胎する地下水が原因と推定される。一方後者は、カルデラ壁上部に分布する降下火砕物層中での豪雨による一時的な地下水位上昇が原因と考えられる。

3.3 非溶結火砕流堆積物

東北新幹線八甲田トンネルは、最近では自然由来の重金属等を含有する掘削発生土の処分で有名であるが、本トンネルの青森方には八甲田火山の火砕流堆積物が厚く分布しており、その非溶結部における多量の地下水湧出にともなう掘削面の不安定化が懸念されていた。本格的な掘削工事に先立って掘削された調査坑では、2 層の火砕流堆積物の非溶結部において高圧でかつ多量の地下

水の湧出が認められ(最大切羽湧水 400L/min, 最大坑口湧水 3,500L/min; 北川・野々村, 1997)、切羽からの土砂の流出が発生した。本工事では深度 150m におよぶディープウェルにより地表部から揚水を行い、地下水位を低下させて施工された(佐々木ほか, 2000)。

4. 火山地質学的見地に基づいた地質評価の今後の展開

3 章に述べたように、日本において火山体周辺で施工された建設工事で大きな問題となったトラブルは、火山体に賦存する地下水に起因する事例が多い。しかし、これまでの地質調査の手法ではトラブルの原因となる地下水の分布を予測することは困難であったようである。

カルデラ壁や非溶結火砕流堆積物の分布域で地下水を賦存しうる高透水性の降下火砕物層や非溶結部については、火山地質学的な観点で評価することにより、その分布範囲を的確に推定できる可能性がある。また、これらの層はそれ以外と物性的なコントラストも大きいいため、電気探査などにより把握できる可能性も高いと思われる。しかし、火山体裾部から火山麓扇状地では、地下水流動経路の規模が小さく、経路となる堆積物とそれ以外の堆積物とでは物性も類似するため、物理探査手法では評価することは困難と考えられ、火山地質学的な地質評価も難しいであろう。

一方で、海外では火山体中の地下水の水質変化を水-岩石反応をモデル化することで、涵養域から流出域の水質変化をとらえる試みが行われている。火山体の構成物の岩石学的特徴と湧出地点における地下水水質から、水-岩石反応のモデルに基づいて地下水の流下経路や流下時間を推定できる可能性がある。このような推定手法が確立できれば、火山地域における建設工事の環境影響評価や優良な地下水資源である火山体山麓の湧水の保全へ貢献することが期待できる。

引用文献: 平沢ほか(1974)トンネルと地下, 5, 46-57. 串山・小林(1975)トンネルと地下, 6, 395-405. Moran-Ramirez, et al., (2016) Applied Geochem., 68, 79-94. 岡野ほか(2014)トンネル工学報告集, 24, 1-33. Olalla et al. eds., (2010) Volcanic Rock Mechanics, 355p, CRC Press. 大貫ほか(1980)トンネルと地下, 11-809-818. 大澤ほか(2014)トンネルと地下, 45, 2, 7-14. 篠塚(1976)トンネルと地下, 7, 441-448. 依田・越川(2004)トンネルと地下, 35, 95-100.

東北地方太平洋沖地震（2011）による東京湾岸埋立地の液状化-流動化現象

香川 淳・古野邦雄・楠田 隆・酒井 豊・吉田 剛・風岡 修

（千葉県環境研究センター地質環境研究室）

Liquefaction-Induced Ground Deformation caused by the 2011 Tohoku Earthquake in Tokyo Bay area

Atsushi KAGAWA, Kunio FURUNO, Takashi KUSUDA, Y.SAKAI, T.YOSHIDA and Osamu KAZAOKA

(Research Institute of Environmental Geology, Chiba)

東北地方太平洋沖地震（2011）では、震度 5 強以上となった房総半島中部以北において顕著な液状化-流動化現象（以下、液状化）が発生した。特に東京湾岸埋立地および九十九里平野北部、利根川流域では激しい液状化により大きな被害を受けた。このうち浦安市の埋立地における足長水準点の測量調査では、浅層部で 14cm に達する沈下が観測された。また基礎構造物の抜け上がり量調査では 95cm を超える浅層部の沈下が認められた（図）。こうした浅層部の沈下量や変形量と液状化の程度が調和的であることも明らかになった。さらに液状化の顕著な地域のうち、最も新しい埋立造成地である浦安市千鳥地区について、噴砂の分布、沈下量、埋め立て造成の経緯、既存地質ボーリング資料等を精査した。その結果、多量の噴砂が認められ、沈下量が極端に大きく、地

表の変形が特に顕著な区域が認められた。この区域と埋立造成期の航空写真に認められる浚渫溝がほぼ一致することから、厚い人工地層が激しい液状化の原因になったと推定された。その後、当区域の地質調査ボーリングを実施したところ、厚い人工地層が確認され仮説を立証することができた。さらに調査孔を地下水位観測井に仕上げたことから、人工地層中の地下水位変動の連続観測が可能となった。今後、地震時・液状化発生時の地下水の挙動が明らかとなるものと期待される。引用文献：千葉県環境研究センター 地質環境研究室（2011a～d）平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による東京湾岸埋立地での液状化-流動化被害（第 1～4 報）。

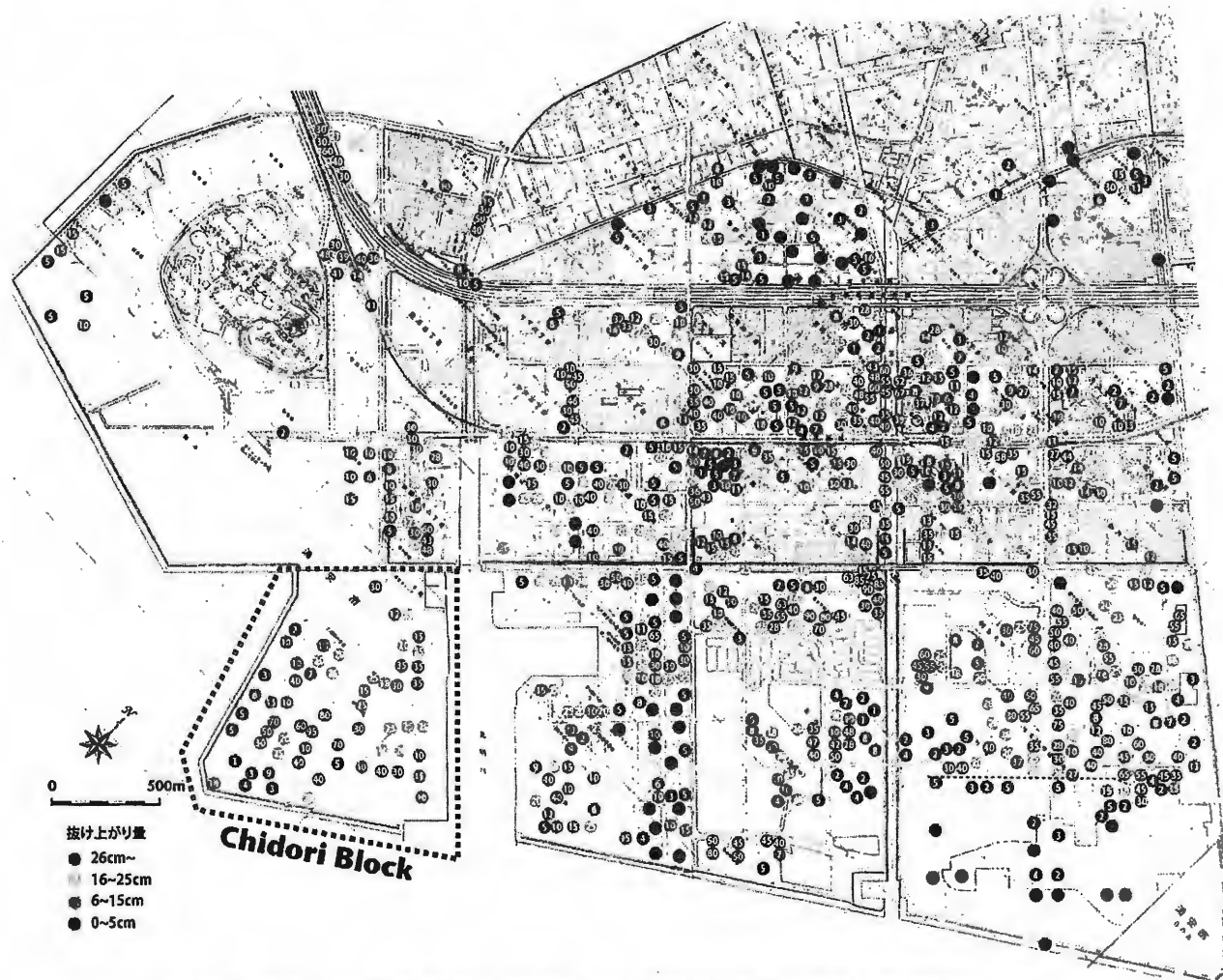


図 浦安市における基礎構造物の抜け上がり量調査結果（千葉県地質環境研，2011c）

土質区分ができるサウンディング調査

—土層強度検査棒—

品川俊介・矢島良紀・日外勝仁*・阿南修司(土木研,*現・寒地土研)

Shunsuke SHINAGAWA, Yoshinori YAJIMA, Katsuhito AGUI and Shuji ANAN:

A sounding survey method for classify the gradation of sediments—Soil strength probe—.

1. はじめに

土層強度検査棒(土木研究所地質チーム, 2010)は, 斜面の土層深やその強度分布を簡易に測定するために開発された, サウンディング調査機器である。品川ほか(2013)は, 河川堤防基礎地盤の漏水箇所地質構造を把握する目的で, 土層強度検査棒による調査を平野の河川堆積物分布域に適用したところ, 土質区分ができる可能性があることを見いだした。本稿では, 表層地質構造の区分事例に基づき, 平野堆積物の地質調査への応用可能性を示す。

2. 土層強度検査棒

土層強度検査棒は, 先端角度 60 度, 直径 15mm の先端コーンに, 直径 10mm, 長さ 50cm で任意の本数を接続して延長が可能なロッド, 押し込みハンドルを接続した金属製の棒である。

使用方法は, 力が伝わりやすい長さとした棒を, 地面に鉛直に挿し, ハンドルを握って体重をかけ, ゆっくり貫入する。そして貫入深度と貫入時の音や手応えを記録しながら, 貫入できなくなるまで, または一定の深度まで, 押し込む。ロッドは適宜延長し, 力が伝わりやすいようにする。貫入できなくなるか一定の深度に達したら, 棒を地中から引き抜き, 棒の先端についた土の土質を確認する。

貫入時の音や手応えと, 実際の土質を対比することで, 土質区分を実施する。またこの調査を測線沿いに高密度で実施することにより, 表層地質断面図が作成できる。さらに測線配置を工夫することで, 表層の三次元地質構造が把握できる。

なお, 土層強度検査棒にバネ量りを装着することで, 貫入抵抗力を測定したり, 羽根付き先端コーンとトルクレンチを使用することで, 土の粘着力と内部摩擦角を推定することができる。ただし, 本稿における調査では, これらは使用していない。

3. 調査地

調査は, 洪水時の水位上昇に伴って河川堤防沿いの堤内地側に地盤漏水が発生した箇所周辺(2地区)で実施した。

・菊池川(熊本県和水町・玉名市)

平成 24 年 7 月の洪水で堤防沿いの水田に噴砂を伴う漏水が発生した。地形分類によると漏水箇所は旧河道である。主測線を堤防沿いに約 500m, これに直交方向の副測線を 6 測線設け, 計 952m 調査した。また, 調査深度は 2m(一部 1.5m)まで, 測点間隔は 2m(一部 4m)とした。

・北川(宮崎県延岡市)

平成 28 年 9 月の洪水で堤防沿いの畑地や水田

に噴砂を伴う漏水が発生した。地形分類によると漏水箇所のほとんどは旧河道である。主測線を堤防沿いに約 350m, これに直交方向の副測線を 2 測線設け, 計 545m 調査した。また, 調査深度は貫入できなくなるまでとし, 測点間隔は原則として 10m とした。なお, 浅い深度で石に当たる地点がいくつか存在した。これらは盛土地と思われることなどから調査を省略した。

3. 調査結果と解釈

菊池川での調査結果を図.1 に示す。a-d 測線が堤防沿いに配置した主測線で, 図の奥が上流側になる。漏水箇所より上流側は粘性土で構成され, 漏水箇所より下流側は概ね深度 0.5~1m 前後に砂質土が分布し, 約 1m で貫入限界に達する。このような地質の境界部で漏水が発生していることが分かった。また副測線(j,k,l・m 測線)でも同じような地質のコントラストが認められた。

貫入限界より下位は砂層で, これらが河川に若干斜交する方向で帯状に分布することが推定された。分布この砂層は河道内の堆積物と考えられた。このように, 土層強度検査棒調査によって, 表層の堆積構造を高精度に推定できる可能性があることが分かった。

謝辞

調査の実施に当たっては, 国土交通省九州地方整備局菊池川河川事務所および, 宮崎県延岡土木事務所河川砂防課のご協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

引用文献:

(独)土木研究所地質チーム(2010)土木研究所資料, 4176, 40p.

品川ほか(2013)第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム 委員会報告・講演概要集, 土木学会, 64-65.

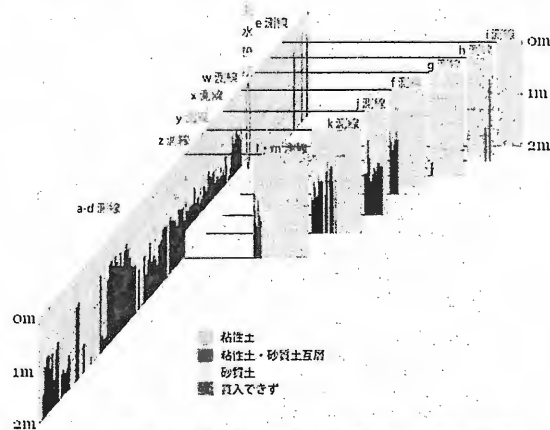


図.1 菊池川漏水箇所周辺の表層地質断面図
(品川ほか, 2013)

第四紀における日本海底層の酸化還元状態と海洋循環の時代変化復元

関 有沙 (東京大学)・多田隆治 (東京大学)・村山雅史 (高知大学)・

黒川駿介 (東京大学)・三武 司 (東京大学)

Arisa SEKI, Ryuji TADA, Masafumi MURAYAMA, Shunsuke KUROKAWA, Kaz MITAKE

1. はじめに

日本海は水深が深く (平均水深約 1500m)、海峡の最大水深が約 130m と浅い特徴的な地形をしている。そのため、日本海の海洋循環は第四紀の海水準変動に敏感に応答して変化していたことが知られている (Tada et al., 1999; Kido et al., 2007)。日本海堆積物には特徴的な明暗の互層が見られることが知られており、それらの互層は底層の酸化還元状態の違いを反映していると考えられている (Watanabe et al., 2007)。IODP による日本海堆積物の掘削により、これらの明暗互層は 150 万年前まで見られることが明らかにされている (Tada et al., 2015)。しかし、これまでの酸化還元環境復元の研究は主にピストンコアで堆積物が採取できる過去約 60 万年間に限られており、それ以前の海水準変動の周期・振幅が異なる時期にどのような海洋循環が起こっていたのかについてはよくわかっていなかった。

そこで本研究では、明暗互層が見られる過去 150 万年間を対象とし、全球的な海水準変動と日本海の酸化還元状態の関わりを明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 試料

本研究では、ピストンコアでは採取できない古い時代の記録を復元するため、2013 年に IODP Exp. 346 で採取された日本海堆積物コアを用いた。Exp. 346 では掘削地点において複数の Hole からコアが採取されており、コアギャップを含まない連続的な堆積記録が復元可能な試料が得られている (Tada et al., 2015)。日本海では、水深により酸化還元環境が異なる時期があることが知られているため (Watanabe et al., 2007)、水深の異なるコアを用いることで、海洋循環を復元することを試みた。本研究では、IODP Exp. 346 で採取されたコアのうち、秋田沖の水深 2808m から採取された U1424 コアと、大和堆の水深 1909m から採取された U1425 コアを用いた。明暗互層が顕著に見られる過去 150 万年間は U1424 コアでは約 50m、U1425 コアでは約 55m の層厚に当たる。

3. 分析手法

本研究では、合計 100m 以上の層厚がある堆積物を高時間解像度で分析するため、高知大学海洋コア総合研究センターの XRF コアスキャナー (ITRAX) を用いて迅速分析を行った。分析間隔は 2mm であり、両コアとも約 50 年の解像度に相当する。

4. 結果・考察

XRF コアスキャナー (ITRAX) で測定した S, Br (C の代替指標)、Fe などの元素濃度の変動から

日本海底層の酸化還元環境を復元した。その結果、これまで知られていた 60 万年前より古い時代においても、海水準低下期に海洋底層に硫化水素水塊が発生するほどの還元的な環境が広がっていたことが明らかになった。しかし、このような強還元環境は約 90 万年前よりも古い時代には確認されなかった。

先行研究から、海水準低下期の強還元環境の形成要因として、海峡が浅く、狭くなることで表層海流の流入量が低下し、降水や河川流入によって日本海表層の塩分が低下したことで、海洋が成層化したことが指摘されている (Tada et al., 1999; Matsui et al., 1998)。したがって、90 万年前以前の時代で強還元環境が見られなかったことは、MPT (the Mid-Pleistocene transition) 以前の海水準の低下幅が小さい時代には強還元環境が発達するほどの海洋の成層化が起こらなかったことを示唆していると考えられる。

また、高解像度で元素分析を行なったことにより、海水準低下期の強還元環境以外にも数千年スケールで酸化還元環境の変動が起こっていたことが明らかになった。この数千年スケールの酸化還元環境の変化は、最終氷期では報告されていたが (Tada et al., 1999; Watanabe et al., 2007)、本研究の結果から、それ以前の時代でも数千年スケールの変動が見られることが明らかになった。さらに、最新の年代モデル (Tada et al., in revision) を用いることで、このような数千年スケールの変動が見られる時期が中程度の海水準の時期に当たることが明らかになった。

本研究の結果から、高解像度迅速分析手法を用いることにより、日本海における数千年スケールの酸化還元環境の変動が過去 150 万年間にわたって復元できることが明らかになった。本研究で着目した水深約 2000m と水深約 3000m では水深による酸化還元環境の違いが顕著に見られる時期は少なかったが、今後、本研究で用いた手法でさらに異なる水深のコアを分析することにより、日本海の過去の海洋循環が詳細に復元され、その変動要因が明らかになることが期待される。

引用文献:

- Kido et al. (2007) *Paleo3*, 247, 32-49.
- 松井他 (1998) 第四紀研究, 37, 221-233.
- Tada et al. (1999) *Paleoceanography* 14, 236-247.
- Tada et al. (2015) *IODP Proceedings*.
- Watanabe et al. (2007) *Paleo3*, 247, 50-64.

白鳳丸 KH17-3 次航海におけるアラスカ湾でのコア試料採泥と今後の展開

堀川恵司 (富山大学)・村山雅史 (高知大学)・関宰 (北海道大学)

Keiji HORIKAWA, Masafumi MURAYAMA, Osamu SEKI: Preliminary results and future plans for Gulf of Alaska sediment cores taken during Hakuho-Maru KH17-3

アラスカ湾 (図 1) は、その集水域に全球の約 13% の山岳氷河が分布し、アラスカ湾に流入する淡水の約半分はこれらの氷河に由来する。また、アラスカ湾に流入する淡水量は、太平洋では 2 番目に多く、北極海の淡水収支にも大きな影響を与えている。このアラスカ山岳氷河は、現在、地球上で最も早い速度で消失しており (Arendt et al., 2002 Science), 山岳氷河の融解により、海水表面の塩分低下が、アラスカ湾だけでなく、ベーリング海峡にまで及んでいる (Woodgate and Aagaard, 2005 GRL; Royer and Grosch, 2006 GRL)。さらに、複数の大気海洋結合モデルによると、アラスカ山岳氷河は今後 100 年間で最大 60% 減少すると予想されている (Radic and Hock, 2011 Nature Geoscience)。これが現実になれば、氷河融解によりさらなる低塩分化が起こり、それに伴い「沿岸域の生物相」や「北極海の淡水収支の擾乱とそれによる全球的な気候」に重大な影響が生じると予想される。特に、アラスカ湾の生物相の応答については、米国の水産資源量の 55% 以上がアラスカ海域に依存しているため、食料問題の観点から注視されている。また、北太平洋域を回遊し日本の母川に戻るシロサケについても、その生涯の大半をアラスカ湾・ベーリング海で過ごしているため、アラスカ湾の海洋生態系の応答は日本の重要な水産資源でもあるシロサケにも影響を与える可能性がある。

白鳳丸 KH17-3 次航海 (2017 年 6 月 23 日～8 月 7 日) では、アラスカ沿岸域 (米国 EEZ 内) の計 3 地点で 10m 級のピストンコアを採取する予定である。また、得られるコア試料については、「氷河融解」に対する「沿岸域の生物相」の応答を解析することを目的として、最終融氷期以降について過去の氷河融解イベントに着目しながら、ITRAX 社製のコアスキャナ XRF を用い、生物生産の指標となりえる Br, Ba, Ca などの元素分析を 10 年程度の高時間解像度で解析を行う。また、有孔虫殻の Ba/Ca 比および Ba 同位体比、酸素同位体比に基づく表層塩分の推定から、氷河融解の規模推定を行う予定である。

ポスター発表では、航海で得られたピストンコア試料の概要と今後の展開を報告する。また、本試料を使った共同研究について議論できることも期待している。

引用文献

Arendt et al. (2002) *Science*, 382-386; Royer and Grosch (2006) *GRL*, 33, L16605; Radic and Hock (2011) *Nature Geoscience*, 4.2, 91-94; Woodgate and Aagaard (2005) *GRL*, 32.2.

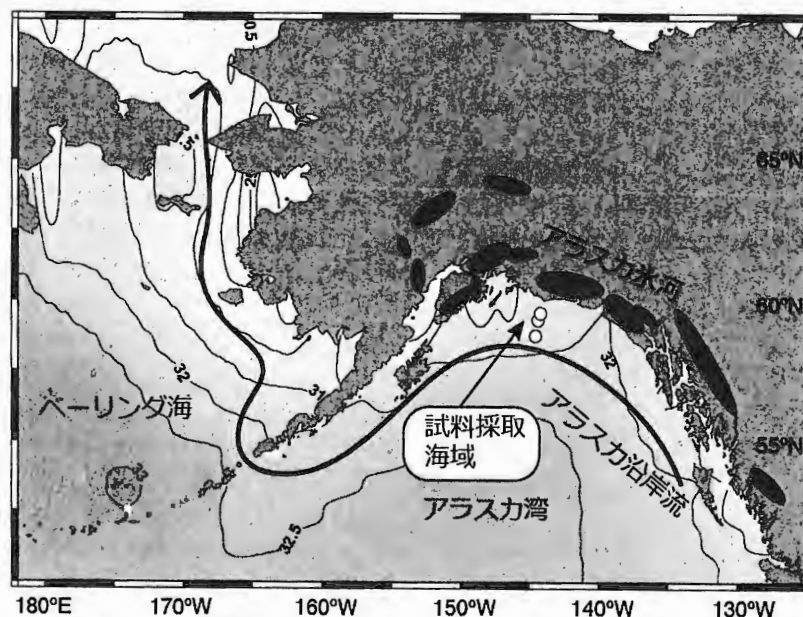


図. 1 白鳳丸 KH17-3 次航海におけるアラスカ湾コア試料採取地点

OM コアからみた関東平野奥部思川低地における MIS8 以降の環境変遷

- 珪藻分析に基づく

野口真利江 (パレオ・ラボ)・須貝俊彦 (東大)・石綿しげ子・鈴木正章 (文京区)・遠藤邦彦 (日大)
Environmental change from the OM core since MIS8 in the Omoikawa lowland, Kanto plain – based on diatom analysis

1. はじめに

渡良瀬遊水池の北側には、北東方向に延びる幅約 4 km の思川低地 (沖積低地) がある。思川低地は、西方の藤岡台地 (佐野台地)、東方の古河台地と隣接し、従来の研究では台地の地形面区分は MIS5a~MIS5e とされている (貝塚ほか, 2000)。本研究では、思川最下流部で掘削されたボーリングコア (OM-1, -2 コア) を用いて分析を行った。

2. 思川コア (OM コア)

下流側で掘削された OM-1 コアは、コア長 65m で上位から A~F ユニットに区分された。沖積層 (A ユニット) の下位に厚さ約 7m の礫層 (B ユニット) を挟んで、厚さ 14m (-4m~-17m) の一部砂質で貝殻片を含むシルト~粘土層 (C ユニット) が認められる。さらに下位に厚さ 3m の礫層 (D ユニット) を挟み厚さ 19m の砂・シルト層があり、厚さ約 10m の砂層・礫層が最下部を構成する (E・F ユニット)。

3. 研究手法および結果

沖積層 (A ユニット) と、その下位の礫層 (B ユニット) より下位のシルト層 (C・E ユニット) を中心に、珪藻分析を主とし一部硫黄分析を加えて古環境を検討した。A ユニットについては、下部から産出した材と土壌を用いて、放射性炭素年代測定を行った。これまでの分析結果から珪藻化石群集の組成に基づき、OM-1 コアを I~IX 帯に分帯した。分析結果は以下の通りである。

E ユニット (I~III 帯) は、陸生珪藻を主とする I 帯、海水種~汽水種を主とする II 帯、海水種と河川指標種群を主とする III 帯に分帯された。各珪藻分帯の間には砂層が挟在する。

C ユニット (V 帯) は、*Paralia sulcata* が特徴的な内湾指標種群が優占する V 帯で、外洋指標種群や *P. sulcata* の産出傾向から Va~Vc 亜帯に細分した。

A ユニット (VII~IX 帯) は、珪藻化石がほとんど産出しない VII 帯、湖沼沼沢湿地指標種群を主とする VIII 帯、河川指標種群を主とする IX 帯に分帯され、いずれも淡水種のみで構成されている。硫黄分析結果からも陸成堆積物であることが示唆される。

F ユニットは砂礫層、D ユニット (IV 帯) と B ユニット (VI 帯) は礫層のため、珪藻分析は行わなかった。

4. 考察

A ユニットは淡水種で構成されるため、縄文海進の影響は殆ど及ばなかったものと思われる。

B ユニットは、奥東京湾の縦断面方向に断面を取ると、中川低地中流側の加須-栗橋断面と、上流側の板倉-古河断面における BG の分布高度が徐々に浅くなることから判断して、板倉-古河断面に続く BG に対応する可能性が高い (遠藤, 2017)。

C ユニットは、内湾指標種群を主とし、海水~汽水干潟性指標種群を伴う。硫黄分析からも海成堆積物と判断され、MIS5a~MIS5c とされる台地を切る B ユニット (BG) の下位にあるため、MIS5e に相当する海成層の可能性が高い。

D ユニットは MIS6 の可能性が高く、E・F ユニットについては、須貝ほか (2013) や納谷ほか (2014) と比較すると、MIS7, MIS8 の可能性がある。珪藻分析の結果から、E ユニットは MIS7, F ユニットは MIS8 に対比されると考えられる。

E ユニットは、陸成層の I 帯から海成層の II 帯・III 帯に推移しており、これからの変化から MIS7c, MIS7a に相当する可能性が高い。MIS7c の下部の砂層は未分析だが、MIS7d の砂層に対応する可能性がある。

E ユニットの下部にあたる F ユニットは、周辺の板倉コア・鷺宮コア・菖蒲コア (須貝ほか (2013), 納谷ほか (2014)) との対比から、MIS8 の可能性が高い。

従来、古東京湾北部のデータが少なかった MIS7 について、具体的なデータを提供し、OM コア周辺に海岸線があった可能性が示された。さらに、MIS5e については、従来の北限とされる板倉コアよりもさらに少し奥にあたるので、古東京湾最奥部の情報を与えるものと思われ、古東京湾に新たな知見を提供することになるだろう。

引用文献：遠藤 (2017) 日本の沖積層，改訂版，富山房インターナショナル，475pp。貝塚ほか (2000) 関東・伊豆小笠原，日本の地形，東大出版会，349pp。小杉 (1989) 珪藻化石群集による古奥東京湾の塩分濃度の推定，第四紀研究，28，19-26。納谷ほか (2014) 関東平野中央部の第四系地下地質，関東平野中央部の地下地質情報とその応用，特殊地質図 No. 40，178-203。須貝ほか (2013) 過去 40 万年間の関東平野の地形発達史—地殻変動と氷河性海水準変動の関わりを中心に，地学雑誌特集号，122，921-948。

関東山地における後期更新世テフラ層序とその河川地形学上の意義

高橋 尚志・須貝俊彦 (東京大学)

Takayuki TAKAHASHI, Toshihiko SUGAI (Univ. of Tokyo): Late Pleistocene tephrostratigraphy in the Kanto Mountains, central Japan, and its implication for fluvial geomorphology

1. はじめに

氷期—間氷期サイクルを通じた山地からの土砂流出過程を理解するには、山地流域を構成する斜面—支流—本流の各地形要素間の相互作用やその気候変動に対する応答を評価する必要がある。そのためには、地形面や堆積物を形成したプロセスと年代の解明を要する。テフロクロノロジーは、異なる地点・堆積物間において同時空間の追跡を容易にすることから有効な手法の1つである。

関東山地の諸河川には、最終氷期に形成された堆積段丘面や斜面が発達する。多摩川上流では、支流的堆積物が最終氷期に本流河谷内に滞留し、晩氷期に再移動したことが本流河川の地形発達および山地からの土砂流出において重要な役割を果たした可能性が示唆された(高橋・須貝, 2016)。今後、関東山地の諸河川において最終氷期以降の地形発達や山地からの土砂流出過程を復元するために、地形面や堆積物が本流性か支流的かを区別し、編年する必要がある。このためには、関東山地に分布する後期更新世のテフラ層序の確立が不可欠である。関東山地は、中部山岳地域の第四紀火山を西方に擁し、後期更新世のテフラが数多く分布するとされる(鈴木, 2003)。しかし、関東平野と比較して、関東山地におけるテフラの報告は乏しく、後期更新世のテフラの分布や層序に関しては曖昧な点が多い。本報告では、関東山地の諸河川においてこれまで報告されているテフラの層序と分布を整理し、後期更新世以降の河川地形発達史を議論する上でのそれらの意義および今後の展望について述べる。

2. 各河川流域に分布する後期更新世テフラ層

相模川上流域には、最終氷期前半の堆積段丘を構成する葛原層から複数枚のテフラが報告されており、一部は御岳火山を給源とするテフラと対比されている。南里・河尻(2013)は、葛原層中のテフラを記載し、下位から御岳第一(On-pm1)、鬼界葛原(K-Tz)、未命名テフラ、御岳伊那(On-In)、葛原Ⅲ、阿蘇4(Aso-4)を報告している。このうち、未命名テフラは、中里ほか(2016)によって御岳湯町(On-Kt)に対比された。

高橋・須貝(2016)は、多摩川上流域の最終氷期の堆積段丘(青柳面)の構成層・被覆層中から複数のテフラを報告した。青梅市軍畑では、青柳面を構成する本流性堆積物と指交する支流的堆積物中にOn-Ktが挟在する。奥多摩町白丸では、青柳面構成層上部の支流的角礫層中に箱根東京軽石(Hk-TP)が挟在する。青梅市沢井では、青柳面構

成層上部の支流的角礫層を覆うローム層中から八ヶ岳新期第4テフラ(Yt-pm4)が見出された。

荒川上流域ではテフラの報告は乏しいものの、長瀨町付近の狭窄部では、最終氷期の支流的段丘面上からATが報告されている(柳田ほか, 1982; 高橋・須貝, 2017)。

神流川上流域では、海野ほか(1991)が上野村橋の沢において、斜面堆積物中からYt-pm4を見出した。森田・須貝(2015)は、同軽石層と埼玉県北本市で見出された北本軽石(KMP; 須貝ほか, 2007)を対比している。

3. 関東山地諸河川の地形発達プロセス研究における後期更新世テフラの意義

関東山地の諸河川では共通して、MIS 5後半～MIS 4にかけて、本流河床が上昇し、MIS 3頃に支流的段丘面が発達した。最終氷期の関東山地には、MIS 4/5境界のHk-TP、MIS 3のYt-pm4、MIS 2前後のAs-BP、As-YP(UG)などのテフラが降下した。これらを編年に用いることで、関東山地の諸河川流域における地形面の形成時期をより詳細に推定でき、サブミランコビッチステージでの斜面—支流—本流の気候変動への応答を議論できると期待される。特にYt-pm4は、神流川・多摩川上流域、埼玉県北本市で見出されており、荒川上流域(特に秩父盆地)にも分布している可能性が示唆される。

また、支流合流点付近で観察される堆積段丘構成層には、しばしば支流—本流性堆積物の指交関係がみられる。支流的堆積物は本流性堆積物よりも降下テフラを保存しやすく、支流的堆積物中に挟在するテフラは、本流河谷の埋積年代や埋積速度を推定する上で有用である。関東山地の諸河川の堆積段丘構成層中の支流的堆積物に着目し、特にMIS 5後半～MIS 4に降下した御岳火山を給源とするテフラ群を用いることで、河谷の埋積年代や埋積速度に関して詳細な検討が可能となろう。

引用文献: 森田・須貝(2015) JpGU2015 大会講演要旨, HCG35-14; 中里ほか(2016) 日本第四紀学会講演要旨集, 46, 43; 南里・河尻(2013) 相模原市博研究報告, 21, 101-104; 須貝ほか(2007) 地学雑誌, 117, 394-409; 鈴木(2003) 第四紀研究, 42, 157-163; 高橋・須貝(2016) 日本地理学会要旨集, 89, 280; 高橋・須貝(2017) JpGU2017 大会講演要旨, HGMO4-P07; 海野ほか(1991) 地理調査部研究報告, 8, 196-204; 柳田ほか(1982) 駒沢大学大学院地理学研究, 12, 3-13.

茨城県常総市鬼怒川のクレバススプレーを形成した洪水の古水理復元

泉田温人（東京大・院）・須貝俊彦・松崎浩之（東京大）

Atsuto IZUMIDA, Toshihiko SUGAI, Hiroyuki MATSUZAKI: Reconstruction of the paleo-flood conditions referring to the crevasse splay formation of the Kinu River

1. はじめに

地層記録に基づく古洪水の水理条件の定量的推定は、河川プロセスとそれにより形成される地形を結びつける上で重要である（増田，1991；東ほか，2010）。茨城県常総市において鬼怒川左岸の氾濫原には後背湿地より1-2 m程度標高の高い「微高地」が形成されている。泉田ほか（2017）は微高地の一部が自然堤防とクレバススプレーの複合体であることを示唆し、表層地質からクレバススプレーの堆積様式を検討した。本研究では単純化した水理モデルを用いてクレバススプレーの形成に寄与した洪水規模を定量的に評価し、平成27年9月関東・東北豪雨による鬼怒川の破堤洪水と流量の比較を行った。

2. 調査地概要とクレバススプレーの堆積構造

常総市若宮戸から小保川にかけて東西幅2 kmの大規模な微高地が存在する。常光寺沼においてかつての鬼怒川本流から垂直方向に派生し微高地を横断するクレバスチャネルが空中写真や土地利用から識別され、その末端部では舌状のクレバススプレーが後背湿地に突出して堆積している（図1）。 ^{14}C 年代測定値によるとクレバススプレーの形成年代は11世紀以降である（泉田ほか，2017）。また、17世紀初頭に常光寺沼付近で鬼怒川が築堤され、クレバススプレー上には新田村である小保川村が成立したため、その時点での地形分布は現在と同様だったと考えられる。

クレバススプレー堆積物は隣接する後背湿地に連続すると考えられるシルト層を整合的に被覆し、層厚数cm-20 cm程度の淘汰の良い細一中粒砂層とラミナを伴う砂質シルト層の互層を特徴とする（泉田ほか，2017）。それぞれの砂層は級化構造を持ち、下位シルト層と侵食境界をなすことから一回の洪水によるイベント堆積物であると考えられる。そのうちの一層にHr-FPテフラの再移動堆積物と考えられる軽石が含まれ、上流側のクレバスチャネル内部及びその河岸においても同様の軽石が堆積していたことからクレバスチャネルを介した微高地末端への活発な物質供給が推測される。

3. 古水理復元手法

本研究の計算手法は東ほか（2010）の手法を参考にした。モデルでは一枚のイベント砂層に対応する洪水を対象に、一定形状の直線流路に近似したクレバスチャネルにおける均一粒径砂の定常掃流運搬を仮定した。流路形状に関する変数は勾配、流路幅および径深、運搬碎屑物に関する変数

はイベント砂層の中央粒径と体積とした。洪水時流速がマンニングの式から、時間あたり流量が流速と流路断面積から、そして洪水継続時間が岩垣の式による無次元限界掃流力と芦田・道上の式による無次元掃流砂量に基いて計算された。

4. 結果と考察

流路形状と砂粒径から計算された洪水流速は2.7-5.6 m s^{-1} 、洪水流量は140-780 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ だった。層厚15 cmの一枚のイベント砂層を小保川の集落全域に堆積させるために必要な洪水継続時間は22-170時間だった。

平成27年9月関東・東北豪雨は、一日間降水量の再現期間が237年（芳村，2016）と計算された上流域での降水によりもたらされた。常総市上三坂の破堤地点における氾濫流量の再現計算では破堤直後に最大値である900 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ を記録した（福岡ほか，2016）。また、この洪水により堤内地に層厚50-60 cmの淘汰の良いローブ状砂質堆積物が堆積した（泉田ほか，2016）。小保川のクレバススプレーを発達させた洪水は平成27年9月の洪水と比較して小規模であったと言える。

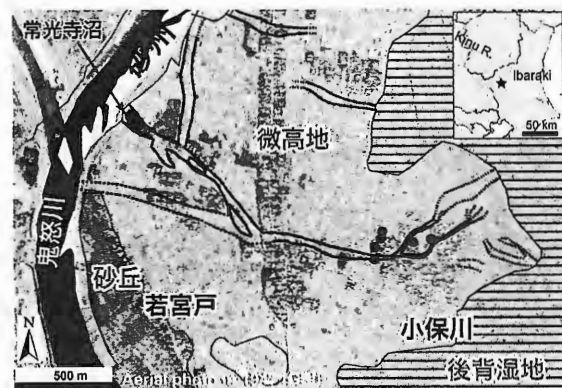


図1 常総市若宮戸～小保川における氾濫原微地形の空中写真及び地形分類。国土地理院所有空中写真及び国土地理院技術資料(D1-No. 633)を改変して作成。

引用文献：東ほか（2010）水工学論文集，54，637-642，2010；泉田ほか（2016）日本地理学会発表要旨集 89，165；泉田ほか（2017）JpGU 2017 大会講演要旨 HQR05-P06；福岡ほか（2016）河川技術論文集，22，373-378；増田富士雄（1991）筑波大学水理実験センター報告，15，51-63；芳村圭（2016）平成27年9月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告書，18-20，土木学会・地盤工学会

中期更新世, 辺川-笠森5テフラと関東北部に分布する類似テフラの火山ガラス主成分化学組成の比較

西澤文勝 (首都大)・鈴木毅彦 (首都大)

Fumikatsu NISHIZAWA, Takehiko SUZUKI: Comparison of major element composition of volcanic glass shards among Middle Pleistocene Hegwa-Kasamori 5 tephra and similar tephras distributed around the northern Kanto, central Japan.

1. はじめに

辺川-笠森5テフラ (Hgw-Ks5) は, 南九州を給源とする流紋岩質の中期更新世広域テフラである。本テフラの遠方相は, 房総半島上総層群笠森層の最上部に挟在する Ks5 テフラであり (西澤・鈴木, 2017), これに対比されるガラス質細粒火山灰は近畿地方を中心に東北地方まで広く確認されている (鈴木・藤原, 1998; 里口・服部, 2008 など)。Hgw-Ks5 に類似した記載岩石学的特性をもつ広域テフラとして, 琵琶湖高島沖コア中の BT72 や大阪層群中の鳴尾浜 IV テフラ (Nh-IV) がある。吉川ほか (2000) により BT72 は Nh-IV に対比されているが, その給源火砕流堆積物はまだ認定されていない。Hgw-Ks5 とこれらのテフラは鉱物組成 (両輝石・少量の普通角閃石) や火山ガラスの主成分・微量成分化学組成といった記載岩石学的特性が極めて類似することが指摘されている (里口・服部, 2008; 水野ほか, 2016; Matsu'ura et al. 2017 など)。Hgw-Ks5 と BT72 の降下年代は, 下北半島東沖の C9001C コアの深海底堆積物中から検出された両テフラの層位から, それぞれ MIS12 (434-458 ka), MIS10 (357 ka) の低海面期とされる (Matsu'ura et al. 2017; Domitsu et al. 2011)。両者は片方のみが産出する場合も見込まれる。そのため, 類似する Hgw-Ks5 と BT72 (これに対比されるテフラを含む) を記載岩石学的に識別することは精密な編年を行う上で重要な課題である。

本研究では, 関東地方においてこれまで BT72 に対比されてきた2つのガラス質細粒火山灰である群馬県中之条盆地の日影7 (高橋・早川, 1995) と茨城県中部東茨城台地の大古山火山灰 (OgA; 中里ほか, 2005) の火山ガラスの主成分化学組成について, 南九州起源の類似するテフラである Hgw-Ks5, 吉野火砕流 (大木・早坂, 1970), 小田火砕流 (佐藤ほか, 2000) を含めて比較を行った。日影7 と OgA は中里ほか (2005) により BT72 に対比されている。これらのうち, 日影7 は大町 APm テフラ群 (330-410 ka; 鈴木, 2000) とともに産出するため, 層序学的にも Hgw-Ks5 ではなく BT72 に対比される。吉野火砕流は小田火砕流や Hgw-Ks5 との直接の層序が不明であるものの, ジルコンのフィッシュン・トラック年代で 0.46 ± 0.10 Ma の噴出年代が得られている (井村ほか, 2001)。

2. 火山ガラスの主成分化学組成

南九州の火砕流堆積物である Hgw-Ks5, 吉野火

砕流, 小田火砕流から得た火山ガラスの主成分化学組成は, Hgw-Ks5 の SiO_2 の含有率が吉野火砕流と小田火砕流に比較してやや高く, K_2O の含有率がやや低い。また吉野火砕流は FeO の含有率が小田火砕流に比較してやや低い。これらのことから三者は識別可能である。

Hgw-Ks5, 日影7, OgA の火山ガラスの主成分化学組成は, 三者とも極めてよく類似する。しかし, Hgw-Ks5 と OgA の SiO_2 と K_2O の含有率は, 日影7 のそれらに比較して極わずかに低い。

3. 日影7 と OgA の対比候補

日影7 の火山ガラスの主成分化学組成を南九州の吉野火砕流と小田火砕流のそれらと比較する。日影7 は SiO_2 の含有率が高く Al_2O_3 の含有率が低いという特徴をもつ。このため, 吉野火砕流と小田火砕流は日影7 に対比される給源テフラの候補としては認められない。

一方, OgA は挟在する堆積物において, その下限を示すテフラとの層位関係が確かめられていないため, 今回得られた火山ガラスの主成分化学組成の結果を踏まえれば, OgA を Hgw-Ks5 に対比することに層位的な矛盾はない。本研究では, OgA を Hgw-Ks5 の対比候補として提示する。日本各地に火山灰層として産出する Hgw-Ks5 や BT72 に対比されるテフラの記載岩石学的特性を体系的に把握し, 南九州の火砕流堆積物のフローユニットごとの記載岩石学的特性を明らかにした上でそれらとの対比を検討することが, 編年精度の向上と中期更新世の給源テフラ層序の確立に必要となる。

引用文献: 井村ほか (2001) 第四紀学会講演要旨集, 31, 118-119. Domitsu et al. (2011) Newslett. Stratigr. 44, 113-122. Matsu'ura et al. (2017) Quaternary Geochronology. 40, 129-145. 水野ほか (2016) 第四紀学会講演要旨集, 46, 63. 中里ほか (2005) 第四紀学会講演要旨集, 35, 4-5. 西澤・鈴木 (2017) 日本地球惑星科学連合 2017 大会, HQR05-05. 大木・早坂 (1970) 鹿児島大理紀要 (地学・生物学), 3, 67-92. 里口・服部 (2008) 第四紀研究, 47, 15-27. 佐藤ほか (2000) 鹿児島大理紀要 (地学・生物学), 33, 69-87. 鈴木 (2000) 月刊地球, 22, 687-692. 鈴木・藤原 (1998) 1998 年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 196. 高橋・早川 (1995) 群馬大教育紀要, 43, 71-86. 吉川ほか (2000) 第四紀研究, 39, 505-520.

東北日本における酸素同位体比年輪年代法の現状と展望

箱崎真隆(歴博)・木村勝彦(福島大)・佐野雅規(早大)・對馬あかね・李貞・中塚武(地球研)・
中村俊夫(名大)・大山幹成(東北大)・木村淳一・設楽政健(青森市教委)・
小林謙一(中央大)・鈴木三男(東北大)

Masataka HAKOZAKI, Katsuhiko KIMURA, Masaki SANO, Akane TSUSHIMA, Zhen LI, Takeshi NAKATSUKA, Toshio NAKAMURA, Motonari OHYAMA, Junichi KIMURA, Seiken SHIDARA, Kenichi KOBAYASHI, Mitsuo SUZUKI: Current status and future perspectives of the oxygen isotopic dendrochronology in northeast Japan

1. はじめに

近年、日本で急速な発展を遂げている「酸素同位体比年輪年代法(中塚 2015)」は、古建築材・遺跡出土木材・自然埋没木の誤差 0 年の年代測定の適用範囲を大きく広げ、従来の「年輪幅」の年輪年代法では、3200 年前以降の針葉樹材への適用に限られていた状況(Mitsutani 2000)を、4300 年前以降のほとんどの樹種の木材に適用できる状況へと変化させた。しかし、この手法は従来法と同様に、気候場ごとに「標準年輪曲線(年代測定のものさし)」を必要とし、4300 年前以降の年代測定ができる地域は西日本の一部に限られていた。東北日本は、夏季の降水量の規定要素に、オホーツク海高気圧から吹き寄せる湿潤冷涼な北東風「ヤマセ」があることから、気候の特性が強い地域とみなされていた。そこで著者らは、酸素同位体比年輪年代法の適用範囲の拡大を目指して、東北日本の遺跡出土木材・自然埋没木を対象に、酸素同位体比分析に取り組んだ。

2. 試料と方法

分析試料として、青森県青森市低湿地遺跡群の出土ヒバ(アスナロ*)材、同東通村猿ヶ森砂丘埋没林のヒバ埋没木を用いた。

板ごとセルロース抽出法(Kagawa et al. 2015)によって木材試料からセルロースを抽出し、1 年輪単位で切り分けて、銀箔梱包後、TC/EA を使用して年輪酸素同位体比を測定した。

試料間で年輪酸素同位体比時系列をクロスデーティングして、人為ミス・欠損年輪・偽年輪の有無を確認し、相対的年代関係を決定後、データを平均して標準年輪曲線を構築した。

標準年輪曲線の暦年代は「中部日本版酸素同位体比標準年輪曲線(中塚ほか 2012)」とのクロスデーティング、および、「西暦 775 年炭素 14 スパイク(西暦 775 年における年輪炭素 14 濃度の急増: Miyake et al. 2012)」の再現によって検証した。

*アスナロとその変種ヒバ(ヒノキアスナロ)は、木材解剖学的特徴が同じであるため、遺跡出土材・埋没木ではアスナロと同定される。しかし、現在の分布状況から、青森県の遺跡・埋没林から得られたアスナロ材はヒバ材とみなすことができる。

3. 結果

酸素同位体比分析・年輪年代解析の結果、延べ 4540 年輪のデータが得られ、30 試料の相対的年代関係が決定し、西暦 417-1595 年にわたる 1179 年間の標準年輪曲線*が構築された(図 1)。

中部日本版酸素同位体比標準年輪曲線とのクロスデーティングの結果、西暦 417-1595 年の位置で最も高い相関が得られ、グラフの目視評価でも全体にわたって同調することが確認された。

8 世紀後半の年輪炭素 14 濃度測定の結果、「西暦 775 年炭素 14 スパイク」の再現に成功し、上述のクロスデーティング結果と年代的に矛盾しないことが確認され、標準年輪曲線の暦年代が確定した。

*本研究の標準年輪曲線は、箱崎ほか(2014, 2016, 2017)で得たデータに、未公表データを加えて構築した。

4. 展望

本研究によって、東北日本の古代から中世にかけての木材に、酸素同位体比年輪年代法を適用できるようになった。東北日本では、この他に、鳥海山のスギ埋没木から構築された紀元前 1411-前 466 年の酸素同位体比標準年輪曲線がある(木村ほか 2012)。今後は、この標準年輪曲線との間にある空白区間 880 年分のデータ、および、現在から 420 年前までのデータ獲得を目指していく。これによって、過去 3400 年間にわたる年輪年代測定が東北日本で可能になる見通しである。

引用文献: 箱崎ほか(2014) 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXV, 54-61. 箱崎ほか(2016) 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXVII, 34-39. 箱崎ほか(2017) 青森市埋蔵文化財調査報告書, 第 120 集, 256-259. Kagawa et al. (2015) *Chemical Geology*, 393-394, 16-25. Mitsutani (2000) *Proceedings of the International Dendrochronological Symposium*, 46-50. 木村ほか(2012) 日本植生史学会第 27 回大会講演要旨集, 46-47. Miyake et al. (2012) *Nature*, 486, 240-2. 中塚武(2015) 考古学研究, 62, 17-30. 中塚ほか(2012) 日本文化財科学会第 30 回大会研究発表要旨集.

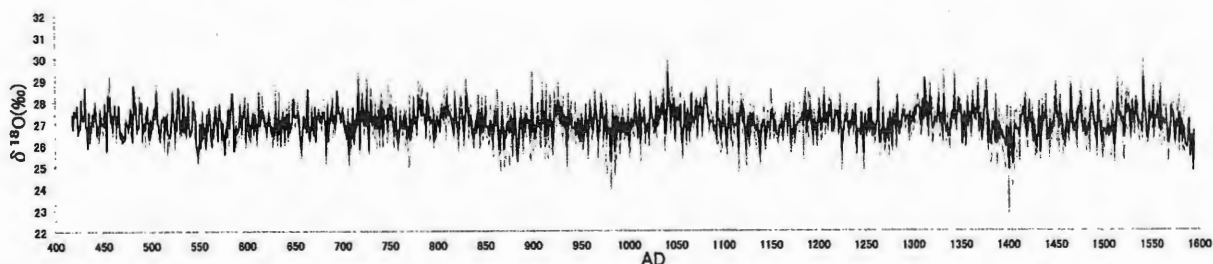


図1 東北日本版酸素同位体比標準年輪曲線(黒太線)と遺跡出土木材・自然埋没木試料の年輪酸素同位体比時系列データ(灰細線)

地表面に露出した考古遺構の OSL 法による年代推定の可能性

下岡 順直 (立正大)

Yorinao SHITAOKA: Methodological potential of age determination for exposed archaeological structural remains using OSL method

1. はじめに

光ルミネッセンス (OSL) 年代測定は、太陽光など露光によって OSL 信号がゼロリセット (初期化) 後に堆積 (埋没) してから現在までに吸収した放射線量を測定することで年代に換算する。OSL 法は、考古遺物が包含される考古堆積物 (包含層) や土坑の埋没年代などの年代推定に有効な方法である。

その一方で、考古遺構が地表面に露出している場合、構築された年代を推定することはきわめて難しい。このような場合、考古学では層位的対比や共伴する遺物の特徴から、さらには後世考古遺跡の遺構との切り合いなどから相対的に年代を比定する。また、共伴する炭化物を用いた放射性炭素年代測定も有効であるが、対象となる考古遺構と確実に共伴した有機物試料が得られなければ年代推定は難しい。さらに、砂漠など乾燥した地域の場合、考古遺構に共伴する有機物試料の採取自体が困難なことが多い。

今回、地表面に露出している考古遺構の年代推定のために OSL 法を試みた。考古遺構は地表面に露出しているが、考古遺構を構成する建材を設置した際に、その直下の表層土壌は露光によって OSL 信号がゼロリセットされていることが予想される。その表層土壌を OSL 年代測定することで、建材を設置した際に表層土壌が遮光された年代の推定が可能であるのかについて検証を行った。

2. 測定試料について

金沢大学ヨルダン遺跡調査団の調査によって、ヨルダン南部に位置するジャフル盆地では、新石器時代の水貯蔵施設 (ダム遺構) が多数発見されている。ダム遺構は「貯留式灌漑農業用の開放的大型ダム」と「貯水専用の閉鎖的小型ダム」の 2 種類に大別でき、前者は主に先土器新石器文化 B (PPNB)、後者は主に後期新石器時代に編年できることがわかってきた。これにより、ダム遺構を用いた編年を基に、ジャフル盆地における遊牧化の変遷が解明されようとしている (藤井ほか 2014)。

OSL 年代測定は、Wadi Abu Tulayha で発見された「開放的大型ダム」のダム遺構と隣接する住居遺構 (藤井 2009) を対象に行った。ダム遺構自体は地表面に露出しているため、OSL 年代測定に供した試料は、原位置をとどめているとみられるダム壁の建材 (岩石) 直下の表層土壌を用いた (試料 1, 2, 3)。この土壌の表面は、ダム壁建材となる岩石を設置した際に遮光されたと想定する。試料採取では、できる限り土壌の表層部を薄く剥

ぐようにして採取した。また、ダム遺構内に堆積した土壌 (試料 4) の OSL 年代測定も行い、年代の下限 (この年代よりは古い) をおさえることとした。住居遺構においても、建材とした石材直下の表層土壌を採取した (試料 5, 6)。

3. OSL 測定

OSL 測定は、試料から抽出した 100 μm 程度の石英を用いて、下岡ほか (2015) が設計製作した OSL 測定装置 NRL-99-OSTL2-KU により Single aliquot regenerative-dose (SAR) 法で行った。試料の蓄積線量評価は、複数の年代モデル (central age model : CAM, finite mixture model : FMM, minimum age model : MAM) (Galbraith *et al.*, 1999 ; Roberts *et al.*, 2000) を用いて検討した。試料の蓄積線量を求める際は、過分散 (overdispersion : OD) が 20% 以下は CAM, 20~40% 以下は MAM, 40% 以上は FMM として見積もった。OSL 年代測定の結果、試料 4 (OD : 43%, 以下同様) は $2.7 \pm 0.3 \text{ ka}$ と評価された。これにより、ダム遺構の構築年代はこの年代よりも古い。試料 1 (33%) と試料 2 (44%) の年代は 7.0~7.8 ka となり、ダム遺構を新石器時代 PPNB に比定する考古学的年代観と整合性ある結果が得られた。しかし、試料 3 は PPNB よりも新しい年代 (1.2 ka あるいは 3.7 ka) になった。試料 3 の OD は 65% となり、ゼロリセットが不十分である可能性が高い。これは、ダム遺構の中で最も流路の下流側から採取しており、建材が現位置を留めていなかった可能性がある。住居遺構で採取した試料 5 (36%) と試料 6 (15%) は、11 ka となった。これら年代は PPNB よりもやや古い年代であり、土壌が堆積した年代に近いと考えられる。

4. まとめ

今回の結果より、地表面に露出している考古遺構に対して OSL 法を用いた年代推定は可能であるといえるだろう。しかし、OSL 信号のゼロリセット不完全 (土壌の堆積年代?) や後世の攪乱などに対して、どの年代モデルを当てはめるべきかの判断基準についてはさらなる吟味が必要である。まずは、考古遺構が現位置をとどめているかを見極め、OSL 測定のためにどのように試料を採取するか、その方法を確立することが重要である。

引用文献: 藤井 (2009) 第 16 回西アジア発掘調査報告会, 28-33. 藤井ほか (2014) 第 21 回西アジア発掘調査報告会, 28-33. Galbraith *et al.* (1999) *Archaeometry*, 41, 339-364. Roberts *et al.* (2000) *Radiat. Meas.*, 32, 459-465. 下岡ほか (2015) 地球環境研究, 17, 107-110.

泥炭試料のウイグルマッティング法を用いた津波堆積物の高精度年代決定

宮入陽介（東京大）・石澤堯史（東北大）・後藤和久（東北大）・横山祐典（東京大）

Yosuke MIYAIRI, Takashi ISHIZAWA, Kazuhisa GOTO and Yusuke YOKOYAMA: Highly precise radiocarbon dating of tsunami deposits using wiggle-matching method for peat samples.

1. はじめに

津波堆積物の高精度年代測定は、古津波の発生頻度の解明のみならず、古文書記録等の歴史記録の少ない地域での巨大地震の発生間隔の解明等に非常に有用なツールとなる。しかしながら、本邦における津波の再来頻度は非常に高いため、再来間隔が非常に短い場合も存在し、比較的年代決定精度の高い放射性炭素年代測定を用いた場合であっても、年代情報のみでは、歴史記録との対比に困難が生じる場合がある。

2. 手法

そこで本研究では、東京大学大気海洋研究所に新たに導入されたシングルステージ型加速器質量分析計（SS-AMS）をもちいた高精度放射性炭素年代測定と、津波調査トレンチでの高密度放射性炭素分析試料サンプリングを組み合わせることにより、津波堆積物の形成年代をより高精度に推定することを試みた。

津波堆積物の年代決定をするための手法として放射性炭素年代測定法は、一般的に用いられてきた手法である。しかし、津波堆積物の年代値は、通常は津波堆積物を挟んで数試料程度実施されるのみであり、歴史記録との対比が困難な場合が多々存在した。その理由としては、津波の到達時に生じると考えられる地表面の削剥と年代測定試料自体に起因する問題点。古木効果など試料選択による問題点。暦年較曲線が対象とする年代域でフラットであった場合（たとえば江戸時代等）など暦年較正の機序による問題点等が考えられる。

本研究では、津波直下の泥炭層に着目をした。泥炭を年代測定試料に用いる利点としては、津波到達時の削剥がなければ泥炭層は津波の到達直前の有機物で構成されていることが明らかであること。泥の堆積は連続的であり、深度方向への連続サンプリングによって暦年較曲線とのウイグルマッティングが行える可能性があることがその理由である。

放射性炭素年代測定法では樹木年輪試料のように分析試料の形成年代間隔が明らかな場合には、放射性炭素年代の較正曲線とサンプルの¹⁴C年代値をカーブフィッティングすることで、高精度年代決定精度を上げるという試みが行われてきた。この手法は wiggle-matching と呼ばれる。

Blaauw ら (2003) は、この手法が、堆積速度がほぼ一定の環境で堆積した泥炭堆積物に関しても有用であることを示した。

本研究では、津波堆積物であると考えられるイベント性堆積物を狭在する泥炭堆積物に wiggle-matching 法を適用した。

3. 結果

今回、多点数測定による津波堆積物の放射性炭素年代値の高精度化について、研究例を紹介する。

宮城県岩沼市の高大瀬遺跡のトレンチ調査地を例では、海岸線に直行する約 15m の調査用トレンチにおいて、津波堆積物直下を水平方向に 1m 間隔のサンプリング、垂直方向に 1 m の連続サンプリングを行った。その後、高分解能放射性炭素年代測定を行い、泥炭層に狭在された津波堆積物の高精度年代決定を試みた。調査地中のある津波堆積物直下の泥炭堆積物の単一試料での暦年較正年代は 426 ± 107 calBP であった。このように泥炭試料一点のみの暦年較正值は 200 年程度幅の暦年の大きな誤差を持ってしまう。それに対して、同一層の wiggle-matching 法を適用した暦年較正值は 488 ± 25 calBP であり、4 倍程度精度の高い年代決定が可能となることが確認された。

この手法は、東北や北海道地域の泥炭層が発達しやすい地域において非常に有用であると考えられ、北海道の浦幌地域でも同様に年代測定を行い良好な結果が得られている (Ishizawa et al, 2017)。

引用文献: Takashi Ishizawa, Kazuhisa Goto, Yusuke Yokoyama, Yosuke Miyairi, Chikako Sawada, Yuichi Nishimura & Daisuke Sugawara (2017) Quaternary Geochronology (in Press)

Blaauw, M., Heuvelink, G. B. M., Mauquoy, D., van der Plicht, J. & van Geel, B. (2003). A numerical approach to ¹⁴C wiggle-match dating of organic deposit: best fits and confidence intervals. Quaternary Science Reviews, 22, 1485-1500.

FT および U-Pb ダブル年代測定の実用と解釈

檀原 徹・岩野英樹 (京都フィッション・トラック)

Tohru DANHARA, Hideki IWANO: Application and interpretation of FT and U-Pb double dating.

1. 背景

LA-ICP-MS による U 局所領域における同位体元素測定の開発(平田ほか, 2013)に伴い、同一結晶に FT と U-Pb 法を適用するダブル年代測定が近年急速に発展しつつある(岩野ほか, 2012)。FT 法と U-Pb 法はともにウランの放射壊変を利用するため、ジルコン・スフェーン・アパタイトなどを共通して測定対象とすることができる。その一方で、両法では閉鎖温度に大きな違いがあり、例えばジルコンでは FT 法が 240-250℃と低温であるのに対し、U-Pb 法では 700-900℃と高温であることから両年代のもつ意味も異なる。U-Pb 法の大きな長所として、U-Pb 法の壊変定数が FT 法より約 10^6 倍大きいこと、高精度測定が可能な点である。さらに、FT 年代測定のための適用にとどまっていた第四紀ジルコン結晶において、近年の質量分析計およびレーザー装置の改良が U-Pb 年代測定を可能にした(Sakata et al., 2014, 2017)。従来困難であったマルチクロノロジーについての知見が得られる一方、これまでに経験のない測定結果において、年代解釈は必ずしも十分とはいえない。本講演ではジルコンのダブル年代測定結果をパターン化し、解説を試みる。

2. ダブル年代測定結果パターン

ジルコンのダブル年代測定結果は、閉鎖温度の違いを反映した年代一致や不一致、あるいは様々な程度でのズレが生じる場合がある。しかし単独データでは見えなかった情報が両法による粒子年代を対応させることにより見えてきたことに意味がある。テフラを対象としたジルコンのダブル年代測定においては、最終的に噴出年代の把握が目標となる。そのためには、試料ジルコンの均質性や被熱の有無で場合分けされた、表 1 の利用が有効である。U-Pb と FT の粒子年代を対照し解析することから、試料の状態や両法で得られる年

代値の意味が明確になる。それらをまとめると以下ようになる。

(a) U-Pb 年代 $\approx$ FT 年代

急冷した火山岩・テフラでみられ、均質な自形結晶で構成されることが多いことから、本質結晶の生成年代 $\approx$ 噴出年代と考えられる。

(b) U-Pb 年代 $>$ FT 年代

最も基本的なパターンであり、深成岩・半深成岩・変成岩や火山岩の一部にみられ、FT および U-Pb 年代はそれぞれ良くまとまる一方、U-Pb 年代(結晶化年代)が FT 年代(冷却年代)より古くなる。測定法ごとの閉鎖温度に対応する年代を示すと考えられる。

(c), (d) 一般的な年代パターン

複数の年代粒子集団が混在し、各集団ごとに (a) または (b) の年代パターンが対応するため、各年代集団ごとの解析を総合させる必要がある。

3. 議論

第四紀テフラ試料を対象とした場合に、U-Pb 年代測定を用いれば精度の高い粒子年代データが得られるため、U-Pb 年代データのみで噴出年代が議論される場合が最近多くなっている。しかしジルコン U-Pb の閉鎖温度の高さやマグマ溜り内でのレジデンス時間を考慮すると、噴出年代の決定には十分な注意を払う必要がある。本発表では、FT 法と U-Pb 法の特徴について説明するとともに、具体的なダブル年代測定結果例を紹介し、個別に解釈を試みる。

引用文献：平田ほか (2013) 月刊地球/号外, 62, 100-100. Sakata et al. (2014) Geostand. Geoanal. Res., 38, 409-420. Sakata et al. (2017) Quat. Geochronol., 38, 1-12. 岩野ほか (2012) 地雑, 118, 365-375.

表 1 ダブル年代測定結果パターン一覧表

	均質なジルコン試料 (火山岩・均質テフラ)	不均質なジルコン試料 (不均質テフラ, 深成岩, 半深成岩)
急冷	(a) T_{U-Pb} (結晶年代) $\approx$ T_{FT} (噴出年代) (マグマ形成から噴出まで短時間の場合: 例, Bishop Tuff)	(c) グループ A: $T_{U-Pb}(A) \approx T_{FT}(A)$ (外来結晶①) ↓ グループ B: $T_{U-Pb}(B) \approx T_{FT}(B)$ (外来結晶②) ↓ グループ C: $T_{U-Pb}(C) \approx T_{FT}(C)$ (本質結晶)
徐冷	(b) T_{U-Pb} (結晶年代) $>$ T_{FT} (冷却年代) (マグマ形成から噴出・定置まで時間がかかった場合: 例, Ss-Pnk)	(d) グループ D: $T_{U-Pb}(D) > T_{FT}(D)$ ↓ グループ E: $T_{U-Pb}(E) > T_{FT}(E)$ ↓ グループ F: $T_{U-Pb}(F) > T_{FT}(F)$

ウズベキスタン・アンギラク洞窟の中期旧石器時代層の花粉分析

藤木利之（岡山理大）・北川浩之（名古屋大）・西秋良宏（東京大）

Toshiyuki FUJIKI, Hiroyuki KITAGAWA, Yoshihiro NISHIAKI: Pollen analysis data of Middle Paleolithic period from Anghilak cave, Uzbekistan.

アンギラク洞窟遺跡（北緯 39° 17' 07.4", 西経 60° 41' 13.1", 標高 796 m）は中央アジアのウズベキスタン南部に位置する。この洞窟遺跡には約 3 万年前まで中期旧石器時代ムステリアン石器の伝統が残っていたとの指摘がなされ（Glantz, 2010）、ネアンデルタール人の残存説を中央アジアで検討する際の鍵となる重要遺跡といえる（西秋, 2015）。

西秋らによる 2016 年のアンギラク洞窟遺跡の再発掘では、第 1 から第 5 層までの 5 つの地層が設定され、第 1 層は完新世、第 2～第 4 層が旧石器時代、第 5 層はヒトの居住以前の地層である。炭素 14 年代法によると、旧石器時代の最も新しい第 2 層の年代は、約 4 万 6 千年前までしか下らないことされている（西秋, 2015）。

本報告では、当時の古植生や気候の変化を推定する目的で実施した、アンギラク洞窟遺跡の花粉分析の結果について報告する。分析に用いた試料はアンギラク洞窟遺跡の発掘区の C5 区、F2 区、H4 区から採取された。C5 区の第 3 層および第 4 層からは炉跡が確認され、生活の中心であったと考えられる。一方、H4 区は石器製作の作業場であったと考えられている。花粉分析を実施したのは、C5 区の第 2 層（試料番号 C5-2）、第 3 層（C5-3）、第 4 層（C5-4）および第 5 層（C5-5）、F2 地区の第 2 層（F2-2）、第 3 層（F2-3）および第 4 層（F2-3）、H4 地区の第 2 層（H4-2）、第 3 層（H4-3）、第 4 層（H4-4）および第 5 層（H4-5）の 11 試料である。

分析の結果、アンギラク洞窟遺跡からの堆積物試料に含まれる花粉は極端に少なく、30 g の試料を処理したにも関わらず、試料番号 C5-2、C5-3、C5-4 および F2-3 以外の試料には当時の植生を復元するうえで十分な花粉化石が抽出できなかった。炉跡が見つかり生活の場と考えられている C5 区でやや多くの花粉化石が含まれていた。当時のヒトが植物を洞窟に持ち込み、燃料や寝床の材料として使用していた可能性がある。

試料番号 C5-2、C5-3、C5-4 および F2-3 ではアカザ科、キク科、常緑低木でユーラシア、北アフリカ、南北アメリカ大陸の温帯の乾燥地で生育するマオウ科マオウ属の花粉が確認された。現在の周辺の気候は、年間降水量が 70～100 mm で非常に乾燥している。降水の 70% が秋から春に降り、特に 3 月と 4 月に集中している。夏季の降水は非常にまれであり、非常に乾燥し、気温は 45℃ にも達する。現植生は、キク科やアブラナ科、イネ科、アカザ科などで、乾燥に強い植物が分布している（Belolipov *et al.*, 2013）。旧石器時代（第 2

層～第 4 層）には、現在より若干乾燥気味な気候で、居住するヒトにとっては夏季の「生活水」の確保が容易でなかったと考えられる。この地域にヒトの居住に影響に乾湿が大きな影響を与えたと推測される。第 4 層（F2-4 および H2-4）には、湿潤を示すスギ科の花粉がごくわずかであるが確認される。2 層（C5-2）からは乾燥地に生育するマオウ属花粉が若干多く出現する。また、C5 区では乾燥化を示すアカザ花粉が増加している。第 4 層の時代と比べて第 2 層の時代が乾燥していたと解釈される。第 2 層（C5-2）には樹木の花粉が若干多く含まれていることから、第 3 層（C5-3）の時代より湿潤であったと解釈される。中央アジアのウズベキスタン南部での旧石器時代の湿潤—やや湿潤—乾燥の気候変動が、ヒトの生活様式にどのような影響を与えたか、考古学的な解釈と合わせて考察していくことは今後の課題の 1 つである。

引用文献:

- Belolipov, I.V., Zaurov, D.E., Eisenman, S.W. (2013) The geography, climate and vegetation of Uzbekistan. In: Eisenman S. W., Zaurov, D.E., Struwe, L. (eds.), *Medicinal plants of central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*, 5-7.
- Glantz, M. (2010) The history of hominin occupation of Central Asia in review. In: Norton C.J. and Braun D.R. (eds.), *Asian paleoanthropology: from Africa to China and beyond*. Springer, Dordrecht, 101-112.
- Heinrich, H. (1988) "Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years". *Quaternary Res.* 29, 142-152.
- 西秋良宏 (2015) 旧人・新人交替劇と両者の学習行動の違いに関わる考古学的研究—2014 年度の取り組み。西秋良宏『考古学試料に基づく旧人・新人の学習行動の実証的研究』5—「交替劇」A01 班 2014 年度研究報告、1-11.
- 佐野勝宏 (2015) ヨーロッパにおける旧人・新人交替劇の真相理解に向けて。『考古学試料に基づく旧人・新人の学習行動の実証的研究』5—「交替劇」A01 班 2014 年度研究報告— 35-46.

アリューシャン列島, ウナラスカ島北東部の Iliuliuk 川上流泥炭層の花粉分析

野口真 (岡山理科大)・藤木利之 (岡山理科大)・奥野充 (福岡大学)・

Virginia Hatfield (アリューシャン博物館)・Kale Bruner (カンザス大)・中村俊夫 (名古屋大)

Makoto NOGUCHI, Toshiyuki FUJIKI, Mitsuru OKUNO, Virginia HATFIELD, Kale BRUNER, Toshio

NAKAMURA: Pollen analysis of upstream Iliuliuk River peat in north-eastern Unaraska Island, Aleutians, Alaska.

アリューシャン列島のフォックス諸島に属するウナラスカ島の Iliuliuk 川沿いの泥炭層において花粉分析を行った。その結果、樹木花粉がほとんど検出されず、全体的にツツジ科 (*Ericaceae*) の小低木であるガンコウラン属 (*Empetrum*) と草本のイネ科 (*Poaceae*)、カヤツリグサ科 (*Cyperaceae*)、さらにヒカゲノカズラ (*Lycopodium*) やコケスギラン属 (*Selaginella*) などのシダ植物が優占する草原植生であった (図 1)。コケスギラン属は下部では少ないが、上部で増加する傾向にある。ヨモギ属 (*Artemisia*) を含むキク科 (*Asteraceae*)、ワレモコウ属 (*Sanguisorba*) を含むバラ科 (*Rosaceae*) も上部で増加する傾向にある。ヒカゲノカズラは深度 30 cm 付近で非常に高い割合を示すが、それ以浅では減少傾向にある (図 2)。小低木のガンコウラン属よりもイネ科やカヤツリグサ科といった草本花粉の割合が高いことから、ヒース植生 (荒地の背丈が低い植物群) ではなく普通の草原に近い植生であった可能性が考えられる。また、ユーラ

シア大陸またはアラスカなどの遠方から飛来したと考えられるハンノキ属 (*Alnus*) などの樹木花粉が検出された。

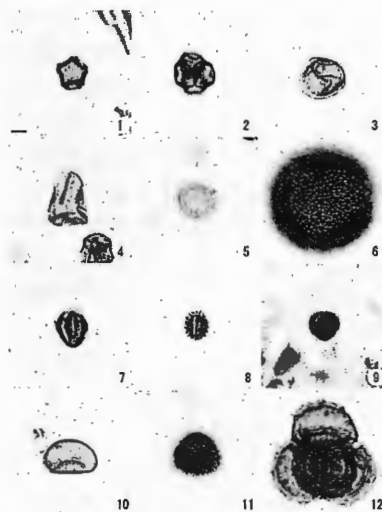


図 1 検出された化石花粉・胞子の光学顕微鏡写真

- 1: *Alnus*, 2: *Empetrum*, 3: *Poaceae*, 4: *Cyperaceae*,
5: *Plantago*, 6: *Geranium*, 7: *Sanguisorba*,
8: *Asteraceae*, 9: *Artemisia*, 10: monolete type FS,
11: *Lycopodium*, 12: *Selaginella*

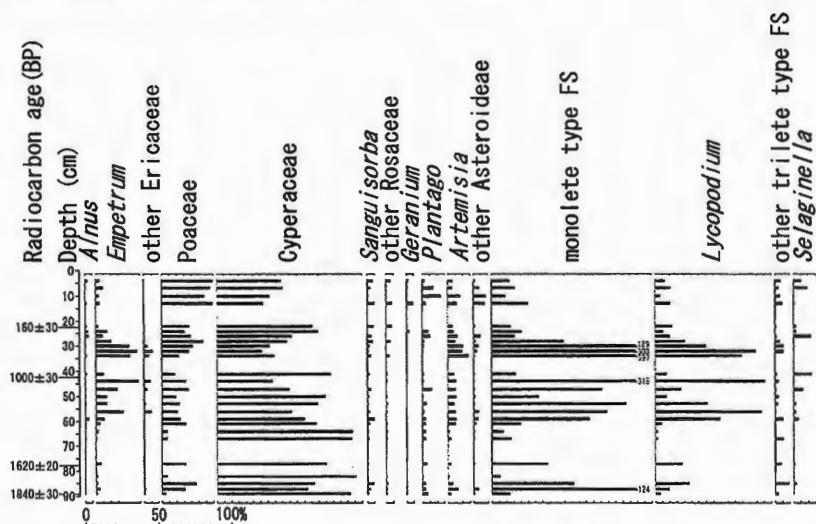


図 2 コアの化石花粉・胞子変遷図

復元水田を用いた実験考古学的アプローチ：弥生時代の米収量の推定研究について

菊地有希子（株）パレオ・ラボ・菊地 真（神戸大学）・余語琢磨（早稲田大学）

Yukiko KIKUCHI, Makoto KIKUCHI, Takuma YOGO: Experimental archaeological project investigating ancient paddy fields: especially crop yields during Yayoi period

1. はじめに

日本でも弥生時代など、過去の水田稲作を復元するために、自然科学分析を含むさまざまな分析が行われ、推測がなされている。しかし、それらの推測が本当に当時の状況を説明できているのか、実際は不明な点が多いのが現状である（菊地・三好 2007）。本研究は、実験によって客観的な現生データを集め、水田跡に対して行われてきた自然科学分析の成果を検証し、水田稲作の適切な復元へ、さらに一歩踏み込むことを目的としている（菊地 2013）。今回は特に、研究当初から一貫して取り組んでいる、弥生時代の米収量の推定に関する研究を、2013 年以降の未公表データを加味して提示し、議論する。ここ数年、他の研究者とプロジェクトとして手掛けているプラントオパール・種実同定・花粉分析などの実験・植物考古学的な狙いについても、概略を紹介したい。

2. 弥生時代の米生産量の推定研究

弥生時代の米の生産量の推定研究における問題点を克服するため、復元水田で実験考古学的手法による稲の栽培実験を実施している。

(1) 弥生時代の米収量を知る手がかり

直接の手掛かりは無い。現状で最も確実な情報は、奈良・平安時代の文献史料に記録された米収量である。従来の研究では、弥生時代の米収量は奈良・平安時代の文献記録よりも低い、10a あたり 64kg 以下とされる。しかし上記の見解は根拠が不明確であり、検証が求められている。

(2) 弥生時代後期の水田跡で検出されている稲株痕に関する問題

岡山県の百間川原尾島遺跡で、弥生時代後期の水田跡から、稲株痕と考えられる痕跡が見つまっている。痕跡は横方向に列状に並び、田植えの痕跡と推定されている。

百間川原尾島遺跡の稲株痕は株間約 8cm、平均密度は 1 m² あたり 121 株である。株間に足は踏み入れられない。現代日本の水田は、一般に株間約 25cm である（株密度は 1 m² あたり約 18 株）。

弥生後期のこの株密度に対する評価は、密度が高すぎて稲が生育しない、全てが生育した場合の生産量推計が高過ぎて非現実的であるなど、否定的見解が多い。しかしながら、これらの意見も根拠は乏しく、実際の検証例は存在しない。百間川原尾島遺跡の密植は実際に可能なのか、収量はどの程度か、実証実験が必要である。

3. 栽培実験・収量調査の概要

コントロール可能で、且つ収量に影響すると考

えられる栽培技術・方法を変えて行っている。栽培実験では、2 種類の米を異なる植え方や密度で栽培し、収量調査を行っている。

・実験場：狭山丘陵北側の谷津田の復元水田
・栽培米：赤米（長崎県対馬豆蔵産と東北地方産）

・栽培方法：実験田内に小区画を作って数種類の方法で栽培。種籾は実験田の端に設けた苗代に播き、約 1 ヶ月後に植え替え。

- ① 直播き（散播）。弥生時代は直播きの可能性もあるため。
- ② 異なる密度での移植（田植え）。株密度は、1 m² あたり 18 株（現代相当）、1 m² あたり 30 株（中間）、1 m² あたり約 121 株（百間川原尾島モデル）の 3 種類。
- ③ 無農薬、無化学肥料、無堆肥で栽培。但し過去数年間、収穫後の藁を鋤き込む。
- ④ 収量調査：収量構成 4 要素（単位面積あたりの穂数、平均 1 穂あたり粒数、登熟歩合、玄米 1000 粒重）に基づいて算出。

4. 結果と議論

2005 年から 2012 年の結果では、百間川原尾島モデルで植えた場合の単位面積あたりの収量が、百間川原尾島遺跡の稲株密度は十分現実的である。また収量は、従来の推測よりも多く、奈良・平安時代の中田相当以上（10a あたり 100kg 以上）と推定される。

5. おわりに

関連する報告は近年国際学会で行っているが、今回改めて近年の研究状況を整理、追加した。日本で未発達な実験考古学分野、ならびに本フィールドワークが考古学や自然・博物館教育に与える影響についても考えるきっかけとする。

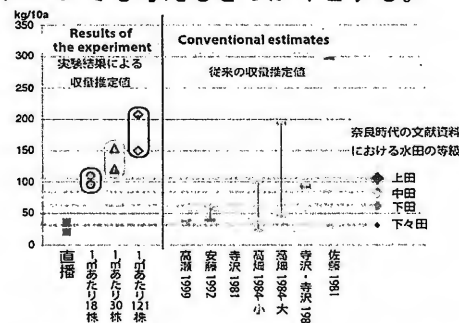


図 1 実験結果による収量推定と従来の推定値比較

引用文献：菊地有希子・三好伸明 (2007) 古代, 120, 87-107. 菊地有希子 (2013) 岡内編「技術と交流の考古学」, 296-307, 同成社。

長崎県佐世保市福井洞窟における土器出現年代の評価

米田 穰 (東京大)・大森貴之 (東京大)・工藤雄一郎 (歴博)・柳田 裕三 (佐世保市教委)

Minoru YONEDA, Takayuki OMORI, Yuichiro KUDO, Yuzo YANAGITA: Date determination of the oldest Jomon pottery from the Fukui Cave, Sasebo City, Nagasaki, Japan.

1. はじめに

日本列島に展開した縄文文化は、土器の製作によってその開始が定義され、完新世の開始 (11650 cal. BP) よりもさらに古い更新世後期にさかのぼる。現在知られている最古期の土器は東アジアに集中しており、縄文時代草創期の日本列島、中国南部の長江中流域、極東ロシアの3地域で独立に土器製作伝統が発生した可能性が議論されている。従来、完新世に拡大した森林環境の利用や農耕によって活発になった植物質食料の調理や貯蔵と土器の出現は議論されてきたが、東アジアでは最終氷期の狩猟採集民によって土器が発明されたことが明らかになり、人類誌における画期のひとつとされる土器の出現について活発な議論が行われている (Jordan & Zvelebil 2014)

2. 日本列島における土器出現年代

日本列島における土器起源については、青森県大平山元 I 遺跡で、土器付着炭化物の直接的な年代測定によって、16530~15730 cal. BP という評価がなされた、この年代は更新世にさかのぼり、ベーリング温暖期 (GS-2a) の始まり (15000 cal. BP) よりも古い寒冷期に土器が出現したこと意味する (中村・辻 1999, Nakamura et al. 2001)。

しかし、同一の土器に付着したと想定された5点の炭化物の年代は 500~1000 年という大きな年代幅を持っており、上記の代表値は5点の平均値と最古の年代を示したデータの間の評価である。しかし、土器片は III 層から IV 層の幅がある層状から出土しており、共伴した木炭の年代2点 (約 7000 BP) から、堆積に攪乱があると想定されている。

日本最古の土器とされる大平山元 I 遺跡では、土器付着炭化物5点の年代が整合的でないこと、堆積は攪乱をうけていることから、土器出現年代を 15000~16500 年という広い年代幅 (あるいは 16500 年前という最大値) をもって議論されている状況である。草創期初頭の放射性炭素年代を集成した、小林 (2007) は、平均値 15500 cal. BP よりも古いと推測し、土器出現期を 15700 cal. BP としている。工藤 (2012) は、13000 BP 前後の較正曲線の不確実性を指摘し、大平山元 I 遺跡と、無文土器を伴う神奈川県宮ヶ瀬遺跡群北原遺跡 (15800 cal. BP) や赤平 (1) 遺跡 (16900 cal. BP) の炭化材の年代から、列島における土器出現年代を 17000~15000 cal. BP と評価した。また、Taniguchi (2017) も草創期初頭の放射性炭素年代の集成から隆起線文土器よりも古い Phase1 を

15900~15100 cal. BP と評価している。

3. 東アジアにおける土器出現年代

大平山元 I 遺跡の報告以降、中国南部からより年代の古い土器文化が報告された。中国湖南省玉蟾岩洞では 18300~15430 cal. BP (Boaretto et al. 2009)、江西省仙人洞窟では 20000~19000 cal. BP となり、土器出現は最終氷期最寒冷期にさかのぼる可能性がある。これらの遺跡では、土器付着炭化物や共伴炭化材などの個別の年代ではなく、土器包含層とその上下層の年代を系統的な解析を実施して、信頼性が高い年代を得ている。しかし、縄文草創期の年代については、そのような系統的年代測定結果が報告されていなかった。

後期旧石器時代から縄文草創期への連続的な居住遺跡の希少な事例として長崎県佐世保市の史跡福井洞窟が知られる (芹沢 1967)。従来、福井洞窟での隆起線文土器の出現年代として III 層出土炭化材の 12700±500 BP と無文土器を伴う II 層の 12400±350 BP があるが、 β 線計測による大きな誤差のため評価が困難であった。

幸い 2011~2015 年に実施された発掘調査では、第 1~15 層で 63 点の木炭・土器付着炭化物の放射性炭素年代が系統的に測定された (佐世保市教委 2016)。その結果、隆起線文土器を包含する 3c 層は 13300 BP (16000 cal. BP)、その上層の 3a 層は 12900 BP (15300 cal. BP)、下層の 4 層 13500 BP は (14700 cal. BP) と報告された。本報告では、さらに層序の上限関係を考慮したベイズ統計モデルを構築して、福井洞窟における土器出現年代に相当する 3c 層開始年代を評価した。

4. 福井洞窟における土器出現年代の再評価

試料量不足と報告された3点を除き、測定限界以下の年代を含む 14 層よりも上層、1~13 層の 51 点を解析対象とした。うち 13 層の 1 点 (beta-363590; 3900 BP) は明らかな混入である。残りの 50 点を 9 Phases の連続的な堆積としてモデルを構築した。予備的な結果であるが、福井洞窟における堆積層は極めて整合性が高い年代データセットであること (Outlier は 3 点のみ)、隆起線文土器土器を包含層である 3c 層と直下の 4 層との境界年代を土器出現年代とすると、16160~16060 cal. BP (1SD) という高精度な年代推定が可能であることが示された。3c 層と直上の 3a 層との境界は 15900~15750 cal. BP (1SD) となった。興味深いことに本州北部で評価された隆起線文土器期 (Phase2; 14000~15000 cal. BP) よりも古く、土器出現時期 (Phase1; 15900~15100 cal. BP) とよく一致する。(引用文献は割愛した)

ボーリング資料を活用した東京台地部の東京礫層の空間展開

杉中佑輔（㈱計算力学研究センター）・遠藤邦彦・石綿しげ子・

堀田文雄（アサヒ地水探査㈱）・須貝俊彦（東大）・堀伸三郎

Yusuke SUGINAKA, Kunihiro ENDO, Shigeko ISHIWATA, Humio HOTTA, Toshihiko SUGAI, Shinzaburo HORI: Spatial distribution of Tokyo Gravel in Tokyo Upland area using boring data.

1. はじめに

東京礫層は、東京台地部では武蔵野礫層を除き最初に分布する支持地盤となる礫層であり、その分布を明らかにすることは工学的にも意味が大きい。また、空間展開することで礫層の形成環境などが検討可能となる。

（独）防災科研と（独）産総研が公開しているボーリングデータ処理システムを用いて主として主要幹線道路沿いに作成した地質断面図（遠藤ほか、2017 本大会）の成果を踏まえ、東京礫層分布の空間展開を試みた。

東京礫層については従来多くの議論があるが、今回示した分布は下末吉層に対比される東京層の基底部に位置する礫層で、その下位には1サイクル前の「築地層及び同礫層（江戸川層上部）」が位置し、この両者を区別した（遠藤ほか、2017 本大会）。

東京層に関わる礫層には、海底泥層で埋積された谷底に位置する基底礫層、上総層群や江戸川層の高まりを切る波食棚（海食台）に伴われる砂礫層、さらに東京層の下部泥質部と上部砂質部の中間にローカルに出現する砂礫層がある。この内、本空間分布図では前二者を対象とした。

2. 解析手順

本成果では、東京都建設局「東京の地盤」及び国土地盤情報検索サイト「Kunijiban」で公開されている約 28000 本の柱状図データのうち、幹線道路や鉄道沿線で実施された 1400 本余りのデータを使用した（本予稿作成時点）。

これら柱状図に対して、（独）産総研が公開している断面図作成ソフト「ボーリング柱状図解析システム」を用いて、遠藤ほか（2017、本大会）に基づき柱状図ごとの地層区分を実施し、各地層境界に標高値を持たせた。

使用した柱状図データの位置情報（緯度経度）及び地層境界標高値をGISデータとしてGISソフトに取り込み、この標高値を基に東京礫層上面等高線図を作成した。

また、等高線図の検討に当たっては岡ほか（1984）、東京都港湾局（2001）を参照した。

3. 空間分布図からみえてきたもの

・分布の特徴

東京礫層は、甲州街道沿いに東京駅付近まで、東に平均約 0.3 度傾斜している。その分布は上総層群からなる基盤や江戸川層の高まりにより分断されている。

・特徴的な構造

品川周辺から北西方向へ、神田周辺から北西方向へ、また赤羽西方池袋方面にむけての谷地形及び、池袋を挟み北西-南東方向に延びる線状の構造などが認められる

前二者に挟まれる範囲は等高線間隔が広く、概ね南北方向に平行に表現される形状から海食台（波食棚）の可能性が高い。

4. 今後の課題

淀橋台や荏原台など MIS5.5 段丘の分布範囲だけでなく、武蔵野面の礫層の下位にも東京層や東京礫層は広く分布する。また、東京低地との境界部には埋没段丘との区別が不明確な礫層も存在するため、形成環境の検討には台地～低地の全体的な視点が必要である。

線状の構造を示す北部を始め、基盤地形をさらに精度をあげて再現し、その中で礫層分布の特徴やその形成環境を検討していく。

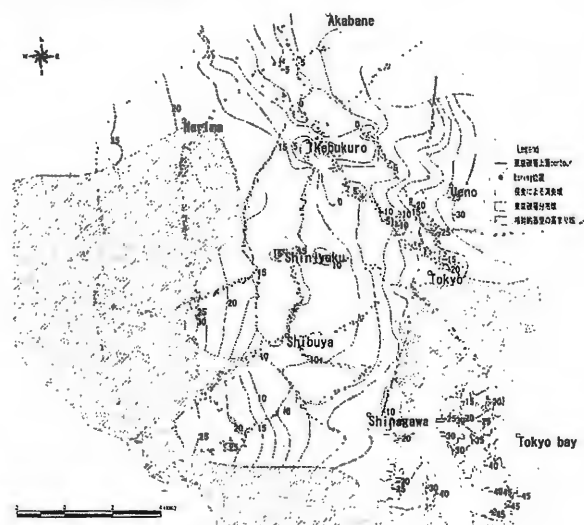


図.1 東京礫層の空間分布図

引用文献

- 遠藤ほか（2017）ボーリング資料を活用した東京台地部の中・後期更新世地質断面の再検討，本大会
 岡重文・菊地隆男・桂島茂（1984）東京西南部地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，111p.
 東京都港湾局（2001）新版東京港地盤図，東京都，89p.
 独立行政法人産業技術総合研究所，ボーリング柱状図解析システム
 URL: <https://gbank.gsj.jp/kantosubsurfacegeoDB/download/top.html>

2016 年熊本地震による益城町木山地区の建物被害の特徴

—建物傾斜方向を中心に—

磯望（西南学院大）・黒木貴一（福岡教育大）・下山正一（佐賀大）

Nozomi ISO, Takahito KUROKI, Shoichi SHIMOYAMA: Character of damaged buildings at Kiyama district in Mashiki town caused by the 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

2016 年熊本地震により激甚な建物被害を被った益城町中心部木山地区について、筆者らは、2016 年 4 月 17 日以降、約 3600 棟の建物の被害程度と約 330 本の地震性地表亀裂の関係等について調査を進め、黒木ほか(2017)などで報告してきた。ここでは、主として地震によって生じた建物の傾斜や倒壊方向を中心に調査した結果を中心に報告し、建物を傾斜・倒壊させた地表付近の地盤の動きなどについて検討を行う。

2. 地震性地表亀裂の特徴

木山地区の調査範囲には 1 ブロック以上連続する地震性地表亀裂が約 330 本確認された。それらは亀裂に沿って水平または垂直的変位が認められた地表地震断層性亀裂、崖端部に崖方向と平行して出現した斜面崩壊性亀裂、河川近傍で河川に平行的で噴砂なども伴う側方流動性亀裂、明瞭な変位を伴わない開口性クラックの 4 種類に区分できた。断層性亀裂とクラックは、北東ないし東北東から南西ないし西南西に延びる亀裂が卓越する。断層性亀裂は布田川断層から分岐する右横ずれ断層が主体で開口性クラックも大部分が同じ方向に延びる。これらの亀裂は断続的で連続しないが、多数の亀裂を伴う特徴がある。これらは一つの断層から分岐した構造が地表に現れたものと推定される(図 1)。

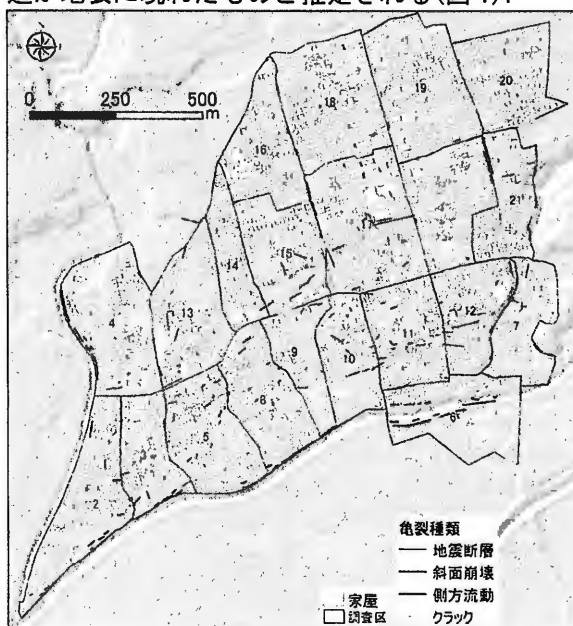


図 1. 木山地区の地震性亀裂の分布

3. 建物傾斜・倒壊方向の特徴

木山地区の建物で、地震により傾斜または倒壊した建物について、傾斜・倒壊方向を調査した。調査は現地で傾斜・倒壊方向の確認できる方向を地図に記し、机上で地図に示された方角を計測し表にまとめ、更にその傾斜・倒壊方向と位置が分かるよう地図化した(図 3)。

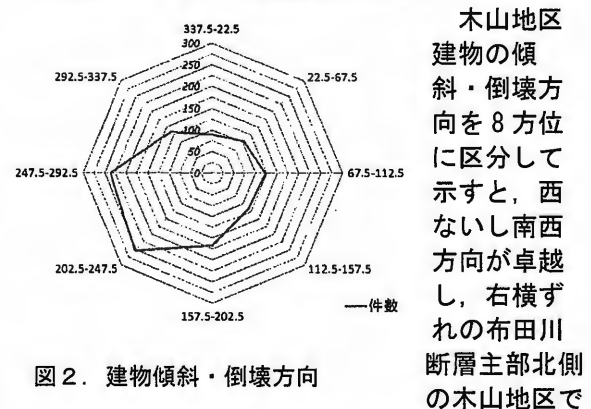


図 2. 建物傾斜・倒壊方向

木山地区では、地表の主に東ないし北東方向の動きで、建物の傾斜・倒壊が生じたと判断される(図 2)。

しかし、一部にはこれと直行する動きが狭い範囲ながら数ゾーンで直線的に認められる。断層性亀裂では同方向の亀裂はわずかだが、建物傾斜方向からも共役方向の動きが認められる。

引用文献：黒木ほか(2017)日本地理学会予稿集, 91, p. 268.

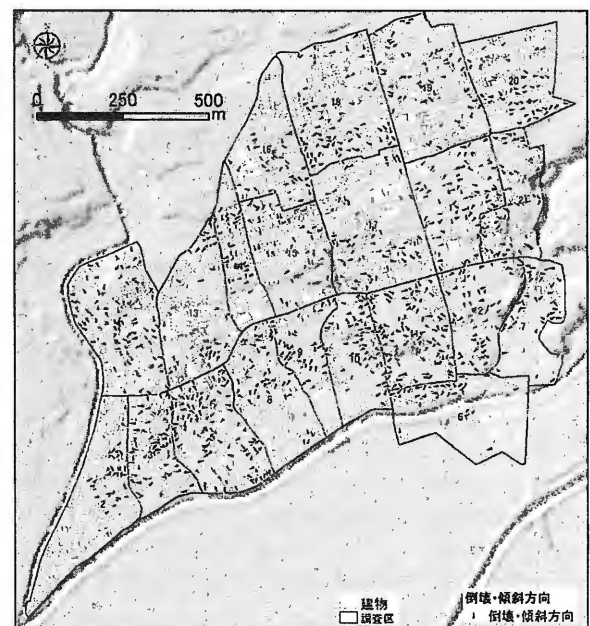


図 3. 木山地区の建物の傾斜・倒壊方向

更新統香取層調査-UAV(Unmanned Aerial Vehicle)の 地質調査への適用の試み

岡崎浩子(中央博)・郭 榮珠(土木研)・朴 鍾杰(東京情報大)・中里裕臣(農研機構)・
田村 亨(産総研)・伊藤一充(産総研)

Hiroko OKAZAKI, Youngjoo KWAK, JongGeol PARK, Hiroomi NAKAZATO, Toru TAMURA, Kazumi ITO:
Application of UAV system for geological research at Byoubugaura, Chiba Prefecture, central Japan

1. はじめに

UAV(以下ドローン)は屏風ヶ浦のような高く垂直な海食崖の調査などには有力なツールであると言える。本来このような場所の調査は時間もかかりかつ危険を伴うが、ドローンを用いると比較的至近距離で広範囲の観察が素早く安全に行える。また、得られた画像はいろいろな用途に応じた画像処理により精度の高い分析に用いられる。例えば崖の岩相観察と同時にそれら物性(砂や泥、堆積年代による固結度)による風化の違いもしくはそれら作る安息角などを、画像データから崖の3次元形態を得ることにより知ることができ

る。本調査は著者らが行っている屏風ヶ浦の構成層である更新統“香取層”の調査の一環としてドローン調査を試行したのでその結果を報告する。

2. 香取層の堆積面と年代

更新統“香取層”は千葉県北東部の太平洋に面した屏風ヶ浦を含む飯岡台地に分布し、鮮新-中部更新統犬吠層群の上位に不整合でなる砂層である。飯岡台地は杉原(1976)などにより、下総上位面(5e面)と下総下位面(5c面)とより低位の河成段丘である千葉段丘面などに区分され、下総上位面は下総台地から連続するものと考えられている(杉原, 2000など)。中里ほか(2016)、岡崎ほか(2016)では飯岡台地を標高65-52m程度の高位面とそれよりも10m低い中位面さらに10m以上低い低位面の3面に区分した。これらの面は北東方向により低位な面が分布する。また、低位面の下部に見られる0n-Pm1テフラ(中里, 2015ほか)やOSL年代測定値から、中位面は5cの海進・海退堆積物からなる5c面、低位面は5aの海進・海退堆積物から5a面である可能性を示した。

3. 調査結果

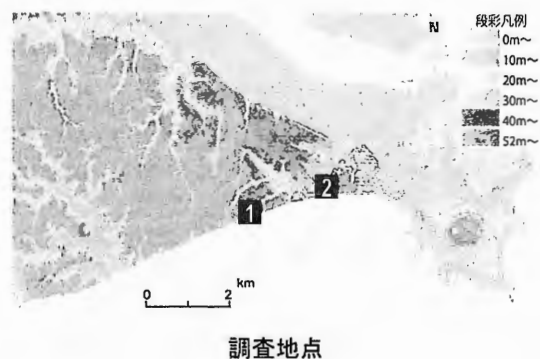
本調査は、岡崎ほか(2015)八木ほか(2015)を参考にこれまで屏風ヶ浦で柱状図を作成した地点1(中位面)と地点2(低位面)の2箇所ドローンを使用し、犬吠層群と香取層の不整合面の水平変化を中心に観察した。屏風ヶ浦では西から東に向かってより低位な面が認められる。地点1周辺の香取層直下の犬吠層群(小浜層)は砂泥互層からなり、その上位の侵食面上には貝化石層が認められる。ちなみにこれより西の高位面の直下の犬吠層群(小浜層)は塊状な泥岩からな

る(岡崎ほか, 2014)。地点2では0n-Pm1テフラが見られる香取層直下の犬吠層群(春日層)は砂層からなる、そこより西の春日層ではこの砂層より上位に約3mの砂泥互層がある。従って、この間の春日層の傾斜を考慮しても西で見られる砂泥互層の削剥が考えられ、中位面と低位面の不整合面が存在する可能性がある。今回の調査では高位面と中位面の間の不整合は認められなかった。地点1より西にある可能性も考えられる。

今回は試行段階であるがドローンはこのように露頭に近接して連続的に詳細な観察が行え、地質調査には有効なツールであると言える。また、本調査は地形面形成年代をより正確にするためにOSL年代測定を継続して行っており、その結果も合わせて報告する。

・引用文献

- 中里裕臣・奈良正和・岡崎浩子・水野清秀(2015) 日本第四紀学会講演要旨, P-6.
- 中里裕臣・奈良正和・岡崎浩子・水野清秀・伊藤久敏(2016) JpGU2016 大会講演要旨, HQR15 - P08.
- 岡崎浩子・中里裕臣・佐藤弘幸・林広樹(2015) 名勝に関する特定の調査研究事業—屏風ヶ浦(千葉県銚子市)。銚子市。
- 岡崎浩子・中里裕臣・奈良正和・田村亨・伊藤一充(2016) 日本第四紀学会講演要旨, 0-02.
- 杉原重夫(1976) 日本地理学会予稿集 10.
- 杉原重夫(2000) 「日本の地形4: 関東・伊豆小笠原」 東京大学出版会, 222-224.
- 吉村光俊・八木令子・小田島高之(2015) 名勝に関する特定の調査研究事業—屏風ヶ浦(千葉県銚子市)。銚子市。



猪苗代盆地南部で掘削されたボーリングコアについて

船引彩子（日大工）・瀬戸真之（福島大）・安藤広一（日大工）

Ayako FUNABIKI, Masayuki SETO, and Koichi ANDO: Borehole core obtained from the southern part of Inawashiro Basin, Japan.

1. はじめに

本研究では、福島県郡山市湖南町赤津地区に設置されている郡山市・日本大学 再生可能エネルギー共同実験施設（旧赤津小学校）の校庭敷地内で震度 112m の NU-AK-01 コアの掘削を行う機会を得た。

コアの掘削地点は地形的には猪苗代湖南岸に位置し、標高 680m の丘陵地から 520m の盆地へと連続する斜面の中央部に位置する（図 1）。

2. 分析手法

コアは径 6cm で深度 33.5m までは未固結堆積物であり、以深は安山岩質・および凝灰岩質の岩盤からなる。本稿ではこの未固結堆積物の試料について堆積相の観察を行い、火山灰の同定、放射性炭素年代測定、含水比、粒度分析などの測定を行い、堆積環境とその年代を明らかにした。

3. 結果

深度 33.5m までの未固結堆積物は岩相から大きく上下二つのユニットに区分することができる。

下位のユニット 1（深度 33.5–11.0m）は主に黒色で有機物を含むシルト層と特に級化層理を持たない碎屑支持の礫層の繰り返しとで構成される。礫層には、木片など植物片も多く含まれ、一部はコア径よりも大きなものがある。黒色の有機質シルト層に含まれていた植物片を、放射性炭素年代測定法で分析した結果、50–40ka の年代が得られた。またこのユニットは 55ka 以降に噴出した DKP テフラ、55–50ka に噴出したとされている Km-KN テフラなどを含む。

上位のユニット 2 はコアの深度 11.0–0m の区間で黒色の有機質シルト～粗粒砂からなり、ユニット上位は黒色の有機質シルトや植物片を多く含む。一部にはコア径よりも大きい凝灰岩質の礫が存在し、深度 10.00–7.50m は軽石を多く含む中粒砂層からなり、白河火砕流堆積物の二次堆積物と考えられる凝灰岩も含む。年代値は黒色の有機質シルト層にあった植物片から、約 27–20ka の値が得られている。

4. 考察

得られたボーリングコアの年代値を堆積速度曲線に表したところ、43ka までは約 2.7–4.0m/1000yrs の速い堆積速度であり、DKP や Nm-KN テフラの年代値を基準とすると、堆積速度は 0.98m/1000yr となる。それ以降は 0.4m/1000yrs 程度と明瞭な堆積速度の変化があったことにな

る。テフラの年代と、放射性炭素年代測定法で得られた年代には若干ずれがあるが、どちらの年代を見ても、ユニット 1 とユニット 2 との間には明瞭な堆積速度の変化が見られた。

この年代は、猪苗代湖底の INW2012 コアにおいて確認された約 42ka の河川環境から湖への環境変化（廣瀬ほか、2014）と整合的である。また、猪苗代湖形成のきっかけとなった翁島岩屑なだれの発生は、磐梯山起源の HP1 の噴出（山元・須藤、1996；千葉・木村、2001）と関連しているとされるが、その噴出年代 30–46ka ともおよそ一致する。ユニット 1 とユニット 2 との境界の年代は、既往研究で明らかにされている猪苗代湖の形成時期と重なり、猪苗代湖と盆地の形成により、今回の NU-AK-01 コア掘削地点においても堆積環境が大きく変化したことが強く示唆される。

また山崎ほか（2017）では、約 20ka に猪苗代湖周辺で大地震が発生し、猪苗代湖南部を起源とする長さ 2.8km、最大厚さ 25m の大規模な湖底地すべりを示す地質構造が形成されたと述べている。このような地震を伴った地殻変動が、猪苗代湖周辺の堆積環境を大きく変えた可能性があり、NU-AK-01 コアにおいて 20ka 以降の堆積物がほとんど見られないこととも関連している可能性がある。

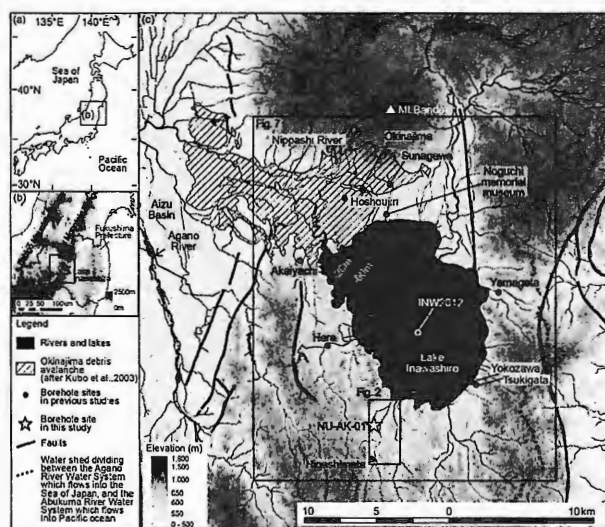


図 1. 調査地点 Fig.1. Study site

引用文献：千葉・木村（2001）岩石鉱物科学，30，126–156。廣瀬・長橋・中澤（2014）第四紀研究，53，157–173。山崎・片岡・長橋（2017）JpGU-AGU Joint Meeting 2017 講演予稿集，HCG30-0。山元・須藤（1996）地質調査所月報，47，71–80。

1983 年日本海中部地震津波浸水域周辺にみられるイベント堆積物

鎌滝孝信・安部訓史・金澤 慎・今野史子・松富英夫（秋田大）

Takanobu KAMATAKI, Norifumi ABE, Fumiko KONNO and Hideo MATSUTOMI: Event deposits from tsunami inundated area of the 1983 Japan Sea earthquake, Akita Prefecture, Japan

1. はじめに

青森県西津軽地方から秋田県北部に至る日本海沿岸は、1983 年日本海中部地震に伴う津波による被害の大きかった地域である。また、秋田県北部で日本海に流入する 3 つの河川、水沢川、埴川および竹生川の河口付近に広がる沖積低地には水田が広がっており、そこで 1983 年津波による浸水および津波堆積物の堆積による被害が報告されている（三浦ほか、1984；佐藤ほか、1994）。鎌滝ほか（2016）は、竹生川河口周辺の沖積低地から 1983 年津波以前に形成されたイベント堆積物を 2 層報告しているが、その形成要因は未だ特定されていない。本研究では、それらイベント堆積物の成因を特定するために、群列ボーリング調査を実施した。

2. 調査地点および調査方法

調査地点は、秋田県北西部に位置する秋田県八峰町沼田地区にある標高 3m 程度の水田である。調査地点と海岸との間には、標高 5～10m 程度の砂丘があり、周辺には竹生川が流れている。また、1983 年日本海中部沖地震の際には、竹生川に沿って津波が遡上し、上流 1,100m 付近にある水田まで浸水し、さらに川沿いを 1,800m まで遡上したとされる（土木学会、1986）。したがって、1983 年日本海中部地震の震源域における地震の再来間隔を評価する上で、本調査地域で古津波堆積物の存在をよびその形成年代を明らかにすることは極めて重要といえる。本研究では、ハンドコアラと小型ジオスライサー（高田ほか、2002）を用いたボーリング調査によって地表から深さ 2m 程度までの試料を採取し、その構成物、粒径、堆積構造、地層境界の形状などに着目して観察した。また、地層の形成年代を推定するため、放射性炭素年代測定を実施した。

3. 結果とその解釈

それぞれの掘削地点における深度 2m よりも上位の地層は、湿地に堆積したシルトや泥炭を主体とした細粒堆積物中に、細粒～中粒砂を主体とした粗粒堆積物が数枚挟まれることがわかった。代表的なコア試料の記載を以下に示す。深度 0～0.14m は耕作土である。深度 0.14～0.32m は、細粒砂を含む暗褐色シルト層である。深度 0.32～0.72m は、植物片を含んだ粘土が混ざる暗色シルト層である。深度 0.72～1.20m は植物片、泥炭を含む細粒～中粒砂からなり、上方細粒化する。深度 1.20m 以下の地層は、主に植物片を多く含んだ泥炭である。

得られた試料の中で、深度 0.72～1.20m にみられる砂質堆積物には、1) 基底部がシャープな侵食面を呈しており、その直上には下位の泥炭層を侵食して取り込んだリップアップクラストがみられること、2) 斜交層理や平行層理などの初生堆積構造がみられること、3) 上部には植物の葉などを中心とした植物遺骸が密集すること、などの特徴が認められる。これらの砂質堆積物は、その基底部や内部構造の特徴により、ある程度強い水流によって堆積物が再移動し、それが急速に堆積したイベント堆積物と解釈した。このイベント堆積物を形成した営力を以下に考えてみる。前述したように調査地点周辺は、標高 3m 前後で海岸との間に標高 5～10m 程度の砂丘があるということ、海からある程度の距離があることという地理的特徴がある。これら二点を踏まえると、イベント堆積物が高潮に伴う高波によって形成された可能性は低いと判断した。一方、周辺を流れる竹生川で発生した洪水によって形成された堆積物という可能性が残されるため、さらに竹生川からの距離をほぼ変えず、海一陸方向に群列掘削を行った。その結果、海から遠ざかる方向にイベント堆積物が薄くなり、消滅していく様子が確認できた。これらの理由により、このイベント堆積物は津波によって形成された可能性が最も高いと解釈した。また、イベント堆積物の上下の地層から得られた試料を対象として実施した放射性炭素年代測定結果により、イベント堆積物は、13 世紀から 15 世紀頃に形成されたものと考えられる。

4. まとめ

秋田県八峰町沼田地区の沖積低地から確認されている 13 世紀～15 世紀頃に形成されたイベント堆積物は、その内部構造と分布様式から津波堆積物の可能性が高いといえる。

今後、イベント堆積物のより広範囲への分布を明らかにする調査や、他の地域で見出されているイベント堆積物との比較等を進め、当地域における津波履歴やその影響範囲等について明らかにしていきたい。

引用文献：土木学会（1986）日本海中部地震震害調査報告書、933pp、鎌滝ほか（2016）、土木学会論文集 B2（海岸工学）、72, 2, I_1693-I_1698。三浦ほか（1984）農業技術、39, 49-52。佐藤ほか（1994）活断層研究、12, 1-23。高田ほか（2002）地質ニュース、579, 12-18。

東京低地の三次元地盤モデルと伏在第四紀断層

木村克己(防災科研)・花島祐樹(SmartSolutions株)・西山昭一(応用地質株)・大井昌弘(防災科研)
Katsumi KIMURA, Yuki HANASHIMA, Shoichi NISHIYAMA and Masahiro OOI: 3D Geologic Ground Model
and Concealed Quaternary Faults of the Tokyo Lowland Area

1. はじめに

首都圏直下の伏在活断層として、荒川断層、東京湾北縁断層などが推定されたが、その後の断層調査の結果に基づき、地震本部はいずれも活動度が低いか、活動を停止した断層であると評価している。豊蔵ほか(2007)はボーリングデータの解析による東京層の対比に基づき、東京都区内において数条の伏在第四紀断層の存在を推定している。人口密集域の都市平野域では、現地での地下構造調査が十分にできない反面、国や自治体の地盤調査で得られた大量のボーリングデータがデータベースとして蓄積されている。豊蔵ほかの研究では、こうしたデータを活用している。本研究では、東京低地とその隣接域の武蔵野台地地域について、ボーリングデータの解読とその解析から、第四系の三次元地盤モデルを構築し、第四紀断層の位置の推定とその構造運動の検討を行ったので、その結果を報告発表する。

2. 研究手法

ボーリングデータの主な処理過程は、木村ほか(2014)に準じて次のとおりである。①既往の研究で設定された地質標準層序(東京都土木研編, 1996; 東京都地下地質, 2000)を基準にして、ボーリングデータの解読により地質境界と地質構造を定める。②それらのデータの数値計算処理(BS-Horizon; 野々垣ほか, 2008)によって地層境界面モデルを求める。③地層境界面モデルとボーリングデータの土質・N値・地層区分情報の計算処理から三次元グリッドモデルを求める。④浅部地盤を可視化する。処理においては、①は産総研と防災科研が開発・公開している一連のボーリングデータ処理システムを、②-④は今回新たに開発した Python3 で記述されたプログラムを利用している。

東京低地および隣接台地域のモデル構築に利用したボーリングデータは約 7000 本であり、主に東京都・国交省から提供を受けている。地質層序は、上位から下位へ、沖積層、立川期段丘堆積物、ロームおよびローム質粘性土層、武蔵野礫層、東京層、基盤堆積物(江戸川層以下の堆積物)に区分した。地質境界面モデルは、これらの地層境界面に加えて、5mDEM に基づいた地表面、沖積層基底礫層上面、段丘礫層上面について求めるとともに、断層を示す構造変換線の抽出に努めている。沖積層基底面モデルを求めるにあたっては、木村ほか(2013)の手法に基づき、沖積層基底面地形が示す古地形区分図を作成し、それに基づいた計算処理を行っている。

3. 地盤モデルと第四紀断層

三次元地盤モデルにおいて、東京層、武蔵野礫層、ローム層は、東京地域の東傾斜の半ドーム構造(3), 6)と符号する地質構造をなしており、東低下の変位量は累積性を示す。半ドーム構造の翼部において、その北東部では北西-南東方向、北落ちで台地縁を通る王子断層(仮称)、南東部は、北北東-南南西方向、北東-南西方向の埋没地形面を画する 12 条の断層群と勝どき断層・東雲両断層(仮称)の存在が推定された。

北北東-南南西方向の断層は、豊蔵ほか(2007)で伏在第四紀断層としたものにおおよそ符号する。王子・勝どき・東雲の 3 条の断層は本研究が最初の提唱となる断層であり、変位量が大きくその存在の確実度が高いと考えられる。これら第四系の構造急変をもたらした断層群は、台地縁を縁取り、谷底低地の直線的なリニアメントや沖積層基底面の埋没波食台・河成段丘面の輪郭に調和的であり、北東-南西方向の勝どき・東雲両断層については、波食台や埋没谷の右ずれ変位を示唆している。こうした断層群の特徴は、断層活動が最終氷期最盛期頃の侵食性地形形成を制御したことを示すものであろう。

4. まとめ

厚い上部更新統や完新統で覆われ、かつ人口稠密な大都市の平野域では、変動地形が地表に記録されにくく、十分な地下構造探査を実施することが困難である。しかし、本研究で示したように、大都市の平野域に大量に蓄積されたボーリングデータの地質解読と解析により高精度の三次元地質モデルを構築することは、更新世後期以降に形成された活構造を検出するために有用である。今後、断層構造の詳細な位置や活動性を明らかにするために、継続的にボーリング調査を含む地下構造探査を実施する必要がある。

謝辞: ボーリングデータの提供で便宜をはかっていただいた東京都土木技術支援・人材育成センター、東京都港湾局、および関係自治体の担当者の方に厚くお礼申し上げます。

引用文献: 木村ほか(2013)地質学雑誌, 119, 537-553. 木村克己ほか(2014)特殊地質図 no. 40, 56-113. 地質調査総合センター. 野々垣ほか(2008)情報地質, 19, 61-77. 東京都地下地質研究会(2000)地図研専報 47, 10-22. 東京都土木技術研究所編(1996)東京都(区部)大深度地下地盤図. 技報堂出版. 豊蔵ほか(2007)地学雑誌, 116, 410-430. 鈴木ほか(1995)特殊地質図 no. 20, 地質調査総合センター.

曾文溪河口域の開析谷充填堆積システム

堀 和明・高橋瑛人（名古屋大）・田辺 晋（産総研）・陸 挽中・黄 智昭（經濟部中央地質調査所）
Kazuaki HORI, Eito TAKAHASHI (Nagoy Univ.), Susumu TANABE (AIST), Wanchung LU, Chichao HUANG
(Central Geological Survey, MOEA) Incised-valley fill system at the Zengwen River mouth, southwestern Taiwan

1. はじめに

最終氷期最盛期以降の開析谷充填堆積システムの発達過程は、オールコア堆積物に対する堆積相解析と高密度な放射性炭素年代測定によって、1000 年スケールで明らかにされるようになってきた。しかし、多くの沖積低地において現河口付近下にみられる開析谷充填堆積物の基底深度は 70~80 m 未満のため、完新世以前、つまり海水準が現在に比べて 120~130 m 程度低下していた最終氷期最盛期 (LGM) から -60 m 程度まで上昇してきたヤングドリラス期 (YD) にかけての開析谷充填過程に関する情報は不足している。

こうしたなか、テクトニックな沈降速度の大きい越後平野では、厚さ 160 m に達する開析谷充填堆積物がみられ、その基底付近からは 16 ka に近い年代値が得られている (Tanabe et al. 2013)。本発表では、流域における土砂生産量が大きく、沈降速度も速いと考えられている台湾南西部の曾文溪河口域を対象に開析谷充填堆積システムの発達過程を検討した。

2. 調査地域概観

台湾は大陸-島弧衝突作用により形成された褶曲衝上断層帯に位置しており、台湾南西の海岸部は沈降傾向にあることが知られている。曾文溪河口域の 10^3 年スケールの沈降速度は、0.9~4.7 mm/yr 程度と推定されている (Yang et al., 2007)。

曾文溪の流域面積は 1177 km² で、平野部の河床勾配は 4/10000 と小さい。流域の地質は主として新第三系の砂岩からなり、単位面積あたりの浮遊土砂生産量は 26000 t と非常に大きい。

3. 研究方法

曾文溪下流域を含む嘉南平原において中央地質調査所により採取された既存のボーリングコア堆積物 9 本 (図 1) について、粒度分析や放射性炭素年代測定をおこなった。また、掘削長 300 m のコア堆積物 (NU-TN-1 コア) を新たに採取し、堆積相解析、放射性炭素年代測定、粒度分析、電気伝導度測定などをおこなった。

4. 結果と考察

コア堆積物の層相、粒度、年代測定値から、曾文溪の開析谷充填堆積物は、基底付近がやや粗粒な堆積物からなり、下位から上位に向かって、上方細粒化、上方粗粒化のサクセションを示す。なお、流域が砂岩からなるため、開析谷充填堆積物の基底付近には日本の沖積層基底礫層のような

礫はみられない。

堆積物に含まれる有機物や貝殻の深度-年代値を過去 35000 年間の海水準変動曲線 (Lambeck et al., 2014) と比較したところ、前者は後者の下側に位置することがわかった。とくに、YG コアでは深度 200 m 付近、NU-TN-1 コアでは深度 170~180 m 付近から LGM 頃の年代が得られている。これらのことは曾文溪河口域の沈降速度が極めて大きいことを示している。

流域から大きな土砂供給を受けることを反映して、堆積物の累重速度は海水準の上昇速度にほぼ匹敵しているように見受けられる。しかしながら、堆積物の層相は陸成層から海成層に変化しているため、河口域において海進が生じたことがわかる。

NU-TN-1 コアにおける堆積物の累重は LGM 頃から認められるが、LGM から 17.5 ka にかけての堆積物の累重は氷床の融解にともなうユースタティックな海水準上昇ではなく、テクトニックな沈降による堆積空間の上方への付加によって規定されていた可能性がある。また、複数のコア堆積物の貝殻片から YD 頃の年代が得られており、この時期における堆積速度が相対的に小さい傾向がある。

引用文献: Lambeck et al. (2014) PNAS, 111, 15296-15303. Tanabe et al. (2013) Mar. Geol., 336, 33-43. Yang et al. (2007) J. Asian Earth Sci., 31, 251-264.

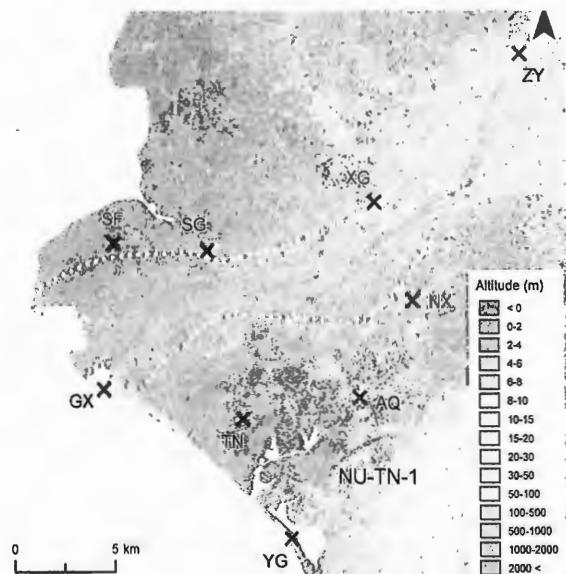


図 1 曾文溪河口域とボーリングコア位置図

完新統から見える天草地域の活構造（予察）

長谷義隆・廣瀬浩司（御所浦白亜紀資料館）

鵜飼宏明（天草ジオパーク）・川路芳弘（錦ヶ丘中学校）

Yoshitaka HASE, Koji HIROSE, Hiroaki UGAI and Yoshihiro KAWAJI: The active tectonics presumption based on Holocene sediments in Amakusa area

1. はじめに

天草は大小 120 もの島々からなり、山が海に迫るところが多いため、平地が極めて狭い。現在知られる海岸沿いや川沿いのやや広い平地は江戸時代から行われてきた干拓の結果であるところが多い。このような干拓地の地下数 10cm 下位には埋め立て前の海浜堆積物が分布している。従ってこれらの堆積物は完新世に形成されたものであることから、これらの堆積物の検討から天草での完新世堆積時の環境変遷を把握することができる。

2. 天草の縄文時代の堆積物

天草の考古学的調査結果の中で、注目すべき事象が捉えられている。すなわち、天草には縄文時代の遺跡が 160 ヶ所以上も知られており、その中には、当時の堆積物が現在の標高 0m 付近かそれ以下とされているものがある。日本における縄文時代の堆積物が分布する標高は通常海拔数 m の高さである。それは日本の縄文時代は現在より幾分温暖であり、そのため海面は現在より高かったと考えられることによっている。この高さは場所により幾分違いはあるが、熊本地域の場合、貝塚などの高さを考慮すると海拔 5m 前後と認識されている。しかし、天草の考古学研究によって明らかにされた縄文時代の遺跡堆積物で、現在の標高で 0m 付近にあるのは牛深町深海の椎ノ木崎遺跡である。

3. 新たに見つかった完新統

筆者らは天草下島五和町御領の低地においてハンドボーリングを行い、深度約 5m のコア試料を採取した。この試料について炭層 14 年代測定 2 点、珪藻分析および花粉分析を行った結果を報告した（長谷ほか、2012）。また、天草上島の南方にある御所浦町竹島において、縄文時代の竹島層を記載した（長谷ほか、2012）。竹島層には炭化した材化石が多数みられ、スダジイやクスノキ、ヤマモモ、ホルトノキなど暖温帯要素の植物の種子化石を多数含んでいる。珪藻化石による検討結果では明確な海生種の存在は認められなかった。竹島層は淡水域での堆積によって形成されたものと考えられる。また、竹島の海岸内側にある南池の堆積物をハンドボーリングにより深度 4m 採取、検討を加えた。その結果、竹島の南池の水面は標高 1.2m であるにも関わらず（堆積物は標高 0m 以下におよぶ）、珪藻化石によるチェックでは海域生のものは見あたらない。すなわち、縄文時

代、海水準が今より幾分上昇していたとした場合、南池にも海水の影響が及んでいたと考えられるにもかかわらず、その影響が見られない。

4. 天草の完新統が意味すること

今回指摘した天草における完新統のうち、御所浦町竹島の縄文時代に形成された竹島層および南池の堆積物は、現在の海拔 0m 付近にありながら当時の海の影響を受けていないことになり、その理由について考察する必要がある。縄文時代の海水準が現在より高かったとすれば、竹島層および南池堆積物はその海水準より高いところにあったということになり、それが現在では海水準まで下がっていることになる。すなわち、竹島層および南池の堆積物はこの地が縄文時代以降沈降していることを示している可能性が考えられる。

5. 推定される沈降の原因

上記の事象から結論を導くにはまだ十分な立証はできていない。天草地域に沈降する地域があるという可能性は否定できないので、沈降の要因について予察的に検討する。天草は主として白亜系と古第三系とにより構成されているが、中新世に入り、日本海の拡大に対応する構造運動の影響が天草地域にも及んだと考えられることから、天草の大きな褶曲構造が形成されたと考えられる。天草の基本地質構造は 3 つの向斜と 2 つの背斜からなっており、天草のこれらの褶曲構造が中新世から一連の動きとして現在も及んでいるとすれば、今回指摘の天草の完新統の状況は説明可能なのではないかと。また、天草の白亜系および古第三系には断層も多数知られている。これらの断層に活断層と認定されるものは認められていないが、有明海や八代海の海底堆積物の音波探査結果によると多数の断層が認められている。活断層という目での検討も必要になるかも知れない。

引用文献：長谷義隆・鵜飼宏明・廣瀬浩司・打越山詩子・岩内明子（2012）天草下島北部低地における縄文時代（7 千年～5 千年前）の自然環境。御所浦白亜紀資料館報，13，1-6。

長谷義隆・廣瀬浩司・鵜飼宏明・坂梨仁彦・前田哲弥・打越山詩子（2012）熊本県天草市御所浦町竹島で発見された縄文時代の堆積物（新称：竹島層）。御所浦白亜紀資料館報，13，7-9。

雲仙普賢岳 1990-1995 年噴火に伴う降下火山灰の 20 年間の層厚・密度変化

筒井 正明 (株式会社 ダイヤコンサルタント)

Masaaki TSUTSUI : Thickness and density changes of the past 20 years of the ash-fall deposit from the 1990-1995 eruption of Unzen Volcano, Western Kyushu, Japan

1. はじめに

噴火堆積物から噴火規模を推定するには、堆積後の圧密や侵食による効果を評価する必要がある。新燃岳の 1959 年噴火において 30 年後(井村・小林, 1991)及び 50 年後(奥野ほか, 2010)の体積変化が報告されているが、同様の報告事例は多くない。本報告では、雲仙普賢岳 1990-1995 年噴火(「平成噴火」と呼ぶ)に伴う降下火山灰の約 20 年前の調査結果(磯ほか, 1996: 1998)と現時点での層厚・密度を比較する。

2. 調査箇所及び方法

平成噴火の降下火山灰は、現在、市街地やその周辺の裸地ではほとんど確認できないが、樹林内の平坦面や植生のある緩斜面のような場所では、地表面から数～10cm 程度の深さに灰色の細粒火山灰層として確認できる。これらの降下火山灰は、磯ほか(1996)が示したように普賢岳東側を中心として層厚を増すため、平成噴火に伴うものだと判断できる。

調査箇所は、普賢岳を中心とした概ね 5km 以内の全方位約 50 箇所で、地上から 20-30cm 程度地面を掘り込み、堆積後のかく乱が無いと判断した部分の降下火山灰の層厚を計測した(2015 年 8 月に実施)。また、このうち 24 箇所においてポリカーボネート製キューブ(各辺 2.2cm, 体積 7cm³)を用いてサンプリングし(2016 年 4 月に実施)、室内で湿潤・乾燥密度を計測した。

3. 調査結果

(1) ほとんどの調査箇所で見層部にリターフォール及び腐葉層(層厚 1-5cm 程度)が確認され、腐植土層は十分に発達していない。このリターフォール及び腐葉層の直下に、灰色の細粒火山灰層が確認される。

(2) 降下火山灰層は、根系が侵入しかく乱されている場合もあるが、いずれも比較的保存が良い。ただし、磯ほか(1996)の調査時に層厚 5cm 程度以下の箇所では、条件が良くても確認できない場合がある。

(3) 磯ほか(1996)の等層厚線の間隔から、今回調査箇所の 1995 年時点の降下火山灰の層厚を推定し、約 20 年間の層厚を比較した。厳密な比較ではないが、層厚は概ね同程度であった。ただし、1995 年時点で 15cm 以上の層厚を有した地点では薄い傾向が認められた。

(4) 計測した乾燥密度は 0.46-1.11g/cm³の範囲にばらつき、相加平均すると 0.83g/cm³となる。

4. 考察

平成噴火の降下火山灰は、速やかにリター等の非噴火堆積物に覆われた箇所では、侵食の影響をあまり受けていないことが推定される。ただし、5cm 以下の層厚しかない箇所では、いずれも層厚が減少し、乾燥密度

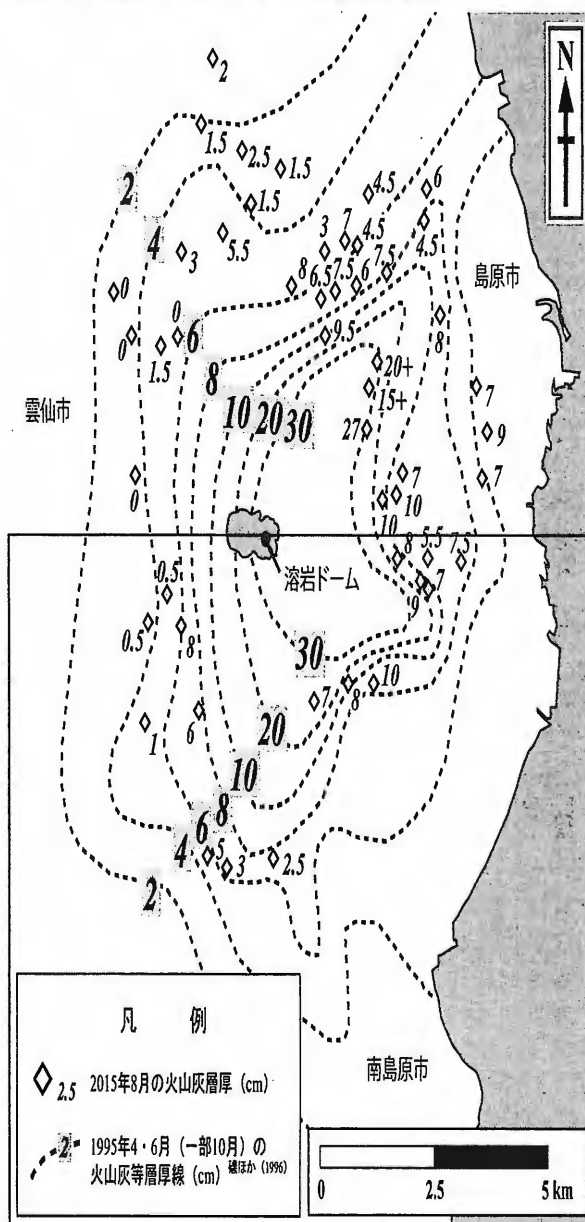


図1 平成噴火の降下火山灰の層厚変化(磯ほか, 1996に加筆)

引用文献: 井村・小林(1991)火山, 36, 135-148. 磯ほか(1996)西南学院大学児童教育学論集, 22, 75-90. 磯ほか(1998)西南学院大学児童教育学論集, 24, 103-166. 奥野ほか(2010)福岡大学研究部論集, C, 理工学編, 2, 43-47.

ブヤン-ブラタンカルデラの後カルデラ火山地形と完新世テフラ層序

奥野 充 (福岡大)・Agung Harijoko・I Wayan Warmada (ガジャ・マダ大)

渡邊公一郎 (九州大)・中村俊夫 (名古屋大)

田口幸洋 (福岡大)・小林哲夫 (鹿児島大)

Mitsuru OKUNO, Agung HARIJOKO, I Wayan WARMADA, Koichiro WATANABE, Toshio NAKAMURA, Sachihiro TAGUCHI, Tetsuo KOBAYASHI: Holocene tephra stratigraphy and volcanic landform of the post-caldera volcanoes in the Buyan-Bratan caldera, North Bali, Indonesia

インドネシア、バリ島北部のブヤン-ブラタンカルデラは、大きき約 6 km × 11 km で、西からタンプリング湖、ブヤン湖、ブラタン湖がカルデラ北部を占める。一方、後カルデラ火山は、レソン、タパク、センガヤン、ポヘン、アデンの各火山が中央から南部に形成された^[1-3]。これらは K-Ar 年代から更新世に形成されたと考えられた^[3]。熱帯域での環境変遷を復元するため、ブヤン湖の水深約 60 m 地点からピストンコア試料が採取され、¹⁴C 年代、XRF 分析、初磁化率測定、花粉分析、珪藻群集解析などがなされている^[4, 5]。本ポスターでは、火山地形、テフラ層序および ¹⁴C 年代^[6-8]にもとづいて同カルデラの後カルデラ火山の完新世噴火史を報告する。後カルデラ火山群は、地形関係から、センガヤン、アデン、ポヘン、レソン、タパクの順で形成されたと考えられる。この形成順序は、各火山体の地形をなす最新ユニットの前後関係である。各山体はそれぞれ複数回の噴火で形成されたため、相互にオーバーラップする部分もあるだろう。この形成順序が、既報の K-Ar 年代^[3]と一致しない理由の 1 つと考えられる。まず、タパク火山は 3 つの火口が南北に配列し、それぞれの山体に細分できる。中央火口から南に流下した溶岩は、ポヘン火山、アデン火山西側を経てその南麓まで達している。その年代は、直下の木炭片の ¹⁴C 年代から約 1.2 kBP とされる^[8]。中央火口からは北西方向にも溶岩が流下してタンプリング湖とブヤン湖に分断した。この溶岩は、南に流下した溶岩とほぼ同時か少し後で、西隣のレソン火山から北斜面に流下した溶岩も覆うので、レソン火山より新しいと考えられる。タパク火山中央は、南火口の一部を覆い、北山体にも溶岩の流下方向を規制されるので、同火山のなかで最も新しく、後カルデラ火山群全体でも最新の火山地形と考えられる。レソン火山にも火口地形があり、山体の北から西側斜面には火砕丘特有のガリーが発達する。レソン南火口からの溶岩は、カルデラ壁の切れ目を越えて西麓に流下している。南方向に分布する溶岩は、南隣のセンガヤン火山に接している。さらに南のアデン火山は、ポヘン火山からの岩屑なだれ堆積物に取り囲まれており、さらに古いと考えられる。この周辺のテフラ層序を構築する上で、バツールカルデラのペネロカンテフラ (Bt-Pen)^[9]とロンボク島サマラス火山の AD 1257 噴火による火山灰層 (Sm-1257)^[10-12]が有効な指標層となる。Bt-Pen

は、約 5.5 kBP のプリンカンイグニブライト^[13]に対応する^[9]。ブヤン-ブラタンカルデラ周辺では、この 2 枚の外来テフラと共に粗粒な降下スコリア層が分布している^[1, 2]。詳しい分布図は描けないが、タパク火山とレソン火山近傍にのみに分布するのでこれらが給源であろう。溶岩の層位でも両火山が完新世に噴火したと考えられる。バリ島では、バツール火山やアグン火山の噴火記録が多数残されているが、ブヤン-ブラタンカルデラでは 1 cal kBP 噴火以降、顕著な噴火が認められなかったことも、同カルデラが活動的でないと考えられた大きな要因であろう。K-Ar 年代測定^[3]もこのような同カルデラの噴火史像を裏付けるものであった。しかし、これらの K-Ar 年代は多くの場合、各火山体基部に対してのもので、最新の噴出物に対するものではなかったと考えられる。今回、明らかになった完新世の活動は、比較的薄い玄武岩質溶岩流を主体とし、それに先行して噴出した降下スコリア層も給源近傍にのみに分布する。これらを火山地形の詳細観察、Bt-Pen と Sm-1257 を鍵層としたスコリア層の層位決定により解明できた。ブヤン湖は、これまでの噴火史像では静かな湖であり、その堆積物から熱帯域の環境変遷が高分解能に復元できることが期待されたが、実際には完新世にブヤン湖近傍で何度も噴火を繰り返し、約 1 cal kBP には溶岩流が湖水に突入する事件まで起っていた。コア試料やトレンチ断面を正當に評価するには、やはりその周囲の地質層序の確立は不可欠である。

参考文献: [1] Yamanaka et al. (2009) Proc Int Symp Earth Sci Tech 2009, 249-52. [2] Watanabe et al. (2010) J SW Asian Appl Geol, 2, 283-90. [3] Ryu et al. (2013) JVGR, 264, 107-16. [4] Li et al. (2013) In: Water Civilization, 407-26. [5] Fukumoto et al. (2015) Quatern Int, 374, 15-33. [6] 奥野・他 (2017) 月刊地球, 号外 68, 印刷中. [7] Okuno et al. (2017) IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, in press. [8] Okuno et al. (2017) Abst 14th Int Conf AMS #183. [9] 小林・他 (2016) 国際火山噴火史情報研究集会演旨, 2015-2, 35-9. [10] Lavigne et al. (2013) PNAS, 110, 16742-7. [11] Fontijn et al. (2015) Bull Vol, 77, [12] 小林・他 (2017) 月刊地球, 号外 68, 印刷中. [13] Sutawidjaja (2009) J Geol Indonesia, 4, 189-202.

モレーン堰き止め型氷河湖の湖盆形状

小森次郎 (帝京平成大)

Jiro KOMORI: Basin topography of moraine-dammed lakes

1. はじめに

ヒマラヤなど山岳氷河の末端では、地球温暖化によって氷河湖の出現と拡大が見られるが、その湖盆の地形的特徴の記録と解釈は十分に行われていない。それでもヒマラヤの氷河湖については、既に1990年代から深淺測量による湖盆データやその経年変化が明らかにされ(Yamada and Sharma, 1993; Fujita *et al.*, 2009 など)、蓄積されてきたデータに基づき「湖の形態分類」-「湖面積」-「水深や湛水量」の関係等が議論されている(Sakai *et al.*, 2012; Cook & Quincey (2015))。しかし、氷河湖決壊洪水への防災対策だけでなく、湖が新たに形成される、という「学問」としての視点でも、氷河湖の形状把握は更に進められる必要がある。本発表では、2009年~2012年にヒマラヤ東部、ブータンで行われた国際共同研究(*)によって得られた氷河湖の湖盆形状のデータについて特に最大水深に注目して報告する。

2. 調査地点および調査方法

調査はブータン北部のヒマラヤ主稜を源流とするポ川、マンデ川、およびチャムカール川の各上流の14の氷河湖(いずれもヒマラヤ主稜の南面の氷河)において実施した。深淺測量はGPS搭載の魚群探知機(HONDEX PS-501CN)を用い、数十m~百数十mの間隔で格子状の測線をゴムボートで移動しながら行った(図1)。魚群探知機の水深データと代表地点での直接計測(手用測鉛)との測定誤差は1%以下である。

3. 結果と考察

・**最大水深の値**: 最も深い値はポ側上流のトルトミ湖での-110.4 mで、この他4つの氷河湖でも-100 m前後の値が求められた。既存研究でもネパールのいくつかの氷河湖で90 m~130 mの値が報告されており(ICIMOD (2011)など)、この付近の最大水深がヒマラヤの氷河湖の特徴と考えられる。なお、このような水深の大きい湖は長さ数kmの大型の谷氷河だけでなく、ヒマラヤ主稜直下の大型の山腹氷河にも見られる(図1)。また、Cook & Quincey (2015)も指摘するように、氷河湖の大きさと水深の関係には明瞭な相関は認められない。

・**最大水深部の位置**: 湖の上流側に明瞭な最大水深が見られるタイプと、深い部分が複雑に分布するタイプ、および全体に平坦な湖底を示すタイプの3つに分けられる。

このうち、上流側が深いタイプは、湖岸の上流側に基盤が露出した急崖が見られ、退氷前には氷

瀑(icefall)が存在したはずである。そして、氷河の流動が氷瀑の直下で伸長流から圧縮流になることで、特に下方向への侵食が顕著であったことから、このような水深の深い部分が形成されたと考えられる。これはいわゆる侵食地形である。

いっぽう、大型の谷氷河で岩屑被覆型を示す氷河の湖は、その最深部の位置が複雑に分布するタイプが多い。これは氷河によって運ばれた岩屑が湖底に厚く堆積していると考えられる。これはいわゆる堆積地形である。今後、音波探査による低質の確認が必要である。

*: JICA-JSTのSATREPS(地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム)の一つとして2009年~2012年に行われた「ブータンヒマラヤにおける氷河湖決壊洪水に関する研究(プロジェクト代表: 西村浩一)」。深淺測量は竹中修平、藤田耕史、プンツォ・ツェリン、カルカシン・ギャレイほか多数のプロジェクトメンバーによって測定・解析されたものである。

引用文献

- Cook & Quincey (2015) *Earth Surface Dynamics*, 3, 559-575.
 Fujita *et al.* (2009) *Environmental Research Letters*, 4, 045205.
 ICIMOD (2011) *Glacial lakes and glacial lake outburst floods in Nepal*, pp.99.
 Sakai (2012) *Global Environmental Research*, 16, 23-30.
 Yamada and Sharma (1993) IAHS publication, 218, 319 - 330.

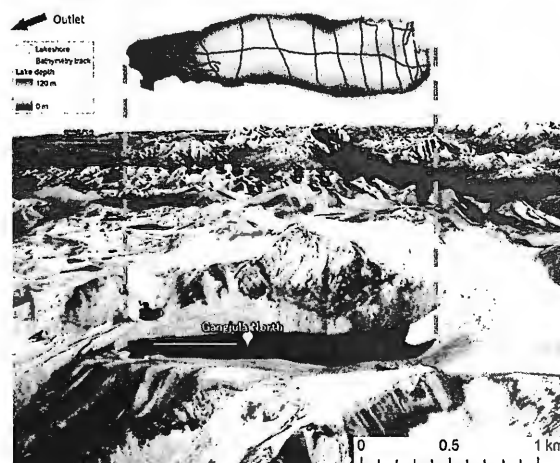


図. 1 ガンジュラ峠北側の氷河湖

湖の全長(上下流方向)は約1.8 kmでブータンヒマラヤの中では大型の氷河湖。上の図は湖盆図。最大水深(図右側)は101.5 m。上流側の湖岸から氷河涵養域の分水嶺までの距離は1.2 kmと短い。湖岸直上に急崖があり、退氷前には氷瀑が存在したはずで、そこでの顕著な氷食が最大水深部を形成したと考えられる。(下の鳥瞰図はGoogle Earthを使用)

西日本に分布する中部更新統中の MIS11 層準の認定

水野清秀 (産総研)・百原 新 (千葉大)・本郷美佐緒 (アルプス調査所)・佐藤善輝 (産総研)
Kiyohide MIZUNO, Arata MOMOHARA, Misao HONGO and Yoshiki SATO: Identification of the MIS11
interglacial horizon in the middle Pleistocene deposits, west Japan

1. はじめに

MIS (Marine Isotope Stage) 11 は、中期更新世以降最大規模の海進期とされている。MIS11 に当たる関東の地蔵堂層や大阪の Ma9 では、コナラ属アカガシ亜属 (*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* 以下単にアカガシ亜属と呼ぶ) 花粉が木本花粉の 20% 以上を占める特徴がみられ、MIS13 ではほとんど産出しないのと対照的である (本郷, 2009, 本郷ほか, 2011)。中国地方や九州に分布する中期更新世の堆積物では、MIS11 層準が明確に示されていない。西日本での古植生が近畿～関東と類似するとは限らないが、アカガシ亜属多産層準を一つの目安とし、その上下層準に挟在するテフラを対比することによって検討を行った。テフラの対比は、主に火山ガラス、斜方輝石の屈折率と火山ガラスの ICP 発光分光分析 (三菱マテリアルテクノまたは住鉱資源開発+Actlabs に依頼) 及び EDX (古澤地質に依頼) による化学組成に基づく。

2. 小林笠森テフラの同定

MIS11 層準認定に当たり、MIS14-13 層準と考えられている小林笠森テフラが重要になる。南九州に分布する小林火砕流は、房総半島の Ks11 火山灰、大阪のサクラ火山灰などに対比され、広域名称は小林笠森テフラと呼ばれている (町田・新井, 2003)。これらは黒雲母を含み、ガラスや斜方輝石の屈折率、ガラスの化学組成などの組み合わせにより同定が可能であり、大阪平野以外では類似した別のテフラは全く見つかっていない。大阪では、Ma7 直下付近の層準にあるとされるサクラ火山灰と、ほぼ 1 サイクル上位にある茱萸木 [ぐみのき] 火山灰 (吉川, 1973) は酷似し、両者は岩石学的特徴では区別できない (長橋ほか, 2015)。しかし、横山 (1991) によると、サクラ火山灰はサクラ-N (大阪層群最下部団体研究グループ, 1992 の地獄谷火山灰) とサクラ-S (Ks11 に対比されたもの) の 2 枚が混同されている。両者はガラスの化学組成と斜方輝石の屈折率で識別できる。水野ほか (2001) は、茨木地区ボーリングコアで、アカガシ亜属花粉が多く産出する Ma9 の下位に Ma8 と考えられる海成層を認定し、その下位にカスリ火山灰、さらに下位にサクラ (-S) 火山灰を同定したが、このサクラ火山灰の層準は茱萸木火山灰とほぼ同じである。また、吉川ほか (1998) が浜ボーリングコアで Ma7 直下にあるサクラ火山灰としたものは、地獄谷火山灰に対比される。つまり、サクラ-S と茱萸木火山灰は同じテフラ (=小林笠森) で層準は Ma8 の下位、Ma7 直下付近とされるサクラは地獄谷火山灰と考えられる。

3. 各地の MIS11 層準の対比

大分平野の大分層群高城互層にはアカガシ亜属花粉の比率が高い層準があり (木本花粉の最大 50% 程度: 野井, 1985)、MIS10-9 境界付近の加久藤テフラを下部に挟む大在層 (町田, 1996) に覆われている。また、高城互層の下位の牧砂礫層下部から小林笠森テフラに対比される厚さ 5cm ほどのガラス質火山灰層を発見した。以上から、高城互層が MIS11 に対比される可能性が高い。類似した関係は、宮崎平野西部に分布する野尻層にも見られる。野尻層は、小林火砕流を覆い、加久藤火砕流に覆われているが、その中にアカガシ亜属花粉が最大 50% を示す層準があり (野井, 1987)、温暖気候を示す植物遺体も産出して (戸部ほか, 2010)、この層準が MIS11 の可能性が高い。

野尻層の温暖気候を示す層準の上位には、境別府 3 と呼ばれる角閃石や石英を含む粗粒火山灰層があり (長岡ほか, 2010)、酷似したテフラには、鹿児島湾北縁の国分層群最上部の吉田貝層を覆う軽石層 (内村ほか, 2014)、広島県黒瀬盆地に分布する西条層中の保田火山灰 (東元ほか, 1985) がある。鹿児島では、吉田貝層の下位で小田火砕流 (大塚・西井上, 1980) より上位には、アカガシ亜属花粉が 20-10% を占める層準があり、殻斗化石も産出している。この層準から吉田貝層までが MIS11 と推定した。西条層では、保田火山灰より下位の国近火山灰 (東元ほか, 1985) とされたものは、2 枚のテフラが混同されており、1 枚は EDX 分析から小林笠森テフラに対比され、もう 1 枚は小田火砕流に類似している。保田火山灰の直下にはタイワンブナ近似種などを産出する温暖な層準があり、この層準が MIS11 に相当すると推定した。ただ、これらの地域では MIS13 層準がどこにあたるのかが不明確であり、さらに検討を要する。

引用文献: 東元ほか (1985) 吳地域の地質、地調。本郷 (2009) 地質雑、115, 64-79。本郷ほか (2011) 地調研報、62, 281-318。町田 (1996) 第四紀露頭集、第四紀学会、75。町田・新井 (2003) 新編火山灰アトラス、東京大学出版会。水野ほか (2001) 地質学会 108 年大会講演要旨、193。長橋ほか (2015) 地球科学、69, 205-222。長岡ほか (2010) 地質雑、119, 121-152。野井 (1985) 九大理研報 (地質学)、14 (3), 129-142。野井 (1987) 地質雑、93, 897-907。大阪層群最下部団体研究グループ (1992) 地球科学、46, 209-220。大塚・西井上 (1980) 鹿大理紀要 (地学・生物)、3, 67-92。戸部ほか (2010) 宮崎県博物館研報、30, 67-72。内村ほか (2014) 地質雑、120, 補遺、127-153。横山 (1991) 月刊地球、13, 235-239。吉川 (1973) 地質雑、79, 33-45。吉川ほか (1998) 地質雑、104, 462-476。

相模平野南西部における第四系地下地質とその年代

佐藤善輝・水野清秀（産総研）・久保純子（早稲田大）・細矢卓志・森田祥子・加賀 匠（中央開発）
Yoshiki SATO, Kiyohide MIZUNO, Sumiko KUBO, Takashi HOSOYA, Sachiko MORITA, Takumi KAGA:
Quaternary subsurface geology and ages in southwestern part of Sagami plain, Japan

1. はじめに

相模平野は相模湾北岸に位置する海岸平野で、相模原面などの複数の河成段丘面が発達することで特徴づけられる。その多くは MIS (Marine Isotope Stage) 5e 以降の海水準変動に対応して形成され、現在の海岸線から約 15 km 内陸の厚木市付近で沖積面に埋没する（久保, 1997）。埋没段丘面の分布は貝塚・森山（1969）、久保（1997）、平塚市博物館（2007）により概略が示され、なかでも久保（1997）はローム層の層厚を手がかりとして段丘面を対比し、海水準変動と地形発達過程を示した。しかしながら、既存研究では地下地質の堆積年代を直接的に示す年代資料があまり得られておらず、埋没段丘面の認定や段丘面对比に問題が残されている。

昨年度に相模平野南西部で掘削したボーリングコアの解析から、上記の問題点の解決に繋がる当該地域の地下地質とその年代に関する新たな知見が得られたので報告する。

2. 方法

相模平野南西部の 2 地点（GS-SGM-1, 2）でボーリング掘削を行い、それぞれ 50.0 m, 90.2 m のオールコア試料を採取した。採取したコア試料について、岩相記載を行ったほか、貝化石、スコリアを含む火山灰、植物片などを適宜採取した。貝化石の同定は中島 礼博士に依頼した。両コアから計 15 点の ^{14}C 年代値を測定し、IntCal13.14c または Marine13.14c を用いて暦年較正した。

3. 結果

・GS-SGM-1 コア（平塚市長持）

標高-3.92 m 以浅は未固結で、下位から順にシルト質細粒砂（標高-3.92~-0.38 m）、中粒砂〜砂礫（標高 0.38~-3.07 m）、シルト〜細粒砂および盛土（標高 3.07~-9.74 m）からなる。最下部のシルト質細粒砂層からは海棲貝化石が多産し、標高-1.73 m のゲンロクソデガイ *Jupiteria (Saccella) confusa* は 6,615-6,785 cal BP の年代測定値を示した。

標高-3.92 m 以深は半固結または固結し、上部の凝灰質シルト（標高-13.71~-3.92 m）と細粒〜中粒砂（標高-40.26~-13.71 m）から成る。ところどころに軽石やスコリアの濃集層が挟在し、標高-11.45~-11.44 m と標高-30.81~-30.61 m の層準は普通角閃石を特徴的に含む。貝化石は認められないが、標高-28.6~-24.9 m で海水生珪藻の *Paralia sulcata* がわずかながら産出する。

・GS-SGM-2 コア（平塚市追分）

このコアは大局的にみて、上位から順に細粒〜中粒砂から成る砂層（標高-28.34~-8.74 m）、泥層（標高-64.16~-28.34 m）、砂礫層（標高-79.56~-64.16 m）、砂質シルト層（標高-81.46~-79.56 m）から成る。標高-4.26 m 以深の砂層下部では細粒砂が卓越し、全体に海棲の貝化石を多産する。標高-7.29 m のイボウミニナ *Batillaria zonalis* から 3,465-3,625 cal BP、標高-19.15~-19.11 m のコロモガイ *Cancellaria spengleriana* から 5,645-5,840 cal BP の年代測定値を得た。泥層は上方粗粒化し、砂層との境界付近では砂礫混じりとなる。また、泥層は貝化石を含まず腐植質で、同層上部の標高-35.48 m の植物片から 10,430-10,655 cal BP、同層下部の標高-62.12 m の植物片から 13,270-13,435 cal BP の年代測定値を得た。礫層は玉石混じりの砂礫から成る。同層中の標高-68.61~-68.59 m の木片から 13,755-14,000 cal BP の年代測定値を得た。

4. 考察

GS-SGM-1 コアの凝灰質シルト層は、層相からローム層であると考えられる。標高-11.45~-11.44 m と標高-30.81~-30.61 m の軽石濃集層は普通角閃石を多く含むが、このようなテフラは TCu-4, TB-2, TB-3, TB-5, TB-9, TAl-1, TAm-6, TAU-4（町田ほか, 1974）などに見られ、早田ローム〜土屋ロームあるいは早田層〜土屋層（上杉, 1976; 関東第四紀研究会, 1987）の層準に特徴的である。他方、上位の吉沢層や吉沢ローム層には普通角閃石を含む軽石層はほとんど含まれない。従って、GS-SGM-1 コア周辺では MIS5e の堆積物が欠如しており、MIS6~7 の堆積物を沖積層が直接覆っていると考えられる。

他方、GS-SGM-2 コアの標高-28 m 付近より下位にみられる泥層はローム層ではなく、年代測定値から 10,000~13,000 cal BP 頃の海進期の堆積物と推定される。この泥層は、完新世の内湾あるいは海浜堆積物の砂層によって覆われる。泥層および砂層の堆積年代を考慮すると、沖積層基底は泥層よりも下位の礫層基底に位置すると考えられ、その高度は標高約-79.6 m 付近と推定される。

引用文献：貝塚・森山（1969）地理学評論, 42, 85-105. 久保（1997）第四紀研究, 36, 147-163. 平塚市博物館（2007）「平塚市周辺の地盤と活断層」49p. 町田ほか（1974）地学雑誌, 83, 302-338. 上杉（1976）関東の四紀, 3, 28-38. 関東第四紀研究会（1987）関東の四紀, 13, 3-46.

琵琶湖南湖の草津川河口沖湖底堆積物の堆積相と堆積速度

里口保文 (琵琶湖博)・芳賀裕樹 (琵琶湖博)

Yasufumi SATOGUCHI and Hiroki HAGA: Depositional facies and velocity under Lake Biwa at offshore of the Kusatsu River mouth

1. はじめに

琵琶湖における堆積物の研究は、安定した水域である沖合の泥質堆積物を対象にされることが多い(竹村・横山, 1989 など)。それは、琵琶湖を対象にした研究の多くが、長期間における地層に残る微細な変化として捉えたもの、たとえばグローバルな気候変動など、をみいだそうとしているためである。逆に湖岸地域の堆積環境は、その地域における洪水や水位変動などの影響を強く受け、ローカルな変動の記録を残している可能性が高い。

湖岸地域の堆積物は、現在の人間活動も含めて攪乱要因が多いことが推定されるが、やや沖合のプロデルタ域については、比較的攪乱は少なく、規模の大きい洪水は、プロデルタ域まで粗粒堆積物を供給する可能性が高い(斎藤ほか, 2005 など)。

そこで本研究では、攪乱要因の少ない琵琶湖湖岸沖合地域における洪水履歴解明のための基礎的研究として、沖合地域での堆積作用および堆積速度についての検討を行う。

2. 地点および方法

対象地域は、波浪の影響が少ない南湖の中部東岸、旧草津川河口沖である。草津川は南湖へ注ぐ河川としては最大規模の流域面積をもつが、流路の付け替えが行われ、現在の河口は南方にある。

採取地点は、調査船の魚群探知機により湖底地形の観察により、デルタフロント地形の位置確認により沖合の3地点を選んだ。それらは、旧草津川河口から約460m沖(地点1, 水深約3m)、約590m沖(地点2, 水深約3m強)、約740m(地点3, 水深約3m強)の3地点で、いずれも湖底地形から旧草津川のプロデルタ領域にあると考えられ、デルタ地形形成に関わる粗粒堆積物の供給が行われている地域の沖合側に位置するといえる。

試料の採取は、船上から水中で使用できるハンドボーリング(ピストンサンプラー; 径35mm, 最大長75cm)および簡易コアサンプラー(径40mm, 最大長25cm)によって、表層部から数10cm~1m弱の深度の堆積物を採取した。

3. 記載

ボーリングコアによる堆積物の層相記載からは、地点1に砂質堆積物が多く、沖合の地点2および3は全体的には泥質堆積物からなる。すべての地点に共通して、全体的に生物擾乱跡が見られ、植

物片を含んでいる。地点1の上部は砂質堆積物が主体であるが、より粗粒な砂の薄層を挟在し、これらは洪水による堆積物と考えられる。地点2は、上部に砂層を挟む他は全体的に泥質な堆積物からなる。地点3はいくつかの砂層を挟在する。

4. 堆積年代

各地点における堆積速度および、砂層の年代を検討するために、地点1で3層準、地点2・3で下部の1層準において放射性炭素年代測定(AMS法)を行った。測定は、株式会社パレオ・ラボに依頼した。その結果、沖合ほど見かけの堆積速度が遅く、地点1は地点3より約4倍速い。地点2はその中間となった。地点1の2層準における年代測定結果から、その堆積速度は若干の違いはあるものの、ほぼリニアの関係にあることがわかる。このような堆積速度の大きな違いは、地点1がプロデルタ領域ではなく、デルタフロント領域にあることを示している可能性がある。しかしながら、湖底地形と水深による堆積作用からは、3地点の堆積速度の違いを説明することは難しい。

5. 堆積作用と地点間対比の検討

3地点で観察される地層の層相と放射性炭素年代からの推定では、地点間で対比可能な層は見られない。これら地点は、旧草津川河口から直線上ではないが、ほぼ同方向にあることから、規模の大きな洪水による砂の堆積が最沖の地点3で認められるのであれば、地点2や1にも堆積したと推定される。しかしながら、本研究では各地点で対比可能な砂層を見いだすことができなかった。これは堆積後の再移動があった可能性が高い。また、3地点の堆積速度を考慮すると、これらの地点での水深が1m程度の差が必要だと考えられるが、湖底地形ではその水深差はない。

以上のように、波浪の影響が少ない琵琶湖南湖の湖岸から沖合の堆積過程については不明な点が多く、湖岸地域の堆積過程を検討する上でも、より詳細な検討が必要である。

引用文献: 斎藤有ほか(2005)地学雑誌, 114, 687-704.; 竹村恵二・横山卓雄(1991)陸水学雑誌, 50, 247-254.

青森県上北平野周辺海成段丘堆積物のルミネッセンス年代測定と隆起速度評価

伊藤一充・田村亨（産総研）

Kazumi ITO, Toru Tamura: Luminescence dating of marine terrace deposits in Kamikita Coastal Plain and estimation of uplift rate

1. はじめに

海成段丘は過去の高海面期に堆積した海成堆積物が地盤の隆起により陸化し、その後の時代にレスやテフラで覆われることで形成される。その海成段丘を使って隆起量を求める際、古くはレスを含めた段丘面の標高により見積もられていたが、近年では堆積相解析により海成段丘中の浅海性堆積物から過去の海面の指標となる前浜・後浜堆積物を認定し、その標高から見積もられるようになってきた。一方、その海成段丘が形成された年代は、陸成層中に含まれるテフラに基づき推定されることが多く、厳密に海成層中に含まれるテフラなどに基づき決定することは、その存在量の少なさゆえに困難であることが多い。そこで本研究では、堆積年代を決定できる手法として 2000 年代以降に発展してきた光励起ルミネッセンス (OSL) 法のうち、10 万年前以前の堆積物にも利用できるとして近年適用例の増えてきた長石の post-infrared infrared stimulated luminescence (pIRIR) 法を青森県上北平野周辺に広く分布する海成段丘堆積物に適用し、その形成時期を先行研究の段丘編年と比較した。その後 pIRIR 年代に基づく段丘編年と堆積相解析により求めた隆起量から隆起速度を見積もった。

2. 研究対象地域と手法

青森県東部に位置し、南北約 50km 東西 30km に広がる上北平野周辺地域は、日本で最も海成段丘が広く分布している地域の一つである。低位から柴山面 (+10m 以下)、根城面 (+10-15m)、高館面 (+30-40m)、天狗岱面 (+45-80m)、七百面 (+90-110m)、高位面 (+110-220m) の 6 段の海成段丘が認められている (宮内, 1985; 小池・町田, 2001)。各段丘の年代は、層序関係や洞爺火山灰、または植物化石群集の変動などにより、低位から MIS5a, 5c, 5e, 7, 9, 11 相当であると考えられている (宮内, 1985; 小池・町田, 2001; 桑原, 2009 など)。本研究では、高館面で 2 露頭 (根井沼 1, 2)、天狗岱面で 2 露頭 (保土沢, 金矢)、七百面で 2 露頭 (七百, 上吉田)、高位面で 1 露頭 (大撫沢) 調査し、年代測定用試料を 15cm の塩ビ管で採取した。塩ビ管内部の未露光の試料からは 180-250 μ m のカリ長石を抽出し、pIRIR 法による蓄積線量測定を行った。露光試料は ICP-MS 分析により各種元素濃度を求め、変換係数により年間線量を計算した。その後年代を算出し、各露頭における海成層のトップの標高と相対的海水準変動から隆起量を見積り、最終的に隆起速度を求めた。

3. 結果と考察

pIRIR 法により得られた蓄積線量の安定性を評価するテストを行った。試料の安定性 (g-value) は pIRIR_{200/290} 法で -1.34 ± 0.57 (%/decade) ~ -1.59 ± 0.43 (%/decade) であり、ほぼ安定である試料がある一方、多少不安定である試料もあった。そこで本研究では、高館面から得た試料に関しては根城面と区別できるかを厳密に判断するため、年代補正を試みた (Kars et al., 2008)。また、試料の堆積前の残存線量としては、現世の試料を人工太陽により 800 時間露光した残存線量 (3.9 ± 0.2 Gy) を全ての試料に適用した。

海成段丘における海面指標には前浜・後浜堆積物の標高を利用する一方、前浜・後浜堆積物を含む浅海性堆積物の年代はどの露頭でも数点測定し、それぞれ誤差範囲で一致した。よって、年代としてはそれら浅海性堆積物の年代の平均値を使った。各露頭における浅海性堆積物の年代は、高館面では根井沼 1, 2 でそれぞれ MIS5e の年代と、天狗岱面では保土沢で MIS7 の年代と誤差範囲内で一致した。しかし、七百面では七百と上吉田で共に 15% 程度過小評価され、高位面では逆に 20% 程度過大評価された。得られた年代が各高海面期の最盛期の年代に対して過小・過大評価されることに関しては今後の課題ではあるが、金矢を除き、同じ段丘面の異なる露頭同士の年代は誤差範囲内で一致した。よって、pIRIR 年代による段丘区分は可能であることが示唆された。

前浜・後浜堆積物の標高より得られた隆起量と段丘の年代から得られた隆起速度は、異なる時代間でもおおむね同程度で、平均 0.17m/ky であった。

4. 謝辞

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 28 年度原子力発電施設等安全技術対策委託費 (自然事象等の長期予測に関する予察的調査) 事業」として実施した。

引用文献: Kars et al. (2008) *Radiation Measurements*, 43, 786-790. 小池・町田 (編) (2001) 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 122 p. 桑原 (2009) 第四紀研究, 48, 405-416. 宮内 (1985) 地理学評論, 58, 492-515.

食害痕の多い円盤試料の年輪解析 —立山美女平のオンバスギ落枝—

加藤輝隆, 石黒裳友里 (横浜薬大)・松浦崇遠 (富山県森林研)

Terutaka KATO, Sayuri Ishiguro, Takatoh MATSUURA: Tree ring analysis of a disk with significant feeding damage — The fallen branch of “Ombasugi” (Granny cedar) standing at Bijodaira, Mt. Tateyama —

1. はじめに

中部山岳国立公園立山地区の弥陀ヶ原溶岩台地の西端に位置する美女平～上ノ小平にはタテヤマスギの巨木が多数存在する[富山森林管理署(2004)]。このうち、一般公募で「オンバスギ」と命名された樹高 22 m, 胸高直径 220 cm の個体の地上約 10 m の枝が 2014 年の残雪期に雪上で確認された。この落枝から採取した円盤試料には、多数の食害痕が認められたことから、年輪年代の決定に際して注意すべき点について考察した[立山植生研究会(2017)]。

2. 試料の採取と年輪幅の測定, 年代決定

2016 年 8 月に採取した円盤試料を自然乾燥した後、両面をカンナがけし、実体顕微鏡下で細胞を認識できるまでサンドペーパーで磨き上げた。

円盤の両面の画像をスキャナで取り込み、年輪画像解析ソフト WinDENDRO 2002 で合計 72 方向の年輪幅を測定した。年輪年代の決定には年輪年代決定支援ソフト COFECHA を用い、中部山岳国立公園立山地区のほか富山県内の近隣の山系から得られたスギの年輪幅にもとづいて解析した。

3. 円盤試料の概要および樹皮直下の食害痕

研磨後の円盤(厚さ 91 mm)の枝先側で 359 層、幹側で 362 層の年輪が確認された。樹皮直下には最大幅約 3 cm の不定形の食害痕が認められた。この食害痕の付近には木材組織の巻き込みによる修復が見られないので、枝が落ちた後に何らかの昆虫の幼虫による食害を受けたと考えられる。

4. 木口面の食害痕

木口面には両面とも多数の食害痕が見られた。図.1 の食害痕①(15 mm×7 mm)の中には糞と木屑の混合物(フラス)が詰まっている。周囲の木材組織の巻き込みから、1924 年に形成層を含む材が食害されたことがわかる。食害痕②には生活反応が認められないことから、食害痕①または他の食害部位から内部に侵入した跡と推定される。フラスが見られないので蛹室の可能性もある。

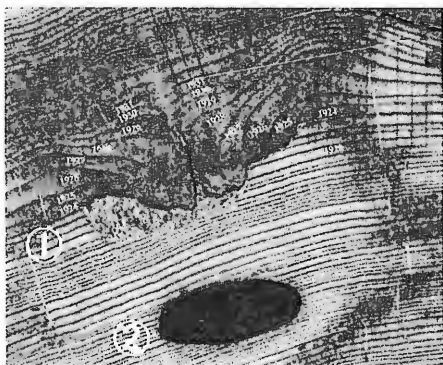


図.1 巻き込みのある食害痕と巻き込みのない食害孔

図.2 の画像の中には 4 種類の傷害部位がみられる。樹皮に最も近い“A”は直径約 1 mm の小さな食害痕が 4 つ確認できるが、いずれも形成層は被害を受けていない。“B”(16 mm×3 mm)は木材組織の巻き込みがみられることから、形成層を含む辺材が食害されたものと考えられる。“C”は広範囲の傷害で、画面の両端を超えて 80 mm の範囲に及ぶ。1926 年に形成層が傷害された後、完全に癒合するまでに 38 年を要している。“D”は直径 3 mm の孔。3 か所ともフラスは詰まっていない。

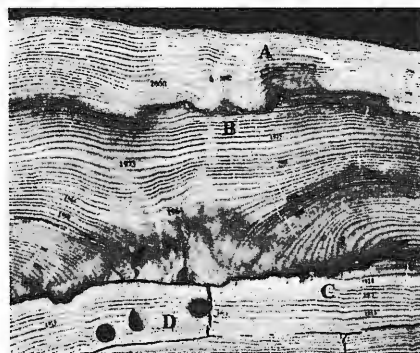


図.2 複数種の昆虫による食害痕

図.3 の食害孔(18 mm×7 mm)では傷害部位をカバーするように右上から新しい木材組織が巻き込んでいる。この食害孔は 1931 年に樹皮直下が食害された際のものと推定された。この食害孔の中には通常と逆方向に形成された年輪が見られる。食害孔の中の微小な凹凸が左右の年輪に一致する縞模様となっていることから、この画像は食害孔の末端付近であることがわかる。したがって、巻き込み部位に接する異常な年輪は、この面の奥の形成層に由来する木材組織と考えられる。

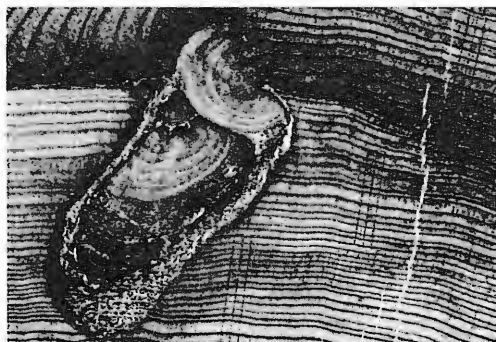


図.3 食害孔の中に形成された異常な木材組織

引用文献: 富山森林管理署(2004) タテヤマスギ巨木調査報告書(第 1 期調査). 立山植生研究会(2017) 平成 28 年度立山植生モニタリング調査成果報告書. 松浦崇遠(2013)スギカミキリ, 病気・害虫・鳥獣による森林被害—特徴と対策(Web 版)—

隠岐諸島におけるテフラ認定と放射性炭素海洋リザーバー効果

中西利典 (京都大)・堀川義之 (元福岡大)・奥野 充 (福岡大)・

ホン ワン (KIGAM)・パク ギュジュン (KIGAM)・佐藤鋭一 (神戸大)

Toshimichi NAKANISHI, Yoshiyuki HORIKAWA, Mitsuru OKUNO, Wan HONG, Gyujuun PARK, Eiichi SATO

1. はじめに

隠岐諸島には約一万年以前以降から約 260 km 北西の鬱陵島から U-0ki テフラをはじめとする火山噴出物 (U-1~4) が降下していると考えられるが, それらの報告例がこれまでない (町田ほか, 1984; 町田・新井, 2003; 椎原ほか, 2013)。一方, 同諸島には大規模な河川がなく, それらを有する日本列島から 60 km 程度離れているので, 過去の放射性炭素 (^{14}C) の海洋リザーバー効果を見積もる上で好条件であると考えられる (Nakanishi et al., 2015)。上記の二つの課題を検討するために島前の沿岸低地で掘削されたボーリングコア試料を検討した。

2. 調査地点と研究手法

島根県隠岐郡海士町大字福井で採取された 13 m 長の OGP7 コアを観察・分析した。この掘削地点は島前の内湾に面した小規模な沿岸低地の標高+2.63 m に位置している。同コアの岩相, 岩相境界の特徴, 堆積構造, 粒度, 構成粒子の支持様式, 含有物, 色調を検討した。また, 植物片 11 試料と貝殻 6 試料の放射性炭素 (^{14}C) 年代値を韓国地質資源研究院 (KIGAM) において測定して, 堆積物の形成年代および海洋リザーバー効果を検討した。また, 深度 3.90~4.00 m の灰白色のテフラ層に含まれる鉱物組成を検討した。

3. 結果

OGP7 コアを観察した結果, 地表面~深度 0.50 m の黄褐色の表土, 深度 0.50~2.45 m の黄褐~淡灰褐色の泥層, 深度 2.45~2.85 m の暗灰~淡灰褐色の礫まじり泥質砂層, 深度 2.85~3.90 m の暗灰~淡灰褐色の礫まじり砂質泥層, 深度 3.90~4.00 m の灰白色の火山灰層, 深度 4.00~6.00 m の暗灰色の礫まじり泥質砂層, 深度 6.00~7.90 m の暗灰~淡褐色の礫まじり泥質砂層, 深度 7.90~10.55 m の淡褐色の礫まじり砂質泥層, 深度 10.55~13.00 m の褐~暗紫灰~暗茶灰~暗灰~暗褐色の風化玄武岩からなる。

深度 2.45~9.93 m の植物片から得た ^{14}C 年代値は 500~7930 cal BP を示した。一方, 深度 3.84~9.73 m の貝殻の ^{14}C 年代値は 2190~7300 BP を示した。

深度 3.90~4.00 m の灰白色の火山灰層は角閃石, 黒雲母, 輝石類, 長石類で構成され, ほかに火山ガラス, 溶岩片, 風化岩片, 僅かに貝殻片が確認された。

4. 考察

OGP7 コアの深度 3.90~4.00 m のテフラ層には角閃石, 黒雲母, 輝石類, 長石類, 火山ガラスが含まれる。こうした特徴は大陸起源のテフラの特徴 (町田ほか, 1984; 町田・新井, 2003 など) と一致する。一方, このテフラ層は, 上下の層準の植物片から得た ^{14}C 年代値に基づく 1.8~2.2 cal kBP に形成されたと考えられる。この年代に噴出したテフラとして町田ほか (1984) がテフラ層上位のクロボク層の厚さと成熟度を根拠に推定した 2~3 千年前以降に噴出した U-1 が挙げられ, 同論文で記載されているテフラの岩石学的特徴も今回みられたものと一致する。U-1 テフラは鬱陵島周辺地域における噴火災害の評価する上で非常に重要であるにもかかわらず, 日本海の海底で掘削されたボーリングコア試料においてこれまでほとんど記載がなされていない (椎原ほか, 2013)。そのため, 今回確認されたテフラ層の岩石学的特徴や化学組成などを詳細に検討することによって, 同テフラを将来検出する際の基礎情報としたい。

一方, 同コアには植物片と貝殻片が 6 個所で同一層準から産出する。これら内で再堆積の影響がみられない 5 層準の ^{14}C 年代値の差異は 420 ± 250 年となる。この値は韓国沿岸の 380 ± 190 年 ($n=48$, Nakanishi et al., 2015) および博多湾の 310 ± 150 年 ($n=35$, Nakanishi et al., 2017) と整合する。

謝辞: 隠岐ジオパークツアーデスクの八幡浩二代表理事, コスモ建設コンサルタントの村山 久常務取締役, 県土整備局の飯塚拓英係長, 隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会の野邊一寛事務局長および岡田美耶研究員には調査に関して便宜を図って頂いた。本研究の一部に平成 28 年度「隠岐ユネスコ世界ジオパーク学術研究奨励事業補助金」を使用した。記して御礼を申し上げます。

引用文献: 町田ほか (1984) 地雑, 93, 1-14. 町田・新井 (2003) 新編 火山灰アトラス, 336p. 椎原ほか (2013) 第四紀研究, 52, 225-236. Nakanishi et al. (2015) Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B, 361, 670-679. Nakanishi et al. (2017) Radiocarbon, 59, 423-434.

火口周辺に生育する植物試料の ^{14}C 年代に対する火山噴気の影響

中村俊夫・南 雅代 (名古屋大)・奥野 充 (福岡大学)

Toshio NAKAMURA, Masayo MINAMI and Mitsuru OKUNO: Effect of volcanic gas to ^{14}C ages of plant materials growing at a crater rim

1. はじめに

加速器質量分析 (accelerator mass spectrometry: AMS) は、放射性炭素 (^{14}C) 年代測定の分野に大革命を起こした。わずかに数ミリグラムの炭素を用いて、短時間のうちに、高精度で幅広い年代範囲の測定を可能にした。今日では、貴重な地質学、地理学、考古学などの分野の多種多様な試料に適用され、地球環境変動に係わるさまざまなイベントの成立年代の高精度な推定に盛んに利用されている。しかし一方で、 ^{14}C 年代測定の成果がやみくもに否定されること、また逆に期待ばかりが大きく、測定法の限界や問題点が理解されずに測定された年代値が拡大解釈されることも多い。 ^{14}C 年代測定の適用に注意すべき試料の一つとして、火山関連試料が挙げられる。今回、火山噴気が ^{14}C 年代測定に及ぼす影響について検討できる植物試料を入手した。その試料の ^{14}C 年代測定結果を紹介する。

2. 台湾の火口周辺で収集した植物試料の ^{14}C 濃度

2015年10月に、北部台湾に位置する陽明山国家公園を訪問する機会を得た。同公園内には活火山があり、観光名所の一つになっている。その火山噴気孔からは火山ガスが多量に噴出し、周辺に生育していたススキ様の植物が噴気の影響を受けているように見えた。同公園の見学者向けの注意書きでは、噴気が多いときには、入山を制限する旨が記されていた。訪問した際には、火口の最外縁に立ち入ることができ、その際に、ごく小規模な噴気孔から噴気が出ていたが、その近くに生育していた植物を1点採取した。

また、北部台湾で、太平洋に突き出た半島に位置する野柳地質公園を訪れた際に、太平洋から吹き付けるクリーンな大気の中で生育した樹木2本からそれぞれの葉片を、 ^{14}C 濃度の比較のために採取した。

3. ^{14}C 測定結果

ルーティンの試料洗浄のあと、試料調製によりグラファイトを合成して、試料の ^{14}C 濃度を名大 AMS 装置を用いて測定した。それぞれの試料の ^{14}C 濃度を $F^{14}\text{C}$ 値 (注を参照のこと) を用いて示すと、台湾のクリーンな大気中で生育した試料で、 1.0840 ± 0.0026 (NUTA2-23880)、 1.0574 ± 0.0025 (NUTA2-23881) と、また、噴気孔の近くで生育した試料で、 0.9689 ± 0.0024 (NUTA2-23882) と得られた。クリーンな試料の ^{14}C 濃度に比べて、噴気孔

の近くの試料の ^{14}C 濃度が約 10% 近く低いことが判明した。著者らは、名古屋大学に生育する松の葉片の ^{14}C 濃度を継続して測定しているが、名大松葉の平均的な $F^{14}\text{C}$ 値は、0.998 であり、台湾のクリーンな試料に比べると ^{14}C 濃度は、約 7% 程度低く、名古屋市の大気には、明確に Suess 効果が効いていることが読み取れる。

4. まとめ

噴気孔の末端部分に生えた植物でも、火山噴気による試料の ^{14}C 濃度の低下効果を確認することができた。クリーンな試料の ^{14}C 濃度に比べて、10% 程度低いことから、今回分析した植物試料が光合成を行う際の、火山噴気起源の ^{14}C をほとんど含まないはずの二酸化炭素からの寄与は 10% 程度となる。この ^{14}C 濃度の希釈度は、 ^{14}C 年代値に換算すると、本来の年代よりも約 800 年古い年代が得られることを意味する。火山関連の正確な ^{14}C 年代を得るためには、無視できないレベルといえる。

(注) $F^{14}\text{C}$ 値は、 $F^{14}\text{C} = (1.0/0.7459) \times [(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{spl}} / (^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{HoxII}}]$ を用いて算出され、試料 (spl) と標準体 (HoxII) について AMS を用いて測定された $\delta^{13}\text{C}$ 値を用いて同位体分別の補正が施されている。一方、両者の ^{14}C 濃度の減衰補正は行われていない。(Reimer and Brown, 2004, Radiocarbon, 46, p299-)。

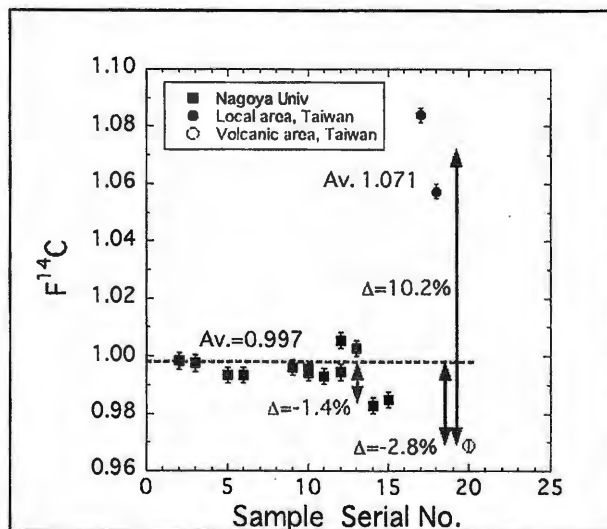


図1 台湾北部の陽明山火山、野柳地質公園、および名古屋大学内で採取された植物試料の ^{14}C 濃度の比較

阿蘇カルデラにおけるテフラ被覆斜面堆積物の重力変形構造と動的観測計画

佐藤 剛 (帝京平成大)・木村 諤 (防災科研)・納谷 宏, 林田 昇 (明治コンサルタント)

後藤 聡 (山梨大)・小森次郎 (帝京平成大)

Go SATO, Takashi KIMURA, Hiroshi NAYA, Noboru HAYASHIDA, Satoshi GOTO and Jiro KOMORI:
Structure of gravitational deformation and dynamical observation plan of tephra-covered slope deposits in the Aso caldera, Japan

1. はじめに

局地的な豪雨にともなう火山体周辺での崩壊が深刻な災害を引き起こしている。阿蘇カルデラでは、1990年7月の九州北部豪雨や2012年7月の九州北部豪雨を誘因として表層崩壊が発生し、それに引き続く土石流によって多数の人的・物的被害が生じている(石川ほか, 1991; 宮縁, 2012など)。これらの表層崩壊には、降下テフラとそれに挟在するクロボク土が互層する斜面堆積物が関与しており、共通するのは、それらの層理面付近を境に表層崩壊が発生していることである。発表者らは現地での調査を進めるなかで、降下テフラとクロボク土からなる互層が複雑に重力変形している露頭を発見した(佐藤ほか, 印刷中)。本発表では、露頭記載に基づくテフラおよびクロボク土の重力変形を説明するとともに、高精度歪計等を用いた観測計画について紹介する。

2. 調査露頭とその解釈

調査露頭は阿蘇火山の中央火口丘の北側斜面に位置する。ここで観察される堆積層は、未固結のテフラとクロボク土からなり、上位からA~Hの計8層に分けられる。A~C層は主に中岳の灰噴火による火山灰、D層はクロボク土、E層は中岳の降下スコリア(N2S)、F層およびG層は腐植に富むクロボク土、最下位のH層は往生岳スコリア(OjS)からなる(図.1)。N2SとOjSの降下年代は、それぞれ1.5kaと3.6kaとされる(Miyabuchi, 2009)。土層の構造をみると露頭西側のクラックとII/dからV/fに至るせん断面の存在から、クラックより谷側の幅1mほどの土塊は斜面下方に変動したことが分かる。また、V/fとVI/fにおけるF層とG層の境界には火炎状の構造と、その構造の西端にG層がF層に押し込まれている構造とが認められた。これは、荷重痕(load mark)と判断される。これらの構造から考えるに、相対的に透水性の低いH層の上位のF層が多量の降雨により飽和状態になったか、もしくは地震動により過剰間隙水圧が上昇することで流動的に変形したことが推察される。また、F層の流動にともない、F層がその下位のG層にのめり込み、G層にかかる荷重が変化することで荷重痕が形成されたと解釈できる。この変形により露頭の山側は引張場となり開口クラックが生じるとともに、III/dではH層にせん断面が形成された。また、III/cからIII/dにかけて、せん断面を境に西側が低下するセンスの変位が生じた。一

方、露頭の谷側では圧縮場となり、IV/d付近の逆断層やV/eからV/fにおけるF層ののめり込みが生じた。火山灰被覆斜面の表層崩壊が、単純に降下テフラ層とそれを覆うクロボク土層の境界を崩壊面として発生するわけではなく、降下テフラ層に挟在するクロボク土層の流動をきっかけとして崩壊する事例があることを示している。

3. 観測計画

今後、本露頭が位置する斜面では、豪雨や地震を誘因とし、クロボク土層の流動が再び発生することで、表層崩壊のプロセスへと転化していくことが想定される。高精度の孔内傾斜計と間隙水圧計を設置する等によって、本露頭で見られる堆積物を継続的に観測し、クロボク土層の流動変形がどの程度の時間オーダーで進むのか検討するとともに、表層崩壊に至る機構を降雨浸透特性から議論することも必要である。発表者らは、Micro Electro Mechanical System (MEMS) 加速度センサを搭載した孔内傾斜計(MEMS 孔内傾斜計)を用いて、火山灰被覆斜面の動きを観測することを現在試験的に進めている。本年度は、ここで取り上げた露頭の背後斜面において、MEMS 孔内傾斜計と間隙水圧計を設置し、上記の課題に取り組んでいく。

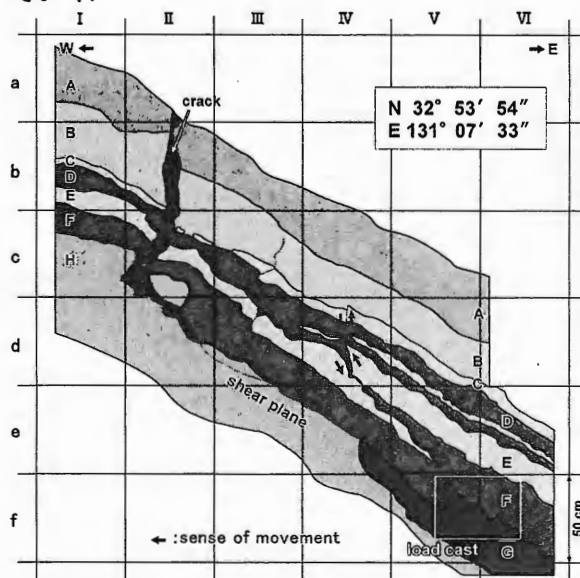


図. 1 調査露頭のスケッチ

引用文献: 石川芳治ほか(1991) 土木研究所資料, 3026, 120 pp. Miyabuchi, Y (2009) Sedimentary Geology, 220, 169-189. 宮縁育夫 (2012) 地学雑誌, 121, 1073-1080. 佐藤ほか(印刷中)阿蘇カルデラ内で発見されたテフラ被覆斜面堆積物の重力変形, 日本地すべり学会誌.

一般書からみた第四紀学におけるサイエンスコミュニケーションの系譜

目代邦康（日本ジオサービス株式会社）

Kuniyasu MOKUDAI: Genealogy of science communication in the Quaternary from the viewpoint of the general book

1. はじめに

第四紀という学術用語は、一般に馴染みのない言葉であり、その名称だけでは、非専門家がイメージを持ちにくい学問分野である。しかしながら、自然災害の発生メカニズムや現在の自然環境の理解など、一般人が興味を持つ内容を取り扱っており、第四紀学ということが認識せれないまま、その成果が伝えられていることが、しばしばある。また、第四紀学は、学際的な特徴を持つため、地形学や地質学、考古学など、近接する学問分野のアウトリーチ活動において、第四紀学の内容が伝えられていることも多い。

こうした状況の中で、これまで日本第四紀学者は、社会に対して、第四紀の成果を、書籍として発行し、その普及を図り、第四紀学の考え方を伝えてきた。本発表では、これまでの日本で発行された第四紀学の内容が書かれている一般向けの書籍の内容を分析して、これまでの日本の第四紀学におけるサイエンスコミュニケーションの系譜の一端を明らかにする。

2. 日本第四紀学会によって編集された書籍

日本第四紀学会では、学会設立以降、定期的に書籍が発行されてきた。1977年に「日本の第四紀研究」、1987年に「日本第四紀地図」、1992年に「図解・日本の人類遺跡」、1993年に「第四紀試料分析法」、1996年に「第四紀露頭集」、2000年に「日本先史時代の¹⁴C年代」、2010年に「デジタルブック最新第四紀学」など、専門家向けに編集されたものが多い。これらは、その時代での第四紀学の知見が整理され、研究資料として有用なものが多い。こうした専門書とは別に、1987年の「百年、千年、万年後の日本の自然と人類」や、2007年の「地球史が語る近未来の環境」など、一般科学書も発行されている。これらの書籍は、第四紀学の学際的特徴を反映して、第四紀学が対象としている複数の分野の著者が、原稿を執筆している。第四紀学の入門書としての性質を持つ書籍となっている。一方で、統一的な自然観でまとめにくく、主張が散漫になりやすい。

3. 関連諸分野の成果

第四紀学に関連する様々な分野で、その成果が一般向けの書籍として発行され、その知識の普及に貢献してきた。例えば、氷河地形や高山の自然環境に関しては、小林（1956）「日本アルプスの自然」や、五百沢（1972）「登山者のための地形図読本」、同じく（1979）「鳥瞰図譜日本アルプス」があり、一般書としての性格も持ちつつ、専門書

としても評価の高いものであった。活断層研究では、杉村（1973）「大地の動きをさぐる」がある。岩波科学の本という子供向けの本のシリーズであったが、当時の最新の知見に基づくものであった。その他、貝塚（1964）「東京の自然史」、町田（1977）「火山灰は語る」、安田（1980）「環境考古学事始」など、第四紀学に関する一般向け科学書が出版されてきた。

4. 一般書の持つ役割

第四紀学は新しい学問である。日本では1950年代に学会が設立され、70年代になると研究成果が蓄積されていき、俯瞰的にまとめた書籍が発行されるようになった。これらの本は、専門的な知識をわかりやすく伝えるということに主たる目的がある。こうした書籍をサイエンスコミュニケーションの議論の中で評価すれば、欠如モデルという、専門家から非専門家への知識の伝達を目的としたものとして位置付けることができる。

小野（2016）が指摘するように、研究者の社会との関わりは様々ではない。第四紀学の成果が社会的影響力を持つようになっている現在においては、自然災害、原発立地問題、環境問題といった社会問題に対して、第四紀学の研究成果をどのように活かすべきか議論している書籍が出版されるようになった。科学と社会との関係性については、専門家と非専門家で議論していく内容であり、そうした議論を想定している書籍は、文脈モデルの書籍として位置づけることができるだろう。第四紀学の普及書と、第四紀学と社会との関係性を議論する書籍の双方が発行されることで、第四紀学の社会的プレゼンスが向上するであろう。

5. 今後の展望

第四紀の時間軸の中で、自然の諸現象が整理され、その関連性が明らかになるというのは、第四紀学の学問的な面白さの一つであろう。こうした自然現象の関連性は、非専門家にとっても興味を持たれる内容であり、第四紀学の知見は、学校教育、生涯教育の場で、広く受け入れられるものであると思われる。しかしながら、第四紀学の対象とする分野は広く、例えば学校教員などが、各分野の最新の知見をアップデートしていくのは容易でない。今後、日本生態学会が出している「エコロジー講座」のような、公開講座をまとめたようなシリーズを学会が企画し支援していくのは、最新の知見を広めていく上で有効であると思われる。

シンポジウム 「第四紀研究から防災・減災への多角的なアプローチ」 趣旨説明

奥野 充・石原与四郎（福岡大）・遠田晋次（東北大）

鳥井真之（熊本大）・黒木貴一（福岡教育大）

中西利典（京都大）・米田 穰（東京大）

Mitsuru OKUNO, Yoshiro ISHIHARA, Shinji TODA, Masayuki TORII, Takahito KUROKI, Toshimichi NAKANISHI, Minoru YONEDA: Multiple approaches for reduction and mitigation of disaster with Quaternary studies

1. はじめに

2016年4月の熊本地震では、死者50名をはじめ大きな被害を受けた（例えば、福岡・酒井，2016；宮縁，2016a, b）。このような自然災害に対して、第四紀研究は様々な緊急調査によって自然災害のメカニズムを理解し、今後の災害に備える指針を提示すべきである。また、過去のアーカイブである堆積物や遺跡などからも災害を高精度かつ正確に読み取り、精緻な災害予測に寄与することも大きなテーマとなる。第四紀研究は、第四紀におこった諸現象を対象とし、その手法も年代学、堆積学、古生物学、考古学、人類学など多岐にわたる。また、その成果を防災・減災に資するためには、防災教育などを通じた社会との連携も必要不可欠である（例えば、久保，2016）。このシンポジウムでは、現在進行形でおこる自然災害をどうモニター（観察）するか、あるいは過去のアーカイブとしての地形や地質、考古遺跡等をどのように読み取るかといった研究例を広く展開し、両者をいかに統合して精緻な災害予測に繋げるかを議論したい。そして、現在と過去の自然災害を対象とした第四紀研究を総括し、将来の災害をより精緻に予測するうえでの今後の課題を洗い出したい。

2. 現在の災害研究としての第四紀研究

黒木は、ハザードマップの改善や活用支援を進めるため、ハザードマップ空間表示での課題を整理し、雲仙東麓を例に微地形にもとづく地形条件評価の試案を示している。SfMやGISを活用して、火砕流や土石流による土砂移動と微地形との関係を示し、災害リスクの大小を示すことで減災を図る。次の鳥井ほかでは、熊本地震で生じた災害遺産を第四紀地質学の切り口で紹介している。災害とその復興過程で、これまでにないデータも得られ、災害のメカニズムに加えて第四紀の地形地質も詳しく解明されつつある。遠田・石村は、C級活断層がM6前後の地震でも地震断層を伴い、その繰り返しで形成された可能性を指摘している。InSAR解析画像を活用した現地調査の有用性を示した。村上ほかは、熊本地震の宅地地盤災害と周辺の地盤特性の関係を検討し、火山灰質土の物理的力学的特性が宅地地盤災害に影響を与え

たことを指摘する。すなわち、抵抗要因である地盤状況をその復旧にも考慮する必要がある。竹村では、これまでの九州の第四紀テクトニクス研究から熊本地震を概観し、静的情報から動的テクトニクスへの基礎が築かれることを期待している。これらは、現在進行形であることを踏まえて、観測データも組み入れて詳細に検討している。

3. 堆積物や遺跡から読み取る過去の災害

事例を多く収集する上で、過去の災害を解明することが不可欠である。西山ほかは、長期的な視点でソフト・ハード両面の地域防災を考えることを目的に阿蘇カルデラ壁の斜面崩壊・土石流の発生頻度を推定している。中西ほかは、大分平野西部の府内断層について、群列ボーリング調査（堆積物物性、珪藻、 ^{14}C 年代など）と地中レーダ探査を組み合わせから、古地震の再来間隔を検討している。成尾ほかは、開聞岳貞観16年（874年）噴火と人々の対応（特に復旧の有無）を遺跡発掘の成果を踏まえて検討している。そして、石村は、これまで調査適地といえない三陸海岸で津波堆積物を複数見出している。吉村ほかは、鍾乳石から地震と津波の痕跡を読み取っている。菅原は、東北地方の津波堆積物の数値モデリングから地震や津波に迫っている。山田ほかは、別府湾でK-Ah以降の堆積物から地震、噴火、洪水などのイベントを検出している。佐々木・石原は湖成年縞堆積物に挟在するイベント堆積物の識別を試みている。各プロキシで特性が異なるため、それらに応じた扱いが必要となる。

4. 第四紀研究による災害予測の精緻化

災害予測は、防災・減災に不可欠であり、過去の事例を豊富に揃え、現在進行形の災害も加えて過去の記録特性から抜け落ちている部分を補完することで、より精緻なものになると期待したい。

引用文献：

- 福岡 浩・酒井直樹（2016）日本地すべり学会誌，53，95-99.
- 久保純子（2016）第四紀研究，55，157-160.
- 宮縁育夫（2016a）地学雑誌，125，iii-vi.
- 宮縁育夫（2016b）地学雑誌，125，421-429.

自然災害調査に基づくハザードマップ精度向上の課題

黒木貴一（福岡教育大）

Takahito KUROKI: Issues for improving the usefulness of hazard map based on the field surveys of natural disaster

1. はじめに

自然災害に対し、災害の実態とその要因が検討・記録され、同時に、将来の自然災害に備える防災対策としてハザードマップが整備されてきた(鈴木, 2015)。しかし近年、ハザードマップが示す予想を越える自然災害が頻発し、甚大な人的・物的被害が続いている。またハザードマップで注意喚起される地域区分(土石流危険区域、浸水想定区域など)に対し、地域住民の属性が均一ではないための被害拡大が懸念される(牛山・横幕, 2015)。同様のことは地形条件でも想定される。現在ハザードマップで等質とされる地域区分に対し、地形条件の不均一性と被害の大小を比較し、ハザードマップの改善や活用支援を進めるための検討はあまり進んでいない。本研究では、ハザードマップにある空間表示の課題と微地形に基づく地形条件評価の試案を紹介する。

2. 研究方法

最近調査する機会を得た自然災害は、平成 26 年 8 月豪雨による広島市の土砂災害(黒木ほか, 2015)、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による鬼怒川の氾濫(黒木・品川, 2016)、2016 年熊本地震(黒木ほか, 2016; 小山・青山, 2017)である。各災害に対し、ハザードマップに表示された地域区分内に生じた被害と微地形との関係を整理する。

次に雲仙の東麓を例に、火砕流や土石流に伴う土砂移動と微地形との関係を SfM や GIS を活用して示し、ハザードマップの空間表示の精度向上を念頭に、微地形に基づく地形研究への視点に基づく地域区分を試みる。

3. 自然災害調査に基づくハザードマップ空間表示での課題

熊本地震では、熊本平野の様々な地形(自然堤防、氾濫平野、火砕流台地など)で液状化したことを示す噴砂が多く確認された(黒木ほか, 2016 など)。しかし液状化地点は、熊本市の液状化ハザードマップに示された地域区分とはほとんど一致せず、また土地条件図では自然堤防に相当する微高地で多く確認された。これはハザードマップに、微地形の形成プロセスを加味する余地があることを示す。

広島市の土砂災害では、土石流が沖積錐にある住宅地を襲った(黒木ほか, 2015)。広島市のハザードマップは紙媒体又はポータルサイトの情報として住民に伝達されているが、そこでは被害が想定される区域や警戒区域が、各沖積錐を包括する範囲に設定されている。しかし被害は、扇頂付

近の谷出口、谷直進方向、谷近傍の住宅に集中して生じた。逆に微高地にある旧家や梅林に被害は及んでいない。これはハザードマップに、定性的に評価した微地形の位置を反映する余地があることを示す。

関東・東北豪雨では、鬼怒川は、堤防で溢水、漏水、破堤が生じ、氾濫し常総市の広い範囲が浸水した(黒木・品川, 2016)。常総市の洪水ハザードマップや鬼怒川流域の治水地形分類図は、堤内の地盤高や微地形に基づいて浸水予想がなされ、溢水、漏水、破堤場所への対応はない。そこで通常考慮されず空白となる堤外の微地形の地形量評価を行い、比高から破堤場所などが予測できることを示した。これはハザードマップに、微地形を定量的に評価した結果を反映する余地があることを示す。

4. 第四紀の地形への視点からの土地条件評価

黒木・出口(2017)では、雲仙東麓を対象に、多時期の空中写真を SfM で解析し、約 25 年間で 5 時期の標高変化量を求め火山麓扇状地の地形発達過程を推定した。現地調査から、標高変化量は火砕流と土石流・掃流の堆積及び侵食の地形プロセスに対応付けられた。それらは、1975 年 1-2 月から 1993 年 7 月では元の地表、火砕流と土石流・掃流の堆積、1993 年 7 月から 1993 年 9 月では侵食、土石流・掃流の堆積、1993 年 9 月から 1998 年 9 月では強い侵食、侵食、土石流・掃流の堆積、1993 年 9 月から 2004 年 2 月では強い侵食、侵食、土石流・掃流の堆積、2004 年 2 月から 2015 年 5 月では侵食、土石流・掃流の堆積、に対応付け、地図化できる。

各時期の地形プロセス別の標高変化区分(2, 2, 3, 3, 2 区分)を設定し地図化し、それらを GIS で重ねて地形区分ベースマップ(最大 72 区分)を作成した。マップの各区分からは、場所ごとに期間を通じてそこを形成する堆積物の、層相、層厚、不整合等の地形プロセスを示す露頭イメージを把握できる。これを適宜解釈し空間統合すれば、定性的な地形区分ができる。試案として、島原市ホームページにある島原市防災避難マップ(2016)の土石流危険渓流あるいは雲仙普賢岳警戒区域として包括される範囲の一部に対し、地形区分ベースマップから微地形区分(原面、谷、深い谷、扇状地、谷埋積、開析扇状地)と侵食・堆積領域を表示した(図 1)。

図 1 の過半は原面であり、そこに幅 10m 前後の何列かの谷埋積が北西から南東に延びている。谷埋積の領域に、谷と扇状地が島状に分布する。最

近では、当該地の原面は侵食傾向、原面以外が堆積傾向と示される。

写真1に図1南西の地点4付近(南西から望む)の現地状況を示す。高位より、原面、段丘状地形、谷底である。原面には開析前線が明瞭で、その直下からガリが複数谷底に向かって伸びている。段

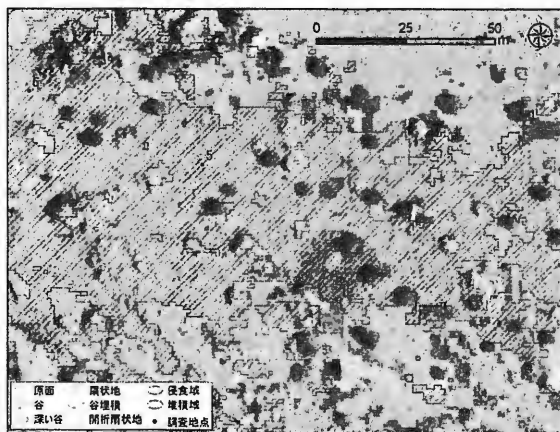


図.1 地形区分試案(部分)



写真.1 地点4付近の地形配置

丘状地形には、一部谷底近傍でローブ状地形を観察できるため、洪水時には水位が段丘状地形面付近まで及ぶこと、段丘状地形の一部は高水敷に相当することが分かる。

図1で地点4付近を南西から読図すれば、谷、谷埋積、原面と配列する。開析前線が、堆積域と侵食域の境界に近い。この地形配列と分布は、写真1の景観に酷似するため、地形区分試案は現実を良く反映すると思われる。

5. まとめ

最近の自然災害の実態を調査した結果から、ハザードマップ利用での課題を示し、火山山麓斜面を事例に微地形の評価に基づく解決試案を示した。

1) 防災対策や発災時の避難行動に対し、ハザードマップで示される地域区分は人が認識する生活空間の区分単位(微地形の空間単位に近い)に比べて広く包括的である。また後者の区分単位は、

被害の大小に調和することが多い。

2) ハザードマップの地域区分には、微地形の形成プロセスを加味する余地、定性的に評価した微地形を反映させる余地、微地形を定量的に評価した結果を反映させる余地が残されている。

3) SfMで解析した標高データを用いて、GISで標高変化量を求め、その量と分布(と現地調査)から地形プロセスを判断し、また微地形を評価区分できる。結果をハザードマップの包括的な地域区分に加味し、災害リスクの大小予測を提示すれば、防災対策を進め避難行動を早めるための計画を具体化し、被害を低減させられる可能性がある。

4) 微地形による起伏がある斜面や、激しい地形変化が想定される斜面でのハザードマップ作成に、地形プロセスを反映した、GIS解析によるオーバーレイ法(写真により地質や地形を編年する)の地形区分方法が活用できる。

引用文献：牛山素行・横幕早季(2015) 2004年以降の豪雨災害事例との比較による2014年8月広島豪雨災害犠牲者の特徴。2014年8月豪雨により広島市で発生した土石流災害の実態解明と防災対策に関する研究報告書。平成26年度科学研究費補助金特別研究促進費、26900001, 151-156。黒木貴一・磯望・出口将夫・黒田圭介(2016) 客観的記録のための2016年熊本地震による被害特徴と背景の検討。2016年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 90, p120。黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介・池見洋明(2015) 平成26年8月豪雨による広島土砂災害の特徴と今後の課題。自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 第39号, 1-4。黒木貴一・出口将夫(2017) 雲仙東麓の火山麓扇状地における1993年以降の標高変化。国際火山噴火史情報研究会講演要旨集2016-2, 39-42。黒木貴一・品川俊介(2016) 平成27年9月関東・東北豪雨災害と鬼怒川の河川条件。日本応用地質学会平成28年度研究発表会講演論文集, 55-56。小山拓志・青山雅史(2017) 地理学の立場からみた2016年熊本地震における液状化被害分布と土地条件。2017年春季学術大会日本地理学会発表要旨集, 91, p3。鈴木康弘(2015) 防災・減災につなげるハザードマップの活かし方。岩波書店, 234p。

引用HP：島原市防災避難マップ(2016)。島原市ホームページ <http://www.city.shimabara.lg.jp/page2962.html> (2017年6月7日閲覧)

謝辞：本研究は、平成28年度福岡教育大学研究推進支援プロジェクト経費を使用した。

2016 年熊本地震における災害遺産の第四紀地質学

鳥井真之・長谷中利昭・北園芳人（熊本大）

西山賢一（徳島大）・横田修一郎（元・島根大）・奥野 充（福岡大）

Masayuki TORII, Toshiaki HASENAKA, Yoshito KITAZONO, Ken-ichi NISHIYAMA, Shuichiro YOKOTA, Mitsuru OKUNO: Quaternary geology on disaster heritage in the 2016 Kumamoto earthquake

平成 28 年（2016 年）熊本地震では、日奈久断層帯・布田川断層帯の断層が活動し、南西より御船町、熊本市、益城町、西原村、南阿蘇村において地表地震断層や地すべりなどにより地表変位や構造物の損壊が多数発生した。阿蘇カルデラ底の阿蘇市でも 2 m を超える鉛直変位を伴う断層とグラベン状の構造が現れた (Tsuji *et al.*, 2017)。また、南阿蘇村を中心にした地域では地震動により大規模な斜面崩壊のほか、緩斜面ではこれまでに知られていないメカニズムで流走する地すべりや、水の関与に乏しい土石流（アースフロー）など珍しい現象が発生した（宮縁, 2016；奥野ほか, 2017；Torii *et al.*, 2017）。これらの災害の痕跡は地質・地形学的に重要で保存価値が高く、後世への教訓とするため災害遺産として保存することが求められる（鳥井ほか, 2017a）。

熊本地震に伴い南阿蘇村立野地区で発生したカルデラ壁の崩壊は、阿蘇大橋を落橋させ、国道 57 号線および国道 325 号線が通行不能になったことで地域での生活の大きな影響を与えている（図 1）。このカルデラ壁は、先阿蘇火山岩と呼ばれる溶岩、凝灰角礫岩と崖錐堆積物からなる（小野・渡辺, 1985）。斜面の下方の黒川には赤瀬溶岩が分布し、その上位を赤瀬溶岩の流下に伴って形成された堰止め湖もしくは河川性堆積物が覆っている。さらにこれらを覆うように過去の斜面崩壊もしくは土石流堆積物が累重している。また、これらのうち、赤瀬溶岩の直上で河川堆積物の最下部付近に草千里ヶ浜降下軽石層（Kpfa）が位置しており、河川性堆積物の上位に始良 Tn（AT）テフラが位置する。この上位に斜面からの崩壊堆積物・土石流堆積物が複数層準にわたり累重し、鬼界アカホヤ（K-Ah）テフラや黒ボク層も挟在する。この斜面崩壊は、斜面頂部付近から（崩壊 1）と斜面下部の国道 57 号付近から（崩壊 2）の二重の崩壊現象である。南阿蘇村河陽での本震の最大加速度が 4 月 16 日 1 時 25 分 19 秒に観測されており、また、約 900 m 西に近接する斜面に位置する九州電力黒川第一発電所ヘッドタンクの損傷が 1 時 26 分に発生したことから、近接斜面の崩壊は本震発生とほぼ同時と推定されており（黒川第一発電所設備損壊事象に係る技術検討会, 2016）、この崩壊 1 も同様に本震発生時に崩壊が開始したと考えられる（鳥井ほか, 2017b）。この崩壊 1 による崩土は、阿蘇大橋を伝い対岸の黒川まで到達していることから、この時点まで橋は存在しており、落橋は斜面崩壊（崩壊 1）後に発生

したことを示している。崩壊 2 は、阿蘇大橋とほぼ同じ標高の国道 57 号付近から橋台付近まで広く崩壊している。この産状は、阿蘇大橋落橋の原因として、森口・寺田（2017）が指摘した橋脚と橋台を支える地盤変状によってこれらが落下し、落橋した可能性と矛盾しない。そして、この崩壊 2 による滑落崖および滑落面には崩壊 1 の多量の土砂が堆積していることから、崩壊 2（落橋）は崩壊 1 の崩壊中で土砂が橋を対岸まで渡った直後に発生したことになる。このことは一連の崩壊現象が短時間であることを示す。

カルデラ内の後カルデラ火山群でも、西部を中心に斜面表層を構成するローム層（厚さ約 10 m）が多数崩壊した（福岡・酒井, 2016；宮縁, 2016）。ローム層は風成再堆積の火砕物質が主体で Kpfa や AT などのテフラも挟在し、Kpfa を境として崩壊・流下したと考えられる（福岡・酒井, 2016；宮縁, 2016；釜井ほか, 2016；北園, 2016）。高野尾羽根火山は 15～20 度の緩傾斜の斜面からなるが、その西側斜面も崩壊している。これらは 3 つのローブ（Lobe I, II, III）からなり、さらに 8 つのユニットに細分される（奥野ほか, 2017）。地形的特徴から地震動によって崩壊した表層物質がアーススライド（earthslide）またはアースフロー（earthflow）（Varnes, 1978）として移動・堆積したものである（奥野ほか, 2016）。奥野ほか（2017）は、地形分類図にもとづいてその崩壊プロセスを復元した。Lobe I と II は、複数のユニットに区分できるので、10 数秒の間に複数箇所の崩壊・流下イベントが五月雨式に発生したと考えられる。高野尾羽根火山で認められたアースフローは、烏帽子岳火山から流下した山王谷川に沿って分布している（奥野ほか, 2016；Torii *et al.*, 2017）。ただし、こちらは高野尾羽根火山と違って山体斜面がそれほど緩くなく、比較的狭い谷に流れ込んでいることから、より長距離を流下している。堆積物の詳細な検討に加え、H/L などの地形計測データも比較・検討する必要がある。

旧阿蘇大橋のカルデラ壁や高野尾羽根火山西側斜面も、わずか 10 秒程度の強振動の間で多段階に崩壊が発生している。そして、これらが重なり連結して、地震後には一見ひとつの地形をつくっているように見える。第四紀地質学は、綿密な地形・地質調査によってこれらを丁寧に研究し、より詳細なプロセスを復元することを目指すべきである。それにより震災遺産としての価値を高めるだけでなく、今後の工学的な防災・減災対策

にも重要なデータを提示できるであろう。

参考文献：

福岡浩・酒井直樹 (2016) 日本地すべり学会誌, 53, 95-99. 釜井俊孝ほか (2016) 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震によって発生した南阿蘇村の土砂災害 (2016.4.28 暫定版), <http://landslide.dpri.kyoto-u.ac.jp/takano.pdf> 北園芳人 (2016) 西部地区自然災害資料センターニュース, No. 55, 8-15. 黒川第一発電所設備損壊事象に係る技術検討会 (2016) 報告書, 13p. <http://www.kyuden.co.jp/var/rev0/0062/4189/5f1p61h18o.pdf> 宮縁育夫 (2016) 地学雑誌, 125, 421-429. 森口周二・寺田賢二郎 (2017) 第 5 章 社会基盤と地盤・斜面の被害. 平成 28 年熊本地震に関する報告書, 東北大学災害科学国際研究所,

51-79. 奥野充ほか (2016) 日本応用地質学会九州支部・九州応用地質学会平成 28 年度 (第 32 回) 研究発表会論文集, 47-50. 奥野充ほか (2017) 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, no. 41, 29-32. 小野晃司・渡辺一徳 (1985) 阿蘇火山地質図, 1:50,000 火山地質図, 4, 地質調査所. 鳥井真之ほか (2017a) 月刊地球, 号外 67, 94-98. 鳥井真之ほか (2017b) 月刊地球, 号外 68, 57-60. Torii, M. et al. (2017) *Journal of the Sedimentological Society of Japan*, 75, 64. Tsuji, T. et al. (2017) *Scientific Reports*, 7, 42947. Varnes, D.J. (1978) In Schuster, R., Krizek, R. eds., *Landslides: Analysis and control*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 11-33.

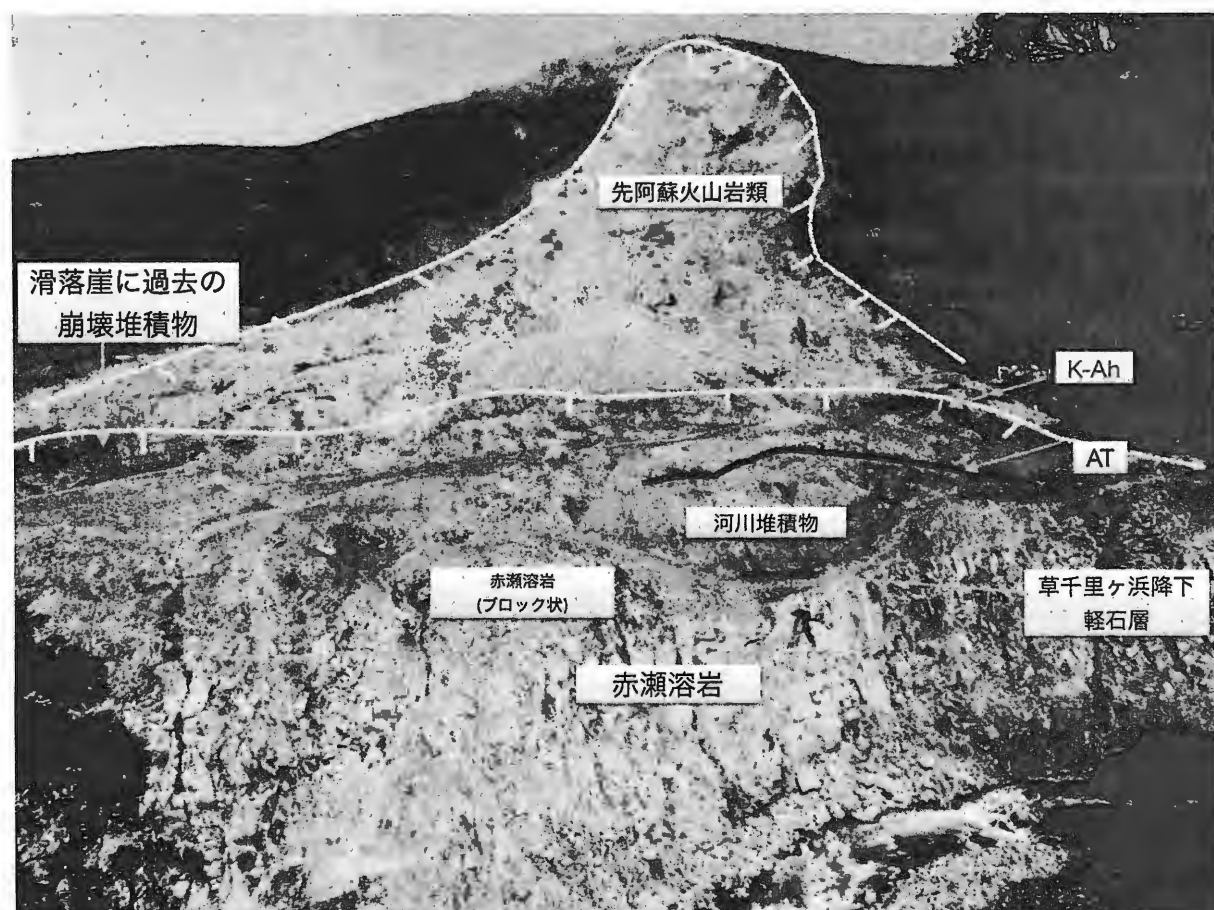


図 1 立野地区における阿蘇カルデラ壁およびカルデラ内での層序 (鳥井ほか, 2017b)。

熊本地震に見られる誘発性地震断層とC級活断層

遠田晋次（東北大）・石村大輔（首都大東京）

Shinji TODA, Daisuke ISHIMURA: Clues to evaluate class C active faults from triggered slips at the 2016 Kumamoto earthquake sequence

1. はじめに

M7前後の内陸地震は必ずしも既知の活断層で発生しない。このことは、C級活断層問題（浅田，1991），短い活断層の評価（例えば，島崎，2008）として，長期評価の課題として何度も取り上げられてきた。実際に，活断層分布から予測されるM7以上の地震数よりも，1923年以降に観測された地震数が2倍程度多いことが示されている（遠田，2013）。そのため，長さ20km程度の断層が多数伏在しているか，その一部がわずかに「短い活断層」として地表に顔を出していることを前提とした検討が進んできた。本発表では，平成28年に発生した熊本地震と茨城県北部の地震の事例から，この前提と異なる考え方を提案したい。

2. 2016年4月16日1:25に発生した熊本地震の本震（M7.3）

2016年熊本地震（M7.3）では，既知の日奈久断層北東部と布田川断層に概ねそって約30kmの地震断層が出現した（例えば，Kumahara et al., 2016）。しかし，InSAR解析画像による干渉縞の不連続などから，主要地震断層帯以外にも200個所以上で小断層変位が検出された（Fujiwara et al., 2016）。その拡がりには主要地震断層帯から約15km遠方にまで及ぶ。特に，阿蘇外輪山西方では40以上の東西走向の小断層からなる断層群（10km x 10km程度の範囲）が顕著な上下変位を示した。個々の変位は正断層とみられ，変位量は最大40cmにもおよぶ（Fujiwara et al., 2016）。これらの一部は，鞍岳断層群として新編日本の活断層（活断層研究会，1991）などに記載されていた。また，同様の誘発小変位は熊本市街にも認められ，北西-南東走向の既存の断層崖（水前寺断層）にそって出現していることが確認されている（Goto et al., 2017）。阿蘇外輪山では余震はほとんど認められず，非地震性のすべりである。一方で，水前寺断層沿いには5km以浅の小規模な余震が集中する。

3. 2016年4月16日3:03に発生した熊本地震の余震（M5.9）

InSAR解析画像にもとづく現地調査から，主要地震断層帯の北東端から約10km北東に位置するJR宮地駅付近に地震断層を確認した。この地震断層は，北東-南西に約2.5kmにわたって延び，最大上下変位約10cm，右横ずれ変位が5cmをとる。本震破壊域との距離から本震時の地震断層とは考えにくく，直後の多数の余震のうち，約1時間半後の3時3分に発生したM5.9の地震

（深さ7km）で出現したと推定される。ただし，その後の現地での聞き取り調査では，本震時に生じた可能性を示唆する証言も得られている。日本の地震断層のなかでは最小Mとみられるが，InSAR画像がなければ見落としていたであろう。

4. 2011年3月19日茨城県北部の地震（M6.1）と2016年12月28日茨城県北部の地震（M6.3）

2016年12月28日の地震では，InSAR解析によって北西-南東走向の長さ約3kmの干渉縞の不連続が確認され，西側が低下する正断層が推定されている。直後の現地踏査でも，最大5cmの西側低下と約10cmの水平東西伸張が確認されている（小俣・杉田，2017；栗田・吾妻，2017）。InSAR解析に基づく断層モデルから推定される断層下端の深さは7~8kmであり，地震発生層下端まで延びない（Fukushima et al., 2017）。また，この地震断層は2011年3月19日にも変位したことが確認されており（Aoyagi et al., 2015），同じ短い断層がわずか約6年間隔で繰り返し変位したと考えられる。

5. まとめ

以上の事例とこれまでの知見をとりまとめると，1）短い活断層は必ずしも単独でM7地震を起こさず，大きな活断層の活動に付き合っ変位し，その繰り返しによって断層変位地形が形成される可能性があること。2）M6前後のやや小規模な地震であっても長さ5km以下，10-20cm程度の変位を持つ地震断層を伴い，その動きの繰り返しによって短い（多くの場合変位速度の遅いC級）活断層が形成される可能性があること，が示唆される。

引用文献： Aoyagi et al. (2015) Hokudan International Symposium on Active Faulting 2015 abstract 53-54. 浅田 (1991) 活断層研究, 9, 1-3. 栗田・吾妻 (2017), <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/ibara/ki2016/report20170105.html>. Fujiwara et al. (2016) Earth Planets Space, 68:160. Fukushima et al. (2017) JpGU-AGU Joint Meeting 2017, abstract. Goto et al. (2017) Earth, Planets and Space (EPS), 69, 29. 活断層研究会 (1991) 437p. Kumahara et al. (2016) JpGU Abstract. 小俣・杉田 (2017) <http://jsaf.info/jishin/items/docs/20170105144457.pdf>. 島崎 (2008) 活断層研究, 28, 41-51. 遠田 (2013) 地質学雑誌, 119, 105-123.

平成 28 年熊本地震において生じた宅地地盤災害と地盤特性

村上 哲・平田涼太郎・寺田 陽（福岡大）

Satoshi MURAKAMI, Ryoutaro HIRATA and Hikaru TERADA: Ground Properties and Residential Land Ground Disaster due to the 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

平成 28 年熊本地震では、我が国観測史上初めて、震度 7 が 2 回、震度 6 弱以上が 7 回発生した。このため熊本県内では、18 万棟を超える家屋被害や大規模な土砂災害をはじめ、甚大な地震被害が各地において生じた。宅地においても、液状化による家屋の傾斜・沈下、大規模造成地における活動崩落や宅地擁壁の損傷など、宅地地盤に起因した被害が数多く発生している。

そこで、熊本平野部における液状化被害、阿蘇谷における液状化と陥没被害、火山灰質土堆積地盤と沖積地盤が混在する益城町における多様な宅地地盤被害に焦点を当て、平成 28 年熊本地震において生じた宅地地盤災害と周辺の地盤特性の関係について、現地調査結果および各種既存情報、地盤情報データベースを利用して調査した結果について報告する。

2. 宅地地盤災害と地盤特性

熊本平野における液状化の状況と被害について現地調査と空中写真判読により調査した結果について調査した結果、液状化は、地形的にみると 2011 年東北地方太平洋沖地震で生じたような埋立地や旧河道といった場所だけでなく、自然堤防や氾濫平野においても生じていた。また、白川から枝分かれするように自然堤防内を縦断する液状化の帯が 3 本認められた。この 3 本の帯の部分について、地盤の堆積構造を調査した結果、地下水位が高く表層に液状化層となる砂質土（火山灰質砂）の堆積地盤であり、液状化の帯から外れた地域では地表面に粘性土の堆積地盤であることが分かった。この違いが液状化被害の有無を決定づけたと考えられることから、同一の微地形区分でも、土質の違いを評価することが重要である。

同様な液状化被害は阿蘇谷においても確認されている。噴砂・噴水地点は阿蘇谷におけるカルデラ底堆積物と扇状地堆積物上に広範囲で分布し、その多くは耕作地における液状化の被害が顕著であり、側溝への噴砂の埋没や、排水設備、埋設管の損傷が生じているものと思われる。また、液状化によるものかどうかは不明であるが、堤防や道路の段差や亀裂の被害があった。この陥没現象の要因には様々なメカニズムが考えられ、このメカニズムの解明がこの地域における宅地地盤被害対策には重要である。

熊本地震における宅地被害は、液状化のみならず丘陵地においては火山灰質粘性土の地盤において被害が生じている。とりわけ、2 つの大きな地震の震源に近い熊本県益城町では、両地震にお

いて最大震度 7 を 2 回経験するなど、極めて甚大な被害が生じた地域である。当該地域の地盤調査結果を収集し、益城町の地盤の堆積状況を調査した結果、秋津川近傍では沖積層の堆積地盤であり、一方、市街地となる比較的標高が高い地区においては、表層から黒ボク、赤ボク、その下に、阿蘇 4 火砕流堆積物が存在する地盤であることが分かった。阿蘇 4 火砕流堆積物は上から粘性土の灰土、砂質土、礫質土と堆積するが、黒ボク、赤ボク、灰土は N 値が極めて低い軟弱地盤であり、また、鋭敏比が非常に高い土質特性を有することから、この火山灰質粘性土の動的力学特性を踏まえた検討が今後必要となるであろう。

3. まとめ

宅地地盤の地震被害は、外力要因である地震動の大きさもさることながら、地盤の自然堆積状況、埋め立て造成履歴等人工改変など、抵抗要因である地盤の状況に起因するところも大きい。とりわけ、熊本の地盤は、赤ボク、黒ボクに代表されるように火山性由来の土質が堆積している地盤であり、この種の火山灰質土の物理的力学的特性が、宅地地盤災害に与えた影響が考えられることから、被災宅地地盤の復旧にはこれらの点を考慮することが重要であると考えられる。

謝辞：本研究の一部は、地盤工学会熊本地震地盤災害調査団の活動により得られた成果である。永瀬英生教授（九州工業大学）他調査団団員に多くのご助言ご指導を頂いた。本研究の一部は、九州地域づくり協会の研究助成（研究代表者 村上哲）、科学研究補助金基盤研究（A）（一般）「大規模地震においてすら粘性土地盤は安全か？：地震時地盤災害における粘性土の役割」（研究代表者：安原一哉）、科学研究補助金基盤研究（B）（一般）「熊本地震により阿蘇カルデラで発生したグラウベンの被災メカニズムの研究」（研究代表者：安田 進）を受けて実施したものである。本研究を進めるに当たり、熊本県土木部、熊本市土木部、九州旅客鉄道（株）より地盤情報の提供、および、国土地理院より空中写真および治水地形分類図のデータを提供いただいた。付記して謝意を表します。

引用文献：村上・永瀬・大里・矢ヶ部（2017）地盤工学会誌，65（4），12-15. Mukunoki, Kasama, Murakami, Ikemi, Ishikura, Fujikawa, Yasufuku, and Kitazono（2016）Soils & Foundations, 56（6），974-964.

九州のテクトニクスからみた熊本地震

竹村恵二（京都大学理学研究科）

Keiji TAKEMURA: Quaternary tectonics in Kyushu and 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

2016年4月14日と4月16日に相次いで熊本で起こった地震は、地域に大きな多様な被害をもたらした。特に、4月16日1時25分ごろに発生した地震は、M7.3を記録し、内陸地震としては、1995年兵庫県南部地震以来の地震規模を記録した。地震発生後、多くの機関・研究者がこの地震の調査・研究を継続してきた。まだ、多くの課題が残されているが、本シンポジウムでは、これまで進めてきた九州の第四紀テクトニクス研究と2016年熊本地震の関連について考えてみる。

2. 熊本地震の概要：

・平成28年（2016年）熊本地震*の評価（*：「平成28年（2016年）熊本地震」（気象庁による命名）は、4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を指す。）

○4月14日21時26分に熊本県熊本地方の深さ約10kmでマグニチュード(M)6.5の地震が発生した。また、4月16日01時25分に同地方の深さ約10kmでM7.3の地震が発生した。これらの地震により熊本県で最大震度7を観測し、被害を生じた。

○一連の地震活動は熊本県熊本地方から大分県中部にわたる。熊本県熊本地方では、北東—南西方向に延びる長さ約50kmの領域で地震活動が活発である。また、熊本県阿蘇地方では4月16日のM5.8の地震により熊本県で最大震度6強を観測したほか、大分県中部では4月16日のM7.3の地震発生直後に別の地震が発生し、最大震度6弱を観測するなど、M7.3の地震発生直後から地震活動が見られている。

・発震機構：4月14日のM6.5の地震の発震機構は北北西—南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内の浅い地震である。この地震の余震分布と発震機構から推定される震源断層は北北東—南南西方向に延びる右横ずれ断層であった。4月16日のM7.3の地震の発震機構は南北方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内の浅い地震である。この地震の余震分布と発震機構から推定される震源断層は、北東—南西方向に延びる右横ずれ断層で正断層成分を含むものであった。

（平成28年5月13日地震調査研究推進本部地震調査委員会による）

そのほか、発表には＜強震動＞、＜地殻変動＞、＜活断層との関係＞、＜地震活動の見通し＞がまとめられている。

上記の特徴から、内陸直下型の活断層による右横ずれ卓越型の地震で、地表断層変位が現れるほどのマグニチュードの大きさを有していたこと

がわかる。被害の実態は、活断層の変位との関連、地盤との関連、建物強度等の関連での議論がなされている。この地震の観測体制からの特徴は、1995年兵庫県南部地震以後に構築されてきた地震・GPS等の観測体制整備により得られた結果が、どのように活断層地震研究に生かされていくかも重要である。

3. 九州の第四紀テクトニクス：

九州の第四紀テクトニクスを考察するための営力と応力に関するキーワードやそのフレームワークとして大きく4つをあげることができる（竹村・井上、2010）。基本的な営力としては「フィリピン海プレートの沈みこみとその運動の時間的・空間的变化」である。フィリピン海プレートの運動は現在の九州の第四紀テクトニクスを支配する重要な基本的要因であり、その沈み込み方向の変化やスピードが九州の第四紀テクトニクスの変動に大きな影響を与えたと考えることができる。次は、九州内に存在する「3つの張力的応力場」であり、沖縄トラフ、別府—島原地溝とよばれてきた地域、カルデラ形成を伴う along arc 火成活動の場である。また、大規模な横ずれ運動を引き起こす西南日本から連なる「中央構造線の第四紀における活動」も九州の第四紀テクトニクス解析の重要なフレームワークと考えられる。「火成活動を伴う現象の時間的・空間的関連」も重要である。これらは、地下深部からの物質供給がどのような時間変化・空間的变化で生じたかを明らかにする重要な情報を提供する。すなわち、マグマ活動と供給系とテクトニクスの関連の課題である。

第四紀テクトニクスの鍵となるのは、現在の地下・地表の物理的性状を描くことである。密度、温度、速度などの情報を3次元的な稠密な性状としてできるだけとらえることができれば、動的な視点を含めたテクトニクスの解釈に大きな貢献が期待できる。現時点での各個別情報の整理を進め、各課題の物理量を地域ごとに評価し、地表での変位分布や地下での物性値データから、静的情報から動的テクトニクスへの基礎が築かれると考える。これらの内容を紹介し、九州のテクトニクスの地域区分や特徴などについてまとめ、熊本地震との関係を考察する。

引用文献：地震調査研究推進本部（2016）平成28年（2016年）熊本地震の評価。竹村・井上（2010）第四紀テクトニクス・概説、日本地方地質誌「九州・沖縄地方」朝倉書店。

阿蘇カルデラ斜面における斜面崩壊・土石流の発生頻度の推定

西山賢一（徳島大）・鳥井真之（熊本大）・横田修一郎（島根大）・若月 強（防災科研）・

井上 弦（神奈川県農技センター）・中尾賢一（徳島県博）・星出和裕（熊本県庁）・奥野 充（福岡大）
Ken-ichi NISHIYAMA, Masayuki TORII, Shuichiro YOKOTA, Tsuyoshi WAKATSUKI, Yudzuru INOUE,
Ken-ichi NAKAO, Kazuhiro HOSHIDE and Mitsuru OKUNO: Frequency of occurrence of debris flow at the
caldera wall slopes of Aso volcano, Central Kyushu

1. はじめに

熊本県阿蘇火山のカルデラ斜面は、比高 200～400m の急崖が連続するため、ひんぱんに斜面崩壊・土石流が繰り返されている。その誘因は、2012 年の九州北部豪雨のような降雨によるものが多いが、2016 年熊本地震のように地震動によるものもある。これらの豪雨と地震動における崩壊発生場所は必ずしも同じではないが、連続する急崖をなすカルデラ斜面では、発生時には広域にわたって多数の崩壊が発生する傾向がある。

豪雨・地震による斜面崩壊・土石流の発生頻度の推定は、長期的な視点のもとで、ソフト・ハード両面の地域防災を考える上で重要である。今回筆者らは、阿蘇カルデラ斜面の基部に位置する山麓緩斜面・沖積錐を構成する堆積物の観察を行い、堆積物中から炭質物・古土壌・テフラを見出し、炭質物と古土壌の AMS¹⁴C 年代測定を行った。

2. カルデラ壁の山麓の地形と構成地質

対象としたのは、2012 年九州北部豪雨の際に土石流が堆積した斜面のうち、カルデラ西端の立野地区（カルデラを横断する溪谷斜面だが、カルデラ斜面に含める）、カルデラ北東部の野中・宮川地区、カルデラ東部の坂梨地区の砂防えん堤の掘削のり面、手野地区の河道脇の露頭（計 5 箇所）である。立野地区では、熊本地震と、2 ヶ月後の豪雨により斜面崩壊が相次いで発生した。砂防えん堤は、いずれも谷口の山麓緩斜面または沖積錐を掘削して建設されており、周囲の緩斜面上には、径 5m を超える岩塊が見られることがある。

3. 崩壊堆積物の層相

砂防えん堤掘削のり面には、主として厚さ数 m 以上の基質支持型の角礫層が分布しており、径 1m を超える巨礫をしばしば含むが、坂梨地区では礫の少ない泥流堆積物状の層相を呈する。これらはいずれも、カルデラ斜面からもたらされた土石流または泥流堆積物からなり、古土壌やテフラを挟在することがある。

立野地区では、厚さ約 6m の礫層が分布しており、挟在する古土壌を境として、上位から 1～6 層の計 6 層に細分可能である（図 1）。6 層の上部には、AT と思われるガラス質火山灰が挟在する。このうち、最上位の 1 層は、2012 年九州北部豪雨による土石流堆積物の可能性がある。

坂梨地区では、K-Ah と思われるガラス質火山灰を含む土層を数 m 以上侵食したチャネルを埋

める、厚さ約 5m の礫層～礫混じりシルト層が分布し、古土壌とチャネルを境界として上位から 1～7 層の計 7 層に細分可能である（図 2）。このうち、7 層には K-Ah、4 層の上部には KsS（杵島岳スコリア）、3 層の上部には OjS（往生岳スコリア）と思われるテフラを挟在する。最上位の 1 層は、2012 年九州北部豪雨による土石流堆積物と判断される。

野中地区では、厚さ 5m の礫層が分布し、挟在する 2 枚の古土壌を境界として上位から 1～3 層の計 3 層に区分可能である。2 層の上端付近には、K-Ah と思われるガラス質火山灰が挟在する。手野地区では、炭質物を挟在する礫層の上位に、陶器片を含む盛土層が分布する。宮川地区では、黒ボク土の下位に、厚さ約 5m 以上の礫混じりローム層（降下スコリアを含む）が分布する。



図 1 立野地区における崩壊堆積物の層相

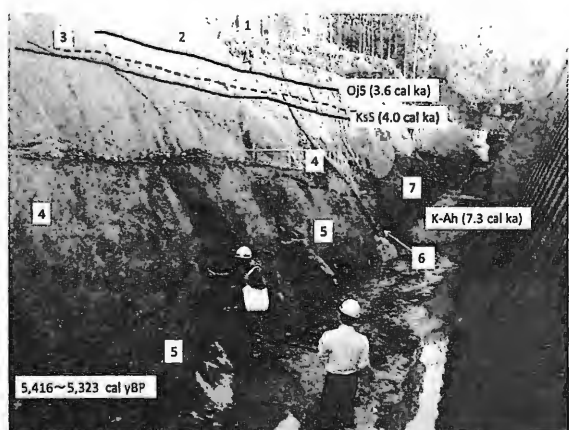


図 2 坂梨地区における崩壊堆積物の層相

表1 阿蘇カルデラ斜面の流域ごとに見た崩壊発生時期の一覧
○は崩壊発生が確認されたもので、2012年九州北部豪雨では全流域で発生した。崩壊発生年代は、今回測定した古土壌・炭質物の ^{14}C 年代値とK-Ahの年代値を用いて8つの時期に区分した。

崩壊発生年代	立野	坂梨	野中	手野	宮川
AD. 2012	○	○	○	○	○
3.6 cal ka ~ AD. 2012	↑	○	↑	○	
4.0 cal ka ~ 3.6 cal ka		○	1回		
5.4 cal ka ~ 4.0 cal ka		○	↓		
7.3 cal ka ~ 5.4 cal ka	3~4回	2回			○
11 cal ka ~ 7.3 cal ka	↓	↑	○		
21 cal ka ~ 11 cal ka		↑	↑		
26 cal ka ~ 21 cal ka	○	1回	1回		
~26 cal ka	○	↓	↓		

3. 年代測定試料と結果

角礫層の堆積年代を推定するため、古土壌ならびに炭質物を採取した。立野・坂梨地区では古土壌を2層準、野中地区では古土壌を1層準、手野・宮川地区では炭質物を1試料ずつの計7試料についてAMS ^{14}C 年代測定を行った(2 σ で表記)。

立野地区では、4層と5層の境界にある古土壌が21,731~21,226 cal yBP、5層と6層の境界にある古土壌が26,229~25,880 cal yBPとなった(図1)。坂梨地区では、5層最上部の古土壌直下の炭質物が5,416~5,323 cal yBP、3層最上部の古土壌が3,984~3,845 cal yBPとなった(図2)。野中地区では、2層と3層の境界の古土壌が10,786~10,582 cal yBP、手野地区の炭質物は3,830~3,682 cal yBPとなった。宮川地区の炭質物は6,654~6,490 cal yBPとなった。

4. 斜面崩壊・土石流の発生頻度の推定

角礫層は、カルデラ壁の斜面基部に分布する山麓緩斜面・沖積錐を構成することと、その層相から、土石流ないし泥流として流下・堆積した崩壊堆積物と考えられる。得られた年代値は、山麓緩斜面・沖積錐を形成した大規模な崩壊堆積物の堆積年代を示す。ただし、崩壊の誘因が地震か豪雨かについては、現状では特定困難である。

立野地区では、過去約3万年間に、古土壌を介して堆積した崩壊堆積物が、少なくとも6層分布しており、この間の平均的な崩壊発生間隔は数千年に1回となる。坂梨地区では、K-Ahの堆積後に形成されたチャネルを埋める6層の崩壊堆積物と、K-Ahを含む1層の堆積物、あわせて7層が確認されたことから、この間の崩壊発生頻度は、およそ1,000年に1回程度と見積もられる。

野中地区では、約1万年間に3層の崩壊堆積物が分布しており、この間の発生頻度は数千年に1回となる。手野・宮川地区では古土壌による細分ができず、測定結果も1試料のみであるが、いずれも完新世の値を示す。

年代値とテフラを用いて崩壊発生時期を推定した(表1)。3.6 cal ka ~ AD. 2012間に発生した崩壊は、坂梨と手野で1回ずつ確認された。7.3 cal ka ~ 5.4 cal ka間に発生した崩壊は、坂梨で2回、宮川で1回、それぞれ確認された。年代的に近接したこれらの崩壊は、同一の誘因で発生した可能性もあるが、得られた年代値からは、これ以上の特定は困難である。このほか、立野と野中では、複数回発生した崩壊の発生時期が特定できず、同時発生かどうかの議論はできない。

以上のように、今回検討した小流域ごとにみたカルデラ斜面における崩壊発生頻度は、 10^3 年に1回のオーダーと見積もられる。このうち、いくつかの崩壊は、同一誘因による同時発生の可能性もあり得る。逆に、もしすべての崩壊が異なる誘因で発生したとすると、過去約3万年間で少なくとも15~16回の崩壊が発生したことになる。

今回の検討では、古土壌の形成を伴わない短い時間間隔で発生した崩壊や、堆積後の侵食で堆積物が失われた崩壊は、堆積物から識別することができない。立野地区の隣接溪流では、江戸時代中期に16名の犠牲者を出した崩壊が発生した履歴もある(西山ほか, 2014)。これらを加えた実際の崩壊発生頻度は、今回の見積もりより高頻度と考えられる。

引用文献 西山ほか(2014)熊本自然災害研究会研究発表会要旨集, pp.45-50.

群列ボーリング調査と地中レーダ探査による伏在活断層の活動履歴の検討 —大分平野西部の府内断層の例—

中西利典（京都大）・木村治夫（電中研）・松山尚典（応用地質）・ホン ワン（KIGAM）・

堀川義之（元福岡大）・越後智雄・北田奈緒子（地域地盤環境研）・竹村恵二（京都大）

Toshimichi NAKANISHI, Haruo KIMURA, Hisanori MATSUYAMA, Wan HONG, Yoshiyuki HORIKAWA, Tomoo ECHIGO, Naoko KITADA, Keiji TAKEMURA

1. はじめに

第四紀研究から防災・減災へのアプローチの一例として、大分平野西部の人口密集域に伏在する府内断層に関する研究事例を紹介する。同地域の沿岸低地において伏在活断層の活動履歴を評価する場合、それらを記録する地層が厚い上に、地下水位が高いので、トレンチ調査を実施することが難しい。そのため、文部科学省の「別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測」の一環として、断層直近において群列ボーリング調査を実施して得られた堆積物コア試料を分析した。また、コア間の地質構造を可視化するために、断層を横断する道路2測線において地中レーダ探査を実施した。これらの結果を総合的に解釈することによって府内断層の活動履歴を評価した。

2. 調査地点と研究手法

大分市城崎町で10~20 m長の0FC-14~20 コアを掘削した（文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科、2017）。この掘削地点は府内城の堀と築城時の河口低地との間に築かれた帯曲輪にあたり、千田ほか（2003）の群列ボーリング調査結果を参考にして府内断層を横断する測線上に配置された。同コアの岩相、岩相境界の特徴、堆積構造、粒度、構成粒子の支持様式、含有物、色調を検討した。断層を挟んだ地層の堆積環境を比較するために、測線両端の0FC19-20 コアから各4試料の珪藻化石の群集組成を検討した。一方、0FC14及び17、19-20 コアから合計21個の放射性炭素（¹⁴C）年代値を韓国地質資源研究院（KIGAM）において測定して、堆積物の形成年代を推定した。

また、大分市千代町と城崎町の府内断層を横断する測線で地中レーダ探査を実施した。探査には、カナダ Sensors & Software 社の pulseEKKO PRO を用いて、プロファイル測定法およびワイドアングル測定法によってデータを取得した。

3. 府内断層の最新活動時期と活動間隔

府内断層の低下側では400 cal BP（350~300 BP）頃の植物片を含んだ厚さ数10 cmの泥層が標高-0.5~1.0 mに連続的に分布することが確認された。一方、断層の上昇側の0FC20 コアの標高0.7 mにも泥層が認められるが、そこから採取された植物片は800 cal BP（850 BP）頃の値を示した。低下側の泥層には淡水生の珪藻化石が60~80%

程度含まれるが、上昇側には40%しか淡水生種は含まれず、汽水生種が卓越する。このように府内断層を挟んで堆積年代と堆積環境が異なる泥層がほぼ同じ標高に分布しており、こうした構造が形成されたのは800~400 cal BPの間と考えられる。また、断層の上昇側の泥層がより深い堆積環境の珪藻化石群集組成を示すので、800 cal BP以降に隆起したことが示唆される。

一方、2000~2200 cal BP（2000~2200 BP）の植物片を含んだ厚さ2~4 mの泥層が標高-4~-8 mに連続的に分布していることを確認した。この泥層も珪藻化石群集組成が断層を挟んで異なっており、低下側では淡水生種が60~80%程度含まれるが、上昇側には淡水生種は50%程度しか含まれず、汽水生種が多く含まれる。0FC19および20 コアの標高-4~-8 mの泥層の上面標高は3~4 m異なっており、両者の珪藻化石群集組成は上位にある0FC20 コアの方が海水の影響が大きい。このように2000 cal BP以降に少なくとも3~4 mの上下変位を生じさせた古地震が推定できる。この変位を示唆する構造は、地中レーダ探査でも可視化され、先述した最新活動を認定した層準よりも明らかに大きいズレが認められる。そのため、府内断層の古地震の再来間隔は少なくとも1200年程度であると推定される。

4. まとめ

大分平野西部において、上位から人工盛土、デルタプレーン、デルタフロントの堆積物を認定した。デルタプレーン堆積物に挟在する厚さ数10 cmの泥層の堆積環境と年代の相違を根拠にして、府内断層の最新活動時期を800~400 cal BPの間と推定した。この古地震イベントは西暦1596年の慶長豊後地震に相当する可能性がある。一方、デルタフロント堆積物の上部に挟在する厚さ2~4 mの泥層の堆積環境と年代の相違と構造を根拠にして、2000 cal BP以降に少なくとも3~4 mの上下変位を生じさせた古地震を推定した。これらをまとめると府内断層の古地震の再来間隔は少なくとも1200年程度であったと考えられる。

引用文献：千田ほか（2003）活断層研究，23，93-108。文部科学省研究開発局・京都大学大学院理学研究科（2017）別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 平成28年度成果報告書，印刷中。

開聞岳貞観 16 年 (874 年) 噴火災害の様相とその対応

成尾英仁 (伊集院高)・鎌田洋昭・中摩浩太郎・渡部徹也・西牟田瑛子 (指宿市教委)

Hidetaro NARUO, Hiroaki KAMADA, Kotaro NAKAMA, Tetuya WATANABE and Eiko NISHIMUTA

Aspect of volcanic disaster and human response in the Jogan 16 years eruption (AD874) of Kaimon-dake volcano.

1 開聞岳貞観 16 年 (874 年) 噴火

開聞岳貞観 16 年 (874 年) 噴火の経過は「日本三代実録」に記録されている。それによれば噴火は 3 月 4 日 (旧暦) 夜に発生し、翌日も噴火が続き火山灰が降り積もった。夕方近くに降雨があり、火山泥流・土石流が発生し川が土砂で埋まったと記されている。

藤野・小林 (1997) によると、初期には灰色の赤色岩片を含むスコリア (Km12a1) を噴出し、引き続き粘土質火山灰 (Km12a2) を噴出したが、いずれの噴出物も開聞岳から西方へ分布する。その後、発泡良好な黒褐色・黄褐色の軽石 (Km12a3) を噴出し、最後に最大規模の噴火が発生し類質岩片を多く含むスコリア・火山灰 (Km12a4) を噴出し、大隅半島に至る東方に広く堆積した。

2. 噴火災害の様相

(1) 橋牟礼川遺跡

国指定史跡指宿橋牟礼川遺跡 (以下、橋牟礼川遺跡) は開聞岳東方 12.5km にあり、Km12a3, 4 分布のほぼ主軸上に位置する。ここでは Km12a3 が数 cm~10cm の厚さで堆積し、その上に Km12a4 が 30cm~80cm の厚さで堆積する。このため記録されたように畠・道路は埋没し、樹木の葉は損壊し落葉した。また、降雨の影響により遺跡西側山地で土石流が発生し、河川は巨礫・火山噴出物で埋没した。これが記録された「河水和沙」に対応すると考えられる (指宿市教育委員会, 2016)。

発掘された平地式家屋跡では、降雨による水を含んで粘着性を増したスコリア・火山灰からなる Km12a4 が、屋根に厚く積もっている。家屋外に堆積した噴出物は降雨と混じって泥水となり、家屋内に侵入し約 30cm の厚さで堆積した。その後、家屋は降り積もった Km12a4 の重さに耐えきれず、最終的には横方向へ倒壊した。

(2) 敷領遺跡

敷領遺跡は開聞岳北東約 13km にあり、主軸からやや外れる。Km12a3, 4 が堆積するが、全層厚は約 30cm と薄い。敷領遺跡では埋没した水田跡・畠跡・家屋跡等が検出され、874 年段階の班田制の実態、集落構造を知ることができる。

遺跡ではこれまで 3 基の埋没建物跡が発掘されている。平成 26 年 (2014) の発掘では、中央にカマドと石組炉を設けた埋没建物跡が良好な状態で検出された (指宿市教育委員会, 2015)。

この建物跡の被災過程は次のようであった。屋根に降下した Km12a3 は、屋根に降り積もること

なく軒下に落下した。その後、Km12a4 が屋根に 20cm 程度堆積したが、建物は倒壊することにはなかった。Km12a4 の堆積途中に建物内に火山泥流に伴うシルトが流れ込み、約 10cm の厚さで堆積した。さらに、建物内には山地側で発生した土石流に起因すると推定されるシルト・砂が流入し、約 20cm の厚さで堆積し完全に埋没した。建物内には完形の土器が残され、カマドにも土器がそのまま置いてあった状況から、噴火に際し生活用具を放棄し避難したと推定される。

3. 噴火災害への対応

貞観 16 年噴火に人々がどう対応したかは、開聞岳からの距離、主軸からの距離により異なる。開聞岳から約 5km と最も近い慶固遺跡では、広幅の畝を持つ畠が検出されたが、貞観 16 年噴出物に厚く覆われ、復旧されることなく放棄された。

橋牟礼川遺跡に近い小田遺跡では貞観 16 年噴出物に覆われた棚田と畠が広範囲で検出されたが、ここも復旧された形跡はなく放棄されている。

橋牟礼川遺跡でも生活基盤となるものすべてが埋没したが、それらを復旧した痕跡、もしくは復旧しようと試みた痕跡は未発見である。橋牟礼川遺跡では貞観 16 年噴出物の上からは鎌倉時代以降の遺物しか出土しておらず、この間は復旧を断念し他所へ移動したものと推定される。

敷領遺跡では建物縁辺や水田の大畦で、貞観 16 年噴出物を除去しようと試みた痕跡が検出されているが、その範囲は狭く復旧を断念している。

同様に平成 26 年 (2014) の発掘で検出された埋没建物内部には、流れ込んできた泥流起源のシルト・砂層が掘り出された痕跡がある。これが災害復旧目的であったのか、生活用具探索の目的であったかは不明であるが、人々が災害に際して何らかの働きかけをしたことは確実である。しかし、敷領遺跡でも鎌倉時代になるまで生活の痕跡が無く、最終的には放棄されたと推定される。

指宿市北部に位置する揖宿神社は貞観 16 年噴火で開聞神社が被災し遷座したとされ、北部の宮ヶ浜周辺が中世~近代に指宿の中心地となった理由の一つには、貞観 16 年噴火であった可能性がある。

文献

藤野・小林 (1997) 火山 42 195-211

指宿市教委 (2015) 平成 26 年度確認調査報告書

指宿市教委 (2016) 橋牟礼川遺跡総括報告書

三陸海岸における津波堆積物研究

石村大輔（首都大学東京）

Daisuke ISHIMURA: Tsunami deposit research on the Sanriku Coast, northeast Japan

1. はじめに

2011 年以前の三陸海岸における津波堆積物研究は、文部科学省による「宮城県沖地震における重点的調査観測」の一連の研究と津波石に関する研究がおもなものであった。三陸海岸は、津波襲来の頻度が高く、その規模も大きく、さらに歴史記録が残っている地域ではあるが、仙台平野や石巻平野と比べて津波堆積物の調査適地とは言えなかった。そのため、歴史津波に対比される津波堆積物やより古い時代の津波の履歴情報は不十分であった。

2011 年東北地方太平洋沖地震以降、津波履歴情報の重要性が認識され、東北地方太平洋岸だけではなく、全国で津波堆積物調査が進められてきた。2011 年以降の三陸海岸における津波堆積物研究は発表者の一連の研究（Ishimura, 2017; Ishimura and Miyauchi, 2015, 2017; 石村ほか, 2015）と平川（2013）、Goto et al., (2015)、岩手県による調査（高田ほか, 2016）などが挙げられる。しかし、長期間の津波履歴は未だ十分に把握・整理されておらず、北海道や仙台平野との対比も十分に行われていない。

本発表では、津波堆積物に基づく三陸海岸における過去数千年間の津波履歴について、筆者の一連の研究について述べる。

2. 岩手県山田町小谷鳥

小谷鳥では、トレンチ調査（Ishimura and Miyauchi, 2015）、ボーリング調査（石村ほか, 2014）、ハンディジオスライサー調査（石村ほか, 2015）を行った。本地点では、約 4000 年前以降の湿地堆積物中に 11 層の津波堆積物（2011 年の津波堆積物を含む）が見出された。Ishimura (2017) では、複数の年代測定に基づき年代の再検討を行い、より確度の高い歴史津波との対比と歴史記録以前の津波堆積物の年代値推定を行った。これらの年代値から小谷鳥の津波堆積物の多くは高田ほか（2016）で報告されている岩手県内の津波堆積物と対比される可能性が高い。

本地点は浜堤の高度から遠地津波による浸水は期待されないため、近地津波の履歴が津波堆積物に反映されている可能性が高い。今後は、他地域との津波堆積物の対比および津波堆積物の特徴（層厚、粒径など）に基づく規模推定を目指す予定である。

3. 宮城県南三陸町大沼

大沼では、トレンチ調査、ボーリング調査、ハンディジオスライサー調査を行った（Ishimura and Miyauchi, 2017）。本地点では、2011 年の津波の際に第一波が丘陵を超えて北岸から侵入し、その後に南岸から津波が侵入した場所である。調

査の結果、約 1300–6000 年前の間に複数の津波堆積物が認められた。それら津波堆積物は構成物に基づき 2 種類に分けられる。一つは、淘汰の良い砂層、もう一方は粘板岩の扁平礫を多く含む礫層であった。Ishimura and Miyauchi (2017) では、それら 2 種類の津波堆積物の供給源の違いに着目して、砂層は南岸（海側）の浜堤・砂丘を起源にする堆積物、礫層は丘陵を隔てた北岸の礫浜を起源にする堆積物と解釈し、2 種類の津波堆積物は規模の異なる津波を反映しているとした。

このように 2011 年の津波の挙動や津波堆積物を例とし、過去の津波堆積物を解釈することで過去の津波の規模を推定することができた。また、沖積層の基底に達するボーリング調査を実施し、堆積相、微化石、大型化石に基づく完新世の堆積環境を復元した。それによって完新世における津波堆積物の保存ポテンシャルを評価することができた。今後はより確度の高い年代推定を実施し、他地点との対比を進める予定である。

4. 2011 年以降の調査から得られた知見

2011 年以降の三陸海岸の津波堆積物調査から、従来は津波堆積物研究の調査適地とされなかった三陸海岸でも、津波堆積物が複数見出され、津波堆積物の保存ポテンシャルが高い地点があることがわかってきた。いずれの研究も三陸海岸の地形を考慮して調査を行い、地域に応じた事前の場所選定が重要だったと考えられる。また、Ishimura and Miyauchi (2017) にあるように津波堆積物の保存ポテンシャルを検討することは、得られた津波堆積物の信頼度や地層欠損の可能性を考慮する上で重要だと考えられる。このような地形学に基づいた調査地点選定や表層のみではなく深い深度の堆積物も含めた津波堆積物の議論が今後必要となってくると思われる。さらに複数地点の津波堆積物の対比方法や年代値の評価方法など、調査数が増加したことによる新たな課題の解決も求められている。

引用文献：Goto, T., Satake, K., Sugai, T., Ishibe, T., Harada, T., Murotani, S. (2015) *Marine Geology*, 367, 105–117. 平川一臣 (2013) 小泉・赤坂編「自然景観の成り立ちを探る」124–171. Ishimura, D. (2017) *Geoscience Letters* 4, 11. Ishimura, D., Miyauchi, T. (2015) *Progress in Earth and Planetary Science*, 2, 16. Ishimura, D., Miyauchi, D. (2017) *Marine Geology*, 286, 126–139. 石村大輔・市原季彦・阪田知洋・大畑雅彦・高田裕哉 (2015) 活断層研究, 43, 53–60. 高田圭太, ほか 11 名 (2016) 活断層・古地震研究報告, 16, 1–52.

鍾乳洞に記録された大規模地震と津波

吉村和久（九大 RI センター）・石原与四郎（福岡大理）・山内平三郎（沖縄鍾乳洞協会）・島袋綾野（石垣市教委）・片桐千亜紀（沖縄県埋文）・能登征美（九電産業（株））・天日美薫（九環協）
Kazuhiya YOSHIMURA, Yoshiro ISHIHARA, Heizaburo YAMAUCHI, Ayano SHIMABUKURO, Masami NOTO, Yoshika TENNICH: Big earthquake and tsunami events recorded in limestone caves

1. はじめに

鍾乳石は陸域の古環境記録データベースとして注目を浴びてきた。中国の複数の石灰洞から採取した鍾乳石、特に石筍の酸素同位体比の変化から過去約 22 万年間のアジアモンスーンの強度変化を復元した Wang ら(2001)の研究以降、鍾乳石を用いた研究はますます盛んになってきた。さらに、水に含まれた微量成分や同位体が鍾乳石中に取り込まれるため、鍾乳石に含まれる微量元素濃度や炭素安定同位体比を用いると、鍾乳石が生成した当時の植生およびその変化などの古環境情報を抽出することができる (Ford & Williams, 2007; 栗崎ほか, 2006; Kurisaki & Yoshimura, 2008; Uchida et al., 2013; 吉村, 2013)。

鍾乳洞には大規模イベントも保存される。本講演では、大規模イベントとしての地震および津波情報に関して概説し、さらに我々が得た最新の成果を紹介する。

2. 鍾乳石の時間軸

ウランは $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ 、 $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$ の炭酸錯イオンを形成してカルスト地下水に溶解するため、滴下水を通じて鍾乳石中に取り込まれるが、トリウムは水に不要な水酸化物 $\text{Th}(\text{OH})_4$ を形成するので滴下水には溶存せず鍾乳石中には存在しない。また、U 同位体は ^{238}U の壊変の際の α 反跳により放射能比 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 1$ の娘核種過剰状態にある。従って、鍾乳石中ではウラン系列同位体に関して放射非平衡となっており、鍾乳石の絶対年代の決定が可能になる (Ford & Williams, 2007)。

一方、滴下水に含まれる植物の分解生成物の一つであるフルボ酸のような蛍光性有機化合物は、その濃度の季節変化を反映して蛍光年縞を形成する。したがって、現在成長中の鍾乳石を用いて蛍光顕微鏡下年縞を計数すると、鍾乳石の任意の部位の絶対年代を直接見積ることができる (Shopov et al., 1994; Ford & Williams, 2007; Kurisaki and Yoshimura, 2008)。

3. 鍾乳洞への大規模地震の痕跡をよむ

世界各地の地震多発地域において、洞窟の中の崩落礫や崩落鍾乳石上に成長する石筍の U-Th 年代から、崩落した時期が明らかにされ、歴史史料記録と良く一致することが示されてきた。鍾乳石の破損状況や鍾乳石（特に石筍）中に観測される成長方向の変化、黒色の年縞などが地震によるものとされている (Forti, 1997; Becker et al., 2006; Akgoz & Eren, 2015)。

4. 鍾乳石から大規模津波の痕跡をよむ

大規模津波の痕跡を鍾乳洞から直接読み取る

試みは少ない。山田・加藤(2013)は、2011 年 3 月 11 日の東北太平洋沖地震による大津波が流入した気仙沼の海岸付近の洞窟の調査を行い、鍾乳石の津波履歴の記録媒体としての可能性について考察を行っている。津波によりもたらされた泥、枯葉、海藻片などの付着や海塩由来成分が直接的に痕跡を残す場合と、洞内に滴下水を供給する石灰岩体やその上位の土壌層に残存した海塩由来成分が滴下水を通じて供給される場合と、塩害による植生変化による鍾乳石の炭素同位体変化を、鍾乳石に残された津波痕跡の候補として挙げている。

5. 石垣島白保竿根田原洞穴に残された大規模津波の痕跡

5.1 白保竿根田原洞穴と大規模津波

琉球列島各地には津波石が分布する。とくに、1771 年 4 月 24 日に明和地震による津波が発生し、それに伴って陸上まで運ばれた津波石がよく知られている (後藤・島袋, 2012)。また、宮古島から石垣島に及ぶ大規模津波が約 2000 年前に起きたことも、津波石等の年代測定結果から明らかにされており、沖縄先島津波と名付けられた (河名・中田, 1994; Goto et al., 2010)。

石垣市白保の新石垣空港敷地内には、旧石器人骨を含む多くの遺物が発掘された白保竿根田原洞穴遺跡がある。我々は、沖縄県埋蔵文化財センターによる白保竿根田原洞穴遺跡調査の一環として、石筍による古環境復元を行ってきた (沖縄県埋蔵文化財センター, 2017)。

5.2 白保竿根田原洞穴遺跡 II 層の津波堆積物

遺跡は、上流側から C1 洞、C 洞、E 洞と呼ばれるケイブシステムの C1 洞の下流部に位置する (図 1)。遺跡には後期更新世から近代までの堆積物が存在し、下位から IV~I 層と区分されてい

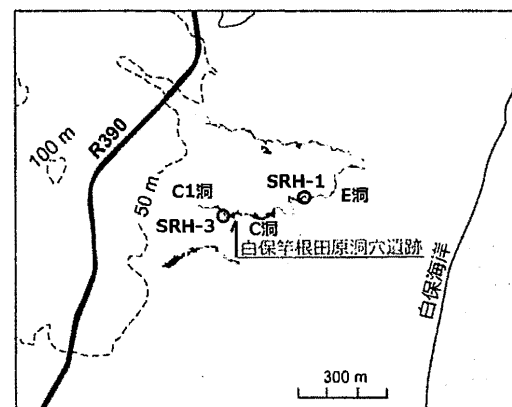


図 1. 石垣島白保竿根田原洞穴石筍採取地点

る。堆積物は洞窟外から供給された細粒のものと洞窟空間の崩壊に由来するものが大半であるが、II層は礫質でサンゴ片、貝などの海棲生物の遺骸を多く含んでおり、洞窟遺跡に流れ込んできた津波堆積物である。遺跡では標高 31~29.5 m 付近に分布するが、流入口は約 40 m にあったと推定される。炭質物の ^{14}C 年代からは、沖縄先島津波に対比可能な約 2000 年前のイベントによるものと考えられる。

5.3 鍾乳石に残された大規模津波の痕跡

鍾乳石に含まれる微量元素濃度や安定同位体比を用いると、鍾乳石が生成した当時の古環境情報を抽出することができる。大規模津波の影響を受けたとすると、鍾乳石には次のような変化を与えることが考えられる。

(i) 炭素同位体比：津波が到達したことにより森林から草原や荒地に植生が変化した場合、 C_4 植生の比率が増加しそれに伴い炭素同位体比が増加する。その後、森林が回復して C_3 植物優勢となると炭素同位体比が減少する。

(ii) Mg/Ca 比：森林から草原や荒地に変化した場合、植物バイオマスが減少し、植物が使わなかった Mg が地下水へ移動するために Mg/Ca 比が増加する。ただし、大規模津波の際に森のバイオマスが運び去られた場合、 Mg/Ca 比は増加しない可能性もある。森林に回復する過程で Mg/Ca 比は減少する。津波が到達して礁構成物や礁湖堆積物が津波堆積物として洞窟直上の地表を被った場合、 Mg -方解石からの Mg の溶脱が起き得る。この場合、 Mg/Ca 比が増加することになる。したがって、それぞれの寄与率に依存して Mg/Ca 比は異なる挙動を示すことも予想される。

(iii) Sr/Ca 比：琉球石灰岩に比べてアラゴナイトからなるハマサンゴ等の Sr 含量は高く、 Sr/Ca 比はサンゴ礁由来の堆積物が津波によりもたらされた確かな証拠となり得る。

図 1 の 2 地点から石筍を採取した。SRH-1 石筍はケイブシステムの下流側の E 洞から採取したもので、洞窟の地表標高約 30 m、石筍の標高 12

m に位置し長さ 92 cm であった。SRH-3 石筍は遺跡の上流側の C1 洞（地表標高約 40 m 以上、石筍の標高 25 m）から採取したもので、長さ 33 cm である。

標高が低く上述の 2 度の大規模津波を経験したと考えられる SRH-1 石筍について、フルボ酸蛍光年縞により得られた時間軸をもとに、炭素同位体比、 Mg/Ca 比、 Sr/Ca 比の変動を図 2 に示した。 Sr/Ca 比には 2 回の津波の影響がスパイク状に記録されており、津波堆積物としてのサンゴ礁由来物質の存在を支持した。一方、炭素同位体比には約 700 年前、 Mg/Ca 比には約 1200 年と 500 年前にも変動が記録されていることがわかったが、 Sr/Ca 比にはそれは反映されていない。

SRH-3 石筍にも同様の挙動が記録されているのが明和地震以降である。 Mg/Ca 原子比が増加するとともに、炭素同位体比は -13‰ から +1‰ まで大きく変化した。石垣市史 (1994) によると、白保には明治以前から上牧と下牧に牧場があり、牧草としてはカヤを主体としてススキ、アスラ、ハマカズラ等の天然生の雑草を用いたという記録がある。おそらくこのような牧草地あるいは荒地として C_4 植物が優勢な植生が続いた可能性が高い。

引用文献：Akgoz & Eren (2015) *Cave Karst Studies*, 77, 63-74. Becker & Davenport (2006) *J. Seismol.*, 10, 371-388. Ford & Williams (2007) *Karst Hydrology and Geomorphology*, Wiley. Forti (1997) *Cave Minerals of the World*, NSS. Goto et al. (2010) *Island Arc*, 19, 412-426. 後藤・島袋 (2012) 科学, 82, 208-214. 石垣市史編集委員会 (1994) 石垣市史各論編 民俗上, 510-511. 河名・中田 (1994) 地学雑誌, 103, 353-376. 栗崎ほか (2006) 地球化学, 40, 245-251. Kurisaki & Yoshimura (2008) *Anal. Sci.*, 24, 93-98. 沖縄県立埋蔵文化財センター (2017) 白保竿根田原洞穴遺跡—重要遺跡範囲確認調査報告書 2—。Uchida et al. (2013) *Chem. Geol.*, 347, 59-68. Wang et al. (2001) *Science*, 294, 2345-2348. 山田・加藤 (2013) 洞窟学雑誌, 38, 37-51. 吉村 (2013) 地球, 35, 572-576.

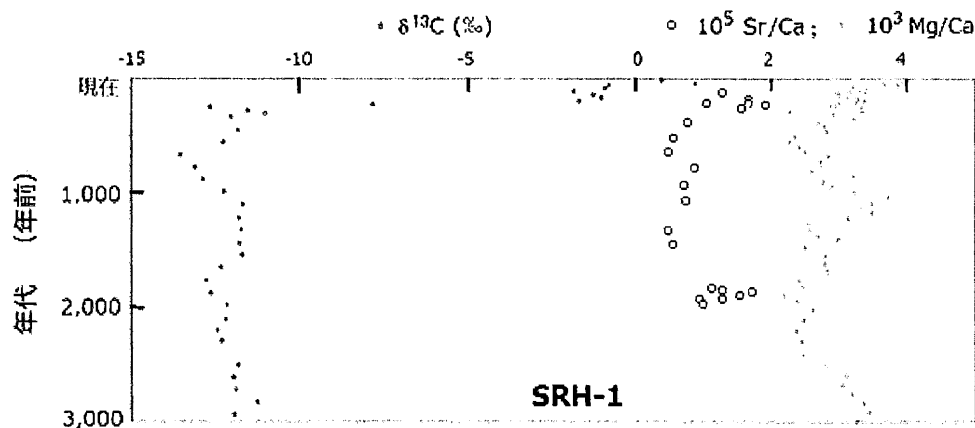


図 2. SRH-1 石筍に記録された炭素同位体比、 Mg/Ca 比、 Sr/Ca 比の変動

津波堆積物の数値モデリングと地震・津波像の復元

菅原大助（ふじのくに地球環境史ミュージアム）

Daisuke SUGAWARA: Numerical modeling of tsunami deposits for reconstruction of paleo-earthquakes

1. はじめに

地震・津波リスクの長期評価において津波堆積物の果たす役割は大きい。日本における最古の文字記録は 1300 年余前であるが、津波堆積物は 7000 年以上前のものが知られている。津波堆積物からは、地震・津波像（年代や震源・波源域、浸水域を始めとした各種のハザード情報）を読み取ることができると考えられている。本発表では、東北地方における古津波堆積物研究の経過と現状を踏まえ、古地震・津波像の解明において、津波堆積物の数値モデリングをどのように適用していくかについて検討する。

2. 津波堆積物の数値モデルの現状と課題

現在の津波土砂移動数値モデルは、適切な波源モデルと地形データを用いることで、土砂の侵食・運搬・堆積の過程を巨視的には概ね追跡できるようになった。例えば仙台湾の海岸平野では、2011 年の東北沖津波において、海底の砂が津波堆積物の主な供給源でなかったことが明らかにされたが、砂移動の数値解析は、津波来襲に伴う海底からの砂の巻き上げは僅かで、陸上津波堆積物のほとんどは海浜・浜堤に由来することを再現している（Sugawara et al., 2014）。また、高解像度の地形データを使った解析は、砂層の分布と浸水域の乖離や、層厚の局所的な変化を捉えることを可能にした（図. 1）。三陸海岸の広田湾では、深淺測量データに基づいて推定された津波前後の地形変化量（ $1.9 \times 10^6 \text{ m}$ の侵食）が、数値解析によって同じオーダー（ $2.1 \times 10^6 \text{ m}$ の侵食）で再現された（Yamashita et al., 2016）。海浜の侵食過程の解析結果も、空撮映像の分析と概ね一致しているようである。

今のところ、津波土砂移動の数値モデルは、様々な大きさの粒子で構成される津波堆積物の複雑な構造を再現するほどの性能は有していない。津波堆積物の水平・鉛直方向の粒度変化、押し波・引き波に対応するユニット構造などの堆積学的特徴を数値解析で再現できるようになれば、利用可能なデータの量に限りがある古津波堆積物の研究において、個々の堆積物データから、津波の特徴に関するより多くの情報を取り出せるようになると考えられる。数値解析と堆積物観察・分析結果の定量的な比較においては、近年行われた、実スケールに近い条件の水理実験データの活用が期待される（Yoshii et al., 2015）。

3. 東北地方の古津波堆積物研究

東北地方の古地震・津波の調査研究は、地域的な地震・津波リスク評価の他に、2011 年東北沖

地震・津波と対比可能であるという点において意義があり、津波堆積物から地震像・津波像について何が分かるかという根本的な問いについて、他の地域にも適用できる知見をもたらすと考えられる（図. 2）。仙台湾から常磐海岸にかけての沿岸では、1990 年頃から古津波堆積物の調査が行われ、特に 869 年貞観地震の津波堆積物については多くのデータの蓄積があった。仙台湾では、貞観当時の海岸線から最大 3 km まで津波堆積物が分布することが明らかにされた。2000 年頃からは、数値解析による地震像の検討も進められ、仙台湾沖の断層が津波の波源として可能性が高いと認識されるようになった（Minoura et al., 2001）。その後、常磐海岸（相馬、南相馬、浪江）で確認された津波堆積物の分布も考慮した結果、仙台湾沖の波源域に Mw 8.4 の地震が推定された（図. 2；佐竹ほか、2008）。当時の宮城県沖地震の想定と比較すると一回り大きい地震像であったが、津波堆積物の分布の北限・南限は不明で、地震・津波像が確定していたとは言えなかった。近年、岩手県沿岸では大規模な津波堆積物調査が行われ、各地で貞観津波や 1611 年慶長津波に対比される砂質のイベント堆積物が確認されている（高田ほか、2016）。これまでのところ、貞観津波堆積物の分布の北限は三陸海岸北部の青森県との県境付近に達している。新たなデータを踏まえた波源域の見直しは、今後取り組むべき課題である。

東北沖地震による砂質津波堆積物の分布と浸水域の大幅な乖離（約 60 %）を踏まえ、従来の貞観地震・津波の規模は過小評価であった可能性が指摘されるようになった（Goto et al., 2011）。東北沖津波のデータを基に、津波堆積物の分布限界位置における津波の水理量の関係が推定され、貞観地震の規模は Mw 8.6 に修正することが提案されている（Namegaya and Satake, 2014）。東北沖津波における堆積物と水理量の関係が、古津波に対して同様に適用できるかどうかは不明である。砂移動が陸上の微地形に大きく影響を受けることを考慮すると、砂の分布と浸水域の乖離の程度は、古津波においては異なっていた可能性も考えられる。

4. 古地震・津波像の復元

東北沖津波では、地形データに関する不確実性は小さく、津波波源も各種観測データに基づいて精緻に推定されているため、数値解析で津波氾濫・土砂移動を概ね再現できている。逆に、適切な地形データが利用可能でない場合、解析結果は大きな不確実性を含むと予想される。貞観津波に

関する従来の研究では、仙台湾沿岸では浜堤列の形成年代が明らかにされ(松本, 1984)、当時の海岸線の位置を推定した上で津波氾濫の数値解析を行うことができた。古津波堆積物の数値解析では、海岸線の推定だけでは十分ではなく、浜堤の高さや河道・湖沼の分布、地表起伏、植生分布の推定が必要になってくると考えられる。津波堆積物の調査では、古環境の総合的な復元のためのデータも収集することが望ましいが、古い時代の地震・津波イベントほど、復元の困難さが増すと考えられる。

津波像の復元は津波堆積物研究の大きな目的の一つであるが、津波像の復元が地震像の解明を意味するかどうかについては議論がある。東北沖地震の特徴は複雑な断層破壊過程であり、プレート境界の大滑りに海溝軸付近の超大滑りが重なることで、長周期の津波に短周期大振幅の津波が重畳した。これまで、貞観地震はプレート境界断層の大滑りとしてモデル化されてきた。Satake et al. (2013) の解析によれば、超大滑りの有無は、仙台湾沿岸の浸水域の大きさに影響を与えない。超大滑りの有無が津波堆積物の形成において違いを生じるか否か、貞観地震において超大滑りがあったかどうかを特定できるか否かは分かっていない。仙台湾沿岸では違いを生じなくとも、他の地域では異なる可能性もある。超大滑りは、近年公表された南海トラフ巨大地震の想定のような大きな特徴の一つである。震源・波源に関する重要な特徴の有無を津波堆積物から特定できるか否かは、各地の地震・津波想定に対して大きな示唆になると考えられる。このことに対して、津波堆積物の数値モデリングは大きな役割を果たしていくと期待される。

引用文献

- Goto et al. (2011) *Marine Geology* 290, 46-50.
 Minoura et al. (2001) *Journal of Natural Disaster Science* 23, 83-88.
 松本秀明 (1984) 地理学評論 57-10, 720-738.
 Namegaya & Satake (2014) *Geophysical Research Letters*, 41, 2297-2303.
 佐竹ほか (2008) 活断層・古地震研究報告 8, 71-89.
 Satake et al. (2013) *Bulletin of the Seismological Society of America* 103, 1473-1492.
 Sugawara et al. (2012) *Sedimentary Geology* 282, 14-26.
 Sugawara et al. (2014) *Marine Geology* 358, 18-37.
 高田ほか (2016) 活断層・古地震研究報告 16, 1-52.
 Yamashita et al. (2016) *Coastal Engineering Journal* 58, 1640015 (28 pages).

Yoshii et al. (2015) Abstract of the 2015 AGU Fall Meeting, NH009.

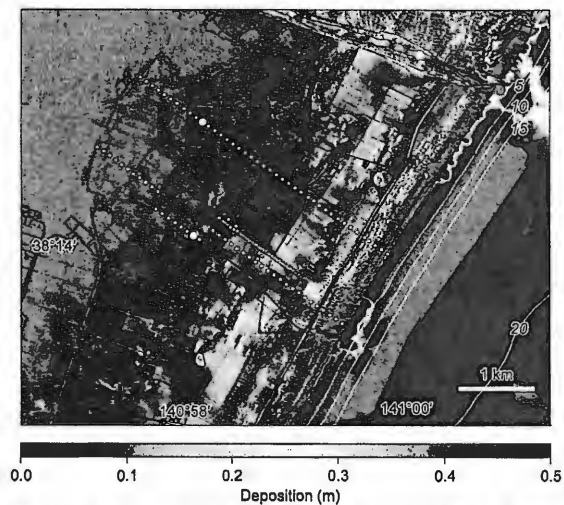


図.1 土砂移動数値解析で再現した2011年東北沖津波による砂質堆積物の分布 (after Sugawara et al., 2014).

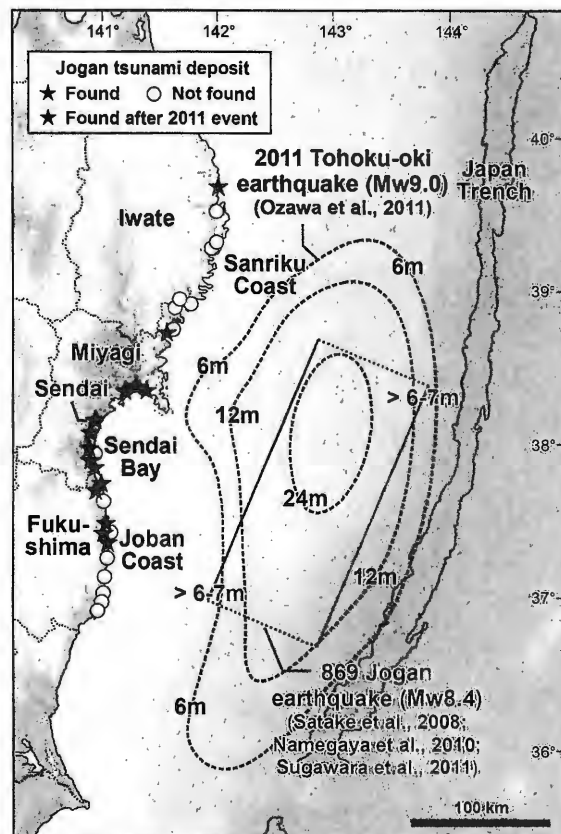


図.2 2011年東北沖及び869年貞観津波の推定波源域 (after Sugawara et al., 2012).

別府湾における過去 7300 年間のイベント記録とその頻度

山田 圭太郎(京都大)・加三千宣(愛媛大)・池原 研(産総研)

山本 正伸(北海道大)・原口 強(大阪市立大)・竹村恵二(京都大)

Keitaro YAMADA, Michinobu KUWAE, Ken IKEHARA, Masanobu YAMAMOTO, Tsuyoshi HARAGUCHI, Keiji TAKEMURA: Event records and their frequency during the last 7300 years in Beppu Bay, Kyushu, southwest Japan

1. はじめに

地球表層では準恒常的な水・大気循環に加え、突発的なイベント(地震、噴火、洪水など)によって碎屑物の運搬・堆積が繰り返されている(Einsele et al., 1996). このような自然現象に伴って形成される堆積物は過去の気候変動やイベントの情報を記録・保存しており、緯度や後背地などに制約されにくい重要な天然の定点観測記録と言える。近年、頻発する大規模な災害を契機に、イベントの詳細な履歴復元とその高精度化は社会的にも化学的にも重要になりつつある。本発表では私達がこれまで研究を行ってきた別府湾を例として、過去 7000 年間のイベント履歴・頻度を明らかにするとともに、その課題についても議論する。

2. 研究地域

別府湾は中央構造線(MTL)の西端に位置し、周囲には鶴見岳や伽藍岳などの活火山が分布する。Itoh et al. (1998)や Itoh et al. (2014)によると、別府湾の2つのステージに分けることができ、1.5 Ma以降のStage 2, とくに0.7 Ma以降において、別府湾ではMTLの活動に伴うpull-apart stressが卓越し、全体として沈降傾向にある。別府湾の湾奥部は水深73 mに達し、その溶存酸素濃度は極めて低い(亀田・藤原, 1995)。そのため湾奥部では堆積物が連続的に堆積するとともに、生物擾乱の影響が少ないためイベント堆積物が状態良く保存されている(Yamada et al., 2016; Kuwae et al., 2013)。

3. 結果・考察

本研究では、主として2009年にKuwae et al. (2013)によって掘削されたピストンコア(BP09)コア及び2015年に地震調査研究推進本部によって掘削されたピストンコア(BP15)を使用した。BP09(約9 m)及びBP15(約16 m)コアはほぼ同一地点で掘削されたコアで、半遠洋性泥を主体とし、数多くのイベント層を含む。BP15コアの基底には鬼界アカホヤ火山灰層(K-Ah, ca. 7300 cal. yr BP)が認められる。本研究ではコア中に含まれるイベント層を利用することで、BP15コアとBP09コア等の既存コアとを高精度に対比し、高精度コアモデルを作成した。イベント層の内、生物擾乱の影響が少ない層厚1 cm以上のイベント層(major event, Kuwae et al., 2013)に着目すると、過去7300年間に35イベントが認められた。

記録されたイベントの頻度は時期によって大きく異なり、急激な増加(7300年前頃)や減少(3000-5500年前頃)が認められた。これらのイベント頻度の変化はK-Ah降灰や相対的海水準変動(Yasuhara and Seto, 2006; Irizuki et al., 2001)との対応が認められた。このことは、給源の状態や運搬・堆積環境の変化はイベントの開始条件や運搬堆積過程に影響を与え、堆積物中に記録されたイベントの見かけ頻度に反映されうることが示された。近年の分析・解析技術の発達に伴う時間・空間分解能の向上は、このような複雑な自然現象に関する新たな知見を顕在化させつつある。社会的にも科学的にも高精度かつ高時間分解能なイベント履歴の復元が求められる現状において、給源・誘因・運搬・堆積・保存過程を総合的に反映した堆積記録から、より詳細で正確なイベント履歴の復元するためには、堆積環境の情報を整理し、給源から堆積場まで包括的に議論することが今後重要になってくると考えられる。

引用文献:

- Einsele G., S. K. Chough, T. Shiki (1996). *Sedimentary Geology*, 104, 1-9.
 Irizuki T., F. Masuda, B. Miyahara, A. Hirotsu, S. Ueda, S. Yoshikawa (2001). 第四紀研究, 40(2), 105-120.
 Itoh Y., S. Kusumoto, K. Takemura (2014). *Earth, Planets and Space*, 66, 74-84.
 Itoh Y., K. Takemura, H. Kamata (1998). *Tectonophysics*, 284, 135-150.
 亀田卓彦・藤原建紀 (1995). 沿岸海洋研究, 33(1), 59-68.
 Kuwae M., M. Yamamoto, K. Ikehara, T. Irino, K. Takemura, T. Sugawa, T. Sakamoto, M. Ikehara, H. Takeoka (2013). *Journal of Asian Earth Sciences*, 69, 133-148.
 Yamada K., K. Takemura, M. Kuwae, K. Ikehara, M. Yamamoto (2016). *Journal of Asian Earth Sciences*, 117, 13-22.
 Yasuhara M., K. Seto (2006). *Paleontological Research*, 10(2), 99-116.

湖成年縞堆積物に挟在するイベント堆積物の特徴

佐々木 華・石原与四郎（福岡大）

Hana SASAKI and Yoshiro ISHIHARA: Sedimentary facies and their paleocurrent directional changes of event deposits intercalated in lacustrine varved deposits

1. 湖成層から得られるイベント記録

湖成堆積物は静穏な環境で形成されるため、これらの地層を解析することで地震や洪水などのイベント堆積物の高解像度な記録を得られることが知られている (Howarth et al., 2012; Van Daele et al., 2015 など)。特に1~数枚の葉理のセットが一年ごとに繰り返し堆積する年縞堆積物にこれらの堆積物が挟在する場合、イベントの発生間隔を年単位で見積もることも可能であり、特に現世の場合においては歴史記録と対比できるような高精度の発生年代を得ることができる。このような湖成堆積物における研究は、現世の湖におけるボーリングコアを用いた例が多い (Osleger et al., 2009; Nakagawa et al., 2012; Moernaut et al., 2014 など)。例えば、Moernaut et al. (2014) は、チリ中南部の複数の湖のボーリングコアを用いたイベント堆積物と歴史地震の対比によって、地震の発生間隔を見積もっている。また、Nakagawa et al. (2012) は福井県水月湖で掘削されたボーリングコアにおいて下部の年縞堆積物と明瞭な境界を持つ粘土層をイベント堆積物と認定しており、比較的明るく薄い粘土層を洪水性堆積物、比較的暗く粗い層を下部にもつ厚い粘土層を地震性堆積物と推定している。

湖で形成されるイベント堆積物の起源は、流入による碎屑物粒子を主体とする流入性堆積物と、斜面崩壊を起こした湖成堆積物の再堆積による崩壊性堆積物に大分されると考えられる。これらは湖水に洪水流が流入、あるいは地震によって崩壊した湖成堆積物と湖水が混合し、それぞれ堆積物重力流として湖底に至り、形成されたイベント堆積物（重力流堆積物）である。重力流堆積物は起源や堆積過程によって様々な特徴を持つ堆積物を形成する。一般に、湖に河川水が流入する場合の堆積物重力流は主に3種類に分類される。すなわち、湖に流入した堆積物重力流の密度が湖水よりも小さく湖の表層を漂うハイポピクナル流、密度が湖水と同程度で湖水と混合するホモピクナル流、密度が湖水よりも大きく湖底を流れ下るハイパーピクナル流である (Bates, 1953)。湖成層に認められる粗粒な流入性の物質からなる堆積物は、ハイパーピクナル流によって形成されたハイパーピクナイトと認定される事が多い (Chapron et al., 2007; Hofmann & Hendrix, 2010 など)。Zavala et al. (2006) は西中央アルゼンチンの湖成層において、粗粒なハイパーピクナイトの記載と堆積過程の考察を行っている。

Zavala et al. (2006) では、ハイパーピクナイトは観察する地点（ディスタルからプロキシマル）によって堆積相が異なり、これらの認定や識別のためには流向方向の変化の観察とそこから推定される堆積過程を考慮することが重要であると指摘している。

一方、湖成堆積物に挟在するイベント堆積物の研究において、流向方向の変化と堆積過程を考慮した例は限られており、特にボーリングコアを用いた研究においてはイベント堆積物を側方に追うことも難しいことがある。そのため、そのイベント堆積物が何によって生じたのかという点は、歴史記録との対比によることが多く、堆積物そのものからは明確にイベントを認定できないことが多い。堆積物の特徴を明らかにした研究においても、多くが洪水性堆積物を対象としており、崩壊性堆積物の事例研究はほとんど認められない。このため、特に歴史記録との対比が難しい湖成層からイベント堆積物の起源やその特徴が明らかにされた例は少ない。すなわち、イベント堆積物である流入性（洪水性）堆積物と崩壊性堆積物がどのような特徴を持つのか、またそれらが流向方向にどのように変化するのかを明らかにすることは、過去のイベント記録を得る上でも重要な課題である。

本講演では、国内の2例の湖成年縞堆積物に挟在するこれらのイベント堆積物の特徴とその流向方向の堆積相の変化をまとめ、紹介する。

2. 湖成年縞堆積物に挟在するイベント堆積物

イベント堆積物の詳細な特徴は、露頭においてイベント堆積物を側方に追うことができる地層が望ましい。本研究では、岡山県蒜山原高原に分布する更新統蒜山原層と栃木県那須塩原の更新統宮島層を対象とした。

蒜山原層は岡山県真庭市に分布する古蒜山原湖とその周辺に堆積した地層である。この古蒜山原湖は、蒜山火山の南側に広がる大規模な堰止め湖であったと考えられている。蒜山原層は上部の砂~礫層と泥炭層、下部の縞状珪藻土層から成り、下部の縞状珪藻土は年縞を形成する。蒜山原層の年縞は、主として *Stephanodiscus komoroensis* から成る明るい葉理と *Puncticulata radiosa* から成る暗い葉理によって構成される (図1左)。本層の年縞堆積物は90%以上が珪藻化石から成るため、シルトを多く含む洪水性（流入性）堆積物と、湖成堆積物の再堆積のみからなる崩壊性堆

積物の識別が容易である (Sasaki et al., 2016). 蒜山原層の洪水性堆積物はシルト質で有機物片と流入による浮遊性の珪藻化石を含む。これらの層は連続性がよく、数 100 m の範囲では堆積相もほとんど変化しない。薄片観察においては、洪水性堆積物の特徴である内部侵食面がしばしば認められる。また、洪水性堆積物は、側方に薄く広がるものや下位を侵食するものなども認められている。洪水堆積物のうち、下部を侵食するのはハイパーピクナル流、下部を侵食しないものはハイポピクナル流もしくはホモピクナル流によって堆積したと考えられ、洪水の規模や湖水環境との関係が示唆される。一方、崩壊性堆積物は褶曲した年縞堆積物やその破片から成り、湖の付着性の珪藻化石のみを含む。側方に追うと、層厚がよく変化し、内部構造も変化しやすい。そのため、イベントの規模を見積もるためには厚さだけではなく、側方への変化を明らかにする必要がある。崩壊性堆積物のうち、下部を強く侵食し、大きなリップアップクラストを含むものはよりプロキシマルな地点、下部への侵食が弱く、細かいリップアップクラストを含み塊状であるものはよりディスタルな地点で堆積したと推測される。

更新統塩原層群宮島層は栃木県那須塩原市に分布する古塩原湖に堆積した湖成年縞堆積物である。宮島層を含む塩原層群は、カルデラ湖の堆積物であると考えられている。宮島層の年縞堆積物は *Stephanodiscus niagarae* から成る明るい葉理と、流入物が卓越する暗い葉理によって構成され、様々な特徴を持つイベント堆積物を高頻度に挟在する (図 1 右)。イベント堆積物はシルト質や砂質のもの、リップアップクラストや有機物片を多量に含むものなどがある。堆積学的特徴としては、下位および内部侵食の有無や級化しているか否かによっていくつかに分けられる。下位を侵食するものはハイパーピクナル流のように湖底を流れ下り、湖底を侵食する流れ、下位を侵食しないものはハイポピクナル流やホモピクナル流のような一度拡散して沈降する流れによって堆積した可能性が高い。一方、これらの堆積物には、しばしばリップアップクラストを多く含み、それらは側方に含有量が変化する。また、宮島層の年縞堆積物の暗い葉理は流入物が卓越しているため、リップアップクラストを多く含む場合においても、洪水性、崩壊性、洪水によって引き起こされた崩壊による堆積物の識別が難しい。したがって、これらのイベント堆積物の区別は、単層を側方に追跡することが必須となる。高頻度にイベント堆積物を挟在すること、洪水起源と考えられる堆積物にも多くのリップアップクラストを含むことは、古塩原湖が比較的狭い湖であること、湖周辺が急峻な地形をなし、多くの碎屑物が流入することにも原因があると考えられる。

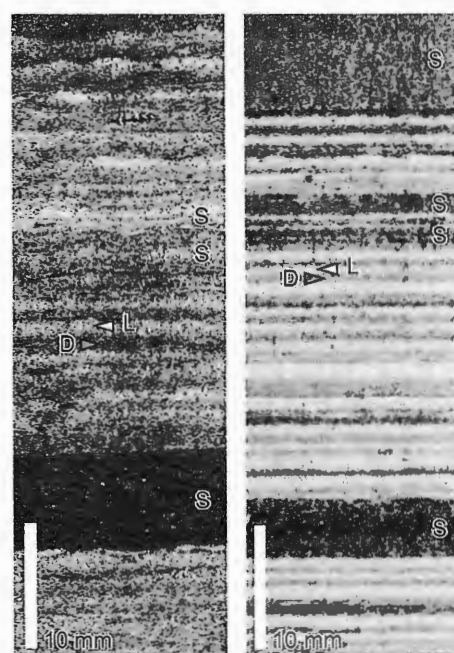


図 1 蒜山原層 (左) と宮島層 (右) の年縞堆積物とイベント堆積物

L: 年縞堆積物の明るい葉理, D: 年縞堆積物の暗い葉理, S: イベント堆積物。

引用文献: Bates (1953) American Association of Petroleum Geologists, 37, 2119-2162. Chapron et al. (2007) Sedimentary Geology, 201, 365-385. Hofmann & Hendrix (2010) Sedimentary Geology, 223, 61-74. Howarth et al. (2012) Geology, 40, 1091-1094. Nakagawa et al. (2012) Quaternary Science Reviews, 36, 164-176. Moernaut et al. (2014) Journal of Geophysical Research, 119, 1607-1633. Osleger et al. (2009) Journal of Paleolimnology, 42, 103-122. Sasaki et al. (2016) Quaternary International, 397, 208-222. Van Daele et al. (2015) Sedimentology, 62, 1466-1496. Zavala et al. (2006) Journal of Sedimentary Research, 76, 41-59.