

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：32643

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K12565

研究課題名（和文）赤外スペクトル解析に基づく新しい石英石器産地分析手法の開発

研究課題名（英文）Development of new method for estimating the origin of quartz artifacts by using infrared spectral analysis

研究代表者

金井 拓人（Kanai, Takuto）

帝京大学・付置研究所・助教

研究者番号：60779081

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではこれまで困難と考えられてきた水晶（石英）製遺物の原産地推定手法を新たに開発した。主に地質学分野で利用されていた赤外分光分析を水晶製遺物の分析に適用することで、非破壊で水晶の原産地を推定する手法を開発することができた。開発した手法を山梨県内の4つの縄文時代遺跡から出土した水晶製遺物について適用し、3つの遺跡においては甲州市の竹森鉱床を主たる水晶原産地として利用していることを明らかにした。縄文時代の石器石材としての水晶の流通における重要な知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は国内において水晶の原産地推定に初めて成功した研究であり、その学術的意義は大きい。海外においてはいくつかの手法が提案されているが、資料の破壊を伴うものが主流であり、非破壊で分析が実施できる本手法の提案によって分析対象とする資料の幅を広げることができた。また、山梨県において水晶は地場産業資産であり、本研究により山梨県最古期の水晶利用について明らかにできたことで地域活性化にも寄与することができた。

研究成果の概要（英文）：This study developed a new method for estimating the origin of quartz artifacts. In this study, we applied infrared spectroscopy to the analysis of quartz artifacts and proposed a new method for nondestructively estimating the origin of quartz. This developed method was applied to the quartz artifacts excavated from four Jomon period sites in Yamanashi prefecture, and it was clarified that the Takemori deposit in Kosu city was used as the main quartz origin in the three sites. We have gained important knowledge about the distribution of quartz as a lithic material in the Jomon period.

研究分野：文化財科学

キーワード：水晶製遺物 原産地推定 赤外分光分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

石器は文献資料のない時代の社会構造、物質交流、さらには文化を理解するための有効な情報を記録している。なかでも石英(水晶)は、硬く貝殻状断口を持つという機能性を利用した石鏃や、文化的な嗜好性を反映した切子玉など、様々な用途で利用された石材である。しかし、水晶は化学組成が SiO_2 と単純であり、黒曜石を代表とするような化学組成分析に基づいた原産地推定が行えないことから、その原産地については遺跡周辺の花崗岩分布域を候補として挙げるにとどまっており、水晶の獲得や流通実態については不明な状態であった。

一方で地球科学分野では微量元素組成分析、結晶化時の温度推定、結晶化を促した鉱床の種類推定など、石英から多くの情報を引き出す分析手法が確立されている。さらに宝石学分野では水晶の赤外吸収スペクトルを用いることで、非破壊で水晶が天然結晶か人工結晶かを鑑別する分析手法が確立されている。そこでこれらの分析を文化財科学・考古学分野に導入することで、無色透明な水晶石器の原産地推定も可能になると考え本研究を着想した。

2. 研究の目的

本研究は学際研究の立場をとり、地球科学や宝石学分野の分析手法を基盤としつつ、非破壊で水晶石器の赤外分光分析を行い、文化財科学や考古学分野において水晶石器の原産地推定手法を新たに開発することを目的とした。この手法が確立されることで、当時の水晶採取に関する行動圏の把握や水晶の流通について検討することができるなど、石器研究の更なる発展に寄与することができる。さらに応用として山梨県内の遺跡から発掘された水晶石器の原産地推定を実施し、石材としての水晶の獲得についての新知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

はじめに基礎研究として山梨県の 7 つの水晶原産地の水晶および人工水晶を対象として赤外分光分析の分析条件を検討した。通常赤外分光分析では試料を粉末化して錠剤を作成するが、本研究では文化財を対象としているために非破壊での赤外分光分析が可能かどうかを確認した。その結果、赤外吸収スペクトルの強度は試料表面での入射光の散乱や試料厚さの影響を受けて変化するが、一方で赤外吸収スペクトルの強度比は試料厚さの影響を受けないことが確認できた。これにより赤外吸収スペクトルの強度比を用いることで石器のような不定形の資料でも比較を行うことが可能となった。

次に赤外吸収スペクトルの解析方法を検討した。水晶に含まれる不純物元素はその元素に応じて吸収を示すことが知られている。本研究では原産地試料のスペクトル(図 1)を確認し、共通したピークである 3595 cm^{-1} 、 3485 cm^{-1} 、 3380 cm^{-1} の吸光度を産地推定の指標として利用することとした。なお、水晶には特に白濁した結晶に無数の流体包有物が包有されており、この水分子も赤外線を吸収することが知られている。そのため Lameiras (2012; *InTech, Rijeka*) を参考にベースラインを設定して不純物元素による赤外線吸収のみの強度を比較する手法を検討した。

最後に本研究で提案する赤外分光分析に基づく水晶の原産地推定結果と、すでに発表済の手法である水晶に包有された電気石の化学組成に基づく水晶の原産地推定の結果を比較して、赤外分光分析に基づく水晶の原産地推定手法について妥当性を検討した。

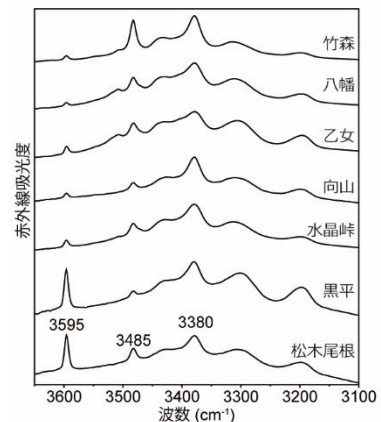


図 1. 原産地水晶の赤外スペクトル

(金井ほか, 2020).

4. 研究成果

赤外分光分析に基づく水晶の原産地推定手法の妥当性を検討するためには、水晶に包有された電気石の化学組成分析に基づく原産地推定手法の結果と比較を行う必要がある。そのため、山梨県および長野県において甲府花崗岩体周辺の遺跡から出土した水晶製遺物を広く観察し、電気石を含む水晶製遺物を出土した遺跡を選出した。本研究で対象とした遺跡は釈迦堂遺跡群 I 区、堰口遺跡、獅子之前遺跡、上コブケ遺跡である。

本研究ではまず走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光分析法を利用して水晶に包有された電気石の化学組成分析を行った。この結果をもとに電気石中の Al、Fe、Mg を端成分とする三角図を作成し、甲府花崗岩体中の原産地産水晶に含まれる電気石と遺跡出土水晶製遺物に含まれる電気石を比較した。その結果、対象とした 4 遺跡すべてにおいて甲州市塩山の竹森産の水晶が利用され、堰口遺跡については甲府市上黒平の松木尾根産の水晶が利用されていることが明らかになった(図 2)。

次に電気石を包有する水晶を対象に赤外分光分析を行い、原産地産水晶の赤外分光分析結果と比較を行った。その結果電気石の化学組成分析結果から竹森産と推定された水晶は、赤外分光分析においても竹森産の水晶と同様の特徴を示した。すなわち赤外分光分析も水晶の原産地推定に利用できる分析手法であると考えられる。一方でそれぞれの原産地産水晶の分布範囲には重複する範囲があり、その領域にプロットされた水晶の原産地を一つに絞り込むことは困難である。

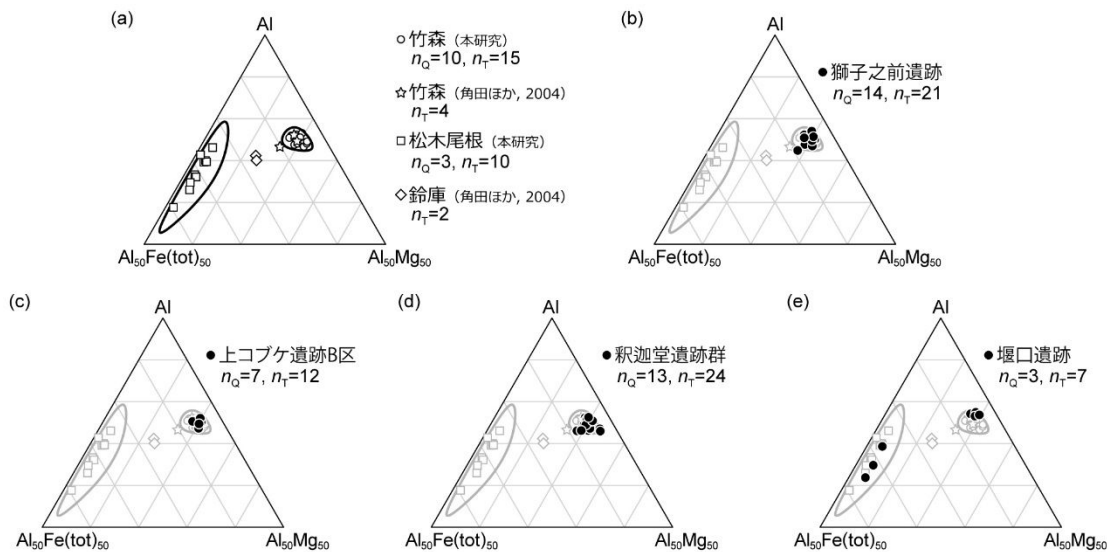


図 2. 水晶に含まれる電気石の Al-Fe(tot)-Mg ダイアグラム (金井ほか, 2020). n_Q は分析した電気石を含む水晶の試料数, n_T は分析した電気石の粒子数. 竹森の一部および鈴庫のデータは角田ほか (2004) のデータから算出した.

最後に 4 つの遺跡から出土した水晶製遺物を対象として赤外分光分析に基づく原産地推定を行った (図 3). その結果どの遺跡においてもデータの分布には集中が認められ、データの分布形状を原産地データの分布形状と比較することで、主として利用した原産地を推定することができた。釈迦堂遺跡群 I 区、獅子之前遺跡、上コブケ遺跡では山梨県甲州市にある竹森を水晶獲得の主たる原産地として利用していたことを明らかにした。堰口遺跡については比較した原産地のどことも一致しない水晶製石器の数が最も多く、その原産地を特定することができなかったが、その他の 3 遺跡と異なる原産地を主として利用していたことを明らかにできた。

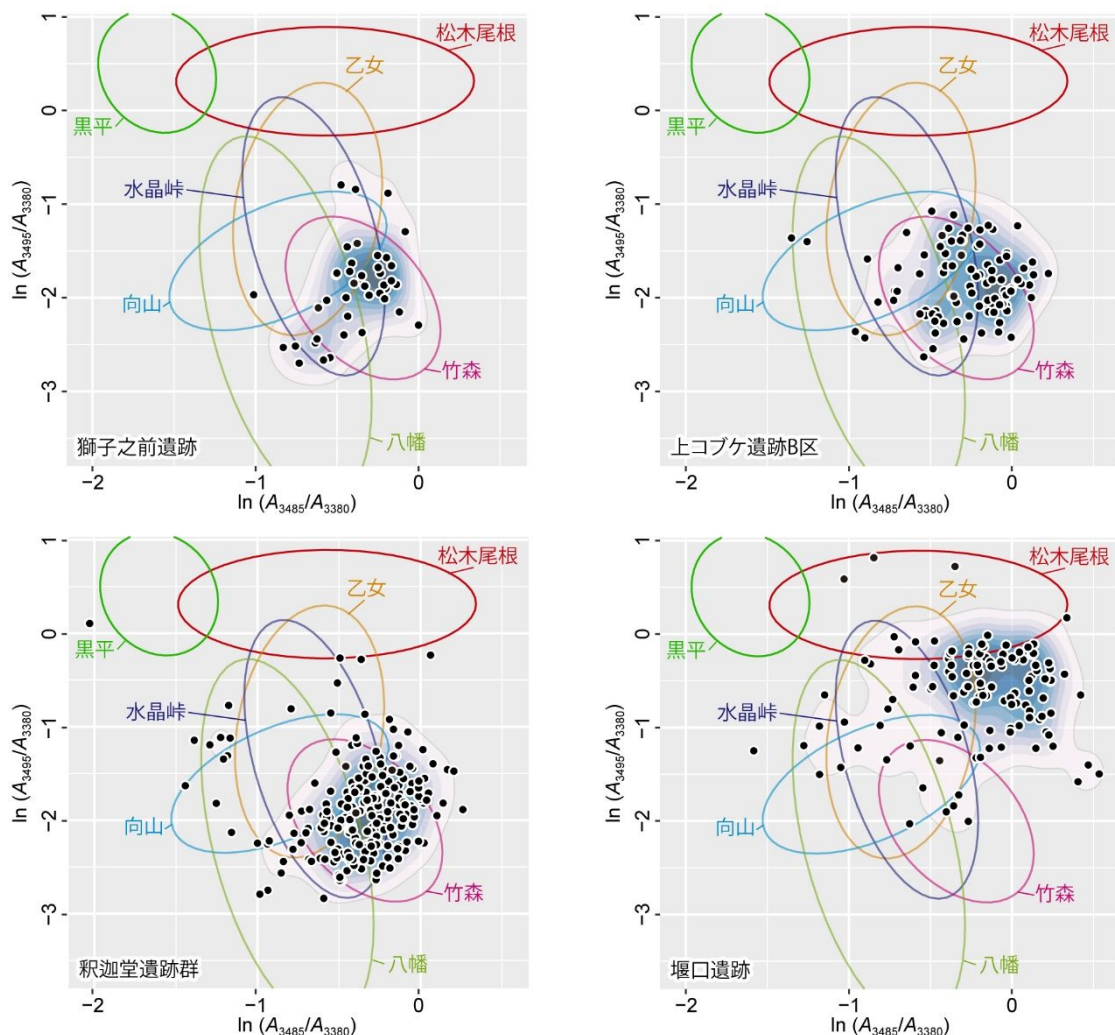


図 3. 水晶製遺物の赤外分光分析に基づく原産地推定結果 (金井ほか, 2020 をもとに作成).

この赤外スペクトルを利用した水晶製石器の原産地推定結果は、昨年度実施した水晶に含まれる包有物を用いた原産地推定の結果とも一致しており、赤外スペクトル解析を利用した石英（水晶）石器の原産地推定手法の開発という本研究の主たる目的は達成できたと考えられる。また、各遺跡において特定の原産地の水晶が集中的に利用されているものの、その原産地のみに依存せず他の原産地の水晶も利用されている姿が復元できた。このように石材を特定の原産地のみに依存しないことは黒曜石と同様であり、石器石材獲得の実態を理解するうえで重要な結果を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 金井拓人・保坂康夫・金井麻美	4. 巻 80
2. 論文標題 水晶の産地推定：山梨県内の4つの縄文遺跡における例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金井拓人・一之瀬敬一	4. 巻 738
2. 論文標題 埼玉県反町遺跡出土水晶の原産地	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 27-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 金井拓人
2. 発表標題 鉱山の現状と水晶の特徴-水晶の産地推定に向けて-
3. 学会等名 山梨郷土研究会創立80周年記念シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金井拓人・保坂康夫
2. 発表標題 石英石器産地推定へのアプローチ
3. 学会等名 日本旧石器学会第16回研究発表シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----