

高層建築物における中間期での換気システムについて

北野 規城

近畿地方整備局 営繕部 整備課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

高層建築物においては、物の落下防止、人の転落防止などの理由により、通常は窓を開けることが出来ないような設計となっている。このような高層建築物において、冷暖房シーズン以外の中間期の換気方法としては、冷暖房に使用している空調機器を換気モードにより運転を行い対応しているのが一般的であるため、エネルギーを消費することになる。今回、空調機器を運転せずに外部の風力による自然換気システムを採用した庁舎で、同システムの運用実態を調査、検証したので報告する。

キーワード 高層建築物、自然換気システム、エコボイド、中間期

1. はじめに

市街地の高層建築物において、省エネルギーの手法で自然換気システムを採用する事例がみられるが、シャフトや窓に接する室のみを対象としたものが多い。今回、大阪府堺市に完成した庁舎も、自然換気システムを採用しているが、本庁舎では外部に面していない無窓の室も自然に換気出来るように、空調用ダクトを利用した自然換気システム（以下、エコボイドシステム）を採用して、2013年より運用を開始している。

本稿ではエコボイドシステムの概要と本庁舎での運用実態により確認出来たシステムの有効性について報告するとともに、得られた結果を整理することにより、類似建物に同様のシステムを導入する場合の指標になればと考えている。

2. 建物概要

エコボイドシステムを採用した庁舎の建物概要を以下に示す。

<建物概要>

- 用途：事務所
- 所在：大阪府堺市
- 敷地面積：約 6,135 m²
- 延床面積：約 22,900 m²
- 階数：地下 2 階，地上 14 階，塔屋 2 階
- 建物高さ：69 m
- 竣工：2013年10月



図-1 外観写真

3. エコボイドシステム概要

(1) システムの特徴

本庁舎が立地する地域で年間を通して最も頻度が多い風向きは西風であり、建物西面には風による正の風圧力が、建物上面には風が通過することによる負の風圧力が働く。一方、室内では事務機器や人員による熱が発生し、建物内外で温度差が発生する。エコボイドシステムとは、この風圧力と温度差を利用した自然換気システムのことである。

建物の外壁面四隅に、地域の特産品である刃物をイメージした建築意匠としての斜め壁があり、その内側を空気が流れる空間とし、それをエコボイドと称した。西側のエコボイドを給気用、東側のエコボイドを排気用とし、西側から取り込んだ外気が空調用ダクトにより室内へ供

給され、その後、東側に抜けるようになっている。(図-2) 敷地は幹線道路に近いので、西側エコボイドは排ガス汚染空気を取り込まないように4階以下の低層部分には開口を設けず、5階以上に給気口を設置して西風により発生する正の風圧を利用して空気を取り込んでいる。東側エコボイドは各階に排気口を設けているが、エコボイド側面には開口を設けず閉鎖した空間として屋上まで立ち上げ、屋上でのみ開放して屋上水平面に発生する負の風圧力を利用した誘引により排気している。また、各階で発生する熱を排気しているため、温度上昇によりエコボイド内に発生する上昇気流(煙突効果)も利用している。

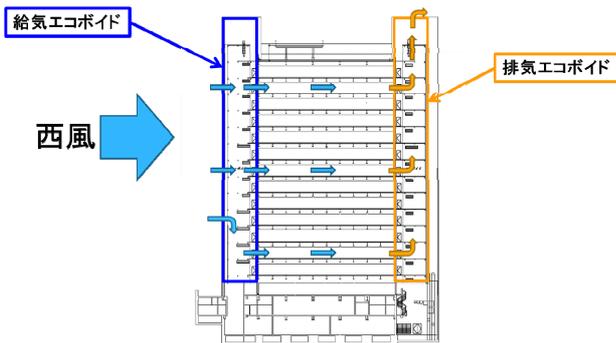


図-2 空気の流れのイメージ

(2) エコボイドの形状の検討

給気側エコボイドの形状について、コンピューターによる気流解析を行い、西風を有効に取り込むことが出来るようなエコボイドの形状を検討した。計算モデル及び計算パターンを図-4に示す。

建物南側外壁からエコボイドパネル端部までの距離(開口幅)を『開き』と称し70cm, 90cmの2パターンとし、エコボイドパネル端部の西側外壁面からの距離を『離れ』と称し、西壁面を0として外壁より西側に突き出る場合をマイナス、引っ込める場合をプラスとし、-20cm, 0cm, 20cmの3パターンとし、建築意匠性を損なわないような計6パターンでの検討を行った。(図-5)

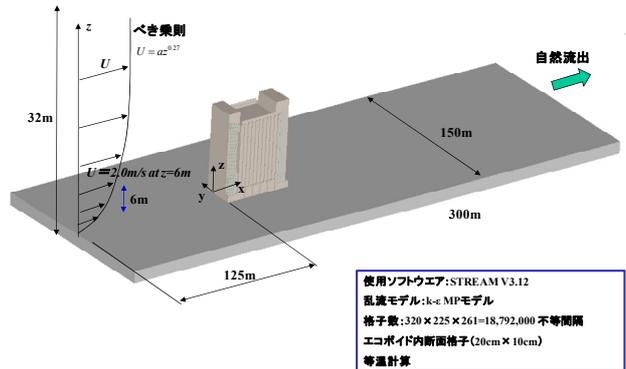


図-4 気流解析計算モデル

室内における自然通風経路としては、通常の空調に使用する空調用ダクト、パスダクト、及び換気用排気ダクトを経由するようにしているため、自然換気システム専用のダクト経路を設置していない。(図-3)

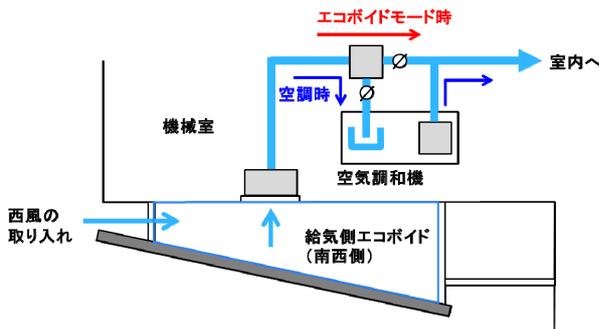


図-3 エコボイド、空調機廻りイメージ

本エコボイドシステムの効果、及び利点としては、換気モードで空調機器を使用しない事によるエネルギーの削減に加えて、以下の2点が考えられる。

- ・空調用ダクトを使用する事で、外部に面していない無窓の室に対しても、自然換気が可能となる
- ・空調機器を使用せずに室内を外気により冷やす効果(外気冷房システム)がある

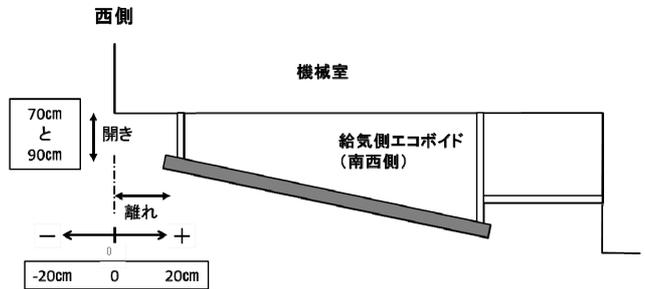


図-5 エコボイド形状検討パターン

気流解析により得られる給気側エコボイドと排気側エコボイド間の差圧を図-6に示す。

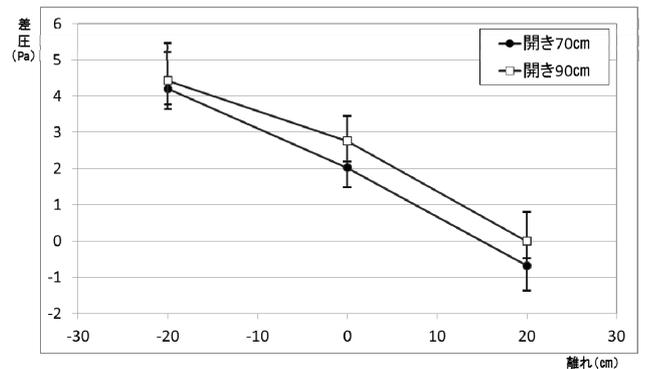


図-6 エコボイド形状検討の解析結果

図-6より、西側からの『離れ』がマイナスになれば（外壁よりも西側に突き出る）、南壁からの『開き』の2パターンでの差圧の違いはほとんどなく、また、『開き』よりも『離れ』の寸法を変える方が差圧に与える影響は大きくなった。エコボイド間の差圧が大きくなればなるほど、取り込める風の量が多くなるため、給気側のエコボイドの形状は西壁からの『離れ』を-20cm（西壁から20cm西側へ突き出す）とした。また、南壁からの『開き』については、『離れ』を-20cmに決定したことで大きな差がなくなったこともあり、建築の意匠性を損なわないように70cmに決定した。

4. 運用実態調査と結果

(1) 測定方法概要

a) 測定期間

- ・2013年秋季：2013年10月26日
- ・2014年春季：2014年 4月 8日～ 4月10日
- ・2014年秋季：2014年11月 5日～11月13日

b) 測定対象フロア，測定位置（図-7）

3階，8階，13階

c) 計測項目

<中央監視計測ポイント>

- ・外部風速，外部風向，外気温度，外気湿度
- ・室内温度，室内湿度
- ・給気エコボイド-室内間差圧，排気エコボイド内-室内間差圧

<手動計測ポイント>

- ・OAダクト内風速（期間中に風速計を臨時設置）

d) 計測時間間隔

- ・2013年秋季：中央監視-1分計測による10分平均
：手動計測-10分瞬時値
- ・2014年春季：中央監視-1分計測による30分平均
：手動計測-30分瞬時値
- ・2014年秋季：中央監視-1分計測による15分平均
：手動計測-15分瞬時値

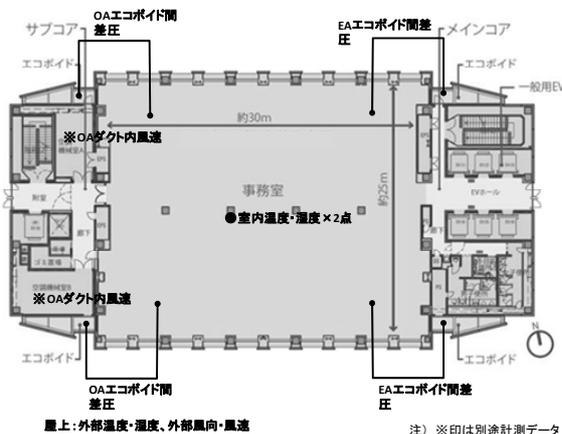


図-7 計測位置

(2) 測定結果

a) 外部風速，風向について

風速の検証については、風速により取り込める風量に変動があると考えられるため暫定的に1m/s以下，1m/s～4m/s，4m/s以上の3つの区分に分けて整理を行った。

風向の検証については、西風とそれ以外に分けて整理を行った。なお、西風については、図-8のように西南西と南西の間(236°)から西北西と北西の間(304°)を西風と定義した。

この地域のアメダス気象データの標準年気象データを用いて頻度が多い風向を算出したところ、西北西から西南西までの間に風が多い事と、給気のエコボイドは北西角と南西角にあり、形状の検討により決定した通り西壁より20cm突き出ているため、真西から南北方向に範囲が広がりすぎると、両方のエコボイドで有効に外気を取り込めないと考えられるため、自然換気に有効な風向を図-8のように定義してデータの整理を行った。

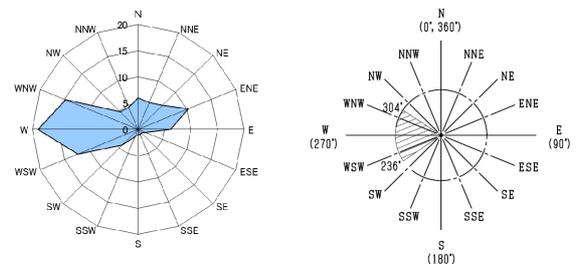


図-8 アメダスデータによる風向分析

各測定期間における測定結果を風速毎の構成比としてグラフにしたものを図-9に示す。

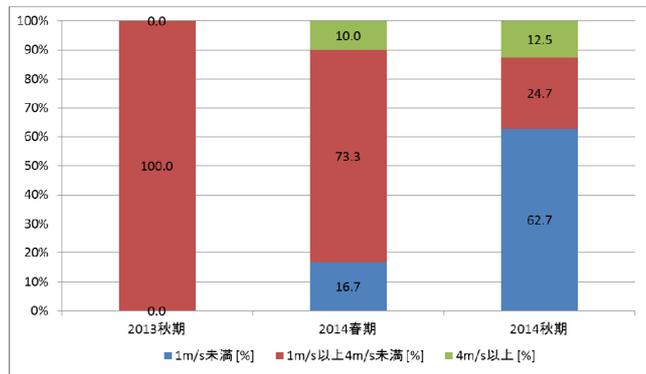


図-9 外部風速

2014年春季は、1m/s～4m/sの風速の割合が全体の約73%で、4m/s以上の場合には10%であり、全体的に風速が速い割合が多かった。2014年秋季は、1m/s未満の風速の割合が全体の約63%で、春期よりも穏やかな風の割合が多い結果であった。

次に、各測定期間における測定結果を風向毎の構成比としてグラフにしたものを図-10に示す。

2013年も2014年も秋期については、西風の割合は少なかった。しかし、2014年春については60%であり、西風の割合が多かった。

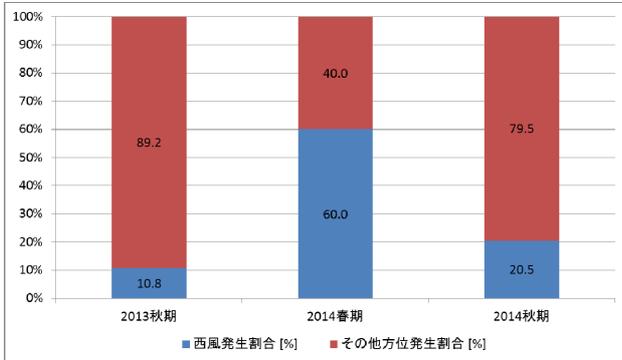


図-10 外部風向

各計測期間の風速毎における風向毎の構成比としてグラフにしたものを図-11に示す。

風速と風向の関係としては、2013年秋期は風速にあまりばらつきがなく1m/sから4m/sの範囲で、西風は約11%と割合としては少ない結果であった。2014年春期は、1m/sから4m/sの西風の割合が約66%で、4m/s以上の場合は100%西風で、西風の頻度は多く風速が速い傾向にあった。2014年秋期は、一番割合が多かった風速は1m/s未満だったが、その時の西風以外の場合は約93%であった。1m/sから4m/sの場合も西風の割合は約28%と少なかった、しかし、4m/s以上に絞ると西風の割合は約76%と多く、秋期の西風は頻度は少ないが、西風の時は風速が速かった。

以上より、秋期よりも春期の方が西風の頻度も多く、風速も速い割合が多いため、エコボイドシステムとしては、より有効に働いていたのではないかと考えられる。

なお、計測期間における同市の気象庁データを確認したところ、風向、風速共に今回計測した結果と同じような傾向の結果となっていたことが確認出来た。

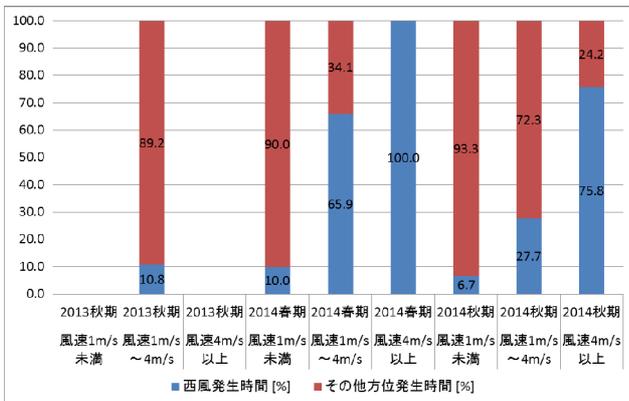


図-11 風速と風向の関係

b) ダクト内風量について

各階のダクト内風量について、風速や風向との関係について検証を行った。ダクト内風速の測定結果にダクト面積を乗じ各ダクト内の風量を算出した。各測定期間において、外部の風速と各ダクト内風量の関係を示したグラフが図-12になる。また、風向とダクト内風量の関係を示したグラフが図-13になる。

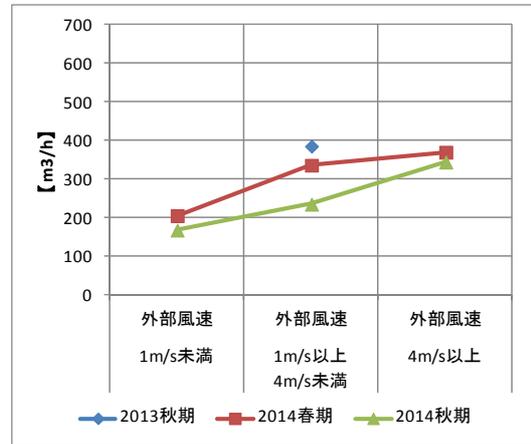


図-12 風速毎のダクト内風量

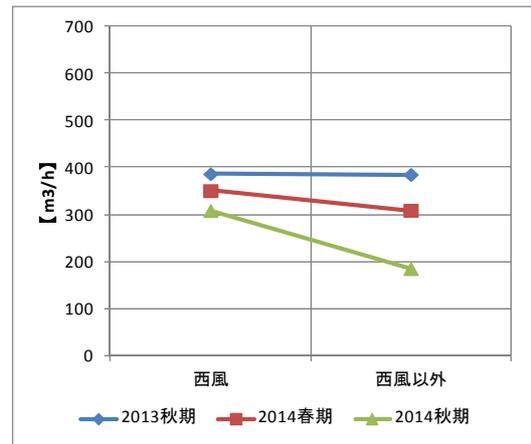


図-13 風向毎のダクト内風量

外部の風速の増加に伴い、取り込めるダクト内風量が増加する傾向となった。この時のダクト内風量は、空調時の風量と比較すると、外部風速が4m/s以上の場合で約10%であった。

また、風向との関係について、風向が西風の場合は、西風以外の時と比較すると、ダクト内風量は大きくなる傾向がみられた。空調時の風量に対する割合は、風向が西風の場合で約10%であった。

以上より、風速、風向による変動はあるが、ほぼ想定通りに風を取り込めている事が確認出来た。

c) 換気量について

ダクト内風量の検証で、風速や風向によって取り込め

る風量の割合に変動があることは確認出来たので、次に取り込めている風量がどの程度であるかについて検証を行った。

建築基準法では、シックハウス対策として建材等から発散されるホルムアルデヒドを排出するため、換気設備の設置が義務づけられている。本庁舎のような空調方式の場合は、以下の式によって算出した数値以上の有効換気量を確保しなければならないことになっている。

$$V = 10 (E + 0.02 nA)$$

V：有効換気量

E：内装仕上げのホルムアルデヒドの発散量

n：住宅等の居室の場合は3，その他の居室の場合は1

A：居室の床面積

表-14に計算結果と測定したダクト内風量を示す。外部風向が西風の場合、又は外部風速が4m/sの場合にシックハウス対策として必要となる換気量を上回っている結果が得られた。なお、この有効な換気量が確保出来た場合の割合としては、前述の風速と風向の検証から全測定期間に対して約35%であった。

表-14 シックハウス対策換気量とダクト内通風量

	ダクト通風量 測定値		シックハウス対策 換気量	
	西風の 場合 m3/h	風速4m/s以上 の場合 m3/h	面積	必要換気量
			m2	m3/h
2013秋期 3階	577	なし	810	162
2014秋期 3階	321	343		
2013秋期 8階	272	なし	779	156
2014春期 8階	239	266		
2014秋期 8階	165	196	734	147
2013秋期 13階	310	なし		
2014春期 13階	462	473		
2014秋期 13階	438	492		

d) エコボイド稼働時の外気冷房効果について

エコボイドシステムが稼働することにより、室内より環境の良い外気を取り込み、人が発する熱や事務機器等の熱により上昇している室内空気を排出することで、外気による冷房を行う事が出来ているかを、以下の期間の中央監視データにて確認した。

- ・期間：2014年 4月1日～ 4月30日 平日8時～18時
：2014年11月1日～11月30日 平日8時～18時
- ・使用データ：エコボイド稼働時間、各室・外気温度

4月のエコボイド稼働時間は174時間で全開庁時間の約83%で、11月は159時間で全体の約88%であった。

図-15にエコボイド稼働時の室内の温度傾向を示す。

表-15 エコボイド稼働時の室内の温度傾向

	室温と外気温度との温度差(°C)					
	3階		8階		13階	
	稼働時	停止時	稼働時	停止時	稼働時	停止時
2014年春期	4.2	6.8	5.5	7.3	5.6	7.6
2014年秋期	5.7	7.1	7.5	9.3	7.2	8.8

全ての階と時期において、エコボイド稼働時の方が停止時よりも室温が外気温度に近づく結果となり、空調機器を使用せず自然に外気を取り込むだけで、外気による冷房が行えていることが確認出来た。

e) 費用対効果について

エコボイドシステムを形成するのに要したイニシャルコストとエコボイドを使用することで削減出来たランニングコストを算出し、どの程度の費用対効果があったかを検証した。

エコボイドシステムに要したイニシャルコストとしては、外気取り入れダクトと給気ダクトを接続するパイプダクトと、経路切替え用の電動ダンパーと、これらに関連する制御機器を計上した。なお、エコボイドを形成している外壁は、計画当初から意匠として設置を予定していたものなので、イニシャルコストからは除いた。

削減出来たランニングコストについては、エコボイドシステム稼働時は換気モードで使用する空調機器を停止するため、空調機器を停止した時間分にあたるエネルギー使用量から削減量を算出した。なお、エコボイドシステム稼働時間のうち、建築基準法の規制による有効換気量が確保できていた西風の場合と風速4m/s以上の場合に削減効果があったとして、ランニングコストを算出した。

また、環境に対する効果の指標として、CO2排出量の削減効果も算出した結果を表-16に示す。

電気の従量料金は15円/kW（2014年電力契約単価）、CO2排出係数0.516kg-CO2/kWh（関西電力2013年実績）を使用した。

表-16 年間の費用対効果

イニシャルコスト	1,670 千円
ランニングコスト削減	226 千円
単純回収年数	7.4 年
CO2削減量	9,102 kg-CO2

ランニングコスト削減量からイニシャルコストの回収年数を算出したところ、約7年で回収できる結果となった。機器等の法定耐用年数が約15年なので、約半分程度の年数で回収できる結果となった。

5. まとめ

高層建築物における中間期での換気システムとして、自然エネルギーを利用したエコボイドシステムの運用を開始した2013年、2014年に実施した測定結果と中央監視データを用いて、外部風の状況、自然換気風量、室内環境について検証を行った結果、以下において有効である結果が得られた。

エコボイド稼働時に取り込めている風量については、風向が西風の場合、又は風速が4m/s以上の時に、建築基準法を満足する風量が確保出来ていた。

エコボイド稼働時の外気による冷房効果についても、室温が外気温度に近づいており、外気冷房の効果があっ

たことが確認出来た。

また、費用対効果についても、実際には約8割以上エコボイドは稼働しているが、有効な換気量が確保できている時だけに絞ってランニングコストを算出した場合でも、7年程度でインシヤルコスト分を回収できる結果となった。

各検証結果より、今回の建物において、エコボイドシステムの採用は有効であったと言える。

今後の課題としては、運用実態調査を継続して行い効果が維持できているかを確認することと、外部に面していない無窓の室に対して安定した効果が発揮できれば、類似の高層建築物にも今回のシステムを採用していくことが出来ると考えている。