

カラー スライド

自 記 温 度・湿 度 計

自 記 円 筒 時 計

の 紹 介

企 画 気 象 測 器 工 業 会
説 明 日 本 気 象 協 会

編集 特定非営利活動法人

気象システム技術協会京都分室

はじめに

この冊子は、ある会社創業者の蔵書に残されていた自記温度計・自記湿度計と自記円筒時計の二種類の 35mm カラースライドを、消滅の危機にある貴重な歴史資料と判断し、磁気化して後世に残すためにまとめたものである。

二種類のスライドホルダー（B6 版、次頁写真参照）は企画を気象測器工業会、指導を財団法人日本気象協会が担当し、販売も同協会であったが、説明書に製作年月の記載はない。制作時期の手がかりとして、スライド 22 番に写る製作会社「映光」を調べると、1983 年に業務開始し 1985 年に設立されたことがわかる。また、説明書には気象庁 秋山泰三と日本気象協会 毛利茂男の名があり、秋山は 1987 年退官後も気象業務に従事し、毛利は 1936 年中央气象台に入り、1949 年の気象協会設立に関わり、1953 年の日本測器工業会設立にも尽力した（詳細は同工業会 HP 参照）。スライドには古い写真も含まれるが年代の確証は得られず、映光の創業時期や秋山の退官時期から 1980 年代中頃の制作と推測される。

当時の民間気象観測は 1960 年頃から電子化が進み、自記温度計などは姿を消しつつあったが、無電源で作動するこれらの機器は商用電源が確保できない観測地点で連続観測が必要な場合に使われた。百葉箱を新設できない場所では、近隣の学校や役所の百葉箱を借用することも多く、現在では考えられない時代の証である。なお、これらの機器は現在も気象以外の用途で使われるものの、国内生産は極めて少ない。

カラースライドは紙製マウントにフィルムを挟み 22 カットずつ専用ホルダーに収められていたが、長年の経過でフィルム特有の変質により全体が赤く変色していた。これは「赤かぶり」と呼ばれ、紫外線・高温・多湿などで薬剤が変化する現象である。そこで最新の画像修復技術を用いて色補正を行うこととし、処理は気象システム技術協会京都分室が担当した。色補正方法については本文中に記す。また、自記機器のセンサであるバイメタルや毛髪、説明文にある自記電接計数器・自記気圧計などについても本文中で紹介する。

2026 年 5 月

名誉会員 渡 邊 好 弘

カラスライド ホルダー写真



写真 1. 自記温度・湿度計スライドホルダー
左表紙と右ケース



写真 2. 自記円筒時計スライドホルダー
左表紙と右ケース

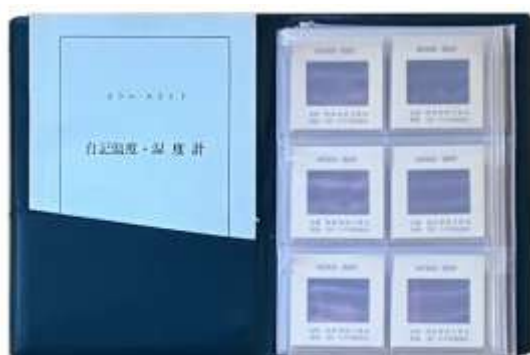


写真 3. スライドホルダーの内部



写真 4. スライド説明書

写真 1 自記温度・湿度計のスライドホルダー本体とケース B6 版

写真 2 円筒時計のスライドホルダー本体とケース B6 版

写真 3 スライドホルダーの表紙を開くと左側にスライドの説明書用のポケットが、右側にスライドホルダーが 2 頁あり 1 頁にスライド 12 カット、格納可能、一冊に 22 カット格納されている。

写真 4 それぞれのスライドホルダーに付属している 1 カット毎の説明を纏めた説明書

カラスライドのタイトル

自 記 温 度。湿 度 計	
No	タ イ ト ル
1	自記温度・湿度計
2	気温・湿度の観測
3	自記温度計
4	自記温度計の構成図
5	曲率合わせ
6	ペン圧の点検
7	示度合わせ
8	記録した自記紙
9	記録から見た故障例
10	回転軸の点検
11	回転軸の外し方
12	軸穴の掃除
13	ペン先の手入れ
14	ペン先とペン腕
15	自記湿度計の構成
16	自記湿度計の構成図
17	示度合わせ
18	毛髪の手入れ
19	自記紙の規格
20	その他の温度、湿度計
21	室内での使用
22	通風乾温計

自 記 円 筒 時 計	
No	タ イ ト ル
1	自記円筒時計
2	自記器械
3	自記時計
4	上、下から見た時計
5	時計の断面
6	時計機構
7	自記紙の取りはずし
8	ゼンマイ巻き
9	自記紙
10	自記紙の取り付け
11	自記紙付け方の悪例
12	時刻合わせ
13	タイムマーク
14	時計故障の例
15	自記紙の交換
16	時計の取りはずし
17	時計の分解(止ネジ)
18	時計の分解(円筒)
19	テンプ(天府)
20	時計の部品
21	週巻・日巻兼用時計
22	おわり

目 次

番号	項 目	頁
	はじめに	1
	カラースライドホルダー写真	2
	カラースライドタイトル	3
	カラースライドのデジタル化	6
1.	投影の歩み	6
2.	スライドのスキャン	7
3.	スライドの画像修正処理	8
	自記温度計・湿度計の部	10
(1)	自記温度・湿度計	11
(2)	気温・湿度の観測	11
(3)	自記温度計	11
(4)	自記温度計の機構図	12
(5)	曲率合わせ	12
(6)	ペン圧の調整	13
(7)	示度合わせ	13
(8)	記録した自記紙	14
(9)	記録から見た故障例	14
(10)	回転軸の点検	15
(11)	回転軸の外し方	15
(12)	軸穴の掃除	16
(13)	ペン先の手入れ	16
(14)	ペン先とペン腕	17
(15)	自記湿度計の構成	17
(16)	自記湿度計の構成図	17
(17)	示度合わせ	18
(18)	毛髪の手入れ	18
(19)	自記紙の規格	19
(20)	その他の温度、湿度計	19
(21)	室内での使用	20
(22)	通風乾温計	20

目 次

番号	項 目	頁
	自記円筒時計の部	21
(1)	自記円筒時計	22
(2)	自記器械	22
(3)	自記時計	23
(4)	上、下から見た時計	23
(5)	時計の断面	23
(6)	時計機構	24
(7)	自記紙の取りはずし	24
(8)	ゼンマイ巻き	25
(9)	自記紙	25
(10)	自記紙の取りつけ	26
(11)	自記紙付け方の悪例	26
(12)	時刻合わせ	27
(13)	タイムマーク	27
(14)	時計故障の例	27
(15)	自記紙の交換	28
(16)	時計の取りはずし	28
(17)	時計の分解(止ネジ)	28
(18)	時計の分解(円筒)	29
(19)	テンプ(天府)	29
(20)	時計の部品	30
(21)	週巻・日巻兼用時計	30
(22)	おわり	30
	補足資料 「観測機器よもやま話」	31
	概要	32
1.	自記器械の仲間たち	32
2.	気象観測機器の感温部	33
3.	振り回し式温度計	35
4.	ロビッチ(バイメタル)式日射計	36
5.	電子式日射計	37
6.	自記電接計数器	38
7.	各種器械の構成図	39
	奥付	43

カラスライドのデジタル化

1. 投影の歩み

フィルムは、アメリカのジョージ・イーストマン（George Eastman、1854～1935）の発明で、1880年に写真に関わる事業をはじめ、1884年紙製のロールフィルムを発明している。1888年にコダックの商標を取得、1889年にセルローズを使用したロールフィルムを発明した。このフィルムの発展はトーマス エジソン(Thomas Alva Edison 1847～1931)が映画を製作したことでロールフィルムの需要が増加したと云われている。しかし、セルローズを素材とするフィルムは、自然発火するという欠点があり、フィルムベースの素材は変化したものの、1950年代には可燃性フィルムは製造中止となり、アセテートフィルム、ポリエステル フィルム等の不燃性フィルムと変わっている。

一方、画像を拡大してスクリーンに投影する方法に幻燈機がある。この幻燈機は日本でも明治 20 年代に幻燈ブームがあったと云われている。この幻燈機は娯楽や教育に使用され、一時下火になったものの戦後も教育現場では使用されていた。新しいフィルムに交換されて定期的に映写会が開催されていた。さて、35 mm フィルムは 1909 年に国際規格となり、この 35 mm フィルムを使用するカメラは、ドイツのエルンスト ライツ社の技術者オスカー バルナック(Oskar Barnack 1879～1936)とされている。カメラに興味がある方は「ライカのカメラ」は憧れであろう。

さて、日本で 35 mm カメラは 1936 年頃一般化したようだが、高価であり、個人が趣味で使用するより業務関連が多かったと思われる、しかし、日本も戦後の復旧が進んだ 1957 年頃からフィルムも国産化され、カメラ、フィルムとも手に入り易くなってきた。パトローネに収められた 35 mm カメラ フィルムは、個人の記念写真や業務で使うことが多くなり、フィルムの長さは当初は 10 枚撮りもあったが、12、24、36 枚撮りが一般的で、別に長尺 250 枚撮りも使用されていた。フィルム上の画像は 24 mm× 36 mm で極めて小さく印画紙に焼き付けるか投影する方法が一般的である。フィルムの感度を表す指標に ASA があるが、この ASA は American Standard Association(アメリカ国家規格協会、現在の American National Standard Association)の定めた規格で、数値が大きくなるに従い感度は良くなるが、感光材の粒子が大きくなって画像が荒れる点に注意を要する。

また、研究発表等に多く利用されていたスライドは、カラスライド、ブルースライド、モノクロスライド等がある。ブルースライド(背景は青く、数字やグラフは白の画像、自記温度・湿度計 No19 参照)は、一時使用され、数字やグラフを画像にして説明に利用された。モノクロスライドは、感度は低いものの、感光材の粒子が細かく繊細な画像が得られることから広く使用された。これらを投影する装置は幻燈機の一のスライド プロジェクターと呼ばれ、スライド 1 枚毎ごとに手差しする装置からスイッチで自動送りする装置まで多種多様であった。このスライド投影は部屋を暗くする必要があった。

スライドに代わって登場したのがオーバーヘッドプロジェクターOHP(Overhead projector)である。OHP は 1927 年にドイツで誕生し警察の捜査に使用されていたという。

その後、1957 年アメリカの教育現場で多量に導入されたという。日本でも教育現場で普及し、一時、黒板は不用論も出たようであったが、むしろ、業務で利用されるケースが多かったように思う。スライドや幻灯機と違って暗室は必要なく、投影中に必要に応じて書き込みも可能なプレゼンテーションの道具である。さらにパソコンとカラープリンターの普及で、透明度の高い OHP シート(Transparency; トランスペアレンシー)または OHP フィルムとも云われ、パソコンで処理した結果や画像をカラープリンターで OHP フィルムに印刷し、OHP プロジェクターでスクリーンに投影し使用していた。OHP シートはシートに印刷するデータ内容により複数種類の中から選択し使用していた。平行して、1970 年代に実用化した投影機(projector; プロジェクタ)のソース源はカメラや CD や DVD の画像データを投影する装置で、映画館はじめ家庭用映像機器で利用されていたり、パソコンの周辺機器で使用していた時期もあったが、パソコンのモニターの大型化では投影技術に頼らず、明るい場所で直接大型ディスプレイに表示することが可能となった。いままでの投影技術は一部の分野で使用されているに過ぎず投影手法は多くの歴史があり、順次衰退するのも時代の流れであろう。

2. スライドのスキャン

カラースライドは、アナログの 35 mm ポジカラーフィルムであり、本棚に長時間保存されていたことで、思いのほかフィルム自体の傷や埃は少ないように思われた。まずは、カラースライドホルダーからスライドを取り出すことになるが、中には紙製のスライドマウントがスライドホルダーと一体になって取り出せず、ピンセットでホルダーとマウンドを剥がして取り出したスライドもあった。取り出したスライドをフィルムスキャナーでデジタル化したが、フィルムスキャナーは、サンワサプライ株式会社製フィルムスキャナー400-SCN024 型 1400 万画素（現在も販売中）を使用することにして、取り出したスライドをスキャナーに挿入したものの、装置内で紙製マウントの接着が劣化しているたスキャンに支障を来し、すべてのスライドのマウントを新しいフィルム マウント（FUJIFILM 製 プラスチック マウント 25 枚入）を用意し、フィルムに傷等を付けないように注意しつつ紙製マウントをプラスチックマウントに交換した。



自記温度・湿度計 スライド No 2



自記円筒時計 スライド No 9.

その後、スキャンは画像の露出を調整しつつ行い、スキャン画像データは SD カートに記録し、パソコンで良否を確認し、自記温度・湿度計スライド 22 カット、自記円筒時計スライド 22 カット、計 44 カットを jpg 形式の磁気化処理を行った。スライドの画像はフィルム上高さ 24 mm×横 36 mm で、この画像を 1400 万画素でスキャンした。スキャン後の画像容量は概ね 2 Mb 前後であった。カラーズライドは、長時間保管していたカラーフィルム特有のフィルム変化で、前ページの写真のように全体が赤くなっており、この「赤かぶりのスライド画像」を次項の方法で修正することにした。

3. スライドの画像修正処理、

スライドの画像修正処理は、Microsoft 社製 AI ツール copilot (windows11 にバンドルされている)を使用した。Copilot を使用して「赤かぶりのスライド画像」を補正する方法を下記に記載する。

①「Microsoft copilot」アプリを立ち上げると次の画面が PC 画面に表示される。



② 画像処理を行いたいスライド画像を「何でも質問してください」窓に copy する。
画像を copy すると次の表示になる。



- ③「何でも質問してください」窓に「赤かぶりしたスライド画像を自然色にして」と入力し、2分程度待つと下記表示になり赤かぶりしたスライド画像の補正が終了する。
2分程度待つ間、補正中の画像にはボケが入り、時間とともに、上部からはっきりした画像が表示されてくる。



- ④補正後の画像の右横の↓マークを左クリックするとダウンロードフォルダーに補正後の画像がダウンロードされる。ファイル名は「uploaded slide image※. png」（※は数字）となり、png 画像である。以下に補正前後のスライド画像を示す。



元のスライド画像



copilot で補正したスライド画像

補正の必要のあるスライド画像が複数枚あれば、同じことを繰り返す。

自記温度・湿度計の部



カラースライド、自記温度・湿度計のカラースライドとその説明分を1カット毎に記載し、その説明文は付属説明文のとおりに記載した。説明文の番号と項目は、カラースライドの番号で22カットあり、カラースライドのマウントの記事と同一である。

自記温度計・湿度計の説明は 毛利 茂男と気象庁 秋山 泰三の二名が担当する旨、付属説明書の最終頁に記載されている。

(1) 自記温度計・湿度計



記紙の上に、刻々の温度や湿度を自動的連続記録(自記)するようになっています。(自記円筒時計の構造については、別シリーズのスライド「自記円筒時計」(22枚)(企画 気象測器工業会、指導 日本気象協会)を御覧下さい。

(2) 気温・湿度の観測



気象観測で、大気の温度や湿度を正しく観測するためには、風雨の中にあっても差し支えない。また、太陽の直射を受けないようにし、さらに、地面や建物からの放射などを避けるために、このスライド写真にあるような鎧戸のついた白塗りの百葉箱の中に器械をセットします。しかし、他の場所の気温・湿度と比較するための測定条件を同じにする目的もあります。 気象観測では気温や湿度は、地

上(または雪面上) 1.2 m から 1.5 m の高さの大気について観測することになっています。したがって百葉箱内の器械の感部の高さにします。なお、自記温度計の感温部や自記湿度計の感湿部を保護するためについている金網(または保護枠)は少しでも感度を上げるために取り外しておきます。

(3) 自記温度計



自記温度計の構造を説明します。この写真は、内部をよく見せるため、蓋(カバー)を取り外したところです。温度の変化を感知する感温部(センサ、これはバイメタルを使っています)。このバイメタルの変位を拡大してペン腕に伝える拡大機構、および自記紙をまきつけ時計仕掛で一定の速度で回転する自記円筒時計がこの器械のおもな役割をしている部分です。この他、回転軸を支える支柱、温度変化により上下す

るペン腕、その先端についたペン先(三角ペンとも呼ばれます)、前に説明した各部品を取り付けた基台および自記温度計の示度を正しい温度に合わせるための示度調整腕などから構成されています。

(4) 自記温度計の構成図



自記温度計の構造を説明します。この写真は、内部をよく見せるため、蓋(カバー)を取り外したところです。温度の変化を感知する感温部(センサ、これはバイメタルを使っています)。このバイメタルの変位を拡大してペン腕に伝える拡大機構、および自記紙をまきつけ時計仕掛で一定の速度で回転する自記円筒時計がこの器械のおもな役割をしている部分です。この他、回転軸を支える支柱、温度変化により上下する

るペン腕、その先端についたペン先(三角ペンとも呼ばれます)、前に説明した各部品を取り付けた基台および自記温度計の示度を正しい温度に合わせるための示度調整腕などから構成されています。

※ 最もよく知られているバイメタルは真鍮(亜鉛と銅の合金)とインパール(ニッケルと鉄の合金で膨張率は小さい)を合わせたバイメタルですが、現在一般に市販されているバイメタルは、膨張係数の大きい方のニッケル・クロム・鉄またはニッケル・マンガン・鉄の合金、膨張係数の小さい方にニッケル鉄の合金を用いこの二種の金属を合わせてロールしたものが多くあります。

※※ 工業計測関係では、一般に「記録」という言葉が使用されますが、気象観測では、昔から「自記」という言葉が慣用されています。したがって、記録紙は自記紙と呼びます。

(5) 曲率あわせ



これから、自記温度計を使用する前の点検[1)曲率合わせ、2)ペン圧点検、3)示度合わせ]について説明します。まず、第1は曲率が合っているかどうかの点検です。自記温度計のペン腕を持って上下に動かしたとき、それに伴って上下するペン先が、自記円筒時計の上に巻きつけた自記紙の円弧状の縦線(時刻線)上をあるいはこれと並行に動くかどうかを確認します。もし、ペン先の動いた跡の円弧と自

記紙が合っていない時(交わるような時)は、自記円筒時計が垂直に取り付けられていない原因によることが多いのです。この場合には、基台の下側のナットをゆるめ、座金と基台の間に紙などを挟んで、回転軸が基台に対して垂直になるように取り付けます。垂直になったかどうかは、自

記円筒時計を回転軸にとりつけて回転させ、3 箇所位で前に述べた要領で曲率が合っているかどうか確かめてください。自記湿度計についても同じです。

また、回転軸からペン先までの長さが違っている時も、自記紙上の円弧とペン先が動いた跡の円弧は一致しません。ペン先をペン腕に固定する位置は 1~2 mm 調整できるようになっていますので、回転軸中心からペン先までの長さについては後に出てくる 14 番のスライド「ペン先ペン腕」のところで説明します要領で正しい長さにして下さい。また、自記円筒時計への巻きつけ方が正しくない場合もペン先の動きは、自記紙上の円弧に合いませんので、自記紙は円筒下端のツバに正しく合わせ、自記紙の合わせ目で左右の横線(目盛線)が合致し円筒と自記紙の間に隙間がないように正しく取り付けます。(自記紙の正しい取り付け方は、別シリーズのカラーズライド自記円筒時計 10, 11 番で詳しく説明されています。)

(6) ペン圧の点検



自記温度計の使用前の点検第 2 は、ペン先と自記紙との接触の強さの点検です。自記紙に接触するペン先の圧力があまり強いと摩擦が大きくなり、細かい温度変化に応じたペン先が動きにくくなり、正しい記録をしなかったり、インクがにじんだり、「段書き」の原因になります。「段書き」の記録は、後に出てくる 9 番のスライドに示します。また、ペン圧が弱すぎるとインクがかすれ記録しないことがあります。

ペン圧は、自記温度計の写真のように約 30 度傾けた時にペン先が自記紙から離れる位の状態が良好です。自記湿度計でも同じです。自記気圧計の場合はこの傾斜が 10 度位が望ましいです。

(7) 示度あわせ

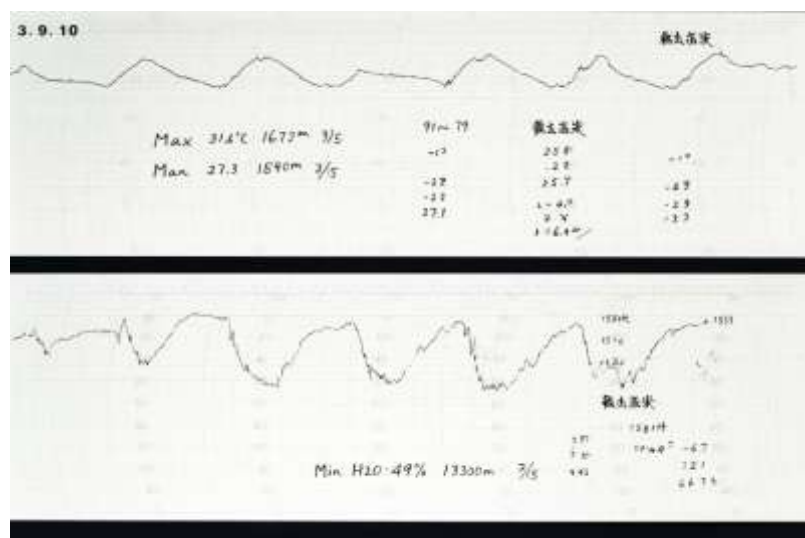


自記温度計の使用開始に当たってぜひやらなければならないことは、自記温度計の示度が正しいかどうかを点検することです。百葉箱に入れて運転開始して一日もたてば、この自記温度計の示度は気温でなければなりません。そのためには、ガラス製温度計の示す温度と合わせるような構造となっていますので、使用開始前に近くに置いた正しい気温を示すガラス製温度計(水銀温度計)の示度にこの自記温

度計の示度を合わせるか、百葉箱に入れてから一日位して、百葉箱内の乾湿計の乾球温度計に合わせます。示度の合わせ方は、自記円筒時計のゼンマイを巻くカギを示度調整軸に差し込んでまわし、ペン先を上下して行います。このとき、あまり大きく回さず、基台を手でたたきながらすこしずつペン先を動かして示度を合わせます。器械によっては、上側に示度調整軸がついていて、上方からカギを差し込んで示度合わせをするものもあります。

以上三つの点検を終了しましたら、自記紙上の時刻線を観測開始の時刻に合わせ、観測をはじめます。(この時刻合わせやタイムマークのつけ方については、別シリーズのカラーズライド「自記円筒時計」12,13 番を参照して下さい) 観測をはじめたら、百葉箱内の水銀温度計の示度と自記温度計の示度とがあまり大きく異なっていない限り示度合わせはやらない方が良いでしょう。

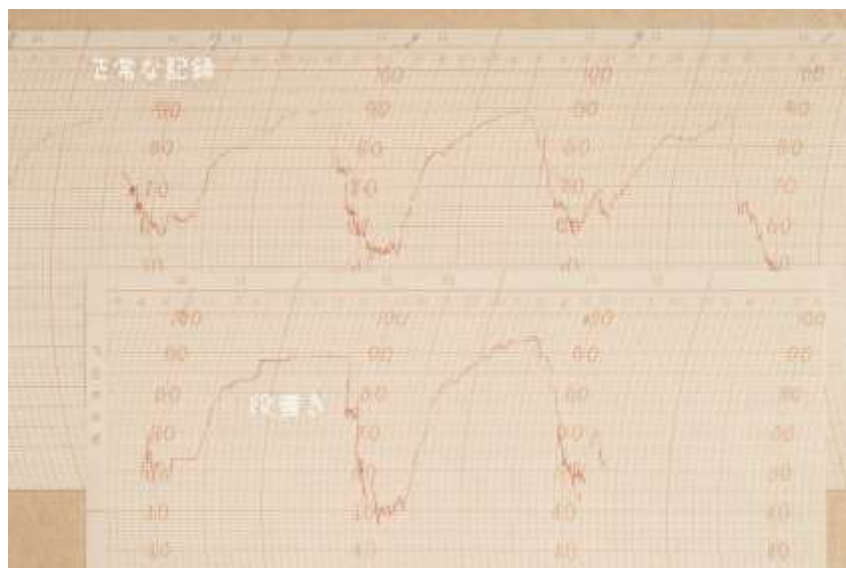
(8) 記録した自記紙



百葉箱内で、気温(写真の上)と湿度(写真の下)を観測した実際の記録紙です。これによって、任意の時刻の気温、湿度、最高温度、最低温度およびその起時(現われた時刻)、最小湿度およびその起時(現れた時刻)などを求めることができます。1日1回、決まった時刻にタイムマークをいれておきますと、時計の遅れ進みがわかって、最高温度などの起時を

補正することができ、正しい起時を知ることができます。また、同じ百葉箱内にガラス製温度計(通風乾湿計)を置いて、その示度と自記温度計(自記湿度計)の示度の両方とも読取って置きますと、両方の示度の差により、自記紙上から読取った値(任意の時刻の温度、湿度、最高温度、最低温度、最小湿度など)を補正し、正しい値を出すことができます。ガラス製の最高温度計、最低温度計を同じ百葉箱に置いている場合は、最高温度、最低温度の値は、ガラス温度計の示度を用い、起時だけを自記紙から読み取ります。

(9) 自記録から見た故障例



自記温度計や自記湿度計の機能が正常なら、正しい大気中の温度や湿度は比較的細かい変動を示し、上段のような記録を示すのが普通です(倉庫や事務室など室内ではこのような記録をしないのは勿論です。)。もし、器械の可動部に摩擦がありますと、写真の二段目に示すような階段状の記録を示します。

これを「段書き」と呼んでいます。「段書き」の原因と考えられる摩擦はどんな形で起こるかといえますと、さきにペン圧の点検のところで説明しましたようにペン先の形が悪くなって自記紙に引っかかり易くなった場合や、回転軸の軸受けなどの部分にゴミなどが入って動きが悪くなった場合などが考えられます。また、湿度計の毛髪は、湿度変化の少ない所に長い間置きますと、感度が鈍くなり、殆んど動かなくなり直線を書くようになります。このことについては、後の 18 番のスライド「毛髪の手入れ」のところで説明します。

(10) 回転軸の点検



前 9 番のスライドで説明した「段書き」の原因の一つとなる回転軸の軸受けにゴミなどが入っているかどうかの点検をします。点検の方法は自記温度計、自記湿度計とも同じです。そのやり方は回転軸をピンセットか指先ではさんで写真の矢印のように左右に動かしてみてください。わずかに動く(0.2~0.3 mm 位の間隔があります)、すなわち、軸を動かしてコツコツとか、カタカタという音が聞える

程度の間隔(私たちはガタといっています)があるようであればよい状態です。ゴミなどがつまっていますと、この感覚がなくなり、回転軸は左右に動かないか、動いても音が聞こえません。右上の写真は、回転軸の拡大図で、回転軸の両側に軸穴があり軸穴にセンターネジのところが差込まれ、センターネジはナットで支柱に固定されています。したがって、センターネジの先端のところが軸穴の接するところが回転部となります(このような構造をピポットと呼びます。)。回転軸の間隔は、ナットをわずかにゆるめ、センターネジの頭部のネジ溝にドライバーを当てて廻しますと、回転軸に接する先端の位置が変わりますので、間隔を調整することができます。センターネジは両端にありますが、両側のセンターネジを同時にゆるめてしまうと回転軸の支柱に対する相対位置が違って示度に悪い影響がでますので、片側だけで行なった方がよいです。

(11) 回転軸の点検



回転軸のピポットにゴミが付着したり、センターネジの先端が錆びたりすることがあります(センターネジの材料は炭素鋼を使用しています。)。このような場合、これを掃除するために回転軸を外します。外し方は、ナットを小型スパナで少しゆるめ、このナットに合うスパナがない場合は、ヤットコかペンチでナットを使い、センターネジの溝にドライバーを差込んでゆるめます。センターネジをゆるめる前

の 10 番のスライドで説明しましたように軸の間隔がどの位あるか、回転軸を左右に動かした感覚で覚えておきます。そして片側を外して軸穴を掃除し、センターネジの先端のサビを落とし、

うすく油を塗り元の位置へ戻します。次に反対側を外して前記と同じような手入れをします。この時、両方のナット、センターネジを一緒に外してしまうと、前にも説明しましたように回転軸の位置が元通りにならず、回転軸の間隔も調整がむずかしくなります。以上のことは、次の 12 番のスライドで説明する掃除の方法は軸穴の掃除についても云えることです。

(12) 軸穴の掃除



回転軸の軸穴の掃除は、柳箸(これがない時はマッチの軸で代用します)の先をとがらせたものを使い、軸穴におしつけて軽くまわして、ゴミや錆をこすり落してやります。センターネジは、目の細かいサンドペーパーで錆をおとし、先端をとがらせてから、油(ミシン油のように比較的粘度の少ないものがよい)を薄く塗ります。回転軸の軸穴につける油の量はごく僅かにして下さい。注油してふき取る位でよいです。

余り油をつけ過ぎると、使用中、ゴミがつき易く「段書き」の原因となります。また、感部のバイメタルの表面はメッキがしてありますが、うすく油を塗っておくとよいです。この場合も油分が多過ぎますと、ゴミが付着しやすいので、油の少々ついた布で拭いてやる程度がよいです。

(13) ペン先の手入れ



新しい自記温度計や自記湿度計をはじめて使用する場合は、ペン先に油分がついていることがあり、インクをはじいてしまうことがありますので、その時は、油分を落としてやります。次に、しばらく使用しているとインクのカスやゴミがつまって、インクの出方が悪くなりますので、写真のように針先かピンセットの先でペン先を掃除してやります。この時、ペン先の割れ目を少し開いてやるとよい時もあります。

これでもうまく記録しない時は、ペン先を水洗いするか、または、ベンジンかアルコールで洗ってやります。

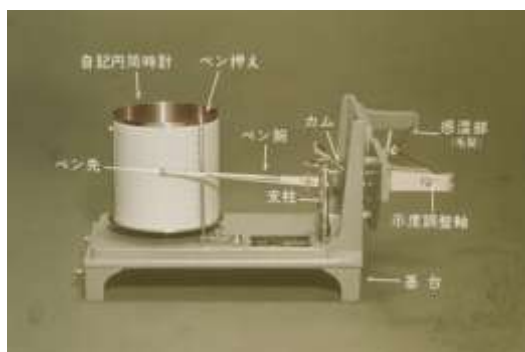
(14) ペン先とペン腕



ペン先の工合が悪く、どんな手入れをしても駄目な場合は、ペン先を交換します。この時はペン先の裏側のツメでおこし、ペン腕からペン先を抜き出します。器械によっては、ツメの部分をラッカーでペン腕に固定しておくこともありますので、その時はこれをシンナーでとかして外し、その代わりに新しいペン先をペン腕にはめ込みます。この時、回転軸の中心からペン先までの長さが規格の寸法に合いませんと、

自記紙上の時刻線の円弧とペン先の動いた跡の円弧が一致しなくなりますので、回転軸中心からペン先までの長さ、すなわち曲率半径を正しい長さになるように測ってから、ペン先のツメをおさえてペン腕に固定して下さい。各器械の回転軸中心からペン先までの規格の長さを 19 頁 (19) に揚げます。なお、大型自記温度計は、キャビネ型とも呼ばれています。

(15) 自記湿度計の構成



自記湿度計について説明します。ただし、自記温度計と共通している事項 — 曲率合わせ、ペン圧の点検、回転軸の点検、回転軸の外し方、ペン先の手入れ — については省略します。この写真は器械内部をよく見せるため蓋（カバー）を取り外したところです。湿度の変化を感知する乾湿部（毛髪）、毛髪の湿度変化に対する収縮の割合は直線的ではないのでそれを直線的な変位になおすと共に拡大

機能を兼ねるカム、カムの回転軸を支える支柱、毛髪の変位に対して上下するペン腕、その先端につくペン先および湿度変化を記録する自記紙を巻きつける自記円筒時計、ペン先を自記紙から離しておくためのペン押え（ペン寄せ棒とも呼ばれます）、前記の各部品を取りつける基台および湿度計の示度を調整するための示度調整軸などから構成されています。

(16) 自記湿度計の構成図



この自記湿度計は、毛髪が大気中の水分の量に比例して伸縮することを利用して湿度の変化を記録するものです。毛髪の伸縮する割合は湿度によって異なりますので、湿度の変化に対し直線的となりません。すなわち、毛髪の伸縮をそのままペン先の動きをそのままペン先の動きに伝えますと、湿度の低い時と湿度の高い時では、ペン先の動く割合が異なりますので、目盛幅が違ってきますから見えにくくなります。

それを等間隔目盛にするために、特殊な曲率を持った円弧状のカムを使用しています。

なお、毛髪は、人体の髪（パーマントウェーブをかけない自然のままの金髪がよいとされています。）を使用しています。大部分の自記湿度計は、金髪を 50～60 本束にして使用しています。さて、湿度の変化に応じた毛髪の伸縮の程度は、カムなどの拡大機構を通して拡大してペン先に伝えられ、ペン先は時計仕掛で一定速度で回転している自記円筒に巻きつけた自記紙の上に湿度の変化を記録します。

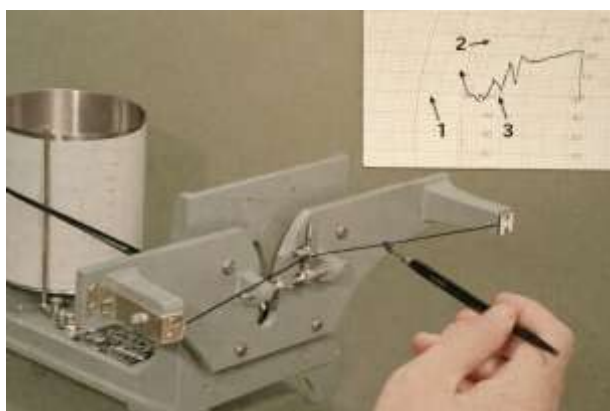
(17) 示度合わせ



次に、自記湿度計を使用する前の点検事項について説明します。曲率合わせ、ペン圧の点検は、自記温度計と同じ要領で行って下さい。自記湿度計の示度は調整できる構造になっていますので、まず自記湿度計のそばに置いた通風乾湿計で、正しい湿度を実測し自記湿度計の示度にこの湿度に合わせます。通風乾湿計から湿度を求めるのは乾球と湿球の示度を読み取り、湿度表を用いて計算します。

示度合わせは、自記温度計と同じく、自記円筒時計のゼンマイを巻くカギを示度調整軸にさし込んで、僅かに左右に回転させ、ペン先を動かして、正しい湿度を示すようにします。この場合、あまり示度を大きく変化させないで、少しずつ基台を軽くたたくようにして示度を合わせるようにして下さい。また、示度合わせは、湿度の変化の少ない時で、しかも湿度が余り高くない時が望ましいのです。これは毛髪の拡大率が高湿時と低湿時で異なり高湿時の小さな合わせ違いも、低湿時になると示度の調整が大きくなるからです。

(18) 毛髪の手入れ



自記湿度計の手入れのうち、回転軸の点検や掃除は自記温度計と同じ要領で行います。感湿部の毛髪は、ゴミを付着すると感度がいぶくなり示度が違ってきますので、時々、のやわらかい毛筆でゴミをはらってやります。倉庫のような湿度変化の少ないところに長期間放置しておきますと感度が次第に鈍くなり、ほぼ直線を記録するようになります(左上写真の 1 の部分のような記録)。

このような時は、毛髪を蒸留水で洗ってやります(蒸留水のない場合は、鉱物質や塩類の少ないいわゆる軟水で代用します)。洗いは、きれいな毛髪に蒸留水を含ませ、それで毛髪を軽くこすってやります。そうしますと自記湿度計の示度は、左上写真の 2 のようにペン先が 100 % を越しますが、5～6 分経過しますし 95～98 % 位になります。この状態が 5～10 分続きますが、毛髪の水分がある程度乾燥しますと、大体、その場所の湿度を示すようになります。しかし、この示度は、実際の示度より 3～5 % 低いのが普通で約 1 日くらい示度は安定しませんが、1 日くらい経過し

ますと正常になります。この時 17 番のスライドで説明した示度合わせと同じ要領で、通風乾湿計で湿度を実測し、示度を合わせます。このようにして毛髪動きを復旧させることを「毛髪のくせなおし」と呼んでいます。また、海岸地方で潮風が強い所では、百葉箱内に置いた自記湿度計は、塩分が毛髪に付着して示度が違って来ますので、時々、前に述べたと同じ要領で毛髪を洗ってやる必要があります。しかし、自記温度計と同様観測中は、乾湿計の示す湿度と自記湿度計の示度とが大きく異ならない限り示度合わせはやらない方が良いです。

(19) 自記紙の規格

自記紙の規格					
器械名	種類	自記範囲	時間寸法	示度の寸法	曲率半径
自記温度計	大型一日用	-15~+35℃	15mm=1時間	10deg=30mm	265mm
	中型一日用	-15~+40℃	11mm=1時間	10deg=15mm	140mm
	中型七日用	-15~+40℃	40mm=1日	10deg=15mm	140mm
自記湿度計	大型一日用 (4でい+型)	0~100%	15mm=1時間	100%=110mm	160mm
	中型一日用	0~100%	11mm=1時間	100%=80mm	140mm
	中型七日用	0~100%	40mm=1日	100%=80mm	140mm

自記温度計、自記湿度計の自記紙の規格を示します。各器械には、企画に合った正しい自記紙を使用しないとせっかく、器械の動作が正しくとも、自記紙の記録から読み取った観測結果は誤差を生じます。自記紙の梱包単位、一日用は 400 枚(1 年分)、七日用は 55 枚(1 年分)が単位です。自記温度計、自記湿度計には、日本工業規格(JIS)が決められて、各部の構造寸法および性質が定められています。自記湿度計は JIS

B7305 (1951)、自記温度計は JIS B7306 (1951)の規格番号です。

(20) その他の温度、湿度計



これまで、温度、湿度を別々に測定する単独の自記温度計、自記湿度計について説明しました。一般に、温度、湿度は同時に測定することが多いので、自記温度計と自記湿度計の機構を一つの基台に組み込み、自記円筒時計は一つで、温度と湿度を同時に一枚の自記紙に記録できる器械が多く使用されています。これを通称、二

段式自記温湿計と呼んでいます。二段式自記温湿計でも、感温部(バイメタル)の取付位置が基台の側面にあるものと底部にあるものと 2 種類あります。自記円筒時計は、一日用と七日用、あるいは 1 台で一日、七日の切替ができる兼用のものがあります。二段式自記温湿度計はメーカーによって少し規格を異にし、また同一メーカーでも 2 種類製作しているところもあります。すなわちペン腕の長さ(曲率半径)140 mm と 150 mm の 2 種類や温度の測定範囲が違う(-20~+40℃と-15~+40℃の 2 種類)器械がありますので、はじめに添付されている自記紙と同じ規格のものを必ず使用して下さい。

(21) 室内で使用



この自記温度計、自記湿度計は、もともとは気象観測用に作られたものですが、一般の倉庫内や室内の温度湿度を記録するのによく利用されています。この場合の器械を置く場所は、風通しがよく、その部屋を代表する所に置くことが大切です。写真のように、直射日光の当たる窓ぎわに置いてはいけません。また、暖冷房装置の近くや、部屋の出入口の近くはその部屋の温度を代表するとは云えませんが、

避けた方がよいです。しかし、暖冷房装置から出てくる空気の温度やその近くの湿度測りたい場合などは、その目的に適した場所に置くことは言うまでもありません。

(22) 通風乾湿計

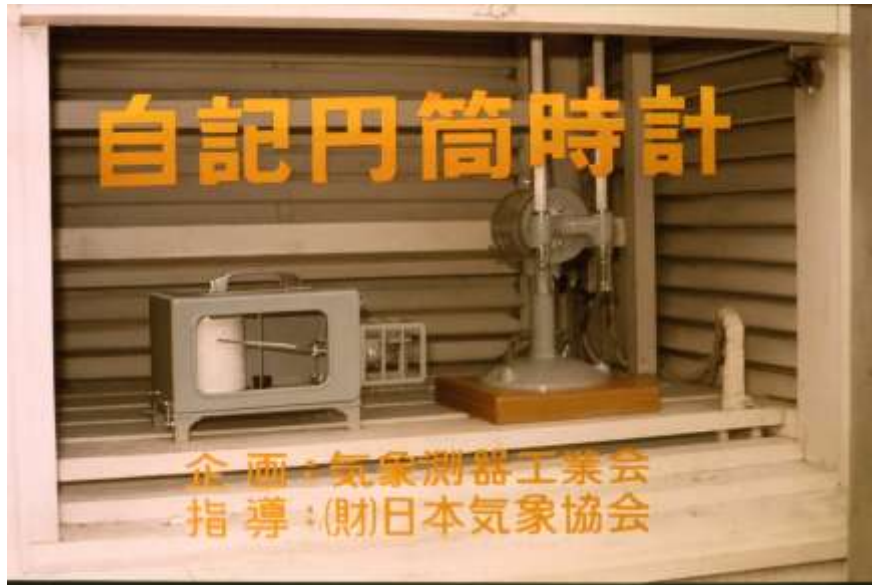


気温や湿度を観測するには、一般に乾湿計(乾湿球温度計と呼ぶこともあります)を用います。簡易型としては通風装置のない2本の温度計を金属製の掛枠に並べて取り付け、その一本を湿球とした乾湿計があります。これは温度計の球部にあたる風の速度が、それを置く場所によって異なったり、温度計の球部がむき出しになっていまして、まわりから放射(輻射)の影響を受けやすかったりしますの

で、測定誤差が多いです。測定精度を問題にする湿度の測定には通風速度を一定にし、球部にカバーをつけた通風乾湿計を使用します。この写真に示すものは、気象庁型通風乾湿計です。このほかに17番のスライド「自記湿度計の示度合わせ」のところに出て来たアスマン通風乾湿計やファンを回転して、球部に一定の風を当てたと同じ効果をさせる振り回し乾湿計(スリング乾湿計)などがあります。乾湿計の乾球と湿球の示度から湿度を計算するための湿度表は、通風乾湿計用と無通風の乾湿計用の2種類ありますので、それぞれの乾湿計に適合した湿度表を使用してください。湿度表は、気象協会編「気象観測のための常用表」の中に含まれています。

説明 気象協会 毛利 茂男
気 象 庁 秋山 泰三
製作 株式会社 映 光

自記円筒時計の部



自記円筒時計のカラーズライドとその説明分を 1 カット毎に記載し、その説明文は付属説明文のとおりに記載した。説明文の番号と項目は、カラーズライドの番号で 22 カットあり、カラーズライドのマウントの記事と同一である。

自記円筒時計の説明は 気象庁 秋山 泰三と日本気象協会 毛利 茂男 の二名が担当する旨 付属説明書の最終頁に記載されている。なお、説明文は付属の説明書に記載されている内容をそのまま記載した。

(1) 自記円筒時計



気象観測には、自記温度計や自記湿度計などのように、気温や湿度などの変化を連続的に記録する器械がつかわれています。このような器械にはかならず自記円筒時計がついており、重要な役割を演じています。この自記円筒時計(これからは単に自記時計といいます)について説明します。

(2) 自記器械



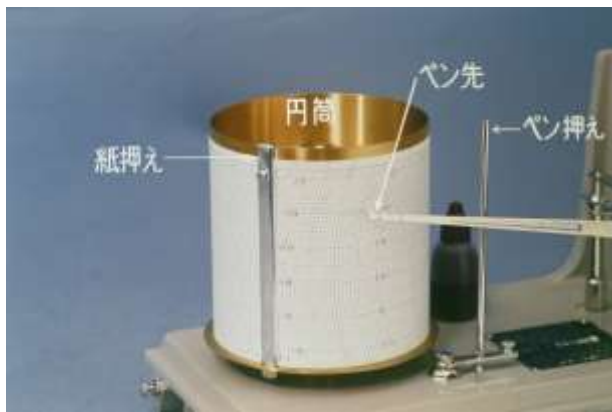
自記時計のついている気象観測機器を自記器械といいますが、ここでは各方面で最も多く利用されている自記温度計を例にしました。気温の変化に応じて感温部のバイメタルのまがり方が変わります。この変位はテコの原理によって機械的に拡大してペン先に伝えられます。ペン先の接触部分には、時計仕掛けで一定の周速度で回転している自記時計(これからは単に時計ということがあります)がついてい

て、この時計に巻きつけた自記紙上にペン先が気温の変化を連続的に記録しています。自記時計は自記器械の基台に取り付けられ、その近くにペン押さえがついています。自記時計にはいろいろの種類があります。周速度(円筒の回転している速さ)は、大型日巻では1時間に15 mm、中型では11 mm、中型週巻では1日に40 mmが標準となっています。(参考) 日本工業規格 JIS 7301 (1951) 自記円筒時計では、周速度、円筒の径、円筒の高さなどにより A~G 型まで次表のように決められています。近ごろは、この規格以外の温湿度計(二段式)などが多く利用されています。

円筒時計の規格

種類	使用時間	周速度	円筒の径	円筒の高さ	使用している自記器械
A	2 時間	5 mm/min	127 mm	185 mm	ダインズ風圧計
B	1 日	15 mm/h	127 mm	185 mm	ダインズ風圧計
C	1 日	15 mm/h	127 mm	175 mm	自記気圧計、自記温度計
D	1 日	15 mm/h	127 mm	130 mm	自記湿度計、自記雨量計
E	1 日	12 mm/h	101 mm	130 mm	自記電接計
F	1 日	11 mm/h	93 mm	95 mm	ロビッチ日射計、自記温度計、 自記湿度計、自記気圧計
G	7 日	40 mm/h	93 mm	95 mm	自記気圧計、自記温度計 自記湿度計

(3) 自記時計



けてあります。

さて、自記器械の基台ついたまゝの自記時計をよく見て下さい。自記紙を自記時計の円筒(ドラムともいいます)にピッタリと巻きつけておくための紙押えが眼につきます。ペン先(三角ペンともいいます)は、ペン腕の先端についていて、自記紙の時刻線に合う位置にあります。このペン先を、自記紙に接触させたり、自記紙から離したりするために基台にペン押え(ペン寄せ棒ともいいます)を取り付

(4) 上、下面からみた時計



まず、自記時計を上から見ますと(画像の右)中心部に円筒軸(心棒という方が判りやすいかも知れませんが)があり、この頭部にナットをはめて円筒が軸からぬけないようにしてあります。円筒軸の横の方にある小さな蓋をしたカギ穴が見えます。時計のゼンマイを巻くときには、この穴から垂直にカギをさし込みます。次に、時計を下面から見ますと(画像の左)、中央の円筒軸固定して歯車があります。これ

を台車といいます。この台車にかみ合った小さな歯車がありますが、これを筒カナと呼びます、筒カナは時計仕掛で回転しますので、台車にかみあって円筒軸を中心として円筒(ドラム)が回転するわけです。また、底板の周辺に3本のネジがあります。これは、内部の時計仕掛を底板に固定するためのネジで時計取付ネジといいます。底板にあるこの3本のネジは絶対にはずさないようにして下さい。

(5) 時計の断面



今まで、円筒軸、筒カナ、台車などの部分を、自記時計の外筒から見てきましたが、内部機構がどのようなになっているか判らないと思いますので、ここでは円筒をたてに断ち切って、時計内部が見えるようにしてみました。一番外側が円筒(ドラム)。中心に円筒軸がはまっていて、その頭部に円筒軸ナットがはまり、円筒下面の底板の下に円筒軸を固定した台車がつき、さらにその下に、座金を入れ、

自記時計の基台に取り付け、基台の下側に座金を入れ、それにナットをはめこんで基台に固定します。また、ゼンマイを格納した香箱の上にてでているゼンマイ軸にゼンマイを巻くカギがはまっています。円筒下面にてでている筒カナが台車とかみあっています。この筒カナは円筒内部にある時計仕掛の歯車部の一つの歯車の軸を下方に延長したその軸にはめこまれています。歯車部は一番車から五番車まであって、五番車が時計の心臓部であるテンプにかみあっています。日巻の時計では二番車軸の延長に筒カナが取り付けられ、週巻の時計は香箱にかみ合ったもう一つの歯車がもうけられ、その軸の延長に筒カナが付けられています。

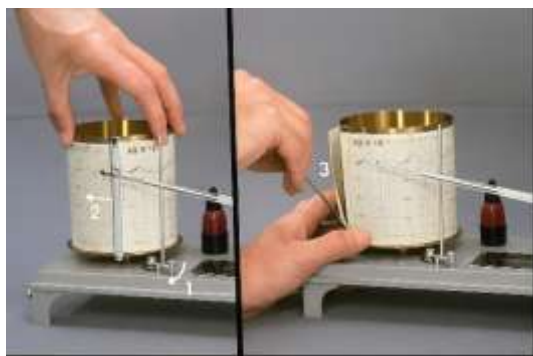
自記時計がなぜ回転するかお話ししましょう。ゼンマイ軸にゼンマイ巻のカギをさし込み、ゼンマイを巻きますと、ゼンマイの力が香箱とかみ合っている歯車部に伝わり、最終の五番車からテンプの下部についた小歯車(カナといわれます)に伝わって添付を動かします。テンプは一定周期で動きますので各歯車も一定速度回転します。この歯車の一つの軸を延長して筒カナの軸としています。したがって円筒は円筒軸(心棒)を中心として一定の速度で回転します。

(6) 時計機構



自記時計の円筒内から時計機構の部分を取りだしてみました。これまでの画像では、よく判らなかったテンプ(天賦)、ゼンマイ軸、ツメ、ツメ押えバネ、歯車部が見えます。ツメはツメ押えバネでゼンマイ軸が逆戻りしないようにしたものです。時計機構とは別に、画像の下の方に、円筒軸部分がでています。円筒軸ナット、円筒軸、台車、座金およびナットの組合わせがよく判るでしょう。

(7) 自記紙の取りはずし



自記時計の構造や名称などをひとつと説明しましたので、いよいよ実際の観測に取りかかることにしましょう。まず、自記時計に自記紙が巻きつけてあるとして話をすすめます。画像の数字の順にしたがって、まず、第一はペン押えを手前にひき、ペン先を記録紙から離します。次に円筒を手ひらか全部の指でつかんで、円筒の紙押えがペン押えから見て自記器械の外側にでるまでまわします(画像矢印

の方向へ)。円筒をまわす時、比較的なめらかに、あまり力を入れなくともまわればよいのですが、相当の力を入れなければまわらないか、あるいはガタガタしながらまわるようでしたら、筒カナのはめ方が強すぎるか、筒カナと円筒軸の台車とのかみ合わせが悪いのですからなおしましょう。自記紙をはずすときは、自記紙の下方を画像のように片方の手の指先で押えて、円筒から紙押えをひき抜くようにしながらはずします。このとき、紙押えがピンとはねないように気をつけてく

ださい。記録紙を指先でもってペン先にふれないようにして円筒からはずします。円筒に自記紙がまいてなかった場合でも紙押えをはずすまでの順序は今お話したとおりの手順でやって下さい。

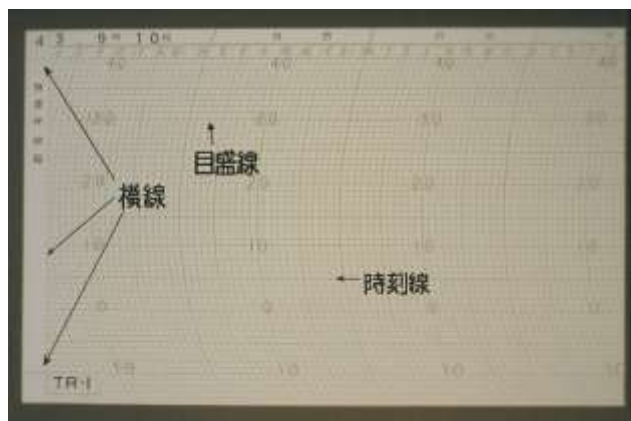
(8) ゼンマイ巻



円筒の上面にあるカギ穴を開いて、ゼンマイ巻きのカギを垂直に、然も静かにカギ穴にさし込み、ゼンマイ軸にはめます。カギの上部をしっかり指先ではさんで、円筒についている矢印の方向にまわしてゼンマイを巻きます。もちろん、もう一方の手で円筒が動かないように押えておきます。巻く方向は時計の針のまわる方向と反対の方向ですから間違えないようにして下さい。

ゼンマイの巻き方は、普通の時計のゼンマイを巻く要領と同じで、はじめは、かなり強く巻いてもさしつかえありませんが、すこし力を入れなければ巻けないようになりましたらゆっくり巻きます。そして、もう1～2回巻けばいっぱいになって、もうこれ以上巻けないと思われるくらいのところで巻くのをやめます。カギを静かに抜き取り、カギ穴に蓋をします。ところで、ゼンマイを巻きはじめてから、数回巻いたところで、円筒に耳を近づけて、カチカチというテンプの動いている音が聞こえるかどうか確かめます。このくらい巻いた時、聞きこえる方がよいのですが、確認はカギを抜きとったあとでも結構です。テンプの動きはカチカチという規則正しい音が聞こえればよいのです。

(9) 自記紙



自記器械は気象データの連続記録を取るために使用するものですが、その大切な役目を果たすものが自記時計であり、自記時計に巻きつける記録用紙です、これを自記紙といいます。自記紙の横の直線(簡単に横線とよびます)は、示度を表わす目盛線です。温度の場合、摂氏の度(°C)、湿度の場合は相対湿度(%)、気圧の場合は水銀柱ミリメートル(mmHg)またはミリバール(mb)を表し

ています。もちろん、雨量計や風速計などに使用する自記器械にはそれぞれの単位(mm や m/s)を目盛った自記紙を用います。自記紙のわん曲した縦の線(簡単に縦線または時刻線とよぶこともあります)は、時刻および時間を示す線です。器械の種類によって、ペン腕の長さが異なるのでわん曲の程度(曲率半径)がことなり、時計の周速度が違います。ここに示した自記紙は、自記温度計の中型週巻き用のものです。

(参考)次頁の表に、よく用いられる自記器械の曲率半径を示します。

機種別曲率半径

種 別	大 型	中 型
自記温度計	265 mm	140 mm
自記湿度計	160 mm	140 mm
自記気圧計	265 mm	180 mm
自記電接計数器		180 mm
バイメタル式自記日射計		170 mm

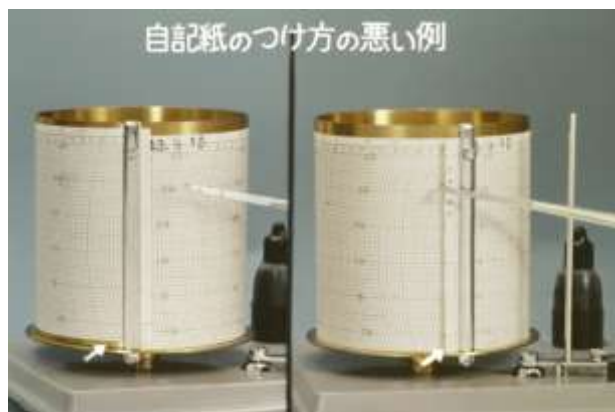
自記紙を器械に取り付ける前に、まず第一に印刷や裁断が正しいことを確かめます。悪い例を上げてみますと、目盛線(横線)が自記紙の底辺と平行になっていないもの、すなわち一番下の目盛線が自記紙の途中でできているものがあります。器械や時計の動作が正しくても自記紙が悪いと観測の結果は誤差を生じますので、自記紙は正しく規格のもの使用して下さい。また、自記紙の包装は、日巻は1箱400枚、週巻は1箱55枚の1年分が単位となっています。次に、週巻の場合は、上段の月日欄の最も左に、使用を始める年月日を必ず記入します。それから右へ順々に日を追って月日を記入しておけばよいです。日巻の場合には自記紙の左上段に使い始めの月日、あるいは右上段に翌日の使い終わりの月日を記入します。なお、自記紙の両端の余白に、横線の延長が印刷されています。これは、自記紙を円筒に巻きつける時の目安です。

(10) 自記紙の取り付け方



さて、日付を記入した自記紙は、両手でその両端を持って自記時計の円筒に巻きつけます。それには、自記紙の下辺を時計の下端のツバの上のにせ、両端が紙押えのところにくるように自記紙の位置を決め、右手親指で押えている自記紙の右端を円筒にピタリとつけ、その上に左手で持っている自記紙の左端をかぶせます。しかも、自記紙の横線が自記紙の合わせ目でピタリと一致するようにします。自記紙の合わせ目を押えながら紙押えをはめこみます。紙押えを円筒にはめこんだ時、自記紙の両端(合わせ目)で横線が一致していることはもちろん、自記紙と円筒にすき間がないようにピタリとついていなければなりません。

(11) 自記紙付け方の悪い例



前にもお話ししましたように、自記紙を時計円筒に巻きつけたときに、(i)自記紙の合わせ目で目盛線の横線が左右一致している。(ii)自記紙の下辺が時計下端のツメの上にきちんとのっている。(iii)自記紙と円筒との間には隙間がない。(iv)自記紙の左端が右端の上に合わさっていることなどが必要です。ところが、この画像にあるように、自記紙の合わせ目で左右の横線が合っていなかったり

(画像の左側)、自記紙の両端の合わせ目が逆になっていて(画像の右側)、時計が回るとペン先が引っかかるように巻きつけてあることがあります。このような巻きつけ方をしてはいけません。

(12) 時刻合わせ



自記紙の取り付けが終了したら、いよいよ記録開始です。時計円筒の上の方を手で持って、できれば3本指位の指でしっかりおさえます。自記時計の回転する方向とは逆の方向、それは画像の矢印の方向ですが、いいかえますと、紙押えがペン押えに近寄る方向にまわし、ペン先が島の時刻にあう自記紙の時刻線上にきたところで止めます。そしてペン押えを奥の方にいれて、ペン先を自記紙に接触させます。

したがってペン先は正しい時刻を示していることになります。くれぐれも時計の進む方向に円筒を動かして時刻を合わせてはいけません。それは筒カナと台車の歯車のかみ合わせに多少遊び(ガタ)があるからです。

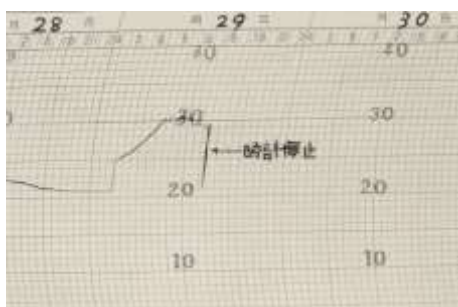
(13) タイムマーク



前の画像で説明したように時刻合わせをただけですと、記録開始の時刻やペンの示している温度や湿度などが、どの位置であったか後からはつきりつかめません。ペン先を多少上下に動かして、自記紙上に画像で示すようにタイムマークをつけます。そして観測野帳には、ペン先の示す自記紙上の時刻と示度(温度や湿度の値)とタイムマークを時の正しい時刻を記帳しておきます。

このようなタイムマークは、週巻きの自記器械では、1日1回、時刻を定めてつけておきますと、時計の遅れ進みをチェックできます。なお、ペン先にはインクが溢れるほどつけないこと、インクがかすれないようペン先をきれいにしておくこと、ペン先が自記紙を余り強く押しすぎないようにすることなどを心がけて下さい。

(14) 時計故障の例



観測のつど、自記器械のペン先のさしている時刻を読み取っておくと同時に、タイムマークをつけておきますと、この時計が遅れるか進むかが判ります。1日に5分ぐらいの遅れ進みはまだ故障とはいえません。時には、少しずつ進んでいると思うと、だんだん遅れだしたりする時計もあります。また、ゼンマイを一杯巻いても2~3日もすると止まってしまったり、1日またないで止まってしまうこともあります。

時計が止まりますと、この画像のような記録になります。i)ゼンマイが切れる(この

時はいくらゼンマイを巻いても巻ききれません)。ii)テンプがなにかの原因で動かなくなる。iii)歯車部の軸受部分にゴミなどがつまって固くなる。などの原因が考えられますが、修理は専門家に依頼した方が得策です。

(15) 自記紙の交換



自記紙の記録がおわったとき、時計が故障したときなど、自記紙を取りはずすには、すでにお話した(7 番目の画像)方法で取りはずせばよいのですが、自記紙に記録がされており、ペンにはインクがついていますので、記録をよごさないよう行う必要があります。念のため、もう一度自記紙の交換方法をお話しましょう。まず、第一に、画像の中の 1 のように自記紙にインクがつかないようにペン押えを前に引きます。次に円筒の頭の方を手で押さえて画像の中の 2 の矢印の方向に時計円筒をまわします。時計の紙押えがペン押えより見て器械の外側にくるまでまわします。第 3 番目に片手で円筒を押えたまま、もう一方の手で紙押えをはずします。画像の中の 4 の矢印のように指で自記紙をつまみ、円筒から引き抜くようにはずします。紙押えをペン腕より内側ではずしたり、自記紙を急に離しますと自記紙が拡がって、記録をよごすことがありますので注意して下さい。新しい自記紙を円筒に取り付けるには、自記紙をはずした位置、この時、紙押えがペン押えから見て器械の外側にあります。自記紙を取り外す時に説明したのとは逆の順序で行います。

(16) 時計の取りはずし



時計の修理、調整などのためには、自記時計を自記器械から取りはずします。時計上面のまん中にある円筒軸ナットをはずします。一般にネジやナットなどをはずすときは、まず最初はしっかりと押え、多少力を入れてねじります。このコツをよく覚えておいて下さい。次に自記時計の円筒をこの画像のように持ち上げるようにして円筒軸から引き抜きます。

(17) 時計の分解（止ネジ）



円筒軸から引抜いた自記時計は、白い紙などを敷いた上に置きます。そして、分解したネジや部品などが散らばらないように入れておく皿、または容器を用意しておくと便利です。円筒内部の時計機構を取り出すためには、時計の底板のすぐ上の円筒側面にある 3 本の止ネジをはずさなければなりません。止ネジをはずすには、片手で円筒を動かさないように押え、ドライバー(ネジまわし)の先を止ネジの溝の中にキチンと垂直に入れ、最初は強くおしつけながらドライバーを止ネジがはずれる方向にまわ

します。ドライバの先は、止ネジの溝にあったものを使用して下さい。ドライバーをいい加減にもってまわしますと、止ネジの溝を痛めてしまうことがありますので注意して下さい。円筒からはずした止ネジは、紛失しないよう皿か容器の中に入れておきます。止ネジをはずす時は、1本1本順番にはずしてもよいのですが、分解掃除などが終って、元通りに組立てるときは、まず1本をさしこみ、少しまわしたところで、次の1本をさしこみ、少しまわしたところで残りの1本をさし込み、3本のネジを等分に締めつけるようにします。1本だけ先に締めこんでしまうと残りのネジが入らないことがあるからです。

(18) 時計の分解（円筒）



自記時計円筒下端の止ネジを全部はずしたら、円筒を底板から離し、時計機構を取り出します。時計円筒を逆さにして、画像のように両手で持ち、両手の親指で底板のツメを強く押し上げ、底板部分と円筒とを離します。時計部分を上にし、底板を下にして置き、故障箇所を調べます。

(19) テンプ（天賦）



時計機構の最も大切な役割をしているテンプの部分を大写真にしました。テンプの主要部はヒゲ、ガンキ車、天輪などです。さて、時計が1日に5分以上遅れたり、進んだりする場合は、緩急針で調整します。まず、遅れのある緩急針の根元の方に見える(+)印（時計によってはF印をつけたものもあります）の方に緩急針を少し動かします。一度にあまり多く動かしますと、こんどは遅れ進みが逆になるお

それがあります。緩急針の調整がおわりましたら円筒を底板部分にはめます。それには、まず紙押えのきりこみの位置に合わせますと円筒と底板の止ネジの位置が合います。前に説明した要領で止ネジをはめ、時計を円筒軸に戻して作動させ、時計の遅れ進みを調べます。また、遅れ進みの程度がひどい時は、今までにお話した要領で、もう一度緩急針を調整します。何回調整しても、また、緩急針を目盛一杯に左右に動かしても、遅れ進みがなおらない場合は、時計の専門家に修理を依頼しましょう。テンプかふらついて動いている場合は、天真（テンプの回転軸）が折れているのですから修理にだして下さい。なお、緩急針の調整をしたあとで、テンプの部分に油をさしてはいけません。テンプの部分は、専門家以外は手を加えない方がよいのです。歯車部分の軸受が汚れていたり、細かい塵や埃がついている時は、毛先のやわらかい毛筆などで、ていねいに払い落してやるとよいでしょう。この時も油などはやらない方が無難です。

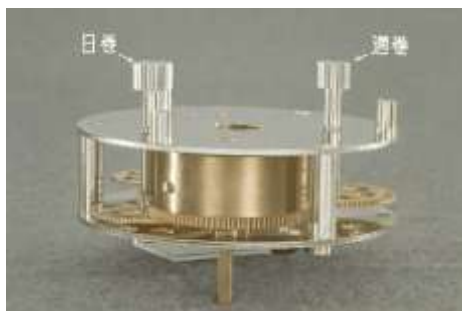
(20) 時計の部品



ひき抜くことができます。

さて、時計部分を底板と円筒と離れた機会に、私たちが分解してもさしつかえない程度の部品に分けられるか調べてみました。円筒、時計機構のついた底板部分、紙押え、円筒軸、円筒軸ナット、円筒軸下部ナット、座金、テンプ覆いとなります。もっとも、円筒軸は自記器械からはずした状態ですが、自記器械の基台の裏側にはめてあるナット、座金をはずせば、円筒軸を基台から

(21) 週巻・日巻兼用時計



ばよいわけです。台車を交換する必要はありません。

普通の自記温度計は日巻(一日用)と週巻(七日用)と、それぞれ分けています。ところが、ある時には一日間の記録をとり、ある時には数日以上連続して記録をとりたいという場合。その都度、時計を交換しているのでは大変ですから、両方に使える時計があります。これは、画像のようにカナが二つあり、筒カナの大きい方(画像で左側)が日巻用、小さい方(右側)が週巻用で、このいずれか一つを用いれ

(22) おわり



自記円筒時計についてはこれで終了です。時計は自記器械につけて使うものですから、例えば、自記温度計、自記電接計数器などの扱い方と同じように、その使い方を知っておきたいものです。なお、自記器械の時計には、円筒型でない角型のものもあり、ロール紙を記録に用いる一ヵ月や三ヵ月の長期用時計もあります。

説明 気 象 庁 秋山 泰三
気象協会 毛利 茂男
製作 映光スライド株式会社

補 足 資 料

観測器機「よもやま話」

概 要

1. 自記機器の仲間たち
2. 気象観測機器の感温部
3. 振り回し式乾湿計
4. ロビッチ（バイメタル）日射計
5. 電子式日射計
6. 自記電接計数器
7. 各種器機の構成図

概 要

現在の気象観測では、以前の自記器械を殆ど使用していない。中には一度も現物を目にしない方もいるだろう。観測機器が電子化される以前はこれら自記器械が多く使用されていたが、1950 年以前、気象観測結果は統制された戦略情報であり、民間が手を出すことは出来なかった。現在、我が国の気象情報は極めて自由度が高く、誰でも公的機関が観測したデータを自由に利用できるが、一方で気象情報の利用を制約されている国も少なくない。

1960 年頃から従来の器械的観測器機から電子的観測機器への世代交代期で、気象を所管する気象庁の職員に観測の実務を行いながら指導されたことが懐かしい。自記器械も視認し、実際に使用した経験もあるが、今回のカラースライドも今から 40 数年くらい前の技術である。当時、観測技術等の啓発目的で製作されたものであろう。新しい技術が使われるようになって、観測の基本はここで紹介した過去の経験に支えられており、機器が発達しても、考え方の本質的な部分はほとんど変わらない。

なお、この補足資料は、当協会発行のニューズレターの「よもやま話」と類似している部分もあるがご容赦されたい。

1. 自記機器の仲間たち

自記機器の誕生する以前は、全て人手にたよる観測であったものの、完結的な観測で連続した観測は不可能であり、詳細な気象現象を把握するには限界があった。しかし、自記機器の出現で、精度の議論はあるものの、連続した観測結果が得られるようになったのは、画期的なことである。1960 年以降はこれらの器械的な観測機器から電子的機器の新旧交代時期で、ダインズ風圧計、自記風向計、ロビンソン風力計(風速計)、ブルドン管式地中温度計等は、技術の発達と共に使用されなくなった。残ったのは、自記温度計、自記湿度計、ロビッチ自記日射計、自記気圧、自記電接计数器等で、これらの観測機器は取扱いが容易で、多少の訓練は必要だが誰にも使用出来た観測機器である。風に関しては、気象研究所の佐貫技官が開発した風車型風向風速計、三杯型風速計が既に使用されていた時期でもあり、民間でも使用されつつあった。

後に、電気信号が得られる気象測器の出現で、ペンで記録する自動平衡記録計や自動平衡打点記録器に観測結果を記録していたが、間もなく磁気テープを使用したアナログ式のデータロガーも並行して使用するようになった。古い自記風向計は観測塔に設置した矢羽型風向計の回転軸を観測塔直下に垂直に伸ばし、その先端に記録部を取りつけ、矢羽根の回転と同期させて、記録するペンを時計で上下させて記録を取っていたという。残骸は視認しているが使用経験はない。ダインズ風圧計は取扱いが難しいことと、高価のため民間での使用実績はない。これらの記録も自記円筒時計の原理を使用していた。

自記温時計や自記湿度計を百葉箱内に設置して使用していた百葉箱は気象庁で型式を決めており、気象庁 ○型と称して小型から大型まで数種類あった。当時は野外で気象観測を行

うとなれば、百葉箱を用いることになるが、風通しを良くするため屋根を除いて鎧戸形式で作られていた。百葉箱の中の気象測器は、乾湿計(もしくは強制通風式乾湿計)、最高温度計、最低温度計の感温部が地上から 1.5 m の高さに設置すると決められていた。

これらの観測器機は人手による観測であり、極値と起時を得られないため、自記温度計や自記湿度計を設置し、その自記紙から極値や起時を読み取り、観測値としていたが連続観測の優れた現象把握であろう。百葉箱での観測も完璧ではなく、最も悩まされたのは土埃や海岸の海水のしぶきが観測機器に付着することであった。東京都内の道路も未舗装であった時代で、アスマン通風乾湿計(通風動力がゼンマイから小型直流モータに代りつつある時代)で比較観測をしながら、埃や塩分を除去することが気象観測の重要な作業であった。特に、自記円筒時計は定期的に分解して掃除していたが、時計部分は基本的に触れずメーカーに依頼していた。しかし、示度合わせは頻繁に行うと、器械的摩擦が小さくなり、返って誤差を招くと指導され、比較観測した時の時刻とアスマン通風乾湿計の示度を自記紙上に記載し、ある程度誤差が大きくなった時行うようにしていたが、安定するまで時間を要するため、翌日に動作確認して帰る行程となった。

後に、強制通風式通風筒が普及すると観測手法も変化した。強制通風式通風筒を使用する時、内部の感部の位置を地上 1.5 m に設置しているものも見受けられるが、吸気口地上 1.5 m に設置するのが正しい。また、この 1.5 m は気象観測を開始した明治時代の日本の成人男子の身長から決めたようである。ちなみに明治時代の成人男性の平均身長は約 1.57 m である。現在の成人男性の平均身長は高くなっているが、観測位置を変えると気候調査等で観測値に段差を生じる可能性があり、変えていないと思われる。この他、風速や雨量の観測機器の出力信号がパルスのは、記録部を百葉箱に収納する必然性はない。民間気象業社の黎明期は官・学の技術者や経験者、研究者の指導が受け易い時代でもあり、現在より民間気象業者を育成する目的もあって、官・学・産の交流に自由度あったように思う。

2.気象観測機器の感温部

温度の観測は地球上の陸海空すべてが対象で、風や雨とは多少異なる。電子的なセンサが出現するまでは、ガラス製棒状温度計を用い人手による観測が主流であったが、温度変化によって体積と変位が法則に基づいて安定的に変化する性質を利用していた。水銀やアルコール、そして石油をガラス管に封入したガラス製棒状温度計や金属の温度変化に伴う変位を示すバイメタル等が挙げられる。初期の高層ラジオゾンデの感温部にバイメタルが使用されており、その応答特性を補正するための数式等試みも行われていた。当時、熱電対温度計も使用されていたが、冷接点温度が必要で、その例接点温度に氷と水を使用していたこともあって、屋外で使用することは極めて少なかった。現在は電子回路上で冷接点温度が設定可能で氷等を使う必要はなくなっている。特殊なガラス製水銀温度計の中に炭素棒を封入した水銀抵抗温度計が 1950 年に気象研究所 上利 技官によって開発されている。しかし、1 年前の 1949 年に同じ方式で特許を取得した方がおられ、一時、上利式水銀抵抗温度計と称されていた。

が、その呼称は自然消滅したという。この裏付け資料を探していたところ、昭和 31 年発行の「地上気象機器」佐貫 亦男著 101 頁 に詳しい記載があり、それらを参照されたい。原理は水銀の電気抵抗は小さく、一方、炭素棒は電気抵抗は大きく、電気抵抗と温度には一定の関係があり、温度が上昇すると水銀柱が膨張して高くなり炭素棒を包み電気抵抗は小さくなり、逆に低温になると水銀柱は低くなり炭素棒が晒されることで電気抵抗が大きくなる。電気抵抗の変化は白金抵抗測温体のように電圧に変換して記録することが可能である。筆者はこの記録を読み取った経験があるが、観測方法と読取りの説明を受けた時にその発想に感動したことが忘れられない。

民間が主体となって気象観測を行い始めた 1960 年頃は、まだ、ガラス製棒状温度計や自記温度計、自記湿度計がなどの自記器械が主役で、当初の民間気象業務は観測結果を記録した自記紙の読取と統計処理作業が主であった。しかし、日本経済の発展に伴い、各地で大気汚染が社会的問題となり、その対策のために汚染時の立体的な環境調査が始まった。既に一部では白金抵抗温度計を組み込んだ強制通風筒が普及過程にあったものの、当時の気象観測機器の多くは一般地上気象観測を目的とするもので、微気象や環境調査には応答性能が低く、まだまだ気象解析側の要望には応じられなかった。

1970 年代になると様々な電子的な気象観測機器が輸入され、一方で国産の電子式観測機器や自動平衡型記録も自由に入手可能となった。その中で係留気球による温度計測に以前のような古い自記観測機器を取りつけることや白金抵抗温度センサを使用することは出来ず、館野高層気象台で運用していた係留気球(Kytoon)観測器機のサーミスター温度計を採用するため、一週間ばかり館野高層気象台で指導を受けた。そもそもサーミスターは熱を意味する thermal と抵抗を意味する resistor を合わせて thermistor と称している。

この NTC (negative temperature coefficient) サーミスターは温度上昇と共に電気抵抗が減少する性質があり、温度計測や電子回路の温度補償用に使用されている。この他に PTC (positive temperature coefficient) サーミスター、及び、CTR (critical temperature resistor) サーミスターの三種類があり、詳しくは多くの公開資料があるので参照されたい。NTC サーミスターには様々な形状があるが、気象観測にはビート型サーミスターを使用することが多い。但し、白金抵抗測温体と異なり温度に対する抵抗変化が直線ではなく対数変化に近い。その特性を表すのに B 定数が用いられる。この B 定数が大きい程、感度つまり分解能は良くなるが、B 定数は目的とする測定範囲と回路設計で決めるのが一般的である。当時サーミスターはハンドメイドに近い製造方法で、使用中に突然特性が変化したり、内部の接触不良で特性が変化する現象が見られ、一時、敬遠された時期もあった。製造技術が確立して安定し、現在は特性の急変なく安定したサーミスターが普及し、気象測器検定基準にも適合している。応答性能がよく微気象の気象現象を把握するための温度センサとして利用していた。

さらに、低層ラジオゾンデでタングステンワイヤーを温度センサとして使用した時期もあった。このタングステンワイヤーは白金抵抗センサより、電気抵抗が大きく、力学的にも強く、応答性能も高く、電子回路に組み込みやすい等の利点がある良いセンサである。しかし、空気中で長時間放置すると酸化するため使用直前の特性確認等が必要であった。サーミ

スターの製造技術も高度化したこともあって、タングステンワイヤーはサーミスターに席を譲ることになった。

当時、観測機器の改良や新規製造を提案するも、一般気象観測機器以外は敬遠され、簡単な装置はやむを得ず自作して観測に使用していた。自作に当たって使用する部品の選択、特に温度係数の小さい金属皮膜抵抗器等優れた部品の出現で温度ドリフト等の対策が不要となり、しかも、OP アンプ (operational amplifier ; 演算増幅器) の出現で、素人なりに回路設計をし機器の筐体製作のために東京の秋葉原電気街に通う等多くの経験をしながら、観測計画の立案や観測機器の選択をした。時代ともに我々のニーズに応じるメーカーもあったが量産が目的のメーカーは特定の一品は、一般地上気象観測器機とは外れるため開発は簡単に応じていただけなかった。

そんな中、1980 年頃アメリカ製の白金薄膜測温抵抗体が輸入され、従来の白金抵抗測温体に比べて安価で応答性に優れ特性も安定していることから、微気象観測で現象を把握するのに適し、多くの観測に貢献した。この白金薄膜測温抵抗体は国産化しており、以前のように選択に悩むことはないであろう。いずれにせよ、気象観測機器の選択は、観測目的を十分理解した上で選択すべきで、将来を予測し、ある程度の機能拡張性を考慮した観測器機の開発や選択は検討すべき重要項目と考える。

3.振り回し式乾湿計

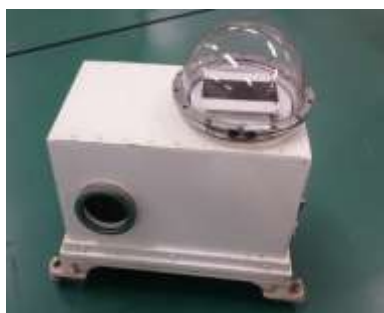


自記温度・湿度計のスライド 22 番に記載されていた振り回し式乾湿計(写真左, Wikipedia)は、どの程度使用されたか不明であるが、モーターやゼンマイの力を使用せずに、振り回すことで、乾湿計球部に風をあて乾球温度と湿球温度を観測し、観測値から相対湿度を算定していた。この振り回し式乾湿計は、二つのタイプ、乾球温度計と乾湿計がある。今も市販されているようだ。振り回す時間は資料によると 30 秒～

3 分迄いろいろあるが、基本的にガラス製棒状温度計の応答速度に依存し、球部を風(空気)が流れることで応答速度は早まり、短時間で計測出来よう。乾湿温度と云えばアスマン通風乾湿計が挙げられるが、アスマン通風乾湿計が誕生したのは 1880 年代後半で、振り回し式温度計の誕生は 1792 年頃である。「近代地質学の父」として知られているスコットランドの科学者ジェームズ ハットン (James Hutton, 1726–1797) が気象学の分野でも重要な貢献をしており、振り回し式乾湿計 (Sling psychrometer, スリング サイクロメーター) の原型を考案した人物という。写真のように L 型で、木製部分を握り長い温度計の部分を廻すように手を動かし、振り回しを止めて直ちに温度計の示度を読み取って観測値とする方法である。写真の形式ではなく、木製の板に取りつけた乾湿計の板の上部に 50 cm 程度の紐をつけて、振り回して観測したとの話を耳にしたこともある。通風する事で応答速度を改善したのであろう。

アスマン通風乾湿計の出現で活躍の場がほとんど無くなったが、現在も使用されているようだ。しかし、民間気象業者が使用した実績は無かったと思う。半径 50 cm で 1 秒に 1 回転振り回せば ≈ 3 m/s の風が温度計感部にあたることになる。国内の公式な気象観測は研究目的や非公開等以外は、気象測器検定規則に準拠した観測機器を使用して、気象観測指針に沿った気象観測を行うとされており、新しい気象観測機器も簡単に採用出来ない事情もある。

4.ロビッチ (バイメタル) 自記日射計



日本の日射観測は 1931 年から 1971 年まで気象官署で全天日射量が観測されていた(全天日射量とは太陽放射中の波長 285~3000nm の放射エネルギーを測定)。この時使用されていた日射計はロビッチ(バイメタル)自記日射計(写真、高層気象台 100 年史より)は、白黒のバイメタルの変位差を器械的に検出し、その変化を自記円筒時計に巻きつけ専用の自記紙に記録する方式である。

この日射計はロビッチまたはバイメタル自記日射計 (Bimetallic Recording Pyranometer) と呼んだが、どちらかと云えば、後者を使う場合が多かった。この日射計は、ドイツの気象学者マックス・ロビッチ(Max Robitzsch;1887~1952)が、1916 年頃、ロビッツシュ アクティノグラフ(Robitzsch Actinograph) という日射計(Pyranometer;ビラノメータ)を発表し、その後、改良を加えてドイツのメーカーが量産態勢を整え、1930 年頃から世界で使用されるようになった。バイメタル自記日射計を民間気象業者が使用したのは産業関係の利用が多かった。観測の時は、日射計が地物の影にならないような場所にバイメタルの長辺を南中時に合わせて設置していた。ただ、バイメタルがガラス製ドームに覆われ全体が筐体で密封されており、気象条件によってはガラス製ドーム内部で結露が発生するため、内部の除湿のため常に乾燥剤を入れて除湿して使用した。円筒時計の扱いはスライドの内容と変わらない。一方では、精度が 5 % 程度と云われるバイメタル自記日射計に高精度を求められる観測には適合しないが、この機器に代わるものはなく、新しい日射計の出現に期待する話題も多かった。

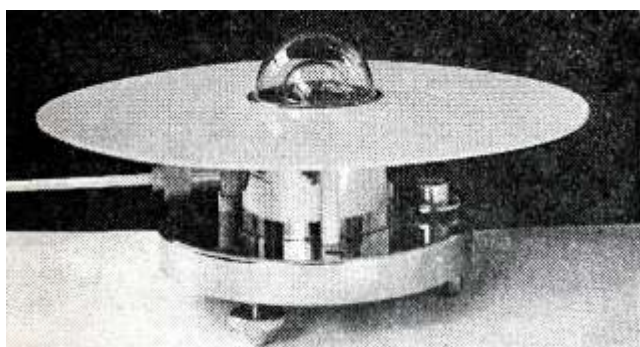
観測は日の出前から日没後まで行い、日没 2 時間後くらいに自記紙をセットした時刻と取り外した時刻をメモし、自記紙に印刷されている時刻と時刻差がある時はメモした時刻を基に、基点を定め誤差を案分して自記紙から観測値を読み取った。観測目的により、正時前 10 分間の平均値、10 分間毎の平均値、日積算日射量などの読取りが必要で、多くの労力を要した。熱電対等を感部とした電子式日射計の出現で自記紙の読取から解放されると思ったが、感部が代っても読取作業は無くなることはなかった。1960 年代半ば、筆者らが日射を扱ったのは、農業関係での作物の成育管理や収穫予測、工業関係では塗料等建設資材の日射による影響を把握するものであった。

なお、日射データを扱う時、気象庁は 1981(昭和 51)年 1 月 1 日それまで使用していたカロリー($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ 瞬間値)をワット(w/m^2 瞬間値)に単位の変更をしており、観測資料によっては二種類の単位が存在するので注意を要する。

5.電子式日射計

1960 年後半以降、電子式日射計が使用されるようになり、気象分野からバイメタル自記日射計は順次姿を消した。そこに、出現したのがエプリー日射計(Eppley pyranometer)とゴルチンスキー日射計(Gorchinsky pyranometer)である。観測業務や環境調査に使用する観測器機を選択する時、定位置で長期期間観測する場合と、短期間に限り観測する二つのパターンがあり、観測機器の選択、特に各地で短期間観測する特別観測(概ね 10 日間昼夜連続観測、気象要素によるが連続から 3 時間間隔等の立体観測)で、観測場所の移動や観測機器の設置撤収を繰り返し、観測員も必ずしも馴れていない等を考慮し、下の電子式日射計外観から、ゴルチンスキー日射計を採用した。

エプリー日射計はアメリカ エプリー ラボラトリー(The Eppley Laboratory, Inc.)が開発した日射計とされており、具体的な開発者名は不明で会社の製品としているようだ。日本では 1957 年頃から使用されていた。一方、ゴルチンスキー日射計の実機は多くの方が承知しているものの、何処で、誰によって開発されたのか等、国内の情報は少ないように感じる。公表するからには裏付けは不可欠であり、関係論文や報告書を探すことになる。ゴルチンスキー日射計はポーランドのコベニクス大学 気象学教授 ヴワディスワフ ゴルチンスキー(Wiadystw Corczynski, 1879~1953)が考案した熱電対感部にし 1926 年に発表している。



ゴルチンスキー日射計
気象観測の手引き 毛利 茂男著より



エプリー日射計
高層気象台 100 年史より

感部に使用した熱電対はユトレヒト大学(Utrecht University, オランダの公立大学)の物理学者 モル(Willem Jan Henri Moll, ウィレム ヤン アンリ モル, 1876~1947)の開発したもので、ゴルチンスキー日射計は日射量の測定において世界的に重要な役割を果たしたと云われ、この日射計は、ゴルチンスキーとモルの共同開発との併記もあり、両者の名前

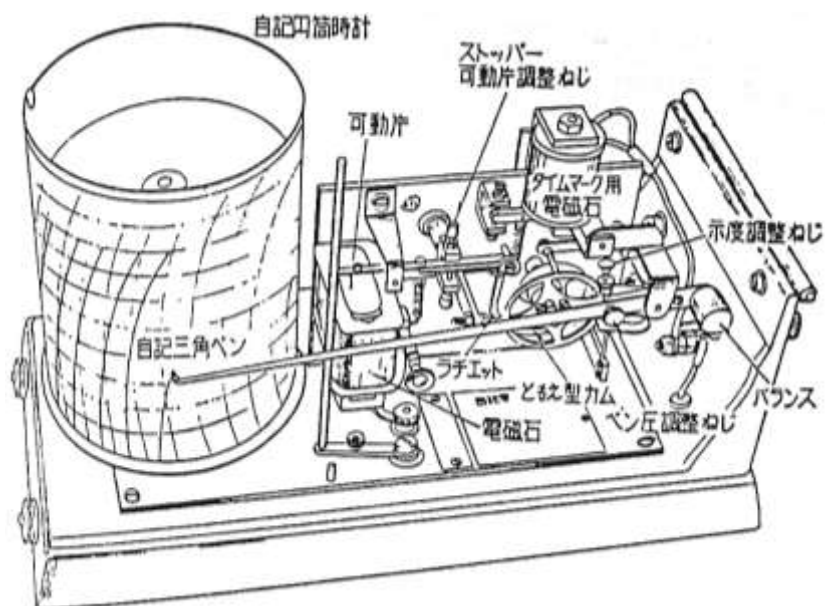
からモル ゴルチンスキー日射計と表記しているものも同じ日射計と思われる。ゴルチンスキーの詳細は「気候学の歴史」 吉野 正敏著 191 頁のコラムを参照されたい。日射観測データは、気象学の黎明期、太陽常数や大気の透過率、混濁度等の解明に使用されていたようだ。気象学の発達とともに微気象の分野で使用されていた。

1970 年以降の民間気象事業者が日射観測を行う主な目的は、大気汚染等の実態調査での大気安定度の観測であろう。この大気安定度は、イギリス気象庁に勤めるパスキル (Frank Pasquill フランク パスキル 1914～1994) が 1961 年に提唱した手法である。大気汚染が問題となっていた当時、パスキル大気安定度分類方法が研究にも多く使われていた。この分類方法は、日中は風速と日射量で、夜間は日射量ではなく放射収支と雲量から算出する。大気汚染ばかりでなく、汚染源の汚染物質の大気拡散等、大気汚染現象の把握や予測に用いられていた。パスキル大気安定度については各種公開されており、それらを参照されたい。

1970 年代に紫外線量の観測も行われたが、観測機器が高価で利用頻度が低く、使用は永く続かなかったと記憶している。この時期に国産の電子式日射計が英弘精機株式会社から発表されている。現在は国産機器のみならず多くの輸入機器もあり、詳細は機器付属の説明書等を参照されたい。時代とともに観測環境変わり、現在は太陽電池パネルの設置事前調査や監視等に使用されているようだ。

6. 自記電接計数器

風速計や雨量観測に用いられた自記電接計数器(図参照)は多くの先人が関わり実用化したようだ。現在、形は違うが、一部で使用されている。データロガーの普及により、使用されているものも段々と姿を消している。この装置も自記円筒時計を使用した歴史の長い装置と云える。外観は他の自記円筒時計を使用している観測機器と類似しているものの、内部は複雑な機構である。最近の自記電接計数器は、部品の発達や工夫でシンプルな構造になっている。



自記電接計数器の構成図

新・気象観測の手引き (財)日本気象協会 毛利茂男著

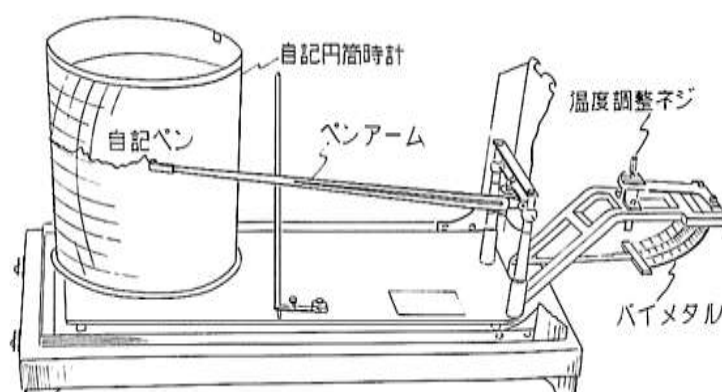
自記電接計数器の電磁石の電源に乾電池を使用した。中でも、屋井乾電池は、世界で初めて屋井 先蔵（やい さきぞう、1864～1927 年）が開発したマンガン電池であり、1887 年に発表している。開発当時、資金がなく特許の出願が叶わず 1891 年に特許が認められ、その後、国内の複数メーカーが乾電池製造を担った。自記電接計数器の電源には平角 5 号 (3 DCV) を使用するも、自記電接計数器の器種によっては電源電圧が 6 DCV も存在していた。最大 7 日間連続記録が可能で、パルス源は、風速計の風程パルス、転倒ます型雨量計の転倒パルス等である。

1970 年以降、円筒時計は電子時計に代り、電源に電池を使用している。また、自記円筒時計ではなく、1 ケ月間記録可能な記録器も誕生し、山岳地や特定地域の開発などの環境調査で風や雨の観測に供していた。自記電接計数器は、パルスを電磁石で受けて 1 パルス毎に記録ペンを 1 目盛り上げ、累積 100 パルスに達すると 100 パルス (自記紙の上限) 記録した後、0 パルス (自記紙下限) に戻す機能を有している。記録した自記紙の時間補正をした後、正時を基準にして 10 分間のパルス数を読取、その読取值に接続した観測器機の単位を乗じて観測値とした。さらに、積算し、1 時間値、日積算値を求めた。また、観測目的によっては任意の時間幅で観測値の読み取り作業もあった。

7.各種器機の構成図

● 自記温度計構成図

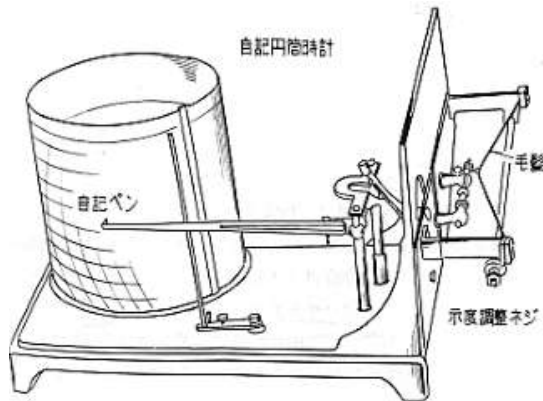
温度示度は温度調整ネジで行う。バイメタルの温度変化に伴う変位がペンアームに伝わり自記紙に記録される。使用しているバイメタルも、当初、鉄と銅の組み合わせであったが、最近では多くの金属を組み合わせで使用している。構造が似ている自記毛髪湿度計は、バイメタル温度計の部分が毛髪に代り、毛髪の伸縮を梃子で三角ペンに伝えて記録する方式となっている。



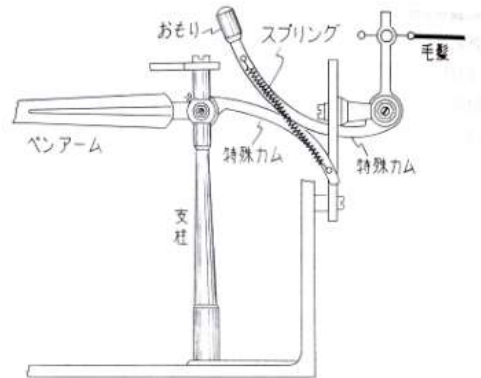
自記バイメタル温度計構成図

新・気象観測の手引き (財)日本気象協会 毛利茂男著より

● 自記毛髪湿度計



自記毛髪湿度計構成図

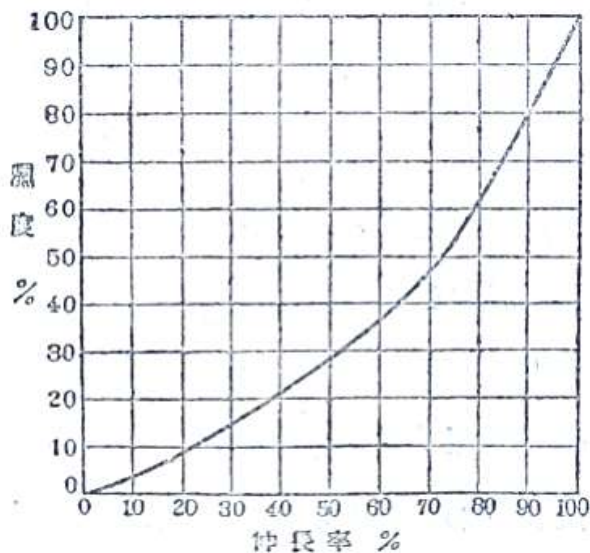


曲率変換部拡大図

新・気象観測の手引き (財)日本気象協会 毛利茂男著より

湿度計測の起源は多々あるが、毛髪と湿度の関係を解き明かしたのは近代気象の創始者でもあるスイスのオラス ベネディクト ド ソシュール (Horace-Bénédict de Saussure、1740～1799 年) がヒトの毛髪が湿度変化に応じて伸縮する性質を 1783 年に発見して、実用的な毛髪湿度計を作成したとされている。ソシュールはジュネーブ出身でアルピニストであり、山岳地で気象観測も行っている。様々な観測器機が提唱される中、1800 年代に多くの記録器が発明され、1882 年ジュール リシャール (Jules Richard, 1848-1930) とマックス リシャール (Max Richard) は会社リシャール兄弟社 (Richard Frères) を設立した。この会社は日本の気象観測に大きく影響し、現在も気象観測機器で時折、リシャード型と呼ばれることもある。日本の気象機器は製造先会社名を型名とするケースが多い。リシャード社は多くの気象機器を開発する中、湿度、温度、気圧を記録できる携帯型気象観測装置「メテオグラフ」などの開発で評価され、その一つに自記気圧計も含まれるという。ソシュールが実用化した湿度計を元に、現在の自記毛髪湿度計の原型を製造したという。一方、弟 マックスは 1891 年、ステレオカメラ等写真器機を製造に転身している。

さて、毛髪湿度計の感湿部の毛髪はフランスの未婚の女性の毛髪が良いとされているが、一時、フランスの毛髪が手に入らず苦労したようだ。計測機器であるからには再現性や安定性は当然要求される。毛髪と湿度の関係は次頁に示すグラフ(気象観測講和, 地人館、昭和 23 年、三浦 栄五郎著より)になるが、日本のヒトの毛髪は、このようなグラフの乗るのは少ないという。グラフは曲線であり、自記温度計のように単純ではない。スライドでも説明しているが(曲率部拡大図参照)、曲率を考慮したカムで調整し、カム同士が外れないようにスプリングで固定している。屋外観測で、何等かの原因で、スプリング外れたり切れた場合は現地での修復はせず、メーカーに依頼することになるが、幸いその経験はないが、1 年に一度は、アスマン通風乾湿計で精密な比較観測と同時に各部の清掃を行った。



毛髪の伸長率と湿度の関係

気象観測講和, 地人館, 昭和 23 年、三浦 栄五郎著

毛髪湿度計の比較観測は、湿度の低い時と高い時にアスマン通風乾湿計による比較観測を行い、また、いかなる場合も湿度確認は毛髪湿度計を準器にするのではなく、必ずアスマン通風乾湿計と比較することを指導された。毛髪湿度計の信頼性に起因する指導であろう。

筆者は、自記毛髪湿度計を使用する機会は少なかったが、高層住宅等気密性の高い住宅の室内に発生する結露の実態調査に数回使用した。短期間の特別観測では、アスマン通風乾湿計で 24 時間観測しており、自記毛髪湿度計を使用すること少なかった。気象庁は 1980 年頃に自記毛髪湿度計の使用を止めている。



この他、毛髪を感湿部に使用する測器にポリメーターがある。ポリメーター(Polymeter)はドイツのウィルヘルム ランブレヒト (Wilhelm Lambrecht, 183~1904) が前記のソシュールのヒトの毛髪が湿度と関係することを応用して、1859 年に会社 (Wilh. Lambrecht GmbH, ウィル ランブレヒト社) を設立し、気象観測機器の製造を始めた。1877 年にポリメーター(左の写真、アメリカ歴史博物館より)が発明され、1880 年頃毛髪を感湿部とするポリメーターの原型となる器種を発表した後、1890 年代に世界に広まった。しかし、精度維持の管理が難しく、振動や衝撃を与えると誤差が大きくなると云われていた。また、相対湿度をフルスパンで測定するのも困難であったと云う。器種によるが、相対湿度、温度、露点温度、水蒸気圧、水蒸気飽和水蒸気圧が測定可能という。ポリメータは現在も市販されているが、全てに毛髪が使用されているとは限らず、他の感湿材を使用している器機もあり、開発当時からセンサーは変遷している。国内の公的気象観測でポリメーターの使用実績は確認していない。不安定故に採用されなかったとの話は耳にしたことがある。

毛髪湿度計とは関係はないが、気象庁 高層ラジオゾンデの湿度観測にカーボン粒子を主体としたカーボン湿度感湿部材が使用されている。この感湿部はラジオゾンデ用で地上気象観測の実績はなかったと記憶している。1970 年代に、湿度計製造関係者から、「気象観測に使えないか」との相談が何件かあった当時、抵抗式や物質の伸縮を応用したもの等数多く、ナイロン(Nylon)やビニロン(Vinylon)、そして、カーボン粒子等を使用した感湿部材が多く見られた。

ナイロンは 1935 年にアメリカ DuPont 社のウォーレス ヒューム カロザース (Wallace Hume Carothers, 1896~1937) が発明した世界初の合成繊維で、様々の用途に使用されているが中でも女性用のストッキングや軍用のパラシュートやテント等の素材とする時期もあったが、主用途は衣服であろう。日本には戦後アメリカから技術導入が行われている。また、ナイロンとは別に、1939 年に京都帝国大学の桜田 一郎教授、李 升基 (リスンギ)、川上 博らによって国産初の合成繊維(ビニロン)が発明されている。ナイロンもビニロンも国内の量産開始は 1950 年代であり、当初は衣服が中心であった。ナイロンは湿度の変化で伸縮する性質を利用し毛髪湿度計の毛髪の代りに使用している。一方、ビニロンは湿度変化で電気抵抗が変化にする性質を利用して、湿度計測の研究行われていた。この時期は毛髪以外の材料を感湿部材とする湿度計の開発の黎明期だったかも知れない。その中で、感湿素材とカーボンを組み合わせた感湿部材があり、気象観測への利用を確認するため地上気象観測や小型航空機に取り付けて試験観測を行ったが、感湿部材が風圧に弱くて旨くは行かなかった。多くの感湿部材が特定範囲では好成績を示すが、低湿域や高湿域で誤差が大きくなり、残念ながら気象観測には使用出来なかった。また、当時は民間が行う機器を使用した観測は、観測値を公表する公的な気象観測が主で、使用機材等に若干の制約があった。

継続して感湿部材の研究が行われ、現在は多くの感湿部材が誕生すると共に湿度計はアナログ方式からデジタル方式に代って、家電製品等産業界の特定分野で多くの感湿部材が使用され好成績を収めている。現在では、多くの湿度観測は電子式湿度計に世代交代している。

完

カラスライド

自記温度計・湿度計・円筒時計の紹介 説明書付

企 画 気象測器工業会

説 明 (財) 日本気象協会

発 行 2026 年 7 月 31 日

編集発行 気象システム技術協会京都分室

スライド修正

理 事 大藤 明克

補足記事 特別会員 渡邊 好弘