

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350374

研究課題名(和文) 黒曜石水和層法による異なる気候帯における先史遺跡の年代推定

研究課題名(英文) Dating the prehistoric sites in the various climatic zones using the obsidian hydration dating

研究代表者

中沢 祐一 (Nakazawa, Yuichi)

北海道大学・医学研究院・助教

研究者番号：70637420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：異なる気候帯にある地域や遺跡単位で、黒曜石水和層法が年代測定法としてどの程度の有効性をもつかを検討した。日本列島の暖温帯域～亜寒帯、大西洋の温帯域に属する先史遺跡をとりあげ、遺跡から得られた黒曜石を用いた石器に形成された水和層の観察と計測を実施した。計測方法は従来の偏光顕微鏡下での観察と計測を基本とし、一部のサンプルについては、二次イオン質量分析法を用いて水和層を形成する水素イオンの濃度分布を比較検討した。推定される水和層の発達程度は気候帯によって異なるのみではなく、黒曜石の産地、産地内の含水量の違いなどの内的条件に応じて水和層の発達程度が異なることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：This study addressed the question as to the extent to which obsidian hydration dating has validity under the different climatic regimes recorded at the scales of regions and archaeological sites. I performed observations and measurements of obsidian hydration rims on archaeological specimens from the prehistoric sites located in various climatic zones including temperate and subarctic, as well as temperate zone in the Atlantic Ocean. The principal method of observation was thin-section method using the petrographic microscope, while selected hydration rims in a portion of samples were also observed using the secondary ion mass spectrometry that allowed one to measure the depths of hydrogen ions. The major results of this study are that estimated hydration rates not only vary depending on the climatic zones but also change in response to variations in endemic conditions notably obsidian provenances and water contents within a single obsidian provenance.

研究分野：文化財科学

キーワード：黒曜石水和層法 水和層厚 SIMS 年代測定

1. 研究開始当初の背景

異なる気候帯にある地域や遺跡単位で、黒曜石水和層法が年代測定法としてどの程度の有効性をもつかを検討した。黒曜石に浸透する水がガラスと親和することによって形成される水和層は、温度に応じて発達する速度(水和速度)が変化する。そのため、温度条件が異なる地域間では同じ時期に残された遺跡においても厚さが異なることになる。一方、地域的な気候条件が一定であれば、水和速度によって規定される水和層の発達はある程度の変異を持ちつつも一定であると考えられるため、その有効性が期待される。

黒曜石水和層法は1960年代よりアメリカ合衆国西部(Fredrickson et al. 2006)、南米ペルー(Eerkens et al. 2008)、ニューギニア(Ambrose 1994)、東アフリカ(Micheles et al. 1983)など世界各地で実施されている。日本列島では北海道および関東・中部地方の先史遺跡(後期旧石器、縄文時代)について先行研究がある(Katsui and Kondo 1976; Suzuki 1971)。

2. 研究の目的

火山地帯である日本列島の各地には黒曜石の産地が無数にあるため、人類は黒曜石の開発を後期旧石器時代から広く行っていた。また南北に長い地理的条件から、温帯域および亜寒帯域までの異なる気候帯を含む。そのため日本列島の先史遺跡について黒曜石水和層法を適用する上では、気候条件の違いによる影響を評価し、どの程度の信頼性が確保できるのかを検討する必要がある。本研究では、黒曜石が残された先史遺跡の年代を明らかにするために、地域の気候条件が異なる条件下で、黒曜石水和層法が年代測定法としてどの程度有効となるかを評価することを目的とした。また、地域的な気候条件を考慮するなかで、水和層年代測定において地域固有の課題と地域間に共通する課題、その解決のための方法を展望した。具体的には、それぞれの地域ごとの遺跡の検討を通じて、計測方法の信頼性、遺跡における計測値の評価、計測値の変異に影響を与える要因などについて考察を行い、日本列島を中心とする中緯度温帯域の先史遺跡を対象とする年代測定法としての有効性と課題を提示した。

3. 研究の方法

本研究では、日本列島を中心とし、比較として大西洋のテネリフェ島を対象とした。日本列島は、温帯域の南九州(鹿児島県)、中部高地(長野県)および亜寒帯の北海道東北部である。テネリフェ島(カナリア諸島)は温帯に位置し温度の年較差が小さいため、年較差のある日本列島の温帯域と対照的な条件にある。これらの気候条件の異なる多地域に位置する先史時代の遺跡から黒曜石を用いた石器を利用し、水和層の観察と計測を実施した。

計測方法は、スタンダードな方法であるブレパレート法(薄片法)による偏光顕微鏡を用いた黒曜石薄片の観察と計測を基本とした。計測値は、Nakazawa(2016)の基準に基づき、1点につき6ヶ所を計測し、それらの中からつきを考慮して、年代測定に際して信頼性の高いサンプルとして抽出している。一部のサンプルについては、計測値の信頼性と妥当性を検討するため、二次イオン質量分析法(SIMS)を用いて、水和層を形成する水素イオンの濃度分布を検討した。

日本列島では、3地域の先史遺跡の黒曜石を利用した。南九州(鹿児島県)、中央高地(長野県)、北海道東北部、である。南九州地域・中央高地は温帯域、北海道東北部は亜寒帯に属する。サンプルを検討した遺跡は、南九州では鹿児島県の4遺跡(御飯屋跡遺跡B地点、建昌城跡遺跡、桐木耳取遺跡、定塚遺跡)、中央高地では長野県の1遺跡(河原田遺跡)、北海道東北部では1遺跡(旧白滝3遺跡)である。テネリフェ島については、島北部の海蝕洞窟に位置するエスタカス1遺跡である。いくつかの遺跡には複数の文化層(居住面)がある。黒曜石が一定量ある文化層からは可能な限りサンプルを抽出した。また黒曜石の分布を考慮し、特定の範囲の発掘区からサンプルを抽出した(表1)。これによって、サンプルの出土位置に起因すると考えられる温度履歴の変異をある程度抑えることができると考えられる。

地域	遺跡	層	発掘区	サンプル数
鹿児島県	定塚	XVI	G-8	15
鹿児島県	定塚	VII下	G-8	17
鹿児島県	御飯屋跡B地点	VII	W-62/63	12
鹿児島県	御飯屋跡B地点	VIII	W-62/63	10
鹿児島県	建昌城跡	IX	A1/A2/B1/B2	37
鹿児島県	桐木耳取	XIII	E-K-7	7
鹿児島県	桐木耳取	XII I ~ X	E-K-7	8
鹿児島県	桐木耳取	VI ~ VII I I	E-K-7	15
鹿児島県	桐木耳取	I V ~ V	E-K-7	9
鹿児島県	桐木耳取	I I I	E-K-7	6
長野県	川原田	VIII	J-15住居	10
北海道	旧白滝3	-	C-25	20
北海道	旧白滝3	-	B-25	10
北海道	旧白滝3	-	D-25	10
北海道	旧白滝3	-	B-25	20
北海道	旧白滝3	-	B-26	5
北海道	旧白滝3	-	B-25	5
テネリフェ島	エスタカス1	1	0-3	10
テネリフェ島	エスタカス1	2	0-1	10
テネリフェ島	エスタカス1	3	0-3	10
テネリフェ島	エスタカス1	4	0-3	7
テネリフェ島	エスタカス1	5	N-3	10
			合計	263

表1 先史遺跡と抽出した水和層計測用サンプル

4. 研究成果

以下、項目ごとに結果をまとめる。

(1) 南九州の先史遺跡

建昌城跡を除く3つの遺跡には複数の文化層がある。計測の結果、確実に層序に応じて水和層厚に違いが認められたのは定塚遺跡(縄文早期、後期旧石器)のみであった。後期旧石器時代から縄文時代まで複数の文化層が区分されている桐木耳取遺跡については、文化層単位で見ると差異を認めがたいが、後期旧石器時代と縄文時代早期という大

枠でみると、水和層厚と層序関係とは対応する。一方、御仮屋跡 B 地点では、後期旧石器時代の居住は上下 2 つの文化層として区分されているが、文化層間では水和層厚に差が認められない(表 2)。

複数の遺跡に認められる後期旧石器時代の文化層における水和層厚を比較すると、遺跡によって違いが見られる。平均値が厚い順に並べると、定塚 XVI > 桐木耳取 XIII > 桐木耳取 XII ~ X > 御仮屋跡 B (VII・VII 層) となる。定塚と桐木耳取が 10 - 9 μ の間に収まるのに対し、御仮屋跡 B は 3.5 μ である。定塚と桐木耳取の縄文草創期の文化層から得られた水和層厚が 7.5-6.5 μ であることを考慮すると、御仮屋跡 B 遺跡の水和層はきわめて発達が遅かったといえる。今後、近隣の遺跡から得た黒曜石の水和層厚と比較することによって、地域的な遺跡間の違いによるものなのか、遺跡の埋没環境など特殊な事情が関与しているのかを確かめるといった課題が残された。また、南九州のサンプルは元素組成による原産地同定を実施していないため、黒曜石産地の異同による水和速度の変異を検討する必要がある。

遺跡	層	信頼性あるサンプル数	計測値 (μ)		文化期
			平均値	標準偏差	
定塚	XVI	7	10.7	0.63	後期旧石器後半期
定塚	VII 下	6	7.52	0.69	縄文早期
御仮屋跡 B 地点	VII	10	3.49	0.37	後期旧石器後半期
御仮屋跡 B 地点	VIII	10	3.54	0.22	後期旧石器後半期
建昌城跡	IX	23	7.03	0.99	縄文草創期
桐木耳取	XIII	5	9.02	3.57	後期旧石器後半期(台形石器)
桐木耳取	XII ~ X	2	8.96	5.57	後期旧石器後半期(細石器)
桐木耳取	VI ~ V!!!	6	6.62	1.31	縄文早期
桐木耳取	IV ~ V	3	5.17	0.92	縄文前期 - 後期
桐木耳取	!!!	1	5.89	-	縄文晩期

表 2 南九州の先史遺跡より由来する黒曜石水和層厚の計測値

(2) 中央高地の先史遺跡

中央高地については、佐久市・川原田遺跡の縄文時代の住居跡から回収された黒曜石の剥片をサンプルとし、水和層計測を実施し、その数値に基づき年代推定を行った。ロジャースの公式(Rogers 2007)を利用し、佐久アメダスの過去 31 年間の温度データを用いて、効果水和温度を 12.44 と推定した。渡辺・鈴木(2006)による促進水和実験から得られた霧ヶ峰産黒曜石の水和速度を参考とし、計測した水和層厚から 3735 年前という年代を算出した。縄文時代中期という遺跡の帰属年代観や同じ住居跡から得られている炭化物の放射性炭素年代とは、150-1800 年ほどの違いがあった。その理由として、サンプルが由来する住居の埋没過程、水和層厚の計測誤差、効果水和温度の推定誤差の面から検討した。その結果、水和速度の変異が影響したことが考えられた(中沢 2015)。

(3) 北海道の先史遺跡

北海道東部の白滝地域で発掘調査された旧白滝 3 遺跡より抽出した黒曜石の剥片サンプルについて、水和層厚を計測した。当遺跡は、後期旧石器時代に相当し、多種類の

石器群が重複的に分布する遺跡であり、一部の発掘地点では石器群が上下差をもって出土していることから石器群の層序的關係がわかる。層序が明らかな地点から、石器群ごと、およびそれを構成する母岩ごとにサンプルを抽出した。同一遺跡にあることから、温度の違いに起因するサンプル間の水和層の発達速度の違いは最小限であったと仮定することができる。石器群・母岩ごとに 5-10 点のサンプルを計測した結果、母岩単位でも石器群単位でも有意な差が認められた(図 1)。

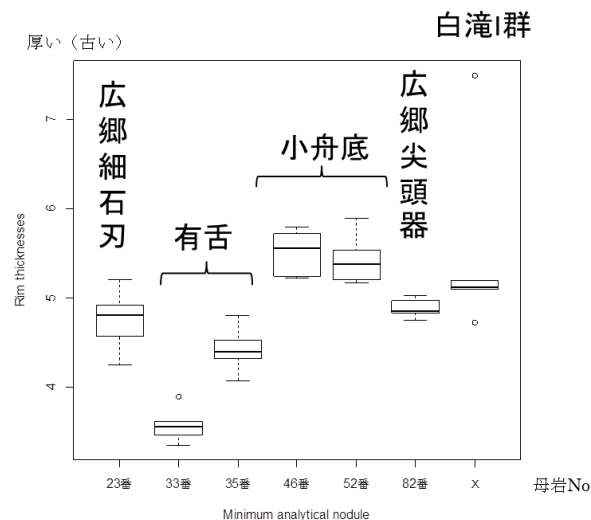


図 1 旧白滝 3 遺跡の石器群・母岩ごとの水和層厚の分布。横軸：母岩番号、縦軸：水和層厚(μ)。母岩 X は複数の母岩を含む可能性がある「旧白滝 I 群」のサンプル。

母岩内の水和層厚のばらつきは小さいが、母岩の間では差がある。とくに有舌尖頭器については二つの母岩の間で計測値に大きな差がある。石器群ごと、および母岩ごとの水和層厚の多重比較(危険率 5%)を行った結果、有舌尖頭器石器群のみが有意に水和層厚が薄いということが明らかとなった。一方、有舌尖頭器石器群の 2 つの母岩(33 番と 35 番)に認められる水和層厚の違いは、黒曜石の産地という内的要因による水和速度の違いが反映されたと考えられた。それは、白滝地域の産地である、あじさいの滝(赤石山系)と十勝石沢(十勝石沢系)の露頭から得た黒曜石を促進水和実験した結果、十勝石沢の黒曜石の方があじさいの滝の黒曜石よりも水和層が発達したという結果(Tom Origer 私信)から予想された。しかし、エネルギー分散型蛍光 X 線分析によって水和層計測を行ったサンプルの黒曜石産地を推定したところ、33 番と 35 番のいずれの母岩も赤石山産であることが示された(出穂雅実、私信)。このことから、水和速度に影響を与えた内的な要因は、当初考えていた黒曜石の元素組成に規定される産地ではなく、母岩特有の要因である可能性がある。母岩は産地に含まれる岩層など

に帰属すると考えられることから、噴出した溶岩が冷却した際に黒曜石内部に残される水分量が岩層によって異なっていた可能性がある。信頼性のある年代測定のためには、母岩を単位とした含水量の測定を実施し、含水量と水和層厚の間の相関関係を見出せるならば、その相関に基づいて含水量の違いを考慮した産地別の水和速度を明らかにできる可能性がある。

(4) テネリフェ島の先史遺跡

大西洋に位置するカナリア列島は、プレートの境界ではないが、火山列島である点で日本列島と共通する。カナリア諸島中最大の島であるテネリフェ島には黒曜石が産出する。テネリフェ島の遺跡は考古学的な調査が少ないため、平成 28 年度に島内の黒曜石産地および黒曜石を残す遺跡の分布調査、および黒曜石産地を訪れ岩石サンプルを収集した。またテネリフェ考古博物館に収蔵されているかつて発掘された遺跡から回収された黒曜石のサンプルを得た。うち、エスタカス 1 遺跡のサンプルの水和層観察を行った。その結果、第 I - IV 層から出土した黒曜石に関しては水和層が認められなかった。第 V 層の 1 点について 1μ 程度の水和層が観察された。第 I - IV 層由来の黒曜石に水和層が発達しない理由は、経過年数が新しいためである可能性が考えられる。

(5) SIMS による水和層厚の計測

SIMS による水和層の計測を検討した。これは、主流である偏光顕微鏡による水和層厚の計測値と SIMS による水和層を構成する水素イオン濃度分布の対応がどの程度あるのか、という点を明らかにするためである。言い換えるならば、SIMS が正確な水和層厚の計測値を提供する場合、偏光顕微鏡の計測値はどの程度の信頼性をもつと評価できるのかを示すためである。この目的から、偏光顕微鏡で計測した同じ箇所を SIMS で計測することを実施した。従来の SIMS ではこの点が困難であるが、同位体顕微鏡と組み合わせられた SIMS を利用し水和層をイメージングすることによって、水和層の計測箇所をピンポイントで決めることができた(図 2)。

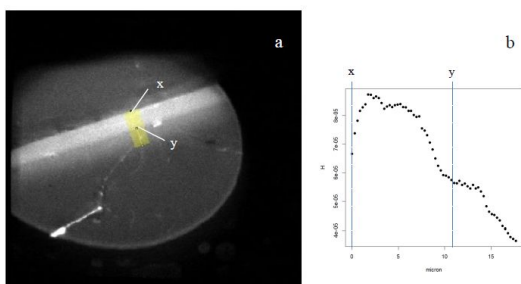


図 2 同位体顕微鏡による水和層のイメージ (a) と SIMS による水素濃度分布 (b)。写真のサンプルは定塚遺跡・後期旧石器。x は黒曜石の表面、y はイメージで水和層が消える線上で x を通るライ

ンが直交する点。

(6) 含水量の計測

水和速度は黒曜石ガラスにもともと含まれる水分量に影響されることが知られている。黒曜石の含水量の変異がどの程度であるのかに明らかにする目的から、建昌城跡遺跡・縄文草創期の黒曜石サンプル 37 点に関して含水量の測定を行った。含水量は SIMS によって SiO_2 と水素の比として測定し、EPMA によって SiO_2 含有量を測定することによって、含水量 (H_2O) の計測を実施した。サンプル間ではばらつきがあるが、0.27 - 0.91 に収まる。3 - 9%の含水量ということになるが、このサンプルは産地分析を経ていないため、複数の産地に由来する黒曜石が含まれているはずである。したがって、産地別の含水量の違いが反映されている可能性がある。含水比と水和層厚の相関関係も検討した。水分が多いサンプルほど水和層が厚いという傾向はみられなかった(図 3)。全く水和層が見られなかった 11 点 (ks-inc-16 ~ 26) は、含水比が相対的に低い。これらは、EPMA による元素分析からも SiO_2 の量が 70% 未満であり、 FeO の量が 3% 以上であり、他の黒曜石から区別される。いずれも上牛鼻産として肉眼識別されたサンプルに対応する。偏光顕微鏡下では透明なガラス部がなく、カラスが溶結したような構造を示すことから、通常の流紋岩質黒曜石にはない特徴である。 SiO_2 と Na_2O と K_2O の量比から判断すると、デイサイトである。一方で、「ペラルカライン黒曜石」と呼ばれる鉄の含有量の高いグループと元素組成が似ている (Shackley 2005)。デイサイト質の黒曜石で水和層が発達しない説明として、 SiO_2 や酸化鉄などの元素の含有量が関連している可能性がある。

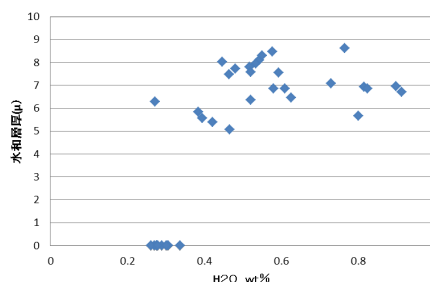


図 3 黒曜石の含水比に対して水和層厚をプロットした図。サンプルは建昌城跡遺跡・縄文草創期の黒曜石。

<引用文献>

- Ambrose, W.R., Obsidian hydration dating of a Pleistocene age site from the Manus Islands, Papua New Guinea. *Quaternary Geochronology (Quaternary Science Reviews)*, 13, 1994, 137-142.
Eerkens, J.W., Vaughn, K., Carpenter, T.R., Conlee, C.A., Linares Grados, M.,

Schreiber, K., Obsidian hydration dating on the South Coast of Peru. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2008, 2231-2239.

Fredrickson, D., Loyd, J., Jones, T., Schroder, S.-A., Origer, T., The Coso - Casa Diablo hydration conundrum. *Proceedings of the Society for California Archaeology*, 19, 2006, 151-156.

Katsui, Y., Kondo, Y., Variation in obsidian hydration rates for Hokkaido, northern Japan. *Advances in Obsidian Glass Studies*. Taylor, R.E. Ed., 1976, Noyes Press, Park Ridge, NJ, pp. 120-140.

Michels, J.W., Tsong, I.S.T., Nelson, C.M., 1983. Obsidian dating and East African archaeology. *Science*, 219, 361-366.

中沢祐一、黒曜石水和層法における温度因子の重要性、高瀬克範編、論集忍路子 IV、2015、pp.1-16

Nakazawa, Y., The significance of obsidian hydration dating in assessing the integrity of Holocene midden, Hokkaido, northern Japan. *Quaternary International*, 397, 2016, 474-483

Rogers, A.K., Effective hydration temperature of obsidian: a diffusion theory analysis of time-dependent hydration rates. *Journal of Archaeological Science*, 34, 2007, 656-665.

Shackley, M. Steven. *Obsidian*. Tucson: University of Arizona Press.

Suzuki, M., Chronology of prehistoric human activity in Kanto, Japan, part I: framework for reconstructing prehistoric human activity in obsidian. *Journal of the Faculty of Science University of Tokyo Section V Anthropology*, IV-1, 1971, 241-317.

渡辺圭太・鈴木正男、黒曜石の水和速度と化学組成の関係について、考古学と自然科学、54、2006、1-12.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Nakazawa, Y., and F. Akai, Late-Glacial bifacial microblade core technologies in Hokkaido: an implication of human adaptation along the northern Pacific Rim. *Quaternary International*, 査読有, in press, 1-12

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.019>

Nakazawa, Y., The significance of obsidian hydration dating in assessing the integrity of Holocene midden, Hokkaido, northern Japan. *Quaternary International*, 査読有, 397, 2016, 474-483

DOI: <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.01.029>

[学会発表](計4件)

中沢祐一、直江康雄、坂本尚史、黒曜石水和層法による北海道最終氷期の石器群の時間的關係：旧白滝3遺跡の検討例、北海道旧石器文化研究会 2016年度定例研究会、北海道大学、北海道・札幌市、2017年3月19日

Nakazawa, Y., Kobayashi, S., Yurimoto, H., Akai, F., and H. Nomura, Measuring Obsidian Hydration Rim using the Optical Microscope and Micro-Imaging with Secondary Ion Mass Spectrometry: A Case Study from the Stratified Open-Air Site of Jozuka in Southern Kyushu, Japan. The 8th Meeting of the Asian Palaeolithic Association, Tokyo Metropolitan University, Hachioji City, Tokyo, June 24-28, 2016

Nakazawa, Y., and F. Akai, An application of obsidian hydration dating to prehistoric sites in Japan. The 80th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, San Francisco, USA, April 16, 2015

中沢祐一、完新世の考古遺跡に関する黒曜石水和層年代、日本第四紀学会 2014年大会、東京大学柏キャンパス、千葉県・柏市、2014年9月7日

[図書](計4件)

中沢祐一、置戸遺跡群の調査と地域的意義への展望、種石 悠編、北からの文化の波 北海道の旧石器からオホーツク文化まで、2016、pp.39-41

中沢祐一、北海道中央部の旧石器について、佐藤宏之・山田 哲・出穂雅実編、晩氷期の人類社会 北方先史狩猟採集民の適応行動と居住形態、2016、pp.169-187

中沢祐一、黒曜石水和層法における温度因子の重要性、高瀬克範編、論集忍路子 IV、2015、pp.1-16

Nakazawa, Y., and M. Yamada, On the processes of diversification in microblade technocomplexes in the Late Glacial Hokkaido. Y. Kaifu, M. Izuhou, T. Goebel, H. Sato, and A. Ono Eds., *Emergence and Diversity of Modern Human Behavior in Paleolithic Asia*, 2015, pp. 418-433.

6. 研究組織

(1)研究代表者

中沢 祐一 (NAKAZAWA, Yuichi)
北海道大学・大学院医学研究科 助教
研究者番号：70637420

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

坂本 尚義 (YURIMOTO, Hisayoshi)
北海道大学・理学研究院 教授
研究者番号：80191485

出穂 雅実 (IZUHO, Masami)
首都大学東京・人文社会学部 準教授
研究者番号：20552061

(4)研究協力者

赤井 文人 (AKAI, Fumito)
北海道教育委員会

直江 康雄 (NAOE, Yasuo)
北海道埋蔵文化財センター

ベガ・マエソ クリスティーナ (VEGA MAESO,
Cristina)
カンタブリア大学