

百葉箱の中の気温変動と風速の関係

大和広明^{1,2}・浜田 崇¹

百葉箱自体が自然通風式であることに起因する観測誤差を見積もるため、百葉箱内外の気温の比較および、百葉箱内の壁面温度の観測を行った。百葉箱内の気温の時系列変化は壁面温度と同じような変化をしており、1分毎の気温の変動幅は約2℃程度であり、百葉箱内の気温の上限は壁面温度であった。百葉箱内の気温を百葉箱外のアスマン通風乾湿計の通風時間の5分で平均した値はアスマン通風乾湿計で観測した気温より約1℃程度高温であり、百葉箱の外の風速が大きいほど百葉箱内の気温低下量が大きくなる傾向が見られた。

キーワード：百葉箱，自然通風式シェルター，アスマン通風乾湿計，気温変動

1 はじめに

百葉箱を用いた気温観測は、電源を必要としないことから、広く局地気象の研究に使用されてきた^{1)~3)}。また当研究所でも長野市内の百葉箱を用いて長野市におけるヒートアイランドの実態把握を行っている⁴⁾。

一方で、百葉箱を含む自然通風式シェルターは、強制通風式のシェルターに比べて、日中の気温が高く観測されること⁵⁾や、百葉箱自体は強制通風式のシェルターに比べて、百葉箱内の熱容量が大きいため、午前中を中心に気温が低くなる⁶⁾など、観測上の問題点が指摘されている。

そこで、本研究では、百葉箱自体が自然通風式であることに起因する観測誤差を見積もることを目的とし、百葉箱近くで観測した強制通風式シェルターの観測値との比較を行った。さらに、百葉箱内の通風状況と、百葉箱内の気温の変化の関係についても若干の検討を行ったので、その結果を報告する。

2 方法

2.1 観測方法

観測は、百葉箱と強制通風式シェルターの観測値の差が大きくなると考えられる夏季晴天日を対象に、百葉箱のすぐ側で強制通風式シェルターを用いた気温観測を行い、百葉箱内外の気温差を比較し

た。さらに百葉箱内の空気の換気の良さが百葉箱での気温観測値へ及ぼす影響を評価するために、百葉箱の外側で風向風速を観測した。

また、気温の観測値は空間広さに大きく影響を受けることが知られている⁷⁾⁸⁾ため、空間広さが異なる長野市内の2つの小学校における百葉箱を対象とした。

観測項目および使用測器を表1に示す。観測項目の中の百葉箱の外の気温観測はアスマン通風乾湿計(以下、アスマン)を使用し、観測時間の5分前からファンを回して観測した。2つの小学校における観測日の天気は晴れで、観測時間中は概ね百葉箱には日射が当たっていたため、両日とも大気上端からの太陽(短波)放射量は同じであると見なせる。2つの小学校の百葉箱の大きさ、設置高に大きな違いは無いが、K小学校の百葉箱が単葉でS小学校は複葉であり、S小学校の方がやや風通しが悪い可能性がある。

表1 観測項目・場所の一覧

場所	観測項目	観測間隔	使用測器
百葉箱内	気温	1分・10分	おんどとりJr (TR-52i)
百葉箱内	壁面温度	10秒	熱電対
百葉箱外	気温	30分	アスマン通風乾湿計
百葉箱外	風向風速	1分	Young社製CYG-5103

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野県長野市北郷 2054-120

2 現 埼玉県環境科学国際センター 温暖化対策担当 〒347-0115 埼玉県加須市上種足 914

2.2 百葉箱の周辺環境および観測測器の配置

① K 小学校 (図 1a,b)

百葉箱は中庭にあり、北側を校舎、南側に体育館がある。百葉箱の東西に校舎と体育館を結ぶ渡り廊下があり、百葉箱のちょうど東西方向に渡り廊下の風の通り道がある。百葉箱自体は観測時間中校舎や樹木等の影になることはなかった。大和ほか(2018)と同じ方法で算出した空間広さは、2.04 である。

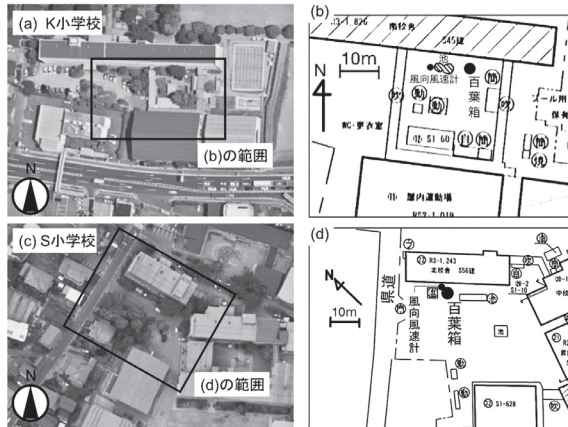


図1 観測点付近の航空写真 (a,c) と建物配置図 (b,d) 航空写真は地理院地図を使用、建物配置図は長野市教育委員会提供のものを使用。

百葉箱の西 6m ほどの場所に、ひょうたん型の浅い池があり、そのすぐ西側に風向風速計を設置した(図 2)。アスマンは、百葉箱のすぐ北西側にてワイヤーでアスマン本体を吊して観測した。アスマンの感温部が 14:00 以降は日陰に入ったため、日向になるように 50cm ほど校舎側に移動した。

観測は 2018 年 7 月 31 日の 9:00 から 16:10 まで実施した。なお、百葉箱内の気温の 1 分観測および壁面温度観測は 10:10 から 16:10 の間である。



図2 K 小学校の観測点写真

② S 小学校 (図 1c,d)

百葉箱は北側の校舎の南側、道路の北側に位置している。また、百葉箱の北西側には温室があり、県道の方から吹く風が弱められていた。また、県道の反対側にも校舎があり、風が通り抜ける箇所がない。空間広さは 1.32 である。風向風速計は百葉箱の校舎側に設置し、百葉箱と風向風速計の間に比較観測用のアスマンを設置して観測を行った(図 3)。

観測は 2018 年 8 月 6 日の 10:06 から 15:30 まで実施した。



図3 S 小学校の観測点写真

3 結果

3.1 百葉箱内外の気温の比較

K 小学校および S 小学校における百葉箱内外の気温観測および百葉箱内の壁面温度、風向風速の時系列変化を図 4 に示した(壁面温度は 1 分毎の観測値を使用)。

まず、百葉箱内の気温の時間変動の特徴を見てみると、K 小学校および S 小学校ともに百葉箱内の気温と壁面温度の時系列変化傾向は似ていた。ただ百葉箱内の気温は壁面温度に比べて変動が大きくなっており、変動の上限は壁面温度、下限は壁面温度から約 2℃ 低い温度であった。なお S 小学校の 14:00 前後に気温の低下が見られたが、これは積雲によって一時的に直達日射が無くなった影響である。

次に百葉箱外の気温と百葉箱内の気温を比較すると、概ね百葉箱内の気温変動幅の範囲内に百葉箱外の気温が入っていた。しかし、K 小学校の 10:30 以前、S 小学校の 12:00 以前は百葉箱内の気温が外の気温に比べて高く、先行研究⁶⁾の結果と逆の傾向が見られた。K 小学校においては、百葉箱内の気温が上昇している 14:00 までは、百葉箱外の気温は百葉箱

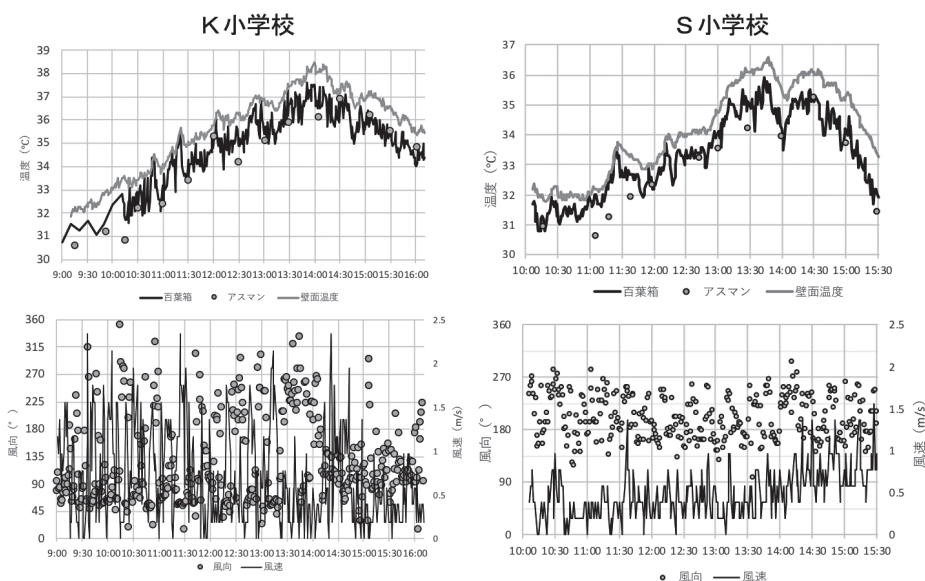


図4 K小学校とS小学校における時系列
 上段：百葉箱内の気温、壁面温度、および百葉箱外の気温
 下段：百葉箱外の風向と風速

表2 百葉箱内外の気温の差
 百葉箱内の5分平均気温から百葉箱外の気温を引いた値(°C).

K小学校		S小学校	
10:30	0.5	10:17	0.2
11:00	0.5	11:06	1.2
11:30	0.5	11:18	1.3
12:01	-0.1	11:38	0.8
12:30	1.0	11:59	0.2
13:01	0.5	12:43	0.2
13:30	0.6	13:00	0.6
14:05	0.7	13:29	0.8
14:30	-0.5	14:00	0.4
15:05	-0.1	14:30	0.0
15:31	-0.3	15:01	0.3
16:03	-0.4	15:30	0.6

内の気温変動の下限近くの値であり、14:00以降は上限付近の値であった。S小学校では、百葉箱内の気温変動の下限近くの値であった。

百葉箱内の気温をアスマン通風乾湿計の通風時間の5分で平均した値とアスマン観測値の差は(表2), K小学校は百葉箱外の気温に比べて最大で1.0°C高く、最小で0.5°C低かった。S小学校は、最大で1.3°C高く、最小は同じ気温であった。ただ、K小学校の12:30はアスマン通風乾湿計の感部が日陰になったため、気温が低くなった可能性があり、その値を除くとK小学校においては差は最大0.7°Cであると考えられる。K小学校とS小学校を比較すると、S小学校の方が百葉箱内の気温が百葉箱外の気温よりも

高い傾向にあった。

3.2 百葉箱外の風速と百葉箱内の気温変化

K小学校の風は建物配置の影響を受けて風向は主に東よりと西よりの風が多く、その中でも東寄りの風が多くなっていた(図4)。風速は0~2m/sの間で変動していた。S小学校では、K小学校よりも風が弱く、14:00以前では一部を除くと1m/s未満であった(図4)。風向は百葉箱が道路に面した方角である150~270°であった。

百葉箱内の気温が通風の大きさによってどのように変化するのかを解析するため、気温変化量と風速の散布図を作成した(図5)。通風の影響が百葉箱外の気温が上昇している時間と下降している時間で異なることが考えられるため、分けて図を作成した。百葉箱内の気温の時間変動が大きいため、平均的な変化傾向が捉えられるように時間平均を取った。具体的には、9分移動平均値から前4分平均値を引いた値とした。同様に、風速の方も1分毎の変動が大きいため、2分平均を取った。

S小学校の気温下降時間帯を除き、有意水準1%で有意な相関が見られ、百葉箱外の風速が大きいほど百葉箱内の気温が低下し、逆に風速が弱いと気温が上昇する傾向が見られた。

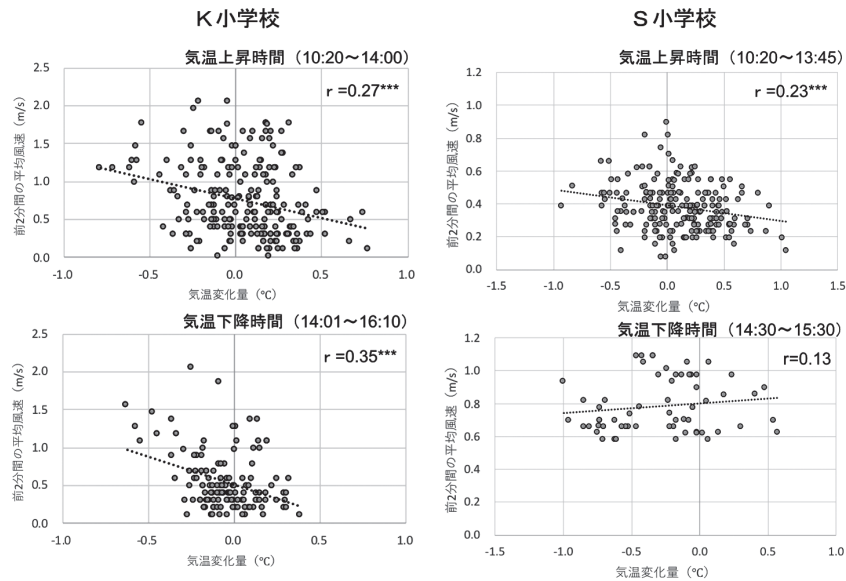


図5 百葉箱外の平均風速と百葉箱内の気温の変化量
 風速は前2分の平均値，気温変化量は9分移動平均値から前4分平均値を引いた値

4 考察

K小学校およびS小学校の両方で、百葉箱内の1分毎に気温が変動していた。この変動の要因の一つとしては百葉箱の外の風速が考えられ、図5に示したように風速が大きいほど、百葉箱内の気温が低下する傾向が認められた。しかし、気温変化量が小さい時に風速のバラツキが大きいことや、S小学校の気温低下時間帯では百葉箱外の気温の方が低いにも関わらず気温の変動と風速に関係が見られなかったこと、さらにK小学校の気温低下時間帯では、百葉箱外の気温が高いにもかかわらず、風速が大きいほど百葉箱内の気温低下が大きい傾向が見られたことなどから、百葉箱内の気温変動には風速以外の要因を考慮する必要があると思われる。

百葉箱内外の気温差については、空間広さが狭いS小学校の方が大きくなっていった。空間広さが狭いことにより風が弱く、自然通風式シェルターの通風が十分ではないことによる誤差が大きくなりやすいと考えられる。しかし、K小学校とS小学校は完全に同じ条件ではないので直接比較するのは難しく、観測例を増やして今後検討をしていく必要がある。

5 まとめ

2018年夏季の晴天日2日間の観測結果を対象に、百葉箱の周囲の環境が異なるK小学校とS小学校

について、百葉箱を用いて観測された気温の測定誤差の要因を明らかにするため、百葉箱内外の気温の比較および、百葉箱内の壁面温度の観測を行い、以下の結果が得られた。

- 百葉箱内の気温の時系列変化は壁面温度と同じような変化をしており、1分毎の気温の変動の上限が壁面温度で、下限が壁面温度から約2℃低い温度であった。
- 百葉箱内の気温を百葉箱外のアスマン通風乾湿計の通風時間の5分で平均した値は、アスマン通風乾湿計の気温よりも最大で約1℃程度高温であった。
- 百葉箱内の気温の低下量は、百葉箱の外の風速が大きいほど大きくなる傾向が見られたが、バラツキが大きく、百葉箱外の風速以外の要因も考えられた。

謝 辞

本研究は、文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援を受けた。

文 献

- 1) 三上岳彦・大和広明・広域 METROS 研究会 (2011)：広域 METROS による首都圏高密度気温観測とその都市気候学意義. 地学雑誌 120：

- 317-324.
- 2) 赤坂郁美・安藤晴夫・横山 仁・大久保さゆり・高橋一之・泉 岳樹・三上岳彦 (2011) : 東京における高密度気象観測システム. 地学雑誌 120 : 309-316.
 - 3) 瀧本家康 (2014) : 冬季晴天日における兵庫県神戸市の気温分布—小学校の百葉箱を活用した観測事例—. 天気 61 : 591-596.
 - 4) 浜田崇・田中博春・栗林正俊・大和広明 (2017) : 長野市における小学校百葉箱の種類と設置環境. 長野県環境保全研究所研究報告 13 : 61-65.
 - 5) 気象測器検定試験センター (2014) : 気温観測用通風筒の特性調査. 測候時報 80: 15-32.
 - 6) 牛山素行 (2000) : 「身近な気象・気候の調査の基礎」 p195.
 - 7) 和田範雄・泉 岳樹・松山洋・近藤純正 (2016) : 観測地点の「空間の広さ」と「平均気温」の関係—4重構造放射よけ通風筒を用いた高精度観測—. 天気 62 : 13-22.
 - 8) 大和広明・栗林正俊・浜田崇・榊原保志 (2018) : 自然通風式シェルターを用いた気温観測値に観測点の近傍の障害物が与える影響に関する研究. 長野県環境保全研究所研究報告 14 : 13-18.

Relationship between air temperature variation in instrument shelter and wind speed of outside shelter

Hiroaki YAMATO^{1,2}, Takashi HAMADA¹

1 *Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*

2 *present : Center for Environmental Science in Saitamay 914 Kamitanadare, kazo, Saitama 347-0115, Japan*