

## アスマン通風乾湿計の乾湿計公式について\*

小林 壽太郎\*\*

### 1. 序言

通風乾湿計は通風機能を装備した乾湿計をいい、乾湿計は気温と湿度を測る器械である。通常2個の同形同大の温度計を設置し、一方の感温部はガーゼなどの湿布で包まれ、水を随時補給しながら湿らせ、これを湿球とし、他方の感温部を乾球としている。

大気圧  $p$  の環境下で両者を同一の定常気流にさらすと、乾球は気温  $t$  (TK) を、湿球では水が蒸発して  $t_w$  (TWK) を示す。

E. F. August (1825) は、湿球面の蒸発で失う熱量と周囲より取得する熱量との収支平衡が孤立閉塞系内の等圧断熱過程で達成するとし、次の式を示した。

$$e_w - e = A_{AU} p (t - t_w) \quad (1)$$

ここで、 $e$  は空気の水蒸気圧、 $e_w$  は  $t_w$  (°C) の水の飽和蒸気圧である。この式を乾湿計公式といい、 $A_{AU}$  を乾湿計係数とし、次の式を示した。

$$A_{AU} = c_p / L \epsilon \quad (2)$$

ここで、 $c_p = (1.00567 + 6 \times 10^{-5} t_w)$  [J/gK] : 空気の定圧比熱、 $\epsilon = 0.62198$  : 水蒸気と標準空気との質量比、 $L = 2.501$  [J/g] : 0°C の水の気化熱である。更に、地表気象条件では、 $c_p$ ,  $L$  の両量とも温度係数を無視できるとし、下記の0°Cの  $A_{AU}$  の値を示し、乾湿計定数として取り扱った。

$$(A_{AU})_0 = 6.46 \times 10^{-4} \text{K}^{-1} \quad (3)$$

なお、乾湿計係数  $A$  の下付けの記号  $AU$  は、以後の記述においては、提案者、又は機関、或いは取扱い手法により乾湿計係数が相違するので、それぞれを示す略

字を用いて置き換え、提案された  $A$  の値の相違を示すこととする。

R. Assmann (1887) は、 $A_{AU}$  には気流や放射の影響が考慮されていないので疑問をもち、鉄塔観測から通風乾湿計を考案し、露点計、ひょう量式湿度計との比較試験を行った。その結果は A. Sprung (1888) により整理され、 $A_{AU}$  の代わりに所謂 Sprung の乾湿計係数が提示された。

$$A_s = 6.62 \times 10^{-4} \text{K}^{-1} \quad (4)$$

以後、アスマン通風乾湿計は湿度観測に不可欠となったが、1828~1965年の間に型の違いを含めて数多くの実験がなされた。その結果は、乾湿計係数値が  $6.23 \sim 12.8 \times 10^{-4} \text{K}^{-1}$  の間に離散していることを示した。このため、参照標準を必要とする機運が生じた。

WMO の CIMO (測器・観測法の委員会) では、参照標準器の必要性を痛感し、参照標準乾湿計 (Reference Psychrometer) の研究を1973年に R. G. Wylie に委託した。8年後に Wylie・Lalas (1981) は、CIMO に成果の報告をし、その果実は、WMO の参照標準機器として承認された。1986~1987年には、Assmann 通風乾湿計の国際比較観測が実施された。WMO (1989) は D. Sonntag に結果の整理を委嘱し、その成果を WMO/TD-N0.289 に纏めて示している。その後、更に内容の検討がなされ、WMO (1996) は、観測と測器の指針 (WMO-N0.8) の中で、Assmann 通風乾湿計の新乾湿計公式を示している。

Wylie の方式と Assmann の方式とでは、第1図に示すように、前者 (第1図 b) は円柱状の Pt-100Ω の温度計が気流を横断するように小型風筒内に設置され、後者 (第1図 a) の Assmann 方式は、第1図 a(i) で示されるように、通風筒内の吸引気流の流れに沿って温度計の一部の湿球感部が設置されている。

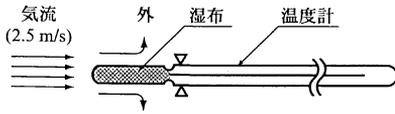
両者の気流に対する相対関係は相違しているので、

\* Psychrometric Formulae for the Aspirated Psychrometer.

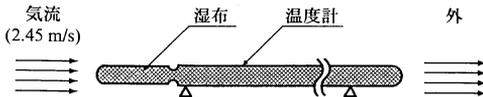
\*\* Jutaro Kobayashi.

© 2000 日本気象学会

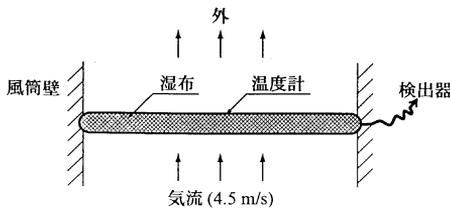
- (a). Assmann方式  
(i) 感温部が湿布被膜の場合



- (ii) 温度計が湿布完全被膜の場合



- (b). Wylie方式



第1図 通風筒内の気流と湿球温度計との相対関係。

当然、乾湿計係数は異なることになるが、相互の関係については言及されていない。

一方、わが国では、Assmannの原型の仕様と違っていても、殆んどどの機器がSprungの乾湿計係数を用いて、問題を複雑にしている。

幸いにも、1998年11月に計量法に基づく特定標準器による校正用機器が特定され…通商産業省告示第607号…国家標準器との比較校正に迎える切れ目のない校正系列(トレーサビリティ)が示され、機器の不確かさの根拠を明示すること、国内外の利用者の便益向上を図ることとなった。

たまたま、JIS B 7920(湿度計一試験方法)とJIS Z 8806(湿度一測定方法)の改定作業に参加の機会があり、校正内容の根拠を求めるために乾湿計係数の一貫性を見直すこととなった。その結果、WylieとSprungの両係数を、山本義一・山本孜両氏(1948)の実験結果が橋渡しの役を果たしていること、及びその結果としてWMOのAssmann通風乾湿計の新乾湿計公式の理論的根拠を示すことができた。

WylieとSprungの両係数の根拠が把握できたことから、機器種毎に校正し、乾湿計係数の値付けと不確かさの大きさを示すことが可能となった。

内容の子細は参考文献によるとし、ここでは、骨子を述べ、利用の向上に役立てばと願っている。

## 2. 乾湿計公式の原形とAugustの乾湿計公式との関係

式(1)の乾湿計公式の生い立ちを辿ると、湿潤空気の大熱学的湿球温度  $T_w (=273.15+t_w/^{\circ}\text{C})$  Kは、WMOの指針で定義されていて、整理すると、下記の式で示される。

$$\begin{aligned} X_w - X &= (c_{pa}/L_e)(t - t_w)(1 - X_w)(1 + \gamma X) \\ &\sim (c_p/L_e)(t - t_w)(1 - X_w)(1 + \gamma X) \\ &\sim A_{AU}(t - t_w)(1 - X_w)(1 + \gamma X) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 $X = e/p$ : 湿潤空気の水蒸気モル分率、 $X_w = e_w/p$ : 飽和湿潤空気の水蒸気モル分率、 $\gamma = (\epsilon c_{pv}/c_{pa}) - 1 = 0.150$ 、 $c_{pv} = 1.85894 + 0.0002t$  [J/(gK)]: 水蒸気の定圧比熱、 $c_{pa} = 1.00545 + 0.000033t$  [J/(gK)]: 乾燥空気の定圧比熱である。

通常の地上気象条件では、 $c_{pa}$ は、前項1で示した  $c_p$  にほぼ等しいとおくことができる。式(5)に示されるように乾湿計係数は、式(2)を用いて  $A_{AU}$  で示される。又、使用条件下では、実用上、 $1 + \gamma X \sim 1$  及び、 $(1 - X_w) \sim 1$  が許容され、式(5)は式(1)となる。

## 3. 地上気象観測条件下の乾湿計係数の一般形

Wylieは、熱の収支過程に周辺条件の関与を考慮して式(5)で  $1 + \gamma X \sim 1$  とし、 $A_{AU} \rightarrow (A_w)$ 、 $(1 - X_w) = F_x$  とおき、乾湿計公式として下記の式を示した。

$$X_w - X = (A_w) F_x (t - t_w) \quad (6)$$

ここで、 $(A_w) = h/kL_m$ 、 $h$ : 熱伝達係数、 $k$ : 蒸発に伴う水蒸気物質移動係数、 $L_m$ : 水のモル気化熱を示す。Wylieは、熱収支を境界層の理論・実験の成果に基づき、湿球への熱伝達量は温度差に比例し、その熱伝達係数を  $h$  とし、 $h$  には対流、放射収支、伝導が関与し、それぞれの伝達係数:  $h_c$ 、 $h_r$ 、 $h_a$  の合成と見做した。一方の水蒸気の蒸発・移動で損失する熱量は湿布と周辺との水蒸気圧差に比例し、蒸発し輸送される熱の移動係数は、蒸発に伴う気化熱  $L$  と物質の移動係数  $k$  の積とし、 $k$  には蒸発・移動の際の抵抗が関与し、それぞれの抵抗係数:  $1/k_a$ 、 $1/k_c$  の合成の逆数と見做した。即ち、 $h$ 、 $k$  を下記のように示した。

$$h = h_c [1 + (h_r + h_\lambda) / h_c]^{-1} \rightarrow h_c F_{\lambda r} \quad (7)$$

$$k = k_c [1 + (k_e / k_a)]^{-1} \rightarrow k_c F_a^{-1} \quad (8)$$

(1981) によれば、下記の値を示している。

$$A_{w0} = 5.864 \times 10^{-4} \quad (13)$$

ここでは、この値を基礎値とする。

Wylie は、 $\beta = (1 + 0.000796 t_w)$  を与えているが、D. Sonntag (1982) は、WMO の Smithsonian Meteorological Tables (1966) に沿って、 $0 \leq t_w \leq 30$  [°C] 条件下で下記の関係式を提示している。ここでは、これによることとする。

$$\beta = 1 + 0.000944 t_w \quad (14)$$

式 (6), (7), (8), 及び (12), (13), (14) より、

$$(A_w) = A_{w0} \beta F_{\lambda r} F_a \quad (15)$$

式 (15) は Wylie の取り扱った乾湿計係数の一般形を示す。熱伝導項を含まない本来の Wylie の乾湿計係数は、式 (7) で  $h_\lambda = 0$  とおき、 $F_{\lambda r} \rightarrow F_r$  とし、 $(A_w) \rightarrow A_w$  で示すと、下記の式 (16), (17) となる。

$$A_w = A_{w0} \beta F_r F_a \quad (16)$$

$$F_{\lambda r} \rightarrow F_r = 1 + (h_r / h_c) \quad (17)$$

#### 4. Wylie の乾湿計係数と山本義一・山本 孜の実験結果

Wylie の方式では、第 1 図 b が示すように、湿球は湿布で完全に覆われており、気流は温度センサに直角に当たっている。Assmann 方式では、第 1 図 a が示すように、感温部だけが湿布で覆われていて、気流は、温度計の軸に平行である。しかも、球の軸部は外部に露出 (図参照) しているため、感温部は伝導熱の影響をうける。

Wylie の方式と Assmann の方式とを関連づけるために、ここでは、式 (15) を基礎にして、先ず風向を、次に伝導熱の寄与を取り扱うこととする。

Wylie (1979) は、 $h_c$  を Stefan-Boltzmann の式を用い、湿球と周辺との放射熱平衡から温度差に比例した係数として、次式を与えている。即ち、

$$h_r = 4.622 f_v \epsilon_w (T_m / 273.15)^3 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (18)$$

ここで、 $f_v$ : 放射収支視野係数 = 0.947,  $\epsilon_w$ : 放射率 = 0.98,  $T_m$ : 平均温度 =  $(T + T_w) / 2$  K,

$h_r / h_c$  は、 $h_c$  を式 (9), (11) より求め、式 (18) を用いて求める。式 (17) の  $F_r$  は、次式で示される。

即ち、 $h$ ,  $k$  を  $h_c$ ,  $k_c$  と補正項  $F_{\lambda r}$ ,  $F_a^{-1}$  で示した。なお、Wylie は、式 (5) の  $F_\lambda$  を式 (7), (8) と同様に  $k_c$  の補正量として扱っているが、ここでは、計算上殆んど支障がないので、独立項として扱った。

$h$  及び  $k$  は、室内実験において、温度計を表面平滑な薄板と仮定し、これを静止気流中に動かし、その際の境界層内の熱伝達の実験結果を用いて導いた。

結果の整理には、流れの中にある物体の代表長  $d$ , 速度  $V$ , 空気密度  $\rho$ , 粘性率  $\mu$ , 熱伝導率  $\lambda$ , 拡散係数  $D$ , モル濃度  $c$ , などで定義される無次元量 [レイノルズ数:  $Re = (d \rho V / \mu)$ , ヌッセルト数:  $Nu = (h_c d / \lambda)$ , プラントル数:  $Pr = (c_p \mu / \lambda)$ , シャーウッド数:  $Sh = (h_c d / cD)$ , シュミット数:  $Sc = (\mu / D\rho)$ ] を扱い、且つ、熱伝達と蒸発の類似性から水蒸気移動にも熱伝達実験結果で得られた関係式が成立すると仮定し、更に既存の基礎実験結果の利用を図った。

$$h_c = (\lambda / d) (Nu) \rightarrow (\lambda / d) b (Re)^m (Pr)^n \quad (9)$$

$$k_c = (cD / d) (Sh) \rightarrow (cD / d) b (Re)^m (Sc)^n \quad (10)$$

$$(Pr / Sc) = (D / a), \quad b = 0.6641 \quad (11)$$

ここで、諸量の単位は、 $d$  [m],  $c$  [mol/m<sup>3</sup>],  $D$  [m<sup>2</sup>/s],  $c_{pm}$ : モル比熱 [J/molK],  $a$ : 温度拡散係数 [m<sup>2</sup>/s],  $\lambda = c_{pm} c a$  [W/mK], である。式 (9), (10) における  $m$  の値は、 $m = 0.461$  (実験値)、ここでは他の資料参照及び計算の便宜上  $m = 1/2$  とする。 $n$  については、A. Zukauskas (1972) が吟味した値の 0.63 を Wylie に倣い採用する。

$h/kL_m$  を求めるため、式 (9), (10), (11) より、

$$\begin{aligned} h_c / k_c L_m &= (\lambda / cD) (1 / L_m) (Pr / Sc)^n \\ &= (c_{pm} a / D) (1 / L_m) (D / a)^n \\ &= (c_{pm} / L_m) (a / D)^{1-n} \end{aligned} \quad (12)$$

右辺の第 1 項は式 (2) と等しく、温度範囲を  $0 \sim 30^\circ\text{C}$  とすると、 $c_{pm}$  はほぼ一定、 $L = L_0 / \beta$ , ( $L_0$  は  $0^\circ\text{C}$  の気化熱、 $\beta$ : 温度補正項)、とおいて式 (3) を用いれば、 $6.46 \times 10^{-4} \beta$  となる。又、右辺の第 2 項で  $n = 0.63$  とし、適用温度範囲内の温度各点 ( $0, 10, 20, 30^\circ\text{C}$ ) での値を算出し、平均値をとると、 $0.9076$  となり、式 (12) は、式 (2), (3) を用いると、 $6.46 \times 0.9076 \times 10^{-4} \times \beta = 5.863 \times 10^{-4} \times \beta$  [K<sup>-1</sup>] となる。 $(A_w)$  の基礎量を  $A_{w0}$  とすれば、式 (12) は  $A_{w0} \beta$  で示される。Wylie

$$F_r = 1 + 4.77 \times 10^{-8} T_m^3 (d/pV)^{1/2} \quad (19)$$

但し, Wylie は,  $p$  [hPa],  $d$  [mm],  $V$  [m/s] の単位で計算して数値を示しているのを, これを踏襲する.

式 (8) の  $k_a$  については, Wylie は Monchick・Reiss (1954) の成果に基づき, 下記の式を示している.

$$k_a = \{2\alpha c / (2 - \alpha)\} (R T_w / 2\pi M_w)^{1/2} \quad (20)$$

ここで,  $\alpha = 0.06$ : 蒸発係数,  $R$ : 気体定数,  $M_w$ : 水蒸気のもル質量である.

式 (10), (11) 及び (20) より, 式 (8) の  $F_a$  は,

$$F_a = 1 + 0.0209 (T_w V / pd)^{1/2} \quad (21)$$

気流に平行で湿布で完全被覆の湿球の  $A_w$  は, 式 (13), (14), (19), (21) 及び式 (16) で求められる.

Assmann 方式の乾湿計係数については, 山本義一・山本 孜両氏が, 温度計を湿布で全部被覆した完全湿球 (第 1 図 a (ii)) の場合と通常感温部のみを被覆した湿球 (第 1 図 a (i)) の場合について, 実験を行っている.

上記の Wylie の結果との関連は, 完全湿球の場合に相当し, Wylie の式の流れの向きを Assmann 方式の流れの向きに変え, 山本両氏の実験条件を入れて対比することになる.

周辺との放射条件は同じと仮定し, Sprung の乾湿計係数が成立しているとし, 正規化された山本両氏の完全湿球の実験結果を用いて検証することになる.

山本両氏の報文では, 実験の子細についての記述がないので, 多少推測することになるが, 実験条件は, 風速は 0~25 m/s の範囲, 大気圧は 1013 hPa, 気温は 10~30°C, 相対湿度は 60% の近傍とした.

なお, 山本両氏の扱った湿度基準値は, 通常感温部について, 2.5 m/s で式 (4) の Sprung の式が成立しているとしている. これを基準とし, 乾湿計係数の風速依存性, 及び, これを基準として完全湿球の場合との相違が吟味されている.

通常感温部のみ被覆の湿球の場合の結果としては,

$$A_s = 9.90 \times 10^{-4} (1 + 0.69 V^{1/2}) / (1 + 1.35 V^{1/2}) \quad (22)$$

を示している. 式 (22) は, 風速が  $V = 2.45$  m/s で, 式 (4) が成立しているのを,  $A_s \rightarrow A_s'$  とすると,

$$V = 2.45 \text{ m/s} : A_s' = 6.62 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1} \quad (23)$$

完全湿球の場合は, 式 (23) を根拠にして規格化している. したがって, この場合の乾湿計係数を  $A_{sp}$  とすると,

$$A_{sp} = 9.70 \times 10^{-4} (1 + 0.80 V^{1/2}) / (1 + 1.52 V^{1/2}) \quad (24)$$

$$V = 2.45 \text{ m/s} : A_{sp} = 6.46 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1} \quad (25)$$

完全湿球の場合, Wylie の式で, 実験条件を, 気温 20°C, 相対湿度 60%, 気圧 1013.25 hPa, 風速 2.45 m/s,  $d = 4$  mm とすると, 式 (19), (21) は,

$$F_r = 1 + 0.0471, F_a = 1 + 0.009 \quad (26)$$

ここで, 式 (25) と比較するためには, 湿球と気流の向き関係を直角→平行にする取り扱いが必要となる. 即ち, 代表長  $d$  の直径約 4 mm から流線に沿った湿球の感温部の代表長約 17.5 mm に変更する. 但し, 周辺との放射収支の条件には差異がないとする. 乾湿計係数  $A_w'$  は, 式 (13) の  $A_{w0}$ , 式 (14) の  $\beta$ , 及び式 (26) の補正項に代表長の補正を加味した下記の補正項を用いて求められる.

$$F_r' = 1 + 0.0471 \times (17.5/4)^{1/2} = 1.099 \quad (27)$$

$$F_a' = 1 + 0.009 \times (4/17.5)^{1/2} = 1.004 \quad (28)$$

$$F_x = 1 - (17.17/1013.25) = 0.983 \quad (29)$$

$$\beta = 1 + 0.000944 \times 15.2 = 1.014 \quad (30)$$

$$A_w' = A_{w0} \beta F_r' F_a' F_x = 6.45 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1} \quad (31)$$

式 (31) の示す値は, 式 (25) とほぼ一致している.

次に, 感温部が一部被覆の場合には, 感温部は温度計の軸部からの伝導熱を受けている. 山本両氏は, この量を式 (22) と (24) の風速 0 m/s の場合の乾湿計係数の推定値の差としている. 風速 0 m/s の乾湿計係数の値は検証されていないので, むしろ,  $V = 2.45$  m/s の同一条件での乾湿計係数の差として取り扱うのが妥当と判断される.

Wylie の式で,  $V = 2.45$  m/s の場合の  $A_w'$  を  $h_a/h_c$  を考慮にいたれた乾湿計係数  $A_w''$  に直すと, ( $A_w'' - A_w'$ ) の差は, 伝導による寄与となる. 式 (25) と式 (31) との一致より,  $A_w'$  の  $F_r'$  を  $F_{r'}$  に拡張すると, 式 (27) を用いて次式が求められる.

$$F_{r'} = 1.099 + (h_a/h_c) \quad (32)$$

Assmann 通風乾湿計の  $V = 2.45$  m/s 条件下の乾湿計係数の差は, 山本両氏の実験では  $(6.62 - 6.46) \times 10^{-4}$  に対し, Wylie の方式では, 式 (31) に基づく  $h_a/h_c$

の寄与量は、式(27~30)より、 $5.864 \times 10^{-4} \times 1.014 \times (h_\lambda/h_c) \times 1.004 \times 0.983$ となる。即ち、 $(6.62-6.46) \times 10^{-4} = 5.868 \times 10^{-4} \times (h_\lambda/h_c)$ の関係より、 $h_\lambda/h_c$ は、次の値となる。

$$h_\lambda/h_c = 0.027 \quad (33)$$

軸に平行な流れのWylieの式は、気流が垂直の場合の本来の式で $F_r \rightarrow F_r'$ に、 $F_{\lambda r} = F_r' + 0.027$ 、 $F_a \rightarrow F_a'$ に、 $A_w \rightarrow A_{wA}$ にして示すと、

$$A_{wA} = 5.864 \times 10^{-4} \times \beta F_{\lambda r}' F_a' F_x \quad (34)$$

式(34)は、Assmann通風乾湿計の乾湿計公式とWylieの式との繋がりを示したものと見えよう。

後述のWMOの観測と測器の指針(1996)によると、前述の国際比較観測の結果を参照して、約3m/sの通風風速条件下の乾湿計係数は、

$$A_{WMO} = 6.53 \times 10^{-4} (1 + 0.000944 t_w) K^{-1} \quad (35)$$

で示され、上記の計算と同じ条件では、 $6.62 \times 10^{-4} K^{-1}$ のSprungの係数と等しい値を示している。

山本両氏は、Assmann通風乾湿計の乾湿計係数の風速の依存性を式(22)で示している。式(34)につき、放射の条件は一定とし、 $F_{\lambda r}'$ を $\{1 + (0.197/\sqrt{V})\}$ の形に書き改めて、 $\beta F_a' F_x = 1.001$ と整理し、風速は $0.5 \leq V [m/s] \leq 4.0$ の範囲とし、式(22)の値を基準とし選定各風速毎に比較すると、差は $\pm 1\%$ 以内で、実用上差支えがないと判断される。

### 5. Assmann 通風乾湿計に対する WMO の乾湿計係数

WMOの示す式(35)をみると、水の気化熱の温度係数 $\beta$ のみを考慮し、飽和水蒸気関わる $F_x$ を1とし、気温 $0^\circ C$ 、相対湿度100%の条件で乾湿計係数の値が求められたと判断される。式(34)の $A_{wA}$ をこの条件で算出すると、 $5.864 \times 10^{-4} \times (1 + 0.0804 + 0.027) \times 1.004 = 6.52 \times 10^{-4} K^{-1}$ となる。比は、 $6.53/6.52 = 1.002$ となり、相違は0.2%である。Wylieの取扱いの拡張が可能であることを示していると判断される。

### 6. 結び

WMOが式(35)では $F_x = 1$ とし、 $F_{\lambda r}' F_a'$ を温度 $0^\circ C$ の値に固定した取扱いをしている点、一方、Wylieの取扱いの細部では、例えば、Visscher・Schurer(1998)が通風筒内の気流の実態は乱流と層流の混合で

あると指摘していて、Wylieによる層流の扱いと相違している点など、問題が残されている。しかし、大筋で通風乾湿計の式は、Wylieの研究成果を基礎とし、AssmannとWylieの方式の基本的差異は、主として、風向と伝導熱の取扱いに起因していると判断される。

この結論は、山本義一・山本 孜両氏が、終戦後の荒蕪した世相の中で、陸軍気象部から引き継いだ風洞(旧気象研究所中野分室)で実施したAssmann通風乾湿計の乾湿計係数の実験結果に大いに依存していて、成果は、Wylie, Sprung, WMOの3つの乾湿計公式を繋ぐ貴重な役割りを果たしていたのである。乾湿計係数の内容を理解する上で、「目から鱗を落とす」謎解きの鍵となっているとも言ってよいであろう。

実用上は、使用されている機器がAssmannの原型と異なっていて、放射や熱伝導の影響の仕方が異なってくるが、WMOの新乾湿計係数では、前述したように、放射、伝導、風速などの影響を固定しているので、適用が問題となる。

JISの改正では、特定標準器を基礎とし、不確かさを確かめる系列化された道筋に立って計測の不確かさを確かめることとしている。したがって、校正の際には先ずWMOの新乾湿計公式で是非が判断されよう。次いで、特定した条件下で、乾湿計係数の校正値とその不確かさが示されることになろう。

WMOの新公式の乾湿計係数値との差が大きい場合には、不確かさの素因は、Wylieの式を拠り所として吟味されて、改善の方途が検討されることになろう。

### 7. 謝辞

稿を閉じるに当り、内容につき数多くの助言を下された編集委員の方々に感謝申し上げます。この機会にあたり、山本義一・山本 孜両氏の慧眼と成果に敬意を表し、併せて会員各位の御意見・御批判を拜聴し、次回のJIS改正に反映させたい所存であります。

### 参 考 文 献

August, E. F., 1825 : Über die Verdunstungskälte und deren Anwendung auf die Hygrometrie, Ann. d. Physik Chem. Poggendorf, 5, 69. 335.  
 Assmann R., 1887 : Das Aspirations-Psychrometer, ein neuer Apparat zur Ermittlung der wahren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, Das Wetter, 4, 245-286.  
 Monchick, L. and H. Reiss, 1954 : J. Chem. Phys. 22.

- 831.
- Sonntag, D., 1982 : Formeln verschiedenen Genauigkeitsgrades zur Berechnung des Sättigungsdampfdruckes über Wasser und über Eis und ihre Anwendung auf einige praktische Feuchtemeßaufgaben, Nr. 129, Met. Dienst Berlin DDR, 46.
- Sprung, A., 1888 : Über die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des Assmannschen Aspirationometers, Z. angew. Met., Das Wetter, 5. 105-108.
- Visscher, G. J. W. and K. Schurer 1998 : The Psychrometer Coefficient (calculation versus calibration), Papers and Abstracts from the 3rd Int. Symposium Humidity and Moisture, 1, NPL UK, 231-245.
- WMO, 1966 : International Meteorological Tables, WMO Publ. No. 188, TP. 94, Geneva, Tab. 4.1.
- WMO, 1989 : WMO Assmann Psychrometer Inter-comparison (D. Sonntag). Instruments and Observing Methods Report N0.34, WMO/TD-No. 289, Geneva, 1-177.
- WMO, 1996 : Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8, VI, Geneva, I. 4.1-I. 4.25.
- Wylie, R. G., 1979 : Psychrometric Wet Element as a Basic for Precise Physico-Chemical Measurements, J. Res. Nat. Bur. Stand. (US), 84, 2, 161-177.
- Wylie, R. G. and T. Lalas, 1981 : The WMO Reference Hygrometer. CSIRO, Austr., 1-47.
- 山本義一, 山本 孜, 1948 : 乾湿計常数に及ぼす風速の影響, 気象集誌, 2nd Ser., 26, 特別号, 54-58.
- Zukauskas, A., 1972 : Advances in heat transfer, Academic Press, 8, 93.



## 国際シンポジウム「宇宙から見た地球環境—21世紀の地球観測を目指して」 開催のお知らせ

人工衛星から観測した地球環境, 宇宙からの地球観測計画等につきまして下記の通り国際シンポジウム(通訳付き, 参加費無料)を開催致します。興味をお持ちの方はぜひご参加ください。

**題 目** : 国際シンポジウム「宇宙から見た地球環境—21世紀の地球観測を目指して」

**日 時** : 2000年12月1日 (金)

**会 場** : 大阪府立大学 学術交流会館多目的ホール  
大阪府堺市学園町1-1  
JR 大阪駅より地下鉄御堂筋線なかもず駅下車5号出口すぐ左折徒歩15分  
南海高野線白さぎ駅下車徒歩10分, <http://www.osakafu-u.ac.jp/fudai/info1.html>

**主 旨** : 21世紀を目指して我が国の宇宙開発事業団, 郵政省通信総合研究所ならびに米国 NASA

が計画している様々な宇宙からの地球観測計画や, 国際協力により実現した ADEOS, TRMM 衛星等による地球環境の観測結果を照会し, 同分野の今後の研究と教育の発展に寄与する。

**主 催** : 大阪府立大学大学院工学研究科, 宇宙開発事業団, 郵政省通信総合研究所, NASA (アメリカ航空宇宙局)

**後 援** : 東京大学気候システム研究センター, (財)リモートセンシング技術センター (RESTEC)

**参加費** : 無料

**問い合わせ先** : 岡本謙一, 大阪府立大学大学院工学研究科航空宇宙工学分野

電話/Fax : 0722-54-9241

e-mail : [okamoto@aero.osakafu-u.ac.jp](mailto:okamoto@aero.osakafu-u.ac.jp)