

ヤマセ時の雲と降雨について

浅井辰郎*・西沢利栄*

〔下北半島の開発に関する基礎的研究〕の一環として、冷涼気候下の農業を高度化する事を目的として、ヤマセ吹走時の雲の実態特に雲の温度、厚さ、さらに雲厚と地上降水量、降水中の塩素イオン量等を調査した。その結果について報告する。

1. 用いた資料

ヤマセとは東北地方の冷害の主因である東寄りの、霧や雨をともなった冷風に命名されたものである。このときの雲霧をわれわれはヤマセ雲とし、この通念にもとづき八戸測候所における地上風向が N. NNE. NE. ENE. E. ESE. SE. を示す回数が1日の全観測回数中 $\frac{2}{3}$ をしめる日をまずヤマセ日と決定した。この日について八戸の地上気象観測日表と三沢米極東空軍基地の高層観測値を探し1951年5月、6月は仙台の東北管区気象台で入手してP-Tchartにし、1953年7月、8月、1954年5月～8月の値は府中の米極東空軍が保管しているSkew T-log P diagramのマイクロフィルムを用いて、ヤマセ日で特に日平均雲量10の場合に対し雲や降水に関する前記項目を調査した。また降水中の塩素イオン量については、1938年から1942年に至る5年間、八戸測候所で測定された値を、採水中の地上風向、風速、降水強度、波浪階級とともに使用した。

2. ヤマセ雲の高さ、厚さ、温度および湿度

断熱図上から雲の諸性質を調べる場合、図上で湿度75%ぐらいでもすでに雲が出現しているらしいことがあったりして、気温の垂直分布を合せ考えても雲の有無の判定は非常に困難であった。そこで日射量観測の値が得られる1954年については選んだ日平均雲量10のヤマセ日の

1時間当り地上水平面日射量と図上から一応推定される雲厚との関係を trial and error の方法で求め、まず雲厚を決定した。さらに雲底高度、雲底雲頂の温度及び湿度をも求めた。日射量と雲量との関係式は

$$I_1 = 1.53 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 10^{-4} D \text{ (cal/cm}^2 \text{ hr)} \text{ (第1雲層のみの場合)}$$

$$I_2 = 1.59 \cdot 10^{-1} \cdot 65 \cdot 10^{-4} D \text{ (cal/cm}^2 \text{ hr)} \text{ (第2雲層のみの場合)}$$

ただし、Dは100m単位の雲厚とする。
である。

ところで、この方法は第1雲層、第2雲層が共存しているとき、日射量観測のないときは不可能である。そこで上記の方法で求めた第1表の湿度以上(第1雲層、雲底92.7%、雲頂89.7%、第2雲層、雲底74.0%、雲頂74.2%)では雲の存在を肯定し、気温の垂直分布と合せて2雲層共存し及び日射量観測のない日の雲の諸性質を推定

第1表 雲の諸性質
(日平均雲量10の場合)

月日	雲の諸性質(三沢)									
	雲底高度 (×100m)	雲厚 (m)	温度(°C)		露点温度(°C)		湿度(%)			
			雲底	雲頂	雲底	雲頂	雲底	雲頂		
第1雲層	V 27	10	1000	5.0	-1.0	0.5	7.0	72.7	63.7	
	VI 6	05	1300	6.5	5.0	6.0	4.5	96.7	96.6	
	12	09	2000	6.0	-1.0	4.0	-1.5	86.9	96.2	
	20	03	4000	10.5	-1.0	10.5	-1.0	100.0	100.0	
	21	10	2000	3.0	0.0	2.0	0.0	93.0	100.0	
	24	02	2000	9.5	5.0	7.0	(3.0)	84.2	86.8	
	26	02	1500	12.5	8.0	12.5	6.5	100.0	90.3	
	VII	3	01	700	14.0	12.0	11.5	10.5	87.7	93.2
		6	01	2500	10.5	9.0	10.0	9.5	96.7	90.2
		12	05	1000	10.0	7.0	10.0	5.0	100.0	87.0
VIII	22	05	2000	13.0	7.0	13.0	6.0	100.0	93.2	
	8	05	2500	18.0	13.0	18.0	13.0	100.0	100.0	
	30	05	1000	17.5	12.0	15.5	6.5	88.1	68.0	
第2雲層	V 3	20	2000	3.0	-9.0	2.0	-13.0	93.6	72.3	
	VI 2	49	2200	-11.5	-20.0	-17.0	-23.0	63.7	76.7	
	VII 25	65	1000	-10.0	-16.0	-15.0	-21.0	67.0	65.2	
	V 24*	30	2000	-8.5	-12.0	-11.5	-14.0	78.9	84.5	
	VII 9*	35	800	3.5	-1.0	-2.0	-5.5	67.2	71.4	

* 第1雲層が少し存在した日 5月24日 2 SC
7月9日 1 St

* 資源科学研究所 1958年6月2日受理

第2表 二層共層の場合の雲の諸性質 (1954)
(日平均雲量 10 の場合)

月日		雲の諸性質 (三沢)															
		第1雲層							第2雲層								
		雲底高度 (×100m)	雲厚 (m)	温度(°C)		露点温度(°C)		湿度(%)		雲底高度 (×100m)	雲厚 (m)	湿度(°C)		露点温度(°C)		湿度(%)	
				雲底	雲頂	雲底	雲頂	雲底	雲頂			雲底	雲頂	雲底	雲頂	雲底	雲頂
VI	11	1	400	12.5	12.0	12.0	9.5	96.2	85.0	30	1800	0.0	7.5	-1.0	-9.5	93.0	85.5
	23	2	1000	7.0	4.0	6.5	1.0	96.4	81.0	43	300	-5.5	-7.0	-9.5	-11.5	79.3	70.2
	30	3	1100	20.0	16.5	19.0	15.5	94.1	94.0								
VII	2	15	500	8.5	8.5	8.5	8.0	100.0	96.5	35	700	-0.5	-2.5	-3.5	-4.5	80.1	88.7
	9	3	600	14.0	13.0	12.0	11.0	88.0	87.8	35	800	3.5	1.0	-2.0	-5.5	67.2	71.4
	10	7	1300	11.0	8.0	11.0	6.0	100.0	78.8	35	300	2.0	0.0	0.0	-4.0	86.7	74.3
VIII	31	2	1500	16.5	12.5	16.5	12.5	100.0	100.0	44	600	-1.0	-3.0	-3.5	-8.0	83.0	68.3
	16	2	700	23.0	23.0	20.5	20.0	83.7	82.8	47	1100	-3.5	-4.0	-6.5	-9.0	80.0	68.3
	23	15	600	16.5	13.0	14.5	10.5	87.8	84.5	42	400	2.5	1.5	-6.5	-7.0	51.3	53.2
	29	7	1100	15.0	9.5	13.0	6.0	88.0	78.5	57	200	-10.0	-10.5	-15.5	-18.0	68.7	54.0

第3表 雲の諸性質 (1951, 1953)
(日平均雲量10及び日射量観測のない場合)

月日		断熱図の種類	雲の諸性質 (三沢)																	
			第1雲層							第2雲層										
			雲底高度 (×100m)	雲厚 (m)	温度(°C)		露点温度(°C)		湿度(%)		雲底高度 (×100m)	雲厚 (m)	温度(°C)		露点温度(°C)		湿度(%)			
					雲底	雲頂	雲底	雲頂	雲底	雲頂			雲底	雲頂	雲底	雲頂	雲底	雲頂		
1951 V	9	P-Tchart	03	200	9.5	9.5			90.0	93.0	23	800	-0.5	-5.5			96.0	80.0		
	15									49	600	-13.5	-15.0			70.0	70.0			
	16				02	500	10.5	8.0			97.0	95.0	16	1900	6.5	-2.5			94.0	84.0
	17				02	800	6.0	1.5			99.0	96.0	18	800	2.0	2.5			99.0	99.0
	27												45	2000	-5.0	-17.0			77.0	72.0
1951 VI	28	P-Tchart	04	400	9.5	10.5			89.0	88.0										
	5		03	700	16.0	15.5			95.0	88.0	21	900	9.0	7.0			95.0	77.0		
	9		02	1200	10.5	12.0			99.0	80.0										
	11		02	1200	8.5	5.5			100.0	94.0	28	400	-2.5	-4.5			79.0	80.0		
	12		02	1500	8.5	1.5			100.0	96.0										
1951 VII	15	P-Tchart	02	400	13.5	16.5			92.0	88.0	42	200	-5.5	-7.0			77.0	80.0		
	16		05	2100	10.5	4.5			97.0	88.0							95.0	95.0		
	23		05	1400	13.0	4.5			93.0	98.0	26	600	0.5	-0.5						
1953 VII	3	Skew T log P diagram								50	1400	-8.0	-14.0	-8.5	-16.0	88.7	85.1			
	5		12	700	13.5	11.0	12.0	10.0	90.5	93.8	30	200	5.5	4.0	0.5	-0.5	70.2	72.4		
	6		05	2000	12.0	6.0	12.0	4.5	100.0	90.2		(?)								
	7		02	2800	16.0	10.0	16.0	8.0	100.0	87.3										
	8		02	200	19.5	22.0	19.0	20.0	97.0	88.4	30	700	7.5	4.0	7.0	0.0	96.7	75.0		
1953 VIII	9	Skew T log P diagram	15	2000	12.0	1.0	15.0	1.0	100.0	100.0	43	3000	-2.0	-17.0	-3.5	-19.0	89.3	84.2		
	22																			
	23		12	400	17.5	15.5	15.0	12.5	85.3	82.7										
1953 VIII	2	Skew T log P diagram	02	1000	21.5	17.0	20.5	15.0	94.1	88.3	43	200	2.0	-0.5	-2.0	-5.5	75.0	69.0		
	5		02	1400	17.0	14.0	16.0	11.5	93.8	85.2										
	8		05	1000	18.5	14.0	17.0	13.0	90.5	93.4										

した。(第2表, 第3表) (以上算定した結果) から1~3表からわかるいろいろのことの中, 特に大切なことはヤマセ吹走時の第1雲層は「暖い雲」であること, またときには第2雲層もそうであることがわかった。

3. ヤマセ雲の厚さと降水量

暖かい雲からの降雨機構に関する問題点の1つは, 半

第4表 雲厚と降水量の関係 (1954)

第1雲層のみの場合						
雲厚 (m)	月 日	降水量 (0.1mm)				雲型
		hr				
		21-03	03-09	90-15	21-03	
700	VII 3	6				St
1000	V 27	0				Cu
	VII 12	0	2	0		St
	VIII 30	2				St
1100	VI 30	24	42	5	169	Fn
	VI 6	0		0	0	St
1500	VI 26					Sc
	VII 31	69	17	6		St
	VII 12	115	21	3		St
2000	VI 21	70	221	13	0	Fn
	VI 24	14	3	7	8	Ns
	VII 22	2	2	32	18	St
2500	VII 6	3	8	2	1	St
	VIII 8		13	98	76	Fn
4000	VI 20	0	65	234	125	Fn

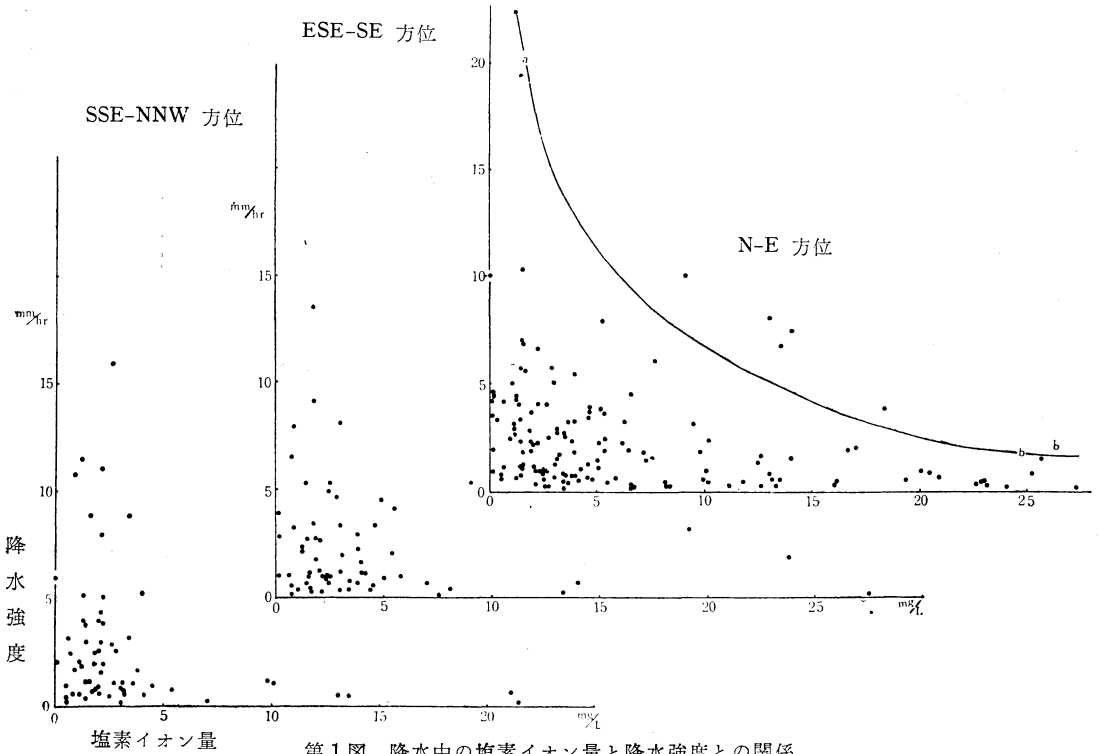
第2雲層のみの場合

雲厚 (m)	雲層	回数	降水量 (mm)	雲型
1000	VII	25		
2000	V	3	0	11
2200	VI	2	0	37

第1, 第2雲層の共存の場合

雲厚 (m)	雲層	回数	降水量 (mm)	雲型
400	VI	11	10	96
500	VII	2	17	59
600	VIII	23	30	1
	VII	9		0
700	VIII	16	0	0
1000	VI	23	6	32
	VII	30	1	66
		8	19	
1100	VIII	29	0	17
1300	VII	10	40	9
			4	

径 20μ 以下の雲粒がどうして半径 $0.5\sim 3.0\text{ mm}$ の雨滴に成長するかということであり, この水滴成長の重要な要因の1つに雲の厚さがある^{3) 4) 5)}. そこで前節で求めた雲厚 (12hrのもの) と降水量の関係を4表で見よう. この降水量とは03, 09, 15, 21時の各前6時間降水量である. 雲厚を求めた断熱図の観測時は12hだから, 15時の前6時間降水量に特に注目してみると, 第1雲層のみが出現しているときは雲厚1000mぐらいですでに降雨が



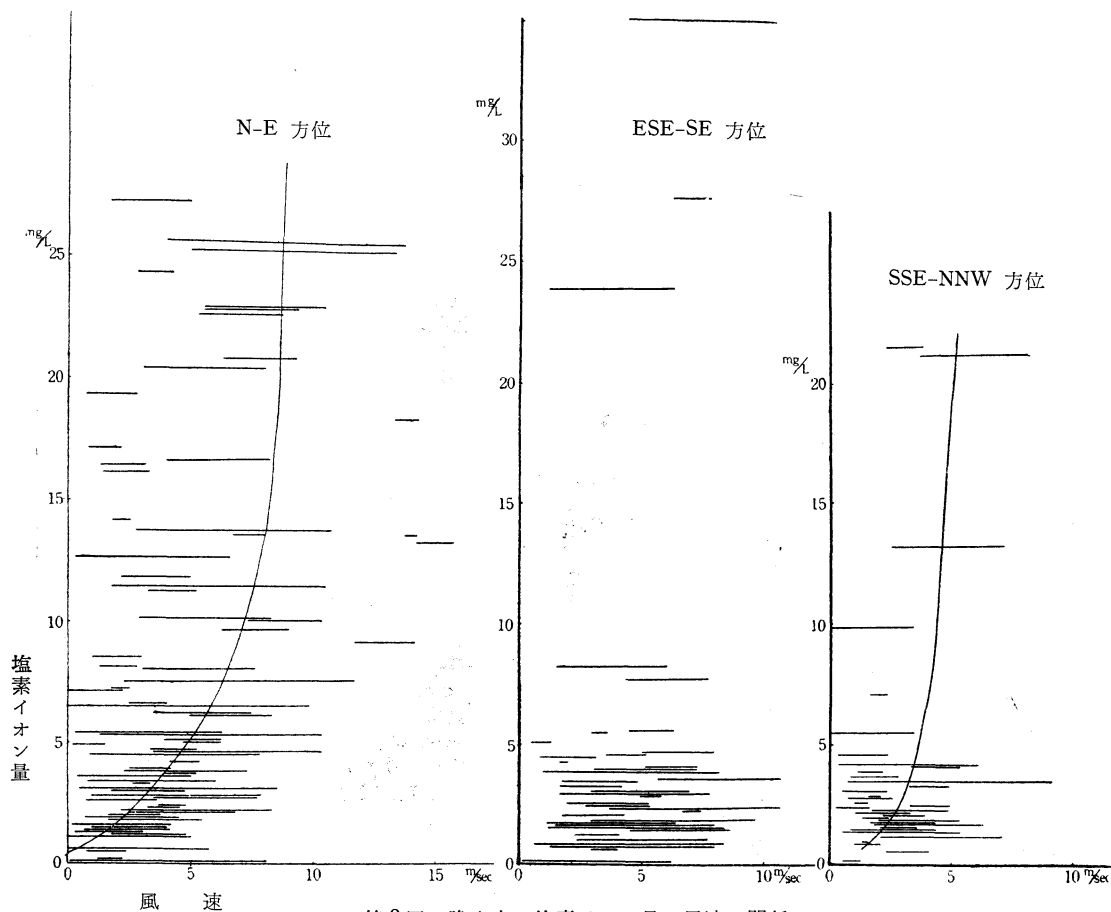
第1図 降水中の塩素イオン量と降水強度との関係

認められ、1500m以上では6月26日を除いてかならず降雨がある。第2雲層のみが出現しているときは、その雲厚2000m以上で降雨が認められる。第1、第2雲層が同時に出現している場合はどの日にも降雨が認められる。そして第1、第2雲層のどちらかの雲層が厚いときには降水量が多く、両雲層の厚さがともに中程度のときには少い。次にこれらの日の地上の気圧配置をみると第1雲層だけが出現している場合は、雲厚の少ないものは完全にオホーツク海高気圧の支配下にあり、雲厚が増加すると前線および低気圧の影響を受けている。上述の例外日である6月26日は松沢⁶⁾のF型に類似するもので、移動性高気圧の影響を受けた場合である。また雲層が二つある場合は、オホーツク海方面の高気圧がはり出し、八戸南方に寒冷前線の存在することが多い。

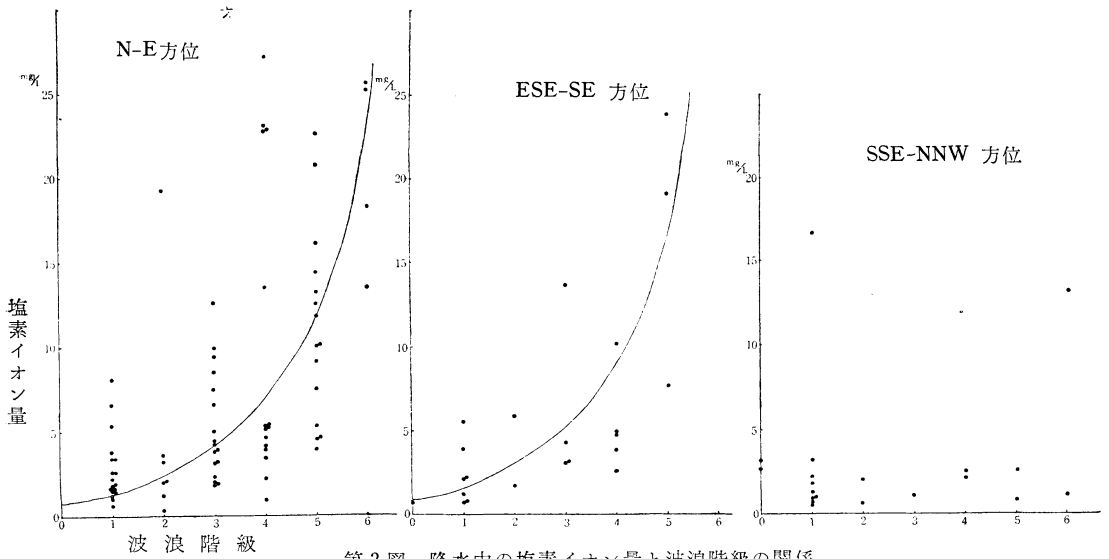
4. 風向、風速別にみた八戸測候所降水中の塩素イオン量

雲粒が雨滴に遷移する要因には前節で取りあげた雲厚

の他に、雲粒分布、つまりスペクトルが半径 20μ 以上に及んでいることも重要である。この半径の大きい雲粒形成を海塩核に求めたのが Ludlam⁷⁾ や Woodcock⁸⁾ である。われわれは幸い八戸測候所の方々が戦争中に測定された塩素イオン量の資料を同所で貸与されたので、上記のような考えにもとづいて整理してみた。資料整理上、北北西から東にわたつて海を望み、南東方には低い丘陵を越して海を控えている八戸測候所周辺の地形を考慮し、3つの象限に分けた。すなわち16方位の地上風向中、N-E方位、ESE-SE方位、SSE-NNW方位の3つである。前2者はヤマセ風の方向に相当し、他の1つは内陸方向である。また風向は採水期間中の風向変動巾の中心を用いた。地上風向しか用いなかったことは異論あろうがしばらく許されたい。次に降水強度(mm/hr)を算出し、象限別にそれと塩素イオン量(mg/L)との関係、風速と塩素イオン量との関係、波浪階級と塩素イオン量との関係をグラフに作成した。第1～第3図がそれであ



第2図 降水中の塩素イオン量と風速の関係



第3図 降水中の硫酸イオン量と波浪階級の関係

る。

降水強度と硫酸イオン量との関係は、その上限が指数曲線で表されるように散らばっている。図中の傾向線 (a—b) は確実に風速 4.0~15.7m/sec, 波浪階級5のときの値のみを基準にして引いたもので、今後、硫酸イオン量の測定精度を高め得るなら、風速或いは波浪階級別にこのような傾向線を多く引き得るであろう。結論的に云って、東寄りの海上方面から風が来る場合の方が、西寄りの内陸方面から来る場合より硫酸イオン量が大きく現われている。次に硫酸イオン量は風速の増大とともに増加しているが、東寄りのときは風速 9 m/sec, 西寄りのときは風速 5 m/sec を限度としてこの関係がみられなくなる。また全体的な傾向として東寄りのときには風速が零でもある程度の硫酸イオン量を示す。これは Facy⁹⁾ や Woodcock¹⁰⁾ の最近の研究からもわかるように、海上の bubble の作る海塩核がかなり弱い風によっても運び上げられるためであろうし、したがって同一硫酸イオン量に対しても風速はかなりの幅を持ち得るはずである。この傾向が東寄りに著しいのは、風が太平洋の bubble 上を吹ききるからと考えられる。

波浪階級についても東寄りの風向では硫酸イオン量が波浪階級の増大とともに増しているが、西寄りの風向についてはそのような関係は全くみられない。要するに前述したようにヤマセ吹走時の雲高がかなり低いことと合せ考えて、ヤマセ雲からの降雨には海塩核の作用が西寄りの風の場合に比べてかなり影響しているように思われ

る。

以上結果の報告と簡単な考察を試みたのであるが、この報告をかくに当り、資料を貸与された八戸測候所、及び常に助言をいただいた気象研究所応用気象研究部長伊東強自氏に感謝してやまない。

参考文献

- 1) 資源科学研究, 1958: 下北半島の開発に関する総合的研究Ⅲ, 資源研彙報 46—47号.
- 2) 浅井辰郎, 西沢利栄, 羽田野孝通, 1958: ヤマセ雲の高層気象学的研究, 資源研彙報 46—47号. 40
- 3) Petterson, S., 1940: Weather analysis and forecasting. Mc Garw Hill
- 4) Bowen, E.G., 1950: The formation of rain by coalescence. Austr. J. Sci. Res. **A3** 193
- 5) Mason, B.J. & B.P. Howorth, 1952: Some characteristics of stratiform clouds over North Ireland in relation to their precipitation. Q.J.R.M.S. **78** 226.
- 6) 松沢一郎, 1955: 高気圧 (主としてオホーツク海高気圧) 八戸の天候 (概要), 八戸測候所.
- 7) Ludlam, F.H., The production of showers by the coalescence of cloud droplets Q.J.R.M.S. **77** 402.
- 8) Woodcock, A.H., 1952: Atmospheric salt particles and raindrops. J. Met. **9** 200.
- 9) Facy, L., 1951: Éclatement des lames minces et noyaux de condensation. J. Sci. Meteor., **3** 86.
- 10) Woodcock, A.H., 1953: Salt nuclei in marine air as a function of altitude and wind force. J. Met. **10** 362.