
 報 告

非固形降水に対する転倒ます型雨量計の風よけの影響調査

 酒井 武*・上甲 実⁽¹⁾・熊本 真理子*

1. はじめに

気象庁で採用している雨量計には、転倒ます型雨量計（以下「RT-1」という。）・温水式転倒ます型雨量計（以下「RT-3」という。）及び溢水式^{いっすい}転倒ます型雨量計（以下「RT-4」という。）の3型式がある。このうち、RT-3及びRT-4は、雪などの固形降水を観測するためヒーターが取り付けられている。

雨量計には、固形降水の捕捉率改善のために風よけ（以下「助炭」という。）という構成品がある。助炭を設置することで固形降水の捕捉に対する風の影響を軽減できる（気象測器検定試験センター、1997、中井・横山、2009）が、雨などの非固形降水に関するその効果を比較したデータが少ない。近年、RT-1とRT-3にも助炭が整備されているという現状を踏まえ、非固形降水の捕捉に対して助炭が与える影響について調査を行った。

2. 試験方法

RT-1とRT-3について助炭を取り付けたものと取り付けないもの（以下「助炭あり」、「助炭なし」という。）を、気象測器検定試験センター内にある試験露場に設置して実施した。それらの4台の雨量計を総称して「各試験器」という。

第1図に試験露場の概観を、第2図に機器の配置を示す。

試験露場は第1図の通り、四方が開けた場所で、建物・木立からは最短で20メートル程度離れて

いる。

各試験器は第2図の通り、東西方向の直線上に配置しているため、両端で最大15メートル離れている。このため、各試験器の測定値の差には、場所の相違に起因する要素が含まれている。そこで、試験器群から両端3メートルの位置及び試験器群の中央付近に貯水型雨量計3台を設置し、3台の測定雨量の平均を試験露場の代表値とした。その3か所で測定したデータに顕著な差異がない事例を一様な降水分布として標本対象とした。顕著な差異が見られる事例は解析から除外することとしていたが、本調査では除外対象となるデータは存在しなかった。

各試験器（RT-1・RT-3）及び貯水型雨量計の概観図を第3図に示す。参考としてRT-4の概観図も第3図に付記する。

調査期間中は雨量計の計量部のみを定期的に入れ替え、測器感部の器差の影響を排除した。

データは半日から数日程度の期間（以下「降水継続期間」という。）に測定した総雨量を1標本とした。降水現象には断続的な止み間が存在するケースがあるが、断続的な止み間も一連の降水とみなして1標本とした。また、降水継続期間内の総雨量が3mm以上であるデータを対象とした（以下「雨量データ」という。）

また、雨量計相互の干渉による降水量の増減を避けるために、風向が雨量計の配列に平行となる東風・西風時の雨量データは除外して解析を行っ

 * 観測部観測課気象測器検定試験センター ⁽¹⁾ 現 観測部観測課航空気象観測室

た.

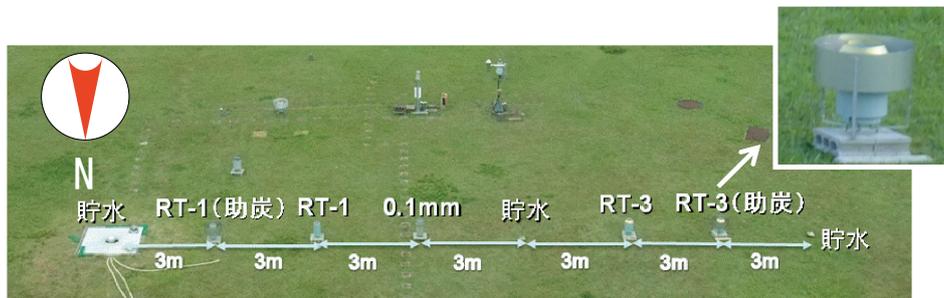
風向風速は、雨量計の受水口付近の高さに設置した超音波風向風速計で測定した。以下、超音波風向風速計による測定値の10分平均値の、降水

継続期間における最大値を「風速データ」という。

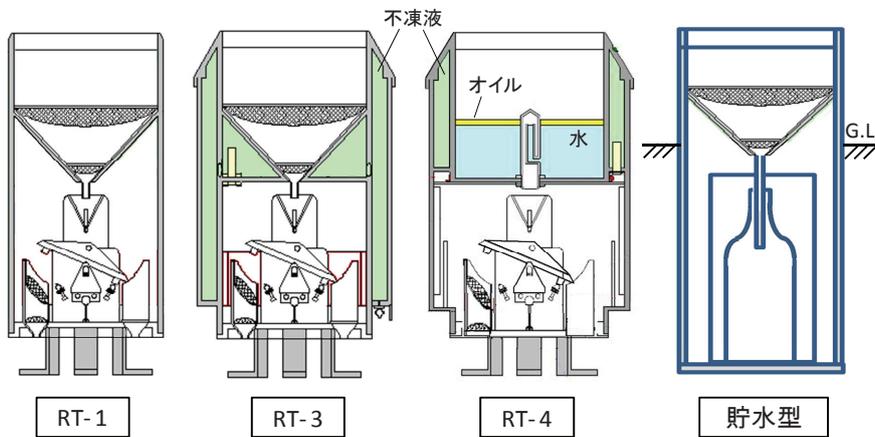
試験期間は2009年5月24日から2009年12月12日である。



第1図 試験露場の概観



第2図 試験機器配置



第3図 試験に使用した雨量計の概観図 (RT-4は参考、試験には使用せず)

3. 試験結果

第4図に、RT-1・RT-3それぞれについて、助炭あり・助炭なしの雨量データを対比した散布図を示す。縦軸は助炭なしの雨量データ・横軸は助炭ありの雨量データである。

また、第5図に、助炭あり・助炭なしそれぞれについて、RT-1・RT-3の雨量データを対比した散布図を示す。縦軸はRT-3の雨量データ・横軸はRT-1の雨量データである。

第4図・第5図から、全てのグラフについて差異は認められないが、統計学的に差異が存在しないことを検証する必要がある。

助炭あり・助炭なしの雨量データに有意差があるならば、平均と分散に有意差が発生することになる。

分布が正規分布に従うかどうかによって、適切な統計手法が異なるため、まず、雨量データが正規分布であるかどうかを検証した。

正規性の検証には Jarque-Bera 検定 (Jarque and Bera, 1987) を用いた。Jarque-Bera 検定は、標本数・尖度・歪度を変数とした次の数式により検定統計量が定義され、判定される。

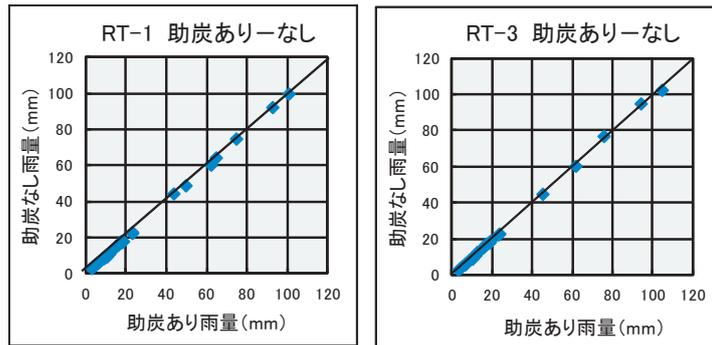
$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{K^2}{4} \right)$$

JB: 検定統計量

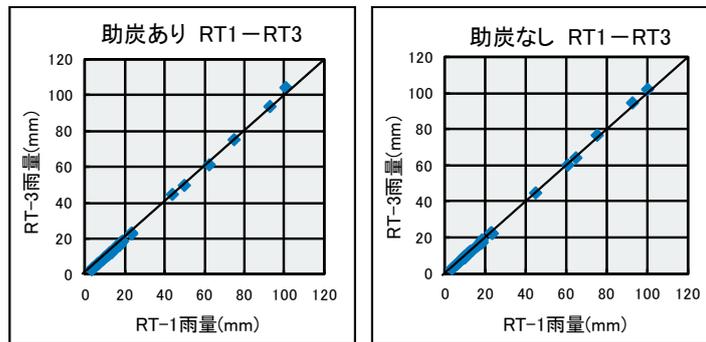
n: 標本数

S: 歪度

K: 尖度



第4図 助炭あり・助炭なし雨量散布図



第5図 RT-1・RT-3雨量散布図

Jarque-Bera 検定の結果を第 1 表に示す。

Jarque-Bera 検定は自由度 $df=2$ の χ^2 分布に従い、 $df=2$ の $\chi^2_{0.05}=5.99 \geq JB$ の時、有意水準 5% で正規分布に従うと考えられる。各試験器の雨量データは全て $JB > \chi^2_{0.05}$ であることから帰無仮説は棄却され、正規分布ではないことが分かった。

次に各試験器の雨量データの分散が均一であるかを検証した。各試験器の雨量データは正規分布でないことから、検証方法として Levene 検定 (Levene, 1960) を選択した。Levene 検定の数式は以下の通り。

$$W = \frac{(N-k)}{k-1} \frac{\sum_{i=1}^k N_i \left(\frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij} \right)^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} \left(Z_{ij} - \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} Z_{ij} \right)^2}$$

W : 検定統計量
 N : 全体の標本数
 N_i : i 群の標本数

$$Z_{ij} = \begin{cases} Y_{ij} - \bar{Y}_i \\ Y_{ij} - \tilde{Y}_i \end{cases}$$

Y_{ij} : i 群の j 番目の標本の数値
 \bar{Y}_i : i 群の平均
 \tilde{Y}_i : i 群の中央値

今回の統計では、 Z_{ij} の計算に \tilde{Y}_i を用いた。

得られた検定統計量 W は 0.0033 で、 $\Pr(>W)$ は 0.9997 であることから、各試験器の分散は均一であることが分かった。

そこで、各試験器の雨量データの平均に有意差があるかどうかを検証するため、一元配置分散分析を行った。一元配置分散分析の数式は次の通り。

$$F = \frac{\sum_{j=1}^k N_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 / (k-1)}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 / (N-k)}$$

F : 検定統計量
 N : 全体の標本数
 N_j : j 群の標本数
 k : 群の数
 \bar{X} : 全体の平均値
 \bar{X}_j : j 群の平均値
 X_{ij} : i 群の j 番目の標本の値

得られた検定統計量 F は 0.0021 であり、有意水準 5% での有意確率 $\Pr(>F)$ は 0.9999 であることから帰無仮説は棄却され、各試験器の雨量データの平均に有意差がないことが分かった。

次に、風速データの強弱によって各試験器の雨量データに有意差が発生するかを検討してみた。まず、風速データの強弱と雨量データの関係性を検討するために回帰分析を行った。

第 2 表に、その結果から得られた各試験器に対する決定係数を示す。

第 2 表から、各試験器の雨量データに対しても風速データは 3 ~ 4% 程度しか説明できないことが分かる。したがって本調査では、雨量データと風速データの間に関係性は認められなかった。

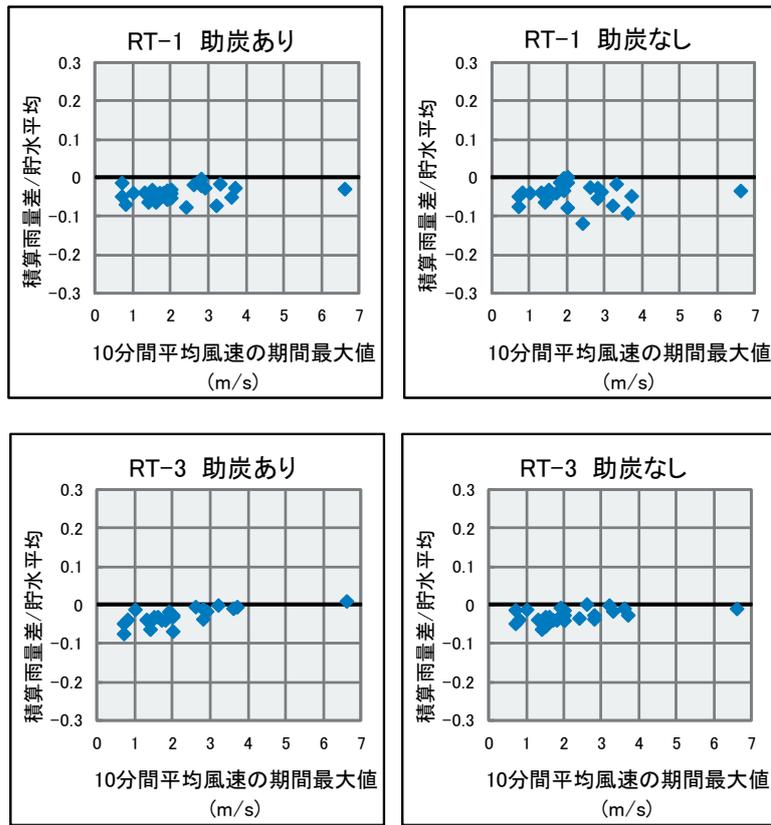
第 6 図に、降水継続期間の積算雨量及びその期間の最大風速を対比した散布図を示す。縦軸は、貯水型雨量計の平均値を基準とした各試験器の 10 分間積算雨量の偏差 (貯水平均で規格化)、横軸は降水期間の 10 分間平均風速の最大値である。1 点を除き、全ての事例が 0.1 ~ -0.1 の範囲にあり、雨量データと風速データに関して因果関係がないことが第 6 図からも確認できる。

第 1 表 Jarque-Bera 検定結果

	標本数	尖度	歪度	JB
RT-1助炭あり	41	2.258	1.778	30.308
RT-1助炭なし	41	2.247	1.774	30.136
RT-3助炭あり	39	3.089	1.956	40.380
RT-3助炭なし	40	2.715	1.906	36.500

第 2 表 風速と雨量の回帰分析結果

	有効標本数	相関係数	決定係数
RT-1助炭あり	40	0.176	0.031
RT-1助炭なし	40	0.174	0.030
RT-3助炭あり	38	0.189	0.036
RT-3助炭なし	39	0.182	0.033



第6図 貯水平均を1とした場合における10分間積算雨量と貯水平均の差及び降水期間における10分間平均風速の最大値の散布図

4. まとめ

今回の調査において、RT-1とRT-3に関して助炭の有無による、非固形降水の降水量に有意差は認められなかった。また、RT-1とRT-3で観測する非固形降水の降水量についても、有意差がないことを確認した。

この結果、非固形降水の観測にあたり、助炭を設置したままでも観測誤差は生じないことが確認された。

参 考 文 献

- 気象測器検定試験センター (1997) : 固形降水の観測精度改善の試験. 測器技術資料, 0901 (平成8年度, 9年度試験改良業務)
- 中井 専人・横山 宏太郎 (2009) : 降水量計の捕捉損失補正の重要性—測器メタデータ整備の必要性—, 天気, 56, 69-74.
- Jarque, C. M. and Bera, A. K. (1987) : A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. International Statistical Review, 163-172.
- Levene, H. (1960) : Robust tests for the equality of variances. Contributions to Propability and Statistics, 278-291.