

神戸薬科大学における自然換気システムの計画と実施

Plan and execution of natural ventilation system at KOBE Pharmaceutical University

山中俊夫（大阪大学） 甲谷寿史（大阪大学）

桃井良尚（大阪大学） 鍋谷めぐみ（竹中工務店）

田中規敏（竹中工務店） 西田 恵（竹中工務店）

Toshio YAMANAKA*¹ Hisashi KOTANI*¹ Yoshihisa MOMOI*¹

Megumi NABETANI*² Kitoshi TANAKA*² Megumi NISHIDA*²

*¹Osaka University *²Takenaka corporation,

キーワード：ウィンドチムニー(Wind chimney)、自然換気シミュレーションソフト(simulation software for natural ventilation)、重力換気(gravity ventilation)、実態調査(investigation of actual condition)、風圧係数分布(coefficient distribution of wind pressure)

1. はじめに

神戸薬科大学 11 号館は、六甲山の山裾に建つ薬学単科大学の新たな教育カリキュラムに対応する薬学臨床教育センターです。敷地は大阪湾を望む絶好のロケーションにあり、眺望を生かしたテラスや中庭、視線の交錯する吹抜、屋上庭園など学生や教職員の交流を促し、自然と交歓する場を積極的に計画しました。その中で、「風の建築」をコンセプトに自然換気設計の指針となる計画手法を構築し、設計基礎データを整備するとともに自然風を利用した学校建築の実現を目指しました。本論ではまず一般的な建物で利用可能な基礎資料整備として、自然換気検討ツールの作成について述べ、2.2 以降は、神戸薬科大における具体的な取り組みについて記述します。

2.1 自然換気検討シートおよび簡易設計ツールの開発
2.2 ウィンドチムニーの概要
2.3 屋上近傍の風圧係数分布測定
2.4 チムニー形状の基礎検討
2.5 ウィンドチムニーを有する建物の自然換気システム設計
2.6 竣工建物における自然換気測定および実態調査

図 1.1 本論の構成

2. 自然換気システムの計画と実績

2.1 自然換気検討シートおよび簡易設計ツールの開発

自然換気の計画には開口面を建物のどこに設けるか、あるいはその必要面積について把握することは重要であり、開口一つを設けるにあたっては建築・構造・設備それぞれに関連する事項も多く、計画初期段階から検討が行われることが望ましい。そこで、筆者らは自然換気の検討を計画当初から簡易に行える設計ツールを作成した。建築設計者が簡易に自然換気導入の検討を行えることを目的として、汎用の表計算ソフトを用いて自然換気設計支援ツールを作成した。図 2.1.1 に作成したツールの概要を示す。

STEP1 自然換気検討シート（風力換気版）

自然換気検討手順や種々の換気手法について理解

STEP2 風環境の把握

Data 気象データ (AMeDAS, Energy Plus Weather Data)	Output ・月別平均温度、風速、風向 ・月別、時刻別の風配図
---	---

STEP3 自然換気利用効果の算定

Input ・建物形状、発熱量 ・開口条件、空調条件 ・外気取込条件	Output ・換気可能時間 ・換気量 ・省エネ効果(GJ/年)
--	--

Data 建物形状別の風圧係数

図 2.1.1 自然換気簡易設計ツールの構成



図 2.1.2 STEP1 自然換気検討シート

自然換気設計支援ツールは、3つのSTEPから構成される。STEP1は導入として、自然換気計画手順あるいは種々の換気手法についてまとめており、自然換気計画の基本的な考えをまとめたものである。(図2.1.2) STEP2では、気象データ(AMeDAS気象データ、Energy Plus Weather Dataなど)を参照して月別、時刻別の風配図を表示する機能を有しており、自然換気を利用する時間帯における常風向を把握する。(図2.1.3) STEP3では、建物形状などの諸条件を入力することで風力換気計算を行い、換気可能時間、換気量、省エネルギー効果を算出できるものである。(図2.1.4) 気象データや風圧係数分布の整備することで、容易に計画初期段階で計画建物への自然換気導入による効果を把握することが可能である。

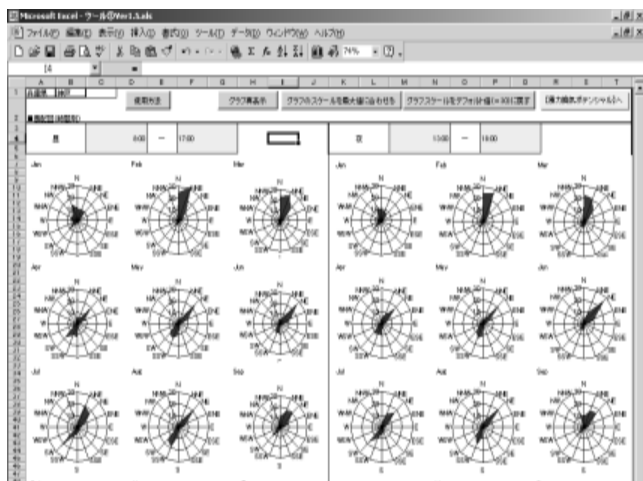


図 2.1.3 STEP2 風環境の把握

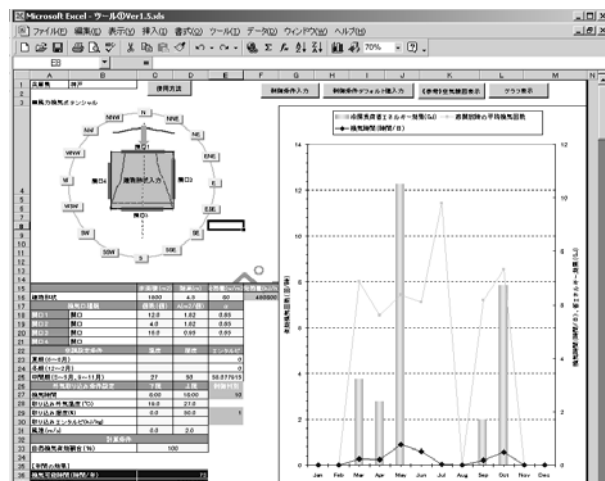


図 2.1.4 STEP3 自然換気利用効果算出

2.2 ウィンドチムニーの概要 (図 2.2.1)

計画建物は、学生や教員のコミュニケーション空間として、教室前の廊下は上下階を繋ぐ吹抜け階段であることから、講義中のマイク音声などが他階への騒音となることが懸念されたため、講義室から廊下への防音に配慮した。通常、自然換気を計画するにあたり、本計画では常風向に直面する大講義室の風下側(南西面)に開口部を設けることが出来ないため、有効な外気導入を得るためにチムニー(煙突)を利用した自然換気システムを計画し、風力換気と重力換気の複合効果により、効果的な換気が得られるよう配慮した。

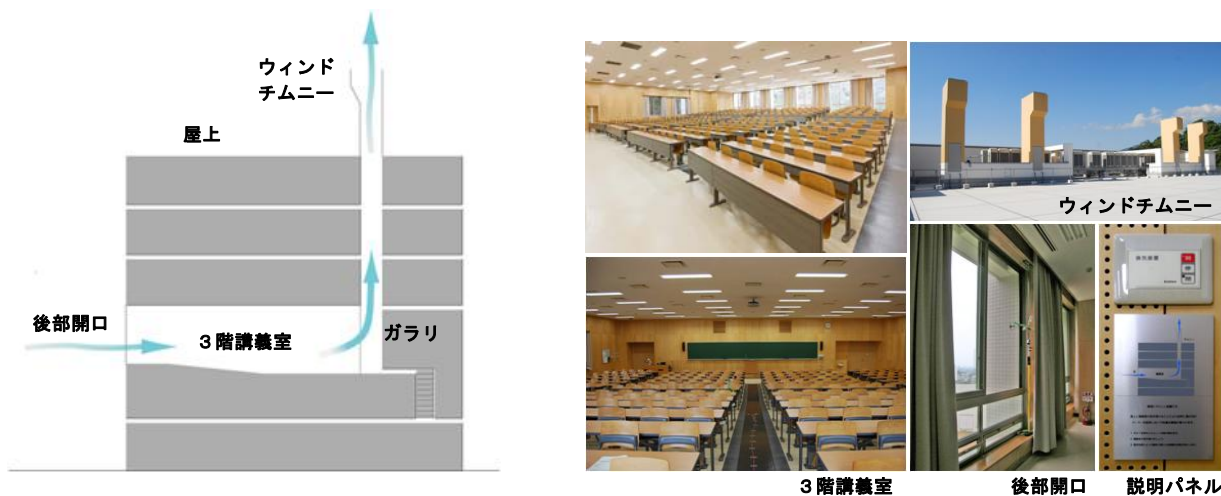


図 2.2.1 ウィンドチムニーの概要

2.3 風洞実験による屋上近傍の風圧係数分布測定

屋上にチムニーを計画するにあたり、建物自身の剥離気流によってチムニー上部で安定して大きな負圧を得るために建物屋上面の風圧係数分布を知ることは重要である。筆者らは風洞実験によって建物屋上面の風圧係数分布を求め、自然換気を促進するチムニーの設計資料として整備した。紙面の都合上、この詳細については、文献 2)を参照されたい。

2.4 風洞実験によるチムニー形状の検討

屋上に自然換気用チムニーを有する建築において、居室で大きな換気量を得るためには、屋上で大きな負圧を安定して確保できるようなチムニーが必要となる。そこで、風洞実験により、自然換気用チムニーの P-Q 特性の把握を行うことによって、より換気性能の高い自然換気用チムニーの形状を検討することを目的としている。

2.4.1 実験概要

(1) チムニーモデル

本実験ではチムニーの換気性能を把握する為、強制給排気実験により P-Q 特性曲線を求める。基本的にチムニーを排気装置として扱っている為、ファンより強制的にチムニー下部から風を送り込んで実験を行った。具体的には、ファンの調節により流量を様々に変化させ、ピトー管静圧とチムニー基部静圧の差圧と、換気量との関係を把握する。実験モデルは6種類のチムニーモデル(図 2.4.1)を対象として行った。

【筒型】最も単純な形状のチムニーを想定した形状である。

【遮風板あき型】筒型の周囲に遮風板を設置した形状のチムニーであり、チムニーの上部は閉じており側面に4つの開口を設けてある。

【遮風板とじ型】遮風板あき型では風が遮風板の底部から流入して開口部で正圧になる可能性がある事を考え、遮風板の底を閉じた形状である。

【通り抜け型】風向によって剥離流における誘引効果を持つ場合と、通り抜けによる誘引効果を持つ場合の両方が考えられる形状である。

【ベンチュリー型モデル】通り抜け型の通り抜ける風向の際に、縮流により流速を高めて誘引効果が大きくなることを期待して設計した形状である。

【神戸薬科大モデル】11号館に設置されたウインドチムニー形状である。チムニー下部に雨水浸入防止のための自動扉がつけられていることが特徴である。

(2) 実験方法

模型の下部には図 2.4.2 に示すようなチャンバーを付設し、ターンテーブル上に設置して回転できる様な構造としてある。実験概要図を図 2.4.3 に示す。測定項目は、外部風速、チムニー基部静圧、換気量である。チムニー基部静圧は精密微差圧計(バリダイン社、DP-45)にて、換気量はオリフィス流量計にて測定を行った。なお、オリフィスによる流量測定方法の詳細については“JIS 規格 Z8762-1988 絞り機構による流量測定方法”を参照した。基準静圧は風洞床上高さ 900mm における静圧としている。また、オリフィス流量計により換気量を求

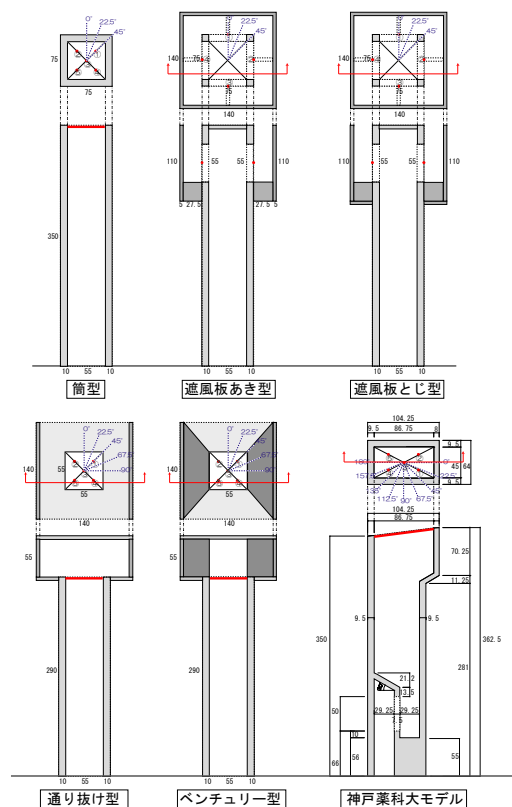


図 2.4.1 チムニー模型図面と測定点

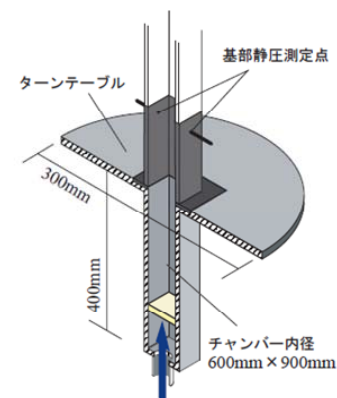


図 2.4.2 チャンバー断面図

める際に必要なオリフィス管内風速及び管内温度を熱式風速計にて測定した。測定点が管内中央にくるように風速計を設置して行った。

2.4.2 チムニーの P-Q 特性

各モデルの P-Q 特性曲線を図 2.4.4 に示す。P-Q 特性については、外部風の動圧で除したチムニー下部静圧と外部風速及び基部面積で基準化した換気量の関係で表すことにより、外部風速のパラメータをなくしている。

筒型及び遮風板あき型、遮風板とじ型の特性曲線を比較する。これらの特性曲線より、どのチムニーにおいても、風向 0° の場合は風向 22.5° 及び 45° の場合と比較して換気性能が高いことがわかる。遮風板の無い筒型は、概して傾きが急であり、遮風板を設置したチムニーの方が換気性能が高いということが確認できた。また、遮風板を設置した場合の方が風向による変化が小さいため、安定した換気量が得られることがわかる。遮風板あき型と遮風板を比較すると、遮風板とじ型の方が風圧係数が小さくなっているが、遮風板あき型の方が傾きが全体的に小さい。通り抜け型及びベンチュリー型の特性曲線をみると、両者とも風向によるばらつきが大きいことがわかる。また、風が通り抜ける風向 0° の場合に換気性能が低く、逆に内部を気流が通り抜けない風向 90° の場合の方が換気性能が高いことがわかった。横軸 $Q/(A \cdot V)$ が大きくなるほどばらつきが大きくなり、特にベンチュリー型は風向 0° と 22.5° と 45° で抵抗が大きくなり換気性能が低くなる結果であった。

以上より、遮風板とじ型が最も換気性能が良かったが、最終的なチムニー形状は、雨水の侵入防止などを考慮して神戸薬科大学モデルを採用している。このモデルは、筒型形状に近い P-Q 特性を示しており、チムニーの換気性能を考える上で実際に考えられる範囲（特に、 $Q/(A \cdot V) \leq 0.5$ ）では筒型や遮風板とじ型と換気性能はあまり変わらないことを確認した。

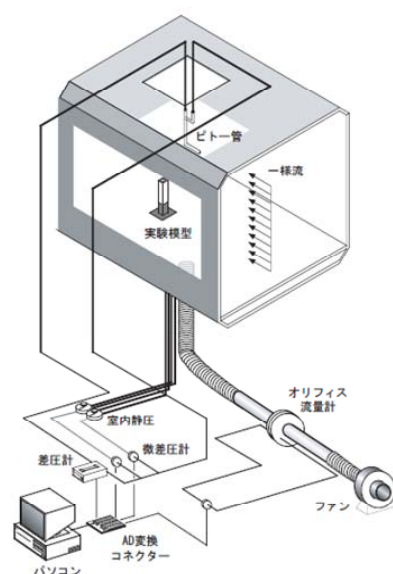


図 2.4.3 実験概要図

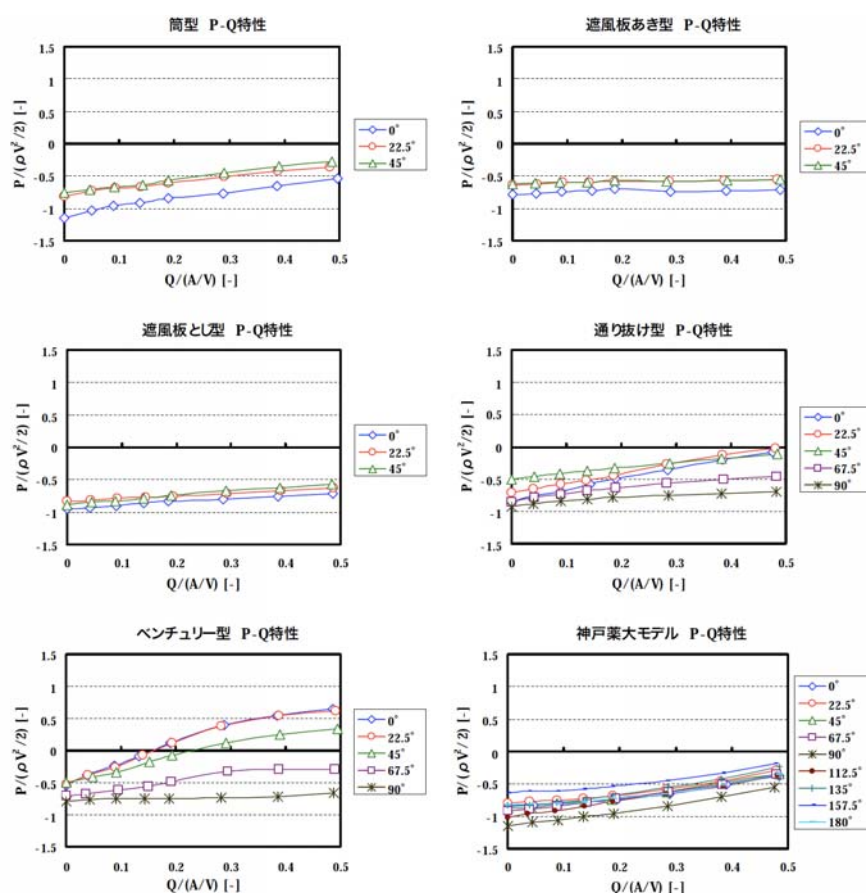


図 2.4.4 各チムニーの P-Q 特性

2.5 ウインドチムニーを有する建物の自然換気システムの設計

計画建物の自然換気システムにおいて、より効果的な換気を得るために安定した大きな負圧が得られるチムニーの設計を目指した。

2.5.1 実験概要

実験に用いた模型の配置写真を図 2.5.1 に示す。計画建物の気流性状へ与える影響が大きいと考えられる周辺建物の 2 棟（5 号館、7 号館）についても再現した。風圧測定点を図 2.5.2 に示す。チムニー上部の

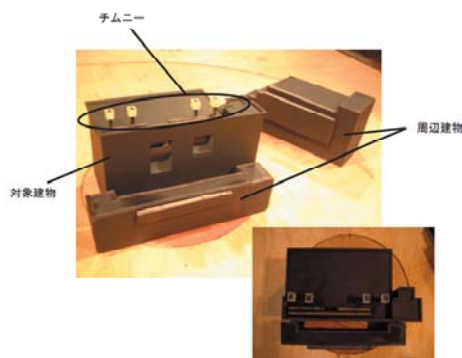


図 2.5.1 模型配置写真

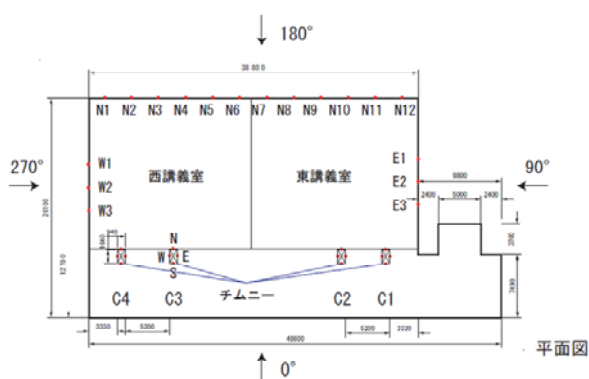


図 2.5.2 風圧測定点（3階平面）

4 つの側面と 3 階の大講義室の壁面に開口を設けてある。3 階講義室壁面はそれぞれの窓の中心点を測定位置とし、北面の 12 点、西面の 3 点、東面の 3 点の合計 18 点で、チムニー側面は 4 点×4 本=16 点とし、また、外部風向は風向角で 16 方位を表現する。検討したチムニーの実験モデルを図 2.5.3 に示す。モデル 1 はチムニーに遮風板を設置しない形状、モデル 2 はチムニーに遮風板を設置した形状、モデル 3 はモデル 2 の遮風板の底部を塞いだ形状とした。チムニーの測定点は各面の中心線上の上から 1000mm の点とし、遮風板の大きさは高さが 2000mm、チムニーとの距離は縦横共に 500mm とした。実験条件は、チムニー高さ H とチムニーモデル 1～3 をパラメータとして、風向角との組み合わせを設定した。3 階講義室壁面での風圧測定はチムニーの条件に関わらず各風向角について 1 回の測定とした。

2.5.2 実験結果

3 階大講義室壁面の風圧測定結果を図 2.5.4 に示す。3 階壁面の全測定点の風圧係数は、-1.0 から 0.8 の間に収まっている。北面では、風向角が 180° の場合が最も正圧となっており、風向角が 67.5°、270° の場合が負圧が大きくなっていることが分かる。東面では、風向角が 135° の場合が正面である風向角 90° の場合よりも大きな正圧となっている。これは、風向角 90° の場合は周辺建物の影響があるためであり、風向角 112.5° の場合も同様であると考えられる。西面では、周辺建物の影響が無い為、正面からの風である風向角 270° の場合が最も正圧となり、風向角 0°、180° の場合が負圧が大きくなっている。図 2.5.5～図 2.5.7 にチムニーモデルごとの風圧係数のグラフを示す。チムニーモデル 1～3 までを比較すると、チムニーモデル 1 の遮風板の無い状態よりもチムニーモデル 2・3 の遮風板のある状態の方が、よりマイナスが大きくなり風圧係数のばらつきが全体的に小さくなっていることがわかる。チムニーモデ

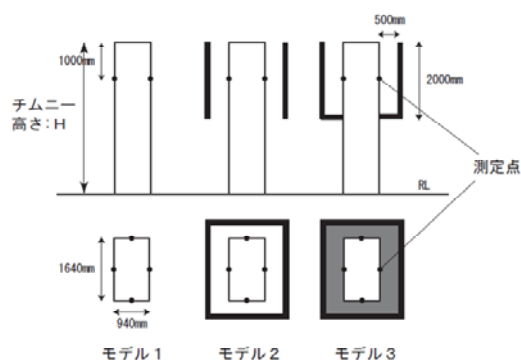


図 2.5.3 チムニーモデル

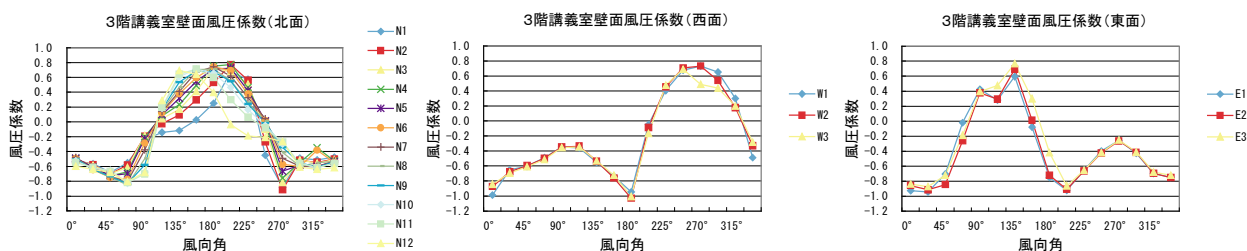


図 2.5.4 3 階大講義室壁面の風圧測定結果

ルが1～3になるにつれてより安定した大きな負圧が得られることを意味している。チムニー高さは高くなればなるほど風力による影響が見込めるためより大きな負圧となり換気性能が高くなる。また、チムニー高さごとの風圧係数を比較すると、チムニーモデル1～3いずれにおいても風向角が0°（南風）の場合、どのチムニーモデルにおいてもチムニー高さが2m、4m、6mの場合は測定点の変化に対して安定した値となっている。よって、チムニーの高さが6mより低い場合は剥離域内になっているため、遮風板を設置する必要性があまり無いと考えられる。

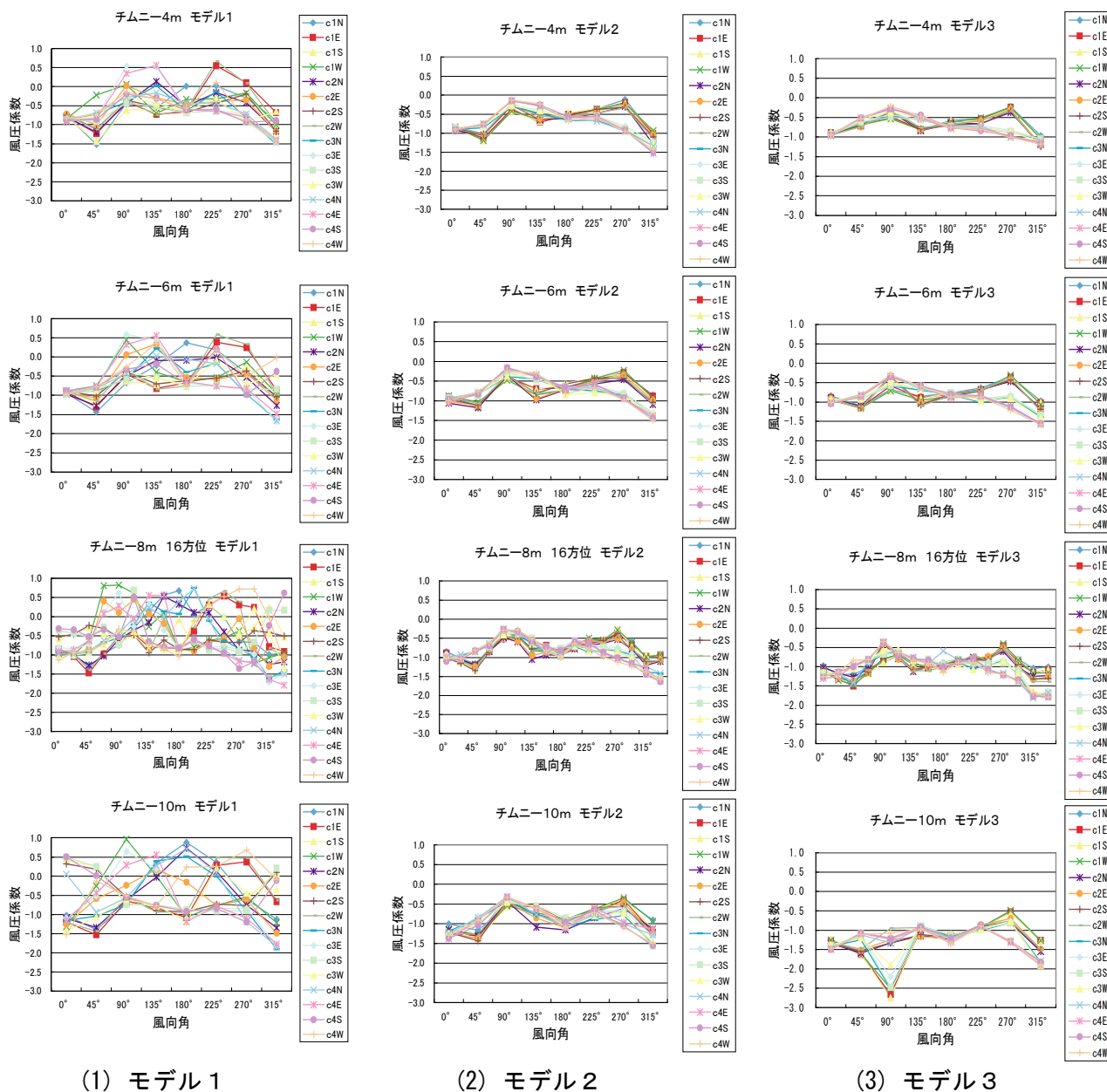


図 2.5.5 風向角と風圧係数との関係

2.5.3 換気解析

風洞実験から得られた風圧係数を用いて換気計算を行った。換気モデルと計算条件については、文献 3)4)を参照されたい。

(1) 外部風速が自然換気量に及ぼす影響

外部風速(軒高風速)が1m/s～4m/sの場合の換気量を図 2.5.6(1)に示す。チムニー高さは8mでモデル3とした。室内発熱による影響が大きいので、風速が1m/s、2m/sの場合はそれほど差異が見られず、また風向による換気量の変動も小さいが、4m/sになると風力による影響が見られ始め、換気量が大きくなるこ

とがわかる。

(2) チムニーモデルが自然換気量に及ぼす影響

チムニーモデル1～3の場合の換気量を図2.5.6(2)に示す。チムニー高さは8mで、外部風速は2m/sとした。遮風板の底部を塞いだモデル3の場合の換気量が最も大きくなることがわかる。しかしながら本条件下では、モデルによる換気量の差異は比較的小さいといえる。

(3) チムニー高さが自然換気量に及ぼす影響

チムニー高さが4m、6m、8m、10mの場合の換気量を図2.5.6(3)に示す。高さが10mで90°の場合は風圧測定上の測定ミスのため値を省略した。チムニーはモデル3で、外部風速は2m/sとした。チムニーの高さが高いほど換気量は大きくなる傾向にあるが、4m～10mまでの高さでは比較的高さによる影響は小さかった。最終的なチムニー高さは屋上に3mの目隠壁が設置されることから屋上面から7.5mの高さとした。

2. 6 竣工建物における自然換気測定および実態調査

2.6.1 測定概要

図2.6.1～図2.6.3に各測定点を表2.6.1に測定項目を示す。チムニー内風速は6階床面高さに設置した風速計(AM-09T、リオン社)で各チムニーにおいて測定した。居住域温度は床上600mmに設置した小型温湿度計(RTR-53、T&D社)で、鉛直温度分布は室中央の前方から後方へ4箇所にて測定した。なお、外部風向風速は、塔屋屋上にて三次元超音波風速計(CYG81000、クマテック社)にて測定している。

測定は、2008年3月の竣工から2008年6月、2008年10月、2009年6月と継続的な自然換気測定を実施し、運用が滞りがちな自然換気の利用状況を確認した。

表 2.6.1 測定項目

測定項目	記号	測定機器	測定数
外部風向風速	+	超音波風速計	1
外気温	⊕	小型温湿度計	1
チムニー内風速	▲	風速計	2 / 室
室内温度(居住域分布)	●	小型温湿度計	20 / 室
室内温度(鉛直分布)	○	小型温湿度計	33 / 室
室内グローブ温度	⊙	グローブ温度計	1 / 室
室内風速	▲	風速計	1 / 室
窓面風速	▲	風速計	3 / 室

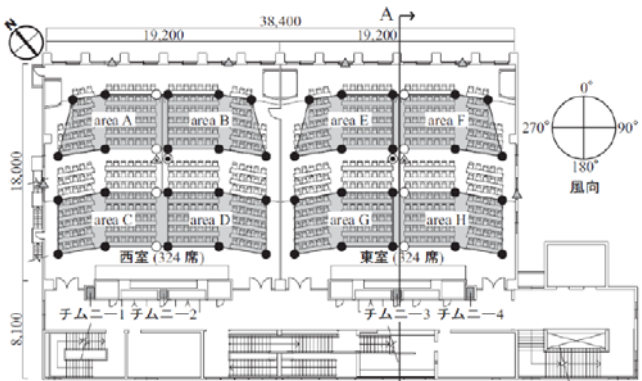


図 2.6.1 3階大講義室平面図および測定点

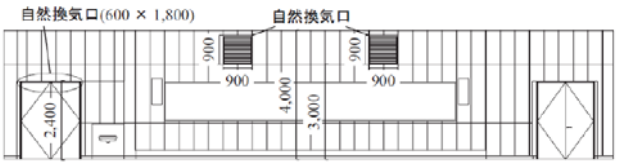


図 2.6.2 大講義室とチムニーへの換気開口

2.6.2 自然換気測定結果

(1) チムニー換気量と外部風向風速の関係

自然換気利用の代表日として、10月16日の外部風向風速を図2.6.4に、大講義室のチムニーから流出する換気量を図2.6.5に示す。外部風向は講義室後方の窓から風が流入する方向を0°として右回りに表現しており、測定期間中は概して後方窓方向からの風が卓越していたことがわかる。チムニー換気量はチムニー内風速に断面積を乗じて求めた。換気量は最大で1室約3,000m³/hであり、風洞実験で確認されたように外部風速が大きい程、換気量も大きくなる結果であった。また、比較的风速が小さい場合でも講義室は発熱量が多いため、チムニー上部を開放することによって外部風速の変化に関わらず換気量が1室約1,000m³/h以上確保できる結果であった。

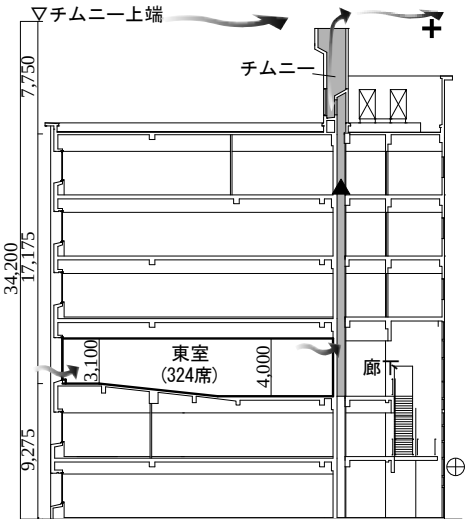


図 2.6.3 断面図および測定点

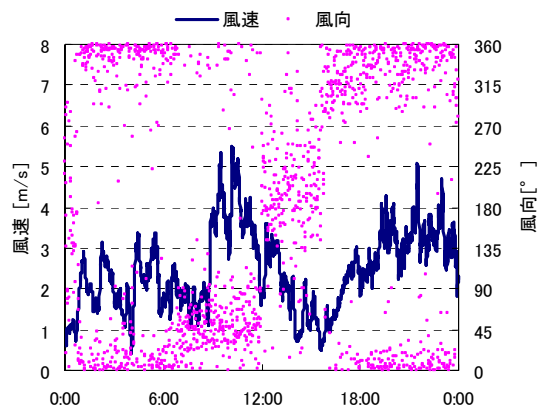


図 2.6.4 外部風向風速 (10 月 16 日)

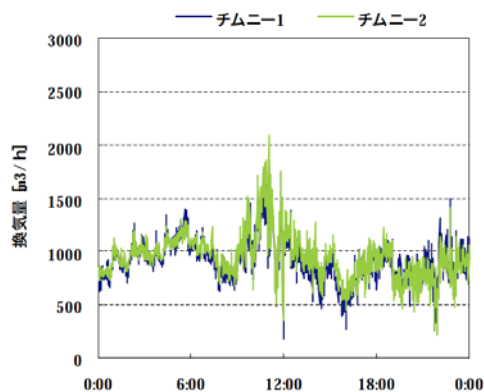


図 2.6.5 チムニー換気量 (10 月 16 日)

(2) 換気量と省エネルギーに関する考察

図 2.6.6 に大講義室の自然換気による処理熱量を示す。処理熱量は、室内空気と取入外気のエンタルピー差と換気量から下式により、算出した。

自然換気による処理熱量(kJ/h) = $\rho \times Q \times (E_i - E_o)$

ρ : 空気の密度 (kg/m³)

Q : 換気量 (m³/h)

E_i : チムニー内のエンタルピー (kJ/kg)

E_o : 外気のエンタルピー (kJ/kg)

自然換気による処理熱量は最大で 1 室約 28,000kJ/h であり、測定期間を通して換気量が大きくチムニー内部と外気のエンタルピー差が大きくなる時間帯に省エネルギー効果が高くなっていた。晴れた日で、建物運用時に室内外温度差が大きい時間帯は換気効果が高く、処理熱量が大きい結果であった。

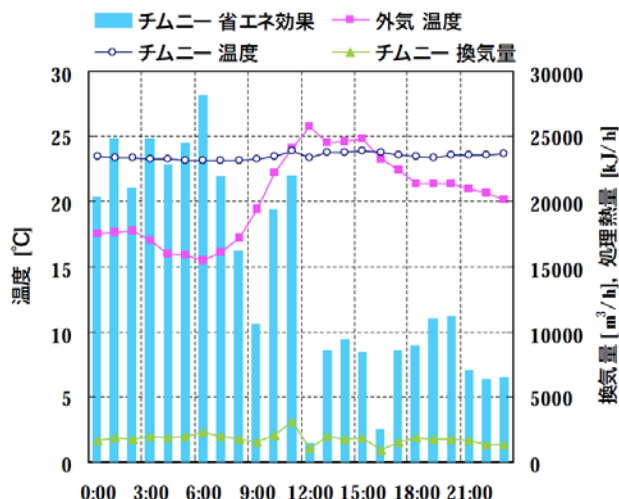


図 2.6.6 自然換気による処理熱量の変化(10 月 16 日)

(3) 自然換気時における室内温熱環境の把握

自然換気利用における室内温熱環境を把握することを目的として、講義室内に発熱体を設置してチムニーや窓の開閉をコントロールして実測を行った。なお、1 室 150 人程度の人体顕熱発熱分を考慮して 60W 白熱球を室全体に均一になるよう配置した。表 2.6.2 に実測条件を、図 2.6.7 に鉛直温度分布測定点を示す。

図 2.6.8 にチムニー換気量と室内居住域温度の時間変化を示す。東室で自然換気条件に移行してからは、チムニー換気量は時間平均で 2200m³/h、最大で 3200m³/h 程度であった。室内居住域温度を見ると、東室では自然換気により室温、グローブ温度共に約 2℃低下しており、室後方は室前方に比べて 0.5° 程度低い結果であった。これは後窓から温度の低い外気が流入するためであり、流入の様子は可視化実験でも確認した。

図 2.6.9 に講義室の鉛直温度分布を示す。a)の全閉条件から自然換気条件になると室全体で 1℃～2℃程度低下する。居住域においては室後方から流入する外気の影響で室前方より 1℃程度低い、居住域より

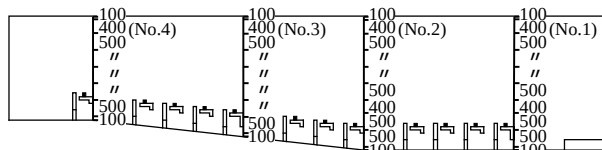


図 2.6.7 講義室断面および鉛直温度測定点

表 2.6.2 実測条件

条件名	後窓	側窓	空調設定温度
Close	-	-	OFF
Nv	全開	-	OFF
Hb(22 ^{※1})	全開	-	22°C
Hb(25 ^{※1})	全開	-	25°C
AC(25 ^{※1})	-	-	25°C

※1・・・()内の数値は空調設定温度を表す。

も上方では室前後の温度差は小さい結果であった。
c)の空調時では室温が自然換気時より $1^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ さらに低下しており、特に天井付近の温度が低い。これは空調気流が天井に沿って流れるためである。d)のハイブリッド空調条件下では、機械空調に条件c)に比べて室内前後の温度差が小さくなっている。これは自然換気流により室内空気の混合が促進されたためと考えられる。

2.6.3 自然換気システムの運用

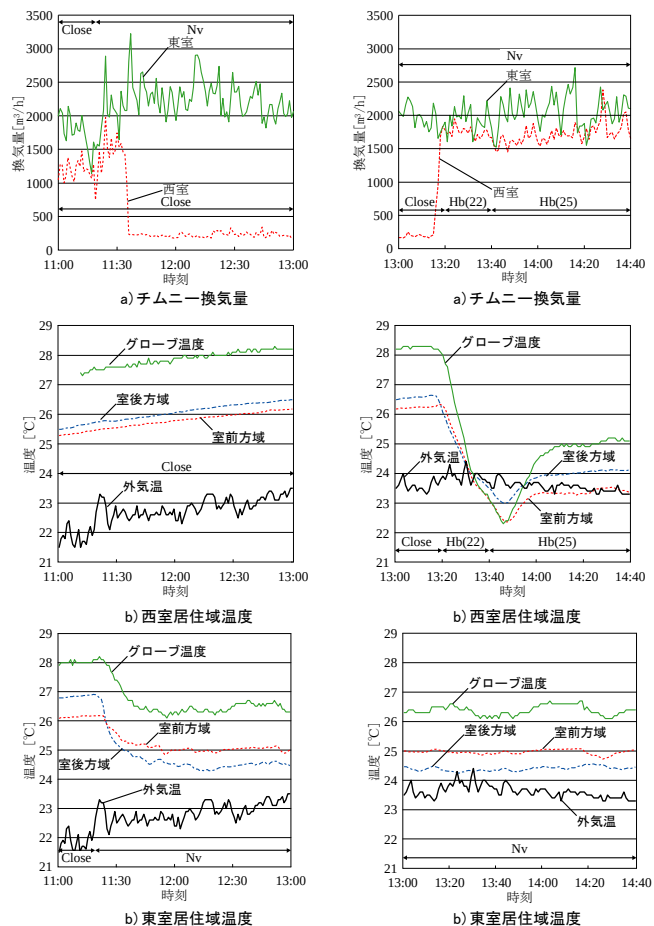
大講義室内にチムニー内の扉を開閉するボタンを設置している。教職員や学生に11号館の自然換気システム利用を促すことを配慮して、自然換気システムの説明パネルを開閉スイッチ付近に設置した。なお、雨対策のため降雨センサを屋上に設置し、チムニー内の扉を自動的に開閉する機構を設けている。

2.6.4 自然換気利用実態アンケート調査

2008年6月9日～6月12日において、大講義室を利用した学生および教職員を対象に自然換気への認知度や温冷感に関するアンケート調査を実施した。

図2.6.10に自然換気時の温冷感を5段階評価した結果を示す。『どちらでもない』、『涼しい』という回答が多い結果であり、6月初旬は比較的外気温が低く、外気導入が涼冷な印象を与えていたと考える。

また、図は示していないが、窓を開ける理由として『暑いから』が最も多く、次いで『外気取入のため』が多かった。一方、窓を開けない理由として、『面倒くさい』という回答が最も多く、次いで『寒いから』、『騒音』などの回答が多かった。自然換気の認知度に関するアンケート結果については、大講義室の自然換気について認知度は低く、『知らない』、『全く知らない』の割合が80%以上という結果であった。窓の開閉を機械制御で行う自然換気システムと違い、窓の開閉が居住者の行為に左右される場合、特に大部屋の講義室のように部屋の管理者が明確ではなく、利用者が



(1) 11:00 - 13:00

(2) 13:00 - 14:40

図 2.6.8 換気量と居住域温度

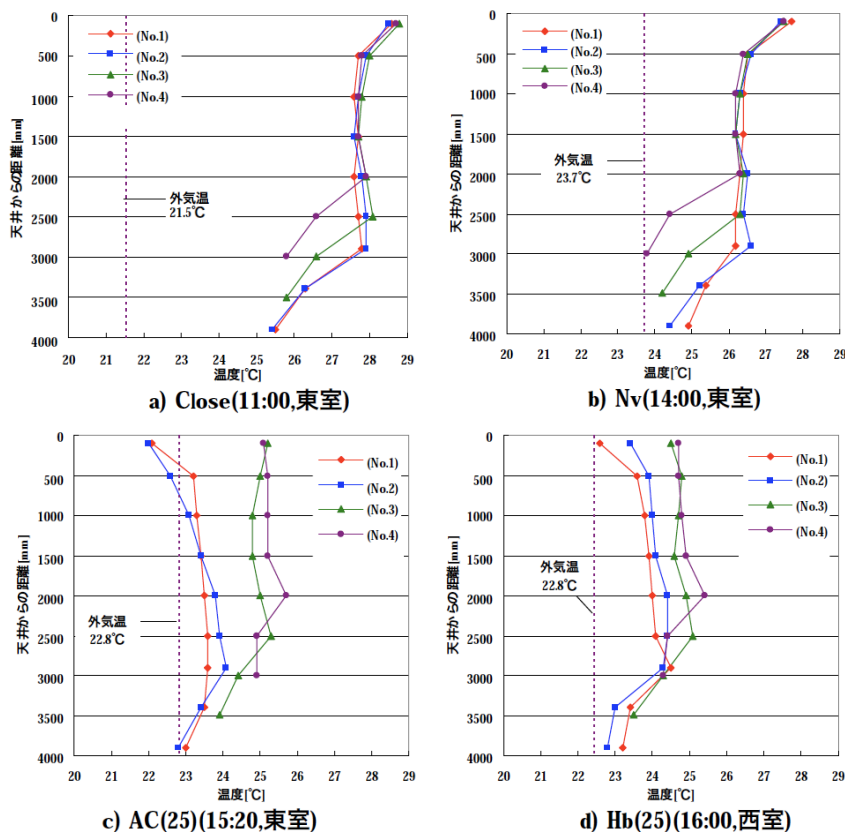


図 2.6.9 大講義室の鉛直温度分布

毎年移り替る居室において、自然換気を促すためには、今後さらに居住者に周知を図ることが重要な課題であるとする。

3. まとめ

●自然換気システムの基本計画

- 建築設計者が容易に自然換気の導入を検討できるように、自然換気設計支援ツールを作成した。
- 一般的な建物形状の風圧係数分布を整備することで、風力換気による自然換気の効果の試算を行った。

●風洞実験による屋上近傍気流の確認とチムニー形状の検討

- 屋上にチムニーを計画するにあたり、チムニー上部で安定して大きな負圧を得るために建物屋上面の風圧係数分布の把握を目的とした風洞実験を行い、自然換気を促進するチムニーの設計資料として整備した。
- チムニー単体の換気性能と把握するため、様々なチムニー形状について強制給排気実験を行い、P-Q特性を求めた。

●ウインドチムニーを有する建物の自然換気システムの設計

- 11号館の自然換気計画にあたり、模型を用いた風洞実験から得られたチムニートップおよび外壁面の風圧係数を用いて換気計算を行った。
- チムニー形状や外部風向風速、チムニー高さが換気量に与える影響を把握した。

●竣工建物における自然換気測定および実態調査

- 換気量は外部風速が大きい程、換気量は多く、1室当り 3000m³/h の換気量が得られ、風速が小さくても重力換気によって1室当り 1000m³/h 程度の換気量が得られていることを確認した。
- アンケート調査を実施し、中間期における自然換気は涼冷な印象を居住者へ与えていることが確認できた。

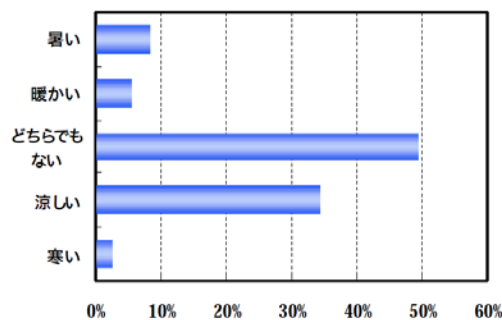


図 2.6.10 自然換気時の温冷感

【謝辞】

本建物の設計・施工・竣工後の数回にわたる実測調査に、多大なご協力を頂いた神戸薬科大学の皆様にも筆ながら厚く御礼申し上げます。

【本研究に関する既発表文献等】

- 1) 小松由佳,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿史,Lim Eunsu,樋口祥明,西田恵: 建物屋上に設置した自然換気用チムニーの風圧係数に関する検討, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp.195-198,2007年3月
- 2) 渡邊裕美,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿史,Lim Eunsu,小松由佳,樋口祥明,西田恵: 自然換気用チムニー設計のための屋上近傍気流場に関する研究(その1)~(その2), 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp.97-104, 2008.3
- 3) 小松由佳,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文, Lim Eunsu、樋口祥明、西田恵: 建物屋上に設置した自然換気用チムニーの換気性能に関する検討(その1) 風圧係数を利用した換気量計算, 日本建築学会近畿支部研究報告集環境系, pp.209-212, 2007年6月
- 4) 小松由佳,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文, Lim Eunsu、樋口祥明、西田恵: 建物屋上に設置した自然換気用チムニーの換気性能に関する検討(その2) チムニー条件が換気量に及ぼす影響, 日本建築学会学術講演便概集, pp.807-808, 2007年8月
- 5) 西本真道,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文,桃井良尚,鍋谷めぐみ,田中規敏: 自然換気用チムニーを有する学校建築における室内環境(その1) 自然換気時及びハイブリッド空調時の室内温熱環境に関する実測結果, 建築学会近畿支部研究報告集環境系,2009年6月
- 6) 西本真道,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文,桃井良尚,鍋谷めぐみ,田中規敏: 自然換気用チムニーを有する学校建築における室内温熱・空気環境に関する研究(その2) 実測による自然換気時及びハイブリッド空調時の室内温熱環境の把握, 日本建築学会学術講演便概集, 2009年8月
- 7) 西本真道,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文,小松由佳,桃井良尚,鍋谷めぐみ,田中規敏: 自然換気用チムニーを有する学校建築における自然換気時及びハイブリッド空調時の室内温熱環境, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, p p.123-126, 2009年3月
- 8) 西本真道,相良和伸,山中俊夫,甲谷寿文,桃井良尚,鍋谷めぐみ,田中規敏: ウインドチムニーを有する大講義室における自然換気時及びハイブリッド空調時の室内熱環境の実測及びCFD解析, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, 2009年9月