

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：84602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16339

研究課題名(和文) 着生地衣類の二次代謝産物による石造文化遺産への化学的劣化に及ぼす影響評価の試み

研究課題名(英文) Attempt to measure the effect on chemical deterioration for stone monuments by second metabolites of epilithic lichens

研究代表者

河崎 衣美 (KAWASAKI, Emi)

奈良県立橿原考古学研究所・企画部資料課・主任研究員

研究者番号：60732419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：屋外環境に曝される石造文化遺産の劣化要因の一つとして注目されている、地衣類による化学的劣化の定量的評価を試みた。まず地衣類の二次代謝産物とその二次的生成物の分布を把握し、二次代謝産物が石材と接する可能性を確認した。さらに今まで評価が困難だった、地衣類から水に溶出する成分を定性定量分析によって明らかにし、その中でも酸性度の高いシュウ酸について、面積あたりの溶出量を示すことで、化学的劣化リスクを定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでは着生生物の石材に及ぼす影響を定量評価できる方法がなかったために、除去の必要性について保存修復作業者は経験に基づく判断を取らざるを得なかった。本研究の成果により、保存修復作業者はより劣化リスクの少ない文化遺産の保存方法を選択することができ、石造文化遺産のディテールの保存に貢献することができ、また地衣類に特異的でない水溶性成分については地衣類学の分野でも明らかにされておらず、文化遺産保護の視点を持つ本研究によって初めて明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：The authors tried to quantitatively evaluate chemical degradation by lichens, which is noticed as one of degradation factors of stone cultural heritage exposed to outdoor environment. First, the distribution of secondary metabolites and their products in lichens was investigated to confirm the possibility of secondary metabolites coming into contact with stone materials. In addition, the chemical degradation risk of oxalic acid, which has a high acidity, was quantitatively clarified by the elution amount per area.

研究分野：文化財保存科学

キーワード：石造文化財 生物劣化 地衣類 石造文化遺産 二次代謝産物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

[これまでの屋外文化遺産の保存の背景]

屋外環境に曝される文化遺産の劣化現象には材料の劣化と構造の劣化がある。材料の劣化要因には物理的要因として水の凍結融解繰り返しや塩類の結晶成長、化学的要因として加水分解や大気汚染物質等による化学的溶解、生物的要因として樹木の生長や動物の活動、微生物の土壤化作用などが挙げられる。これらの劣化要因の中でも進行が早く現象が顕著に現れるのは物理的劣化要因であることが多いため、これまで物理的劣化要因のメカニズムおよびその対策に関する研究が多くなされ、現在ではその方法が確立されてきた。すなわち文化遺産の構造にまで影響を及ぼしかねない巨視的なレベルにおいて文化遺産を構成する材料の保存技術は一定のレベルに達したといえる。加えて現在では文化遺産の歴史的芸術的研究は、より精細にその価値を明らかにしている。このような背景から、より水準の高いオリジナル材料のディテールの保存が求められているといえよう。

[これまでの着生生物に対する考え方と問題点]

生物は材料の劣化要因の一つに挙げられ、特に着生生物(地衣類、藻類、シアノバクテリア、蘚苔類など)は基物に固着して活動するため、基物への影響はより大きくなるものと予想できる。中でも早期に着生し、その密着性の高さから問題視されている生物として地衣類があげられる(写真1)。地衣類とは、菌類と藻類が相利共生した複合生物である。地衣類と石材の関係性に関しては、地衣類の着生によって石材表面の劣化が進行する、といわれている。この劣化には物理的(機械的)な要因と化学的な要因がある。主に物理的な要因には、地衣類の偽根や菌糸または地衣体自身が石材内に穿入すること、化学



写真1 石造文化遺産に付着する地衣類

的な要因には、地衣類特有の二次代謝産物である地衣成分によって石材を溶解すること、などが挙げられている¹⁾。逆に地衣類が石材表面を被覆することによって石材が保護される事例²⁾もあり、経験的な面から、地衣類の石材保護という観点が示されつつもある。既往研究において地衣類が基物に与える影響は定性的に評価され、起こりうる劣化の種類が明らかにされてきた。しかし地衣類の影響の定量的評価に関する研究は圧倒的に少なく、特に化学的劣化作用に関する研究は少ない。定性的評価では地衣類による材料劣化の可能性がある、という表現にとどまるため、文化遺産から地衣類を除去すべきか否かの判断が難しかった。つまり除去作業によって生じるリスク(表面の破損など)に比べて着生による影響が大きい小さいかの判断が困難であった。

地衣類の生物劣化活動の指標に関する最新の研究では包括的な判断が試みられている³⁾が、化学的劣化作用と保護作用に関してのみ定量的な評価は避けられている。研究代表者のこれまでの研究において、地衣類の化学的劣化作用の一部を明らかにした⁴⁾が、これらは劣化が生じた後の痕跡を測ることで得られる情報であった。そこで文化遺産保護の基礎である「予防」の観点を取り入れるためには地衣類による化学的劣化の可能性を測る方法が必要であり、化学的劣化作用の定量化を行うことで地衣類の生物劣化活動の指標は実用的なレベルに発展させることができると考えた。

2. 研究の目的

地衣類による化学的劣化作用の大半は二次代謝産物である酸によると考えられている³⁾⁵⁾。二次代謝産物は生体の維持に直接関係しない物質であり、地衣類の場合、細胞外に蓄積することが多い。地衣成分は地衣類が特異的に生成する二次代謝産物で、地衣類の菌糸の周囲に結晶し、種によっては多量に存在することが知られている。さらに地衣類の二次代謝産物の一種であるシュウ酸は菌糸の周囲で塩を作って蓄積する⁶⁾ため、シュウ酸は菌糸の周囲に存在するものと考えられる。すなわち菌糸が直接基物に接するタイプの地衣類ではこれら二次代謝産物が基物に接する可能性は十分にあり得る。しかしながら、地衣成分以外の二次代謝産物や二次代謝産物の地衣体内における分布については議論されてこなかった。そこで地衣成分をはじめとする地衣類の二次代謝産物の位置を特定することで、それらが基物と接する可能性を明らかにする。文化遺産の保護を考えた場合、降雨の影響を免れない屋外に位置する文化遺産の材料の劣化にとって、地衣類に含まれる水溶性成分の影響は大きいものと予想される。そこで着生地衣類の活動が文化遺産に及ぼす影響を評価するために、地衣類の二次代謝産物を含む水溶性成分の定量分析を行い、その種類と含有量を把握する。これらの成果をもとに、地衣類の二次代謝産物による石材の化学的劣化のリスクを定量的に示すことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 地衣類の二次代謝産物の石材-地衣類界面における分布解析

対象試料としてカンボジア・アンコール遺跡群バイヨン寺院の構成砂岩に付着する地衣類4種類、奈良県の石造文化遺産に付着する地衣類4種類について顕微赤外分光の透過法により測定を行った。顕微赤外分光分析は大型放射光施設 SPring-8 の赤外線ビームライン BL43IR にて行った(課題番号:2016B1816、2017B1768)。装置は HYPERION 2000 (Bruker 社製)を用い、分析波長は 4000cm^{-1} から 600cm^{-1} の領域とし、測定径は $10\ \mu\text{m}$ 四方、スキャン回数は64回(国内採取

サンプルについては 256 回)、分解能は 4cm^{-1} とした。試料は地衣類と石材との界面に対して垂直方向に破碎した断面より、マイクロサンプリング用マニピュレーターにセットした針およびナイフを用いて微小片を採取し、プレスして (S. T. Japan, Diamond Express) 厚さ $10\mu\text{m}$ 程度の薄片を作製した。図 1 に地衣類の構造を模式図で示す。上皮層や下皮層、偽根は種によっては存在しないため () 内に示した。二次代謝産物やバイオミネラルの分布を把握するため、地衣類の構造 (皮層、藻類層、髓層、偽根等) 毎にそれぞれサンプリングを行い分析に供した。カンボジア採取の地衣類は顆粒状の生育形を呈した *Lepraria* sp. (国際塩基配列データベースのアクセッション番号: AB764076)、痂状の生育形を呈した *Althoniales* sp. #1 (AB764061)、葉状の生育形を呈した *Dirinaria* sp. (AB764069) と *Dirinaria consimilis* (AB764068) である⁷⁾。奈良県採取の地衣類は顆粒状の生育形を呈した *Lepraria* sp.、痂状の生育形を呈した地衣類の一種、葉状の生育形を呈した地衣類の一種、樹枝状の生育形を呈した地衣類の一種である。この他に各地衣類のアセトン抽出物 (地衣成分が含まれる) を測定した。すべての試料について上述以外の特別な前処理は行っていない。

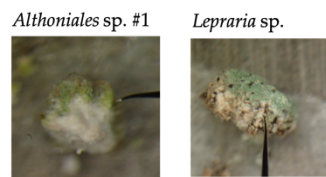
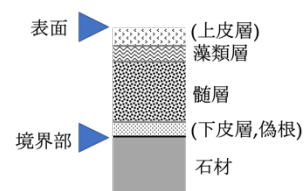


図 1 地衣類の構造模式図

(2) 岩上生地衣類の水溶性成分の定性定量分析

分析手法としてイオンクロマトグラフィーを用い、水溶性成分の抽出には振とう機を用いた。試料としてカンボジア・アンコール遺跡のバイヨン寺院にて雨季と乾季にそれぞれ採取した砂岩付着の地衣類 7 種類 (*Lepraria* sp.、*Arthoniales* sp. #1、*Physciaceae* sp. #4 [国際塩基配列データベースのアクセッション番号: AB764081]、*Physciaceae* sp. #5 [AB764082]、*Caloplaca* sp. #2 [AB764064]、*Dirinaria consimilis*、*Pyxine* sp. [AB764083])⁷⁾を用いた (写真 2)。容量 1.5ml のチューブに 1ml の超純水と 100mg の地衣体を入れ (水と地衣体の比率は 10:1)、1 秒間に 1.5 回程度三次元的に回転する振とう機に 1 時間かける方法をとった (写真 3)。乾季に採取したものは容量 2ml のチューブに 1.5ml の超純水と 150mg の地衣体を入れ (水と地衣体の比率は 10:1)、振とう機に 5 時間かけた。より自然に近い状況での抽出を目指し、試料の粉碎等を行っていない。この水抽出液をフィルター濾過し、分析に供した。分析はイオンクロマトグラフィー (以下、IC) を用い、装置は Metrome 社製 883 Basic IC Plus、検出器は電気伝導度検出器、カラムは Metrosep A Supp 5 250/4.0、溶離液は $3.2\text{mM Na}_2\text{CO}_3 + 1.0\text{mM NaHCO}_3$ を用い、流量 $0.7\text{ml}/\text{min}$ 、温度 25°C 、保持時間は 35 分までとして分析を行った。標準試料として試薬の陰イオン混合標準液、酢酸、シュウ酸を用い、検量線法にて試料の濃度を定量した。また、*Lepraria* sp. 水抽出液についてはイオンクロマトグラフ質量分析 (以下、IC-MS) も実施し、定性分析を行った (株式会社 UBE 科学分析センターに委託)。装置はサーモフィッシャーサイエンティフィック製 ICS-2100 型 + MSQ-Plus、カラムは AS18+AG18、溶離液は $2\sim 90\text{mM KOH}$ 、流量は $0.25\text{ml}/\text{min}$ 、温度は 40°C である。



写真 3 水溶性成分の抽出

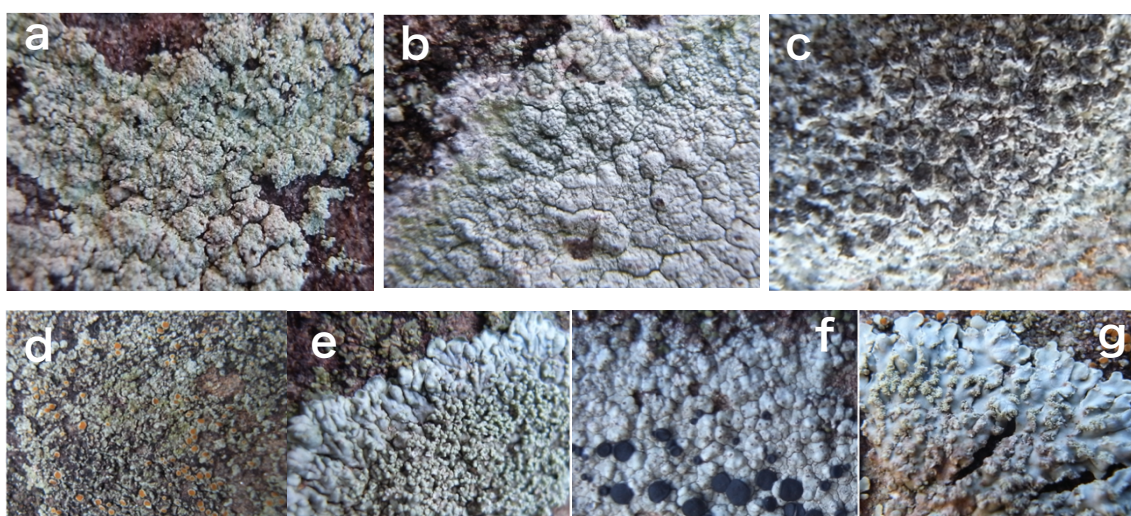


写真 2 対象とした地衣類 (a: *Lepraria* sp.、b: *Physciaceae* sp. #4、c: *Arthoniales* sp. #1、d: *Caloplaca* sp. #2、e: *Dirinaria consimilis*、f: *Physciaceae* sp. #5、g: *Pyxine* sp.)

4. 研究成果

(1) 地衣類の二次代謝産物の石材-地衣類界面における分布解析

地衣類の構造における赤外吸収特性の違いが明らかとなった。*Arthoniales* sp. #1 および *Lepraria* sp. は皮層や偽根を持たない種であり、図2に赤外吸収スペクトルを示す。図中に矢印で示した、 1610cm^{-1} 付近、 1315cm^{-1} 付近、 780cm^{-1} 付近にピークをもつシュウ酸カルシウム（パイオミネラル）の分布について、*Arthoniales* sp. #1 では表面、藻類層、髄層の中で髄層に多く分布することが明らかとなった。*Lepraria* sp. ではシュウ酸カルシウムは髄層や藻類層、石材との境界部にも存在するが、分布の偏りなどは認められなかった。地衣体内におけるシュウ酸カルシウムの分布から、*Arthoniales* sp. #1 および *Lepraria* sp. はシュウ酸が石材に接する可能性があることがわかった。

また、今回分析した奈良県採取の葉状地衣類の一種は上皮層、下皮層、偽根を持つ種であった。地衣成分を含むアセトンで抽出される成分の分布について、上皮層、髄層、下皮層、偽根、偽根先端のうち、髄層に多く分布することがわかった。この場合に、地衣成分は石材に接する可能性がないことが明らかとなった。

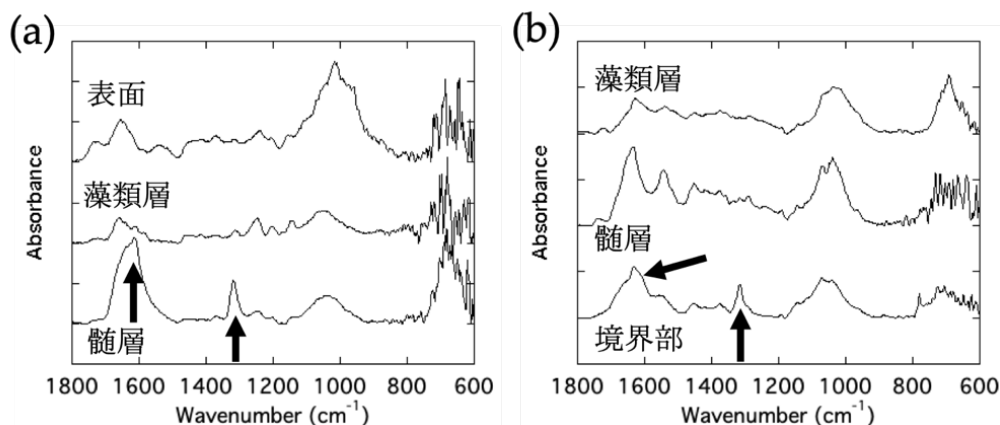


図2 赤外吸収スペクトル (a: *Arthoniales* sp. #1、b: *Lepraria* sp.)

(2) 岩上生地衣類の水溶性成分の定性定量分析

ICの結果、7種類の地衣類の水抽出液からは14から21のイオン成分を検出した。このうち定性できた成分は8成分 (Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、グルコン酸イオン、酢酸イオン、リンゴ酸イオン、シュウ酸イオン) であった。*Lepraria* sp. のIC-MSの結果では15成分を検出し、うち11成分 (ICで検出した8成分、ギ酸イオン、ピルビン酸イオン、クエン酸イオン) を定性できた (図3)。図4に *Caloplaca* sp. #2 水抽出液 (21のイオン成分を検出) のICのクロマトグラムを示す。顕著なピークが見られた Cl^- の濃度は16.4ppmである。パイオン寺院の劣化した壁面石材 (地衣類は付着していない) の蛍光X線分析から Cl^- が高濃度に検出された部分があることから、 Cl^- は雨水から地衣体への直接的な供給の他、周辺の劣化石材から移動し地衣類へと染み込んだ可能性が考えられる。

7種類の地衣類について各地衣類のシュウ酸カルシウムの有無と、ICで検出されたシュウ酸の濃度、それをもとに計算した面積あたりのシュウ酸量、面積あたりの地衣体の重量を表1に示す。面積あたりのシュウ酸量は雨季の値と [] 内に乾季の値を示し、その2段目には雨季と乾季の平均値を示した。*Lepraria* sp. のシュウ酸量は雨季より乾季で2倍程度多かったが、その他の種では季節によって大きな変化はなかった。7種類のうち3種類 (*Lepraria* sp.、*Physciaceae* sp. #4、*Arthoniales* sp. #1) は地衣体内にシュウ酸カルシウムを含むことがX線回折の結果より明らかとなっている⁷⁾。地衣類の水抽出液におけるシュウ酸は、地衣類の体内にシュウ酸カルシウムを含む種において検出量が多い傾向がみられた。面積あたりのシュウ酸量が *Physciaceae* sp. #5において多いのは、面積あたりの地衣体の重量が大きいためと考えられる。地衣体に含まれるシュウ酸カルシウムは最大で地衣体の50%程度であるとの報告⁸⁾を考慮し、試薬のシュウ酸カルシウムについて同様の条件で水抽出液を分析したところ、溶出したシュウ酸はシュウ酸カルシウムを含む地衣類の5分の1未満であった。このことから、シュウ酸カルシウムを含む地衣類では遊離シュウ酸が多いことがわかった。表1よりシュウ酸カルシウムを含む3種の面積あたりのシュウ酸量の平均は $1.3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、シュウ酸カルシウムを含まない4種の平均は $0.4\mu\text{g}/\text{cm}^2$ で、比較するとシュウ酸カルシウムを含む場合は含まない場合の3倍以上であった。

以上のことから、遊離シュウ酸の量は化学的劣化の指標の一つとなる可能性があり、さらに地衣類の体内におけるシュウ酸カルシウムの有無により化学的劣化リスクの高さを判断できる可能性があることが明らかとなった。

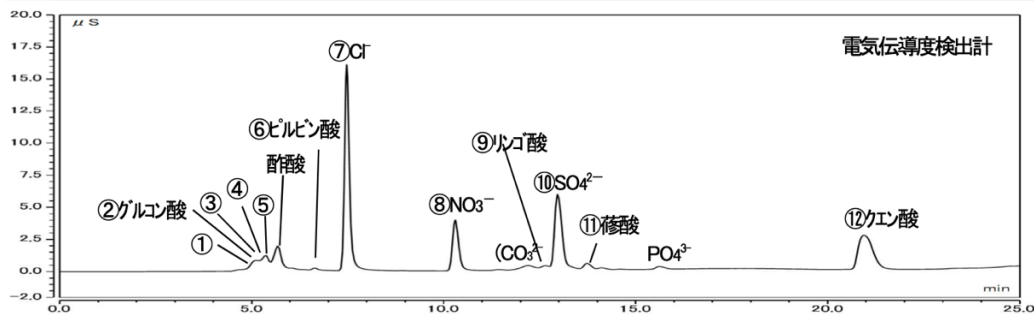


図3 *Lepraria* sp. 水抽出液のクロマトグラム (IC-MS)

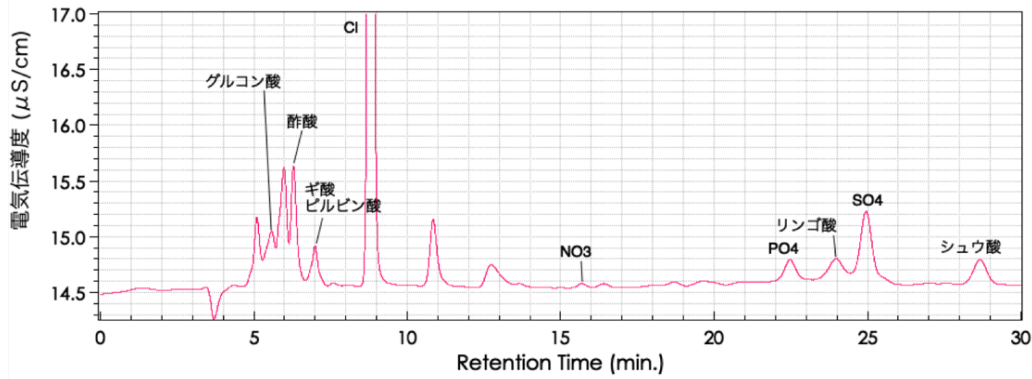


図4 *Caloplaca* sp. #2 水抽出液のクロマトグラム (IC)

表1 各地衣類の水抽出液におけるシュウ酸量

	<i>Lepraria</i> sp.	<i>Physciaceae</i> sp. #4	<i>Arthoniales</i> sp. #1	<i>Caloplaca</i> sp. #2	<i>Dirinaria</i> <i>consimilis</i>	<i>Physciaceae</i> sp. #5	<i>Pyxine</i> sp.
シュウ酸カルシウム	有	有	有	無	無	無	無
シュウ酸濃度(ppm)	5.2 [11.2]	6.3 [8.1][5.9][6.9]	5.0 [4.0]	1.3 [1.2]	1.1 [<1]	1.0	[1.2]
面積あたりの地衣体重量 (mg/cm ²)	18.3	13.0	32.9	26.6	21.0	65.4	20.2
面積あたりのシュウ酸量 (ave. μg/cm ²)	1.0 [2.1] (ave. 1.55)	0.8 [0.9] (ave. 0.85)	1.7 [1.3] (ave. 1.5)	0.4 [0.3] (ave. 0.35)	0.2 [<0.2] (ave. 0.2)	0.7 (ave. 0.7)	[0.2] (ave. 0.2)

謝辞：本研究における国外採取試料の国内での利用管理については植物防疫法に基づき農林水産大臣の許可を受け、農林水産省横浜植物防疫所および神戸植物防疫所の指導の下に行っている。カンボジア・アンコール遺跡の調査においては日本国政府アンコール遺跡救済チームの協力を得た。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Jie Chen, Hans-Peter Blume, Lothar Beyer. Weathering of rocks induced by lichen colonization—a review. *Catena* 39. pp121-146 (2000)
- 2) W. Eberhard, P. Chompunut. Lichen growth on old Khmer-style sandstone monuments in Thailand: damage factor or shelter? . Proceedings of the 12th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation. pp750-754 (1999)
- 3) C. Gazzano, S. E. Favero-Longo et al. Index of Lichen Potential Biodeteriogenic Activity (LPBA): A tentative tool to evaluate the lichen impact on stonework. *International Biodeterioration & Biodegradation*: 63. pp836-843 (2009)
- 4) 河崎, 松井. 「地衣類が着生した漆喰の着生部付近におけるカルシウム元素分布」 *Lichenology* 11(2), p.98 (2013)
- 5) 新井英夫: 「石造文化財の生物劣化とその対策」『石造文化財の保存と修復』, 東京国立文化財研究所, P84-95(1985)
- 6) Modenesi P., Canepa R. & Tafanelli A. 1997. The structural role of calcium oxalate and medullary architecture in *Menegazzia terebrata* and *Hypogymnia physodes*. *Bibliotheca Lichenologica*. 68:101-110.
- 7) 河崎衣美 他, 石造文化遺産保存を目的とする地衣類の記録方法の確立に関する研究—カンボジア, アンコール遺跡の事例, *Lichenology* Vol. 11, no. 2, pp.39-52(2014)
- 8) Mark R.D.Seaward. Lichens, agents of monumental destruction. *Microbiology Today*. Vol. 30, pp.110-112 (2003)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 河崎衣美、松井敏也	4. 巻 Vol. 18, no. 2
2. 論文標題 地衣類の水溶性有機酸の分析方法の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lichenology	6. 最初と最後の頁 107
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 河崎衣美、松井敏也	4. 巻 Vol.16, no.2
2. 論文標題 顕微赤外分光法による石造文化遺産着生地衣類の成分分布 - カンボジア・アンコール遺跡の地衣類について -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lichenology	6. 最初と最後の頁 136
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 Ikemoto Yuka, Tanaka Manako, Higuchi Tomohiro, Semba Toshiro, Moriwaki Taro, Kawasaki Emi, Okuyama Masayoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Infrared Synchrotron Radiation and Its Application to the Analysis of Cultural Heritage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 28 ~ 28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/condmat5020028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Shishido Hidehiko, Kawasaki Emi, Kawamura Youhei, Matsui Toshiya, Kitahara Itaru	4. 巻 13
2. 論文標題 Accurate Overlapping Method of Ultra-Long Interval Time-Lapse Images for World Heritage Site Investigation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal on Computing and Cultural Heritage	6. 最初と最後の頁 1 ~ 18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1145/3373357	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 穴戸英彦、河崎衣美、川村洋平、松井敏也、北原格	4. 巻 730
2. 論文標題 アンコール遺跡群における地衣類の時系列変化画像の重畳	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 29-33
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10件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Toshiya MATSUI, Masaaki SAWADA, Emi KAWASAKI
2. 発表標題 Cleaning and Conservation of Bas Reliefs of the Bayon Temple, Cambodia
3. 学会等名 SYMPOSIUM ON CONSERVATION, INHERITANCE AND DEVELOPMENT OF ROCK AND SOIL RELICS IN CHINA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河崎衣美、松井敏也
2. 発表標題 石造文化遺産に着生する地衣類から溶出した水溶性成分分析とその評価の試み
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 MATSUI Toshiya, SAWADA Masaaki, KAWASAKI Emi
2. 発表標題 Conservation and Restoration Materials for the Bas-Relief of the Bayon Temple, Cambodia
3. 学会等名 2019 Daejeon International Symposium on Conservation of Cultural Heritage in East Asia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河崎衣美
2. 発表標題 屋外の石造文化財に付着する地衣類の対策
3. 学会等名 日本地衣学会第18回大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河崎衣美、松井敏也
2. 発表標題 地衣類の水溶性有機酸の分析方法の検討
3. 学会等名 日本地衣学会第18回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河崎衣美、松井敏也、原光二郎、澤田正昭、井上才八
2. 発表標題 アンコール遺跡パイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(6) -保存処理石材における微生物叢の推移-
3. 学会等名 日本文化財科学会第35回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河崎衣美、松井敏也
2. 発表標題 顕微赤外分光法による石造文化遺産着生地衣類の成分分布 - カンボジア・アンコール遺跡の地衣類について -
3. 学会等名 日本地衣学会第16回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河崎衣美、原光二郎、松井敏也、澤田正昭、井上才八、海老澤孝雄
2. 発表標題 アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(5)-太陽熱を利用した地衣類のクリーニング-
3. 学会等名 日本文化財科学会第34回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河崎衣美, 松井敏也
2. 発表標題 石造文化遺産の着生地衣類が生成する石材溶解成分の分布に関する研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第33回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松井敏也、沢田正昭、井上才八、海老沢孝雄、河崎衣美、跡見洋祐
2. 発表標題 アンコール遺跡バイヨン寺院浮き彫りの保存材料に関する研究(4) ~ 選定処理剤の現場施工について ~
3. 学会等名 日本文化財科学会第33回大会
4. 発表年 2016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
研究協力者	松井 敏也 (Matsui Toshiya)	筑波大学・教授	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	原 光二郎 (Hara Kojiro)	秋田県立大学・准教授	
研究協力者	片山 葉子 (Katayama Yoko)	東京農工大学・教授	