第 3 表

時	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
風 向	SSW	SSW	SW	NW	WNW	NW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	N	N	ENE	E	E	ESE	ESE	E
風 速	11.3	8.0	8.8	9.7	8.7	9.8	10.7	9.2	7.3	5.8	7.5	5.6	5.2	4.3	3.8	2.6	3.3	3.3	3.6
降水量	1.3	2.1	0.7	1.5	0.7	0.0	0.1	0.5	0.4	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	—	—	—	—	—

時	2	3	4	5	6	7	8
風 向	SE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	ENE
風 速	3.3	3.3	1.9	2.3	2.3	2.4	0.5
降水量	—	—	—	—	—	—	—

阻止される事が多い。

第3表は昭和14年12月14から15日にかけてのこの間の関係を示した一例である。

この東風は割合に安定度の高い氣塊であり、風の息、風向の振幅等何れも西風に比し甚しく小さい。この東風の高さは割合に低く、測風氣球の結果或は計算上から求められるが詳細は略する事とする。

§7. 結語 以上季節風發達時に於ける石川縣地方の降水の問題を豫報の参考の立場から調査して見た。尙問題は多々残されてゐる。より以上の研究は次の機会を俟ちたい。

今回の調査から季節風に依る時雨的降水の有無は次の様な事から判別出来るであらう。

(1) シベリヤ・蒙古附近の高氣壓が發達すれば、即ち季節風の勢力が強ければ石川縣地方に時雨が訪れる。

(2) 朝鮮東海岸元山附近の氣温が海上の氣温よりも低ければ雨が降り、高ければ雨が降らない。實際的には元山西郷等の氣温を参照すれば量的にも多少見當がつかう。季節風發達顯著なのは旋風性低氣壓が北部

へ移動した時その後からの氣壓傾度の急なのに依ることが多いので、この低氣壓の移動發達から時雨の時間的豫報も大體の所は可能ではなからうか。

(3) 東支那海に高氣壓が滯留する推算等壓線圖を用ひ、その高氣壓の高さが高ければ雨が降り、低ければ雨が降らない。

(4) 東風は西風を抑さへ、夜間はこの東風のために時雨の阻止せられる事が多い。

拙筆するに當り岡田臺長先生の御指導並びに佐藤技師の御好意に對し心から御禮を申し上げたい。又色々御助力を賜つた石井兄並びに金澤地方氣象臺諸兄に對し篤く謝意を表する次第である。(入營を前にして)

参 考 文 献

岡田武松： 氣節風による降水の原因説の略史。測候時報。第5巻、第8號。

石田雅生： 冬季裏日本に於ける降水状態に就て。氣象集誌。明治41年6月。

高山四郎： モンスーンレインに就いて。海と空。第2巻、第9號、大正11年。

齋藤博英： 季節風によりて生ずる雲に就て。氣象集誌。第16巻、第1號。昭和13年。

披山大三： On the theory of monsoon-rain in the Far East. 海洋氣象臺歐文報告。第1巻、第3號。

高橋浩一郎： 海上を渡る際の乾冷氣塊の變形。氣象集誌。第18巻、第3號、昭和15年。

蒸 發 に 及 ぼ す 風 の 影 響 に つ い て *

鹽 見 幸 三, 吉 田 進

§1. 緒言 種々の状況の下に於ける水の蒸發量を知る事は、氣象學、醫學、植物學、或はその他の方面において非常に望ましい事である。蒸發計によつて或

る場合に於ける或る時間内の蒸發量を直接に測るといふ事も可成り重要な問題であるが、遺憾乍ら今の處ではこの測定を以てしても異つた状況の下にあるその近

* K. Siomi and S. Yosida: Effects produced by Wind on Evaporation.

くの場合での其の時間内の蒸發量は必ずしも推知出来ないものである。

岡田博士⁽¹⁾によれば、蒸發量は水の温度、気温、氣壓、風速、飽差、日照、空氣の潤濁度等の氣象要素の他に土地の模様によつても支配される。従つて蒸發量がこれらの要素に如何に關係するかが知られる事が望ましい。上に挙げた要素の中、比較的重要な風速、飽差、氣壓等の關係に就ては古くから多くの公式が提出されてゐて、その中 Trabert の公式⁽²⁾が最も普通に用ひられてゐる。それによれば、蒸發量 Q は氣壓を P 、空氣の温度を $T^\circ K$ 、飽差を $E-e$ とすれば、

$$Q = C \frac{T}{P} (E - e) \sqrt{W}$$

で與へられる。但し C は上に挙げた諸要素によらない常數であり、 W は風速である。

藤原教授⁽³⁾は東京にける觀測材料を整理し、日月年の平均値に對しては有效になるべき事を指摘されてゐる。又前田、庄山兩氏⁽⁴⁾は東京に於ける觀測材料を整理して、Trabert の公式における常數 C が温度に關係する事を認め、山本義一氏⁽⁵⁾は Richardson の熱電子放出の理論を應用して氣體運動論的に蒸發の公式を導き、それに關聯して前田、庄山兩氏の結果に言及し、兩者が完全には一致しない事を認めた。よつて Trabert の公式そのものの吟味が必要であるとして、入谷、岡崎、山岸の三氏⁽⁶⁾は實驗によつて C の温度による變化を調べ、閉め切つた室内に於ける測定に際し、周囲の僅かな條件の違ひにより蒸發量の甚だ異なる事を認め、更に約 2 m/sec の風速をおこした風洞内に蒸發計を入れて測定した結果、

$$\text{気温 } t^\circ K \text{ に対し } C_K = C_K' (1 - 0.0142 t_K),$$

$$\text{水温 } t^\circ m \text{ に対し } C_M = C_M' (1 - 0.0167 t_M)$$

を得、前記の前田、庄山兩氏の値 $C = C' (1 - 0.0184 t)$ に近い値を得た。

我々は上記三氏の實驗と同様な趣旨から、Trabert の公式を物理的な公式として吟味する立場に立つて三氏の實驗に引續き、同じ測器を利用して風速による蒸發量の變化を調べて見た。

§2. 實驗 蒸發量は蒸發面の形、大きさ、及び蒸發計による事が考へられるから、此の實驗がそのまゝ他の場合に於てはまるかどうかは疑問である。殊に空氣の流れが亂される場合にはその程度により甚だしい差を生ずる虞れがある。此の實驗では風洞内の流れを成るべく亂さない様に、蒸發計の周圍に覆ひをかぶせ、器壁が障害物にならぬ様に努めた。蒸發計は直徑約 10 cm、深さ約 2 cm の硝子器で、これに深さ約 1.5 cm 迄水を入れ、風洞のモーターの廻轉數をストロホスコープで讀みながら調節して一定の風速を得、50 分間放置してその間の蒸發量を求めた。測定前後に硝子器に蓋をして天秤で重量を測り、測定中の蒸發は殆んど防ぐ事が出来た。この際動搖で蓋に水滴が着く事があるから出来るだけ注意し、もしこれを認めれば、それは放棄し實驗をやり直した。風速と風洞モーターの廻

第 1 圖

(1) 岡田武松：中央氣象臺歐文報告。第 1 號 (1904)。 (2) Trabert: Met. ZS. 13 (1896) 261.

(3) 藤原吹平：氣象集誌。第 34 年，第 1 號。

(4) 前田、庄山：氣象集誌。第 2 輯，第 12 卷，第 12 號，625 頁 (昭和 9 年)。

(5) 山本義一：氣象集誌。第 2 輯，第 14 卷，第 8 號，420 頁 (昭和 11 年)。

(6) 入谷、岡崎、山岸：氣象集誌。第 2 輯，第 17 卷，第 8 號，333 頁 (昭和 14 年)。

轉數との關係は、中央氣象臺現用の Fuess の微風計二種を並用して豫め調べた。

水温は参考の爲測定したが適當な寒暖計なく、中央氣象臺で檢定した 1°C 目盛のものを使用した。

湿度の測定には中央氣象臺現用の乾濕球湿度計を用ひ、これを風洞の外部及び風洞内で蒸發計の近傍に置いた。外部に置いた乾濕球に對しては、なるべく空氣の攪亂の影響のない様に注意した。これ等の關係位置は、略々第 1 圖の如くである。

§ 3. 實驗結果 實驗結果としては別表の如き數値を得た。

$$\text{蒸發の公式: } Q = \frac{T_K(E-e)}{P}(1-at)F(W),$$

Q : 蒸發量 gr/min, P : 氣壓 mmHg,

$E-e$: 飽差 mmHg, t : 氣温 °C,

T_K : 氣温 °K $T_K = 273.18 + t$, W : 風速 m/sec,

a : 常數

に於いて $F(W)$ の形を知る事が本實驗の目的であるから、測定値から

$$F(W) = QP/T_K(E-e)(1-at)$$

なる量を計算した。

常數 a としては入谷、岡崎氏⁽⁶⁾等の實驗結果を用ひ $a = 0.0142$ とした。

一回の測定は 50 分間にわたつたが、その間氣壓の

第 2 圖

變化は 0.1~0.2 mmHg が精々であり、乾濕球寒暖計の示度は 0.1~0.2°C 變化した。採用した温度は 10 分毎に計 5 回讀んで平均値をとつた。水温は風にあてると常に 0.4~0.6°C 下降し、10~20 分後には一定となるのが認められた。之は入谷氏等も認められた所である。

乾濕球の温度差から飽差を求めるには、Angot の式によつてゐる氣象常用表を用ひた。乾濕球が一定風速中にある時湿度を示す適當な公式は未だないので、止むを得ず風洞の外部においたものの讀みを採用した。但し氣温は風洞内の寒暖計による。

風洞は東大物理教室の直徑 30 cm の Eiffel 型風洞である。

第 2 圖 A は $QP/T_K(E-e)(1-at)$ を W に對しとつたもの、同じく B はその自乗をとつたものである。

§ 4. 結果の檢討

(1) 精度 $QP/T_K(E-e)(1-at)$ なる量について、最も大きな誤差の原因となつてゐると思はれるのは飽差 $E-e$ である。寒暖計の誤差は 0.05°C の程度であるから、 $E-e$ の誤差は 1% 程度、從つてこの量に與へる誤差も 1% 程度となる。但し之は乾濕球の位置が全く適當であり、その上乾濕球の示度が Angot の公式に從つて、實際の湿度に嚴密に對應すると假定しての事である。第一の點については、實際は乾濕球の示す湿度は風洞の外部に於けるものであるから、必ずしも水面に流れて來る空氣のそれであるとは言へず、之は或は更に大きな誤差の原因となるかも知れぬ。第二の點については、種々の場合に對して、乾濕球湿度計そのものの性質がくわしく調べられる事を必要とする。いづれにしてもこの點に關する誤差も相當大きいであらう事は豫想される。

他の量による誤差は上述のものに比し無視してよい。但し蒸發量を測る時、天秤から風洞への水の容器を運ぶ際、容器の蓋にあやまつて水滴がついたりすると、意外に大きな誤差を生ずる憂がある。この事は既述の如く充分注意したが、風速 9.35 m/sec に對する測定値の一つが餘りに大にすぎるのは或はこれが原因であるかも知れぬ。

風速については、モーターの回轉數を出来るだけ一定に保つ様に努力したが、5% 程度の誤差は免れ得なかつた。然し、この誤差は正負打消し合ふ傾向がある(速すぎた後はおそすぎるやうになるから、)ので平均

風速 $W(\text{m/sec})$	蒸發速度 $Q(\frac{\text{gr}}{\text{min}})$	氣壓 $P(\text{mmHg})$	氣温 $t(^{\circ}\text{C})$	乾球温度 $(^{\circ}\text{C})$	濕球温度 $(^{\circ}\text{C})$	水温 $(^{\circ}\text{C})$	$QP/(E-e)T_k(1-at)$	$\{QP/(E-e)T_k(1-at)\}^2$
0.00	0.00344	762.0	27.50	27.45	25.60	27.3	0.0028	0.000008
0.37	688	62.6	27.90	27.95	25.90	27.2	56	32
"	668	59.6	26.55	26.70	24.25	26.1	48	23
0.64	1018	60.4	26.85	27.15	25.20	26.1	96	92
"	1336	59.6	26.95	27.05	24.20	24.7	81	66
0.90	1398	63.0	27.30	27.45	25.75	26.5	139	193
"	1624	59.7	27.50	27.70	26.05	25.9	164	268
1.03	1554	60.4	26.85	26.90	25.05	—	142	202
1.16	1934	"	26.65	26.85	24.80	26.7	167	277
1.48	1804	63.0	27.25	27.65	25.90	25.9	163	265
"	2106	59.9	27.60	27.60	25.20	24.9	150	226
1.76	2550	"	27.20	27.35	25.10	25.4	194	377
2.05	2304	63.0	27.55	27.85	25.90	25.7	199	395
"	2678	60.0	26.80	26.90	24.80	24.8	220	482
2.65	2652	63.0	27.95	28.20	26.10	25.6	208	434
"	3358	60.0	26.45	26.35	24.00	24.1	252	633
3.22	3140	62.6	27.80	27.90	25.85	25.7	257	661
3.80	3758	"	27.10	27.35	25.50	25.4	335	1123
"	3420	59.6	26.85	27.15	25.15	24.4	279	779
4.43	4523	62.6	28.10	28.45	26.10	25.8	323	1046
5.05	3662	59.6	26.80	27.00	24.80	23.9	355	1258
5.60	4906	61.4	27.80	28.10	26.15	25.6	421	1774
"	4526	59.6	26.70	26.80	24.65	—	372	1387
6.83	5592	61.4	28.10	28.35	26.20	25.5	436	1903
8.15	6098	60.9	28.20	28.45	26.15	25.4	444	1975
9.35	5466	60.0	27.30	27.45	25.65	25.2	511	2613
"	6494	59.7	28.15	28.20	25.60	25.4	438	1915
10.50	6990	61.9	27.75	27.80	25.00	24.3	433	1874

としてはずつと少くなるであらう。容器中の水面の高さによる變化、即ち縁の効果も考へられるが、水の全體の量は各測定につき略々一定に保つたから、これは一定と考へてよい。又實際水量の寡多による規則的な變化は認められなかつた。

(2) 風速 6~7 m/sec 以上では $QP/T_k(E-e)(1-at)$ は、風速に關係せず一定となるやうに見える。上述の如く風速による誤差が一番大きいと考へられるから、この部分は既に風速によらぬと考へれば、6 m/sec 以下に比し、特に誤差が少いやうに見えるのは別に偶然の一致ではなく、當然であるとも思はれる。たゞ 9.35 m/sec に對する一つの測定のみがかけはなれてゐるのは或は、前述の原因によるものであらうか。かくの如く漸近値を有する事實は、その限界の風速においても、Horton⁽¹⁾の結果と一致してゐる。

(3) 6~7 m/sec 以下に於ては、最も普通に用ひられるのは Trabert の式⁽²⁾であつて、 $F(W) \propto \sqrt{W}$ とする

ものである。又堀口氏⁽³⁾は觀測の材料を統計的に整理して之を補足して $F(W) \propto \sqrt{W-C}$ とした。我々の結果を見ると大體において堀口氏の公式と一致し、 $C=0.3 \sim 0.5$ m/sec となる。この値は堀口氏の得た、 $C=3.4$ m/sec に比すればかなり小であるが、堀口氏の式が氣象觀測から歸納した氣象學的公式であるのに對し、我々のものは風洞内の小さな空間内でなされた全く物理的な公式である事を考へれば、不思議ではない。

(4) $F(W) \propto \sqrt{W}$ は蒸發の現象を單なる molecular diffusion によるものと考へて取扱ひ、理論的にも導かれてゐる。⁽⁴⁾但し之は空氣の流れが turbulent でない場合であつて、turbulence が生ずる場合は、水蒸氣が渦動によつて運ばれる事を考へねばならぬ。Sutton は之を取扱ひ、turbulent な大氣中の風の構造を論じ、更に之をかける大氣中における蒸發に應用した。

⁽⁵⁾それによれば、圓形の面からの蒸發速度は、 $F(W) \propto W^{\frac{2-n}{2+n}}$ となる。こゝに n は turbulence の度合に

(1) R. E. Horton: Eng. News Record 78 (1917) 196.

(2) Hine: Phys. Rev. 24 (1934) 79

(3) 堀口由己: 氣象集誌. 第 32 年, 第 5 號 (1904)

(4) H. Jeffreys: Phil. Mag. 35 (1918) 270; N. Szwedkoski: Gerl. Beitr. Geophys. 24 (1929) 293

(5) O. G. Sutton: Proc. Roy. Soc. 146 A (1934)

より 0~1 に變じうる常數である。Sutton は、多くの實驗結果から、滑らかな圓筒内で Reynolds 數の廣い範圍にわたり $n = \frac{1}{4}$ であるとし、從つて $F(W) \propto W^{0.78}$ を得てゐる。彼は Hine⁽¹⁾、Himus⁽²⁾等の實驗結果が之と良く一致する事を引用してゐる。

我々の結果を $F(W) \propto (W-C)^p$ において吟味してみる爲、 $C=0, 0.15, 0.30$ とした三つの場合に付き、 $Q/P(E-e)T_K(1-\alpha) - W$ を logarithmic scale に書き、各の場合に p を圖上から求めてみると、

C	p
0	0.54~0.73
0.15	0.49~0.62
0.30	0.46~0.62

となる。

即ち、 p は 0.5 (堀口, Trabert) 或はそれより稍

大であるが 0.78 (Sutton) よりは相當小さい。

此の實驗は、東京帝大理學部物理學科後期課程における氣象學演習として行はれたものであつて、藤原先生、小平先生の懇切な御指導を賜つた。終りにのぞんで著者等の深甚なる謝意を兩先生に獻げたいと思ふ。

附記 3月8日の氣象學會における講演に際して、我々の實驗において飽差の計算に際し、最大蒸氣張力を空氣の溫度に對するものを取つたが、若しそれを水溫に對してとるならば、6~7 m/sec 以上における漸近値をとる現象は除かれるのではないかと云ふ議論があつた。これについて材料を再調査したが、何分水溫測定精度が低いので、結果は却つて不規則になつてしまふ。Trabert の式の成立から考へるならば、 E としては水溫に對する最大蒸氣壓をとるのが妥當とも考へられるが、實際どうなるかは、水溫の精密な測定をまつて言ひ得る事であらう。

録 事

大日本氣象學會講演會

四月月次會 昭和 15 年 4 月 12 日 (金) 中央氣象臺構内中村記念館に於て、午後 4 時 10 分開演、講演 5。

座長 佐藤幹事 出席者 30 名

1. 大後美保君：馬鈴薯の收量と氣象との關係（第一報）日本主要農作物の收量と氣象との關係に關する研究 第三號

馬鈴薯の收量と氣象との關係に就き研究を行ふに當り、先づ最初の試として先に報告した“水稻の收量と氣象との關係”と全く同一の方法により全國各縣に於ける馬鈴薯反當收量と馬鈴薯栽培期間の各月に於ける各氣象要素との相關係数を計算し、收量と氣象との大體の關係を知らふと試みた。調査資料に稍々缺陷があるが收量と氣象との關係は東部地方と西部地方とで反對の關係のある事を知り得た。

2. 中原孫吉君：植物葉中に含まるゝクロ、フキ

ル及びカロチノイド量に及ぼす環境氣象の影響に就いて（第一報）

ナソツタの紅葉期に近い 9 月下旬より 11 月上旬落葉期頃迄の葉中のクロ、フキル及びカロチノイド量の環境氣象による變化を調べたものである。その結果を簡単に報告する。

3. 中原孫吉君：櫻の開花期の地理的分布に就いて

染井吉野及び山櫻の開花期の本邦に於ける推移狀態を調査せるものであり、染井吉野 110 ケ所、山櫻 60 ケ所の平均實測値を用ひ開花日 y を緯度 φ 、經度 λ 、海拔高 h の三つの函數と見做し、

$$y = a + b(\varphi - 35^\circ) + c(\lambda - 135^\circ) + dh$$

の式を適用し、最小自乗法を用ひて a, b, c, d の常數を決定した。

4. 山畑義宗、川本敏夫君：本邦附近の低氣壓進路の季節變化

本邦附近の低氣壓の進行方向及び速度が季節に

(1) Hine: Phys. Rev. 24 (1924) 79.

(2) Himus: Inst. Chem. Eng., Conference on Vapour Absorption and Adsorption (1929).