

—夏期大学講座内容④—

寒 冷 地 の 気 象

—特に細氷現象を中心にして—

北海道教育大学旭川分校 桜井兼市

はじめに

北海道の内陸地域は厳寒期には $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ 位まで気温が下がる。これは北西の季節風を吹かす西高東低の冬型の気圧配置がくずれ、風が弱くなり、晴れた日の夜間に放射冷却が進んだ結果記録される。特に道北・道東の都市では、この様な低温は生活及び産業活動に大いに影響を与えている。一方、それに伴う種々の気象現象が観測されており、そうした中で地表付近で生ずる細氷及び氷霧は有名であり、多くの研究者が調査・研究を行ってきている。

気象観測における細氷 (Ice Needle) 及び氷霧 (Ice Fog) の定義は 1) 細氷;ごく小さい柱状または板状の水の結晶が空中に浮んでいるが、水平規程は1km以上ある場合で、日がさすと暈や光柱を生ずる。 2) 氷霧;細氷またはこれに水滴がまじったものが空中に浮んで、水平規程が1km未満になった場合で、湿度は霧の場合より一般に低い(気象学ハンドブック、技報堂)となっている。いずれの場合も地表近くで発生するもので道北・道東で観測される他、冬の山岳地帯でも見られ、ダイヤモンド・ダストとも呼ばれている。

細氷・氷霧の成因

都市内で観測される細氷・氷霧の初期には過冷却霧(0°C 以下でも液滴から出来ている霧)の発生がみられる。旭川の例でこれらの発生過程を述べる。図4-1は旭川市内を流れる石狩川及びウシュベツ川沿に発生した川霧の分布を示してある。ウシュベツ川にはパルプ工場からの温い排水

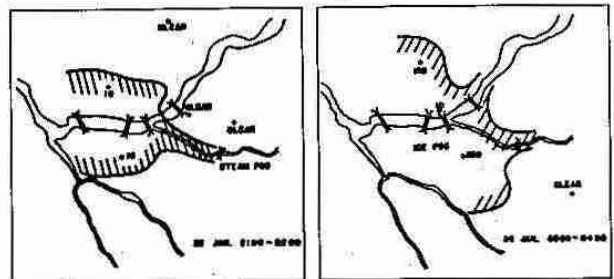


図4-1 1963年1月25日~26日の過冷却霧(左)と氷霧(右)の水平分布 数値は視程(m)

が流入しているため、気温が -20°C 以下になると水温と気温との差が $25^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ にも達し、川面よりさかんに水蒸気が蒸発する。川沿に発生した川霧は市内に拡がり、その濃度も時間と共に増していく。図中に数値で示したのは水平視程で、川の周辺では約10mまで低下している。早期に気温が -20°C 以下になると、この霧の中に氷晶が発生し過冷却霧は細氷又は氷霧へと変化していく。図4-2は同日に測定された気温の垂直分布である。気温が上空に行くに従って高くなる接地逆転

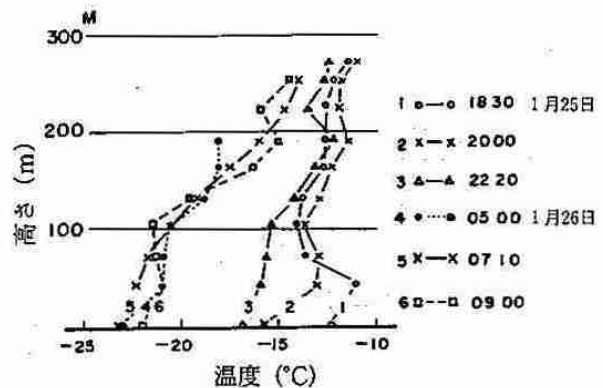


図4-2 1963年1月25日~26日の気温の垂直分布の時間変化

層の中では対流がおこりにくく、この層の中で発生した霧や細氷は長く接続する。旭川を始め道北・道東の内陸都市で放射冷却現象が生ずる時には同様の状態となっている。

図4-3は過冷却霧の霧粒の写真である。この写真からも気温が -20°C まで下っても霧粒が液体

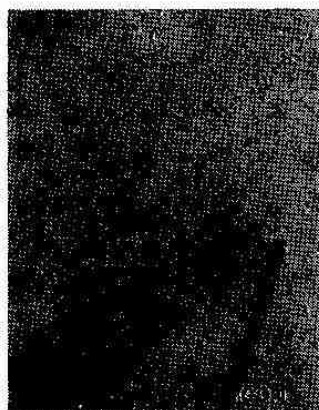


図4-3 過冷却霧粒

であることが分る。図4-4に日没後霧が発生し、それが早朝になって細氷・氷霧に変化する状況を示す。图中 Fog と記されているのは過冷却霧で初めの霧は13日23時半頃に氷霧に変化している。氷霧中の氷晶の大きさは $100\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}$ は1000分 1mm) $\sim 200\mu\text{m}$ 位のものである。図4-5(a)は元の氷晶の写真である。14日02時頃より再び過冷

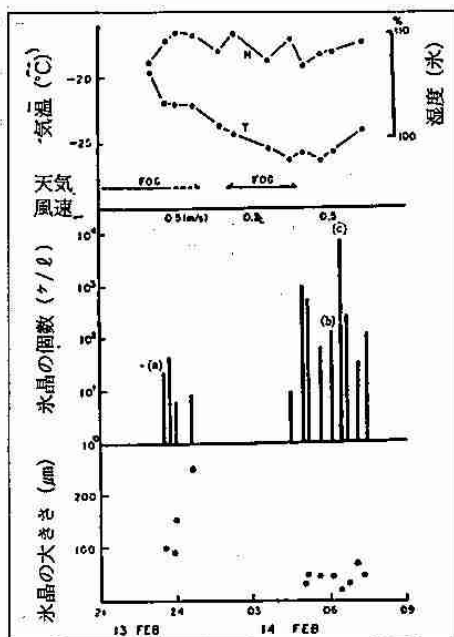


図4-4 過冷却霧から氷霧への変化

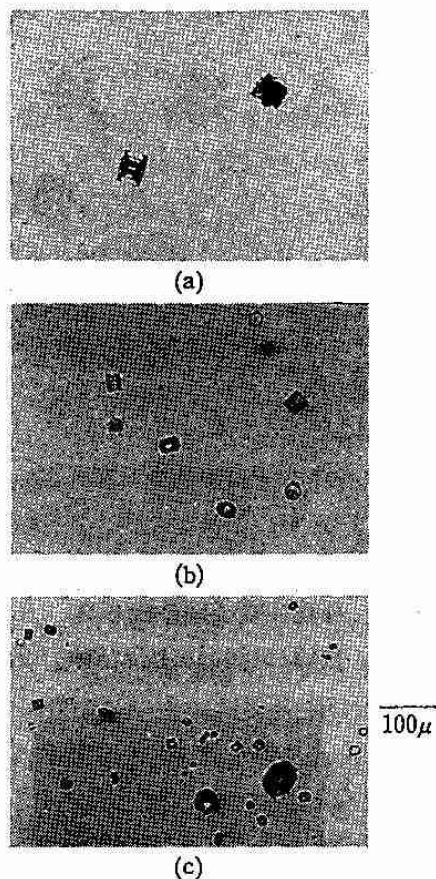


図4-5 図4-4の中に示した(a)(b)(c)に対応する氷晶の写真

却霧が発生し、気温が -27°C まで下った05時頃より氷晶が発生した。この氷晶は図4-5(b)(c)に示されているように、その大きさが $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ と極めて小さい。更にその数も 1L 中に数1000個にまで達して霧粒がなくなり細氷となった。この図から分るように過冷却霧の中に氷晶が混ると急速に霧粒が消えて行く。これは 0°C 以下の温度では、水に対する飽和水蒸気圧が氷に対する飽和水蒸気圧より大きいためで、氷晶と霧粒が共存すると霧粒が蒸発して氷晶が成長するためである。

これまで見てきたように気温が -20°C 以下になると霧の中に氷晶が発生するが、これは大気中に浮遊している種々の粒子(大部分は汚染粒子)が氷晶核として働いて、その上に氷晶が形成するからである。図4-6、図4-7に霧粒及び氷晶の電子顕微鏡写真を示す。図4-6の霧粒内に、こ

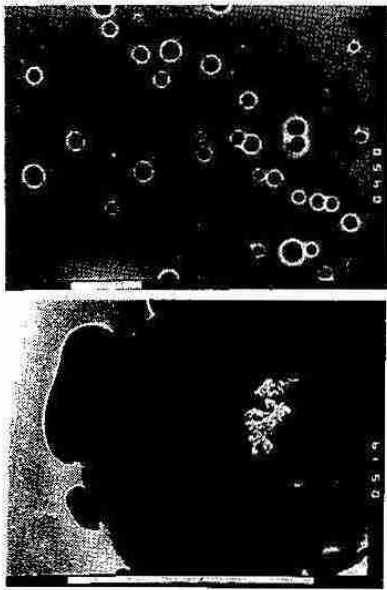


図4-6 霧粒の電子顕微鏡写真
白線は100 μ m(上)及び10 μ m(下)である

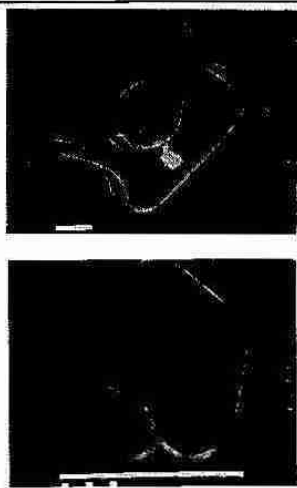


図4-7 氷晶の電子顕微鏡写真
白線は10 μ m(上)及び100 μ m(下)である

の霧粒を作るのに働いた凝結核が、又図4-7には氷晶中の氷晶核が見られる。凝結核は一度溶けて再固体化したと思われる形状をしていることから可溶性の物質から成っていると考えられる。一方、氷晶核は非可溶性と思われる形状を示している。一般的に氷晶核は土壌粒子又は燃焼生成物のような固体で水分子を吸着して氷晶が形成すると云われている。

氷晶を作るのに働く氷晶核数は温度の低下と共に増す。細氷が観測された時の氷晶核数と温度の

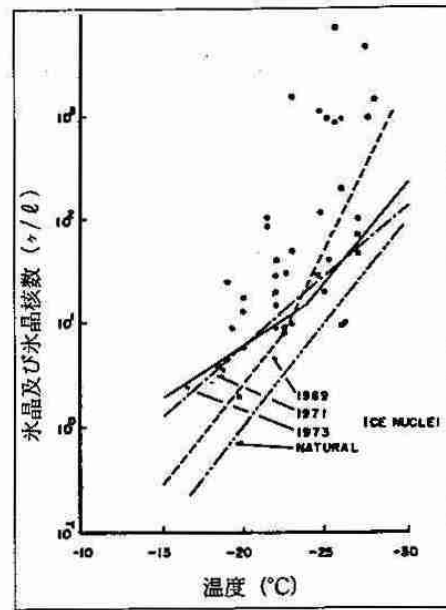


図4-8 氷晶の数及び氷晶核数と温度との関係
線で示したのが氷晶核数、○印が氷晶の数

関係を図4-8に示す。それぞれの線で示したのが氷晶核数で、丸印で示したのが氷晶の個数である。氷晶核数は-25°Cで1 ℓ 中に数10個から100個程度であり、これは一般に雪や雨をもたらす大気中の氷晶核数 (naturalと示した) に比べて多い。

この事は都市大気中の汚染物質中にかなりの氷晶核として働く粒子が含まれていることを示している。

道北や道東の都市で観測される細氷の成因はそれに必要な水蒸気、氷晶核とも人間活動に密接に

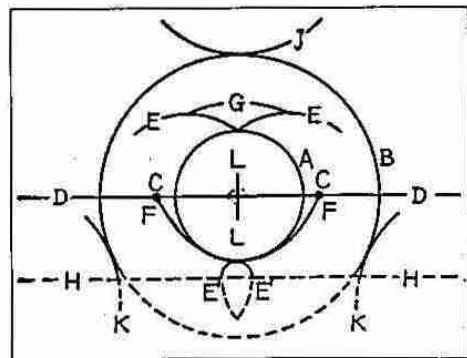


図4-9 A:内量, B:外量, C:幻日, DD:幻日環, EE:上端切弧, E'E':下端切弧, F:ローウィッツの弧, G:パリー(長斉)の弧, HH:地平線, J:天頂環, K:切線弧, LL:太陽柱

関係している。最近では、水蒸気の供給源として不凍結の河川以外に暖房・工場からの排出ガス及び自動車の排気ガスが大きな比重をもつようになってきた。又これらの排出ガス中には氷晶核として働く燃焼生成物も多数含まれている。北海道より気温の下るアラスカ・フェアバンクス市では氷霧の発生は自動車の排気ガスであり、視程が悪化して交通障害の原因となっている。

細氷に伴う光学現象

上空に薄い氷晶から成る巻層雲があると、それが太陽光を屈折させたり、反射させたりして種々の光学的現象を生じさせる。図4-9はそれらの現象の名称である。図4-10はアラスカ・パローで写されたハローで、この中に内暈、幻日、幻日

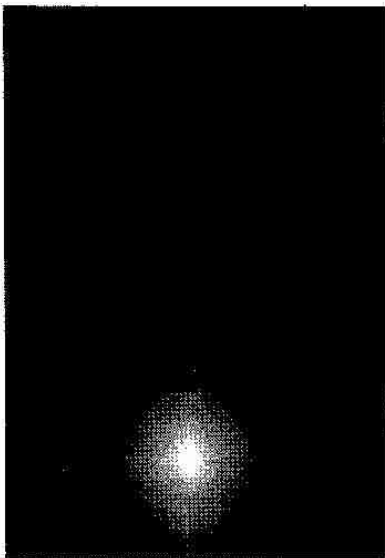


図4-10 アラスカ・パローで観測されたハロー

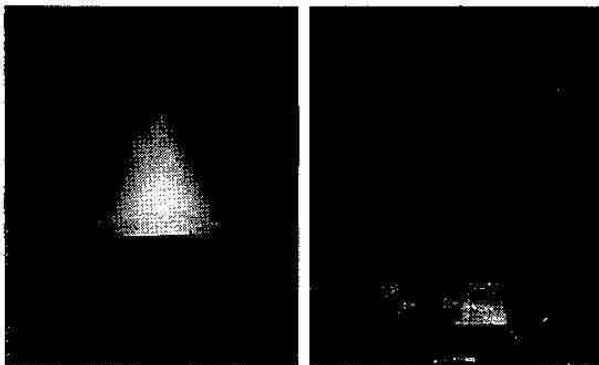


図4-11 名寄で観測された太陽柱(左)と光柱(右)

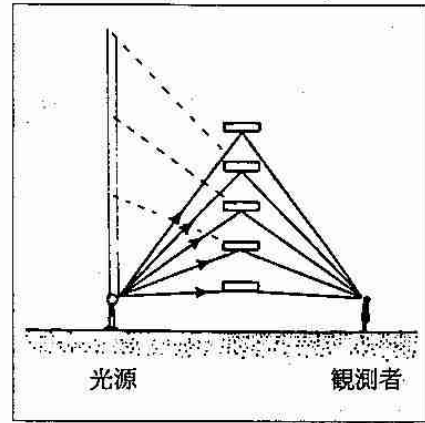


図4-12 光柱が見られる時の光源、氷晶及び観測者との関係

環、上端切弧及び太陽柱が見られる。地上で発生する細氷でもこの中の現象のいくつかが見られる。その中で一番良く観測されているのが太陽柱である。図4-11(左)は名寄ピヤシリ・スキー場で見られた太陽柱でスキー場の周囲には細氷が発生していた。光源が街の照明であると(右)のように光の柱として見られる。これは空中に浮んでいる氷晶によって反射された光が観測者から見ると垂直方向にサーチライトを向けたように見える現象である(図4-12)。光の柱が暗い夜空に突き出ている様子は大変幻想的である。細氷による幻日は太陽が水平線に近い時に見える。図4-3はアラスカ・フェアバンクス市で観測されたもので、太陽の位置より約22°離れた所に明るく極くわずかに色づいた幻日が見られる。



図4-13 アラスカ・フェアバンクスで写された細氷による幻日