

『古代アメリカ』 *América Antigua*

第 23 号, 2020年, 抜刷 (pp.29-50)

<論文>

完全非破壊化学分析法による古代マヤ文明の磨製石器石材分析

飯塚義之 (台湾・中央研究院/金沢大学)

鈴木真太郎 (岡山大学)

バリエントス・トマス (グアテマラ・デル・バジェ大学)

Non-Invasive Chemical Investigation on Stone Artifacts from Guatemalan Maya sites

Yoshiyuki Iizuka

(Academia Sinica, Taiwan/ Kanazawa University)

Shintaro Suzuki

(Okayama University)

Tomás Barrientos Q.

(Universidad del Valle de Guatemala)

古代アメリカ学会

Sociedad Japonesa de Estudios sobre la América Antigua

Japan Society for Studies of Ancient America

<論文>

完全非破壊化学分析法による古代マヤ文明の磨製石器石材分析

飯塚義之 (台湾・中央研究院/金沢大学)

鈴木真太郎 (岡山大学)

バリエントス・トマス (グアテマラ・デル・バジェ大学)

【要旨】

ポータブル型蛍光X線分析装置 (*p*-XRF) を用い、グアテマラ北部のペテン地方 (ラ・コロナ遺跡)、中央部の高地 (カミナルフユ遺跡、サン・アンドレス・セメタバフ遺跡)、南部の太平洋岸 (モンテ・アルト遺跡) から出土した主として緑色の磨製石器の完全非破壊化学分析を行なった。ラ・コロナ遺跡から出土した石製遺物の大多数が緑色の「ヒスイ」で作られている。一方で、高地、太平洋岸の石製遺物は、「ヒスイ」以外にも、蛇紋石、雲母、正長石、灰長石、葉蠟石などの緑色系の石材や火山岩、変成岩などで製作されていた。これまで、これら緑色の磨製石器の石材についてはほとんどが緑色岩あるいは玉 (jade) と記載されてきたが、実際には多様な石材が用いられていることを岩石学的な分析から確認した。またこれまで黒色の黄鉄鉱製と称されてきた装飾品や鏡などは、針鉄鉱で製作されていることも明らかになった。本調査結果は本地域の石材の多様性やそれらの供給源の探索を新たな課題として示すきっかけになったと考える。

【キーワード】

石製遺物、ポータブル XRF、石器石材、化学分析、マヤ、グアテマラ

【目次】)

1. はじめに
 2. 「ヒスイ」の岩石学的、鉱物学的な意味
 3. *p*-XRF を用いた石器石材の非破壊化学分析法
 4. *p*-XRF を用いたグアテマラ国内マヤ文明の磨製石器石材分析
 5. 分析結果と石材の概説
 6. まとめ：グアテマラの地質とマヤの磨製石器石材
-

1. はじめに

古代マヤ文明は現在のメキシコ南東部やグアテマラを中心に紀元前 1000 年頃から 16 世紀まで栄えた。巨大なピラミッドや高度に発達したマヤ文字とともに、「ヒスイ」を用いた石製装身具は古代マヤ文明の特徴の一つ

である〔青山2015〕。マヤでは「緑」が神聖な色とされ〔Miller and Taube 1993:65〕、多くの緑色を呈する石製品が作られていたことが知られている。またグアテマラは、日本やミャンマーと並ぶ、世界でも屈指の「ヒスイ」の産地でもある。

考古遺物の中でも石製品は長年の風化や腐食に耐え、当時の姿を現代に伝える貴重な文化財である。これら石器から得られる情報は、当時の文化や生活様式の理解につながるばかりに限らず、石器の材料である岩石そのものを正しく理解することで、石器の用途や製作技術、さらには石器石材の時代的変遷や地域間の交流を知る上での有用な情報を得ることができる。しかし、概ね表面が研磨されている磨製石斧や装飾品などの石材判別を表面観察や比重の測定だけから行うことは岩石学を専門とする研究者でも難しい。また岩石や鉱物の地質学的な同定するためには、岩石薄片を作成した上で顕微鏡観察や粉碎した試料の科学的（物理的、化学的）な分析が必要である。

科学的手法を用いた石器石材に関する研究は古代マヤ文明においてもこれまでに多く試みられている。アンドリウほかは、カンクエン（Cancuén）遺跡から出土した「緑の石」遺物について、エックス線回折（XRD: X-Ray Diffraction）法を用いた結晶解析と粒子線励起 X 線分析（PIXE: Particle Induced X-ray Emission）法を用いた微量元素を含む化学分析を行っている。この研究は破壊分析法ではあるが、「ヒスイ」遺物を物理的、化学的に同定するだけでなく、産地の異なる「ヒスイ」の地質学試料との比較によって、遺物原石の産地同定を試みている。また「ヒスイ」はその産状によって色が異なるが、色の違いによる用途や加工のされ方の違い、あるいは緑色の濃い「ヒスイ」は王家に関わる装身具に多く利用されていることなどを明らかにしている〔Andrieu et al. 2011〕。一方で、青山ほか〔2020〕は、セイバル（Ceibal）遺跡から出土した緑色岩の石斧について、ハンドヘルド蛍光 X 線分析法（後述）による石材判別と光学顕微鏡による使用痕観察から、その硬さを活かした利器（石斧）としての「ヒスイ」の活用について議論している。

また「ヒスイ」製品の製作技術については、メルガルとアンドリウが、前出のカンクエン遺跡に加え、エル・ペルー・ワカ（El Perú-Waka'）遺跡、ラ・コロナ（La Corona）遺跡の「ヒスイ」遺物を走査型電子顕微鏡（SEM: scanning electron microscope）で観察し、製作実験から得た切削痕や研磨痕との比較から、表面加工や線刻、穿孔の技法を検証し、製作技術の共通点や変遷から交易ルートを検討している〔Melgar and Andrieu 2016〕。また、メレンデスとメルガルは、同様に SEM 観察に基づき、ティカル（Tikal）遺跡の王墓出土の「ヒスイ」製の仮面の製作技法の検討を行っている〔Meléndez and Melgar 2018〕。

古代マヤ地域で道具として用いられていた石材のもう一つの代表例には黒曜石製の石刃が挙げられる。黒曜石は安山岩質から流紋岩質の火山ガラスの一種である。メキシコからグアテマラを経て中米一帯に連なる火山帯から産する火山ガラスとその利用については、製作技法や考古学的なコンテキストに加え、黒曜石の色相と微量元素組成からその産地区分や物質移動の議論が進められている〔Sheets et al. 1990; 青山 1997; Aoyama 2017; Braswell 2003 など〕。

以上のように、石器の科学的研究が進んでいる一方で、実験室に設置された分析装置に頼る手法は、一般的に限られた遺物にしか応用できないという欠点がある。古代マヤ文明に限らず出土した遺物を損壊して分析を行うことは困難であり、特別の許可が降りた場合でも、「現場」から国境を越えて遺物を持ち出す必要性が生まれる。分析のための費用も莫大である。結果として、長い研究期間が必定となり、分析対象となる遺物が限られてしまい、調査対象遺跡も発掘調査の進んだ少数の遺跡に限定されてしまう。

また従来の出土品記録の手法では、経験に基づいた肉眼鑑定に頼る部分が多く、科学的な根拠に裏付けられた石材の判別やそれに基づく議論が行われてきたとは言えない部分も多い。そのため緑色の石材が一義的に「ヒ

スイ」と認識されがちな傾向も多く見受けられる [Andrieu et al. 2014:142]。

そこで本研究は、マヤ文明の石製品のうち、特に「緑の石」で製作された磨製石器に注目し、その岩石学的記載を地域的、時代的な側面からの見直すことを主眼として、近年、普及の進んでいる、携帯可能なポータブル型（あるいはハンドヘルド型^(註1)）蛍光X線化学分析装置（portable type X-Ray Fluorescence：以下、「*p*-XRF」と略す）を用い、広域研究を試みた。本報告は、その第一報である。

マヤ文明も含め、多くの古代文明で、人々が珍重し、道具や礼器、装飾品として用いてきた石材は、単一の構成鉱物からなる岩石、すなわち単鉱岩（monomineralic rocks）が多い。例えば、一般に「ヒスイ（翡翠）」と称されている岩石は、「ヒスイ輝石」という鉱物だけで構成されている。あるいは、蛇紋岩（岩石名）は蛇紋石（鉱物名）だけから構成されている。このような単鉱岩の構成鉱物の化学的な特徴は、概ねはっきりしているため、含まれる主要元素とそれらの元素比を知ることによって石材の同定が比較的容易にできる。このような石材判別には、規模の大きな設備を必要とする中性子放射化分析法や PIXE 法による微量元素分析、破壊を必要とする ICP-質量分析法などは必要としない。

p-XRF 分析法は、分析対象物を損傷させることのない完全非破壊（non-invasive）の化学分析技術で、野外や収蔵施設などの「その場（*in-situ*）」での分析作業が可能であるため、石器石材の判別には大変有効である。石製遺物であれば、その主要元素組成（重量パーセント[wt.%]）を測定することで、その数値から岩石、あるいは鉱物を判別、同定することが可能である。*p*-XRF 法は、X線の被曝に注意を払う必要があるが、分析前の試料準備が不要で、かつ比較的短時間で分析作業が終了する。ただし通常 *p*-XRF 法は大気雰囲気下で分析を行うため、分析対象の表面から X線検出器間に存在する大気の影響によってナトリウム（Na）以下の軽い元素の特性 X線が減衰され検出ができない。蛇紋石や滑石などの含水鉱物中に含まれる水酸化イオン（OH⁻）、いわゆる「結晶水」や、炭酸塩鉱物に含まれる炭酸イオン（CO₃²⁻）は、技術上測定不可能である。またナトリウムは「ヒスイ」や一部のガラスを構成する主要元素であり、これらの判別には重要な元素である。しかしながら、検出不能のナトリウムが含まれる「ヒスイ」をいかに分析するか？という検証は積極的に行われていない。そこで、本論では、電子線プローブマイクロアナライザー（EPMA: Electron Probe Micro-Analyzer）によって得た「ヒスイ」の化学分析値と比較検討することで、*p*-XRF 法による「ヒスイ」分析の確からしさの検証を試みた。その上で、この技術を、マヤ文明の遺跡から出土した「ヒスイ」を中心とする緑色の石製品（磨製石器）に応用した。その結果、これまで認識されていなかった「ヒスイ」以外の多様な石材が使われていたことや、それらが地質学的後背地（供給源）を反映している可能性があることなどが見えてきた。

2. 「ヒスイ」の岩石学的、鉱物学的な意味

「ヒスイ」^(註2)は、ヒスイ輝石（鉱物名 Jadeite: 理想化学式 NaAlSi₃O₆）が90%以上を占める単鉱岩である [Harlow and Sorensen 2005]。ヒスイ輝石のモース硬度（H）は6で、比重（D）は約3.2~3.4と非常に緻密である。化学的に純粋なヒスイ輝石は白色を呈するが、結晶中のナトリウムを置換するカルシウム（Ca）やアルミニウム（Al）を置換するクロム（Cr）の量が増すにつれ、緑色を帯びようになる。マグネシウム（Mg）や鉄（Fe）成分が増すことで、灰色や黒色を呈することもある。これらは化学的に純粋な端成分であるヒスイ輝石から、化学組成が連続的に変化していく「固溶体」で鉱物学的にはオンファス輝石（omphacite: [Ca,Na][Mg,Fe²⁺,Al,Cr,Fe³⁺]₂Si₂O₆, H=5-6, D=3.2-3.4）と定義されている。

「ヒスイ」は岩石学的には高压型変成岩のひとつで、いわゆるプレート境界の地下深部で形成され、その後の

造山作用で地表に現れる。古代から現代に至るまで石器や装飾品に用いることのできるある一定以上の大きさを持つ「ヒスイ」の産地は世界的に見ても限定的である。これまでに石器（玉器）として用いられていたと確認されている「ヒスイ」の産地と先史文化は、本論で扱うマヤ文明のモタグア（Motagua）川流域を中心としたグアテマラ中部以外に、日本・縄文時代の糸魚川-青海地域、ミャンマーの先史文化と清朝以降の中国文明に珍重されているミャンマー北部のカチン州（Kachin State）、主として石斧として利用されているものとしてはアルプス山脈（イタリア）、エーゲ海のシロス（Syros）島（ギリシャ）、カリブ海、イスパニョーラ（Española）島北部のリオ・サンファン溪谷（Rio San Juan Valley、ドミニカ共和国領）と、シエラ・デル・コンベント（Sierra del Convento）地域（キューバ島東部）にしかない。

3. *p*-XRF を用いた石器石材の非破壊化学分析法

3-1. *p*-XRF 分析の手順

「その場分析」には、オックスフォード・インストルメンツ（Oxford Instruments）社製の *p*-XRF（X-Met7500）を使用した。分析対象の遺物は大気雰囲気下のまま分析用の試料台に置き、X線防御カバーで覆ったのち、試料表面に下方からのX線照射を行った。X線管球（Phターゲット）から照射されるX線ビームは、軽元素分析域用に加速電圧13kV、照射電流45 μ A、照射時間4秒間、重元素分析域用に同40kV、10 μ A、1秒間を1セットとして、それを12回繰り返した計60秒間の照射を行った。X線ビームの照射径は9mmで、試料表面から励起されたX線は内蔵された10mm²のシリコンドリフトX線エネルギー分光検出器（SDD-EDS: Silicon Drift Detector - X-ray Energy Dispersive Spectrometer）によって測定される。測定値は岩石・鉱物分析に対応した軽元素を含む鉱石分析用パラメータ（Mining LE-FP）法を用い、酸化物としてSiO₂、TiO₂、Al₂O₃、Cr₂O₃、FeO、MnO、MgO、NiO、CuO、ZnO、CaO、K₂O、P₂O₅、SO₃の14成分を測定した。測定結果は重量パーセント（wt.%）として出力させ分析値とした。

前述したように、*p*-XRF法では、ナトリウムより軽い元素の特性X線が検出できない。また*p*-XRFは簡便な分析が可能である一方で、対象物の表面の平滑さや曲率の違いで、鉱物中に多く含まれるケイ素（Si）やアルミニウムの測定に大きな誤差が伴うことが多い。これらのことを鑑み、分析値の100%換算は一切行わず、一回の測定ごとに測定結果の総計から分析結果の評価を行なった。この際、金属物であれば、大きく100%を上廻り、有機物や酸化による損傷の激しいものは、その総計が100%を大きく下廻る。また一方で、どんなに理想的な状態で分析を行っても炭酸イオンが存在する炭酸塩鉱物は酸化物の総計が55%前後を示す。上述の14成分のうち、銅（Cu）、亜鉛（Zn）、リン（P）および硫黄（S）は、金属物あるいは、リン酸塩鉱物、硫化物の判別のための測定元素である。これらを除き、測定データは、分析後ただちに化学量論値（ストイキオメトリー）計算を行い、鉱物に対応した陽イオン比（Atomic per formula unit）から分析の確からしさの追確認を行なった。必要に応じて測定箇所を変え、繰り返し分析を行った。分析結果から、特に岩石・鉱物の主成分であるケイ素、マグネシウム、アルミニウム、カルシウム、カリウム（K）、鉄の6元素、必要に応じて、硫黄やリンの有無と量比に基づき石材の判別を行った。石材判別の概略を示すフローチャートを図1に示す。ここに示したように多くの石材は上記の6元素の有無によって判別が可能で、さらに同じ元素の組み合わせから構成されている鉱物は、含まれる元素比による判別を行う。例えば、主としてケイ素とマグネシウムの酸化物から構成される蛇紋石と滑石は、そのSi/Mg値の大小で判別が可能である。

MJ-4 と MJ-5 は、それぞれ薄緑色、緑色の「ヒスイ」で、特に、MJ-5M は、濃緑色の部位を分析した。分析結果は、おおむね緑色の濃さに対応してカルシウムに富み、またマグネシウム、鉄をわずかに含有するオンファス輝石であった。(表1左欄) これらの測定結果から、ナトリウム酸化物 (Na₂O) を除いた値を 100%換算して、*p*-XRF との比較データとした (表1中央欄)。

3-2.2) *p*-XRF 法による分析値の確からしめの検証

「ヒスイ」標準試料それぞれの原石について、平滑な表面を 3 箇所以上選び、*p*-XRF を用いて分析を行った。得られた分析値は、表 1 (右欄) に示す。

表 1 EPMA および *p*-XRF によるミャンマー産「ヒスイ」標準物質の化学組成

標準試料	EPMA (WDS: JEOL JXA-8500F)						(EPMA測定値からNaを除いた100%換算値)						<i>p</i> -XRF (Oxford X-Met7500: Mining LE-FP)					
	MJ-1 n=20	MJ-2 n=20	MJ3 n=20	MJ-4 n=20	MJ-5A n=658	MJ5-M n=14	MJ-1	MJ-2	MJ3	MJ-4	MJ-5A	MJ5-M	MJ-1 白色	MJ-2 白色	MJ3 白色	MJ-4 薄緑色	MJ-5A 薄緑色	MJ5-M 緑色
SiO ₂	59.69	58.84	58.87	59.13	61.94	58.71	72.31	71.93	70.99	68.99	69.49	65.62	66.73	66.77	66.07	66.99	64.29	59.92
TiO ₂	0.05	0.06	0.03	0.09	0.04	0.05	0.06	0.08	0.03	0.11	0.05	0.06	0.00	0.07	0.02	0.05	0.38	0.03
Al ₂ O ₃	22.26	21.42	22.87	21.95	17.06	15.94	26.97	26.18	27.58	25.61	19.14	17.83	27.75	27.52	28.26	24.86	18.96	17.37
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05						
FeO	0.09	0.26	0.19	1.14	1.50	2.11	0.11	0.32	0.23	1.32	1.69	2.36	0.39	0.37	0.42	1.71	2.57	3.30
MnO	0.02	0.04	0.05	0.06	0.05	0.10	0.02	0.05	0.06	0.07	0.06	0.11	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.08
MgO	0.15	0.43	0.34	1.39	3.26	4.79	0.18	0.52	0.41	1.62	3.66	5.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	7.03
NiO	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05						
CaO	0.21	0.66	0.49	1.86	5.18	7.68	0.26	0.80	0.59	2.17	5.81	8.57	0.66	0.81	0.73	1.85	6.31	7.96
Na ₂ O	15.42	14.98	15.06	14.33	10.88	10.51	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01						
Total	97.96	96.79	97.98	100.04	100.03	99.98	100	100	100	100	100	100	95.53	95.54	95.50	95.46	95.58	95.70
陽イオン比 (酸素=12)																		
Si	4.11	4.11	4.06	4.03	4.21	4.07	4.49	4.49	4.43	4.37	4.48	4.32	4.36	4.37	4.33	4.43	4.38	4.17
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.81	1.76	1.86	1.76	1.37	1.30	1.97	1.92	2.03	1.91	1.45	1.38	2.14	2.12	2.18	1.94	1.52	1.42
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ²⁺	0.01	0.02	0.01	0.06	0.09	0.12	0.01	0.02	0.01	0.07	0.09	0.13	0.02	0.02	0.02	0.09	0.15	0.19
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.04	0.04	0.14	0.33	0.49	0.02	0.05	0.04	0.15	0.35	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.73
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.02	0.05	0.04	0.14	0.38	0.57	0.02	0.05	0.04	0.15	0.40	0.61	0.05	0.06	0.05	0.13	0.46	0.59
Na	2.06	2.03	2.01	1.89	1.43	1.41												
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計	8.01	8.02	8.02	8.03	7.82	7.98	6.52	6.54	6.56	6.67	6.79	6.98	6.57	6.57	6.58	6.60	6.86	7.12
Mg/(Mg+Fe)	0.74	0.59	0.67	0.68	0.79	0.80	0.74	0.59	0.67	0.68	0.79	0.80					0.70	0.79
Si/Al	2.28	2.34	2.19	2.29	3.08	3.17	2.28	2.34	2.19	2.29	3.08	3.17	2.16	2.14	1.98	2.29	2.88	2.93

上段に測定結果を酸化物の重量%で、下段は計算した陽イオン比を示す。*p*-XRF による分析では、ナトリウム (Na₂O) 成分は測定できない。

EPMA によるヒスイ輝石 (MJ-1, -2, -3)、オンファス輝石 (MJ-4, -5) のナトリウムは酸化物 (Na₂O) 換算でそれぞれ 15wt.%、約 10wt.%程度である。*p*-XRF の分析ではこの成分が全く検出できないため、他の主成分であるケイ素とアルミニウムの測定には大きな影響が生じ、約 60wt.%の SiO₂成分は約 66wt.%に、また 22wt.%程度の Al₂O₃成分は 28wt.%程度まで増加した結果が出ている。これらはまた単純に Na₂O 分を差し引いて再計算した SiO₂値 (72-66wt.%) とも異なっている。この結果をそのまま見ても、天然に存在する岩石はほぼ存在しない。ヒスイ輝石 (NaAlSi₂O₆) を構成するナトリウム以外の陽イオンはケイ素とアルミニウムで、その陽イオン比 (Si/Al 値) は 2 である。またヒスイ輝石の連続固溶体であるオンファス輝石の Si/Al 値は 2 から大きい方向へと変化する。測定した値をこの比 (Si/Al 値) で見ると、測定法間では重量%値ほどの大きな差異が見られない。図 1 に、EPMA 及び *p*-XRF 双方から得た Si/Al 値の対比図を示す。測定した「ヒスイ」標準試料の EPMA と *p*-XRF による Si/Al 値は、それぞれ 10%以内でおおむね一致した値を示している。したがって、Si/Al 値については、±10% 程度の誤差を考慮してデータを扱う限り、その解釈に問題はないと考えることができる。また、2

例ではあるがオンファス輝石を分析した結果 (MJ-5A, MJ5-M) では、オンファス輝石中の鉄・マグネシウム比 ($Mg/[Mg+Fe]$) でも、それぞれ 10%、1%以内の良い一致をみせている。これは、カルシウム角閃石 (ネフライト) 中の鉄・マグネシウム比 ($Mg/[Mg+Fe]$) の確からしさと同等であり [飯塚、小野 2020]、これら分析の確からしさを踏まえた議論を行う限りにおいては、 p -XRF による分析値は信頼に足る、ということが言える。

一方で、 p -XRF による分析では、以下の点に留意が必要である。(1) 分析範囲 (本装置においては 9mm 径) が比較的大きいことから、微細な不均質組織や異なる鉱物があった場合、それらを明瞭に判別できない。特に複数の鉱物から構成される火山岩や変成岩の判別には、地質学的な知識が必要である。(2) 平滑面に対する分析が望ましくはあるが、形の小さな管状や玉状の分析や、凹凸のある表面の測定では、励起される X 線エネルギーの弱い軽元素分析への支障が大きい。(3) 遺物によっては、表面に塗布された、あるいは癒着した有機物や粘土などの不純物を取り除けない場合がある。粘土の場合では、粘土に含まれるケイ素、アルミニウム、カリウムなどが妨害元素として作用する。したがって、分析にあたっては、ルーペを用いた遺物表面の観察で、測定箇所を選定を十分に検討し、可能であれば磁性や比重を測るなどして、分析データの判読には十分に注意を払う必要がある。

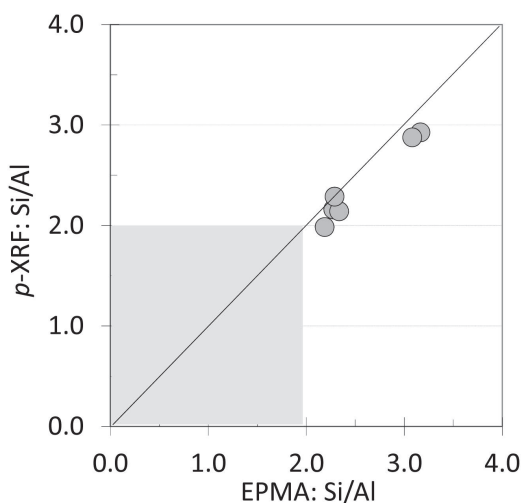


図2 EPMA 法および p -XRF 法によるヒスイ輝石 - オンファス輝石の分析値の比較

灰色で示した領域 ($Si/Al < 2$) は、ヒスイ輝石の取り得ない組成域を示す。

4. p -XRF を用いたグアテマラ国内のマヤ文明の磨製石器石材分析

グアテマラ国内の地形は、ペテン地方に見られる北部の低地帯、メキシコからコスタリカへ連なる活火山帯の一部であるグアテマラ高地、活火山列の南西側斜面から太平洋沿岸に至る南部低地帯の大きく 3 つに分けられる。ペテン地方に広がる低地帯はほとんど植生に覆われているが、地質学的には白亜紀の石灰岩の分布する地域である。グアテマラ高地には、成層火山やカルデラ火山が分布し、玄武岩、安山岩から流紋岩の溶岩が噴出している。主要な黒曜石産地であるエル・チャヤル (El Chayal) やイシュテペケ (Ixtepeque) がこの地域にあり、東部にはモタグア川が流れている。モタグア川流域の渓谷地帯には、「ヒスイ」を産する低温高压型の変成岩体

が存在する。またかつての海洋底を形成していた蛇紋岩体も広く分布している。南部の低地帯は火山麓扇状地と沿岸部にあたり [Weyl 1980]、南部太平洋岸地域としても知られている。

これらの地形学、地質学的な特徴を鑑み、本研究ではグアテマラをペテン地方とグアテマラ高地、南部太平洋沿岸地方の3つに分類し、それぞれの地域から、ある一定数の緑色石製遺物の出土が報告され、かつ「その場分析」での調査が許可された4ヶ所の遺跡で、前節で確認した *p*-XRF 技術を用いた石材分析を行った。各地方における試料遺跡の位置と概略は図3、および表2に示す。

以下はそれぞれの地域、および調査対象とした遺跡の考古学的な概要である。



図3 グアテマラ国内の代表的マヤ遺跡

○：本研究で石製品の分析を行なった遺跡、△：本論で言及した遺跡、楕円は「ヒスイ」の産出地域を示す。

4-1. ペテン地方 (Petén)

グアテマラ北部の低地帯に広がるペテン地方は、古代マヤ文明にとって重要な意味を持つ地域である。多くの遺跡や研究材料が集中しているため、他地域よりも特に研究が進んでいる [嘉幡 2020] というのも確かだが、

古代マヤ文明を理解する上でペテン地方が持つ歴史的、地政学的な意味は大きい。E-グループなど集団祭祀施設を含んだ大規模な居住の痕跡が先古典期中期頃から認められており [Inomata et al. 2013]、時代が進んでも、古代マヤ文明の最盛期、いわゆる「古典期マヤ」の中心地として良く知られている。ペテン地方を中心に神聖王を頂点とする政治機構が成熟し、威信財から日用品までを網羅する広範な交易ネットワークが発達していた [青山 2015]。またマヤ文字碑文による歴史記録 [Martin and Grube 2008] や、頭蓋変形や歯牙装飾などの独自文化も特に顕著に認められている [Tiesler 2014]。代表的なティカル遺跡などでは、碑文や図像の研究を中心に、中央メキシコのテオティワカン (Teotihuacan) との関係もよく議論されている [Martin and Grube 2008]。しかし、8 世紀から 9 世紀になると隆盛を誇ったペテン地方の「古典期マヤ」も徐々に衰退し、10 世紀の前半までにはほぼ全ての都市が放棄されてしまう。その後同様の人口規模がペテン地方に戻ることはない [Houston and Inomata 2009]。

本研究ではペテン地方からラ・コロナ遺跡を調査対象とした。ラ・コロナ遺跡は米国、チューレン大学 (Tulane University) とグアテマラ、デル・バジェ大学 (Universidad del Valle de Guatemala) が共同調査を進めている比較的小規模な都市遺跡である。数多くの碑文資料が出土したことで知られており、特にカーン (Kaan) 王朝の首都として知られるカラクムル (Calakmul) との政治的な関連が指摘されている [バリエントス、鈴木 2020]。支配者層の埋葬コンテクストを中心に全 1174 点の緑色の石製品が出土しており、本研究ではその中でも 780-800 年頃の特に関重要な王墓と考えられている埋葬 18 の副葬品を中心に 56 資料をグアテマラ・シティの収蔵施設内で分析した。埋葬 18 からは全 109 点の緑色石製品が出土しているが、今回は a) 分析可能な平たい面がある遺物であること、b) いわゆる「インペリアル・ジェード (imperial jade)」と称される高品質で美しい色目の「ヒスイ」で製作された遺物であること、c) 高度な彫刻技術が使われているなど“重要な遺物”であること、また d) “重要な遺物”であるが視覚的に「ヒスイ」に見えない特徴をもつもの、を条件に資料を選別している。先古典期に該当する資料は含まれていない。

4-2. グアテマラ高地 (Guatemalan Highlands)

グアテマラ高地も特に長い居住の痕跡が認められている地域である。現在のグアテマラ・シティに位置し長く地域に君臨したカミナルフユ (Kaminaljuyú) では、先古典期前期から居住が開始されており、先古典期中期から後期にかけては発達した水利機構や武力を基盤とした王権の萌芽も認められている。ペテン地方よりも早い段階から石碑に暦と王の姿を刻む習慣が根付いていたことも注目に値する [Love and Kaplan 2011]。古典期に入ってから、黒曜石 (エル・チャヤルなどで産出) やヒスイ (主にモタグア川流域などで産出) などの天然資源を活かし、ペテン地方との遠距離交易で栄えた [Sharer and Traxler 2006]。ペテン地方同様、グアテマラ高地でもテオティワカンとの関係は度々議論されている [Valdés and Wright 2004]。しかし、グアテマラ高地ではペテン地方のような古典期末の人口減少はなく、むしろ人口規模を拡大しながらメキシコ中央高原の影響を受けた多くのマヤ王国が栄えた。キチエ (Quiché) やカクチケル (Kaqchikel) などの諸王が 16 世紀にはスペイン人と戦っている [Sharer and Traxler 2006]。

本研究ではグアテマラ高地から、デル・バジェ大学が発掘を進めているアティトラン (Atitlán) 湖近傍に位置するサン・アンドレス・セメタバフ (San Andrés Semetabaj, 以下、「セメタバフ」と称する) 遺跡とカミナルフユ遺跡を調査対象とした。セメタバフではまだ本格的な発掘調査が開始されたばかりであり、またカミナルフユと比較すると小規模な遺跡であるため、これまでに出土した緑色石製石器全 31 資料を分析対象とすることが叶った。一方でカミナルフユには約 100 年という厚い発掘調査の研究史が積み重ねられており、緑色石製品の

出土数自体あまりに膨大である。そのため今回は遺跡公園の責任者であるバルバラ・アロージョ氏 (Bárbara Arroyo) の協力によって、2018年11月の調査時に分析可能であった34点の石製品のみを分析した。試験的な調査という位置づけであるため、緑色を呈してはいるが、a) 石材が不明であること、b) 考古学的な所見から「ヒスイ」と思えない石器であること、を優先した抽出を行っている。

資料の年代としては、出土層位や発掘で伴した土器様式などを根拠として、セメタバフ由来のものが先古典期中期から古典期後期(紀元前600年頃～紀元後800年頃)に、カミナルフユ由来のものが先古典期後期から古典期前期(紀元前400年頃～紀元後500年頃)に、それぞれ属すると判断されている。

後古典期に属する資料は含んでいない。

4-3. 南部太平洋岸 (Southern Coast)

グアテマラ南部太平洋岸地方は上記の2地域と比較して、おそらく最も考古学研究が遅れている [Chinchilla 2012]。各地と同様に先古典期にまで遡る居住の跡が確認されているが、近年では遺跡の農地利用が特に活発となっており、タカリク・アバフ (Takalik Abaj) 遺跡や、ラ・ブランカ (La Blanca) 遺跡、エル・ウフシュテ (El Ujuxte) 遺跡 [Love 2007] などいくつかのケースを除いて1990年代以降体系だった大きな発掘調査はほとんど行われていない [Mejia 2016]。メキシコ湾岸に栄えたオルメカ (Olmeca) 文化との交流 [Love 1999] や、テオティワカン植民地の存在など [Bove and Medrano 2003]、多くの研究課題が示されているが、仮説をより具体的に検証するため、新たな体系だった大規模な発掘調査が渴望されている地域である。

この地域からはグアテマラ、デル・バジェ大学考古学人類学研究センター (Centro de Investigaciones Arqueológicas y Antropológicas, CIAA) が保管するモンテ・アルト (Monte Alto) 遺跡出土の緑色石製品36資料の分析を同大学内で行なった。モンテ・アルトは1970年代から1980年代にかけてフレデリック・ボベ (Frederick Bove) やエドウィン・シューク (Edwin Shook)、マリオン・ポペノエ・デ・ハッチ (Marion Popenoe de Hatch) らが調査したグアテマラ南海岸を代表する大遺跡の一つである [Bove 1981; Shook and Hatch 1978]。発掘調査が既に完了して久しいため、出土した緑色石製品の全点を今回の調査で分析することができた。資料年代は概ね先古典期後期(紀元前400年～紀元後200年)と記録されている。

古典期、後古典期に対応する資料は含まれていない。

4-4. 分析資料概要

本研究では今日のグアテマラを地形および地質学的な観点から上記のように3つに分け、それぞれの地域からいくつかの資料群を選び、分析した。しかし、繰り返すまでもなく古代マヤ文明圏の歴史と地域性は多様である。それぞれの地域の歴史的特性が複雑に関係し合い、考古学的な視点からは上記のような単純な分割が適切でない可能性もある。また本研究の分析資料は、現時点で分析可能であったものを扱ったに過ぎず古代マヤ文明の「緑の石」を網羅する資料ではない。また各遺跡の資料を数的にも歴史的にも全て扱っているわけでもない。化学分析の許可を得るといった制約があるにしても、本研究で扱った157資料は、広大で多様な古代マヤ文明圏に対して矮小であり、古代マヤ文明における「緑の石」をめぐる時空間比較的な考古学解釈は限定的なものである。しかし、それがすなわち本研究における石材分析の考古学的な価値を直ちに失わせるものではなく、完全非破壊分析技術によって得られる初生的、暫定的な解釈を示すことが、今後のさらなる分析の可能性と、新たな展望を導くものと考えている。

5. 分析結果と石材の概説

p-XRF による「その場分析」による、計 157 資料の分析結果のまとめを表 2 に示す。

表 2 調査対象遺跡と石器石材の内訳

遺跡名	モンテ・アルト Monte Alto	セメタバフ Semetabaj	カミナルフユ Kaminaljuyú	ラ・コロナ La Corona	Site
地域	南部太平洋岸	グアテマラ高地		ベテン地方	Area
時代	先古典期後期	先古典期中期～ 古典期後期	先古典期中期～ 古典期前期	古典期後期	Period
遺跡の年代幅	紀元前 4 ～ 紀元 2 世紀	紀元 2 ～ 8 世紀	紀元前 4 ～ 紀元 5 世紀	紀元 4 ～ 8 世紀	Age of site
資料の年代幅	400 BC ～ AD 200	600 BC ～ AD 800	400 BC ～ AD 500	AD 600 ～ AD 800	Age of samples
全分析資料数	36	31	34	56	Total samples
単鉱岩 (小計)	30	26	22	51	Mineral name
「ヒスイ」	26	9	10	37	Jadeite - omphacite
針鉄鉱				10	Goethite
石英				3	Quartz crystal
玉髄		1	0.5		Chalcedony
白雲母	1	3	0.5		Muscovite
正長石			2		K-feldspar
角閃石岩	1				Hornblende
蛇紋岩	0.5		1	1	Serpentine
滑石岩		3.5	5		Talc
緑泥石岩	0.5	6.5	1		Chlorite
灰長石岩	1	2.5	1		Anorthite
方解石		0.5			Calcite
葉蠟石			1		Pyrophyllite
火山岩類 (小計)	3	2		3	Volcanic rocks
黒曜石(火山ガラス)		1		2	Obsidian
火山岩	3 ^(*1)	1 ^(*2)		1 ^(*3)	Volcanic rocks
その他 (小計)	3	3	12	2	Others
方鉛鉱	1				Galena
藍銅鉱				1	Azurite
片岩		1	8		Schist
泥岩	2				Mudstone
頁岩			1		Shale
粘板岩			2		Slate
粘土		1			Clay
シルト		1			Silt stone
判別不能 (岩石)			1		not identified
貝				1	Shell

*1 : 安山岩、*2 : デイサイト、*3 : 斜方輝石、右欄は、単鉱岩を構成する鉱物名 (英語) を示す。

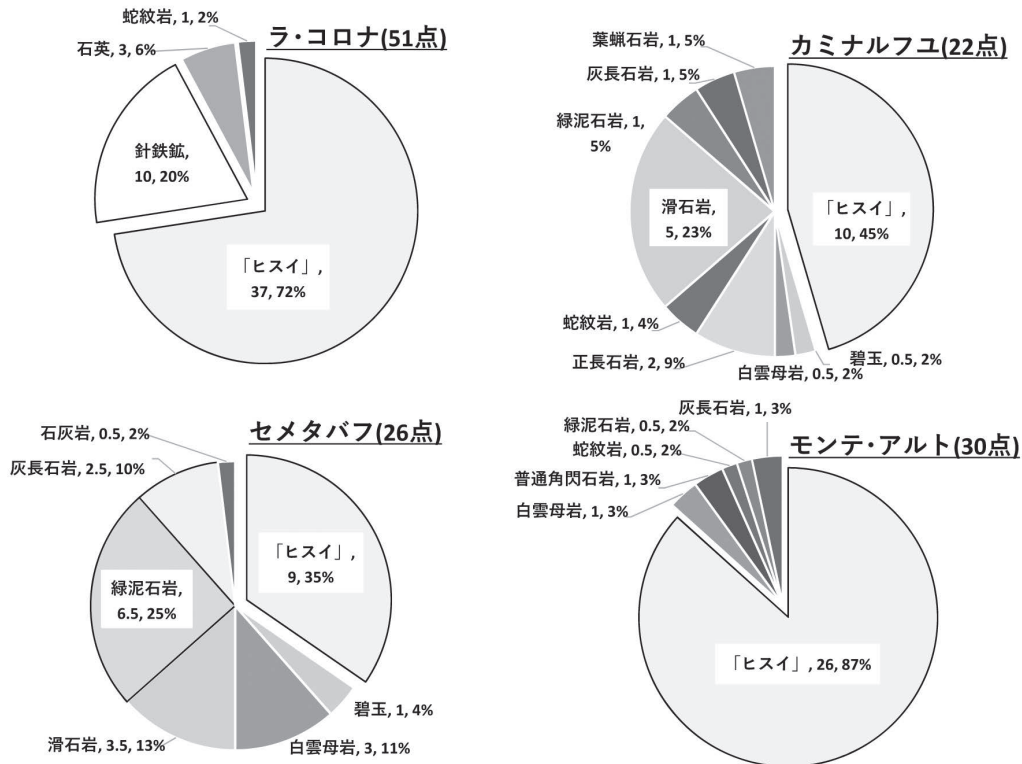


図4 遺跡別石器石材：単鉱岩の内訳

それぞれの石材（岩石名）ごとに「岩石名、資料点数、その割合 (%)」を示す。

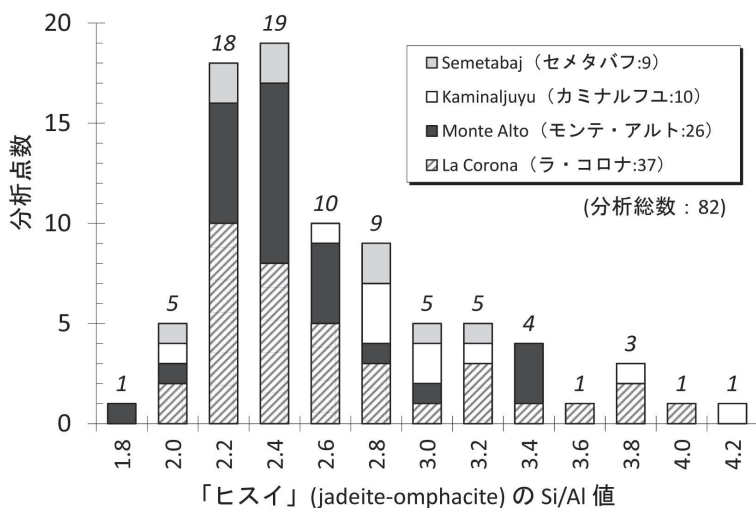


図5 p-XRFによる「ヒスイ」の化学組成 (Si/Al 値) の頻度分布

全82分析データの Si/Al 値 0.2 毎の遺跡別頻度分布。棒グラフ上の数値は各範囲の小計を表す。凡例中の数値はそれぞれの遺跡における「ヒスイ」の分析数

分析した石器石材の大多数は、単一の鉱物からなる単鉱岩であった。石材別の内訳は表2、図4の円グラフは各遺跡の単鉱岩別の内訳を示している。透明な石英 (quartz、「水晶」と称されることもある) と玉髄 (chalcedony)、石灰岩由来と思われる乳白色の方解石以外は、ほぼ緑色を呈する石材で「ヒスイ」がその多数を占める。「ヒスイ」以外の緑色の石材には、白雲母、正長石 (カリ長石)、灰長石、蛇紋石、滑石、緑泥石、葉蠟石があった。また茶色を呈する針鉄鉱の存在も確認した。表2中の端数表示は、それぞれ蛇紋石と滑石、滑石と緑泥石、灰長石と方解石、玉髄と白雲母が共生している石材を示している。

遺跡ごとの単鉱岩中の「ヒスイ」の割合は、南部太平洋岸のモンテ・アルトで87% (26/30 資料中の26資料。以下同様)、次いで北部低地のラ・コロナの72% (37/51)、高地のカミナルフユで45% (10/22)、セメタバフで35% (9/26) であった。

表3にp-XRFで分析した「ヒスイ」の分析値を、図5にSi/Al値の頻度分布を示す。分析した全82資料の「ヒスイ」のうちほとんどは、Si/Al値において2.0~2.5で、白色から薄緑色を呈するヒスイ輝石であった。一方で、Si/Al値2.5以上の、灰色、濃緑色、黒色のオンファス輝石も多く存在する。Si/Al値の組成幅は、誤差を考慮しても2-4まで連続的に変化している。また化学組成に地域的な特徴は認められない。マヤ地域における「ヒスイ」の産地はモタグア川流域を中心としたグアテマラ中部高地に限られているとされている。「ヒスイ」を構成する鉱物、ヒスイ輝石~オンファス輝石は連続固溶体であり、鉱物名による分類は特に意味を持たないが、このSi/Al値の頻度分布は、「ヒスイ」本来の天然のばらつきをそのまま反映しているのか、あるいはいわゆる「インペリアル・ジェード」を意図的に選択した結果であるのか、さらなる遺物の分析と、地質学的、考古学的研究報告を踏まえた検証が必要であると考えられる。

石材の種類をみると、高地のカミナルフユは9種、セメタバフは7種、太平洋岸のモンテ・アルトは6種、低地帯のラ・コロナでは4種類であった。ラ・コロナでは、「ヒスイ」に次いで、10資料の針鉄鉱製の石製品 (後述) を確認した。以下に分析の結果にから得られた「ヒスイ」以外の石材についての概説を記す。分析で得た代表的なデータは表4に示す。

5-1. 針鉄鉱 (goethite: FeO[OH], Iron-oxides 酸化鉄鉱物、H=5-5.5, D<4.3)

これまでマヤの先行研究では黄鉄鉱 (pyrite) とされてきた石材でもある。これらは、今現在も見た目は黄鉄鉱に特徴的な形状を残しているが、結晶自体は黄鉄鉱本来の特徴的な黄金色ではなく、茶色から黒色の針鉄鉱に置き換わっている。地質学ではこのような形態を仮晶 (pseudomorph) と呼ぶ。したがって、これらは「黄鉄鉱の仮晶をとる針鉄鉱」 (goethite pseudomorph after pyrite) と称する事ができる^(註3)。針鉄鉱は、磁鉄鉱ほどの強磁性を持たない弱磁性 (常磁性) 鉱物である。サンドバルらは、グアテマラ南部太平洋沿岸地方のレイノサ (Reynosa) 遺跡から出土した、歯牙象嵌の同種の石材の一部について電子顕微鏡観察とエネルギー分散型X線分光器による化学分析とX線回折法による結晶構造分析を行い、針鉄鉱であることを確認している [Sandoval et al. 2020]。本調査対象も、今回分析したラ・コロナの鏡や装飾品資料は、いずれも茶色を帯び、上述の針鉄鉱に同様に弱磁性の酸化鉄 (酸化鉄鉱物) であったことから針鉄鉱とした。鉄成分以外にもケイ素、アルミニウム成分が検出されるが、表面に共生する珪酸塩鉱物の影響と考えられる。また1mm以下の微小な黄鉄鉱が針鉄鉱表面に残存していることもあり、そのような場合は硫黄成分が検出される。針鉄鉱は鏡や管玉に多く使用していると考えられ、今後も分析による確認と供給源の追跡が課題である。

5-2. 方解石(calcite: CaCO₃, H=3, D=2.7)、ドロマイト(dolomite: [Ca,Mg]CO₃, H=3.5-4, D=2.9)

これらは概ね白色の炭酸塩鉱物で、石灰岩、サンゴなどに由来する。炭酸塩岩はグアテマラ北部の低地帯に広く分布する。

表 3-1 μ -XRF による「ヒスイ」の化学組成

分析 #	資料 #	備考	Jd/Om	形	色	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	計	Mg#	Si/Al
ラ・コロナ (ペテン地方) La Corona, Petén (計37資料)						(重量%)						(陽イオン比)	
CRN- 4	2A-2-2		Om	管玉	緑色	65.1	24.7	1.0		4.3	95.7		2.23
CRN- 6	16C-2-10-10	Job	Jd	玉(未成品)	緑色	65.4	26.5	0.9		2.5	95.4		2.10
CRN-11	1G-6-1	ACH	Om	小玉	緑色	54.1	18.9	2.9	5.1	14.0	95.9	0.755	2.43
CRN-12	1X-2-8	ACH	Om	小玉	緑色	51.7	17.0	3.0	5.9	17.3	96.0	0.780	2.58
CRN-13	1X-2-1	ACH	Om	小玉	緑色	56.0	15.8	2.5	6.9	13.7	95.8	0.831	3.01
CRN-15	16C-24b-11-17	CR-71A	Om	小玉	緑色	62.9	22.6	1.3	4.4	3.8	95.5	0.862	2.36
CRN-16	16C-24b-11-17	CR-71B	Om	小玉	緑色	66.3	21.8	1.7		5.7	96.3		2.57
CRN-17	16C-24b-11-13	CR-L68	Om	帽子型冠	緑色	60.3	22.7	1.8	5.9	4.5	96.0	0.853	2.26
CRN-19	16A-45-8-15	CR-L45A	Jd	鈎棒	白色	65.9	26.0	0.4		2.9	95.5		2.15
CRN-20	16A-45-8-15	CR-L45B	Om	破片	緑色	54.0	13.5	2.0	10.4	15.2	95.8	0.904	3.40
CRN-23	16C-24b-11-17		Om	円盤	緑色	65.1	25.8	0.8		3.2	95.6		2.14
CRN-33	CR22 2-2-2		Om	小玉	緑色	59.7	16.3	3.8	5.5	10.0	95.9	0.723	3.11
CRN-35	CR35A-8-1		Om	石鑿	緑色	61.6	20.9	7.0		5.0	96.3		2.50
CRN-37	CR35C-5-4	Burial 4	Jd	小玉	緑色	71.0	23.0	0.4		1.4	96.4		2.62
CRN-38	CR33A-20-5-9 <1>	Burial 3	Om	小玉	緑色	58.8	25.0	1.8	2.7	6.8	96.0	0.728	1.99
CRN-39	CR33A-20-5-9 <2>		Om	小玉	緑色	58.4	25.6	1.5	2.6	5.9	95.7	0.760	1.93
CRN-40	CR33A-20-5-9 <3>		Om	小玉	緑色	60.4	17.9	1.9	5.6	9.2	95.7	0.842	2.87
CRN-41	CR33A-20-5-9 <4>		Jd	小玉	緑色	69.8	23.7	0.4		1.7	95.8		2.50
CRN-42	CR33A-20-5-9 <5>		Om	小玉	緑色	70.7	21.6	0.7		2.3	95.7		2.77
CRN-44	CR33A-20-5-9 <1>	Burial 3	Om	角棒管玉	緑色	60.0	14.1	1.6	10.3	8.7	95.4	0.918	3.61
CRN-48	CR33A-20-5-9 <4>		Om	角棒管玉	緑色	66.0	24.4	1.4		3.5	95.7		2.29
CRN-52	CR31 B-10-4		Om	管玉	緑色	67.7	25.2	0.7		1.7	95.6		2.28
CRN-53	CR31 B-10-6		Om	冠	緑色	65.3	24.1	0.9		4.8	95.8		2.30
CRN-54	CR16A-32-7-10	CR-153	Om	破片	灰色	59.3	14.0	2.8	9.1	9.9	95.6	0.851	3.59
CRN-55	CR16A-45-6-14	CR-L60	Om	面	灰色	52.5	14.8	4.9		22.2	96.3		3.01
CRN-56	CR32H-19-18	CR-L90	Om	角棒管玉	緑色	65.2	26.0	0.9		3.1	95.6		2.13
CRN-57	CR32H-19-18	CR-L83	Om	指輪	緑色	62.3	23.0	1.3	5.1	3.5	95.5	0.874	2.29
CRN-58	CR32H-19-18	CR-L109 A	Jd	指輪	緑色	66.7	26.9	0.4		1.1	95.7		2.10
CRN-59	CR32H-19-18	CR-L109 B	Jd	指輪	緑色	65.1	26.5	1.1		2.8	95.7		2.09
CRN-60	CR32H-19-18	CR-L84	Jd	円板	緑色	66.1	26.7	0.6		1.9	95.5		2.10
CRN-61	CR32H-19-18	CR-29	Om	平板	緑色	57.6	13.1	2.6	12.5	8.9	95.3	0.894	3.72
CRN-62	CR32H-19-18	CR-L78	Jd	冠	緑色	65.9	26.7	0.5		2.0	95.9		2.09
CRN-63	CR32H-19-18	CR-49	Om	平板	緑色	59.8	12.8	3.0	9.7	10.2	96.0	0.853	3.97
CRN-64	CR32H-19-18	CR-22	Jd	冠	緑色	65.0	26.5	0.9		3.0	95.8		2.09
CRN-65	CR32H-19-18	CR-20	Jd	装身具	緑色	66.1	25.5	0.8		2.9	95.7		2.20
CRN-66	CR32H-19-18	CR-18	Jd	装身具	緑色	66.3	26.4	0.5		2.3	95.7		2.13
CRN-67	CR32H-19-18	CR-14	Om	小玉	白色	56.1	17.7	1.9	10.0	8.9	95.4	0.904	2.69

酸化物は重量%値、鉱物名: Jd: ヒスイ輝石、Om: オンファス輝石、Mg# は Mg/(Mg+Fe)値を表す

5-3. 白雲母 (muscovite: KAl₂AlSi₃O₁₀(OH)₂, H=2.5-3.5, D=2.9)

緑色の雲母は天然でも稀にしか存在しない。遺物に用いられている「緑色を呈する白雲母」の類例が東南アジアにある [Hung and Iizuka 2017]。

5-4. 正長石 (orthoclase、あるいはカリ長石、K-feldspar: KAlSi₃O₈, H=6, D=2.6)

一般に白色、あるいは透明な結晶であるが、緑色の正長石は、アマゾンナイト(天河石)とも称され、現代でも宝飾品に使われる。

5-5. 灰長石 (anorthite: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, H=6, D=2.8)

斜長石のカルシウム端成分鉱物。一般に白色、あるいは透明な結晶であるが薄緑色を呈するものは装飾品にも用いられる。粉末にして緑色の釉薬に用られることもある。

表 3-2 p-XRF による「ヒスイ」の化学組成

分析 #	資料 #	備考	Jd/Om	形	色	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	計	Mg#	Si/Al
カミナルフユ (高地) Kaminaljuyú, Highland (計10資料)						(重量%)						(陽イオン比)	
KAM 13	KJ-AIV1-N-F3A6	200BC	Jd	小玉	緑色	70.6	20.9	1.0		2.6	96.7		2.86
KAM 30	KJ-AC-33-2	400AD	Jd	石斧	緑色	72.4	22.0	0.4		0.9	96.1		2.79
KAM 31	KJ-INCAP07-AXT-019	400AD	Jd	石鑿	緑色	65.4	28.5	0.9		0.8	96.1		1.95
KAM 34	KJ-E33-ML5-6	400BC	Om	石鑿	緑色	53.0	16.2	11.8	4.4	8.3	96.3	0.398	2.77
KAM 35	KJ-E33-N16-6	400BC	Om	石鑿	緑色	62.1	17.8	7.2	2.4	5.3	95.6	0.370	2.97
KAM 36	KJ-AIV2-O-DEPA-2	200BC	Jd	工作破片	白色	70.4	23.4	0.8		1.1	96.4		2.55
KAM 37	KJ-AC33-2	400BC	Om	石鑿	緑色	66.8	18.0	1.5	3.6	5.2	95.5	0.805	3.15
KAM 44	KJ-AC33-2	400AD	Om	竿rod	緑色	64.9	13.8	2.8	4.5	8.9	96.1	0.742	4.00
KAM 45	KJ-AIV1-N-H5-2	200BC	Om	石鑿	緑色	61.2	19.5	5.1	4.9	4.2	95.7	0.632	2.66
KAM 46	KJ-AIV2-E-22	200BC	Om	石鑿	緑色	60.2	14.2	6.9	5.4	8.0	95.7	0.580	3.60
セメタバフ (高地) Semetabaj, Highland (計9資料)													
ATT 4	109-3-2		Jd	小玉	緑色	71.6	22.9	0.4		0.7	95.8	0.000	2.65
ATT 13	SO-2-2	(表面粗)	Om	装身具	緑色	59.8	16.5	1.9	0.02	8.3	<u>86.9</u>	0.019	3.09
ATT 19	104-1-1		Jd	小玉	緑色	62.9	29.2	1.9		1.3	95.9		1.83
ATT 24	109-3-2		Jd	小玉	緑色	72.5	22.3	0.3		0.6	100.0		2.75
ATT 25	S3-1-1		O	小玉	緑色	58.6	17.6	2.0	9.1	7.8	95.5	0.890	2.83
ATT 30	165-2		Jd	小玉	緑色	67.9	25.4	0.7		1.5	95.8		2.27
ATT 42	112-3-2		Jd	太小玉	緑色	65.5	25.7	1.1		3.0	95.6		2.17
ATT 45	117-1-1 A		Om	小玉	緑色	56.3	21.0	2.4	8.0	7.2	95.7	0.856	2.28
ATT 47	116-2-1 A		Jm	管玉	緑色	67.3	26.7	0.5		0.8	95.6		2.14
モンテ・アルト (南部太平洋岸) Monte Alto, Pacific Coast (計26資料)													
MA 1	179		Jd	管玉	緑色	65.6	23.8	2.8		2.8	95.8		2.34
MA 5	177		Jd	管玉	緑色	67.6	26.2	0.4		0.9	96.2		2.18
MA 6	175		Jd	面	緑色	64.9	26.8	0.7		2.2	96.3		2.06
MA 11	187		Om	装身具	緑色	60.8	21.6	1.6	6.2	5.0	95.6	0.873	2.39
MA 17	191		Jd	装身具	緑色	67.4	25.1	1.3		1.8	96.3		2.28
MA 18	188b		Om	装身具	緑色	58.5	15.3	2.0	10.8	8.3	95.5	0.905	3.25
MA 19	203		Om	石鑿	緑色	62.1	20.7	6.6		5.2	96.1		2.54
MA 20	169		Om	小玉	緑色	61.4	21.2	1.5	5.3	5.4	96.5	0.860	2.45
MA 21	184		Om	小玉	緑色	61.2	24.2	1.4	3.1	3.8	95.6	0.798	2.15
MA 23	178		Jd	管玉	緑色	67.6	24.8	1.1		1.9	95.9		2.32
MA 24	182		Jd	小玉	緑色	65.1	26.1	0.8	1.7	1.6	96.0	0.790	2.12
MA 26	176a M-31f		Jd	花卉型装飾品	緑色	66.0	26.6	0.8		2.1	96.0		2.10
MA 27	176b M-31f		Jd	花卉型装飾品	緑色	64.2	27.8	1.0		2.7	96.2		1.96
MA 31	185		Om	小玉	緑色	62.1	22.8	1.3	4.5	4.1	95.9	0.857	2.32
MA 32	193		Om	小玉	緑色	60.9	20.4	2.4	4.5	7.0	97.1	0.769	2.53
MA 37	192		Jd	小玉	緑色	67.1	25.4	0.8		1.6	96.0		2.24
MA 38	188a		Om	管玉	緑色	60.2	15.1	2.0	8.9	8.8	95.7	0.888	3.37
MA 39	180		Om	指輪(破片)	黒色	58.8	21.5	10.7		3.0	96.6		2.32
MA 40	P8 204	(表面粗)	Om	石鑿	灰色	59.2	28.2	2.1		3.6	96.5		<u>1.78</u>
MA 41	197 M30		Om	石鑿	黒色	58.1	21.7	8.7		4.9	96.2		2.27
MA 42	181		Om	小玉	緑色	65.8	19.7	1.2	4.8	3.8	95.7	0.878	2.84
MA 46	186		Jd	小玉	灰色	70.8	23.6	0.3		0.5	96.3		2.55
MA 47	200		Om	石鑿	灰色	62.4	19.8	7.8		4.6	96.0		2.68
MA 48	M31t Cache#13		Jd	小玉	灰色	61.9	25.3	1.6		3.8	94.9		2.08
MA 49	201		Om	石鑿	灰色	58.1	15.3	9.0		11.4	96.3		3.23
MA 58	(no number)		Om	小玉	灰色	62.3	22.5	1.6	4.2	4.8	96.2	0.826	2.35

5-6. 葉蠟石 (phyrophyllite $\text{Al}_4[\text{Si}_8\text{O}_{20}][\text{OH}]_4$, H=1.5 D=2.9)

いわゆる「ろう石」である。柔らかい性質で加工しやすいことから小玉や垂飾などの装飾品に用いられている

ことがある [飯塚、小野 2020; 飯塚、杉野森 2020]。柔らかく、遺物表面に擦痕が残っていることが多い、Si/Al 値が 2 以下を取ることやカルシウム成分が存在しないことなどから「ヒスイ」との区別は容易である。現代では石印材として広く活用されている。分析では表面状態の優れない資料でしか確認できなかった(表 4: Si 濃度が低く K の妨害がある)。

表 4 μ -XRF による石製遺物の代表的化学組成

遺跡名	モンテ・アルト Monte Alto			セメタバフ Semetabaj	カミナルフユ Kaminaljuyú			ラ・コロナ La Corona	
分析 #	MA 5	MA 38	MA 2	ATT 33	ATT 22	KAM 16	KAM 25	CRN-34	CRN-1
資料 #	177	188a	174	183-4	67-5	AIV2-F6G6	W-DEPC-3B	CR35A-4-2	14A-6-2-2
鉱物名 Mineral name	ヒスイ輝石 Jadeite	オンファス輝石 Omphachite	灰長石 Anorthite	滑石 Talc	白雲母 Muscovite	正長石 K-feldspar	葉蠟石 Pyrophyllite	蛇紋石 Serpentine	針鉄鉱 Goethite
形	管玉	管玉	装身具	小玉	小玉	管玉	小玉	石鏝	平板
色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	茶色
備考					劈開あり		(粘土付き)		(粘土付き)
重量%									
SiO ₂	67.6	60.2	40.3	58.8	46.1	46.0	49.9	43.5	11.1
TiO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.5	0.2		
Al ₂ O ₃	26.2	15.1	25.1	3.4	39.1	33.8	42.1	4.8	8.3
Cr ₂ O ₃		0.2	0.1				0.1	0.2	0.1
FeO	0.4	2.0	1.7	2.2	0.6	1.6	0.7	6.1	73.3
MnO		0.1			0.0			0.1	
MgO		8.9	5.0	30.8				39.9	
NiO				0.2				0.2	
CaO	0.9	8.8	22.8	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.8
(Na ₂ O)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O					8.0	13.7	2.2		
P ₂ O ₅	0.1		0.3			0.0		0.1	0.8
SO ₃									3.2
計	95.4	95.4	95.3	95.4	94.7	95.8	95.4	95.2	97.6
陽イオン比									
酸素 =	12	12	8	11	22	8	22	14	12
Si	4.43	4.20	2.03	3.77	6.02	2.26	6.20	3.78	1.32
Ti					0.08	0.02	0.02		
Al	2.03	1.25	1.49	0.26	6.03	1.96	6.17	0.49	1.16
Cr		0.01					0.01	0.02	0.01
Fe ²⁺	0.02	0.12	0.07	0.12	0.07	0.06	0.08	0.44	7.29
Mn		0.01						0.01	
Mg		0.93	0.38	2.94				5.17	
Ni			0.00	0.01				0.01	
Ca	0.06	0.66	1.23		0.01	0.01	0.03	0.02	0.10
(Na)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K					1.33	0.86	0.34		
P									0.08
計	6.54	7.17	5.21	7.10	13.55	5.17	12.86	9.96	9.97
Mg/(Mg+Fe)		0.89	0.84	0.96				0.92	
Si/Al	2.18	3.37	1.36		1.00	1.15	1.00		

上段に測定結果を酸化物の重量% (wt.%) で、下段は計算した陽イオン比を示す。ナトリウム (Na₂O) 成分は測定されていない。

5-7. 石英類 (quartz: SiO₂, H=6.5-7, D=2.6)

石英質で概ね SiO₂ 成分だけからなる。透明なものは水晶、緑色のは碧玉 (jasper) あるいは玉髓、赤色は

カーネリアン (camelian) と称される。

5-8. 蛇紋岩 (serpentinite)、滑石岩 (talcose rock)、緑泥石岩 (chlorite-rock) など

これらは蛇紋岩体から産出する。蛇紋石 (serpentine: $[\text{Mg,Fe}]_3\text{Si}_2\text{O}_5[\text{OH}]_4$, $H=2.5-4.5$, $D=2.2-2.6$) は、蛇紋岩の主体となる鉱物である。滑石岩と緑泥石岩は、それぞれ滑石 (talc: $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_2$, $H=1$, $D=2.7$) と緑泥石 (chlorite: $[\text{Mg,Fe,Mn,Ni}]_{6-x_3}[\text{Al,Fe}^{3+},\text{Cr,Ti}]_{y_3}[\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x]\text{O}_{10}[\text{OH}]_8$, $H=2-3$, $D=2.6-3.3$) は、蛇紋岩体に共生して産することが多い。いずれも軟らかく加工に適しており、薄い緑色から濃い緑色を呈するものが石製品に用いられている。滑石 (タルク) は、ステアタイト、ソープストーンと称されることもある。表4に示した例でもわかるように、蛇紋石と滑石には、ケイ素とマグネシウムの量比に明瞭な違いがあるので、*p*-XRF による分析で容易に判別することができる。グアテマラ中部高地には多くの蛇紋岩体が分布している。これらの石材はこの地域に供給源が多い可能性がある。

5-9. その他、単鉱岩以外の石材

単鉱岩以外では、火山地帯起源の黒曜石と火山岩溶岩 (安山岩～デイサイト)、変成岩帯起源の片岩 (詳細は不明)、その他泥質、シルト質の堆積岩などが認められた。太平洋岸のモンテ・アルトでは火山岩が、高地のカミナルフユでは変成岩が比較的多く確認できた。ただし、本調査では、緑色を呈する石材を主として扱ったため、単鉱岩以外の石材の種類と割合については、必ずしもそれぞれの遺跡の特徴を表しているわけではないと考える。

6. まとめ：グアテマラの地質とマヤの磨製石器石材

今回の一連の調査は、初生的な試みとして、グアテマラの地形学、地質学に基づいていくつかの遺跡を選出し、その数ある出土遺物の中から、調査時点で分析可能な状態にあった石製品を同一の分析方法で比較することで、石材の多様性や地域的な特徴を把握することを目的とした。緑色の石製品に重点をおいた調査ではあるが、これまでほとんど「ヒスイ」と思われてきた石製品の中に、多様な石材 (単鉱岩) の存在が明らかになった。グアテマラ中部の高地で用いられていた石材は、地質学的後背地の多様性を反映して、石材の種類が比較的多様で、「ヒスイ」占有率も比較的低い傾向があるようである。一方、火山岩の分布する太平洋沿岸地帯もまたその環境を反映した石材の活用が見受けられる。他方、グアテマラ北部の低地帯、ペテン地方に位置するラ・コロナ遺跡では、「ヒスイ」の産地から遠いにも関わらず、緑色を呈する石製品で多くの「ヒスイ」が存在していた。今回の調査では、王墓「埋葬 18」から、抽出した緑色石製品の装身具を中心に分析しているが、ペテン地方におけるいわゆる「古典期マヤ」の支配者層コンテキストでは、「インペリアル・ジェード」が選択的に多用されていた可能性が高まったと言える。今後は、これを作業仮説として、ラ・コロナ遺跡や他の宮殿遺構の資料整理がなった時に、分析点数や時代幅を拡げて行くことが課題としてあげられる。

またこれまで黄鉄鉱製とされていた装飾品の中にも明らかに色彩の異なる針鉄鉱製の装飾品の存在が確認された。今後は黄鉄鉱と針鉄鉱の原料産出地の違いや加工のし易さ等、鉱物としての特徴を考慮した上で、同種の石製遺物の追加確認分析調査と考古学的なコンテキストとの関連を考察して行くことが必要である。

p-XRF を活用した石材の化学分析が行われるようになり、これまで単に「Jade (玉)」あるいは「ヒスイ」としてきた緑色の石材の中に、他の、比較的加工しやすい石材も含まれていたことが明らかになってきている。同

ジグアテマラ北部・ペテン地方のセイバル遺跡でも、本調査同様に蛇紋岩、緑泥石岩、灰長石や雲母などが確認されている〔青山ほか 2020〕。また、日本の縄文時代でも、これまで認識されてきた「ヒスイ」や蛇紋岩、滑石岩以外にも、ネフライトや石英質岩、緑泥石岩など多様な「緑色」の石材が用いられていることが明らかになりつつある〔飯塚、小野 2020; 飯塚、杉野森 2020; 三澤 2020〕。

マヤ文明の石製遺物は、道具から、礼器、装飾品に至るまで多様な形式や用途があり、かつ大きさも様々である。p-XRF を用いて得られる岩石学・鉱物学的な情報によって石材（岩石）の特定を進めることで、それぞれの石材と用途の関係、石材の物性を踏まえた製作技法や使用痕の研究、あるいは産地や供給源の特定などに活かすことができると考えられる。今回の調査対象は広範囲であり、また石製品の年代も予察的で、かつ幅があり、したがって、それぞれ一つ一つの石製品の出土情報や形式、用途などを踏まえた網羅的な考古学的議論にまでは至っていない。しかし、このような手法の「その場分析」調査では、現地の研究者の理解と分析の許可を得ることがなにより大事であり、そのため今回の一連の非破壊化学分析とその結果を示しておくことが今後の調査につながるものと考えている。本報告は限定的な試みではあるが、地域ごとに使用される石材の時代的な変遷の研究や、メソアメリカ全体に視野を広げたより詳細な石材の産地調査、それに基づく新たな交流ルートの想定、さらに考古人骨研究によって昨今提議されつつある複雑な移民ネットワーク〔Price et al. 2014; Suzuki et al. 2018, 2020〕と合わせた議論など、本調査を通じて得られた新しい命題は多いと考えている。

【謝辞】

本研究は日本学術振興会科研費（基盤研究 C：18K01088、飯塚：金沢大学国際文化資源学研究所センター客員研究員、国際共同研究加速基金（国際共同研究強化：17KK0023、鈴木：岡山大学大学院社会文化科学研究科講師）の研究助成を受けて行われた。グアテマラにおける現地調査の際には、カミナルフユ遺跡公園の Bárbara Arroyo 氏、サン・アンドレス・セメタバフ発掘調査団の Ernest Arredondo 氏、Pablo Estrada 氏のご協力を得た。台北における分析作業では、中央研究院地球科学研究所の王宇祥氏にご助力をいただいた。本論をまとめるにあたり、匿名の査読者、編集委員の方々からの確で建設的なご指摘を賜った。記して感謝申し上げる。

註

- （註1） ポータブル型（ハンドヘルド）蛍光エックス線分析技術
携帯（ポータブル）でかつ手持ち（ハンドヘルド）の分析装置である。筆者らは、X線照射による人体への被曝を避けるため、装置を分析現場の床に台座を用いて据え付け、防爆カバーを使用し、手持ちの状態で運用することがないため、本論ではポータブル（portable-）XRF と呼称する。
- （註2） 一般的に「ヒスイ（翡翠）」と呼ばれている岩石の、岩石学における正式な呼称は「ヒスイ輝石岩：jadeitite」である。本論では、ヒスイ輝石からオンファス輝石で構成される岩石を「ヒスイ」と称する。
- （註3） 「黄鉄鉱の仮晶をとる針鉄鉱」（goethite pseudomorph after pyrite）という名称は非常にまぎらわしいため、あるいは「黄鉄鉱」の部分だけ切り取られ、誤解された状態でいままで周知されていたのではないかと思われる。

参照文献

Andrieu, Chloé, Olaf Jaime Riveron, María Dolores Tenorio, Thomas Calligaro, Juan Carlos Cruz Ocampo, Melania Jiménez and Mikhail Ostrooumov

- 2011 Últimos datos sobre la producción de artefactos de jade en Cancuen. *XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, edited by B. Arroyo, L. Paiz, A. Linares and A. Arroyave, pp. 1012-1021. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Andrieu, Chloé, Edna Rodas and Luís Luin

- 2014 The Values of Classic Maya Jade: A Reanalysis of Cancuen's Jade Workshop. *Ancient Mesoamerica* 25(1):141-164.

Aoyama, Kazuo (青山和夫)

- 1997 「交換と古代マヤ国家形成—南東マヤ低地出土打製石器の事例研究—」『民族学研究』 62(1):22-32.
2015 『マヤ文明を知る事典』 東京堂出版。
2017 “Ancient Maya Economy: Lithic Production and Exchange around Ceibal, Guatemala”. *Ancient Mesoamerica* 28(1): 279–303.

青山和夫、飯塚義之、猪俣健

- 2020 「セイバル遺跡の緑色岩製品の石材、製作と機能：蛍光X線分析・写真観察による石材判別とマヤ文明黎明期の磨製石斧の使用痕分析」『古代アメリカ』 23 : 103-117.

バリエントス・トマス、鈴木真太郎

- 2020 「グアテマラ共和国 ラ・コロナ遺跡の石版56」『考古学研究』 66-4:123-126.

Bove, Frederick J.

- 1981 *The Evolution of Chiefdoms and States on the Pacific Slope of Guatemala: A Spatial Analysis*, Ph.D. dissertation, Department of Anthropology, University of California, Los Angeles.

Bove, Frederick J. and Sonia Medrano Busto

- 2003 Teotihuacan, Militarism, and Pacific Guatemala. In *Teotihuacan and the Maya: Reinterpreting Early Classic Interaction*, edited by Geoffrey Braswell, pp. 45-80. University of Texas Press, Austin.

Braswell, Geoffrey E.

- 2003 Obsidian Exchange Spheres. In *The Postclassic Mesoamerican World*, edited by Michael E. Smith and Frances F. Berdan, pp. 131-158, University of Utah Press, Salt Lake City.

Chinchilla, Oswaldo

- 2012 Archaeology in Guatemala. Nationalist, Colonialist, Imperialist. In *Mesoamerican Archaeology*, edited by L. Deborah Nichols & A. Christopher Pool, pp. 55-68, Oxford University Press, Oxford.

Harlow, George E. and Sorina S. Sorensen

- 2005 Jade (Nephrite and Jadeitite) and Serpentinite: Metasomatic Connections International. *Geology Review* 47: 113-146.

Houston, Stephen D. and Takeshi Inomata

- 2009 *The Classic Maya*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hung, Hsiao-Chun and Yoshiyuki Iizuka

- 2017 Nephrite and Mica Industries, In *Khao Sam Kaeo: An Early Port-City between the Indian Ocean and the South China*

Sea, edited by Bérénice Bellina, *Memories Archeologiques* 28, pp.461-486, Ecole Francaise D'extreme-Orient, Paris.

飯塚義之、小野章太郎

2020 「完全非破壊化学分析による宮城県地域の縄文時代磨製石斧および石製装身具の石材研究」 『宮城考古学』 22:137-156.

飯塚義之、杉野森淳子

2020 「完全非破壊化学分析による石器石材研究—青森県立郷土館収蔵石製品の石材同定—」 『青森県郷土館研究紀要』 44: 35-43.

Inomata, Takeshi, Daniela Triadan, Kazuo Aoyama, Victor Castillo and Hitoshi Yonenobu.

2013 Early Ceremonial Constructions at Ceibal, Guatemala, and the Origins of Lowland Maya Civilization. *Science* 340:467-471.

嘉幡茂

2020 『図説 マヤ文明』 河出書房新社

Love, Michael W.

1999 La cultura olmeca en Guatemala. In *Epoca precolombina: Historia General de Guatemala*, Tomo I, edited by Popenoe de Hatch, M., pp. 191-200. Fundación para la Cultura y el Desarrollo, Guatemala.

2007 Recent Research in the Southern Highlands and Pacific Coast of Mesoamerica. *Journal of Archaeological Research* 15:275-328.

Love Michael W. and Jonathan Kaplan.

2011 *The Southern Maya in the Late Preclassic: the Rise and Fall of an early Mesoamerican Civilization*. University Press of Colorado, Boulder.

Martin, Simon and Nikolai Grube

2008 *Chronicle of the Maya Kings and Queens; Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*. 2nd Edition. Thames and Hudson, London.

Mejía Héctor, ed.

2016 Proyecto de registro y rescate arqueológico del plan de expansión del sistema de transporte de energía eléctrica PET-01-2009, Fase II, en la región de la Costa Sur y el Altiplano del territorio nacional guatemalteco, año 2014-2015 (ampliación 2016), Tomo I & II. Report available at the la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Ministerio de Cultura y Deportes, Guatemala..

Meléndez, Juan Carlos and Emiliano R. Melgar Tísoc

2018 Explorando las órbitas tecnológicas de dos rostros de mosaico de piedra verde de Tikal, Petén, Guatemala. *Revista Española de Antropología Americana* 48:191-210.

Melgar, Emiliano and Chloé Andrieu

2016 El Intercambio el jade en las Tierras Bajas Mayas, desde una perspectiva tecnológica. XXIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2015. pp. 1065-1076, Asociación Tikal, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Miller, Mary and Karl Taube

1993 *An Illustrated Dictionary of the Gods and Symbols of Ancient Mexico and the Maya*. Thames and Hudson, London.

三澤裕之

2020 「最上町材木遺跡から採取した緑色の石英について—縄文時代終末期の東北地方中南部地域における物

流に関する一考察」 『山形考古』 49: 1-11.

Price, T. Douglas, Seiichi Nakamura, Shintaro Suzuki, James H. Burton and Vera Tiesler

2014 New Isotope Data on Mobility at Classic Maya Copan, Honduras. *Journal of Anthropological Archaeology* 36:32-47.

Sandoval Molina, Andrea, Yoshiyuki Iizuka and Shintaro Suzuki

2020 Preclassic Mesoamerican dental inlays: Study of the raw material by SEM-EDS. *STAR: Science and Technology of Archaeological Research* (<https://doi.org/10.1080/20548923.2019.1700451>).

Sharer, Robert J. and Loa P. Traxler

2006 *Ancient Maya, 6th edit.* Stanford University Press, Redwood City.

Sheets, Payson D., Kenneth Hirth, Fred Lange, Fred Stross, Frank Asaro and Helen Michel

1990 Obsidian Sources and Elemental Analyses of Artifacts in Southern Mesoamerica and the Northern Intermediate Area. *American Antiquity* 55(1): 144-158.

Shook, Edwin. M. and Marion Popenoe de Hatch

1978 The ruins of El Balsamo. *Journal of New World Archaeology* 3: 1-37.

Suzuki, Shintaro, Vera Tiesler and T. Douglas Price

2018 Human Migration and Ethnic Expression in the Southeastern Borderland of Mesoamerica. A Bioarchaeological Perspective from Copan, Honduras. In *Bioarchaeology of Pre-Columbian Mesoamerica. An Interdisciplinary Approach*, edited by Cathy Willermet and Andrea Cucina, pp. 192-222. University Press of Florida, Gainesville.

Suzuki Shintaro, Seiichi, Nakamura, and T. Douglas Price

2020 Isotopic Proveniencing at Classic Copan and in the Southern Periphery of the Maya Area: A New Perspective on Multi-Ethnic Society. *Journal of Anthropological Archaeology*, published online (DOI: 10.1016/j.jaa.2020.101228)

Tiesler, Vera

2014 The Bioarchaeology of Artificial Cranial Modifications. *New Approaches to Head Shaping and its Meanings in Pre-Columbian Mesoamerica and Beyond*. Springer, New York.

Valdés, Juan Antonio and Lori E. Wright

2004 The Early Classic and its Antecedents at Kaminaljuyu: A Complex Society with Complex Problems. In *Understanding Early Classic Copan*, edited by Ellen E. Bell, Marcello A. Canuto & Robert J. Sharer, pp. 337-356. University of Pennsylvania, Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia.

Weyl, Richard

1980 *Geology of Central America*, 2nd Ed., Gebruder Borntraeger, Berlin.

Non-Invasive Chemical Investigation on Stone Artifacts from Guatemalan Maya sites

Yoshiyuki Iizuka (Academia Sinica, Taiwan/ Kanazawa University)

Shintaro Suzuki (Okayama University)

Tomás Barrientos Q. (Universidad del Valle de Guatemala)

Keywords: stone artifacts, *p*-XRF, stone materials, chemical investigation, Maya, Guatemala

A portable X-ray Fluorescence spectrometer (*p*-XRF) is handy and completely non-invasive technique to study for chemical compositions of stone artifacts. On-site chemical investigation by the *p*-XRF has been carried out for mostly greenish stone artifacts from representative archeological sites from the Peten (La Corona), through the Highlands (Kaminaljuyu and San Andres Semetabaj) to the Pacific Coast (Monte Alto) in Guatemala. Greenish jadeite jade (jadeite and omphacite) artifacts are major components from the La Corona site, whereas stone artifacts from the Highlands and the Pacific Coast areas are made of kinds of green rocks which including monomineralic rocks of jadeite-omphacite, serpentine, mica, amazonite (K-feldspar), anorthite, and pyrophyllite as well as volcanic and metamorphic rocks. Until now, the most kind of greenish stone artifacts have frequently been described as simply “greenstone” or “Jade” without lithic analytical evidences; however, the results revealed that different kinds of greenish rocks were used by the Prehispanic populations. Since jadeitite (jadeite jade) deposits only located along the Motagua Valley area in central Guatemala, it is widely accepted that the central Guatemala is the quarry of jadeitite in the Mesoamerica, but many potential resources of all the utilized rocks, here revealed, are still unknown. We also studied metallic materials from several site through the same method and identified, black in color, goethite (FeO[OH]) pseudomorphs after pyrite (FeS₂). There are used to called “pyrite” but identified now that some of ornaments, mirrors and dental inlays are made of goethite. These finding should open a new regional perspective about exploitation of various lithic materials as well as their sourcing.

原稿受領日 2020年6月1日

原稿採択決定日 2020年9月1日