



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	真空中の水の蒸発速度について
Author(s)	吉田, 順五; 中山, 久子
Citation	低温科学, 2, 159-167
Issue Date	1949-10-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17412
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p159-167.pdf



真空中の水の蒸發速度について*

吉田 順五, 中山 久子

1. 緒 言

表題の「真空中」は空氣が存在しないと云う意味である。即ち、水と接觸している氣體が水蒸氣だけで、空氣は存在しない場合の蒸發速度についての實驗報告である。

壓力 p cm Ag, 溫度 θ_g °K の水蒸氣が水に接していると、1 sec に水面 1 cm^2 に

$$v_i = 0.1821 \times \frac{p}{\sqrt{\theta_g}} \text{ gr/sec cm}^2 \quad (1)$$

の水蒸氣分子が衝突する。これは氣體分子論から理論的に求められる結果である。一方、水の表面からは絶えず水蒸氣分子が飛び出している。その質量を、水面 1 cm^2 、時間 1 sec についてとつたものを v_e gr/sec cm^2 とする。 v_e は外から水面に衝突する水蒸氣の多寡に拘らず、即ち v_i が如何なる値をとつても、一定の値を持つと一應考えられる。しかるときは、水面に接觸する水蒸氣を全く取除いて、 v_i を 0 にしたときの蒸發速度 v_0 を測定すれば、それが v_e となる。

蒸發速度は、水面 1 cm^2 、時間 1 sec について、水面から逸散する分子の量 v_e と、外から水面へ入つて来る分子の量との差に等しい。そして、水蒸氣の壓力 p が飽和壓力 p_s に等しいとき、この差は 0 となり蒸發速度は 0 となる。扱、(1) 式の p に p_s を入れた値を v_{is} とすると、 v_{is} は v_e 即ち v_0 に比較して著しく大きい。 v_0 の測定は、實驗上困難な點が多く、正確な値は望み得ないが、Alty がともかくも測定した。それによると v_0 は v_{is} の $1/30$ ぐらいにすぎない。それで、外から水面に衝突する分子 v_{is} のうち、水面内に入つて凝結するのはその一部分 αv_{is} ($\alpha < 1$) で、残りは水面で反射するものと考えた。即ち $v_e = v_0 = \alpha v_{is}$ とするのである。かく考えれば、 $p = p_s$ に於て蒸發速度は 0 となる。この α を凝結係數と云ふ。 α も、 v_e と同様 v_i に無關係に一定であるとすれば、任意の値の蒸氣壓力 $p (< p_s)$ に於ける蒸發速度 は

$$v = v_e - \alpha v_i \quad (2)$$

となる。 v_e 、 α は v_i には無關係と考えて來たが、溫度によつては變化するものと考えられる。

Alty の測定によると、 α は溫度が低くなるほど大きくなる。

併し、Langmuir⁽²⁾ は、理論的立場から固體の昇華に於て α は常に 1 に等しいと主張している。

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 41 號。

** 低溫科學研究所。

(1) Alty: Proc. Roy. Soc. London (A), 131 (1931) 555; 49 (1935) 104.

(2) I. Langmuir: Phys. Rev., 8 (1926) 149.

また、 v_e , α が v_i に無関係に一定でなければならない理由もない。

蒸発速度測定に於ての一つの困難は、蒸発熱のため水面の温度及びそれに接する水蒸気の温度が下がるが、その温度降下が水面附近の極めて狭い範囲に限られるため、正確にその温度を測定し得ないことである。しかも、 α , v_e に影響するのはこの温度である。併し、この表面温度降下も蒸発速度が小さくなれば小さくなり、 v が 0 になれば現われない。したがつて、水面から離れた點の水温 θ を測つて、それを水面の温度とすることが出来る。それで筆者等は、 p を p_s の附近に撰んで小さい v について測定を行ひ、この困難を避けた。

p を p_s の近くにとつて、 v_i を v_{is} の近くに限れば、 v_i によつて v_e , α が變るとしても、この範囲内では大きな變動は示さない。それで、 v_e , α は常數と見做される。 $v_{es} - \alpha v_{is} = 0$ であるから、これと (2) 式とによつて

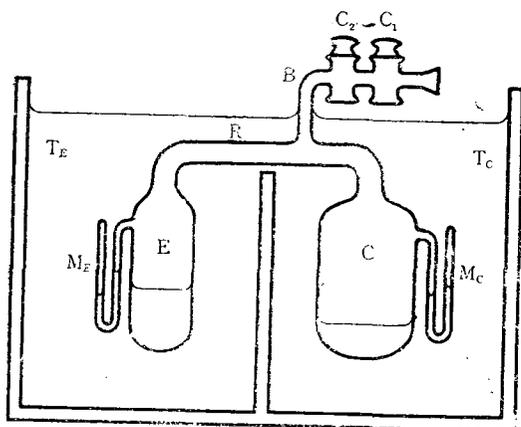
$$\alpha_s = \frac{v}{v_{is} - v_i}, \quad (3)$$

$$v_{es} = d_s v_{is} \quad (4)$$

が得られる。 α_s, v_{es} の添字 s は $p = p_s$ に於ける値であることを示す。水及び水蒸気の温度は、水面附近に於ても、それから離れた場所に於ても、共に同一の温度 θ である。よつて (1) 式の θ_v も θ に等しい。かくして、(3) 式に (1) 式を代入し

$$\alpha_s = \frac{\sqrt{\theta}}{0.1821} \frac{v}{p_s - p} \quad (5)$$

を得る。 $p_s - p$, v , θ を測定して α を求めたのであるが、その結果 Alty の値の約 1/30 になつた。Alty のは v_i が 0 に近い場合の値で、ここに得られたのは v_i が v_{is} に近い場合の値である。即ち α は v_i によつて變化することが示されたわけである。



第 1 圖

2. 測定方法

第 1 圖の TE, TC は木の板で中央を仕切つた恒温槽である。そのなかにテレックスガラス製の容器 ERC を入れる。R は蒸發器 E と凝結器 C とを絡ぐ管で、R にはコック C₁, C₂ をつけた測管 B がついている。恒温槽の水は R まで浸し、水の外に出ているのはコック C₁, C₂ の部分だけである。

容器 ERC は豫めクロム硫酸と苛性ソ

ードとよく洗い蒸溜水で洗滌しておく。まず C に煮沸して空気を追出した再蒸溜水を入れる。真空ポンプで容器内の空気を抜き、コック C_1 , C_2 を閉じてから E を氷で冷し C を温めて真空蒸溜によつて C 内の水を E に移す。再びポンプをかけて真空蒸溜中に放出された空気を抜く。コックを閉じ、容器を傾けて U 字管壓力計 M_E, M_C に適量の水を入れる。

コックは C_1 と C_2 と二つ付けてあるが、外方のコック C_1 は普通にグリースを塗つて、真空保持のために使ふ。内側のコック C_2 の方は、栓の上縁と下縁とだけにグリースを塗つて、これを閉じてもグリースを塗つた面が露出しないようにした。かくして、容器の内面がグリースにより汚されることを殆ど完全に防ぐことが出来た。

恒温槽の左半分 T_E の温度 t_E を右半分 T_C の温度 t_C より高くする。容器中の水蒸氣壓 p は t_E に相當する飽和壓力 p_s より低くなり、蒸發器 E 内の水は蒸發して水面が下る。水面の降下速度 V cm/sec を目盛顯微鏡で測定しそれから蒸發速度 v gr/cm²sec を求める。

蒸發器 E 内の水の面は壁の近くで變形して、水の表面積 S' は E の斷面積 S より廣くなる。したがつて

$$vS' = VS\rho$$

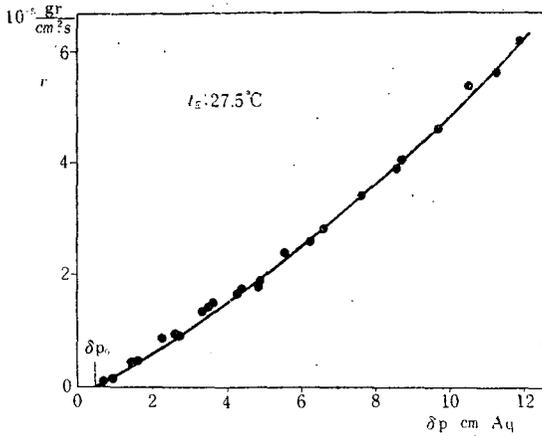
なる關係がなりたち、 ρ は水の密度で 1 であるから

$$v = V \frac{S}{S'} \quad (6)$$

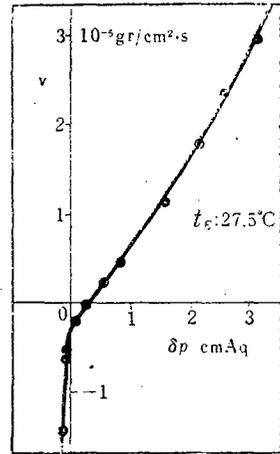
となる。蒸發器 E の直径は 5 cm のものと 8 cm のものとを主として用いたが、 $\frac{S}{S'}$ を計算すると直径 5 cm の場合は 0.89, 8 cm の場合は 0.93 となる。圓壺器壁附近の水の斷面の形は簡単な函数では表わせない。それで、水面に鉛直に立つた固體平面に於ける水の斷面の形を用いて S' の計算を行つた。蒸發器の直径は割合に大きいから、これで大した誤差はないであらう。尙平面に沿つて上る水の高さは、約 4 mm となる。

壓力計 M_E に示される壓力は蒸發器内の p と t_E に對する飽和蒸氣壓 p_s との差 $\delta p = p_s - p$ である。 t_E, t_C を一定に保つておけば δp は變化しない。たまに少し變動が見られることもあるが、大きくとも 3~4% にすぎない。この變動は、恒温槽外に出ている測管 B の内壁に起る不規則な凝結のためらしい。

第 2 圖は蒸發速度 v と δp との關係を示す。曲線は原點を通らず、 δp_0 の所で δp -軸を切る。これは空氣が M_E のなかに多少残つてゐるためである。即ち δp_0 は M_E 中の空氣の壓力に等しい。それで、 $p_s - p$ の正しい値として $\delta p - \delta p_0 = \Delta p$ を用いた。第 3 圖は第 2 圖の原點附近の圖である。 $\delta p < \delta p_0$ になれば蒸發の代りに凝結が起り、水面は上昇して v は負となる。この圖からわかるとおり、曲線が δp -軸を切る點 δp_0 は非常にはつきり決められるのである。



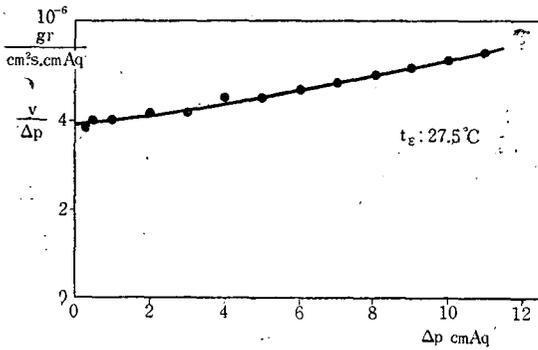
第 2 圖



第 3 圖

第 4 圖は Δp と $v/\Delta p$ との関係である。 Δp の小さいところでは略水平で、 $\Delta p=0$ に於ける $\frac{v}{\Delta p}$ を明確に定めることが出来る。この $\frac{v}{\Delta p}$ の値を $\left(\frac{v}{\Delta p}\right)_0$ として、(5) 式に入れ

$$\alpha_s = \frac{\sqrt{t+273}}{0.1821} \left(\frac{v}{\Delta p}\right)_0 \quad (7)$$



第 4 圖

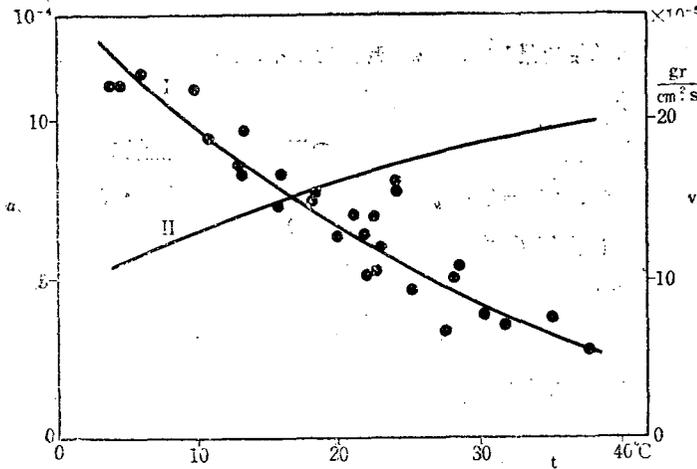
として、飽和蒸気圧に於ける凝結係数 α_s が得られる。 $t^\circ\text{C}$ は先に t_E と書いた恒温槽の左半分 T_E の温度で、先に述べたように、これは蒸発水面の温度に等しい。即ち (7) 式の α_s は $t^\circ\text{C}$ に於ける凝結係数の値である。 $t^\circ\text{C}$ に於ける p_s の値を蒸気圧表から求め、それを (1) 式の p に代入すれば v_{es} が得られる。これに α_s を乗じて v_{es}

を求める。

3. 測定結果

t の $3^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ の範囲に於ける α_s と v_{es} との値を第 5 圖に示す。・印は α_s の測定値でかなり散亂はしているが曲線 I によつて充分代表される。 α_s の値は 0°C 附近で 15×10^{-4} の値を示し、温度が昇るとともに速かに減少して、 40° 附近になれば 3×10^{-4} 程度になる。曲線 II は曲線 I をもとにして求めた v_{es} の曲線である。

$$v_{es} = \frac{0.182}{\sqrt{t+273}} p_s \alpha_s$$



第 5 圖

で、 α_s は温度上昇と共に減少するが p_s は逆に増大する。その結果、 v_{es} は温度上昇と共に大きくなる。これは、理論的に當然豫期されることである。

第 5 圖の測定に用いた蒸發器 E の直径は 5 cm であつたが、直径 8 cm の蒸發器を用いたところ、直径 5 cm の場合と異なる結果が得られた。同温度に於て、蒸發速度が減少し、 α_s が小さくなつたのである。第 1 表は $t=22^\circ\text{C}$ に於ける α_s の値の比較である。即ち直径 8 cm の場合

第 1 表

直 径	$\alpha_s \times 10^4$			平 均
5 cm	6.3	5.1	5.2	5.5
8 cm	5.3	3.3	4.5	4.4

に比べて直径 5 cm の場合は α_s が 25% ほど大きい。

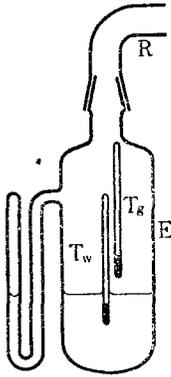
(1) Marcelin は mm 程度のいろいろな太さの蒸發器で蒸發速度を測定し、太いものほど蒸發速度が小さくなるという結果を得た。そしてこれを蒸發器が大きくなれば圍りからの熱の供給が遅くなり、蒸發熱に不足して蒸發が阻害されるためと考えた。しかし、第 1 表に得た α_s の値は蒸發速度が極めて小さく、周圍から供給すべき熱量が非常に少ない場合のものである。したがつて、水及びその表面の温度は周圍の温度、即ち 22°C に殆ど等しい筈である。實際に測定しても、水の温度と周圍の温度との差は次節に示す通り極めて小さい。かくして、直径 5 cm の蒸發器でも、8 cm の蒸發器でも、水の表面の温度は等しい筈である。 α_s は水の表面の温度のみの函数であるから、蒸發器の大小に拘らず同一でなければならぬのに上記のように大きな差を示す。これについては次節で検討する。

4. 蒸發器内の温度

蒸發器 E 内の水と水蒸氣との温度を測るために、E を第 6 圖のように改造した。蒸發器 E と

(1) Marcelin: C. R., 158 (1914), 1674; J. de chimie physique., 10 (1912), 680.

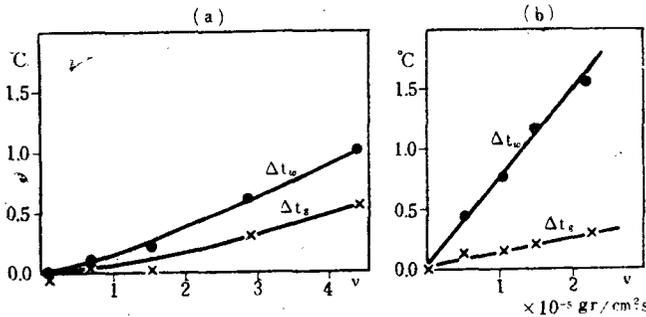
連結管Rとを磨合せでつなぐようにし、その継目に懸けて二本の細い寒暖計 T_w , T_g を吊した。 T_w は球部を水中に浸して水の温度を測り、 T_g は水に浸さず水蒸気の温度を測る。



恒温槽 T_E の温度 t_E と、水の温度 t_w 、水蒸気の温度 t_g との差を $\Delta t_w = t_E - t_w$, $\Delta t_g = t_E - t_g$ とする。第7圖は蒸發速度 v と Δt_w , Δt_g との関係で、(a) は直径 5 cm の蒸發器、(b) は 8 cm の蒸發器での測定結果である。 $v=0$ では Δt_w も Δt_g も共に 0 になる。直接に水面の温度を測定することは出来ないが、 Δt_w , Δt_g が 0 になるならば、水面温度も亦 t_E に等しくなることは疑いないであろう。

第 6 圖 v が 0 でないときは直径 8 cm の蒸發器の Δt_w が 5 cm の蒸發器の Δt_w に比べて可成り大きい。即ち、太い蒸發器に於ては、恒温槽に対する水の温度降下が激しいのである。(1)

Prüger は非常に細い熱電對を作つて、蒸發しつつある水面附近の温度分布を測定した。



第 7 圖

それによると、表面から 0.1 mm の間に激しい温度勾配がある。そしてそれ以上表面から離れたところには殆ど温度勾配はない。表面に於ける温度差は蒸發速度によつて定まるものであるから、蒸發速度が等しければその温度差も等しい筈である。

それ故 8 cm の方が水の表面の温度も低いことになり、 α_s は 8 cm の方が大きくならなければならない。しかるに、 α_s は 8 cm の蒸發器で測定したときの方が小さいのである。

第7圖に示されている通り、水蒸気の温度の方が水の温度より高い。第7圖の測定では、二本の寒暖計 T_w , T_g を離れ離れに吊したが、針金で縛つて兩方を密着させると、蒸發速度 v の小さい場合、 $\Delta t_g > \Delta t_w$ になる傾向が認められる。 T_w は冷たい水面を貫いているから、 T_w の上部も冷され、それに密着している T_g の球部が亦冷されるためとも考えられるが、この効果はそれ程大きくないであろう。それよりも、 T_w の表面に沿つて水のうすい膜が這い上り、それが T_g の球部にも擴つて蒸發し T_g を冷すためではないかと考えられる。 T_w と T_g とを離して、 T_g の球部に細い硝子棒を縛りつけ、その下端を水に浸しておく。 T_g の下端と水面との距離は約 1 cm である。硝子棒の表面を綺麗に洗つておいた場合と、その表面にパラフィンをうすく塗つておいた

(1) W. Prüger: ZS. f. Phys., 115 (1940) 202.

場合とを比較すると、後の場合の方が t_g が高く現われた。水面の温度降下の影響があるとしてもこの二つの場合について同じである。それ故、パラフィンを塗つた場合 t_g が高くなつたのは、パラフィンは水に濡れないので、硝子棒に沿つて水が這い上るのをパラフィンが妨たためと判断される。

水に濡らされる固體面には表面張力によつて水が這い上る。固體面が平面ならば前述のようにこの高さは約 4 mm である。今、こゝにはそれ以上の高さにまで水の薄膜がのぼるものと考えているのである。

蒸發器の壁に沿つて水の薄膜が這い上つて蒸發するならば、蒸發器が太い程、見かけ上蒸發速度が小さく測定されることは容易に説明される。水の薄膜の高さ h は器の太さには関係しない。今簡単のため器壁に於ける表面張力による水面の變形はないとする。すると蒸發器の半径を r とすれば、水面からは $v_0\pi r^2$ 、水の薄膜からは $v_1 2\pi r h$ の水が蒸發する。 v_0 は水面からの蒸發速度で、 v_1 は薄膜からの蒸發速度である。しかるに測定される蒸發速度 v は

$$v = \frac{v_0\pi r^2 + v_1 2\pi r h}{\pi r^2} = v_0 + v_1 \frac{2h}{r}$$

となり、 r が大きくなる程 v は小さくなる。こゝで $v_0 = v_1$ と假定し、二つの異なる r に對する v の値が知れていれば h を求めることが出来る。 $r = 2.5 \text{ cm}$, 4 cm に對する第 1 表の α_0 の値をつかい、且表面張力による水の表面積の變化をも考慮に入れて計算すると $h = 2.5 \text{ mm}$ となる。 v は α_0 に比例するから、この計算には v の代りに α_0 を用いてもよいのである。

水の薄膜の存在が以上のことによつて確證されたとはいわれないが、しかしその存在の疑いはある。Le Blanc と Wuppermann⁽¹⁾ とは大氣中での蒸發速度を測定して、器壁を這い上る薄膜の影響はないと云う結果を得た。よく洗つた蒸發器と、内面に亞麻仁油を塗つて日光でよく乾した蒸發器とで蒸發速度を比較したのである。亞麻仁油を塗つた壁は水に濡れない。測定の結果水の表面積が兩蒸發器で同一ならば同一の蒸發速度が得られたのである。

5. 不純物の影響

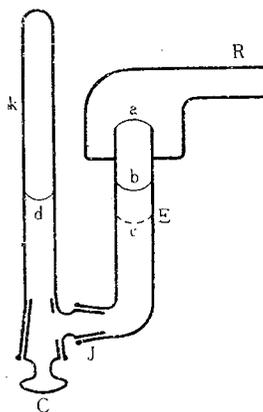
水の面は非常に汚れやすい。Rideal⁽²⁾ は真空中の蒸發速度を測り油の單分子層が水の表面を覆うと蒸發速度が小さくなると云う結果を得た。筆者等の測定法は Rideal の測定法と原理は同じであるが、Rideal の測定は可成り粗雑であつた。蒸發器 E を常温にしておき、凝結器 C を水で冷して E 中の水を蒸發させた。蒸發して減つた水の量を秤量して定め、それから蒸發速度を

(1) M. Le Blanc und G. Wuppermann: ZS. phys. chem., 91 (1916) 143.

(2) E. K. Rideal: J. phys. chem., 29 (1925) 1585.

出したのである。マンメーターは用いず、内部の水蒸気圧は C の温度、即ち 0°C に於ける飽和蒸気圧とした。

筆者等の測定では容器も充分によく洗い、又コックのグリースによる汚れもよく防いだ。しかしなお、水の表面が汚れてゐるかも知れないという不安があるので第 8 圖のようなテレックス硝子の蒸発器を作り、全く清浄と考えられる水の表面について測定を行つた。



第 8 圖

子の蒸発器を作り、全く清浄と考えられる水の表面について測定を行つた。R は凝結器 C との連結管である。E が蒸発管で、その下端は曲り、磨合せ J で貯水管 k とつながつてゐる。初め k を下向きにしておいて真空蒸溜によつて k, E に水を満す。その時の水面の位置が c である。k を上向きにすると、k 内の水は E へ移つて E 内の水面は昇り、遂に E の上端に達し、a の形になつて溢れる。それから k を少し下の方へまわし、E 内の水面が b の位置に來たときコック C を閉じるのである。そして、この水面 b からの蒸発を測定した。このようにして水を溢れさせると非常に清浄な水面が出来ることはよく知られてゐることである。

真空蒸溜をした儘で水を溢れさせない場合と溢れさせた場合とで、蒸溜速度は變らない。それ故、溢れさせない場合も水の面は清浄である。したがつて、真空蒸溜したままで測定した第 1 圖の容器の場合も水面は清浄であると考えられる。第 8 圖の E は細いので水面の變形が甚しい。それで、水面の形を寫眞にとり、それから表面積を計算して蒸發速度及び α_s を求めたが、その結果も前に得た結果とほぼ一致した。但し水の表面積の値に誤差が大きいから、充分な一致は望まれない。

蒸溜容器は測定の前にクロム硫酸と苛性ソーダとで洗うので、それが少し残つてあとから入れた水のなかに溶解するかも知れない、その影響を調べるため、故意に硫酸と苛性ソーダとをとかした水について α_s を求めた。その結果が第 2 表である。

第 2 表

濃 度	0	0.007	0.23
硫 酸	0.00061	0.00069	0.00085
苛性ソーダ	0.00061	0.00066	0.00077

温度 22.5°C

表中、濃度 0 は故意には溶かさなかつた場合の値である。濃度が高くなると α_s は増大する。 α_s が濃度 c に比例して増すと假定すると、 $\frac{d\alpha_s}{dc}$ は 0.001 N の程度である。洗滌に使つた硫酸や苛性ソーダが溶けるとしても、その濃度は大きくとも

$10^{-4} \sim 10^{-5}\text{ N}$ であらう。したがつてそれが測定結果に影響することはない。

硫酸も苛性ソーダも水に溶けると表面張力を大きくする。純粋の水は温度が低いほど表面張力が大きい。表面張力を大きくするこの二つの原因に對して α_s は共に大きくなるのである。

6. 要 約

真空容器内に水を入れてその蒸発速度を測り水蒸気分子の凝結係数を求めた。蒸発速度が大きいと、水面の温度は下るが、この温度を定めることはむづかしい。それで、蒸発速度を小さくして測定を行い、蒸発速度 0 の極限に於ける凝結係数 α_0 を求めた。 α_0 の値は温度上昇と共に減少し、4~40°C の間で 0.0013~0.0003 である。この値は大きい蒸発速度の測定から求められた Alty の値の数十分の一である。

硝子器の壁で水は表面張力によつて引上げられる。その上限より尙高く水の薄膜が這いあがり、その表面からも蒸発が起るのではないかと云ふ疑いがある。

純粹の水は温度が下ると表面張力が大きくなり α_0 も大きくなる。水に硫酸、苛性ソーダを溶かすと表面張力が大きくなるが、この時も α_0 が大きくなる。

この研究については中谷教授からいろいろの御指導を賜つた。厚くお禮を申し述べる次第である。

低 温 科 学 第 二 輯 (第 一 刷) 正 誤 表

(頁)	(行)	(誤)	(正)	(頁)	(行)	(誤)	(正)
目次	20	福島	福富	90	13	写真 12	写真No.30
3	12	α	αd	94	28	" 7	" No.25
6	第6圖	5 cm	0.5 cm	99	16	示すと	みると
"	20	$\frac{3}{\text{kg/cm}}$	$\frac{3}{\text{kg/cm}^2}$	"	"	写真No.1の如く	トル
24	22	相対温度	相対湿度	"	22,23	写真1に見られる	トル
26	第1表の5	<105	>105	100	2	写真と同様に	トル
27	4	写真 2	写真No.2	101	27,28	写真No.2に示す様に	トル
"	10	" 1	" No.1	101,102	30,1	写真に示す如く	トル
"	14	" 3	" No.3	102	13	第1表及び写真No.2を	第1表を
"	19	F	下	108	26	写真 1	写真No.31
"	30	写真 4,5	写真No.4,5	"	29	" 4	" No.34
28	4	T_c	T_a	"	29	" 4	" No.34
"	5	T_c	T_a	109	3	" 4	" No.34
"	23	写真 6,7,8	写真No.6,7,8	"	"	" 5	" No.35
"	29	" 8	" No.8	"	"	" 2	" No.32
29	2	" 9,10,11	" No.9,10,11	112	3	" 3	" No.33
34	10	鐵線があるが	鐵線であるが	113	17	" 6	" No.36
59	第13圖	---細土含有量	---細土含有量	"	18	" 7	" No.37
"	"	-x-粘土含有量	-x-粘土含有量	"	29	" 8	" No.38
70	24	b c	b : c	115	27	" 9	" No.39
71	3	写真No.1	写真No.12	116	4	" 9	" No.39
"	3	" No.2	" No.22,13	120	13	$1.0 \times 10^{-7} V$	$1.0 \times 10^{-2} V$
"	16	" No.1	" No.21,12	121	7	30cm	130cm
74	6	第2圖(A)	" No.14	128	14	3m	4.8m
"	"	" (B)	" No.15	136	第1表の1	左右對線	左右對稱
"	"	" (C)	" No.16	142	1	打點式によつて	自記的に
"	8	写真 (A)	" No.14	159	6	Ag	Aq
"	10	写真 (B)	" No.15	164	25	$\Delta t'g > t_w$	$\Delta t'g > \Delta t_w$
"	18	" (C)	" No.16	166	27	0.001N	0.001/N
"	20	" (A)	" No.14	171	3	9桁	6桁
75	9	第4圖(D)及(E)	" No.17, No.18	"	16	$\frac{T_l}{T_a} Vt$	$\frac{T_l}{T_t} Vt$
"	11	写真 (D)	" No.17	172	2	$R-I = \frac{e}{e_{sat}} 100$	$RH = \frac{e}{e_{sat}} 100$
"	12	" (E)	" No.18	"	22	a), b)	写真No.40, No.41
77	脚註3	Seron	Screen	174	第3表	相対温度	相対湿度
80	11	$\int_0^{\infty} \phi(r) d^2(r) pr$	$\int_0^{\infty} \phi(r) p^2(r) dr$	180	6	$B_{nap} s$	B_{napus}
88	10	写真 1	写真No.19	181	2	<i>Faphanobras-</i> <i>sica</i>	<i>Raphanobras-</i> <i>sica</i>
"	20	" 2	" No.20	182	4	<i>Horde m</i>	<i>Hordecum</i>
89	1	" 3	" No.21	183	13	<i>nap s</i>	<i>napus</i>
"	3	" 4	" No.22	244	19	單位生殖	單爲生殖
"	12	" 5	" No.23	248	15,16	温度氏はでも	湿度でも
"	"	" 6	" No.24	"	16	尙松島	尙松島氏は
"	14	" 4	" No.22	252	13	Schwarkinowa	Schkwarnikow
"	22	" 7	" No.25	257	6	写真1-5	写真No.56の1-5
"	27	" 8	" No.26	259	8	写真4-5	写真No.56の4-5
"	28	" 9	" No.27	260	6	" 6	" No.56の6
90	3	" 12	" No.30				
"	10	" 8	" No.26				
"	11	" 11	" No.29				
"	12	" 9	" No.27				