

# 外気冷房併用型置換換気方式の性能検証と最適運転管理

羽山 広文 [北海道大学大学院工学研究院／教授]  
 菊田 弘輝 [北海道大学大学院工学研究院／助教]  
 福島 明 [北海道立総合研究機構／企画調整部長]  
 加藤 祐一 [恒星設備株式会社／常務取締役技術部長]

## 背景・目的

政府は2020年の温室効果ガスの削減量の目標として1990年度比25%削減を掲げている。平成20年度省エネ法改正に伴い、これまでの事業所単位から事業者単位のエネルギー管理が義務付けられ、各地に生産施設を保有する企業は本格的な対策が求められている。本研究開発では北海道特有の冷涼な外気を活用した外気冷房方式と、室内で発生する排熱およびオイルミスト・インク溶剤・紙粉などの汚染物質を効率良く排出する置換換気システムを併用した『外気冷房併用型置換換気システム』の性能を検証し、運用方法の確立を目的とする。

## 内容・方法

置換換気方式は、従来の空調気流方式のように部屋全体の空気をかき混ぜて混合するのではなく、工作機械や印刷機械などから発生する排熱やオイルミスト・紙粉などの汚染物質を拡散させず、室内の温度成層を活用する方式である。このため、作業員の健康で安全な作業環境を維持しつつ、空気調和に必要な循環風量を減少でき、送風機のエネルギー消費量を抑えることが可能になる。

一方、発熱量の大きな生産施設の場合、冬期を除き、室内には冷房負荷が発生し冷房運転の比率が高い。そこで、積極的な外気の導入は冷凍機の稼動を減少させる。北海道ではこのような空気調和方式の建設・導入例は少なく、設計方法および運転制御方法も十分に確立していない。

本研究開発では、申請者らがこれまでに外気冷房併用型置換換気方式を設計・導入した部品工作工場の実測調査を基に分析・評価し、今後、設計・導入を予定している大規模な印刷工場を対象に効果を推定した。さらに、縮小模型を用いて検討を行い、基準化指標  $k_v$  の形成要因を明かにした。

## 結果・成果

### 3.1 印刷工場での実測調査

本実験の対象としたのは、北海道石狩市にあるA社印刷工場の印刷エリア(以下対象エリア)1,575m<sup>2</sup>である(図1)。対象エリアにおいて、現状では天井より給気を行い、トップライト部及び印刷機の空冷ダクトより排気を行っている。主たる機能である印刷業務を行う大型印刷機が6台稼働し、室内環境としては印刷機排熱、インクの臭気、印刷物同士の接着防止用粉末及び紙粉等の粉

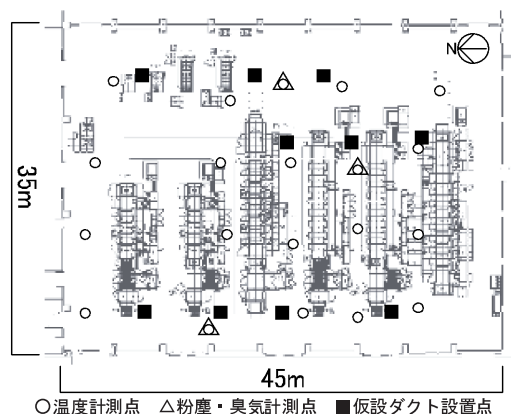


図1 印刷工場の配置図

塵が特徴的である。

#### (1) 基準化指標

置換換気では給気を熱による自然対流を用いて上部へ搬送するため、室上方の温度が高くなる。また汚染物質濃度も同様の傾向を示し、垂直分布において勾配ができる。そのため、この勾配が大きいほど搬送能力が高いと考えることができる。この勾配の検討には基準化指標  $k_v$  を用いた。 $k_v$  は排気の温度上昇に対する居住域の温度上昇の比で表わし、給気温度  $\theta_0$ 、排気温度  $\theta_1$ 、居住域温度  $\theta_a$  とすると  $k_v = (\theta_a - \theta_0) / (\theta_1 - \theta_0)$  により表わされる。この値は、居住域温度が排気温度に対して小さいほど0に近く、排気温度と同等で1となる。

#### (2) 実測結果

計測結果および基準化指標  $k_v$  を図2に示す。なお、本項の  $k_v$  は、居住域を0~1.7[m]として算出した。その結果、置換換気方式で温度勾配ができ、特に室下方域において明瞭である。また  $k_v$  をみると、置換換気方式が現状に比べ0.1程度低い0.77前後の値をとっている。ただし現在、対象エリアでは印刷機の熱が比較的室の低位置で排出されているため、排熱方法への工夫でより大きな効果が表れると考えられる。

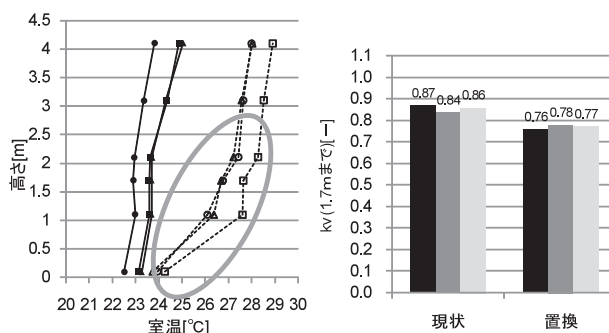


図2 温度測定結果

### 3.2 モデルシミュレーションによる置換換気方式の評価

#### (1) モデルシミュレーションの概要

シミュレーションにはLCЕМツールを用いている。LCЕМツールは、熱源機器やダクト等をそれぞれオブジェクトとしてエクセル上に配置し、空調システムを

構築、計算を行うものである。本報では図3に示すモデルを構築した。外気温湿度は札幌市の年間気象データを利用し、室負荷は図4のフローにより求めた。



図3 空調システムモデル概要

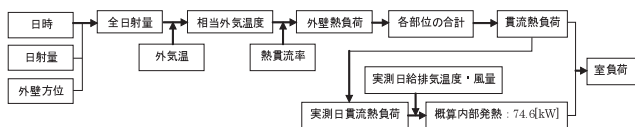


図4 室負荷計算フロー

## (2) シミュレーションの結果

図5に換気方式毎の年間消費エネルギーを示す。消費エネルギーは1時間毎の値を積算し、一次エネルギー換算したものである。一次エネルギー消費構成では、冷温水機のガスが最も多く、次いで給気ファン電力、冷却水ポンプ電力となる。冬期、夏期の消費量が多いが、寒冷地であるため冬期のガス消費量が特に多い。全体としては混合換気に比べ置換換気の値が低く、全体では年間約25%の消費エネルギー削減となり、実験の結果と合わせて置換換気方式の室内環境とエネルギー消費両側面への効果を確認した。

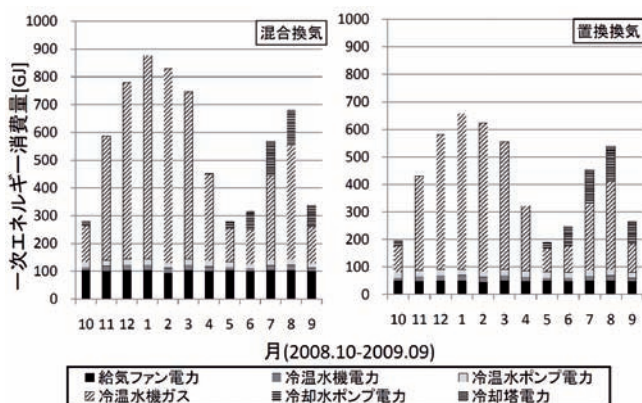


図5

## 今後の展望

今回の事業では、稼働している印刷工場を対象に外気冷房併用型置換換気方式を仮設的に導入し、本方式の有効性を検証した。その結果、予想通りの好結果とシステムシミュレーションなどのノウハウを得た。今後、本方式を大規模な印刷工場、電気部品組立工場、食品加工工場の空気調和設備の更新に際し導入を検討しており、各種の生産施設での導入実績を積むことで、汎用性の高い設計方法・運転制御方法が確立できる。これらの成果により、北海道内に立地する生産施設において空気システムに関わるエネルギー消費量が削減でき、生産施設の誘致に有利になると考えられる。