山雲に就いて（雲の調査其の三）

（中央氣象臺彙報）

On the Mountain Clouds, by Y. Isimaru.

石 丸 雄 吉

一、緒言 此調査は筑波山（海拔八七〇米）に於ける山雲及び山霧に就いて觀測せるもので、期間は昭和四年（一九二九）七月より昭和六年（一九三〇）六月迄に於ける滿二ヶ年間の結果である。觀測調査事項は（A）山雲及び山霧の出現の日及び年變化並びに（B）山雲の高さの日及び年變化、各高さ別出現頻度、（C）山雲の形狀並びに出現の場合の垂直氣溫分布、（D）山雲或は山霧の霧粒の大きさ測定、（F）山雲の種類型の區別及び其變化等であつて、撮影寫眞と共に提げてゐる。山雲の高さは地物或ひは寫眞經緯儀に依り測定したものである。亦霧の粒子の大きさは御光及び御來光等の光環現象により求めたるもの及び顯微鏡に依る直接測定に従つたものである。尙山雲の形狀の時間的變化を詳細に撮影した。一方、筑波山の模型を製作し其模型の一端より煙草の煙を送り其變化と實際のものと比較し類似點を調べて見た。

二、山雲及び山霧の出現狀況 既述の二ヶ年間に於ける筑

波山麓より筑波山を臨み次の三階段に別ち一日五回（六時、十時、十四時、十八時、二十二時）の觀測に従へば第一表及び第一圖の如くである。

圖 一 第

（イ）雲の懸けたる場合 （ロ）霧又は霞みある場合
 （ハ）透視良好の場合
 表中の數字は各月に於ける回数百分率を以つて示してある。

此表に依れば明かに山雲の出現頻度の年變化は著しく現れて居る、特に十四時の場合以外には顯著である即ち夏季に著しく、冬季に稀である。亦朝最も良く現はれ、夕刻是に次ぎ日中は尠い。山霧に就いて見れば夏季に著しいが亦冬季にも多い、尠い時季は早春と秋であり、朝から日中に

第 一 表 (%)

時 月	山雲懸る場合						山霧靡く場合						山の透視良好の場合					
	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	平均	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	平均	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	平均
I	16	19	15	19	13	15	2	31	7	2	2	9	82	50	79	89	86	76
II	30	34	34	29	25	30	—	11	4	4	—	4	70	55	63	68	75	66
III	45	26	13	27	19	26	8	15	10	5	—	8	47	60	77	68	81	66
IV	50	35	30	32	28	35	20	8	5	—	—	7	30	57	65	68	72	58
V	44	29	18	23	26	28	23	18	7	7	—	11	34	55	76	71	74	61
VI	67	48	33	53	28	46	18	25	10	8	2	13	15	27	57	38	70	41
VII	73	65	27	48	44	51	23	19	21	11	2	15	5	16	52	40	55	34
VIII	69	53	13	55	42	46	11	10	10	11	—	8	19	37	76	34	58	45
IX	63	42	37	40	22	41	10	12	7	8	2	8	27	47	40	52	77	50
X	52	32	27	26	26	33	5	7	—	—	2	3	44	61	73	74	73	64
XI	40	25	20	15	17	23	7	15	5	—	—	5	53	60	75	85	83	72
XII	36	26	26	13	24	25	7	24	3	7	—	8	58	50	71	81	76	67

及び靄は増し夜分は著しく減ずる。以上の場合以外は山の透視良好の場合であつて、夏は一般に透視不良で冬は良好

第 二 圖

である。一日に就いて言へば朝から日中に及び悪く夜分は良い然し冬季は朝非常に良好の場合が多い。時刻及び季節に依り其差違は有が概して山雲及び山霧の出現變化は一年一回の極大極小を見るが、山靄は二回の極大極小がある。
三、山雲の高さに就いて 先づ筑波山(八七〇米)に懸る山雲に就き五階級に別ち、即ち、(I)五十米以下、(II)五十米以上二百米以下、(III)二百米以上四百米以下、(IV)四百米以上六百米以下、(V)六百米以上として、各階級に於ける出現頻度を求めたるは第二表及び第二圖の如くである。

山雲の出現する高さは日中に高く朝夜に低くなる。前表の四季別に就いて見れば春季は六時にI及びVの階級に(一七乃至一八%)現れ易く、十時にはV階級(二四%)に著しく、十四時、十八時も依然としてV階級に現れ勝である、

第 二 表 (%)

季 節	春					夏					秋					冬				
	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h
V>600 ^m	17.9	13.5	8.8	13.6	6.0	16.9	16.2	12.6	34.2	9.7	13.1	12.6	15.3	15.3	8.3	6.1	8.5	7.3	6.2	4.4
400<I ^m V ^m <600	6.6	8.8	4.9	4.3	2.7	14.6	21.8	7.1	11.4	9.2	3.3	6.6	4.4	3.3	1.7	8.1	12.9	11.3	9.7	8.1
200<III ^m I ^m <400	3.3	3.2	1.6	1.1	1.1	7.6	9.8	2.1	1.6	3.2	3.9	6.6	4.9	1.1	1.6	1.1	2.7	4.6	1.7	1.1
50<II ^m I ^m <200	1.6	1.6	1.6	2.1	1.1	6.0	4.9	1.1	3.8	8.2	0.6	1.7	1.1	2.2	2.7	3.4	2.3	2.8	0.6	1.1
I<50 ^m	16.8	3.8	3.2	2.6	13.1	19.0	3.7	1.6	1.1	13.1	30.7	5.5	3.3	5.0	7.2	12.7	5.6	3.4	5.7	10.0

氣象集誌 第二輯 第十卷 第六號

二十二時にはI階級に靡く様になる。夏季は六時にI階級(二九%)最大であり、十時にはIV階級(二二%)に多く、十四時、十八時に於てはV階級に最大(各々一三及び三四%)となる、二十二時にはI階級(二三%)に出現し易く日變化を良く現してゐる。秋季は六時にI階級(三一%)、十時、十四時、十八時等はV階級(二三%)乃至一五(一三%)に多い、二十時にはI階級

(七%)V階級(八%)に多く現れる。冬季は以上三季に比すれば出現頻度の高さは低下するも日變化は良く現はれてゐる。即ち六時にI階級(一三%)、十時、十四時、十八時等はIV階級(一〇%)乃至一三(%)に著しく二十時にはI階級(一二%)が最大となる。以上を一括すれば朝地表面近くに現れた雲は日出後漸次上昇し、夕刻前に最大の高さに達し日入後は消えるか或ひは地表面近くに降下する、夜間に再び地表面近くに現れて朝に及ぶ斯様の現象を繰返し易い事が窺はれる。次に山雲の高さ

(A)

(B)

第 三 圖

の測定平均結果を調べて見れば第三表及び第三圖の如くである。

第 三 表 (括弧内は観測回数)

時 月	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h	平 均
I	253 ^m (10)	496 ^m (12)	331 ^m (9)	150 ^m (6)	216 ^m (8)	313 ^m (45)
II	303 (17)	438 (19)	433 (19)	398 (16)	300 (13)	382 (84)
III	449 (28)	534 (16)	306 (8)	590 (17)	194 (12)	444 (81)
IV	357 (30)	519 (21)	619 (18)	584 (19)	303 (17)	467 (105)
V	450 (27)	521 (18)	473 (11)	514 (14)	310 (15)	454 (85)
VI	416 (40)	472 (29)	615 (20)	634 (32)	244 (17)	453 (148)
VII	354 (35)	447 (40)	522 (17)	592 (30)	382 (27)	451 (149)
VIII	373 (43)	564 (33)	663 (8)	729 (34)	445 (26)	530 (144)
XI	274 (38)	616 (23)	564 (22)	635 (24)	323 (13)	470 (120)
X	341 (32)	483 (20)	575 (17)	456 (16)	544 (16)	459 (101)
XI	190 (24)	325 (15)	610 (12)	475 (9)	258 (10)	337 (70)
XII	300 (22)	514 (16)	531 (16)	666 (8)	342 (15)	439 (77)

月別平均に於ては夏季に雲高く冬季に低い傾向が見える。

亦時刻別に就いては日中に著しく高く朝夜に低く、出現頻度の場合と同様の變化を示してゐる。次に四季に纏めて見れば第四表の如くである。

第 四 表 (括弧内は観測回数)

時 季節	6 ^h	10 ^h	14 ^h	18 ^h	22 ^h
春	417 ^m (85)	470 ^m (55)	508 ^m (37)	567 ^m (50)	276 ^m (44)
夏	382 (118)	492 (102)	588 (45)	655 (96)	372 (70)
秋	275 (94)	497 (58)	578 (51)	547 (49)	397 (39)
冬	293 (49)	489 (47)	448 (44)	420 (30)	299 (36)
年	349 (346)	486 (262)	534 (177)	581 (225)	341 (189)

春季(五七〇米)夏季(六六〇米)は十八時に於て最高を示す、秋季は十四時(五八〇米)に、冬季は十時(四九〇米)に最高を示し、日中に高い。各季を通して六時及び二十二時には最低(二八〇乃至四二〇米)を示し、朝夜に低い。亦各時を通じ夏秋春冬の順に大凡低くなつてゐる。

四、山雲の變化と垂直氣溫の分布 山雲が日出後其高さが増大する事は前章の統計に依り明瞭なる處であるが尙詳細なる時間的變化の寫真並びに雲層中の氣溫の垂直分布の觀測を例示して見る。氣溫の觀測は筑波山南側を昇降するケーブルに依り測り、中腹(二四〇米)より山頂(八七〇米)間を約十五分間位にて觀測せるものである。第

四圖に示したるものは是れに依る。此調査は昭和五年八月

第四圖

四日より六日迄に行ひしもので此期間の天氣の概況は、五日(六時)七六二耗の高氣壓日本海に中心を有し本州全土を掩ひ、高氣壓勢力範圍で天氣良く南西の微風が流行してゐ

る程度であつた。五日、六日及び七日も尙此程度の靜穩なる天氣の場合であつた。第四圖に見る如く、午前中は五〇乃至六〇〇米に氣溫逆轉起り漸次日中に及び逆轉層が高くなつて居る、是れに關聯し雲海の高さも第二圖版(2.15より2.16迄)にて見る如く著しく高さが變つてゐる。而して氣溫逆轉始めの高さに最も濃密なる雲となり其の前後に消えてゐる。第四圖に於て、Aは雲發生する上端でありBは最濃密の處でCは消える下端を現してゐる。第五表に觀測及計算結果を示した。

以上の表より見ても氣溫逆轉と雲層とは明かに密接であり雲層の中間位ひに逆轉は起り此逆轉の百米前後の高さに於て雲の上端及び下端となつてゐる。亦逆轉層と雲の厚さとは略比例してゐる。氣溫の遞減率は逆轉層以下は百米に對し一度以下であり、逆轉層中は約百米に對し一度以上の増加となつてゐる。第五表に示されたる如く日出後時間の經過に依り雲の上端並びに下端は何れも高度を増してゐる事は明瞭に知れる。

五、雲及霧の粒子の大きさ 筑波山頂に於て、霧又は山雲の掩ふ場合に直接顯微鏡に依り或ひは電球を霧中に燈し其の周圍に生ずる御光の光環及び月光環に依り測定せるものは夜の結果である。亦朝及び夕刻に太陽の反對方向に雲海或

第 五 表

時 刻	雲の下端の高 さ及(温度)	雲の濃密なる 高さ及(温度)	雲の上端の高 さ及(温度)	気温逆轉の高 さ及(温度)	逆轉の終りの 高さ及(温度)	気温逆轉以下 の逆減率	気温逆轉層中 の増加率	逆 轉 層 及 (雲の厚さ)
5 ^h 8 ^h 00 ^m	435 ^m (22.°9)	565 ^m (21.°8)	660 ^m (22.°9)	570 ^m (21.°7)	850 ^m (25.°7)	0.°82/100 ^m	1.°43/100 ^m	280 ^m (22.5 ^m)
5 ^h 8 ^h 30 ^m	475 ^m (24.°1)	550 ^m (23.°4)	720 ^m (24.°3)	570 ^m (23.°1)	870 ^m < (25.°6)	0.°33/100 ^m	0.°83/100 ^m	300 ^m < (24.5 ^m)
5 ^h 12 ^h 00 ^m	—	—	—	680 ^m (24.°4)	850 ^m (26.°2)	0.°97/100 ^m	1.°06/100 ^m	170 ^m
5 ^h 13 ^h 30 ^m	—	—	—	(1) 815 ^m (26.°0) (2) 450 ^m (28.°2)	(1) 870 ^m < (27.°0) (2) 570 ^m (28.°9)	(1) 1.°18/100 ^m (2) 0.°64/100 ^m	(1) 1.°82/100 ^m (2) 0.°58/100 ^m	(1) 55 ^m < (2) 130 ^m
5 ^h 16 ^h 30 ^m	—	—	—	810 ^m (24.°0)	870 ^m < (26.°8)	0.°77/100 ^m	4.°67/100 ^m	60 ^m <
5 ^h 18 ^h 30 ^m	—	—	—	810 ^m (21.°0)	870 ^m < (22.°1)	0.°97/100 ^m	1.°83/100 ^m	60 ^m <
6 ^h 8 ^h 00 ^m	(1) 705 ^m (23.°3) (2) 485 ^m (22.°7)	(1) 770 ^m (23.°2) (2) 565 ^m (22.°2)	(1) 800 ^m (24.°0) (2) 640 ^m (22.°9)	(1) 780 ^m (23.°1) (2) 570 ^m (22.°7)	(1) 880 ^m (24.°2) (2) 685 ^m (23.°2)	(1) 0.°21/100 ^m (2) 1.°00/100 ^m	(1) 2.°20/100 ^m (2) 1.°04/100 ^m	(1) 5.0 ^m (35 ^m) (2) 11.5 ^m (160 ^m)
7 ^h 8 ^h 00 ^m	450 ^m (24.°1)	560 ^m (22.°7)	650 ^m (23.°1)	570 ^m (22.°5)	830 ^m (25.°8)	0.°91/100 ^m	1.°79/100 ^m	260 ^m (200 ^m)

ひは斷片的霧の存在せる場合に生じたる御來光の光環に依り測定せるものは晝の結果である。而して顯微鏡は六〇乃至一〇〇〇倍率を有するものにて測定した。光環に依る測定は、光環の第一、第二、第三等の環に於いて環色別に其半徑を測つた。此場合粒子の大きさに關して次の關係式がある。即ち r を霧粒子を球形と看做せる場合の其半徑とし、

$$2r = \frac{\lambda(n+q)}{\sin \theta}$$

θ を光環の中心と環とのなす視半徑の角度とし、 λ は光環の色に應じて定まる光の波長、亦 n を光環の番號(1、2、3……)とし、 q は n に依り定まる常數である、然らばにて求められる。此處に

$$n=1 \quad n=2 \quad n=3$$

$$q=0.220 \quad q=0.233 \quad q=0.238$$

なる關係を有するものである。而し赤色の波長に對してはフラウンホーヘル線のAを以て代表し黃色に對してはDを以て代表し、青色に對してはGを以て代表するものとすれば

$$\lambda R=0.76\mu, \lambda E=0.59\mu, \lambda B=0.43\mu$$

である。次に測定せる霧粒子の結果を表示すれば第六表の如くである。而して昭和四年七月より六年六月迄に於て隨時觀測せるものである。

第六表 (霧の粒子半徑大さの頻度) 單位 (ミクロン)

半徑の大小	0 μ -10 μ	10 μ -20 μ	20 μ -30 μ	30 μ -40 μ	40 μ -50 μ	50 μ -60 μ	60 μ -70 μ	70 μ -80 μ	80 μ -90 μ	90 μ -100 μ	100 μ <
顯微鏡に依る 測定回数 頻度 %	59 12.7	92 19.9	87 18.8	63 13.6	48 10.4	30 6.5	27 5.8	21 4.5	7 1.5	18 3.9	12 2.3
半徑の大小	10 μ -15 μ	15 μ -20 μ	20 μ -25 μ	25 μ -30 μ	30 μ -35 μ	35 μ -40 μ	40 μ -45 μ	45 μ -50 μ	50 μ -55 μ	55 μ -60 μ	60 μ -65 μ
光環に依る 測定回数 頻度 %	6 4.4	34 24.8	41 29.9	19 13.9	14 10.2	6 4.4	6 4.4	5 3.7	3 2.2	2 1.5	1 0.7

第六表結果より公算式
$$\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)^n e^{-\frac{(r_1-R_1)^2+(r_2-R_2)^2+\dots+(r_n-R_n)^2}{2\sigma^2}}$$

依り霧粒子の半徑の最も確らしい値を出せば

$$R_p=31.77\mu \quad n=434 \quad \sigma=2.07 \dots \text{顯微鏡に依るもの}$$

$R_p=26.44\mu \quad n=137 \quad \sigma=2.08 \dots$ 光環現象に依るものである。此處に n は測定回数、 σ は標準偏差である。此結果と既に觀測せられたる諸氏の結果と比較して見ればダインス氏顯微鏡に依り (16 μ -127 μ) コンラート氏同様に顯微鏡に依り (35 μ -270 μ) アスマン氏顯微鏡に依り (6 μ -17 μ) ケムツ氏光環に依り (14 μ -35 μ) ペルンテル氏光環の場合として (10 μ -50 μ) ウエゲナー氏光環に依る平均 (33 μ) 押尾氏光環に依り (16 μ -67 μ) であつて、著者の顯微鏡に依る (5 μ -150 μ) 光環に依る (10 μ -70 μ) と大體に於て、大差なきも

のである。偕て、前章に於ける昭和五年八月五日に關する雲及び霧に對して特に詳述して見れば次の如くである。此表より顯微鏡及び電球に依るものは夜間の結果で御來光

第七表 (昭和五年八月五日の霧粒子測定)

測定區別	時刻	測定數	平均粒子の半徑	粒子測定に於ける最小最大の範圍	記事							
					頻度	0-10 μ	10-20 μ	20-30 μ	30-40 μ	40-50 μ	50-60 μ	60-70 μ
顯微鏡	^h 21-24	62	24.68 μ	5-65 μ		5	22	20	7	3	3	2
御來光	^h 5-7	11	29.47 μ	22-33 μ	第一光環	第二光環						
					平均値	26.18 μ						
電球	^h 2-3	10	28.03 μ	22-36 μ	第一光環	第二光環						
					平均値	27.42 μ						

に依るものは晝間の結果と看做せば、霧粒子は夜間より晝間の方が大となつてゐる。要するに先づ山雲及び山霧の平均の粒子の半徑の大きさは三〇ミクロン位かと思はれる。第三圖版(No. 20-29)に御來光の寫眞を示してゐる。此圖版に於てNo. 20よりNo. 29迄は夕刻太陽を脊にして東方に山霧ある場合生じたる御來光である。亦No. 20よりNo. 29は朝刻太陽を脊にし西方に雲海ある場合生じたる御來光にして、筑波山影の雲海に寫りたるものも現れてゐる、漸次太陽の昇ると共に山影の減退するを見られる。

六、山雲の形狀及び雲海の變化 筑波山(八七〇米)に懸れる山雲に就いて其形の代表的のものを摘出し變化並びに天氣との關係を調べて見る。

A 笠雲 第一圖版に笠雲の例を示してゐる、No. 1よりNo. 4迄の變化は天氣惡くなる場合の代表的のものでNo. 4よりNo. 29迄は天氣良くなる場合の代表的のものである。即ち前者は昭和五年五月九日のもので同日六時東支那海に七五〇耗の低氣壓現れ四國、中國迄の本邦西部は降雨にて、同日一八時には低氣壓中心境附近に進み奥羽地方を残し本州全部強雨の處多く、當地方は午後より降雨となつた。而して此低氣壓に依り釜山(五七耗)濱松(六九耗)東京(四八耗)飯田(五八耗)那覇(六七耗)名瀬(八九耗)高知(六八耗)潮岬(六四耗)嚴原(六三耗)名古屋(五一耗)石巻(二六耗)札幌(五耗)等の降水量を計つてゐる。次に後者の場合の昭和六年五月十五日のものは、六時高氣壓(七五八耗)本州を覆ひ一五、一六、一七、一八日共本州一般に晴の處多く良い天氣續いたる場合であつた。此等兩者の特長は次の如くである。

笠雲の特長

天氣良くなる場合	天氣惡くなる場合
一、層狀より積狀に變化する
二、雲高が次第に高くなる
三、上昇して消散し易くなる
四、高氣壓の覆ひたる靜穩なる朝及び夕に出來易し	一、積狀より層狀に變化する
二、雲高が次第に低くなる
三、下降して發生し易し
四、西方に低氣壓現れたる場合は山の東側に出來易し

B 旗雲及び山積雲

第一圖版中に旗雲及び山積雲の例を示してゐる。No. 9 昭和六年八月八日のもので南西乃至西風の流行せる場合であり、七三〇耗の颱風が八日琉球南東海上に現れ九、一〇、一一日と沖繩附近を荒し、九州西岸より朝鮮海峡を通過し日本海に進みたる場合であつた。即ち上空に於て風強き場合に現れ易く時間の經過に依り次第に雲の厚さを増してゐる。

旗雲の特長

- 一、天氣惡くなり風強くなる場合に現れ易し
- 二、山頂の半面に旗狀に出来る

No. 9 及び No. 10 は山積雲及び山積亂雲を示し、天氣良好なる夏期に正午より夕刻迄に現れる。

山積雲及山積亂雲の特長

- 一、天氣靜穩なる夏期の午後に出來易し
- 二、山積雲の發達せるものが山積亂雲である
- 三、山の形狀に出來易く、上昇性の雲である

此等圖版に於て筑波山は二つの峰より成れるを以て山積雲も亦山積亂雲も共に二塊或ひは二つの突起狀の雲容を示す事は山形に依り上昇氣流の變化あるに従ふ故と思はれる。

C 山層雲

第一圖版中に此の例がある、山頂以上に現れる

もの、山頂に接するもの、及び山頂以下に横拔に靡くものがある。山頂より上に出来るものは概ね天氣惡き場合で以下に現れるものは天氣良き場合と惡き場合の二種があり、良き場合のものは漸次積狀に變化し、朝靜穩なる好晴の日に出来る輻射雲である。

山層雲

上山層雲(低氣壓性雲) 天氣惡き場合に出來易し

中山層雲 同上

下山層雲(輻射雲) ……天氣良き朝に出來易し

D 山頂及び谷間の雲

第二圖版中に山頂及び谷間に於ける地形的影響に依り生じたる雲の例を示してゐる。山頂に於ては No. 15 に示す如く、頭巾狀に峰の形狀に従つて覆ひ山頂の東側より流れて山に添ひ西側に下降して消えてゐる。No. 13 及び No. 14 の變化は山に添ひて下降せる雲が谷間

第一版圖

(Plate 1)

笠雲の變化
(Mountain lenticular & Crest cloud)
(天氣惡くなる場合)

旗雲、山積雲、山積亂雲
(Banner, Mountain cu., & Mountain cu. nb.)

山層雲
(Mountain stratus)
(上、中、下、型)

第 二 圖 版 (Plate 2)

谷及山頂の雲
(Valley & Summit cloud)

雲海の變化 (高きもの)
(Upper clouds-sheet of high st.)

雲 海 の 變 化 (低きもの)
(Upper clouds-sheet of low st.)

の上に於て渦狀を呈しつゝ消滅せる状況である。此等兩者の場合は何れも靜穩なる天氣の場合の夕刻に於けるもので山の形狀に依る氣流の分布狀況を知る例ともなる。

E 雲海の變化 第二圖版の No. 16 より No. 18 迄及び No. 19 より No. 34 迄は雲海の時間的變化を示した例である。

雲海は主として靜穩なる好晴の朝に輻射的に出るもの及び不連續線通過等の場合の如く寒暖氣流の混合の場合に出来るものがある。輻射の場合のものは日出と共に漸次上昇し其儘消滅する場合と其一部は谷間より立雲となり上昇する雲と共に山積雲を構成する因となる事が多い。特に夏季は山積雲が山積亂雲と發達し雷雨を起し平野部に移動する事が常である。而して夕刻日入後山頂附近に山層雲の發生を見る事多く、然して夜間に漸次山層雲は下降して明朝の雲海の種と残る場合が屢々ある。即ち地表面の輻射熱と太陽の日射とに依り地表面近くの空氣の膨脹、收縮に基因して山及び谷なる地形風を起す。此れに關聯して、山雲も斯様な循環的變化を來すものと思はれる。第二圖版に示されたる例に於ける時刻別雲海の高さの變化は次の如くである。

明かに日出後雲海の上昇を示し、亦雲海の厚さも増してゐる。尙圖版より窮れる如く、顯著なる事實として、日出前

第 八 表

昭和五年八月五日 (No. 16 より No. 18 迄の例の場合)						
時 刻	5 ^h 04 ^m	6 ^h 07 ^m	6 ^h 40 ^m	6 ^h 55 ^m	7 ^h 02 ^m	12 ^h 05 ^m
雲海上面の高さ	550 ^m	660 ^m	680 ^m	730 ^m	790 ^m	950 ^m
雲海下面の高さ	320 ^m	410 ^m	410 ^m	430 ^m	440 ^m	620 ^m
雲 海 の 厚 さ	230 ^m	250 ^m	270 ^m	300 ^m	350 ^m	330 ^m

昭和五年七月十五日 (No. 19 より No. 24 の例の場合)								
時 刻	4 ^h 45 ^m	5 ^h 00 ^m	5 ^h 15 ^m	5 ^h 30 ^m	6 ^h 00 ^m	6 ^h 30 ^m	650 ^m	702 ^m
雲海上面の高さ	120 ^m	130 ^m	150 ^m	170 ^m	210 ^m	250 ^m	270 ^m	320 ^m
雲海下面の高さ	70 ^m	70 ^m	80 ^m	100 ^m	120 ^m	130 ^m	170 ^m	210 ^m
雲 海 の 厚 さ	50 ^m	60 ^m	70 ^m	70 ^m	90 ^m	120 ^m	100 ^m	110 ^m

より日出頃迄は波狀著しく波長も大きい、而して日出後漸次波狀は波長小さきものが交又する様になる。尙時刻の經過に従ひ大波の處より切れて大きい團狀を呈す様になり、小波の處より再び切れて小さき團狀に變化し次第に消散する事が知れる、即ち早朝に於ては雲海を生ぜる不連續層の上下

の氣流並びに溫度は齊一に定常狀態を呈してゐるものと思はれる。然るに日出後日射及び地表面の熱の輻射により此

層の上下の氣層は活氣を呈し渦性或ひは粘性も著しくなり不連續層に擴亂作用を起し小波動の發達と共に波狀分布は團狀分布となるものと思はれる。

七、模型に依る山雲の考察 山雲の地形的影響に依り變化する狀況を實驗的に考察しようと思ふ事は全く困難である。此處には一つの參考として試みたに過ぎない。先づ四面硝子張りの箱の中に筑波山附近の地形模型を置き箱の一端より煙草の煙りをゴム管を通しスポイトにて靜かに速度を一定にして送るのである。然る時は此煙は模型地形の影響に依り様々に變化をなす、此變化狀況を側面或ひは上面より撮寫したる例を第三圖中及び第四圖版に納めてある。

模型的實驗には先づ實際自然現象とのシミナリテイを論ずる必要がある。然れど此實驗に於ては單に雲形の變化狀況を目撃して自然現象との類似的を觀察するに止めた。模型の全形は第四圖版の(A)に鳥瞰圖を示してゐる。而して等高線は百米毎となした。第三圖版中に此模型による側面の狀況を寫し、尙第五圖に煙の運動の圖解がある。No. 1_aよりNo. 4_a迄は模型筑波山の西方より寫したるもので煙は南方より送つた。No. 1_aに於ては下方に於て南より北に煙雲は流れ山に遮ぎられ上方では北より南に返る流となる、旗雲の場合屢々斯様の運動を見受ける。No. 2_aは山を廻つて流

圖 五 第

れた場合である。No. 3_aは南より進む氣流と北より進む氣流が山頂附近に於て混合し合ふ場合の例で南及び北の兩方向より煙を送り山頂附近に渦亂流の生ぜるものである。No. 4_aは山頂に於て上昇氣流を起せる場合である。No. 1_aよりNo. 4_a迄は南西方向より寫し、東南及び北西の兩方

第三圖版 (Plate 3)

御來光 (夕刻)
(Broken-box)

御來光 (朝刻) (陸筑波ヲ見ル)
(Mountain-spectre)

模形に依る實驗 山雲の變化 (側面の撮影)
(Model mountain clouds)

第四圖版

(Plate 4)

模形に依る山雲

(Model mountain clouds)

(側面の撮影)

模形に依る山雲變化

(Model mountain clouds)

(水平面の撮影)

向より煙を送つた場合である。此等も同様山頂附近の一方に渦亂流或ひは山頂上に上昇氣流起れる場合の形狀を示したものである。第四圖版の No. 1 及び No. 2 は山の突起を一つ及び二つにせる場合の斷面模型に對する實驗で筑波山を西方より臨みたる場合と南方より臨みたる場合の型となる。此場合斷面に平行に煙を送れば前者は山頂にて先づ一塊となりて種々變化すれど後者の場合は山頂に於て先づ二塊に別れて變化する事が知れる。即ち山積雲が山の突起の狀況により形を成す事と類似してゐる。第四圖版中に水平に煙の動く狀況を示してゐる。B より E迄は南西方向より煙を送り山の形狀に依り變化せる連續的變化であり、B は筑波山の南西平野部(H M I)に北東に流れてゐる狀況で、C は風返峠(B)附近の谷を越し小幡(K)に向ふものと、不動峠(G)を越して月岡(L)の方向に流れるものとなる。D 及び E に於ては小幡(K)の部に流れた一部が湯袋峠(C)を越して眞壁(J)に向ひ筑波山(A)を迂廻する狀況が窮はれ、一方上大島(M)の平野部を添ふて筑波山を廻り眞壁(J)に向ふ流とがある。F に於ては南西方向より煙を送りたるもので、筑波山を迂廻し(J)にて合して逆に返る氣流が生ずる事を見る。

斯様な地形的氣流の動きは雲海に於て屢々見受ける事實

と似る。亦谷間に雲が多く残り勝である事や峠を越しつゝ消える雲の流れも屢々觀測せられる處である。此調査に對し當所長高山氏を始め河田、織原、竹井(與)、竹井(久)の諸氏並びに山麓觀測所に於ける傳田氏等に種々御世話になつた事を感謝するものである。

於筑波山測候所

下層大氣の擾動に就いて

淵 秀 隆

Turbulent Motion in the Lower Atmosphere. by H.

Fuji

一、風速日變化に及ぼす擾亂の影響 下層大氣の擾亂に就いては最初 P. Prandtl⁽¹⁾ が流體力學的の擾亂の概念を氣象學に導入し、Reynolds⁽²⁾ (Reynolds' number $R = \frac{vL}{\nu} = \frac{\rho vL}{\mu}$ を出して色々立派な實驗をしてゐる、 ν 速度 ν 長さ L 動的粘性係數 μ 粘性係數 ρ 密度) A. Wegener⁽³⁾ に依つて發展せられ、一九一五年 G. I. Taylor⁽⁴⁾ は $\kappa/\rho\sigma = \mu/\rho$ (κ eddy conductivity, μ eddy viscosity, σ specific heat, ρ density) なる事を理論的並スコチア艦上の觀測材料をもつて示した。一九一七年 W. Schmidt⁽⁵⁾ はアウスタウシ(κ ρ) なる量の重要なる事