

濕度測定法

旅順工科大学教授・工学博士

木谷要一 著

〔基礎工學實驗〕

共立出版株式會社

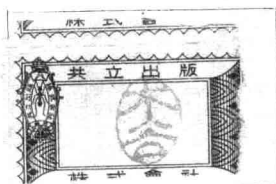
著者 大正 10 年 東北帝國大學理學部卒業
 略歴 大正 12 年 東京帝國大學助教授
 昭和 10 年 旅順工科大學教授現在ニ至ル
 昭和 7 年 工學博士・昭和 11 年 ドイツ留學

湿度測定法

定價 ㊦ ¥ 3.00
 特別行爲稅
 相當額 ¥ .13
 合計 ¥ 3.13

(初版 2000 部)

(出版會承認い 300517 號)



昭和19年 1 月 31 日 印刷
 昭和19年 2 月 8 日 發行

著者 キ タニ エウ イチ
 木 谷 要 一

代表者
 發行者 南 條 初 五 郎
 東京都神田區駿河臺三丁目九番地

(東東 4 4)
 印刷者 大 島 俊 治
 東京都 神田區神保町一ノ七

印刷所 大 島 印 刷 所
 東京都 神田區神保町三ノ七

製本所 青 木 製 本 所

發行所 東京都神田區駿河臺三丁目九番地
 振替東京 46074 電話神田 (25) 1518・2621
 日本出版會會員番號 107524

共立出版株式會社

(規格 A5 版)

配給元・日本出版配給株式會社
 東京都神田區淡路町二丁目九

序

濕氣のために事々に悩まされてゐながらも「濕度」が日常の話題に上ることは極く稀である。恐らく理工學方面か又は特殊の必要者以外の人、この問題に無關心であるらしい。しかし吾々の身體や、又その周圍の事象が濕度の影響を受けてゐることは事實である。氣象學又は衛生工學では迅くよりこの研究が行きとどいてゐるのであるから、今後なるべく機會のあるごとに啓蒙して頂き度いものである。

本書は著者の手許に集め得た僅かの内外文獻を基礎にして著したものであつて、もとより視界の狭い非難は免れない。しかし「濕度測定法」として纏つた邦書が皆無であつた從來から、一歩踏み出した努力は認めて下さるものと思ふ。而して幸に本書が、理工學や科學の研究にたづさはれる一般讀者の參考とも成るならば、著者の喜びこれに過ぐるものはない。

本書を著はすに當つて、嘗ては工學博士佐々木六郎氏より、又最近ではに旅順工科大学新津教授より種々文獻を貸與されたことに對し、深く感謝の意を表す。

昭和 17 年 7 月

旅順に於て 著 者

本社刊行書一斑

眞島 正市編	應 用 物 理 實 驗 法	¥ 5.00
同	電 氣 物 理 實 驗 法	¥ 6.50
平山 清次著	一 般 天 文 學 (改訂版)	¥ 4.00
山田幸五郎著	幾 何 光 學	¥ 5.50
友近 晋著	流 體 力 學	¥ 5.00
栗原嘉名芽著	音 響 學 序 說	¥ 3.80
近藤厚實 村上一郎共著	理論 電 子 光 學	¥ 7.50
桑田正治	應用	
佐々木達治郎著	彈 性 學	¥ 1.20
同	航 空 物 理 學 (改訂版)	¥ 3.00
糸川 英夫著	航 空 力 學 の 基 礎 と 應 用	¥ 3.00
山田幸五郎著	光 學 機 械 論	¥ 2.50
平田 文夫著	物 理 化 學 大 要	¥ 1.20
野澤 典美著	生物學 應 用 電 氣 學	¥ 5.00
	醫學用	
箕作 新六著	物 理 化 學 實 驗 法	改 訂 中

目 次

第 1 章 濕 度	1
1. 緒 言	1
2. 濕 度	1
3. 濕 度 の 測 定	3
第 2 章 水分吸収法	5
4. 水 分 の 吸 收	5
5. 秤 量 法	6
(1) Shaw の装置	8
(2) Tyandall の吸収容器	9
6. 容 積 測 定 法	9
(1) 吸 收 容 器	10
(2) Schwachhofer の吸収装置	11
(3) 定容積の方法	13
(4) Edelman の吸収容器	14
第 3 章 露點濕度計	15
7. 露 點	15
8. 高溫瓦斯濕度計	16
9. 實驗室用露點濕度計	18
(1) 改 良 型	20
(2) Crova の濕度計	20
(3) Lambrecht 式濕度計	21

(4) Nippoldt 式濕度計	22
10. 工業用露點濕度計	23
(1) 壁 掛 型	23
(2) 携 帶 用	24
(3) 遠隔測定型	24
(4) 電氣抵抗式露點濕度計	25
(5) Bongards の濕度計	26
(6) 實 用 圖 表	27
11. 露 の 分 量	27
第 4 章 乾濕球濕度計	30
12. 乾濕球濕度計の理論	30
13. 濕球附近の空氣流の影響	36
14. 氷點以下の場合	45
15. 乾濕球濕度計の圖表	48
16. 乾濕球濕度計	51
(1) Assmann の送風濕度計	51
(2) 管形濕度計	53
(3) 自記濕度計	53
17. 電氣式乾濕度計	54
(1) 遠隔指示式	54
(2) 氷點以下に使用するもの	56
第 5 章 毛髮濕度計	57
18. 濕度による毛髮の伸縮性	57
19. 毛 髮 濕 度 計	62

(1) 單絲型の濕度計	62
(2) Lambrecht の Polymeter	64
(3) 自記濕度計	64
(4) 理研型濕度計	65
(5) 遠隔測定	66
20. 纖維質の吸濕性	67
第 6 章 吸濕による熱發生	70
21. 熱の發生	70
22. 測定裝置	71
(1) 熱電對を用ひる方法	71
(2) 抵抗寒暖計を用ひる方法	73
第 7 章 吸濕による電氣抵抗の變化	77
23. 電氣抵抗の變化	77
24. イオン化に對する濕度の影響	79
第 8 章 吸濕による屈折率の變化	81
25. グリセリンの吸濕性	81
第 9 章 熱線濕度計	85
26. 瓦斯の熱傳導率	85
27. 瓦斯の熱傳導率の熱線式測定法	85
第 10 章 電橋を應用した直示濕度計	91
28. 等濕比	91
29. 等濕比による濕度直示法	93
30. 直示濕度計の別種	97
(1) Siemens & Halske A. G. の裝置	97

(2) Leed & Northrup 湿度自記装置	98
(3) Cambridge Instrument 社の湿度計	100
第 11 章 湿度に関する實用式及び表	101
31. 工業瓦斯中の湿度	10
32. 湿り空氣の密度	103
第 12 章 快感湿度及び溫度	105
33. 有效溫度	105
第 13 章 恒 湿 装 置	109
34. 恒 湿 槽	109
35. 湿度計の檢定装置	110
36. 自動湿度調整法	113
(1) 理研式恒温恒濕器	113
(2) 熱電式調節法	115
37. 室内湿度の調節	117
第 14 章 大氣中の湿度	120
38. 湿度の變化と分布	120
39. 水面よりの蒸發度	122
(1) 管中より靜穩大氣中への蒸發	122
(2) 圓盆狀の水面より靜穩なる大氣中への蒸發	123
(3) 定常なる水平微風のときの蒸發	125
附 表	
索 引	

第 1 章 濕 度

1. 緒 言

木材の乾燥、織物の保存、果物穀類の貯藏、又は食料品の冷凍など吾人の日常生活に直接の関係あるものでは湿度の影響は如何にしてもこれを看過することは出来ない。又能率増進の上より見れば人體に及ぼす湿度の影響も亦再考しなければならぬ重要なものゝ一つである。湿度は温度と相關聯して有機體に著しい影響を及ぼすものであるから理想的の産業施設に於てはその正確なる指示法を講ずると同時に完全なる調節法を考究しなければならぬ。由來温度の測定及び調節法は充分に考究され、又よく實施されてゐるにも拘らず、湿度の方は氣象學者によつてのみ取扱はれて、工業方面には聊か疎んぜられてゐた觀があつた。これは一般の重要工業に對しては、温度の方は常に直接の關係を有してゐるに反し、湿度の影響は第二次的であつた結果であらうと思はれる。しかし今後益々生産の速度化に向つて進展する各工業に於ては必ずや湿度の甚大なる影響に遭遇するものがあると思はれる。製絲並びに製紙工業にては勿論であるが化學工業、電機又は計器工業等に於ても殊更そうである。

2. 濕 度

湿度は大氣中に水分が水蒸氣となつて潜在的に保有されてゐる度合を表はす。容積 1 m^3 の大氣中に含まれてゐる水分の質量 g を以て絶対湿度と稱し、こゝではこれを D を以て表はす。而して大氣が水蒸氣で飽和されたときの水分を D_m とし、 $\frac{D}{D_m}$ を關係湿度、又 $\frac{D}{D_m} \times 100 = R$ を百分率湿度

といふ、以上のことは水蒸氣とは化學的作用を起さない他の如何なる氣體中に水蒸氣が存在する場合でも同様に思考して差支がない。今大氣壓を B (mm Hg) とし、この内乾いた空氣の分壓を p (mmHg), 又水蒸氣の分壓を e (mmHg) とすれば、水蒸氣がそれと同溫同壓の乾いた空氣に對する比重は $\sigma=0.622$ であり、溫度 0°C 、壓力 760 mm のもとに於ける乾いた空氣の密度は $\rho_0=0.001293 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ であるから、 $\theta(^{\circ}\text{C})$ に於ては

$$\begin{aligned} D &= 10^6 \times 0.622 \times \frac{0.001293}{1 + \frac{1}{273} \theta} \cdot \frac{e}{760} \\ &= \frac{1.058 \cdot e}{1 + 0.00367 \theta} \end{aligned} \quad (2, 1)$$

である。故に同溫のもとに於ける水蒸氣の飽和壓を e_m とすれば

$$D_m = \frac{1.058 \cdot e_m}{1 + 0.00367 \theta} \quad (2, 2)$$

であるから百分率濕度は $R = \frac{e}{e_m} \times 100$ とも表はすことが出来る。飽和壓 e_m は或る溫度に於て氣體中に存在し得る最大の水蒸氣壓を意味する。この値は氣體の分壓 p からは著しい影響を蒙らない。 θ とそれに對する e_m との関係は Regnault によつて始めて實驗された、その後 L. Holborn, K. Scheel, F. Henning 等の人々によつて作成された表¹⁾は本書の末尾に掲げてある。この表は Thiesen によつて作成された實驗式より計算したものである。理論的取扱ひに際しては Magnus の實驗式

$$e_m = 4.525 \times 10^{\frac{7.4475 \cdot \theta}{-294.67 + \theta}} \text{ (mmHg)} \quad (2, 3)$$

を用ひることがある。

0°C 以下に於ては、水蒸氣壓は水と平衡状態にあるものと氷と平衡状態に

¹⁾ Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chemische Tabellen, 5 Aufl., II, 1314.

あるものとの2種類ある。その飽和壓は常に後者の方が前者よりも小さいことは理論的にも證明されてある、末尾の表中にはこの2種類の値を夫々掲げてある。而して氷上の飽和蒸氣壓は

$$\log \frac{e_m}{4.5813} = 9.78 \frac{\theta}{T} \quad (2, 4)$$

より計算したもの、又水上の飽和蒸氣壓は

$$\log \frac{e_m}{4.5813} = \frac{\theta}{T} (8.628 - 0.00394\theta - 0.000002\theta^2) \quad (2, 5)$$

より計算したものである。

濕度 D を保有する乾いた空氣 1 m^3 の質量を $M(\text{g})$ としたとき $\frac{D}{M} = q$ を濕度の混合比といひ

$$q = 0.622 \cdot \frac{e}{B - e} \quad (2, 6)$$

又濕つた空氣の 1 m^3 の質量を $M'(\text{g})$ としたとき、 $\frac{D}{M'} = r$ を濕度比といひ

$$r = 0.622 \frac{e}{B - (1 - 0.622)e} \quad (2, 7)$$

である。これ等は共に近値計算のときは

$$q = r = \frac{5}{8} \frac{e}{B} \quad (2, 8)$$

としてもよい。

3. 濕 度 の 測 定

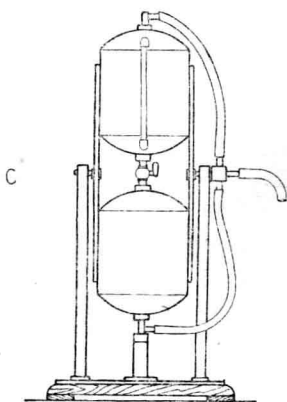
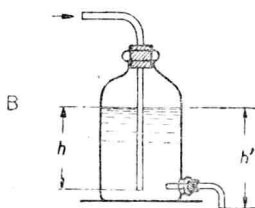
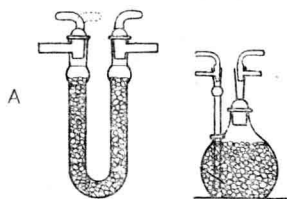
濕度の測定には大氣の濕度の變化によつて生ずる物理的の現象を利用するのが最も簡單で而も實用化し易い。例へば毛髮の濕度による伸縮、濕氣によりて綿絲の電氣抵抗の變化、又はグリセリンが水分を吸収してその屈折率が

變化する如きである。濕度とそれ等の間の關係を一度檢定しておけば、その後は簡単に濕度を測定し得る。殊に毛髪の場合には何等補助の測定器械を必要としないから、携帯用の濕度計として最も便宜な形を製作することが出来る。しかし前2例に就て見るに、共にその變化の機構は複雑なものがあつて個々の毛髪又は個々の綿絲に就ては常にその測定常數が異なるのが普通である。故に一般に標準の濕度計としては使用し難い。これに反し大氣中の水分を化合物に吸収せしめて定量する方法は迂遠ではあるが正確なる値を得る利點がある。上記の如く物質の吸濕性を利用する方法以外に露點濕度計と乾濕球濕度計とがある。共に水蒸氣の純粹なる熱力學的現象を利用し他の物質には何等の關係なしに測定し得る所に特徴がある。前式(2, 1)に於て大氣の溫度 θ が下降すれば不飽和の状態より飽和の状態に近づき、而して丁度飽和したときの溫度 θ_d がこの大氣に對する露點である。露點濕度計はこの θ_d を測定する裝置である。乾濕球濕度計は寒暖計の濕球より蒸發する水蒸氣が蒸發に際して寒暖計球より熱を奪ふために起る溫度の下降を測定する裝置である。何れにしてもその現象は相當に細密なものであるだけにその測定には充分の正確さを必要とする。

第 2 章 水分吸収法

4. 水分の吸収

濕度を測定せんとする空氣を一定容積だけ採取し、その内に含まれてゐる水蒸氣を五酸化磷 (P_2O_5)、鹽化カルシウム ($CaCl_2$)、又は濃硫酸 (H_2SO_4) の如き吸濕性の化合物に吸収せしめ、水分の全質量を測定して以て濕度を測定する方法がある。これは最初 Brunner (1480) が試みたものと傳へられてゐるが、この方法は直接法であるから他の如何なる方法よりも正確なものと考へられ、今に至るまで標準法として採用されてゐる。化合物を入れる容器は硝子製で第 1, A 圖の如く U 型をなし兩端には開閉栓を設けて隨時濕空氣を送入し得る様になつてゐる。求める空氣を外部より吸入するには普通第 1, B 圖の如き簡單なるアスピレーターを使用する。即ち容積 數 l.t. の硝子壺に水を滿たし、水面の位置を測定したる後、下方の栓より水を靜かに流出せしめるときは上方の硝子管はおのづから空氣を吸入する。この裝置を前記の容器に結合すれば、測らうとする空氣を左方より吸入することが出来る。この際吸入し



第 1 圖

た空氣の容積は硝子壺内の水面の下降より見出せばよい。

5. 秤 量 法

溫度 θ のときの大氣壓を B とし、乾燥容器を通過した測定さるべき空氣中の水蒸氣の分壓を e とすれば、 $p=B-e$ は乾いた空氣の分壓である。容器で水分を除き去られた空氣はアスピレーターの上の硝子管より吸入され、水を一度潜つた後氣泡となつて水面に集る。このためにアスピレーター中の空氣は水蒸氣で飽和され飽和壓 e_m となる。然るに空氣の全壓は依然として B であるとすれば、この空氣中に於ける乾いた空氣の分壓 p_1 は $p_1+e_m=B$ より計算することが出来る。今 V を吸入した空氣の容積、 V_1 を水面の下降より測定したアスピレーター中の空氣の容積とすれば

$$\frac{V}{V_1} = \frac{p_1}{p}$$

なる關係がある。こゝへ $p=B-e$ 、 $p_1=B-e_m$ を代入すれば

$$V = \frac{B-e_m}{B-e} V_1 \quad (5, 1)$$

今秤量により V (m^3) の中に m_1 (g) の水蒸氣があつたとし、又同じ容積中には飽和の状態に於ては $D_m V$ (g) の水蒸氣があるとすれば、(2, 1) 及び (2, 2) によつて

$$\frac{e}{e_m} = \frac{m_1}{D_m V} \quad (5, 2)$$

(5, 1) と (5, 2) より

$$e = \frac{e_m m_1 (B-e)}{(B-e_m) D_m V_1}$$

或は

$$e = \frac{B e_m m_1}{e_m m_1 + (B-e_m) D_m V_1} \quad (5, 3)$$

この e の式 (5, 3) 中に於て e_m 及び D_m は温度 θ に對する飽和壓及び飽和絶対濕度であるから表よりこれを求めることを得、 B は氣壓計より、 V_1 はアスピレーターの水面上昇より求め得るものである。又乾燥容器を實驗前に豫め正確に秤量しておき、これと化合物(主に五酸化磷を用ふ)に水分を吸収せしめた後に於ける秤量との差より m_1 の正確なる値を測定することが出来る。これ等の値を用ひて e の數値を求め、これを式 (5, 1) に代入すれば V の正確な値を得る。故に求める空氣の絶対濕度は

$$D = \frac{m_1}{V} \quad (5, 4)$$

である。又百分率關係濕度は (5, 3) を用ひて

$$R = \frac{e}{e_m} \times 100 \quad (5, 5)$$

である。

しかし更に正確なる値を求めるには、測定裝置の長い經路のために空氣の溫度はアスピレーターに至るまでに變化し θ より θ_2 になつてゐることを考へなければならぬ。従つて容積も亦 V_1 は V_2 に、又飽和壓 e_m は e_{m_2} になつてゐる。同じ全壓力のもとではこれ等の間には

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + \theta}{273 + \theta_2} = \frac{T}{T_2}$$

なる關係があるから、(5, 3) には次の如き補正を要する。

$$e = \frac{Be_m m_1}{e_m m_1 + (B - e_{m_2}) D_m V_1 \frac{T}{T_2}} \quad (5, 6)$$

例へば、大氣壓 $B=750$ mm, 室内溫度 $\theta=20^\circ\text{C}$

アスピレーター (水温 15°C) 内の吸入容積 $V_1=0.005$ m³

秤量より求めた水分 $m_1=0.05$ g

なれば

$$e_m = 17.54 \text{ mm (20°C)}, \quad e_{m2} = 12.79 \text{ mm (15°C)} \dots\dots \text{B 表より}$$

$$D_m = 17.32 \text{ g (20°C)} \dots\dots \text{C 表より}$$

絶対湿度の大體の値は

$$D = \frac{0.05}{0.005} = 10.0 \text{ g/m}^3$$

又正確の値は式 (5, 6) より

$$e = \frac{750 \times 17.54 \times 0.05}{17.54 \times 0.05 + (750 - 12.79) \times 0.005 \times \frac{292}{288} \times 17.32}$$

$$= 9.99 \text{ mm}$$

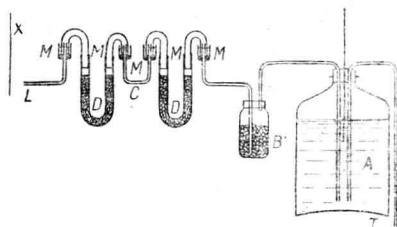
であるから

$$D = \frac{e D_m}{e_m} = \frac{9.99 \times 17.32}{17.54} = 9.87 \text{ g/m}^3$$

である。

(1) Shaw の装置

第 2 圖に於て T はサイフォンであつて隨時ピンチコックを開閉して水を流出し得る。A はアスピレーターであつて、これと乾燥容器 D との間は硝子管にて接続し途中に鹽化カルシウムを入れた罎 B を挿入してある。これは A より水蒸氣が逆行するのを防ぐためである。



第 2 圖

乾燥容器 D は前後に 2 個裝置し水分の吸収を完全ならしめる。これ等の間の接続硝子管は水銀壺 M の底より上方に向つて開口し、水銀を仲介として D の U 型管の兩端の開口と接続される。故に實驗前後の秤量の場合には極