換気方式、気密性能を考慮したすきま風量の計算方法

佐藤エネルギーリサーチ（株）

# はじめに

換気方式、気密性能に応じた時々刻々のすきま風量の計算方法について示す。

以下の前提条件による。

すきま風量は温度差換気だけを考慮する（風向風速が気象データ地点と建設地で異なること、風圧係数設定のための建て込み具合の入力ができないため）

計画換気のファンのP-Q特性は考慮しない

# 計算方法（中性帯が室高さの中央とならない場合）

## 内外圧力差の計算

床面の内外圧力差をとすると、室内床面からの高さにおける内外圧力差は（1）式で求められる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （1） |
| ここで、 | ： | 高さにおける内外圧力差[Pa] | |
|  | ： | 床面の内外圧力差[Pa] | |
|  | ： | 重力加速度[m/s2]（=9.8） | |
|  | ： | 床からの高さ[m] | |
|  | ： | 外気温度における空気の密度[kg/m3] | |
|  | ： | 室内温度における空気の密度[kg/m3] | |

温度における密度は、（2）式となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （2） |

内外温度差を用いて、部位からのすきま風量を求める。

#### 床からのすきま風量

床からのすきま風量は（1）式における床面の内外圧力差から（3）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （3） |
| ここで、 | ： | 床からのすきま風量[m3/s] | |
|  | ： | 床の相当隙間面積[m2] | |

#### 天井からのすきま風量

天井からのすきま風量は（1）式における天井面の内外圧力差から（4）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （4） |
| ここで、 | ： | 天井からのすきま風量[m3/s] | |
|  | ： | 天井の相当隙間面積[m2] | |

#### 垂直部位からのすきま風量

室内床面からの高さにおける垂直部位からのすきま風量は（13）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （5） |
| ここで、 | ： | 室内床面からの高さにおける垂直部位からのすきま風量[m3/s] | |
|  | ： | の符号[－] | |
|  | ： | 垂直部位の相当すきま長さ[m] | |

すきま風量は、（5）式を積分することで求まるが、中性帯（床面から）の上部と下部で平方根内の符号が異なるため、分けて積分する必要がある。

##### の場合

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6） |

##### の場合

|  |  |
| --- | --- |
|  | （7） |

#### 連続の式

流入空気と流出空気の合計は0となることから、連続の式は（8）式となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （8） |

（8）式の非線形方程式を床面の内外圧力差について解くことで、（3）、（4）、（6）、（7）式から各部すきま風量を求めることができる。

# 計算方法（中性帯が室高さの中央となる場合）

## 温度差換気風量の計算法

### 内外圧力差の計算

前提とする温度差換気だけを考慮した場合、中性帯の位置は室高さの1/2となることから、室内床面からの高さにおける内外圧力差は（9）式で求められる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （9） |
| ここで、 | ： | 高さにおける内外圧力差[Pa] | |
|  | ： | 重力加速度[m/s2]（=9.8） | |
|  | ： | 床からの高さ[m] | |
|  | ： | 室の高さ[m] | |
|  | ： | 外気温度における空気の密度[kg/m3] | |
|  | ： | 室内温度における空気の密度[kg/m3] | |

（2）式を（9）式に代入すると、室内床面からの高さにおける内外圧力差は（10）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （10） |
| ここで、 | ： | 外気の絶対温度[K]（） | |
|  | ： | 室内の絶対温度[K]（） | |

内外温度差を用いて、部位からのすきま風量を求める。

すきま風量は、流入側を正とし、室温・熱負荷計算への流用を考えて流入のみを考慮する。

#### 床からのすきま流入風量

床からのすきま流入風量は（10）式における床面の内外圧力差から（11）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （11） |
| ここで、 | ： | 床からのすきま流入風量[m3/s] | |
|  | ： | 床の相当隙間面積[m2] | |

#### 天井からのすきま流入風量

天井付近は正圧となることからすきま流入風量は0となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （12） |
| ここで、 | ： | 天井からのすきま流入風量[m3/s] | |

#### 垂直部位からの流入すきま風量

室内床面からの高さにおける垂直部位からのすきま風量は（13）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （13） |
| ここで、 | ： | 室内床面からの高さにおける垂直部位からのすきま風量[m3/s] | |
|  | ： | の符号[－] | |
|  | ： | 垂直部位の相当すきま長さ[m] | |

流入すきま風量は、（13）式を床面から中性帯まで積分することで求まり（14）式となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （14） |

#### 合計流入すきま風量

温度差に伴う流入すきま風量は床からの流入すきま風量と垂直部位からの流入すきま風量の合計であり、（15）式となる。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （15） |

## 換気方式を考慮した流入すきま風量

### 第1種換気方式の場合

第1種換気方式は換気運転に伴う圧力変動はないものとして（16）式となる。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （16） |
| ここで、 | ： | 換気方式を考慮した流入すきま風量[m3/s] | |

### 第2種換気方式の場合

第2種換気方式は、室内側が正圧となる運転となることから流入すきま風量は（17）式のように削減される。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （17） | |
| ここで、 | ： | 計画換気量[m3/s] | |

### 第3種換気方式の場合

第3種換気方式は、室内側が負圧となる運転となることから流入すきま風量は（18）式のように増加する。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （18） |

# すきま風量の検証



図 1　本計算法と既往研究の計算法による換気回数の比較



図 2　チャートによるすきま風量の計算方法[[1]](#footnote-1)



図 3　澤地らによるすきま風量の計算方法[[2]](#footnote-2)

|  |
| --- |
|  |

図 4　ASHRAE Handbookによるすきま風量の計算方法[[3]](#footnote-3)

1. 建設省住宅局住宅生産課\_住宅の新省エネルギー基準と指針 [↑](#footnote-ref-1)
2. 澤地孝男、清水則夫、大澤元毅、城地哲哉、田島昌樹、堀祐治：関東地域に建設された木造戸建住宅の気密性に関する実態把握及び漏気量推定、日本建築学会環境系論文集、2004.6 [↑](#footnote-ref-2)
3. 2013 ASHRAE Handbook—Fundamentals [↑](#footnote-ref-3)