

環境に配慮した市庁舎に関する調査研究
(第2報) ナイトパーージおよび自然換気の実測結果
Survey on the Environment Conscious City Hall

Part 2 Measurement Results of Night Purge Ventilation and Daytime Natural Ventilation

技術フェロー ○三浦 寿幸 (戸田建設) 技術フェロー 石神 哲史 (山下設計) 正会員 中澤 大 (山下設計)
正会員 篠田 文彦 (山下設計) 正会員 村江 行忠 (戸田建設) 正会員 栗木 茂 (戸田建設)
正会員 鈴木 孝彦 (戸田建設) 正会員 伊藤 優 (戸田建設)

Toshiyuki MIURA*, Tetsushi ISHIGAMI**, Masaru NAKAZWA**, Humihiko SHINODA**, Yukitada MURAE*,
Shigeru KURIKI*, Takahiko SUZUKI*, Yu ITO*
* Toda Corporation, ** Yamashita Sekkei Inc.

The survey on night purge ventilation during unoccupied hours and daytime natural ventilation during occupied hours were conducted from the afternoon October 4 to October 5. Though outdoor temperature was slightly high for daytime natural ventilation, measured indoor temperatures of typical points were below 28°C. Indoor humidities were between 40 and 60% and indoor carbon dioxide levels were between 500 and 700 ppm. Air change rates were estimated to be about 4 (1/h) during night purge ventilation and to be between 0.9 (1/h) and 4 (1/h) during daytime natural ventilation.

1. はじめに

本庁舎では、自然エネルギー利用の一環としてナイトパーージおよび自然換気を運用している。本報では 2012 年の秋に行った実測結果を中心に述べる。

2. 実測概要

実測は 2012 年 10/4 (木) の午後より 10/5 (金) の夕方にかけて行った。測定概要を表-1、開放する開口部の位置と主な測定点を図-1 に示す。室内の温湿度は 1 階と 2 階の代表点各 3 カ所および吹抜け部 1 カ所(上下分布)で連続測定した。本庁舎の冷房は基本的に 9 月まで行い、10 月以降は執務に支障があると判断される場合に限り必要なエリアのみ行っている。写真-1、2 に中庭と屋上排気塔の開口部の状況、表-2 に 10/5 の換気モードと開口部の開放面積を示す。0:30~7:00 はナイトパーージを行い、7:00~10:00 はナイトパーージと開口部の開放条件を同じとした自然換気モードⅠ、10:00~19:00 は開放する開口部を少し増やした条件での自然換気モードⅡを行った。ただし、実測日はビル管理者の判断で 2 階の南側執務エリアにおいて部分的に冷房がなされていた。ナイトパーージおよび自然換気モードⅠは「各階中庭側開口(上部外倒し窓)→執務エリア→吹抜け→排気塔開口」の換気経路による温度差換気であり、自然換気モードⅡは「北外壁側開口(上部外倒し窓、引違い戸)および中庭側開口(上部外倒し窓、引違い戸)→執務エ



写真-1 2 階北側中庭開口部 写真-2 屋上(南側)排気塔開口部

表-1 測定概要

測定項目	測定位置、点数等	測定機器	測定形態
温湿度	1、2階執務エリア代表点各3ヶ所、(FL+0.1、0.6、1.1、2.0m)	おんどとり	連続測定
	吹き抜け部(FL+0.1、1.1、5.0、8.9、11.7m)	"	連続測定
	北側および南側排気塔内(東西各1点)	"	連続測定
	外気温度(北側中庭内3点)	"	連続測定
	北側外壁と北側中庭に挟まれる1、2階の執務エリア(各12ヶ所)	熱電対	移動測定
風速	1階北側中庭近辺赤外線熱画像	サーモカメラ	連続測定
	1階PC天井表面温度 8ヶ所	BEMS計測データ	
	1~3階各階の北外壁および北側中庭開口部各1カ所	熱線風速計	連続測定
	北側および南側排気塔開口部(東西各1点)	"	連続測定
	北側および南側排気塔の全開口部(各中央1点)	"	移動測定
内外差圧	北側外壁と北側中庭に挟まれる1、2階の執務エリア(各12ヶ所)	"	移動測定
	1、2階代表開口部近傍、排気塔開口部近傍	差圧計	連続測定
CO ₂ 濃度	1~3階代表点	CO ₂ 濃度計	連続測定

リア→吹抜け→排気塔開口」で、このうち中庭側開口はその位置によって流出側となる場合も確認され、温度差換気と風力換気が混在した状態であった。



図-1 開放する開口部の位置と主な測定点

表-2 換気モードと開口部開放面積

開口位置	換気モード	ナイトパーズ (0:30~7:00) 自然換気モードⅠ (7:00~10:00)		自然換気モードⅡ (10:00~)	
		自然換気モードⅠ (7:00~10:00)		自然換気モードⅡ (10:00~)	
屋上	北側排気塔(突出し窓)	34.8 m ²		34.8 m ²	
	南側排気塔(突出し窓)	36.6 m ²		36.6 m ²	
3階	北側中庭(上部外倒し窓)	7.5 m ²		7.5 m ²	
	南側中庭(上部外倒し窓)	6.6 m ²		6.6 m ²	
2階	北側中庭(上部外倒し窓)	17.2 m ²		17.2 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		15.5 m ²	
	南側中庭(上部外倒し窓)	11.4 m ²		11.4 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		欠測	
	北外壁側開口部(上部外倒し窓)	閉鎖		5.3 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		2.7 m ²	
1階	北側中庭(上部外倒し窓)	20.0 m ²		20.0 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		0.4 m ²	
	南側中庭(上部外倒し窓)	11.4 m ²		11.4 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		欠測	
	北外壁側開口部(上部外倒し窓)	閉鎖		5.3 m ²	
	〃 (下部引き違い窓)	閉鎖		2.3 m ²	

注) 引き違い戸は流入外気による気流が執務に差し支えない程度に数ヶ所開放した

3. 実測結果

3.1 室温の経時変化

1階と2階代表点の室温(FL+1.1m)および外気温度の変動を図-2~3に示す。10/5に着目すると、ナイトパーズ開始直後より室温が低下する様子が確認できる。2階よりも1階の方が、そして中庭に近い測定点ほど相対的に室温低下が大きくなる傾向にある。10/5の日中の外気温度は自然換気を行う条件としては高めであったが、代表点の室温は28℃以下に収まっていた。

3.2 絶対湿度の経時変化

室内および外気の絶対湿度の経時変化を図-4に示す。室内の絶対湿度は外気とほぼ同等か、測定点によっては10/5 午後にやや高くなる程度であり相対湿度としては40~60%の範囲であった。

3.3 CO₂濃度の経時変化

図-5に1~3階で測定したCO₂濃度の経時変化を示す。別途測定した外気は400~450ppm程度で、室内は夜間に外気と同程度であったが、日中は若干濃度が上昇して500~700ppm程度となっていた。

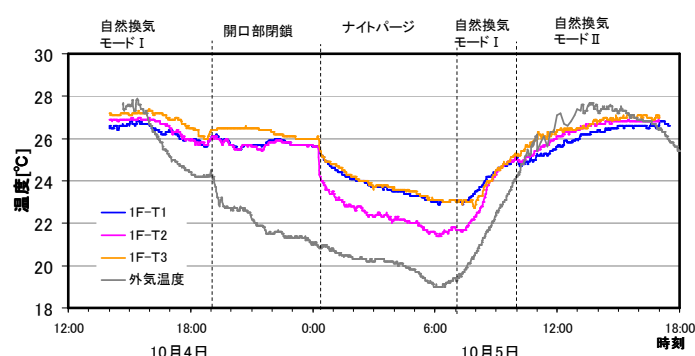


図-2 1階代表点室温の経時変化

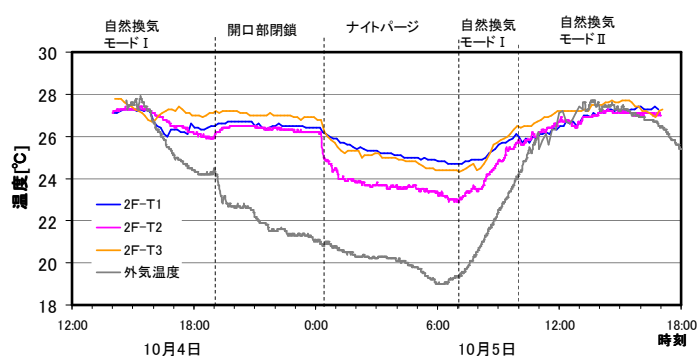


図-3 2階代表点室温の経時変化

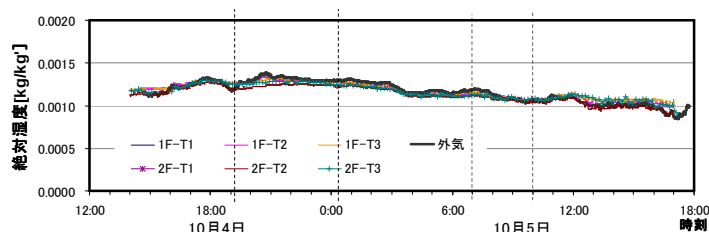


図-4 1~2階代表点絶対湿度の経時変化

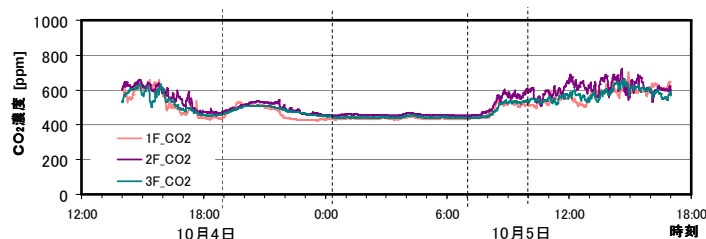


図-5 各階CO₂濃度の経時変化

3.4 吹抜け部と排気塔内空気温度および空調用冷水供給熱量の経時変化

吹抜け部上下温度と排気塔内空気温度の経時変化を図-6、空調用冷水供給熱量の経時変化を図-7に示す。日中の外気温が高めであったため、前述の通り一部の執務エリアで冷房のための冷水がわずかだが消費されていた。吹抜け部におけるFL+1.1mの温度がやや低下する時間帯があるのはその影響と考えられる。その上部の温度はFL+1.1mよりもやや高めだが、FL+5.0mからFL+11.7mまでの温度差はさほど大きくない。また、排気塔は吹抜けの上部に位置し、かつ日射の影響も受けるためか、その内部の空気温度はFL+11.7mよりも高めになっている。

3.5 PC天井表面温度の経時変化

1階のPC天井表面温度の経時変化を図-8に示す。(測定点の記号は図-1参照) 10/5のナイトパージによるPC天井表面の温度降下は北側中庭近くのC3、C5、および両中庭の間のC7で大きめになっていた。ナイトパージを行っていない10/4との比較では、午前中のPC天井表面温度に違いがみられ、ナイトパージを行った10/5は夜間にPC天井材が冷却されることで午前中の室温上昇抑制に寄与したものと考えられる。

3.6 開口部代表点面風速の経時変化

10/5に1～2階の開口部（上部外倒し窓）および排気塔開口部の代表点の面風速を測定した。結果を図-9に示す。ナイトパージの時間帯において1階の中庭側開口部の面風速は1m/s前後であるのに対して2階は相対的に小さく、0～0.5m/s程度であった。排気塔開口部の面風速は南側よりも北側の方の変動が大きい。また、自然換気モードIの時間帯では、1、2階の中庭側開口部の面風速が減少傾向にあるが、排気塔開口部ではさほど変化がみられず、むしろ北側ではやや大きめになっている。自然換気モードIIでは10:00に1～2階の北外壁側開口部を開放したため、特に2階はそこからの外気流入によって面風速およびその変動が大きくなっている。また、いずれの開口部の面風速も午後には徐々に減少していく傾向にある。

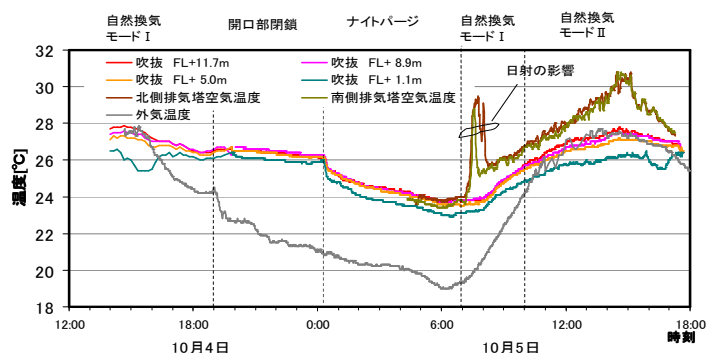


図-6 吹抜および排気塔内空気温度の経時変化

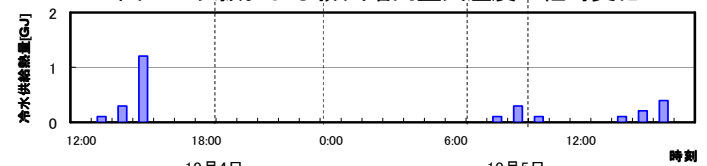


図-7 空調用冷水供給熱量の経時変化

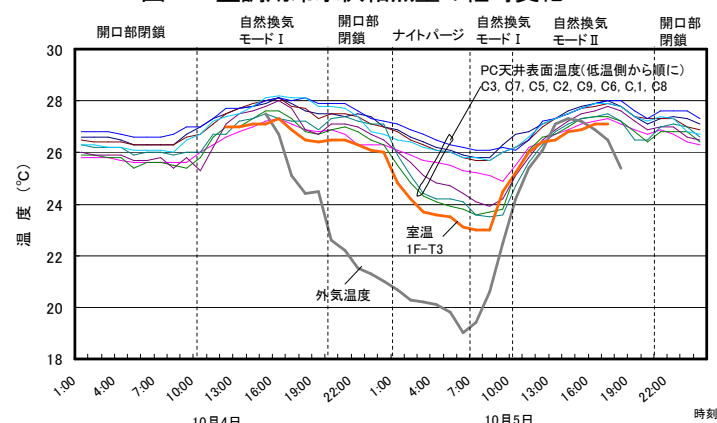


図-8 PC天井表面温度の経時変化

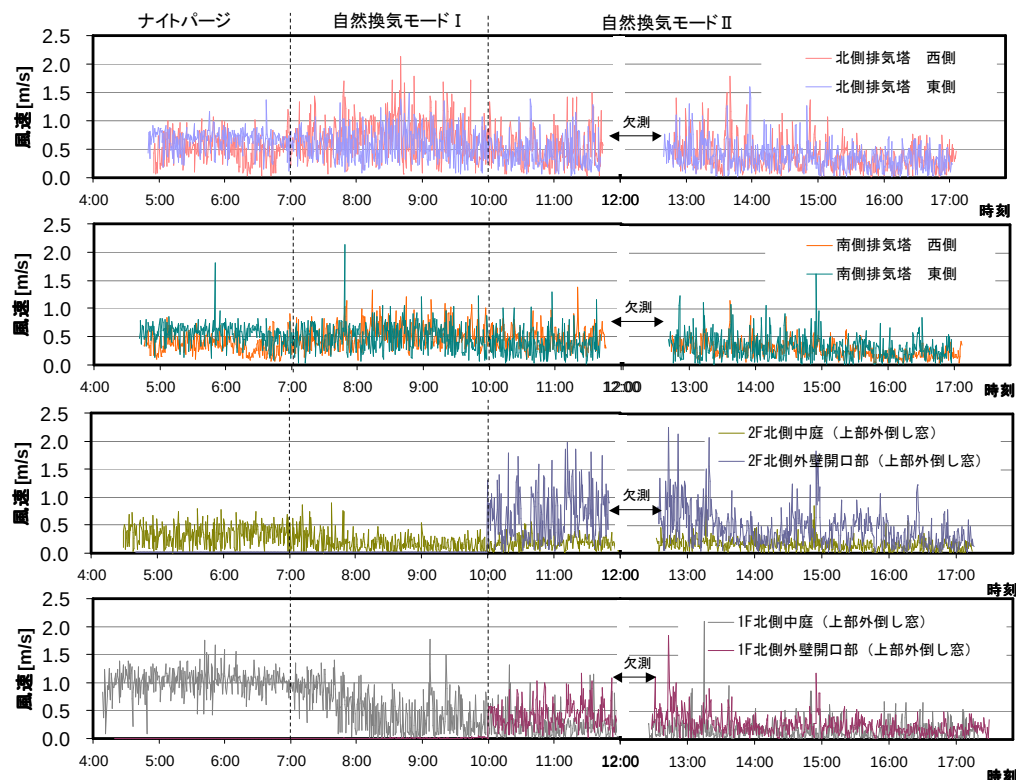


図-9 1～2階開口部および排気塔開口部代表点の面風速の経時変化 (10/4～10/5)

3.7 開口部代表点における内外差圧の経時変化

開口部面風速の測定点近辺に差圧計を設置し、10/4の夕方より10/5にかけて内外差圧をサンプリング間隔1秒で連続測定した。データを30分間の平均値として整理した結果を図-10に示す。なお、1階中庭側の一部と2階中庭側のデータ

が測定時に欠落した。10/4の夜に全開口部を閉鎖すると排気塔の内外差圧の絶対値は増大し、1、2階の北外壁側開口部のそれも増加傾向になっている。10/5のナイトパーズ開始時に排気塔と中庭側の開口部を開放後、中庭側から外気が流入して室内の熱気と共に排気塔から抜けていくようになる。そのため、排気塔の内外差圧の絶対値が小さくなり、計測値は自然換気モードⅠの終了時までおおそ-1～0 Paの範囲で推移している。また、自然換気モードⅠで1階中庭側の内外差圧が徐々に減少する傾向になっているが、これは外気温の上昇により内外温度差が小さくなっていくためと考えられる。自然換気モードⅡの開始時に1、2階の北外壁側開口部も開放すると、外部風圧による外気流入を伴ってそれらの内外差圧は減少する傾向になっている。1階中庭側開口部の内外差圧がプラス側からマイナス側圧に変化している時間帯は風力換気によって北外壁側開口部から流入した外気が中庭側開口部を通して抜けているものと考えられる。

3.8 排気塔における排気風量

ナイトパーズおよび自然換気時に排気塔の全開口部の面風速を計4回測定し、推定した排気風量等を表-3に示す。この排気風量に基づく換気回数はナイトパーズおよび自然換気モードⅠの場合で約4.0回/h、自然換気モードⅡで1～2回/h程度となった。自然換気モードⅡの室内全体の換気量としては風力換気による成分がこれに加わる。

3.9 空調用冷水供給熱量

図-11に日平均外気温と建物全体の冷水供給熱量との関係を示す。7～9月にナイトパーズ、6月と10月にナイトパーズおよび自然換気を行っており、それによって日平均外気温25℃以下では冷水供給熱量が抑制される傾向になり、20℃以下では冷水供給熱量の不要な日が多くなっていると考えられる。

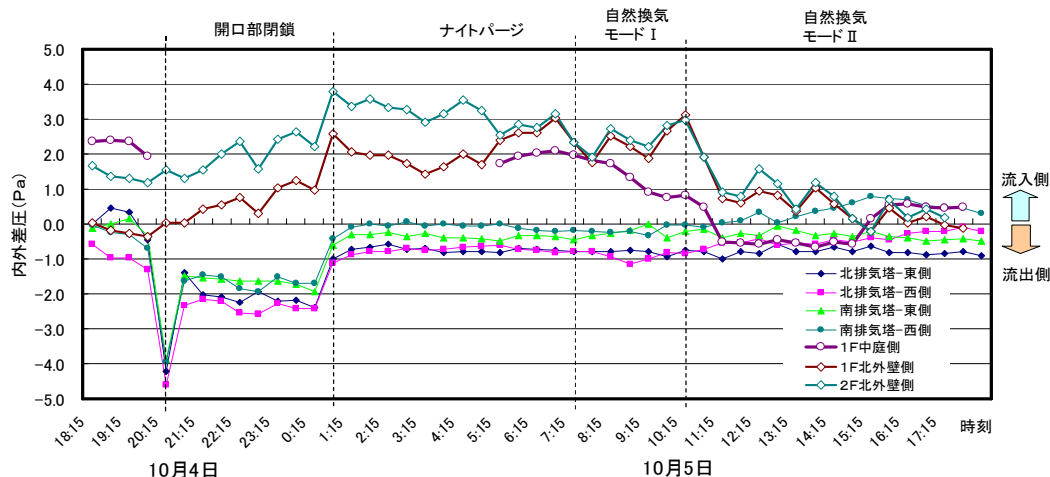


図-10 1～2階開口部および排気塔開口部代表点の内外差圧の経時変化 (10/4～10/5)

表-3 排気塔における排気風量等の測定結果

換気モード	測定時刻	排気風量 合計 (m³/h)	換気回数 (回/h)	排気熱量 (MJ/h)
ナイトパーズ	5:10～5:56	108,554	3.9	553
自然換気 モードⅠ	9:03～9:43	112,398	4.0	416
自然換気 モードⅡ	11:02～11:42	24,484	0.9	48
自然換気 モードⅡ	14:32～15:12	44,407	1.6	154

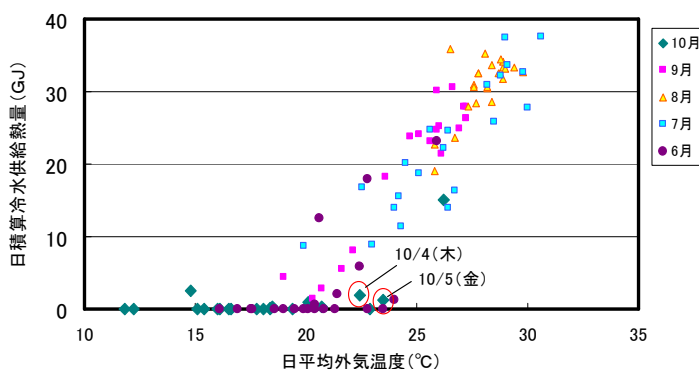


図-11 空調用日積算冷水供給熱量と日平均外気温との関係

4. おわりに

ナイトパーズおよび自然換気時の室内環境、屋上排気塔排気風量等を実測し、概略の性状を把握することができた。自然換気を行っている日中の室内環境はその日の外界条件の影響を受けるが、今後は執務者側の体感についても検討する必要がある。

【謝辞】

実測にご協力頂いた立川市庁舎の皆様、並びに風圧測定板を快くお貸し頂いた国土技術政策総合研究所・西澤主任研究官に謝意を表します。

【文献】

- 1) 中澤、石神ほか「環境に配慮した市庁舎に関する調査研究 (第1報) 建物概要とエネルギー使用の実態」、空気調和衛生工学会大会 2013年9月