

# 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

## Experimental study on the kitchen ventilation systems of spot exhaust range hood or exhaust range hood with make up air for restaurants suited to the electromagnetic cooking range.

学生会員 神谷 和宏 (千葉工業大学)      学生会員 石塚 俊一 (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\*<sup>1</sup>    Ishizuka SHUNITI\*<sup>1</sup>    Hiromi KOMINE\*<sup>1</sup>  
 Kazuya ITO\*<sup>2</sup>    Kazuhiro MIYAMOTO\*<sup>3</sup>    Kazuhide ITO\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup>Chiba Institute of Technology      \*<sup>2</sup>Environmental Planning & Brain  
 \*<sup>3</sup>Tokyo Electric Power Company      \*<sup>4</sup>Tokyo Polytechnic University

The ventilation performance such as contaminant collection efficiency or intake air-conditioned air volume of the kitchen ventilation systems of spot exhaust range hood or the exhaust range hood with make up air for restaurants suited to electromagnetic cooking ranges were confirmed in full-scale experiment. These range hoods were trial manufactures based on CFD result.

It was clarified that the hood collected contaminant efficiently under less exhaust air volume compared with ordinary canopy hoods and the exhaust range hood with make up air reduced intake air-conditioned air volume under the same condition.

### はじめに

近年、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を導入する動きが目立ってきた。しかし、現在の業務用厨房では、そのような特質が考慮されず、ガス厨房と同様な設計が行われ、排気フードもガス厨房と同様なものが使用されているため、排気風量が過大になっていると考えられる。また、ファミリーレストラン等の施設では、営業中に、常時換気設備を運転しているため、厨房内を HACCP で定める温湿度に維持しようとするれば、大きな外気負荷をもたらすと考えられる。

そこで、本研究では、電磁調理器が裸火扱いにならない事に注目し、これに特化した加熱面近傍に設置する局所排気型レンジフード、及び、これに、小峯らの考えを取り入れた同時給排気型レンジフード<sup>1)</sup>を試作し、実物大実験により、その性能を把握する。

### 1. 評価実験の概要

#### 1.1 実験室

実験室の概要を図1に示す。実験室及びフードは伊藤らが行ったCFD解析<sup>2)</sup>を基に設計した。各風量は、JIS Z 8762 に則った絞り機構による流量測定方法により測定し、FAN電源をインバータにより制御した。

#### 1.2 測定方法

実験システムを図2に示す。外気を吹出す装置により室内気流が乱される可能性がある状況下で、高い精度で濃度測定を行うために、実験室内及びダクト内空気を直接マ

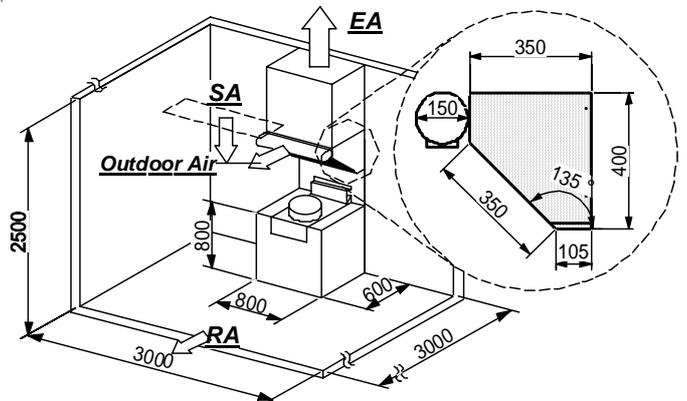


図1 実験室概要及びフード形状

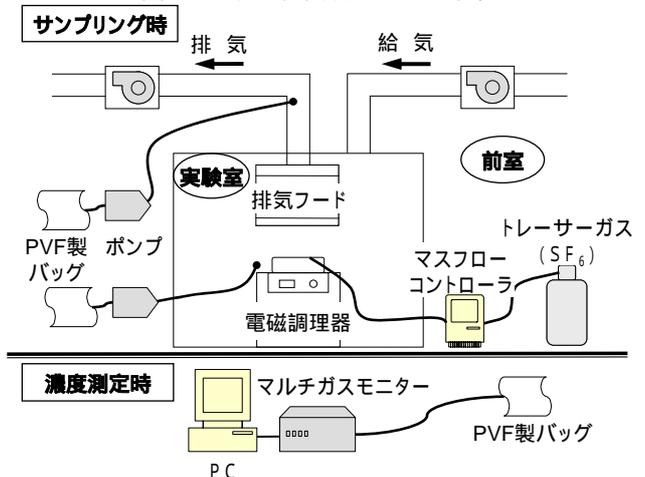


図2 試料空気の捕集方法・濃度測定方法

ルチガスモニターには導かず、非吸着製・非通気性に優れたPVF<sup>3</sup>製バッグに、実験中、連続的に空気採取する方法を用いた。この方法では、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。バッグ内の濃度不均一や測定値のばらつきを吸収するため、バッグに採取され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。トレーサガスには、水蒸気に溶けず、バッグ等への吸着が少ないSF<sub>6</sub>を使用した。

### 1.3 性能評価指標

#### (1) 捕集率

鍋から発生する汚染質量に対する、排気フードに吸われた汚染質量の比率を表す。測定にはトレーサガス法を用いる。以下に、捕集率の算出式を示す。

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

- η : 捕集率
- L : トレーサガス放出量[m<sup>3</sup>/h]
- L<sub>c</sub> : 排気フードに吸われたトレーサガス量[m<sup>3</sup>/h]
- Q : 排気風量[m<sup>3</sup>/h]
- R<sub>x</sub> : 排気中のトレーサガス濃度
- R<sub>r</sub> : 実験室内のトレーサガス濃度

#### (2) 室内空気排出量

同時給排気システムの風量収支に関する模式図を図4に示す。室内空気排出量は、同時給排気システムに特有の指標で、排出される実質的な室内空気量を表す。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。以下に、室内空気排出量の算出式を示す。

$$Q_e = Q - Q_f = Q - Q_p$$

- Q<sub>e</sub> : 室内空気排出量 [m<sup>3</sup>/h]
- Q : 排気風量 [m<sup>3</sup>/h]
- Q<sub>f</sub> : フードに捕集される外気風量
- Q<sub>p</sub> : 外気風量 [m<sup>3</sup>/h]
- : 吸引率 (=Q<sub>z</sub>/Q<sub>p</sub>)

吸引率は、給気側にトレーサガスを注入する、トレーサガス法により把握する。

#### 1.4 実験条件

局所排気型レンジフードにおける捕集率の測定条件を表1に、同時給排気型レンジフードにおける捕集率及び吸引率の測定条件を表2に示す。実際の調理では、最大出力で沸騰させ、その後は、火力を絞り定常的な沸騰を維持することが多い。そこで、いずれの実験においても、鍋の湯が沸騰状態を維持する最小出力（消費電力2.5kW）にレンジ出力を制御して測定を行った。

### 2. 実験結果

#### 2.1 局所排気型レンジフード

測定結果を図6に示す。排気風量と捕集率の関係は飽



図3 実験室内捕集点 (上)捕集率(下)吸引率

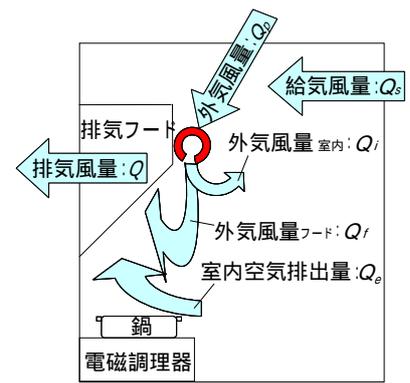


図4 同時給排気システムの風量収支に関する模式図

表1 局所排気型レンジフード 捕集率の測定条件

フード高さ (mm)	目標排気風量 (m <sup>3</sup> /h)	レンジ出力 (kW)
1450	200	2.5
	250	
1600	300	
	350	
1750	400	

注) レンジ出力について  
直径 30cm、高さ 10cm の電磁調理器用鍋に、容量の 8 割程度の湯を入れ、沸騰状態を維持できる出力（消費電力 2.5kW）とした。

表2 捕集率及び吸引率の測定条件

フード高さ (mm)	目標排気風量 (m <sup>3</sup> /h)	外気風量 (m <sup>3</sup> /h)	吹出し角度 (°)	レンジ出力 (kW)
1600	200	150	-15	2.5
	250		0	
	300	200	15	
	350		400	
1750	200	150	-15	2.5
	250			
	300			
	350			
400				



図5 吹出し角度

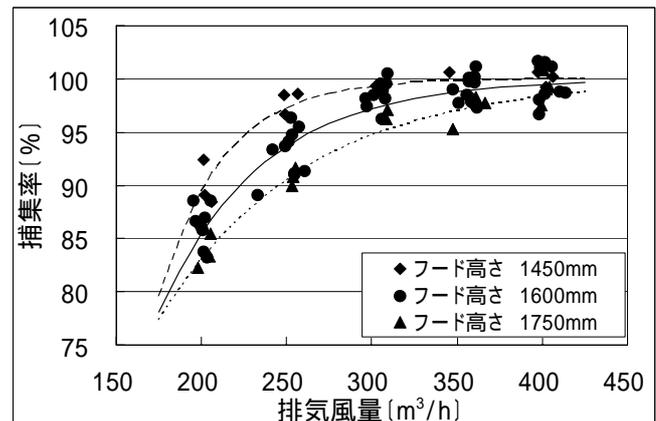


図6 局所排気型レンジフードの排気風量と捕集率の関係

和曲線と考えられるので、最小二乗法によりパラメータを決定し、捕集率推定式(図中の曲線)を導出した。捕集率の高い領域のみを対象として測定しているため、指数内に定数項を導入し、適合性を改善している。表4に決定したパラメータを示す。

図6によれば、同一排気風量における各フード高さの捕集率は、フード高さが高くなるにつれて低くなっている。フードと鍋との距離が離れることにより、汚染質が室内へ拡散しやすくなったと考えられる。一方、排気風量 300m<sup>3</sup>/h以上では、いずれのフード高さにおいても95%以上の捕集率が確保できているが、200m<sup>3</sup>/h~250m<sup>3</sup>/hでは、フードの吸引力が弱くなり、汚染質の捕集が十分ではなくなっている。しかし、200m<sup>3</sup>/hでも80%以上の捕集率が確保されており、概ね良好な捕集性能を有しているといえる。

### 2.2 同時給排気型レンジフード

吹出し角度をパラメータとした実験において、吹出し角度-15°の場合に良好な捕集率及び吸引率の結果を得た。そこで、吹出し角度-15°における測定結果を示す。

#### (1) 捕集率

測定結果を図7に示す。図中の曲線は、局所排気型レンジフードと同様の方法で求めた捕集率の推定式である。

いずれのフード高さにおいても、外気風量が多い程、捕集率が低くなっている。これは、吹出し風速が速くなり、鍋からの上昇気流を乱したためと考えられる。また、外気風量 200m<sup>3</sup>/hでは、局所排気型レンジフードと同様に、フード高さが高い程、捕集率が低くなっているが、150 m<sup>3</sup>/hでは、高さによる差がほとんど見られず、吹出し気流が、フード前縁からの逸流を防止する効果を発揮していると考えられる。

#### (2) 吸引率

測定結果を図8に示す。図中の曲線は、捕集率と同様の方法で求めた吸引率の推定式である。フード高さ 1600mmでは、外気風量が多い程、吸引率が低くなっている。外気の吹出し風速が速くなり到達距離が伸びたために、鍋からの上昇気流と干渉しあい、フードに吸われにくくなったと考えられる。一方、フード高さ 1750mmでは外気風量による差はほとんど見られない。これは、吹出し気流が鍋まで到達せず、上昇気流と共にフードに吸引されたためと考えられる。

## 3. レンジフードの評価

### 3.1 室内空気排出量の削減効果

各々の推定式より、各排気風量における捕集率及び室内空気排出量をフード高さ別に算出した。その結果を局所排気型レンジフードの場合と共に図9、10に示す。局所排気型レンジフードでは「排気風量=室内空気排出量」となる。フード高さ 1600mmと1750mmでは室内空気排出量の水準は異なるものの、いずれも同時給排気型レンジ

$$\eta = 1 - e^{Qa+b} \dots (1)$$

- η : 捕集率または吸引率
- Q : 排気風量[m<sup>3</sup>/h]
- a,b : 飽和曲線パラメータ

表4 局所排気型レンジフード・捕集率推定式のパラメータ

フード高さ	1450	1600	1750
a	-2.64E-02	-1.65E-02	-1.16E-02
b	3.03E+00	1.36E+00	5.55E-01

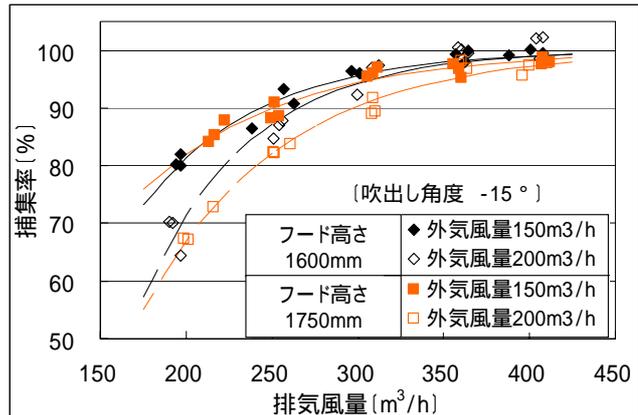


図7 同時給排気型レンジフードの排気風量と捕集率の関係

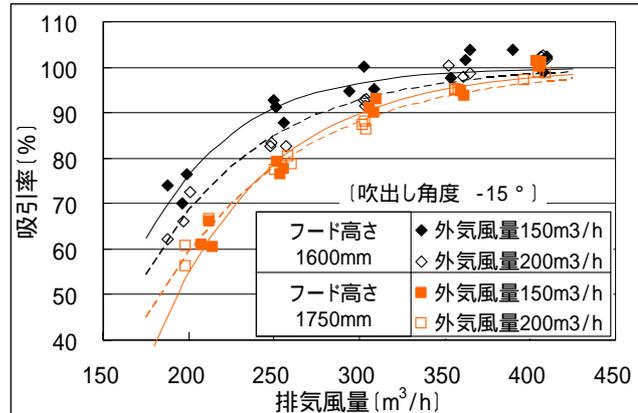


図8 同時給排気型レンジフードの排気風量と吸引率の関係

表5 同時給排気型レンジフード・推定式のパラメータ

外気風量		捕集率		吸引率	
		1600	1750	1600	1750
150	a	-1.45E-02	-1.16E-02	-1.90E-02	-1.49E-02
	b	1.22E+00	6.10E-01	2.35E+00	2.18E+00
200	a	-1.62E-02	-1.23E-02	-1.48E-02	-1.22E-02
	b	1.99E+00	1.34E+00	1.80E+00	1.54E+00

ードとすることにより、室内空気排出量を半減できることが明らかになった。従来型キャノピーフードと、フード高さ 1600mmにおける局所排気型レンジフード及び同時給排気型レンジフードの比較を図11に示す。一般的な設計(面風速0.3m/s)をした従来型キャノピーフードの排気風量(=室内空気排出量)は648m<sup>3</sup>/hとなる。一方、捕集率を95%とした場合には、局所排気型レンジフードは265m<sup>3</sup>/h、同時給排気型レンジフードの室内空気排出

量は 120m<sup>3</sup>/h (外気風量 200m<sup>3</sup>/h、排気風量 307m<sup>3</sup>/hの場合)となる。したがって、従来型キャノピーフードの室内空気排出量に比べ、局所排気型レンジフードはその41%、同時給排気型レンジフードは、その19%に削減できることになる。このことから、同時給排気型レンジフードは、外気負荷の低減に極めて有効であるといえることができる。

### 3.2 省エネルギー効果

前述した3種類のフードについて、夏季最暑日<sup>b)</sup>における外気負荷(厨房内温度: 25、湿度: 80%)を試算した(表6)。仮に冷房COPを3.0とした場合の外気負荷の処理エネルギーは、キャノピーフードが16.8kWhであるのに対して、局所排気型レンジフードが6.9kWh、同時給排気型レンジフードが3.1kWhとなった。従来型キャノピーフードに比較して、同時給排気型レンジフードは、最暑日1日に13.7kWhの削減が可能であり、省エネルギー効果が大きいことが明らかとなった。

#### おわりに

局所排気型レンジフードの実験により、従来の排気風量より少ない排気風量で高い捕集率を得られることが明らかとなった。また、同時給排気型レンジフードにおいては、外気風量、吹出し角度等のパラメータと性能評価指標との関係を明らかにし、高い捕集率を維持しながら室内空気排出量を低減できることを明らかにした。加えて、その省エネルギー効果を試算した。

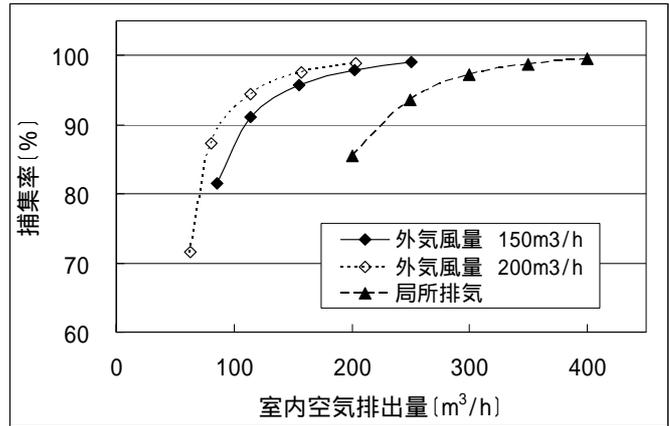


図9 室内空気排出量と捕集率(フード高さ1600mm)

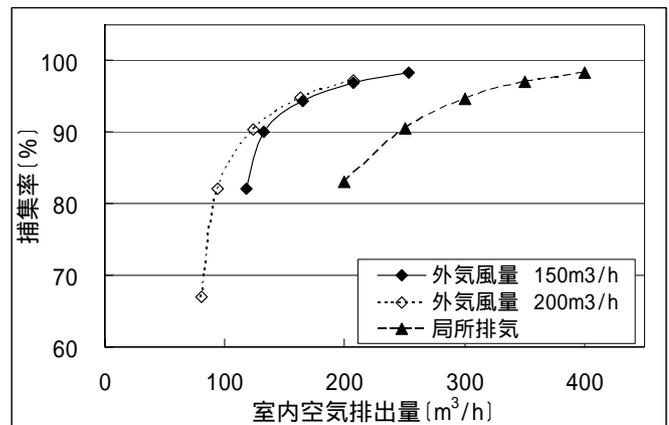


図10 室内空気排出量と捕集率(フード高さ1750mm)

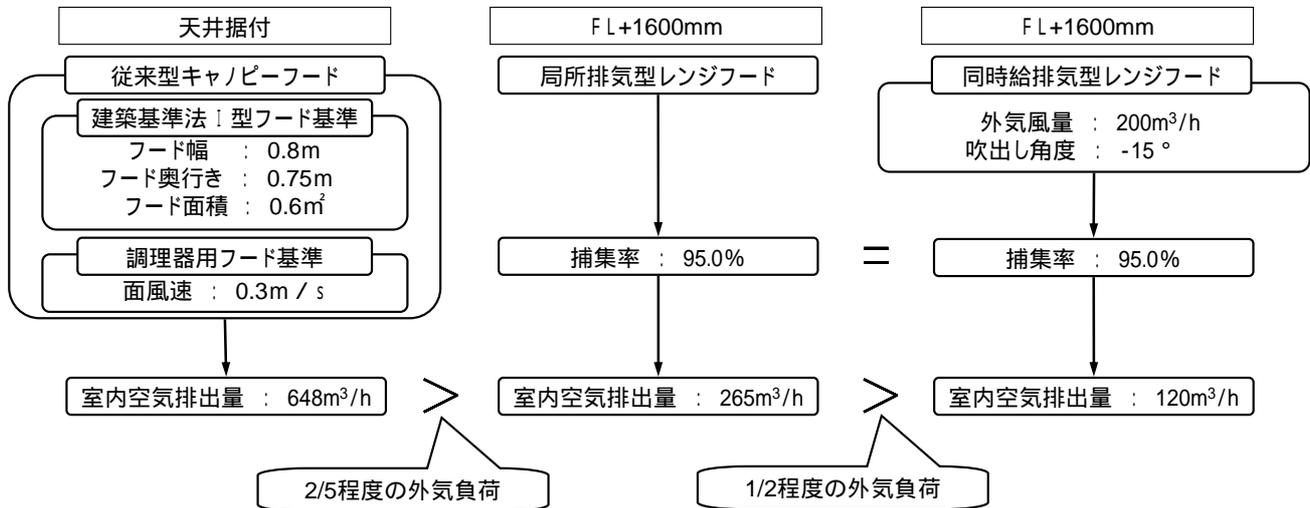


図11 3種類のレンジフードの比較

表6 3種類のレンジフードの省エネルギー効果

3種類のレンジフードの省エネルギー効果	単位	キャノピー フード	局所排気型 レンジフード	同時給排気型 レンジフード
室内空気排出量	[m <sup>3</sup> /h]	648	265	120
室内空気排出量比率	%	100	41	19
日合計外気負荷	[Wh]	50,270	20,558	9,309
日合計外気負荷処理エネルギー (COP=3.0)	[Wh]	16,757	6,853	3,103
日合計外気負荷処理エネルギー削減量	[Wh]	0	9,904	13,654

#### 参考文献

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{94.10}

2)伊藤 一秀,他:『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1・2報)』空気調和・衛生工学会学術講演論文集{2003.9}