

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：35403

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14884

研究課題名(和文) 気生藻類の温度・水分に関する生育・死滅条件の定量化

研究課題名(英文) Quantification of airborne algal growth and death conditions on temperature and moisture

研究代表者

中嶋 麻起子(Nakajima, Makiko)

広島工業大学・工学部・助教

研究者番号：40773221

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では気生藻類の温度と水分に関する生育・死滅条件を明確にし、高温暴露という新しい観点からの藻類抑制手法の提案を目的とする。0 から50 の温度域において、液水の供給頻度を変更し培養実験を行い、クロロフィル蛍光測定を用いて藻類の増殖の程度を調査した。また、湿潤状態の藻類を高温に暴露し、その死滅率の測定を行なった。これらの実験結果を用い、藻類の増殖・死滅予測モデルを改良し、室内・屋外環境条件から外壁表面での藻類の発生程度を予測する計算モデルを作成した。さらに、日本国内のいくつかの気候区において、異なる断熱性能を持つ住宅外壁を想定し、外壁表面での藻類の発生可能性について評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大気中で生育可能な気生藻類の生態については明らかになっていない点が多く、その生態に関する研究はほとんど見られない。国内外において、外壁汚れの発生状況について実態調査を行った研究はいくつか見られるが、その原因である藻類の生育について述べたものは非常に少ない。また、大気環境下での高温暴露の影響についての評価はなされていない。本研究は、既往研究で得られた知見を活かし、実環境下での藻類の生育と死滅に関する条件の定量化を目指し、さらに、抑制手法の提案という新しい段階へと踏み出す画期的研究である。

研究成果の概要(英文)：In this study, I clarified the growth and mortality conditions of the aerial algae with respect to temperature and moisture, and proposed a new method of algae suppression from the perspective of high temperature exposure. The mortality of wet algae was also measured by exposing them to high temperatures. Using the results of these experiments, we improved our model for predicting algal growth and mortality, and developed a computational model to predict the extent of algal blooms on exterior wall surfaces based on indoor and outdoor environmental conditions. Furthermore, we evaluated the potential for algal blooms on exterior wall surfaces in several climatic zones in Japan, assuming different insulation performance of the exterior walls of houses.

研究分野：建築環境工学

キーワード：気生藻類 外壁汚れ 高温暴露 熱水分同時移動 クロロフィル蛍光

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

大気中に生育する気生藻類が建物の外壁に付着・生育する現象は、これまで、日本のみならず世界各地でも報告されている。このような藻類の生育は、歴史的建造物においては「時間を積み重ねた美しさ」として認識されることが多いが、一般の住宅・建物においては汚れとみなされ敬遠される。早ければ建築後1年以内に発生し、クレームに繋がる場合もある。洗浄や再塗装などを行ったとしても、一度藻類が発生した部位では再び発生する可能性が高く、決定的な対応策は未だ得られていない。汚れを抑制する光触媒塗料の開発も行われているが、その効果は限定的であり、すべての建物・部位で有効な対策とはいえない。

このような外壁面での気生藻類の生育に対して、水分供給が影響することはいくつかの研究で定性的に示されている。しかし、日射・雨・風などの周辺環境条件や外壁表面温度の影響についての定量化は十分にはなされていない。また、水分供給の影響についても定性的評価は行われているが、生育との関係について定量的に述べた研究は見られない。

代表者の先行研究では、水分供給条件が異なる2つの建物で、長期間の藻類生育の実態調査・実測を行い、以下のことを明らかにした。

- ・周辺環境条件の影響、結果として生じる外壁表面温湿度の変動が藻類の増殖に影響する。
- ・外壁面の水分(湿度)条件だけでなく、温度も水分条件と同程度の影響を及ぼす。
- ・周辺環境条件に基づいた藻類の増殖・死滅プロセスを想定し、成長予測モデルを作成した結果、温度と湿度(あるいは液水の供給頻度)により、藻類の増殖と死滅を予測可能であることを示した。

ただし、これらの結果は、実建物での藻類の発生状況調査と周辺環境測定から、帰納法的に得られた結果であり、藻類の生育を支配する温度と水分条件の閾値を明確に示すことは未だできていない。温度と水分に関する生育・死滅条件を明らかにすることができれば、藻類による外壁汚れの抑制手法に新たな提案を行うことができると考える。

### 2. 研究の目的

本研究では、気生藻類の温度と水分(湿度)に関する生育・死滅条件を明確にし、高温暴露という新しい観点からの藻類抑制手法の提案を目的としている。応募者はこれまでに実測・解析に基づき、外壁のどのような部位に藻類が生育し、それに対して周辺環境条件や外壁表面温度及び相対湿度がどのように関与しているかを明らかにしてきた。さらに、その中で高温による藻類の死滅可能性を指摘した。本研究ではそれらの知見に基づき、温度と水分条件(大気中の水蒸気、材料内水分、雨水、結露等)についての定量化、高温による藻類抑制手法の建物外壁面での適用可能性についての検証を行う。

### 3. 研究の方法

本研究では、藻類の生育条件を定量化し、高温暴露による生育抑制手法の提案を行うため、以下の3段階のアプローチを行った。

#### [1]温度と水分(湿度)に関する生育・死滅条件の定量化

・外壁面で生育する藻類を採取し、実験室内での藻類の事前培養を行う。その後、実環境で発生しうる温度域(0 ~ 50)の範囲内において、液水の供給頻度を変更し、約2週間の培養実験を行い、各条件下での藻類生育可能について評価を行う。さらに、藻類は乾燥時には強い耐熱性を持つが、湿潤時には温度変化に敏感であるという特性について検証するため、実験室内で藻類を湿潤状態である一定の高温に暴露し、その死滅率の測定を行なった。

#### [2]藻類の増殖・死滅モデルの改良

[1]の実験結果を基に、代表者が過去に作成した藻類の増殖・死滅モデルを改良した。特に、藻類が生育可能な温度範囲に関する情報を明確にし、藻類の増殖・死滅・休眠に関する現象をモデルに適切に反映できるように改良する。

#### [3]気象データを用いた日本国内における藻類の発生可能性についての評価

[2]で作成した改良モデルを用いて、日本国内のいくつかの気象区における住宅外壁での藻類の発生可能性について数値解析を用いた評価を行う。熱水分同時移動解析を用いて住宅外壁表面の温湿度性状を予測し、その結果を藻類の増殖・死滅モデル(改良 ver.)に適用することで、気候区の違い、外壁性能の違いによる藻類の発生可能性について評価する。

### 4. 研究成果

#### [1]温度と水分(湿度)に関する生育・死滅条件の定量化

0 ~ 50 の温度域において、液水の供給頻度を変更し培養実験を行い、クロロフィル蛍光測定を用いて藻類の増殖の程度を調査した。最もよく成長した条件(クロロフィル蛍光が増加した条件)は温度20 で毎日液水を供給した条件であった。温度0~5 の場合、毎日液水を供給した場合においても蛍光強度は徐々に低下した。直接液水を供給せず、高湿度(相対湿度100%程度)の条件では、一部の藻類でクロロフィル蛍光は増加した。しかし、真菌類と見られる生物が徐々に増殖し、クロロフィル蛍光の測定が困難となった。

実環境下において、外壁面に真菌類が発生することが稀である。これは日射に含まれる紫外線の殺菌作用によるものであると考えられている。実験において高湿度状態での藻類の生育を観察するには、真菌類の発生を防ぐ何らかの手段を用いる必要がある。この点は今後の検討課題である。

湿潤状態の藻類を高温に暴露することで藻類の死滅率の測定を行なった。40～50℃の温度域で、藻類は暴露される温度が高いほど、また、暴露時間が長いほどその死滅率は増加した。

#### [2]藻類の増殖・死滅モデルの改良

[1]の0～50℃の温度域での藻類の増殖率、死滅率について既存のモデルから変更を行った。ただし、高湿度条件(相対湿度約100%)での増殖率については、実験において真菌類が発生したため、さらに検討が必要である。

また、[3]での解析に結びつけるため、室内と屋外環境条件から住宅の外壁表面温度を予測するためのモデルと連成した。これにより室内・屋外環境条件から外壁表面での藻類の発生程度を予測する計算モデルを作成した。

#### [3]気象データを用いた日本国内における藻類の発生可能性についての評価

[2]で作成した改良モデルを用いて、日本国内のいくつかの気候区において、異なる断熱性能を持つ住宅外壁を想定し、外壁表面での藻類の発生可能性について評価を行った。気候区、外壁の断熱性能の違いにより、高湿度状態が継続しやすい場合、夜間に結露が発生しやすい場合において、外壁面での藻類の発生可能性に大きな違いが生じた。特に、日中に直達日射が当たりやすく、表面温度が上昇しにくい北向き壁面において藻類の発生可能性が高い。また、外断熱構造により屋外側表面の熱容量の小さい外壁構造の場合、夜間放射による表面温度低下により結露が生じやすく、藻類の発生可能性が高かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 1件）

1. 著者名 中嶋麻起子・高田暁	4. 巻 48
2. 論文標題 外壁面での気生藻類による汚れの発生と評価指標についての研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 住総研研究論文集・実践研究報告集	6. 最初と最後の頁 61-72
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------