

# 中緯度圏界面付近の異常昇温を伴った 下降気流について\*

原 口 尚 喜      岡 部 正 勝\*\*

## 1. ま え が き

1970年3月16日21時、福岡のレーヴィンゾンデ観測中、16,500~17,000mの高度で、(1) 気球の上昇速度が著しくにぶり、(2) 約12°Cに及ぶ異常昇温が観測され、(3) D55(自動追跡記録型無線方向探知機)のアンテナ高度角の記録が異常な急変化を示した。これら3つの現象はそれぞれインデペンデントな測定技術に属するものであって、それが同時に現われたことは意味のある大気現象を示していると考えてよいであろう。ルーチンの高層風の観測方法によると、基礎データであるところの気球上昇速度やアンテナ高度角の短時間の急激な変化は平滑されて、むしろ誤った風の観測値を与えてしまう。よって現業ではこの部分の基礎データは欠測として処理され、正規の観測報告のための風向風速の観測値は求められなかった。しかし、そのときの観測者らは現象を解明するための参考資料として気球破裂後のゾンデ降下中の受信記録をも行なった。筆者はそのときの観測当番の1員であるが、このとき得られた資料の解析を行ない、そのなかでいくつかの示唆が与えられたので概要を報告する。

## 2. 大気の成層状態

第1図に、100mb面以上の大気の状態曲線を示す。(a)、(b)両曲線はそれぞれゾンデの上昇中、下降中に観測されたものである。ゾンデ下降中のものは、アネロイド気圧計のヒステリシスやバイメタル温度計の通風の非正常化による測定誤差が当然考えられるとともに、気球破裂やパラシュート開傘時の衝撃による示度の狂いが生じた可能性も考えられ、信頼するに足る資料とはい

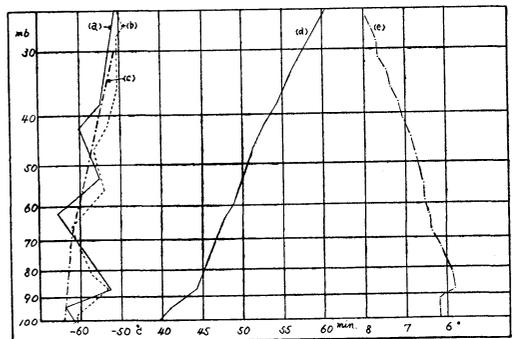
えない。それにもかかわらず上昇中の状態曲線と同じような特徴が見られることに注目したい。

上昇中の状態曲線(a)は正規の信頼性のある資料である。94mbから87mbまでの層で-64.0°Cから-52.3°Cへ約12°、62mbから53mbまでの層で-65.5°Cから-55.0°Cへ10°の昇温がある。高度100m当りの昇温率でいうと前者は極端は大きく2.3°、後者は普通にみられる程度で1.1°である。

同図(c)曲線は、当日を含む旬の21時観測の平均状態曲線である。指定気圧面での平均値を結んだものであるからこれが大気の状態を十分に表わしているとはいえないが、ごく大まかにはそれとみなしてよいであろう。そうすれば(a)曲線が(c)曲線より右側に出ている部分は標準状態からの昇温域、左側は降温域とみることができる。その発生原因については次節以下で考察する。

## 3. 鉛直気流と水平風速

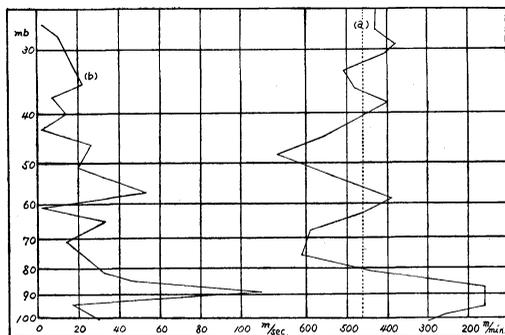
第1図は(d)気圧対時間で表わした気球(ゾンデ)の上昇曲線である。この曲線はおおむね平滑であるが、ただ1か所95mb~87mbのところだけ勾配が顕著にゆるや



第1図 大気の状態曲線(a~c)、気球の上昇速度(d)、およびアンテナ高度角の変化曲線(e)

\* Anomalous Downdraft Associated with Temperature Rise at the Level of Subtropical Tropopause as Revealed by a Rawinsonde Observation

\*\* T. Haraguchi and M. Okabe 福岡管区気象台  
—1971年2月1日受理—



第2図 気球の上昇速度 (a), 水平風速 (b)

かで、気球の上昇速度が急低下したことを示している。

そこで各気圧面の高度を求め、それによって毎分の気球上昇速度を算出した結果を第2図 (a) に示す。偏差の著しいのはやはり 95~87mb 層に対応しており、図に現われていない 110mb 付近の 400m/min から図中の 93 mb 付近の 160m/min まで急減し、そのあと急回復のうえ、さらに加速されて 48mb では 670m/min に達している。

うえに示された上昇速度は、いわゆる気球の対地上昇速度である。気球の対地上昇速度はこのように高度によって変動しているが、同一気球にとって周囲空気との相対鉛直速度はそんなに大きくは変わらないはずである。対地上昇速度の大幅な変動は周囲空気の鉛直運動の影響とみてよいであろう。

この見地に立てば、標準の対地上昇速度を求めそれからの偏差をとって空気の鉛直速度を推定することができよう。しかし、標準の鉛直速度を求めることはむずかしいので、圏界面以上の平均上昇速度 460m/min をとりこれを第2図 (a) に破線で書き添えた。これとの偏差から、前記の上昇速度 160m/min の点では 5.0m/s の下降気流、670m/min の点では 3.5m/s の上昇気流が算出される。数値自体はともかくとしてこれくらいのオーダーの鉛直気流の存在は認めないわけにはいかないだろう。

また、この下降気流の存在は第1図 (e) のアンテナ高度角の変化曲線からも指摘される。高度角のゆるやかな増加傾向のなかに 1 か所だけ急峻な減少域があり、この部分も 95~87mb 層に対応している。もしこの高度角急減域で気球上昇速度が変らなかつたと仮定すると、それによって算出される水平風速は想像を絶する大きな値となるので無理である。無理のない水平風速のためには気球の対地上昇速度のかんりの減少、もしくは一時的な強制落下を考えなければならず、下降気流の存在を認め

ないわけにはいかない。

一方、ルーチンの高層風観測法に準じた方法で気球の 1 分ごとの高度と高度角とを求めて水平風速を算出した結果を第2図 (b) に示す。これには結果的に前述の 5 m/s 下降気流、3.5m/s の上昇気流などの効果が含まれており、下降気流 5m/s のところでは水平風速は 110m/s に達し、上下の 14m/s、18m/s との間に甚だしい鉛直シアーを生じている。

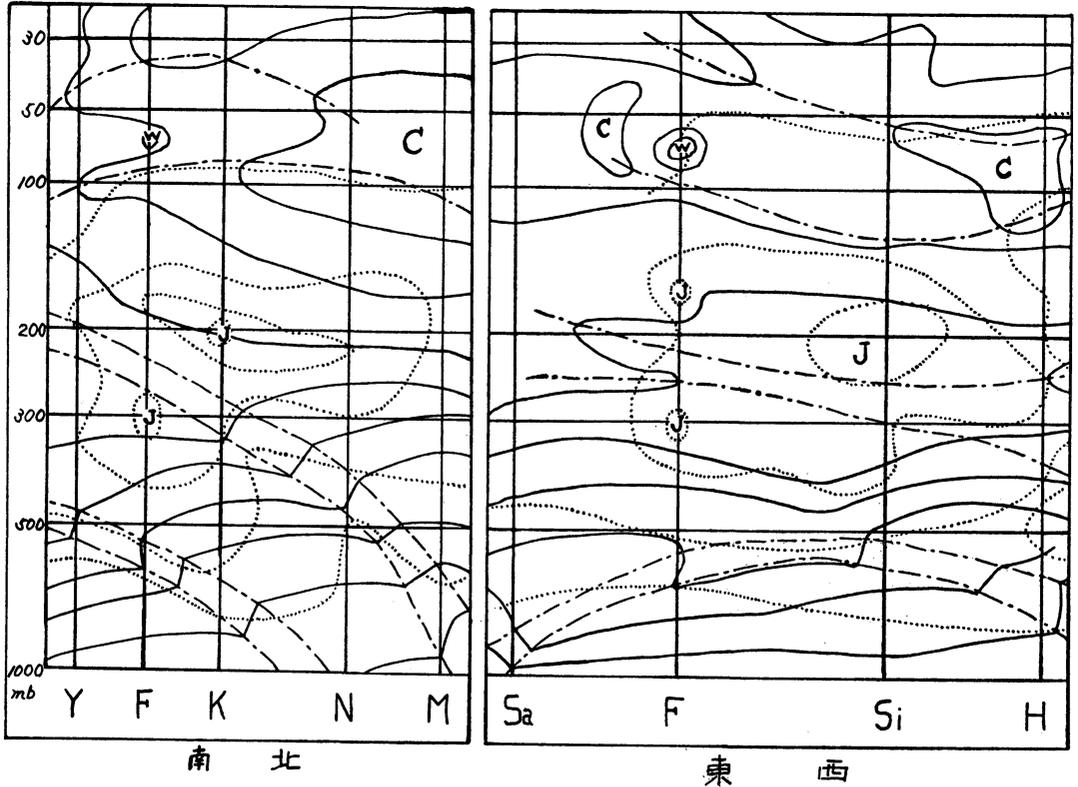
この水平風速の鉛直シアーは、前述したように下降気流がもっと強くて気球の上昇速度がもっと遅いか、あるいは一時的に気球高度が押し下げられたと仮定すれば減少する。うへの測風計算に用いられた気球高度は、観測された気圧 95mb と 87mb での気球高度から内挿して求められており、それには大きな誤差が含まれている可能性がある。しかし、現在のゾンデでは気圧の連続観測ができず、観測された 95mb と 87mb の間でいかなる気圧経路をたどったか、したがっていかなる気球高度の変化過程を経たかを知り得ないのでやむを得ない。

しかし、第1図の (a) と (e) を比較してわかるように、アンテナ高度角の急変点は 92mb にあって気球上昇曲線の急変点 95mb より時間的に後である。したがって 95~87mb での平均上昇速度 (160m/min) は一様でなく、92mb 面以降に一時的にもっと急激な低下があってよいことが示唆され、それは下降気流が 5 m/s のオーダーより強く水平風速のシアーは弱いことをも示唆することになる。その数値はわからない。

このことは別に、もう一つの可能性も指摘される。それは現在の静力学的高度計算法に問題を投げかけることになるが、気圧高度は必ずしも降下 (気圧値の上昇) しなかったが気球の幾何学的高度は低下したかも知れないということである。静力学的に算出された高度は実用的に幾何学的高度と一致することが認められているが、強風域での強い非静力学的効果のため気圧の高まりがないままに低い幾何学的高度まで下がったかも知れないということである。その場合にも下降気流は 5m/s 程度よりずっと強く、その代り水平風速の鉛直シアーはゆるやかになる。

#### 4. 考 察

以上に述べた観測事実とそれから示唆されることから、2節に述べた異常な昇温域は3節に述べた下降気流による断熱昇温によるものと考えられる。このことは第1図 (a) の 87mb から 62mb に至る状態曲線が乾燥断熱減率にかなり近似していることから示唆される。もち



第3図 断面図 (Y: 米子, F: 福岡, K: 鹿児島, N: 名瀬, M: 南大東島, Sa: 済州島, Si: 潮岬, H: 八丈島)

ろんこのような下降運動には水平移流の成分も加わっているから、下降気流域の全層にわたって乾燥断熱減率との完全な一致は望まなくてよいであろう。

今回の現象についてのシノプティックな調査はまだ中途であるが、当日の通報データにもとづいた南北・東西の空間断面図を第3図に示す。これによると熱帯圏界面と中緯度圏界面とがそれぞれ100mb, 50mb面の上であり、異常昇温は特に福岡上空で両圏界面にはさまれて発生している。規模はおそらく小さいものであろうが、ある種の交換過程に伴う激しい現象が起ったものであろう。

なお、3節では気球の真の幾何学的高度がわかれば下降気流はもっと強くなる代りに水平風速の鉛直シャーはもっと弱まることを述べたが、これは鉛直シャーが無くなることは意味しない。やはりある程度の強い水平風速

とその鉛直シャーは存在するだろう。

### 5. むすび

以上述べたとおり、このような高高度においても対流圏内に必適するようなはげしい現象が起る可能性があり、特に高高度飛行の安全性にも関連することに注目したい。この種の現象を詳しく解明するには現在のレーウインゾンデ方式では無理で、ぜひとも気温・気圧や、気球の幾何学的高度や水平距離の連続観測可能な方式の開発が望まれる。

しかし、今回示唆された点その他について得られた資料からさらに追求を試みてみるつもりである。

終りに当って、この調査を進めるについてご指導を賜った福岡管区気象台技術部長松本博士、ならびにご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表する。