



極地気象学

1. 北 極

菊地勝弘*

1. はじめに

北極地域の気象に関する調査研究の歴史は、当然南極地域の比ではない筈であるが、しかし、現在のわが国で、極地気象といえ、その殆んどが南極に向けられているといっても過言ではないであろう。南極が、IGYをその契機として、国際的に組織だった研究観測をしているのに対して、北極には、それに類する組織がないからともいえるのではなかろうか。

北極について行なわれた全ての文献は、**The Arctic Institute of North America** から、**“Arctic Bibliography”, Vols. 1~7**, として1953年から1957年にわたって出版されている。各巻とも1,000頁にわたる分厚い本であるが、その内で、Arcticの項目の内の、Meteorologyを引けば、たとえば、Alaska, Arctic Basin, Canada, U.S.S.R.等の地域毎の論文が、また、Arcticの項目の内には、Instrumentsや、Observationsの欄もあって非常に詳細に括められているが、20年以上も経過しているのが難点である。

Arctic Meteorologyという語は、**Dorsey (1951)**が**“Compendium of Meteorology”**の**Polar Meteorology**のセクションで使っており、同じセクションで、**Hare (1951)**は、Arctic and Subarcticの気候について論じている。また、**Hare (1968)**は**“The Arctic”**の論題で、**Quart, J. Roy. Met. Soc.**の中で、**Barry・Hare (1974)**は**“Arctic and Alpine Environments”**の中で、**“Arctic Climate”**の論題で、北極域の総観気象および気候について述べている。

しかし、Arctic Meteorologyといった、そのものずばりの教科書がある訳ではなく、また北極の気象に関する論文もそう多くはない。入門講座に極地気象学が取り上げられたのは今回が初めてであるので、ここでは北極域

の気象現象を扱った論文を、いくつかの分野に分けて紹介する形をとった。

2. ジャーナル

北極の気象に関する論文は、よく知られている各国の気象学会のジャーナルに時々見られるが、そう頻繁には出ていないので、見落とすほうが多いかもしれない。そんな時には、**American Meteorological Society**から刊行されている**“Meteorological & Geostrophysical Abstracts”**のSubject IndexでArcticから探すのが早い。比較的多くの論文が投稿されているのは、**Monthly Weather Review**ではないだろうか。北極に関するジャーナルはあまり知られていないので、ここで紹介すると、北極そのものずばりの**“Arctic”**は**The Institute of North America**のジャーナルとして、1948年から刊行されており、国立極地研究所、東京都立大学理学部は創刊から、北海道大学低温科学研究所には1949年の第2巻から揃っている。また、University of Coloradoの**The Institute of Arctic and Alpine Research**から**“Arctic and Alpine Research”**が1969年から刊行され、北海道大学低温研究所、国立極地研究所は創刊から、その他、最近号からは東京大学理学部、筑波大等でもみることができる。しかし、これらのジャーナルは地理学的な論文が主で、氷河、永久凍土から北極域の動・植物相まで北極全般にわたっており、最近は自然科学ばかりでなく、社会科学の論文も含まれるようになってきた。気象学に関係する論文としては、気象衛星による海氷の分布、気候変動の論文もみられるが、いわゆるArctic Meteorologyに関するものは非常に少ないといえる。イギリスの**International Glaciological Society**が発行している**“Journal of Glaciology”**は、前述のジャーナルに比してかなり気象学、気候学に近い分野の論文を掲載しているが、内容の多くは氷河関係で占められている。しかし、積雪、雪結晶、水の凍結実験

* K. Kikuchi, 北海道大学理学部地球物理学教室。

等に関する論文も時々投稿される。1979年5月に **Elsevier Scientific Publishing Company** から “**Cold Regions Science and Technology**” が発刊される予定のようで、この中には、水の凍結、雪氷を含む広い範囲の物理・化学に関する論文が対象になるようである。日本極地研究振興会が発行している“極地”は、目下のところ南極関係の記事が圧倒的に多いのは、その出発が日本の南極観測の開始に由来しているからであろう。

3. 氷晶

寒冷地における氷晶に注目した観測は、旧満洲での **Ito** (1953) のものがよく知られているが、北極域に近いものとしては、**Oliver・Oliver** (1949) が古い。**Thuman・Robinson** (1954) は、Alaska の Fairbanks 近くの Eielson Air Force Base の観測に基づいて、氷晶を hexagonal plates, prismatic columns の他に “droxtals” に分類した。その後、Alaska の Fairbanks の氷霧が注目され、**Kumai** (1964) は氷晶をその中心核の面から、**Benson** (1965) は大気汚染との関係から、**Bowling et al.** (1968) は気圧配置との関係を取り扱ったが、**Ohtake** (1970) によってくわしく研究された。最近、**Ohtake et al.** (1978) は Alaska の Barrow 付近での氷晶の形成機構を、地上観測の他に航空機を用いた観測も行なっている。Alaska 以外の北極域での氷晶の観測としては、Canada, Northwest Territory, Inuvik で行なわれた観測結果を括めた **Magono** (1978) の報告が新しい。一方、Siberia における氷晶については、**Zamorskii** (1955) の著書が古いが、**Klinov** (1960) の著書に詳細に述べられており、その一部の畸形雪のところは菊地 (1974) によって訳されている。

4. 北極前線

氷晶以外の北極域での研究の多くは、北極前線に関する解析的研究が主で、最近では、それが気象衛星の写真からも確認できるようになったというのが多いようである。**Reed・Kunkel** (1960) は、1952~1956年のデータをもとにして、夏季の 60° N 以北の平均的な高・低気圧の発生頻度の解析を行ない、さらに、**Reed** (1960) は同じデータを用いて、前線の発生頻度を示した。これらをもとに、彼は北極前線の成因および北極海周辺部の気象状態の原因は、主として北シベリア地域での傾圧不安定によるものとしている。一方、冬季のこのような解析は、1952~1957年のデータをもとにして、**Keegan** (1958) によって行なわれた。彼は北極前線には言及しなかったが、**Williams** (1958) は Alaska 内陸部に降

雪をもたらす “Secondary arctic front” として注目した。しかし、**Reed** (1960) は北極前線 (Arctic front) は夏季のみだけであって、冬季には存在しないと結論づけた。しかし、最近では、**Barry** (1967) が 850 mb 天気図を使って、また **Hare** (1968) の解析から、冬季の北極前線の存在も証明されている。つまり、北極前線は、冬季の北極域での強い接地逆転のために、地上付近の “cold pool” の上に浮かんだ形になり、いわゆる “masked front” になってしまい、地上天気図による解析だけでは正確な位置づけは困難なのである。Alaska 内陸部の冬季の北極前線と降雪の関係については、**Willis・Grice** (1977) に詳しい。これら北極前線に伴う雲分布については、**Streten** (1974), **Willis・Grice** (1975), **Dunn・Grice** (1975) がある。

5. 接地逆転, 放射冷却, 熱収支 等

極地で冬季の特有の現象といえば、接地逆転がある。Alaska, Fairbanks でのラジオゾンデのデータを解析した **Bilello** (1966) をはじめとして、**Benson** (1970), **Wendler** (1969), **Wendler・Jayaweera** (1972), **Wendler・Nicpon** (1975) 等があるが、それによると、大気下層 200 m で 20°C の温度差は決してめずらしくはないとのことである。接地逆転の生成が、大気や雪面からの熱損失だけでは説明できず、大気中の氷晶からの放射にもよるという考え方に、**Gotaas・Benson** (1965) や、**Bowling** (1970) がある。北極域での雪面、また地形、地域による熱収支を取り扱ったものとしては、**Vowinckel・Orvig** (1964; 1965a; b; 1966; 1967), **Vowinckel・Taylor** (1965) や、**Wendler** (1967; 1971), **Oort** (1974) 等がある。最近北極域での層雲の性質を論じたものに **Jayaweera・Ohtake** (1973) があり、**Herman・Goody** (1976) は特に夏の層雲の生成および存在過程を数値モデルで取り扱っている。

この他、エーロゾル粒子のバックグラウンドの観測もいくつか行なわれている (**Flyger et al.**, 1973; **Hogan et al.**, 1975; **Kikuchi et al.**, 1978)。

6. あとがき

北極の気象といっても、比較的文献が手に入り易い範囲の主として Alaska, Canada を取り扱ったものを中心に紹介した。ソ連ではどの辺まで手がつけられているかよくわからないが、少なくとも氷晶に関しては、**Klinov** (1960) 以来あまり論文は見当たらないようである。最近の **Klinov** からの手紙では、彼自身も大気汚染の分野の研究に変わったようである。氷晶や北極前線

については大分観測データが集積され、現状がわかってきつつあるように思える。これからは、その生成過程が注目されるようになるであろう。そんな時に、Polex North の観測が遂行されるのは、まことにタイミングが良いと言わざるを得ない。

北極気象に関する研究を進めるといっても、高層観測はもちろんのこと、地上観測点も極端に少なく、その上、氷晶等の観測となれば、 -40°C 以下という過酷な条件下で行なわなければならず、いつでも、どこでも、誰でもがという訳にもゆかないけれども、北半球の気候をコントロールしている北極気団、またその中で生じている種々のスケールの気象現象に、もう少し注意が払われてもよいのではないだろうか。

文 献

- American Meteorological Society: Meteorological & Geostrophysical Abstracts.
Arctic and Alpine Environments, 1974: Methuen, 999 pp.
- Barry, R.G., 1967: Seasonal location of the arctic front over North America, *Geogr. Bull.*, 9, 79-95.
- Barry, R.G. and F.K. Hare, 1974: Arctic climate, "Arctic and Alpine Environments", Methuen, 17-54.
- Benson, C.S., 1965: Ice fog, low temperature air pollution, Final Report, Geophysical Institute, Univ. of Alaska.
- , 1970: Ice fog: Low temperature air pollution, *CRREL. Res. Rep.*, 121, 118 pp.
- Bilello, M.A., 1966: Survey of arctic and subarctic temperature inversions, *CRREL, Tech. Rep.*, 161, 35 pp.
- Bowling, S. 1970: Radiative cooling rate in the presence of ice crystal aerosols, Ph. D. Dissertation, Univ. of Alaska.
- , T. Ohtake and C.S. Benson, 1968: Winter pressure systems and ice fog in Fairbanks, Alaska, *J. Appl. Met.*, 7, 961-968.
- Compendium of Meteorology, 1951: Amer. Met. Soc., 1334 pp.
- Dorsey, Jr., H. G., 1951: Arctic meteorology, "Compendium of Meteorology", Amer. Met. Soc., 942-951.
- Dunn, F.M. and G.K. Grice, 1975: Warm air intrusion into the arctic, *Mon. Wea. Rev.*, 103, 1137-1139.
- Elsevier Scientific Publishing Company: Cold Regions Science and Technology.
- Flyger, H., K. Hansen, W. J. Megaw and L.C. Cox, 1973: The background level of the summer tropospheric aerosol over Greenland and the North Atlantic Ocean, *J. Appl. Met.*, 12, 161-174.
- Gotaas, Y. and C.S. Benson, 1965: The effect of suspended ice crystals on radiative cooling, *J. Appl. Met.*, 4, 446-453.
- Hare, F.K., 1951: Some climatological problems of the Arctic and Sub-arctic, "Compendium of Meteorology", Amer. Met. Soc., 952-966.
- Hare, F.K., 1968: The arctic, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 94, 439-459.
- Herman, G. and R. Goody, 1976: Formation and persistence of summertime arctic stratus cloud, *J. Atmos. Sci.*, 33, 1537-1553.
- Hogan, A.W., W. Winters and G. Gardner, 1975: A portable aerosol detector of high sensitivity, *J. Appl. Met.*, 14, 39-45.
- Institute of Arctic and Alpine Research: Arctic and Alpine Research.
- International Glaciological Society: *Journal of Glaciology*.
- Ito, K., 1953: Forms of ice crystals in the air, *Pap. Met. Geophys.*, 3, 207-216.
- Jayaweera, K.O.L.F., and T. Ohtake, 1973: Concentration of ice crystals in arctic stratus clouds, *J. Rech. Atmos.*, 7, 199-207.
- Keegan, T.J., 1958: Arctic synoptic activity in winter, *J. Met.*, 15, 513-521.
- 菊地勝弘, 1974: 天然雪, *気象研究ノート*, 123, 767-811.
- Kikuchi, K., T. Endoh and M. Kajikawa, 1978: Aerosol concentration measurements made in the mid-winter season at Inuvik, N.W.T., Canada, "Snow Crystals in the Arctic Canada" (Ed. C. Magono), Hokkaido Univ., 162-172.
- Kumai, M., 1964: A study of ice fog and ice nuclei at Fairbanks, Alaska, Research Report, CRREL.
- Magono, C., (Ed.) 1978: "Snow Crystals in the Arctic Canada", Hokkaido Univ., 172 pp.
- 日本極地研究振興会: 極地.
- Ohtake, T., 1970: Studies on ice fog, Final Report, Geophysical Institute, Univ. of Alaska.
- Ohtake, T., K.O.L.F. Jayaweera and K. Sakurai, 1978: Formation mechanism of ice crystals in the cloudless atmosphere, Preprints of Conference on Cloud Physics and Atmospheric Electricity, Issaquah, Washington, 122-125.
- Oliver, V.J. and M.B. Oliver, 1949: Ice fogs in the interior of Alaska, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 30, 23-26.
- Oort, A.H., 1974: Year-to-year variations in the energy balance of the arctic atmosphere, *J.G.*

- R., 79, 1253-1260.
- Reed, R.J., 1960: Principal frontal zones of the Northern Hemisphere in winter and summer, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 41, 591-598.
- Reed, R.J. and B.A. Kunkel, 1960: The arctic circulation in summer, *J. Met.*, 17, 489-506.
- Streten, N.A., 1974: Some features of the summer climate of interior Alaska, *Arctic*, 27, 273-286.
- The Arctic Institute of North America, 1953-1957: *Arctic Bibliography*, 1-7, Department of Defence, Washington.
- The Institute of North America: *Arctic*.
- Thuman, W.C. and E. Robinson, 1954: Studies of Alaskan ice fog particles, *J. Met.*, 11, 151-156.
- Vowinckel, E. and S. Orvig, 1964: Energy balance of the Arctic, 1, *Arch. Met. Geophys. Biokl.*, **B**, 13, 352-377.
- and ———, 1965 a, b: Energy balance of the Arctic, 2. 3. *Arch. Met. Geophys. Biokl.*, **B**, 13, 451-479, 480-502.
- and ———, 1966: Energy balance of the Arctic, 5, *Arch. Met. Geophys. Biokl.*, **B**, 14, 303-325.
- and ———, 1967: Climate change over the Polar Ocean, 1, *Arch. Met. Geophys. Biokl.*, **B**, 15, 1-23.
- and B. Taylor, 1965: Energy balance of the Arctic, 4, *Arch. Met. Geophys. Biokl.*, **B**, 14, 36-52.
- Wendler, G., 1967: The heat balance at the snow surface during the melting period near Fairbanks, Alaska, *Beitr. Geophys.*, 76, 453-460.
- , 1969: Heat balance studies during an ice fog period in Fairbanks, Alaska, *Mon. Wea. Rev.*, 97, 512-520.
- , 1971: The estimate of a heat balance for a valley and a hill station in Central Alaska, *J. Appl. Met.*, 10, 684-693.
- and K.O.L.F. Jayaweera, 1972: Some measurements on the development of the surface inversion in Central Alaska during winter, *Pure Appl. Geophys.*, 99, 209-221.
- and P. Nicpon, 1975: Low-level temperature inversions in Fairbanks, Central Alaska, *Mon. Wea. Rev.*, 103, 34-44.
- Williams, G.C., 1958: A cold wave strikes interior Alaska, *Weatherwise*, 11, 164-165.
- Willis, R.A. and G.K. Grice, 1975: A strong arctic front over northwest Canada and Alaska, *Mon. Wea. Rev.*, 103, 745-746.
- and G.K. Grice, 1977: The wintertime arctic front and its effect on Fairbanks, Alaska, *Mon. Wea. Rev.*, 105, 78-85.
- Zamorskii, A.D., 1955: *Atmosfernii Led*, Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 377 pp.
- Klinov, F. Ya., 1960: *Voda v Atmosfere pri Nizkif Temperaturaf*, Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 169 pp.