

### Wind Effects New Frontier of Education and Research in Wind Engineering Neurophyse Neuro

Wind Engineering Research Center Graduate School of Engineering Tokyo Polytechnic University

## **INDEX**

•	International Forum on Tornado Disaster Risk Reduction	for
	Bangladesh - To Cope With Neglected Severe Disasters. $\cdots$	1
•	APCWE-VII 参加報告······	2
•	APEC-WW2009 開催報告	З
•	2009 年に発生した竜巻被害について	4
•	Wind loading on porous sunshade roof cover sheets	9
•	Desiccant-Based Ventilation and Air-Conditioning (DVA	C)
	System	11

# International Forum on Tornado Disaster Risk Reduction for Bangladesh - To Cope With Neglected Severe Disasters.

"The International Forum on Tornado Disaster Risk Reduction for Bangladesh - To Cope With Neglected Severe Disasters" was held in Bangladesh on 13-14 December, 2009 at the Hotel Sheraton. Over one hundred seventy people attended, including a large number of international experts from the USA, Japan, Switzerland, Thailand and China. While Dr. Muhammad Abdur Razzaque, the Honorable Minister of Ministry of Food and Disaster Management, was the Chief Guest, Mr. Tamotsu Shinotsuka, Ambassador of Japan in Bangladesh, Prof. Dr. M.S. Akbar MP, Chairman of Bangladesh Red Crescent Society, and Mr. BMM Mozharul Hug, Advisor, Humanitarian Response Team, UNDP were present as Special Guests. Chaired by Prof. Yukio Tamura, IAWE President/TPU Global COE Director, the forum was addressed by Mr Salvano Briceno, Director of UNISDR and Mr. Tokiyoshi Toya, Director of WMO as guests of honor. Mr. Muhammad Saidur Rahman, Director, BDPC presented the welcoming address and Mr. Farhad Uddin, DG DMB proposed the vote of thanks from the local organizers.

The event was co-organized by Tokyo Polytechnic University Global COE Program TPU/GCOE, the Government of Bangladesh (Disaster Management Bureau, Ministry of Food and Disaster Management, Meteorological Department, Ministry Of Defence), the Bangladesh Disaster Preparedness Centre (BDPC) and the International Association for Wind Engineering (IAWE).

Through a number of sessions addressed by key international and local experts, the forum captured severe local storm disaster risks in Bangladesh, raised awareness of risks at local, national, and international levels, and developed a strategy for reducing the risks through active interactions among renowned international experts, national and local experts, and local practitioners and decision makers. This strategy includes components of early warning systems; risk and vulnerability assessment; research on meteorology, climatology, and engineering; household and community shelter; public awareness and education; finance and community planning; and governance and policy making. The outcomes of this forum will help the Government of Bangladesh to adopt policies and develop planning to reduce risks from severe local storms. The outcomes will stimulate donor agencies and NGOs to implement specific projects to reduce disaster risks. Overall, the forum will contribute to the implementation of the Hyogo Framework for Action.



## APCWE-VII 参加報告

日時:2009年11月8~12日 会場:グランドホテル,台北

2009年11月8~12日に Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering (APCWE-VII) が台湾のグランドホ テル (写真1参照) で開催された。APCWE はアジア太平 洋地域の Regional Conference と位置づけられており、4 年毎に開催され今回が第7回目であった。アジアを中心に 19カ国から220名を超える参加者があり、日本からも30名 を超える研究者の参加があり、非常に活発な議論が行われ た。3名の基調講演と4名の招待講演が行われ、日本から は東京工芸大学の田村幸雄拠点リーダと東京工業大学の 田村哲郎教授の講演があった。以下に基調講演と招待講 演のリストを示す。

[基調講演]

- Wind-Induced Damage to Buildings and Disaster Risk Reduction (Professor Yukio Tamura)

- Targeted Observation of Tropical Cyclones (Professor Chun-Chieh Wu)

- The Changing Dynamics of Aerodynamics: New Frontiers (Professor Ahsan Kareem)

[招待講演]

- Wind and Structural Monitoring of Long Span Cable-Supported Bridges with GPS (Professor You-Lin Xu)

- Advances and Challenges in Applied Flow and Dispersion Modelling (Professor Bernd Leitl)

- Large Eddy Simulation on Building Aerodynamics (Professor Tetsuro Tamura)

- Development of Codification of Wind Loads in the

Asia-Pacific (Dr. John D. Holmes)

ー般講演では以下に示す 21 のテクニカルセッションが用 意されており、それぞれの会場で活発な討議が行われた。

Bridge Aerodynamics / Wind Environment / Human Comfort / Aero-Elasticity / Field Measurement and Health Monitoring / Newly Developed Testing Facilities and Techniques for Wind Engineering Applications / Hazard Assessment / Low-Rise Building / Computational Wind Engineering / High-Rise Building / Wind Energy and Applications / Wind-Induced Structural Response / Environmental Dispersion / Bluff Body Aerodynamics / Wind Characteristics / Urban Flow and Dispersion Modeling / Cable Aerodynamics / Wind Loading / Wind Tunnel Tests/Industrial Applications / Experimental Modeling/Wind Tunnel Tests / Wind Coding Issues / Windborne Debris / Codification of Wind Loads / Vehicle / Wind Barrier and Sports / Indoor Air Quality and Ventilation

それぞれのテクニカルセッションで非常に有益な発表が 多く、どのセッションに参加するかを選択することが難しかっ たが、全体として大変有意義な国際会議であった。また、 タムカン大学のスタッフの対応がとても良かったことが印象に 残った。次回の APCWE は 2013 年にインドでの開催が予 定されている。



写真 1 The Grand Hotel, Taipei



写真 2 Participants for APCWE-VII (by courtesy of APCWE-VII Secretary)

# APEC-WW2009 開催報告

2009年11月12日~14日,「台湾淡江大学風工 学研究センター」と「東京工芸大学GLOBAL COE」 の共催で、国際ワークショップ"5th Workshop on Regional Harmonization of Wind Loading and Wind Environmental Specifications in Asia-Pacific Economies"が台湾で開催された。APEC-WWの目的 は、各国における風荷重に関する基準や風環境に関する条 例などについて情報を交換し、これを発展させ調和を図るこ とである。今年から参加するCanada、Sri Lanka、Nepal とMacau を含めAPECの18の国と地域から31名の代表 が参加した。日本からの参加者は東京工芸大学の田村幸雄、 大場正昭、義江龍一郎の3名である。

ちょうど第7回 APCWE 会議と時間的につながっている ため,11月12日に APCWE7の会場で APEC-WW2009 の Open Ceremony が開かれた。まず淡江大學の Chii-Ming Cheng 教授から参加者への歓迎の挨拶があり、風 荷重や風環境に関する諸問題の情報交換や基準などに関 する協調の意義について説明があった。その後,主催者の 田村先生は最近の国際風工学会の活動を説明しながら風 災害低減の重要性を強調した。APEC-WW2009の本格的 な活動は13日~14日の二日間で淡江大学宜蘭県蘭陽キャ ンパスにて行われた。13日に、本ワークショップのコンセプ トに基づき、参加18ヶ国における現状について、各国の代 表者からカントリーレポートがなされた。この報告を通じて、 参加者は各国の現状および類似点・相違点について互いに 理解を深めることができた。 11月14日には、参加者が風荷重と風環境の二つのセッションに別れ、より詳細な議論を行った。風荷重に関するセッションでは、3つの例題(①都市に建つ鉄骨造倉庫、②熱帯地方の都市に建つ中層オフィスビル、③都心に建つ高層ビル)について各国の風荷重計算結果を再度確認した。また、来年のAPEC-WWから、風災害低減セッションを設けることに合意した。風環境のセッションでは、屋外・室内の空気質に関する各国の基準、汚染ガス拡散のベンチマークテストに関する議論が行われた。

この3日間のワークショップの結果,風荷重と風環境に関 し、それぞれレゾリューションがまとめられた。ワークショッ プの関連資料は web サイトに掲載されている (http://www. wind.arch.t-kougei.ac.jp/APECWW/)。また次回は 2010 年に韓国で開催されることが決定した。



写真1 APEC-WW2009 会場



写真2 APEC-WW2009 参加者

# 2009年に発生した竜巻被害について

岡田玲、G.R.Sabareesh、金 容徹、Le Thai Hoa、吉田昭仁、曹 曙陽、

前号では2009年7月に館林市で発生した竜巻被害の調 査結果を報告した。本報告では、最初に 2009 年に発生し た突風被害について簡単に触れたのち、本 Global COE プ ログラムとして行った竜巻被害調査結果について報告する。

## 1.2009年に発生した突風被害

気象庁の発表によれば、2009年に日本国内で発生した 突風は全体で約77件であり、そのうちの24件が竜巻、4 件がダウンバースト、3件がガストフロント、26件が水上竜巻、 残りの20件が原因不明とのことである。

発生した竜巻のうち、藤田スケールが F1 以上のものは、 6件であった。前報で報告した館林市で発生した竜巻を除 く5件のうち、本 GCOE が被害調査を行ったのは、7月19 日に岡山県美作市で発生した竜巻を除く、台風14号の接 近に伴って発生した三つの竜巻 (千葉県九十九里市, 茨城 県龍ヶ崎市と土浦市)と秋田県能代市で発生した竜巻であ る。本報告では次節以降、この4つの竜巻についての報告 を示す。

### 2. 台風 14 号の接近に伴って発生した竜巻

台風14号はマーシャル諸島付近において9月29日に発 生した。その後台風は北上を続け、10月8日午前5時に愛 知県知多半島付近に上陸した。上陸と時をほぼ同じくして、 Fig.1に示す三か所で竜巻が発生した。



松井正宏、田村幸雄(東京工芸大学)



図中には、三つの竜巻の発生時刻と、矢印で進行方向を 併せて示している。2.1~2.3節では、各竜巻により受けた 主要な被害を示していく。

2.1 千葉県九十九里市

[調査メンバー:吉田, 岡田, Le, 金]

調査団は交通機関の復旧に合わせる形で8日夜に現地に 入り、9日早朝より調査を開始した。

この竜巻の藤田スケールは F1 である。幸いなことにけが

## Wind Effects News

人などはごく少数名の軽傷にとどまった。被害は九十九里 海岸付近の作田から、北北西に長さ4.1kmにわたって幅約 20mで広がっていた。Fig. 2に被害を受けた建築物などの 分布を示す。

最も被害が集中したのが, Fig.2 中 A で示した作田地区 であった。この一帯は住宅地であり,住宅への被害が中心 となった。竜巻の経路は, Fig. 2 中に示す B 領域に入った あたりから田園地帯に入る。この地区では,経路にあたる 位置に点在する住家などにおいて被害が生じていた。B 領 域の中央付近には被害が見られないが,この範囲において, すべてが田畑で,すでにほとんどの作物が刈り取られてい たこと,竜巻の通過後に台風が通過していたことなどから, 竜巻による被害は判別しにくい状況になっていた。なお,B 領域の北三分の一では,ビニールハウス,農作機械,雑木 林などに被害が見受けられた。Fig. 3 以降,被害調査で明 らかになった主要な被害の写真を示す。

Fig. 3 に被害地域の最南端に位置する, 屋根と壁が破損 した木造牛舎を示す。南半分の屋根は完全に飛散していた。 紙面手前から当たった風が開口部から入り, 内圧が上がって 屋根が吹き飛んだと思われる。なお周囲には変形したビニー ルハウス, 飛散物により穴のあいた壁など多くの被害が見受 けられた。 Fig. 5 に全壊した住家を示す。所有者は隣接する住家に 転居しており、幸いにもこの住家は竜巻通過時、無人だった。 Fig. 4 にも1台写っているが、竜巻通過時に、この住家前 には2 台の車が停まっており、フロントガラスに飛散物の衝 突痕、リアガラスが大破して飛散物が車内に入るなどの被 害が見られた。



Fig.5 全壊した建物

Fig. 6に被害を受けた木造住家を示す。住人によれば、 この住家は竜巻通過時に一瞬持ち上がって落下したとのこ とである。窓枠は外れ、主架構がゆがみ、多くの飛散物に よる穴があき、そのほかにも軒裏の破損、屋根瓦の飛散、 トタン板製の塀の転倒などの被害が見受けられた。



Fig. 3 屋根と壁が飛散した牛舎



Fig. 4 浮きあがた倉庫

Fig. 4に Fig. 3の牛舎と同一敷地内でトラックの荷台を 利用した倉庫が転倒した様子を示す。このコンテナは軽くて も2t 以上あり、その風力がすさまじかったことがうかがえる。



Fig. 6 躯体、窓、軒下などに被害を受けた住家

Fig. 7 に強風でビニールがまくれ上がり, 骨組が変形した ビニールハウスを示す。

## Wind Effects News





Fig. 7 被害を受けたビニールハウス



これは被害地域北部の田園地帯で生じた。この付近では、 耕作機が転倒なども見られた。 2.2 茨城県龍ヶ崎市

[調査メンバー:吉田,金]

Fig. 8 に龍ヶ崎市で発生した竜巻により被害を受けた建築物の被害分布を示す。調査団は竜巻が発生した8日に自家用車で現地に入り,8日夕刻までで調査を完了した。被害地域は幅200m,長さ4.0kmで,南北に広がっていた。被害地域の中央は都市部で,そこから南北に田園地帯が広がっている。この竜巻の藤田スケールはF1である。Fig.9に風力によって倒れた木造倉庫を示す。



Fig. 9 倒壊して隣接した建物によりかかる倉庫



Fig. 10 転倒して道を塞いだ建物

Fig.10に転倒した建物を示す。接合部が錆などによりもろ くなっていたことが原因と考えられる。倒壊した部分が道を 塞いでいた。また Fig.11 は屋根と窓に被害を受けた住家で ある。屋根は瓦,野地板,束などが飛散している。写真手 前から風があたり,手前に面した窓が竜巻発生時には閉め



Fig. 11 屋根と窓が破損した住家

## April 2010

## Wind Effects News

られていなかったことから破損し、その後屋根が飛散したとのことである。また、Fig.12は川を竜巻が横切った際に川の両側に立っているフェンスが傾いた様子を示している(フェンス黄線部分)。



Fig. 12 傾いたフェンス (黄色塗り部分)

### 2.3 茨城県土浦市

[調査メンバー: Cao, Sabareesh]

Fig.13に土浦市で発生した竜巻により被害を受けた建物の分布を示す。被害調査は9日と11日に分けて行った。



Fig. 13 被害分布 (●)

図に示すように竜巻は被害地域の右下から左上に向けて 通り抜けた。幅は約40m,長さは1.5kmに及んでいる。屋 根瓦を有する住家への被害が多くみられた。そのほか、交 通標識や樹木の転倒、ビニールハウスの破損などが見られ た。Fig. 14 に壁が飛散した住家、Fig.15 に飛散物の衝突 で壁の外装材が破損した住家の写真を示す。これらはいず れも近年建てられた建築であった。この竜巻の藤田スケー ルは F1 である。



Fig. 14 壁が飛散した住家



Fig. 15 飛散物により破損した外装材

## 3. 秋田県能代市

[調査メンバー:岡田, Sabareesh]

竜巻が発生した日の夕刻に出発し、夜行列車などを利用 して31日早朝に現地に入って調査を開始した。Fig. 16 に 竜巻が発生した時刻における秋田県付近の衛星画像を示 す。能代市上空に発達した積乱雲が発生していた。その規 模は日射による影からも見て取ることができる(白矢印)。ま た調査などにより明らかになった竜巻によって被害を受けた 建築物などの分布を Fig. 17 に示す。図中では建築物の被 害があった地点を●で、飛散物が散在していた一帯の中心 地点を★で表している。



Fig. 16 衛星画像 (10 月 30 日, 9 AM 日本気象協会)

## April 2010

## Wind Effects News



Fig. 17 被害分布



Fig. 18 半壊した住家と倒壊したブロック塀



Fig. 19 全壊した2棟(手前)と半壊した1棟(奥)

顕著に被害を受けた住家は Fig. 17 中の A 地点に 2 軒, B 地点に 2 軒, C 地点に 2 軒である。それ以外の地域に はそれらの住家から飛散した屋根や壁などの部材などによ る被害であった。Fig. 18 に A 地点にて半壊した住家と転 倒したブロック塀を示す。奥に見える住家からの飛散物は 確認されたなかで最大 420 メートル東方まで飛散していた。 写真 19 に C 地点にて全壊した 2 棟と半壊した 1 棟の住家 を示す。



Fig. 20 壁を突き抜けた飛散物

C 地点より東は田園地帯である。C 地点からと思われる 飛散物は確認されたなかでは最大 1.3km までの範囲で確 認された。Fig. 20に飛散物が壁を突き抜けた被害例を示す。 左は C 地点でのもの、右は B 地点でのものである。

Fig. 20 左の建物は Fig. 19 の全壊した建物のすぐ南側 に位置しており、主架構に損傷はないものの、北側の窓ガラ スは全損し、屋根に用いられている金属製の折板が室内外 の圧力差などによりめくりあがるといった被害が見られた。

## 4. まとめ

以上述べてきたように本 Global COE として,2009 年は 5 件の突風被害について,被害発生当日もしくは翌日に被 災地で調査を行った。突風がいつどこで発生するかを予測 するのは難しいなかで,今後も不幸にして生じた被害につい て調査を重ねていくことで,突風による被害事例の体系化 などをすすめ,突風安全対策へと結び付けていくのが本務 の使命であると考える。

参考文献:

竜巻等の突風データベース,気象庁,http://www.data.
jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html
謝辞:ご協力いただいた住民,市役所の方々に感謝いた

します。

Page 8

# Wind loading on porous sunshade roof cover sheets

## Vu Thanh Trung, Ph.D student, TPU Yukio Tamura, Professor, TPU Akihito Yoshida, Associate Professor, TPU



Thermal reduction is always a problem for building roofing systems, especially folded steel sheet systems. Several roof insulation systems have been used up to now, including the loose laid paver system and heat insulating roof tiles. However, these systems are still expensive. Porous sunshade roof cover sheets have been

introduced as a cheaper alternative. Porous sunshade roof cover sheets installed on roofing systems reflect sunlight, thus reducing the amount of sunlight reaching the roof (see Fig. 1). However, unlike wind loadings on conventional building roofs, wind loadings on porous sunshade roof cover sheets comprise a combination of wind pressures on both sheet surfaces so that their responses to wind are also different. Furthermore, a very limited number of studies have examined wind flows and their effects on wind-permeable structures, and there is no provision for these structures in the major international codes and standards.



Fig 1 Sketch of porous sunshade roof cover sheet for a building foof

### 1. EXPERIMENT AND RESULTS

Wind tunnel experiments were carried out on a low-rise building model (200 mm high Hx 470 mm wide Bx 710 mm deep D) with porous sunshade roof cover sheets in a Boundary Layer Wind Tunnel, 2.2m wide by 1.8m high, in Tokyo Polytechnic University, Japan.

The length and velocity scales were 1/50 and 1/4, respectively. Terrain categories II and III in AIJ-RLB

(2004), corresponding to open and suburban terrains,

respectively, were chosen for the experiments. These categories have wind velocity profile exponents of 0.15 and 0.2 for terrain categories II and III, respectively. The turbulence intensities at roof level are 0.2 and 0.26 for terrain categories II and III, respectively. Wind speeds at this height are 9m/s and 7m/s for terrain categories II and III, respectively.

All test model cases were tested for a total of 41 wind angles ( $0^{\circ}$  to  $360^{\circ}$  in 100 steps and  $45^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$  and  $315^{\circ}$ ).

Several test model cases were required to consider the many effects of porosity, underneath volume, breath/depth ratio of building, approach flow, parapet and spoiler for various wind angles and locations.



Fig 2 Test model (all dimensions in mm)

Experimental results showed that the upper and lower surface wind pressures on the sheets were very similar and the values of local wind force coefficient on the sheet due to the combined effect of the upper and lower surface wind pressures were very small (close to zero).

The wind angles that caused the largest wind loadings on the porous sunshade roof cover sheets were  $40^{\circ} \sim 90^{\circ}$ .

The panel wind force coefficients of the porous sunshade roof cover sheets varied not only with wind angle but also with location (corner, edge, interior).

Wind force coefficients (local and panel) (in absolute

values) on the porous sunshade roof cover sheets decreased as porosity  $\phi$  (ratio between area of orifices and area of sheet) increased but increased as underneath volume ratio (ratio between gap between sheet/roof and height of building) increased (see Fig. 3).



Fig. 3 Variations of smallest minimum peak panel wind force coefficients  $C_F$  with different porosities and underneath volume ratios

increased with low solid parapets and decreased with tall solid parapets, whereas upward-acting local wind force coefficients decreased with parapet height. For low-rise building roofs, local suctions (upward-acting) increased with low parapets and decreased with tall parapets. It is clear that the effects of a solid parapet on a porous sunshade roof cover sheet and a low-rise building roof differ depending on the directions of local pressures. The largest maximum panel wind force coefficients (downward-acting) of sheet A (at corner zone) increased with low parapets and decreased with tall parapets (see Fig 4a). The parapets increased the absolute values of the smallest panel wind force coefficients (upwardacting) of the porous sunshade roof cover sheets, even very tall parapets.

For porous parapets, local wind force coefficients decreased with increasing porous parapet height. Porous parapets were more effective in decreasing wind loadings on the sheets, and 50% porous parapets were better (see Fig 4a).



Fig. 4 Variations of largest maximum peak panel wind force coefficients  $C_F$  with different relative parapet heights  $h_p$  and different relative spoiler heights  $h_s$  for sheet A

Spoilers tested in this study were proven to be effective in decreasing wind force coefficients on porous sunshade roof cover sheets. The local and panel wind force coefficients were decreased by up to 80% and 62%, respectively. The effects of spoilers in reducing wind loadings on the sheets decreased as spoiler height increased (see Fig 4b).

Cross-correlation coefficients between upper and lower surface pressures were very high (close to unity). They increased with increasing porosity and parapet height but decreased with increasing underneath volume ratio. With spoilers, they decreased with increasing spoiler height.

### 2. NUMERICAL COMPUTATION

A computational method based on the unsteady form of the Bernoulli equation was also used in this study to predict the lower surface pressures on a porous sunshade roof cover sheet with respect to two porosities and various wind angles from known upper surface pressures.



Fig. 5 Comparison between experimental and computational results for time histories of lower surface panel wind pressure coefficients  $C_{LP}$  for porous sunshade roof cover sheet A for porosity 5% for wind angle  $\theta = 0^{\circ}$ 

The computational results were compared with the experimental results, and agreement was found between them (see Fig. 5).

### **3. CONVERSION FACTOR**

Another major finding in this study was a new equation for a conversion factor  $\gamma$  for different porosities  $\phi$  and underneath volume ratios  $V^*$  (defined in Eq. 1).

$$\gamma = -2\phi + 6.4V + 0.62 \tag{1}$$

The minimum peak local wind force coefficient for a porous sunshade roof cover sheet is determined as

$$\overset{\vee}{C}_{n} = \gamma \overset{\vee}{C}_{r} \tag{2}$$

where  $C_n$  is minimum peak local wind force coefficient for a porous sunshade roof cover sheet and  $C_r$  is minimum peak wind pressure coefficient for a normal building roof.

Based on this conversion factor and minimum peak external wind pressure coefficient from AIJ-RLB (2004) for a normal building roof, wind loading (i.e. minimum wind force coefficients) on the porous sunshade roof cover sheets will be determined.

# Desiccant-Based Ventilation and Air-Conditioning (DVAC) System

### Introduction

The building sector is one of the major consumers of conventional energy sources in the form of electrical energy. It is also one of the largest contributors of greenhouse gases. Furthermore, its energy consumption is expected to increase year by year as urbanization, industrialization, and living standards increase. One of the major building sector energy consumers are vapor compression air conditioning and ventilation systems, which are presently used to maintain indoor thermal comfort. Passive and natural air-conditioning and ventilation systems are an option for reducing building energy consumption without affecting indoor thermal comfort. Figure 1 illustrates natural and passive methods for indoor environment air-conditioning and ventilation. The application of wind-induced natural ventilation is based on prevailing wind speed and direction. In the case of solarinduced ventilation, it is applicable for dry and cool air. However, in the case of hot and humid air, direct application of outdoor air to the indoor environment causes a problem in thermal comfort. Hence, desiccant-based air dehumidification and cooling is an option for reducing air moisture and temperature by applying alternative energy sources such as solar energy.

### **DVAC System**

The desiccant-based air-conditioning and ventilation system utilizes the capability of desiccant materials to remove air moisture by a natural process – the sorption process. The sorption process (adsorption and absorption) is an interaction between sorbent and sorbate molecules through intermolecular interaction. Since desiccant materials have a low concentration of water vapor, air moisture content is attracted to their surfaces due to the moisture vapor

## Napoleon Enteria, Kunio Mizutani Tokyo Polytechnic University

pressure difference between the air and the desiccant surface. In order for the desiccant material to be used again, thermal energy must be applied to remove the moisture. Figure 2 shows the operational concept and a diagram of a desiccantbased ventilation and air-conditioning system.

The processed air from the desiccant dehumidifier becomes hot due to the release of heat of condensation and heat of sorption. Heat recovery devices are used to recover this energy for application again in the desiccant dehumidifier in conjunction with other sources of thermal energy. The air after heat recovery becomes warm and dry. As in many applications the air is still above the thermal comfort temperature, an evaporative cooling process is applied by either direct addition of air moisture or indirect addition of air moisture in a secondary air stream. The application of an evaporative cooling process reduces the air temperature with either a slight increase in air moisture content or a constant air moisture content.

Other air cooling techniques both conventional and non-conventional can also be applied for additional air cooling prior to the introduction of the air to the indoor environment. Conventional air coolers such as absorption chillers and vapor compression systems are used to increase performance. Non-conventional coolers such as ground source heat pumps and water source heat pumps can also be used. These auxiliary coolers are applied when the required air temperature after evaporative cooling is still insufficient to maintain indoor thermal comfort.

### **DVAC Classifications**

DVAC systems use desiccant materials to reduce air moisture content and apply desiccant materials with common air handling systems. Figure 3 shows the main classifications



Figure 1 Natural and passive air-conditioning and ventilation systems: a) wind; b) solar; c) solar-desiccant

## April 2010

## Wind Effects News

Page 12



of desiccant-based ventilation and air-conditioning system.

The solid DVAC system uses solid desiccant materials to remove air moisture. There are several kinds of solid desiccant materials – silica-gel, titanium silicates, calcium chloride, activated aluminas, zeolite (natural and synthetic), molecular sieve, lithium chloride, organic-based desiccants, polymers and composite desiccants. The application of these materials depends on cost, operating conditions, and source of thermal energy.

The liquid DVAC system utilizes liquid desiccant materials to remove air moisture. Widely used liquid desiccant materials are lithium chloride, lithium bromide, calcium chloride and glycol-based substances. The application of these materials also depends on cost, operation, and source of thermal energy. In addition, as some liquid desiccants are corrosive, they require proper handling in their application. However, the main advantages of liquid desiccants is their high moisture removal capacity and their lower regeneration temperature requirement.

The hybrid DVAC system is based on either solid or liquid desiccant materials to remove air moisture with application of a vapor compression system as air cooler and desiccant regenerator. The main advantage of the hybrid system is separate handling of air latent energy and of sensible energy content. In this case, vapor compression performance is increased since it handles only air sensible energy while the desiccant material handles air latent energy.

### **DVAC System Researches**

The desiccant-based ventilation and air-conditioning system (DVAC) is a promising alternative to the vapor compression system in handling air sensible and latent energy contents. This is due to the operation of the system, which is made possible by other energy sources – solar energy, waste heat and others.

Research has been carried out on the solar-desiccant











- c) air temperature and absolute humidity (OA-outdoor air, SA-supply air)
- Figure 4 Solar-desiccant air-conditioning and ventilation system

## Wind Effects News



Figure 5 Hybrid desiccant air-conditioning and ventilation system

ventilation and air-conditioning system because the amount of air thermal energy is almost in phase with the amount of solar radiation. In hot and humid climates such as in East Asia during summer time and South East Asia the whole year round, air temperature and humidity are high. Application of solar DVAC systems in these regions has great potential due to these conditions. In addition, as these regions require daylong dehumidification, the cheaper nighttime electrical energy (off-peak) can be stored for daytime operation of the system, thus reducing the peak electrical energy load. The system under investigation is presented in Figure 4.

The vapor compression system removes air moisture by cooling the air below its dew point temperature. However, as the air is then very cold, it needs to be reheated before it is introduced to the indoor environment. As the South East Asia region is very hot and humid all-year-round and the East Asia region is very hot and humid during summer, the vapor compression system operates well in reducing the very high outdoor air moisture content. Application of a desiccant material coupled with a vapor compression system minimizes the operation of the vapor compression system since the desiccant material handles the air's latent energy while the vapor compression system under investigation is presented in Figure 5.

Development and application of the desiccant-based ventilation and air-conditioning system is expanding globally, as presented in Table 1. However, in the hot and humid climate of the Asia-Pacific Region, South America and Africa, the system is still not fully utilized. Therefore,

Table 1 Global development and application of desiccantbased ventilation and air-conditioning system

Continent	Country	SD*	LD*	HD*
Africo	Egypt	0		
Amca	Kenya	о		
	China	0	0	0
	India	0	0	0
	Iran	0		
	Iraq	о		
	Israel		0	0
Asia	Japan	0		о
	Kuwait		0	
	Lebanon	0		
	Pakistan	0		
	Quatar		0	
	Saudi Arabia	0	0	
	Thailand	0	0	
	Turkey	0		
	France	0		
	Germany	0	0	0
	Italy	0	0	
Europe	Poland	0		
	Spain	0		
	Sweden	0	0	
	United Kingdom	0		
	Canada	0	0	
North America	Mexico	0		
	USA	0	0	0
Oceania	Australia	0	0	о
	New Zeland		0	
South America	Cuba	0		
	Brazil	0		

\*SD-Solid Desiccant, LD-Liquid Desiccant, HD-Hybrid Desiccant

investigations of systems for application in these regions will expand the potential for their wider application. The greater effect is the reduction of conventional energy consumption and greenhouse gases emissions contributed by the building sector in providing human thermal comfort condition.



## グローバルCOEプログラム『風工学・教育研究のニューフロンティア』メンバー 工学研究科 建築学専攻

田村幸雄	教授(拠点リーダー)	教育研究拠点形成の統括	yukio@arch.t-kougei.ac.jp
Ahsan Kar	eem 教授	EVO構築に関連する技術開発	kareem@nd.edu
大野隆司	教授	各国の対風構工法の調査研究	oono@arch.t-kougei.ac.jp
大場 正昭	教授	通風・換気設計法の研究開発	ohba@arch.t-kougei.ac.jp
義江龍一郎	教授	市街地の熱・空気汚染予測・制御	yoshie@arch.t-kougei.ac.jp
水谷 国男	教授	自然通風・放射涼房システムの開発	mizutani@arch.t-kougei.ac.jp
松井 正宏	教授	工学的竜巻シミュレータの開発	matsui@arch.t-kougei.ac.jp
吉田 昭仁	准教授	風応答モニタリング・ネットワークの構築	yoshida@arch.t-kougei.ac.jp
大熊 武司	客員教授	耐風設計法の構築	ohkuma@arch.kanagawa-u.ac.jp

東京工芸大学工学研究科 風工学研究センター 〒243-0297 神奈川県厚木市飯山1583 TEL & FAX : 046-242-9658 URL : http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/