

快適で健康かつ省エネな建物の空調・換気方式の性能予測と設計法確立に向けて

地球総合工学専攻 建築工学コース
教授 小林 知広

1. はじめに

私は2018年4月1日に地球総合工学専攻建築工学部門の准教授に着任、2024年4月1日付で教授職を拝任致しました。それ以前は2009年3月に本学で学位を取得した後1年は日本学術振興会特別研究員PDとして継続して本学に在籍し、2010年4月から立命館大学理工学部建築都市デザイン学科にて3年間講師、2013年4月から大阪市立大学で5年間講師を務めた後、前述の通り2018年に出身大学である本学に教員として戻って参りました。私は学部学生時代より建築の省エネルギーに関心を抱き、学位取得に至るまで自然換気・通風をテーマとして換気力学の基礎研究に取り組みました。学位取得後は空調設備の一次側とも呼ばれる熱源システムに関する研究にも携わりながら、いわゆる二次側といわれる室内の空調気流や空調・換気効率の評価に関する研究に取り組んできました。研究のスタンスとしては基本的に基礎研究を主体とする中で、民間企業との共同研究で実建物を対象として高効率な空調システムや先進的な自然換気システムについて設計段階から協業をすることも多く、現在は建築の空調・換気システムに関する性能予測や評価全般を主な研究対象としています。本稿ではこれらの中で建物の「自然換気」と「高効率換気」に関するトピックをご紹介します。

2. 非住宅建物の自然換気設計と制御

夏季に高温多湿な気候となる日本の建築分野では古来より自然通風が重視され、近代の学術研究でも日本は国際的に世界を先導してきています。しかしながら、オフィスビルなどの高層の非住宅建築では窓は所謂はめ殺して採光と眺望は得られても開閉不可であることが多く、室内の空気質と熱環境は空調による機械制御に依存することが一般的です。このような建物では内部発熱も多いため冷房が多く求められますが、外気が程よく涼しい時期であっても窓が開かないために機械換気設備と冷房設備を運転することが多く、冬季には窓際で暖房をしながらも同時に内部での冷房を併用することもあります。冷房負荷の大きな非住宅建物ではここで適切に外気を導入することで省エネルギーの効果を見込むことができます。窓が開けられる建物という当然のようにも思えますが、実はその設計は容易ではなく、設計手法も確立されていません。まずは気象条件によってどの程度の外気が室内に流入するか、設計段階から予測する必要があります。そのためには風洞実験(図1)などで風向ごとに建物の風圧分布を把握した上で、内部発熱などの諸条件を勘案して各階での換気量を算定して自然換気口の開放が適切な許可条件を定める必要があります。これでエネルギー的に損をしない運用は設計上可能ですが、単に自動制御で自然換気口を開閉するだけでは寒すぎたり暑すぎたりと熱的に不快になる場所が発生するということが現実問題として生じます。したがって換気口の位置や形状とともに気象条件に応じた適切で緻密な開度の自動制御までを建物の設計で行うことができれば建物の快適性を担保しながらもより省エネルギーを達成することができるようになり、そのような一般的な計画手法を学術的観点から確立すべく研究を行っています。

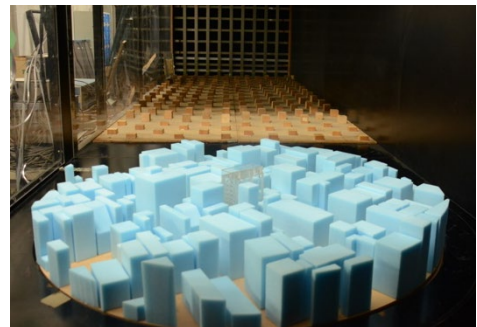


図1: 風洞実験の例

3. 効率的な空調・換気の給排気システムのあり方

カーボンニュートラルが求められるこの時代、建築分野では ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）の達成が求められます。このためネットゼロエネルギーというアプローチで省エネ・創エネが求められますが、適切な室内環境の確保には機械設備の利用は必要です。私が対象とする室内の熱・空気環境を考える上では、例えば前述の自然換気のみで年中室内の快適性を保つことは現実的ではなく、それらのパッシブ技術を利用しながらもアクティブな制御を効率的に利用することが重要です。この時「我慢を強いる省エネ」では社会には広がらないと思います。ビルのエネルギー使用の内訳は空調・換気が大きな割合を占めていますが、空調設計の考え方では室内空気が混合することが想定されます。室内の居住域は床から 2.0m 弱程度まであり、部屋の上部や平面的に人がいない箇所まで空調・換気を行うことは冷暖房と搬送動力の無駄とも言えます。1980 年代頃には北欧諸国で「置換換気」と呼ばれる空調・換気方式が提唱され始めましたが、これは汚染質を人からの熱上昇流（プルーム）に乗せて室上部に運び、室下部の居住域は清浄で快適に保つという考え方です。この概念は省エネだけでなく、感染症流行時のような事態でも健康の観点からも有用です。このように室内の空調効率・換気効率を考える概念が導入されて以降、種々の給排気方式が提案されてきました。このような種々の方式は Occupant Targeted Ventilation (OTV) 方式 (図 2) として近年欧州諸国と称され設計時の留意点などがまとめられつつありますが、いまだ課題点は多いです。少なくともわが国では先進的な建物での試みが例として見られるというのが現状です。つまり、設計法という観点ではどれも確立したとは言い難く、いまだクラシカルな混合換気方式が一般に利用されます。OTV と呼ばれる高効率な空調方式の社会全体での普及のためには設計者が通常選択し得る方式として定着させる必要がありますが、そのために各方式の熱環境・空気質分布性状に関する知見を体系的にまとめるための研究に取り組んでいます。

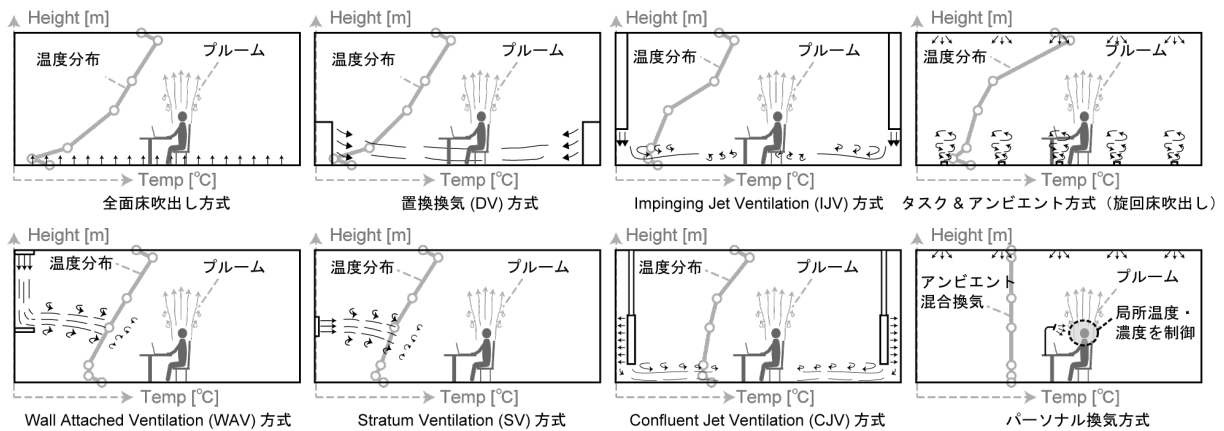


図 2：居住者を対象とした各種高効率空調・換気方式 (Occupant Targeted Ventilation)

4. 今後の室内環境のあり方を考える上での課題

近年、非住宅建物、特にオフィスでのあり方は従来の常識から脱却しつつあります。リモートワークが定着したことも一因ですが、固定席に拘らず作業内容に応じて作業場所を変える Activity Based Working (ABW) と呼ばれる概念も普及しています。当然執務者には好みの室内環境に個人差があるため、均質な環境が良いとも限らず、在室者の許容幅を考慮して意図的に室内環境に分布をつける必要も生じるかもしれません。また、その際には知的生産性への評価も求められます。このように近年変化する室内環境に関する時代のニーズに応え得る快適で快適な環境の創出に関わる研究に今後も取り組みたいと考えます。

(大阪大学工学部 地球総合工学科 2004 年卒)

大阪大学大学院工学研究科 建築工学専攻 前期 2006 年修了 地球総合工学専攻 後期 2009 年修了)