

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 —

正会員 ○中嶋麻起子*1 同 銚井修一*2 同 小椋大輔*2

4.環境工学—9.湿気

軒下, 気生藻, CFD 解析, 熱伝達率, 吸放湿

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¹⁾であり、雨水による水分供給が主な生育原因と考えられている。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見られない部位にも、藻類の生育が見られる場合がある(写真 1)。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²⁾とされている。



写真 1

前報では、建物壁体の含水状態と温度の時間変化を求めるために熱水分移動解析を行い、軒直下の部位のほうが軒下 1m の部位と比べて高湿度になる時間が多く、藻類の生育可能性が高いことを示したが、その解析においては伝達率に適当な値を仮定して用いた。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を用いて、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

軒下外壁における相対湿度は、外気側の熱伝達率から大きな影響を受ける。軒直下の一箇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。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。

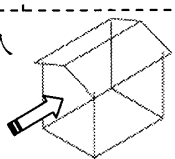
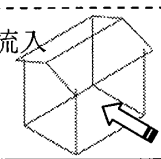
2.2 解析モデル

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、また特性把握に適當でもない。ここでは、表 1 に示すように一般的な 3

表 2 流体解析の条件³⁾⁴⁾

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

表 1 流体解析モデル

	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5
軒の有無 屋根勾配と	1.5m 3m 軒あり	1.5m 3m 軒なし	2.5m 3m 軒あり	3.5m 3m 軒あり	1.5m 3m 軒あり
風向	妻側から流入 			平側から流入 	

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 and OGURA Daisuke

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）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。また、流体解析の条件については表2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1～3に示す。

流入側壁面では（図1）、軒がある場合（Case-1,3,4,5）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、軒がない場合（Case-2）は中央部分にのみ形成されている。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、軒がある場合には、軒により遮られるため流速が小さく

なることによる。ただ、軒のごく近傍では流速および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。

流出側壁面（図2）では、軒がない場合（Case-2）よりも、軒がある場合（Case-1,3,4,5）のほうが壁面上部の流速は小さく、伝達率の小さな領域が形成されている。

側面（図3）においては、流入側に近い領域の伝達率が高い。軒がある場合（Case-1,3,4,5）には軒下で空気が流れにくいいため、軒下に沿って伝達率の小さな領域が形成される。また、屋根の勾配が急になるにつれて、軒の影響を受ける領域の割合が多くなり、上部の伝達率の小さな領域が広がる。

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る。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。

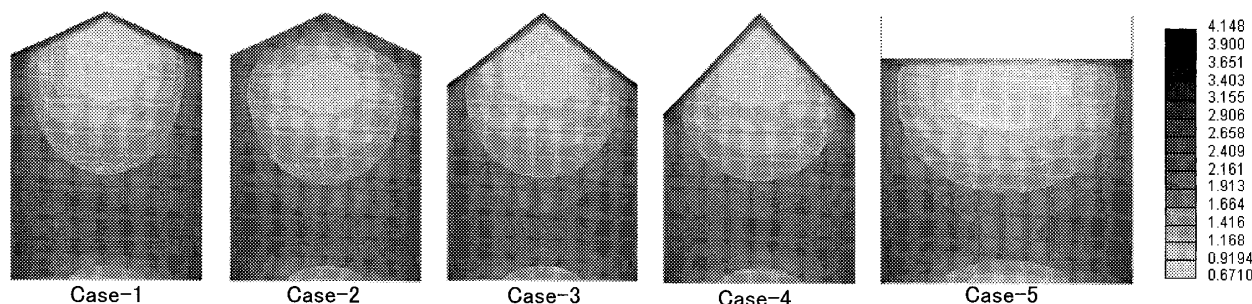


図1 流入側壁面における熱伝達率分布

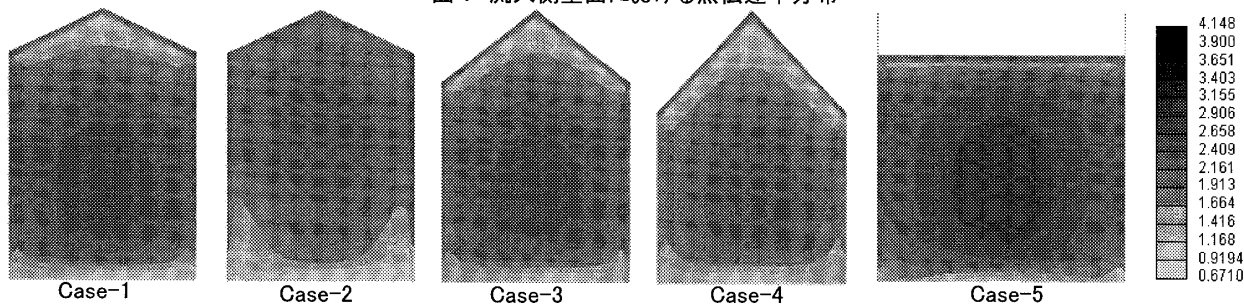


図2 流出側壁面における熱伝達率分布

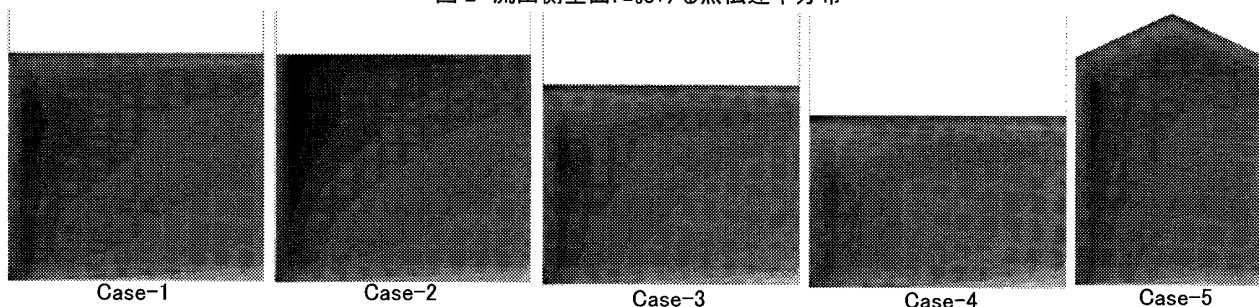


図3 側面における熱伝達率分布

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

図4に示すような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⁵⁾⁶⁾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。

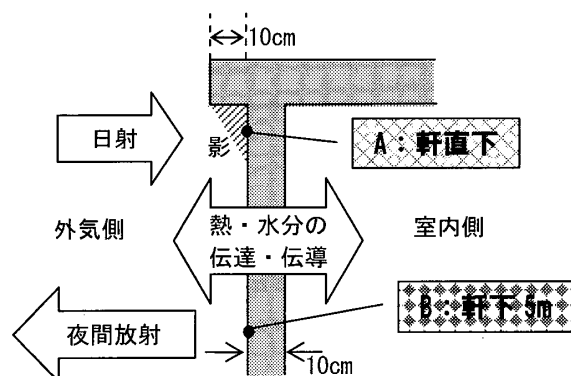


図4 熱水分性状の解析モデル

3.3 解析条件

3.3.1 室内外条件

解析対象は京都市内に建つ建物とし、外気の温度、絶対湿度、相対湿度、天空放射量、直達日射量、夜間放射量には、京都市標準年の拡張アメダス気象データ⁷⁾を使用した。ただし、アメダスデータは1時間毎の値のみであるため、数値計算にはこれを直線補間して用いた。

室内条件としては以下の2つの場合を検討した。

- 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、

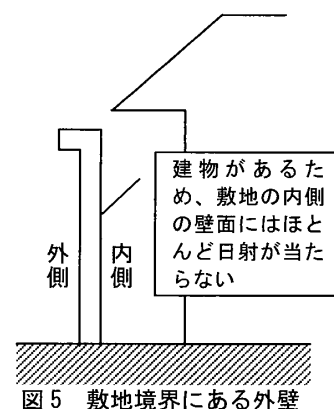


図5 敷地境界にある外壁

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

① 室温 20℃、RH35%一定の場合

伝達率が部位 A と B で同じ場合と、軒直下（部位 A）の伝達率が小さい場合の、夏季の相対湿度発生頻度分布をそれぞれ図6、7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6)に比べて軒直下の伝達率が小さい場合(図7)には、相対湿度が80~100%になる時間が増加している。

② 室内条件が外気と同じ場合

伝達率が部位 A と B で同じ場合と、軒直下（部位 A）の伝達率が小さい場合の、夏季の相対湿度発生頻度分布をそれぞれ図8、9に示す。

室内条件が一定の場合と同様に、外気側の伝達率が小さい場合、夏季に壁体に外気から流入する熱量が少なくなるため温度が低くなり、相対湿度が上昇し、60~80%になる時間が増加している。

室内条件が一定の場合(①)に比べ、室内条件が外気と同じ場合(②)には、相対湿度の上昇は少ない。これは、夏季の室内温度が20℃一定に対して、外気と同じ25~35℃の方が、室内側から壁体に流入する熱量が多くなり、壁体の温度が上昇しやすく、相対湿度がやや低くなるためである。

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

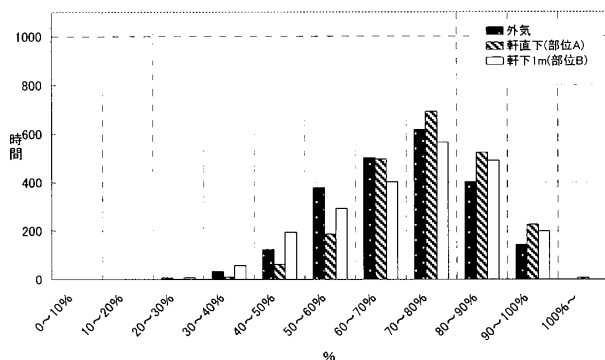


図6 夏季の相対湿度発生頻度分布：
室内条件一定・外気側伝達率が部位A・Bで同じ場合

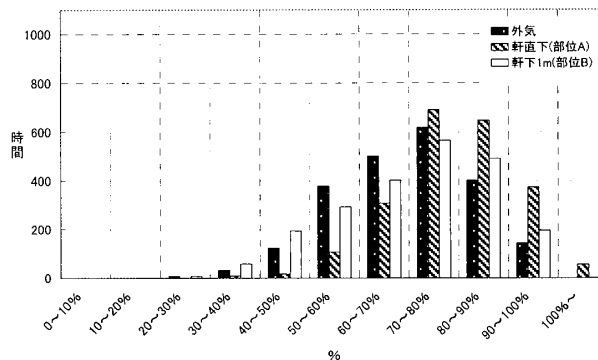


図7 夏季の相対湿度発生頻度分布：
室内条件一定・軒直下の外気側伝達率が小さい場合

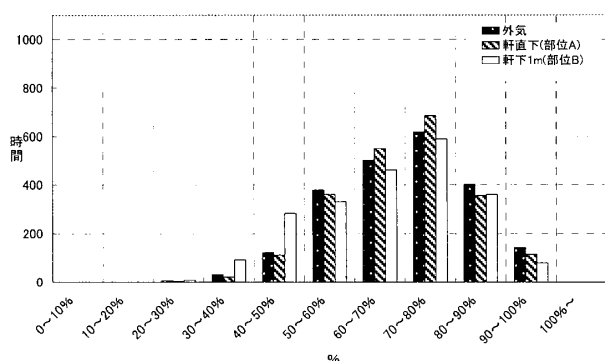


図8 夏季の相対湿度発生頻度分布：室内条件が外気と
同じ・外気側伝達率が部位A・Bで同じ場合

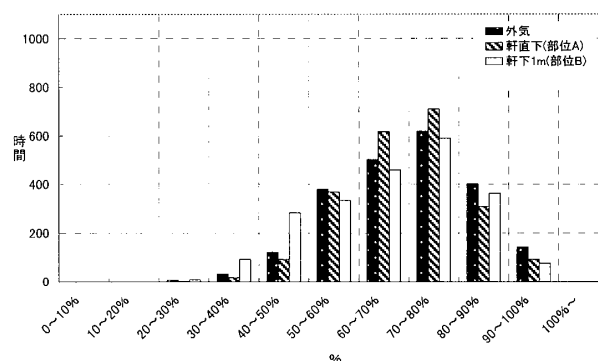


図9 夏季の相対湿度発生頻度分布：室内条件が外気と
同じ・軒直下の外気側伝達率が小さい場合

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、軒が外壁表面の熱伝達率分布に及ぼす影響を定量的に評価した。得られた外壁表面の熱伝達率分布を用いて壁体の熱水分移動解析を行い、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。

今回の解析対象が単層コンクリートであるため、

壁体の温湿度変化は室内条件の影響を大きく受け、夏季に壁面の相対湿度が上昇する結果となった。ただ、建物外壁が断熱されている場合には、室内からの熱流は少ないためその影響は小さい。むしろ、冬季に外壁表面の温度低下が大きくなり、それに伴う相対湿度の上昇が起きる可能性がある。これについては今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 半田信司：気生藻類，堀輝三，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，橘秀樹，宮田紀元：新建築学体系10 環境物理，彰国社，pp.116-155，1984
- 6) 鉾井修一，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，株式会社鹿児島 TLO

*1 京都大学大学院工学研究科 博士後期課程

*2 京都大学大学院工学研究科 教授・工博

*3 京都大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

Doctoral Student, Graduate School of Engineering, Kyoto University
Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University
Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University