

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26882005

研究課題名(和文) 基質強化した文化遺産建造物基材に対する地衣類の定着特性

研究課題名(英文) The fixing property of lichen to the consolidated building materials of the cultural heritage

研究代表者

河崎 衣美 (KAWASAKI, Emi)

筑波大学・芸術系・研究員

研究者番号：60732419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000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に初期に付着する微生物のうち、初期対応の必要性が高いと考えられる地衣類について修復材料を適応した際の文化遺産建造物基材に対する定着挙動を調査した。基質強化が施された試験体への地衣類の付着は撥水処置のみ施された試験体と比較して著しく少ないことがわかり、基質強化処置の重要性が明らかとなった。基材の化学的劣化の要因となる地衣類の二次代謝産物の有無を分析する方法を構築した。

研究成果の概要(英文)：Lichens are one of the microorganisms have a substantial need for initial response among the microorganisms adhere early in stone cultural heritage which is exposed to the outdoor environment. Fixing behavior for lichens to the cultural heritage monuments base materials in the case where the adaptation of the repair materials has been investigated. Adhesion of lichens to consolidated substrates specimen was found to be significantly less compared to the test specimen that has been subjected only water repellent treatment. The importance of substrate consolidating treatment was revealed. It was constructed a method for analyzing the presence of secondary metabolites of lichens which causes chemical degradation of the substrate.

研究分野：文化財保存科学

キーワード：地衣類 文化遺産建造物 定着 基質強化

1. 研究開始当初の背景

屋外環境に晒される石造文化遺産の劣化はその要因から物理的劣化、化学的劣化、生物的劣化の3つに大別される。生物的劣化には樹木の繁茂による構造的破壊などの物理的な側面と、微生物の二次代謝産物による鉱物の溶解などの化学的側面がある。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。地衣類は菌類と藻類(またはシアノバクテリア)からなる共生体であり、異なる性質を持った生物の複合体である。地衣類は他の微生物と比較して付着性が非常に高い。経年によってより密着性を増し、その除去は非常に困難である。すなわち地衣類の防除に関して重要なことは着生の初期対応である。

文化遺産の劣化対策としては、環境をコントロールして劣化要因を取り除くまたは和らげる方法と、劣化現象に対応し、物質の強化などの修復処置を行う方法がある。修復処置後の建造物基材表面は処置前(現状)とは異なり、着生生物が除去され、基質強化や撥水処置が施されることによって基材が露出し、基材の空隙が充填され、その表面がコーティングされた状態となる。このような状態から、修復材や基材自体の経年による劣化によって着生生物の定着環境が整った結果、着生生物が繁茂する。修復材料への着生条件が整えられるには着生生物の生長に適した熱帯性気候の環境下でも、肉眼で着生を判別できるまでに一年半程度を要し(①)、新鮮な岩石と強化剤や撥水剤を用いた岩石など、その基材によっても着生までの期間は異なる。しかしながら現在、文化遺産の保存修復の分野では必要最小限の関与(ミニマムインターベンション)が提唱されており、これを実現するためには「予防」の観点が非常に重要となる。そのために微生物が建造物基材へ定着する挙動を把握し、大規模なクリーニングを行わずに生物劣化を防ぐ方法の開発が求められている。

2. 研究の目的

着生生物が定着し繁茂するまでには、大別して二つの段階が考えられる。一つは孢子や微生物の付着の段階であり、もう一つは孢子の発芽や微生物の増殖の段階である。今までの文化遺産の着生生物に対するアプローチは、現状の微生物叢を遺伝子的に明らかにし、その生態を明らかにすることで劣化要因の解明に繋げることが主要な目的であり、その結果基材の劣化に関わる微生物が明らかになりつつある。微生物は相互作用により、バランスをとりながら棲み分け、または淘汰されながら長い年月を経て微生物叢が形成されていく。研究代表者はこれまで着生地衣類が石造文化遺産に及ぼす影響について、その物理的・化学的側面からアプローチを行い、着生地衣類の記録方法(②)や基物への穿入状況(③)、地衣類によるカルシウムの溶解(④)

について明らかにしてきた。

文化遺産建造物基材への地衣類をはじめとした微生物の定着挙動を明らかにすることによってその被害への対応を可能とすることができる。本研究では他の着生微生物と比較して特に初期対応の必要性が高いと考えられ、共生生物として生態が未解明な部分の多い地衣類に着目し、その建造物基材に対する定着挙動を明らかにすると共に石造文化遺産の修復材料を適応した際の定着挙動についても明らかにすることで効果的な防除方法の開発に資するデータを得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 修復材料による定着特性調査

着生生物の繁茂しやすい環境である熱帯性気候に位置するカンボジア・アンコール遺跡群バイヨン寺院において、2007年および2008年から行われている基質強化剤および撥水剤処置の施された砂岩新材の曝露試験体(①)について、修復材料による定着特性の調査を行った。2007年曝露試験体は未処理、珪酸エステル系樹脂による基質強化、基質強化と各種撥水剤処置が施されている石材で、2008年曝露試験体は未処理、各種撥水剤処置が施された石材である。

またバイヨン寺院の壁面を構成する石材にてクリーニング、基質強化、撥水の修復施工が実施された試験箇所について、施工後の微生物の付着に関する経過観測を行った。施工箇所の周囲に分布し、施工箇所への付着が予想される微生物について可搬型マイクロスコープを用いた記録を行った。着生生物のサンプリングを行った。

(2) 化学的劣化の発生評価のための分析手法の構築

地衣類が基材に着生してから化学的劣化を発生するまでの期間を明らかにするために、地衣成分を含む二次代謝産物の生成を検知する分析方法を試行した。対象として岩上生地衣類のみの試料(12種、アンコール遺跡バイヨン寺院着生)と地衣類が付着した石材の試料(1種、転石)を用いた。分析は高輝度光科学研究センターの大型放射光施設SPring-8のビームラインBL43IRに設置された顕微赤外分光分析装置を使用し、透過法およびATR法により測定を行った。条件は分析波長4000 cm^{-1} から600 cm^{-1} 、スキャン回数64、分解能4 cm^{-1} とした。まず全試料について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片刃ナイフを用いて薄片をとり、プレスして厚さ10 μm 程度の薄片を作製し、透過法によりライン分析を行った。地衣類が付着した石材の試料については地衣類と石材との界面に対して垂直方向に破砕した断面をとり、ATR法により測定した。また同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両刃ナイフを

用いて径 10 μm 程度の微小片を採取し、透過法にて測定を行った。なお測定したすべての試料について前述した以外に特別な前処理は行っていない。

4. 研究成果

(1) 修復材料による定着特性調査

基質強化処理および撥水処理が施された石材の曝露試験の経過観測から、未処理試験体への地衣類の付着は著しく、基質強化処理が施された試験体への地衣類の付着は撥水処理のみが施された試験体と比較して非常に少ないことがわかった。また基質強化のみが施された試験体については地衣類の付着は認められなかった。これは石材表面付近の微細形状や、水分が付着した際の石材表面における水分保持時間等の影響によるものと考えられた。この結果により、地衣類の付着および定着防止に対する基材の基質強化の重要性が明らかとなった。

(2) 化学的劣化の発生評価のための分析手法の構築

岩上生地衣類のみの試料のうち、*Physciaceae* sp. #4 の薄切片の測定点 (図 1) を示した写真を示す。写真の上部は地衣類の背面 (表面)、下部は石材と接する面である。上部から下部にかけてライン分析を行った結果 (図 2)、部位によって異なるスペクトルが検出されており、地衣体内の物質の分布を解析可能であることがわかった。図 1 の中央付近の a と下部付近の b を比較すると、中央付近 a では 1600 cm^{-1} 、1310 cm^{-1} 、780 cm^{-1} 付近にシュウ酸カルシウムのピークが検出され、下部付近 b では検出されなかった (図 3)。これは X 線分析装置付帯走査型電子顕微鏡によるシュウ酸カルシウムの分布解析結果と一致する結果であった。ATR 法は地衣類を試料の形状を崩すことなく分析する方法の一つとして試行したが、本研究で求める測定面積には適さなかった。微小片の透過測定についても部位によってスペクトルの違いが出ており、薄切片の採取が困難な地衣類の分析に適すると考えられる。

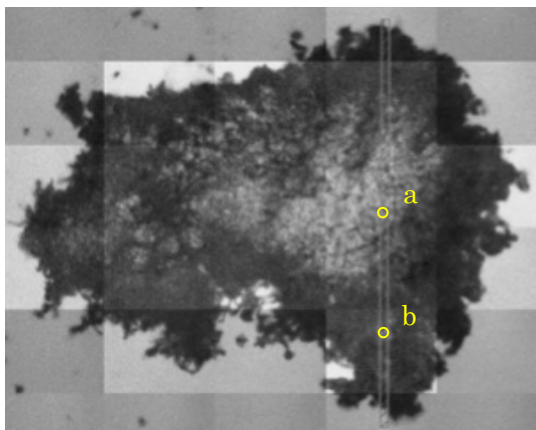


図 1 測定点

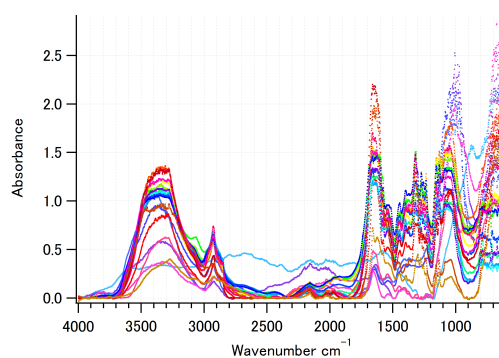


図 2 22 測定点における赤外スペクトル

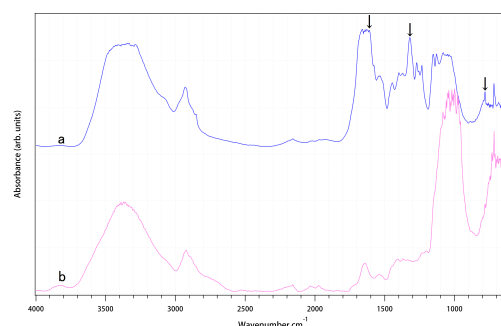


図 3 測定点 a と b の赤外スペクトル

透過法測定では地衣類体内および地衣類と石材との界面における赤外吸収特性の違いが明らかとなった。またバイオミネラルであるシュウ酸カルシウムの分布を測定することが可能であった。また、地衣類と石材との界面において地衣類の二次代謝産物の発生について精査する必要がある。

<引用文献>

- ① 沢田正昭 他、バイオン寺院浮き彫り保存の修理科学、バイオン寺院南経蔵修復工事報告書、日本国政府アンコール遺跡救済チーム、2011、184-200
- ② 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、2013、39-52
- ③ 河崎衣美 他、着生地衣類の二次代謝産物とその生成物を利用した文化遺産の強化方法の研究 I - 着生地衣類と基物岩石との界面の微細構造解析 -、Lichenology、Vol. 9、no. 2、2011、p. 80
- ④ 河崎衣美 他、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、Vol. 11、no. 2、2013、p. 98

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① Emi KAWASAKI, Toshiya MATSUI、Evaluation of the cleaning method for the epiphytic organisms on stone monuments、The 42nd International

Conference of the Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage、2015年10月30日、韓国伝
統文化大学校、扶余（大韓民国）

- ② 河崎衣美、松井敏也、原光二郎、川上
寛子、山本好和、石造文化遺産の着生
地衣類から溶出する水溶性成分の影
響、2015 東アジア文化遺産保存国際シ
ンポジウム in 奈良、2015年8月27-
28日、奈良春日野国際フォーラム薨～
I・RA・KA～（奈良県奈良市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河崎 衣美 (KAWASAKI, Emi)

筑波大学・芸術系・研究員

研究者番号：60732419