

業務用電化厨房を対象とした局所排気システムの開発と数値解析

(第2報) 汚染質拡散場の解析と排気口勢力範囲の評価

Development of Local Exhaust System for Electric Kitchen and Its Numerical Analysis, Part 2

学生会員 ○小川 匠 (東京工芸大学) 正会員 伊藤 一秀 (東京工芸大学)

正会員 小峯 裕己 (千葉工業大学) 正会員 宮本 和弘 (東京電力 株)

Takumi OGAWA*¹ Kazuhide ITO*¹ Hiromi KOMINE*² Kazuhiro MIYAMOTO*³

*¹ Tokyo Polytechnic University *² Chiba Institute of Technology. *³ Tokyo Electric Power Company

In this paper, CFD simulations are carried out in order to analyze the contaminant diffusion fields in commercial kitchen under various local exhaust systems. In particular, to clarify the performance of the local exhaust systems, the contaminant diffusion fields are analyzed under two types of heat source, electric kitchen and gas kitchen. Visitation Frequency (Vf) which represents the number of visitation to the target local domain has increased for the gas kitchen compared with the electric kitchen

はじめに

前報(その 1)では単純にモデル化した電化厨房ならびにガス厨房を対象として各種の局所排気システムを設置した場合の流れ場および温度場の CFD 解析を行った結果を報告した。本報では得られた各流れ場データを基に、汚染質拡散場の解析を行い、各種換気効率指標の解析を行うことで局所排気システムの性能評価を行う。

1. 換気効率指標による排気性能評価

本研究では、各局所排気システムの性能評価を行うために、Visitation Frequency (Vf)および排気口寄与率 ($SVE5$)の2種類の換気効率指標を用いる^{2,5)}。 Vf とは、解析対象として局所的に設定された領域内(局所領域)で発生した汚染質が、一度領域から排出された後、再び領域内に移流されてくる平均回数で定義される。 $Vf=1$ とは1回だけその領域に滞在し、再び帰還する事無く排出されることを意味し、 $Vf=2$ とは一度滞在して領域外に出た後、再び帰還し、その後排出されることを意味する。 Vf の定義を表 1 (1)式に示す。局所領域の Vf は室内の換気設計上、汚染質の排出のスムーズさを示す重要なパラメータとなる。例えば Vf が大きい場合、局所領域から排出された汚染質が室内から円滑に排出されず、再度還流する頻度の高いことを示し、 Vf が小さい場合、汚染質の再帰の少ない好ましい設計となる。排気口寄与率 $SVE5$ は、複数の吸込口を備えた室に於いて対象とする排気口を通して室内から排出される空気の室内での分布状態を示す。CFDでは定常流れ場の時間進行を逆転させ(流れ場のベクトルの方向を逆転させ、点対象の値にする)、排気口から吹出口に向かう仮想的な流れ場を作成する。この流れ場の下で対象とする排気口にトレーサを混入させ拡散場解析を行うことで $SVE5$ を得る。 $SVE5$ の定義式を表 1(2)式に

表 1 換気効率指標

[1] Visitation Frequency (Vf):
$Vf = 1 + \left(\frac{J_p}{M_p} \right) = 1 + \left(\frac{\Delta q_p}{q_p} \right) \quad (1)$
Vf : 平均 Visitation Frequency [-]
J_p : 単位時間当たり対象領域 P に流入(再帰)する Particle 数 [個/s]
M_p : 単位時間当たり対象領域 P に初めて入る、もしくは発生する Particle 数 [個/s]
Δq_p : 単位時間当たり対象領域 P に流入(再帰)する汚染質量 [流入 flux, kg/s] 但し汚染質は P 内で発生
q_p : 単位時間当たり対象領域 P 内で発生する汚染質量 [kg/s]
[2] Scale for Ventilation Efficiency 5 ($SVE5$):
$SVE5(X) = \frac{C'(X, n)}{C_0(n)} \quad (2)$
$C_0(n) = \frac{q}{Q(n)} \quad (3)$
$SVE5$: Scale for Ventilation Efficiency 5 [-]
X : 空間座標 (x,y,z)
n : 排気口番号
$C(X, n)$: 排気口 n において濃度 C の境界条件下で濃度輸送方程式を時間逆転方向に解いて得られる室内濃度 [kg/m ³]
q : 汚染質発生量 [kg/s]
$Q(n)$: n 番目の排気口風量 [m ³ /s]

表 2 汚染質再帰率 Vf 解析結果

電化厨房 : (厨房モデルを含む 1.2x×1.0y×2.5z(m)を対象領域)						
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
Vf	1.00004	1.00071	1.00133	1.00070	1.00012	1.00010
ガス厨房 : (厨房モデルを含む 1.2x×1.0y×2.5z(m)を対象領域)						
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
Vf	1.00516	1.01488	1.03006	1.01537	1.01219	1.00757

示す。排気口の勢力範囲を直接表可能な $SVE5$ はレンジフードの排気捕集効率を検討する際に非常に強力なツールとなる。

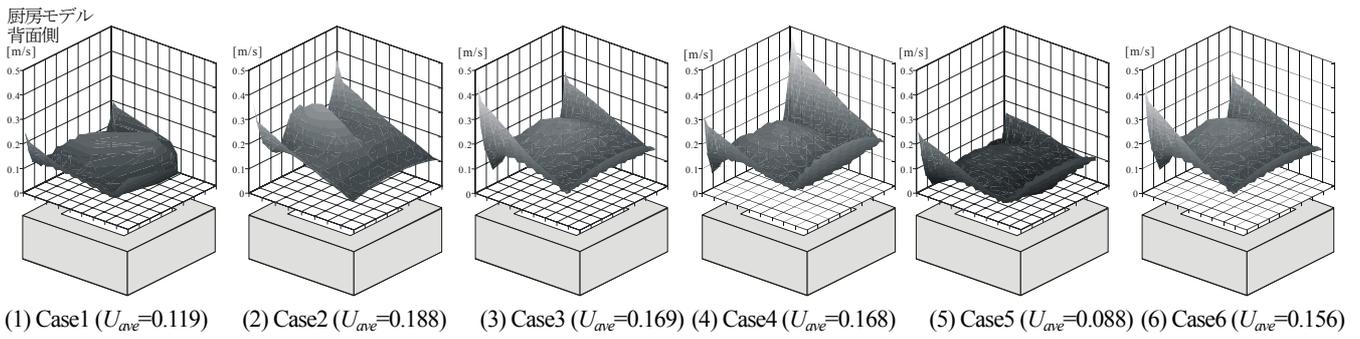


図1 Heat Source+10cm 平均風速(Velocity Magnitude)分布；電化厨房 [m/s]

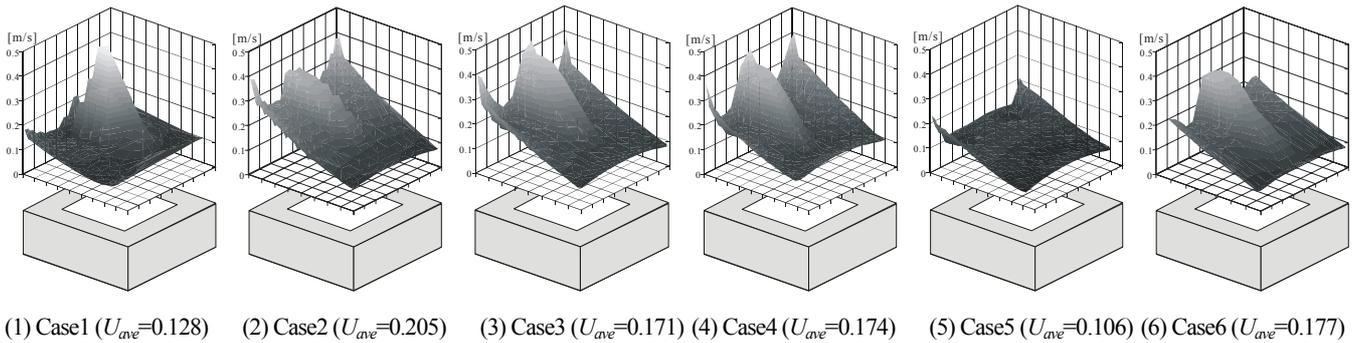


図2 Heat Source+20cm 平均風速(Velocity Magnitude)分布；電化厨房 [m/s]

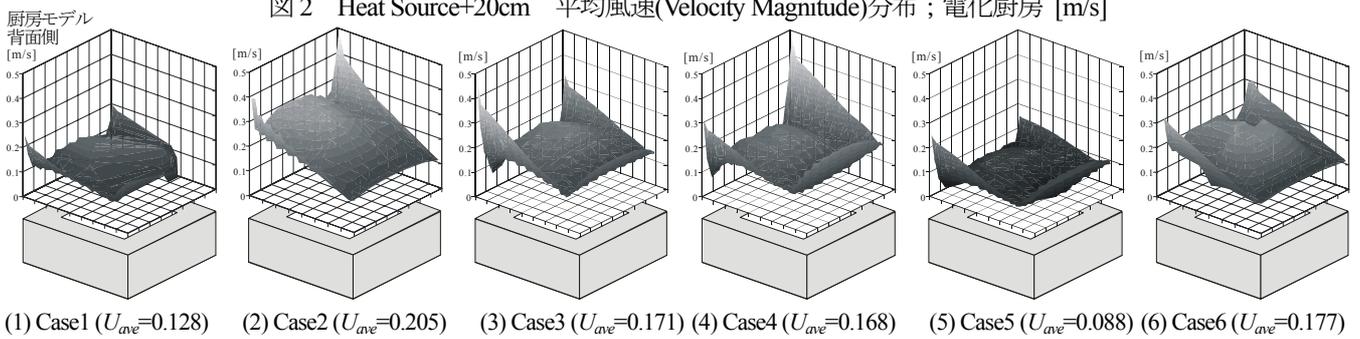


図3 Heat Source+10cm 平均風速(Velocity Magnitude)分布；ガス厨房 [m/s]

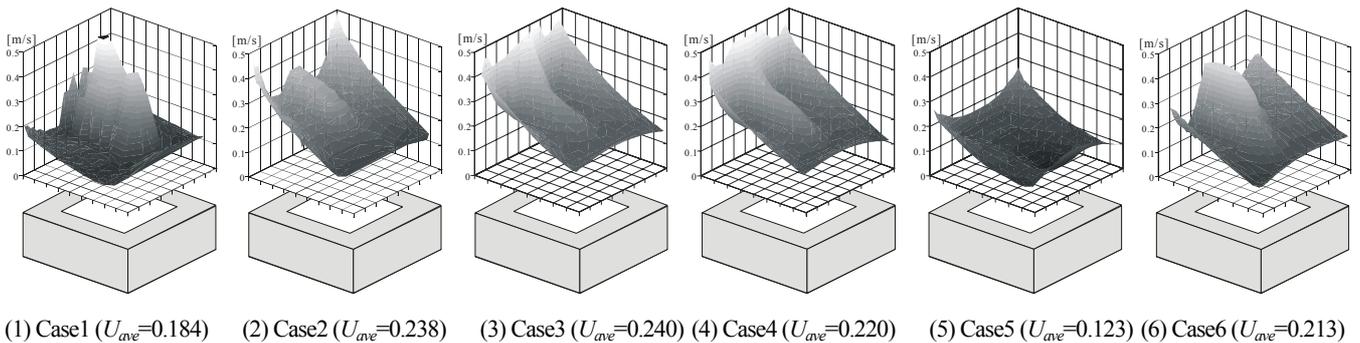


図4 Heat Source+20cm 平均風速(Velocity Magnitude)分布；ガス厨房 [m/s]

2. 計算および解析条件

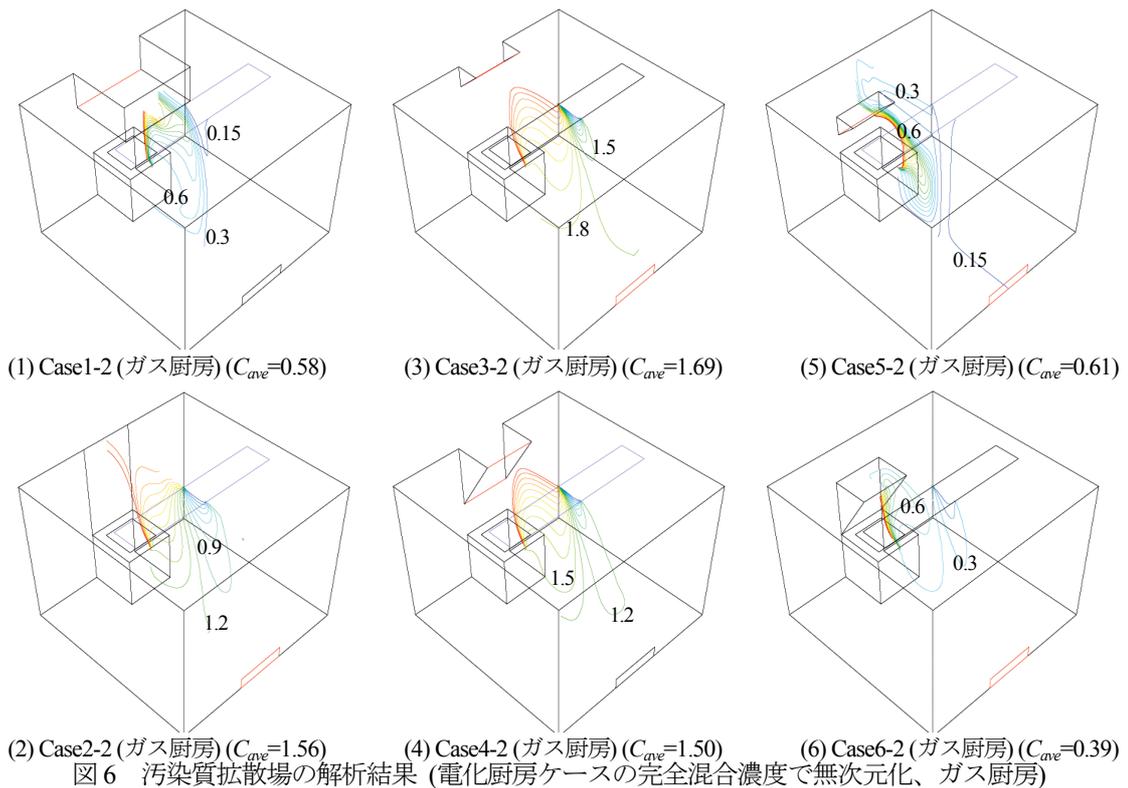
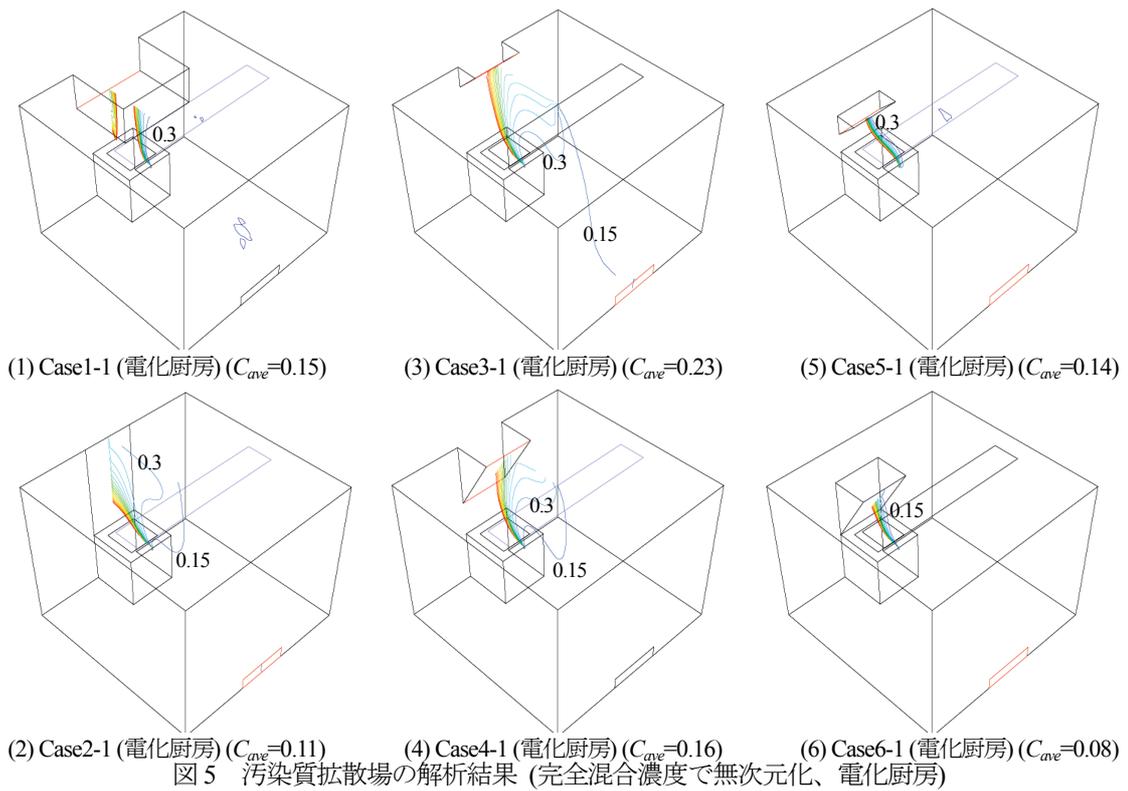
流れ場および温度場の解析結果ならびに汚染質拡散場の計算条件および解析条件は前報(その1)の表1および表2に併せて示す。汚染質濃度場は、流れ場ならびに温度場の連成解析後、スカラー量の輸送方程式を解くことで算出する。汚染質はPassive Contaminantを仮定し、厨房上部の鍋設置部分ならびにその周囲部分に発熱量比に合わせて発生fluxを与える。吹出気流の汚染質濃度は0と仮定する。

3. 作業面平均風速分布

厨房モデル熱源から+10cm位置ならびに+20cm位置の面平均風速分布を図1～図4に示す。電化厨房の場合、Case5を除き熱源上部で熱上昇流が観察される。面平均風速は0.10m/s～0.20m/s程度となった。ガス厨房の場合も同様の傾向であるが、面平均風速は25%程度増加している。

4. 汚染質拡散場の解析結果

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 を与えて解析した汚染質拡散場を図 5 および図 6 に示す。本解析では、電化厨房とガス厨房で汚染質の発生 flux が異なる(前報表 2)が、拡散場の解析結果は両者ともに電化厨房の場合の完全混合濃度で無次元化している。電化厨房およびガス厨房の両者において Case 6 の局所排気システムを設置した場合に室平均濃度が最も低くなっており、この濃度レベルは一般的なフード型の Case1 の場合と比較し、1/3 程度である。

5. 局所排気口勢力範囲の解析結果

SVE5 の解析結果を図 7 および 8 に示す。電化厨房の場合、Case1(フード型)では、排気フードの中心部で熱源からの熱上昇流に沿って SVE5 の値が大きくなっている。フード前面で SVE5 値の小さい領域が存在する。その他のケースも同様に熱源から局所排気口に向かう流線に沿って SVE5 が大きくなっており、特に Case6 では排気口の低い位置のみで SVE5 が大きくなっている。ガス厨房

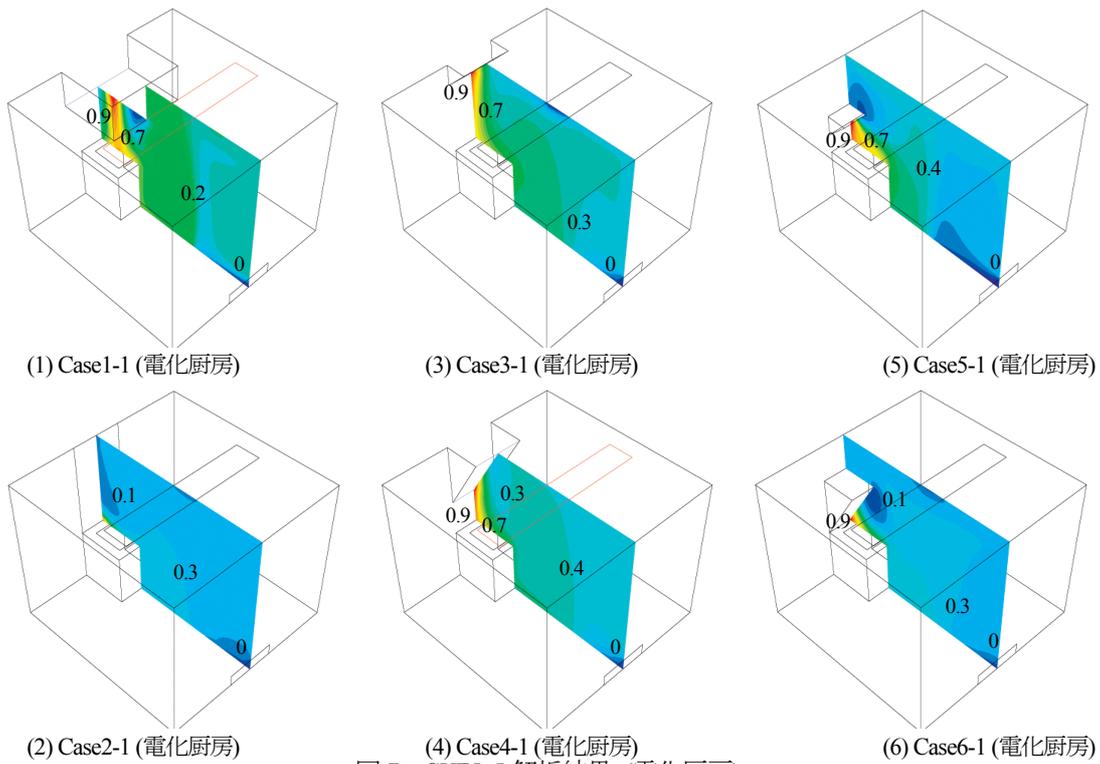


図7 SVE5の解析結果 (電化厨房)

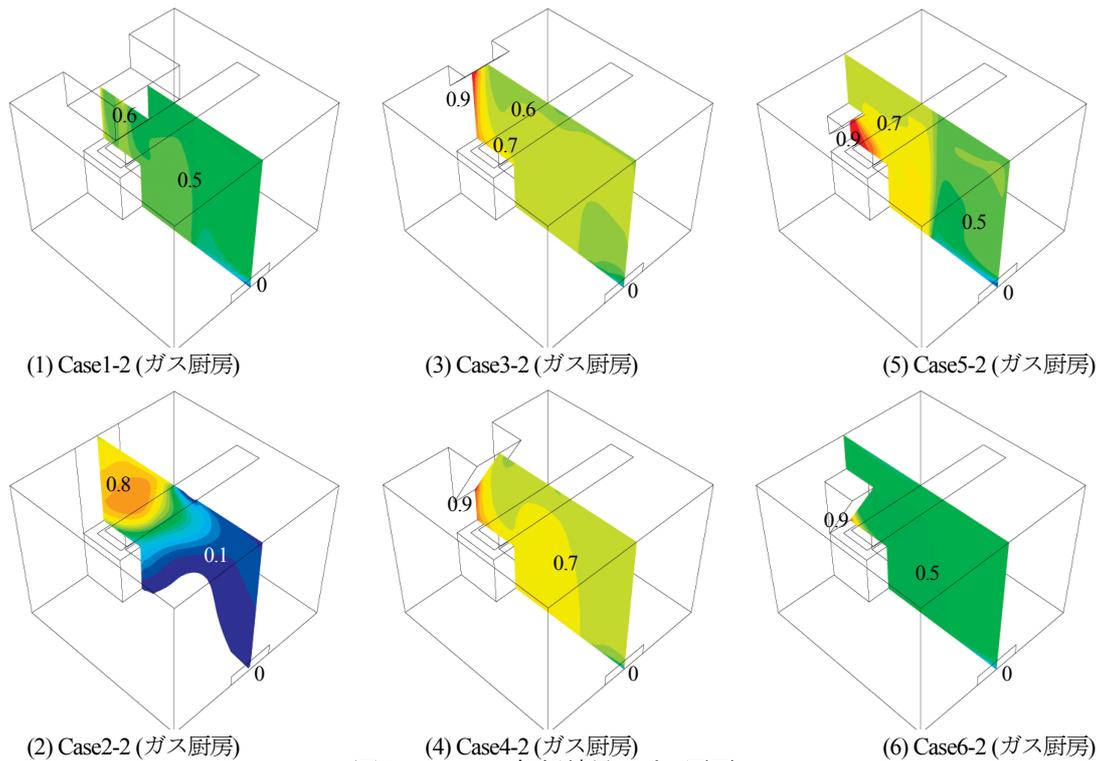


図8 SVE5の解析結果 (ガス厨房)

の場合、電化厨房と比較してSVE5が室全体に広がっており、熱源からの汚染質のみならず室全体の空気を排気していることが分かる。

6. Visitation Frequency 解析結果

1/7解析結果を表2に示す。電化厨房の場合、フード型のCase1で $I_f=1.00004$ と最も低い値となり続いて熱源近傍に排気口を設けたCase6およびCase5の再帰率が小さい。

7. 結論

- (1) 電化厨房およびガス厨房を対象として汚染質拡散場の解析を行い、換気効率指標により局所排気システムの評価を行った。
- (2) 熱源近傍に局所排気口を設置するCase6において発生汚染質が効率的に排気され、電化厨房用の局排システムとしての可能性が示された。

参考文献 前報に併せて示す。