

# 放射や通風が気温測定に与える影響に関する観測研究

CQ19038 菅原 照太 指導教員 内藤 望 教授

キーワード: 放射環境, 通風条件, 日射シールド, 重回帰分析

## 1. 研究背景と目的

山根[1]は, 通風と日射が気温測定に及ぼす影響を定量的に調べるため, 23 号館屋上に設置されている自動気象観測装置(AWS)の強制通風気温を真値とし, サイズや色を変更した各種日射シールドによる気温誤差を観測した. しかし, AWS の直径 14cm 自然通風日射シールドによる気温は, 近接している強制通風筒からの通風の影響を受けていたと考えられ, 補正式の導出には失敗した. そこで本研究では, 直径 14cm シールド気温に対する補正式の導出に再チャレンジすることにした. さらに, 容積の大きな日射シールドほど観測誤差は小さいと考えられるが, 大小 4 種類の自然通風日射シールドを用いて定量的に比較して各補正式も導出する.

## 2. 観測方法

観測は, 23 号館屋上において 2024 年 8 月 6 日 12:00~12 月 10 日 14:00 に実施した. AWS 強制通風筒による影響を避けるため, AWS から約 5m 離れた位置に AWS と同型の 14cm 自然通風日射シールドを設置した. さらに, 日射シールドの容積の違いによる影響を比較するため, 直径 8cm, 10cm の自然通風日射シールド, および自作した約 30cm 立方の百葉箱を用いた観測も行った. 使用したセンサーは, AWS 強制通風筒と同じ VAISALA 社製 HMP-60 を 14cm シールドと百葉箱に使用し, 8cm と 10cm のシールドには小型の HOBO Pro v2 U23-002 を使用した. 測定時間間隔はいずれも 10 分間隔である.

## 3. 結果と考察

AWS 強制通風気温を真値とみなして, 各自然通風シールド気温の測定誤差の平均日変化を図 1 に示す. 日中は日射により自然通風シールドが温められて誤差が大きくなる様子がわかる. 最小容積の 8cm シールドの誤差が最大で, 次に 10cm シールドであるのは順当だが, 予想に反して最大容積の百葉箱が 14cm シールドより誤差が大きかった. 一般にシールドの容積が大きいほど熱容量も大きく, 日射による昇温の影響が軽減される筈であるが, 他のプラスチック製のシールドに対して百葉箱は木材で自作しており, 材質や表面塗装の差異によって日射シールド表面の昇温に差が出ていた可能性がある. この疑念を確かめるため, 晴天の 2024 年 10 月 25 日に, 強制通風気温との誤差が最も大きくなる 10 時前後に, サーモグラフィカメラを用いて百葉箱と 14cm シールドの表面温度分布を調べてみた. すると, 14cm シールドの平均表面温度 22.0°C に対して, 百葉箱は 27.7°C と, 確かに 5.7°C も高くなっていることが判明した. 各シールド材質に対する熱特性(比熱, 熱伝導率)を調べてはいないが, 一般に木材がプラスチックより昇温しやすいのは不自然に思えるので, むしろ百葉箱表面の塗装が粗く表面アルベドが低かったのではないかと推察する.

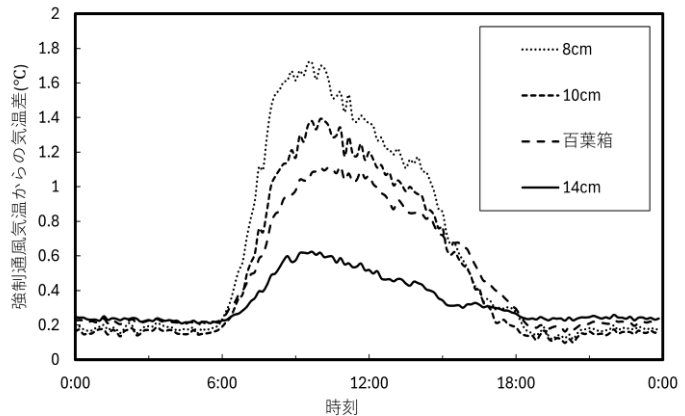


図 1. 各自然通風日射シールド気温の強制通風気温からの差の平均日変化.

続いて、強制通風気温を真値とみなした自然通風気温の誤差に対する補正式として、風速  $U$  と放射環境を表す気象要素  $X$  を用いた、次の式(1)による重回帰分析を実施した。

$$(\text{誤差}) = (\text{各自然通風気温}) - (\text{強制通風気温}) = aU + bX + c \quad (1)$$

ここで放射要素  $X$  の候補として、AWS の日射量、放射収支量、黒球温度の 3 要素が考えられる。これらの適性比較のため 4 種類のシールド気温誤差に対する相関係数の平均値を、日中 7:00～17:00、夜間 20:00～5:00、全日の時間帯別に表 1 に示す。日中に限定すれば日射量が最も相関が高いが夜間には無相関となる。夜間だけなら黒球温度が最も相関が高くなる。全日の場合は、日射量は夜間に無効であることを考慮すると放射収支量が次善策となる。よって、解析対象が日中限定であれば日射量、夜間限定であれば黒球温度、日中も夜間も含む場合は放射収支量を、それぞれ用いた補正が良いと提案し、それぞれの補正係数と重回帰における重相関係数を表 2～4 に示す。ここで係数  $b$  が全て正の値なのは、放射が強いほど測定気温誤差が大きくなることを示しており、夜間以外の係数  $a$  が負の値なのは、風速が強いほど、測定気温誤差が小さくなることを示している。夜間の係数  $a$  が正の値になった点は一見不自然に思えるが、夜間は自然通風気温の方が、放射冷却が進んで低温を示すことがあり、式(1)の誤差が負となる。この場合、風が強いほど負の誤差が 0 に近づくという意味となる。

表 1. 時間帯ごとの、3 種の放射関連気象要素と自然通風日射シールド測定気温誤差との平均相関係数。

時間帯	日射量	放射収支量	黒球温度
日中	0.462	0.446	0.444
夜間	-	0.252	0.495
全日	0.658	0.648	0.597

表 2. 日中に限定した測定気温誤差に対して、 $X$  日射量を用いた各自然通風気温の補正式の係数一覧。

シールドの種類	$a(^{\circ}\text{C m}^{-1} \text{s})$	$b(^{\circ}\text{C W}^{-1} \text{m}^2)$	$c(^{\circ}\text{C})$	重相関係数
百葉箱	-0.284	0.00136	0.827	0.746
直径14cm	-0.196	0.00067	0.554	0.628
直径10cm	-0.320	0.00175	0.843	0.556
直径8cm	-0.394	0.00185	1.156	0.518

表 3. 夜間に限定した測定気温誤差に対して、 $X$  黒球温度を用いた各自然通風気温の補正式の係数一覧。

シールドの種類	$a(^{\circ}\text{C m}^{-1} \text{s})$	$b(\text{無次元})$	$c(^{\circ}\text{C})$	重相関係数
百葉箱	0.053	0.00631	0.031	0.431
直径14cm	0.022	0.00972	0.027	0.704
直径10cm	0.097	0.01249	-0.198	0.563
直径8cm	0.094	0.01407	-0.200	0.588

表 4. 全日の測定気温に対して、 $X$  放射収支量を用いた各自然通風気温の補正式の係数一覧。

シールドの種類	$a(^{\circ}\text{C m}^{-1} \text{s})$	$b(^{\circ}\text{C W}^{-1} \text{m}^2)$	$c(^{\circ}\text{C})$	重相関係数
百葉箱	-0.088	0.00234	0.472	0.775
直径14cm	-0.076	0.00099	0.383	0.592
直径10cm	-0.081	0.00295	0.430	0.662
直径8cm	-0.104	0.00337	0.548	0.637

#### 4. まとめ

本研究では、4 種類の自然通風日射シールドに対して、放射環境と風速条件による気温測定誤差の補正式を導出した。特に直径 14cm 自然通風シールドの補正式は、強制通風筒が AWS に追加設置された 2019 年 3 月以前の AWS 自然通風気温データに対して適用可能であろう。なお今回自作した百葉箱について、容積の大きさにも関わらず表面温度が昇温しやすく想定以上の誤差が生じてしまったため、今後は特に表面塗装に十分に注意を払い、日射によるシールド表面温度への影響を観測開始前に確認しておくことが望ましい。

#### 引用文献

- [1] 山根圭史: 日射や通風が気温測定に与える影響に関する観測研究. 地球環境学科卒論, 21pp. (2020)