



連載第18回

自然換気と窓開けの科学

鹿島建設株式会社建築設計本部
(KAJIMA DESIGN)

「窓の開くオフィス」を実現するには ビルの計画と設備、両方の技術が必要



本部長
森島 清太氏

「人工的な空調設備に頼るだけでなく、ときには窓を開けて外気を入れたい」「空調に自然換気を併用すれば省エネルギー効果になるのでは」「外の音や雰囲気が感じられるオフィスのほうがストレスが少ないはず」……最近、オフィスに関してこんな要望を多く聞くようになりました。たしかに、外界と完全に断絶された空間は不自然ですし、温度や湿度などのコントロールをすべて電力に頼るのは、自然との調和を目指すこれからの社会に適応したシステムとはいえません。しかし、「ビルの窓を開ける」というのは決して簡単なことではないのです。そこには技術的に解決しなければならない問題がたくさんあります。今回は、そんな課題に挑戦しながら、自然換気や窓開けオフィスの実現に積極的に取り組んでいる鹿島建設にお伺いし、建築設計の専門家である森島清太さんと、設備設計の専門家である葛岡典雄さんにお話を聞きました。

外気を採り入れる新しいタイプのオフィスビル

……鹿島建設では、自然換気や窓の開くオフィスビルを完成させて大きな話題になっていますね。

森島 汐留の共同通信本社ビル「汐留メディアタワー」や資生堂がオフィスを構える「汐留タワー」、銀座東急ホテル跡地に建設した「時事通信ビル」などがその事例です。汐留メディアタワーは自動制御による自然換気で、年間の空調負荷を約2割削減する新しいタイプの省エネビルとして設計されました。また、時事通信ビルは居住者が窓を開けることができ、自由に風を入れたり、街の賑わいを感じられる、新しいコンセプトのオフィスビル。



本部長 技術士(衛生工学部門)
葛岡 典雄氏

ファシリティサイエンス
はやわかりメモ

- **なぜオフィスビルに自然換気や開閉できる窓が必要なのか?**
 - 「ときには窓を開けて外気を入れ、気分転換したい」「自然換気の併用は省エネにつながるのでは」……こんな要望が増えている。
 - 自然環境との共生を図る時代、人工的な空調に頼るオフィスビルへの疑問。
- **東京に誕生した2棟の自然力利用ビル**
 - 「汐留メディアタワー」は、風力を利用した自然換気と空調との自動制御により、年間の空調負荷を約2割削減した省エネビル。
 - 「時事通信ビル」は居住者が窓を開け、自由に風を入れたり街の賑わいを感じられる、新しいコンセプトのオフィスビル。
- **自然力利用のビルが可能になった背景**
 - 現代のオフィスビルは安定した就労環境を提供できる一方、気候風土や街並との係わりが薄くなっている。
 - 自然力利用による省エネへの社会的要請、電力供給がストップしても最低限の業務ができるビルへの期待。
- **「自然力の活用」こそが次世代ビルの大きな条件**
 - 新鮮な外気を利用できる自然換気や窓開けはワーカーの生産性を向上させる。
 - 自然との調和を目指すオフィスビルを提案し、省エネメリットを含めて施主やユーザーの理解を高めることが必要。

いを感じられる、従来にないコンセプトのオフィスビルになっています。

……なぜ、このようなビルを設計しようと思ったのですか?

森島 私たちは多くの建築物の設計を行っていて、従来の完全空調式の空間に疑問を感じていました。たしかに、今日のオフィスビルは「いつでも、どこでも」安定した就労環境を提供できるようにつくられています。しかしその半面、気候風土や街並との係わりは薄くなってきているように思っています。

葛岡 一方で、ユーザーからの要望も強かったというもあります。これはあるホテルの例ですが、毎年行われる隅田川の花火を楽しみにされているお客様が

▼「ファシリティ・サイエンス」下記バックナンバーは<http://www.websanko.com>をご覧ください。

05年 IV号 第17回	危機管理の科学	03年 5月号 第8回	あかりによるオフィス空間の生かし方
05年 III号 第16回	グリッド天井の科学	03年 3月号 第7回	セキュリティの科学
05年 II号 第15回	近未来の電力燃料電池の科学	02年 11月号 第6回	消防用設備(スプリンクラー)の科学
04年 10月号 第14回	輻射式冷暖房の科学	02年 9月号 第5回	エレベーター(昇降機)の科学
04年 7月号 第13回	建築物の環境性能評価システム	02年 7月号 第4回	リスクマネジメント(地震対策)の科学
04年 4月号 第12回	椅子の科学	02年 5月号 第3回	水(トイレ)の科学
03年 11月号 第11回	ガラスの科学	02年 3月号 第2回	温感(空調)の科学
03年 9月号 第10回	バランス・スコアカードの科学	02年 1月号 第1回	あかり(照明)の科学
03年 7月号 第9回	分煙の科学		



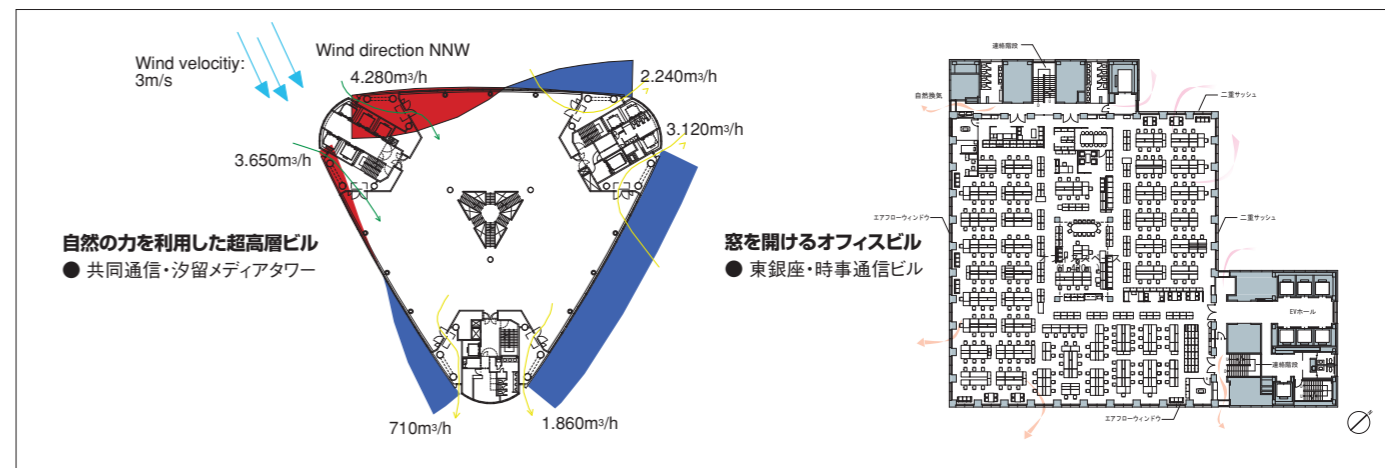
汐留メディアタワー
東京都港区
2003年6月竣工
設計:KAJIMA DESIGN
地下4階、地上34階、塔屋2階(高さ約173m)



汐留タワー
東京都港区
2003年4月竣工
設計:KAJIMA DESIGN
地下4階、地上38階、塔屋2階(高さ約172m)



時事通信ビル
東京都中央区
2003年7月竣工
設計:KAJIMA DESIGN
地下2階、地上14階、塔屋1階(高さ約73m)



多いそうで、「ガラス越しに見るだけでなく、窓を開けて音を聞けないか?」といった要望がありました。さらにいろいろなところで話を聞いてみると、オフィスビルであっても、外気を入れたり、街とのつながりを感じられる空間で働きたいと望む人は、決して少なくないと知ったのです。

森島 時代の変化もあると思います。高度成長期のころは、完全に外界と遮断され、かすかに空調の音のする人工的な空間のほうが「高級感がある」と考える人が多かったのです。高層ビル、新幹線、大型ジェット機などがその代表で、特にオフィスビルでは、固定窓によるカーテンウォールによって、喧噪と排気ガスのまっただ中でも静かな環境を実現しようと務めてきました。しかし最近では、自然回帰への流れから、風や外光などを利用した空間が好まれるようになってきたのです。

葛岡 環境や安全性への意識が高まってきたことも大きな要因です。完全に密閉した超高層ビルでは、何もしなければ夏場の室温は40~50度になってしまいます。したがって、常に空調を動かし、エネルギーを使って温度調整を行わなければならない。しかし自然換気を併用し、たとえば夜は外気を採り入れて内部を冷やすようにするだけで、15~20%の省エネ効果があります。さらに、自然換気や窓を開けられるシステムがあれば、万が一、電力供給がストップしても室内の温度上昇を防げますから、防災上も大きなメリットがあります。BCP(Business Continuity Plan=事業継続計画)の実践という考え方からも、これは有効です。
森島 環境面について補足すれば、現在では自動車や工場も低公害化への対策が進み、都会でも空気はすいぶんきれいになりました。さらに今後、ハイブリッド車や燃料電池車が普及すれば、もっと環境はよくなるでしょう。つまり、外気を採り入れる条件は十分に整ってきたといえるのです。

自然換気や窓開け実現へのさまざまな課題

……そうすると、これからは、自然換気や窓開け可能なオフィスビルが増えてくるのでしょうか?

葛岡 技術的には、いくつか解決しなければならない問題があります。というのも、ビルの空気環境の調整は、完全空調式であっても非常に大変だからです。ビル管理法では、温度、湿度、気流、CO2濃度などについて厳しい基準を設けており、私たちは設計段階でも綿密な計算とシミュレーションを行いますし、建設段階では実測による確認を進めます。そして最終的に、館内のどこでも基準を満たすように調整するのです。自然換気の場合、もともとコントロールできない外気を利用するので、条件がもっとシビアになるのはわかるでしょう。

さらに窓を開けるとなると、設計はもっと難しくなります。たとえば、ビル管理法上の気流の基準値は0.5m/s以内となっていますが、私たちが「爽やかだ」と感じる風は通常、それ以上の強いものなのですね。したがって、窓から入り込む強い風の影響を他のスペースに与えない方法を新たに考え出さなければなりません。

森島 窓を開けるのは本当に大変ですね。例えば完全二重サッシの超高層ビルでは、風圧力に耐えるため、ガラスは開口の場所などによっても違いますが数10%くらい通常より強度のあるものにしなければなりません。窓を開けることによって室内にも強い風が吹き込むことになると、ガラスだけでなく、パーテーション、ドア、天井まで頑丈にする必要があります。当然、コストもかかってしまいます。

Column

日本にあった自然力利用のオフィスビルを



森島清太氏

■ ヨーロッパにおける環境強制型オフィスの実例

空気(熱)・日照・風・雨という自然エネルギーを利用し、環境と共生できるオフィスを建設しようという試みは、ヨーロッパでは1990年代から進められてきました。例えばドイツでは、共通する手法のひとつとして、ボックスウィンドウ(ダブルガラススクリーン)の外装が挙げられます。

ボックス・ウィンドウの最大のメリットは、「高層ビルでも窓が開けられる」点にあります。外側のガラススクリーンをレインバリア・ウィンドバリア・サウンドバリアとすることで、内側の可動ガラススクリーンを入居者の感覚に応じて自由に開閉することが可能なのです。

ちなみに、外側のガラススクリーンの構造には、シンプルな「かざしガラス」から、電動チャンバーを内蔵するものまで、さまざまなバリエーションがあります。また内側のガラススクリーンの開閉には、手動と自動制御があります。

もちろん、外気を取り入れることで空調とのバランスは崩れますから、窓を開けると輻射空調を停止したり、さらに強風を感じると自動閉鎖する事例もあり、風圧力による書類の飛散やドアの開閉難などの諸問題に対して開口量計算シミュレーション技術なども進んでいるのです。

輻射空調とボックスウィンドウの外装計画に一辺倒の感のあるドイツ最新高層オフィス建築の傾向に対して、イギリスの建築家などの中には、中低層オフィスではありますが、サーマル・チムニーによる重力換気、ウィンターガーデンによる中間気候の創出、ライトシェルフによる昼光利用など、幅広い手法が見受けられ、さまざまな手法が生まれつつあるようです。

■ 日本でも自然力利用のオフィス建築は可能だ

残念ながら、これらのヨーロッパ型の計画手法の直輸入では、日本の気候や日本のオフィス形態にマッチした最適解とはなりません。しかし、「窓の開けられる、風の通るオフィスビル」に、あきらめるに惜しい魅力があるのはたしかです。

なぜなら、最近のオフィス建築をつまらなくしている理由のひとつが、私は「窓が開かない」ことだと考えているからです。したがって、日本で同様の試みが可能か、整理して考えてみましょう。

オフィス形態については、ヨーロッパの個室型に対して日本のオープンプラン型という違いがあります。ヨーロッパでは窓のある個室にいる人はたいてい1人か、多くて数人ですから、開け閉めは個人の感覚と責任で決めることができます。これに対して日本では、大部屋にいる大勢の人々の感覚をどう総意すればいいのかが問われるでしょう。この問題を解決するひとつの方策として、すべての窓を開閉するのではなく、開閉する窓の数を絞り、オフィスの中に「なぜの通るみち＝風道」をつくりだす手法があります。

次に気候の違いです。ガラススクリーンの外装を例にとれば、寒い冬の長いヨーロッパでは、温室のように内部に太陽のエネルギーを蓄えたいので、ビルの表面には日射を遮るものではなく、温室のようにフラットサーフェイスな仕上がりとなっています。一方、高温多湿の酷暑の日本では、日射熱をやり過ごすことが重要ですから、ガラススクリーンの前に庇やブラインドを設けるのが本当は合理的でしょう。

いずれにしろ、ビルの中に外気を入れるときには、上昇気流によるエレベーターシャフトや風除室の音鳴り、書類が飛ばずドアがボタンと閉まらない程度に抑える風力と開口量の調整などを、その土地の条件に合わせて解決しなくてはなりません。これらの課題を乗り越えれば、日本でも、涼しげな窓廻りに近寄り窓を開けると、爽やかな風が通りぬけ街の賑わいも聞こえてくる、そんな「カーテンウォールオフィスからの脱出」が見えてくるのではないのでしょうか。

- オープンオフィス……日本で主流の大部屋タイプ
- 窓際個室型……幹部が窓側に個室を持つ米国で多いタイプ
- 完全個室型……ドイツではほとんどこのタイプ
- コンビ型……ヨーロッパ型のワーカーが窓際にデスクを置き、コア部には共用スペースや機械などを置くタイプ

ドイツの個室タイプや、最近、欧州で普及しているコンビオフィスでは、外気の採り入れは個人や少人数のグループの判断に任せてしまえるので、自然換気も窓開けも導入しやすいと思われれます。しかし、日本のようなオープンオフィスでは、広いスペースにおいてできるだけ多くの人が不満を感じない環境を実現するため、空調はもちろん、照明やデザインまでも、人工的で均質なものにせざるをえないのです。このような点をも、やはり欧州のオフィスのほうが先進的な取り組みをしやすい条件が整っているように思いますね。

「自然力」の活用こそが次世代ビルの大きな条件

……技術的にも、オフィスの利用方法の面でも、日本ではなかなか外気の活用が進めにくいようですが、その中であって鹿島建設が新しい試みを推進している理由はどこにあるのですか？

葛岡 解決しなければならない問題はたくさんあっても、個人的には外気を利用するのは大賛成です。空調というのはいろいろな意味で限界があります。たとえばCO₂濃度の基準はビル管理法では1000ppm以下となっていますが、これは空調システムが館内で空気を循環させているためです。実際に外気を測定してみると、通常で300～400ppm、車が多い交差点でも500～600ppmと、ビルの中よりCO₂濃度は低いのです。もちろん1000ppm以下であれば生活上問題はありません。しかし、この数値は低いに越したことはないので、外気の利用は非常に有効的なのです。

さらに、まだ科学的には証明されていないものの、マイナスイオンの多い外の空気を採り入れる効果も期待できるかもしれません。これらの新しい設備をビルに導入するには、従来に比べて初期コストはかかるものの、もし空気環境がよくなってワーカーの生産性が1%でも向上すれば、「10%くらいのコストアップは容認できる」と考えるユーザーがいてもおかしくはありません。

森島 ビルの設計を手掛けてきた者として、人や社会のニーズに応える提案をしていくのは大切なことだと思っています。このため、私たちは有志による共同研究として、「風の通るビル-FU'RINビル」のテーマを掲げ、さまざまなプレゼンテーションを始めました。ちなみにFU'RINとは「風鈴」から発想し、風を感じて涼しさを演出できるビルを示します。汐留メディアタワーも時事通信ビルも、このような取り組みの成果のひとつなのです。

これからは自然に調和し、自然力を利用する省エネルギー施設を増やしていかなければなりません。ですから、新築ビルだけでなく、既存ビルのリニューアルにおいても、自然換気や窓開けが可能か、できるだけ検討していきたいですね。

葛岡 プレゼンテーションでは、ビルを建てる側、使う側にも納得していただくように、自然力を利用するメリットもできるだけ明示していくようにしています。実際の施工例をみても、地下を二重スラムのクールピットにし、そこを経由した外気を採り入れることで、夏に井戸水が冷たいのと同じ効果により館内を冷やすことが可能です。その結果、空調コストを大幅に削減できます。そうやってメリットも理解していただきながら、21世紀にふさわしいビルを増やしていければ、ユーザーにとっても社会にとっても望ましい結果になるのではないのでしょうか。

森島 時事通信ビルで窓が開けられるようにしたところ、これが大人気です。さすがに空調と連動した制御は無理なので、外気が入った瞬間、温度調整は不可能になるのですが、それでも多くの人が窓を開けたがる理由にこそ、私はひとつの答があるように思います。これまでのビルは機能だけを追求してきました。しかし、私たちは「脱用途建築」という発想もあるのではないかと考えているのです。普通の広さと高さで、光や風が入り、街や緑ととって自然に係わりあえるビルを好む人も少なくないのではないのでしょうか。FU'RINビルは、まさにそんな期待に応える、私たちからの次世代ビルの提案なのです。

値によるシミュレーションの結果、冷房負荷の削減効果は、自然換気を利用しなかった場合と比べ、10月で43%、4月で40%という大きな効果になっています(図4)。年間平均では約14%であり、これは計画時の数値とほぼ同じだったそうです。

……ビルの条件によってもかなり変わってくるようですね。

- 森島** そうですね。まず高さからいえば、ビルは次の4タイプに分けられると思います。
- 4～5階建てクラス……郊外型のオフィスビルなど
 - 30mクラス……普通の街並みをつくる「百尺ビル」
 - 100mクラス……20階建て前後のビル
 - 200mクラス……超高層ビル

「4～5階建てクラス」であれば、入り口に内外の気圧を調整する風除室がないことでもわかるように、空気条件はそれほど難しくないので、自然換気も窓開けも比較的簡単に実現できます。

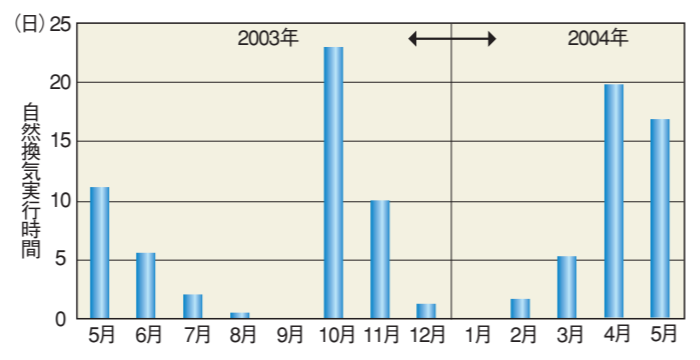
しかし、「30mクラス」では、エレベーターホールなどがあれば通常の引き違いドア1カ所の扉のみ、しかし「100mクラス」では二重の引き違いドアによる風除室が必要であり、当然、外気を採り入れる部分においても同じような工夫がなければなりません。

さらに「200mクラス」になると、真冬の寒いときなどにはエレベーターシャフトなどを經由して館内をビュービューと外部からの風が吹きあがりますので、回転扉か、二重、三重の引き違いドアによる風除室が欠かせず、空気環境の制御はいっそうシビアになるのです。したがって、上層階で窓を開けるのは難しいし、自然換気でも高度な制御技術が必要になります。

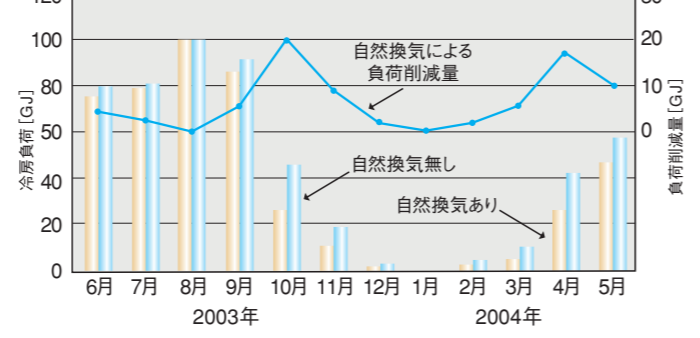
葛岡 ビルの条件としては、使用方法による違いも大きいですね。完全個室型のオフィスであれば、超高層ビルでない限り、窓などに開口部を設けるのは不可能ではありません。個人の判断で外気や風を採り入れればいいのですからね。これは住宅でも同じでしょう。しかし日本のようにオープンオフィスが主流の国では、窓を開けて快適だと思う人と、寒すぎると感じる人が同じスペースに同居しているのだから、誰の基準に合わせるのかという問題も起きてくるはずですよ。

森島 オフィスのタイプも、次のように分類するとわかりやすいかもしれません。

● 自然換気実行状態(図3)



● シミュレーションによる冷房負荷削減効果の推定(図4)



……汐留メディアタワーや時事通信ビルでは、これらの問題をどうやって解決しているのですか？

森島 汐留メディアタワーは三角形の平面のビルで、その頂点のところに各フロア2つずつ機械室を設け、外気の風力や温度、湿度などをチェックしながら最適な条件で採り入れ、また下流側より排気するようにコントロールしています。つまり、既存の空調技術に、自然換気用のまったく新しい技術を付加し、完全な自動制御を実現しました。このような先進システムの導入が可能になったのは、施主である共同通信社のご理解も大きいと考えております。

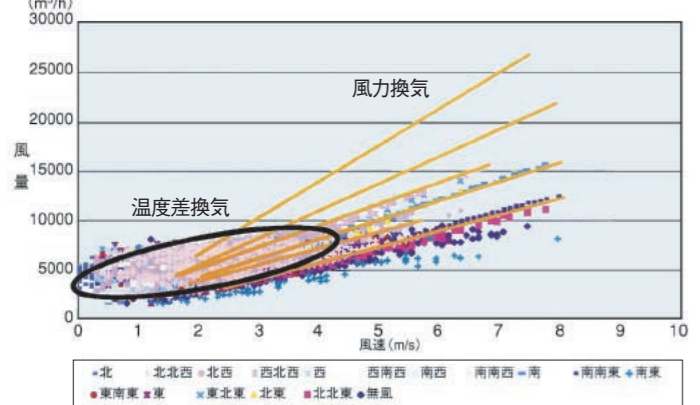
一方、時事通信ビルは、地上14階建てのビルであるため、やはり新しい試みとして窓が開くような設計をさせていただきました。構造としては、二重窓の内側を開けると、外側も連動して少しだけ開くようになっています。これにより、強い風はシャフトアウトしながら、外気の採り入れと、街の音が聞こえるようになっています。

葛岡 ビルというのは、フロアだけでなく、エレベーターシャフトなどによって内部の空間がつながっています。したがって、フロアにおける横(平面)のエアバランスと、ビル全体の縦のエアバランスを常に考えなければならぬのです。たとえば、執務室の気圧が低ければ、それこそトイレの匂いが室内に入ってきてしまうかもしれません。そういう細かいシミュレーションと測定を何度も行い、ビルは完成します。汐留メディアタワーでは、周囲のビルによる風への影響まで考え、自然換気が可能なだけでなく、省エネ効果があることを事前に実証していきました。つまり、単純に窓を開けて外気を採り入れるようにすれば最適な空気環境が実現するわけではないのです。

自然換気による省エネ効果

汐留メディアタワーは、外気による風力換気だけでなく、6層にわたる編集局階には吹き抜けを設けて温度差を利用した縦方向の換気を併用しています。これらの「自然換気」の効果は、モデルシミュレーションでも十分に期待できるものでした(図1、図2)。そして実際に運用を開始して実測したところ、4、5、10、11月の外気の条件のいい時期には大きな成果をあげています(図3)。これらのデータと、外気の採り入れを制御する自動ダンパーの開度制御設定

● 外部風速と換気量の相関(図1)



● 冷房負荷の比較(図2)

