

## ゾンデ用空ごう(Ⅱ)\*

岡田 芳隆\*\*

### 目次

1. はしがき 2. 製法 3. 材料 4. 変位特性 5. 弾性誤差 6. 温度誤差  
7. 気象大学における最近の研究 8. あとがき

### 7. 気象大学における最近の研究

気象大学では、最近の卒業研究の一課題として空ごう気圧計の問題がとりあげられ、昭和46年度は阪本、昭和47年度は古謝が研究をした。ゾンデ用空ごうの最近の問題点は低圧での温度誤差である。従って重点も主としてこれにおかれた。空ごうの研究はさほど多くはない。特に低圧低温の特性は、仕事から気象庁独自のもののように思える。概要を紹介し動向の一端としたい。

#### [1] 空ごう試験器の製作

製作した空ごう試験器は非常に古典的なものである。測定枠、排気槽、保温槽、接触検出器より成る。

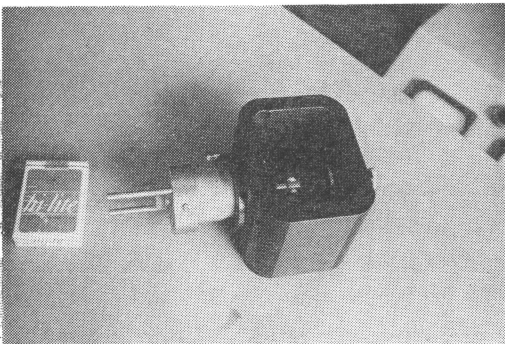


写真3 測定枠、内部に空ごうを取付ける

測定枠は炭素鋼製で、歪取りのため熱処理しており、重量約6kgである(写真3)。空ごうを枠に取り付け、マイクロメータを操作して電氣的に接触した時の変位をよむ。空ごうの中心金具およびマイクロメータ先端には白金接点を取り付けられている。

測定枠を排気槽におさめ(写真4)任意の気圧に保ち測定が行なわれる。マイクロメータは排気槽の外からハンドルで操作することができる。またマイクロメータの

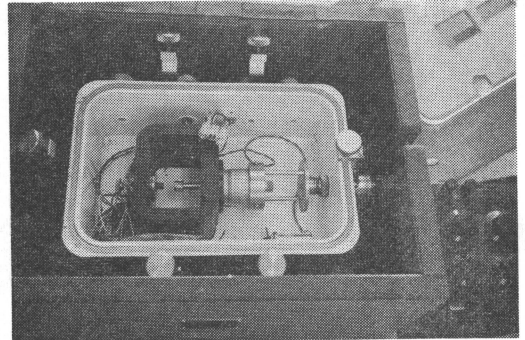


写真4 排気槽(白い箱)におさめられた測定枠、外側の箱は低温槽

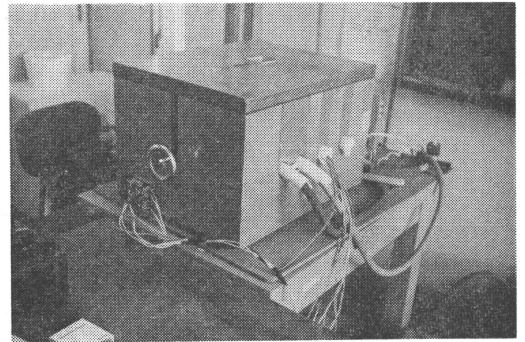


写真5 低温槽の外観、ハンドルはマイクロメータを操作するもの

読み取りは透明の蓋を通して行なわれる。

低温試験の際には、排気槽を低温槽におさめ、すき間にドライアイスを入れ冷却する(写真4, 5)。マイクロメータの読み取りは上の窓から行なう。温度は3このサーミスタで測定する。

接触検出器はブロッキング発振器を用いたもので、電流は数10 $\mu$ A程度であるから接点をいためることはない。

\* Aneroid Capsule for Radio-sonde Use (Ⅱ)

\*\* Y. Okada: 気象大学校

測定棒で測定した変位の値は温度補正する必要がある。空ごうのかわりに接点付石英棒をとりつけ、低温にして変位の変化をしらべ補正值を算出した。補正值はマイクロメータの読みの関数である。古謝によれば石英棒の温度変化は無視できる。常温測定を行なう場合には温度補正は無視できる。

[2] 穴あき空ごうの試験

阪本は電子ビーム熔接とシーム熔接の南極用空ごうの温度特性をしらべ、真空度のちがいによるとされる特性の差があることを確かめた。しかし、その差は実用的にみて小さく、温度特性改善のためには他の因子が重要であることを暗示している。

阪本は穴あき空ごうの試験をした。我々が穴あきと名付けた空ごうは、スパークでパンクさせた空ごうである。6. [3]で述べたように低圧の温度誤差は残留ガスとダイヤモンドの熱変形が主原因であるが、これを分離検討するため岡田が行なった吸口付空ごうの試験を更

第7表 各種空ごうのダイヤモンド熱変形による誤差の比率

種類	熔接方法	空ごう No.	比率 (%)
南極用空ごう	電子ビーム熔接	650-3E	76.7
		650-4E	80.0
		550-3E	89.1
		550-4E	87.7
	シーム熔接	No. 696	51.3
		No. 698	7.2
ルーチン用空ごう		A2	32.6
		A3	25.8

わらず、南極用ダイヤモンドの熱変形はルーチン用より大きい。

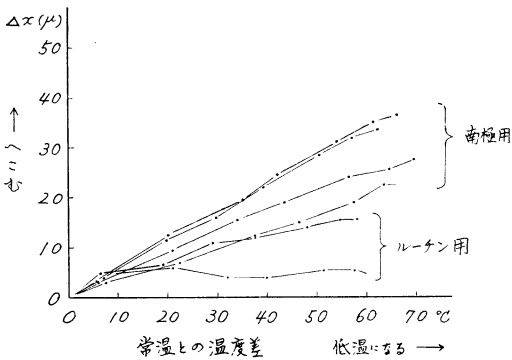
穴あき前の温度誤差(総合温度誤差)から穴あき後の温度誤差(ダイヤモンド熱変形による混濁誤差)を減じたものは残留ガスによる温度誤差である。第7表に計算結果を示す。これは、低圧の温度誤差において、ダイヤモンド熱変形による温度誤差が占める比率である。この表をみると、

i) 南極用空ごうではダイヤモンド熱変形が因子として重要である。

ii) ルーチン用空ごうでは残留ガスの影響が重要である。

iii) ビーム熔接空ごうの温度特性改善のためには、ダイヤモンド熱変形を検討することが有効である。等のこと判る。また、阪本は、南極用空ごうのダイヤモンドの熱変形が材料の線膨脹係数 ( $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) から期待されるより、はるかに大きいことを示した。

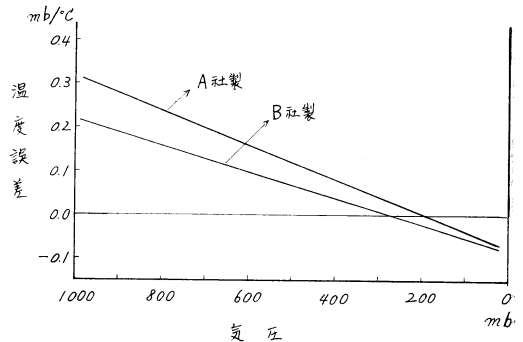
これらの結果は、以後の研究を方向づける重要なもの



第29図 各種穴あき空ごうの低温試験結果(昭和46年度)。南極用空ごうは電子ビーム封じのみの結果を示す。

に理想化したものとして、穴あき空ごうの試験が取り上げられた。穴あき空ごうの温度特性はダイヤモンド熱変形を示す。空ごうをパンクさせる際、ダイヤモンドに外力を加えて変形させることがないように注意が必要である。スパークによるこの方法は、この点で理想的である。

阪本はA社製ルーチン用空ごうと南極用空ごうを低温試験した後、スパークで穴あき空ごうにし、再び低温試験を行ない、その結果から、低温の温度誤差の構成を示した。第29図に穴あき後の低温試験の結果を示す。sumi span の線膨脹係数は鱗青銅のそれより小さいにもかか



第30図 ゾンデ機構を含めたルーチン用気圧計の温度誤差

であった。

阪本は、A社製のルーチン用空ごう単体の温度特性を測定した(第24図、5この平均値)が、その結果は、ゾンデ機構部を含んだ場合の温度特性とはかなり異っている。昭和46年度に気象庁高層課では多数のゾンデ気圧計の温度特性を測定した。その結果から平均的特性を求めたものが第30図である。図のA社製と第24図を比較すると、機構に取り付けた場合に温度特性は上に移動するようみえる。

[3] ダイヤフラム形状測定器の製作

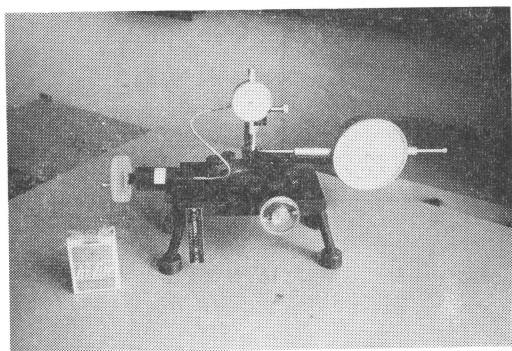


写真6 ダイヤフラム形状測定器

阪本の調査結果によって、ダイヤフラム熱変形の重要性が明らかとなったのであるが、更にそのメカニズムを知る必要がある。第一になすべきことは波ありについてダイヤフラムの形状を詳細に測定することである。そのためにダイヤフラム形状測定器を製作した。この装置の外観を写真6に示す。

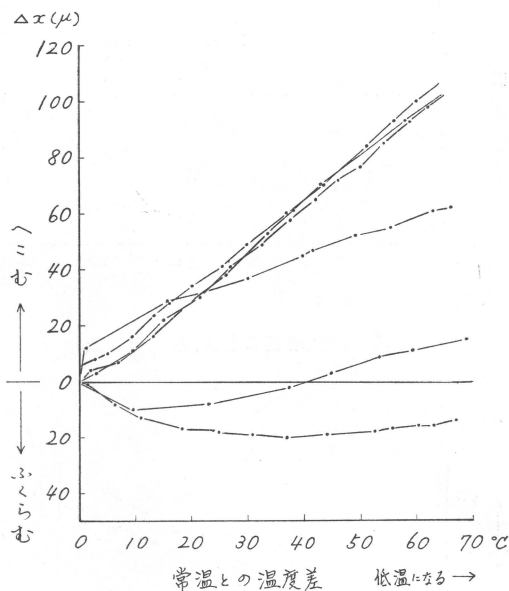
基板上の三つの支点でダイヤフラムあるいは穴あき空ごうを固定しておき、垂直に針をおろし接触した時の変位をダイヤルゲージで1/100 mm まで読む。この機構は横方向に移動させることができ、その移動量を別のダイヤルゲージで1/10 mm まで読むことができる。

[4] 波なし穴あき空ごうの測定

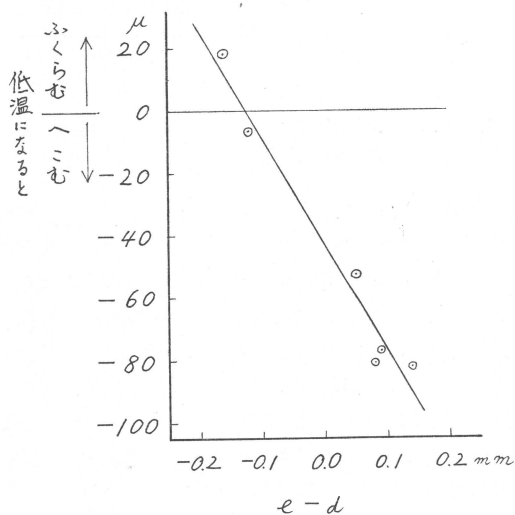
古謝は、6この Sumi Span 製の波なし穴あき空ごうの低温試験を行ない、その結果と形状を対照した。低温試験の結果は第31図に示すようにさまざまである。次に、形状測定の結果、空ごうの片側のダイヤフラムの形状にばらつきがあるのが判った。ダイヤフラムの形状を第10図のように示す時、第31図に示される熱変形量(温度差50°Cの値をとる)とe-dの間の相関は大である。第32図に結果を示す。

第32図によれば、中心付近でふくらんでいるダイヤフ

1973年6月

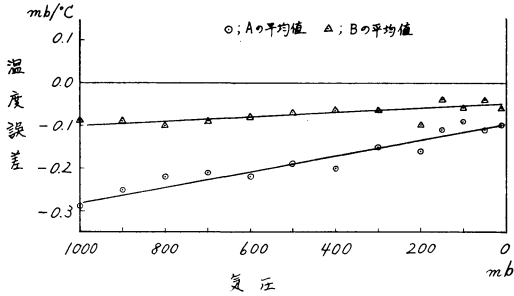


第31図 Sumi Span 波なし穴あき空ごうの熱変形

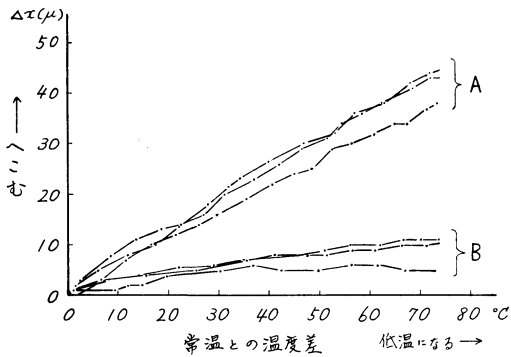


第32図 第31図の熱変形とダイヤフラム形状の関係。縦軸は温度変化50°C(低温になる)の熱変形量

ラムの熱変形は大きく、へこんでいるものは小さい。且つ極性が反対になることがある。この結果は、第27図でc-bが負の大きい値をとった時のe-dの影響と傾向が一致している。形状測定の精度は古謝の方が比較にならぬほどよい。低温になるとふくらむダイヤフラムがあることは驚くべきことであり、ダイヤフラム熱変形の機



第 33 図 南極用空ごう A, B の温度誤差



第 34 図 南極用空ごう A, B の穴あけ後の熱変形 (昭和 47 年度)

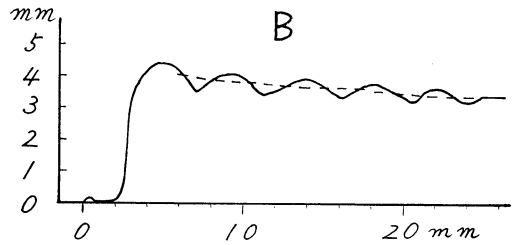
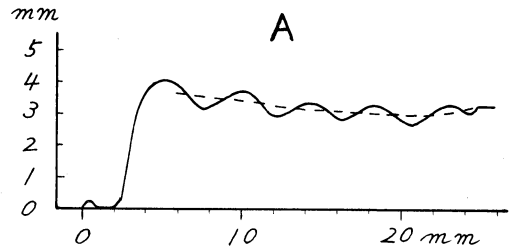
構の複雑さを思わせる。

古謝は、波なし空ごうの中心付近の形状にばらつきがある原因をしらべ、中心金具のハンダづけ作業のばらつきが一因子となりうることを示した。ハンダづけの際に生ずる熱応力によってダイヤフラムの中心付近が塑性変形する。また、波ありダイヤフラムに対しても同様の調査をして、加熱程度によってダイヤフラムの変形は生じないことを確かめた。これらの結果は、波ありが、諸特性の安定性に関して、波なしよりすぐれていることを示すものである。

[5] 波あり穴あき空ごうの測定

古謝は、異なる二種類の形状のダイヤフラムで作られた南極用空ごう A, B を試験した。おのおのの温度特性を第 33 図に示す。これは各 3 この平均値である。一見して B がすぐれている。

第 34 図に、これらを穴あきとした時の温度特性を示す。B はダイヤフラム熱変形が小さいことが判る。第 33 図に示される A, B の低圧の温度誤差のちがいと第 34 図でのちがいは、ほぼ対応する値である。よって、真空空



第 35 図 南極用空ごう A, B のダイヤフラム形状。破線は波を平均化した形状

ごう A, B の温度特性の差はダイヤフラム熱変形の差によるとした。

穴あき後、ダイヤフラムの形状を A, B について測定した結果を第 35 図に示す。波の鋭さや高さに差がみとめられる。しかし顕著な差は中心付近にあるようにみえる。大局的に判り易くするために波の中点を結び平滑化したものが図の破線である。A は中心がふくらみ、B はへこんでいる。

この平均的な形状の差と第 34 図の特性を結びつけると、中心がへこんだダイヤフラムは熱変形が小さいと推論できる。これは、[4] の波なしの結果と一致している。しかしながら、この推論は僅か二組の空ごうの試験によるものであり今後検討を重ねる必要がある。

以上 [1] ~ [5] が最近の状況である。

今までに行なわれた調査を省みると不完全な点が多いといわなければならない。簡単にできるとは思えないが、今後の仕事として望まれる点をあげてみよう。

基本的な考え方としては、空ごうの状態をより細かく調査し、諸特性と対照することが必要である。ダイヤフラムの形状だけでは充分でない。例えば、板厚、硬さ等の局所的な差異、真空度等にまで調査を及ぼすことが望まれる。

ダイヤフラム熱変形, 残留変位の物理的な機構をつかむこと, 作動エージング温度エージングの効果を確認すること等が興味ある問題である。

#### 8. あとがき

ゾンデ用空ごうをなるべく広い視野から眺めるつもりであったが筆者の好みで片寄ってしまったきらいがある。今後の研究によって, この解説に述べた事項で修正あるいは補足すべき点がでてくる可能性はある。お許しを願うものである。

おわりに, 空ごう気圧計の調査に関係された諸先輩のご指導に感謝する。また, 気象大学卒業研究で努力した卒業生諸君に感謝する。

#### 文献

- 1) 古謝三行, 1973: 空ごう気圧計の諸特性, 昭和47年度気象大学卒業論文。
- 2) 阪本孝宏, 1972: 空ごうの温度特性, 昭和46年度気象大学卒業論文。