

建築資材を活用した低コスト強制通風筒 「NIAES-09」の製作法

福岡峰彦*・桑形恒男*・吉本真由美*・山田幸則**

(* 農業環境技術研究所 大気環境研究領域
** 農業環境技術研究所 広報情報室)

A guide for building your own “NIAES-09”

—A low-cost force-ventilated radiation shield utilizing construction materials

*Minehiko FUKUOKA, *Tsuneo KUWAGATA, *Mayumi YOSHIMOTO, **Yukinori YAMADA

(*Agro-Meteorology Division, National Institute for Agro-Environmental Sciences
**Public Relations and Information Office, National Institute for Agro-Environmental Sciences)

1. 開発の背景

地球温暖化が農業生産に及ぼす影響に関心が集まる中で、気象を専門としない農学諸分野の研究者がそれぞれの分野において温度反応を論じる必要が増している。一方で、気温の観測方法に十分な配慮が払われないまま、誤差を含んだ「気温」に基づいて議論が進みかねないことに危惧の念を抱く向きも少なくなかろう。

低価格の温度ロガーが市場に溢れるようになり、岡田・中村 (2010) が指摘するように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、屋外での気温観測に欠かせない強制通風筒については、依然として低価格温度ロガーをはるかに上回る価格の製品しか市場に見当たらない。また、市販の強制通風筒の多くが特定の温度センサーに合わせて専用に設計されており、多種多様な低価格温度ロガーと組み合わせて使うことが想定されていないのも問題である。

一方、気象を専門とする研究者の間では強制通風筒の自作が行われており、これまでに濱寄 (2003) や細野 (2005)、近藤 (2007)、岡田・中村 (2010)、村上・木村 (2010) がそれぞれの製作法を紹介している。しかし、濱寄 (2003) の設計はハウス内での使用を想定したもの、近藤 (2007) の設計はルーチン観測装置の検定を目的としたもの、村上・木村 (2010) の設計は雨天時の使用を想

定していないものであり、いずれも適用条件が限定される。しかし、もしイネの生育期間全体を観測期間とするならば、屋外において少なくとも4か月に渡って安定して観測を行えることが要求されるため、これらの設計では対応できない。また、濱寄 (2003) や細野 (2005) の設計は細部の寸法が指示されていないため、製作者によって仕上がりに違いが生じる恐れがある。このことは放射除けとしての性能に差異を生じさせる可能性があり、多地点間での比較が困難となる恐れがある。

このような背景から、これまで気象の専門家以外には強制通風筒が普及していると言い難い状況にあった。最近になって、岡田・中村 (2010) が適用条件に制約がない設計についてその製作方法を詳細に解説したことでこの状況は改善の緒に就いたが、強制通風筒のなお一層の普及を推し進めるには、

- ・気象官署やアメダスにおいてルーチン観測用として採用されている強制通風筒と比較して遜色ない観測精度と耐久性を備える
- ・さまざまな形状のセンサーを格納できる
- ・材料がホームセンター等を通じて容易に安価で入手できる
- ・自作でも均質な仕上がりが簡便に得られる
- ・使用者による保守が可能で維持コストが低い

という条件を満たす強制通風筒を設計し、誰でも自由に利用できるオープンソースハードウェアとして詳細な製作方法を公開することが必要と著者らは考えた。そこで本稿では、著者らが開発した強制通風筒「NIAES-09」についてその製作方法を図解する。

<http://www.soc.nii.ac.jp/agrmet/sk/2011/A-3.pdf>

2011年6月30日掲載

Copyright 2011, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

<http://www.agrmet.jp/sk/2011/A-3.pdf>

2. 概要と特長

NIAES-09 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、気象官署において現在使用されている 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 (福岡ら, 2010)。なお、比較観測の結果は福岡ら (2010) を参照されたい。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。設置用金具を含む材料費は、温度センサーを除いて 2 万円以下である。

温度センサーを格納する二重管部は、強制通風筒の構成部材のなかでも自作に高い技術を要し、その構造や製作精度が観測精度に大きな影響を及ぼす恐れがある部分である。そこで NIAES-09 型では、強制給排気 (FF) 式給湯器の給排気管として市販されている既製のステンレス (SUS304) 製二重管を無加工で流用することで、加工の手間を省くとともに製作精度のばらつきを抑えた。

二重管の内筒の内側には、水道管用断熱材である発泡ポリエチレン製パイプカバーを介して、温度センサーを格納する塩ビ管 (ライト管) が挿入され、これらは摩擦により二重管内筒内に保持される。温度センサーは形状に合わせて専用に製作する金具を使ってライト管内に吊り下げる。使用するライト管は内径が 51 mm と大きいので、幅広い形状のセンサーに対応できる。

このように構成された二重管部分の上端は、その周囲に貼り付けたモヘアシールの摩擦で塩ビ管継手と接続され、その塩ビ管継手の上に汲取式トイレ用換気扇 (パナソニック電工 (株) FY-12CEN3) を載せる。周囲の空気は二重管の下端から吸入されて換気扇から排出される。

NIAES-09 型の支柱への取り付けには市販の 2 種類の

テレビアンテナ取付用金具を組み合わせて用いる。まず、フェンス用マスト固定金具のステンレスバンドで本体の塩ビ管継手を巻き締めて一体化する。次に、支柱に BS/CS アンテナ用ベランダ取付金具を固定し、本来アンテナを装着する位置にフェンス用マスト固定金具のボルトとクランプを用いて本体を取り付ける。この組み合わせにより、本体と支柱との距離を 30 cm 程度確保した状態で安定的に固定できる。

NIAES-09 型の重量は JMA-95 型のおよそ半分であり、本体が 2.4 kg、支柱に固定するための支持金具が 1.6 kg 前後である。そのため、安価で入手しやすい直径 48.6 mm の足場用鋼管を地面に垂直に打ち込んで支柱として用いれば、吸気口を地表面から 1.5 m の位置に十分な強度で保持できる。また、BS/CS アンテナ用ベランダ取付金具は一般に最大で 70 mm ~ 80 mm の太さのパイプや角柱への取り付けに対応しているので、既設の様々な径の支柱にも容易に対応できる。

なお、使用する換気扇は AC100 V で動作し、消費電力は電源周波数 50 Hz のとき 11.5 W、60 Hz のとき 14.0 W である。商用電源がなく換気扇を直接駆動できない場所においては、DC12V や DC24V の電源が使用可能であれば、自動車用品店などで入手できる容量 30 W 程度のインバーターを用いて AC100 V に変換すると駆動できる。

3. 製作方法

製作方法は図 2 から図 5 に示した通りである。

4. 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-09 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、換気扇の故障への対策が課題となる。

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懸念されたが、内陸部 (茨城県つくば市) における屋外試験での発錆状況は、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。変色斑は市販の金属用研磨剤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と比較して重度の発錆が予測されるが、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と思われる。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

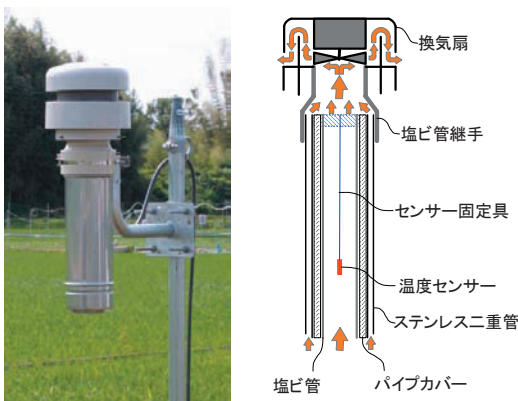


図1. NIAES-09型強制通風筒の外観(左)と断面(右)。

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懸念された。しかし、前記の屋外試験においては1年半経過後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、作業はパイプカバーをはさみで所定の長さに切断して挿し換えるだけで完了する。

ここで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。設計上の標準使用期間は年間2614時間使用する場合で15年とされている。強制通風筒は24時間連続稼動のため使用条件が異なることから単純換算はできないものの、4年半程度で寿命に達する可能性があるかと推察される。交換に要する費用は6,000円程度で、作業は3本の手回しねじを緩めて載せ替えるだけで完了する。

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-09型の構成部材は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、機能を維持するために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ること、また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。

5. 派生短縮型

NIAES-09型では二重管として、給湯器メーカー各社のカタログに収載されていて入手性が良い外筒径100mm×内筒径75mm×有効長300mm(全長355mm)のものを使用したが、径が同じで長さが短い有効長145mm(全長200mm)の二重管も市販されている(たとえば東北綜合器材(株)W17L145)。有効長145mmの二重管で製作した派生短縮型(NIAES-09S型)についても、NIAES-09型と同等の観測精度を有することを確認している。NIAES-09S型はNIAES-09型と比べて高さ方向の大きさが約15cm小さくなるため、設置用の

支柱の高さを低くすることができ、重さも200g程度軽くできる利点がある。

6. 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、換気扇の電源としてAC100Vを使用するため、プラグ部分への雨水の浸入による感電事故の予防策が必須である。プラグに雨水がかかる可能性がある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、防水コネクタボディと接続する。

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いただきたい。製作および観測中の事故や観測結果に関し、著者や所属機関、日本農業気象学会は一切責任を負わない。

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. 研究成果情報(農業環境技術研究所), **26**, 6-7.
- 濱寄孝弘, 2003: 通風筒温度計の作り方の例. http://www.cryo.affrc.go.jp/seisan/meteo/Ura/vent_tube.pdf.
- 細野達夫, 2005: 自作通風筒(細野式 ver3.1)の作り方. <http://cse.naro.affrc.go.jp/tatsuo/files/vent.pdf>.
- 近藤純正, 2007: K34. 通風式標準温度計2号機. <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke34.html>.
- 村上雅則・木村富士男, 2010: 可搬型簡易自作強制通風式気温計作成マニュアル. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 11: 29-33.
- 岡田益巳・中村浩史, 2010: 温度の正しい測り方(1) 通風式放射よけの作り方. 生物と気象, **10**: A-2.

NIAES-09 型強制通風筒の組み立て方

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)
トーセツ(株) 2 重管 (WPB)
φ110mm×φ75mm 直管 300mm
※同一規格であれば他社製品でも可。
- 2 トイレ用換気扇 (先端取付型) (1 台)
パナソニック電工(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、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 アンテナ用ペランダ取付金具 (1 個)
DX アンテナ(株) MHV-117
またはマスプロ電工(株) SBM35, SBCM35 等
※取付ける柱から通風筒を 30cm 程度離すことができれば
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 355mm, 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 338mm, 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
(古河電気工業(株) PC-40, 三菱樹脂(株) PSV40 等)
- 8 モヘアシール (長さ 350mm, 1 本)
(株)植屋 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 (ジョイナー) (長さ 75mm, 1 本)
(株)光 AJ7431 7mm×(コ) 4.3mm×厚さ 1.2mm
- 10 温度センサーの形状に合うアルミ型材
例えば、(株)ティアンドデイ TR-5530 (センサー部直径 3.4mm
×長さ 30mm) を使用する場合には、外径 5mm×肉厚 0.5mm
のアルミパイプ (アルインコ(株) FM-142S 等) (長さ 252mm×1 本)
- 11 耐候性結束バンド (幅 2.5mm×長さ 100mm, 3 本)
(株)オーム電機 耐熱・耐候ロックタイ 100mm 04-3195 等

道具 ◇ 糸鋸 ◇ 丸棒やすり ◇ ホットボンド ◇ カッターまたはハサミ

(あれば便利: ◇ ドリル ◇ リューター ◇ リューター用切断砥石 ◇ ブラインドリベッタ)

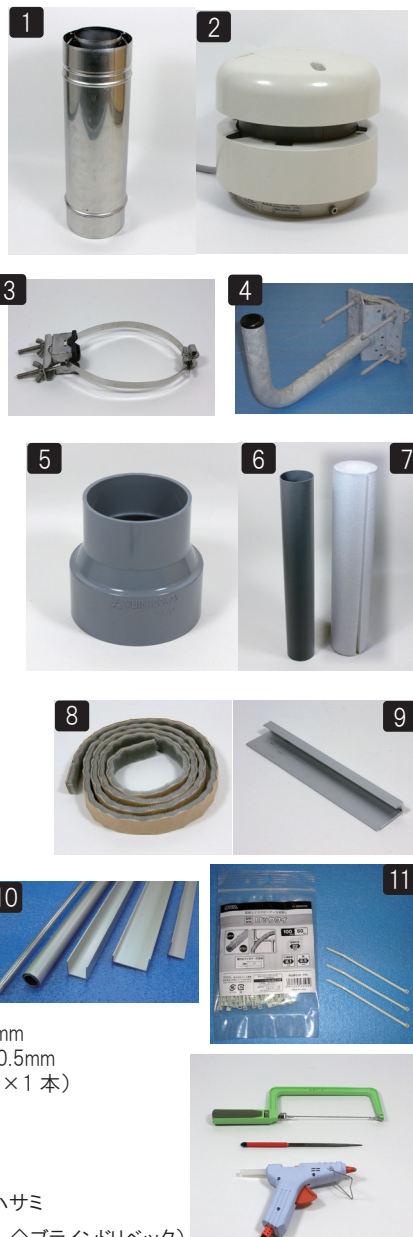
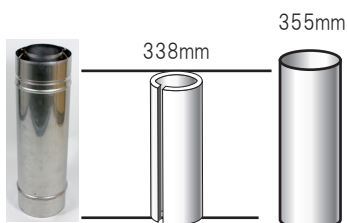


図 2. NIAES-09 型強制通風筒の組み立て方 (1/4).

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（355mm）に、パイプカバーはそれより17mm 短い 338mm に切る。

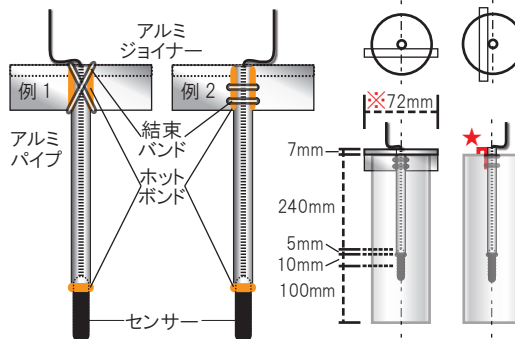
☆ ポイント

端面はきちんと直角にカットする。

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 10cm* の位置に固定する金具を作る。

(* 短縮型の NIAES-09S の場合でもこの寸法は変えない)



※ジョイナーの長さは温度センサーを塩ビ管の中心に持ってくるためにどれだけジョイナーをずらすかによって決まる。7 の字状になった断面（★）の長い方の縦の部分が二重管の内筒の内側に収まり、かつ 7 の字状断面の短い方の縦の部分が内筒のふちに引っかかる長さにする、センサーの万が一の脱落を防ぐことができる。

例) センサーに（株）ティアンドデイ TR-5530 を使う場合

センサーの形状（φ3.4×30mm）に合わせて内径 4mm のアルミパイプを用意し、252（7+240+5）mm の長さに糸鋸で切断。センサーをパイプに通して反対側から出し、パイプの端にセンサー基部を 5mm 程度埋めた状態にしてホットボンドで固定。パイプの反対側には、72mm の長さにカットしたアルミジョイナーを T 字になるように付ける。

ドリルがない場合：

例 1 のように結束バンドをたすき掛けてホットボンドで固定。

ドリルがある場合：

例 2 のようにジョイナーに穴を 4 か所開け、結束バンド 2 本でパイプを固定した上からホットボンドで固定するとしっかりした構造になる。

☆ ポイント

センサーはできるだけむき出しで風にさらされるように固定する。様々な断面形状のアルミパイプやチャンネル（コの字材）が市販されているので、センサーの形状に合わせて選択する。パイプの曲面とジョイナーの平面は接合しにくい、チャンネルならばジョイナーとの接合が平面同士になるので、ボルトやブラインドリベットを使えばしっかりと接合できる。

3. 塩ビ管に切れ込みを入れる



糸鋸（または切断砥石を装着したリユーター）を使って、塩ビ管に幅 1mm、長さ 17mm の切れ込みを長さ方向に入れる。切れ込みを入れる位置は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。2 のセンサー固定具を取り付け、センサーの位置が正しいこと、摩擦で固定具が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



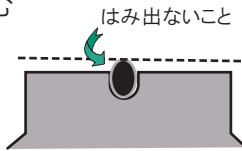
モヘアシール（15mm 幅）を、二重管のストッパー金具の直下、段の上端に沿って 1 周するように張り付ける。

図 3. NIAES-09 型強制通風筒の組み立て方（2/4）.

5. 継手の細い方に溝を刻む



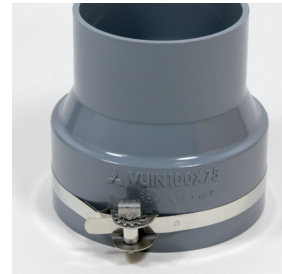
使用する温度センサーのケーブルの径に合わせて、丸棒やすり等でケーブルがぴったりと通せるU字溝を刻む。



☆ ポイント

ケーブルを通した時に継手の端面からはみ出ないようにする。そうしないと、換気扇を取り付けたときにすき間ができ、センサーの周囲を通過する風量が低下する。

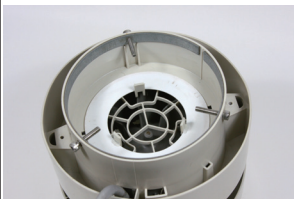
6. マスト固定金具を継手に固定



アンテナマストのバンドを継手の太い側に巻き締める。

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

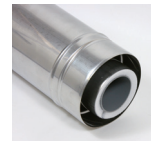


換気扇の吸気口に、付属しているダクト取付板をホットボンド・両面テープ等で固定する。

8. ステンレス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シールを巻いた端を上にして立てた状態でパイプカバーを入れ、その中に塩ビ管を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。二重管の下端は絞られているため、摩擦力のみでも抜け落ちない。

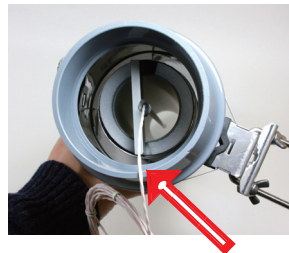


9. 継手を二重管に差し込む



継手の太い側の端が二重管のモヘアシールを巻いた側の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 取り付け状態を確認



工程3の条件になることを確認。センサーケーブルは工程5で継手に刻んだ溝から外に出

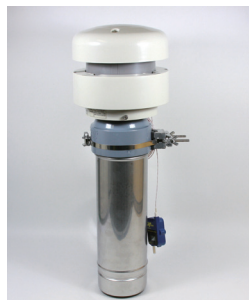
☆ ポイント

センサー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。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がずれない。

図4. NIAES-09型強制通風筒の組み立て方(3/4)。

11. 換気扇の取り付け

継手の細い側に換気扇を載せ、換気扇に取り付けられた 3 つのネジを均等に締めて固定する。

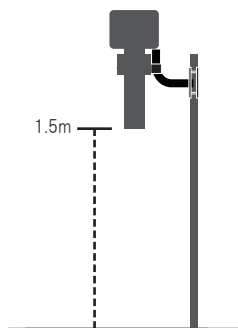


D. 通風筒の設置

12. アンテナマストに固定

地面に垂直に立てた足場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。

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。



13. 観測の開始

換気扇に給電して強制通風を始める。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、通風を開始してから 10 分程度待って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

・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。

※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。

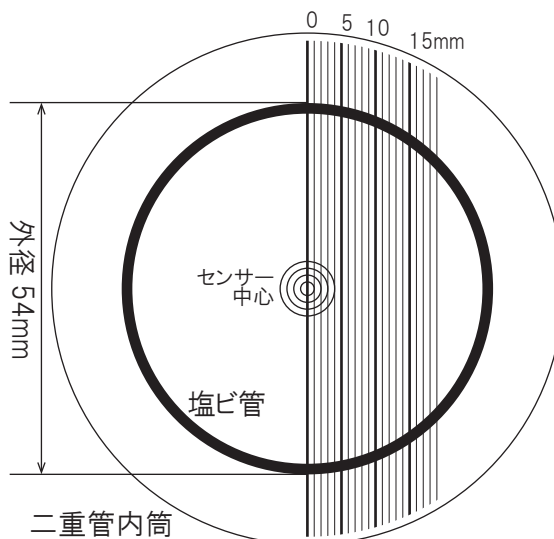


図 5. NIAES-09 型強制通風筒の組み立て方 (4/4).