

業務用電化厨房における局所排気型および同時給排気型レンジフードに関する研究 その2) 給気口と排気口の改良と接続時の性能評価

Experimental stud on the kitchen ventilation systems of spot exhaust range hood or exhaust range with make up air for restaurants suited to an electromagnetic cooking range. Part2 Performance evaluation of two unit connection layout.

学生会員○石塚 俊一 (千葉工業大学) 学生会員 神谷 和宏 (千葉工業大学)

正会員 小峯 裕己 (千葉工業大学) 正会員 伊藤 一哉 (E P & B)

正会員 宮本 和弘 (東京電力株) 正会員 伊藤 一秀 (東京工芸大学)

Kazuhiro KAMIYA*1 Ishizuka SHUNICHI*1 Hiromi KOMINE*1

Kazuya ITO*2 Kazuhiro MIYAMOTO*3 Kazuhide ITO*4

*1Chiba Institute of Technology *2Environmental Planning & Brain

*3Tokyo Electric Power Company *4Tokyo Polytechnic University

Ventilation performances such as contaminant collection efficiency or intake air-conditioned air volume of kitchen ventilation systems of the spot exhaust range hood and the exhaust range hood with make up air for restaurants suited to electromagnetic cooking ranges were confirmed in full-scale experiment. The improved type of the spot exhaust range food gets a high efficiency for collection of contaminants under less exhaust air volume than that of the original type. The detail design of the exhaust range food with make up air is decided based on the full scale experiment . .

はじめに

近年、ファミリーレストランの厨房等ではガス燃焼機器に比べて、燃焼廃ガスを伴わない、熱効率が高く室内に放散する熱量が少ない等の特質を持つ電磁調理器(以下IHと略記)を導入する動きがある。しかし、現在の換気計画では、このような特質が考慮されず、ガス厨房と同様な設計(同様な排気フード、風量決定法)が行われ、排気風量が過大になっている。業務用厨房では、常時、換気設備を運転しているので、厨房内を HACCP で定める温湿度に維持するために冷房を行えば、大きな外気負荷をもたらすことになる。

このような背景から、前報¹⁾では電磁調理器が裸火扱いにならない事に注目し、加熱面近傍に排気フードを設置する局所排気型レンジフード、及び、これに、小峯らの考え²⁾を取り入れた同時給排気型レンジフードを試作し、実物大実験により、その性能を把握した。本報では更なる捕集性能の向上を図るため、局所排気型では、可視化実験により、捕集効率の高い排気口形状を探索し、実物大実験によりその性能を把握した。更に、実際の業務用厨房における調理機器の配置を考慮して、調理機器を接続した場合の改良型局所排気型レンジフードの換気性能を実物大実験により把握した。

同時給排気型は、実物大実験に基づいて、外気風量や袖壁の有無や吹出角度による換気性能の差異を検討した。

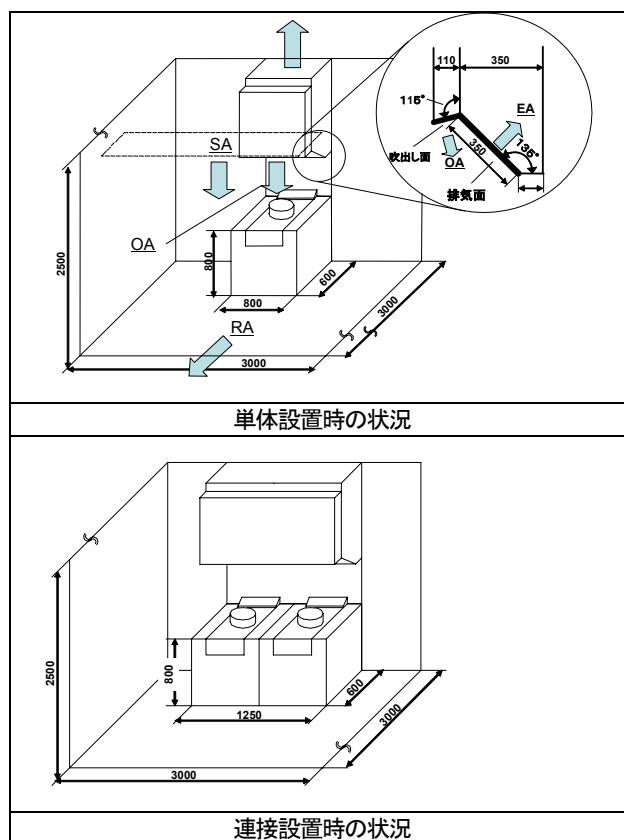


図1 実験室内におけるIH及びレンジフードの設置状況

1. 評価実験の概要

1.1 実験室

実験室内におけるIHとレンジフードの設置状況を図1に

示す。各風量は、JIS Z8762 に則った絞り機構による流量測定方法および超音波流量計により測定し、FAN 電源をインバータにより制御して、目標風量になるよう調整している。

1.2 測定方法

実験システムを図2に示す。吹出す外気により室内気流が乱される可能性がある状況下で、平均的な濃度を測定するため、実験室内及びダクト内空気を連続的に PVF 製バッグに採取した。バッグ内での物理的混合により、変動する濃度が時間平均化され、実験中の平均的な濃度を把握できると考える。なお、測定精度を向上させるため、バッグに採取した空気の濃度を複数回測定し、その平均濃度により捕集率及び室内空気排出量を算出した。レンジの出力は鍋の湯の沸騰状態が維持される最低出力(消費電力2.5kW)とした。

1.3 性能評価指標

(1) 捕集率

単位時間当たりの鍋からの汚染発生量に対する、排気フードで捕集した汚染物質量の比率を表す。SF₆を用いたトレーサーガス法により測定した。なお、トレーサーガスに C₂H₄を用いた場合の捕集率と SF₆を用いた場合の捕集率とは、ほぼ同値であることを確認している。捕集率算出式: (1) 式を以下に示す。

$$\eta = \frac{L_c}{L} = \frac{Q(R_x - R_r)}{L}$$

η : 排気捕集率
 L_c : 捕集されたトレーサーガス量[m³/h]
 L : トレーサーガス発生量[m³/h]
 Q : 排気風量[m³/h]
 R_x : 排気中のトレーサーガス濃度
 R_r : 実験室内のトレーサーガス濃度

(2) 室内空気排出量

同時給排気システムに特有の指標で、フードから排出される実質的な室内空気量を意味する。図3に示す同時給排気システムの風量収支に関する模式図から判るように、(2)式により算出できる。空調を行っている前提なので、これを少なくすることにより、空調負荷を低減することができる。

$$Q_e = Q - Q_f = Q - \delta Q_p$$

Q_e : 室内空気排出量[m³/h]
 Q : 排気風量[m³/h]
 Q_f : フードに捕集される外気風量
 Q_p : 外気風量
 δ : 外気吸引率(=Q_f/Q_p)

2 局所排気型レンジフード

2.1 測定条件

可視化実験により、最適な排気口の形状及び位置を探索した。その結果、局所排気フード筐体の鍋に面する面の中央下部に 200mm×200mm の排気口を設ける形式がもっとも良好な排気性状を呈した。

筐体排気面を見上げた状況を図4に示す。接続フードの筐体内部は連続しており、それぞれの排気口からは、筐体より排気する風量の 1/2 が排出されることになる。

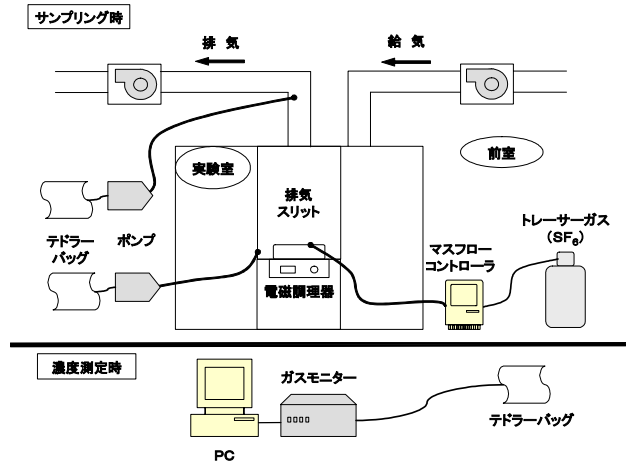


図2 実験系統図

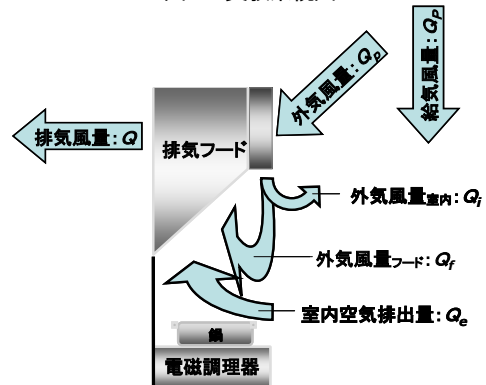


図3 風量収支模式図

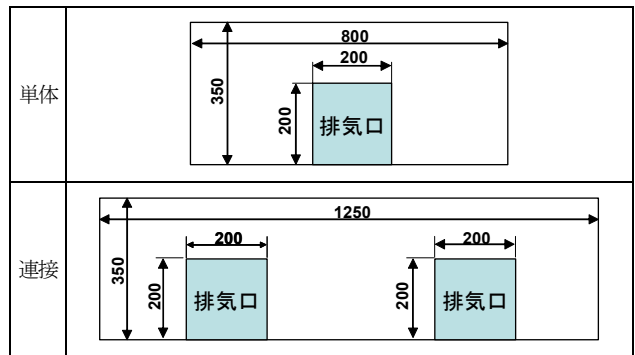


図4 筐体の排気面の見上げ

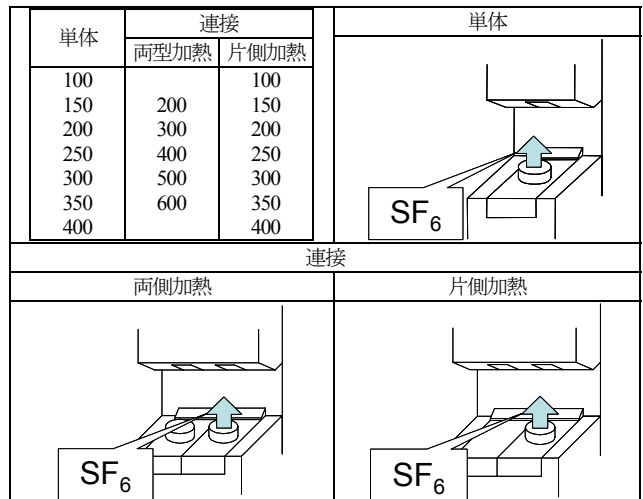


図5 排気風量[m³/h]、及び、トレーサーガスの発生状況

上記形状の排気口を対象に実物大実験を実施した。その際の排気風量及び各測定時のトレーサーガスの発生状況を図5に示す。

2.2 実験結果及び考察

(1) 改良型単体設置時

改良型、従来型の単体設置時における捕集率の測定結果を図6に示す。捕集率は排気風量の増大に伴って飽和性状を示すと考えられるので、捕集率近似式として(3)式を仮定し、最小二乗法によりパラメータを決定した。図中の曲線が導出した捕集率の近似式である。

排気風量と捕集率の関係に関する近似式

$$\eta = 1 - e^{-Q^{a+b}} \dots (3)$$

η : 捕集率
 Q : 排気風量[m³/h]
 a, b : 飽和曲線パラメータ

改良型は、従来型より更に良好な捕集性能を示している。捕集率近似曲線において95%の捕集率を目標とすれば、従来型が265m³/hの排気風量を必要としたのに対して、182m³/hで足りるといった結果になった。排気口周辺では通常ポテンシャルフローが形成されるので、汚染質の吸引に寄与しない気流を最小化することが、効率の良い捕集につながると考えられる。今回、排気口をできるだけ立ち上る汚染質の近傍に配置した上で、その面積を小さくした事により、汚染質の存在する領域から重点的に空気を吸引する事ができたと考える。

(2) 改良型接続設置時 (両側加熱)

両側のレンジを加熱した場合の捕集率の測定結果を図7に示す(横軸は排気口一つ当たりの風量: 従って、接続フードの筐体からの排気風量は2倍になる)。

比較のために、単体設置時の捕集率を図中に示した。接続時は排気口一つ当たりの風量が150m³/h以下の領域で、単体設置時より低い捕集率であった。排気風量の減少に伴い、左右の熱上昇流の相互干渉が増大したと考える。捕集率近似曲線に基づいて、95%の捕集率となる筐体からの排気風量は360m³/hと単体設置時の約2倍であった。

(3) 改良型接続設置時 (片側加熱)

片側のレンジのみを使用する場合の捕集率測定結果と単体設置時の捕集率との比較を図8に示す。接続フードでは、各排気口の風量が総排気風量の半分になっているので、当然の事ながら同一排気風量における捕集率は低くなっていた。捕集率近似式において95%の捕集率を目標とすれば、接続改良型は232m³/hの排気風量を必要とするので、片側のレンジのみを使用する場合は、両側のレンジを使用する場合の360m³/hに対して、その65%に風量を絞ることができる、ということになる。

3 改良型同時給排気型レンジフード

前報では、外気の供給方向が-15°のケースが他の角度に比較して良好な性能を示したと報告したが、外気供給装置に改良を加え、より細かいステップで捕集率及び外気吸

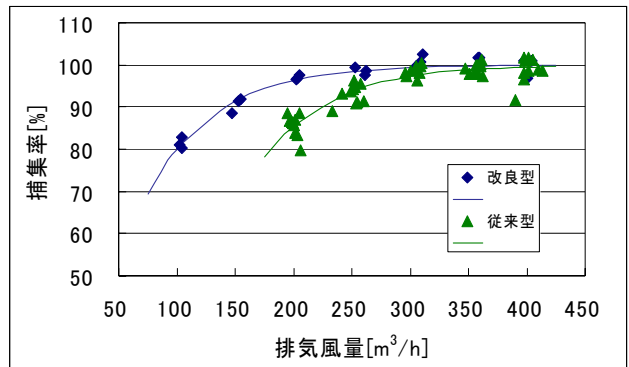


図6 従来型・改良型単体設置時の捕集率

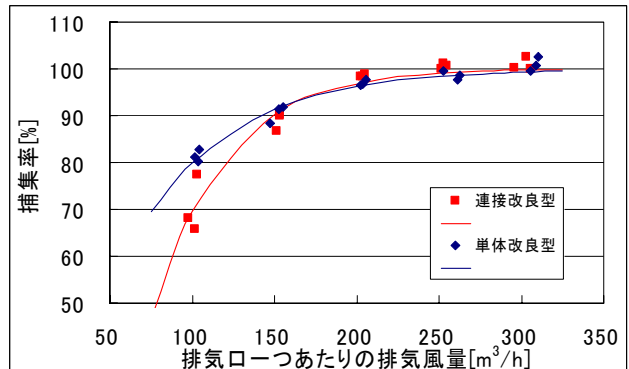


図7 接続時(両側加熱時)と単体設置時の捕集率の比較

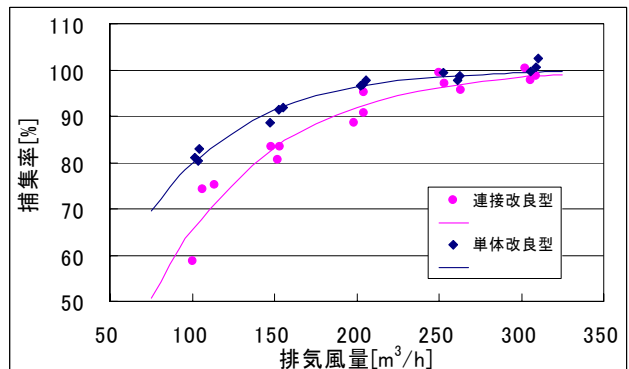


図8 接続時(片側加熱時)と単体設置時の捕集率の比較

排気風量 [m ³ /h]	外気風量 [m ³ /h]	吹出角度 deg	袖壁
200	150	-15	あり
250			
300		-10	
350	200		なし
400		-5	

図9 測定条件、及び、トレーサーガス発生状況

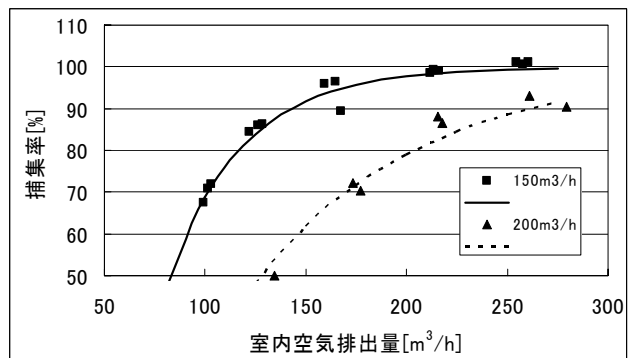


図10 導入外気風量の増減による捕集率の差異(吹出角度-10°)

引率の測定が出来るようにして、改良型における吹出し角度の最適値を探索した。同時給排気型の排気口は、改良型局所とは異なり、前報同様、幅 800mm、高さ 350mm とした。

3.1 測定条件

測定条件及びトレーサーガス発生状況を図 9 に示す。排気風量は 5 水準(200、250、300、350、400 m³/h)、導入外気風量は 2 水準(150、200m³/h)、吹出角度は 3 水準(-15、-10、-5°)、袖壁の有無をパラメータとして実験を実施した。

捕集率と外気吸引率を同時に測定するため、捕集率用に SF₆ を、外気吸引率用にエチレンをと、2 種類のトレーサーガスを使用した。

3.2 実験結果及び考察

(1) 導入外気風量の影響

導入外気風量の増減による捕集率の差異(吹出角度-10° の場合)を図 10 に示す。図中の近似曲線は、局所型と同様、式(3)を仮定して求めている。導入外気風量 150m³/h の場合と比較して、200m³/h の場合は捕集率が大幅に低くなった。他の吹出角度でも概ね同様の結果であったため、今回の実験範囲では、導入外気風量は 150m³/h が適切であると考える。

(2) 袖壁の効果

袖壁の有無による捕集率の差異(吹出角度-10° の場合)を図 11 に示す。室内空気排出量が少ない状況では、袖壁を付加する事により捕集率が向上した。他の吹出角度でも概ね同様の結果であった。捕集率が高い領域では効果が少ないように見られるが、捕集の頑健性(外乱に対する安定性)を増していると考えられ、設置が可能であれば袖壁を使用することが望ましいと考える。

(3) 最適な吹出角度

以上の実験結果を踏まえて、導入外気風量 150m³/h、袖壁有りの条件の下で、最適な吹出角度を検討した。図 12 に、吹出角度の変化による捕集率の差異を示す。図中の曲線は、室内空気排出量と捕集率の関係を統計処理により近似したものである。図から吹出角度は-10° 程度が最適であると言える。

(4) 改良型同時給排気レンジフードの性能

個々の要素に関する実験から捕集率が向上すると考えられる条件(外気風量 150m³/h、袖壁あり、吹出角度-10°)で実施した実験に基づいて、室内空気排出量と捕集率の関係を明らかにした。その結果を図 13 に示す。捕集率近似式に基づいて、95%の捕集率を確保できる室内空気排出量は 144m³/h であった、今回改良した同時給排気型レンジフードは改良型局所排気型レンジフードとほぼ同様の性能に留まったと思われる。

4 まとめ

改良型局所排気型レンジフードの実験により、従来の局所排気型レンジフードより少ない排気風量で高い捕集率を得られることを明らかにした。また、同時給排気型レンジ

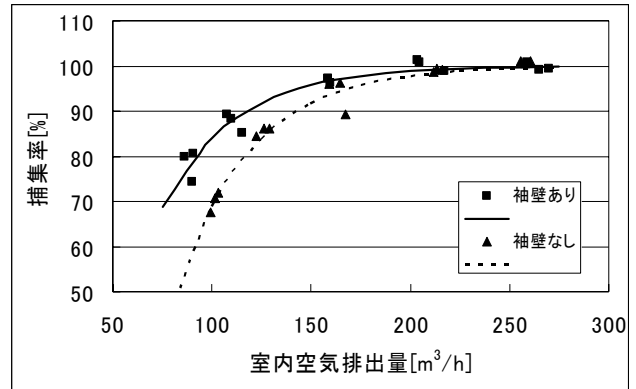


図 11 袖壁の有無による捕集率の差異(吹出角度-10°)

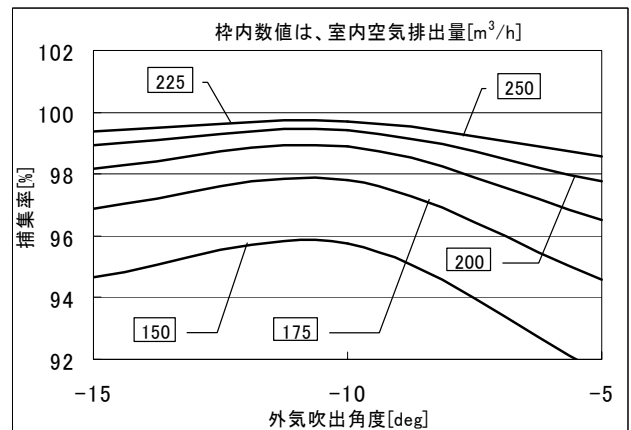


図 12 吹出角度と捕集率の関係

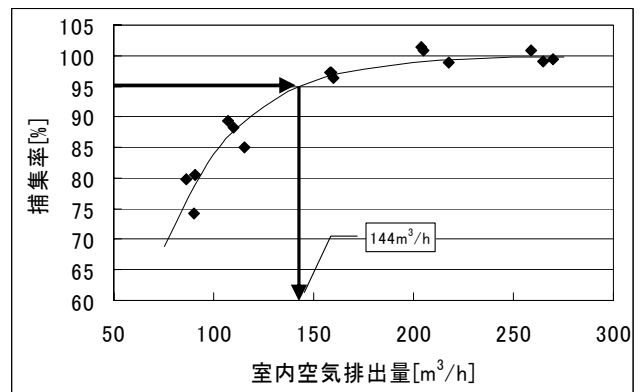


図 13 室内空気排出量と捕集率の関係

フードにおいては、外気供給装置の形状・吹出口のディテールを実使用可能な形に改良し、適切な外気風量、最適な吹出角度、袖壁の効果を明らかにした。

以上の結果として、高い捕集率を維持しながら非常に少ない室内空気排出量の排気フード 2 種類を開発できたと考えている。

参考文献

- 1) 小峯 裕己, 他:『業務用電化厨房における局所排気型及び同時給排気型レンジフードに関する研究』空気調和・衛生工学会学術講演論文集(2005.8)
- 2) 1) 小峯 裕己, 他:『家庭用電化厨房の局所給排気方式に関する研究(その2)』空気調和・衛生工学会学術講演論文集(1994.10)