



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電子顕微鏡による霧核の研究（續報）：ニセコアンヌプリ山頂における雲粒の核について
Author(s)	黒岩, 大助; KUROIWA, Daisuke
Citation	低温科学, 10, 39-52
Issue Date	1953-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17542">https://hdl.handle.net/2115/17542</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_p39-52.pdf



## 電子顕微鏡による霧核の研究 — 續報 —

(ニセコアンヌプリ山頂における雲粒の核について)\*

黒 岩 大 助

(低温科学研究所 応用物理部門)

(昭和27年9月受理)

### I

雲や霧の凝結核の研究に、電子顕微鏡を使用することは、霧粒個々に含まれている核の實體を直接みることができる点において、間接的方法に比べもつともすぐれた研究の一つであることは疑いない。Köhler や Wright の研究結果は、山霧にしても海霧にしても、その凝結核は、吸湿性のつよい海鹽微粒子であろうことを豫想せしめ、海鹽核説は氣象學會の定説となり今日に及んでいる。

電子顕微鏡が現在の形でようやく使えるようになった1944年頃、筆者等がこれを霧の凝結核に使用せんとしたそもその動機は、もし海鹽説が正しければ、自然の霧をコロヂウム膜に受けて乾燥させ、これを電子顕微鏡で調べれば、そこには必ず特徴ある海鹽の結晶が見出されるであろうことを期待したからであつた。しかし、既に報告<sup>1),2),3)</sup>せしごとく、現在までのところ、結果は否定的であつて、明かに海鹽核であるとみとめられるものは、海上で発生し海面上を移流してくる海霧のなかでさえ、少数しか発見されず、また、山霧のなかにはほとんど見出されなかつたのである。

最近、荻原・大喜多兩氏<sup>4)</sup>は藏王山(1,400m)における山霧の凝結核について、電子顕微鏡による観測を行つたが、海鹽核は一つも発見されず、燃焼成生物が多いことがわかつた。その結果兩氏は従來の定説であつた海鹽説を否定し、新たに“燃焼核説”を提出されたのである。この提案は、海鹽説とは全然ちがつた新しい立場のもので、霧や雲、ひいては降雨の凝結核の起源にも関連して重要な問題を含んでいる。

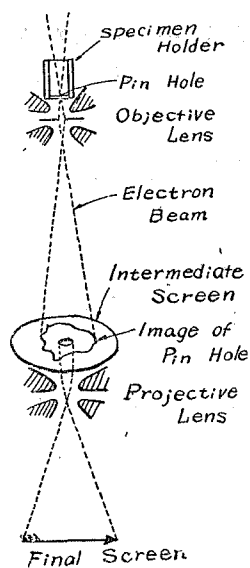
筆者は、1951年9月下旬、北海道虻田郡ニセコアンヌプリ(標高1,300m)山頂で笠雲の凝結核について観測を行つたので、その結果の一部を報告し、大方の参考に供したい。

\* 北海道大學低温科学研究所業績 第173號

## II

電子顕微鏡に使用する試料支持臺には、通常単孔型とメッシュ型の2種類がある。単孔型のは8mm×5mmの金属圓筒の底に0.1mmの孔が一つあいており、この上にコロヂウムの支持膜をはつたものである。核の研究にはメッシュ型よりも単孔型の方が適當で、しかも孔の形が眞圓のものよりもむしろ不規則な形の方がよい。この理由についてはあとでのべる。支持臺はゴミがかからぬようにシャーレーに入れ、デシケーターに藏つて現地へもつてゆく。この外、サンプリングには光學顯微鏡が必要である。先ず、試料支持臺を1箇とり出し、顯微鏡の載物臺にのせ、單孔の位置をレンズの視野の中心に合せる。次にこれをピンセットではさみ、膜面を風上にむけて數秒間、霧中にさらし、再び顯微鏡で霧粒が膜面に捕えられたかどうかを調べる。もし1箇でも附着しておれば、直ぐにライカ速寫裝置で寫眞をとる。そうすると單孔のどの位置に霧粒がくつついたかが記録できるわけである。北海道東部海岸の海霧の場合だと、日中の霧は大抵消散の過程にあるので、霧粒は膜面に附着するや否やすぐ蒸發してしまうから、その附着位置の寫眞をとることがむずかしい。このようなときは、夜間充分に濕度が高くなつてからサンプリングを行えばよい。山霧の場合だと大抵その場所で發生している霧が多いから、濕度は充分高く、日中でも膜面に附着した霧粒は容易に蒸發しないので寫眞撮影は簡單である。

次に觀察に用いる電子顯微鏡であるが、それには、中間像が外からのぞけるようになってい



第 1 圖

電子顯微鏡の光學系。  
中間像觀察用螢光板の  
孔に核の位置を合す

る型のもが必要である。この型では電子顯微鏡の投影レンズの上に、中間像觀察用螢光面があつて、ここに對物レンズで擴大された試料支持臺の單孔の全体がうつる(第1圖参照)。そして、中間像觀察用螢光面には中心に直徑2mmの孔があいており、この孔の部分を通した中間像の一部が投影レンズによつて、終段の觀察用螢光面に擴大投影される。それ故、目的の核の像を觀察するには、中間像觀察用螢光面にあらわれた試料支持臺の單孔の像(この像はせいぜい×100倍程度であるから、ここではまだ核の姿はみられない)と、豫め現地で撮影しておいた霧粒のついている同じ試料の單孔の寫眞とを見くらべながら、單孔の縁邊の不規則な形などから見當をつけて、霧粒が附着していたあとが正しく螢光面の2mmの孔の上にくるように微動裝置を調節する。そうすると終段の螢光膜に擴大された明瞭な核の像があらわれるのである。さきほど單孔の孔の形が眞圓であると都合がわるいといつたのは、孔の縁邊に何か特徴がないと霧粒のついていたあとを、投影レンズの孔の上にもつてくるのに見當がつけにくいからである。膜面の上で霧粒がついて

いたあとを正確に観察することが、この研究のもつとも大切な點である。このために霧粒の附着位置の正確な寫眞記録が必要なのである。電子顕微鏡は光學顕微鏡に比べ、すぐれた分解能と擴大率をもっている。それ故、めくらめつぼうな観察を行えば、のちにのべるように、核以外のゴミなどを誤つて観察してしまうおそれがあり、このことのために、電子顕微鏡による研究に對し、多少の危惧の念をいだく人もあるようである。しかし充分な注意をもつて行えば、正しい核の姿をみるのできるのである。

### III

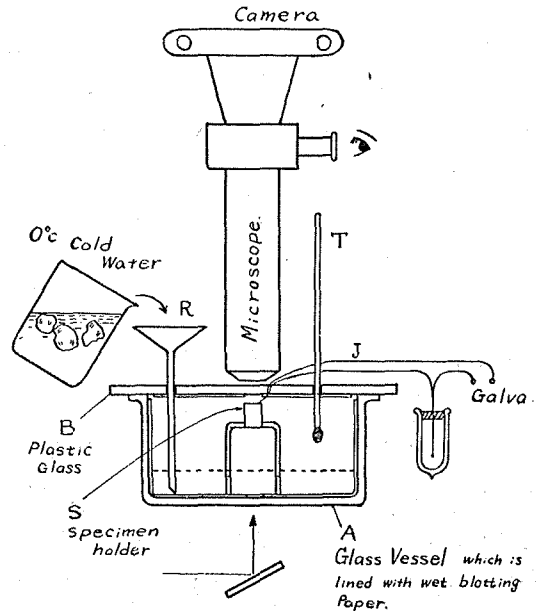
次に、現地からサンプリングしてきた核の試料を、電子顕微鏡で観察するまえに、筆者の行つてゐる處置についてのべよう。

天然に霧ができるときには、必ず凝結核を必要とすることは云うまでもない。しかし、われわれが、實際に、自然の霧の核を電子顕微鏡で調べてゆくと、少數ではあるが、核をもたないものがあることが見出された。それは、1944年、ニセコアンヌプリ山頂の觀測で2箇、1950年海霧の觀測で1箇、又萩原・大喜多氏の藏王山での觀測で1箇、發見されている。實際に、大氣中で水蒸氣が凝結するとき、核をもたない凝結 — self nucleation — をするということは、數百パーセントの過飽和度を必要とするために、甚だ考えにくい。それ故、われわれは、このような核は、何か非常に蒸氣壓の高い物質であつて、電子顕微鏡内部の高眞空、または電子照射のために蒸發してしまつたと解釋したのである。とにかく、このように核のない霧粒が實在するということは、甚だ興味ある問題である。それで筆者は、霧粒に核があるかないかをまず驗するために、電子顕微鏡にかける前に、次のような實驗を行つた。

すなわち、現地からサンプリングしてきた霧核のうゑに、何等かの手段によつて、人工的に水蒸氣の凝結をおこさせ、もとの通りに霧粒を再現してみるのである。もし、霧粒が蒸發したとき、膜面に核を残していたならば、必ずそれを核として再び霧粒がまえと同じ位置に現われる筈である。もし始めから核がなかつたならば、もとの位置には霧粒は現われないであろう。かくて、人工的に再現させた霧粒の寫眞を同じ倍率でとつて、まえに現地でもつておいたもとの寫眞の上に重ね合せてみる。そのとき、あとで凝結させた水滴が、もとの自然の霧粒の位置に重なれば、もとの霧粒は確かに膜面に核を残していることになり、そうでなければ核をもつていなかつたことになる。(このような重ね合せを行うためにも、支持臺の單孔の形は眞圓でない方が都合がよい) さて、水蒸氣を人工的に凝結させるには、試料支持臺を水蒸氣で飽和したガラス容器のなかに入れて密閉し、そのなかの空氣をピストンで急に斷熱膨脹させてみるのが自然の凝結過程に近くともつともよいであろう。しかし、われわれは、この方法では失敗した。その理由は、當然ではあるが、斷熱膨脹させた瞬間には、確かに容器のなかには霧ができる。しかし、その霧は、容器のなか閉じこめられている空氣中にできるのであつて、支持臺の膜面にのつてゐる核の口には霧粒はあらわれない。なぜなら、空氣の溫度は膨脹の瞬間には下つて

過飽和になるけれども支持臺の熱容量は大きいので容易に冷えないからである。それでわれわれは第2圖のような冷却法によつて支持臺の上の核に霧粒を再現させることにした。

第2圖において、Aはすり合せの縁をもつたガラスの容器で、内面は濕つた濾紙で裏打ちしてある。但し底の濾紙の一部は光を通すため丸くきりとつてある。Bは有機ガラスの覆で、内面には濕つた濾紙がはつてあり、これに小さな漏斗Rと溫度計T、及びCu-Conの熱電對Jがさしてある。Sは凝結をおこさせる試料支持臺で、肉のうすい金屬圓筒Cにネヂ込んで支えられている。熱電對の尖端は、支持臺Sの膜面にかかるくふれさせておく。装置全体は圖のごとく光學顯微鏡の載物臺にのる位の大きさである。

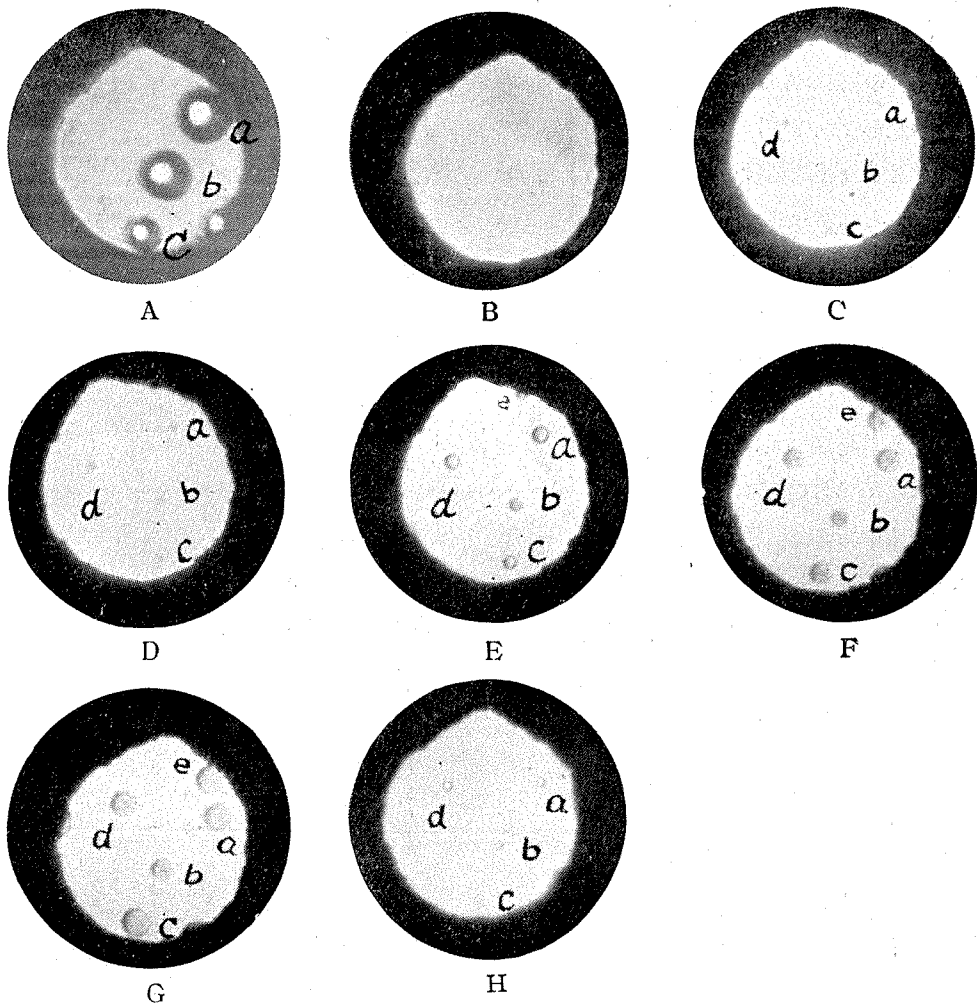


第 2 圖

人工的に凝結をおこさせる装置

先ず、試料支持臺を圖のように容器に入れて密閉し、暫時放置しておく。容器のなかの水蒸気は飽和しているのも、もし核が吸濕性の強いものであつたならば、このままでも小さな水滴が凝結してゆくのがみられる。30分ぐらゐ放置したのち、T、Jの溫度をよみ、漏斗Rから一定量の0°Cの冷水を注ぐ。水は圓筒Cを下の方からゆつくりと冷してゆくのゆゑJの溫度は下り始める。冷却開始と同時にストップウォッチを押してGのフレをよむ。接眼鏡をのぞいてみると、やがてコロチオン面にだんだんと水滴があらわれ、時間がたつとともにどんどん大きくなつてゆく。速寫装置のシャッターを切つて成長の過程を寫眞にとる。以下にその二三の例を示そう。

第3圖において、Aは、ニセコアンヌブリ山頂で霧粒が試料支持臺の膜面に附着した瞬間の寫眞である( $\times 290$ 倍)。霧粒はa、b、cの3箇が1列にならんで捕えられている。その直徑は、a:  $27.6 \mu$ , b:  $24.1 \mu$ , c:  $17.2 \mu$ である。(これらは膜面に半球狀に附着しているとする、もとの直徑はそれぞれ、 $22 \mu$ ,  $20 \mu$ ,  $13.6 \mu$ である)次に、寫眞B~Hは、この試料を實驗室に持ち歸り、デシケーターからとり出して第2圖の容器に入れ、膜面の上に再び水滴を再現させたものである。Bは、冷却を開始する前に約30分間、放置しておいてから撮影したもので、いずれの核も吸濕性はあまり強くないとみえて、水滴はまだみられない。そこで0°Cの冷水を漏斗から注ぎこんで支持臺の冷却を開始する。以下寫眞Cは冷却開始後29秒、Dは38秒、Eは1分10秒、Fは2分2秒、Gは3分6秒たつてからとつたものである。寫眞にみら



第 3 圖

A は膜面に捕捉された天然の霧粒

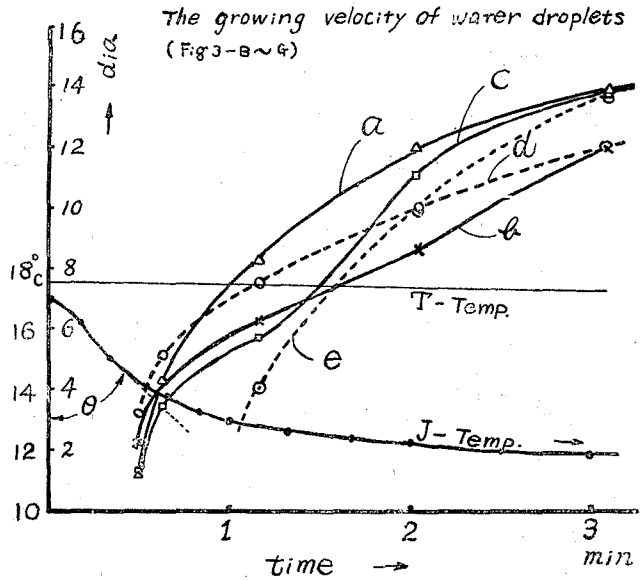
B~G は残された核の上に人工的に霧粒が成長してゆく過程

B: 0 sec C: 29 sec D: 38 Sec E: 1 m 10 sec F: 2 m 2 sec G: 3 m 6 sec

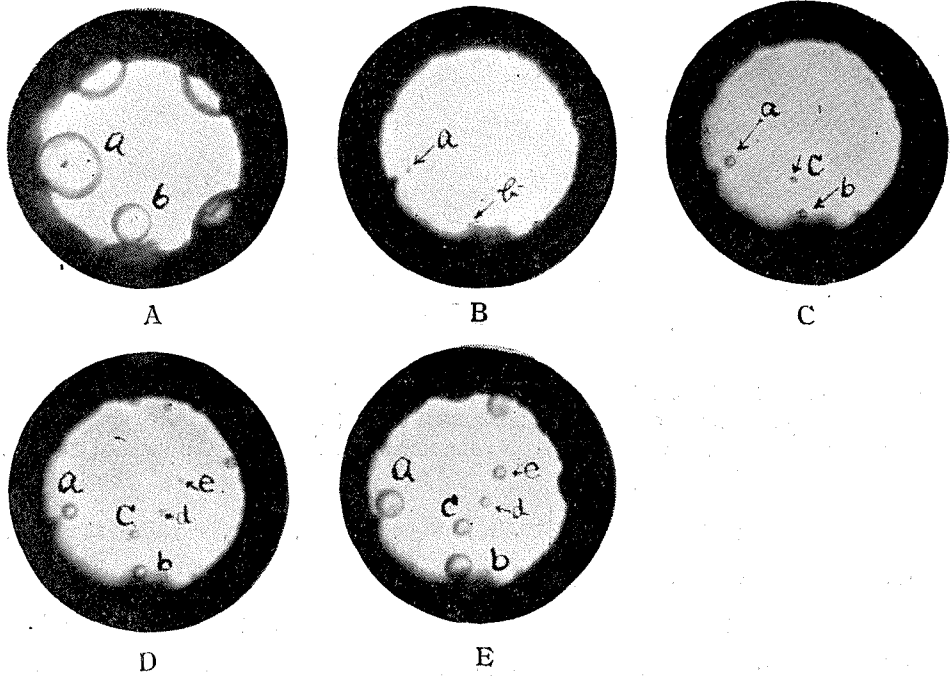
れるとおり、もと霧粒が附着していたところに、ちやんと霧粒、a, b, c が現われている。これは G の寫眞をもとの A の上に重ねてみれば一そう明瞭になるであろう。なお寫眞 H は、この實驗終了後、1 週間たつて、再び同じ方法で水滴を再現させてみたが、やはりもと同じ位置に同じ箇數の水滴が出現したのである。それ故、霧粒 a, b, c は確かに核を持っていることがわかる。ところが冷却開始と同時に a, b, c 以外の、もとの寫眞には霧粒がついていなかったところに新しく水滴 d が出現し、1 分たつた頃にも、支持臺の單孔の縁のちかくに水滴 e が出現した。これらの新しい水滴も勿論、膜面の上に存在する何らかの核を中心として凝結をお

こしたものに違いない。しかし、これらの核は、=セコ山頂で撮影した最初の寫眞 A には撮影されていなかったたので、われわれはこのような核は自然の霧粒の核であるとはみなさず、研究の對照から除外することにする。

第4圖は、寫眞 B, C, D, E, F, G から各成長段階における水滴の大きさを測つて、その直径を冷却開始からの時間に對し圖示したものである。圖で曲線 J は、試料支持臺 S の表面に接觸させてある熱電對 J の溫度



第 4 圖  
水滴成長曲線

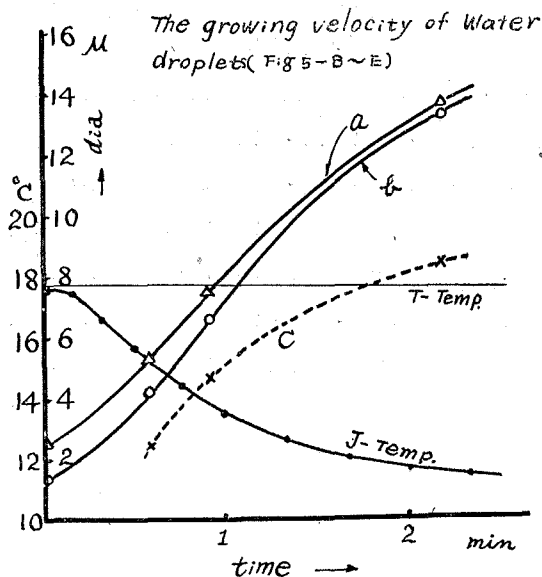


第 5 圖

A は膜面に捕捉された天然の霧粒  
B~E は残された核の上に人工的に霧粒が成長してゆく過程  
B: 0 sec C: 35 sec D: 55 sec E: 2 m 12 sec

降下を示し、 $T$  は容器内の空気の温度である。曲線  $J$  が縦軸となす角  $\theta$  は、冷却速度に比例し、 $\theta$  は漏斗から容器に注ぐ冷水の容積が大きい程小さい。実験は常に  $\theta$  を一定に保つておこなつた。曲線  $a, b, c$  はそれぞれ第3圖の水滴  $a, b, c$  の成長曲線を、点線  $d, e$  は途中で凝結を始めた新しい水滴のそれである。膜面上の核は単孔の縁邊からの距離によつて冷されかたが、多少違うので正確な比較はできないが、大体同じ距離にある  $a$  と  $c$  とを比べてみると、最初の2分位の間は  $a$  が  $c$  に比べて成長速度が大きい、3分位たつと殆んど同じになっている。また、 $d$  と  $b$  とを比べると  $d$  の方が  $b$  よりも成長が速い。また、途中で凝結を始めた  $e$  は最初の1分位の間は現われていないが、一たん出現すると急に大きくなつて3分後には自然の核に凝結した水滴とほとんど變らない大きさになつたのである。しかして、これらの霧粒の凝結核は電子顕微鏡下では一休どのような姿をしているであろうか？それらの寫眞は圖版の Fig. 8, 9, 10, 11 に示されている。

同じような今一つの例を第5圖に示そう。圖において、 $A$  はおなじく、ニセコアンスプリ山頂において、試料支持臺の膜面に附着した霧粒の最初の寫眞である。直径はそれぞれ、 $a: 31\mu$ ,  $b: 20.6\mu$  である。 $B\sim E$  の寫眞は實驗室でうえと同じ方法で、水滴を再現させたものである。 $B$  は冷却を開始する前に約30分間、湿度100%に保つておいたものであるが、すでに  $a, b$  のあとに小さな水滴がぼつんとあらわれている。その大きさは正確でないが、直径が  $2\sim 3\mu$  である。従つて、霧粒  $a, b$  の残した核は、確かに存在し、且つ吸湿性物質であることがわかる。つづく  $C, D, E$  は冷水を注ぎ、冷却を開始してからそれぞれ35秒、55秒、2分12秒たつたときの水滴再現の様子である。 $E$  を  $A$  に重ねると、最初、自然の霧粒がついていたあとには、



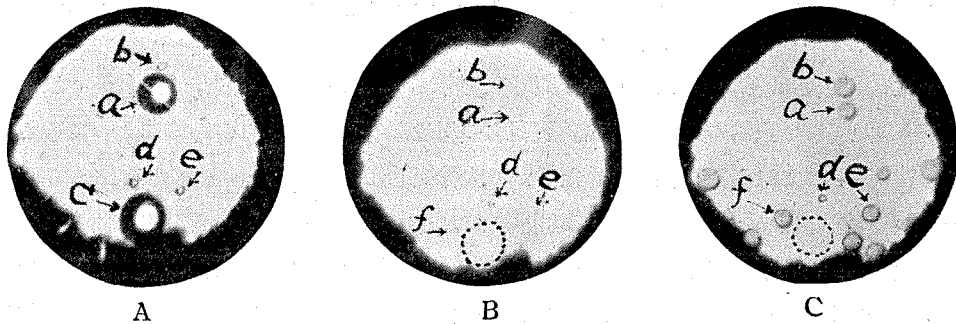
第6圖

水滴成長曲線

正しく水滴  $a, b$  が再現し、その他にも  $c, d, e$  等の水滴が新しく出現している。これらはまえとおなじ理由で観察の對照から除外し、単孔の縁邊近くの  $a, b$  だけに注目してゆくことにする。

第6圖は、第5圖の水滴の直径を測つて、その成長の速さを圖示したものである。この圖から、新たに出現した水滴  $c$  は  $a, b$  に比べ成長速度がはるかに小さいことがわかる。これらの核の電子顕微鏡寫眞はそれぞれ圖版 Fig. 12, 13, 14, に示してある。

このようにして、現地で撮影した最初の寫眞と、實驗室で人工的に水蒸氣を凝結させた寫眞とを重ねてみると、大抵の



第 7 圖

A は膜面に捕捉された霧粒  
 B, C は水滴成長の過程 C のあとには水滴はあらわれない  
 B: 23 sec C: 1 m sec

場合、もと霧粒がついていた同じ位置に水滴が現われることがわかる。ところが、少数ではあるが、重ね合せを行つたときに、最初霧粒がついていたのにもかかわらず、同じ位置に水滴が再現しない場合がある。その一例を第7圖に示す。第7圖、A はこれまでと同じく、ニセコアンヌプリ山頂で、霧粒が膜面に附着したときの最初の寫眞で、霧粒は大小とりまぜ a, b, c, d, e の5箇が捕えられている。寫眞 B, C は、實驗室でこれらの粒が残した核の上に水滴を再現させたもので、B は冷却開始後23秒、C は1分24秒後の状態である。C をA に重ねてみると、霧粒 a, b, d, e のあとにはそれぞれ水滴が複元しているが、點線でかこんだもと霧粒 c のついていたあとには水滴は凝結していない。のちほどわれわれはこの附近を電子顕微鏡でくまなく調べてみたのであるが、事實何も発見することは出来なかつたのである。この實驗は、勿論、電子顕微鏡にかけのまえに行つたのであるから、c の核は電子顕微鏡内部の高真空や、電子照射を受けて蒸發したのではない。ほんとうに最初から核がなかつたと考える他はない。このような核をもたない霧粒は、自然にどうしてできるのであろうか？。これらの成因の一つとして次のようなことが考えられる。すなわち、雨滴のような大きな粒があつてその一部分が何かの原因によつて分裂してできたものとするのである。そうだとすれば、それらは必ずしも核を持たなくてもよいであろう。笠雲や劇しい上昇氣流のなかで霧粒ができるときは、凝結によらず、機械的な分裂によつてできるものが少しぐらいあつてもよさそうである。そしてこのような霧粒は多分電荷をもつていであろう。今回の觀測ではこのような核をもたない霧粒が4箇発見された。

## IV

次に、今回1951年9月下旬、ニセコアンヌプリ山頂の觀測で得た核の電子顕微鏡寫眞について簡単な解説を試みよう。

圖版 Fig. 8, 9, 10, 11 は、まえにのべた第3圖の A の霧粒 a, b, c 及び水滴 d の核である。Fig. 8 の核は岩石又は土壤に起源をおく非吸濕性粒子で、この核は濡らせてから再び電子顕微鏡で調べても形を變えなかつたから、水には溶けない粒子である。カオリンなどの電子顕微鏡寫眞に同じようなものが見出されている。小さな結晶が無數に集合しているように見える。そしてその一つ一つの先端に電子に對し異常に透明な部分を持つ。この異常透明部の構造はまだ明かでないが、これらが水蒸氣の凝結に對してどのような作用をするかは興味のある問題である。Fig. 9, 10 は燃焼によつてできたピッチの薄片のように思われる。やはりその縁邊にそつて異常透明部分がみられる。前節で、これらの核の上につくつた水滴の成長曲線(第4圖)を比べてみると、Fig. 8 すなわち、a は、Fig. 10 の c よりも凝結速度が速い。このように多數の突起をもつた、質量に比べ表面積の大きい核は、たとえ水に溶けない物質であつても凝結核として active に働くものと思われる。Fig. 11 は最初に現地でとつた寫眞第3圖—A に寫つていながつた水滴 d の核である。明かに燃焼成生物である。このような寫眞は、いろいろな有機物を不完全燃焼させたときにみられるものである。水滴成長速度をみると、自然の核におとらないから、もし大氣中に浮んでおれば、必ず霧の凝結核になりうるであろう。しかし、前にのべた理由で、われわれは、一應核の分類から除外しておくことにする。

Fig. 12, 13 は、第5圖寫眞 A に示した霧粒 a 及び b の核である。何れも燃焼成生物であつてタールのように思われる。Fig. 14 は、同じ試料の膜面に出現した水滴 c の核であつて、カオリンか粘土粒子のごときのものであろう。この核は第6圖の成長曲線をみてもわかるように Fig. 12, 13 に比べて核としての能力はずつと劣るものである。これもまえにのべたように自然の霧粒の核とはみなさないことにする。

紙面の都合上、觀測した寫眞の全部をかかげるわけにはゆかないが、Fig. 15~25 にその代表的なものを示す。

Fig. 15, Fig. 16 は何れも海鹽核とみなすべきもので、明かに特徴ある NaCl の四角な結晶形を示している。NaCl の結晶は通常正確な立方形の結晶を示すことはよく知られているが、ときには結晶の一部が缺けて Fig. 15 のような形を示すことがある。(NaCl の微細結晶については、L. Dautrebande<sup>9)</sup> の秀抜な電子顕微鏡寫眞を参照せられたい)。Fig. 16 の a, b, c は何れも結晶の表面が多少ぼやけているが、それは海鹽は NaCl の他に無定形な構造をもつ MgCl<sub>2</sub> その他の鹽類を含んでいるからである。圖版 Fig. 17, 18, 19, 20 は Fig. 8 とともに岩石又は土壤に起源をおくと思われる非吸濕性核の代表的なものである。このように質量に比し表面積の大きい粒子は水に溶けないものであつても核として作用するものと思われる。

Fig. 21, 22, 23, 24, 25 はいずれも燃焼成生物とみられるもので、Fig. 21 はピッチ、Fig. 22 はカーボンブラック、Fig. 22~25 はタールであろう。同種のもは萩原・大喜多兩氏の觀測のなかにも多く見出されている。そしてこのような燃焼成生物は今回の觀測においても多數見出されたのである。

## V

今回の観測を要約してみると、ニセコアンヌプリ山頂の雲粒のなかに見出された核には、大體において燃焼成生物と思われるものが多かつたが、一方少数の海鹽核と思われるもの他に、岩石又は土壤に起源をおく非吸濕性核も多數發見された。そして、それらは現實に自然の霧粒のなか存在していたのである。そして特別な容器をつくつて、これらの核の上に水蒸氣を凝結させてみると、確實にもとの霧粒が再現することがわかつた。電子顯微鏡下に示されたこれらの核が化學的に如何なる物質であるかという點については、われわれはまだ明確に答えることができない。なぜならば電子顯微鏡はその形を明瞭に示してくれるだけだからである。従來、天然にできる霧や雲の凝結核は、水に可溶性の吸濕性とむ粒子であると考えられていた。しかし電子顯微鏡による観測によつて、水に可溶性の非吸濕性の固形粒子も多數發見されたのである。このような非吸濕性粒子が核として働くための條件は、電子顯微鏡寫眞及び、その核に霧粒を再現させる實驗から判斷して、質量に比し充分大きな表面積をもつていること、そして熱容量が小さく大氣の冷却過程に直ぐに應ぜられることなどが必要であるように思われる。そして、圖版 Fig. 11 に示した大きな扁平な粒子はこの二つの條件を缺いており、Fig. 8, 17, 18, 19 及び燃焼成生物はこの二つの條件を満足しているようにみえる。

電子顯微鏡による霧核の研究は、要するに大氣中に浮遊しているいろいろな Aerosol のなかで、水蒸氣が選擇的に凝結をおこす微粒子の研究である。海霧の核を調べれば、海面附近の下層大氣中に存在する核が知れ、ニセコアンヌプリ、藏玉山のような山頂で核をとれば、千數百米の高度における核がわかり、更に熊井のように雪華の核を調べれば、地上數千米の高度に存在する核を知ることが出来るわけである。

これまでに得られた霧核の試料をごく大ざつぱであるが分類してみると、

- a: 海鹽粒子
- b: 岩石又は土壤に起源をおく固形粒子
- c: 燃焼によつて生ずる微粒子

の三つに分けることができる。こころみに、圖版に示した核をうへの三つのクラスに分け、現地でもつておいた霧粒が膜面に附着した最初の寫眞からその直徑をはかつてもとの霧粒の直徑を出し、表にしてみると第1表のようになる。

この第1表をみると、もとの霧粒の大きさと、核の大きさとの間には、あまりはつきりした關係はなさそうである。第4圖、第6圖に示す人工水滴の成長曲線をみても、核の性質は凝結過程のごく初期に大きな影響をもつだけで、充分時間がたち、水滴がある大きさに達すれば、もはやもとの核はどのようなものであつても、その後の凝結速度にはあまり影響をあたえぬように思われる。

われわれは、今回ニセコ山頂でサンプリングした霧粒につきうへの寫眞も含めて合計41枚

第 1 表

No. of figuer	Diameter of original Cloud Particle	Classification of Nuclei	No. of figuer	Diameter of original Cloud Particle	Classification of Nuclei
Fig. 8	22	Soil matter	Fig. 9	20	Combustion Products
Fig. 17	19.2		Fig. 10	13.6	
Fig. 18	30		Fig. 12	24.6	
Fig. 19	20		Fig. 13	16.4	
Fig. 20	20.5		Fig. 21	14.0	
Fig. 15	19.2		Fig. 22	13.7	
Fig. 16 a	27.4	sea-salt	Fig. 23	23.2	
Fig. 16 b	16.4		Fig. 24	23.2	
Fig. 16 c	11		Fig. 25	20	

の電子顕微鏡寫眞をとつた。それらをうへの a, b, c の三つのクラスに分けてみると a: 6 箇, b: 14 箇, c: 21 箇であつて、別に核をもたない霧粒が 4 箇發見された。このような核がどのようなメカニズムによつて地球表面から大氣中に供給されているかは、興味のある、且つ重要な問題である。a 及び b の核は、地球上で主に機械的な方法によつてつくられ、c の核は燃焼という化學的過程をへてつくられる。確實なことは言えないが、これらの粒子が Sol として大氣中に供給されるには、機械的な方法よりも、燃焼という過程を経る方が、うへののべた條件を満足する active な核を、多量且つ容易につくりうるように思われる。

ともかく、確實な、より多くの試料が集積せられ、形の上だけでも核の種類が分類せられ、信頼すべき頻度がわかればやがてそのような核を供給している起源が何であるかが明かになるであろう。現在までのところ、海鹽がすべての核ではないということだけがいえるのである。従つて、われわれはただちに海鹽説を否定し、燃焼核説をとることは、今暫く慎重を期したいと思う。電子顕微鏡はその操作、管理共にまだ不便な點が多く、一回の觀測でせいぜい數十箇の試料が得られるにすぎない。われわれは、この問題に關し興味を寄せられる多くの人々の協力を切に期待したい。

最後に、この研究に對し興味を寄せられ、有益な御助言を賜つた吉田順五教授、故今堀克巳教授に對し深い感謝の意をささげる。

また、=セコにおける觀測やその他實驗に協力して下さつた木下誠一氏、及び核の寫眞撮影を擔當して下さつた北大電子顕微鏡研究室の方々にお禮を申し上げる。

## 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 (豫報). 低温科學, 7.
- 2) 黒岩大助 1950 電子顕微鏡による霧核の研究. 防霧林に關する研究 p. 165.
- 3) Kuroiwa, D. 1951. Electron-microscope study of fog nuclei. Jour. Meteor., 8, 157-160.
- 4) 荻原斯二・大喜多敏一 1952 電子顕微鏡による雲及び霧核の研究. 氣象集誌, 30, No. 2, 132.

- 5) L. Dautrebande 1950 Influence of temperature on the micellar size of salt aerosols. *Nature*, 166, No. 4222, 546.

### Résumé

Fog nuclei have been examined and photographed with an electron microscope. In the case of sea fog nuclei, the author obtained preliminary results already in 1944 and reported them in (1), (2), (3). For the purpose of investigating cloud nuclei, the sampling of specimens was carried out on the summit of Mt. Nisekoannupri (1300 m above the sea) in Hokkaido Island in 1951.

In the previous paper, the author reported that there were a few fog particles that contained no nucleus residue. Since the self-nucleation of water vapour is actually difficult to occur in the free atmosphere, he supposed that the nucleus would have been evaporated in the vacuum of the electron microscope. To determine whether a cloud particle has a nucleus or not, the author took the following experimental measures. Before the electron microphotograph of the specimen is taken, the holder is put into the special glass vessel which was designed so as to produce artificially water droplets. (see! Fig. 2) When the cold water is put into the vessel, the water vapour condenses on the natural nucleus residue left on the collodion film of the specimen holder and forms a water droplet. The original photograph of the cloud particles captured on the collodion film is shown in Fig. 3-A, and the successive stages of condensation of artificial water droplets are shown in Fig. 3-B~G. Besides those droplets (a, b, c) which appeared at the positions where the original cloud particles had occupied, there appeared two more droplets (d, e) on the same collodion film. It is almost certain that these droplets were formed around some nuclei, about the origin of which nothing definite can be said, the author has, therefore, excluded them from the classification of data. A similar example is shown in Fig. 5-A~E. In rare cases, however, there existed nucleusless cloud particles which brought about no reappearance of water droplet in the above-mentioned procedure. A typical example is shown in Fig. 7, where A is the original photograph of cloud particles, and B, C the picture of the water droplets artificially produced. Here we can see no water droplet at the spot previously occupied by the cloud particle (c). This spot was examined subsequently by the electron microscope and it was confirmed that particle c had actually no nucleus. This fact provides the evidence that there are some nucleusless particles in the natural cloud. Such particles were found 4 times in the present investigation. They might presumably be due to the splitting of larger droplets in the air.

The electron-microphotographs of nucleus residue of cloud particles obtained in this investigation are shown in the supplemental plates. Figs. 8~10 show the nuclei a, b, c appearing in Fig. 3-A. Fig. 11 shows the condensation nucleus of the extra water droplet d. Fig. 5-A, the nucleus residues of a, b, c are shown in Figs. 12~14 where the nucleus in Fig. 14 has been left out of account for the same reason as given above. The representative pictures of cloud of nuclei picked out from data are shown in Figs. 15~25. The rectangular form of the nucleus seen in Fig. 15 and Fig. 16 is presumably due to the sea salt. Figs. 8, 17, 18 and 19 represent peculiar non-hygroscopic nuclei which are said to be found particles of a kaoline or clay. Figs. 20~25 may be combustion products such as carbon black, piece of pitch, tar or smoke particles. These figures were observed most frequently in the field vision of the electron microscope, so that it may safely be inferred that the combustion products serve actively as condensation nuclei like sea-salt particles. 45 cloud particles were examined in the present investigation, and it was found that 6 of them had sea-salt, 14 had rock or soil particles, 21 had combustion products, and 4 had no nucleus.

第 8 圖

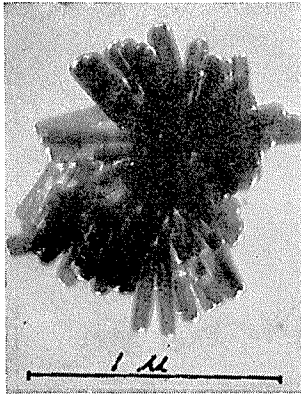


Fig. 8 (Fig. 3 の a の核)

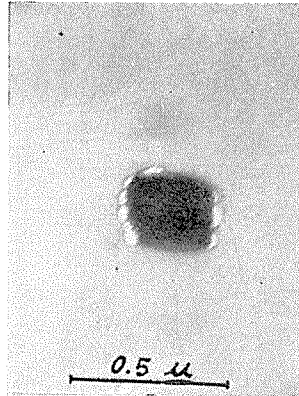


Fig. 11 (Fig. 3 の b の核)

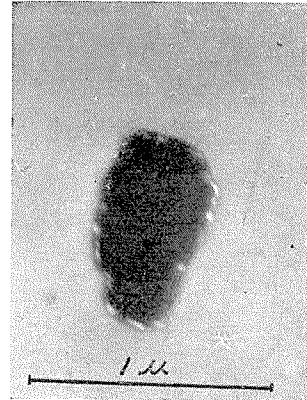


Fig. 10 (Fig. 3 の c の核)

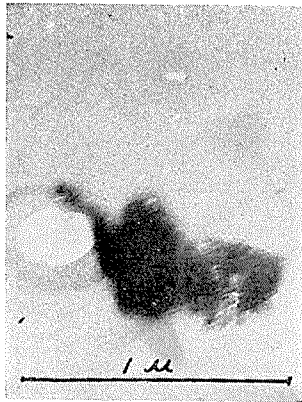


Fig. 9 (Fig. 3 の d の核)



Fig. 12 (Fig. 5 の a の核)

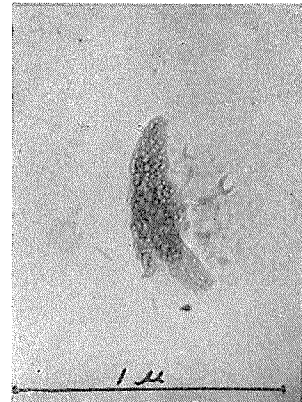


Fig. 13 (Fig. 5 の b の核)



Fig. 14 (Fig. 5 の c の核)

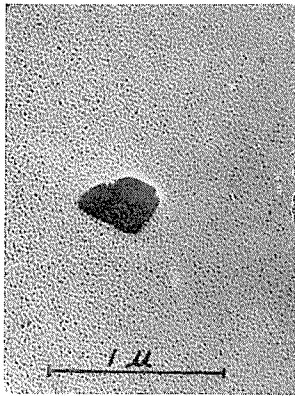


Fig. 15

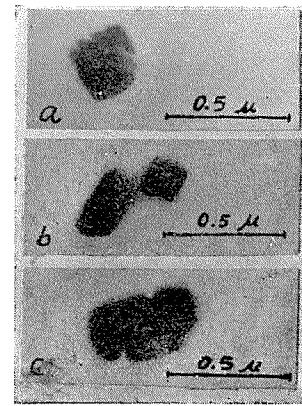


Fig. 16

第 9 圖

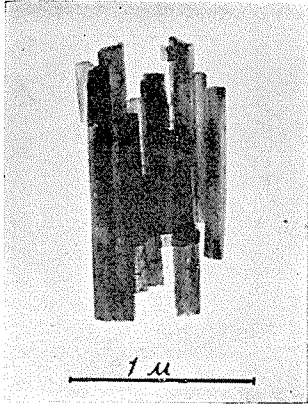


Fig. 17

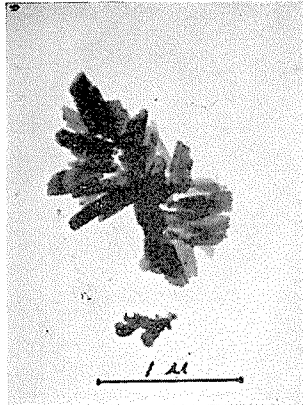


Fig. 18

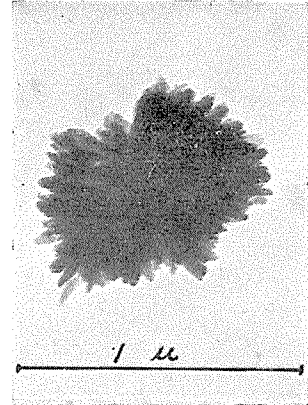


Fig. 19

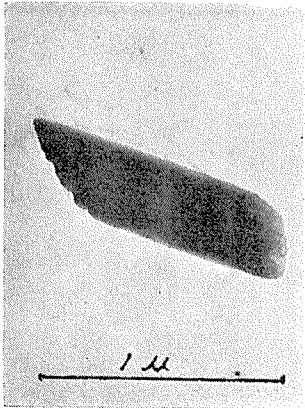


Fig. 20

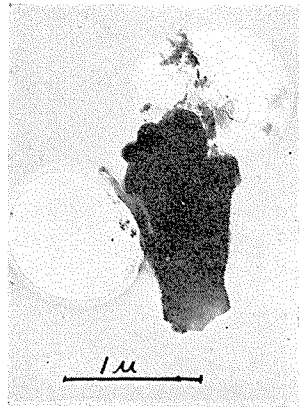


Fig. 21

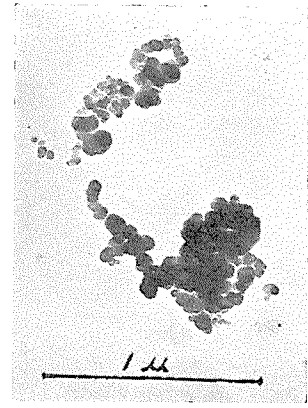


Fig. 22

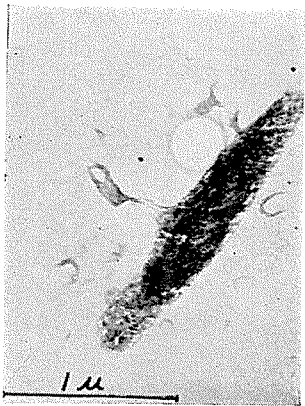


Fig. 23

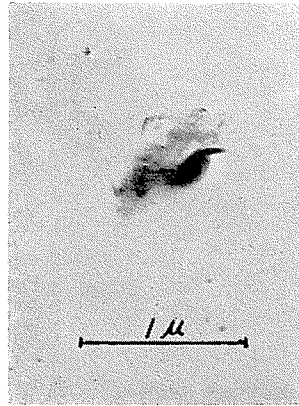


Fig. 24

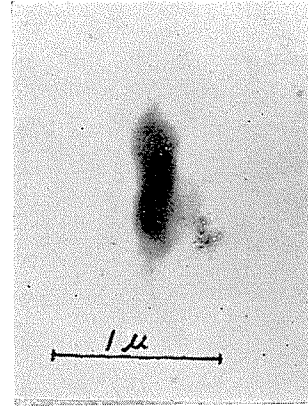


Fig. 25