

# タービンベンチレーターの自然換気性能に関する実測検討

Field Measurement Study on the Performance of Natural Ventilation by Turbine Ventilator

宋 城 基 \*<sup>1</sup>  
Sung-Ki SONG

## Abstract

This study examined the natural ventilation performance of the turbine ventilator by field measurement. The average ventilation volume of the turbine ventilator was about 1,000m<sup>3</sup>/h and the maximum was about 5,000m<sup>3</sup>/h. It found that the ventilation rate in both the day and the night time could secure more than about 0.5 times at a capacity of space where turbine ventilator was installed. It found that the countercurrent did not occur when the turbine ventilator did even a turn and the ventilation was performed by both the difference of temperature and the wind velocity. The ventilation volume increased by the interaction of indoor-outdoor temperature difference and wind velocity when the wind velocity became less than 4m/s, but this interaction could not expect when the wind velocity became more than 4m/s.

キーワード：タービンベンチレーター、自然換気、外気風速、温度差換気、現場実測

Key Words : Turbine Ventilator, Natural Ventilation, Wind Velocity, Stack effect, Field Measurement

## 1. はじめに

タービンベンチレーターは外気風により回転し、その回転により屋根裏空間あるいは室内空間の換気を行う自然換気システムである。このタービンベンチレーターは経済発展と成長が著しい東南アジア地域とアメリカおよびオーストラリアなどの温暖地域の戸建て住宅と工場などに用いられている。日本と韓国では図1に示すように1970年代に建てられたマンションの台所や浴室の集中排気システムの排気ダクト頂部に逆流と雨よけとしてタービンベンチレーターが使われていた。近年日本で建てられたマンションでは排気システムが各住戸単位で排気する仕組みに変わったため、住居施設においてはタービンベンチレーターの姿は見られなくなった。しかし、排気ファン動力が不要で二酸化炭素の排出もなく、運転音も静かであることから病院や公共施設、工場などでは自然風を利用するベンチレーターなどが再び採用されるようになった。

このタービンベンチレーターの性能に関する資料や研究は、A. Revel ら<sup>2)</sup>と Naghman ら<sup>3)</sup>のタービンベンチレーターと排気ファンの組み合わせによる排気性能に関する研究、



図1 マンション屋根のタービンベンチレーター

Dale<sup>4)</sup>らと Ching<sup>5), 6)</sup>らのタービンベンチレーターのみの換気性能に関する研究がある程度で、少ない。Dale らは直径12インチ(約0.3m)のタービンベンチレーターを屋根上部に設置したフィールド実験で、タービンベンチレーターが無いより有る方が約15%換気量が増加することを示した。また、テスト住宅のまわりにいくつかの同じテスト住宅が隣接していたことが原因で外気風向の違いにより換気量が異なることを示した。ところが、この研究は外気風速に対するタービンベンチレーターの換気性能については検討していない。また、Ching らは風洞実験装置を用い、10m/s以上の外気風速においてタービンベンチレーターの有無とその大きさ、タービンベンチレーターのネック部分の回転

\*<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学建設工学系講師  
(〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
e-mail: song@uttrp.tut.ac.jp  
(原稿受付: 2009年8月25日)

羽の設置有無による換気性能について検討した。その結果、換気量は外気風速とともに増加し、タービンベンチレーターが有ると無いより約2倍の換気量が得られ、直径14インチ（約0.35m）と20インチ（約0.51m）のタービンベンチレーターでは換気量の違いはほとんどないことを示した。しかし、この研究では10m/s以上のかなり大きい外気風速について検討しており、それ以下の外気風速については検討していない。また、タービンベンチレーターを固定した場合は、逆流が生じると予想されるが、逆流に関する記述と考察は行っていない。

そこで、本研究では実際自然換気装置として使用されているタービンベンチレーターの実測により、外気風速に対するタービンベンチレーターの換気性能の検討とタービンベンチレーターを固定した場合における逆流現象の有無について検討を行った。また、鹿児島・名古屋・仙台の3つの地域にタービンベンチレーターを採用した場合の外気風速による換気性能について検討した。

## 2. 建物概要とタービンベンチレーター概要

実測対象のタービンベンチレーターが設置されている建物は静岡県浜松市にある延床面積約2000m<sup>2</sup>の木造一部RC造の2階建ての研究所で、1階はエントランスと事務室があり、2階はコリドールを中心に左右事務室が配置されている。また、この建物には太陽熱利用暖房システムをはじめ様々な自然エネルギー・未利用エネルギー利用システムが多く使われている。タービンベンチレーターはこの建物の2階部分のコリドールの屋根に設置されており、このコリドールは幅3.6m、奥行き50m、高さ約6~8mの南北で細長い形状となっている。また、このコリドールの屋根には

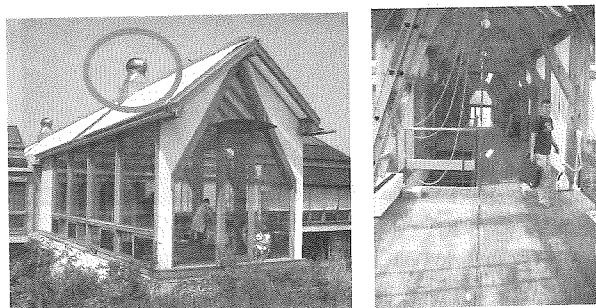


図2 測定対象建物の外観とコリドールの内観

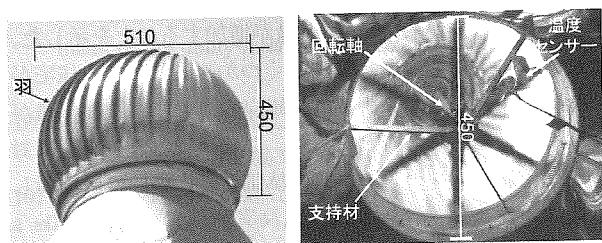


図3 測定対象タービンベンチレーター（拡大図、単位mm）

直径20インチ（0.51m）、高さ約0.45mのタービンベンチレーターが4つ約12m間隔で設置されている。ここで、コリドールの4つのタービンベンチレーターは同じ外気風速・風向に対して同じく回転しているため、コリドール近くの開口部が開いていない限り、お互いの影響はほぼないと考えられる。また、このコリドールの開口部はコリドールの北端と図3の南端に出入りにほとんど使用しない扉が1つずつ、中央には出入り用の扉が1つある。この中央の扉から外に出るためには下駄箱が設置されている空間を通ることとなっている。また、南端のコリドールの床付近には小さい窓が設けられているが、これもほとんど開閉していない。のことから、実測対象建物は人の出入りがそれほど頻繁でないことと、出入り用以外の扉と窓は開閉しないことからほとんどの時間帯の外気流入は建物の隙間にによるものと考えられる。以上のことから実測は4つのタービンベンチレーターの内、コリドール南端の3面の壁がガラス張りでできている屋根のタービンベンチレーターを対象とした。図2に測定対象建物外観とコリドール内観を、図3にタービンベンチレーターの拡大図を示す。外から見るとタービンベンチレーターは35枚の羽が時計方向に中央から外へ曲線を描きながら付着しており、あらゆる外気風向に対して外気風速さえあれば常に時計方向に回転するように作られている。また、内部を見ると細長い3本の支持材と支持材の上部中央には回転軸が設置され、支持材と回転軸の間には回転用のペアリングがあり、回転時には支持材以外の上部すべてが回転する仕組みとなっている。

## 3. 実測概要

実測は測定対象のタービンベンチレーターがあるコリドール部分の空気温度とタービンベンチレーターの換気量および気象について2007年5月19日から2008年4月2日まで約1年間行った。図4に示すようにコリドール部分の空気温度は床から高さ方向に床上0.1、1.2、1.7、4、5.8、6.4mの計5点測定した。ここで、測定対象コリドール部分の壁はガラス張りでできているため、図2に示すようにすべての気温測定には放射よけカバーをつけた。また、タービンベンチレーターからの逆流有無を検討するため、コリドール頂部と接続する部分に微差圧計を設置し、上向きと下向きの差圧を測定<sup>7)</sup>した。さらに、換気量測定のためにタービンベンチレーターの回転部下のエーシャフトの中央に無指向性風速計を設置し、風速を測定した。特に、換気量の測定<sup>8)</sup>方法は、図4(右)に示すようにタービンベンチレーターの回転部から約0.3m下の中央に1台の風速計を常設し、その水平断面部分を16分割し、その分割部分の中央をもう1台の風速計によりトラバース測定した。そして、両風速計により測定した風速から断面風速係数<sup>9)</sup><sup>10)</sup>を求めた。トラバース測定には各測定位置において1秒間隔で10秒間測定し、これを3回繰り返した。従って、タービンベンチレーターの換気量は断面風速係数に常設風速計の風速

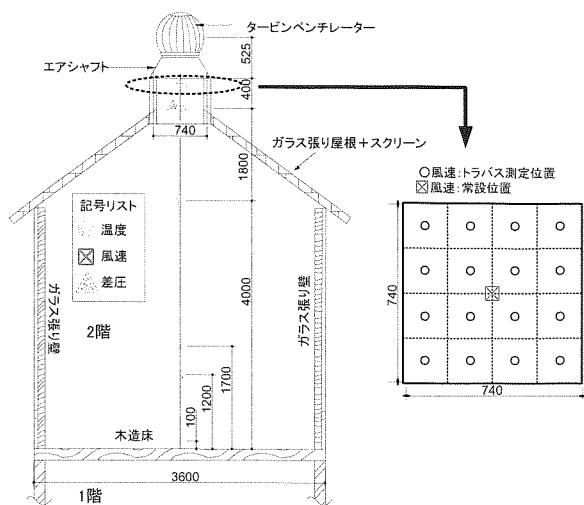


図4 測定位置 (右: 風速測定位置、単位: mm)

表1 測定項目と測定機器

測定項目	測定場所	測定数	測定機器
気象	屋外	1点	気象観測装置 (空気温湿度、日射量、風向・風速)
風速	タービンベンチレーター下部	2点	熱線風速計 測定範囲0.1~25m/s
微差圧計	タービンベンチレーター下部	1点	マノシスEMT1
気温	コリドール	6点	0.5型熱電対

および水平断面積を乗じ求めた。すべての測定項目は1分か10分間隔で測定し、データロガーに収集した。表1に測定項目と測定数および測定機器を示す。

#### 4. 実測結果

##### 4.1 タービンベンチレーターの自然換気量

タービンベンチレーターによる自然換気量の検討には、冷暖房が行われていない自然換気期間2007年5月21日から6月20日の1ヶ月において10分間隔で測定したデータを用いて解析を行った。図5にタービンベンチレーターの換気量と外気風速の変動を示す。期間平均換気量は約1000m<sup>3</sup>/h(コリドール容積基準として換気回数は約1回/h)であり、最大換気量は約5000m<sup>3</sup>/hであった。また、外気風速とともに換気量が増加する傾向も見受けられる。図6に昼間と夜間の測定期間の時間積算換気量の頻度と累積頻度を示す。ここで、昼間は勤務時間の8時~18時を、夜間は19時~7時までとした。1日の最大頻度を示した換気量は500~750 m<sup>3</sup>/hで、昼間と夜間はそれぞれ1000~1250 m<sup>3</sup>/hと500~750 m<sup>3</sup>/hであった。このことからタービンベンチレーターを利用すると昼間と夜間ともにコリドール容積基準で約0.5回以上の換気回数が確保できることがわかった。また、累積頻度を見ると5/21から6/20までの約4割の時間で750 m<sup>3</sup>/h以上の換気量が得られ、500m<sup>3</sup>/h未満の換気量は5%以下の結果であった。このことから測定期間では常に換気が行われていることがわかった。

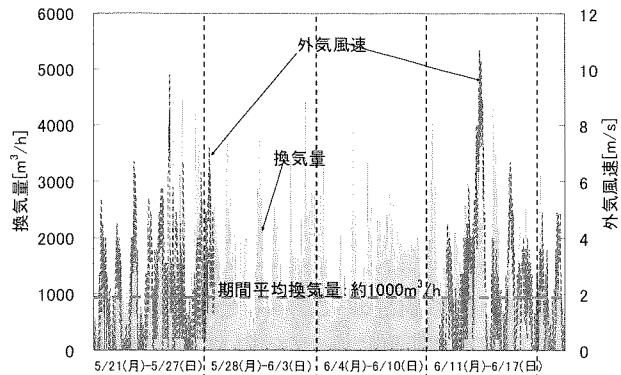


図5 タービンベンチレーターの換気量と外気風速の変動

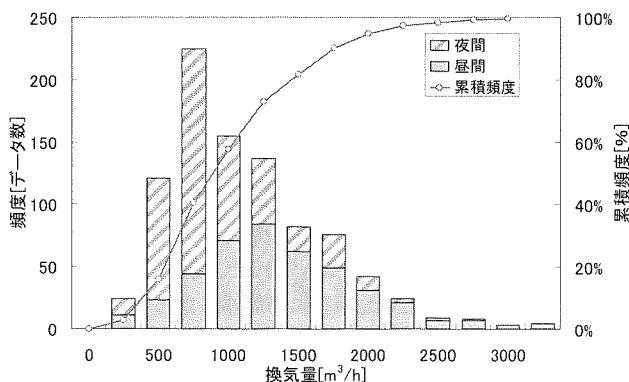


図6 昼間と夜間の換気量頻度 (2007/5/21-6/20)

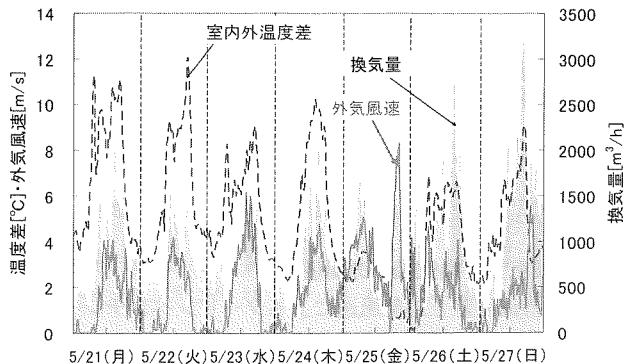


図7 室内外温度差と外気風速、換気量の変動 (5/21-5/27)

図7に建物への人の出入りがほとんどない休日期間である2007年5月21日~27日の1週間ににおけるコリドールの室内外温度差と外気風速および換気量の変動を示す。コリドールの室内外温度差と外気風速および換気量の3つはともに昼間は高い値を示し、夜間は小さい値を示した。また、換気量はコリドールの室内外温度差と外気風速とともに同じ変動をしているが、5月25日夕方のように室内外温度差が小さい時間帯においても換気量は外気風速と同じ変動を示している。このことから、換気量はコリドールの室内外温度差にも影響を受けるが、より外気風速に大きく影

響を受けていると考られる。また、今回の実測からタービンベンチレーターを利用することで室内外温度差による温度差換気と外気風による風力換気が両方利用できることがわかった。そこで、室内外温度差と外気風速によるタービンベンチレーターの換気への影響を調べるために、以下では重回帰分析により検討を行った。

#### 4.2 タービンベンチレーターの換気因子検討<sup>10)</sup>

タービンベンチレーター利用による温度差換気と風力換気のそれぞれの影響について調べるために、2007年5月21日から27日の1週間測定データを用いて重回帰分析により解析を行った。まず、コリドールの室内外温度差と外気風速と二つの交互作用の3つの要因が換気量の説明変数であるかどうかP検定を行った。その結果、表2に示すように3つともにP値が0.05以下であり、この3つは換気量の予測に重要な説明変数であることがわかった。また、この3つの説明変数のタービンベンチレーターの自然換気にに関する影響度を表わすt値を計算した結果、室内外温度差が最も影響度が高く、その次に外気風速であることがわかった。また、室内外温度差と外気風速の交互作用に関するt値はマイナスを示しており、室内外温度差と外気風速の交互作用はあまり期待できない結果となつた。重回帰分析により求めた換気量の予測式は式(1)である。ここで、実測の外気風速と室内外温度差を予測式に代入し求めた換気量と実測による換気量の誤差は平均約30%であった。

表2 重回帰分析結果

回帰統計					
標準誤差	t	P-値	重相関 R	R2	0.91
室内外温度差	4.9	24.8	3.6E-106	重決定 R2	0.82
外気風速	11.9	19.5	8.32E-72	補正 R2	0.82
室内外温度差 ×外気風速	2.4	-6.5	1.35E-10	標準誤差	460.5
				観測数	1002

$$Q = 120.1\Delta\theta + 231.3v - 15.5\Delta\theta \times v \quad \text{--- (1)}$$

Q: 換気量[m<sup>3</sup>/h]、 $\Delta\theta$ : 温度差[°C]、v: 外気風速[m/s]

#### 4.3 換気量と換気因子の関係

室内外温度差と外気風速によるタービンベンチレーターの換気量の関係を詳細に調べるために、この二つの因子をそれぞれ6水準に分け、4.2節で得られた予測式に実測データを代入し得た換気量を用い検討した。図8に外気風速別の室内外温度差と換気量の関係を、図9に温度差別の外気風速と換気量の関係を示す。図中の式は各水準別における近似式である。図8に示すように同じ外気風速に対して室内外温度差が高くなると換気量は増加し、外気風速が4m/s以下では室内外温度差が大きくなると換気量は増加するが、それ以上の外気風速では室内外温度差に対する換気量の増加はあまり見られない傾向であった。また、各外気風速別の室内外温度差と換気量の近似式を見ると、外気風速が4m/s以下では相関係数はかなり大きいが、それ以上の風速では相関係数はかなり小さい。さらに、外気風速が速くなるほど室内外温度差に対する換気量の増減を示す近似式の

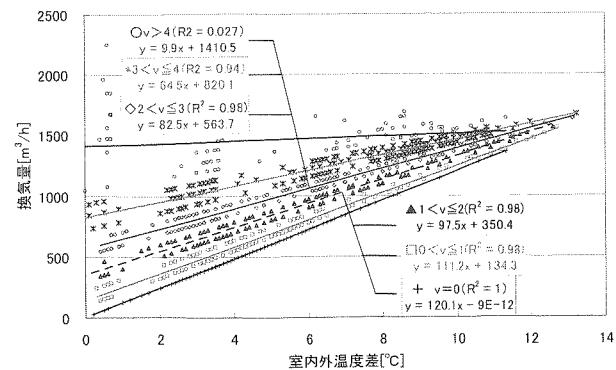


図8 外気風速別、室内外温度差と換気量の関係

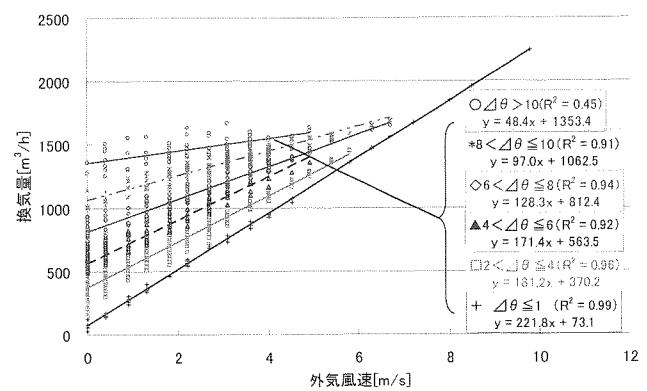


図9 室内外温度差別、外気風速と換気量の関係

傾きが小さくなる結果であった。このことから外気風速4m/sまでは外気風速が速くなると室内外温度差と外気風速の交互作用により換気量は増加するが、4m/s以上になるとその交互作用は期待できないことがわかった。

図9に示す室内外温度差別の外気風速と換気量の関係を見るとすべての温度差に対して、外気風速が速くなると換気量は増加する傾向であった。また、室内外温度差が10°Cまでは外気風速に対する換気量の相関係数はかなり高く、同じ外気風速に対して室内外温度差が高くなると換気量は多くなる結果であった。さらに、室内外温度差が高くなると外気風速に対する換気量の増減を示す近似式の傾きは小さくなる結果であった。このことから室内外温度差が10°Cまでは室内外温度差が高くなると外気風速と室内外温度差の交互作用により換気量は増加するが、それ以上の温度差ではその交互作用は小さくなることがわかった。

以上のことから4.2節で示したように実測データ全範囲で判断すると室内外温度差と外気風速の交互作用による換気量の増加は期待できないが、ある外気風速範囲または室内外温度差範囲では交互作用による換気量の増加は期待できることがわかった。

#### 4.4 タービンベンチレーターの回転有無による換気量

タービンベンチレーターを固定した場合の換気量について検討するため、タービンベンチレーターを固定して実測

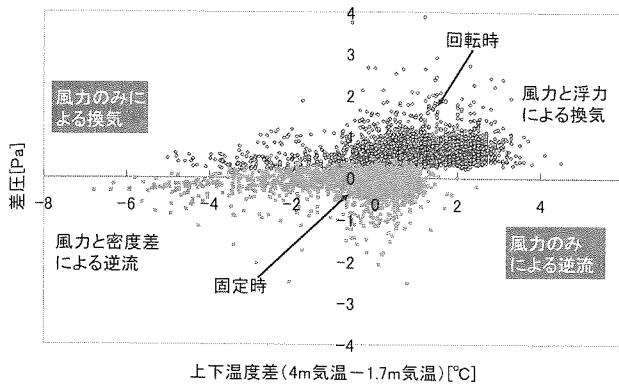


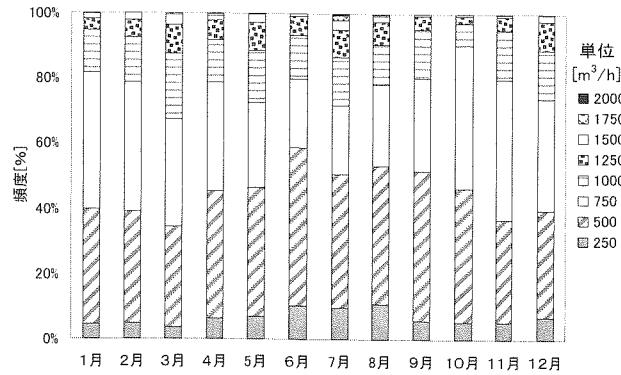
図 10 タービンベンチレーター固定有無による上下温度差と差圧の関係

した 2008 年 3 月 21 日から 4 月 1 日の測定データを用い解析を行った。また、回転時は 2007 年 5 月 21 日～27 日の 1 週間のデータを用いた。図 10 にタービンベンチレーターの回転時と固定時における床上 4m と 1.7m の上下温度差と差圧の関係を示す。回転時には上下温度差がプラスでもマイナスにおいても常に差圧はプラスを示しており、タービンベンチレーターを通って室内空気が外へ換気されていることがわかった。これは上下温度差がマイナスのときは外気風による風力換気が行われ、プラスのときは温度差換気に加え風力換気が行われるためと考えられる。このことからタービンベンチレータが回転すると上下温度差が逆転しても換気は行われることがわかった。

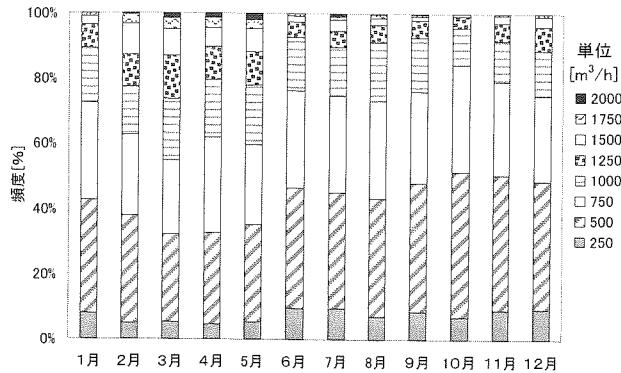
しかし、固定時は上下温度差がプラスでも差圧はほとんどマイナスを示しており、タービンベンチレーターを通って外気が侵入される逆流現象が生じていることがわかった。これはタービンベンチレーターを固定するとタービンベンチレーターが中東などの伝統建築でよく見られるウインドウキャッチャのような働きをするためと考えられる。このことからタービンベンチレーターを回転させないように固定すると上下温度差または室内外温度差による温度差換気を外気風が邪魔してしまう恐れがあることがわかった。

## 5. 鹿児島・名古屋・仙台の 3 地域におけるタービンベンチレーター設置による風力換気量<sup>注2)</sup>検討

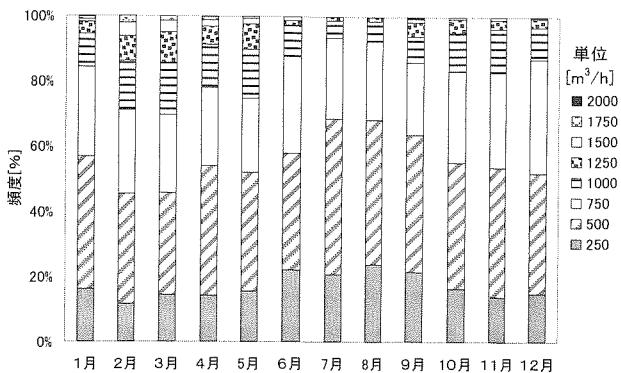
現在でも冷房をせず、換気のみの工場では屋根に強制換気ファンを設置して換気する場合が多いと思われる。そこで、次世代省エネルギー基準地域区分における第 5 地域の鹿児島と第 4 地域の名古屋と第 3 地域の仙台においてタービンベンチレーターを設置した場合の風力換気のみの換気量について検討した。外気風速は 2007 年度気象庁が観測した時間データ<sup>9)注3)</sup>を用い、風力換気のみの換気量の予測には図 9 の室内外温度差 1°C 以下の近似式を用いた。室内外温度差 1°C 以下の近似式を使った理由は換気量が少ない安全側で解析を行うためである。図 11 に鹿児島・名古屋・仙台における月別の予測換気量の出現頻度を示す。3 つの地域における月別予測換気量の出現頻度を見ると、鹿児島で



(1) 鹿児島の月別の予測換気量頻度



(2) 名古屋の月別の予測換気量頻度



(3) 仙台の月別の予測換気量頻度

図 11 月別予測換気量の出現頻度

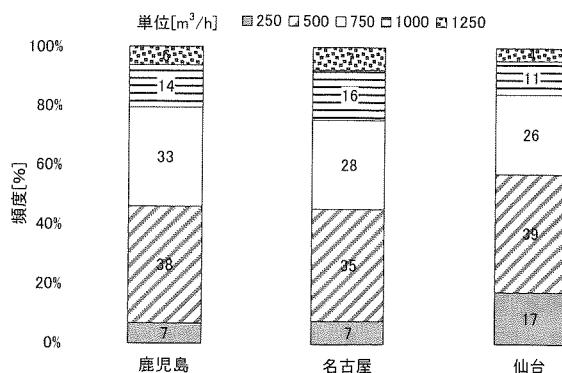


図 12 年間予測換気量の出現頻度

500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られる割合は、4月から10月までが40~50%、その他の月では約60%の結果であった。また、名古屋で500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られる割合は、6月から2月までが50~60%、その他の月では約60~70%の結果であった。さらに、仙台で500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られる割合は、1月と6月から9月までが30~40%、その他の月では45~55%の結果であった。このことからこの3地域でタービンベンチレーターを利用すると各月において鹿児島は最低40%、名古屋は最低50%、仙台は最低30%の時間で500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られることがわかった。また、3地域ともに冬季(12月~3月)、中間期(4月、5月、10月、11月)、夏季(6月~9月)の順に予測換気量が多くなる結果であった。このことから、この3地域において冬季が一番多くの換気量が得られることがわかった。

図12に3つの地域における年間の予測換気量の出現頻度を示す。鹿児島と名古屋は年間約65%の時間が、仙台は約40%の時間が500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られた。このことから、鹿児島・名古屋・仙台でタービンベンチレーターを利用すると年間500 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られる時間は約65%であることがわかった。また、名古屋は鹿児島と仙台に比べて1000 m<sup>3</sup>/h 以上の換気量が得られる出現頻度は約25%で、他の2地域の20%より多い結果であった。従って、この3地域の中で名古屋は月別でも年間でも換気量を得られる時間が多く、その換気量も多いことからタービンベンチレーターの利用に有効な地域であると考えられる。

以上の結果から、外気風を換気の駆動力として利用するタービンベンチレーターの採用は3地域において工場のような多くの換気量が必要とされる建物の換気システムのエネルギー削減に大きく貢献できると考えられる<sup>注2)</sup>。

## 6. まとめ

現場実測によりタービンベンチレーターの自然換気性能について検討した。また、そのデータを用いて鹿児島、名古屋、仙台の3地域でタービンベンチレーターを導入した場合における予測換気量を求め、その換気性能について検討した。以下に得られた知見をまとめる。

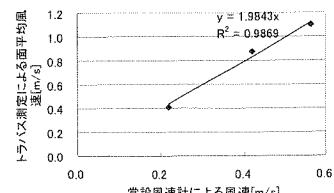
- 1) 実測現場におけるタービンベンチレーターの平均換気量は約1000m<sup>3</sup>/hで、最大約5000m<sup>3</sup>/hの換気量が得られる結果であった。また、1日の最大頻度を示した換気量は500~750 m<sup>3</sup>/hで、昼間と夜間はそれぞれ1000~1250 m<sup>3</sup>/hと500~750 m<sup>3</sup>/hであった。このことからタービンベンチレーターを利用すると昼間と夜間とともにコリドール容積基準で約0.5回以上の換気回数が確保できることがわかった。また、5/21から6/20までの約4割の時間で750 m<sup>3</sup>/h以上の換気量が得られ、500 m<sup>3</sup>/h未満の換気量は5%以下の結果であった。
- 2) タービンベンチレーターは回転さえすれば、逆流は生じず、室内外温度差による温度差換気と外気風による風力換気が両方利用できることがわかった。

- 3) 重回帰分析の結果、タービンベンチレーターの自然換気は室内外温度差が最も影響度が高く、その次に外気風速であることがわかった。
- 4) 外気風速4m/sまでは外気風速が速くなると室内外温度差と外気風速の交互作用により換気量は増加するが、4m/s以上になるとその交互作用は期待できないことがわかった。
- 5) 室内外温度差が10°Cまでは室内外温度差が高くなると外気風速と室内外温度差の交互作用により換気量は増加するが、それ以上の温度差ではその交互作用は小さくなることがわかった。
- 6) 本実測建物と同様の条件であれば、タービンベンチレーターを利用すると各月において鹿児島は最低40%、名古屋は最低50%、仙台は最低30%の時間で500 m<sup>3</sup>/h以上の換気量が得られることがわかった。
- 7) この3地域の中で名古屋は月別でも年間でも換気量を得られる時間が多く、その換気量も多いことからタービンベンチレーターの利用に有効な地域であると考えられる。
- 8) 外気風を換気の駆動力として利用するタービンベンチレーターの採用は工場のように多くの換気量が必要な建物において換気システムのエネルギー削減に大きく貢献できると考えられる。ただし、タービンベンチレーターは外気風に依存するため、強制換気システムのように常に一定の換気量の確保が難しい。しかし、強制換気システムとの併用使用あるいは一定の換気量を要しない建物への使用にはかなり有効であると考えられる

**謝辞** 実測に協力してくれた奥村電気工業株バオ・グエン・タン氏(当時、豊橋技科大大学院生)と宮城高専研究員木村竜士氏(当時、豊橋技科大大学院生)と実測場所と気象測定に機材を提供してくれたOM計画の盧炫佑氏ならびにOMソーラー協会の皆様に感謝の意を表します。

## 注

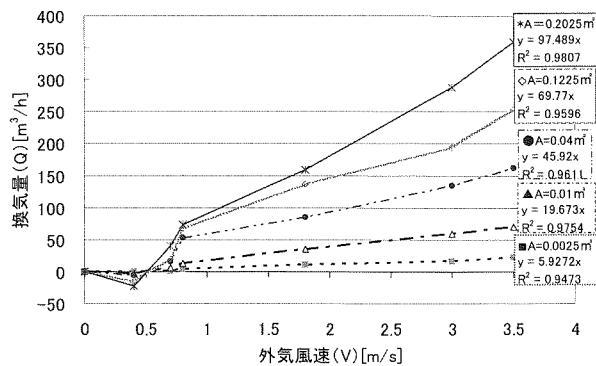
注 1) 面風速係数を求める際の常設風速は0.2~0.56m/sの範囲であり、そのときのトラバースによる面平均風速は0.4~1.1m/sであった。右図に示すように面風速係数(近似式傾き)は約1.98で、その相関係数R<sup>2</sup>はかなり高いことから、本稿ではこの値を面風速係数として採用した。



注 2) 今回のシミュレーションによる換気量は実測対象建物のような隙間状況での結果であり、建物の隙間状況により換気量は異なる。

注 3) 地域の風速測定における地上高は鹿児島44.8m、名古屋17.6m、仙台52mと異なるため、べき乗則を用い、地上高10mにおける風速に換算し、予測換気量を求めた。

注 4) タービンベンチレーターの外気風速に対する換気性能に関するメーカーなどの資料はないため、著者が簡易風洞を用いて行った実験結果<sup>10)</sup>を以下に示す。14 インチのタービンベンチレーターは外気風速が早くなるほど、隙間面積(A)が大きくなるほど換気量は増加することがわかった。



## 参考文献

- 1) A. Revel, B. P. Huynh: Characterising Roof Ventilators, 15<sup>th</sup> Australasian Fluid Mechanics Conference, The University of Sydney, Australia, December, pp. 13-17, 2004
- 2) Naghman Khan, Yuehong Su, Saffa B. Riffat, Colin Biggs: Performance testing and comparison of turbine ventilators, Renewable Energy 33, pp. 2441-2447, 2008
- 3) J. d. Dale, M. y. Ackerman: Evaluation of the performance of attic turbine ventilators, ASHRAE Transactions 99(1), pp. 14-22, 1993
- 4) Chi-Ming Lai: Experiments on the ventilation efficiency of turbine ventilators used for building and factory ventilation, Energy and Building 35, pp. 927-932, 2003
- 5) Chi-Ming Lai: Prototype development of the rooftop turbine ventilator power by hybrid wind and photovoltaic energy, Energy and Buildings 38, pp. 174-180, 2006
- 6) 品田宜輝、木村建一：多層建築の自然換気システムにおける各階給排気量の多点同時連続計測システムの開発と現場実測結果、日本建築学会環境系論文集、N0. 639、pp. 595-601、2009. 5
- 7) 品田宜輝、木村建一：ソーラーチムニーと地中ピットとを組み合わせた自然換気システムの基本性能に関する実測調査、日本建築学会環境系論文集、N0. 636、pp. 169-175、2009. 2
- 8) 気象庁 HP : <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 9) 上田太一郎、小林真紀、渕上美喜：「Excel で学ぶ回帰分析入門」、オーム社、平成 16 年 1 月
- 10) 宋城基、松本博：住宅換気用タービンベンチレーターの自然換気性能に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 75 卷、第 648 号、2010. 2 (掲載決定)