正確な気温の観測を低コストで実現する強制通風筒「NIAES-09S」の製作法
—HOBO U23 Pro v2 U23-002 と組み合わせる場合—

A Guide for Building Your Own "NIAES-09S"

-A Low-cost Force-ventilated Radiation Shield for Precise Measurement of Air Temperature

- In the Case of Using HOBO U23 Pro v2 U23-002 Temperature/Relative Humidity Data Logger -

福岡峰彦[*]・桑形恒男[*]・吉本真由美[*]

Minehiko Fukuoka, Tsuneo Kuwagata, Mayumi Yoshimoto

１．はじめに

近年問題となっている夏季の異常高温による作物の生育障害の現況把握と対策を進めるには、圃場の気温を正確に測定する必要がある。百葉箱などの自然通風に依存した放射除けでは、弱風下で強い日射を受けると気温が実際より高めに観測される傾向があるため、強制通風筒の使用が不可欠である。しかし、市販の強制通風筒は 1 台数十万円程度と高価なため利用が限られている一方、自作する場合には測定精度を確保できる構造の検討や、製作の容易さ、仕上がりの均質性が課題であった。そこで著者らは、既製の大量生産資材を組み合わせて自作できる、低コストながら卓越した性能を備えた強制通風筒「NIAES-09」(福岡ら，2010, 2011) とその小型改良版である「NIAES-09S」(福岡ら, 2012) を開発した。

福岡ら (2012) では、NIAES-09S 型強制通風筒に小型温湿度データロガーである和光純薬工業 (株)「THMchip」またはアズワン (株) 「RX-350TH」を組み合わせて温湿度観測を行う場合を例として、NIAES-09S 型強制通風筒の製作方法を図解した。しかし、これらの温湿度データロガーについては粉塵の存在下での使用が想定されておらず、温度や湿度に関する仕様上の適用可能範囲は屋内の環境に準じたものとなっている。一方、農業生産の現場はこのような制限を逸脱しうる過酷な使用環境であるため、これらの温湿度データロガーを自己責任において保証範囲外で使用せざるを得ないという問題があった。

そこで著者らは、農業現場での観測には屋外用の耐候性温湿度データロガーとして販売されている米国 Onset Computer Corp.「HOBO U23 Pro v2 U23-002 Temperature/Relative Humidity Data Logger」がより適していると考え、NIAES-09S 型強制通風筒と組み合わせて使用する場合の構造を検討したので、本稿ではそれを図解する。

[*]大気環境研究領域

Agro-Meteorology Division

インベントリー，第１２号，p15-21 (2014)

２．概要と特長

NIAES-09S 型 (図 1) は、低コストで製作可能な簡易な構造でありながら、気象官署において使用されてきた JMA-95 型地上気象観測装置の強制通風筒 (以下、JMA-95 型) と遜色ない観測精度を備えた縦型の強制通風筒である NIAES-09 型 (福岡ら，2010；福岡ら，2011) の小型改良版である。なお，比較観測の結果は福岡ら (2010) を参照されたい。

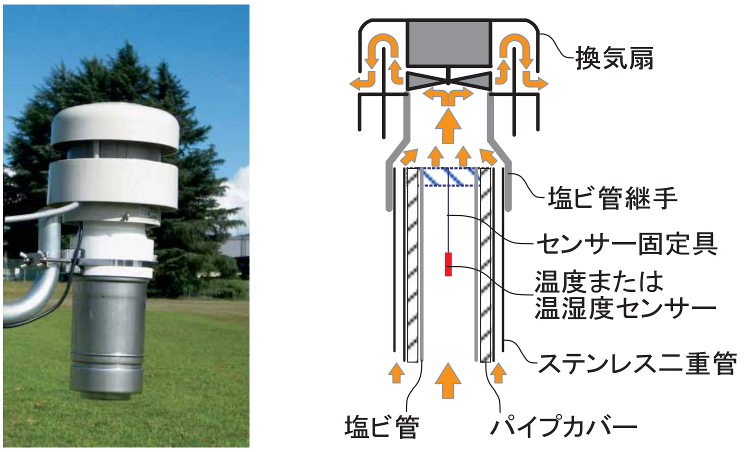


図１：NIAES-09S 型の外観（左）と構造（右）

主要部は大量生産される建築資材をほぼそのまま組み合わせた簡易な構造としたため、自作でも均質な仕上がりが容易に得られる。温度センサーまたは温湿度センサーを格納する部分は、強制給排気（FF）式給湯器の給排気管として用いられるステンレス二重管の内筒に塩ビ管（ライト管）を挿入した構造になっており、センサーはライト管内に吊り下げる。センサー格納部の上部には汲取式トイレ用の換気扇を取付け、センサー格納部下端から空気を吸引する。設置用金具を含む材料費はセンサーを除いて 2 万円以下である。なお、NIAES-09 型の概要と特長の詳細については福岡ら (2011) を参照されたい。また、NIAES-09 型に対する NIAES-09S 型の改良点については福岡ら (2012) を参照されたい。

３．製作方法

製作方法を図 2〜図 5 に示す。なお、指定された部品および構造は慎重に検討を重ねた上で決定されたものであり、安易な変更は精度を損なう恐れがある。

４．使用上の注意

NIAES-09 型の二重管とその内部を構成する部品は全て摩擦によって保持される構造となっている。通常の使用状態では落下することはないが、万が一落下した場合に人や物に危害が及ぶ場所には設置しないよう注意されたい。また、部材の経時劣化への対策については、NIAES-09 型と同様に福岡ら (2011) を参照して適切に保守されたい。

NIAES-09S 型では多くの部材をその製造者が想定する使用形態から外れて流用しているので、製作および観測は製作者の自己責任において実施し、部材製造者に責を問うことのないようにご留意されたい。製作および観測中の事故や観測結果に関し、著者やその所属機関は一切責任を負わない。

引用文献

1) 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美 (2010)：低コストで高精度の気温測定を可能にする強制通風筒. 平成 21 年度 研究成果情報 (第 26 集), 6-7
2) 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美・山田幸則 (2011)：建築資材を活用した低コスト強制通風筒「NIAES-09」の製作法. 生物と気象, 11, A10-A16
3) 福岡峰彦・吉本真由美 (2012)：栽培試験における群落上および群落内気温の観測と利用. 日本作物學會紀事, 80, 363-371
4) 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美 (2012) ：正確な気温の観測を低コストで実現する強制通風筒「NIAES-09S」の製作法. インベントリー, 12, 47-54

問い合わせ先

大気環境研究領域　福岡　峰彦
電話：029-838-8205　e-mail：minehiko.fukuoka@affrc.go.jp

NIAES-09S型強制通風筒の組み立て方（HOBO U23-002温湿度ロガーの場合）

A．部品と道具の用意

部品

1 FF給湯器用給排気筒（ステンレス二重管）(1本)
東北綜合器材(株) W1175 直管 W17L145
φ110mm×φ75mm 有効長145mm（全長206mm）
※表面に貼り付けられたシールは剥がして、ステンレスが剥き出しの状態にしておく。内筒のOリングに塗られたグリスは拭きとって構わない。他社同一規格品でも可。

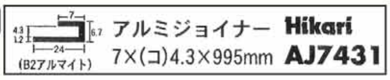
2 トイレ用換気扇（先端取付型）(1台)
パナソニックエコシステムズ㈱ FY-12CEN3
※類似品番のFY-12CE3 は換気風量が小さいため使用不可。FY-12CEN3は換気風量が毎時100m³と大きく、また強風雨時に排気口から雨水が逆流しにくい流路構造となっているので理想的である。同程度の換気風量の換気扇は他にも市販されているが、排気口から羽根が見える構造の換気扇は強風雨時に排気口から雨水が逆流しやすく、センサーの水濡れによる誤差が生じる恐れがあるため推奨しない。

3 フェンス用マスト固定金具（1個）
マスプロ電工㈱ BMK32A-P（2個入）

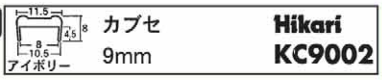
4 BS/CS アンテナ用ベランダ取付金具（1個）
DXアンテナ㈱ MHV-117
またはマスプロ電工㈱ SBM35、SBCM35 等
※取付柱から通風筒を30cm程度離せれば他の製品でも可。

5 硬質塩化ビニル（塩ビ）管用継手（1個）
薄肉（VU）管用インクリーザ（VUIN）100×75

6 塩ビ管（長さ206mm、1本）
ライト（LP）管 呼び径50（外径54mm、肉厚1.5mm）



7 配管用パイプカバー（長さ189mm、1本）
発泡ポリエチレン製、内径49mm×肉厚10mm、
長さ方向に切れ目が入っているもの
㈱イノアック住環境 LTG-40 等）



8 モヘアシール（長さ350mm、1本）
㈱槌屋 ワイドすき間モヘアシール No.15060
（幅15mm×モヘア高さ6mm）

9 アルミ型材（長さ74mm、1本）
㈱光 アルミジョイナー AJ7431
長さは温湿度データロガーとしてOnset Computer Corp.「HOBO U23-002」を使う場合の値。

10 温度センサーの形状に合うアルミや樹脂の型材
「HOBO U23-002」を使う場合、
㈱光 カブセ KC9002（長さ143mm×1本）。
※他のセンサーを使用する場合は、センサーの形状に合わせてアルミや樹脂製のパイプやコの字材などを適宜選択。

11 耐候性結束バンド
・**幅2.2mm×長さ80mm、8本**
ヘラマンタイトン㈱ ABタイ AB80-W-100 等
・**幅7.4mm×長さ250mm、10本程度**
ヘラマンタイトン㈱ リピートタイ RF250-HSW 等

12 超強力両面テープ（厚さ0.6mm×幅12mm×長さ24mm）
住友スリーエム㈱ KKD-12 等

13 温湿度データロガー（1台）
Onset Computer Corp. HOBO U23-002

14 樹脂製ボックス（1個） ※ロガーを風雨から守るため（省略可）
未来工業㈱ ウォルボックス WB-1J 等

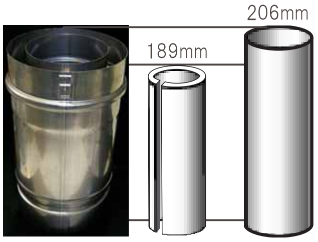
道具

◇金切のこぎり（アルミ用）
◇樹脂用のこぎり（レザーソー工業㈱ レザーソー SELECT200 樹脂 品番151等、板厚0.7mm程度の刃）
◇丸棒やすり（センサーケーブルと同程度の径のもの）
◇プラスドライバ　◇カッターまたはハサミ
（あれば便利：◇リューター　◇リューター用切断砥石）

図 2：NIAES-09S 型強制通風筒の組み立て方 （1/4）

B．部品の準備加工

1. 塩ビ管とパイプカバーの切断



塩ビ管をステンレス二重管の内筒と同じ長さ(206mm)に、パイプカバーはそれより17mm 短い189mm に切る。

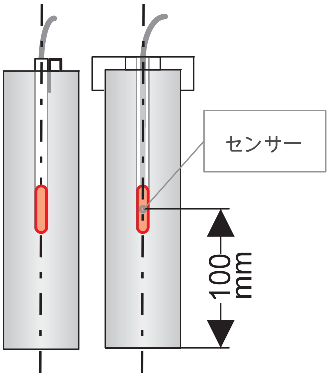
ポイント：端面は直角にカットする。

2. センサー固定具の製作

センサーを塩ビ管の**中心軸上で塩ビ管下端(吸い込み口)から100mmの位置**にぶら下げる固定具を作る。

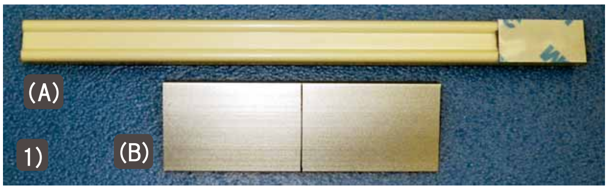
ポイント：センサーは強制通風による空気の流れによくさらされるような方法で固定し、空気の温度とセンサーの温度が素早く馴染むようにする。

様々な断面形状のアルミや樹脂のパイプやチャネル(コの字材)が市販されているので、使用するセンサーの形状に合わせて選択する。



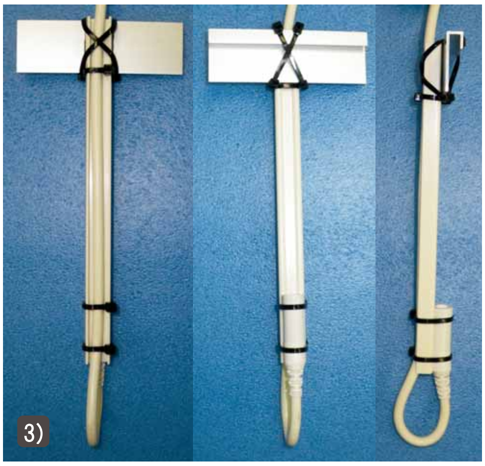
HOBO U23-002を使用する場合の固定具

1) 部品(A)を143mm、(B)を74mmの長さにに切断しておく。アルミの切断が難しい場合はホームセンターの加工室で予め切断してもらっておくとよい。(B)の平滑面の中央(端から37mm)に目印の線を引いておく。



2) (A)の浅溝面の一端から24mmまでの領域に超強力両面テープ(住友スリーエム㈱ KKD-12等)を貼り、(B)の平滑面の中央に引いた目印の線と(A)の中心軸を合わせて接着し、T字型にする。浅溝にまず2つ折にした両面テープを貼って溝を埋め、その上からさらに両面テープを貼ると接着面積を広く確保できる。

3) T字の下端にセンサーを取り付ける。センサー先端のフィルターを風の流れに正対させると埃でフィルターが詰まる恐れがあるため、センサーの先端は風下側(上側)に向け、ケーブルをU字型に折り返して図のように結束バンド(AB80-W)で固定する(浅溝側にセンサ、深溝側にケーブル)。(A)と(B)が分離しないように、結束バンドをたすき掛けして接合部を締めておく。結束バンドの余った部分は切り落としておく。



3. 塩ビ管に切れ込みを入れる

樹脂用のこぎり(または切断砥石を装着したリューター)を使って、塩ビ管に幅1mm弱、長さ17mmの切れ込みを長さ方向に入れる。切れ込みの位置は、センサーの中心が塩ビ管の中心に来るように、巻末の位置合わせ用の図を使ってセンサーの太さに合わせて決める。HOBO U23-002を使用する場合は塩ビ管の中心を横断する線を4mmずらした位置とする。2のセンサー固定具を取り付け、①センサーが管の中心軸上に保持されていること、②ケーブルが管の内壁に接触していないこと、③固定具が管との摩擦で保持できることを確認する。

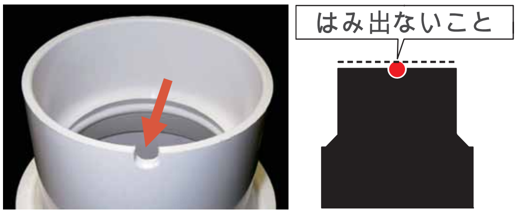
ポイント：切れ込みは塩ビ管の端面から垂直に、長さ方向と平行になるように入れる。斜めだとセンサーが中心軸からずれ、測定誤差の原因になる。切れ込みの幅を広げすぎると固定具を保持するための摩擦が足りなくなるので注意する。

4. 二重管にモヘアシールを巻く

モヘアシール(15mm幅)を，二重管のストッパー金具の直下，段の上端に沿って1周するように張り付ける。

図 3：NIAES-09S 型強制通風筒の組み立て方 (2/4)

5. 塩ビ管継手にケーブル溝を刻む



センサーケーブルの径に合わせて、丸棒やすり等でケーブルがぴったりと通せるU字溝を塩ビ管用継手の細い方の端に刻む。

ポイント：ケーブルが継手の端面からはみ出したり、ケーブルの周囲にすき間が生じないようにする。そうしないと、換気扇を取り付ける際にすき間が生じてセンサーの周囲を通過する風量が低下し、気温が実際よりも高く観測される誤差が生じる。

6. マスト固定金具を継手に固定

フェンス用マスト固定金具のバンドを塩ビ管用継手の太い方に巻き締める。

C．本体の組み立て

7. 換気扇に付属のダクト取付板を固定

換気扇に付属しているダクト取付板を換気扇の吸気口に両面テープで固定する（脱落防止）。ホットボンドが使えるなら、ダクト取付板を所定の位置に入れてから、3本ある爪と板との角にホットボンドを垂らして固定するとよい。

8. 二重管にパイプカバーと塩ビ管を挿入

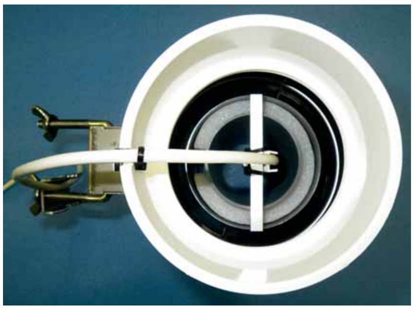
ステンレス二重管をモヘアテープを巻いた端を上にして立てる。パイプカバーを内筒に入れ、その中に塩ビ管を工程3で加工した切れ込みを上にして入れる。

これら3点の部品の下端は揃える。二重管内筒の下端は絞られているため、摩擦力のみでも通常は抜け落ちない。

9. 継手に二重管を挿入

継手の太い側の端が二重管のモヘアシールを巻いた側にある段に沿うまでしっかり差し込む。

10. センサー固定具を塩ビ管に差し込み、取付状態を確認



工程3の条件を満たすことを再確認する。ケーブルは工程5で継手に刻んだ溝から外に出す。

ポイント：ケーブルを少したるませた状態で、継手の内壁付近に位置するケーブルに結束バンドを巻き締めておくとよい。結束バンドが内壁に引っかかるようにすれば、ケーブルが引っ張られてもセンサーの位置がずれない。

図 4：NIAES-09S 型強制通風筒の組み立て方 (3/4)

D. 通風筒の設置

11. 換気扇の取付け

継手の細い側に換気扇を載せ、換気扇に備え付けられた3つのネジを均等に手で締める。換気扇がぐらつかず、容易に外れない程度でよい。締め過ぎると換気扇や継手が変形するので注意する。

※換気扇に付属のネジは錆びやすく、短期間で回らなくなることがあるため、M5×40mmのステンレスネジに予め交換しておくとよい。スレッドコンパウンド等の固着防止剤をネジ山に塗布しておくとさらによい。

12. 支持金具に固定

地面に垂直に立てた足場用パイプなどの十分な強度を備えた柱に、BS/CSアンテナ用ベランダ取付金具を取付ける。マスト固定金具を介して、通風筒をBS/CSアンテナ用ベランダ取付金具のアームの先端に取り付ける。

日本では通風筒の吸気口が地表から1.5mとなるように取り付けるのが標準となっている。作物群落上における観測高度の決め方は福岡・吉本（2012）*日作紀* 81(3):363-371を参照。

取り付けが完了したら、二重管の内筒と外筒が同心になっているか確認し、ずれている場合は修正する。

HOBO U23-002の本体はそのままでも屋外での使用に耐えるが、未来工業㈱ WB-1J等のボックスに収納すると、雨がかかるのを防げる。

ケーブルやボックスは結束バンド（RF250-HSW）を使って固定する。

13. 観測の開始

換気扇のプラグに降雨等により水がかかって漏電することのないように注意しながら、漏電遮断器の入っているコンセントに換気扇のプラグを接続して強制通風を始める。近くに防雨型コンセントがない場合は、換気扇のプラグに防雨カバー（㈱ハタヤリミテッド プラグカッパーⅡ KGS-1等）を取り付けてから防雨型延長コード等に接続する。

通風していない間に筐体が暖まっている可能性があるので、通風を開始してから10分程度待ち、筐体およびセンサーの温度が気温と馴染んでから観測を開始する。

センサー中心合わせ
塩ビ管切れ込み見当用型紙

※内側の円の外径が54mm になるように適宜拡大または縮小して用いる。

・手順2でセンサーを中心に保持するためにジョイナーを塩ビ管の中央からずらす偏移幅を決める。その位置の縦細線の長さを測ってジョイナーの長さにする。

・手順3で切れ込みを入れる位置の目安にするため、太線に合わせて塩ビ管を載せ、中央からの偏移幅に合わせて塩ビ管に印をつける。

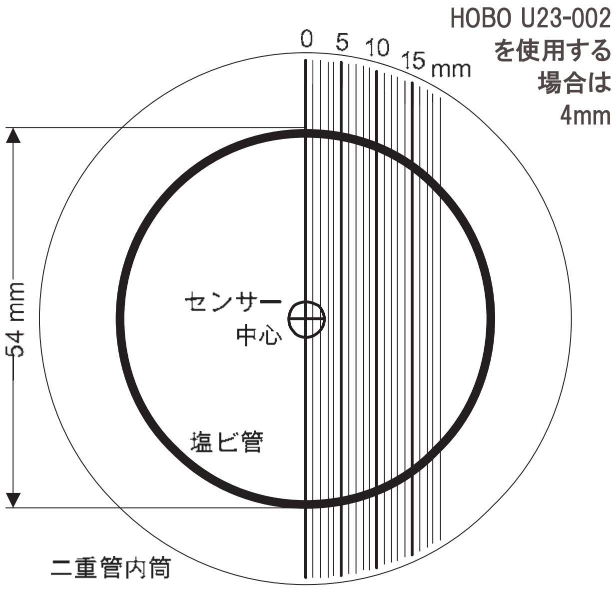


図５：NIAES-09S 型強制通風筒の組み立て方(4/4)