

# チムニーを用いた自然換気利用建築

## Natural Ventilation Buildings by means of Chimney

Key Words: Energy Savings, Natural Ventilation, Chimney

大阪大学大学院工学研究科  
地球総合工学専攻 准教授

甲谷 寿史

### 1. はじめに

あえて極端な言い方をすれば、建築物における省エネルギーの議論においては、京都議定書や国連での温暖化ガス削減目標の国連演説を引き合いに出すまでもなく、「もったいない」の一言は健全な考え方である。ただし、建築物は人間にとって安全、快適、健康な環境を提供するものであるから、室内環境を担保できないと元も子もなく、建築家・建築技術者は、室内環境を担保しながら建築物の省エネルギー化を進める必要がある。無論、建築物は経済社会に組み込まれた存在であるため、省エネルギー原理主義に陥ることにより社会的弊害が発生することがあるが、環境問題が俎上に上るとともに排出権取引の市場が出来るように、社会や経済活動において「もったいない」をサポートする仕組みは作られてくる。

建築物の省エネルギー化において、エアコンや照明など建築物で用いる設備機器自体の省エネルギーは目を見張るものがあるが、建築自体は数千年の歴史を持つ技術であり、人間が劇的に変化しない限りは、その革新的な技術進歩は期待できない。しかしながら、現在の技術を持ってすれば、これまでは定性的にしか評価できなかった技術の一部を定量的に評価することが可能となっている。よって、これからの省エネルギー建築では、室内環境をしっかりと担保しながら、これらの技術のうち使えるものは全て使った総力戦となってくる。

一般的な製造業とは異なり、基本的には一品生産である建設業においては、それらの技術を統合した効果が見えにくくなることによって、その技術普及は容易ではなくなる可能性がある。地味ではあるものの、技術に基づいてしっかりと設計した建物の事例を増やし、その説明を行っていくことも普及活動の一つである。また、その効果を「見える化」することによって、設計者・技術者・利用者の意識向上を図ることも重要である。

筆者らの研究グループは、古くは建築計画原論と呼ばれてきた建築環境工学と建築設備に関する研究のうち、これまではどちらかという数十年後の教科書に掲載されることを目指した原理原則に関する研究を多く行ってきた。近年では、上述のような問題意識をベースにしながら、多くの企業との共同研究を通じて実建物や実プロジェクトに関わる機会も多く、特に筆者らの得意とする建物の熱・空気環境の分野で、自然換気や空調システムに関して協力させていただいている。本稿では、それらの事例の中から、建物の自然換気設計、建設後の性能評価、建設後の利用者の運用までを対象とした研究について、概略を紹介する。本研究は、(株)竹中工務店と大阪大学との共同研究として、山中俊夫教授、桃井良尚助教、相良和伸教授のスタッフはじめ、地球総合工学専攻建築・都市環境工学領域の大学院生・学部生の協力の下で行われたものである。

### 2. チムニーを用いた自然換気

建物で自然換気を行うには窓を開ければ良いのであるが、そう上手くはいかない。一室に対して流入と流出のための外部に面した開口を二方向に確保できれば簡単であるが、本稿で紹介する通り、建物中央に廊下が配置されるいわゆる中廊下型の室配置の場合や、防音等の理由により閉じなければならない面が出来る場合など、実際の建築では種々の理由により二面の開口を確保できないことが起こる。そこで、鉛直方向の換気経路を確保する手段が考えられる。自然換気には、温度差による重力換気と、風力による風力換気があり、前者はいわゆる煙突(チムニー)効果を利用するため、鉛直方向の経路が有効であることは容易に想像できるが、後者についても鉛直方向の換気を利用するメリットがある。

建物に外部風が当たると、各壁面での風圧は、一般的には風上面でプラス圧、風下面や側面でマイナス圧となる。対向する二面の開口を開けると多くの換気量

が得られるのは、風上面と風下面との大きな圧力差が駆動力となるためである。二面の開口が確保できるならば、その場所で卓越する風向（例えば、日中の大阪市内は西風）を、これまでの気象データから推察して、開口配置を検討すればよい。しかしながら、種々の理由により卓越風の向きに配置できない場合もあり、また実際には外部風は時々刻々と変動するために、各面のプラスマイナスの関係が変動することになる。この問題に対して、屋上面を利用することが考えられる。中規模程度の建物で極端に変わった形状をしていない限り、屋上面の多くは建物自体の剥離気流によって、どの風向の外部風に対しても安定したマイナス圧となることが多く、その絶対値は、側面や風下面よりも概

して大きくなる。よって、大きなマイナス圧を確保した開口を屋上に一面確保することにより、風力換気時にも鉛直方向の換気経路を利用することができる。屋上面で煙突（チムニー）を立ち上げることによって、より高風速の外部風による剥離気流が得られ大きなマイナス圧を得ることができ、またチムニーの高さを高くすればするほど、温度差による換気駆動力も大きくなる。

### 3. K大学におけるチムニー設計と性能評価<sup>1)</sup>

2008年竣工のK大学でのチムニー利用自然換気の事例を示す。当該建物では、3階の大講義室で建築計画上の理由や廊下との間の防音により、対向する二面

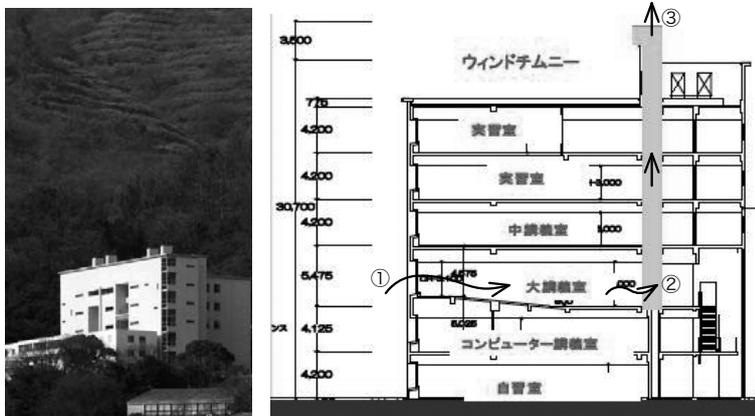


図1 K大学におけるチムニーを利用した自然換気システム

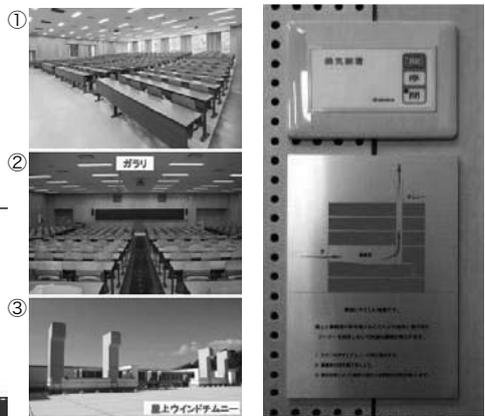


図2 チムニー開閉スイッチ

に開口がとれず、図1に示す通り講義室から屋上へとチムニーを立ち上げることによって、自然換気経路を確保するシステムとなっている。外気は、手動開放する大講義室後方の窓から流れ込み、室前面のガラリを通してチムニーに流れ、安定したマイナス圧が得られている屋上のチムニートップから排気される。また、大人数が着席する室であることは、発熱量を確保できることを意味しており、温度差換気の駆動力としても利用できる。利用者の意識向上を図る意図も持って、

チムニーは雨天時の自動閉鎖以外は利用者に開閉ボタンを手動操作させることとし、また図2に示す通りスイッチ下にはチムニーの説明パネルを設置している。

本システムの設計に際しては、風洞実験での風圧測定によるチムニーの基本選定（図3、図4、図5）、換気計算、風洞実験によるチムニートップ形状の詳細検討（図6）などを行った。例えば、図4、図5に示すとおり、遮風板を設置した上で、底面をふさぐことにより、風向によらず安定したマイナス圧を得られる



図3 チムニー選定のための風洞実験模型

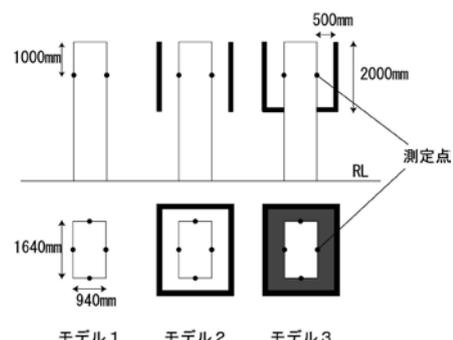


図4 チムニー選定モデル

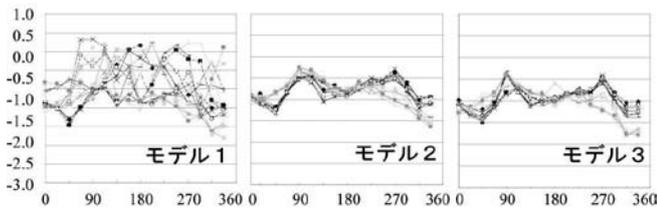


図5 各モデルでの風向と風圧係数との関係

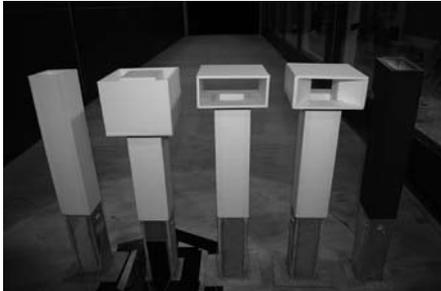


図6 チムニートップの詳細検討モデル

ことが分かった。竣工後は実測により性能評価を行い、例えば、図7に示す通り、全閉（左図）から自然換気状態（右図）になることによって、室全体の温度が外気温度に近づくと共に、床上1m程度までの居住域温度が明確に低下していることが分かる。また図8に示す通り、換気量と室内外エンタルピーからチムニーの省エネ効果も算出し、その有効性を検証している。

#### 4. T大学におけるチムニー性能評価と運用<sup>2)</sup>

2008年竣工のT大学でのチムニー利用自然換気の事例を示す（図9）。当該建物では、典型的な中廊下型の学校建築であり、設計者は採光や通風を考慮するために随所にテラスを貫入させるなどの工夫を行った上で、中廊下の閉塞性を打破することを意図している。その上で、建物両サイドに立ち上げた階段室をチムニーとして利用することによって、自然換気経路を確保している。外気は、手動開閉する各室の窓から流れ

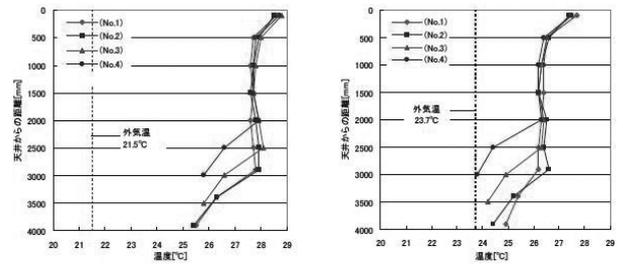


図7 室内温度の実測例

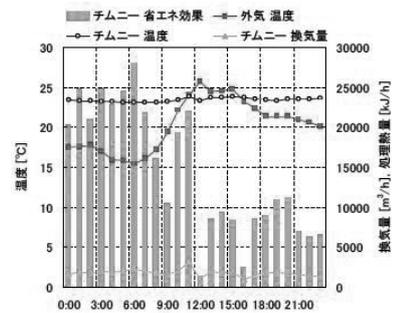


図8 省エネ効果の算出例

込み、中廊下との間の欄間を通り、廊下を經由して階段室に流れ込み、K大学の事例と同様に、安定してマイナス圧が得られている屋上のチムニートップから排気される。

本システムについても風洞実験での風圧測定（図10）に基づく換気計算を行い、図11に示す通り、チムニーを設置せずに階段室に同面積の開口を設置したケースとの比較を行った。安定したマイナス圧が得られるチムニーからの排気により、どの外部風向に対しても安定した排気側（図中マイナス側）の換気量が得られることが分かり、実測においても安定した換気量が得られていることを確認した。

本建物は、K大学のケースとは異なり多くの個室が

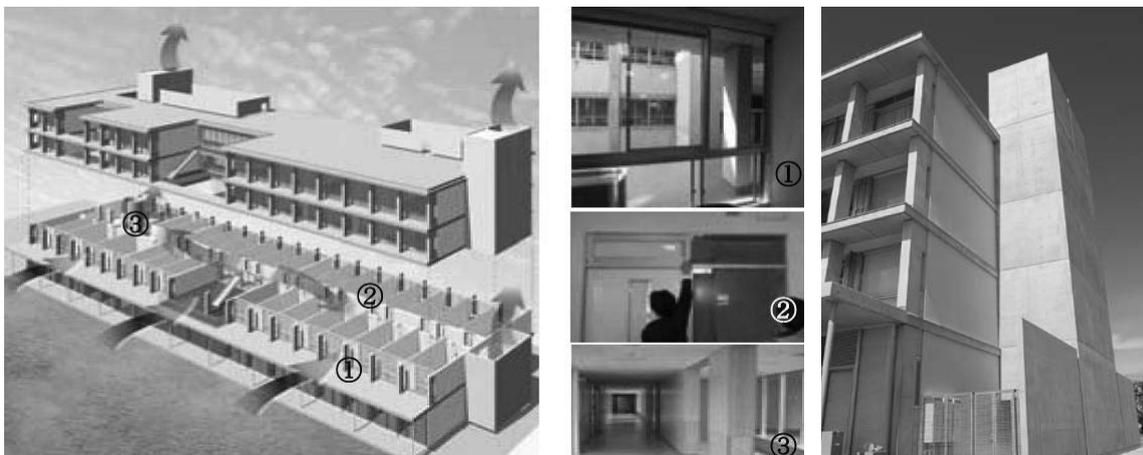


図9 T大学におけるチムニーを利用した自然換気システム

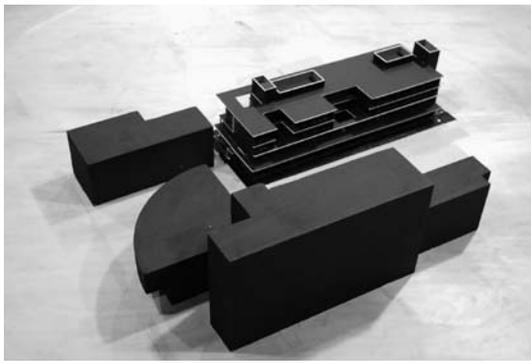


図 10 風圧測定のための風洞実験模型

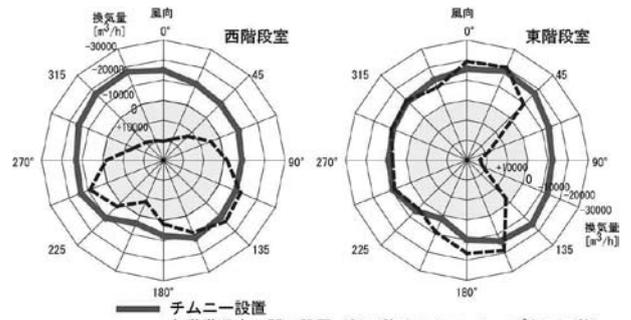


図 11 チムニー設置の有無と風向別換気量

ら成り立つために、多くの利用者が建物の環境調節に興味を持ち、自発的に関与していくことを期待している。そのため、特に竣工後の継続調査を重視し、居住者意識の向上を図るためのアンケート調査や啓蒙活動を実施している。例えば、図 12 に示す簡易温度計付きのポスターを各室に掲示した。ポスター掲示の前後で窓の開放率を調査した結果、図 13 に示す通り、教員室に比較して窓の開放率の低かった学生室において

て、外気温度 18 ~ 24°C 程度での開放率が明らかに上昇し、ポスター掲示の効果である可能性が高いことを確認した。

## 5. おわりに

筆者が関わったチムニーを用いた事例について紹介した。前述の通り、これらの技術は一品生産の結果に見えるが、その中で次の設計に生かすための汎用的なツール作成や資料整備等も行っている。「もったいない」からすれば、新築ではなく改修ではないかのご指摘を受けるかもしれないが、もちろん筆者が所属する研究グループでは、実際に稼働している空調システムの省エネ改修技術や室内環境の改善技術について、既存建物についての取り組みも行っている。

省エネ建築、環境配慮建築、サステナブル建築、エコ建築、低炭素建築、エコ改修、グリーン改修など、多種多様な名称が飛び交っているが、どんな名称であれ、人間にとっての室内環境を担保しつつ、エネルギー消費の少ない建築物であれば否定する理由はない。今後とも、設計者・技術者・利用者と協力しながら、建築物の省エネルギー化の総力戦に臨みたい。



図 12 建物利用者へ掲示したポスター

## <参考文献>

- 1) 例えば、小松由佳他：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.195-198，2007.3
  - 2) 例えば、藤本徹他：階段室型チムニーを有する学校建築の自然換気に関する研究（その1），空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集，pp.131-134，2009.3
- 関連文献は研究室ウェブサイトを参照されたい。  
<http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/>

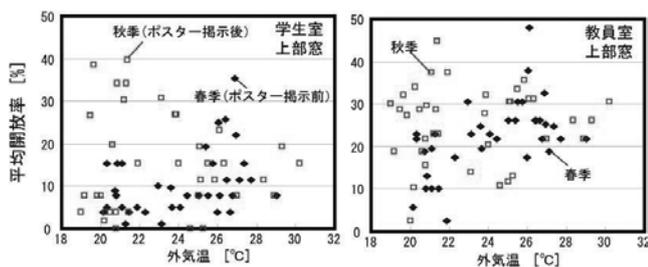


図 13 ポスター掲示前後の窓の開放率変化

(建築 平成 2 年卒 4 年前期)