

報 告

気温観測用通風筒の特性調査

気象測器検定試験センター*

要 旨

気温をより正確に測定するために、日射や風雨の影響を遮蔽する様々な気象観測用の通風筒が考案されているが、これまで客観的な影響評価がされていない。そこで、通風筒の様々な性能を比較する基準を設け、技術的資料とするために、現在市販されている通風筒の中から、6種類の強制通風式と4種類の自然通風式を選定し、JMA-95型地上気象観測装置用通風筒を比較基準として特性調査を実施した。

強制通風式について、構造の違いにより日射の影響によると考えられる正の気温差がみられた。これらは断熱材がない二重構造の場合であった。自然通風式について、最大 +3.9℃、最小 -3.4℃の気温差が見られた。これらの要因は、前者は日射の影響、後者は夜間の気温急変時における放射冷却による応答速度の差の影響と考えられる。また、構造の違いにより降水時に負の気温差が見られた。降水の侵入や雨滴の滞留などによると考えられる。

1. はじめに

気温をより正確に測定するために、気温の感部を風雨などから保護し、日射や放射を遮蔽する様々な通風筒や百葉箱が使用されている。

CIMO GUIDE WMO-No.8 (2008 edition, Updated in 2010) (WMO, 2010) の「第2章 気温の測定」の「2.5 放射からの遮蔽 (Radiation Shields)」では、通風筒や百葉箱は、内側の温度ができるだけ外気温と同じで一様となるよう設計すべきとされ、通風筒はファンを使って温度計全体に空気を通す強制通風式にすると、最良の結果が得られると推奨されている。遮蔽材の材質は、光沢があり酸化しない金属が良いが、メンテナンスが簡便であるこ

とから断熱性プラスチック製の通風筒が好まれている。自然通風式の場合は、断熱性のある材質を用いなければならないと記されている。

これまで WMO による通風筒の国際比較が行われ、日射の影響など報告され (Lacombe, 2008 ; WMO, 2011), また、種々の気象状況による影響など調査結果が報告されている (Brandsma and van der Meulen, 2007)。低緯度での日射の影響や、中緯度での気象状況による統計値への影響などは調査されているが、中緯度における様々な気象要素の影響については報告されていない。

そこで、気象庁の地上気象観測や地域気象観測 (アメダス) の気温観測で使用されている通風筒

*熊本 真理子, 上甲 実 (現 関西航空地方気象台松山空港出張所), 川村 裕志, 酒井 武, 河野 沙恵子, 青嶋 忠好 (現 観測部観測課観測システム運用室)
(平成 26 年 1 月 8 日発行)

を含む、現在市販されている気象観測用通風筒について、JMA-95型地上気象観測装置用通風筒を比較基準とし特性調査を実施した。

2. 調査の概要

2.1 各通風筒及び気温感部

現在、日本国内において流通している通風筒の中から通風方式（強制通風式、自然通風式）、形状（縦型、横型）、及び材質の異なるものを選定した。

本報告で取り扱う通風筒（百葉箱を含む）の主な特徴を第1表（上部）に示す。以下、自然通風式には型名に「(N)」(「Natural」の頭文字)を付し、強制通風式には型名に「(A)」(「Artificially」の頭文字)を付す。自然通風式の一つであるJMA-W1(N)は、百葉箱（気象庁1号型）で、屋根・側面の鑑戸・下面は全て二重構造である。

調査は、高層気象台及び気象測器検定試験センター（茨城県つくば市）の露場において「Meteorology - Air temperature measurements - Test methods for comparing the performance of thermometer shields/screens and defining important characteristics」(ISO 17714:2007)における試験条件を参考に実施した。熱源や建築物からの距離に関する条件は最低20m、また、試験器の間隔に関する条件は2m以上とした。全天電気式日射計は気象測器検定試験センターの同じ露場内に通風筒と同等の高さに設置し、放射計は東に隣接する露場の高層気象台の放射観測のデータを使用した。雨量は気象測器検定試験センターの露場に隣接する高層気象台の露場に設置されたJMA-95型地上気象観測装置の転倒ます型雨量計のデータを使用した。通風筒等の配置を第1図に、通風筒の外観を第2図に示す。

気温感部の違いによる影響を除き通風筒自身の基本性能を評価するために、調査に使用した気温感部は白金測温抵抗体Pt100Ω(3mmφ、JISC1604「測温抵抗体」クラスA)で統一し、上位標準との校正に基づき器差補正を行った。強制通風式についてはピトー管による通風速度の測定を実施した。調査期間は2009年7月9日～2010年9月22日である。

2.2 データと解析手法

通風筒の性能を比較するにあたって、同じ露場の南側に位置する高層気象台のJMA-95型地上気象観測装置用通風筒（型名:JS-258、以下「JMA-95(A)」と記す）を比較基準とした。データサンプリングは1秒ごとに行い、前1分間の正10秒毎の瞬間値6個平均を正10秒毎に作成し（以下「10秒値」という）、比較を行った。正1分毎の10秒値を1分値、正10分毎の1分値を10分値、10分間の正1分値10個（前4個後5個）の平均を「10分平均値」という。これらの各通風筒の観測値と基準値との差を「気温差」とする。

各通風筒の気温差に関して、全期間の月別統計値、11ヶ月間（2009年8月、2009年12月～2010年9月）の期間統計値、日射・放射収支及び降水との関係について調査した。

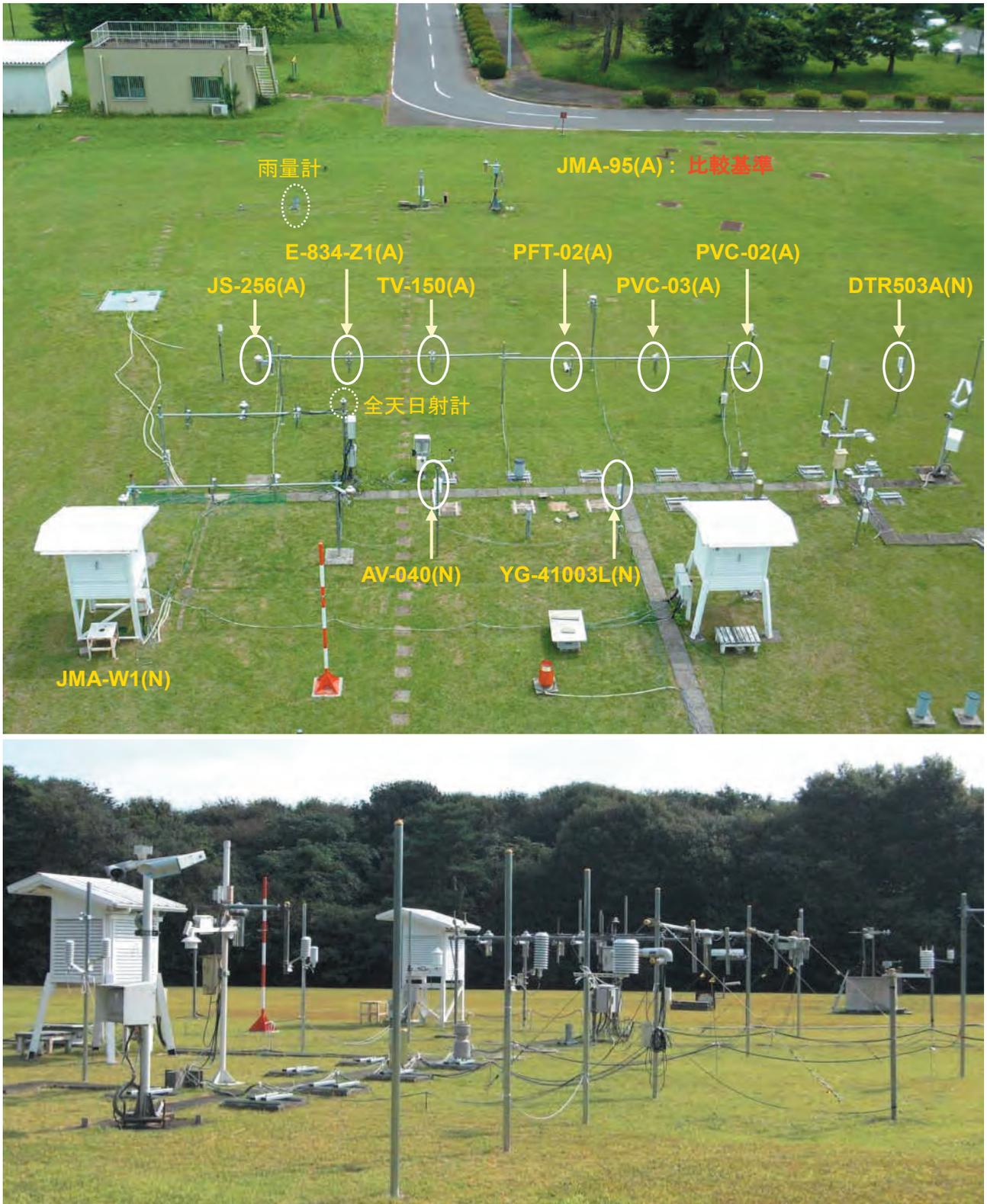
3. 結果

3.1 期間統計値（日最高・最低・平均気温）

各通風筒における10秒値から求めた(a)夏季(2009年8月)の日最高気温の差、(b)冬季(2010年1月)の日最低気温の差、11ヶ月間(2009年8月、2009年12月～2010年9月)の(c)日最高気温と(d)日最低気温及び(e)日平均気温の差、(f)気温差の日最大値と(g)日最小値を第3図に示す。また、(a)、(b)、(e)について最小値を0%、最大値を100%としたときの25～75%範囲を第1表に示す。

夏季(8月)の日最高気温の差は、AV-040(N)で正の気温差が最も大きく最大+1.8℃であった(第3図(a))。次いでYG-41003L(N)で+1.1℃、PFT-02(A)で+0.9℃、PVC-02(A)で+0.7℃で正の気温差が大きかった。一方、JS-256(A)、TV-150(A)は最大+0.3℃で気温差の絶対値は小さかった。冬季(1月)の日最低気温の差は、DTR503A(N)で負の気温差が最も大きく最小-1.0℃、次いでAV-040(N)で-0.9℃だった(第3図(b))。YG-41003L(N)やPFT-02(A)で-0.7℃の負の気温差であった。JMA-W1(N)やTV-150(A)、JS-256(A)、E-834-Z1(A)では気温差の絶対値は小さかった。

調査期間全体の11か月間の結果について、25



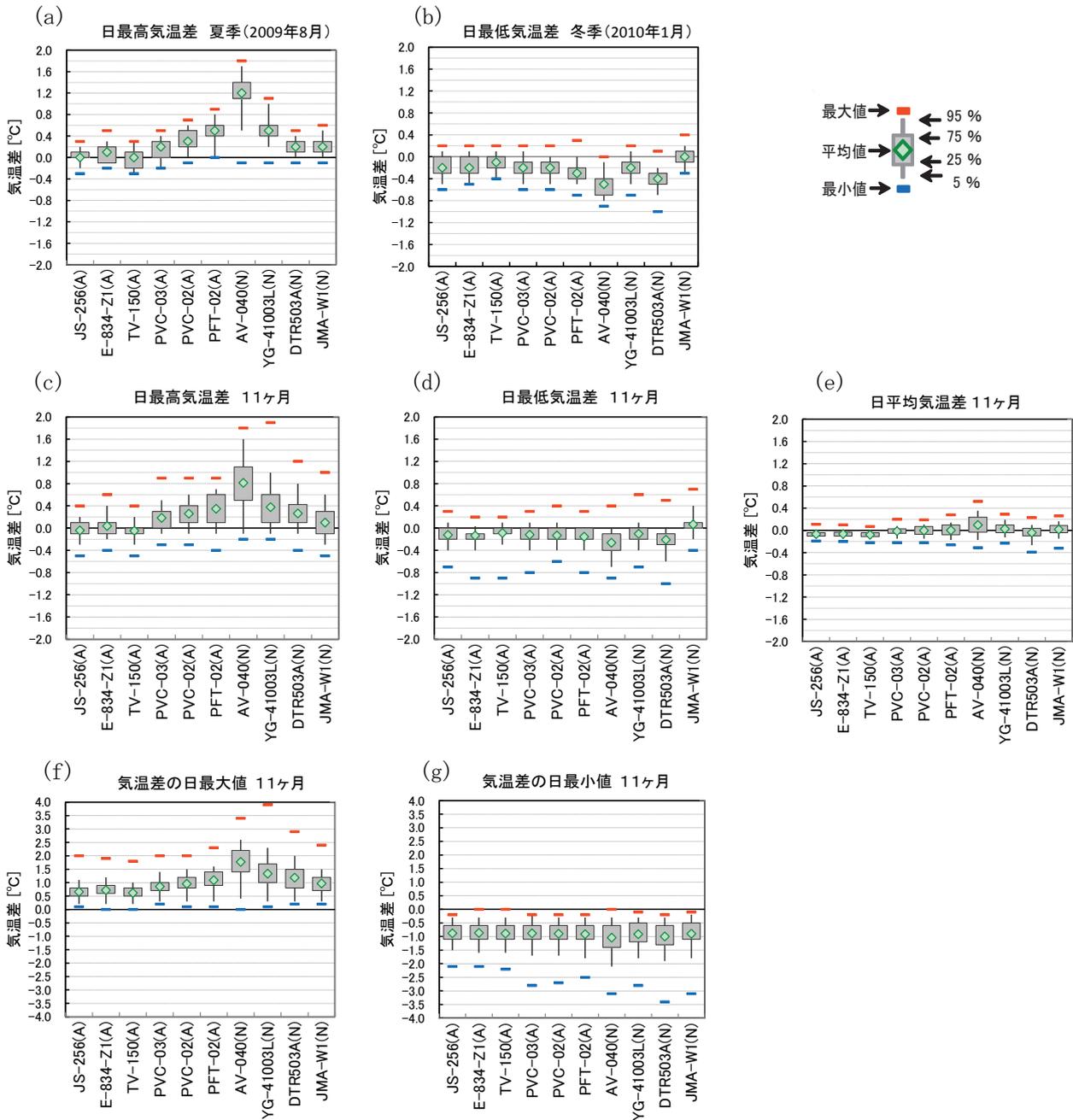
第1図 通風筒の配置 (上図：北方から南方に向けて撮影，下図：西方から東方に向けて撮影)



第2図 各種通風筒の写真（上：側面，下：下側から見上げて）

～75% 範囲の分布から、日最高気温の差は、(a) 夏季の日最高気温の差と同様な傾向がみられ、JS-256 (A)、E-834-Z1 (A)、TV-150 (A)、JMA-W1 (N) を除く 6 種類の通風筒において正

の気温差が見られた (第 3 図 (c))。日最低気温の差は、自然通風式の AV-040 (N)、DTR503A (N) の 2 種類で負の気温差が見られたほかは、気温差はわずかであった (第 3 図 (d))。日平均気温の



第 3 図 各種通風筒における夏季と冬季および 11 ヶ月間の気温差 (比較基準: JMA-95(A))

(a) 日最高気温 (2009 年 8 月), (b) 日最低気温 (2010 年 1 月), (c) 日最高気温 (11 ヶ月), (d) 日最低気温 (11 ヶ月), (e) 日平均気温 (11 ヶ月) の気温差, (f) 気温差の日最大値 (11 ヶ月), (g) 気温差の日最小値 (11 ヶ月). 11 ヶ月とは、2009 年 8 月および 2009 年 12 月～2010 年 9 月。

差の25～75%範囲の分布は、AV-040 (N) で気温差が最も大きく+0.2℃で、そのほかは±0.1℃以内であった(第3図(e)).

11ヶ月間の気温差の最大値はYG-41003L (N) の+3.9℃、次いでAV-040 (N) の+3.4℃で、それぞれ晴れた日の朝8～9時頃に発生した(第3図(f)). 気温差の最小値はDTR503A (N) の-3.4℃で、次いでYG-41003L (N) とJMA-W1 (N) の-3.1℃で、冬季の夜間の気温急変時に発生した(第3図(g)).

3.2 月別統計値(日最高・最低・平均気温)

各通風筒ごとに、月別の日最高気温、日最低気温、日平均気温の差を強制通風式は第4図-1に、自然通風式は第4図-2に示す。以下、統計日数が8割以上の月について説明する。

第4図-1より強制通風式において、日最高気温の差の25～75%範囲の月ごとの変動が最も小さい通風筒はJS-256 (A) で-0.2～+0.1℃、E-834-Z1 (A) で±0.2℃以内、TV-150 (A) で-0.3～+0.1℃であった。これらの3つの通風筒では日平均気温の差の平均は-0.1℃以内であった。

日最高気温の差の平均はPVC-03 (A) では春(3～4月)に+0.3℃、PVC-02 (A) とPFT-02 (A) では春から夏(3～9月)に大きく+0.3℃以上で、8月に最も大きく前者では+0.4℃、後者では+0.6℃であった。日最低気温の差の平均は冬(12～2月)に小さく、PFT-02 (A) では1月に-0.3℃で、日平均気温の差の平均は±0.1℃以内であった。これら3つの通風筒は、PVC-02 (A) とPFT-02 (A) は横型の通風筒、PVC-03 (A) とPVC-02 (A) は内部構造がほとんど同じで縦型と横型の違いであることから、第4図-1下段の通風筒の気温差の月ごとの変動が、上段の通風筒より大きかった理由として、断熱材がない二重管構造であることが原因と考える。

第4図-2よりJMA-W1 (N) を除く自然通風式において、日最高気温の差の平均は正の気温差で月ごとの変動が大きく、75%はAV-040 (N) で最も大きく2月、4月を除き+1.0℃以上、次いでYG-41003L (N) で4月を除き+0.4℃以上と大きかった。DTR503A (N) の75%の月ごとの変動

幅は小さく全期間で+0.3℃であった。JMA-W1 (N) の75%は期間の後半3月以降の気温差が小さく+0.2℃以下であった。日最低気温の差の平均は、JMA-W1 (N) を除く自然通風筒において負の気温差で月ごとの変動が大きく、25%はAV-040 (N) の冬(12～1月)に負の気温差が大きく-0.6℃、次いでDTR503A (N) で11～2月に-0.4℃、YG-41003L (N) では11～2月に-0.3℃であった。JMA-W1 (N) では日最低気温の差の平均の月ごとの変動は小さかった。日平均気温の差の平均はAV-040 (N) で最も大きく12～1月を除き正の気温差で、9月に最大+0.3℃、DTR503A (N) は1月に負の気温差-0.2℃であった。

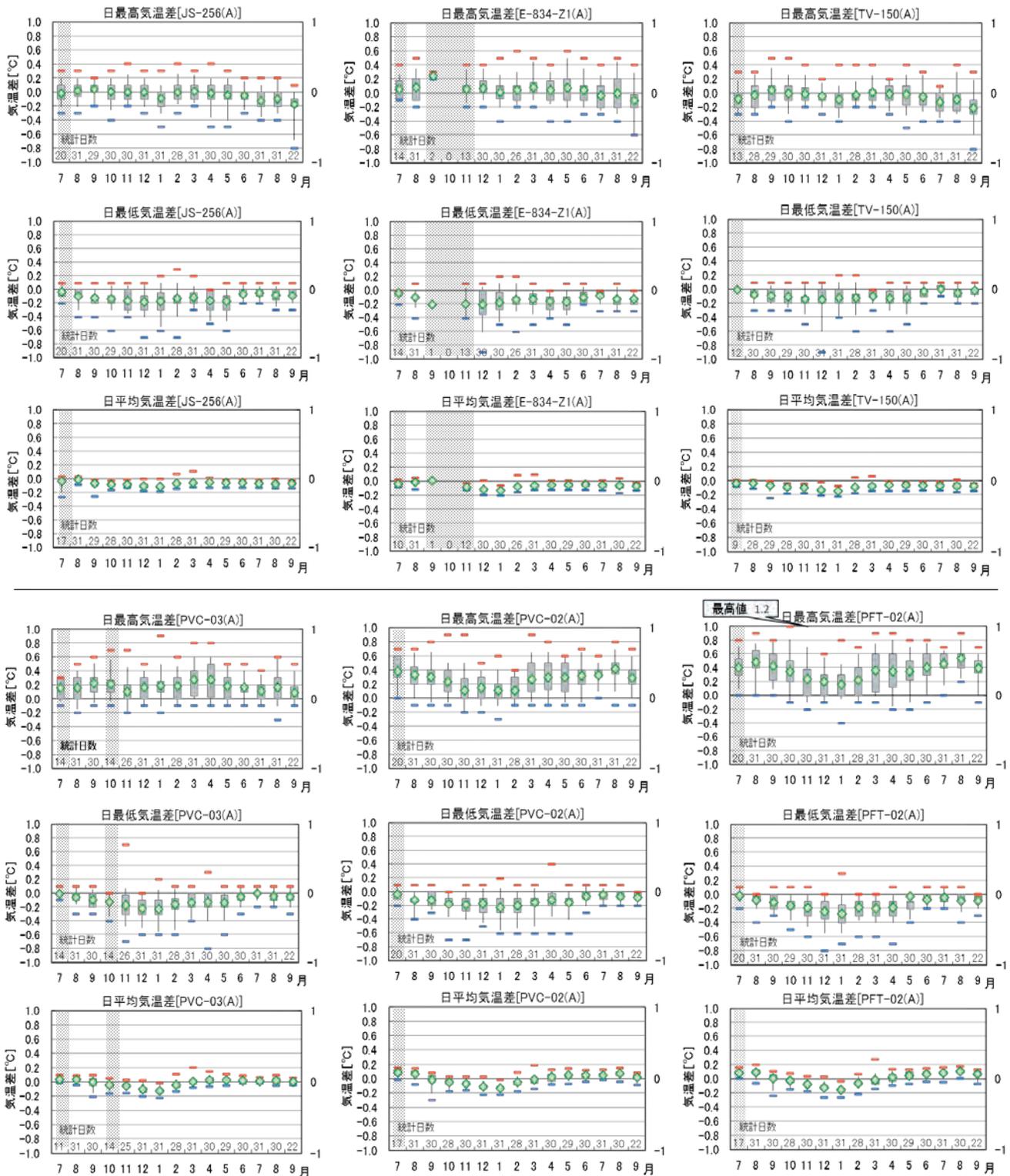
自然通風式の日最高気温の差の平均は、DTR503A (N) を除き次年度の夏季に気温差の絶対値が小さかった。これは、DTR503A (N) のみプレート(自然通風式を構成する皿状の部材)の裏面が黒色で、その他は白色であることから、経年の汚れによって、日射の影響による季節変動が小さくなったと考えられる。

3.3 日射との関係

全天日射量の多い8月を対象に、全天日射量と気温差の関係を調べた。各通風筒の10秒値の気温差とその時刻から前1分間平均の全天日射量との関係を第5図に示す。雲によって日射が遮られていない条件として、8月の全天日射量の過去の日変化データから、日中の全天日射量9～14時頃に相当する700W/m²以上を閾値とし、1分平均全天日射量が700W/m²以上ある場合の気温差データのうち、最小値を0%、最大値を100%としたときの25～75%範囲を第1表に示す。

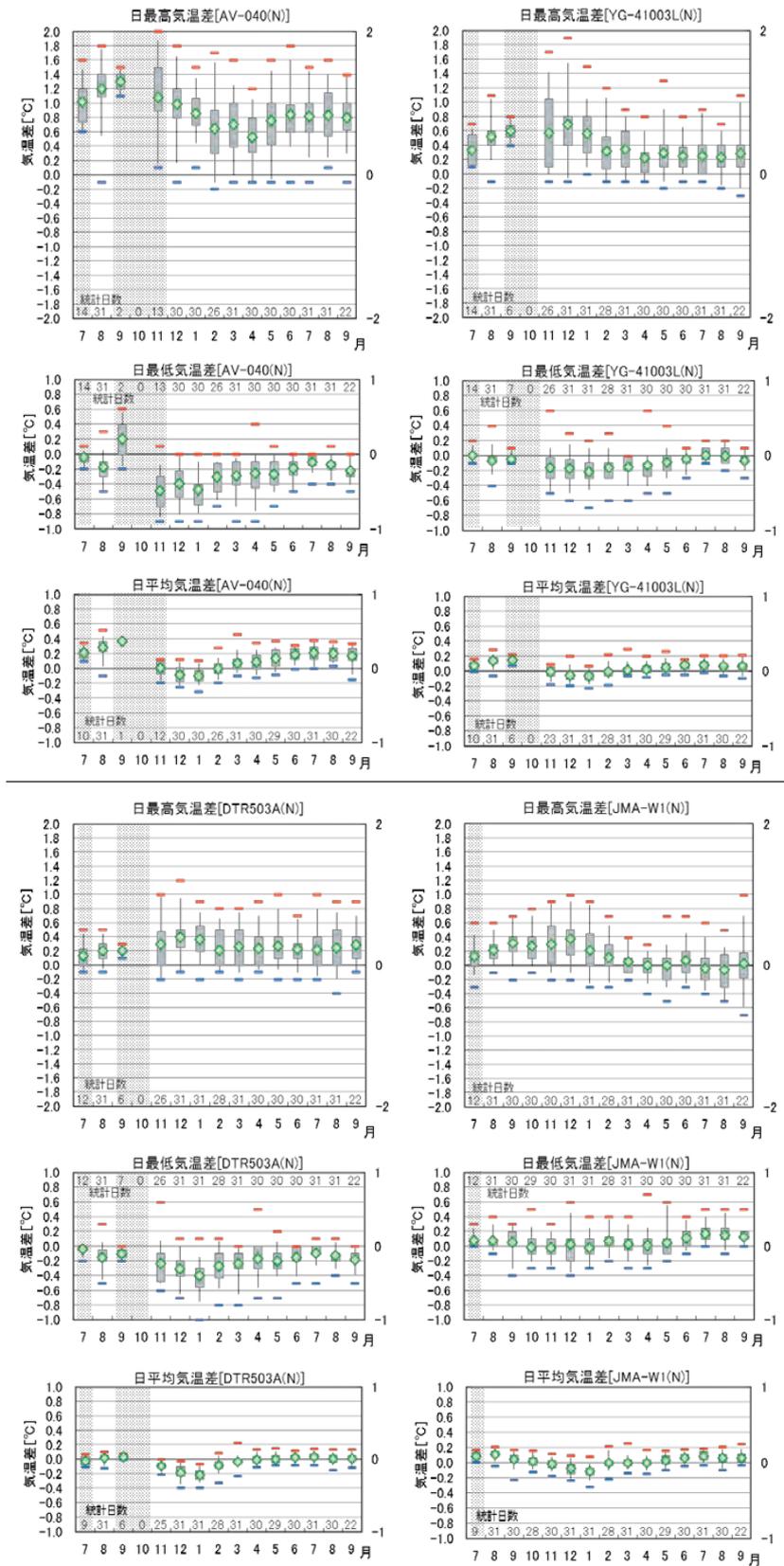
強制通風式JS-256 (A) 及びE-834-Z1 (A)、TV-150 (A) では日射による影響はほとんどみられない。その他の通風筒で、日射が増えるとともに正の気温差が顕著である通風筒は自然通風式AV-040 (N) で(最大+3.4℃の正の気温差)、次にYG-41003L (N)、PFT-02 (A) であった。DTR503A (N) は25～75%範囲の正の気温差は+0.4℃以下で、日射による影響は小さかった。

日変化について、全天日射量が多く最高気温が高かった2009年8月16日の(a)各通風筒によ

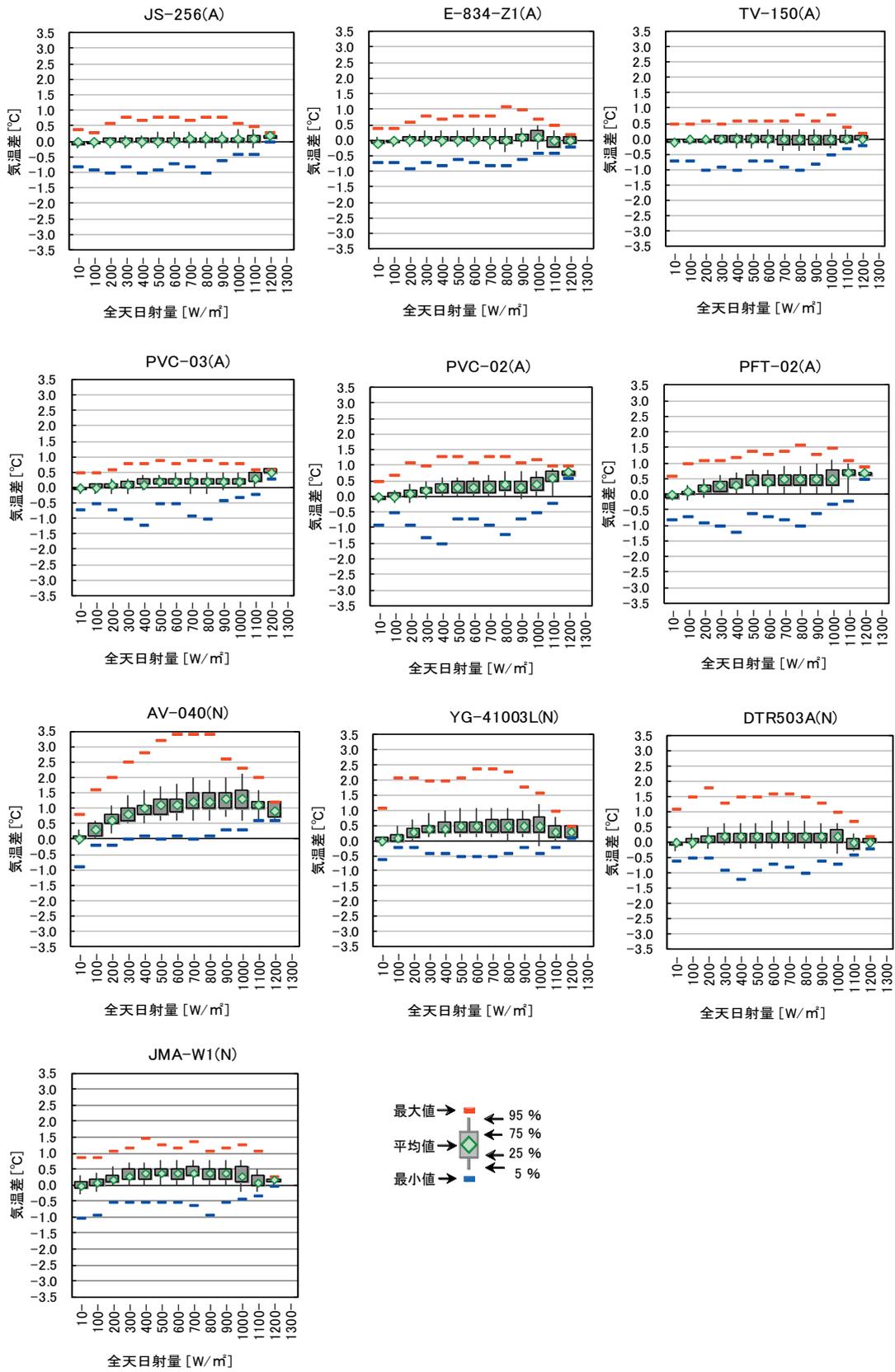


第4図-1 各種通風筒における月別の気温差（比較基準：JMA-95（A））（強制通風式）

上段：日最高気温，中段：日最低気温，下段：日平均気温。期間は2009年7月から2010年9月まで。凡例は第3図と同じ。PFT-02(A)は最大値を欄外に記す。それぞれの統計日数を数字で示す。統計日数8割未満の月をハッチで示す。2009年9月2日～11月18日は通風筒のメーカー仕様の気温感部で観測を実施したため、気温感部がPt100 Ω (3mm φ) と異なる場合は統計から除く。



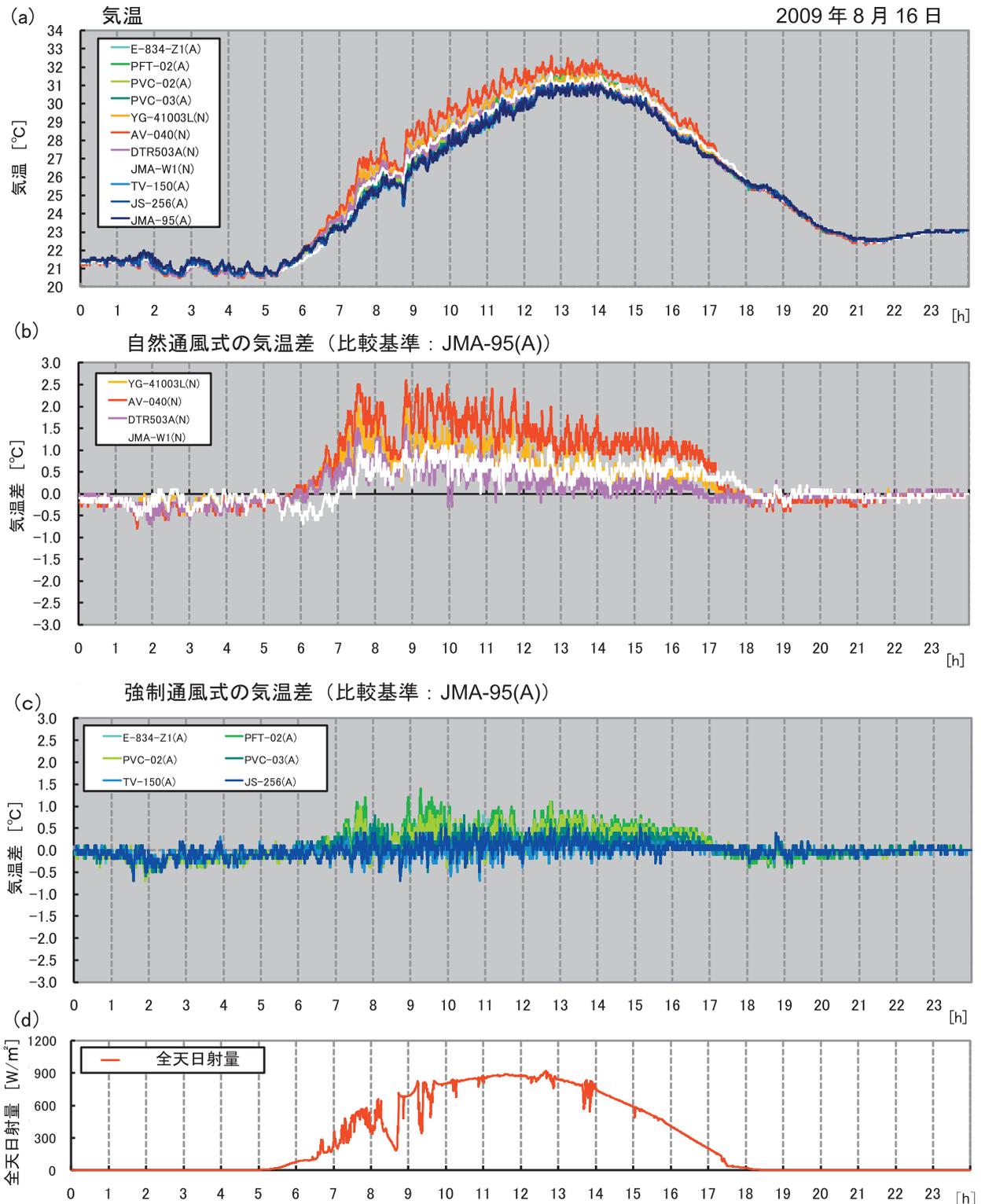
第4図-2 各種通風筒における月別の気温差（比較基準：JMA-95（A））（自然通風式）
 図の説明および凡例は第4図-1と同じ。



第5図 各種通風筒における前1分平均全天日射量と気温差の関係 (2009年8月)

る 10 秒毎の気温, (b) 自然通風式の気温差, (c) 強制通風式の気温差, (d) 全天日射量の日変化を第 6 図に示す. 自然通風式では, 正の気温差の最

大は AV-040 (N) で +2.6℃, YG-41003L (N) で +2.3℃である. JMA-W1 (N) では, 他の自然通風式に比べて変動幅も小さく, 追従もやや遅れて



第 6 図 各種通風筒における気温と全天日射量の日変化 (2009 年 8 月 16 日)

(a) 気温, (b) 自然通風式の気温差, (c) 強制通風式の気温差, (d) 全天日射量 (通風筒と同等の高さに設置)

いる。日の出5時頃から日没18時過ぎにかけて正の気温差が見られる。

強制通風式の正の気温差の最大はPFT-02 (A) で+1.4℃, PVC-02 (A) で+1.1℃, PVC-03 (A) で+0.8℃である。また、自然通風式、強制通風式とも8～9時頃に正の気温差が減少しているが、この頃全天日射量が減少しており対応が見られる。

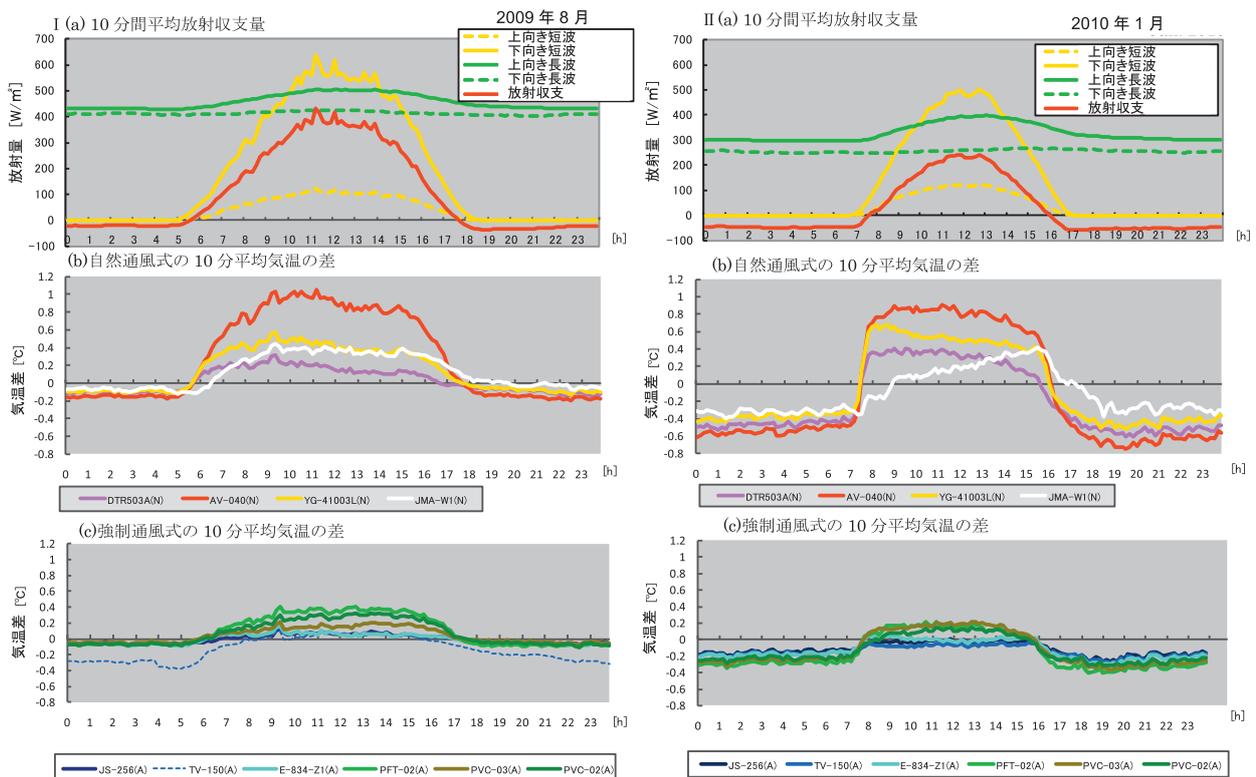
3.4 放射収支との関係

通風筒の10分平均値の気温差と放射収支の関係を調べた。前10分間平均の放射収支量が-50W/m²以下の場合の気温差データのうち、最小値を0%, 最大値を100%としたときの25～75%範囲を第1表に示す。

1月と8月の放射収支量と通風筒の気温差の日変化の関係を第7図に示す。上向き短波, 下向き短波, 上向き長波, 下向き長波の放射データは、

各正1分放射量から求めた前10分間平均放射照度の収支である。気温差は、各通風筒について日々の正10分毎の10分平均値の月平均値から気温差を算出した。

8月と1月の放射収支量を比較すると、1月では夜間の放射収支の負が8月より顕著で、通風筒によって負の気温差のばらつきが大きかった。放射収支は、1月では16時10分～7時40分頃まで-60～-40W/m²と負収支となり(図7Ⅱ(a)), 自然通風式ではJMA-W1(N)を除いてほぼ同じ時間帯で気温差も負の気温差で、AV-040(N), DTR503A(N), YG-41003L(N)の順に-0.7～-0.4℃と負偏差が大きかった(図7Ⅱ(b))。JMA-W1(N)では遅れてなだらかに変化し負の気温差-0.3℃であった。強制通風式では、断熱材・遮蔽板のないPFT-02(A), PVC-02(A), PVC-03(A)が夕方から夜にかけて負の気温差-0.4～-0.3℃が見られ、断熱材・遮蔽板のあるE-834-Z1(A),



第7図 放射収支量と各通風筒における気温差の月平均日変化 (左: I .2009年8月, 右: II .2010年1月)

上から順に、(a) 10分間平均放射収支量(上向き短波, 下向き短波, 上向き長波, 下向き長波, 放射収支), (b) 自然通風式の10分平均気温の差, (c) 強制通風式の10分平均気温の差(比較基準: JMA95(A)). I(c)の点線は2日以上欠測を含む。

TV-150 (A), JS-256 (A) の気温差は -0.2°C で、前述の 3 つの強制通風式に比べると気温差の絶対値は小さかった (図 7 II (c)). 放射収支量は日没後の 17 時 10 分頃に負の収支が極小となり、AV-040 (N) では負の気温差が顕著でこの後 19 ~ 20 時頃に極小で -0.7°C であった。

放射収支量の昼間の日変化を 8 月と 1 月で比較すると、12 ~ 13 時頃のピーク時は、8 月で約 $400\text{W}/\text{m}^2$ 、1 月で約 $300\text{W}/\text{m}^2$ と 8 月の方が大きい。気温差について、断熱材・遮蔽板のない強制通風式 PFT-02 (A), PVC-02 (A), PVC-03 (A) では 1 月に比べて 8 月の昼間に正の気温差が大きい。自然通風式では 8 月に比べて 1 月に日中の正の気温差と夜間の負の気温差の差が大きくなっている。また、自然通風式 (JMA-W1 (N) を除く)、強制通風式ともに、1 月には 7 時前 (日の出前後) 及び 17 時頃 (日没前後) の変動が顕著である。これに対して JMA-W1 (N) では遅れて緩やかに変化している。

3.5 降水との関係

階級別 10 分間降水量と気温差の関係を調べた。日降水量が 10mm 以上の 47 日間について、10 分間降水量を 7 つの階級別に分け、10 分平均値の気温差との関係を第 8 図に示す。このうち、階級 3 以上 (10 分間 2mm 以上) の降水時における気温差の値を第 1 表に示す。

DTR503A (N) 及び AV-040 (N) では、概ね階級が上がるにつれて次第に負の気温差が大きくなる傾向が見られ、気温差の平均は階級 5 で -0.4°C 、 -0.3°C であった。PVC-02 (A), PFT-02 (A), YG-41003L (N) でも気温差の絶対値は小さいがほぼ同じ傾向が見られる。JS-256 (A), E-834-Z1 (A), TV-150 (A), JMA-W1 (N) ではこのような傾向はみられない。

階級 3 以上 (10 分間 2mm 以上) の時間帯が長かった 2009 年 8 月 10 日 (風速 $0 \sim 2\text{m/s}$) の時系列を第 9 図、8 月 31 日 (風速 $3 \sim 4\text{m/s}$) の時系列を第 10 図に示す。自然通風式 DTR503A (N) では、階級 3 以上の降水期間中に $-0.5 \sim -0.2^{\circ}\text{C}$ の負の気温差がみられた。また、降水が弱まった後も持続する場合があった。第 9 図 (b) と (c) から、

AV-040 (N) では 3 時頃 10mm/h 以上の降水があった頃から -0.2°C 程度の負の気温差が見られ、この傾向は日射が強まる 8 時過ぎまで継続していた。

3.6 総合評価

各通風筒について、調査結果 (第 1 表) を要素ごとに階級分けしたレーダーチャートを第 11 図に示す。

4. 考察

(1) 日射の影響 (2009 年 8 月)

自然通風式については、全天日射の影響によって 2009 年 8 月では最大 $+3.4^{\circ}\text{C}$ の正の気温差が見られた。正の気温差の最も大きかったものは AV-040 (N) で、最も小さかったものは DTR503A (N) であった。DTR503A (N) は素材がポリカーボネートで熱を伝えにくいこと、プレート裏側が黒色となっていることから、プレート表面からの散乱光による温度計感部への影響が軽減されたと考えられる。

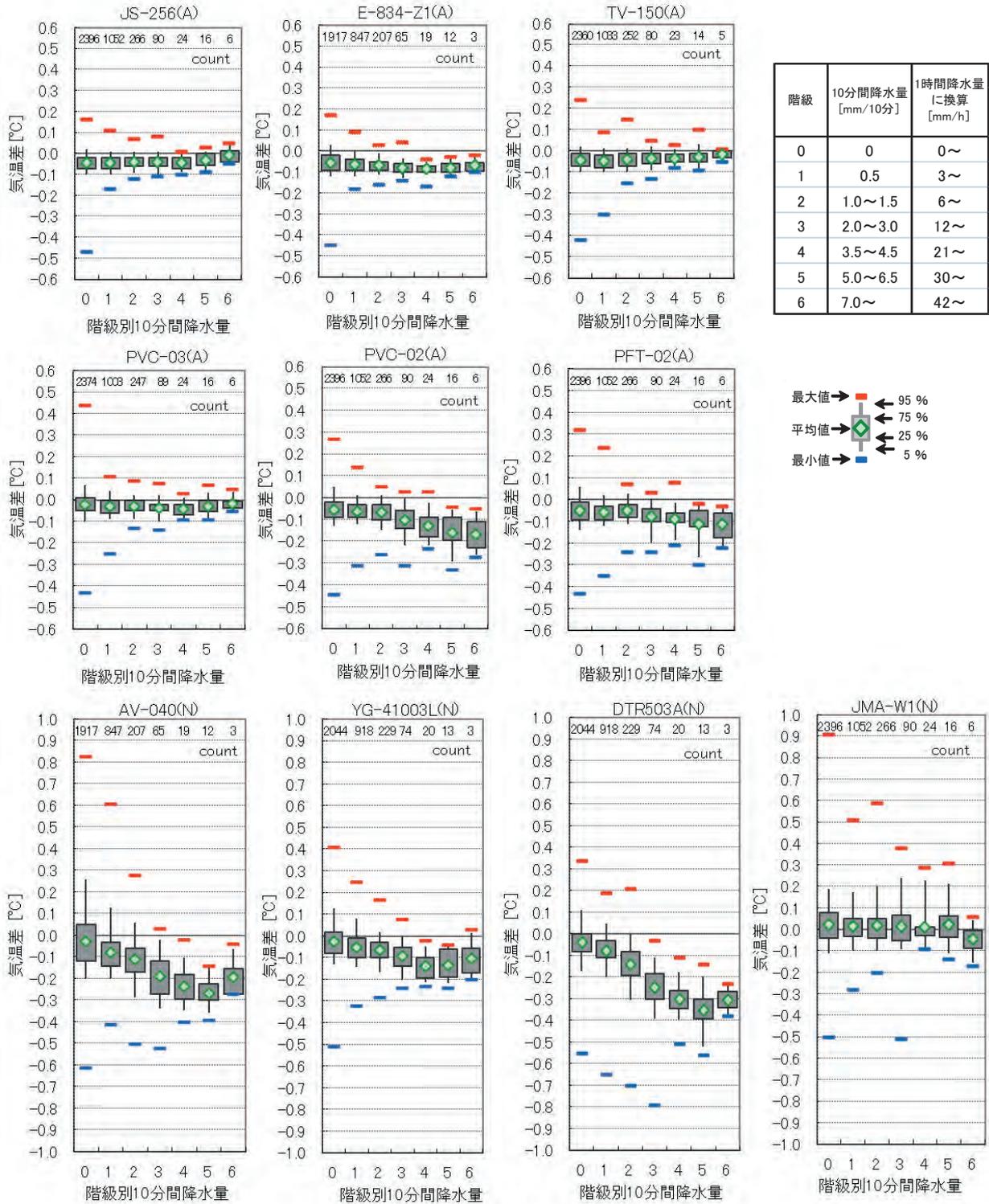
また、日射が斜めに差し込む時間帯において、日射の影響によって自然通風式では正の気温差が大きかった。傘の構造や材質によって日射の影響を受けやすくなると考えられる。

なお、Lopardo *et al.* (2013) によると、3 ~ 5 年経った自然通風式について、日射の影響により昼間は高くなる傾向があったと報告されているが、本調査では調査期間が短く、経年傾向について定かではない。

強制通風式については、断熱材を使用していない PFT-02 (A), PVC-02 (A), PVC-03 (A) では日射による影響が見られた。その他の断熱構造 (断熱材・空気層) がある通風筒では全天日射の影響があまり見られなかった。

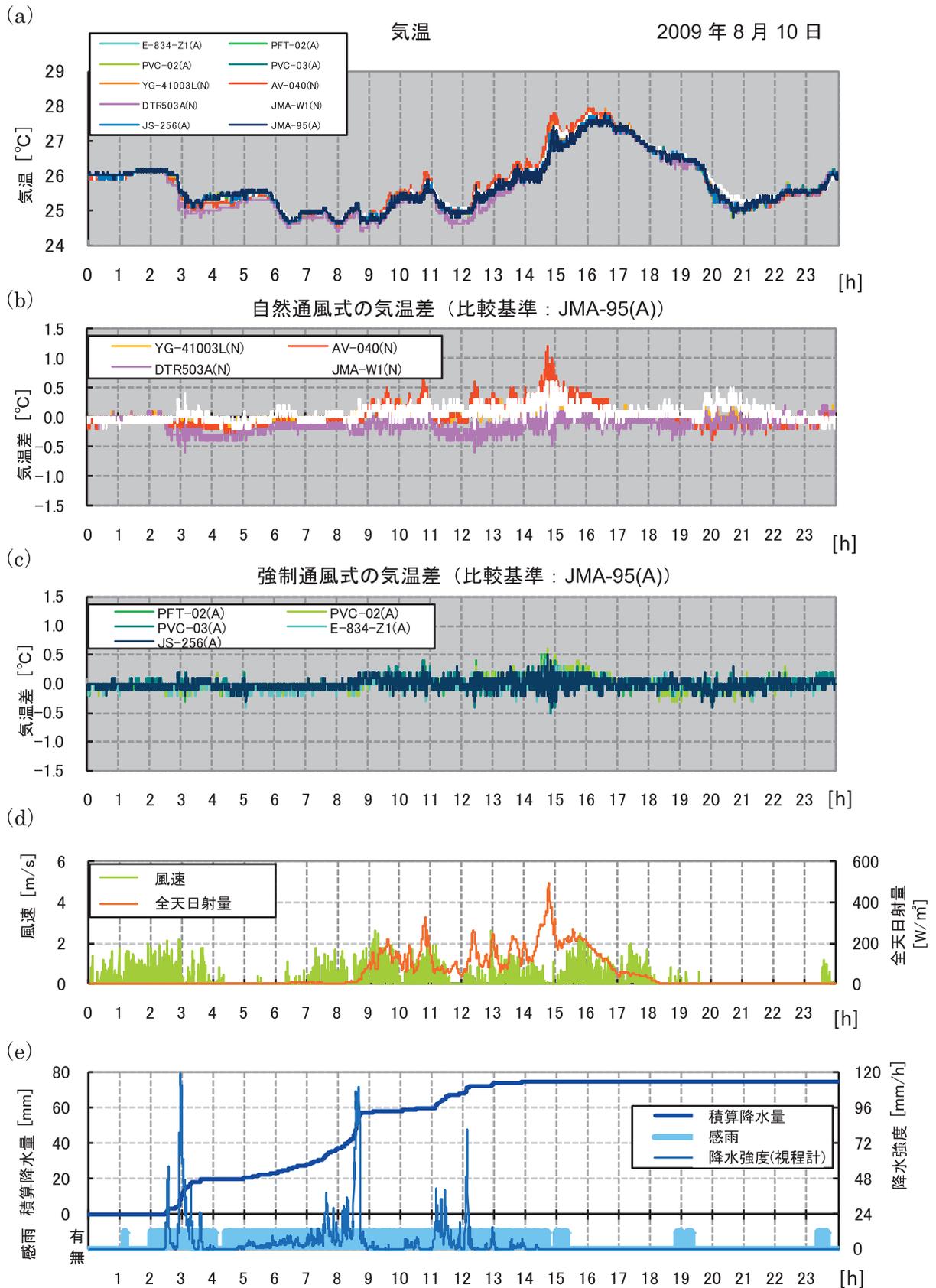
(2) 放射収支の影響 (2010 年 1 月)

自然通風式については、夜間の放射冷却により通風筒が冷やされる影響を受けやすく、AV-040 (N), DTR503A (N), YG-41003L (N) の順に負の気温差が大きかった。これは、通風筒全体の熱容量や通風筒の材質の断熱性の違いによって、放射収支の影響の差異が顕れたと考えられる。



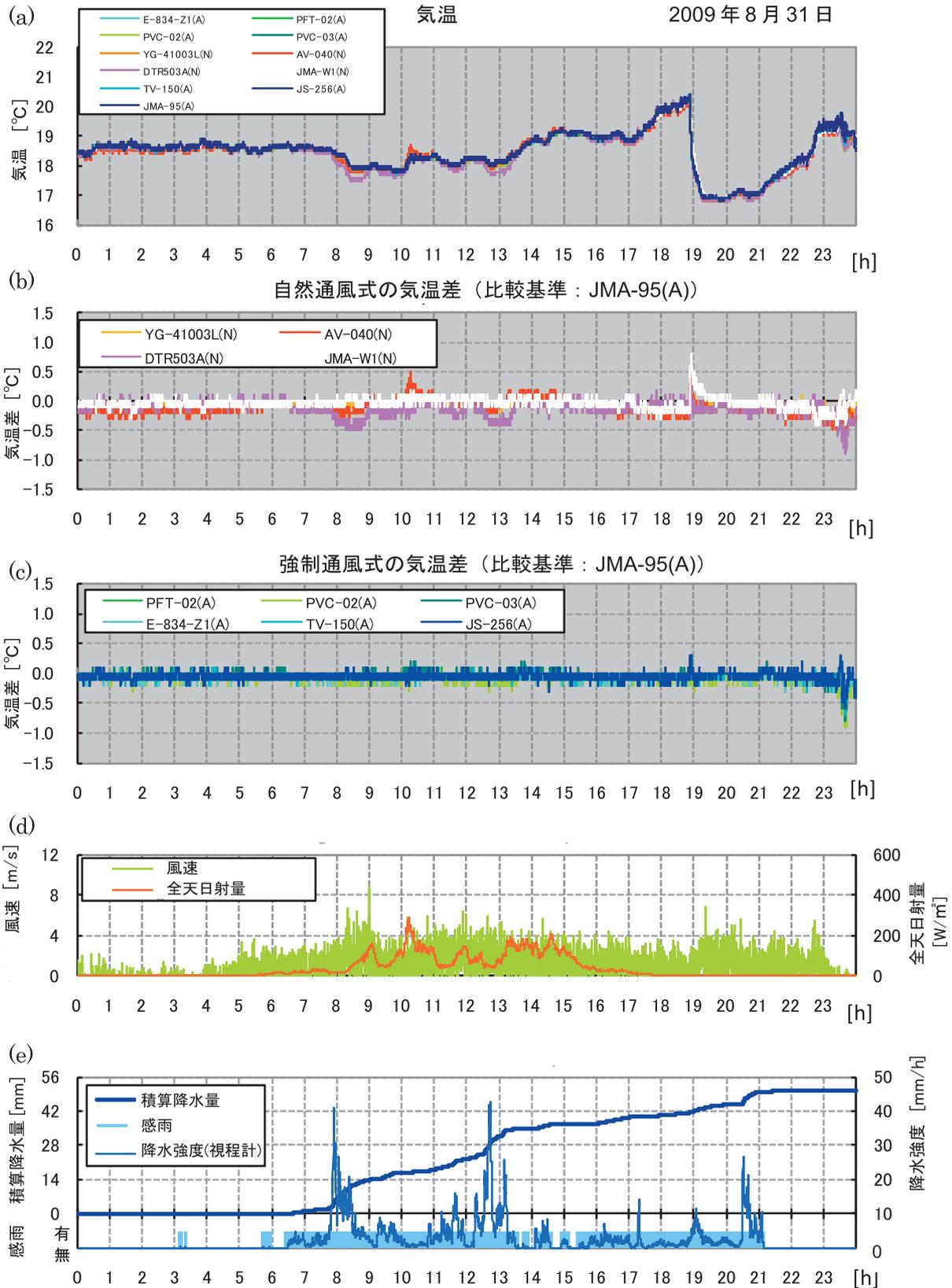
第8図 階級別前10分間降水量と10分平均値の気温差

日降水量10mm以上(47日間)における階級別10分間降水量と気温の10分平均値の差(比較基準:JMA-95(A)).
階級は右上に示す. それぞれの事例数を上部に示す.



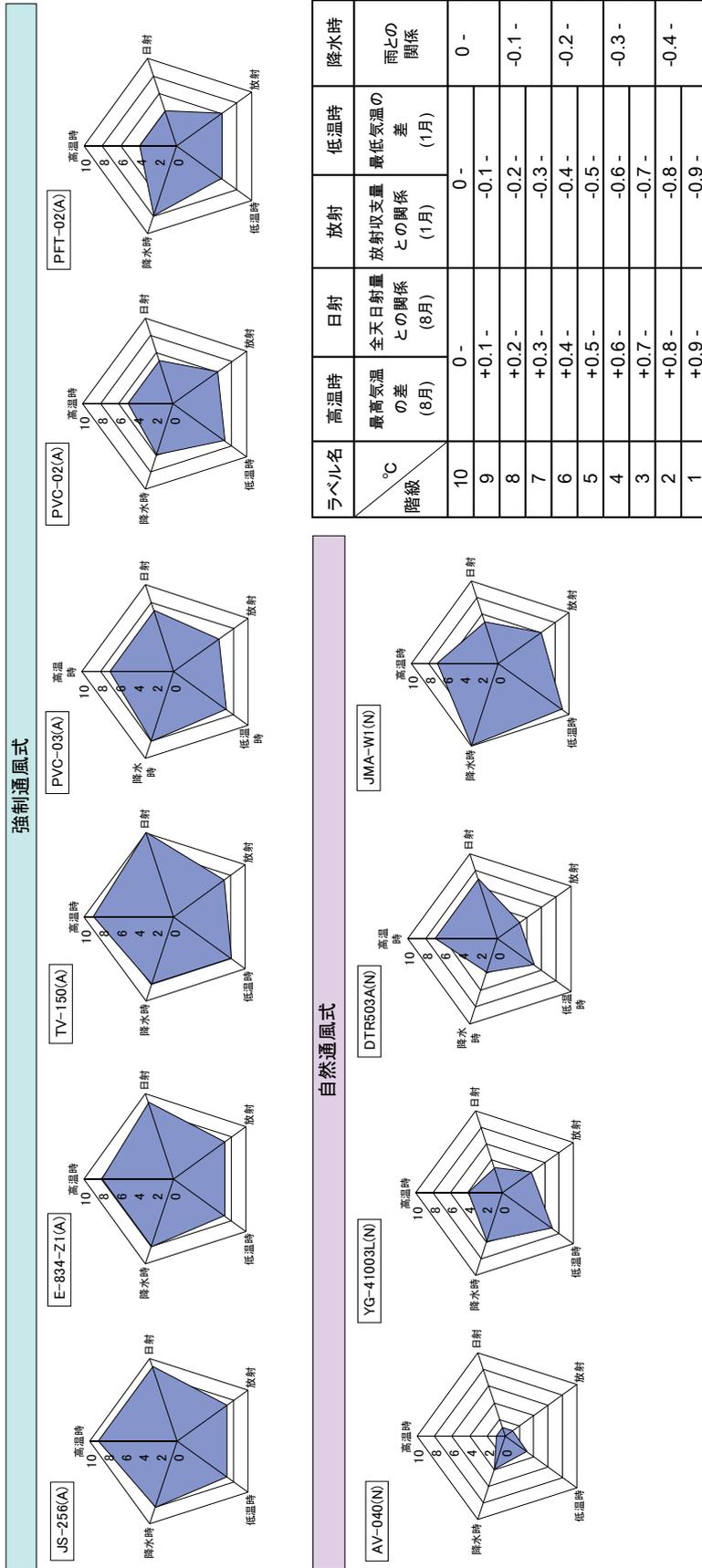
第9図 各種通風筒における気温と降水量の日変化 (2009年8月10日)

(a) 気温, (b) 自然通風式の気温差, (c) 強制通風式の気温差, (d) 風速と全天日射量 (通風筒と同等の高さに設置), (e) 積算降水量と降水強度 (視程計).



第10図 各種通風筒における気温と降水量の日変化 (2009年8月31日)

(a) 気温, (b) 自然通風式の気温差, (c) 強制通風式の気温差, (d) 風速と全天日射量 (通風筒と同等の高さに設置), (e) 積算降水量と降水強度 (視程計).



第 11 図 各通風筒における試験結果のレーダーチャート

第 1 表の試験結果の内、右表のように各要素について階級で示す。比較基準の JMA-95(A) を 10 とする。階級はそれぞれの統計結果の値より便宜上設けたものである。それぞれの事例は第 1 表と同様。高温時と日射については 2009 年 8 月、放射と低温時については 2010 年 1 月、降水時は日降水量 10mm 以上の 47 事例より 2mm/10 分以上の降雨時における 25 ～ 75% 範囲。比較基準の JMA-95(A) と比較した結果を、各要素について相対的に視覚化したものである。

強制通風式では負の気温差の絶対値は小さいながら差異が見られた。これは通風筒全体の熱容量や断熱性に加え、通風速度の違いによるものと考えられる。

(3) 降水の影響(日降水量10mm以上の47日間)

自然通風式については、DTR503A (N) 及び AV-040 (N) は降水強度が強くなるほど顕著な負の気温差となった。これらの通風筒はプレート間から内部の温度計感部が見える構造であり、雨滴または飛沫が温度計感部に付着したことが考えられる。また、DTR503A (N) では風速 0 ~ 2m/s で降水時に負の気温差が持続した事例が見られた。この理由として、プレートの縁の形状が雨滴の溜まりやすい構造となっていたことが原因と考えられる。影響が小さかった YG-41003L (N) は温度計感部が見えない構造であり、プレートが皿を伏せたような形状で上部が上から下に次第に小さくなっており、雨滴が溜まらない構造であった。

強制通風式では、縦型で差異は見られなかったが、横型で降水強度が強くなるほど小さいながら負の気温差が見られた。

5. 結論

- ・自然通風式は経済性や維持管理の容易さに優れている。しかし、中緯度の調査において日射の影響が大きく見られたものが存在した。このことから低緯度帯での使用には更に十分な注意が必要である。夜間の放射による冷却の影響についても十分考慮して使用すべきである。また、降水が内部にまで浸入して気温測定に影響を及ぼしていると考えられる通風筒も一部あり、構造や特性を十分理解して使用する必要がある。
- ・強制通風式において日射・放射の影響を最小限にするためには、適切な断熱構造(断熱材・空気層)が必要不可欠である。また、横型は風雨が浸入しやすい形状であるため、使用する際には注意する必要がある。

参 考 文 献

Aoshima, T., K. Nakashima, H. Kawamura, M. Kumamoto, T. Sakai, S. Kawano and M. Joko (2010): RIC-Tsukuba

(Japan) Intercomparison of Thermometer Screens/Shields in 2009-2010, TECO-2010.

http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-104_TECO-2010/P3_1_Aoshima_Japan.pdf

http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/ric/material/4_Reports/3-1_TECO_poster.pdf

Brandsma, T. and J.P. van der Meulen (2007): Thermometer Screen Intercomparison in De Bilt (the Netherlands) - Part II: Description and modeling of mean temperature differences and extremes, *International Journal of Climatology*.

ISO 17714: 2007 Standard: Meteorology - Air temperature measurements - *Test methods for comparing the performance of thermometer shields/screens and defining important characteristics*, 2007

Lacombe, M. (2008): Acquisition system used by the Algerian ONM for WMO Combined Intercomparison of Thermometer Screens/Shields in Conjunction with Humidity Measuring Instruments. TECO-2008.

[http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/P1\(07\)_Lacombe_France.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/P1(07)_Lacombe_France.pdf)

Lopardo G., F. Bertiglia, S. Curci, G. Roggero and A. Merlone (2013): Comparative analysis of the influence of solar radiation screen ageing on temperature measurements by means of weather stations. *Int. J. Climatol.*, doi: 10.1002/joc.3765.

WMO (2010): WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO - No. 8 (2008 edition, updated in 2010).

<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>

WMO (2011): Field Intercomparison of Thermometer Screens/Shields and Humidity Measuring Instruments, Ghardaïa, Algeria, November 2008 - October 2009. Instruments and Methods of Observation Report No. 106. WMO/TD-No. 1579.

http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-106_Ghardaia/IOM-106_Report.pdf