

建築仕上技術者のための 建築物理学講座

第1講「湿り空気と湿り空気線図」

田中 辰明

(お茶の水女子大学名誉教授)

柚本 玲

(お茶の水女子大学田中研究室)



はじめに

夏の暑い日に冷蔵庫からジュースを取り出しガラスコップに注いだら、ジュースの入ったガラスの外側に露が付いた、冬に風呂から出て脱衣場の鏡の前に立ったら鏡が曇ってしまったという現象に出会う。これを結露現象と呼び、建築の部材や部位でも生じる事がある。建築の部位で結露が生じるとその部分が湿潤になり、カビが生えたり、カビを餌としてダニが発生したりと良くないことが起きる。どのような時に結露が発生するのか、それを判定するのに「湿り空気線図」を用いる。

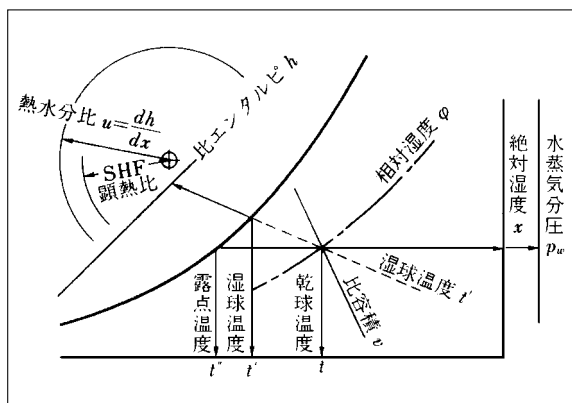


図1 湿り空気線図

1. 湿り空気

我々を取り囲んでいる空気は窒素が78%、酸素21%さらに二酸化炭素、アルゴン、ヘリウムなどの気体の混合物であるという考えもあるが、乾燥した空気と水蒸気の混合物であるという考え方もある。これを「湿り空気」という。常圧、常温の範囲では理想気体としての取り扱いが可能で、状態方程式 $PV = nRT$ に従った挙動を示す。温度の高い乾燥空気はより多くの水蒸気を含み得るし、温度の低い乾燥空気は少ししか水蒸気を含み得ない。湿り空気の物理的状態は、乾球温度、湿球温度、相対湿度、絶対湿度、露点温度、比エンタルピー、飽和度、水蒸気圧力という状態値で示される。これを示したものが図1「湿り空気線図」である。湿り空気線図は空調設計をするときに用いられるが、建築物の結露判定にも利用することができる。湿り空気線図においては2項目がわかれば他の項目を特定することができる。

2. 乾球温度と湿球温度

写真1に「アースマン通風乾湿計」を示す。向かって右側の棒状温度計は通常のもので、外気温度や室温を計測するものである。これを乾球温度計という。左側の棒状温度計は下の水銀の溜まりにガーゼが付いている。これを湿球温度計と言う。そのガーゼにスポイトで水を与える。そして通風乾湿計の頭部にあるゼンマイを回転させることで、棒状温度計に沿って風が流れる。通風乾湿計の周囲が湿った環境であれば湿球温度計からの水の蒸発は少ない。乾燥した環境であれば蒸発量は多くなる。ガーゼの水が蒸発する際に蒸発潜熱を奪うので、湿球温度は乾球温度に比べ低くなる。この温度差と湿球温度の読みから相対湿度を知る事ができる。この換算表は通風乾湿計に付属している。湿球温度と乾球温度の温度差がなくなる状態が飽和状態であり、相対湿度100%になる。

3. 飽和水蒸気圧と露点温度

空気の圧力はダルトンの法則により、乾燥空気の圧力



写真1 アースマン通風乾湿計

と水蒸気の圧力の総和で決定される。その中で、水蒸気の圧力を水蒸気分圧と呼ぶが、同じ温度の空気が水蒸気として含み得る最大限の水蒸気を含んだときの水蒸気圧を飽和水蒸気圧と呼ぶ。飽和水蒸気圧は空気の温度が高い方が高くなる。それとは逆に水蒸気を含んだ湿り空気を冷却していくと、その状態で水蒸気を含み得なくなり、凝縮が起きる。このときの温度が露点温度であり、結露の発生である。

4. 相対湿度、絶対湿度、飽和度

われわれが一番聞きなれている湿度は相対湿度である。天気予報にも使用されている。かつて関係湿度という言葉も使用されたが、これは同義語である。ある温度の空気の飽和水蒸気圧に対する水蒸気分圧の割合を示している。

絶対湿度は、湿り空気中の乾燥空気 1 kg に含まれている水蒸気の質量を示す。相対湿度とは異なり、空気の変化には左右されない。

またある空気の絶対湿度のその温度で飽和したときの絶対湿度に対する割合を飽和度と呼ぶ。

5. 顕熱と潜熱

湿り空気の持つ熱量を考えると、顕熱と潜熱について理解をしておく必要がある。コーヒー沸かしに水を入

れ、下からアルコールランプで加熱する。最初は水の温度はアルコールランプで与えられるエネルギー量に比例して上昇する。しかし、ある程度加熱が進むとコーヒー沸かしの中で泡が立ち始め、沸騰が起きる。そうになると水温の上昇はなくなり、アルコールランプで加えられたエネルギーは水の蒸発に使用されるようになる。同様に氷が水になる現象も温度の変化は無いがエネルギーは必要である。このように、固体から液体、液体から気体と状態の変化が起きるときに吸収もしくは放出するエネルギーを潜熱という。これに対し、状態変化を伴わない、温度のみの変化するエネルギーの移動を顕熱という。

6. 比エンタルピー

湿り空気の比エンタルピーとは 0 の乾燥空気 1 kg を基準としたときの、ある空気の保有している熱量を言う。空気の状態を変化させるのに必要な熱量を求める上で重要な概念である。業界では「比」をつけずに単にエンタルピーと称している場合が多い。

7. 飽和水蒸気圧の算出方法

温度に対応してその空気の飽和水蒸気圧は計算により求められる。わが国では従来ゴフ・グラッチの式を用いて計算をしていた。しかしこの式は非常に複雑で、計算途中に誤りを起こす可能性も高いものであった。欧州では次式に示すドイツ工業規格 DIN 4801 の方法によって計算が行われ、ゴフ・グラッチの式に比べれば比較にならないほど簡単なもので、かつ精度も高い。温度 (t) と飽和水蒸気圧 (P_s) の関係は次式で示される (DIN 4801)。

$$P_s = a \left(b + \frac{\theta}{100^\circ\text{C}} \right)^n$$

ここで a、b、n は定数

0 30 では a = 288.68 (Pa)、b = 1.098、n = 8.02、-20 0 では a = 4.689 (Pa)、b = 1.486、n = 12.30 である。したがって 20 の空気の飽和水蒸気圧は 2338 (Pa) となる。 (第 2 講につづく)