

月例会「南極圏の気象」第3回の報告

「南極圏の気象」第3回月例会を昭和60年春季大会の前日5月21日に開催しました。「極域の雲と降水」という比較的狭いテーマであったせいか、東京という地の利にしては少ない約40名の参加者ではありましたが、活発な討論が行われました。講演者の方々および御参加いただいた方々に厚くお礼申し上げます。(幹事:伊藤朋之, 気象研究所)

1. 極域の雲と降水に関する研究の現状と問題点

菊地勝弘(北大・理学部)

北極域の厳冬期の地上気温は -40°C 前後、時には -50°C にもなるが、それに対して、南極点を含む南極大陸中央部での夏期の地上気温もやはり -40°C 前後を記録する。

今ここで、両地域共、12月、1月の気温が -40°C 前後だからといって、それがまったく同じような条件の降水機構や、同じような雪の結晶が降ると考える訳にはいかない。

南極大陸中央部は海拔2,800m以上であるが、日没がなく天候が安定している。そのため、(1)接地逆転が弱い、(2)雲層が非常に薄い、(3)水蒸気源(いわゆるbulk water)まで非常に遠い、といった特徴がある。一方、カナダ、アラスカの北部、北極域では、海拔高度が100m以下で、(1)接地逆転が非常に強い、(2)周期的に北極気団に蒙られる、(3)雲層が非常に厚いことがある、(4)水蒸気源は、気圧配置によっては、アラスカ湾から上層への温度、湿度移流がある。

したがって、降水機構という点からみると、南極点では中層雲、上層雲からの降水が主であるが、北極域では下層雲を含む厚い雲層からの降水もあり、降水強度は、2桁から3桁も違う。そのため、雪の結晶は、南極点では樹枝状結晶や霰はほとんどみられないが、北極域では対流性の雲からの霰や雲粒付結晶がしばしば観測される。

それでは、夏の北極はというと、 $+20\sim+30^{\circ}\text{C}$ にもなる北極圏内陸部と、海水の融けた 0°C に近い海水温のコントラストは、南寄りの気流で、いわゆる Arctic

Summer Stratus を発生させる。一方、冬の南極点は $-60\sim-70^{\circ}\text{C}$ になり、氷晶のみが降ると考えられるが、Smiley等の観測での結晶は、角板、角柱、砲弾および砲弾集合で、長径は $200\mu\text{m}$ を超えるものもあるという。

夏の北極地方では、大部分の期間雲で覆われていて、そのほとんどは低い層雲であることが知られている。これは、4月から5月にかけて海水が融け始めると急激に見られるようになり、10月頃、海面が海水で覆われだすと直ぐ減少する。この層雲を、Arctic Summer StratusとかArctic Stratus Cloudsと呼んでいる。厚さは数100mで、時には何層かに分かれている場合がある。したがってこの層雲は、海水をはじめとする北極地方の熱収支に大きな影響を及ぼすと考えられる。この雲の観測は、ほとんどアラスカ北方のビューホート海について行われており、ソ連での観測例についての情報は知らない。この雲の雲物理特性は、主としてアラスカ大学のJayaweela等によって、また放射収支観測はウィスコンシン大学のHerman等によって行われている。冬の北極前線と降雪の関係は、NWSのGrice等が取扱っている。

一方南極域の雲と降水に関する組織だった観測例はない。降水粒子に関しては、ほとんどが個人による顕微鏡観測や、レプリカ観測に限られている。最近注目されたClear-Sky Precipitationに対してSmiley等はライダー観測を、菊地は雪結晶ゾンデ観測を行った。Lax and Schwerdtfegerは南極点における降雪時の下層風が、ウェッデル海を含む 225° から 45° の範囲であることから、降雪をもたらす雲は、地形上昇による大陸周辺の暖湿気の断熱冷却によると結論づけている。

いずれにせよ、北極域のArctic Summer Stratusのソ連北部を含む面的な実態の把握が必要であるし、また南極域に関しては、雲の総合的な情報に欠け、雲と降水の関係、また放射特性等の情報が必要であり、極軌道衛星データの積極的な利用が望まれる。

2. POLEX-North 研究観測のレビュー

藤吉康志(北大・低温研)

1979年11月から1980年1月まで、北極圏カナダのイヌヴィックで行った、POLEX-Northの観測結果については、J. Meteor. Soc. Japan, 60 (1982)にまとめているので、ここでは、今後の極域観測の参考のために、未解決の興味ある観測結果についてのみまとめる。

(1) 等温層の存在：地上から、時には400 mbの厚さの等温層が存在した。この等温層の、水平および垂直方向の形成・発達過程が不明である。この等温層は、降雪観測期間中の34%に出現し、観測期間中の総降雪量の19%が、この等温層からもたらされていた。いわゆる、Clear-sky precipitationも、等温層が出現したときに多く生じていた。このように、等温層は、極域の降水機構を考える上で、極めて重要な役割を果たしている。ミリ波レーダーで、等温層内の降水エコーを見ると、層状性でも、顕著な対流性でも無く、ストリーク状のエコーであった。この等温層内で降雪をもたらす擾乱についても不明である。

(2) 過冷却水滴の存在：ミリ波レーダーおよび、地上での雪結晶の観測から、 -40°C 近くの気温を示す高度にまで、過冷却水滴が存在していることが示唆された。南極のレーザーレーダー観測でも、過冷却水滴の存在が示唆されている。直接採取法によって、先ずその存在を確認し、過冷却水滴の起源と発生機構を明らかにすべきであろう。

(3) -25°C 以下で形成される雪片：今回の観測で、頻度は少ないが、雪片が観測されている。われわれの観測では角柱の雪片は無かったが、 -50°C で角柱の雪片が見付かったという報告もある。低温度下での雪結晶の併合機構は、まだほとんど手がつけられていない。

(4) -30°C 以下の温度での各種の雪結晶の成長条件：北大理学部菊地教授らが、今年も観測を予定されている。

(5) 人間活動と ice fog, diamond dust の発生：極域での、人間活動による熱・物質(水蒸気も含む)汚染の影響の大きさを評価する必要がある。

(6) Dark Band の発生：極域では、上空に暖気が入ると、しばしば凍雨が観測されることから、下層の温度逆転が大きく、かつ逆転層が十分厚ければ、融解層に現われる Bright Band の逆で、凍結層に Dark Band が現われるだろうと期待したが観測できなかった。学問的意味は別として、恐らく極域特有の現象として、観測して

みたいものである。

最後に、極域の降水機構を明らかにするためには、従来のような一点観測から、面的な、少なくとも面的議論ができるような観測に転換すべきであろう。

3. 昭和基地における雲の特性

和田 誠(国立極地研究所)

昭和基地では1957年から定常観測として、雲量・雲形の観測がはじまったが、雲そのものについての観測は非常に少ない。その1つが菊地他(1976)によっておこなわれた魚眼レンズカメラを用いた雲高・雲速・雲向の観測である。結果は、雲高は、絹雲で5~8 km, 絹積雲で7~8 km, 絹層雲で5~8 km, 高積雲で2~3 km, 層積雲で0.5~1 kmであり、雲速、雲向は、大体高層ゾンデ観測と一致していた。

雲量、降雪日数、可降水量、相対湿度についてのPOLEX 期間の1979~1980年のデータ解析から、①昭和基地、みずほ基地では雲量、降雪日数とも夏季の終りと冬季に大きな値となっていること、②みずほ基地では両方の量とも昭和基地に比べずっと小さいこと、③昭和基地の可降水量は夏で6 mm, 冬で3 mm 前後であること、④湿度は昭和・みずほ基地とも70%前後であること、などがわかって来ている。

このような条件下にある昭和基地で、1979年80年の高層ゾンデの主に湿度と気温のデータを利用し、昭和基地で見られる雲と大気状態との関係を調べた。その結果

(1) タイプⅠとして表された雲、ほぼ湿潤断熱の温度分布の層の中にできる雲、は状態曲線から見て下が暖い状態、主に昭和基地に低気圧や前線が近づくとときに形成される。このとき500 mbの風向は、その低気圧などの位置により少しかわるが、北西から西であり、このときは厚い、3 km まで達する雲にまで発達することがある。また降雪をもたらすことも多い。そして雲が形成されるケースではこのタイプがもっとも多い。

(2) タイプⅡとして表された雲、等温層内でできている雲は、上が暖かく下が冷たい大気状態のとき形成されやすい。このときの500 mbの風向は南西である。しかしこの雲はあまり厚い雲にはならずせいぜい1 km 程度である。またたとえ等温層が地表付近までできているときでも雲は900 mbより上にしかほとんど形成されない。またこの雲は地表までの降雪を伴うことも少ない。この雲は冬季に形成され夏季にはほとんど見られない。

(3) タイプⅢとした雲、表面近くの温度逆転の層の付

近にできた雲、とタイプⅣとした雲、中層の温度逆転層付近の雲は、大気条件とのうまい対応はつかなかったが、Ⅲは必ずしも冬に多くはなく、夏にも見られ、Ⅳは季節に関係なく出現した。

高気圧下での雪については加藤 (1978) などによって $\delta^{18}\text{O}$ の分析から述べられているが、次に、高気圧下での雲の形成について考えた。沈降によってできる安定層内、地表面近くの安定層内にできる雲があるが、これらの原因として、雲の上面の放射冷却や雪面からの放射冷却のためと考えられるケースが見いだされた。

4. 衛星から見た南極の雲

山内 恭 (国立極地研究所)

衛星による雲観測は、結果が研究としてどれだけ窮められているかは別として、実に広範囲に利用されている。さらに、「雲-気候」の議論に耐え得るデータを作る努力が続けられている (例: ISCCP)。極域における衛星観測も、地上観測が少いことから特に期待は大きい。雲情報に関しては、雪氷面との識別の困難から、まだ余り多くの仕事はなされていない。

南極域での衛星雲観測から調べられるべき興味ある重要な課題の一つは「雲-雪氷圏相互作用」である。最少

期と最大期で 1,000 km 以上もの季節変化をする南極海水縁。その氷縁の張出しが擾乱の活動度とどういう関係があるか。氷縁付近に雲が存在し易く、それが「ice-albedo feedback」を弱めるか。雲は内陸のどこまで侵入し、氷床の涵養に寄与するか、等々。初期の NOAA 衛星のモザイク写真を利用した仕事があるが (Carlton, 1981等)。まだ結論は明確ではない。衛星画像を詳細に調べると、冬期の広大な海水域の中に、実に多くの開水面の存在が認められ、単に氷縁のみの議論では不十分であると類推される。

南極昭和基地では、1980年以來 TIROS/NOAA 衛星の高密度データの受信が続けられている。その中の画像データ (AVHRR) から雲や海水分布の解析を行うことを目指しているが、現在はいかに雲の識別を行うか、処理方法の検討の段階である。低気圧に伴う背の高い雲は、雪面温度ともコントラストがあるのでよく分り、擾乱がかなりの内陸まで侵入することがあるのが見られる。しかし、低い層状の雲は、雪面との温度 (アルベードも) コントラストが低く、多波長の組合せを行っても見分けにくい。今後、早急に雲の識別方法を確立し、南極の「雲気候学」を調べ得る資料を提供したい。

第8回極域気水圏シンポジウムのお知らせ

南極域においては、現在第26次観測隊によって南極中層大気総合観測 (MAP)、東クィーンモードランド雪氷研究計画が実施されております。また、国内においては極域気水圏計画 (POLEX-South) の結果の解析や南極気候研究計画の検討などが行われております。つきましては、極域における気象学、雪氷学に関連する研究成果と今後の研究の展望について議論すべく、下記によりシンポジウムを開催することになりました。ふるって御参

加下さい。

記

日 時: 昭和60年12月11日 (水)~13日 (金)

場 所: 国立極地研究所, 講堂

連絡先: 国立極地研究所気水圏シンポジウム係 (藤井理行)

〒173 東京都板橋区加賀1-9-10

TEL 03 (962) 4711 (内線 452)

(496 頁より続く)

Kuroiwa, D., 1953: Electron-microscope study of atmospheric condensation nuclei, Study on Fogs.

北大低温科学研究所, タンネ貿易株式会社, 札幌

幌, 349-382.

Mason, B.J., 1971: The physics of clouds, Clarendon Press, Oxford. pp. 671.