

# 観測ロケット用気圧計としてのピラニゲージ〔Ⅲ〕

——気圧計の温度補償およびバルーンによる高空気圧の観測——

富 永 五 郎・岡 田 繁・金 文 沢

## 1. ま え が き

前2回の報告<sup>(1)(2)</sup>によって、定温度型ピラニ真空計の諸特性、サブ・ミニチュア管による回路部分の試作改造および回路のトランジスタ化について述べた。ひきつづいてトランジスタ回路を使用したピラニ真空計の諸特性が外周温度の変化によりどのような影響を受けるかを調べてその補償の問題、すなわち、(1)トランジスタ回路、(2)ピラニ管球の温度特性とその補償、および、(3)両者をあわせた総合的な温度特性と、それに対する安定化や補償の方法について種々の実験を行い、予期しない方法で補償することができ、一応の結果を得た。

このピラニ真空計を、さる9月中旬から10月上旬にかけて神戸大学において宇宙線観測用気球に搭載させて、上空約30km付近の気圧を測定し気球の高度を観測した。測定結果は温度補償についてまだ改善の余地がのこされていることを示しているので、現在ひきつづいて実験を行っている。ここでは今までに得られた結果を報告し、また定温度型ピラニ真空計の最初の使用結果として気球による観測の記録を記し、その結果を考察する。

## 2. 気圧計の温度補償

高空大気温度は150kmの上空までの間に、 $-70^{\circ}\text{C}$ ～ $+300^{\circ}\text{C}$ の範囲にわたって複雑な変化をし、さらに高速飛しょう中のロケット外板は空気摩擦によって $2\sim 300^{\circ}\text{C}$ に上昇する。しかしロケットの場合には飛しょう時間が数分間に過ぎないので、気圧計の回路部分は熱絶縁してとりつければ数 $10^{\circ}\text{C}$ の温度変化におさまリ、トランジスタの使用も可能と思われるが、ピラニ管球は前述のような外板からの（取付け方法による差異はあるが）熱伝導による温度上昇とともに、摩擦により加熱された気体が管球内部を流れることが予想される。そこで外周温度の影響つまり温度特性をしらべ補償の方法を考えるこ

とが、気体の熱伝導を利用するピラニ気圧計の場合には重要な問題である。

以下順を追って各部について述べる。

### (1) トランジスタ回路の温度特性

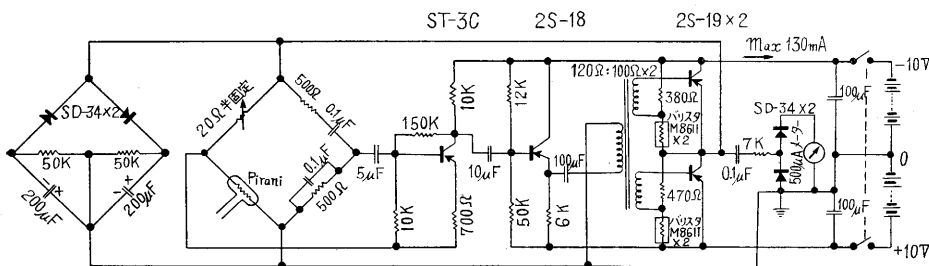
トランジスタは周囲温度の影響を受けやすく、電氣的諸定数は温度によって大きく変化し、回路的には利得の変動や入力抵抗の変化などの不安定の原因となる。とくにトランジスタの定数のうちで、もっとも著しく変化するものはコレクタ遮断電流 $I_{c0}$ であって、温度とともにほぼ指数函数的に増加し、 $30^{\circ}\text{C}$ の温度上昇に対して約10倍にも達して不安定の原因になることが多い。

他の定数の値もそれぞれ変化するが、とくに $I_{c0}$ の温度特性はトランジスタの使用上注意しなければならない問題である。このような性質はコレクタ接合部の温度が変化することによるのであって、接合部の温度は外周温度およびコレクタ損失の大小によって変化する。したがって両者の影響を同時に考えなければならない。発熱の多いパワー・トランジスタの場合にはとくに重要である。

上記のような性質は、半導体製品として本質的なものであり避けられない大きな欠点であるが、これを回路的に補償することは可能である。つぎに実際の回路について設計上注意した点を述べる。第1図がこの気圧計の改造後の回路で、初段のベースのバイアス電圧は比較的低い値の抵抗分割回路より供給されていて $I_{c0}$ の影響を少なくして動作点の安定化をはかっている。同時にこのバイアス電流を電源から直接とらずにコレクタのところからとってある。そのため自己バイアス的な作用をし、また1段だけの負帰還がかかるのでエミッタ回路の直列抵抗の電流負帰還作用とともに直流的にも交流的にも安定な動作をする。2段目はコレクタ接地回路でありエミ

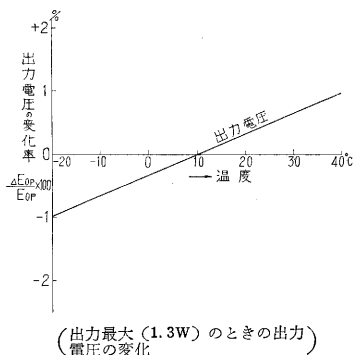
ッタに直列に入った負荷抵抗により大きな負帰還がかかり、その上抵抗分割によりベース・バイアス電圧を供給して動作点を安定化している。

最後の出力段は大

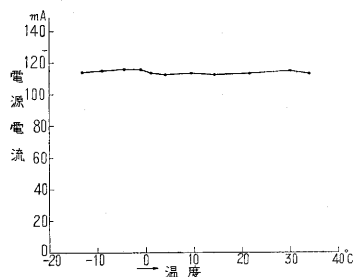


第1図 温度特性改善後のピラニ気圧計回路

きな出力を取り出すためにコレクタ電流も大きく、そのため前述のコレクタ損失による接合部の温度上昇も無視できない。そこで 2S-19 ではコレクタ電極を金属ケースに直接ハンダ付してあり、このケースに放熱板を取り付けて熱の放散をよくしてやる。実際には銅またはアルミニウム板のシャーシにマイカの絶縁ワッシャをはさんで取り付けである。このコレクタ損失の許容値は周囲温度の変化に応じて変化するので、バイアス回路にはそのための補償特性を持たせなければならない。とくにこの回路は B 級プッシュプルの動作をさせているので動作点も周囲温度の影響を受ける。この温度補償の設計がわるいと、周囲温度が変化したときに正しい B 級の動作をしないで、温度が上昇した場合、A 級動作の方向に移動し出力電力や能率が低下しトランジスタを破壊してしまう。温度が下がるまでと歪が増大しついにカット・オフの状態となる。これは  $V_b-I_c$  特性<sup>(2)</sup> がとくに温度に敏感なためであるが、対策としてはベース・バイアス電圧を周囲温度が上昇すれば下げるように補償してやればよい。つまり動作点の温度特性をトランジスタの伝達コンダクタンスの温度特性にあった特性を持たせばよいことになる。そのために、バイアス回路にバリスタの負の温度一抵抗特性を利用し、しかも前記  $I_c$  の影響を少なくするために 2 個並列に接続した低抵抗値の分割回路によりバイアス電圧を供給して動作点をいつも最適の点におくようにしてある。その上 2S-19 の動作は、最大規格より十分余裕を持たせて設計してあるから許容値をこ



第 2 図 発振出力の温度特性



第 3 図 電源電流の周囲温度による変化

て破壊してしまうようなことはない。

以上のような考慮をはらった増幅回路と周波数選択特性をもつ饋還回路（ウィーンの回路網）とを組み合わせさせて R C 饋還型の低周波発振器を構成すれば、回路全体に十分に負饋還がかかっているため、周囲温度の変化にともなう発振出力の変動は第 2 図に示したように非常に小さく、動作は安定である。このことは第 3 図に示したよう

に、電源電流がほとんど変化しないことからわかる。

実際に周囲温度 30°C で 10 時間連続動作および -20°C で 4 時間連続動作させたときにも異常はまったくなかった。また -20°C においても switch-on 後瞬間的に定常状態に達した。放熱板として  $2t \times 10 \times 10$  (mm) のシャーシを使用したセットで、1~2 mmHg に減圧した真空容器内で 3 時間連続動作したときにはシャーシの放熱効果が減少したので、周囲温度が 35°C であったのに放熱板は 42°C に上昇したが異常はなかった。

このように、発振器としては連続動作や周囲温度変化に対しても十分満足な結果が得られたが、付加回路として気圧指数を読むために発振出力を整流し、メータまたはテレメータ回路に送りこむ出力指示回路の整流器としてゲルマニウム・ダイオードを使用しているために、この順方向の温度特性が気圧指示値に直接影響して、第 4 図に示す

ように気圧指示値が周囲温度の変動に対して変化する。

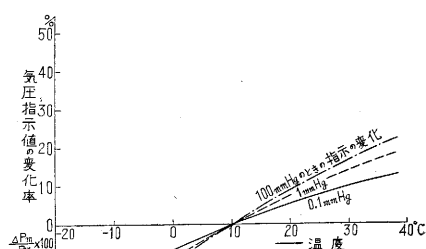
このための補償は前記の発振器の温度補償

より困難である。第 4 図 ゲルマニウム・ダイオードの温度特性による気圧指示の変化

整流回路の負荷抵抗にゲルマニウム・ダイオードの温度特性と同様な、抵抗一温度特性をもったものを使用するのが方法であるが、信号電流による電力損失の変化で抵抗値が変化してしまうものではないけい。したがって電流量が大きくて抵抗値が比較的高く、しかも温度特性が前記のような条件を備えたものが必要であるが、このような要求どおりの抵抗は実際にはなかなかない。そのほかダイオードだけを断熱材でつつんで熱絶縁する方法も考えられるが、ダイオード素子の熱容量が小さいのでリード線からの熱伝導の影響がそうとう大きく、完全な効果を期待できない。

整流回路の温度特性は、ダイオードの順方向の温度特性だけが影響する単純な性質のものであるから、周囲温度がわかればあとで簡単にデータの補正ができるので、回路としての不完全な（他の不純な要素の入りこむおそれのある）補償はしないことにした。

以上でダイオードをふくめた電気回路の温度補償について述べたが、この部分の温度特性は第 4 図に示した

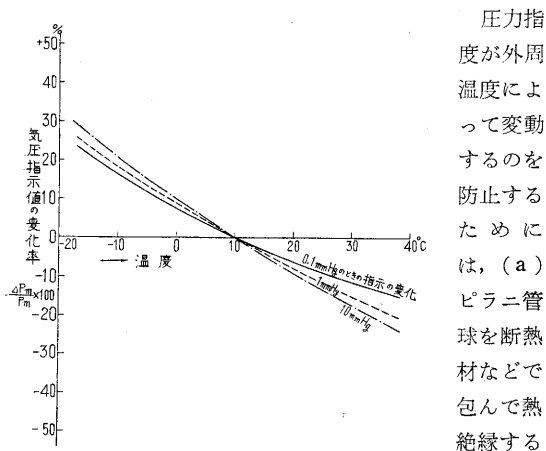


イオードの順方向の温度特性がそのまま影響していることになる。

回路の温度補償とは別の問題であるがプッシュプルで動作させている2個の2S-19の過渡特性（switch-onした瞬間のコレクタ電流の過渡的な立上り特性）のアンバランスによって負荷に過渡的な電流が流れてピラニ・フィラメントが切れることがある。これを防止するためにリミッタを出力回路に取り付けた。このリミッタはダイオードの負荷に大きい時定数をもたせて自己バイアスを与えるようにしてある。このようにするとバイアスはゆるやかな出力変化では正規の値を保っているが、起動時の過渡現象が起きたときには十分クリップさせることができる。このような簡単な回路で十分目的ははたされた。定常状態のときにもリミッタをつけたことにより出力波形の歪率の増加が考えられるが、出力インピーダンスが十分低いので実際にはその影響はほとんどみとめられない。

## (2) ピラニ管球の温度特性

ピラニ真空計は高温（約200°C）のフィラメントとその周囲の壁（ガラス管のピラニ管球で温度特性を調べたので、ガラス円筒壁）とのあいだの、気体分子による熱伝導が低い気圧のときには圧力によって変化することを利用して、ピラニ・フィラメントで失われる熱量をはかって圧力を指示している。したがって、両者の温度差が変化すると圧力の指数も変動する。ピラニ・フィラメントは定温度で加熱されているので、外周温度つまりガラス円筒壁の温度の変化が指数に対してどのように影響するかを調べなければならない。これがピラニ管球の温度特性である（フィラメント自身の温度変化については前に報告した<sup>(1)</sup>）。第5図に何も補償をしないときの温度特性を示す。

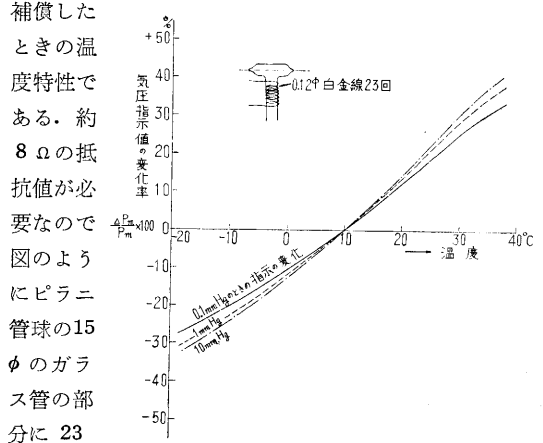


第5図 ピラニ管球の外周温度による指数の変化

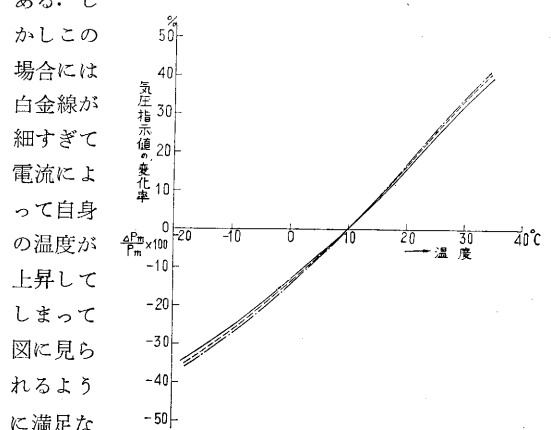
などに入れるかして外周温度の影響を受けないようにする。(b) ピラニ・フィラメントと外周温度との間の温度

差をいつも一定にする。つまり外周温度の変化に応じてフィラメント温度を変化させる。この実際的な方法としては、ピラニ・フィラメントとともに、ブリッジを形成している相手側の抵抗の抵抗値を変化させるとフィラメントの抵抗値つまり動作温度が変化することから、この抵抗線として抵抗-温度係数がフィラメントと同一のもの、つまり白金線を使用し、これをピラニ管球のガラス管に巻いて両者の温度が同時に変化するようにすれば、それにつれてフィラメント温度も変化し、温度差はつねに一定に保つことができる。しかしこの場合抵抗用の白金線を十分太い線にしないと、この線を通れる電流によって温度が上昇してしまう。最大消費電力は約200mWである。

(a)と(b)の方法を比較するとロケットの場合には前述のように、ロケット外板の加熱や取付方法の困難なことなどがあって(a)の方法はあまり適当とは思えず、(b)ならばそのような問題もなく簡単でしかも小型軽量化が可能である点などがすぐれているために(b)の方法を選んだ。第6図は0.12φの白金線を使用して



第6図 白金線(0.12φ)で温度補償したピラニ管球の温度特性



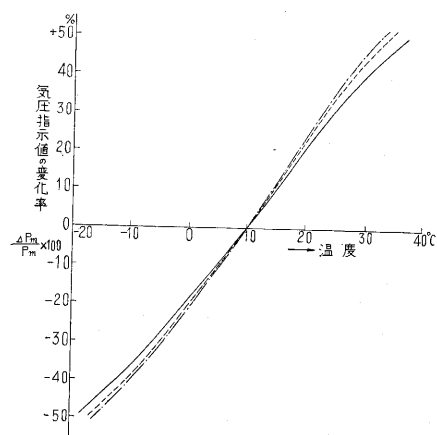
第7図 白金線(0.25φ)で温度補償したピラニ管球の温度特性

った。圧力が高くなるほどカーブの傾斜が大きいのはブリッジに流れる電流が増加するためである。つぎに前より太い  $0.25 \phi$  の白金線を使用して特性をしらべたが第 7 図に示すように第 1 例より悪い結果がでた。線の太さは 2 倍になっているから線の温度は上昇しないはずであるが、この場合には所定の抵抗値を得るためには約 5m も巻かなければならないので、巻いてある部分をなるべく小さくするために巻線の間隔をつめて巻いた。そこで放熱が不十分で、線を太くした結果かえってわるくなったと思われる。これは巻線方法が適当でないためであるが無制限に巻線の間隔をひろげることもできない。したがってこの方法によって補償するならば他の“もっと適当な抵抗線”を使用しなければならない。適当な抵抗線とは抵抗-温度係数が白金と同一でもっと固有抵抗値の大きいものである。固有抵抗値が大きければもっと太い線をもっと短く使用でき、電流による温度上昇をおさえることができる。しかしこのような条件を備えた抵抗線を手に入れるのは困難である。

(b) の方法によって満足の結果が得られなかったのて、実際には (a) の方法をとって、ロケットに管球を取り付ける場合にその構造について十分考慮するか、または、何も補償しないで気圧と同時に温度を測定し、記録したデータについて補正をする方法のいずれかをとることにした。しかしこれは後述のようにピラニ管球と回路との総合的な温度特性を調べたときに別の方法を発見した。

### (3) 総合的な温度特性

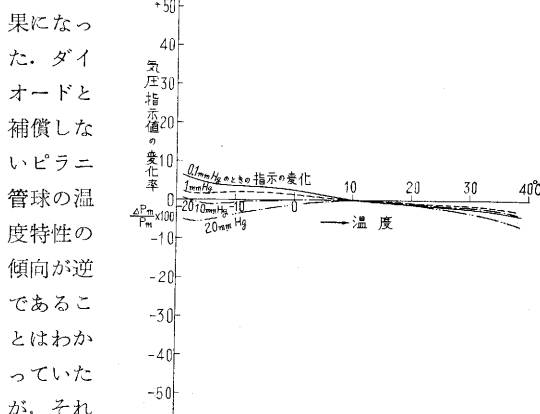
ピラニ真空計として、温度による特性の変化を考慮しなければならない部分は、前 2 節で述べたピラニ管球、発振回路、および圧力指示回路のダイオードの各部である。このうち発振回路の温度特性は前にのべたように他の 2 者に比較すると、無視できるくらい小さいので総合的な温度特性はほとんどピラニ管球とダイオードの特性



第 8 図 ピラニ気圧計（白金線で補償したピラニ管球+回路部分）の温度特性

る。ダイオードの特性とピラニ管球の特性が相加されていることがよくわかる。

さて、いままでずっと述べてきたような順序で、種々の実験をくりかえしたが、ピラニ管球の温度補償については (b) の方法でよい結果が得られなかったので一応この方法を断念し、全然補償しないピラニ管球と電気回路とを組み合わせる温度特性を調べたところ第 9 図に示すような結果になった。



がちょう 注：実際の測定にあたってこの程度の変化を読み取ることは少々困難である。ここでは記録されたデータより大体の傾向をしめしてある。この場合のメータ指針の振れは最大のときでも、 $500 \mu A$  65 角型 50 分目盛のメータの 3 目盛以内であった。

く補償し 第 9 図 ピラニ気圧計の総合的な温度特性  
あうことには気が付かなかった。しかしこれは見かけの補償であって両者がいつでも同一温度でなければならず本質的な特性の改善ではないが、他に適当な方法がないので一応この方法をとることにした。もっと適当な方法を現在考慮中である。

つぎに、この方法によるピラニ真空計を実際に使用した記録として、宇宙線観測用気球による気圧測定の結果について報告する。

### 3. 気球による高空気圧の観測

昭和 32 年 9 月中旬より 10 月中旬にかけて、神戸大学理学部、宇宙線研究室において宇宙線観測用気球を前後 4 回にわたり浮揚させた。これは原子核研、立教大学および関西宇宙線研究グループの共同研究で、原子核写真乾板による宇宙線観測のために地上 30~40km の高空へ浮揚させるものである。この気球は約 8 時間、ほぼ水平に飛行する。この間の高度変化もしくは気圧変化を比較的高い精度で観測する必要があるといわれ、われわれは神戸大学の皆川教授、核研の西村助教授より要請があったので前記のロケット用気圧計を改装して搭載し、上層大気圧を記録した。

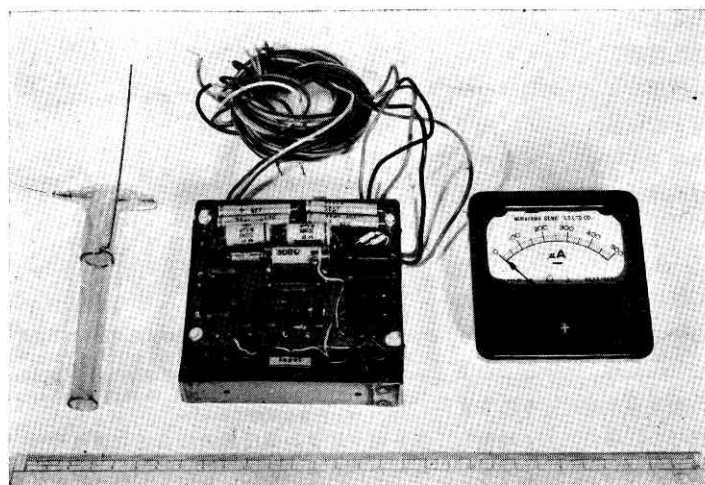
気球用の気圧計では、データのテレメータリングを行わないで出力回路に  $500 \mu A$  の電流計を接続し、その指針の振れを自動記録カメラによって記録する方法をとった。これは気球が相当長時間、遠距離にまで飛行するた

めに、テレメータの大出力のものが必要であり同時に大容量の電源(電池)を必要とする。しかし、全備重量はなるべく軽減したいのでテレメータを搭載することは技術的に困難である。一方宇宙線を観測するためには乾板を回収しなければならないのでカメラで記録したデータも同時に回収可能であり、他の温度、時間や電源電圧などのデータも同時に記録できる特長がある。またカメラは非常に軽量のものが製作可能であるためにカメラを使用することにした。第10図が気球用に製作したピラニ真空計である。中央の回路部分は  $100 \times 100 \times 2\text{mm}$  の銅板製シャーシにベーク板 ( $100 \times 80 \times 2\text{mm}$ ) が取り付け



第12図 自動記録カメラ外観

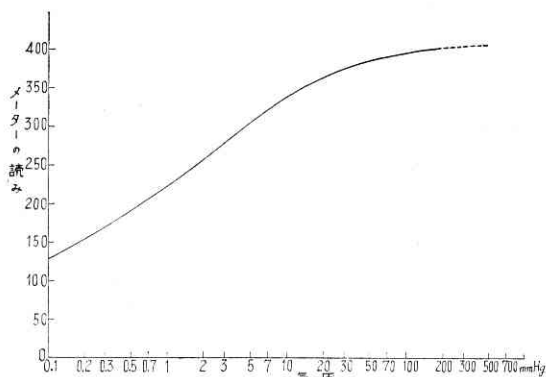
第12図はその外観を示し第13図はそれを分解したところである。白い桐箱に入ったカメラ本体は長さ25cm、直径が約7cmの円筒型に近い型をしていて、レンズはニッコール F3.5、35ミリのものをシャッターを使用しないで開放しておき、計器箱を完全に遮光して内部の照明用の豆球を点灯して撮影するようになっている。撮影はフィルム巻取り用モータによって駆動される歯車、カムおよびスイッチ機構により5分間に1回、約2秒露出されるようになっている。ピラニ気圧計の電源スイッチも連動になっていて、露出約4秒前から6~7秒間だけ間歇的に動作するようにしてある。したがって電源電池の容量の少ないものが



左 ピラニ管球、中 回路部分、右 0.01mA 型指示計

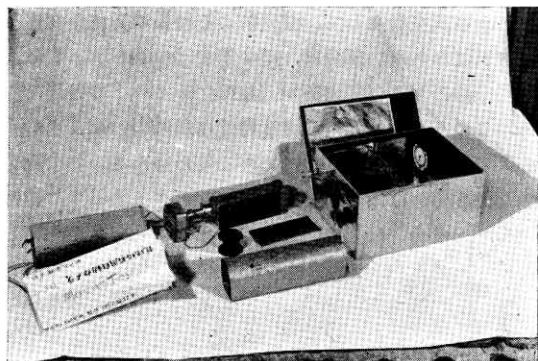
第10図 気球用ピラニ気圧計

られ、このベーク板に部品が取り付けられて配線してある。銅板はシャーシとして使用されていると同時に、パワー・トランジスタ 2S-19 の放熱板をもかねている。しかし実際に使用したときには重量を軽減させるためにアルミ板 (2mm厚) を使用した。この真空計の1~100mm Hg 付近のメータ目盛-圧力特性を第11図に示す。



第11図 ピラニ気圧計の圧力特性

自動記録カメラは甲南カメラ研究所で製作された。第12図および第13図の写真のように左側の細長い木箱に入ったカメラ部とアルミ箱をはった計器部よりなる。



第13図 自動記録カメラを分解したところ

使用できる。ピラニ回路はスイッチ投入後、約0.5秒で定常状態に達するが、メータ指針の振れが停止するまでに約1秒かかる。カメラの内部には35mmフィルムで約200枚分を装填できる。計器箱は厚さ約3mmの桐板を使用し木材の細棒で補強してある。その外側にアルミの箔を貼って太陽熱による内部温度の上昇を防止してある。写真では内側にも貼ってあるがこれは遮光を完全にし、しかもランプの反射をよくするためである。この内部のパネルにピラニ気圧計の指示計、時計、水銀マンメータ、温度計、ピラニ電源電圧計等を取り付けて、こ

れらを同時に 1 枚の写真におさめるようにしてある。そのほかこの箱の内部にはピラニ回路部分とカメラおよびピラニ気圧計の電源電池が格納されている。なおカメラ部分は完全に防水してある。カメラ部分および計器收容箱をふくめた重量は約 3 kg で、内部に測定器類と電池を装備して完全に荷造り（気球に水平につり下げるために枠をつくってひもをかける）した状態での総重量は約 3.7 kg であった。カメラは実際の使用にあたって、確実に動作して所期の目的を果すことができた。

この高度算定用自動記録カメラをポリエステル製（マイラー）の気球に搭載し約 45km 上空のデータを記録する予定であったが、マイラー気球は放球後約 8 分で破れて落下し、目的を果せなかった（9 月 19 日）ので、第 3 号のポリエチレン気球に搭載した（9 月 28 日）。このときは浮揚および高度の記録と共に成功したので、続いて第 4 号のポリエチレン気球に搭載した（10 月 3 日）が自動カメラのみは回収できなかった。そこでピラニ気圧計の記録としては第 3 号の浮揚のものしか得られなかった。このときには約 32km の高度まで上昇したことが気球につけたレーウイン・ゾンデの気圧計（ダイアフラム気圧計）によって記録された。このダイアフラム気圧計は大気圧から 15mb まで測定可能でありピラニ気圧計の圧力範囲が大体 100mm Hg 以下なのでピラニと同時に気圧測定している範囲があり、またそれ以上の気圧範囲を単独で受けて上昇中の気圧変化を観測している。同時に、水銀マンノメータとメテオログラフを使用しそれらのデータを、たがいに比較することによって精度および信頼度を向上させることにしていたが水銀マンノメータとメテオログラフは放球時のショックで故障してしまってピラニとゾンデのデータしか得られなかった。

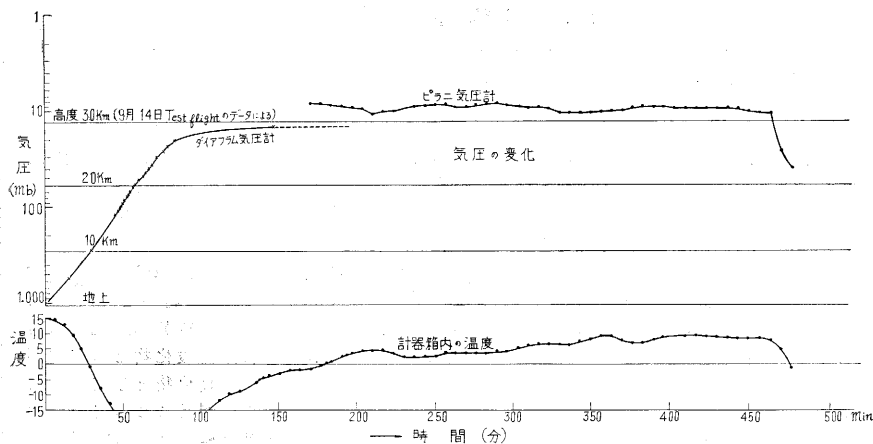
第 14 図に第 3 号ポリエチレン気球の飛揚データを示す。水平飛行に移ってから、ピラニ気圧計のデータによると気圧がかなり変化している。これは気球の上下運動と推定される。ゾンデの気圧計は 15mb 付近になると

3 mb 間隔の符号しか発信しないので微細な気圧変化のデータは得られない。気球が水平飛行に移ってからは符号はほとんど変化しなかった。ピラニ気圧計は上昇の途中で計器箱内の温度が極度に低下してから測定値の誤差が大きくなりあられ、データの 1 部は使用不可能であった。これは計器箱内部のピラニ回路部分の位置とピラニ管球の位置とが離れていて、その上ピラニ管球がガラス製であるので、管口を計器箱外部に出すように取り付けてしかも光がもれないように小さな木製の箱にいられてある。そのために外気温度が急激に変化したときに回路部分とピラニ管球との間に温度差を生じ、前述のダイオードとピラニ管球両者の逆の傾向をもった温度特性による温度補償がうまくいかなくて、測定値がずれてしまったのであると思う。

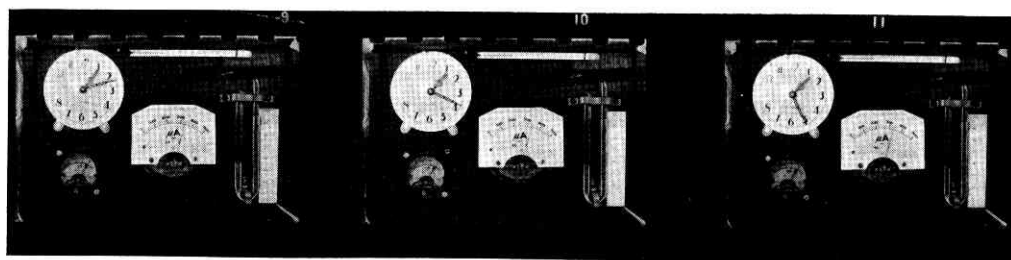
水平飛行時のピラニ気圧計のデータとゾンデ気圧計のデータとのあいだに約 5 mb の差異がある。この原因としては、i) 両者の較正を同時に行わなかったために較正值そのものに相異があること、ii) ピラニ気圧計の較正時の周囲条件と実際使用条件とが違うために指示値がずれたこと、iii) ゾンデ気圧計としては 15mb 付近は測定可能範囲の最低限界であり、精度および再現性がある程度落ちていること、などが考えられ他の気圧計のデータが得られていたならば比較検討することができたのであるが残念であった。これらの原因は程度の差はあっても同時に全部影響したものと思う。この 3 者の内では第 1 の原因による影響が最も大きいと思う。

第 15 図は記録の 1 部である。ピラニ気圧計の指針の振れは第 11 図の圧力特性曲線より気圧を読みとることができる。水銀マンノメータは放球時のショックで水銀が飛び出してしまってマイナスの水銀柱を示している。放球は午前 6 時 20 分であったから約 7 時間を経過している。放球後 8 時間で焼切り装置が働いて気球の水素は全部放出され、パラシュートで落下するようになってい

る。以上気球による気圧観測の経過を述べた。なにぶんにもピラニ気圧計としては始めての実際使用であり、そのために慎重に準備したのであるがまだ改善の必要ある個所が発見された。現地で重量軽減のために銅製のシャーシをアルミ板に交換したのもその一つであった。電源回路のスイッチが 2 回路必要なのも不便であったし、電池に中点



第 14 図 第 3 号ポリエチレン気球の飛揚データ (1957.9.19)



第15図 浮揚のときの記録の一部 (1957.9.19)

調整がす  
めばあと  
は再調整  
の必要が  
ないこと  
などが長  
所として  
あげられ  
る。

が必要なもの自由で電池を選択できないので不利であった。現在これらの点は改善され、実際に使用したことによって貴重な数多い経験を積んだ。

温度補償の問題は前章2—(3)で述べたように他に特に良い方法もないので、ダイオードとピラニ管球が相互に補償し合うような方法を取り、両者を常に同一の温度に置くようにピラニ管球にダイオードを取り付けて配線した。これによって完全とはいえないまでも両者を離しておくよりもよい結果が得られる。

今後気球用にピラニ気圧計を使用するときにはゾンデ気圧計と同時に同一条件で較正することが必要であると思う。そして、今回は失敗したが他の方式の気圧計を併用してデータを互いに比較することによって一層よい観測データが得られるものと思う。各方式の気圧計の性能にはそれぞれ一長一短がある。ピラニ気圧計は絶対測定ができない；温度補償がまだ完全とはいえない；定温度型にするため電気回路部分が必要なことが欠点と思うが、一方微細な気圧変化も記録できる；真空領域での測定可能範囲が広い、したがってもっと高々度までそのまま使用できる；ピラニ管球自身の構造は非常に簡単でそれと電気回路を組み合わせればよいので製作容易である；気圧変化を電気信号として取り出している；組立

#### 4. あとがき

終りにあたって、この仕事は学術会議ロケット観測特別委員会第3小委員会の仕事の一環として行われており、とくに佐貫・福島両委員の協力と鞭撻によって進められているものであることを記して感謝のしるしにしたい。なお気球による気圧観測については、常にご指導を賜った神戸大学皆川教授、東大原子核研究所西村（純）助教授および多くの協力和便宜を賜った宇宙線観測関係者の皆様、カメラの製作にあたられた甲南カメラ研究所の西村雅貴氏、高浜 祥氏はじめ所員の方々、これらの方々のご厚意に対して深い謝意を表する次第である。またピラニ気圧計の特性測定については、第1部の田中堅一君の努力に負うところが多いものである。

使用セットの製作は松下電器産業（株）、通信機事業部東京研究部におねがひした。種々のご配慮をいただいた吉田部長、中村課長および三浦氏には厚く御礼申上げる。

(1958. 1. 29)

#### 文 献

- 1) 富永、岡田：生産研究 Vol. 8, No. 10, p. 13 (1956)
- 2) 富永、岡田：生産研究 Vol. 9, No. 8, p. 7 (1957)

### 東京大学生産技術研究所報告 第7巻 第4号 予告

坂上 六郎・松下 幸雄 著 (英文)

#### 「On the Construction and the Behavior of Constituents in the Molten Slag of the Fundamental System」

(基本系溶融スラッグの構成と構成成分の挙動について)

C | スラッグ | SiC なる可逆電池によって、 $K_2O-SiO_2$ 、 $Na_2-SiO_2$ 、 $BaO-SiO_2$ 、 $CaO-SiO_2$ 系の起電力を測定し、各種の実験事実から、起電力 E と  $SiO_2$ 、MO (塩基性酸化物) の活量の間に次式の成立することを確めた。

$$E - E_0 = mRT/nF \cdot \ln a_{SiO_2}$$

$$E - E_0 = m'RT/n'F \cdot \ln a_{MO}$$

次いで  $BaO-SiO_2$ 、 $CaO-SiO_2$  系の分解電圧を測定し、分解反応式から上式の係数を決定し、両系の  $a_{SiO_2}$ 、および  $a_{BaO}$ 、 $a_{CaO}$  を求めた。さらに、 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 系、 $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$  系の測定を行い、 $a_{CaO}$  と  $a_{SiO_2}$  を算出した。これらの結果から、溶融スラッグにおいて、珪酸イオンは O/Si に応じて連続的に変化するものではなく、ある特定の陰イオンが最も多量に存在すること、また  $Al_2O_3$ 、 $MgO$  がともに両性酸化物として振舞うことを明らかにした。次に  $CaO-TiO_2-SiO_2$  系の電気伝導度を測定し、 $TiO_2$  が強力な両性酸化物として働くことを確めた。この理由を溶融スラッグの構成成分間の相互作用に着目して考察し、多元系スラッグ系において最強酸性と塩基を除くほかの構成成分は、すべて両性の挙動を示すことを推論し、新しく強力な両性酸化物、弱い両性酸化物を定義した。