

# 軒下外壁における藻類の生育状況に関する研究

## —外気側伝達率が外壁表面の温湿度に及ぼす影響—

軒下  
熱伝達率

気生藻  
吸放湿

CFD 解析

正会員  
同  
同

○中嶋麻起子 1\*  
鉾井修一 2\*\*  
小椋大輔 3\*\*\*

### 1. 研究の背景と目的

身の回りの建物を見ると、建物外壁の一部あるいは全体が黒色や緑色に変色していることが多く見られる。それらの多くは外壁表面に付着・生育している藻類<sup>1)</sup>であり、生育のための水分は主に雨水により供給されている。しかし、軒下外壁のように雨水による直接的な水分供給がない部位にも、藻類の生育が見られる場合があり、このような部位での水分供給源としては、外壁に含まれる水分や大気中の水蒸気が考えられる。一般的に、藻類の生育には80%以上の相対湿度が必要<sup>2)</sup>とされている。

前報で行なった熱水分移動解析では熱伝達率は建築環境工学で慣例的に用いられている値とした。本報では、建物周辺の気流性状を解析して伝達率分布を求め、それを外壁の熱水分移動解析に用いて、軒下外壁に形成される温湿度環境と藻類生育条件について検討した結果を報告する。

### 2. 外壁表面の熱伝達率分布の解析

#### 2.1 解析の目的

軒直下の一中日射が当たらない部位の温度と相対湿度は、熱・湿気伝達による外気からの熱と水蒸気の流入・流出によりほぼ決定されるため、外気側熱伝達率の影響を大きく受ける。軒がある場合、軒との位置関係により各部位での気流性状は異なり、それにより伝達率も異なる。そのため、建物周辺の気流分布を解析し、伝達率の位置による違いを求め、それを3章の温湿度解析に適用する。

#### 2.2 解析モデル

建物周辺の気流は、様々な要因により影響を受けて複雑に分布する。あらゆる状況に対する解析を行うことは困難であり、また特性把握に適当でもない。ここでは、

一般的な3寸、4寸勾配に近い1.5m/3mの勾配屋根を有する(棟までの高さ8mの)二階建て建物を基準の解析対象とする(Case-1)。これに加え、軒の出がない場合(Case-2)、屋根勾配が異なる場合(Case-3とCase-4)、風向が異なる場合(Case-5)の5つのケースについて解析を行い、建物壁面の伝達率を求める。流体解析の条件を表1に示す。

#### 2.3 壁面での熱伝達率分布

得られた建物外壁面における熱伝達率分布を図1,2に示す。

軒がある場合(図1)、流入側壁面には壁面中央から軒下部分にかけて伝達率の非常に小さな領域が形成されている。これは、壁面(上)中央が流入してきた空気が上下左右に分かれる際の中心領域になること、壁面に衝突した流れの一部が上部に向かう際、軒により遮られるため流速が小さくなることによる。流出側壁面では壁面中央部に伝達率が大きな領域があり、上部の軒下に沿って伝達率の小さな領域が形成されている。側面では、流入側に近い壁面の伝達率が大きく、空気が流れにくい軒下部位に沿って伝達率の小さな領域が形成される。ただ、どの壁面でも軒のごく近傍では伝達率は大きくなっている。これについては今後検討が必要である。

軒の出がない場合(図2)、流入側壁面では中心付近に

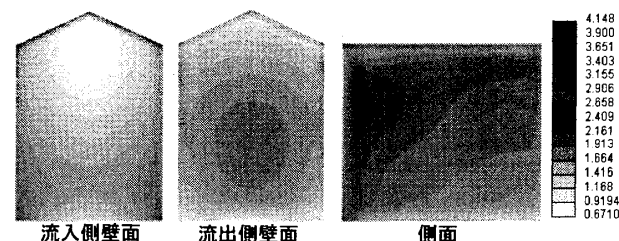


図1 軒がある場合(Case-1)の熱伝達率分布

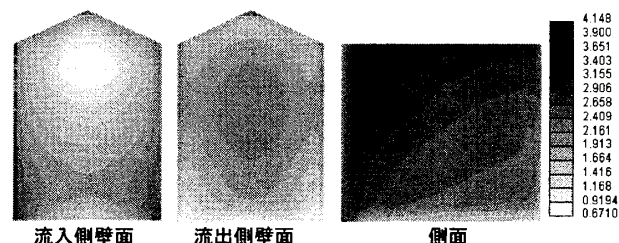


図2 軒がない場合(Case-2)の熱伝達率分布

表1 流体解析の条件<sup>3)4)</sup>

| 解析ソフト              |        | STAR-CD                        |
|--------------------|--------|--------------------------------|
| Turbulence Model   |        | k-ε/High Reynolds Number Model |
| Algorithm          |        | SIMPLE                         |
| Boundary Condition | Inlet  | 高さ10mにおける基準風速2.0m/sの指数分布       |
|                    |        | Turbulence intensity 0.03      |
|                    |        | Turbulence Length Scale 0.0045 |
|                    | Outlet | 自然流出条件                         |
| Walls              |        | No-Slip 条件                     |

Algae Growth on External Building Walls under Eaves  
Effects of Heat Transfer Coefficient on Temperature and Humidity of Outer Surface of Building Walls

NAKAJIMA Makiko, HOKOI Shuichi, OGURA Daisuke

伝達率の小さな領域が形成され、流出側壁面では中央部分の伝達率が大きく、上部には伝達率のやや小さい領域が形成されている。側面では、流入側にちかい領域で伝達率が大きくなっており、これらは Case-1 の場合と同様である。しかし、どの壁面でも上部の軒下部位に伝達率の小さな領域が形成されていない点が最も異なっている。

屋根の勾配が異なる Case-3, Case-4 においても、風向が異なる Case-5 においても、Case-1 とほぼ同様の伝達率分布が見られたことから、軒下壁面に形成される伝達率の小さな領域は、屋根勾配の程度や風向にはそれほど敏感ではないと言える。

### 3. 壁体の熱水分性状の解析

#### 3.1 解析の目的

建物周辺の気流解析の結果、軒の出がある場合、屋根勾配・風向に関わらず軒下外壁では伝達率が小さくなることが分かった。また、雨水による直接的な水分供給がない軒直下の黒い変色が藻類によるものだとすると、藻類への水分供給源は空気中の水蒸気あるいは壁体に含まれる水分と考えられる。本章では壁体の含水状態と温度の時間変化を求め、伝達率の違いが外壁表面の温湿度変化に及ぼす影響について検討を行う。

#### 3.2 解析モデル

軒の出があるコンクリート壁を想定し、この壁体を通して外気側・室内側に熱と水蒸気の移動があるものとする。軒直下の 1 日中日射が当たらない部位(A)と、軒の影響が少なく日中は日射が当たる部位(B)を取り出し、壁厚方向一次元の熱水分移動解析<sup>5)6)</sup>を行ない、壁表面の温度・湿度を求め比較する。今回対象とする垂直壁面については、対向地物がないとした。

#### 3.3 解析条件

##### 3.3.1 室内条件

解析対象は京都市内に建つ建物とし、室内条件としては以下の 2 つの場合について検討した。

- ①温度 20℃、RH35%一定
- ②内側の温度・絶対湿度は外気のそれと同じ：敷地境界にある塀などを想定した場合である(図 5)。外壁の敷地側には建物や植木があり、日射が当たりにくいことが多い。

##### 3.3.2 外気側伝達率

外気側伝達率については、部位 A, B ともに同じ場合と、第 2 章での壁面の熱伝達率分布の結果から、軒直下の部位 A の伝達率を小さくした場合の 2 つの場合について解析を行った。

#### 3.4 解析結果

解析結果の一例として、室内条件が一定で、伝達率が部位 A と B で同じ場合と、軒直下(部位 A)の伝達率が

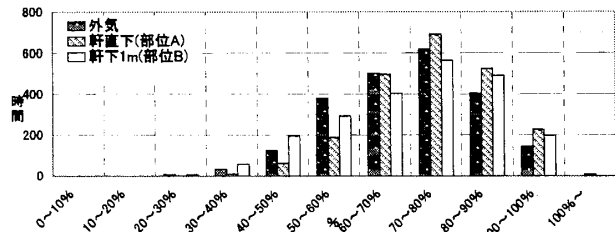


図 3 夏季の相対湿度発生頻度分布：

室内条件一定・外気側伝達率が部位 A・B で同じ場合

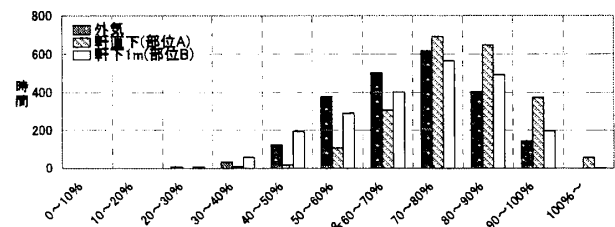


図 4 夏季の相対湿度発生頻度分布：

室内条件一定・軒直下の外気側伝達率が小さい場合

小さい場合の夏季の相対湿度発生頻度分布を図 3, 4 に示す。外壁表面温度が外気温よりも低い夏季には、外壁表面の熱伝達率が小さいほうが、外気から壁体に流入する熱流が少なく温度が下がるため、相対湿度が上昇する。そのため伝達率が同じ場合(図 3)に比べて軒直下の伝達率が小さい場合(図 4)には、相対湿度が 80~100%になる時間が増加している。

#### 4. まとめ

本論文では軒下外壁に生育する藻類への水分供給源として、軒下周辺に高湿度領域が形成されるかを調べるため、建物周辺の気流性状の解析を行い、得られた外壁表面の熱伝達率分布を用いた壁体の熱水分移動解析から外壁表面の温湿度変化を求めた。その結果以下のことが明らかとなった。

- 1) 建物周辺の気流解析の結果、軒の出がある場合、風向・屋根勾配にかかわらず軒下壁面に伝達率の小さな領域が形成される。このような伝達率の小さな領域は軒がない場合には形成されない。
- 2) 熱水分移動解析の結果、軒下の伝達率が小さくなると、夏季に高湿度になる時間が増加する。これは、夏季には外気温より外壁表面温度が低く、伝達率が小さいと外気から外壁表面に流入する熱流が少なく、温度が低下し相対湿度が上昇するためである。

#### <参考文献>

- 1) 半田信司：気生藻類，堀澤三，大野正夫，堀口健夫編「21 世紀初頭の藻学の現状」，日本藻類学会，pp.81-84，2002
- 2) W. M. ダーリー：基礎生物学 9 藻類の生理生態学，培風館，pp.140-141，昭和 62 年
- 3) 加藤信介：数値流体力学 CFD の室内環境への応用(2)CFD 解析の基礎(その 1)基礎方程式，空気調和・衛生工学，第 71 巻，第 7 号，pp.629-636，1997
- 4) 加藤信介：数値流体力学 CFD の室内環境への応用(3)CFD 解析の基礎(その 2)基礎方程式，空気調和・衛生工学，第 71 巻，第 8 号，pp.687-693，1997
- 5) 中村泰人，松尾陽，松本衛，土屋喬雄，橋秀樹，宮田紀元：新建築学体系 10 環境物理，彰国社，pp.116-155，1984
- 6) 針井修一，池田哲朗，新田勝通：エース建築環境工学Ⅱ—熱・湿気・換気—，pp.42-57，62-63，朝倉書店，2002
- 7) 社団法人日本建築学会：拡張アメダス気象データ 1981-2000，株式会社鹿兒島 TLO

\*京都大学大学院工学研究科 修士課程

\*\*京都大学大学院工学研究科 教授・工博

\*\*\*京都大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

\*Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kyoto University

\*\*Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University

\*\*\*Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University