る毎にした。今蒸發量のみを第 12 圖の如く比較すると箱外で 15 瓦以上に於て増加しても箱内は殆んど變化してゐなかつた。

5. 結語 以上を要約すると蒸發量は主として蒸發面での飽差に依る。此の飽差に關係する第 1 の氣象要素は日射で、表面温や水温、地温、並に附近の地物の輻射等に影響し、以つて飽差を左右する。其他氣塊の性質や雲の變化も影響がある。亦蒸發計の位置或は臺

により蒸發量に無視出来ない差が出来る。即ち日射量輻射量、風速等に影響される量が案外大いのである。故に箱内蒸發量を測定する場合にも、その百葉箱の大きさ、高さ等を充分吟味する必要があると思はれる。

終りに色々便宜を御與へ下さつた岡田臺長先生始め三浦先生並にラサ島にて御援助を受けた鮎田、池田兩君及び種々御指導を賜り且つ原稿の御閲讀を御願ひした高橋浩一郎先生に厚く御禮申し上げます。

春に起る北陸の異常乾燥に就いて*

相 馬 三 雄

1. 緒言 金澤に於ける 4, 5 月の著しい乾燥現象は、冬季の陰曇と共に金澤に於ける氣象上の二大特徴である。この特異現象に關して筆者は調査中であつたが、入營期が迫つた爲不完全乍らも今までに調べ得た事丈け茲に述べる。

2 乾燥の回数と程度 3 月下旬より 5 月終りにかけて北陸はシベリヤ氣塊から分離して生ずる移動性高氣壓と、その後繼續低氣壓の勢力下に直接的に置かれる。この期間中に濕度 20 數%に降る乾燥を見ることが屢々ある。次に過去 3 年間の狀況を示すと

最低濕度が 29% 以下になつた日數 19 日

第 1 圖

最低濕度が 39%~30% の範圍になつた日數 41 日
40%~50% 程度の乾燥なら雨が降らない限り毎日である。

これが何の爲に起るかを少し調べて行く (以下特に斷りが無ければ時期は何時でも 4, 5 月である)。

3. 異常乾燥と氣壓配置 濕度 50% 以下となつた時間中の毎時に於ける濕度の値とその風向、及び毎日の最低濕度とその時の風向を調べて見ると海岸に平行な SW 方向の風の時に乾燥現象は最も著しく、あとは大抵海方向の風の時はばかりで陸方向の時は殆んどないことが注目される。第 1 圖は最低濕度が 39% 以下となつた時の風向頻度の圖である。次に乾燥を起すべき氣壓配置を調べて見ると濕度 50% 以下となる時の氣壓配置は次の三種類に限る。

第 2 圖 昭和 15 年 4 月 29 日午前 6 時

* M. Sōma: On the Extraordinary Dryness experienced in Hokuriku during Spring Season.

第 2 圖 (C) 昭和 15 年 5 月 10 日午前 6 時

- (1) 高氣壓 内地南方洋上又は黃海
低氣壓 オホーック海附近及び滿洲北部附近 } A 型とする。
- (2) 高氣壓 内地東方洋上
低氣壓 滿洲及び沿海洲 } B 型とする。
- (3) 高氣壓 日本海 } C 型とする。

第 2 圖 (B) 昭和 15 年 4 月 20 日午前 6 時

これ以外にはない、然して AB 型は同じ条件をもつてゐることをあとで説明する。C 型は稀で本年は只一回のみであつた。次表は本年湿度が 50% 以下となつた日の気壓配置の型の表である。

昭和 15 年 4 月 29 日は A 型の氣壓配置の下で金澤は勿論中部近畿地方一帯に互り非常の乾燥の起つた日であつた。此の日金澤は 13 時から 17 時にかけて湿度は 29% 以下で氣溫は比較的に高く 12 時から夜半に至る迄高温を維持した。

此の日の中部近畿地方の各氣象臺測候所の觀測より
6 時 10 時 14 時 18 時 22 時の風向風速氣溫水張天
氣雲形を書入れた圖の一例を示せば第 3 圖の如し。

第 3 圖 昭和 15 年 4 月 29 日 18 時

4月	日	1	2	5	7	8	10	11	12	13	15	16	18	24	25	26	29	30			
	型	B	B	A	A	B	A	A	A	B	A	A	B	B	B	B	A	B			
5月	日	1	2	3	6	7	10	11	12	15	16	17	18	19	20	21	22	23	27	28	30
	型	B	B	A	A	A	C	B	B	A	B	A	A	B	A	A	A	B	B	B	A

之により天氣は概ね快晴で何處にも下層雲が生じてないことが察せられる。先づ此の乾燥は天氣がよいのだから気温の日變化により達せられさうである。元來小さい水張を持つた氣塊であつた。さうしてこの氣塊は空氣の動きを追跡して行くとうどうしても蒙古方面より、内地東方へ去つて行く低氣壓を追ひかけて、急速度で中部地方矢印(第4圖)の經路を取つてやつて來たものであると判斷される。其の模様を示す爲4月27, 28日各6時の天氣圖を示す。

B型は此の高氣壓が内地東方へ去つて生じた型であり、AB型は同じシベリヤ氣塊を金澤へ送り込んでゐる型であつて、恰も小笠原氣團の空氣が日本海方面へ流入してゐる様に見えても、實は矢印の經路を取つたシベリヤ氣塊がその主體である。調査の結果全て乾燥を引起す氣塊は皆その發生地をシベリヤ蒙古方面に置いてゐる。元來水張を多く持たない此の氣塊が速かに中部地方に達したならば充分下層に熱を與へるこの地

第4圖(A) 昭和15年4月27日午前6時

第4圖(B) 昭和15年4月28日午前7時

第4圖

方で、相當の乾燥を起してもよいのである。これは全く小笠原氣團の勢力下に入つた夏季に於て50%以下に濕度が降ることが殆んどないのを見ても解る。日中の低濕度の原因はこれが主なものであるが根本的には次に述べて行くことを知らねば解決されないのである。

4. 夜間の突然乾燥(1) 日中の乾燥は大體連續的に濕度が下つて來るのであるが、夜間に至つては次の様な乾燥がある。昭和15年5月7日1時少し過ぎた頃氣溫濕度風向風速に著しい不連續が起つた。

氣溫差約7°Cのこの鮮かな不連續は一寸普通不連續線(低氣壓系の)でも手が出ないのであり、自記紙の通り風向が南西になつて始つてゐる。この様な例は顯著なのが昭和15年度には5回起つた。然しこの現象が起つても天氣は快晴のままであつて下層雲が生じ

第5圖 昭和15年5月6日24時

ないと考へられるのが重要な性質である。當時の天気状況の一例を示すと第4圖の如くである。因にこの現象は昭和14年は1回13年にも1回しかなかった。

先づ輪島に金澤に起つた様な不連続が20時32分には起つた。次に富山金澤伊吹山の順で、このほか高田松本にも起り、敦賀には6日中15時30分頃已に起つてゐた。7日5時の圖を見ると金澤と福井は約 9°C も気温が異なる。富山と伏木は約 3°C 異なる。これは驚くべき現象である。恰も同じ流線上にあるやうに見えるながらもこの仕末で、天気は連続であつた。又この現象の起つた時の各所の風速は4米から6米の間にある。又局地的の高気圧が略高山を中心として生じた。

一體この現象を起した空気は何處のものか、その根源の氣塊を調べて見る。5月5日6時6日6時等の天気圖より判斷して見るとシベリヤ氣塊が樺太西方の低気壓を追つてやつて來たものであり、この氣塊は異常なる気温の逆轉をもつてゐたことが伊吹山の觀測から知られる。この逆轉は春照が輻射による昇温の爲に出來たのではない。

春照は普通に降温し續てゐるのに伊吹山頂は突然上昇してゐるのを見てもすぐ解る。伊吹山には起つたが遂に夜間中には春照迄この逆轉層が沈降しなかつたことは實に重要な性質である。さて輪島、金澤、富山、伊吹山等ははこの逆轉層の沈降を直接受けた所に外なら

ない。福井伏木は下層の變形を充分受けたシベリヤ氣塊が地形の影響の爲に残留したからこんな結果になつたと解される。本年起つた他の4回も全然これと同じ形式であり、その相似性は驚くべきほどである。

では何がかゝる沈降を起させる原因となるか大氣は安定の状態にあるのだから強制的に沈降を起させるものがある筈である。先づ考へられるのは低気壓系への氣流の收斂である。輪島、富山、金澤、伊吹山の順にこの現象が起つてゐることから判斷して第6圖のやうであると考へる。又敦賀、高田、松本は獨目に沈降を受けたのである⁽¹⁾。

特に金澤に於ては然りである。以上が今回得られた

觀測の分析であるが、次にこれに關聯した問題を補遺として少しく定量的に考察して見よう。

5. 強制的上昇氣流と乾燥日の下層雲 第7圖に於て(1)側の空氣が山を越えて(2)側へ行くとする。山の兩側共気温は安定の垂直分布をなし水平方向へは一樣とする。又兩側の気温が同じであるとする。強制的上昇を受けた(1)側の空氣が對流不安定説による凝結を起し雨を降らすと、(2)側の

第6圖(B)

第6圖(A)

(1) 荒川博士も此れと同じ様な考へを提出されてゐる。日本附近の冬氣塊の特性(續報)本誌, 15, 185-189, 昭和12年。

空氣に對しては不安定度を減じ、(2) 側の地面に達する前にその不安定度失つてしまふことは少し計算すればすぐ解る。何の變化も起さなければ (2) 側の地面に達する。雨が降れば降る程下降出来ないのは明瞭である。又凝結した水滴を他の空氣に渡して自分だけ降りて來ると云ふやうな氣流は考へ難く、そう云ふ事はないらしい。潜在不安定の場合でも同様である。まして (2) 側が海につらなり優勢な海風と一種の谷風さへ發達するに於ては益々下降出来ない。兎に角 (1) 側を上昇した空氣が (2) 側へ單純に降り得ないのは富士山の笠雲の研究等よりして明らかである。

又 4 月 29 日にも 5 月 7 日の夜間の時でも金澤地方は勿論その近邊には下層雲がない。これは金澤地方が高氣壓性氣壓配置の下にあり、全體として空氣が沈降してゐる證據と共に水張の小さい證據である。これ等により尠くとも夜間乾燥は Hann 式の Föhn でないことは確かである。

6. 夜間乾燥に及ぼす陸風と、晝間乾燥に及ぼす海風の影響 日中乾燥に續いて夜間乾燥の續くものもあるし、夜間乾燥から晝間乾燥にうつるものもある。前者は 4 月 29 日がそれであり、後者については 5 月 22 日の例を擧げて説明する。

21 日 22 時頃夜間乾燥が始まり、風向は勿論南西となつたが 22 日 2 時から 7 時迄は南風と變り濕度は稍々昇つた。この現象は陸風が混つたからである、然し朝風の時間に相當する 8 時には再び南西風となり、濕度は 29% に降つた。次に海風の發達により濕度の變化は普通になつて行き沈降性の乾燥は終つた。

沈降現象は初め安定成層をなしてゐたものをその安定さを減ずる。(乾燥斷熱的に降下するとして) 現象で、仲々起り難い現象であるから 2 時から 7 時迄のやうに陸風の僅かな影響によつてもその發展を阻害される。陸風の方向は金澤は東南東でこれは乾燥を減ずるやうに働くが、海風はこれを助長するやうに働くことが調査の結果判明した。以上により乾燥を起すべき金澤の風向は實際は南西だと結論し得る、又各地は特有に沈降現象に據る異常乾燥現象の際の風向を持つものでそれはその土地の地形に因るのである。

7. 比濕の増減に就いて 大氣中比濕の變化は天氣が良い時は亂流による上下空氣の混合の爲だとする。理想的に一次元の場合を考へ交換係數は時の函數と高さの函數が掛け合つた形をもつとして次のやうに微分

方程式をとる

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left\{ A(z) B(z) \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right\} \dots \dots (1)$$

但し σ は比濕、 ρ は空氣の密度である。

ρ を今考へる高さ h まで一定とすると

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = C(t) \frac{\partial}{\partial z} \left\{ B(z) \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right\} \quad \text{なる形となる}$$

これを

$$\left. \begin{aligned} C(t) B(z) \left(\frac{\partial \sigma}{\partial z} \right)_{z=0} &= 0 \quad \text{即} \quad \left(\frac{\partial \sigma}{\partial z} \right)_{z=0} = 0 \\ (\sigma)_{z=h} &= \sigma_h = \text{const} \\ (\sigma)_{t=0} &= f(z) \end{aligned} \right\}$$

なる條件の下に解くことにする

$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ とおき $\sigma_1 = \sigma_h$ とおけば σ_2 を

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_2}{\partial t} &= C(t) \frac{\partial}{\partial z} \left\{ B(z) \frac{\partial \sigma_2}{\partial z} \right\} \dots \dots (2) \\ \left(\frac{\partial \sigma_2}{\partial z} \right)_{z=0} &= 0 \dots \dots \dots (3) \\ (\sigma_2)_{z=h} &= 0 \dots \dots \dots (4) \\ (\sigma_2)_{t=0} &= f(z) - \sigma_1 = F(z) \dots \dots (5) \end{aligned} \right\}$$

なるやうに解けばよい

Stokes の方法に従ひ

$$\frac{d}{dz} \left\{ B(z) \frac{dZ_s}{dz} \right\} + \lambda_s Z_s = 0 \dots \dots \dots (6)$$

なる微分方程式を満足し

$$Z_s(0) = 0 \quad Z_s(h) = 0 \dots \dots \dots (7)$$

なる條件を満足する

法化された直交函數

$Z_s(z)$ と $\lambda_s (s=0, 1, 2, 3, \dots)$ をとり

$$\sigma_2 = \sum_{s=0}^{\infty} A_s Z_s(z) \dots \dots \dots (8)$$

とおけば

$$A_s = \int_0^h \sigma_2 Z_s(\xi) d\xi \dots \dots \dots (9)$$

となる。

$$\text{又} \quad \frac{\partial}{\partial z} \left\{ B(z) \frac{\partial \sigma_2}{\partial z} \right\} = \sum_{s=0}^{\infty} Z_s(z) \int_0^h \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ B(\xi) \frac{\partial \sigma_2}{\partial \xi} \right\} Z_s(\xi) d\xi$$

とおけば

(3), (4), (6), (7) より

$$\int_0^h \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ B(\xi) \frac{\partial \sigma_2}{\partial \xi} \right\} Z_s(\xi) d\xi = -\lambda_s A_s \quad \text{となる}$$

$$\therefore \frac{\partial}{\partial z} \left\{ B(z) \frac{\partial \sigma_2}{\partial z} \right\} = \sum_{s=0}^{\infty} -\lambda_s A_s Z_s(z) \dots \dots (10)$$

(8) を t で微分すると

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial t} = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{dA_s}{dt} Z_s(z) \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{又} \quad F(z) = \sum_{s=0}^{\infty} Z_s(z) \int_0^h F(\xi) Z_s(\xi) d\xi \dots\dots (12)$$

なる展開を考へると

$$(A_s)_{t=0} = \int_0^h F(\xi) Z_s(\xi) d\xi \dots\dots\dots (13)$$

を得

$$(2), (10), (11) \text{ より } \frac{dA_s}{dt} = -\lambda_s C(t) A_s \text{ を得}$$

(13) の條件より

$$A_s = e^{-\lambda_s \int_0^t C(t) dt} \int_0^h F(\xi) Z_s(\xi) d\xi \text{ となる}$$

$$\therefore \sigma_z = \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\lambda_s \int_0^t C(t) dt} Z_s(z) \int_0^h F(\xi) Z_s(\xi) d\xi$$

$$\therefore \sigma = \sigma_h + \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\lambda_s \int_0^t C(t) dt} Z_s(z) \int_0^h \{f(\xi) - \sigma_h\} Z_s(\xi) d\xi$$

を得

然し (6)(7) を満足する法化された直交函数 $Z_s(z)$ を與へる事は $B(z)$ が極めて簡単な形でも仲々複雑した形となり實際的に計算難である。

特別な例として

$$\left. \begin{aligned} B(z) &= 1 \\ C(t) &= C_0(1 + q \sin pt) \end{aligned} \right\} \text{ とおけば}$$

$$Z_s(z) \text{ を } \sqrt{\frac{2}{h} \cos \frac{(2s+1)\pi}{2h} z} \text{ とし, } \lambda_s = \frac{(2s+1)^2 \pi^2}{4h^2}$$

にすればよい

$$\begin{aligned} \text{又 } \sigma &= \sigma_h + \frac{2}{h} \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\lambda_s C_0(t - q \frac{\cos pt}{p})} + q \frac{\lambda_s C_0}{p} \cos \frac{(2s+1)\pi}{2h} z \\ &\times \left\{ \int_0^h f(\xi) \cos \frac{(2s+1)\pi}{2h} \xi d\xi - (-1)^s \frac{2h\sigma_h}{(2s+1)\pi} \right\} \end{aligned}$$

となる

次に $f(z)$ であるがこの與へようによつて色々な計算がされる。

一例をあげれば

$$f(z) = \sigma_0 - \frac{(\sigma_0 - \sigma_h)}{h^2} z^2 \text{ とおき } q=0$$

即ち渦擴散率を一定とした時は

$$\sigma = \sigma_h + 4(\sigma_0 - \sigma_h) \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\lambda_s C_0 t} \cos \frac{(2s+1)\pi}{2h} z \left\{ \frac{(-1)^s 8}{(2s+1)^3 \pi^3} \right\}$$

を得

$h=0$ に於ける變化は

$$\sigma = \sigma_h + 4(\sigma_0 - \sigma_h) \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\lambda_s C_0 t} \left\{ \frac{(-1)^s 8}{(2s+1)^3 \pi^3} \right\} \text{ となる.}$$

實際に $z=0$ では

$$\left. \begin{aligned} T &= 20^\circ\text{C} \\ e &= 13.89 \end{aligned} \right\} \text{ とすると } \sigma_0 = 11.45 \times 10^{-3} \text{ c.g.s.}$$

で相對濕度は 80%

$z=200000 \text{ cm}$ では

$$\left. \begin{aligned} T &= 10^\circ\text{C} \\ e &= 6.94 \end{aligned} \right\} \text{ とすると } \sigma_h = 7.23 \times 10^{-3} \text{ c.g.s.}$$

で相對濕度は 76%

$$\left(\frac{\partial T}{\partial z} = -0.5^\circ\text{C}/100 \text{ m} \text{ である} \right)$$

のように値を入れれば各渦擴散率の値について計算した地表の σ の變化は 7 圖のようである。

平常の状態: $\frac{\partial \sigma}{\partial h} = -1 \times 10^{-8} \text{ c.g.s.}$ 程度となるのには 3-5 時間を要するとせば圖の短形の中に入るときで渦擴散率が $\frac{1}{2} \times 10^8 \sim \frac{1}{3} \times 10^8 \text{ c.g.s.}$ 附近値をもつときである。實際この値は諸家がこの位のスケールに就いて求めた値に近い。

又氣温に就いてもこれと似た計算がなされるが、氣温は溫位が入つて來るから地上では益々高温となる。以上に述べた事に氣温の日變化と水張の補充を考へに入れれば (7) に於て分類した (3) (4) などはこの計算に近い現象である。

8. 結 論

以上簡單乍ら金澤に於ける乾燥の概觀を述べて來た。從來の Föhn 説に相當する現象は殆んど見當らないのである。正に本年起つた數回の夜間乾燥はこの現象解析への鍵を爲すものであり、其他熱力學的方面又は火災衛生氣象方面の問題で實にこの夜間乾燥の助けなくては解けぬ大問題が展開して來た。先づ本回はその紹介を兼ね筆者の拙い意見を副へた次第で後日熱力學火災衛生方面より見た諸見解を述べる機會を得たいと思つてゐる。

1. 金澤に於て 50% 以下の濕度を現出する時の風向は南西が主で、あとは海方向許りである。
2. 乾燥を起す氣塊は皆シベリヤ氣塊であつて元來水張は大でない。
3. 夜間乾燥は逆轉層の沈降の結果生ずる。

4. 日中の乾燥は非常な乾燥の時は、夜間乾燥の機構に気温の日變化が加はつたものである。

5. 5月7日の例に依り高温大氣が沈降することが解つた。

6. 金澤の夜間乾燥は其の時生ずる局地的高氣壓と仲々密接な關係をもつ。

7. 夜間乾燥を起す高温大氣の強制的下降は低氣壓系への氣流の收斂を生ずる局地的 高氣壓の結果である。

8. 晩霜の豫報は金澤では深甚の注意が要る。

9. 晝間夜間を通じてハン式の Föhn は先づ見當ら

なかつた。

10. 夜間乾燥は實に局地的に起る。金澤はこの現象をよく觀測し得る位置にある。

以上が主な所でこの調査の結果結論される所は非常に多い。

終りに致み御指導並に御激勵を賜つた岡田臺長閣下に深謝し、凡ゆる便宜と有益なる助言を與へて下さつた佐藤技師、及金澤地方氣象臺諸兄の御後援に對して最大の謝辭を捧げ、又觀測材料を御惠與下さつた各氣象臺測候所の方々に謝意を呈する。