

COSPAR「成層圏循環に関するセミナー」*

COSPAR (宇宙空間研究委員会—Commission on Space Research) は国際学術連合理事会 (ICSU) の中の一委員会で1958年10月, ICSU の総会において宇宙空間研究の国際協力のために設置されたものである。年一回総会が開かれ, 第1回は1958年11月ロンドンで開催された。1968年の総会は第11回目にあたり東で開かれた。

COSPAR には6つの Working Group があるが (天気14巻12号表紙4頁参照) その中の Working Group II に属する中性大気の力学と構造に関するパネルが主催して昨年から総会のあとに「成層圏循環に関するセミナー」を開いている。今年は第2回で気象庁後援のもとに5月20日から22日まで気象庁講堂で開催された。なお第1回はロンドンで開かれている。

セミナーは20日9時有住高層課長の司会で始まり, 柴田気象庁長官の歓迎のあいさつ, 次いでパネルを代表して Dr. D.S. Johnson (パネルの長, 米国気象衛星センター所長) が本セミナーの意義と気象庁の尽力に対する謝辞を述べ, ただちに講演がはじめられた。講演は成層圏と中間圏の観測, 解析, 理論的研究など多方面にわたり日本を含む数多くの活動が紹介された。第1日の座長は M.L. Facy (フランス気象台), 第2日は G.B. Tucker (オーストラリア気象台), 第3日は K.R. Ramatullah (パキスタン宇宙空間委員会) と K.R. Ramanathan (インド物理研究所) がそれぞれ座長となった。

このセミナーの開催には W.L. Webb (米国テキサス大学) をはじめ事務局 (気象庁高層課) 担当者らの陰の尽力と気象庁総務部, 観測部の職員の協力があつて円滑に運営された。

第2日の講演終了後気象庁長官招待のレセプションが行なわれ, 内外の参加者の交流も深められた。

受講者は講師を含めて100名近く (国外から13か国24名が登録) あり非常に盛会であった。本稿は下記の方々にお願いして講演要旨を書いて頂いた。なお天気15巻4号でお知らせしたプログラムは若干変更があつたが以下発表された順に紹介したい。

執筆者: 関口理郎 (気象庁高層課), 関原彊 (気象研究所高層物理研究部), 広田勇 (東京大学地球物理学教室), 柳井迪雄 (東京大学地球物理学教室), 三崎方郎 (気象研究所高層物理研究部), 新田尚 (気象庁電子計算機室), 矢田明 (気象庁高層課),

(講演企画委員会)

W.L. Webb: The Stratospheric Circulation.

成層圏循環

気象ロケット観測網 (MRN) の充実により, 成層圏 (25~85km) 循環のシノプティックなプロフィールが解明されつつあること, そしてその大要を Webb 流に解析した結果を述べた。もちろん, この種類の研究には, スケジュールに基づいて多くの地点で系統的に同時性を持った観測が必要であるが, 現在の MRN はこの要請を充分には満たしておらず, 解析結果は決定版とは言えないことを remark していた。

MRN が1959年10月にその活動を開始した当時は, 1, 4, 7, 10の各月に観測を行なっていたが, このようなスケジュールでは重要な現象を見落す可能性があるため, 1962年からは毎週3回 (月・水・金) 観測を行なうように改めた (毎週1回しか行なえない観測所は水曜日, それも不可能なときには最低月1回)。さらに, 1966年からは可能な観測所では毎日ロケットを打ち上げるよう勧告されたが, 1967年1月現在, この計画を完全に実施している観測所はない。観測所によって年間450~12発という違いがあるが, この9年間に MRN により10,000発以上の気象ロケットが打ち上げられ, 主として風と気温 (まれにオゾンの垂直分布) の観測が行なわれてき

* COSPAR: Seminar on Stratospheric Circulation
—1968年7月1日受理—

た。

MRN は原則的に 25~65km の高度範囲の観測を目指している。65~85km の気象観測のためには、一般的に言って別のロケットシステムを必要とする。また、85~105km の風は流星跡の radar tracking により経済的に観測される。

0~25km を tropospheric circulation (lower stratosphere は本質的には troposphere と同質)、25~80km を stratospheric circulation、80km 以上を ionospheric circulation と定義し、stratospheric circulation について議論を展開した。Stratospheric circulation と ionospheric circulation の主な相違は前者は disturbance が卓越している冬の終りを除いて zonal であるのに対し、後者では meridional component が卓越していることである。Stratospheric Circulation Index (SCI) として、45~55km の平均風速成分を取り、その季節風の気候学を展開した。

中緯度における zonal component の SCI の変化をみると、5月はじめから9月半ばまでの約4.5月間が夏の偏東風循環であり、あとの7.5月間が冬の偏西風循環となっている。偏東風は7月頃に約50m/sec、偏西風は12月中旬に約100m/secの極大となる。偏西風は極大のあと急激に減少し、1月後半に極小(50m/sec)となり、その後2月中旬に第2の極大が現われ、その後漸減する。偏西風のこの2つの極大の間の期間を winter storm period と名づけ、いわゆる突然昇温や polar vortex の break down のような激しい現象はこの期間内に発生している。

一方、meridional component の SCI は中緯度で年間を通じて平均的に 5m/sec の南風が卓越し、赤道地方から極への流れの存在を示している。

両半球の coupling に関連して、winter storm period には南半球の偏東風が北半球に波及し、その程度は westerly の極小のときに最も深く(18°N)かつ強い。この現象は circumpolar ではなく、大陸上では westerly が低緯度まで卓越する trough であるが、海洋上では easterly が 45°N までも存在する ridge となっている。

このような westerly と easterly の境界線(Webbは inter-hemispherical front と名づけている)は winter storm period にのみ存在し(南半球につきしも同様)、突然昇温による polar vortex の崩壊はこの front の消滅によって define される。また、アセンション島のような赤道地域の上空の SCI (zonal) の semianual oscillation も

この南北両半球の coupling によって説明される。

最後に、ROBIN sphere によって測定された風の垂直分布から推定した disturbance の vertical scale は 40 km で 10^3 meters, 80km で 10^4 meters であり、冬より夏の方が若手 scale が大きい。このような disturbance が垂直方向に伝播する wave-type motion の可能性があることを指摘した。(関口理郎)

E. Hesstvedt: Theoretical Considerations Related to the Study of Noctilucent Cloud.

夜光雲の研究に関する理論的考察

夜光雲(NLC)の発生が水蒸気の凝結による氷晶雲として説明しうることを述べた。まず、高緯度における夏の mesopause の気温が 140°C 以下であり、合理的な水蒸気量を仮定して、この level を中心に 5~7km が過飽和になりうること、夜光雲は7月を中心に6~8月に観測されることを観測事実として紹介した。

Hunt と同様な 36 の光化学に関係する反応式を考え、昼夜の各成分の number density を計算し、高さ 65km までは H_2O が H を含む成分の大部分であるが、65km 以上の層内では H_2O の光解離が盛んとなり、その数は急激に減少し、NLC を H_2O の凝結として説明できない。しかし、 H_2O の life time は 70km で 1 日、85km で数週間の order であり、その輸送過程が重量量となってくる。そこで垂直方向の eddy diffusion を考慮に入れた光化学理論の計算を行なった結果、 $K_z \approx 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ とすると、atomic oxygen の number density が実測とよく合うようになる。これは 100km より上の O が渦動拡散により下方に運ばれてくる効果による。一方、 H_2O は逆に上方に運ばれる。純光化学理論では、NLC の現われる 82 km あたりの H_2O の mixing ratio はすべての H が H_2O の形になったとしても NCL の発生に必要な H_2O の混合比より 3 桁程度小さい。一方、渦動拡散による H_2O の上方輸送を考えると、82km における H_2O はすべての H (H , H_2 , H_2O の形)の 2/3 程度である。

現在考えられる NCL の理論は (1) cosmic dust が mesopause の inversion layer に蓄積されたもの、(2) イオンまたは cosmic dust のような粒子に H_2O が凝結した氷晶であるというものである。(1)の説は最近の sampling 観測の結果が非常に僅かの数の粒子密度を示していることから疑わしい。そこで、イオンは H_2O が付着して氷晶核となるかどうか次の問題である。古典的理論では、イオンに H_2O が付着するためには、100倍近く

の過飽和度が必要であり、 H_2O の混合比として 3.5×10^{-5} gr/gr とすると、露点温度 $148^\circ K$ 、気温 $133^\circ K$ の程度となる。また、安定な粒子の大きさとしては、一分子層程度の大きさとなり、凝結核として作用するとは考えにくい。一方、最近の研究によればイオン・イオンボンド上に6ケの H_2O 分子が附着してケミカルボンドを形成し、その場合にはそれほど大きな過飽和度を必要としない。したがって、このような粒子が過飽和層(NLCの発生レベル)に落下してくると、その表面に H_2O の凝結が促進され、成長して氷晶となる。その落下速度は上限で 10cm/sec であり、成長するにつれて速くなる。このような過程で過飽和層は急速に乾燥してしまい、NCLを持続させられない。このため、 10cm/sec 程度の上昇速度が水蒸気補給のために必要である。

一方、氷晶の成長速度を計算すると、mixing ratio を 1.5×10^{-5} g/g、イオンの number density 1 per cm^3 として、核の大きさは1時間で約 0.1μ 程度となる。また、cosmic dust のような粒子を核として ice coating が成長すると、 H_2O の mixing ratio を $1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ g/g、粒子の number density を 40 per cm^3 程度にとつて、同程度の成長速度である。いずれにしても、 H_2O の混合比をかなり大きく見積らないと、NLC を氷晶雲として説明できないという結論であった。(関口理郎)

R.S. Skrivaneck: Particulate Sampling in Noctihicent Clouds.

夜光雲中の微粒子サンプリング

スウェーデンにおいて行なわれた NLC 中の粒子をロケットの上昇中にサンプルし、これを回収して解析する方法と解析結果について報告した。NLC の発生高度、すなわち $75 \sim 95\text{km}$ のサンプリングはそれより高い所のサンプリングと較べて、効率やショックウェーブの問題があり、方法も異なっている。

密封したケースにサンプリングフィルムを入れ、ロケットが所要の高度に達したとき、これを外気に露出させ、サンプリング終了後に再びシールして落下させる。サンプリングフィルムは目的に応じて数種類のものを使っている。薄い金属フィルムにアルミニウムコーティングしたもの、フィルム上にシリコンオイルを塗付して ice crystal のサンプリングを狙ったもの、インジウムコーティングしたフィルム、染料を塗付したフィルムなどである。

サンプリング中に得られた資料とそれ以外の汚染物質

1968年7月

を区別するために、ロケット打ち上げ前と回収後に違った角度から film 上に金属を蒸着させ、その影の有無と方向から粒子の film 上に付着した時期を判別する方法を採用している。その後、ロケットが上昇中にこの操作を行なうよう工夫して、さらに細かく sampling の判別を行なったが、実験は失敗したようである。

粒子の組成分析もその大きさが小さいため ($0.1 \sim 1.0 \mu$)、かなり困難のようで、硫黄分が含まれていることが検出された程度で、それがどのような形であるのか、またどのような金属成分が含まれているのかは今後の問題である。ただ、NLC 中で捕捉したと思われる粒子の電子顕微鏡写真には halos があり、NLC のないときやその外部で捕捉されたと思われる粒子にはないことが報告された。また、1962年の2回の sampling から、NLC 中の粒子数は NLC がいないときに較べて3桁程度大きい。しかし、1965年の観測では汚染が大きく失散し、1967年の観測では非常に少数の粒子しか発見できなかったことが報告され、今後の観測(今年夏)の結果を加えないと確定的なことは分らないような印象を受けた。

(関口理郎)

S.S. Gaigerov, Y.P. Koshelkov, D.A. Tarasenko, E.G. Shvidkovsky: Properties of the Atmosphere up to 80 km.

80 km 以下の大気の特徴

ソ連の気象ロケットによる中間圏 80km までの気温と風の測定結果を紹介した。まず、Heiss Island (Franz-Joseph Land $80.5^\circ N$, $58^\circ E$) における気温 ($0 \sim 80\text{km}$) と帯状流(stratopause まで)の月平均値について、1965年4月から1966年4月の期間のイソプレットにより、polar night period に easterly が卓越し、これは polar vortex が突然昇温に伴って極から移動したためであることも指摘した。stratopause における気温は $+30^\circ C$ (6, 7月) から $-10 \sim -20^\circ C$ (秋から初冬) に変化し、 $60 \sim 70\text{km}$ では冬の終りに $-70^\circ C$ の低温となる。6~7月頃の 80km の気温は $-90^\circ C$ 以下である。

また、Heins 島の観測は1966年2月はじめにおける突然昇温時期に 35km で $50^\circ C$ の気温上昇を示していた。このときの 2mb の天気図によれば、昇温はほぼ北極上空に起り、polar vortex は北米大陸の $60^\circ N$ まで移動し、極上空は高気圧となった。

McMurdo ($78^\circ S$) における1962年6月から1963年10月の間のロケット観測の結果と観測船“Ob”による

1957年12月から1958年4月にわたっての $65\sim 69^{\circ}\text{S}$ における観測, 1965年4月に 60°S における観測船“Croatan”によるロケット(ピート管とサーミスター)観測, 1967年1月と7月に観測船“Voeykov”によるロケット(抵抗温度計)観測を総合したイソプレットを示した(ピート管による気温は $60\sim 80\text{km}$ の高度において抵抗温度計より $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 高い値となるが, stratopause までの気温はどの温度計を使用してもよい一致が得られた)。この結果は Heiss Island における観測と比較され, 両極の成層圏と中間圏における気温と循環の差(特に冬季)が指摘された。

Volgograd (48.5°N , 44°E) における1966年12月から1967年9月における観測から, 中間圏の気温が大きく変動していること(70km で, 1966年12月中旬に $-70\sim -80^{\circ}\text{C}$ から1967年1月下旬に $-10\sim -20^{\circ}\text{C}$, 2月下旬から3月上旬に $-35\sim -40^{\circ}\text{C}$), stratopause 気温や高度が周期的に変動していることが示された。Volgograd における観測と Heiss Isl. のそれを比較して, $50\sim 60\text{km}$ における夏と冬の気温差は高緯度において顕著である。

南インド洋上におけるロケット観測(観測船による)の結果が1967年1~2月と1967年5~6月のクロスセクション(赤道 $\sim 60^{\circ}\text{S}$)として示された。冬期の気温の meridional gradient の逆転は $65\sim 70\text{km}$ では $0\sim 30^{\circ}\text{S}$, $55\sim 60\text{km}$ では $30\sim 40^{\circ}\text{S}$ に存在し, また stratopause の高さは北半球よりかなり低い。また, COSPAR の標準大気(CIRA)と較べて, mesopause の気温は低く, その高度は高い。(関口理郎)

A.D. Christie: Noctilucent Clouds over North America.

北アメリカ上空の夜光雲

北アメリカ大陸における NLC の観測網は1963年以後に拡充され, アメリカやカナダの関係機関の観測所によつて写真観測が広く行なわれるようになり, 1966年にはほぼ WMO の勧告に沿う観測網が完成した(ソ連においては1948年以来広範囲におけるシノプティック観測が行なわれている)。このような観測に興味を持つ主な理由は NLC が mesopause 近傍における気温や循環の indicator として, 中間圏の力学の研究に対して潜在的な重要性を持つためである。

NLC の気候学としては, 北緯 60° を中心とした高緯度に7月中旬を極大として夏季に現われる。また, 60°N の緯度圏に沿って $70\sim 50\text{W}$ における分布をみると, 下

層大気の ridge の位置の上空に頻度が多い。一方, 80km あたりの夏の気温や循環は zonally symmetry であり, planetary wave は中間圏上部には伝播していないようである。したがって, planetary wave に伴って発生した internal gravity wave (たとえば, ridge の西測の jet 中に発生した CAT) が東上方に伝播増幅され, NLC の原因となるものと推論している。stratopause の気温と mesopause の気温の間には逆相関があり, 夏は stratopause の気温が高く mesopause の気温が低く, NLC の発生は H_2O の凝結と考える根拠を与える。

直接 H_2O の生成と破壊に関係する光化学の反応により H_2O の平衡状態の分布を与え, 成層圏の H_2O の混合比を $3\times 10^{-6}\text{gr/gr}$ と仮定し, meridional circulation に適合する平均上昇流(1cm/sec)と vertical eddy transfer ($K_z=10^{-4}\text{km}^2/\text{sec}$)を与えて H_2O の垂直分布を計算すると, 中間圏の H_2O を光化学平衡値よりずっと増加させ, 83km あたりでは凝結して氷晶雲を生ぜしめることができる。このようなモデルの真疑を確かめるためには, tropopause あたりの planetary wave の synoptic analysis と NLC の分布や構造について信頼性の高い写真観測を必要とするので, 今後の観測計画についての構想を述べた。(関口理郎)

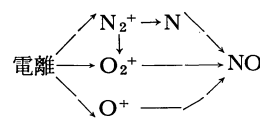
K. Sekihara: Thermal Radiation Regime and Ozone Problem.

大気熱収支と大気オゾン

高層大気の熱収支に関与する要因のうち, 最も大きな役割を演ずるのは, オゾンによる紫外線吸収の加熱効果と, 炭酸ガスによる熱放射冷却である。この意味で, オゾンの消長は, 成層圏中間圏における力学にあずかる中心課題である。

筆者はさきに, 地磁気活動度の異常日に, オゾンが減少することに関連して, オーロラ X 線による電離が原因であると推論した。

この問題は更に Kulkarni により, 磁気嵐時における高緯度帯のオゾン分布の変動として, 報告されている。筆者は, 今回更に堀内等の理論に基づき, 電離作用に始まる一連の化学過程の反応速度を検討したが, これによれば, 下記の過程で何れも NO 分子の生成にあづかるが,



この NO 分子は O_3 分子との反応速度が速く, 特に 70km

以下では、オゾン分解に有効にあづかることがわかった。

これにより Kulkalni により報告されている地磁気異常時における大きなオゾン緯度分布の変化の説明がつけられることになるが、これは紫外線吸収による成層圏加熱状態の大きな変化として、力学に影響する可能性が指摘される。(関原 彊)

W.L. Webb: Stratospheric Tides.

成層圏の潮汐

赤道地方における地上気圧の変動は半日周期が卓越しており、これが上層大気の潮汐に起因すると考えるならば、その起潮力は重力ではなく熱的なものと考えられる。一方、1964年頃から、White Sands などで、2時間おきの気象ロケット観測が行なわれ、気温や風には日変化が認められる。中緯度(White Sands)における観測では50kmあたりにおける気温の日変化は 15°C 以上で、極大は午後2時頃、極小は日の出頃に現われる。一方、風の東西および南北成分の日変化は45kmあたりと55~60km(それより上では資料がない)あたりで振幅が大きい。かつ、半日周期より1日周期の振幅が2倍程度大きい。低緯度(Ascension Island)における気温と風の日変化は複雑な様相を示しているが、半日周期が卓越しているらしい。

以上のような測定結果は45km~55kmにおけるオゾン層の日射加熱(振幅 5°C 以下で、極小は日の出、極大は日没頃)を起潮力とする大気潮汐運動として説明される。加熱されたオゾン層は数100mのオーダーで膨張し、このような変化は地球の自転に伴って西方に伝播する。また、この気層の厚さの変化は緯度によって差があるため、子午面循環を起こす。この循環はまた発散収収に伴う垂直運動と、地衡風による带状流をもたらす。上述の気温や風の日変化はこのような要素によって説明されるというのがWebbの主張であった。(関口理郎)

A. Azcarrage and L. Sanchez: Meteorological Rocketry in Spain.

スペインにおける気象ロケットとその観測

1963年にSpace Researchの一元の組織が発足して以来、着実に発展し、Arenosillo($37^{\circ}06'\text{N}$, $6^{\circ}44'\text{W}$)にロケット発射場を持ち、Judi-Dart, Skuaなどの気象ロケットおよびもっと大型のロケット(Nikeを基とする各種2段ロケット)による観測を行なっている。

1968年7月

成層圏と中間圏の風の観測結果、SCIの季節変化、電離圏の擾乱と中間圏以下の冬期擾乱の関連性等の観測結果が示された。

チャフ($2.5\mu \times 1\text{cm} \times 5\text{cm}$ のプラスチックフィルムにアルミニウム蒸着したレーダーレフレクターの雲)による風の観測を行ない、その落下速度(85kmで5m/sec)の変化から垂直流が推定されることが示される。激しい上昇流が存在すると、チャフは上昇し、中程度の上昇流では浮遊状態にあることが観測された。

今後年間24発程度のロケット観測を継続する計画とのことである。(関口理郎)

C. Estol: The EXAMANET.

実験的アメリカ大陸上気象ロケット観測網

Experimental Inter-American Meteorological Rocket Networkの略であるEXAMANETの活動を簡単に紹介した。アメリカのNASAとブラジル、アルゼンチンの相等機関が南北アメリカにまたがる気象ロケットを主とした観測網を確立して、観測とその資料の出版を推進するのがEXAMANETの目的であり、今までに400以上の観測結果がデータセンターAに報告されている。(関口理郎)

M. Ramatullah: Meteorological Rocketry in Pakistan.

パキスタンにおける気象ロケットとその観測

これまでに、38機のJudi-Dartロケットがパキスタンにおいて打ち上げられている。チャフによる成層圏と中間圏の風の観測が行なわれたわけであるが、今後これにゾンデを搭載して、気温の測定も行なう計画である。また、イギリスのSkuaロケットによる55kmまでの気温測定も計画している。

夏には55kmに極大(70m/sec)をもつ偏東風が7月に観測され、これが8月には西風に変わり、9月にはこの西風が下層に拡がっていく。冬の偏西風は12月中頃に50m/secとなり、1月に崩壊する。中間圏の顕著な偏西風ジェットが2~3月に観測され、70m/sec以上にも達する。一方、南北成分は夕方には北風、朝方には南風の成分が卓越する傾向が見られた。以上が亜熱帯における循環についての観測結果である。

さらに、気象ロケットより大型のロケットによる発音弾やナトリウム蒸気跡の観測結果が報告された。

(関口理郎)

R.K. Ramanathan: Meteorological Rocketry in India.

インドにおける気象ロケットとその観測

インドにおけるロケット観測は Solar Physical Observatory が中心となり、インド南端の Thumba という地点で行なわれ1964年以降、主として 60km~25km の風が測られている。帯状流東西成分の長周期変動を表す time-section が図示され、30km 以下の成層圏下部は東風が卓越し、30~45km の領域は変動が大きく、それより上では西風成分が強く出るといふ。この帯状流と低緯度の準2年周期との関連が議論された。

またこれとは別に南半球におけるオゾンの垂直分布の観測例が示され、その緯度による差異と高層の子午面循環とを結びつける問題が提起された。(廣田 勇)

B. Rofe: Meteorological Rocketry in Australia. オーストラリアにおける気象ロケットとその観測

オーストラリアにおけるロケット観測の歴史は、他の国に比して多少遅れているようであり、現状としては、気象観測以前のロケットそのものについての技術的問題が当面の対象のようである。Launching に関する野外写真が数枚示されたが、初期の軍事用大型ロケットから脱皮して、最近ようやく専用の小型ロケットが実用化した段階のようである。観測結果の解析等はこれからの問題であろう。(廣田 勇)

I. Hilota: The Vertical Structure of Transient Waves in the Stratosphere.

成層圏における非定常波の垂直構造

成層圏突然昇温に関連した非定常超長波の垂直構造とその変動について、先に Hirota (1967) が発表した下部成層圏の温度場の特徴的性質が review され、次いで近年集積された気象ロケット網 (MRN) の資料の中から1966年冬期間の上部成層圏・下部中間圏約 (60km まで) の温度と風の変動についての解析例が報告された。それによると西に傾いた軸を持ち西進する超長波は上部成層圏においても見られる。この種の移動性超長波は、南半球の成層圏においても見られることという Tucker のコメントがあった。(廣田 勇)

A.E. Cole: Spacial Variation in Stratospheric and Mesospheric Wind Fields.

成層圏中間圏の風場の空間変動

カリフォルニア沖の3点(相互間の距離が約100, 150, 200km)で同時観測を行ない20~70kmの風の変動を調べて内部波の垂直及び水平スケールを求めた例が報告された。それによると垂直スケールは約3~4km、振幅は4~12m/sec、異なる2点間の相関から推定した水平スケールは1,200~1,600kmである。この結果によれば波動のタテ・ヨコの比が約400となり Hines や Lettau による値よりかなり大きい。3点観測による内部波の分離の妥当性について質疑があった。(廣田 勇)

G.B. Tucker "The Southern Hemisphere Stratosphere"

南半球成層圏

講演は3部から成り、第1部は TIROS VII による成層圏温度の観測の話、第2部は南半球の高緯度地方での帯状風の準2年振動について、第3部は南半球の polar vortex の解析についてであった。

(1) 1963年6月から1964年7月までの TIROS VII による 15μ 帯の長波放射観測を10日平均図にまとめて映画にしたもので面白かった。ラジオゾンデの観測と比較のもと、15mbの気温との相関が最も良いとのことである。

(2) 赤道上で帯状風の準2年振動が顕著であることは良く知られているが、南半球では 23°S 辺で振巾が最小になり、それより高緯度地方で更び振巾が大きくなる。この高緯度での準2年振動は、北半球のものより顕著である。面白いことは、位相が上層ほど進んでいる低緯度の振動と対照的に、高緯度のものは位相が高度によらない。

(3) 主として30mb面の解析により、南半球での成層圏突然昇温とそれに伴う polar vortex の変化を論じた。南半球では珍しい2-wave pattern の例で、東回りにゆっくり回転しながら振巾が変化する。今までの常識と少し異なっている例であった。(柳井迪雄)

W.L. Webb: Electrical Structure.

地球大気の電氣的分極の起源

電離層内の弱いプラズマが地球磁場の中で動くことにより生ずる複雑な超高層大気の電氣的構造を、ロケットにより観測された stratopause 附近の潮汐的大気環流をもとに推論している。

近年、ロケットによる超高層大気の観測網ができた結果、従来たかだか30kmまでであったシノプティックな

データーが 80km まで拡大された。それにともなって、重要な発見がいくつかなされたが、なかんずく注目すべきは stratopause 近辺で起っている気温、風、オゾンの大きな日変化である。

太陽紫外線によるオゾン層の加熱は、中低緯度でも 45~50km の薄い層に限られていることがわかったが、これに伴って 40km 以上の高度に潮汐的大気環流 (tidal circulation system) が存在することが明らかになった。

観測によると夏の高緯度での夜間には上昇流があり、それに対する下降流が中低緯度で 6 時~14 時の間に起る。こうした空気の垂直運動は、大気の電氣的構造に重大な影響を与える。

さて、これから先の Webb の講演を理解するためには、気体中の荷電粒子の運動について、次の基本的事柄を知っておかねばならぬ。それは、磁場のあるところでは、大気の電気伝導率は方向によって異なるということである。

磁場の方向に沿う伝導率は、磁場がない場合と同様で、これを σ_0 とすると、磁場に直角な方向の伝導率は $\sigma' = \left(\frac{\nu^2}{\nu^2 + \omega^2} \right) \sigma_0$ で与えられ、Pederson 伝導率と呼ばれる。 ν は荷電粒子の空気分子に対する衝突頻度であり、 ω は磁力線のまわりを回転する粒子の角速度である。したがって、括弧の中は常に 1 より小、つまり磁場に直角の向きには荷電粒子は動きにくい。下層大気では空気密度が高いし、荷電粒子は正負のイオンばかりで、 $\nu \gg \omega$ だから、磁場の影響は認められないが、50km 以上になると、衝突頻度が減るばかりでなく、エレクトロンも存在するようになる。エレクトロンは ω が大きいから、磁場につかまりやすい。

さて、中低緯度で午前中に下降気流があるということを述べたが、そうすると、正のイオンは風に吹き降ろされるが、エレクトロンは磁場につかまって動き得ず、そのまま残る。たとえば、80km の高さで、1m/sec、100 km では 10m/sec の下降流があると、その結果 Strato-pause 附近に正の空間電荷、電離層に負の空間電荷が形成され、それによる電場は上向きで、80km あたりが最大となり、0.066v/m に達する。

140km 以上の高さとなると、イオンさえも衝突頻度が減るので、風に吹き流されなくなってくる。そこで垂直方向の電荷分離はもはや起らない。

こうしたことは水平方向の大気循環にも伴って起る。

ただし、この場合、日が当たっている半球では、イオン、エレクトロンの濃度が高いので、地球全体から見ると非対称である。西風の場合 (冬のモンスーン型) の場合にはこの結果は、さきの午前中の潮汐によって起った電荷分離を強め、夕刻の上昇気流の効果を弱める形となる (次の Hall 効果参照)。夏によくある東風ではこの逆である。こうした事情は電氣的構造に年変化を与える原因となる。

さて、気体中の荷電粒子の運動について、もう一つ重要なことがある。電場と磁場とが共存すると、粒子はその二つのベクトルを含む面に直角な方向に運動するということである。電離層内では運動する粒子はこの場合エレクトロンだけであって、イオンはその大きさから云っても動かないとみてよい。こうして出来る電流を Hall 電流と呼ぶ。磁場は北向き、電場は上向き (さき程の潮汐の環流の下降流により起されたもの) とすると、D、E 層ではエレクトロンは西向きに流れ、80km では 2×10^8 m/s の速度を得る。ところでこの Hall 電流も磁場を直角に横切るため、また上向きの電場を生じ、それがまた Hall 電流を強める作用をする。しかしながら、粒子の衝突にもとづく抵抗 (Hall 伝導率) のために、Hall 電流は無限には大きくならない。

こうした事情を基礎にして考察を進めると、地球をおおう上層の大気の電氣的構造はかなり複雑なものとなる。Webb はこうした考えを拡張して、地球半径の 10 倍位までの大気の電場構造を推論している。(三崎方郎)

M. Ramatullah and S.A. Jafri: Salient Features of the Stratospheric and Mesospheric Wind Circulation During Winter at Sonmiani.

ソンミアニにおける冬期の成層圏および中間圏循環の著しい特徴

1967年11月から1968年4月の間に Sonmiani (25°12'N, 66°45'E) において打ち上げたロケットによる観測結果について述べた。

上層の夏の偏東風は徐々に弱まり、11月には中間圏と上部成層圏で偏西風となり、55km で平均 65m/sec の強さであり、冬期間中、中間圏の偏西風は持続し、65m/sec 以上となる。一方、成層圏の偏西風は大きな変動を示し、時には偏東風となる。冬の終りの循環は強い偏西風と大きなシャー (2月には 50km において 15m/sec/km で、3月には 8.5m/sec/km に減少) が特徴である。10mb の天気図によると、パキстанは大きなリッジに

第1表

Station	Ht. Accuracy	Minimum Hourly Rate	備 考
HAVANA	±3km	(500) 回/時	推定値
ADELAID	±2	30	
GARCHY	±3	10~20	
SHEFFIELD	(密度観測のみ)	20	風も観測すべきだと思う
LEXINGTON	±5	5	周囲の環境がさわがしい
STANFORD	±2.5 (将来は2)	20	

第2表

	Prevailing Mean Winds	Tidal Winds	Shears, Turbulence, Gravity Waves
Necessary Ht. Accuracy	±4km	±4km	±0.5km
Minimum Hourly Rate	2回/時	20回/時	数百回/時

覆われていて、成層圏の流れはこのリッジに支配されている。
(関口理郎)

A.A. Barnes: Meteor Trail Radars.

流星跡のレーダー追跡

話は次の3つの部分からなりたっている。即ち(1)観測技術、(2)風速の観測結果、(3)密度の観測結果である。先づ観測技術からみてゆくと、ソ連以外の世界の主な観測地点とそこでの高度の精度、風の観測頻度は第1表のようになる。

流星跡のレーダー追跡では80~105km(120km迄可能)を中心に測定するから、上の精度はかなりきついものである。所で大気の状態を調べるには次のような要求がある(第2表)。

これからわかるように、現在の世界的な観測網は前2者の観測には充分といえよう。

風の観測結果をみるとある日から次の日にかけてかなりの変動があるが、平均処理を施した結果について次のことがわかった。(a) Tidal Windの振巾は20m/s位である(高度97km, 37°Nにおいて)。(b)日変化については半日周期の方が1日周期より卓越している(高度91km, Adelaideにて)。(c)1日平均した結果に更に3日の移動平均をとり、それと太陽の方位角との相関を調べた所相関関係は見出されなかったので、大気のこの種の変動は太陽によってもたらされているものではない。

密度の観測結果にはまだ多くの問題が含まれている。元来密度の観測は非常に難しいものだが、ここでは次のように考える。先づ uniform trailを仮定する。そうい

う trail が密にあったとしてそれらが expand すると、シグナルの強さが減少する。その程度から密度を推定する。実際には uniform trail が沢山ある訳ではないので、1日の観測分の1~2%しか密度観測に使えない。これまでにわかった所では、97kmで密度の値が20%位変動するようである。
(新田 尚)

K. Maeda and H. Maeda: Stratospheric-Ionospheric Coupling.

成層圏と電離圏のカップリング

この論文は成層圏と電離層の相互作用についての一種の総合報告で、最初に展望を与えた後豊富な資料を用いて理論、観測の現状を示し、今後進むべき道を見出そうとするものである。紙面の都合で著者達の基本的な展望を中心に概観するにとどめる。

ここでは、(1)潮汐振動に特に重点をおいた大気運動と関連した電離層の風、(2)冬季の吸収異常と成層圏暖化の関係を含めてD層及び下部E層における電波の吸収の2点に注目している。

前者については、a) 上層風を系統的に測定して大規模な成分と小規模な成分にわけ、高度分布、変動率をしらべる、b) Sqを電離層起源と磁気圏起源に分離して電離層風をとり出す、c) 風速ベクトルの廻転部分に関する conjugate な点の電子結合度をする、d) 電離層風 V と drift 法による Vi の関係から V 又は電気場を得る、e) S₀(卓越部分)、S₁(1日周期)、S₂(半日周期)の熱的励起の機構をしる、f) エネルギーと運動量の輸送をしらべる。後者については、a) MFが冬季の方が夏季

B. 基本的現象(電離層)

1. 地磁気の Sq 変動(ダイナモ流と静電場)
2. 冬季吸収のアノマリ
3. VLF, LF 位相の高度
4. 移動性電離層擾乱(TID)
5. スボラディック E
6. 衰弱

D. B についての理論

1. ダイナモ理論
2. 電離層生成論
3. 電離層の電気力学
4. 電波の吸収
5. 電波伝播
6. 電波散乱
7. 乱れの移動
8. 不安定度

C. A についての理論

1. 地衡風
2. 惑星規模の風
3. 大気潮汐振動
4. 大気共鳴振動
5. 重力波
6. 渦動拡散
7. 加熱と熱輸送

A. 基本的現象(成層圏)

1. 卓越する風
2. 1日周期の風
3. 半日周期の風
4. 短周期, 小規模風系
5. 乱流
6. 気温
7. 組成
8. オゾン層

F. B と D に関連した観測

1. 地磁気変動
2. イオン・ゾンデ
3. MF, HF 波の吸収
4. 電子, イオン密度と気温
5. イオンの組成
6. VLF, LF 位相測定
7. Crossmodulation 測定
8. イオンに関する放射
9. 電子の落下

E. A と C に関連した観測

1. 風 (drift, noctilucent cloud, searchlight, オローラ, 夜光, 音波伝播, 流星飛跡, falling sphere, drop sonde, grenades, vapour release, chaff)
2. 気温 (temperature sensor, grenades, 音波伝播)
3. 組成 (レーザー, sampling)
4. オゾン濃度,
5. 放射

(註) アンダーラインはロケット観測

よりも平均値としてより多く吸収される問題, b) それ成層圏暖化と異常吸収といった2つの場合のいずれによってもたらされているか, 或いは別の第3の原因があるのか, といったことが今後の問題であって多くの観測と理論的研究をまわっている。

(新田 尚)

L. Facy: Dynamical Heating Correction above 60 km.

高度 60 km 以上での空気力学的加熱補正

フランスの気象ロケット観測はまず Arcas ロケットで開始, 次にフランス I 型, さらに Skua II 型と今までに約 50 回実施された。現在到達高度 100km, ペイロード 5kg の固体燃料 2 段ロケット及び 6 吋砲により発射される到達高度 90km, ペイロード 3kg, 発射速度 500m/s の小型ロケットを開発中である。Skua II に使用されているテレメーター系は主搬送波 404McHz の周波数分割多重通信方式である。データーは各チャンネルごとにデジタル及びアナログ自記記録されるのは勿論であるが, 伝送系の変動及びデータの不規則な乱れも自動的に調整除去できる装置を備えている, センサーは直径 5 μ , 長さ約 2cm の金メッキしたタングステン線である。センサーマ

ウントは直径 1.5 時のグラスファイバー製のリングに直径 30 μ のコンスタンタン線が 2 本平行に張ってあるものである。このコンスタンタン線にセンサーが張り渡してあり, その両端はコンスタンタン線に半田止めしてある。マウントからの伝導熱の影響は無視できる。標準型のパラシュートは 600gr のペイロード, 75~80km において 200m/s 以下の降下速度である。

正常な観測においては 80km における空気力学的補正は 50°C, 日射補正は 30°C, センサーの応答時間は約 1 秒である。パラシュートの降下が正常であれば 60km 以上の高度における空力加熱補正は容易である。しかし最高点附近に強い風が吹いている時, 航跡上から求めた速度と実際のゾンデの対気速度が異なってくる。又強い風の不連続面においては, パラシュートの転倒等により降下速度が増加する。このような時は空力加熱補正に大きな誤差を生ずる。又これ以外にも, ノーズコーン分離の際の火薬ガスによる温度上昇, ロケット本体と余り離れないで一諸に降下する場合の異常高温等がある。

本年 3 月 20 日夜の中間圏温度は -81°C, 昼はそれより若干低かった。此の冬の中間圏温度は平均的に異常に高温であった。このような高空での観測は困難ではある

が、中間圏及び電離層に向って気温の上昇し始める辺りの測定は我々に多くの知識を提供するであろう。

(矢田 明)

A.P. Mitra: Ozone Photochemistry.

オゾン光化学

この総合報告の要点は、二つに分かれ、前段は中性分子の光化学、後段はイオン反応の寄与となっている。

先づ中性分子の反応においては、反応速度恒数の精度と、その温度係数が重要であることが、指摘され、1967年度の DASA データというのが紹介された。又、この問題における化学平衡論からのずれ、つまり反応速度因子とこれからくる分子の平均寿命の重要性が指摘され

る。成層圏から中間圏へ行くと、 O_3 と O との平均寿命が逆転し、 O の寿命が長くなる。さらに、中間圏における渦動拡散が加わり、 O 原子が増加し、 O_3 分布の異常をきたす。この事情は、Hesstvedt により推論され、日本の東大オゾンロケットにより観測されている。イオン化学反応の導入については、先の関原のあげた機構と同じ過程により、 NO の生成による O_3 との反応が、D層の下限を決定するという重要な結論を出している。(但し、これは先に堀内の論文では、計算により示されている) 又、負イオンの役割に関し、 O_3^- の生成が電子密度の減少をきたす点負イオン化学の重要性を強調した。

(関原 彊)

第 14 期 第 5 回 全国理事会 議 事 録

日 時 昭和43年 5 月27日 18.30~20.40
場 所 気象庁、予報部会議室
出 席 者 畠山、北岡、岸保、神山、桜庭、須田、大田、根本、小平、三宅、小倉（常任理事）
孫野、山本、磯野、斎藤（理事）
列 席 者 高橋、藤田（監事）
川瀬（大会委員長）

議 題

1. 総会の準備について

- (1) 大会成立のための定足数は委任状を合せ 429 名
本人の出席 86 名
を必要とする。28日午前中に委任状の呈示方を掲示
してチェックする。
- (2) 議長選出までと表決者の数の計算は事務局がやる。
- (3) 庶務理事の事業経過報告（案）を北岡理事が読
上げた承された。
- (4) GARP, 大気物理研究所、学術会議の報告は理
事長のあいさつに入れる。
- (5) 事業計画報告については細かい事項について須

田庶務理事が予算案説明の前に補足説明する。

- (6) 42年度決算書を桜庭会計理事が説明し、藤田監
事から 1. 予算に従い執行され、2. 伝票、記帳
は正確に整理され、3. 財産は確実に保管されてお
り、正常に執行されている旨の監査報告がなされ、
決算書が承認された。
- (7) 43年度予算（案）を桜庭理事が説明し、山本理
事から Page charge について発言があり討議され
たが Page charge については次回の理事会で検討
することとし、予算（案）は承認された。
- (8) 学生会員制は提案どおり成立をはかることにな
った。