通気層を有する壁体の断熱効果・日射熱取得率の計算方法の検討

2020年8月

佐藤エネルギーリサーチ株式会社

# 通気層を有する壁体の熱収支式の整理

通気層を有する外壁、屋根の日射遮へい効果および断熱効果を定量的に評価するため、赤坂ら1)は壁体の各面の温度の熱収支式を整理し、非定常計算および定常計算のそれぞれの計算方法を示している。通気層を有する壁体の模式図を図 1に示す。



図 1　通気層を有する壁体の模式図

## 壁体内の各面の熱収支式

赤坂ら1)によるモデルを参考に立てた各部の熱収支式を式(1)～式(4)に示す。

1. 外気側表面の熱収支収支式

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

1. 通気層に面する面1の熱収支式

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

1. 通気層に面する面2の熱収支式

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

1. 室内側表面の熱収支式

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

相当外気温度は、式(5)により表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

ここで、

：相当外気温度（℃）

：外気温度（℃）

：外気側表面温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層の平均温度（℃）

：室内側表面温度（℃）

：室内温度（℃）

：外装材の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

：断熱層の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

：外気側表面に入射する日射量（W/m2）

：夜間放射量（W/m2）

：外気側表面日射吸収率（-）

：外気側表面放射率（-）

：壁体から大気を見る形態係数（-）

：室外側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.04）

：室内側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.11）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

である。通気層の対流熱伝達率、通気層の放射熱伝達率の計算方法は2．に後述する。

## 通気層内空気の熱収支式

通気層の模式図を図 2に示す。通気層内空気の熱収支式は、式(6)のように通気層の外気側と室内側からの対流熱取得によって空気の温度が変化するモデルより計算することができる。



図 2　通気層の模式図

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |
|  | (7) |

ここで、

：通気層の代表空気温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層内の通気風量（m2/s）

：通気層の平均風速（m/s）

：通気層流れ方向の長さ（m）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層の厚さ（m）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1.006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

である。

式(6)を初期条件での境界条件で定積分すると、式(8)のように表すことができる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |
|  | (9) |

ここで、

：通気層の代表空気温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層の入口の空気温度（℃）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1.006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

である。

式(8)で求められるは通気層の代表空気温度であるので、通気層の平均温度を求める方法を検討する。通気層入口からの距離における通気層の温度は、式(10)で表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |
|  | (11) |
|  | (12) |

ここで、

：通気層入口からの距離における通気層の温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層の入口の空気温度（℃）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1.006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

である。

通気層の平均温度は、式(10)を入口（）から出口（）まで積分した温度を通気層の長さで除した式(13)で求められる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |
|  | (11)(再) |
|  | (14) |

ここで、

：通気層の平均温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層の入口の空気温度（℃）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1.006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

である。

一方、通気層内の風速が0m/sの場合については、式(14)からとなる極値であり、式(13)は式(15)となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (15) |

## 通気層を有する壁体の各表面温度および通気層温度を求める行列式

壁体内の各面の熱収支式（式(1)～式(4)）および通気層内空気の熱収支式（式(6)）より、通気層を有する壁体の各表面温度および通気層の平均温度を求める行列式を作成する。

式(1)～式(4)および式(13)を各表面温度、、、および通気層の平均温度を未知数とする一次方程式に変形すると、式(16)～式(20)のようになる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |
|  | (17) |
|  | (18) |
|  | (19) |
|  | (20) |

これを行列化すると、式(21)のようになる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (21) |
|  | (5)  (再) |
|  | (14)  (再) |
|  | (7)  (再) |

ここで、

：室外側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.04）

：室内側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.11）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

：外装材の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

：断熱層の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

：外気側表面温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：室内側表面温度（℃）

：通気層の平均温度（℃）

：相当外気温度（℃）

：外気温度（℃）

：室内温度（℃）

：通気層の入口の空気温度（℃）

：外気側表面日射吸収率（-）

：外気側表面に入射する日射量（W/m2）

：夜間放射量（W/m2）

：壁体から大気を見る形態係数（-）

：外気側表面放射率（-）

：通気層の面積（m2）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：通気層の平均風速（m/s）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層の厚さ（m）

である。

この式(21)を解くことで、各表面温度、、、および通気層の平均温度が求められる。ただし、後述するように通気層の対流熱伝達率、通気層の放射熱伝達率は、通気層内の表面温度、に依存するため、収束計算により解を求める。

# 通気層の熱伝達率の計算方法

## 通気層の放射熱伝達率

### 放射熱伝達率の計算式

通気層に面する面1、面2の放射熱伝達率は、文献1)によると式(22)により求められる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (22) |
|  | (23) |

ここで、

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

：ステファン・ボルツマン定数（W/(m2・K4)）（＝5.67×10-8）

：通気層に面する面1の表面温度（K）（）

：通気層に面する面2の表面温度（K）（）

である。

式におけるは、通気層面の有効放射率である。通気層が無限の平行面であると仮定すると式(24)、通気層が通気胴縁や屋根垂木等の影響を考慮した二次元空間であるとすると式(25)により求められる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (24) |
|  | (25) |

ここで、

：通気層に面する面1の放射率（-）

：通気層に面する面2の放射率（-）

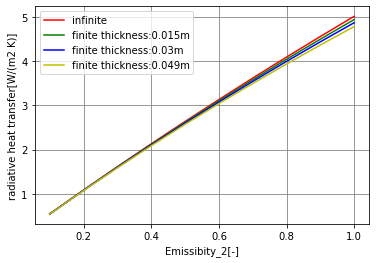
：通気層の厚さ（m）

：通気胴縁または垂木の間隔（m）

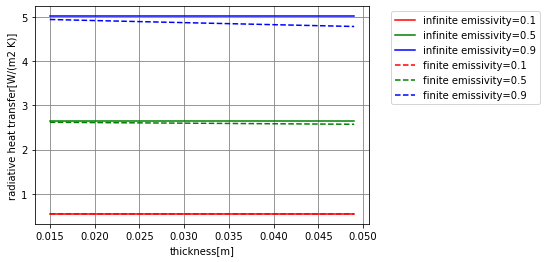
である。

### 放射熱伝達率の計算式の検証

無限平行面と2次元空間を比較する



放射率別の比較



通気層の厚さ別の比較

## 通気層の対流熱伝達率

### 対流熱伝達率の計算式

通気層の対流熱伝達率は、ISO 15099 2)によると、自然対流熱伝達率を風速で補正する式(26)により求められる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (26) |

ここで、

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：密閉空気層の自然対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：風速係数（(W・s)/(m3・K)）（=4）

：通気層の平均風速（m/s）

である。

密閉空気層の自然対流熱伝達率は、式(27)により表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (27) |

ここで、

：密閉空気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：ヌセルト数（-）

：通気層内の空気の熱伝導率（W/(m・K)）（=0.026）

：通気層の厚さ（m）

である。

式(21)中のヌセルト数は、レーリー数と、通気層の傾斜角、通気層の長さ、通気層の厚さにより計算式が異なる。レーリー数は、式(28)により求める。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (28) |

ここで、

：レーリー数（-）

：重力加速度（m/s2）（）

：空気の体膨張率（1/K）（）

：通気層に面する面1の表面温度（K）（）

：通気層に面する面2の表面温度（K）（）

：通気層の厚さ（m）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1006）

：空気の粘性率（Pa・s）（）

：通気層内の空気の熱伝導率（W/(m・K)）（）

である。

### ヌセルト数の計算式

#### 前提条件

文献1)によると、ヌセルト数は通気層の厚さに対する通気層の長さの比率により計算式が異なる。ここで、通気層の長さは、外壁であれば軒高、屋根であれば屋根の長さであるから、1 m以上の値となると考えられる。住宅の外壁、屋根の外気側に施工される一般的な通気層の厚さを、文献1)にならい外壁では2 cm程度、屋根では5～10 cm程度と仮定すると、本計算法で想定している通気層では常にとなる。以下、文献1)より各条件に該当するヌセルト数の計算式を引用する。

また、通気層の傾斜角は、鉛直方向の外壁と、陸屋根および勾配屋根を想定し、の範囲にあるとする。

#### 通気層の傾斜角が（水平）のときのヌセルト数

通気層の傾斜角、の場合のヌセルト数の計算式は、式(29)となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (29) |

ここで、

：ヌセルト数（-）

：レーリー数（-）

である。

#### 通気層の傾斜角が（鉛直）のときのヌセルト数

通気層の傾斜角のときのヌセルト数は、の場合、式(30)により求められる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (30) |
|  | (31) |
|  | (32) |
|  | (33) |

ここで、

：ヌセルト数（-）

：レーリー数（-）

：通気層の厚さ（m）

：通気層の長さ（m）

である。

#### 通気層の傾斜角がのときのヌセルト数

通気層の傾斜角が、の場合のヌセルト数は、の値に応じて計算式が異なり、式(34)～式(36)となる。

のとき

|  |  |
| --- | --- |
|  | (34) |

のとき

|  |  |
| --- | --- |
|  | (35) |

のとき

|  |  |
| --- | --- |
|  | (36) |

#### 通気層の傾斜角がのときのヌセルト数

通気層の傾斜角が、の場合のヌセルト数の計算式は、式(37)となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (37) |

ここで、

：ヌセルト数（-）

：通気層の傾斜角（°）

である。

式(37)中のは、式(38)により求める。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (38) |
|  | (39) |
|  | (40) |
|  | (41) |

ここで、

：レーリー数（-）

：通気層の厚さ（m）

：通気層の長さ（m）

である。

式(37)中のは、式(42)により求める。この式(42)は前述の式(30)と同様の式であり、、、はそれぞれ前述の式(31)、式(32)、式(33)より求める。

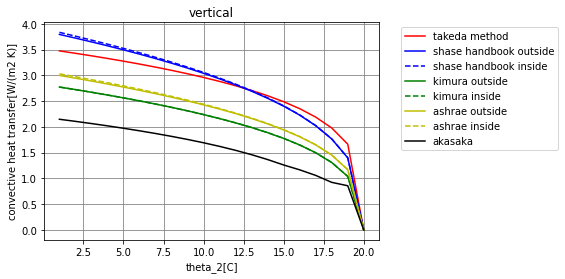
|  |  |
| --- | --- |
|  | (42) |

### 対流熱伝達率の計算式の検証

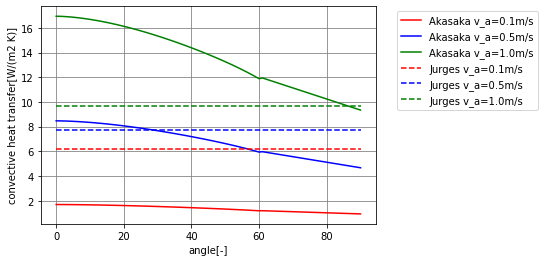
#### 既往文献による対流熱伝達率の計算方法

#### 計算結果の比較

風速=0の場合



風速ありの場合









# 通気層を有する壁体の熱的性能の簡易評価法の検討

## パラメトリックスタディの実施

### パラメータの検討

これまでに述べた計算方法により、通気層を有する壁体の熱貫流率、日射熱取得率を算出することができる。通気層を有する壁体の断熱効果、日射遮蔽効果を簡便に行うためには、通気層を有する壁体の熱的性能に影響を及ぼす要因を明らかにする必要がある。

これまでに述べた計算式から、通気層を有する壁体の熱的性能に影響を及ぼすと考えられる要因（パラメータ）を表 1に示す。各パラメータは、現実的に考えられる範囲の値を表 1に示すように与えることとする。

なお、通気層の平均風速は通気層内の密度差、摩擦損失、通気層入口・出口の摩擦損失などから計算する方法もあるが、推定が非常に困難であるので、パラメータとして与えることを検討する。

表 1　通気層を有する壁体の熱的性能に影響を及ぼす要因（パラメータ）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分類 | 要因（パラメータ）名 | 記号 | 水準として与える値 | | |
| 下限値 | 中間値 | 上限値 |
| 気象データ | 外気温度（℃）：冬期条件 |  | -10 | 0 | 10 |
|  | 外気温度（℃）：夏期条件 | 25 | 30 | 35 |
|  | 室内温度（℃）：冬期条件 |  | － | 20 | － |
|  | 室内温度（℃）：夏期条件 |  | － | 27 | － |
|  | 外気側表面に入射する日射量（W/m2） |  | 0 | 500 | 1,000 |
| 外装材の物性値 | 外装材の日射吸収率（-） |  | 0 | 0.5 | 1.0 |
|  | 外装材の熱コンダクタンス（W/(m2・K)） |  | 0.5 | 50.25 | 100 |
| 断熱層の物性値 | 断熱層の熱コンダクタンス（W/(m2・K)） |  | 0.1 | 2.55 | 5.0 |
| 通気層の仕様 | 通気層の長さ（m） |  | 3.0 | 7.5 | 12.0 |
|  | 通気層の幅（m） |  | 0.05 | 5.025 | 10.0 |
|  | 通気層の厚さ（m） |  | 0.05 | 0.175 | 0.3 |
|  | 通気層の傾斜角（°） |  | 0.0 | 45.0 | 90.0 |
|  | 通気層の平均風速（m/s） |  | 0.0 | 0.5 | 1.0 |
|  | 通気層に面する面1の放射率（-） |  | － | 0.9 | － |
|  | 通気層に面する面2の放射率（-） |  | 0.1 | 0.5 | 0.9 |



※注1：夜間放射量を無視する場合は不要

※注2：通気層が無限の平行面であると仮定すると不要。

※注3：通気層面の有効放射率の計算式（式(24)、式(25)）に用いられるが、面1の放射率と面2の放射率の組み合わせが(0.1, 0.9)の場合と(0.9, 0.2)の場合ではどちらも等価となるので、本検討では面1の放射率を固定し、面2の放射率を変化させる。

### 水準として与える値の検討

通気層を有する壁体の熱的性能に影響を及ぼす各要因には、水準として現実的に考えられる範囲の上下限値2点に加え、中央値1点を追加した計3点の値を原則として与える。各要因における水準の上下限値についての検討結果を以下に示す。

#### 外気温度

#### 室内温度

#### 外気側表面に入射する日射量

#### 外装材の日射吸収率（-）

#### 外装材の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

上限値：

#### 断熱層の熱コンダクタンス（W/(m2・K)）

#### 通気層の長さ（m）

#### 通気層の幅（m）

#### 通気層の厚さ（m）

#### 通気層の傾斜角（°）

#### 通気層の平均風速（m/s）

通気層風速は0.0~1.0 [m/s]の範囲内で数値を与

えることとした

#### 通気層に面する面1の放射率（-）

#### 通気層に面する面2の放射率（-）

## 計算結果の検証

### 対流熱伝達率の推定方法検証

#### 対流熱伝達率に影響を及ぼす要因の分析

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 冬期条件 | (b) 夏期条件 |
|  |  |
| (c) 通年 |  |

#### 推定結果の検証

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 冬期条件 | (b) 夏期条件 |
|  |  |
| (c) 通年 |  |

### 放射熱伝達率の推定方法検証

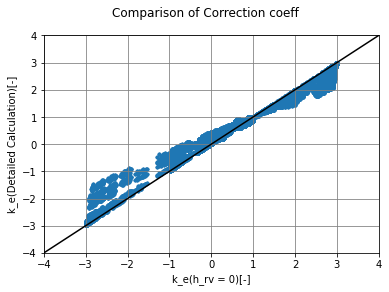
#### 放射熱伝達率に影響を及ぼす要素の分析

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 冬期条件 | (b) 夏期条件 |
|  |  |
| (c) 通年 |  |

#### 推定結果の検証

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) 冬期条件 | (b) 夏期条件 |
|  |  |
| (c) 通年 |  |

#### 放射熱伝達をゼロとした場合の影響を検証



# 簡易評価法の提案

## 通気層を有する壁体の熱貫流率および日射熱取得率の算出方法

通気層を有する壁体の通気層を考慮した相当熱貫流率、相当日射熱取得率計算のための状態値を図 3の通りに定義する。熱貫流率は表 2に示すように条件によって、、、の4種を定義する。

は通気層を無視した場合の壁体の熱貫流率、は通気層を考慮した場合の壁体の相当熱貫流率である。は通気層から室内までの熱貫流率であり、通気層側の熱伝達抵抗に省エネルギー基準の規定値を用いて算出した値である。はと同様に通気層から室内までの熱貫流率であるが、通気層側の熱伝達抵抗が温度、風速から計算した値を用いている点が異なる。

表 2　4種類の熱貫流率の定義

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 境界 | 備考 |
|  | 屋外から室内 | 通気層を無視 |
|  | 屋外から室内 | 通気層を考慮 |
|  | 通気層から室内 | 通気層の熱抵抗は省エネ基準の規定値（0.11） |
|  | 通気層から室内 | 通気層の熱抵抗は温度、風速から計算した値 |



図 3　通気層を有する壁体の状態値

定常状態を想定した時の壁体の室内側表面熱流は、式(43)～式(45)となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (43) |
|  | (44) |
|  | (45) |
|  | (46) |

ここで、

：室内側表面熱流（W/m2）

：通気層を考慮した壁体の相当熱貫流率（W/(m2・K)）

：通気層を無視した壁体の熱貫流率（W/(m2・K)）

：通気層から室内までの熱貫流率（熱伝達抵抗は温度、風速から計算した値）（W/(m2・K)）

：相当外気温度（℃）

：外気温度（℃）

：室内温度（℃）

：外気側表面日射吸収率（-）

：外気側表面に入射する日射量（W/m2）

：室外側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.04）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）（=1.006）

：空気の密度（kg/ m3）（=1.2）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：通気層の幅（m）

：通気層の長さ（m）

：通気層出口温度（℃）

：通気層入口温度（℃）

：通気層の等価温度（℃）

：通気層の平均温度（℃）

：面１の温度（℃）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

である。

通気層から室内までの熱貫流率、は、通気層の熱伝達率が異なり、式(47)の関係がある。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (47) |

ここで、

：通気層から室内までの熱貫流率（熱伝達抵抗は温度、風速から計算した値）（W/(m2・K)）

：通気層から室内までの熱貫流率（熱伝達抵抗は省エネルギー基準の規定値）（W/(m2・K)）

：外気側表面熱伝達抵抗（省エネルギー基準の規定値）（(m2・K)/W）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

である。は、壁体が屋根の場合は0.09 (m2・K)/W、外壁の場合は0.11 (m2・K)/Wとなる。

現行の省エネルギー基準で定義される通気層を有する壁体の熱貫流率と、通気層を考慮した相当熱貫流率、相当日射熱取得率の関係は、式(43)、(45)より、式(48)、(49)のように表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (48) |
|  | (49) |

ここで、

：通気層を考慮した壁体の相当熱貫流率（W/(m2・K)）

：通気層から室内までの熱貫流率（熱伝達抵抗は温度、風速から計算した値）（W/(m2・K)）

：通気層を考慮した壁体の日射熱取得率（-）

：通気層の等価温度（℃）

：相当外気温度（℃）

：室内温度（℃）

：外気側表面日射吸収率（-）

：室外側総合熱伝達率（W/(m2・K)）（= 1/0.04）

である。

現行の省エネルギー基準で定義される通気層を有する壁体の熱貫流率を補正する係数を式(50)のように定義すると、式(48)は式(51)のように書き換えることができる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (50) |
|  | (51) |

ここで、

：通気層を有する壁体の相当熱貫流率を求めるための補正係数（-）

である。







## 室内表面熱流の簡易計算法

### 簡易計算法案①：簡易版の行列式による方法

に前述したように、通気層の放射熱伝達率、対流熱伝達率が風速および放射率から求められる既知の値であるとすれば、室内表面熱流は、式に示したように通気層内温度（通気層の平均温度および通気層に面する面1の表面温度）から求めることができる。放射熱伝達率、対流熱伝達率が既知であるので、熱収支式を再定義することにより、通気層内温度は式〇よりも簡略化した行列式により求めることができる。以下、その方法について解説する。

通気層内温度を求める簡易版の行列式



図 4　通気層を有する壁体の模式図（簡易計算法案①）

外気側の熱収支式は式(52)、室内側の熱収支式は式(53)で表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (52) |
|  | (53) |

一方、通気層の平均温度は、に前述したように、式により表される。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (54) |
|  | (55) |
|  | (14)  (再) |
|  | (7)  (再) |

ここで、

：相当外気温度（℃）

：通気層に面する面1の表面温度（℃）

：通気層に面する面2の表面温度（℃）

：通気層の平均温度（℃）

：通気層の入口の空気温度（℃）

：室内温度（℃）

：室外側の熱抵抗（(m2・K)/W）

：室内側の熱抵抗（(m2・K)/W）

：通気層の対流熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の放射熱伝達率（W/(m2・K)）

：通気層の長さ（m）

：通気層の幅（m）

：通気層の厚さ（m）

：通気層内の通気風量（m3/s）

：通気層の平均風速（m/s）

：空気の定圧比熱（J/(kg・K)）

：空気の密度（kg/ m3）

である。

前述したとおり、対流熱伝達率および放射熱伝達率が既知の値と仮定すると、通気層の平均温度、通気層に面する面1の表面温度が求められれば、通気層の等価温度を算出することができる。

式(52)、式(54)、式(53)を通気層に面する面1の表面温度、通気層に面する面2の表面温度、通気層の平均温度を未知数とする一次方程式に変形すると、式(56)のように行列式となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (56) |

式(56)の左辺の3行×3列の行列を、3行×1列の行列を、右辺の3行×1列の行列をとおくと、式(56)は式(57)のように表すことができる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (57) |

よって、、、は、式(58)により求めることができる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (58) |

ここで、行列を式、行列の逆行列を式に示す。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (59) |
|  | (60) |

式(58)を展開すると、、、はそれぞれ式～式で表すことができる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (61) |
|  | (62) |
|  | (63) |

※以下、要修正

|  |  |
| --- | --- |
|  | (64) |
|  | (65) |
|  | (66) |
|  | (67) |
|  | (68) |
|  | (69) |
|  | (70) |
|  | (71) |
|  | (72) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (73) |

### 簡易計算法案②：簡易式による方法

省エネ基準における外皮性能への評価への適用を考慮し、室内表面熱流を貫流分と日射取得分に分離し、簡易式により室内表面熱流を求める方法を検討する。



図 5　通気層を有する壁体の模式図（簡易計算法案②）

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | () |

式(74)をのときにの境界条件で定積分すると、

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | () |
|  | () |
|  | () |
|  | () |
|  | () |
|  | (82) |
|  | (83) |

ここで、

：通気層内の総合熱伝達率（W/(m2・K)）

通気層の流れ方向平均温度は式(76)の0～Lの区間における平均温度となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | () |

室内表面熱流は、

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | () |
|  | () |

## 簡易計算法による計算結果の検証

# 参考文献

1. 赤坂裕、武田和大：通気層を有する外壁，屋根の遮熱・断熱効果の計算法、日本建築学会環境系論文集、2005年9月
2. ISO 15099:2003 Thermal performance of windows, doors and shading devices — Detailed calculations