

オフィスビルにおける 自然換気併用ハイブリッド空調システムの省エネルギー効果の解析

義江 龍一郎

要 旨

自然エネルギー利用技術のひとつとして、自然換気併用ハイブリッド空調システムが注目を集めており、実際の建物にも適用されるようになってきた。計画中の関西と東北のオフィスビルにおいても、このシステムの導入が検討されることとなったため、両ビルに対する省エネ効果の把握と設計への反映を目的とし、動的熱負荷計算プログラムと自然換気計算を組み合わせた年間冷房エネルギー算出プログラムを作成し、自然換気併用ハイブリッド空調システムによる省エネ効果の解析を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- ① 基本ケースとして想定した自然換気口の配置・面積の条件の下で、関西のビルの場合20%程度、東北のビルの場合35%程度の省エネ効果が得られた。
- ② 両ビルともナイトパージが顕熱除去熱量の低減に大きく（約4割程度）寄与している。
- ③ 温度条件だけではなく、温湿度条件で自然換気口を開閉制御した方が省エネ効果が高い。
- ④ 自然換気口の面積と得られる省エネ効果の関係が明らかになり、設計に反映できる結果が得られた。

キーワード 自然換気併用ハイブリッド空調システム／省エネルギー／動的熱負荷計算

目 次

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. はじめに | 4. 東北のオフィスビルについての検討 |
| 2. 自然換気による省エネ効果の解析方法 | 5. まとめ |
| 3. 関西のオフィスビルについての検討 | |

ENERGY CONSERVATION EFFECT OF HYBRID VENTILATION IN OFFICE BUILDINGS

Ryuichiro YOSHIE

Synopsis:

Energy conservation effects of hybrid ventilation for office buildings in Kansai and Tohoku were investigated using dynamic heat load calculation program. The results of the calculation are as follows.

- ① The energy conservation effect of hybrid ventilation system with realistic arrangement and dimensions of openings for natural ventilation is about 20% for the building in Osaka and 35% for that in Sendai.
- ② The night purge (natural ventilation in the night) greatly contributes to the reduction of sensible heat load.
- ③ For the energy-saving, the openings for natural ventilation should be controlled by both temperature and humidity conditions rather than only by temperature condition.
- ④ The relation between the dimensions of the openings and the energy-saving effect are clarified, which will be useful for HVAC design.

1. はじめに

京都国際会議での炭酸ガス削減義務の公約後、建築物における自然エネルギー利用の機運はますます高まりを見せている。こうした自然エネルギー利用技術のひとつとして、自然換気併用ハイブリッド空調システムが注目を集めており^{1)~6)}、実際の建物にも適用されるようになってきた^{4)~5)}。

自然換気併用ハイブリッド空調システムとは、機械空調を基本としながらも、外気の条件が有利な時には室内に自然風を取り入れ、冷房エネルギーやその搬送エネルギーを削減するとともに、清浄な室内空気環境を実現しようとするものである。外気温湿度、室内温湿度、外部風速の条件によって、機械空調のみか自然換気のみ、あるいは機械空調と自然換気の併用というように運転モードを切り替える。窓が開かない近年の中高層オフィスビルでは、換気は最低限の機械換気のみで行われており、OA機器等による内部発熱が大きいことも相まって、中間期でも冷房を行っている場合が多い。また換気量が少ないため室内空気の二酸化炭素濃度や臭いの濃度も高くなりがちである。自然換気併用ハイブリッド空調システムは、こうしたオフィスの冷房エネルギー削減および室内空気質の向上に大きく寄与するといわれている。しかしながら、その効果を定量的に解析したものは2~3の事例^{2)~3)}を除き極めて少なく、本当に省エネルギー効果（以下、省エネ効果と略す）の高いシステムであるのか、あるいはイニシャルコストの増加に見あうランニングコストの低減効果が得られるのかは、必ずしも明らかにされていない。

この度、計画中の関西地方と東北地方のオフィスビルにおいて、自然換気併用ハイブリッド空調システムの導入が検討されることとなった。そこで、両ビルに対する省エネ効果の把握と実施設計への反映を目的とし、動的熱負荷計算プログラムと自然換気計算を組み合わせた年間冷房エネルギー算出プログラムを作成し、自然換気による省エネ効果の解析を行った。

2. 自然換気による省エネ効果の解析方法

自然換気の導入による冷房エネルギーの削減効果を把握するためには、動的熱負荷計算⁷⁾により建設地の気象条件下における年間あるいは月間の熱負荷の累計値を調べるのが適切であると考えられる。動的熱負荷計算とは、1時間毎の外気温湿度・日射・内部発熱等の条件を与え、それによる室内の温湿度・熱負荷等の動的応答を年間に渡って計算するものである。ただし既存のプログラム⁸⁾は、自然換気併用ハイブリッド空調システムによる自然換気口の開閉制御を再現することができないため、これを考慮することができるようプログラムを改良した。以下に計算方法の概要を述べる。

2.1 風向毎の自然換気量の計算

当社の外装材風荷重算定用風圧係数データベース⁹⁾を参考にして、まず図-1のように各換気口 i の外気側における風圧係数 C_i を各風向毎に設定する。

室内圧を P_s (N/m²)と仮定すると、換気口 i での自然換気量 Q_i (m³/s)は次式により算定される。

$$Q_i = \alpha_i A_i \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_i - P_s)} \quad [1]$$

ここで、

α_i : 換気口 i の流速係数

A_i : 換気口 i の面積 (m²)

ρ : 空気密度 (kg/m³)

P_i : 換気口 i の外気側における風圧 (N/m²)

$$P_i = C_i \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (V \text{ は外部風速 (m/s)})$$

ただし、[1]式において $\sqrt{\quad}$ の中が負になった場合は、室外への流出を意味しており、この場合は $\sqrt{\quad}$ の中を正として計算し、流量 Q_i に負の符号をつける。

流量保存則より、流入風量と流出風量は等しくなければならないので、次式が成り立つ。

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0 \quad [2]$$

具体的には、まず[1]式において P_s を適当に仮定し仮の Q_i を求め、[2]式を満たすまでニュートンラプソン法により P_s の修正を繰り返すという収束計算を行う。

なお、ここでは簡単のため、単室の場合について述べたが、多数室の場合も基本的な考え方は同じである。

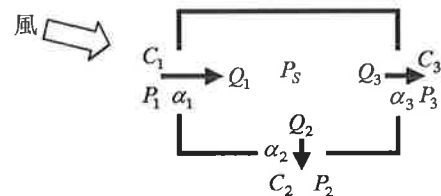


図-1 自然換気計算の概念

2.2 自然換気を考慮した動的熱負荷計算

動的熱負荷計算のための気象条件には、建設地の標準気象データを用いる。標準気象データとは、過去の気象観測データに基づき、最も代表性が高く平均的な1年間を抽出し、これに必要な加工を加えて、動的熱負荷計算に使用できるように整備されたものである。標準気象データには、1時間毎の外気温湿度、日射量、風速・風向等が1年間に渡り記録されている。

この標準気象データに基づく1時間毎の風速・風向条件の下での自然換気量を上記の方法により毎時求め、これを考慮した室の吸熱応答係数を計算するサブルーチンや、その時点での温湿度条件によって自然換気口を開くか否かを判断するサブルーチンを作成し、動的熱負荷計算プログラム MICRO-HASP/1982⁸⁾に組み込んだ。

3. 関西のオフィスビルについての検討

3.1 計画建物

計画建物の平面図を図-2に示す。特に自然換気に有利なように配慮したプランではないが、こうした一般的なビルに対しても、自然換気併用ハイブリッド空調システムが有効か否かを調べることも本研究の目的のひとつである。

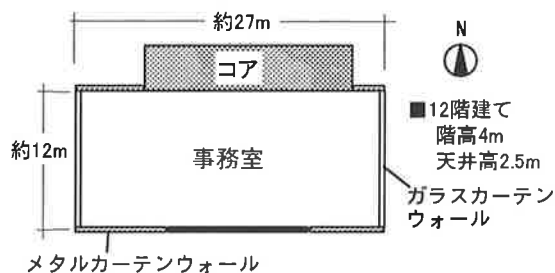


図-2 計画建物平面図

3.2 計画地の気象条件

標準気象データに基づく計画地の風配と、風速の累積頻度を図-3、4に示す。中間期（4、5、10、11月）、夏期（6～9月）ともにNNE付近の風、WSW付近の風が多いが、風速が高くなるほどWSW付近の風向の発生頻度が高くなることからわかる。

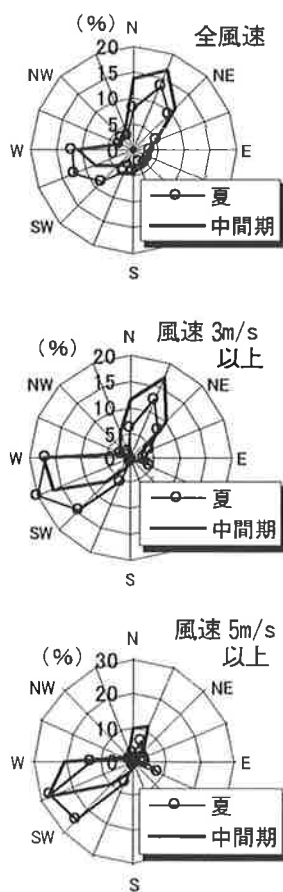


図-3 風配図

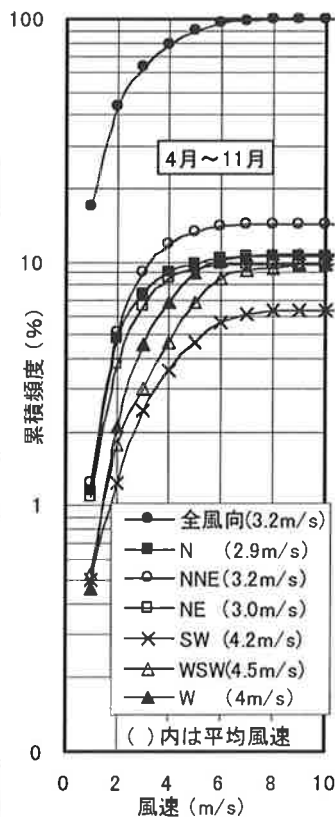


図-4 風速の累積発生頻度

図-5には標準気象データに基づく計画地の外気温の累積頻度を示す。図中「昼間」とは、8～19時（空調機運転時間帯に対応）、「夜間」とはそれ以外の時間帯を指す。例えば外気導入が可能な外気温26℃以下の頻度は、中間期昼間で95%以上、夏期の昼間でも30%程度あり、空調運転時間内にもかなりの頻度で自然換気が利用できる可能性を示唆している。また、夜間は外気温が低いいため、夜間も外気を取り入れて昼間建物に蓄積された熱を除去する、いわゆるナイトパージの有効性も示唆される。

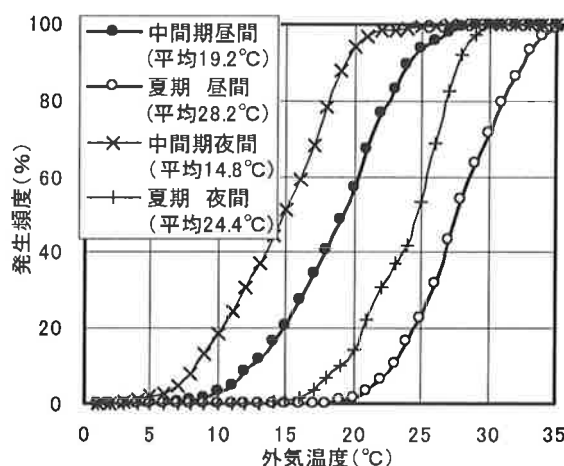


図-5 外気温の累積頻度

3.3 自然換気併用ハイブリッド空調方式

本建物では床吹き出し空調とすることが検討されているため、近本、村上、加藤らが提唱しているように¹⁾、窓上部の自然換気口から自然風を取り入れ、排出する方式を想定した（図-6）。これにより、居住域から上昇した熱や汚染質を自然換気で排出することを狙う。換気口の形状としては、サッシメーカーが開発している自然換気システム⁶⁾を参考にして、図-6のように想定した。外気と室内の温湿度をモニターし、冷房負荷低減に有利な条件の時に電動開閉弁が開く。

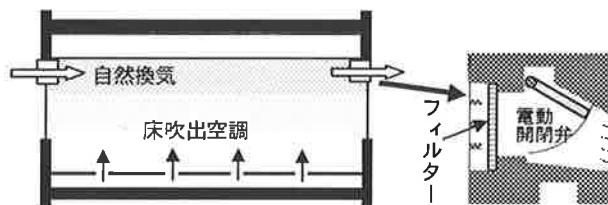


図-6 自然換気併用空調方式と自然換気口の形状

3.4 動的熱負荷計算の計算条件

(1) 建物外皮、内部発熱、空調機運転条件

動的熱負荷計算は基準階の事務室部分1フロアを対象に行う。コア部分は事務室と同じ温度に空調されているものと見なし、コアと事務室間の熱の授受は無視する。

建物外皮の断面構成、および内部発熱のスケジュール、空調機の運転時間、室内設定温湿度等の条件を表-1、表-2に示す。

表-1 動的熱負荷計算における建物外皮の条件

部位	面積(m ²)	仕様
南 窓	約26	吸熱ガラス6mm+普通ガラス3mm +中等色ブラインド
東 窓	約22	"
西 窓	約22	"
南 外壁	約50	ガラス6mm+空気層+ALC板 150mm+空気層+PB12mm
南 メタルCW	約31	アルミ3mm+岩綿30mm+空気層 +PB12mm
北 メタルCW	約32	"
東 ガラスCW	約26	ガラス6mm+空気層+岩綿成形 板 30mm+空気層+PB12mm
西 ガラスCW	約26	"

表-2 動的熱負荷計算における内部発熱等の条件

発熱源	定格 発熱量	スケジュール				
		9-12時	12-13時	13-18時	18-19時	19-21時
照明	20 W/m ²	90%	20%	90%	60%	60%
コピー・プリンタ	8 W/m ²	35%	10%	35%	30%	10%
パソコン・WS	20 W/m ²	80%	30%	80%	30%	20%
その他	2 W/m ²	100%	100%	100%	100%	100%
人(0.2人/m ²)	作業強度3	80%	30%	80%	30%	20%

・空調機運転時間は8時～19時。土、日曜、祝日には運転しない。
・空調機運転時間内には、常に2回/hの機械換気があるとした。
・室内設定温湿度：夏季25～27℃、40～60%。
中間期22～26℃、40～60%

(2) 自然換気口の面積・配置条件

まず基本ケースとして、南面、東面、西面のそれぞれに、自然換気口を1m²ずつ、合計3m²設けた場合の検討を行った。流速係数 α を0.3と仮定すると、有効開口面積 αA の合計は $0.3 \times 3 \text{ m}^2 = 0.9 \text{ m}^2$ である。

この開口条件における自然換気回数を図-7に示す。同図は外部風速3m/s時の計算結果であるが、今回の計算では流速係数 α を風速に依らず一定と仮定しているため、自然換気量は風速に比例する。卓越するWSW付近の風向の場合に5回/h程度の自然換気量が得られている。風向S付近の時最も大きな換気量となるが、図-3に示した通り、風向S付近の風が吹く頻度は低く、必ずしも自然換気に有利な条件ではない。

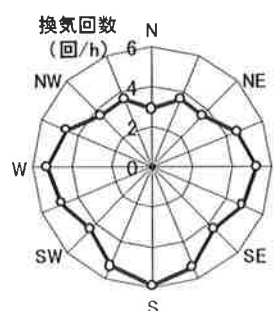


図-7 自然換気量の計算結果（外部風速3m/s時）

(3) 自然換気口の開閉制御条件

まず基本ケースの開閉制御条件として、昼間（空調機運転時間帯の8時～19時：表-2参照）は以下の①，②，③の条件を全て満たした時に、夜間は①，③，④の条件をすべて満たした時に自然換気口を開けるものとした。

- ① 室温が設定温度の中央値（夏期26℃，中間期24℃：表-2参照）より高い。
- ② 外気のエンタルピが室内よりも低い。
- ③ 外気温が夏期18℃以上，中間期17℃以上。
- ④ 外気温が室温より低い。

昼間は、外気温が低くても湿気を多く含んでいると、空調機側で除湿のための負荷すなわち潜熱負荷が増大するため②の条件を用いている。②の条件は、外気の単位体積当たりの顕熱と潜熱の和が、室内空気のものより小さいことを意味しており、温度と湿度の両方をモニターして制御することになる。一方夜間は空調機が停止しているため②の条件は用いず、④の条件を用いている。

室内の温湿度が高い時に冷たい外気が流入して来ると、換気口周りが冷え、そこで結露が生じる恐れがある。③の条件は、室内の温湿度が設定値の上限（表-2参照）であった時でも、こうした結露を起こさないための外気温の下限値を設定したものである。

3.5 基本ケースの計算結果

(1) 空調機による除去熱量及び自然換気時間

表-3に空調機による除去熱量および自然換気時間の年累計値を示す。この基本ケース（3.4で述べた換気口面積・配置および開閉制御）の場合、自然換気無しの場合に比べて全熱（顕熱と潜熱の和）が18.4%削減されている。自然換気が行われた時間は、昼間884時間、夜間2161時間であり、その合計値の3045時間は、4～11月までの全時間5856時間のうちの約半分を占める。昼間の自然換気時間884時間のうち、605時間はハイブリッド運転（自然換気と空調の併用運転）であり、残りの279時間は自然換気のみで足りている。

表-3 基本ケースの年間空調機除去熱量、換気時間

自然換気 の有無	空調機除去熱量 (MJ/m ²)			省エネ 効果	昼間自然 換気時間	夜間自然 換気時間	ハイブリッド 運転時間
	顕熱	潜熱	全熱				
無し	270	70	340	—	0時間	0時間	0時間
有り	207	70	277	18.4%	884時間	2161時間	605時間

図8には室内と外気の温湿度変化および自然換気口と空調機の作動状況の例を示す。5月1日～2日には昼間自然換気口が開き、空調機除去熱量が発生しておらず、自然換気だけで室内が設定温湿度内に保たれていることがわかる。5月8日～10日の間には、昼間に換気口が開いて自然換気を行うと同時に空調機除去熱量も発生しており、いわゆるハイブリッド運転モードとなっている時間帯が見られる。これらいずれの場合にも、換気口の開閉による室内の温湿度の変化は穏やかである。

8月9日～11日には、昼間は換気口が閉じ空調機のみ運転、夜間に開いてナイトページを行っている。夜間の室温は外気温とともに徐々に低下していく。

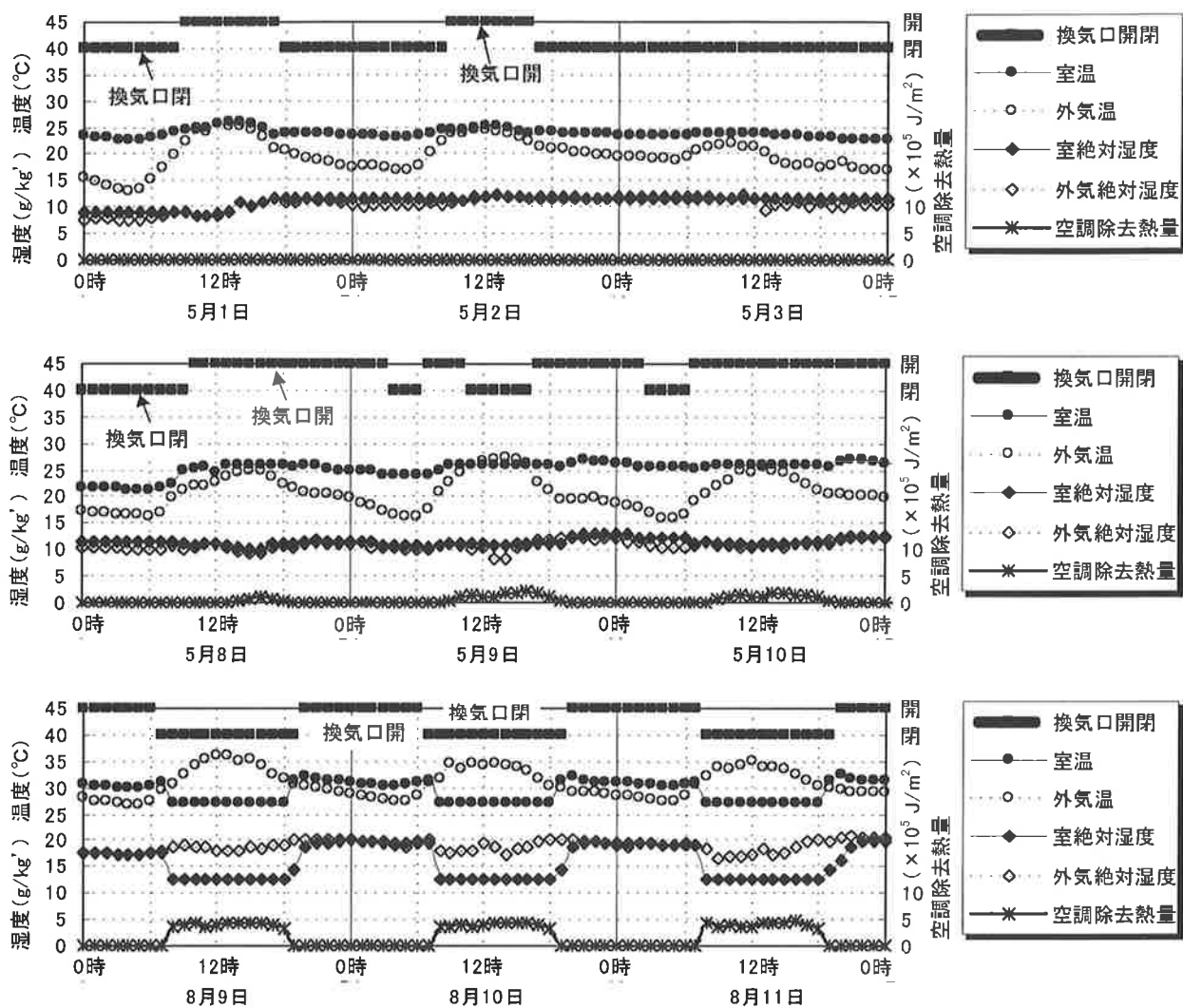


図-8 室内と外気の温湿度変化および自然換気口と空調機の作動状況

3.6 開閉制御条件を変えた場合の省エネ効果

自然換気口の開閉制御条件を、

- ・昼間も夜も温度のみの条件で開閉制御した場合（昼間も夜も前述の①と③と④の条件）
 - ・夜間は自然換気を行わない場合（ナイトパーズ無し）
- というように変えた場合の空調機による除去熱量の年累計値を、前述の基本ケースとともに表-4に示す。

表-4より、温度のみで開閉制御した場合には、空調機による顕熱除去量は若干減るもの、それ以上に潜熱除去量が増え省エネ効果が悪くなる。やはり温度のみではなく、温度と湿度の両方で開閉制御したほうが良い。ナイトパーズを行わない場合の省エネ効果と、ナイトパーズを行う基本ケースの省エネ効果の比較により、ナイトパーズが顕熱除去量の低減に4割程度も寄与していることがわかる。（ $(233-207)/(270-207)=0.41$ ）。

図-9には、ナイトパーズ無しの場合の月別の空調機による除去顕熱量を、前述の自然換気無しの場合および基本ケース（ナイトパーズ有り）とともに示す。ナイトパーズを行わない場合は、7月と8月にほとんど省エネ効果がないことがわかる。換言すれば、基本ケースで得ら

れている7月と8月の省エネ効果はほとんどナイトパーズによるものである。

表-4 開閉制御条件を変えた場合の省エネ効果

計算ケース	空調機除去熱量 (MJ/m²)			自然換気による省エネ効果
	顕熱	潜熱	全熱	
基本ケース	207	70	277	18.4%
温度のみで開閉制御	204	85	289	14.9%
ナイトパーズ無し	233	70	303	10.8%

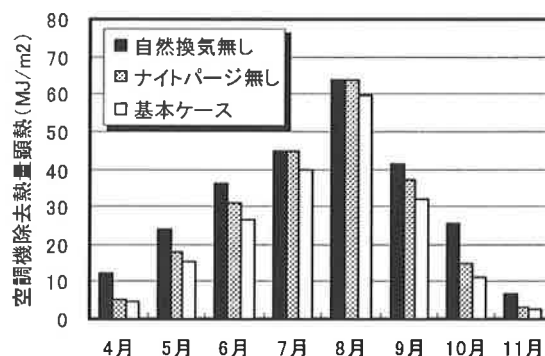


図-9 月別の空調機による除去熱量（顕熱）

3.7 換気口の配置、有効開口面積を変えた場合の省エネ効果

前述の基本ケースでは、自然換気口を南面、東面、西面の3面に設けることを想定したが、自然換気口の分散配置は、電動開閉弁駆動装置や制御系統の数の増大をもたらす。換気口を集中配置し1ユニット当たりの開口面積を大きくして、駆動装置や制御系統の数を少なくすることができれば、イニシャルコストの増大を抑えることができる。また基本ケースでは、流速係数 $\alpha=0.3$ の自然換気口を合計 3m^2 設けた場合(有効開口面積 0.9m^2)を想定し18.4%という省エネ効果を得たが、自然換気口の有効開口面積が変われば、当然省エネ効果も変わってくる。実施設計の際には、省エネ効果とコストのバランスを考慮して、自然換気口の有効開口面積を決める必要がある。

以上のような観点から、自然換気口を東面と西面の2面だけに設けた場合および、自然換気口の有効開口面積を様々に変化させた場合の省エネ効果を調べた。

図-10は合計有効開口面積 0.9m^2 の自然換気口を、南、東、西の3面に分散配置した場合と、東と西の2面のみに配置した場合の自然換気量を比較したものである。東西2面のみの場合、南寄りの風の時換気量が少なくなるが、卓越風向であるWSW付近の風(図-3参照)の時は、南東西3面の場合よりも若干多い換気量が得られている。

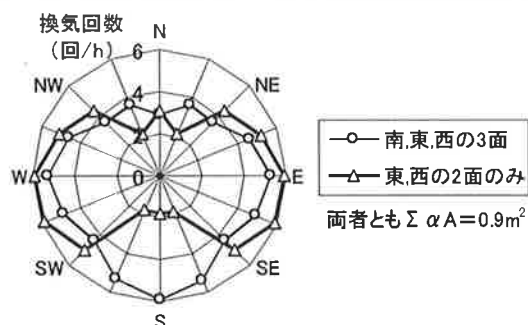


図-10 自然換気量の計算結果(外部風速 3m/s 時)

図-11には、有効開口面積の合計 $\Sigma\alpha A$ を変化させた場合の空調機による除去熱量、および自然換気を行わない場合の全熱を基準とした省エネ効果を示す。有効開口面積が増えるにつれ、潜熱はわずかに増加し、顕熱は減少する。省エネ効果は $\Sigma\alpha A$ が 1m^2 程度まで急激に増大していくが、その後頭打ちとなっていく傾向が見られる。

自然換気口を南、東、西の3面に分散配置した場合と、東と西の2面のみに配置した場合の差異は小さい。

現実的には、もし東と西の2面に配置する場合、事務所部分の東西面の長さはそれぞれ約12mであるから、換気口の開口の長さの合計は長くても東西それぞれ10m程度が限度である。換気口の高さを20cm程度としても、開口面積は東西それぞれ 2m^2 、合計で 4m^2 程度である。換気口の流速係数 α を0.3とすると、有効開口面積の合計は $0.3 \times 4\text{m}^2 = 1.2\text{m}^2$ であり、この場合図-13より20%程度の省エネ効果が得られることになる。

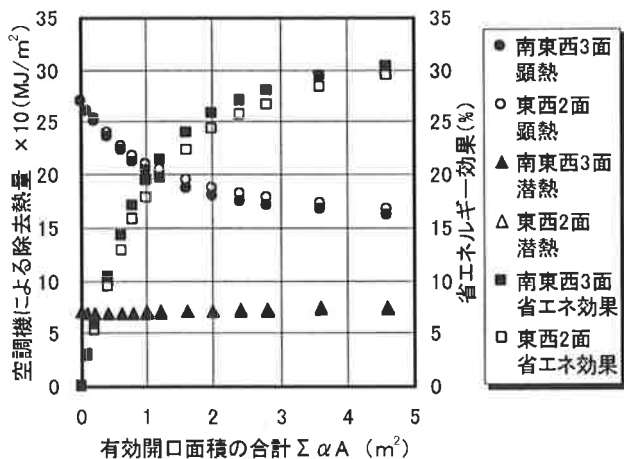


図-11 有効開口面積を変化させた場合の省エネ効果

4. 東北のオフィスビルについての検討

4.1 計画建物

東北地方に計画されているオフィスビルの平面図を図-12に示す。北西の角には約 35m^2 の吹き抜けがある。吹き抜けは屋上まで通じており、外気に開放されている。

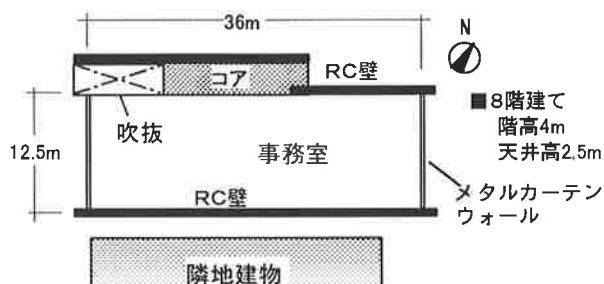


図-12 計画建物平面図(東北のオフィスビル)

4.2 計画地の気象条件

標準気象データに基づく計画地の風配と風速の累積頻度を図-13、14に示す。中間期(4, 5, 10, 11月)、夏期(6~9月)ともにNNW付近の風、SSE付近の風が多い。すなわち、計画建物のRC壁に垂直に近い方向の風の頻度が高い。平均的な風速は3m/s程度である。

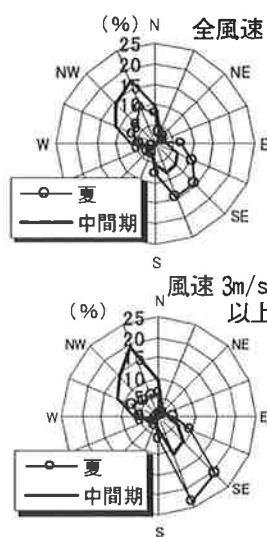


図-13 風配図

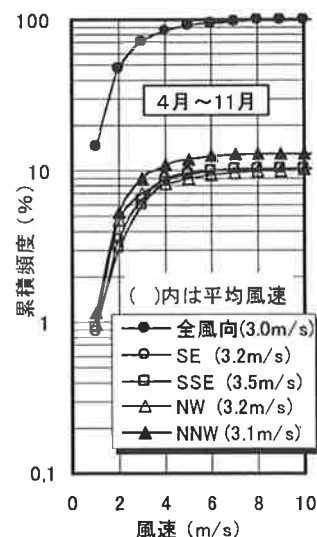


図-14 風速の累積発生頻度

図-15 には標準気象データに基づく計画地の外気温の累積頻度を示す。関西と比べると平均温度が 4.5℃程度低くなっている。外気温 26℃以下の頻度は、中間期昼間でほぼ 100%近く、夏期の昼間でも 80%近くあり、関西よりもさらに高い自然換気の効果を期待できる。

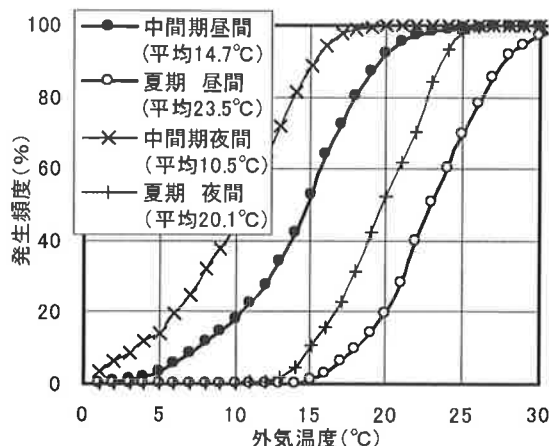


図-15 外気温の累積頻度

4.3 自然換気併用ハイブリッド空調方式

図-16 に示すように、吹き抜けを利用してその屋上の開口部に生じる負圧によって自然換気を行う方式を想定した。吹き抜けに面する開口には温湿度条件により開閉する窓を設置する。流入側（南側の RC 壁）には図-6 と同様な自然換気口をつけることを想定している。

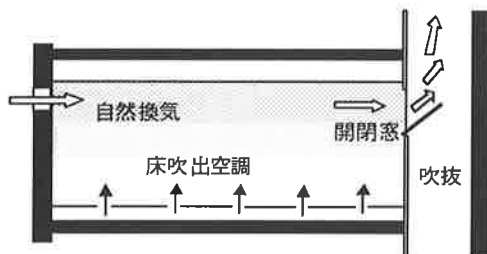


図-16 自然換気併用空調方式

4.4 動的熱負荷計算の計算条件

(1) 建物外皮、内部発熱、開閉制御等の条件

動的熱負荷計算は関西のビルの場合と同様に、基準階の事務室部分 1 フロアを対象に行う。建物外皮の断面構成を表-5 に示す。内部発熱のスケジュール等の条件は関西のビルと同じとした。自然換気口の開閉制御条件も関西のビルの基本ケースと同一とした。

表-5 動的熱負荷計算における建物外皮の条件

部位	面積(m ²)	仕様
南 壁	約144	RC600mm+発砲ウレタン30mm+空気層+PB12mm
北 壁	約56	"
東 窓	約22.5	吸熱ガラス6mm+普通ガラス3mm+中等色ブラインド
西 窓	約22.5	"
東 メタルCW	約27.5	アルミ3mm+岩綿50mm+空気層+PB12mm
西 メタルCW	約27.5	"

(2) 自然換気口の面積・配置条件

まず基本ケースとして、事務所一吹き抜け間の開閉窓を、高さ 0.7m、合計長さ 6m の 4.2m²と仮定する。窓の開閉角度を 45°程度とすると、流速係数 α は 0.5 程度である¹¹⁾ ($\alpha A = 2.1 \text{ m}^2$)。流入側の開口は南側の RC 壁にのみ設けることとし、流速係数を 0.3、合計面積 3m² ($\alpha A = 0.9 \text{ m}^2$)と仮定する。吹き抜け上部には遮光ルーバーのようなものが設置される案もあるため、吹き抜け上部の αA を吹き抜け面積の半分以上の 16m²と仮定した。吹き抜け上部は、屋上より突出していると想定し、その風圧係数は、文献 12)を参考として風向に依らず-0.6 と仮定した。また南側の RC 壁の風圧係数は、隣地建物の影響によりほとんど 0 に近いと考えられる。ただし、参考となる実験値がないため、今回は安全を見て、風向に依らず-0.2 という自然換気に不利な風圧係数を仮定した。これに関しては今後風洞実験で確認したい。温度差による重力換気の影響に関しては今回は無視した。

以上の条件のもとでの自然換気回数は、風速 3m/s 時に 4.7 回/h となり、前述の関西のビルの基本ケースと同程度の回数の自然換気条件となっている。

4.5 基本ケースの計算結果

(1) 空調機による除去熱量および自然換気時間

表-6 に空調機による除去熱量および自然換気時間の年累計値を示す。この基本ケース（前述の換気口面積・配置および開閉制御）の場合、自然換気無しの場合に比べて全熱（顕熱と潜熱の和）が 34.5%も削減されており、関西のビルよりも自然換気の効果が高い。これは東北のほうが、外気温が低いためである（図-5 と図-15 参照）。

自然換気が行われた時間は、昼間 692 時間、夜間 1284 時間、合計 1976 時間である。昼間の自然換気時間 692 時間のうち、315 時間はハイブリッド運転である。自然換気のみで足りている時間は 377 時間であり、これは関西のビルより 100 時間程度長くなっている。

表-6 基本ケースの年間空調機除去熱量、換気時間

自然換気の有無	空調機除去熱量 (MJ/m ²)			省エネ効果	昼間自然換気時間	夜間自然換気時間	ハイブリッド運転時間
	顕熱	潜熱	全熱				
無し	131	48	179	—	0 時間	0 時間	0 時間
有り	69	48	117	34.5%	692時間	1284時間	315時間

4.6 開閉制御条件を変えた場合の省エネ効果

前述の関西のビルの場合と同様に、換気口の開閉を温度のみで制御した場合、ナイトパージを行わない場合について、計算を行った結果を表-7 に示す。東北の気象条件下でも、温度のみで開閉制御した場合には、潜熱除去熱量が増え省エネ効果が悪くなる。また東北でもナイトパージの効果は大きく、顕熱除去熱量の低減に 4 割弱寄与していることがわかる。($(93-69)/(131-69)=0.39$)。

表-7 開閉制御条件を変えた場合の省エネ効果

計算ケース	空調機除去熱量 (MJ/m ²)			自然換気による省エネ効果
	顕熱	潜熱	全熱	
基本ケース	69	48	117	34.5%
温度のみで開閉制御	64	73	137	23.5%
ナイトパーズ無し	93	48	141	21.2%

図-17 には、ナイトパーズ無しの場合の月別の空調機による除去顕熱量を、前述の自然換気無しの場合および基本ケース（ナイトパーズ有り）とともに示す。関西のビルとは異なり、ナイトパーズ無しの場合でも、7月と8月に省エネ効果が得られており、真夏の昼間にもある程度自然換気の効果があることを示している。

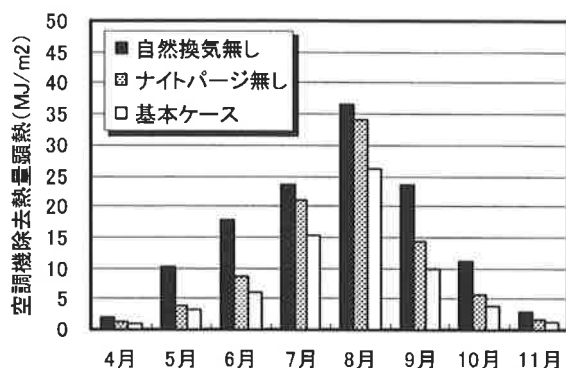


図-17 月別の空調機による除去熱量（顕熱）

4.7 換気口の開口面積を変えた場合の省エネ効果

前述の吹き抜け自然換気方式のように、壁の換気口～吹き抜けに面する開閉窓～吹き抜けの上部というように直列に抵抗がつながっている場合には、最も抵抗が大きい部位（最も αA が小さい部位）でほぼ換気量が決まる。今回の場合最も抵抗が大きい部位はRC壁の換気口であり、この部分の αA を変化させた場合の換気回数及び空調機による除去熱量、および省エネ効果を調べた。その結果を図-18 に示す。この場合も、有効開口面積が増えるにつれ省エネ効果が増大していくが、その後頭打ちとなっていく傾向が見られる。

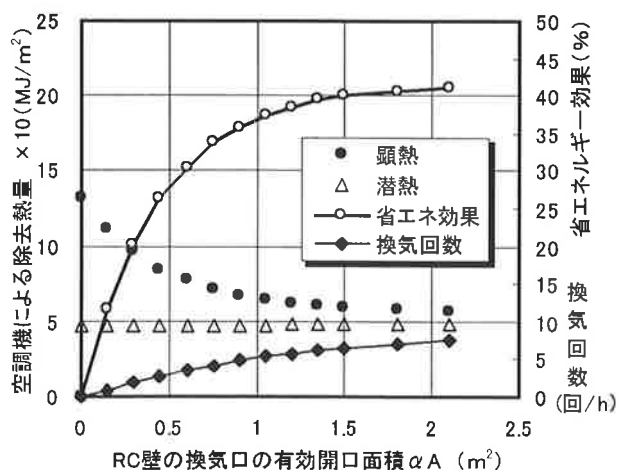


図-18 有効開口面積を変化させた場合の省エネ効果

5. まとめ

計画中の関西と東北のオフィスビルを対象として、自然換気による省エネ効果の解析を行った。その結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 基本ケースとして設定した換気口の配置・面積の条件（ほぼ現実的な条件と思われる）の下で、関西のビルの場合 20%程度、東北のビルの場合 35%程度の省エネ効果が得られた。
- 2) 両ビルとも、ナイトパーズが顕熱除去熱量の低減に大きく（約4割程度）寄与している。
- 3) 温度条件だけではなく、温度と湿度の両方の条件で自然換気口を開閉制御した方が省エネ効果が高い。
- 4) 換気口の開閉に伴う室内の温湿度変化は穏やかである。
- 5) 換気口の面積と得られる省エネ効果の関係が明らかになり、実施設計に反映できる結果が得られた。

参考文献

- 1) 近本, 村上, 加藤他: 冷房時のオフィス空間における自然換気併用ハイブリッド空調方式に関する研究, 日本建築学会大会学術講演論文集, pp.597-600, 1999
- 2) 渡邊, 山中他: オフィスビルにおける効果的な自然換気手法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演論文集, pp.451-454, 1999.
- 3) 戸河里: オフィスビルを対象とした自然換気利用について, 日本建築学会大会学術講演論文集, pp.583-584, 1999.
- 4) 伊香賀: 超高層建築における自然換気システム, 第32回2000建築設備技術会議, pp.10-2-1, 2000.
- 5) 迫, 高井他: ナイトパーズ・自然換気システムを導入したオフィスビルにおける室内環境の実測と省エネルギー効果の検証, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1577-1580, 1999.
- 6) 立山アルミカタログ: 定風量自然換気システム Wincon, 新世代の自然換気システム Swindow
- 7) 松尾, 横山, 石野, 川元: 空調設備の動的熱負荷計算入門, 日本建築設備士協会, 1980
- 8) 日本設備士協会: MICRO-HASP/1982 マニュアル
- 9) 丸山, 義江, 魏: 超高層および中層建物を対象とした外装材設計用風圧係数データベースおよび風荷重算定システムの構築, 前田技術研究所報, Vol.40, pp.65-70, 1999
- 10) 空気調和・衛生工学会編: 空気調和・衛生工学会便覧, 3 空気調和設備設計篇, pp117, 1995
- 11) 石原: 建築換気設計, pp288, 朝倉書店, 1969
- 12) 丸山: 人口的に生成した流入変動風を用いた高層建物周りの乱流の計算, 日本建築学会大会学術講演論文集, 2000