釧路の海霧について*

荻原晴二，中西定一**

§ 1 緒言

北海道の太平洋沿岸，千島列島及びオホーツク海方面は海霧の発現地として最も顯著なものであつて此の方面の霧に就て從來幾多の調査がなされているか⁽¹⁾それらは発生消散に関する統計的な調査のが大部分であつて発生の機巧に迄立ち入つた研究や霧滴の物理的又は化学的性質の研究は極めて僅かである．著者はこの方面における霧滴の物理的性質を調べる爲に昭和17年7月17日から22日迄釧路測候所で観測を行つた．今回は主として霧滴の大いさ，含水量等を測定し之が時間と共にどのように変化するかを調べた．7月22日6時の天気図(第1図)から知られる様に此の場合の霧は典型的な海霧であつて殆ど連続的に霧の発現を見

第 1 図
天気図(昭和18年7月22日6時)

た．海霧に於ても一般に日出頃最も濃く日中は薄くなる傾向があつて日射の影響が少なくない事を示している．海霧の濃度は通常絶えず変化しているものであつて殊に陸上で甚だしい．之は可成り長時間に亘つて濃霧の連続発現した日のロビッチ日射計による記録からもうかがう事が出来る

§ 2 霧滴の観測

霧滴の大いさを測定する方法には色々あるが比較的容易であつて而も正確な値が得られるのは顕微鏡による方法である．伊藤理自技師の研究によれば油としては Vacuum oil が最も良い様であるが我々は mobile oil を用いた．之に受けた霧滴は30分以上も殆どその大いさを変える事なく又油の中の霧滴の形も殆んど完全な球形を保つていた．顕微鏡の倍率は100倍で測定の誤差は $+3\mu$ 程度であつた．デッキガラスは建物の風下側で殆ど無風となつてゐる所に出してその露出時間(大体30秒位)はストップウォッチで測つた．霧滴の大いさと共に顕微鏡の視野内にある霧滴の数を数えて霧の含水量をも測定した

油の層は可成り薄く然もその厚さを一様にする事が必要であつてその様になつていない場合には偏平又は楕円形となり易く又或る部分に多く集まり他の部分には少いという風になつて霧滴の数を

* S. Ogiwara and T. Nakanishi: Report on the Observation of Sea Fog at Kusirow.

** 東北大學理學部地球物理學教室

(1) 須藤松壽：北海道の霧に関する調査概要，航空氣象報告第5巻第4号(昭和17年)

数えるのに都合悪くなる。デッキグラスを少し斜に傾けておきその上部に一滴の油を滴らして数時間放置する時に理想的な油の薄層が得られる。尚この外に地震計の燃焼紙に霧滴を受けてその大いさを測ろうと試みたが燃焼紙にニスを塗る時は煤にムラが出来てそれが丁度霧滴の痕跡に等しい程の大いさである爲に識別出来なかつた。此の方法は雨滴の測定⁽¹⁾に用いられてよい結果を得ているが霧滴の場合には都合悪い訳である。

§ 3 霧滴の大いさ

霧滴の大いさの頻度分布の数例を第2図に示す。之は霧滴の直径を1—10, 11—20 μ

第2図 (イ) 第1表の14 (ロ) 第1表の16 (ハ) 第1表の18 (ニ) 第1表の21
第1表の13

(イ) 第1表の25

という風に10 μ 毎に分け各範囲内の霧滴の数を%で示したものである。デッキグラス上の霧滴の大いさの頻度分布は大気中の霧滴のそれとは異なる。単位時間にデッキグラスの単位面積に落下する直径 a の霧滴の数を $n(a)$, 単位体積の大気中にある霧滴の数を $n(a)$, 直径 a の霧滴の落下速度を $\mu(a)$ とすれば

$$n(a) = \frac{n(a)}{\mu(a)} \text{ である。我々の求めるのは頻度であるから } n(a) / \sum_a n(a) = \frac{n(a)}{\mu(a)} / \sum_a \frac{n(a)}{\mu(a)}$$

を計算すればよい。第2, 3図に示したものは $n(a)$ 即ち実際の大気中に於ける霧滴の大いさの頻度分布である。

次に霧滴の大いさ従つてその頻度分布を決定する諸要素について考えてみよう。

(1) 霧滴の最初の大いさ

霧滴は凝結核を中心として成長する事は今日疑う余地のないところである。霧滴の最初の大いさは高橋喜彦技師の研究⁽²⁾によれば0.5—1.5 μ であろうという。Köhler及びWright⁽³⁾は海水の塩分が凝結核として作用し得ることを述べ前者は雲の含水量及びclの量から後者は視程と湿度との関係からその大いさを計算して1 μ 程度であるとした。之に対してはFindeisen等の反対もあるが我々は今Köhler等の説に従つて海塩が海霧の凝結核であるとしよう。一つの核に含まれる塩分の量をKöhlerは 1.8×10^{-14} g, Wrightは 1.1×10^{-14} gと見積つてゐる。我々は凝結核の観測を行ななかつたので之等の結果がそのまま釧路地方の海霧にも当てはまるかどうか分らないが凝結

(1) 伊東 彦自：日本學術協會報告第10巻（昭和10年）

(2) 高橋喜彦：氣象集誌第21巻（昭和18年）

(3) H. Köhler: Geophys. Pub. 2. No. 6 (1922); H.L. Wright, Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 66 (1940).

核の大きさや塩分の量がこの程度であると凝結核の生長と凝結とを区別する⁽¹⁾事は出来なくなる。即ち空氣の濕度が増して或る値に達すると凝結核が急に増大して霧滴となるのではなくて濕度が増すと共に凝結核は次第に成長して霧滴となるのである。従つて霧滴の最初の大いさとしては凝結核の大いさを考えねばならず之は塩分の量と空氣の濕度とによつて略々定まるものである

(2) 濕度の変化による生長及び蒸発

水滴が海塩の溶液となつてゐる場合にはその最大水蒸氣張力は純粹の水の場合のそれよりも小さい。従つて海塩の大いさは濕度と共に大きくなるが時間さえかければ濕度100%以下でいくらでも大きくなる事が出来る。霧滴の中の海塩の濃度と空氣の濕度とは一定の関係があるので平衡状態に於ては各霧滴の体積分布とその中の海塩の量の分布とは一致する。従つて霧滴が併合によつて生長しない限り霧滴の体積分布の形は一定している事になる。實際には後で述べる通り併合による生長及び大粒のものが海面又は地面に落下してうゑに体積分布は一定と考える訳にはゆかない。次に蒸発による霧滴の大いさの変化を考えてみよう。霧が純粹の水より成る場合には霧滴の表面積分布の形は殆ど変化ない⁽²⁾が海塩を含む場合には多少事情が變つてくる。若し霧滴の併合や地上への落下がないものとすれば凝結による霧滴の生長の場合と同じように体積分布の形が一定という事になる。

(3) 霧滴の併合による生長

霧滴同志の併合によつてその大いさがどのように變化するかに就て Schumann⁽³⁾の研究がある。彼は極めて簡単な仮定の下に計算を行つてその結果を Houghton 及び Radford⁽⁴⁾の実測値と比較して可成り良く一致する事を見出している。今22日に測定した980個の霧滴の大いさの平均頻度分布(第3図)上に Schumann が理論的に求めた頻度曲線を描いた結果可成り良く一致する事が分つた。又霧滴の数と凝結核の数とを比較し又霧滴中に含まれる塩分の量を考えると霧滴同志の併合による霧滴の生長が極めて大切な事が分る。一つの核に含まれる塩分の量として Köhler 及び Wright の値を。又霧滴に含まれる塩分の量として Houghton 及び Radford の値⁽⁴⁾(8~480 mg/L)を用いて計算すると一つの霧滴には50~300個の凝結核が含まれる勘定になる

以上二つの点よりして霧滴の生長には併合が重要な役割を果している事は間違いない様に思われる。

第3図
No. 16-25 平均頻度分布
図・太い曲線は Schumann
の理論

(4) 降水による影響

霧滴は生長するに従つてその落下速度を増し海上又は地上に落下してうゑ。従つて霧滴の大きい

- (1) 高橋 實彦：前出 G. C. Simpson: Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 67 (1941).
- (2) 荻原 晴二：氣象集誌 昭和19年
- (3) T. E. W. Schumann: Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 66 (1940)
- (4) H. G. Houghton and W. H. Radford: Pap. Phys. Ocean. Met. 6. No. 4 (1938).

ものは次第に落下して小さいものだけが残る事になる。我々の測定では 10μ 以下のものは見出されなかつたが凝結核の大きさを 1μ 程度とすればもつと小さい霧滴が見出されてもよい様に考えられる。我々の測定したのは海上で発生して可成りの距離を流されてきたものであるからその間に生長したものと考えられる。尙小さい霧滴が見出されなかつたのは測定の誤りでない事は人工的に作つた霧について別に測定した結果明らかになつた

§ 4 霧の含水量及び霧滴の数

単位体積中の霧の含水量 w 及び霧滴の数 N は夫々

$$W = \sum n(a) \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right)^3 = \frac{\pi}{6} \sum \frac{n(a)a^3}{\mu(a)} = \frac{3\pi\mu}{\rho g} \bar{a} N' \quad N = \sum n(a) = \sum \frac{n(a)}{\mu(a)} = \frac{18\mu}{\rho g} \left(\frac{1}{\bar{a}^2}\right) N'$$

から計算する事が出来る。ここに ρ は水の密度、 N' は単位時間にデツキガラスの単位面積内に落下した霧粒の数、 μ は空氣の粘性係数、 $\frac{1}{\bar{a}^2}$ 、 $\bar{a}$ は夫々 $\frac{1}{a^2}$ 、 a の平均値である $\bar{a}$ 、 N 、 W 等の値は第

1 表及び第 4 図に示

第 1 表

観測番号	観測日時分	風向	風速	気温	湿度	霧濃度	読取霧滴数	霧滴数 N	含水量 w	平均直径 $\bar{a}$	降水量 y
								$/cm^3$	g/m^3	μ	mm/day
13	21 05.00	S	0.8	15.7	99	4	25	0.10	0.005	51	0.89
14	05.31	S	1.2	15.4	99	5	55	0.60	0.075	63	1.4
15	06.00	S	1.2	15.8	99	5	45	0.26	0.016	52	2.5
16	22 05.30	S	1.2	18.3	99	5	85	0.03	0.075	191	1.9
17	06.00	S	1.2	18.3	99	5	15	0.25	0.075	115	1.2
18	06.30	S	2.0	18.4	99	5	65	0.28	0.085	95	6.8
19	07.00	S	2.0	18.4	100	5	55	1.00	0.13	68	4.2
20	07.35	S	1.2	18.5	100	5	55	0.75	0.10	69	3.8
21	08.00	S	1.2	18.5	100	5	65	0.48	0.11	89	9.4
22	09.00	S	0.7	18.6	99	5	55	0.45	0.090	88	8.2
23	09.30	S	1.2	18.9	99	5	55	0.20	0.080	115	1.2
24	10.30	S	2.0	18.8	99	5	55	0.16	0.065	105	7.3
25	11.00	S	2.2	18.7	99	5	45	0.80	0.080	65	2.2

4 図からも知る事が出来る 即ち霧が濃くなるにつれて霧滴の数は急激に増し含水量もそれに應じ

第 4 図

平均直径 $\bar{a}(\mu)$ 霧滴の数 $N (/cm^3)$
含水量 (g/m^3)

は 7 時から 8 時迄で霧滴の数は最も多く霧量も亦可成り多い。

次に霧の含水量及び数の実測値を見ると之等が可成り小さい事が分る 即ち之等の霧滴が全部蒸発しても空氣の温度は $0.4 \sim 0.9\%$ 程増加するに過ぎない。含水量の少いのは大粒の霧が落下して下り事も影響している様に思われる。この影響を知る爲には霧の降水量 P を計算すればよい。即ち $P = \sum \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right)^3 n(a) = \frac{\pi}{6} \bar{a}^3 N'$ から求めた P を日降水量 (mm) に直したものを第 1 表に示したか之は可成り大きいものである。この事は霧の降水量が霧の消散や濃度の変化に及ぼす影響の極めて大きい事を示している。然しなから釧路測候所における降水量の実測値は次表の様に我々の結

果に比べて可成り小さい。

我々の測定で含水量の極めて小さい点より考えると之は測定の誤とは考えられない。一般に地面の温度が気温に比べて高い時には降つた霧は再び蒸発しその一部は再び霧となる。この現象は観測

	0時—6時	6時—12時	12時—14時	14時—18時	18時—22時	22時—24時
21日	0 5			-	0 0	0 3
22日	0 8	0 1	0 0	0 0	0 2	

期間中にも屢々目撃された。一般に北海道の南東及び北東海岸地方の地面温度は夏期には気温よりも可成り高く殊に霧のある場合に著しい。例えば釧路の7月の毎日最高気温の平均は 18.8° で地面温度の平均は 19.3° である。特に霧の場合には多少風もあるので地面からの蒸発は相当に起り得るものと考えられる。勿論雨量計の温度と地面温度とは等しくないが雨量計の表面よりの蒸発は決して之に劣るものとは思われない。22日には夜半から正午頃迄殆ど一様な濃度の霧が発現したにも拘らず0時—6時の降水量は 3.2 mm/day で6時—12時のそれは 0.4 mm/day であつた事は明かに蒸発の影響である。尚霧滴が風の爲に雨量計を避けて落ちるという様な事は認められなかつた。

此の観測は大日本航空技術協会の補助によるものであり観測の便宜を與えられた抜山、佃台長及び小平博士に御礼申上げる。釧路測候所の河村所長、堺技手以下所員の方には観測上種々と便宜を與えられ札幌管区气象台の塩原正宏君は繁雜な計算及製図を手傳われた。こゝに厚く感謝の意を表する次第である。