

「窓を開けたまま空調をする？」

ハイブリッド空調のすゝめ



研究ノート

山中俊夫*

"Air Conditioning with Windows Open?"
recommended as Hybrid- Air Conditioning System

Key Words : Air Conditioning Natural Ventilation

ハイブリッド空調とは？

エアコン付いたら、窓は閉めるもの、こう思っている人が多いと思うが、最近の建築、例えば事務所建築などではハイブリッド空調と呼ばれ、自然換気により外気を取り入れながら、同時に空調を運転するハイブリッド空調と言われる空調が導入されることが多くなって来ている。この空調は近年の省エネルギーの要求を目的としたものであるが、自然換気併用ハイブリッド空調は、快適性と経済性を両立できる点ですぐれたポテンシャルを有している。ハイブリッド空調の利点は、①冷房用エネルギーの削減、②ファン動力の削減、③静粛性、④BCP対応などを挙げることができる。本稿では、ハイブリッド空調について解説を行った上で、筆者らが検討した自然換気と空調の組み合わせ方法についての研究結果について紹介させて頂きたい。

ハイブリッド空調の利点を活かす原理

空調時（冷房）においても、自然換気によって室内よりもエンタルピーの低い外気が導入されれば、室内の発熱を除去することができる。いま簡単のために、顕熱だけを考えることとし、室内負荷（発熱

量)を H [W]、外気温度を θ_o [°C]、自然換気量を Q_N [m³/h]、室内空気温度を θ_i [°C]、空調（冷房）による熱除去量を H_{AC} [W]とし、定常状態を仮定すると次式が成り立つ。 $(c_p \rho)$ は空気の容積比熱 [Wh/m³°C]

$$H_{AC} = H - c_p \rho Q_N (\theta_i - \theta_o) \quad (1)$$

(1)式より、外気温 θ_o が室温 θ_i より低い場合には空調による熱除去量は少なく済み、その分省エネルギーが図れることになる。

ここで室内気流分布と室温との関係について、考えてみたい。通常の空調設計では、室温と還気温度あるいは排気温度が等しいものと仮定することが多いが、実は必ずしも還気温度や排気温度は室平均温度とは等しくない。室平均温度は発熱の移流・拡散性状によって決まるため、熱バランスで決まる還気温度と等しいとは限らないのである。

(室平均空気温度) ≠ (還気温度) or (排気温度)

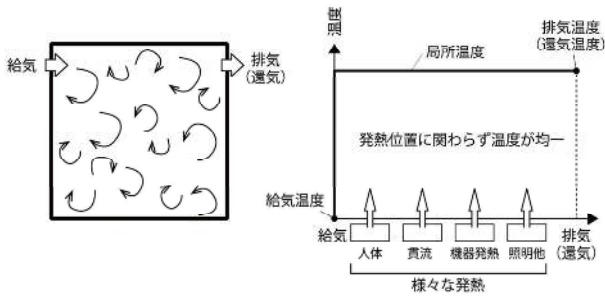
ここで図-1(1)、(2)をご覧頂きたい。室内の気流が完全混合の状態になっている場合、室内での発熱は瞬時に拡散・混合するために、室内には温度分布が生じない。しかし、例えば全面床吹き出し空調の様に、室内にピストン流が形成される場合には、給気から排気口までの間に発熱分布によって温度分布が形成され、居住域を給気口に近い位置に配置できれば、給気温度を高く設定することができ、除湿しにくくなるものの外気負荷が小さくなり、室内外の平均的な温度差もやや小さくなり、省エネルギーが可能になることがわかる。

ここで、図-1(3)の様に室上部の高温空気を自然換気によって効率的に排出できれば、さらに空調への投入熱量を減らすことができる可能性があることがわかる。この図は、外気はいわゆるタスク域には

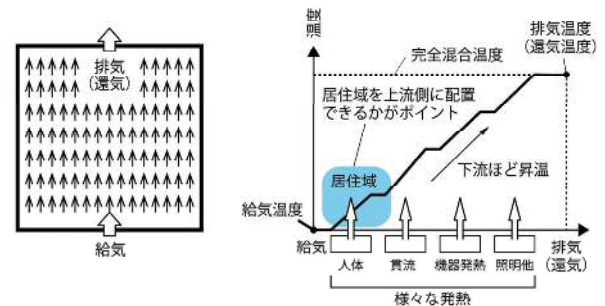


* Toshio YAMANAKA

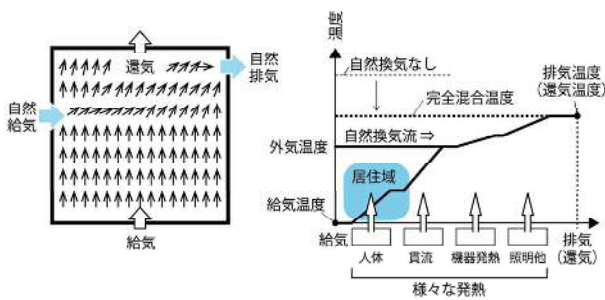
1959年3月生
大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻
博士後期課程中退 (1985年)
現在、大阪大学 工学研究科 地球総合
工学専攻 建築工学部門 教授
博士(工学) 建築環境工学
TEL : 06-6879-7643
FAX : 06-6879-7646
E-mail : yamanaka@arch.eng.osaka-u.ac.jp



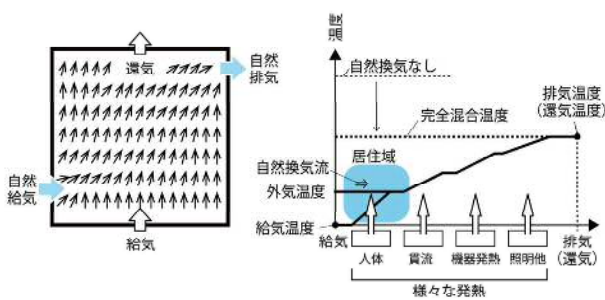
(1) 完全混合の場合



(2) ピストン流の場合 (床面吹出し)



(3) ハイブリッド空調の場合 (タスク空調型)



(4) ハイブリッド空調の場合 (タスク外気導入型)

図-1 室内気流性状と空気温度分布との関係

導入せず、アンビエント域の熱除去に効果的に使うタイプであるが、図-1(4)の様にうまくタスク域に自然換気を取り入れる方法もあり得るだろう。この様に自然換気の導入方法には外気温度に応じて、様々な方法が考えられ、設計には外界条件に応じた室内気流のCFD解析など、複雑な予測計算が必要となる。

ここで改めて、ハイブリッド空調の省エネルギー性について考えてみたい。図-1(3)の様に、室内を居住域と非居住域に分けて考えることにより、空調の効果は大きくなる。しかし、ことはそれほど簡単ではない。室内気流と熱移動を制御するためには、流体力学の力を借りなければならない。現状では、ハイブリッド空調の性能の正確な予測は実験やCFDなどに頼らざるを得ないと言える。いずれにせよ、室内の気流と熱の混合性状によって省エネルギー性が変わること、また、外気温度によって自然風の利用の仕方を変えることが重要であると言える。

自然換気と空調の組み合わせ方法

ハイブリッド空調において、自然換気による外気の取り入れ方法と空調吹き出し方法の組み合わせによって、エネルギー効率と快適性はどうか変化するかを見てみたい。

LIM・山中ら²⁾は、南北に長い中規模事務所ビルを対象として、様々な空調吹き出し方法と自然換気導入方式の組み合わせについて、エネルギー効率とCFDによって検討を行った。

表-1は、空調と自然換気の組み合わせ条件を示したものであり、図-2は、各条件の空調処理熱量と室内居住域平均温度の関係を示したものである。なお、空調の吹き出し風量は、外気温度を18℃、空

表-1 空調吹き出しと自然換気導入の組み合わせ条件2)

		Introduction Method of Natural Ventilation (⇔)			
		NC	NW _H	NW _L	NF
Supply Method of Air-conditioning (→)	AC	AC-NC 	AC-NW _H 	AC-NW _L 	AC-NF
	AF	AF-NC 	AF-NW _H 	AF-NW _L 	AF-NF

□ Analysed Area

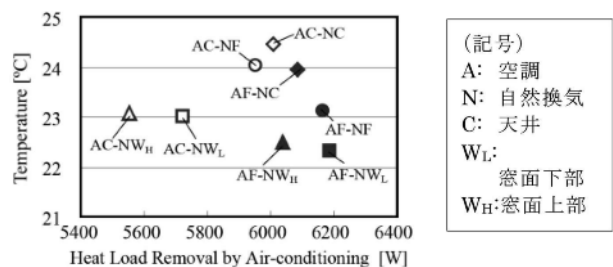


図-2 空調負荷処理熱量と室内居住域温度との関係2)

調吹き出し温度を20℃、室温を24.9℃と固定し、完全混合を仮定した熱収支より求めている。

図-2 から、検討された8通りの組み合わせ条件のなかでは、AC-NW_H、即ち、自然換気は天井面付近から導入し、空調は天井面からの吹き出し・吸い込みとする条件が最も空調処理熱量が小さく、居住域温度も低く抑えることができることがわかる。この様な検討は、一つのアプローチではあるが、別途温度分布についての検討が必要であると言える。特に、日本のオープンプランのオフィスでは、平面的に大きな温度分布が生じることが懸念される。特に、自然換気口の近くの執務スペースでの気流感と温度低下による熱的不快感には十分な配慮が必要である。

例えば、側窓から外気を取り入れる場合、側窓付近の在室者の温冷感で、自然通風が利用できる外気の最低温度がほぼ決まってしまうことになる。例えば、窓のペリカウンターから外気導入を行う場合には、外気がそのまま窓際の在室者に当たるため、外気が低温の場合には不快感が予想され、自然換気の利用が困難と判断されるのに対し、天井面に沿って吹き出す場合には、室奥まで外気が到達し、窓際在室者の不快感を回避でき、外気の利用期間が長くなると考えられる。

室内気流の評価手法

ここまで、ハイブリッド空調では温度分布が重要であることを述べた。しかし、温度分布だけでは熱や空気の移動に関する情報がないために、最適な設計を行うことは容易ではない。そこで、取り入れる外気や空調空気の分配に関する評価手法の活用が考えられる。これまでに、室内の混合性状を評価するための様々な指標が提案されているが、給気口の勢力を評価する指標としては、いくつかの指標が提案されている。ここでは、換気効率指標第4 (SVE4) と温熱環境形成寄与率第3 (CRI3) を用いた評価事例を示す。

①換気効率指標第4 (SVE4)：小林・加藤ら⁵⁾が提案した指標であり、吹き出し口の勢力範囲として、対象とする吹き出し口からの空気がどの程度到達しているかを評価する指標である。複数の吹き出し口がある場合に、どの吹き出し口からの勢力が大きいかを判

断することができる。

②温熱環境形成寄与率第3 (CRI3)：加藤ら⁶⁾が提案した指標で、室内各点の温度下降に対して、吹き出し口を含む熱源の寄与の割合を評価する指標であり、例えば自然換気口と空調給気口のどちらによって、より温度が変化するかを知ることができる。

図-3 に示す風力換気併用ハイブリッド空調が導入された高層オフィスビルの事務室を対象に、CFD解析によりSVE4とCRI3の分布を求めた例を図-4 に示す。外部風速は西風(図の左からの風)とし、換気回数が5回/hとなる設定とした。図中の記号は図-3中の自然換気口と床吹き出しのタスク吹き出し口を意味する。図より、室内の場所によって自然換気口の効果が異なることがわかり、給気口配置の有用な資料となり得ることがわかる。

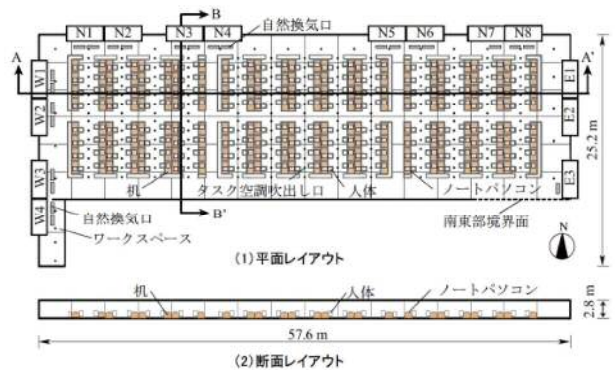
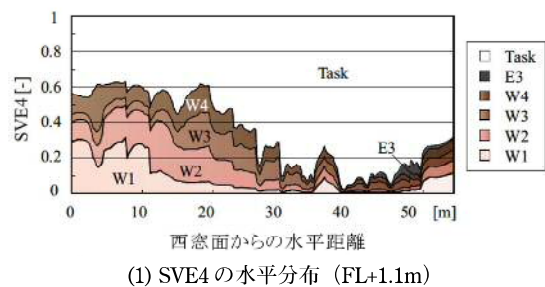
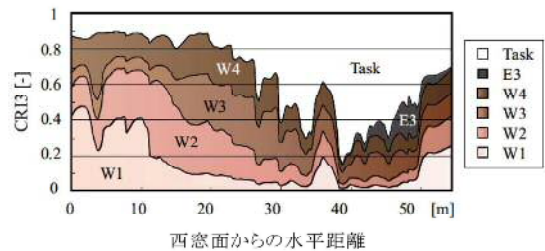


図-3 風力換気併用ハイブリッド空調事務室の例⁷⁾
(自然換気口：W1-W4, N1-N8, E1-E3)



(1) SVE4の水平分布 (FL+1.1m)



(2) CRI3の水平分布 (FL+1.1m)

図-4 西風時の室内SVE4及びCRI3の水平分布⁷⁾
(床吹き出し口：Task)

おわりに

本稿で紹介した様々な手法により、より効率的で快適なハイブリッド空調を導入した建物の設計が可能になるものと考えられ、日本の空調システムの進化が期待される。

引用・参考文献

- 1) 近本智行：ハイブリッド換気的设计，空気調和・衛生工学，Vol.76，No.7，pp.31-38，2002
- 2) LIM EUNSU，山中俊夫，相良和伸，甲谷寿史，桃井良尚：風力換気併用ハイブリッド空調を導入したオフィス室内における温度・汚染物質濃度分布及び省エネルギー性，日本建築学会環境系論文集，NO.648，pp.171-178，2010
- 3) LIM EUNSU，相良和伸，山中俊夫，甲谷寿史，杭瀬真知子，山際将司，堀川晋：自然換気併用空調を有するオフィス室内における温熱・空気環境形成メカニズム，空気調和・衛生工学会論文集，No.141，pp.19-27，2008
- 4) 加藤信介，梁禎訓：複数の吹出・吸込がある室内におけるCFDによる着目吹出口の空気齢および吸込口の空気余命の分布性状解析，空気調和・衛生工学会論文集，No.98，pp.11-17，2005
- 5) 小林 光，加藤信介，村上周三：不完全混合室内における換気効率・温熱環境形成効率評価指標に関する研究（第1報），空気調和・衛生工学会論文集，No.68，pp.29-35，1998
- 6) 加藤信介，小林 光，村上周三：不完全混合室内における換気効率・温熱環境形成効率評価指標に関する研究（第2報），空気調和・衛生工学会論文集，No.69，pp.39-47，1998
- 7) LIM EUNSU：室内温度・気流分布予測に基づく風力換気併用ハイブリッド空調システムの換気設計法に関する研究，大阪大学学位論文，2010

