

連載講座「栽培環境における気温の観測技法と利用」

(4) NIAES-09S 改型強制通風筒の製作法

福岡峰彦^{*,**}・桑形恒男^{**}・吉本真由美^{**}(^{*}農研機構 広報部
^{**}農研機構 農業環境変動研究センター)

A Guide for Making Your Own “NIAES-09S (Modified)” Force-Ventilated Radiation Shield

Minehiko FUKUOKA^{*,**}, Tsuneo KUWAGATA^{**} and Mayumi YOSHIMOTO^{**}(^{*}Department of Public Relations, NARO
^{**}Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO)

1. NIAES-09S 改型強制通風筒について

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) とそれを小型化した「NIAES-09S」(福岡ら, 2012; 2014) を開発した。

NIAES-09 型は、低コストで自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ている(福岡ら, 2010)。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であるため(図1)、自作した場合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化ビニル樹脂(塩ビ)管を挿入した構造になっており、センサーは塩ビ管内に吊り下げる。センサー格納部の上部には汲取式トイレ用の換気扇(交流 100V で動作、消費電力 11.5W (50Hz)/14W (60Hz))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。

NIAES-09 シリーズの製法方法については、著者らはこれまでに、原型機である NIAES-09 (福岡ら, 2010; 2011) と、その長さを短縮して小型・軽量にした改良版である NIAES-09S (福岡ら, 2012; 2014) の製作マニュアルを公表してきた。既報(福岡ら, 2014)の公表から間もなく、NIAES-09S 型の主要構成部材であるステンレス二重管が生産終了となったことから、2015 年以降に実施した第 191 回、第 198 回、第 203 回および第 210 回農林交流センターワークショップ「栽培試験における気温の観測技法と利用」においては、ステンレス二重管を全長が 60 mm 長い代替品に交換した「NIAES-09S 改」型強制通風筒(図2)を製作する実習を行った。

この NIAES-09S 改型では、ステンレス二重管の部品変更に伴い、関連する部材の長さが変更されている。その

ため、NIAES-09S 型の製作マニュアル(福岡ら, 2012; 2014)を基に寸法を補正して製作する必要がある、製作方法がわかりにくい状況であった。そこで本稿では、NIAES-09S 改型強制通風筒の製作方法をまとめて紹介するとともに、製作を容易にする型紙を新たに提供する。

2. 使用する部品および製作手順

NIAES-09S 改型はセンサー格納部の構造と寸法に余裕を持たせてあるため、各種センサーを使用者が選択して本機と組み合わせられる。本稿では一例として、農林交流センターワークショップで使用している温湿度データロガーである米国 Onset Computer Corporation 社製「HOBO U23-002」を組み合わせる場合について、使用する部品と具体的な製作手順を図2から図6に示す。図7から図9は製作に使用する型紙である。本稿の冊子版では原寸となっているので、そのままの大きさをコピーして用いる。本稿のウェブ版を印刷して用いる場合には、図中で寸法を指定されている部分が原寸で印刷されるとは限らないので、図中で指定されている寸法と印刷物の実寸を比較し、一致しない場合には拡大・縮小率を調整して原寸となるように印刷して用いる。

製作に要する時間は製作者の知識や経験に大きく左右されるが、工作に慣れていれば1台につき1時間かからずに組み立てられるであろう。農林交流センターワークショップにおいては、製作手順を細かく分割した上で、手順ごとにまず講師による作業の実演を行い、続いて初めて本機を製作する受講者が作業を行う形式で、5時間ほどで完成させている。

本通風筒はオープンハードウェアとして公表するものであり、本稿を参考とした上で、用途などに応じて利用者が自由に構成部材や構造を改変してかまわない。ただし、改変した強制通風筒を用いて取得したデータを公表する際には、NIAES-09S 改型から改変した個所を具体的に明示し、NIAES-09S 改型を利用して得たデータと区別できるように表記することが望ましい。なお、本稿で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ので留意されたい。

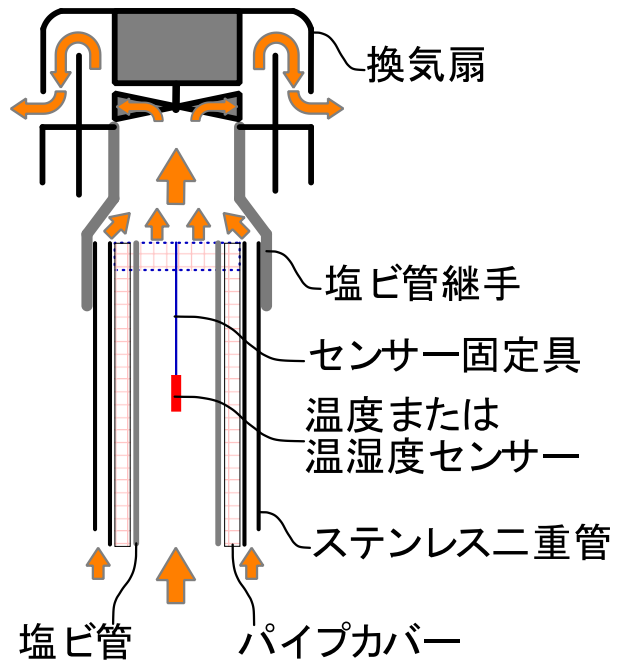


図 1. NIAES-09S 改型強制通風筒の外観と構造（断面図）

3. 通風筒構成部材の経時劣化への対策

強制通風筒を用いた気温観測を長期間継続して行う場合には、構成部材の経時劣化による機能の低下が懸念される。NIAES-09S 改型では特に、二重管の反射性能の低下と、パイプカバーの物性変化による断熱性の低下、換気扇の故障が予測される。

二重管については外面での発錆による反射性能の低下が問題となる。しかし、本稿で使用する二重管と同じ材質（SUS304）の二重管を内陸部（茨城県つくば市）において屋外試験に供したところ、1年半経過後でも表面に薄い錆色の変色斑が散在する程度であった。変色斑は市販のステンレス用研磨剤（たとえば日本磨料工業（株）「ピカールケア」）で容易に取り除けるため、数ヶ月ごとに研磨すれば相当な長期にわたって新品時と同程度の反射性能を維持できると考えられる。一方、沿岸部では塩害により内陸部と比較して重度の錆が発生する恐れがあるが、二重管は4,000 円程度で同一形状のものが入手できることから、研磨による対処が困難になった場合には二重管を新品に交換して手間を省くのが現実的な対応策であろう。なお、交換作業は新品の二重管にモヘアシールを貼って挿し替えるだけで完了する。

パイプカバーについては材質がポリエチレンで耐候性に劣るため、経時劣化による断熱性能の低下が起こりうる。しかし、前記の屋外試験においては1年半経過後でも弾力性の劣化や崩壊等による形状の変化は認められず、摩擦により二重管内筒内に保持されている部材が落下することにはなかった。したがって、1年ごとを目安としてパイプカバーの予防交換を実施すれば、新品時と変わらない状態

を余裕をもって維持できると推察される。なお、パイプカバーの交換に要する費用は材料費が100 円程度で、作業は新品のパイプカバーを所定の長さに切断して挿し換えるだけで完了する。

使用している換気扇は屋外での使用を前提として設計されたものであり、十分な耐候性を備えていると考えられる。設計上の標準使用期間は15 年とされているが、本機ではこの換気扇の本来の用途とは異なる条件で使用するから、使用中は定期的に点検を行い、風量の低下や異音の発生などの異常が認められる場合には換気扇を交換することを推奨する。交換に要する費用は8,000 円程度で、作業は3 本の手回し式の止めねじを緩めて載せ替えるだけで完了する。ただし、製品に付属する止めねじは錆びやすく、ねじ山が錆により膨張してねじが緩められなくなることがあった。この状態では換気扇を取り外すことができないため、内部の清掃やセンサーの交換、換気扇の交換に支障をきたす。対策として、当該ねじをステンレス製ねじ（M5 × 40 mm 程度）に置き換え、固着防止のために潤滑剤（たとえば（株）和光ケミカル「THC スレッドコンパウンド」）をねじ山に塗布することを勧める。

なお、他の構成部材については前記の屋外試験において1年半を経過した後でも、機能上の不具合は生じなかった。このように NIAES-09S 改型の構成部材は、換気扇の止めねじを除いて1 年程度の期間で機能低下が生じる恐れは小さく、優れた耐候性を備えている。また、部材の交換が必要になった場合でも交換部材が安価で容易に入手でき、交換作業は使用者自らが実施できることから、保守費用と作業負担を少なく抑えられる。

NIAES-09S改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

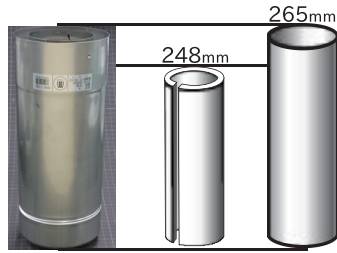
部品

- 1 FF給湯器用給排気筒(ステンレス二重管) (1本)
 (株)パロマ FFHT-1120 φ110mm×φ75mm 有効長145mm(全長265mm)
 ※内筒と外筒の端が揃っている側に付いているC型の金具は除去する。
 ※内筒のOリングに塗られたグリスは拭きとってかまわない。
- 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(株) 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(株) 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(株) MHV-117
 またはマスプロ電工(株) SBM35, SBCM35 等
 ※取付柱から通風筒を30cm程度離せば他の製品でも可。
- 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265mm, 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248mm, 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
 (株)イノアック住環境 LTG-40 等)
- 8 モヘアシール(長さ350mm, 1本)
 (株)榎屋 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) ※手順2の部品(B)
 (株)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 ※手順2の部品(A)
 「HOBO U23-002」を使う場合, (株)光 カブセ KC9002(長さ202mm×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(株) ABタイ AB80-W-100 等
 ・幅7.4mm×長さ250mm, 10本程度 同 リビートタイ 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(株) KKD-12 等
- 13 温湿度データロガー (1台)
 この例では 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(株) 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(レーザーソー工業(株) 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)
 ◇プラスドライバー ◇カッターまたはハサミ

図2. NIAES-09S 改型強制通風筒の組み立て方 (1/5)

1. 塩ビ管とパイプカバーの切断

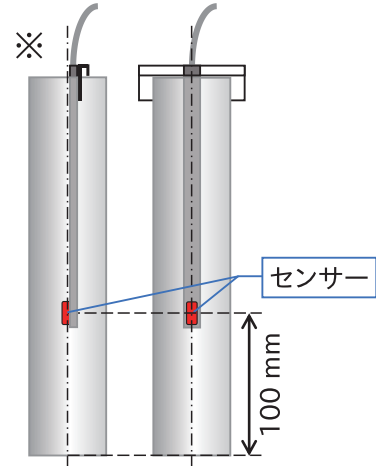


塩ビ管 ⑥ をステンレス二重管 ① の内筒と同じ長さ(265mm)に、パイプカバー ⑦ はそれより17mm 短い248mmに切る。

2. センサー固定具の製作

センサーを塩ビ管 ⑥ 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。

重要なポイント: 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。塩ビ管の内壁面の温度は外部からの熱の影響を受けて気温とは必ずしも一致しないので、センサーを内壁面に近づけたり接触させてはならない。**影響を最小限に抑えるには、内壁面から最も遠い中心軸上にセンサーを保持する必要がある。**



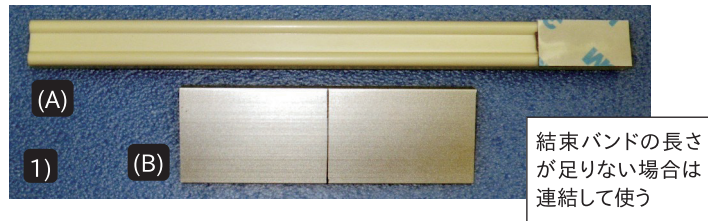
下図の部品 (A) ⑩ はセンサーを塩ビ管内の中心軸上にぶら下げて保持する役割を担う。様々な断面形状をもつ、アルミや樹脂のパイプやチャネル(コの字材)が市販されているので、使用するセンサーの形状に合わせて選択する。

下図の部品 (B) ⑨ は、部品 (A) に固定されたセンサーを塩ビ管の中心軸上で塩ビ管の末端から100mmの位置に保持するために、部品 (A) と一体化させて、塩ビ管の端に入れた切れ込み(手順3を参照)に対して、塩ビ管を縦割りにするような形で差し込まれる。センサーを塩ビ管の中心軸に位置させるために、部品 (B) を挿入する切れ込み位置は、中心軸を含む面を基準として、半径方向に適切な幅だけずらす。この幅を偏移幅と呼ぶ。

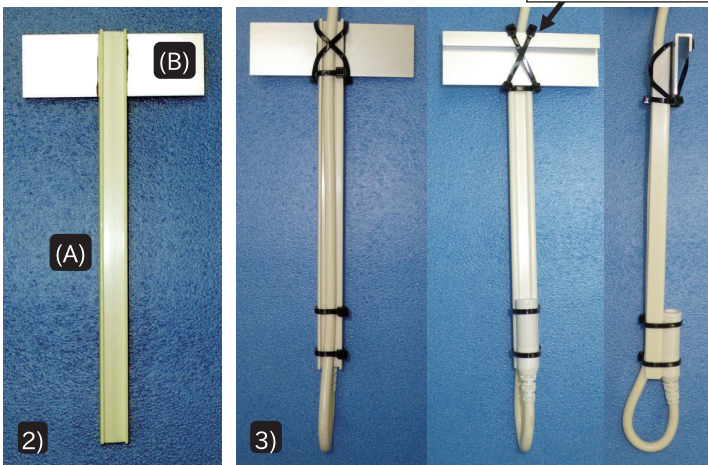
HOBO U23-002を使用する場合

この場合の偏移幅は4mmである。

1) 部品 (A) ⑩ はKC9002を202mm、(B) ⑨ は74mmの長さに切断しておく。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 okay 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 ⑫ 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) ⑪ 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て接合部を締める。結束バンドの余った部分は切り落とす。

HOBO U23-002以外を使用する場合

偏移幅は、センサーの直径または厚さを $S(\text{mm})$ 、部品 (A) ⑩ の厚さ(センサーが接触する面と、部品 (B) ⑨ と接触する面との距離) を $H(\text{mm})$ 、両面テープの厚さ(部品 (A) と部品 (B) との接合面間の距離) を $T(\text{mm})$ 、部品 (B) の厚さを $J(\text{mm})$ とするとき、

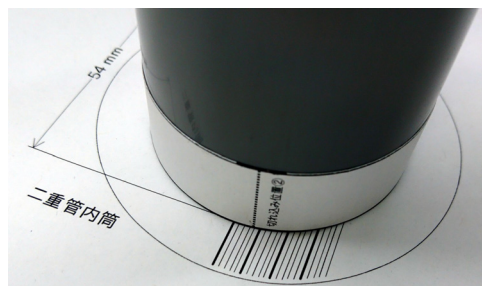
- ・上図※のように、部品 (A) の一面にセンサーを、他面に部品 (B) をそれぞれ取り付ける場合には $S/2 + H + T + J/2$ で、
- ・上図3のように、部品 (A) の同一面にセンサーと部品 (B) を付ける場合には $S/2 - T - J/2$ で、

それぞれ求められる。

部品 (B) は、手順10でステンレス二重管 ① の内筒に挿入する際に内筒とぎりぎり干渉しない長さになると、センサーが塩ビ管の中心軸上からずれるのを防げる。適切な長さは偏移幅によって異なり、内筒の半径を R 、偏移幅を O とするとき、 $2 \times \sqrt{R^2 - O^2}$ により求められる弦の長さから0.5~1mm短くする。図7の同心円状の型紙 A を使い、偏移幅に対応する弦長を測ってもよい。

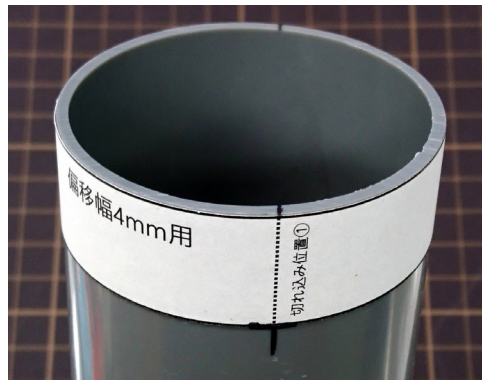
図 3. NIAES-09S 改型強制通風筒の組み立て方 (2/5)

3. 塩ビ管に切れ込みを入れる



1) 塩ビ管 ⑥ に切れ込みを入れる位置を決めるため、図8および図9の短冊型の型紙Bのうち、適切な偏移幅の型紙を丁寧に切り抜いて、薄手の両面テープ等を使って塩ビ管の末端に貼り付ける。

このとき、型紙Bの突き合わせ部が重なったり隙間が生じる場合は、塩ビ管の外径が54mmではない。また、型紙Bの突き合わせ部が平行にならない場合は塩ビ管の端面が軸に対して直角に切れていない。



2) 型紙上の点線が切れ込みを入れる位置になる。型紙Bを巻いた塩ビ管の端面を型紙Aの太線の円に合わせて当て、型紙Bの2本の点線が図7の型紙A上で意図した偏移幅の位置にある直線の上にあることを確認する。塩ビ管の端に巻いた型紙Bの2本の点線のそれぞれの両端にマジックペンで印を付ける。端から遠い方の印はT字型にしておくといふ(型紙Bの幅は17mmなので、Tの横棒を切れ込みの深さの目印にし、Tの縦棒を切れ込みの方向の目印にする)。



3) 型紙Bを外し、点線の両端に付けた印を結ぶようにマジックペンで線を引き、切れ込みを入れる際の目印にする。塩ビ管を平面に立てて置き、平面と塩ビ管に三角定規を当てて線を引き、垂直の線を引きやすい。



4) 樹脂用のこぎり等を使って、塩ビ管に幅1mm弱、長さ17mmの切れ込みを長手方向に入れる。

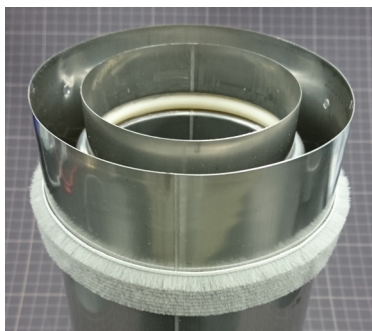
手順2で作成したセンサー固定具を取り付け、①センサーが塩ビ管の中心軸上に保持されること、②ケーブルが管の内壁に接触しないこと、③固定具が管の切れ込みとの摩擦で保持されることを確認する。

ポイント:切れ込みは塩ビ管の端から長手方向に、正確に垂直に入れる。斜めだとセンサーが中心軸から外れて誤差の原因になる。のこぎりの刃は2本の切れ込みを通る向きで入れる。長さが1~2mm程度長くなっても差し支えないが、短いとセンサー固定具が収まらない。切れ込みの幅を拡げすぎるとセンサー固定具を保持するための摩擦が足りなくなるので、拡げすぎないように注意する。



図4. NIAES-09S 改型強制通風筒の組み立て方 (3/5)

4. 二重管にモヘアシールを巻く

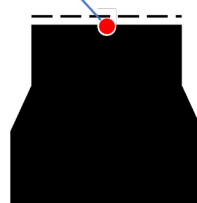


ステンレス二重管 ① の端から35～50mmの範囲で外筒を1周するようにモヘアシール ⑧ を隙間ができないように貼り付ける。

5. 塩ビ管継手にケーブル溝を刻む



はみ出さないこと



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 ⑤ の細い方の端に刻む。

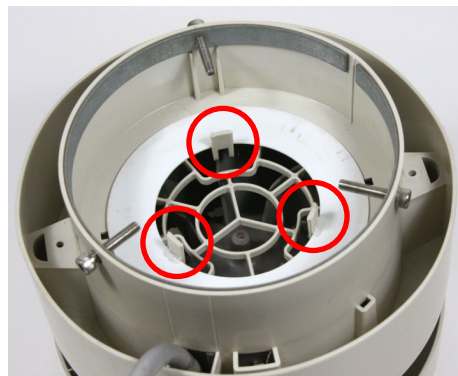
ポイント:ケーブルが継手の端面からはみ出したり、ケーブルの周囲にすき間が生じないようにする。そうしないと、換気扇を取り付ける際にすき間が生じてセンサーの周囲を通過する風量が低下し、気温が実際よりも高く観測される誤差が生じる。

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 ③ のバンドを塩ビ管用継手 ⑤ の太い方に巻き締める。ずれない程度に締まっていれば可。

7. 換気扇に付属のダクト取付板を固定

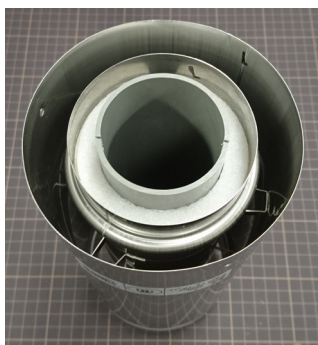


換気扇 ② に付属しているダクト取付板を換気扇の吸気口に両面テープ ⑫ で固定する(脱落防止)。グルーガン(ホットメルト接着剤)が使えるなら、ダクト取付板を所定の位置に入れてから、3本ある爪(図中○)と板との角に溶かした接着剤を垂らして固定するとよい。

C. 本体の組み立て

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 ① 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 ⑦ を内筒に入れ、その中に塩ビ管 ⑥ 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。



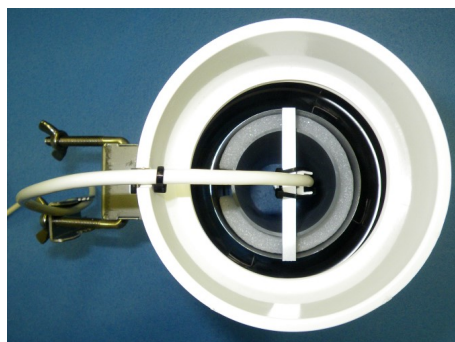
9. 継手に二重管を挿入

継手 ⑤ の太い側に二重管 ① のモヘアシールを巻いた側を奥までしっかりと差し込む。



図 5. NIAES-09S 改型強制通風筒の組み立て方 (4/5)

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4)に記載された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。

D. 通風筒の設置

11. 換気扇の取付け



継手 **5** の細い方に換気扇 **2** 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に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 **4** を取付ける。マスト固定金具 **3** 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。

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てはならない。

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、樹脂製ボックス **14** 等に収納すると、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) **11** を使って固定する。



13. 観測の開始

降雨や灌水により水がかかる可能性がある条件で本機を使用する場合は、短絡や漏電による感電・発火事故の危険を減らすために、必ず漏電遮断器を備えた電源を用いる。換気扇 **2** のプラグに水がかからないよう、屋外用防水コンセントに接続する。近くに屋外用防水コンセントがない場合は、通常のプラグを防雨型プラグに変換する防雨カバー (株)ハタヤリミテッド プラグカッパー II KGS-1等)を換気扇のプラグに取り付け、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ため、電源に接続して強制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。

図 6. NIAES-09S 改型強制通風筒の組み立て方 (5/5)

A) センサー中心合わせ, 塩ビ管切れ込み位置および固定具部品 (B) 長さ確認用型紙

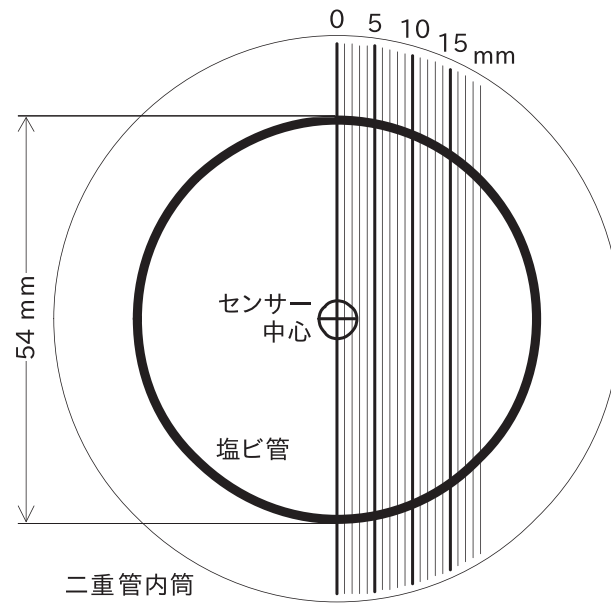


図7. 手順2および3で使用する型紙A

同心円状の型紙Aは、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。内側の円は塩ビ管と、外側の円はステンレス二重管の内筒と、それぞれ同じ大きさになる。

4. 使用上の注意

NIAES-09S 改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恐れは少ないが、万が一落下した場合に人や物に危害が及ぶ場所に設置してはならない。

換気扇の電源には交流100Vを使用するため、漏電による感電や発火等の事故の予防策として、漏電遮断器を備えた電源を使用しなければならない。コンセントに差し込んで使うプラグ型漏電遮断器が市販されているので（たとえばテンパール工業(株)「ビリビリガード」、日動工業(株)「ポッキンブレーカー」）、活用されたい。また、換気扇の電源プラグは防水ではないので、水がかかると短絡や漏電の恐れがある。水がかかる可能性がある場合には屋外用防水コンセントに接続して、プラグに水がかかるとを防ぐ。近くに屋外用防水コンセントがない場合には、プラグに屋外用防雨型変換カバー（たとえば(株)ハタヤリミテッド「プラグカッパーⅡ」）を被せ、防雨型延長コードの防水コネクタボディと接続する。

本機は換気扇の定格を満たす電源に接続し、規定の風量で強制通風することにより本来の性能を発揮する。定格を満たさない電源に接続したり、電源に接続されていない場合には十分な強制通風が行われないため、得られる観測値

は信頼できない。

NIAES-09S 改型では多くの部材をその製造・販売者が想定する使用形態から外れて流用している。したがって、本機の製作と利用はその当事者のみの責任において行うべきものである。本稿を参照してNIAES-09S 改型を製作・利用するにあたっては、それにより当事者や第三者に生じた損害について、著者らは責任を負わないことを予めご理解いただきたい。

引用文献

- 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)(農業環境技術研究所), 6-7.
- 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.
- 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 **10**, 47-53.
- 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美, 2014: 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 —. インベントリー **12**, 15-21.

B) 塩ビ管切れ込み位置および長さ見当用型紙(偏移幅0～9mm用)

169.65mm			
突き合わせ	偏移幅0mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ 17mm
突き合わせ	偏移幅1mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅2mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅3mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅4mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅5mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅6mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅7mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅8mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅9mm用	①置き込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ

図 8. 手順 3 で使用する型紙 B (その 1)

短冊状の型紙 B は、幅が 169.65 mm、1 本の短冊の幅が 17 mm になるように適宜拡大または縮小して用いる。

B) 塩ビ管切れ込み位置および長さ見当用型紙(偏移幅10～19mm用)

169.65mm			17mm
突き合わせ	偏移幅10mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅11mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅12mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅13mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅14mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅15mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅16mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅17mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	
突き合わせ	偏移幅18mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ
突き合わせ	偏移幅19mm用	①重ね込み位置① 切れ込み位置②	突き合わせ

図 9. 手順 3 で使用する型紙 B (その 2)

短冊状の型紙 B は、幅が 169.65 mm、1 本の短冊の幅が 17 mm になるように適宜拡大または縮小して用いる。