

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26249082

研究課題名(和文) 自然換気建物の簡易コミッショニング手法とそれを用いた体系的改善手法の提案

研究課題名(英文) Simplified commissioning method of natural ventilation rate and systematic improvement method of the building operation using the method

研究代表者

甲谷 寿史 (Kotani, Hisashi)

大阪大学・工学研究科 ・准教授

研究者番号：20243173

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,800,000円

研究成果の概要(和文)：自然換気建物において、実建物で長期間継続でき、自然換気の効果検証を定量的に行うことが可能となる換気量測定・推定手法を検討し、種々建物に適用し、簡易コミッショニング手法のスタンダードとして提案することを最終目的とした検討を行った。差圧測定により算出する換気量が実用的に十分な精度を有していることが分かり、外壁貫通しない差圧測定値でも補正可能であることや、閉鎖時の外壁風圧の測定値から室内圧仮定の計算、BEMS温度を入力した回路網計算等で、換気量を推定する手法を提案した。併せて、自然換気時の室内環境の長期測定による空気質向上の確認、回路網計算による設計資料の提案などを行った。

研究成果の概要(英文)：Various measurement and estimation methods of natural ventilation rate were investigated in the real buildings. The method should be conducted for long period and is possible to validate the quantitative effect of the natural ventilation. The final goal of this study is to propose the simplified commissioning method of natural ventilation as the standard method. Measurement of the pressure differences at the wall was found to have enough accuracy for practical use. Compensation was possible of the measured pressure difference that is not go through the outer wall. The estimation of the ventilation rate by the outer surface pressure and by the network calculation using the fixed indoor temperature obtained from BEMS were possible as well. Indoor air quality was verified to be increase during the natural ventilation usage from the long-term measurement of the indoor environment. Also a kind of the design charts of natural ventilation were proposed by network calculation.

研究分野：工学、建築環境・設備

キーワード：自然換気 換気量 コミッショニング 実在建物 換気量測定 居住者評価

### 1. 研究開始当初の背景

自然換気建物は、本当に使用されているのだろうか？ 使用されていないとしたら、その性能検証（コミッショニング）に問題があるからではないだろうか？これが本研究の発端である。建物の低炭素・省エネルギー化、節電等の社会的要求を背景とした ZEB(Zero Energy Building)化、建物の環境性能による付加価値向上、BCP(Business Continuity Planning)対応として具備すべき基本性能としての位置付け等、種々の理由から自然換気が見直され、採用事例も多く見られる。

研究代表者らは 2013 年に「実務者のための自然換気設計ハンドブック」を刊行し、その中で設計から施工、運用に至る計画の流れを整理した上で、性能検証の項目に関しては、測定手法、機器、注意点等に注目して、種々の性能検証事例を示した。しかしながら、これらはケーススタディ的で、研究者や実務者の現在の共通認識として、設計手法に関しては種々の知見が蓄積されているものの、性能検証手法に関する合理的かつ実用的な手法に関する知見が蓄積されていないことが問題として挙げられている。また、実務者へのヒアリングや、実在建物の BEMS データの予備的調査などからも、種々の問題により自然換気建物の効果検証が困難であること、特に何らかの手法により自然換気量測定はされているものの、長期間のコミッショニングとしては精度に問題があり、実際には換気量が倍半分異なることが多々あることを把握している。効果検証が明確で無いために、些細なトラブルが発生した際に空調制御に頼り、自然換気が利用されなくなってきた事例も少なからず見られる。

研究代表者らは、これまで自然換気・通風の基礎研究を継続して行い、PIV による風速測定はじめ最新測定手法の知見を蓄積してきた。これらの手法を用いて、平成 10 年代から現在に至るまで継続して種々のタイプの実在自然換気建物の性能検証を、企業との共同研究として実施した。

本研究に関連する国内外の研究としては、近年、自然換気オフィスビルを対象とした実在建物の自然換気量の測定はあるものの、限られた条件下での短期測定であることや、BEMS データの分析によるものが多く、いわゆるコミッショニング手法として体系的に提示されたものはなく、また長期の測定においては、その精度に不安が残る。これらは、竣工直後の性能検証のために短期間で測定されたものがほとんどであり、研究代表者らの研究も一部の物件を除いて同様であったが、自責の念も込めて、長期のコミッショニングと、高精度の定量的なデータに基づく改善手法の提示を行うことを本研究の目的と設定し、本研究がオーナー、利用者、設計者が自然換気建物の価値を理解することに繋がり、将来的な自然換気建物の普及に繋がると信じる。

### 2. 研究の目的

種々の社会的背景により導入されることが増えてきた非住宅建物での自然換気が、今後も継続して利用され続けるためには、性能検証（コミッショニング）が重要であり、性能検証手法に関する合理的かつ実用的な手法に関する知見の蓄積が少ないことが現状の問題点である。詳細な研究レベルの測定手法を実建物に導入することは困難であり、合理的かつ実用的な簡易測定手法の開発を行った上で、実建物での検証、自然換気利用の性能評価を行い、次いで、それを用いて効果検証に基づく運用手法の改善を図る。

測定手法自体は、実建物で長期間継続できることが重要であり、結果的にはオーソドックスな手法となることも予想されるが、精度を伴った測定手法の提示により、これまで曖昧であった自然換気の効果検証を定量的に行うことが可能となる。この一連の流れを種々建物に適用し、自然換気の簡易コミッショニング手法のスタンダードとして提案することを最終目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 換気量測定法の開発と室内環境に関する検討その 1

- ①実建物における換気量測定：実建物の自然換気口において長期の差圧による換気量測定を行う。短期的に外壁面まで差圧チューブを通した正解値を測定し、同時に長期測定に耐える室内測定点での測定を行い、両者の差異を補正し簡易な長期換気量測定法を提案する。
- ②自然換気時の煙突効果の検討：高層建物特有の建物全体の煙突効果の影響が大きい可能性があることが分かり、自然換気口の開放時と閉鎖時の建物全体の換気経路と煙突効果による換気量を特定するための各所の差圧測定を行う。併せて、室内の扉・開口部の気密性能測定を行う。
- ③自然換気時の室内環境の検討：実建物 2 件の自然換気の開閉の両条件下で、室内湿度、CO2 濃度を連続測定するとともに、同一の評価項目での居住者評価を得る。

#### (2) 換気量測定法の開発と室内環境に関する検討その 2

- ①実建物の室内換気量測定法の開発：換気口開放時の差圧を用いなくとも、外壁風圧を用いて、室内圧想定換気量計算により換気量推定を行う手法を開発する。
- ②種々タイプの実在建物における換気量測定と室内環境測定による評価：これまでオープンオフィスを対象としていたものを、小割のテナントオフィスまで展開する。
- ③BEMS の室温データを用いた自然換気量推定法の開発：より簡易に換気量を推定するための手法として、BEMS の室温データを用いた手法を開発する。
- ④換気回路網計算を用いた自然換気設計資料への展開：シャフトを用いた自然換気建

物を対象として、換気口面積、シャフト面積の組合せをパラメータとした計算により、床面積あたりの換気口面積と室温・換気量との関係を示す設計資料を提示する。

(3) 開発した手法の別建物への応用と、設計資料への展開

- ① 各種建物における換気量測定と室内環境測定による評価: これまでに開発した各種手法を用いて、各種建物へ換気量測定法を適用する。同時に室内環境測定と居住者評価を行うことで、自然換気により室内環境が担保されているか否かも確認する。
- ② 自然換気利用の改善手法の提案: これまでの2年間に実施してきた、差圧測定による換気量測定を行っている実在建物のデータ分析を継続して、差圧測定の精度を確認した上で、自然換気量評価を行う。
- ③ 換気回路網計算による自然換気量の把握: これまで実施した換気回路網計算と異なる物件を対象として、その入力条件を得るとともに、自然換気量計算を行い、設計資料の提示を行う。
- ④ 実在建物の自然換気口面積に関する調査: 設計資料の一部として、実在建物の自然換気口面積に関して、設計者へのアンケートによる調査を行い、国内の自然換気建物の動向を整理することで、設計の参考となる資料作成を行う。

#### 4. 研究成果

3章の各項目についての成果例を示す。詳細は発表論文を参照されたい。

- (1) ① 実建物における換気量測定: 図1に示す高層建物のオープンオフィスで測定した差圧の測定例を図2に示す。制御用の常設差圧計との差の検討を行った上で、この差圧から開口部開放時の換気量を算出し、簡易に長期換気量測定法が可能となった。

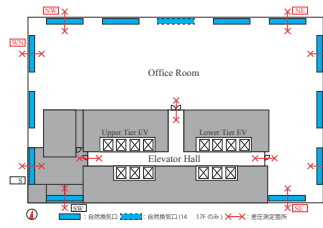


図1 オープンオフィス平面・測定点

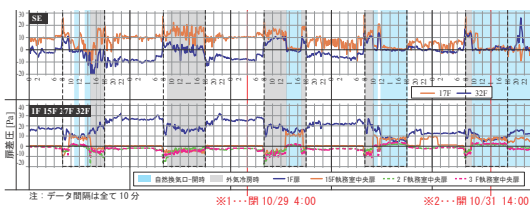


図2 外壁差圧・扉差圧測定結果の例

- ② 自然換気時の煙突効果の検討: 図3に自然換気開閉時の主要開口部差圧を示す。閉鎖時は明確に中性帯が見られるが、開放時にはその影響は小さいことを明らかにした。

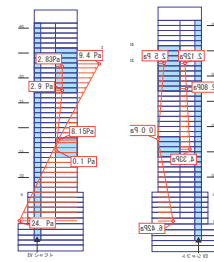


図3 主要開口部の差圧(左:閉鎖、右:開放)

- ③ 自然換気時の室内環境の検討: 図4に室内温湿度、CO2濃度の平面分布を示す。自然換気により明確にCO2濃度が低下すること、多少の温度分布が形成されることがわかり、アンケート調査で「快適」と評価された温湿度を図5に示す。完全空調時の快適域を外れた領域でも快適と評価され、またアダプティブモデル(右図)に従って快適域が拡大していることが分かった。

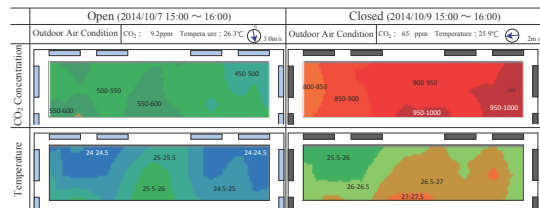


図4 室内温度・CO2平面分布

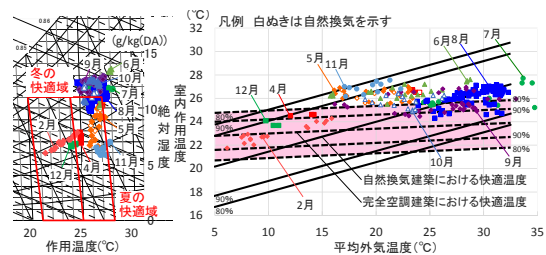


図5 室内温度・CO2平面分布

- (2) ① 実建物の室内換気量測定法の開発、② 種々タイプの実在建物における換気量測定と室内環境測定による評価: 換気量測定を図6に示す対象小割オフィスに展開し、差圧測定により換気量を測定するとともに、図7に例を示す換気効率分布の同時測定を行い、条件による明確な差異を測定できることが分かった。長期間の室内CO2濃度の出現頻度を図8に示す。自然換気やハイブリッド換気により明確にCO2濃度が低下することが明らかとなった。

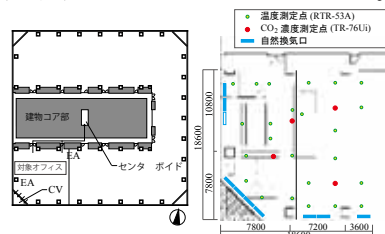


図6 小割テナントオフィス平面・測定点

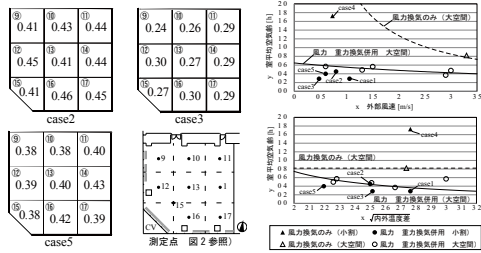


図 7 局所平均空気齢・室平均空気齢の測定例

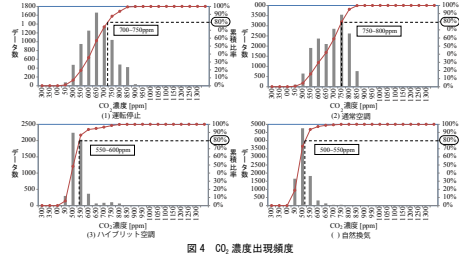


図 8 各種条件時の室内 CO2 濃度出現頻度

③BEMS の室温データを用いた自然換気量推定法の開発：高層建物全体の換気回路網を作成し、室温データを境界条件とした計算により簡易に換気量を推定した。結果、建物全体の換気経路と差圧分布が実用的に十分な精度で実測値と一致した。これは多くの建物で用いることが可能な汎用性の高い手法であり、今後の展開が期待できる。

④換気回路網計算を用いた自然換気設計資料への展開：15 階建の自然換気建物を対象として、熱・換気回路網計算により設計資料を作成した。換気口面積、シャフト面積の組合せをパラメータとし、床面積あたりの換気口面積と換気回数・室温との関係を示した設計資料を図 9 の通り提示した。

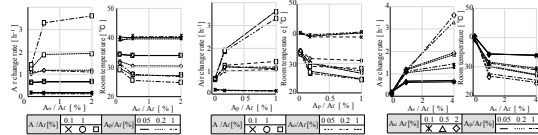


図 9 換気口面積と換気回数・室温との関係

(3) ①各種建物における換気量測定と室内環境測定による評価：図 10 に示す建物への測定法の適用と評価を行った。トレーサガス法と風速測定法を比較し、トレーサガス法が実用的な精度を有することを示した。

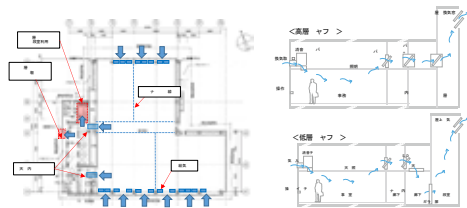


図 10 対象建物平面・換気経路図

②自然換気利用の改善手法の提案：図 6 に示す対象建物での 2 年間の換気量測定結果

を、設計者とともに分析し、省エネルギーに資する改善手法を提案した。

③換気回路網計算による自然換気量の把握：図 10 の建物をベースとした標準的な 9 階建物を想定し、開口面積、パスダクト面積をパラメータとした計算により、図 11 に示す設計資料を提示した。

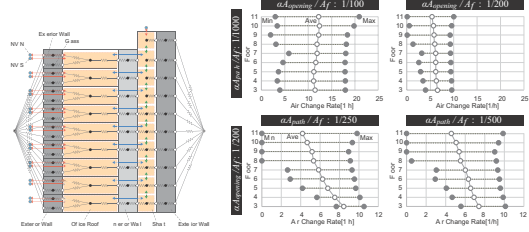


図 11 回路網図及び換気回数設計資料例

④実在建物の自然換気口面積に関する調査：設計者へのアンケートにより、国内の自然換気建物の換気量、開口面積の動向を整理することで、図 12 に示す設計の参考資料を作成した。

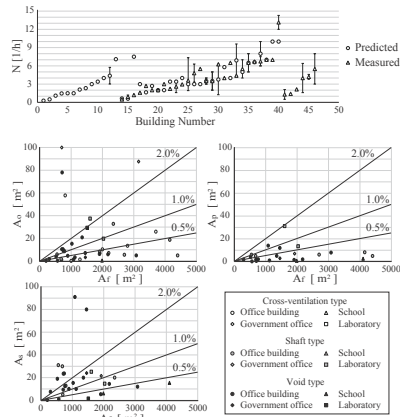


図 12 回路網図及び換気回数設計資料例

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 37 件)

①宇高遼馬, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 花田卓弥, 吉田奈央, 川田康介, 和田一樹：大空間オフィスにおける外気利用型個別分散空調システムに関する研究-中間期における自然換気性能検証-, 空気調和・衛生工学会近畿支部, 2017.3.17, 大阪大学

②佐嶋俊彦, 田辺慎吾, 甲谷寿史, 山中俊夫, 相良和伸, 桃井良尚：コーナーボイドを有する高層オフィスの自然換気性能に関する研究 (その 13) CFD 解析による換気性能の分布, 空気調和・衛生工学会近畿支部, 2017.3.17, 大阪大学

③宇高遼馬, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸：自然換気建物における開口部面積と換気性能の実態に関する調査研究 (その 2) 各開口部面積の分析及び換気回路網計算との比較, 空気調和・衛生工学会大会、

2016.9.14、鹿児島大学

④豊村幸毅, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 岩井良真, 牛尾智秋: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究 第7報 換気回路網計算による自然換気量の推定、空気調和・衛生工学会大会、2016.9.14、鹿児島大学

⑤甲谷寿史, イムウンス, 落合奈津子, 長谷川巖: テナントオフィスビルにおける階段室型シャフトを用いた自然換気に関する研究(その1) システム概要、換気性能評価及び運用状況、空気調和・衛生工学会大会、2016.9.14、鹿児島大学

⑥田辺慎吾, 高山眞, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: コーナーボイドを有する高層オフィスビルの自然換気性能に関する研究(その12) 差圧法による自然換気量の把握及び年間の室内外差圧計測値、空気調和・衛生工学会大会、2016.9.14、鹿児島大学

⑦小林知広, 甲谷寿史, 梅宮典子, 落合奈津子: 中高層オフィスビルを対象とした風力・重力併用型自然換気設計手法に関する研究(その2) 風洞実験と換気回路網計算に基づく自然換気量評価、空気調和・衛生工学会大会、2016.9.14、鹿児島大学

⑧松本明広, 落合奈津子, 長谷川巖, 野澤慧, Eunsu Lim, 甲谷寿史: 階段室型シャフトを有する中規模テナントオフィスビルの自然換気性能に関する研究 第1報 自然換気システムの概要及び自然換気運用実績、日本建築学会大会、2016.8.24、福岡大学

⑨野澤慧, Eunsu Lim, 甲谷寿史, 松本明広, 落合奈津子, 長谷川巖: 階段室型シャフトを有する中規模テナントオフィスビルの自然換気性能に関する研究 第2報 トレーサガス法による換気回数及び局所平均空気齢の把握、日本建築学会大会、2016.8.24、福岡大学

⑩宇高遼馬, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 自然換気建物における開口部面積と換気性能の実態に関する調査研究(その2) 各開口部面積の分析及び換気回路網計算との比較、日本建築学会大会、2016.8.24、福岡大学

⑪田辺慎吾, 高山眞, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 高層オフィスビルにおける風力・重力換気併用型の自然換気に関する研究(その11) 年間の室内外差圧計測値及び差圧法による自然換気量の把握、日本建築学会大会、2016.8.24、福岡大学

⑫宇高遼馬, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 自然換気建物における開口部面積と換気性能の実態に関する調査研究、日本建築学会近畿支部研究報告会、2016.6.25、大阪工業技術専門学校

⑬田中比呂美, 小林知広, 甲谷寿史, 梅宮典子, 落合奈津子: 中高層オフィスビルを対象とした風力・重力併用型自然換気設計手法に関する研究(その1) 風洞実験と換気回路網計算による自然換気量評価、空気調和・衛生工学会近畿支部、2016.3.9、大阪大学

⑭宇高遼馬, 甲谷寿史, 相良和伸, 山中俊夫, 桃井良尚, 樋津太一: 自然換気建物における開口部面積と換気性能の実態に関する調査研究、空気調和・衛生工学会近畿支部、2016.3.9、大阪大学

⑮筒嶋良平, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究(第6報) BEMS室温データを用いた自然換気量の推定、空気調和・衛生工学会近畿支部、2016.3.9、大阪大学

⑯樋津太一, 甲谷寿史, 小林知広, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 高層オフィスビルにおける自然換気用シャフトの設計手法に関する研究(その5) 外部環境と建物構造条件が自然換気性能に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会近畿支部、2016.3.9、大阪大学

⑰環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高山眞, 田辺慎吾: コーナーボイドを有する高層オフィスビルの自然換気性能に関する研究(その12) 大空間オフィスと小割オフィスの室内環境に関する検討、空気調和・衛生工学会近畿支部、2016.3.9、大阪大学

⑱ Tsubasa TAMAKI, Toshio YAMANAKA, Hisashi KOTANI, Yoshihisa MOMOI, Kazunobu SAGARA, Shingo TANABE, Makoto KOUYAMA: Increasing of natural ventilation performance of partitioned room in high-rise office building by using several vertical ventilation shafts, Proc. Ventilation 2015, 2015.10.27, 同濟大学(中国)

⑲筒嶋良平, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究 第3報 建物全体における自然換気経路の把握、空気調和・衛生工学会大会、2015.9.16、大阪大学

⑳岩井良真, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 筒嶋良平, 山口弘雅, 牛尾智秋, 豊村幸毅, 守雅俊: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究 第4報 水平型風力換気によって形成される室内環境及び居住者評価、空気調和・衛生工学会大会、2015.9.16、大阪大学

㉑豊村幸毅, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 守雅俊: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究 第5報 長期運用による自然換気効果の把握、空気調和・衛生工学会大会、2015.9.16、大阪大学

㉒環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高山眞, 田辺慎吾: コーナーボイドを有する高層オフィスビルの自然換気性能に関する研究(その11) 小割オフィスにおける秋期の室内環境と居住者評価、空気調和・衛生工学会大会、2015.9.16、大阪大学

㉓樋津太一, 甲谷寿史, 小林知広, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 高層オフィスビルにおける自然換気用シャフトの設計手法に関する研究(その4) 日射を考慮した場合の自然

換気性能に関する検討、空気調和・衛生工学会大会、2015.9.16、大阪大学

②④筒嶋良平, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 水平型風力換気システムを有する高層オフィスの室内環境に関する研究(その2) 秋期における自然換気口開放時の室温と居住者評価、日本建築学会大会、2015.9.4、東海大学

②⑤環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高山真, 田辺慎吾: 高層オフィスビルにおける風力・重力併用型の自然換気に関する研究(その10) 小割オフィスにおける秋期の室内 CO2 濃度・温度の実態、日本建築学会大会、2015.9.4、東海大学

②⑥環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高山真, 田辺慎吾: 高層オフィスビルにおける風力・重力併用型の自然換気に関する研究(その9) 小割オフィスにおける新鮮外気の分配性状、日本建築学会近畿支部研究報告会、2015.6.25、大阪工業技術専門学校

②⑦筒嶋良平, 甲谷寿史, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸, 林英人, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 水平型風力換気システムを有する高層オフィスの室内環境に関する研究(その1) 秋期における自然換気口開閉時の居住者評価、日本建築学会近畿支部研究報告会、2015.6.25、大阪工業技術専門学校

②⑧環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高山真, 田辺慎吾: コーナーボイドを有する高層オフィスの自然換気性能に関する研究(その10) トレーサガス法を用いた小割オフィス内の局所平均空気齢分布測定、空気調和・衛生工学会近畿支部、2015.3.10、大阪大学

②⑨筒嶋良平, 甲谷寿史, 桃井良尚, 山中俊夫, 相良和伸, 林英人, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 水平型風力換気システムを有する高層オフィスビルの中間期室内 CO2 濃度分布の実態、空気調和・衛生工学会近畿支部、2015.3.10、大阪大学

③⑩姜森, 甲谷寿史, 小林知広, 山中俊夫, 桃井良尚, 相良和伸: 高層オフィスビルにおける自然換気用シャフトの設計手法に関する研究(その3) シャフトサイズ及び外壁開口面積が自然換気性能に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会近畿支部、2015.3.10、大阪大学

③⑪ Hisashi Kotani: Cutting edge natural ventilation of high-rise buildings in Japan, Ventilative Cooling Seminar, 2014.9.17, Brunel 大学 (英国)

③⑫牛尾智秋, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 山口弘雅, 岩井良真, 豊村幸毅: 高層オフィスビルにおける自然換気の長期運用実態に関する研究、日本建築学会大会、2014.9.12、神戸大学

③⑬環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 大森啓充, 田辺慎吾, 高山真, 田中規敏, 和田一樹: 高層オフィスビルにおける風力・重力換気併用型の自然換気に関する研究

(その8) 自然換気利用が主観評価及び室内物理量の分布に与える影響、日本建築学会大会、2014.9.12、神戸大学

③⑭豊村幸毅, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 守雅俊: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究 第1報 自然換気の長期運用実態の把握、空気調和・衛生工学会大会、2014.9.3、秋田大学

③⑮守雅俊, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 山口弘雅, 岩井良真, 牛尾智秋, 豊村幸毅: 環境共生型高層オフィスビルにおける自然換気に関する研究第2報 アンケート調査に基づく温熱評価、空気調和・衛生工学会大会、2014.9.3、秋田大学

③⑯環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 大森啓充, 田辺慎吾, 高山真, 岡本尚, 田中規敏, 和田一樹: コーナーボイドを有する高層オフィスビルの自然換気性能に関する研究(その9) 秋期における環境測定と居住者評価に基づく室内熱・空気環境の実態、空気調和・衛生工学会大会、2014.9.3、秋田大学

③⑰環翼, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 大森啓充, 田辺慎吾, 高山真, 田中規敏, 和田一樹: 高層オフィスビルにおける風力・重力換気併用型の自然換気に関する研究(その6) 秋期の室内環境測定及び居住者評価、日本建築学会近畿支部研究報告会、2014.6.21、大阪工業技術専門学校

[その他]

<http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/> に発表論文リストを掲載

[w.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/](http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/) に発表論文リストを掲載

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

甲谷 寿史 (KOTANI, Hisashi)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 20243173

### (2) 研究分担者

桃井 良尚 (MOMOI, Yoshihisa)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 40506870

山中 俊夫 (YAMANAKA, Toshio)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 80182575

イム ウンス (LIM, Eunsu)

東洋大学・理工学部・准教授

研究者番号: 50614624

小林知広 (KOBAYASHI, Tomohiro)

大阪市立大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号: 90580952

### (3) 研究協力者

相良 和伸 (SAGARA, Kazunobu)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

田辺 慎吾 (TANABE, Shingo)

大阪大学・大学院生