

温度の正しい測り方 (1) 通風式放射よけの作り方

岡田益己¹・中村浩史²

¹岩手大学農学部

²太陽計器株式会社

How to measure temperature accurately

(1) Making an aspirated radiation shield for air temperature measurement

¹Masumi OKADA, ²Hirofumi NAKAMURA

¹Faculty of Agriculture, Iwate University

²Taiyo Keiki Co. LTD.

1. 温度をより正確に測るために

置いておくだけで表示も記録もできる温度計が普及して、気象測器の知識がなくても温度を簡単に測れる時代になった。しかし、このような方法で測った温度が、研究の目的にかなうだけの精度を持っているだろうか。生物の温度反応は意外なほど敏感であり、また温度計測には常に誤差がつきまとうことに注意しなければならない。

ある植物は播種から有効積算温度 1000℃・日で花が咲くことが知られている。このモデルを使って開花を予測しよう。基準温度(発育ゼロ点)が 10℃で日平均温度が 20℃だとすると、この植物は 100 日で開花に至る。温度の計測に 1℃の誤差があると、計算上は、開花の予想に 10 日の狂いをもたらすことになる。1 日の精度で開花を予想するには、温度計測が±0.1℃で正しくなければならない。温度が積算的に作用するプロセスでは、わずかな日々の誤差が大きな影響を及ぼしてしまう。

温度計測で誤差をもたらす主な要因には、1)温度計や計測装置自体の狂いや偏り、2)温度計の設置環境に由来する誤差がある。1)の誤差を小さくするには、適切な校正が必要である。2)の誤差の代表的な例として、気温計測時の放射の影響がある。今回は、気温計測に必須である通風式放射よけの自作方法を紹介する。校正については次回に述べる。

2. 通風しないと気温の計測値にどのくらいの誤差が生じるか



図 1. アスマン通風乾湿計

図 1 はアスマン通風乾湿計と呼ばれ，乾球温度と湿球温度を測る装置である。2 本の二重管式ガラス温度計が金属管の中に収納され，一方の温度計球部（湿球）にはガーゼが巻かれている。温度計球部（写真最下部）は二重の金属管の中にあり，計測時には管内に風速 $4 \sim 5 \text{ m s}^{-1}$ で風が流れる。通風はゼンマイまたは電動による。図は電動式である。アスマン通風乾湿計は，乾球温度（気温）と湿球温度（湿度）の計測において簡便で信頼性が非常に高い測器であり，他のセンサーの校正にも使用される。気象庁検定付きで約 10 万円と高価だが，気温・湿度の基準測器として，研究機関に最低 1 台は装備すべき機器である。



図 2. 強制通風式の放射よけ(左)と自然通気式の放射よけ(右)

さてアスマン通風乾湿計の感温部は，なぜ通風した二重管の中に納められるのだろうか。直射を遮っただけでは，気温を精度よく測れないからである。風の弱いハウス内および屋外の水田で，強制通風式の放射よけ（ハウスでは図 2 左，水田では本稿の仕様）と自然通気式の放射よけ（図 2 右）を比べた（図 3）。使用したセンサーはいずれも校正済みの白金測温抵抗体である。風の弱いハウスでは，自然通気式の計測値が強制通風式に比べて，日中は 3°C も高くなり，風がある屋外の水田でも時には 1°C ほど高くなるのが分かる。これは放射よけが日射を吸収して温まり，その内表面から長波放射や対流によって温度センサーに熱が伝わるからである。放射によって冷却する夜間は，その逆の現象が起こる。こうした放射影響を除去するには，通風によってセンサーを外気に十分にさらす必要がある。また放射よけ内表面の温度は，一重管よりも二重管の方が気温に近くなるので，センサーへの放射影響が軽減する。

かつての気象観測には百葉箱が使われたが，現在は使われていない。これは百葉箱自体が日射で温まって自然通気式の放射よけと同じような誤差を生じるからである。現在，アメダス観測や道路沿いの気温表示に使われる放射よけ（図 2 左に似た形状）の通風速度は，毎秒 5 m s^{-1} ほどである。なおセンサーと計測器をつなぐ導線が日射で温まり，その熱がセンサーに伝わることもある。このような誤差もセンサーと導線を通風することによって軽減できる。

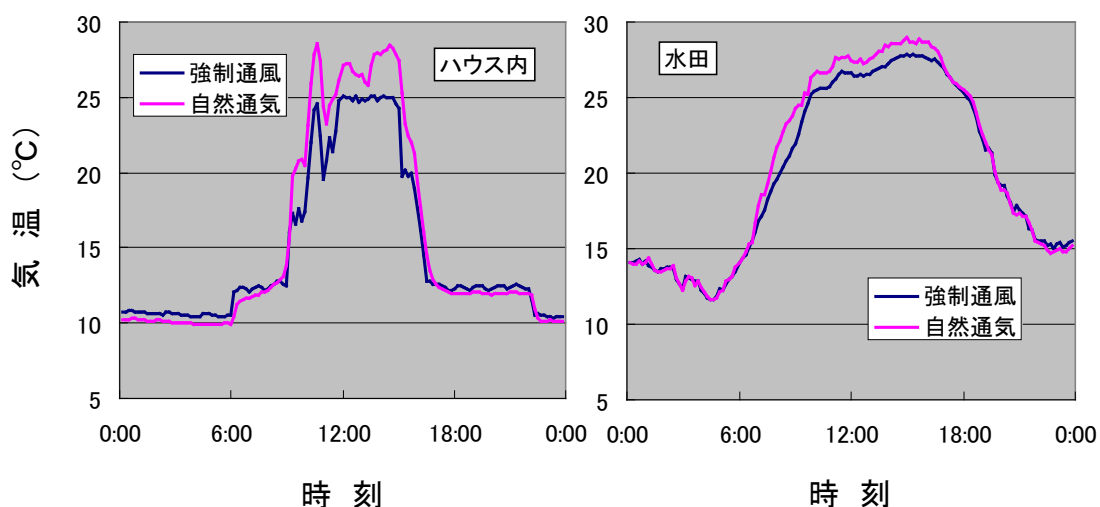


図 3. 強制通風式放射よけと自然通気式放射よけによる気温計測値の比較. 左:プラスチックハウス内, 右:水田

3. 強制通風式放射よけの製作

ファンを用いた通風の必要性を理解できても、市販品は最低でも 5 万円と高価であり、とても多点の計測には使えない。ここではファンの駆動用 DC 電源を含めて 1 万円程度（センサーは別）で自作できる強制通風式放射よけ（以下、通風筒）を紹介する。塩ビ管を利用した二重管式で、管内通風速度は $4 \sim 5 \text{ m s}^{-1}$ である。

3.1 準備するもの

全体の構造を理解するために、完成品（図 4 上）とセンサー取り付け部のカットモデル（図 4 下）を示す。図 4 上の左から空気を吸い込み、右から排気する。センサー（ここでは白金測温抵抗体）はファンの左に位置する。左右のエルボ（L 型配管継ぎ手）は、温度計を水平につるして屋外で使用するときに、雨の吹き込みや朝夕の直射を防ぐために取り付ける。雨のかからないハウス内で垂直につるして使用するなら不要である。センサーの取り付け部は二重管である。

主要な構成部品（図 5）は、1）塩ビ薄肉管 UV50A $\times 25 \text{ cm}$ 長 $\times 1$ 本（通風筒外管）、2）塩ビ薄肉管 UV40A $\times 20 \text{ cm}$ $\times 1$ 本（通風筒内管）、3）分水栓 50A $\times 2$ 個、4）

DC ファン、5）塩ビ薄肉エルボ 50A $\times 2$ 個、6）塩ビ薄肉管 UV50A $\times 7 \sim 10 \text{ cm}$ 長 $\times 1$ 本（エルボ接続用）、7）取っ手（センサー取り付け台）である。

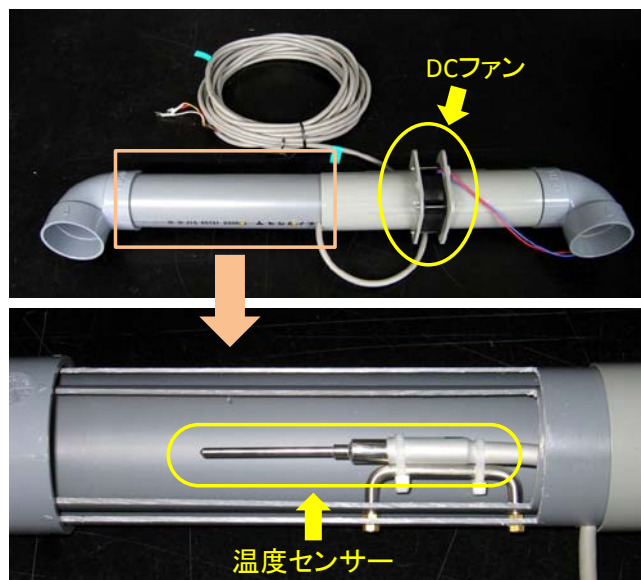


図 4. 完成品(上)とセンサー取付部のカットモデル(下)

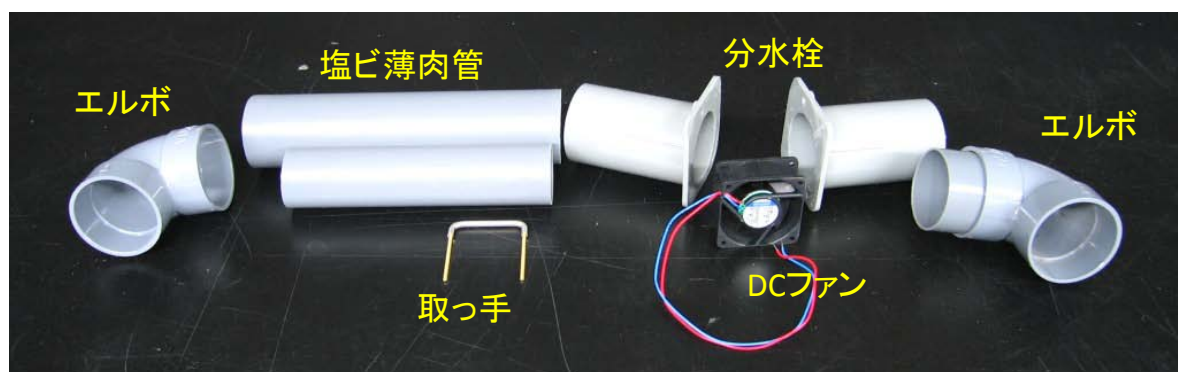


図 5. 主要な構成部品

ここでファンの通風容量を検討しよう。通風筒に使用する外管の内径が 56 mm だから、その断面の気流速度を 4 m s^{-1} とすると $0.59 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ の通風容量が、また 5 m s^{-1} なら $0.74 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ の容量が必要である。ファンの固定に使用する 50A の分水栓には、外枠が 60 mm 角で羽根径が 60 mm 弱のファンがちょうど良いサイズである。筆者らは、DC 12 V 駆動のプロペラファンで $0.5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ (Orix, MD625B-12) や $0.7 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ (ebmpapst, 612NN) を用いて、それぞれ管内中心における風速で 4 m s^{-1} あるいは 5 m s^{-1} を得ている。DC 12 V の供給には、AC 電源があれば安価なスイッチングレギュレータを使用し、AC がなければ電池を使用する。なお AC 駆動ファンやシロッコファンで、同上の仕様を満たすものが今のところ見つからない。

3.2 通風ファンの取り付け

市販の分水栓（上下水道の配管材料を扱う店で入手できる）を利用して、通風用のファンを固定する。分水栓のフタを外し、突起を切り取って平面に加工し、ファンを取り付けるための穴（ ϕ 3.5 mm）を開ける（図 6）。このとき取り付け穴の位置が、分水栓のパイプ外縁ギリギリになるので、正確な位置決めが必要である。筆者らは図 7 のようなガイドを透明 OHP シートに印刷して、位置決めに使っている。分水栓に 3 mm のネジとナットでファンを取り付ける（図 8）。

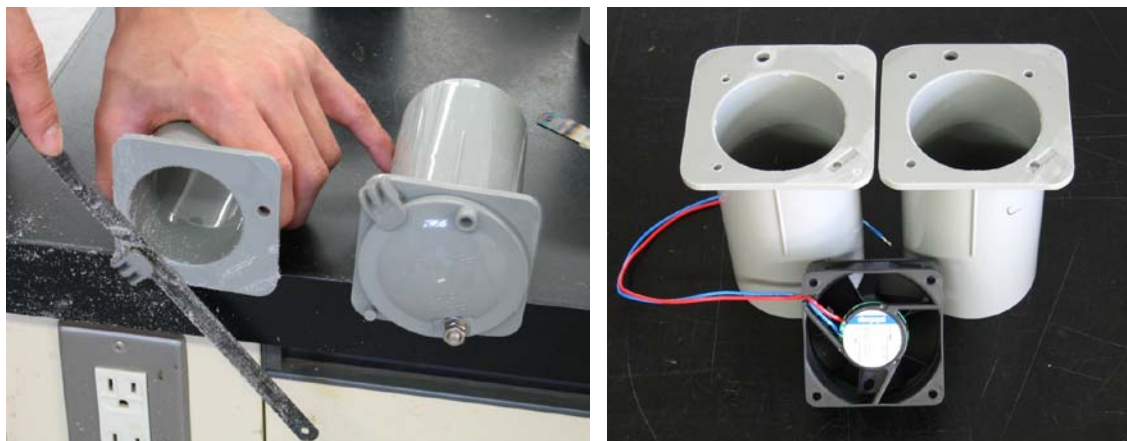


図 6. 分水栓の加工. 不要部分を切り落とし(左), ファン取り付け穴を開ける(右)

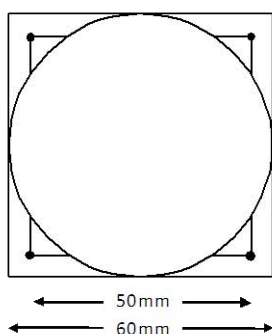


図 7. ファン取り付け穴
用ガイド. ●が穴位

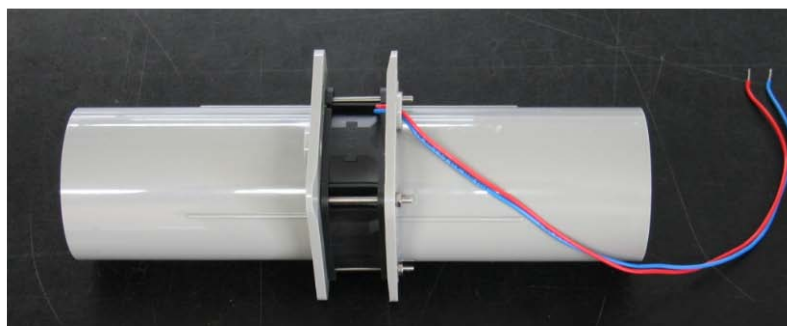


図 8. ファンの取り付け

3.3 センサーと二重管を“取っ手”で固定

大小 2 本のパイプで二重管を作り、かつセンサーを管内に固定するために、引き出しなどの取っ手に使われる部品を利用する。背の平なものを使いやすい。取っ手には長いネジが付いているので、通風筒用にネジを切断する（図 9）。ネジの長さ（表に出ている長さ）は 10 mm が適当である。結束バンドを使ってセンサーを取っ手に固定する（図 10）。

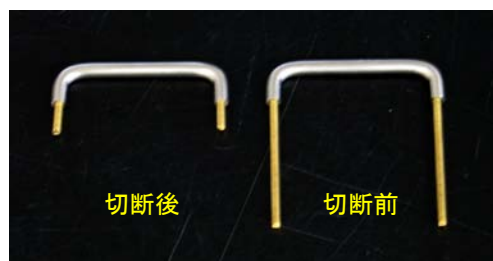


図 9. 取っ手のネジを 10 mm に切断



図 10. センサーを取っ手に固定

3.4 二重管の製作とセンサーの取り付け

塩ビ薄肉管（VU 管）50A と 40A を、それぞれ 25 cm, 20 cm に切断し、図 10 の取っ手を取り付ける穴を開ける（図 11）。さらに外管用の 50A にはセンサーの導線を通すための切り込みを設ける。

最初にセンサー付きの取っ手を内管に挿入し、ネジを内管の外からナットで固定する（図 12）。次に内管を外管に挿入し、ネジを外管の外からナットで固定する（図 13）。このとき取っ手のネジが長すぎると外管に内管が入らず、また短すぎると外管にネジを固定できない。内管と外管の距離は、ネジを内管に止めるときにワッシャをはさんで調節する。

図 13 を図 8 に挿入して通風筒が完成する。通風筒の外面にアルミ箔を巻いたり、あるいは白色ペイントを塗って、日射熱の吸収をできるかぎり軽減する。

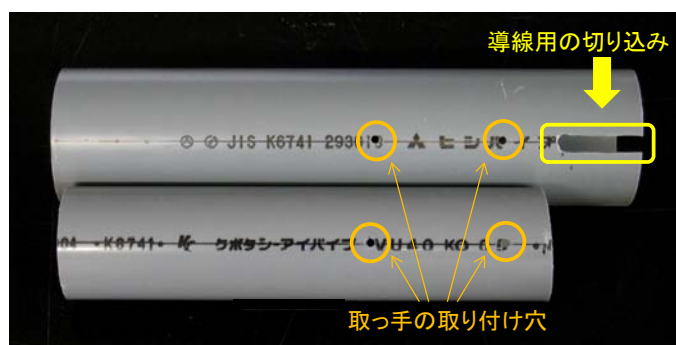


図 11. 塩ビ薄肉管の加工. 50A×25 cm(上), 40A×20 cm(下)



図 12. 内管への取っ手の取り付け



図 13. 二重管の組み立て

4. 終わりに

本仕様と同様の風量を得られる AC ファンやシロッコファンは、断面が 60 mm ϕ よりも大きくなる。このようなファンを利用するときには、異径継ぎ手を用いて本仕様の 50A 管と接続する。この場合、異径継ぎ手の抵抗による風量の低下を考慮して、やや大きめの容量のファンを選ぶ必要がある。

気温計測で苦労する方々は、各人オリジナルの通風筒をお使いであろう。一重管でも通風速度を 10 m s⁻¹ くらいまで高めれば、放射影響を二重管並みに軽減することができる。本仕様とは異なるデザインや特徴を有する作品があれば、是非、ご紹介したい。