

世界のゾンデⅢ

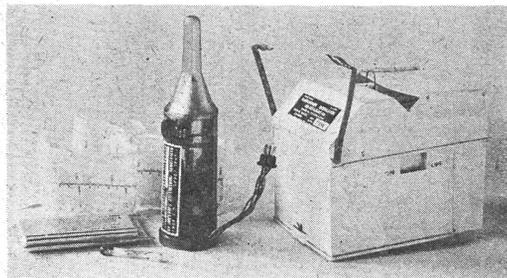
(アメリカ)

関口理郎

現在アメリカには Weather Bureau 型と、空軍陸軍が主に使用している AN/AMT 型の2つのゾンデがある。どちらもゾンデとレーウィンをとを結合したいわゆるレーウィン・ゾンデである⁽¹⁾。上層風の観測精度を向上するには地上受信機によりレーウィンの方向をなるべく正確に測定する必要がある。AN/AMT 型は以前は70メガ・サイクル (M. C) や 400M. C の発信機を使っていたが⁽²⁾、今日では波長が短くて (1680 M. C) 光に性質がよく似ている電波の発信器と、自動追跡型受信機⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ (GMD-1) を用いて高高度迄 (15000m 以上) 精度のよい上層風観測を行っている。Weather Bureau 型は以前は 70M. C を使っていたが⁽²⁾、現在は 402M. C の発信器と等感度方式の受信機⁽⁴⁾⁽⁵⁾ を使用している。

1. AN/AMT型ゾンデ

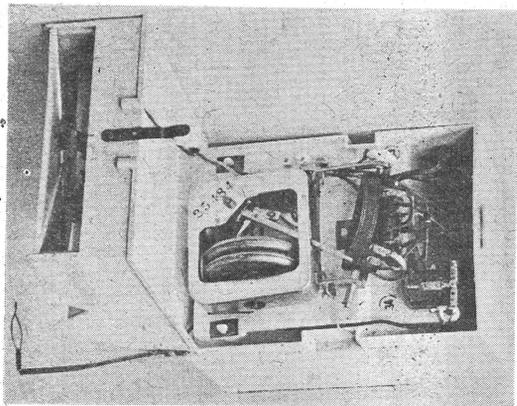
I 型には通風筒があるが、I X 型からは通風筒はなくなり温度計を露出したままである⁽⁶⁾。最も新しいのは 4 B 型である。受信機 (GMD-I) と発信器についてはそれぞれの Technical Manual⁽²⁾⁽⁷⁾ に原理と取扱い方法がわかりやすく説明されている。



第1図 AN/AMT-4A型ゾンデの Transmitter 及び Modulator, 気圧検定用紙及び温度湿度測定エレメントが並べてある。

第1図はAN/AMT-4Aの外観を示したものである。気象計器部 (modulator) は白色のプラスチック製容器 (6×4½×6.5inch³) に収められ重量は 456gr である。2本の突出している金属の腕はその先端にクリップ

がついていて飛揚する時にサーミスター⁽⁸⁾を挟み、回路に温度計を挿入するためのものである。この腕は容器の温度が温度計に影響を及ぼさないように突出しているのであって、使用しない時には容器の両側に倒してある。温度計は容器の蓋の上にある金属のクリップに取付けられるが、その上には雨除けがあるので第1図には空気の流入口だけしか見えない。(第2図は蓋が2重でその間に温度計がある様子をよく示している。) 左に置いてあるのはプラスチック製のやや透明な容器に収められた発信器である。これは飛揚の際には modulator の底に固定される。尚その他ガラス管にはいったサーミスター及び金属の容器に密封された湿度計のエレメント及び気圧の検定用紙が示してある。第2図は modulator の内部を示したもので、気圧計の空盒及び baroswitch の commutator 及びリレー等が収められている。この下には注水式電池がはいる。



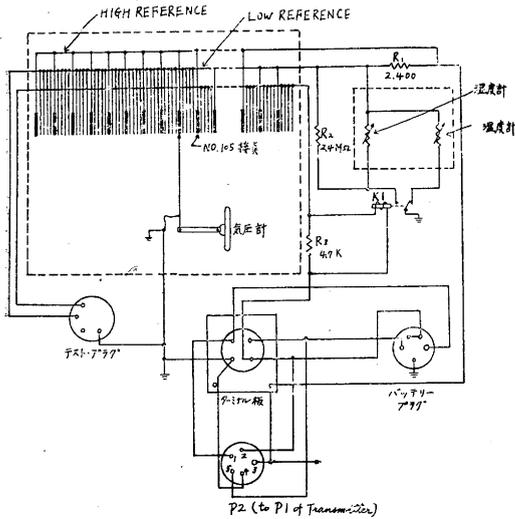
第2図 AN/AMT-4A型ゾンデ Modulator の内部。蓋は二重になりその間に湿度計を備えている

温度、湿度の測定エレメントは温度、湿度の変化に伴いその電気抵抗が変化する抵抗体である。これら抵抗体は modulator の blocking oscillator 回路の一部、すなわち放電抵抗の一部を形成している。従って温度あるいは湿度が変化すると blocking oscillator の周波数が変化する^{*(3)}。この blocking oscillator は 1680MC の電波

*⁽¹⁾ レーウィン・ゾンデは普通のラジオ・ゾンデと特別に変わった機構を必要としない。唯レーウィンは A₁。(無変調)ゾンデは A₁ (断続)レーウィン・ゾンデは A₂ (変調)電波を放射する発信器を使用する。

*⁽²⁾ 現在でも部分的には使用しているらしい。

*⁽³⁾ blocking oscillator の発振周波数は放電抵抗の値にほぼ逆比例する。



第3図 AN/AMT-4A型ゾンデ Modulator の配線図。左の点線の囲いの中は Commutator, 右の点線の中は気温、湿度測定用の抵抗

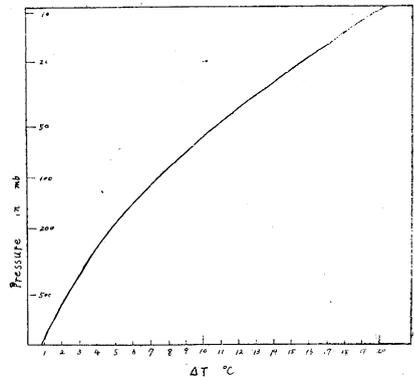
を modulate している。地上でこの電波を受信、検波して低周波の変化から上空の温度、湿度を知る事ができる。今迄紹介した各国のゾンデは気温、湿度、気圧の切り換えにはモーターあるいは時計を使っているが*(4)、このゾンデは気圧計と切換部を兼ねる baroswitch を使っている。すなわち第3図に示すようにゾンデが上昇して気圧が下るに従い、空倉の指針は commutator 上を移動する。この commutator には reference code 用の接点と湿度測定用の接点がある。針が接点の間の絶縁部にある時はリレー K₁ が開いて、サーミスターと R₁, R₄ が series に回路にはいり、温度が測定される。地上から 105 番目の接点 (high reference) 迄は 5 番目毎の low reference, 15番目毎の high reference を除いて気温と湿度が交互に測定されるわけである。それより高空では低温、低湿のため湿度計の遅れが大きい上に、測定精度が悪く実用にならないので湿度の測定は行わない。従って、105 番目より先は図に示すように温度の抵抗体と、reference の固定抵抗が交互に modulator 回路に入る。

high reference は 194C. P. S. low reference は 190 C. P. S. 気温、湿度は約 10C. P. S. ~200C. P. S. の変調周波数である。

接点の番号と気圧との対応は地上で検定してあるので記録紙上から何番目の接点かを読み取れば、その時の気圧がわかる。このようにして significant level の気圧を記録紙上から求め、次にその時の気温、湿度の周波数を読み取り (0.2C. P. S. 迄読み取る), reference の周波数のずれを基にしてその値に補正をほどこし、さらに専門の計算図表を用いて気温、湿度を求める。

気圧計は直径 60mm のエリンパー系統の合金製の空倉 2 個を使用している。この金属のヤング率の温度係数は殆んど零に近く低温における示度は殆んど常温と一致する。その指針はゾンデを使用しない時には commutator から持ち上げておく。

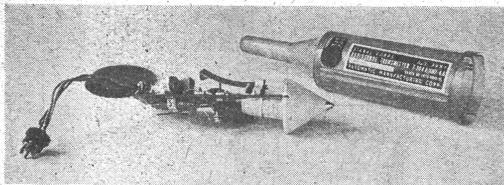
温度計は外径 0.018inch 長さの細長いサーミスターで表面には特殊な白色塗料が塗ってある。これは太陽輻射の 90% 以上を反射し、且つ防水を兼ねている。サーミスターの温度係数は負の極めて大きな値を有する半導体である。日本を始め各国のゾンデは通風筒によって日射の影響を防いでいる。しかしながら空気の稀薄な高空では通風効果は少なく、また通風筒自身の昇温による誤算も大きくなる。AN/AMT-1 は通風筒内にサーミスターを備えつけたゾンデで I X 型からはサーミスターを露出している。この両者を連結飛揚した結果が第4図に示してある。また 95% の日射を吸収する黒い塗料を塗ったサーミスターを用いたゾンデとの連結飛揚により、I X 型の日射誤差を推定すると 20mb で 0.5°C 以下になる(5)。ここに紹介した 4 A 型も同程度の誤差と思われる。しかしながら、温度計を露出すると昼夜共に所謂夜間輻射の影響により、実際の気温より低い温度を示すものと考えられる(6)。



第4図 AN/AMT-I 型と IX 型の連結飛揚観測における平均温度差。ΔT は I 型の測定気温の値から IX 型の値を引いた差。

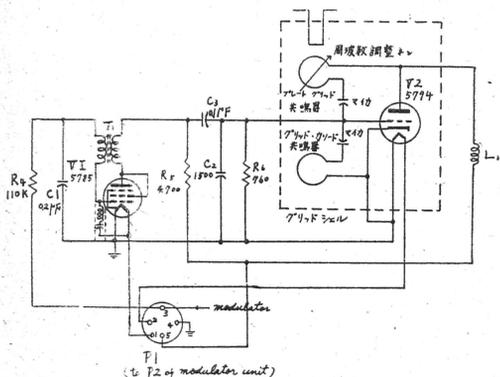
湿度計は表面にリチウム・クロライドの film を塗った長方形のガラス板 (2×4inch²) の両側に錫の電極を付けたもので、この湿度計の電気抵抗は温度と湿度の両方で常温では 100% から 10% の間に約 400Ω から 1MΩ 迄変化化する。抵抗の変化が大きいので、Parallel = 抵抗 (2.4MΩ) が入れてある。常温では遅れはロールしない毛髪より小さい。唯 polarization を起こすこと、雨滴が附着すると測定が可能になること、また低温になるとその抵抗は大きくなるので測定範囲が小さくなること、等の欠点がある。例えば -40°C では 60% より高湿しか測定できない。

* (4) 後に紹介するフィンランド・イギリス等のゾンデは風車を使用している。



第5図 AN/AMT型ゾンデの Transmitter の内部

第5図はプラスチックの覆いを取りはずして発信器の内部を示したものである。左の先端は Dipol アンテナで超高周波の発振管のグリッドを形成し内部に2つの空洞を含む円錐形の金属に建結している。重量は147grである。第6図はこの発振器の配線図を示したものである。VIの回路は通常は12M.Cの周波数で発信している。一方R₄に series に結合された温度計、湿度計の抵抗体、あるいは reference の固定抵抗はVIの gridの放電回路をなすが、この抵抗とC₁のとき定数が大きいので blocking を起こして発振が停止する。VIが発振している時にはR₅を plate current が流れ、電圧が下りC₃を通じてV₂の grid に負の電圧がかかる。従ってVIIの発信が停止する。VIが blocking を起こすと逆の過程でVIIが発振する。従って blocking oscillator の周波数に従って発振が断続され、気象要素の変化に応じて違った周波数で100%に変調された電波がアンテナから発射される。

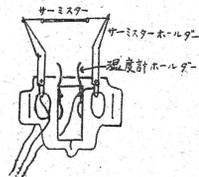
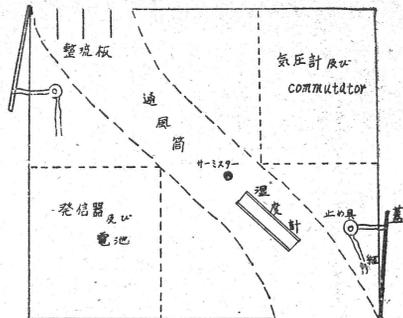


第6図 AN/AMT-4A型ゾンデの Transmitter の配線図 単位を添えてない抵抗、蓄電器の値はそれぞれΩ, μ. μ. F である。

電池は注水式電池で(2 3/4 × 4 × 4 5/8 inch³) 動作状態での重量は500grである。+Bは110V, +A(V₁) 1.4V +A₂(V₂) 6.6Vである。この電池は使用前約20分に注水する。使用する直前迄は湿気を完全に防止し、また適度な温度に保たなければならない。注意深く保存すれば約2年間は保存することができる。もし空気中に放置すれば、48時間以内に使用に耐え得なくなる。

2. Weather-Bureau 型ゾンデ⁽¹⁰⁾

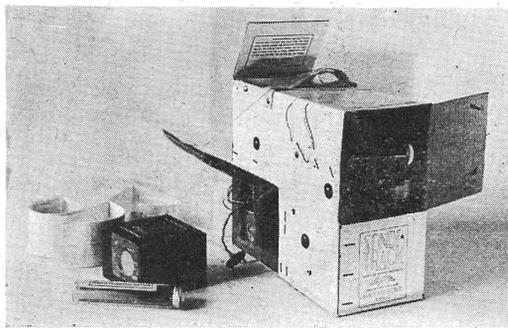
AN/AMT 型ゾンデと異なる点は主に通風筒発信器部



第7図 Weather Bureau 型ゾンデの断面図、気温、湿度の測定エレメントは通風筒の下に示してあるホルダー(第9図の写真を参照)に付けて通風筒の内部に固定する。

分である。W・B型のゾンデは断面図が第7図のような通風筒を使用して日射の影響を防いでいる。通風筒の内部は黒く塗ってあり温度計に反射光が当たるのを防いでいる。しかしながら高空においては誤差は相当に大きくなる⁽⁶⁾。地上の風洞実験から補正表を作り、観測結果を補正している。

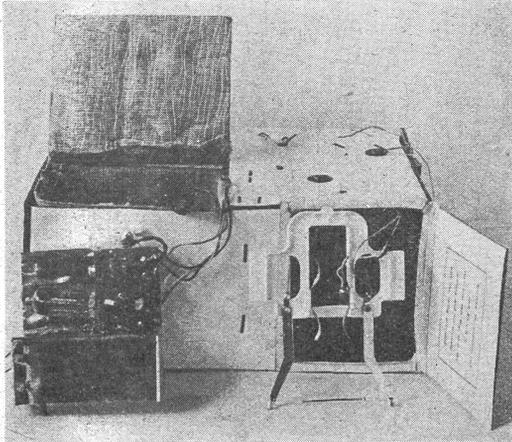
使用電波の周波数は403M.Cで等感度方式の受信機を用いている。



第8図 W・B型のゾンデの側面図、横にバッテリー、湿度エレメント及び気圧検定用紙が置かれている。

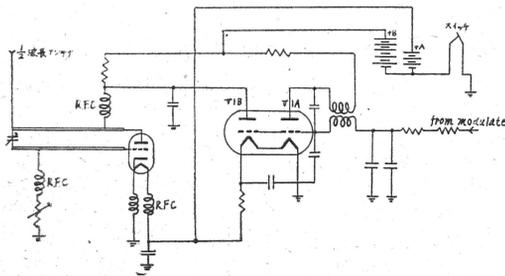
第8図はW・B型ゾンデを横から見た図である。表面が白い段ボール製の直方体の容器に全部が収められている。(10 × 9 × 4 inch³) 図に見える3カ所と下面に1カ所ずつ開閉部分がある。図にみえる上面および下面にある開閉部分は第7図の通風筒の出入口である。入口には整流と日射が差込むのを防ぐ目的で流れに沿って紙が並べてある。この2つの開閉部の蓋は飛揚する際には開いたまま、附属している紐で固定する。側面には発振器と乾電池を収める部分があり、低温から保護するために保温

材で囲まれている。横に置いてあるのは電池と湿度計及び気圧の検定用紙である。後側面の上部は気圧計および切換部の commutator がはいつている。第9図は横倒しにして、底部の通風筒の出口から温度計と湿度計の取付部を取りはずし引出して示し、また側面から発振器を取出した所である。



第9図 W·B型ゾンデの下面及び内部取出された発振器と測定エレメントのホルダー

気象計器部の element はすべて AN/AMT と同じ形式である。サーミスターは塗料は塗ってなく、直径0.040 inch、長さ1.5 inch で AN/AMT 型より大型である。barorwitch の部分の配線は AN/AMT 型と大同小異なので省略する。



第10図 W·B型ゾンデの Transmitter の配線図

発振器の部分の配線は*(4)第10図に示してある。その動作を簡単に説明すると次の通りである。VIAは、blocking oscillator の発振管である。VIBは grid が VIA と共通の電圧なので VIA が blocking を起こすと同時に plate current が止り、従って V II の plate 電圧が上昇して r-f の発振が起こる。VIA が発振(約27MC)している時は逆に VIB に電流が流れるので V II の電圧が下り発振が停止する。従って、modulator VIA の blocking の周波数に応じて 403M. C の発振が modulate される。VIB は buffer の役をするわけである。

*(4) 製作会社により使用真空管や回路に若干の違いはあるようである。

訂正 世界のゾンデ (I) 222頁12行「約45grである」。は「約450grである。」と訂正する。

引用文献

1. R. A. Kirrman : J. M. Le Bedda, Meteorological Direction Finding for Measurement of Upper Winds. J. Met. 5 28~37 (1948)
2. Department of the Army, Rawin Set AN/GMD-1, TM II-271. (1950)
3. M. Ference, Instruments and Techniques for Meteorological Measurements, Compendium of Meteorology (1951)
4. 小平信彦, 最近の上層風測定装置について. 電気通信学会(28-3)
5. 中央気象台, 高層観測指針 (1951)
6. C. J. Brasefrild, Measurement of Air Temperature in the Presence of Solar Radiation, J. Met. 5 147~151 (1948)
7. Department of the Army and the Air Force, Radiosonde, AN/AMT-4A, TM·II-2432A : TO 16-30ANT4-5 (1951)
8. 林 英之介. 気象観測用サーミスターについて. 測候時報 19, 8 (1952)
9. 北岡竜海. 日米ラジオゾンデの比較観測. 高層気象 1, 2 (1954)
10. Bendip International Division of Bendix Aviation Corporation, Description of Bendix-Friey Radio-sonde Models, 271-2 and 272-2

なおドイツ、スイスのゾンデの参考文献は下記の通りである。

ドイツ M. Hinzpeter, Eine neue Radiosonde, Ann. d. Met. 4 (1951)

G. Hofmann, Zur Trägheit des Gewaltzen Harres Nach Trankenberger, Ann. d. Met. 6

K. Gödecke, Die Strahlungsfehler der Bimetalle bei aerologischen Metzgeräten, Ann. d. Met. 2 (1949)

スイス J. Lugeon et P. Ackermann, Bréviaire des erreurs de radiosonde, Annales de la Station Centrale suisse de Météorologie (1948)

J. Lugeon, P. Ackermann, M. Bohnenblust, La radiosonde suisse, Ann. Sta. suisse Met. (1948)

又一般的な参考文献として

藤原寛人, ラジオゾンデ
山岡 保, 国際ラジオゾンデ比較観測, 高層気象 1, 1 (1953)
新井重男, 世界のラジオゾンデ (I) ~ (III), 測候時報 18, 4. 5. 6. (中央気象台高層課)