

設備も1級建築士として必要な知識「空気線図を使って空気性状を完璧に理解する」

1. 空気性状は「空気線図」で分かる

建築設備は、簡単に言うと「空気」、「水」、「電気」、「火」などをコントロールする技術とも言える。

空気は空調設備、水は給排水設備、電気は電気設備、火は消火設備などである。ここでは、「空気の性状」について、設備技術者が良く使う**空気線図**で解説する。この空気線図は、二つの要素、例えば「温度」と「湿度」が分かると、その空気の性状を空気線図上に書くことができ、その結果、その空気の状態が簡単に分かるというものである。更に、その空気を加熱するとどうなるか、冷却するとどうなるかもグラフ(空気線図)で見えるので、空気の変化状態が目で見える。設備技術者は、現在の空気を目標の空気性状にするには、どの程度加熱、加湿、除湿すればよいかを空気線図で理解しながら計画している。この機会に、設備技術者の気持ちになって、空気線図を完璧に理解して空気のプロになって頂きたい(空気線図は試験でもたまに出題される)。空気線図は、正式には、「**湿り空気線図**」と言う。この「湿り」とは、空気が完璧に乾燥しているわけではなく、常に質量として1~3%の水が含まれていることから、湿り空気と表現している。

東京の1月から12月までの月平均温度と湿度を表1に示す。これを、空気線図に書き込むと**図1**のようになる。つまり、この図は、東京の外気温(年間)の変化状態が、空気線図上で示されているものである。

8月の湿湿度(ポイントA)について、この空気線図の見方を解説する。X軸は温度(°C)であり、8月の湿湿度ポイントAから真直ぐ下に線を引くと、その状態の温度(26.7°C)が分かる。湿度は、「**相対湿度**」と「**絶対湿度**」があり、真直ぐ右に線を引くと**絶対湿度**(完全乾燥空気1kgに含まれている水蒸気量kgであり単位kg/kg(DA))となる。**相対湿度**は、斜めの斜線であり、100%の飽和蒸気量に対する水蒸気量を百分率で示したものである。ポイントAから真直ぐ左に線を引くと、**飽和度100%**の曲線(相対湿度100%の曲線)に当たる。この温度22°Cは、8月の湿湿度ポイントAの条件の空気が、22°C以下のものに触れると、その面で結露が発生することを意味する(この温度を**露点温度**と言う)。空気線図は、温度と湿度などの二つの条件が分かれば、それを空気線図に書き込むことができ、その結果、その位置から、その空気性状の温度、相対湿度、絶対湿度、露点温度などが分かるというものである。

表1 東京の月平均の温度と相対湿度

温度・湿度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
① 温度(°C)	4.7	5.4	8.4	13.9	18.4	21.5	25.2	26.7	22.9	17.3	12.3	7.4
② 相対湿度(%)	53	55	58	65	68	75	77	75	75	70	64	57

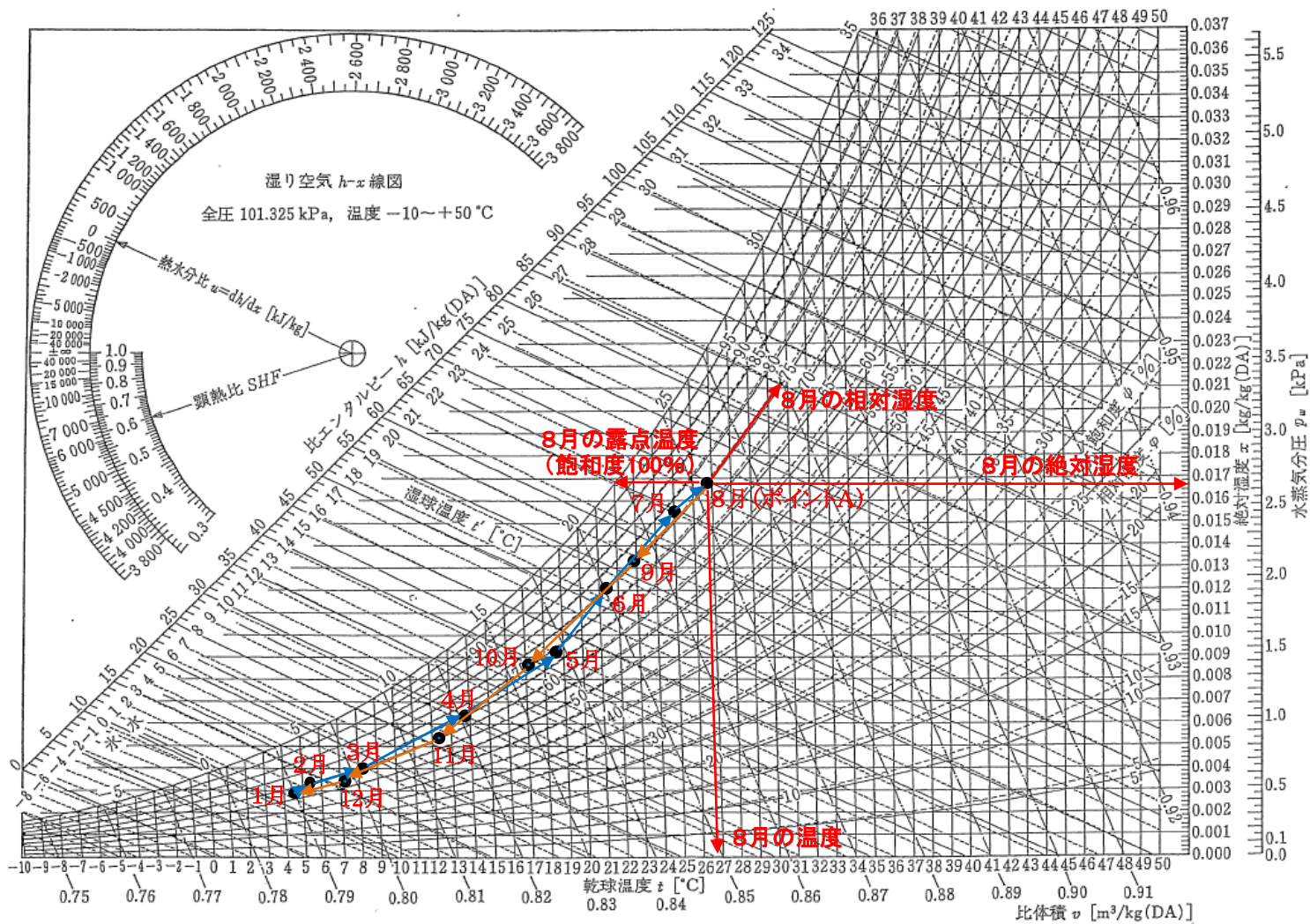


図1 湿り空気線図(東京の1月から12月までの外気変化)

2. 空気調和設備の設計と空気線図

空気調和設備の**設計**では、計画する空気の状態変化を空気線図上に書いて、それに対する空調の吹出し口の湿湿度、風量などを算定し、空気調和機器の容量を決定する。単一ダクト方式のモデルを**図2**に示す。空気調和機器は、最も一般的な仕様としてエアフィルター、冷却器、加熱器、加湿器となっている。この想定モデルによる冷房と暖房の空気性状の変化を**図3**の湿り空気線図に示す。

空気線図における**冷房時**の空気性状の変化は、**図3**の**青色**の通りである。室内から戻る①還気は、②外気と合流して混合空気状態③となる。その後、エアフィルターを通過してから、冷却器を通り⑤の状態となる。この③から⑤への空気性状の変化は、冷却と除湿の両方が行われている。その後、各室へは、送風機により供給される。

空気線図における**暖房時**の空気性状の変化は、**図3**の**赤色**の通りである。室内から戻る①還気は、②外気と合流して混合空気状態③となる。その後、エアフィルターを通過してから、加熱器を通り⑥の状態となる。更に加湿器を通り、加湿された状態⑦となり、各室へ送風機により供給される。

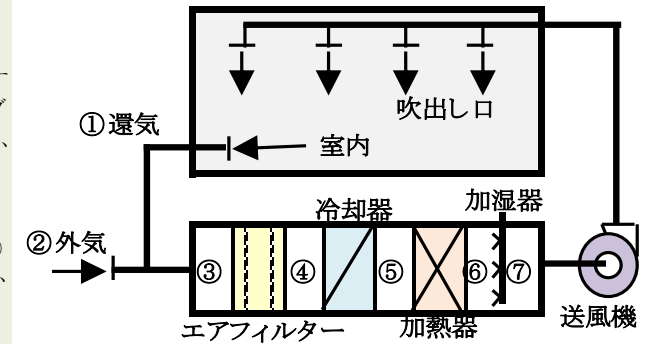


図2 単一ダクト方式のモデル

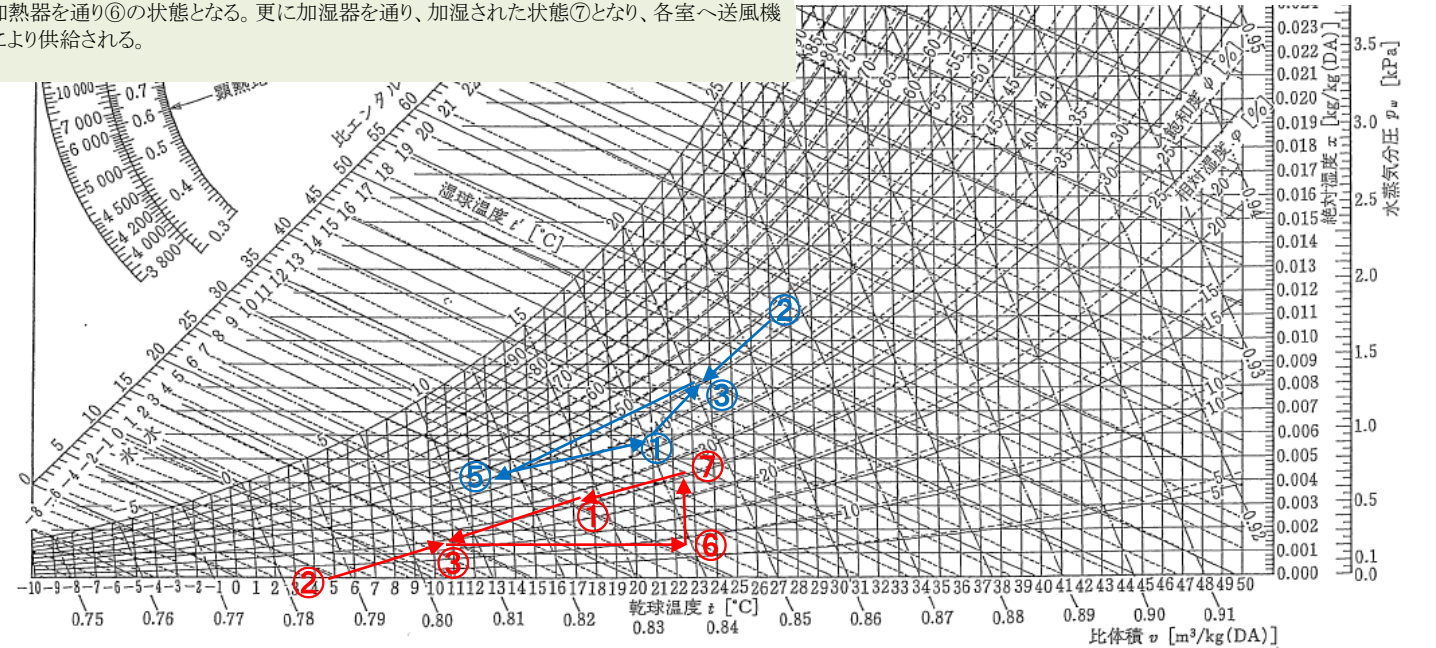


図3 湿り空気線図(冷房時と暖房時の空気変化)

3. 結露の可否判断

この空気線図を活用すると、**結露の可否判断**が簡単に行える。**図1**で解説したように8月の外気(ポイントA)から左に水平移動すると、**露点温度**22°Cとなる。8月は夏なので、地下室など22°Cより冷えた壁があり、そこに外気が当たると夏型結露が発生する。結露は冬に起こるものと決めつけるのは危険である。冬は外気が低く乾燥しているので絶対湿度も低いことから、外気を室内に取り入れると、一般に室内の結露は止まる方向となる。しかし、夏型結露は、外気を取り入れると絶対湿度が高いことから、結露が増加する方向となる(地下室の結露対策等では間違いないようにしたい)。

実務(簡易的な定常計算)による室内の壁が**結露**するかの**判断**は、一般に冬型結露を想定して検討される。外気温度と室内温度及び外壁の構造(特に断熱材が重要)から、室内表面温度を計算して、その求めた温度が露点温度(室内の想定湿湿度から**空気線図**により求めた**露点温度**)以下であれば、結露すると判断できる。この結露を防止するには、露点温度以下とならないように**断熱材**の厚さを設定すれば良いとなる。この表面温度の計算や結露可否の判断は、1級建築士の試験でも出題される(計算式の解説は割愛)。

1級建築士を目指す皆様は、「**あれ簡単だ**」と思わないで下さい。「**結露**」一つとっても**実務**になると一生を掛けても解決しきれない技術となる。上記計算は、時間を考慮しない一定温度による**定常計算**(1級建築士の試験は全て定常計算)での判断である。しかし、現実の世界では、外気温は常に変化し、室内湿度も常に変化(昼と夜とでは湿度は全て異なる)。また、外壁の計算をする場合、昼なら日射の影響も考慮しないと正しい外壁温度は計算できない(壁への蓄熱の影響や曇りの日もある)。つまり、時々刻々と変化する諸条件を踏まえ、その検討する部位(壁や床等)が結露するかどうかを計算しないと、現実結露するかどうかは判断できないとなる。このように時々刻々と変化する諸条件を加味しながら結露計算することを**非定常計算**と言う。

この**非定常計算**を行うには、コンピューターを活用した「**動的熱負荷計算HASP**(日本建築設備士協会)」を活用して、東京や札幌等の結露検討する地域の**標準気象データ**を用いて計算する。標準気象データは、地域ごとの気象(温度、湿度、日射量、雲量、風向、風速)が365日24時間の8,760データ(過去10年間の時間単位の平均値)として示されている。つまり、札幌の外壁における室内壁面の**非定常結露計算**をする場合、動的熱負荷計算HASPにより時々刻々変化する外気条件(標準気象データ)から求めた室内壁面の各時間ごとの温度を求め、それに対して時々刻々変化する室内湿度から求めた露点温度と比較することで、結露の可否判断ができる。

動的熱負荷計算HASPは、日射の壁内への時間的影響をレスポンスファクター法等により計算させているので、壁への日射の影響も加味されている。また、標準気象データでは、日射量、雲量、風向、風量も数値化されているので、外壁への外気条件は、ほぼ現実的なものとして予測計算できる(プログラムも全て公開されている)。つまり、非定常結露計算は、ほぼ現実的な予測計算ができると言える。ただし、これでも本来の現実世界の検討にはなっていない。なぜならば、結露検討する部位が壁や床の隅角部であれば、隅の方は中より熱が逃げやすい。更に、結露は水滴のことであることから、内壁面などの結露を判断する部分は、その材料の吸湿性や放湿性の影響が伴う。この考えを組込むには有限要素法等の3次元的な熱移動や、吸放湿理論を組込まないといけない。つまり、「**結露**」は一生を掛けても解決しきれない技術となる...という事をご理解頂ければ幸いです。