

高層気象シンポジウム*

日時 1965年6月12日 10~13時

場所 気象庁第一会議室

例年のように、気象庁の高層技術打合せ会に引き続いて開かれたシンポジウムは合計6つ(下記表題)の発表があり、いささか時間下足のきらいはあったが、地方の高層観測の第一線で活躍されている方々の参加により熱心な討論が行なわれ充実したものとなった。発表された論文の多くはいずれ何らかの形で印刷予定であるので、ここではその要旨を紹介し、合せて討論を最後に終録した。ただし、中田良雄氏の論文は都合により本誌上の278pに収められているので、要旨は省略した。(関口理郎記)

第1部 論文発表

1. 下部成層圏における日本のゾンデの指定気圧面気温の日変化について……松橋 史郎 (高層気象台)
2. 日本付近上空大気に関する解析的研究(Ⅰ)——年平均場について——……中田 良雄 (高層気象台)

第2部 シンポジウム

1. オゾンゾンデについて……小林寿太郎 (気 研)
2. 輻射ゾンデについて……矢田 明・根本 英男 (気 象 庁)
3. 高層大気電気研究の近況について……内川 規一 (気 象 庁)
4. 対流圏と成層圏における水蒸気観測とその問題点について……関口 理郎・奥住 巖 (気象庁)

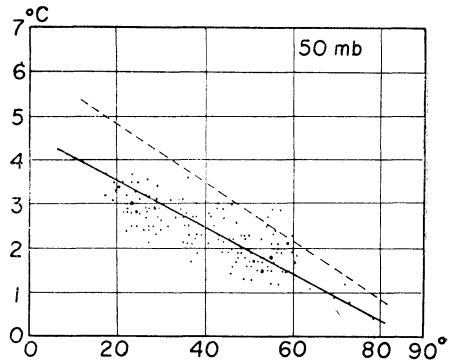
(第1部 論文発表)

1. 下部成層圏における日本のゾンデの指定気圧面気温の日変化について*

松橋 史郎*

Aerological Data から最近5年間の資料を用いて、縦軸に9時と21時の温度差を、横軸に太陽高度角をとり、全官署について各月の値をプロットすると第1図のようになる。図は50mbの結果を示す。一般に9時と21時の温度差は9時の太陽高度角が大きい程小さな値を示し、太陽高度角が小さくなるにつれてほぼ直線的に増大する。この傾向は100mb付近から現われ、高度が高くなるとともに次第に顕著になり、その差も大きくなる。

ゾンデの観測値に対して1956年4月から日射補正が行われており、1957年3月まで観測時間は0時、12時であったので、このときの観測値について差をとってプロッ



第1図

トするとほぼ同様な直線が得られる。これを1図の破線と示す。この値を9時、21時の差と比較するとこれよりも値が大きく傾斜もやや急になっている。9時の観測値でも12時の観測値でも太陽高度角が同じなら日射誤差は等しい筈であるから、この差は真の日変化の差から生じたものと考えられる。ここで成層圏の気温の日変化は6時に極小、18時に極大になる sine 曲線で表わされると仮定して、振幅を求めると50mbで平均で0.64°Cとなる。この値は Pressman の理論値より大きめであるが、

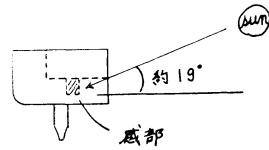
* Symposium on Aerology

** Diurnal Variation of Temperature at Standard Pressure Levels Measured by Japanese Radiosonde.

*** S. Matsuhashi (高層気象台)

Harris 等の風の日変化から逆算した値と一致する。この方法で計算すると 100mb でも妥当な値が得られるが、30mb では 50mb よりも逆に値が小さくなる。これについてはうまい説明が得られないが、30mb では観測回数の減少および気圧計の誤差の影響が入ってくるのではないと思われる。

次に観測所ごとに毎月の温度差については前半と後半に差が認められる。この差は日変化量が春に大きく、秋に小さい季節変化をするため、これについてオゾン全量と比較してみた。北の観測点についてはオゾン全量の季節変化と傾向が一致しているが、南の観測点ではむしろ逆の傾向が認められた。



松橋 成層圏では日没前である。100mb では対流圏の影響があるので必ずしもそうとも言えない。

北村 実際の観測値では 100 mb 気温の Max time は13時頃であるのに米国では日没前とついているようだ。

松橋 実際の観測値は日射誤差が大きいからである。

2. 日本付近上空大気に関する解析的研究 (I)*

一年平均場について

中田 良雄**

(本誌 278p の論文参照)

(討論)

関原 年平均的にみて太平洋上層に low があり、その西側に cold おけが存在することであり実際日本上層の断面図 (140°E 線上) においてその影響があらわれているが断面図から cold bottle の位置が知れるか。

中田 cold おけの端のほうが日本にかかっているわけであるが正確な位置は断面図だけからはわからない。

なお波数分析等と関連づけると年平均場に関しては wave number 1 は zonal な平均場と対応し wave number 2 が local な場を与えものと思う。

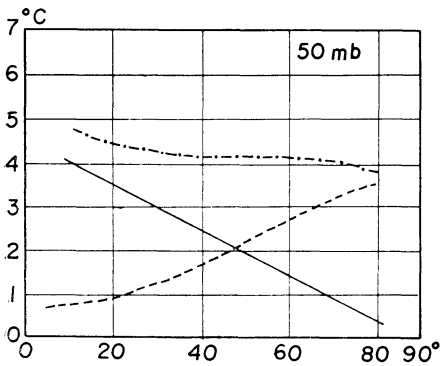
また成層圏突然昇温もこの cold bottle を中心にして北からの寒気、南からの暖気の流入で考察できるかもしれない。

(第2部 シンポジウム)

主題: IQSY 期間中の特殊ゾンデ観測とその結果について

オゾンの垂直分布測定法の現況¹⁾

小林 寿太郎²⁾



第2図

報告された資料の9時と21時の差に現在行われている日射補正値を加えてなまの観測値の差を推定すると第2図のようになる。破線は 400m/sec を仮定した日射補正値、鎖線は推定したなまの観測値の差である。奇妙なことにこの値は太陽高度角による差があまり認められない。この原因としては、太陽高度角が 19° 以下になると通風筒後部から直射光がバイメタルに当ること、高度角が高い場合はゾンデか気球の陰に入ること、ゾンデそのものが相当に振動していること等が考えられる。

(討論)

関原 日射補正前の $T(9^h-21^h)$ の値は日本のものと米国のものとで非常に異なっているが。(資料の左右の図)

松橋 通風構造の違いによるものであろう、また日本の $T(9^h-21^h)$ の値が太陽高度角が低いところで大きいのは低高度角になれば温度感部に直射光があたるためらしい(第3図)

北村 気温日変化の Max. time は。

* On the Yearly Normal Field of the Atmosphere Lower than 30 km.

** Y. Nakata (気象気象台)

1) Present Situation of Measuring Technique of the Vertical Ozone Distribution

2) J. Kobayashi (気象研究所)

Table (1)

(1) Optical Method	(a) Spectrometer		
	(b) Optical Filter	1. Colour Filter 2. Interference Filter	
(2) Chemical Method	(a) Potassium Halide (KI, KBr)	1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Titration method	
		2. Coulometric method	(i) $P_t - P_t$ Electrodes (ii) $P_t - A_g$ // (iii) $P_t - C$ //
	(b) Chemiluminescence Substances	1. Luminol 2. Rhodamine B	

成層圏内の気象を探求する上に、圏内の熱源分布、および、運動の示標としてオゾンの分布に関する知見を深めることの必要性は痛切に要請されている。わが国においても、世界の動向に歩調を揃え、IGY 以後オゾンの垂直分布の測定法について種々検討されてきた。その成果は、関係者の努力により IQSY の WGI の観測に又南極における研究観測に 1 役買いうる段階にまで発展した。

(1) 測定法の分類

オゾンの鉛直分布の観測法については今日まで種々の方式が工夫されてきている、光学的方法と化学的方法とに大別される(表 1 参照)。

各々の方法は、それぞれ要素を検出する仕方で細分される。光学的方法に太陽光のうちオゾンによる吸収波長域の光の強度と吸収されない波長域の光の強度との対比によりオゾン量を算出する原理にもとづくが、波長域の選別に分光器を用いたり、簡易にフィルターを用いたりすることにより更に細分される。化学的方法においても、検出物質としてハロゲン化カリウムと酸化螢光物質(ルミノール、ローダミン B 等)があり、同じ検出物質を用いても、定量の仕方において、チオ硫酸ソーダの定量滴定の方式もあればオゾンとの反応により生じたイオン量を電気的に検出する方法もある。後者は更に電極の種類を使い分けを行い安定な簡易な定量化の方式を見出す努力が払われている。

これらの方法は原理においても、その構成においても、特色があるが、実用上の立場にたってみると、一長一短があり、これといつて、確立した方式はまだないといつて過言でないであろう。

(2) 問題点

光学的方法は古くから行われて来たものであるが、ゾンデ化するという段になると事は簡単に処理されない。

問題点の主なものとしては通常太陽光を利用しているので、(1) 採光方式(デフューザー、サンフロッワー等)(2) 天空散乱光の測定系への影響の 2 点があげられる。勢い天空散乱の影響の少ない領域の測定に適する事になるので、観測領域は高度 15 km 以上で特色が生かされることになる。

一方、化学的方法は空気を採集しその含有オゾン量を検出するのであるから、(1) 空気の採集方法 (2) 反応系の汚染に著しく精度が左右されることになる。空気の採集ポンプの能力から考えて、観測可能領域は地上より高度 35km 迄に限定されよう。充分に空気の採集ができ、検出部の汚染が避けられ、検出方式に技術的無理がない限りではこの方法に充分に期待がもてる事になる。

現時点では、これらの方法のなかでも、確度の高いオゾン検出装置もないので、技術的にも安心な方法として絶対測定を標榜するものに限られることになる。表 (1) に示す (2) の (a) の (i) 又は (ロ) の (ii) 又は (iii) がこの要請に答えられよう。このうちで (ロ) の (ii) と (iii) とでは同じ検出物質を使うといつてもオゾンとの反応生成物と電極物質との相互作用により、前者は固体の Ag I が生成物であり、後者は CO という気体であり、生成物質の形態の違いは電極附近において示すいたずらに本質的な差異をもたらすと考えてよいであろう。事実 (ロ) の (ii) は背景電流、指示値の変動が時として大きく変動要因の検出方法の効め手をかいているので、後者の方が推奨されることになろう。

(3) わが国の現況

わが国では上述の推論と、若干の予備実験結果に基づいて、光学的方法では極力、太陽光の採光方式に検討を加え、オゾン垂直分布の極大高度の検出及びそれ以上のオゾン高度分布の検出に狙いをおいて、この方式の活用が考慮されている。一方、高度 30km までの測定には化学的方法による観測への移行がはかられている。

後者については、研究開発推進の手順として最も安全な (a) の (i) の方式が初め採用され、図 (1) で示すように気温分布との対応もよく示されているように、精度の高い段階にまで成長した。しかし、この方式の最大の欠点は、定量に用いるチオ硫酸ソーダ溶液内に気圧低

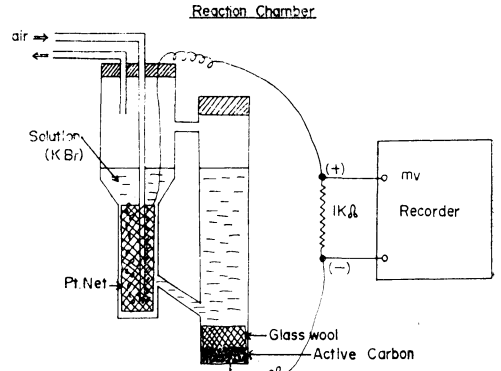


図 (2) カーボン式オゾンセンサー概要図

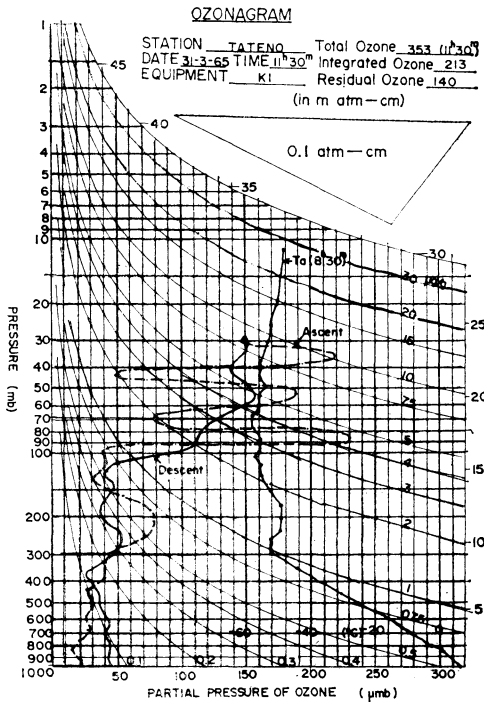


図 (1) 飛揚試験結果 Ta: 同日午前 8 時 30 分の気温分布

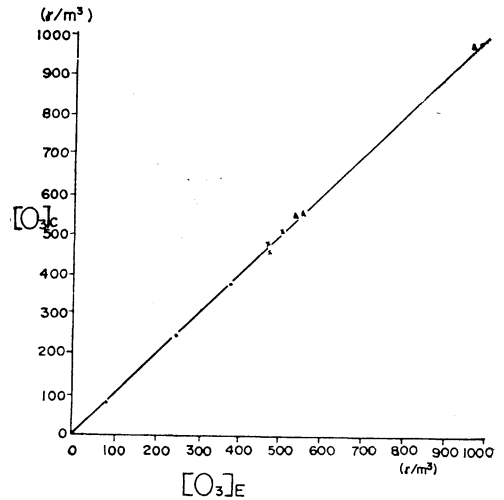


図 (3) 縦軸: カーボン方式オゾンセンサーによる結果
横軸: Ehmert 方式による結果

下にともない気泡が発生し易く、このため滴定量に変化がほこり易いことで、飛揚前の気泡発生防止処置に労力を要する点および、気泡発生にともない測定高度の上限が限定される点に今後の問題が残されている。この方法に比べ (a) の (ii) の (iii) の方法は簡易な点、連続記録がとれる点で秀れているが、反応管内の汚染、電極生成物の電極内の着着状況により測定量が影響されるので、これらの確認の効め手をかく現在では信頼度に一

抹の不安がないでもない。この方法は図 (2) に示すように測定法を簡易で、しかも従来 (a) の (i) の方式で研究開発された機構がそっくり流用もでき、精度も、充分注意が払われたものについては図 (3) に示すように高いので、今後の発展が期待される。この方式は南極において行われる研究観測に寄与することになる。

(4) むすび

わが国では種のオゾン計測法が開発されているが、機器にはそれぞれ一長一短があり、将来に各々の機器の特色を生かし

- (1) 光学的方法は超高層の観測に
- (2) 化学的方法はゾンデ及び地上の観測に

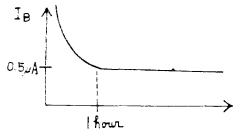
活用がはかれると同時に、各々の精度の比較がなされ観測方式の確立がなされることになる。

前者では採光方式の点に、後者では汚染の除去の点に問題が集約されるが、これも関係者の努力により、日ならずして解決されるであろうし、その暁には、オゾンの気象的意義の重要性からみて、オゾン分布の気象解析への利用の道が開かれると共に、気象学の進歩に大いに寄与することと期待している。

(討論)

清水 反応液を作ってから暗電流がおちつくまでの時間は、

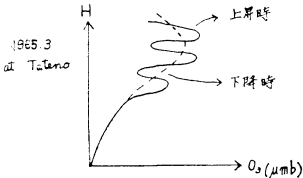
小林 1時間ぐらいである。(下図参照)



堀内 落下の時もデータはとれるのか。

小林 とれる。ただ落下速度は上昇速度の3倍ぐらいなので値は平均化されてでてる。上昇時、下降時の積分値はほとんど一致する。(下図参照)

また KI ゾンデでの観測値から求めた total ozone 量と Dobson の分光器で観測した total ozone 量ともほとんど一致する。(98%)



関原 米国の方式は、

小林 ロケット用には干渉 filter を使い、バルーン用にはルミノールを使っている。

清水 低温による液の凍結は、

小林 その心配はない。米国でも同じような方式でやって成功しているし、sonde 内部の温度は外温より高い。

輻射ゾンデについて*

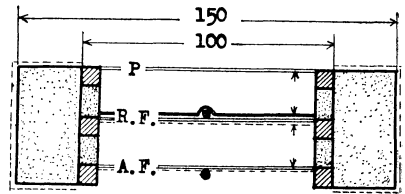
矢田 明 根本 英男**

1. 構造

* On the Radiometer Sonde

** A. Yata, & H. Nemoto (気象庁)

本ゾンデは、夜間、大気輻射を測定するためのものである。輻射の上向き及び下向き成分を別々に測定するため、左右に突出した腕の先端に二個の感部が取付けてある。ゾンデ本体はアルミ板製で、発振器、電池からの熱輻射を避けるため、外壁が二重になっている。気温及び感部内の膜温測定用サーミスターの抵抗値は、順次切換えられてブロッキング周波数 20~200CPS に変換され、更に 1680MC の搬送波に乗って送信される。現用感部は、第1図に示した如く、防風と輻射に対する窓の役目をするポリエチレン膜、アルミ蒸着されたマイラー製の反射膜、両膜の中間に張られた受感膜、膜温測定用のサーミスター及び断熱をかねたウレタンフォーム製外枠部よりなる。各膜間距離は 7mm に保たれている。



- P : Polyethylene film, 20 μ thick.
- R.F.:
- P : Polyethylene film, 20 μ thick.
- R.F.: Receiving film.
- A.F.: Aluminized film.
- : Bead type glass thermistor.
- ▨ : Bakelite.
- ▩ : Urethan foam.
- ▬ : Black painted surface.
- : Aluminized surface, 80 mili μ thick.

第1図 輻射ゾンデ感部断面図

2. 素材の性質

ポリエチレン膜の透過率、アルミ膜の反射率、受感面の吸収率の波長特性を第2図に示す。ポリエチレンの強い吸収帯は幸い炭酸ガス、オゾンの吸収帯から外れている。水蒸気の吸収帯にはかかるが、水蒸気の吸収帯は広いから全輻射量に与える影響は小さいと思われる。

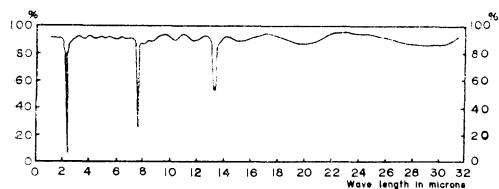
3. 計算式

入射輻射量 R を受感膜温度 T_r 及び反射膜温度 T_s により計算するには次式によっている。

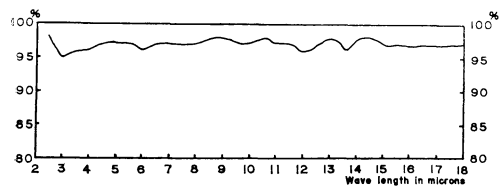
$$R = \sigma T_r^4 + K(T_r^2 - T_s^2) + C \frac{dT_r}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

$$K = \left(\frac{\tau + \alpha}{\tau \cdot \alpha} - 1 \right) \frac{k}{d} = 0.0000206 \text{ Cal/cm}^2 \cdot \text{min} (\text{°K})^2 \dots \dots \dots (2)$$

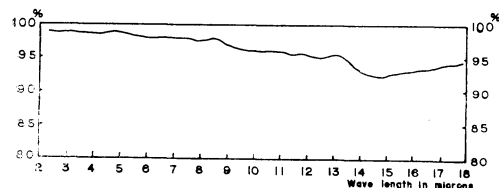
$$C = \left(\frac{\tau + \alpha}{\tau \cdot \alpha} - 1 \right) \lambda = 0.0066 \text{ Cal/cm}^2 \cdot \text{°K} \dots \dots (3)$$



第2-a図 ポリエチレン膜透過率



第2-b図 アルミ膜反射率



第2-c図 受感膜吸収率

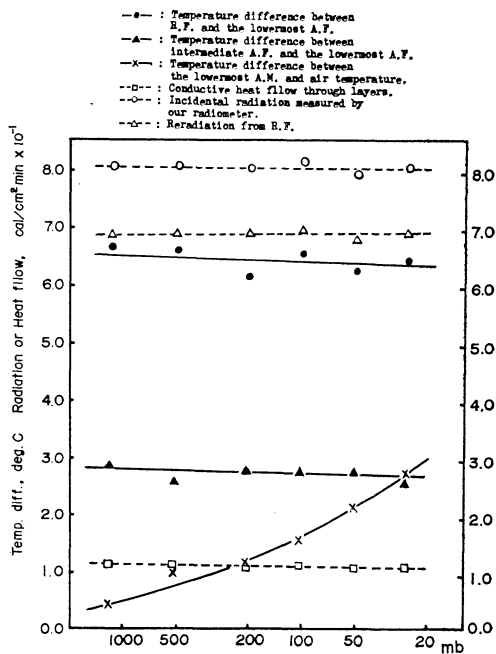
t は時間 (分), σ は Stefan Boltzmann 常数, τ はポリエチレン膜の透過率, α は受感膜の吸収率, d は膜間距離, λ は受感膜の実効熱容量. 上式を求めるに当り, ポリエチレン膜と反射膜の温度は等しいとし, 又膜間の空気を通じての熱流は伝導のみによる事を仮定している. 空気の熱伝導度は実用上絶対温度に比例すると見てよいので, その比例係数を k とおいた. K の値は τ, α, k の値から求め, C の値は遅れの実験から決定した.

4. 実験

i) 伝導項についての実験

前項(1)式を導びくに当り, 膜間の空気層を通じての熱流は伝導のみによる事を仮定した. 此の事は, 本器のように膜間距離を 7 mm に選んだ場合, 熱伝達の理論から言へる事ではあるが, 確認のため次のような実験を行った.

硼硅酸塩ガラス製真空槽ベルジャー中にゾンデ感部を水平に保持し, 感部上下面をファンにより通風する. ベルジャーの外, 上方からタングステンランプによる一定強度の輻射ビームを受感面だけに当たる様にする. 此の様な状態の下に, ベルジャー内の気圧による (感部反射膜温) - (槽内気温), (感部中間膜温) - (感部反射膜温),



第3図 受感部熱伝導項についての実験結果

(感部受感膜温) - (感部反射膜温) の温度差の変化を測つたのが第3図である. 此の結果によれば気圧が減少しても, 感部各膜間の温度差は変化しない. しかし, 槽内気温に対する感部全体の温度上昇は著しいものがある. 此れは, 気圧の減少に伴つて, 感部外側より外気への熱伝達係数は減少するが, 膜間空気層の伝達係数は不変である事を示している. 従つて膜間空気層の熱伝達は伝導のみによっていると結論出来る. 同図に於て破線で示したのは此の感部で測られた入射輻射, 受感膜からの再輻射及び膜間の熱流である. 此の結果も, 気圧と無関係に輻射測定が出来る事を示している.

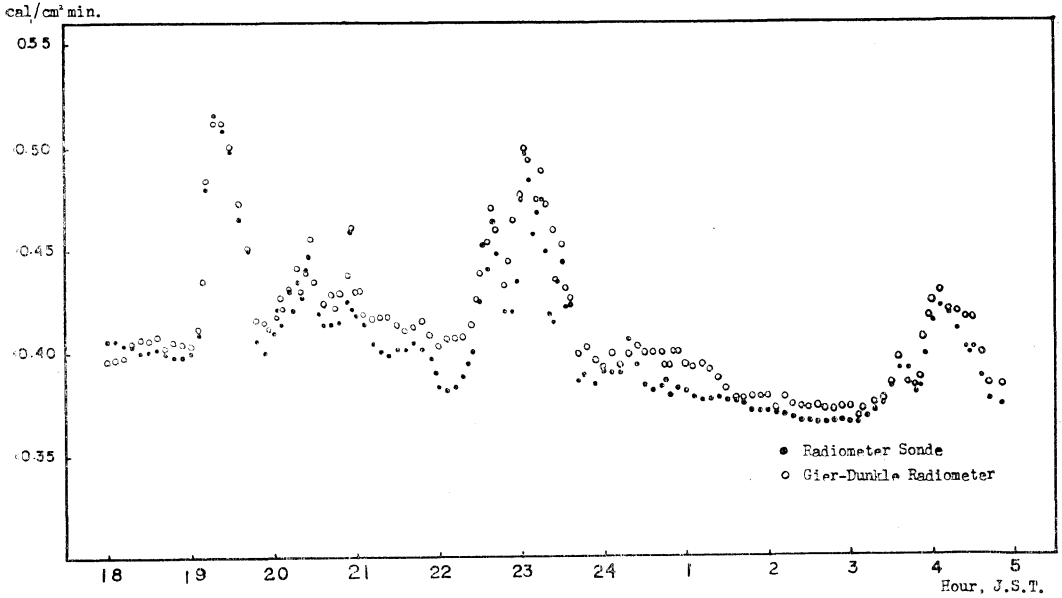
ii) Gier Dunkle 型夜間輻射計との比較

大体に於て晴れて, 時々薄い片積雲が空を横切る状態の夜間, Gier Dunkle 型輻射計と地上に於て全天輻射の連続比較を記録したのが第4図である. 此れによれば全般的に比較的よい一致を示している. 遅れはむしろ Gier Dunkle 型より少ないように見うけられる点もある.

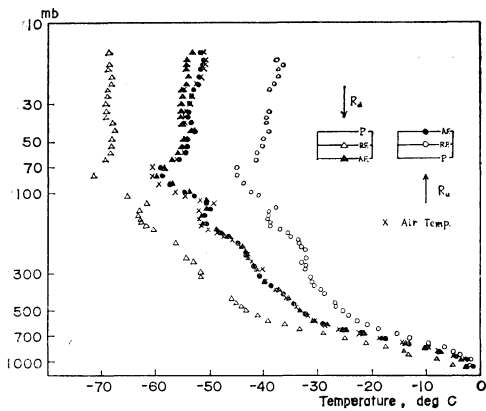
iii) 飛揚テスト

第5図に飛揚テストの結果を示す. 冬期午前2時頃, 晴天の時のものである. a 図が感部内の各膜温度及び気温である. b 図はそれから計算した上向き, 下向き及びネットの各輻射量である.

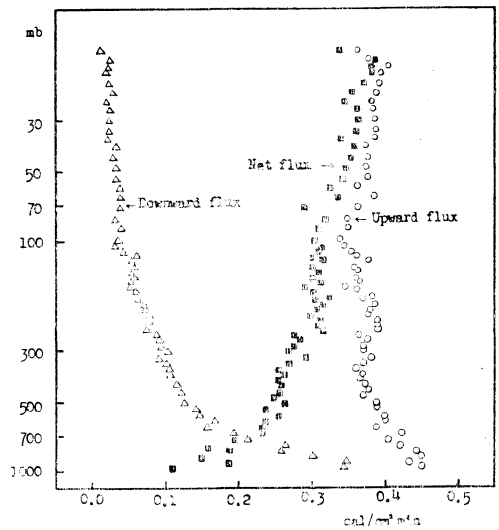
観測の結果の検討は未だ観測開始後日が浅いので充分



第4図 Gier Dunkle 型夜間輻射計との地上に於ける比較テスト



第5-a図 飛揚テスト 各膜温度及び気温



第5-b図 飛揚テスト結果

進んでいないが、輻射ゾンデの国際比較観測も行われた事であるし、その結果の出揃いをまつて更めて御報告したい。又此のゾンデ自体にも、ゾンデ上昇に伴う感部内の空気の断熱変化の影響、横方向の熱の流れの影響等種々検討を要する問題が残されている。今後共精度向上の努力を続けたい。

(討論)

関原 膜間の距離が7mmであるから理論的に対流が起らないということであり、また実験的にも確かめているが感部を傾けて行なってみたか、水平な時は7mm

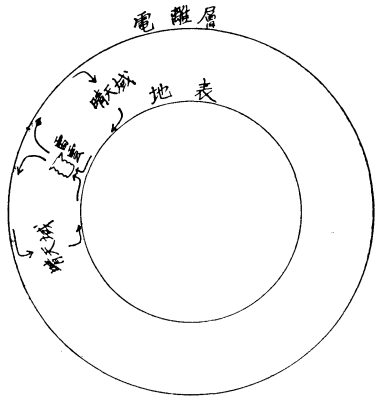
の間隔でも sonde が振れて傾くと鉛直方向の間隔は大きくなると思うが。

矢田 実験では傾けては行なわなかった。

高層大気電気研究の近況について*

内川 規 一**

大気電気のもっと重要な問題の一つとして global circuit がある。その理論に従えば第1図に見られるように、雷雲や対流性の雲の上部から流れ出す電流が上方へ行き、電離層で水平流となり、晴天域で下降して地表に達する。地表では地面上を流れて雷雲の下まで至り、ここで空气中を上方に流れ雲底に達する。雷雲や対流雲は一種の発電機でこの回路の原動力である。今まで得られた実測では雷から出入する電流の収支は大体つくなっているが、晴天域の垂直電流がはたして理論通りになっているか、また上層大気中で水平電流が電離層までの間に存在しないか、ということは分っていない。



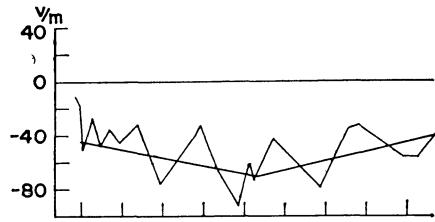
第1図 Global circuit

これに関連して電離電位の問題が世界的関心をよんでいる。第3回大気電気会議(1963)において電離層電位の季節変化についての Fischer の論文が紹介されたとき次のような討議が行われた。

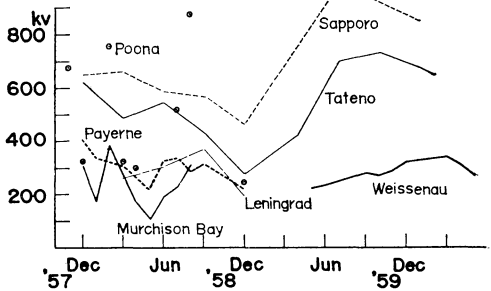
Kasemir: 電離層は等電位と考えられているが、電流が流れているのだから、水平方向の電場がある筈である。従って等電位ではない。

Mühleisen: 私は水平電場の強さを知りたい。下層の水平方向の電場は小さいから、電離層でも非常に小さいだろう。

Kasemir: 水平電場が小さくても、垂直電場と比較して論ずべきである。



電離層電位



第2図 地上電位傾度(栴岡)

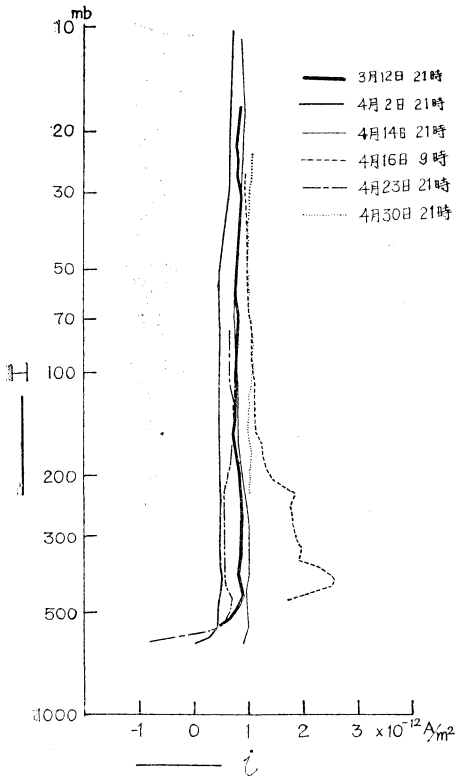
電離層電位はラジオゾンデで測定した電位傾度を積分して求めることができる。第2図は筆者が LGY の資料から世界各地の電離層電位を計算したものである。驚くべきことは場所によって値が非常に異なることである。測器による誤差が考えられるが、札幌と館野は同型のものを使用しており、また Payerne と Murchison Bay も同様である。思うに電離電位の60~70パーセントは交換層内で寄与しているから、大気下層での電場の変動が電離層電位に及ぼす影響は大である。交換層内の電場は場所によって大いに異なるから、電離層電位が一定であるとすれば、大気の上層で補償しなければならない。このような事実はまだ見出されていない。

大気の電気伝導率は地上から上層へ行くに従い指数函数的に増大していることは実測によってほぼ確かめられている。空地電流が一定であるとすれば、電位傾度は指数函数的に減少する筈である。上層の小さな電場を測定することは技術的困難がある。いま日本で使用しているラジオゾンデは電気伝導率と空地電流とを同時に測定して間接的に電場を求める方法を採用している。第3図~第6図はこのゾンデで得られた二、三の結果である。

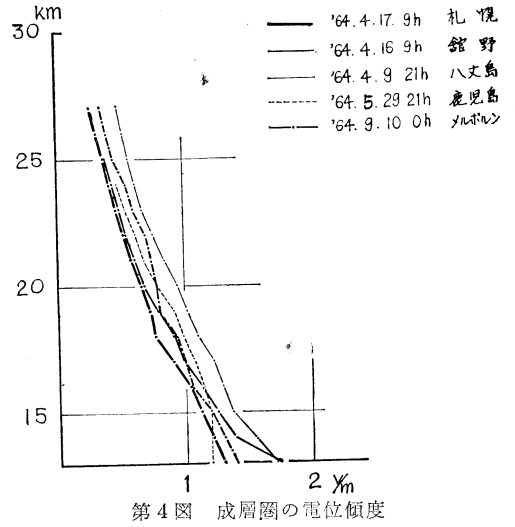
第3図は館野で得られた空地電流の例である。成層圏ではこの電流の高さによる変動は先づない。しかし場合によっては著しい変化を示すこともある。第4図は成層圏の電位傾度の垂直分布である。図中メルボルンの値を

* Recent Development on the Upper Atmospheric Electric Research

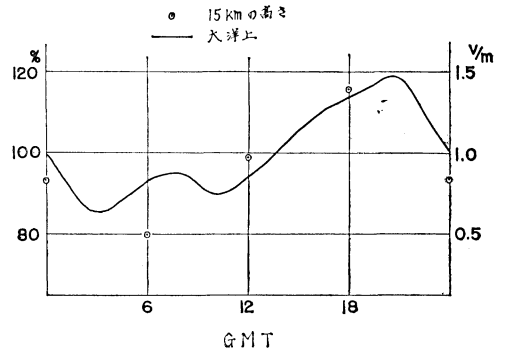
** K. Uchikawa (気象庁)



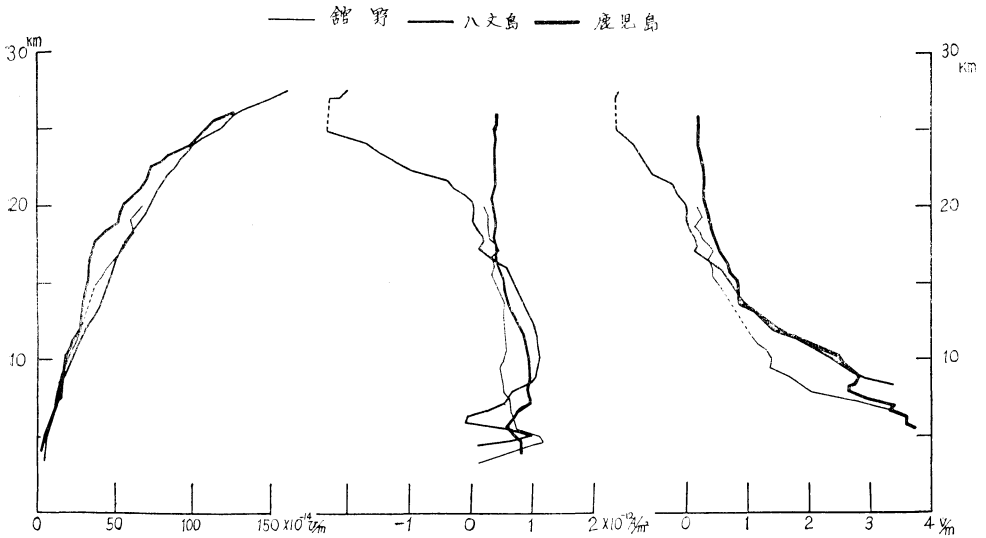
第3図 空地電流の垂直分布



第4図 成層圏の電位傾度



第5図 電位傾度の日変化



第6図 1964年11月18日 21時

示しているが、これは電位傾度ゾンデによつて実測されたもので、日本のものとはほぼ一致している。

第5図は館野における電位傾度の日変化を調べたもので、●印が15kmの高さにおける一日四回観測の結果である。実線は大洋上の電位傾度の日変化の値である。両者の傾向が一致していることは、一日週期の変動が世界的規模で見られ、電離層電位の変動を示していると考えられる。第6図は特別の例で、八丈島で負の電流（上向き）の電流が測定された。館野と鹿児島島の同時測定では正（下向き）であった。この日八丈島の東方に不連続線があり、過去6時間以内にしゅう雨を観測していることから、対流性の雲の上方の上向き電流を測定したと考えられる。

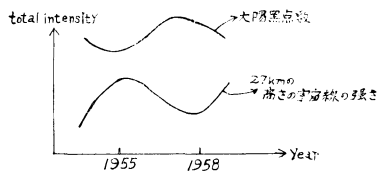
今世界各地二十数ヶ所で高層の大気電気の測定が行われている。協同観測の気運が最近特に高まり、Global Circuitに関する知識がよりよく得られることになったのは喜ばしいことである。これによって太陽からの影響と電気現象との関連、更に地球大気との関連が得られるであろう。

将来の問題として、30~80kmの領域におけるイオン密度、電気伝導率、電場の強さ、電子密度の垂直分布を知る必要がある。これらの諸量を測定するには技術的困難があるが、小型ロケットを用いての測定は可能である。太陽からの影響がこの層でいかに作用するかという物理的過程を明かにすることが先づ必要である。

討論

堀内 太陽黒点の空中電気への影響は地磁気を通してのものか。

内川 conductivity は宇宙線の影響を受け、宇宙線は太陽黒点の影響を直接受ける。（下図参照）



堀内 柿岡の potential gradient が1958年12月に急減しているのはどうか。

内川 核爆発によるものと思う。

関原 Global の原理をもとにして定量的なことは言えないか。

内川 現在のところそこまでいたっていない。

迎 65kmの高さで水平の current が起るとするのは

内川 Kasemir が提唱したもので水平方向の電位差が垂直方向より大きくなれば電流の向きは水平に傾き、さらに gradient の鉛直成分が小さくなっていくと、ついには水平成分だけになる。その高さが65km位であるということだ。もちろん conductivity にも関係してくる。

対流圏及び成層圏における水蒸気観測とその問題体について*

関口 理郎 奥住 巖**

1. 成層圏の水蒸気測定

成層圏の水蒸気はその絶対量がきわめて微量であるため、測定上に技術的困難が多い。IGY 前後から、日本・米国・英国等において、主として露点計方式により測定が行なわれ、かなりの資料が得られた結果、成層圏の水蒸気分布とそれに基づく大気の環流構造について活潑な議論が行なわれてきた。現段階において、これらの結果をまとめると、

IGY 以来、米国及び日本の露点ゾンデ観測結果は成層圏において露点温度は比較的高く、かつ混合比は高さと共に増大することを示している。一方、英国の露点計による飛行機観測では、平均して150mbで約 -81°C 、125mbでは -82°C という低い露点温度を観測した。またその時間的変動は比較的小さく、混合比にして約 2×10^{-6} であり、この値は中緯度地方の成層圏では相対湿度2%程度であるが、熱帯圏界面の飽和混合比に相等する。以上の事実から、成層圏では混合比は 2×10^{-6} 前後の一定値であり、平均子後面循環は熱帯地方の対流圏からの上昇流が圏界面を通して成層圏に達し、そこで南向きの流れを形成している" という Dobson と Brewer の仮説の一つの根拠となつている。

この結果 "成層圏はかなり湿っていて時間的場所的にも変動し、混合比は上層ほど大きい" という日本、米国の露点ゾンデグループと成層圏は乾燥して混合比は一定しているという英国のグループの間で対立が続いた。

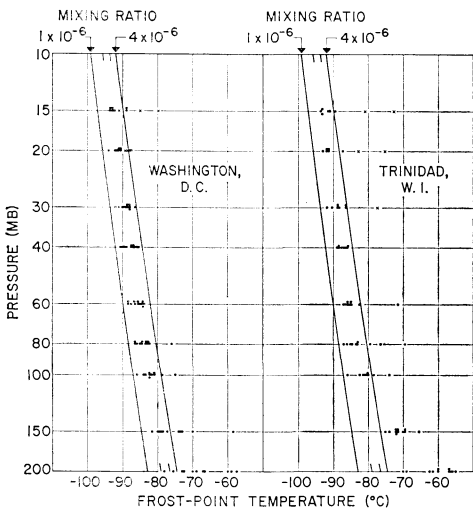
* Measurements of Water Vapour in the Troposphere and Stratosphere and its Points in Question.

** Y. Sekiguchi, & I. Okuzumi. (気象庁)

1) 最近、イギリスの飛行機観測 (radiation technique) によると上層で若干混合比が増加するという結果が得られているようである。

しかし、その後の露点ゾンデ観測、特に IQSY 直前頃の観測によると、上層での混合比の増大は疑問を持たれるようになった。NRL の Mastenbrook は気球が上昇中に得られたデータは上層では気球内部の湿ったガスの拡散による汚染、ゾンデ計器自体が下層から運んだ水蒸気による汚染が影響しているとして、気球を切り離してゾンデが下降する間の測定を行ない、イギリスの飛行機観測とほぼ一致する結果を得ている（第1図）。

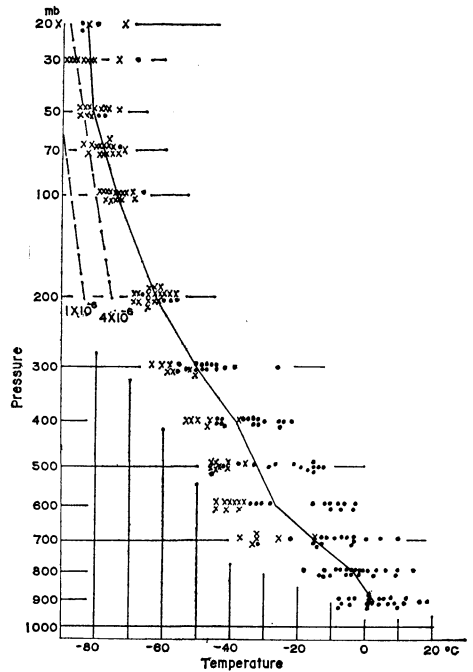
一方、日本の露点ゾンデの測定値が高湿を示している結果は疑問が多く、IQSY では露点鏡面が露点温度に保たれているかどうかをチェックし、テレメーターする機構を付加したゾンデによって観測を行なった。その結果によると、成層圏ではその多くが露点温度まで冷却していないこと、すなわち実際の露点温度は測定値より低いことが分った。したがって、IGY, IGC の資料の取り扱いには慎重な検討を要する。IQSY 期間中の観測例の結果は第2図に示してある。



第1図 Mastenbrook の露点測定結果

このように、現在までの結果を総合すると、“成層圏は乾燥して混合比はほぼ一定に保たれている”のが事実に近いようである。しかし、その微細な変動や成層圏上部及び中間圏では水蒸気がどの程度存在するか、またその source はどこかという点については今後の測定を待たねばならない。日本の露点ゾンデは 30 km までも充分測定できるように改良が行なわれているので、近い将来、成層圏の水蒸気分布やその変動についての新しい結果が得られよう。

1965年 8月



第2図 IQSy の日本の露点ゾンデ測定値

●……良好な測定値
 ×……冷却不足のため、露点温度に達しない測定値
 直線は測定値の平均値、点線は等混合比線

2. 対流圏における水蒸気測定について

露点ゾンデはルーチンのゾンデと連結飛揚を行なっているため、露点計と毛髪湿度計の観測値の比較を行なった。その結果は毛髪湿度計は常温近くでは、かなりバラツキはあるが、そのおくれは小さいこと、低温ではおくれがかなり大きいことを示している。

露点計の測定値に対する毛髪湿度計の測定値の見掛けのおくれ（時定数 T ）は次の式から求められる。

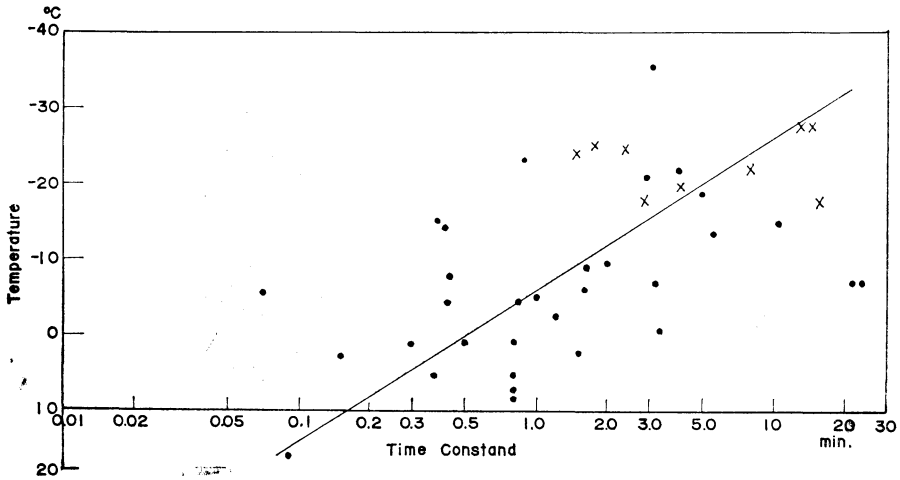
$$T \frac{dH}{dt} = H - H' \dots\dots\dots (1)$$

但し、 H, H' はそれぞれ毛髪湿度計の測定湿度 (%), 露点計の指示値から求められた湿度を意味する¹⁾。(1) 式を1分間について積分すると、

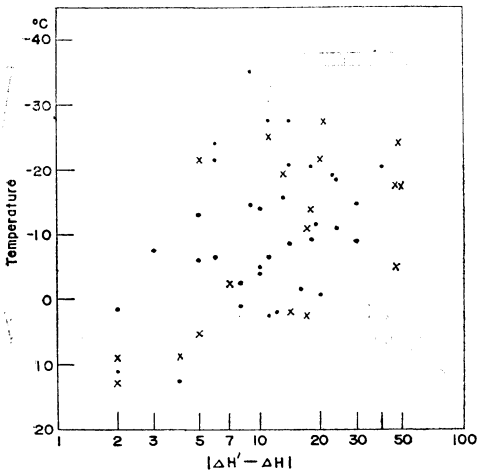
$$T = \frac{\bar{H} - \bar{H}'}{\Delta H} \dots\dots\dots (2)$$

但し、 $\bar{H} = \frac{1}{2} (H_{-1} + H_0) \dots\dots\dots (3)$

1) 氷点以下では露点鏡面は霜点温度になっていると仮定した。



第3図 毛髪湿度計の露点計に対する時定数
● 低湿に向かう場合 × 高湿に向かう場合

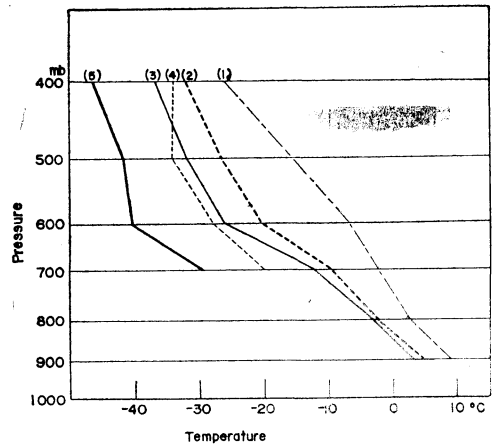


第4図 毛髪を露点計湿度変化追隨の差

$$\bar{H} = \frac{1}{2} (H'_{-1} + H_0) \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta H = H_0 - H_{-1} \dots\dots\dots (5)$$

である。-1, 0 の suffix はそれぞれ、1分前及び0分の値を意味する。(2)式を使って求めた時定数(第3図)によると、10°Cでは0.1分、0°Cで0.5分、-10°Cでは約2分、-20°Cでは約5分、-30°Cでは約20分のオーダーである。(2)式による時定数は完全な積分でなく誤差は相等に大きいものと思われるが、-10°C以下では湿度の変化が激しい時には測定値の信頼度がきわめて低いことは明らかである。どの程度実測値に誤差があるかをみるために、湿度変化の激しい層の(ΔH'-ΔH)



第5図 毛髪と露点計の測定値の平均の比較
(1) 気温, (2) 毛髪による露点, (3) 露点計による露点, (4) 毛髪による露点(本文参照), (5) 露点計による露点(本文参照)

を第4図に示す。図によると、-30°Cでは差が50%にも達していることがわかる。また、平均的に露点計と毛髪湿度計の測定値を比較すると、毛髪が600mb面より上では約5°C高い露点(霜点)温度を示している(第5図)。図の折線(5)は湿度の下がり方が急なため、露点計の冷却がその変化に追隨しない場合の露点計の指度である。換言すれば、実際の露点温度はこれより低いことを意味する。折線(4)は(5)に相等する場合の毛髪湿度計の指度であり、700 mb面より上で、両者の差10°C内外に達している。これは顕著な低湿層内の湿度測定には毛髪

湿度計の限界があることを示すものといえよう。

(討論)

清水 Mastenbrook がゾンデ 下降中に測定したものは上昇中にも測定したのか。

関口 測定してある。成層圏では下降時の値より上昇時の値のほうがはるかに大きい。

清水 日本のゾンデは下降時に測定できないのか。

関口 できないことはない、ただ電池の寿命冷却能力

も考えなくてはいけない。

関原 Optical にはできないのか。

関口 できる。ただその場合でも気球内部に含まれている水蒸気漏れによる contamination や測器自体が下層から運んだ水蒸気の影響は同じである。

堀内 上層に行くほど混合比が増すという従来の結果は疑わしいということか。

関口 そう考える。

—気象研究ノート特集号—

八十周年特集号の残部が多少ありますので御希望の方はお早目にお申込み下さい。

価 格

14巻1号 日本の天気—各地の天気 a 380 b 460 c 500

- I 北海道太平洋の霧
- II 東北地方の夏季の低温
- III 北陸不連続線による豪雪について
- IV 関東の雷雨
- V 関東地方の北東気流
- VI 局地風
- VII 九州付近における不安定線

14巻2号 気象器械—地上気象測器 a 400 b 500 c 520

- I 気圧計
- II 温度計
- III 風向風速計
- IV 綜合観測装置
- V シーロメーターについて
- VI 日射計
- VII 気象用レーダー
- VIII 無線ロボット気象計
- IX 水晶時計

14巻3号 応用気象—大気汚染 a 230 b 280 c 300

- I 大気汚染について
- II 大気汚染の予報
- III 風と大気汚染
- IV 視程と大気汚染
- V 下層大気中の逆転層と汚染について
- VI 大気汚染の拡散

VII 汚染質の測定法

15巻1号 天気予報 a 320 b 390 c 420

- I カテゴリー予報
- II 外挿法
- III 周期性と持続性
- IV 相関法
- V 雨量予報
- VI 量的予報
- VII 特殊予報
- VIII 局地予報
- IX 内因外因
- X 経験則
- XI 東京地方天気予報監査の現状と問題点
- XII 天気予報のつかい方

15巻2号 農業気象 a 170 b 210 c 220

- I 農業気象における当面の課題
- II 農業気象の研究方法及び動向
- III 農業気候の動向
- IV 農業気象測器

15巻3号 ジェット機のための航空気象 a 380 b 460 c 500

- I ジェット機のための気象解析
- II 航空航法の気象技術

15巻4号 工業気象 a 200 b 240 c 260

- I 工業気象の歴史的展望
- II 計画・設計と気象
- III 工業内の気象
- IV 大気・腐食

御希望の方は気象学会事務局に御申込み下さい。

注) a: 学会員, b: 団体会員, c: 会員外