

# 業務用電化厨房を対象としたプッシュファン併用型局所排気システムの開発と数値解析

## 第1報 給気風向の変化が温熱空気環境に与える影響の検討

### Development of Local Exhaust System for Electric Kitchen and Its Numerical Analysis

長洲英弘\* 伊藤 一秀\*\* 小峯裕己\*\*\* 宮本和弘\*\*\*\*

Hidehiro NAGASU, Kazuhide ITO, Hiromi KOMINE, Kazuhiro MIYAMOTO

Keyword : Local Exhaust System, Electric Kitchen, Numerical Prediction

#### はじめに

厨房作業環境の改善対策の一つとして、衛生・安全性を考慮に入れた電気を熱源とする厨房機器(電化厨房機器)に関心が集まっており、その採用が進んでいる。この電化厨房機器は、発熱原理、熱効率ならびに排熱形態が従来のガス機器とは大きく異なるため、火気を直接使用し、不完全燃焼の危険性を有するガス機器を対象とした従来型の換気・空調システムをそのまま採用した場合には過剰設備となる可能性がある。すなわち、燃焼排気を伴わない、周辺に対する排熱が少ないなどの利点を生かした換気設計が行われていないのが実情である。このような背景のもと、本研究では業務用電化厨房機器を対象として、局所同時給排気型(プッシュファン併用型)の局所排気システムを対象とした CFD 解析を行うことで、その性能評価を試みる。

#### 1. 局所同時給排気システム

本研究では厨房熱源上部に 45 度の傾斜を有した局所排気システムにおいて、排気に指向性を持たせ、発生汚染質の捕集を促進するために局所排気口上部にプッシュ気流を併用した場合に関して検討を行う。すなわち、排気口近傍で形成されるポテンシャル流に移流方向を与えるため、誘因効果を意図した補助的な吹出口を設置し、その風向を変化させた場合の検討を行うことを目的とする。解析対象とする局所排気システムならびに厨房の熱源モデルを図 1 に示す。

#### 2. 解析対象空間・解析ケース

プッシュ気流の風向をパラメータとした局所排気システムの解析ケースを図 2 に示す。図 2(1)は基本ケース

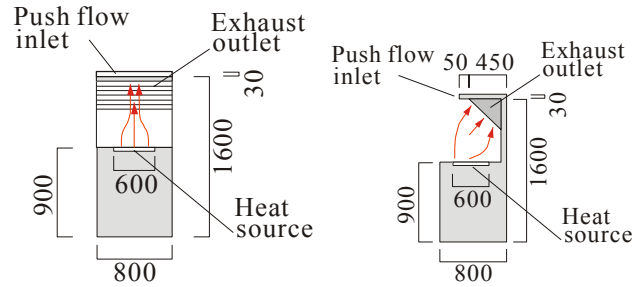


図 1 熱源・局所同時給排気型システム概要

であり、プッシュ気流無しの場合である。図 2(2)はプッシュ気流を水平に与えたケース、図 2(3)は下方 45 度にプッシュ気流を与えたケース、図 2(4)は垂直下方にプッシュ気流を与えたケースである。プッシュ風速は全てのケースで 0.8 [m/s]であり、吹出風量は 97.75 [m<sup>3</sup>/h]となる。本解析では、プッシュ気流は室内攪拌流に相当する風速成分を与えているのではなく、給気として想定している。すなわちプッシュ気流は室内への供給風量に相当し、プッシュ気流を温度調節(もしくは外気導入)したケースも解析対象とする。今回の解析では 1 ユニットの局所排気口が負担する排気風量は全てのケースで 450 [m<sup>3</sup>/h]一定とする。電化厨房機器を含む厨房全体は図 2(5)のように簡易的にモデル化し、作業環境を含めて解析対象とする。厨房全体換気システムとして天井面に新鮮外気の給気口を、床面に排気口を設定する。

#### 3. 計算・解析条件

流れ場の解析は低 Re 型 k-ε モデル(Abe-Nagano model)、温度場は対流場と放射場を連成して解析する。

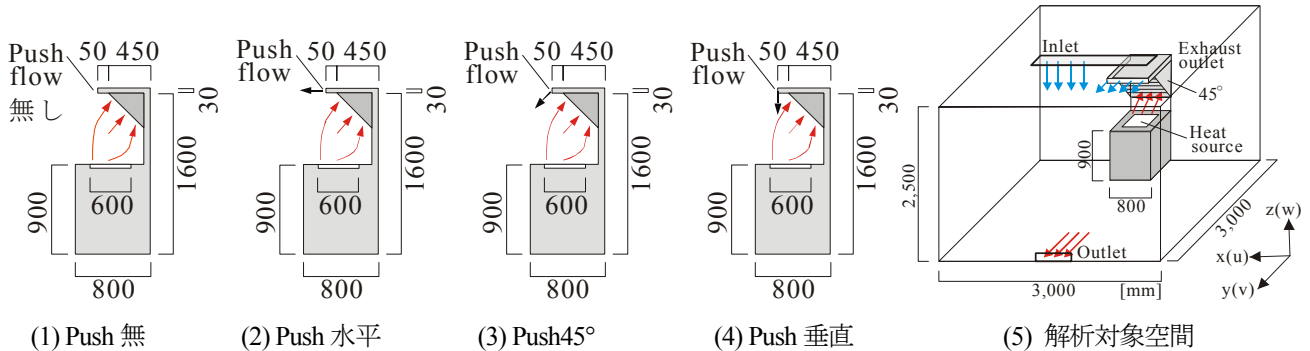


図 2 プッシュ気流方向と解析対象空間

\* 東京工芸大学大学院 修士課程

\*\* 東京工芸大学工学部建築学科 助教授 工博

\*\*\* 千葉工業大学工学部建築都市環境学科 教授 工博

\*\*\*\* 東京電力

すなわち各壁面要素で熱収支を解き壁面温度を算出する。本解析条件では、電化厨房機器の熱源付近で高温が予想されるが、空気は非圧縮を仮定する。

汚染質濃度場は、流れ場ならびに温度場の連成解析後、スカラー量の輸送方程式を解くことで算出する。汚染質は Passive Contaminant を仮定し、厨房上部の鍋設置部分ならびにその周囲部分に発熱量比に合わせて発生 flux を与える。吹出気流の汚染質濃度は 0 と仮定する。計算条件を表 1 に、境界条件を表 2 に示す。

また解析ケースを表 3 に示す。図 2 に示したプッシュ気流方向の設定条件により、Case1~Case4 の 4 ケースを設定する。プッシュ気流を水平に供給する Case2 においては、プッシュ気流が等温条件の Case2 (IT) の他、冬期の外気導入をモデル化した低温(5.8℃)の場合の Case2 (LT)、夏期の外気導入をモデル化した高温(27.1℃)の Case2 (HT)を設定する。

#### 4. 流れ場解析結果

流れ場の解析結果を図 3 に示す。本解析では天井面に設置した全体空調吹出口より供給される風量とプッシュファンより供給されるプッシュ風量の和を一定とした条件としている。Case 3(Push Flow 45 度)ならびに Case 4 (Push Flow 垂直)はプッシュ気流がショートサーキットしており、Case1 と比較して局所排気口位置での排気風速が大きくなる結果となった。Case 2 (IT) (Push Flow 水平)では室中央部に向けた明確なプッシュ気流が形成された。プッシュ気流の温度を変化させた場合、より高温を供給する Case 2 (HT) で噴流の到達距離が伸びる結果となった。温度場ならびに汚染質拡散場の解析結果は続報(第 2 報)に示す。

#### 5. 結論

続報(第 2 報)にまとめて示す。

表 1 計算条件

乱流モデル	低 Re 型 k-ε model (Abe-Nagano model)
スキーム	移流項: QUICK
Mesh	Case1~4: 1,270,228 (非構造格子系)
Radiation	形態係数: Discrete Transfer Method 相互放射: Radiosity Method による緩和計算
拡散場解析	流れ場解析後に拡散場解析 汚染質は Passive Contaminant を仮定

表 2 境界条件

全体空調吹出口	$Q_{in}=500 [m^3/h]$ , $Q_{out}=50 [m^3/h]$ , $T_{in}=20 [^{\circ}C]$ $k_{in}=3/2(U_{in} \times 0.05)^2$ , $\epsilon_{in}=C_{\mu} k_{in}^{1.5}/L_{in}$ $L_{in}=(Supply\ opening\ width)/7$
全体空調吸込口	$Q_{out}=0.1Q_{in}$ , $k_{out}=\epsilon_{out}=T_{out}=free\ slip$
Push flow	$U_p=0.80m/s$ ( $Q_p=97.75[m^3/h]$ ), $k_p=3/2(U_p \times 0.05)^2$ $\epsilon_p=C_{\mu} k_p^{1.5}/L_p$ , $L_p=(Supply\ opening\ width)/7$ $T_{push}=20 [^{\circ}C]$ (Case 1~4) $T_{push}=5.8 [^{\circ}C]$ (Case 2 (LT)) $T_{push}=27.1 [^{\circ}C]$ (Case 2 (HT))
局所排気口	$Q_{out2}=0.9Q_{in}$ , $k_{out}=\epsilon_{out}=T_{out}=free\ slip$
壁面	速度: no-slip, 温度: 断熱 放射: 放射率はすべての壁面で 0.9
Heat Source	電化厨房: 5.0 kW (鍋部分 4.40 kW: , 周囲: 0.60kW)

表 3 解析ケース一覧

ケース	条件
Case 1	Push Flow 無 (基本ケース, $T_{push}=20 [^{\circ}C]$ )
Case 2 (IT)	Push Flow 水平 ( $T_{push}=20 [^{\circ}C]$ )
Case 3	Push Flow 45 $^{\circ}$ C ( $T_{push}=20 [^{\circ}C]$ )
Case 4	Push Flow 垂直 ( $T_{push}=20 [^{\circ}C]$ )
Case 2 (LT)	Push Flow 水平 ( $T_{push}=5.8 [^{\circ}C]$ )
Case 2 (HT)	Push Flow 水平 ( $T_{push}=27.1 [^{\circ}C]$ )

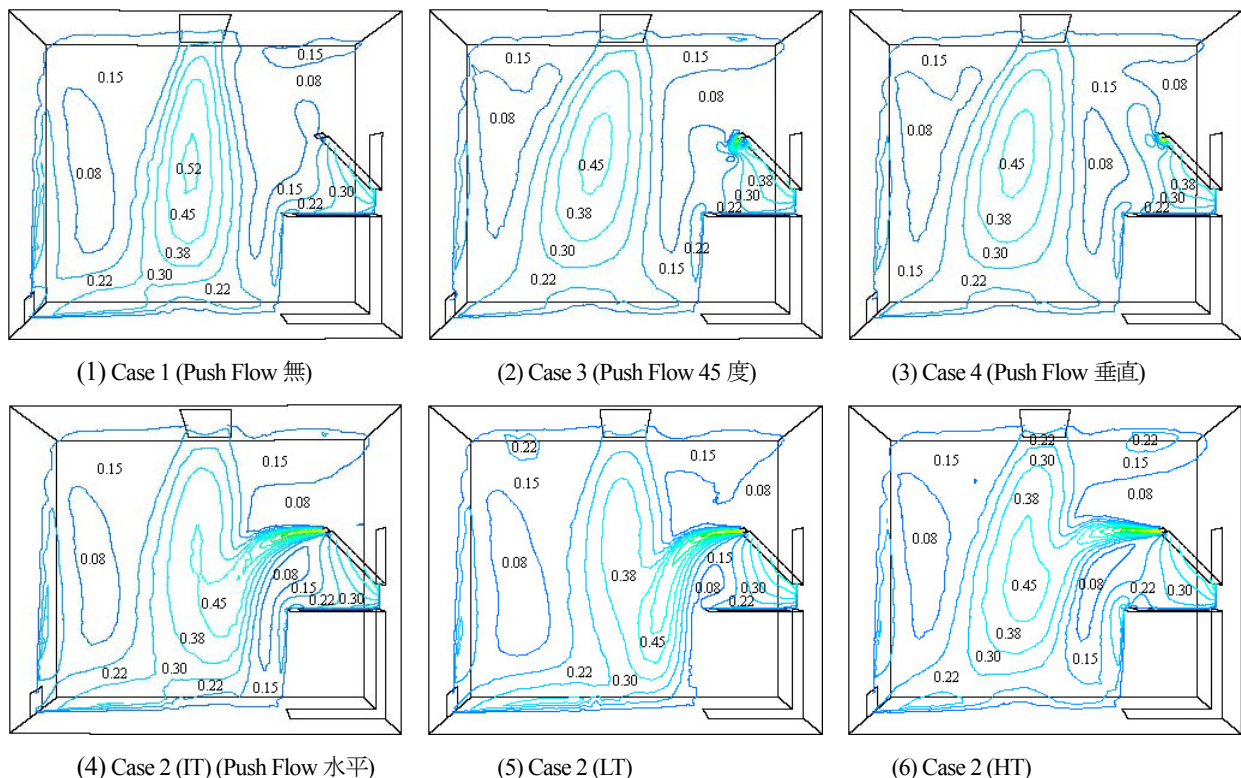


図 3 流れ場の解析結果 (スカラー風速分布 [m/s])