



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	霧水中のCl-Mg比について (予報)
Author(s)	松村, 信男; MATSUMURA, Nobuo
Citation	低温科学. 物理篇, 14, 125-133
Issue Date	1955-12-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17902
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_p125-133.pdf



霧水中のCl-Mg比について* (豫報)

松村信男

(室蘭工業大学理科教室 低温科学研究所)

(昭和30年9月受理)

I. まえがき

雨・雪・霧氷・霧粒などの降水が形成される場合、核となる物質が何であるかということは、種々研究がなされており、方法としては化学分析や電子顕微鏡¹⁾等が用いられている。その結果、核となる物質については様々の議論があつて、その物質が主として海塩であると主張する海塩核説及び煙霧粒子であると主張する燃焼核説などがある。三宅の主張する海塩核説²⁾は、海水が蒸発したときには析出した塩類が核となる。即ち核が海水と同じ成分をもつ海塩であると考え、降水中の化学成分及びそれらの間の比の値が説明がつくことから主張され、荻原等³⁾は、電子顕微鏡による霧粒の核の観測結果から、それが煙霧粒子であると主張している。

海塩及び霧氷の化学分析の結果は、海岸から内陸に向うに従い、又海面からの高さとともに成分比が変化することを示している。ここには、菅原等⁴⁾によつて行われたもののうち、Cl/Mgの値をあげる。(原文ではMg/Clの値をとり、且つ当量比で表わされているが、Cl/Mgの値に直し、且つ重量比とした。)

重量比	海水	雨			松葉洗滌水		
		菅島	名古屋	松本	菅島	名古屋	松本
Cl/Mg	14.9	13	9.4	2.9	13	11	2.1
		普通の雨		富士山頂の霧氷	雷雨		
		9.4		7.3	4.6		

註：「普通の雨」は高度500~1000 m、富士山頂は3776 m、ここに掲げた「雷雨」は4~15 kmの高さで生じたと言われる。

この報告では、降水の一種類である霧粒を集めて得られた霧水についても、既に行われている降水の化学分析の結果と同様な議論——海岸附近では、海水に於ける成分比と大差ない——がなされるのではないと考え、1953年夏北海道南東海岸の厚岸アイカップ岬台上で行われた海

第 1 表 試 料 中

採取日時		7.17	"	"	7.18	7.19	7.20	7.21
		0h35m~ 1h20m	10h15m~ 11h00m	17h00m~ 17h40m	9h45m~ 10h15m	10h20m~ 11h20m	11h00m~ 11h30m	10h10m~ 15h05m
槽 E ₂	上 段	96.2		24.3±0.7		<9h45m> 19.0±0.9	31.8±0.6	<10h10m> 36.6±0.8
	下 段	104.2±0.5	89.9±1.4	33.8	21.3±1.3	31.4±1.8	52.4±0.3	<10h15m> 77.5±0.1
槽 Y ₁	上 段		58.9±1.4	8.4±0.8	7.7±1.2	8.2±0.2	10.4±1.1	<15h05m> 23.8±0.5
	下 段		89.2±0.4	13.3±2.2	15.7±0.7		19.8	
槽 Y ₂	上 段	37.0±0.6	23.8±0.3	8.6±0.1	7.5±2.2	<11h45m> 6.9±0.9	10.6±0.3	<14h50m> 26.2±0.2
	下 段		36.6±1.0	11.4±0.5	13.1±1.9		10.0±0.9	
資料採取時までの気象	降 水	霧	雨のち霧雨と霧	霧と霧雨後霧	霧とき晴	霧	霧のち小雨のち霧	晴れたり霧かかったり
	風 向	SSW	S	S	S~W	S~SE~NE	S~NE~SW~S	S~SW~NW~E~S
	気 団	NT _m	NT _m	NT _m	NT _m	NP _c	NP _c	P _m
	風 向	SW	SW	SW	SW	SE	SE	SW

註；表中の数字——例えば採取日時が7月17日、10h00m~12h00mで89.9±1.4と言うの濃度が89.9±1.4 (mg/L) と言うのであって、±1.4は滴定値の平均値からの誤差の絶対に対しては、捕捉効果がない。

団, P_m—寒帯海洋性気団, NP_m—変性寒帯海洋性気団, NT_c—変性熱帯大陸性気団。

の 塩 素 量 (Clmg/L)

7.22	〃	7.24	〃	7.29	7.30	〃	〃	8.2	8.3
13h12m~ 14h10m		11h40m		15h15m~ 16h10m	10h20m~ 11h10m	15h55m		7h42m~ 8h09m	11h04m~ 12h37m
62.5±0.7		71.4(一回)		203.6±0.2	223.4±1.3	55.7±0.3		466.6(一回)	32.9±0.2
120.2±0.5					282.3±0.6				
36.6±0.6				135.4±0.9	106.2±1.7			560.6±1.1	14.2±1.0
									11.4±0.7
36.7±1.0				105.4±2.2				250.8(一回)	14.4±0.7
32.2±0.6									9.4±0.1
霧		霧・霧雨		晴れたり 霧かかっ たり	霧	霧		小雨と霧 のち霧	雨
S				S~SSW ~S	SE~S	SW		NE~SE	SE~NE ~N~NW
P _m		NP _m		NT _c	T _m			P _m , P _m	
SSW		E		SSE	SW			NE, SSW	

は、同じ日の (0h35m~1h20m) から (10h00m~12h00m) までに捕捉された降水の Cl-
対値を平均した値である。捕捉装置は上部に傘をつけているので、降水の垂直の落下
気団の略号；T_m—熱帯海洋性気団，NT_m—変性熱帯海洋性気団，NP_c—変性寒帯大陸性気

霧の観測の際採取した霧水を試料として Cl イオンと Mg イオンの化学分析を行い、その比を求め、他の報告と比較し、検討した。

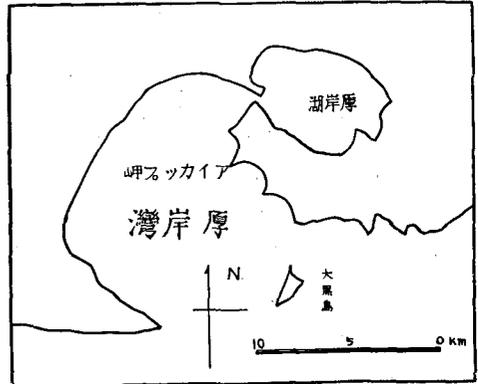
II. 採取方法

霧水を捕集するためには、自記霧水量計の捕捉装置を利用した。即ち 1953 年夏北海道南東海岸で行われた防霧林に関する研究の際に使用した自記霧水量計に捕捉された霧水をメスシリンダーに集めた。メスシリンダーは第 2 図の如き方法で自記霧水量計の霧水捕捉装置の下に固定した。第 1 図は試料採取地附近の概略図である。

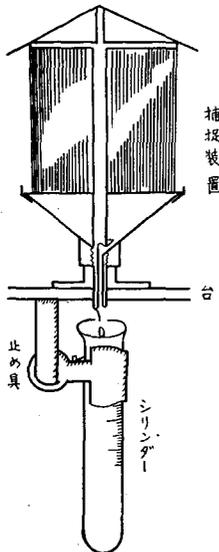
捕捉されて落下し、メスシリンダーの中にとまった試料を降水のあるたびごとに集め、よく洗滌した酸素瓶に入れて持ちかえつた。試料採取の場所は櫓 E₂ の上段、下段及び

櫓 Y₁ 点の上段、下段、櫓 Y₂ 点の上段、下段であり、測点の高さ及び海岸からの距離（南から北へ向つて）は次の通りであつた。第 3 図には櫓の位置を示した。

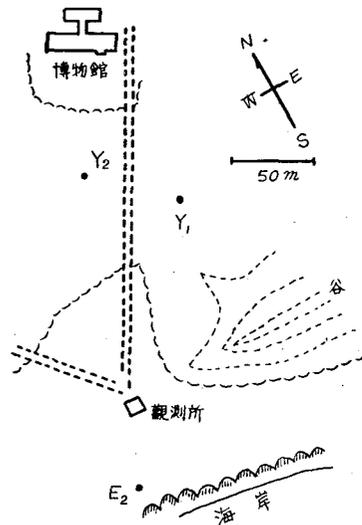
地図から求めたアイカップ岬台地の高さは 60~70 m であつた。



第 1 図 資料採取地(アイカップ岬)附近概略図



第 2 図 捕捉装置と
シリンダー



第 3 図 櫓の位置

距離及び高さ	場 所					
	槽 E ₂		槽 Y ₁		槽 Y ₂	
	上 段	下 段	上 段	下 段	上 段	下 段
地上からの高さ (m)	16.6	9.0	19.2	18.2	19.9	15.6
海岸からの距離(S方向から) (m)	約 30		約 180		約 220	

III. 得られた結果

(1) Cl の分析結果

Cl イオンの分析は、三宅の方法⁶⁾に従い、硝酸銀 AgNO₃ 1,916 gr を蒸留水に溶かして正確に 1ℓ としたものを硝酸銀標準液とし、クロム酸加里溶液を指示薬として滴定した。得られた結果は第1表の通りである。

(2) Mg の分析結果

Mg⁺⁺ の分析は Sandell (1950) の方法⁷⁾ に学び、Mg の濃度が 0.5~5 p.p.m の範囲にある様に試料 5 cc 又は 10 cc をとり、50 cc の容積フラスコに移した。然る後、蒸留水でうすめ、塩酸ヒドロキシラミンの 5% 溶液を 1 cc 加え、1% の Ca 溶液を 1 cc 加え、チタン黄溶液 (0.15%) を 1 cc 加えた。更に、フラスコをゆりながら 1N 苛性ソーダ液 5 cc を加え、蒸留水を加えて 50 cc とし、この試料をベックマン分光光度計にて調べ、透過率 (透過最大は 545 m μ であつたので、その波長に於て) を調べ、作成した標準曲線から Mg⁺⁺ 含有量を決定した。

苛性ソーダ液を加える前に試料を十分うすめておかないと、苛性ソーダ液を加えたとき出来るレーキが間もなく沈澱するので、その点留意して行つた。

得られた結果は第2表に示してある。

第2表 試料中の Mg⁺⁺ の値 (mg/L)

採取日時		7.17	7.21	7.22	...	7.29	7.30
		0h30m~ 1h20m	10h10m~ 15h05m	13h12m~ 14h10m	...	15h15m~ 16h10m	10h20m~ 11h10m
槽 E ₂	上 段	4.0		3.7 _g		12.2	13.3±0.3
	下 段	4.9±0.1	3.5	4.5			
槽 Y ₁	上 段						8.6±0.3
	下 段		15.5±0.3				
槽 Y ₂	上 段	2.9±0.1				7.0	
	下 段						

(3) Cl/Mg の値

第1表、第2表に示された同一の試料の Cl⁻ と Mg⁺⁺ の比をとつて見ると、その値は第3表に示すようになった。尚、森の中に置かれたビニール製の漏斗⁸⁾ に捕捉された試料について

も同様のことを行おうとしたが、霧水が木の葉や幹を伝ってきたためか、着色がはなはだしく分析を断念した。

測定地附近の概略図を示した第1図から分かる様に、試料採取の場所は海上に向つて凸出している。シリンダーに入る霧水の捕捉に役立つ測器の部分は、中空の真鍮の円錐板、及びそれに巻いた霧粒を捕捉するエナメル銅線であり、 Mg^{++} が測器から侵入する可能性はない。尚、二、三箇所ハンダ附の箇所があるが、水洗をよくして Cl^{-} が侵入するのを防ぐ様にした。

第3表 試料中の Cl/Mg の値(重量比)

採取日時		7.17	〃	7.21	7.22	…	7.29	7.30
		0h30m~1h20m	10h15m~11h00m	10h10m~15h05m	13h12m~14h10m	…	15h15m~16h10m	10h20m~11h10m
槽 E ₂	上 段	24			16.7±0.2		16.7±0.0	16.8±0.5
	下 段	21.3±0.7		22.1±0.0	26.7±0.1			
槽 Y ₁	上 段							12.3±0.6
	下 段		15.5±0.1					
槽 Y ₂	上 段	12.7±0.8					15.1±0.3	
	下 段							
資料採取時 までの気象	天 候	霧	雨のち霧雨と霧	晴れたり霧かかつたり	霧	…	晴れたり霧かかつたり	霧
	風 向	SSW	S	SS~W~NW~E~S	S	…	S~SSW~S	SE~S
	霧 気 団	NT _m	NT _m	P _m	P _m	…	NT _c	T _m
	霧 風 向	SW	SW	SW	SSW	…	SSE	SW

IV. 吟 味

霧観測期間に観測された霧の風向別分類は大川¹⁰⁾によつておこなわれたが、それによるとNEの風では朝霧がかなり多いが、その中の多くは日中にはSW乃至SEの風に変ることが示されている。霧の気団別分類をあてはめて見ると(第1表、第3表に参照した)、主として風向がSE quadrant, SW quadrant(風向を四限象にわけたとき)に属する気団による霧を捕捉していることが分かる。地形を参照すると(第1図)、それらは海上を通過して来た気団である。

a) Cl量について

槽にとりつけられた自記霧水量計の傍でなされた種々の観測の中、防霧林内の気温測定¹⁰⁾がY₁点に於てなされている。Y₁点の温度観測の資料によると、下段は上段に比べて1日平均0.2°C温度が高く、霧が襲来しているときには、上方に比べて下方が消散型の霧となることを示している。このため下段の稍附近の霧の Cl^{-} 濃度が増すと考えられる。第1表に於てY₁点下段に於ける値は上段に於ける値の略2倍である。同様な現象がE₂点及びY₂点でも起つていることが想像されるが、温度の観測がないので具体的な考察は差控えねばならない。

b) Cl/Mg の値について

第3表は、Cl/Mg の比をとのたのであるが、採取にあずかつた天候及び観測点の地理的位置から、採取にあずかつた降水としては、霧・雨・海水飛沫から生じた海塩の3つが考えられる。又、降水が集つてシリンダーにたまるので、捕捉及び導水にあずかる測器の部分に残つた前の降水の蒸発残渣が次の降水と共にシリンダーに流れこむことも考察されねばならない。

この捕捉装置は霧・雨・海塩の混合物を捕捉しているのであり、しかもそれらがどんな割合で混合されているかということとはわからない。

然し、第3表の試料採取時までの天候を参照すると、雨を捕捉した場合もあるが、前に掲げた菅原等の雨に於ける値(海水に於ける 14.9 という値よりは小さい)を考慮すると、その値が他に影響しているとは考えられない。したがつて、第3表に於て全体の傾向として、Cl/Mg の値が海水に於ける値 (14.9) よりも大きくなつたり、小さくなつたりしている原因は、霧と海塩の混合物に由来していると考えて差支えない。この場合霧と海塩がどのくらいの割合で、混合しているかはわからないが、Cl/Mg の値が変動する原因としては次の4つの場合が考えられる。

(1) 霧水中の Cl/Mg の値は海水と等しいが、海塩に於ける値がそれより大きくなつたり、小さくなつたりする。

(2) 海塩に於ける Cl/Mg の値は海水に等しいが、霧水中の値が、それより大きくなつたり小さくなつたりする。

(3) 霧及び海塩に於ける Cl/Mg の値が、海水のそれに比べて同時に大きくなつたり、小さくなつたりする。

(4) 霧及び海塩における Cl/Mg の値が夫々全く偶然的に変化する。

これらのうちの何れにあてはまるかはもつと精密な観測と実験を併用しないとわからない。

海塩の成分の変動に関しては、海水飛沫が空気中にとびちつてからの成分比のことなるものになるとする考え方¹¹⁾と、既にとびだすときに成分のちがう粒にわ れているとする考え方¹²⁾がある。それらの取扱い方をすれば、海塩の Cl/Mg の値の変動は、成分のちがう粒をどんな混合比でとらえているかできまらるであろう。

霧水に於ける Cl/Mg の値の変動のうち、海水より大きくなる場合としては、海水を濃縮させたとき、先ず HgCl₂ 等が析出するが¹³⁾、析出物については、蒸発があまり進まないうちには Cl/Mg の値が海水に於ける値よりも大きいことが知られているので、前に述べた海塩核説からすれば、それが核になると考えられる。又、1952年函館海洋気象台の行つた海霧の海上観測¹⁴⁾に於ては Cl/Mg の値が海水に於ける値よりも大であることを示している(その値を重量比に直すと 19~292 となる)、その儘の状態が海岸附近でも保たれるとすれば大きくなると考えられる。Cl/Mg の値が海水に於ける値よりも小さい場合としては、海水と同じ成分をもつたものから、Cl/Mg の値が海水に於ける値よりも大きい析出物が脱落して、残りの塩が霧粒の核となると考えたらよいのであろうか。これは、このための観測試料が必要で、今断定は出来ない。

その他、襲来した霧の方位による Cl/Mg の値の変動を考えて見たが、第 3 表ではそれが表われておらない。

この観測がなされたのは海岸附近であり、霧水中に於ける Cl/Mg の値も、海水飛沫に於けるその値も海水のそれと等しいのではないかと考えられたが、必ずしもその考察はあてはまらなかつた。又、その原因が霧によるものか、海塩によるものか、分析の試料が少なく且つこの捕捉装置では、それらの混合物をとらえている割合が不明なので、以上の観測ではあまりはつきりした結論はえられない。今後研究を要する問題である。

あ と が き

1953 年夏、北海道南東海岸厚岸で行われた防霧林に関する研究の際、霧水量計で集められた霧水について Cl, Mg の分析を行い、その比を求め海水に於ける値と比較し、吟味を加えた。

Mg⁺⁺ 分析に際し、種々御指導下さつた北大理学部分析化学教室西村助教に厚く御礼申上げる次第である。なお、この研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によつた。

文 献

- 1) 黒岩大助・只野文哉 1951 超電子顕微鏡による霧核の研究. 低温科学, **7**, 43-50.
- 2) 三宅泰雄 1939 雨水の化学. 気象集誌, **17**, No. 1, 20-37.
- 3) 萩原晰二・大喜多敏一 1952 電子顕微鏡による雲及び霧核の研究. 気象集誌, **30**, No. 4, 132-140.
- 4) Sugawara, K., Oana S. and T. Koyama 1949 Separation of the components of atmospheric salt and their distribution. Bull. Chem. Soc. Japan, **22**, No. 2, 47-52.
- 5) 藤岡敏夫・田畑忠司・松村信男 1954 自記霧水量計の記録器. 防霧林に関する研究, **4**, 64-67.
- 6) 三宅泰雄 1936 水の化学分析法検討(第二報). 淡水中の塩素イオン分析法. 気象集誌, **14**, No. 4, 25-32.
- 7) Sandell 1950 Colorimetric determination of traces of metals. Chemical Analysis, **3**, 418-425.
- 8) 大浦浩文 1954 林による霧の捕捉率について. 防霧林に関する研究, **4**, 50-63.
- 9) 大川 隆 1954 1953 年海霧観測期間中の気象状況. 防霧林に関する研究, **4**, 5-10.
- 10) 木下誠一・山地健次 1954 防霧林内の気温について. 防霧林に関する研究, **4**, 76-84.
- 11) Koyama T. and K. Sugawara 1953 Separation of the components of atmospheric salt and their distribution (continued). Bull. Chem. Soc. Japan, **26**, No. 3, 123-126.
- 12) Facy L. 1952 Eclatement des lames minces at noyaux de condensation. Meteorol. abstract. bibliogr. **3**, No. 11, 1161.
- 13) Thompson T. G. 1932 Bulletin of the National Research Council, No. 85, 188.
- 14) 函館海洋気象台 1953 1952 年夏季の海霧観測について. 防霧林に関する研究, **3**, 19-31.

Résumé

At the time of the observations on fog-preventing forest along the shore of Akkeshi in Hokkaido in the summer of 1953, samples of water which had been collected by the capturing part of a self-recording fog-meter were used for the chemical analysis of Cl and Mg. The samples may be considered as the mixture of fog water, rain and sea salts. Obtained values of Cl/Mg were sometimes larger or smaller than that of sea water. In the present discussion, taking into consideration the facts that the ratio in rain is smaller than that of sea water and that it varies with meteorological conditions, the writer believes that the causes of the variation of Cl/Mg ratio are as follows:

1. The ratio in fog water is the same as that of sea water, while the ratio in sea salts is different from that of sea water.
2. The ratio in sea salts is identical with that of sea water, but the ratio in fog water differs from that of sea water.
3. The ratios in fog water and sea salts vary concomitantly with that of sea water.
4. The ratios in fog water and sea salts accidentally vary in comparison with that of sea water.

In order to ascertain the above assumptions more detailed observation and experiments are required.