

電磁調理器に対応した厨房換気に関する研究



村江 行忠*1

高橋 義行*2
佐々木 光信*2

概 要

炭酸ガスなどの汚染物質の発生がなく、従来の電気レンジよりも熱効率が高い電磁誘導加熱（IH）による調理レンジを用いた場合の、壁面排気方式およびその少風量化の可能性を探るため、気流性状に関する可視化実験および数値シミュレーションを行った。

その結果、排気口と周囲に縁を設けたオーバートップを発熱源近くに設けることにより、少風量で効果的な排気が行える可能性があることがわかった。

STUDY ON VENTILATION SYSTEM OF KITCHEN WITH INDUCTION HEATING COOKING STOVE

Yukitada MURAE*1
Yoshiyuki TAKAHASHI*2
Mitsunobu SASAKI*2

This paper is the outline of examination by visualization and numerical simulation of flow on possibility of exhaust at opposite wall and reduction of air volume for induction heating cooking stove, that contaminant such as carbon dioxide is not generated, and high thermal efficiency.

The results show that, there is possibility, setting exhaust inlet and “overtop” with brim at near stove enable exhaust to be more efficiently.

*1 技術研究所 *2 設備設計部

*1 Technical Research Institute *2 Mechanical and Electrical Engineering Department

電磁調理器に対応した厨房換気に関する研究

村江 行忠*¹
高橋 義行*²
佐々木 光信*²

1. はじめに

電化厨房における排気風量低減の可能性については幾つかの研究^{例え¹}が既になされているが、集合住宅においては、室内圧の低下によるドア開閉障害や騒音などの問題に加え、常時換気システムやS I住宅への対応など新たな設備システムに対する関心の高まりとともに、厨房換気についても更なる少風量化やフレキシビリティなどの要求が生じてきている。

そこで今回、炭酸ガスなどの汚染物質の発生がなく、従来の電気レンジよりも熱効率が高い電磁誘導加熱（IH；Induction Heating）による調理レンジ（以下電磁調理器）を用いて、プランニングの自由度を高くすることができる壁面排気およびその少風量化の可能性を探るため、気流性状に関して可視化実験および数値シミュレーションを行って検討したので概要を報告する。

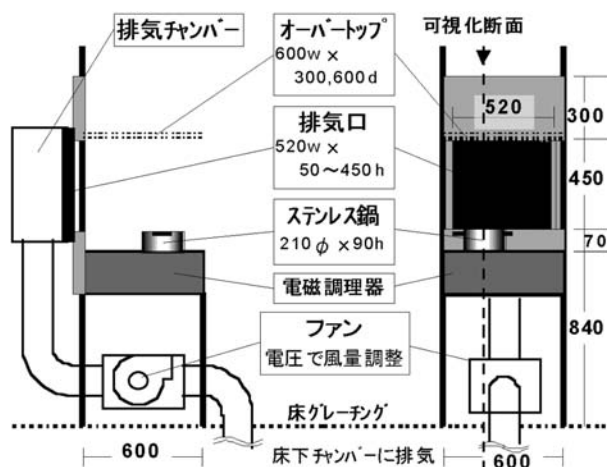


図 - 1 実験架台概要

2. 可視化実験による検討

2.1 実験目的

電磁調理器による加熱時に発生する上昇気流の基本的な挙動を把握し、少風量化の可能性を検討することを目的に、直感的に流れを理解できる可視化実験を行った。

2.2 実験概要

(1) 実験装置概要

実験装置として電磁調理器、排気チャンパー、ファンなどを取り付けた実験架台（図 - 1、写真 - 1）を作製し、室温 18℃、湿度 30%、風速 0.03m/s 以下となるように空調運転されたクリーンルーム²⁾内に設置して実験を行った（図 - 2）。排気チャンパーの排気口には不織布フィル

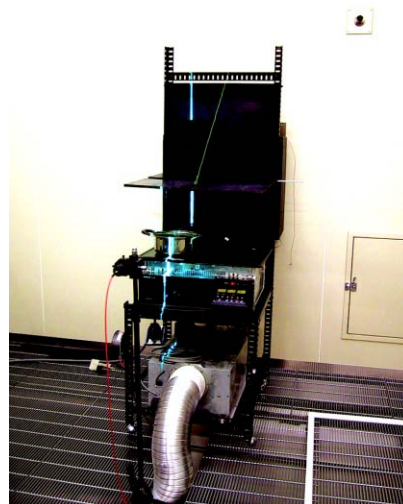


写真 - 1 実験架台

装置名	仕様等
レーザーライトシート発生装置	発振器 NEC/GLS 3300 アルゴンガスレーザー 出力 4W
	レンズ シリンドリカルレンズ 拡り角 100° ライトシート厚 約 10mm
電磁調理器	M 社 KZ-321D 単相 200V 4.8KW IH(2KW) × 2, レンジ(1.25KW) × 1 口
撮影カメラ	C 社製デジタルカメラ PS1025 レンズ 6.3-12.6mm F2.8-4.0 素子 約 211 万画素 CCD

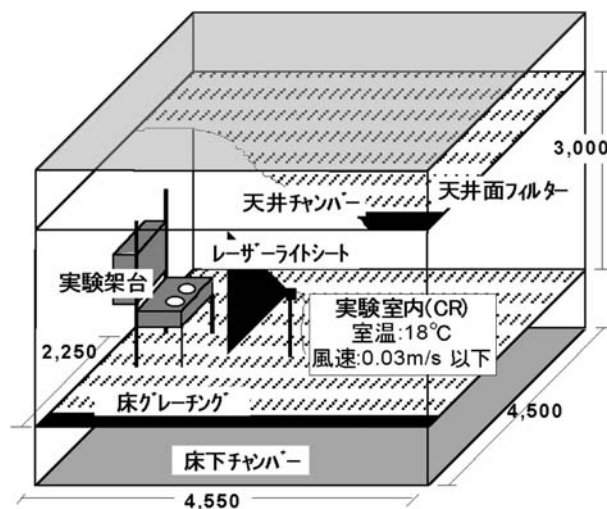


図 - 2 実験室概要

* 1 技術研究所 * 2 設備設計部

表 - 2 実験ケース

CASE	排気方式	風量 (m ³ /h)	排気口面積 w × h (mm)	面風速 ^{注1} (m/s)	排気口高さ ^{注2} (mm)	オーバートップ [°] w × d (mm)
CASE a01	壁面排気	300	520 × 450	0.36	295	無し
CASE a02	壁面排気	300	520 × 250	0.64	295	無し
CASE a03	壁面排気	300	520 × 50	3.21	295	無し
CASE a04	壁面排気	300	520 × 250	0.64	295	600 × 300
CASE a05	壁面排気	300	520 × 250	0.64	295	600 × 600
CASE a06	壁面排気	300	520 × 150	1.07	295	600 × 600
CASE a07	壁面排気	300	520 × 50	3.21	295	600 × 600
CASE a08	壁面排気	300	520 × 250	0.64	195	600 × 600
CASE a09	壁面排気	300	520 × 150	1.07	145	600 × 600
CASE a10	壁面排気	300	520 × 50	3.21	95	600 × 600
CASE a11	壁面排気	200	520 × 150	0.71	145	600 × 600
CASE b01	天井排気	300	600 × 600	0.13	800	無し

注1；風量と排気口面積による計算値。実験前には確認のため中央1点の風速を測定。注2；排気口中心の電磁調理器上面からの高さ

タを取り付けるとともに、排気口の面積と位置(高さ)を任意に変えられるようにシャッターを取り付けた。また、排気はダクトに設けたピトー管により風量(動圧)を計測してファン電圧により風量を調節し、床下チャンバーに開放した。

さらに、欧米の厨房の一部で見られる油飛散防止板を模した板(本報ではオーバートップと称す)を実験条件に応じて設置できるようにした。

実験に用いた電磁調理器は電磁誘導により鉄またはステンレスなどの有磁性の鍋などが発熱体となるため、直径210mm高さ90mmの電磁調理器用のステンレス鍋を使用して加熱した。なお、電磁調理器の熱効率率は83%(メーカー値)であった。

(2) 実験条件および可視化方法

実験条件は、表-2に示す通り排気口面積や高さ等を変えた壁面排気11ケースに、参考として天井排気の1ケースを加えた12ケースとした。可視化は水1リットルを入れたステンレス鍋を、電磁調理器により1.45kWで常時加熱沸騰させて発生した湯気を、レーザーライトシートを使って鍋中央断面について観察し、撮影記録した。装置の仕様等は表-1に示す。

2.3 結果および考察

実験結果として、可視化写真および気流のスケッチを表-3に示す。

鍋から発生した湯気は、乱れも大きく不安定であったが、各ケースとも平均的な流れの写真を示しており、気流のスケッチにおいては主たる流れを太線で示している。また、湯気は通常可視化で用いられる煙に比べ薄く、明瞭な画像を得にくいため、デジタルカメラ画像に明度の変更等の処理を施している。

以下代表的なケースを中心に考察する。

CASEa01は中心高さ電磁調理器上295mmに520(w) × 450(h)mmの排気口を設け300m³/hで排気したケースである。この場合、上昇気流の一部は排気されるが、上部への拡散が卓越している。また、排気口が小さく風速が速い

CASEa02, a03においても、若干排気口への流れが強くなるものの、ほとんどは上部へと拡散する傾向であり、単純な壁面排気では十分な排気が行われ難いことがわかった。

CASEa04は、CASEa02に600 × 300mmのオーバートップを設けた場合であるが、この大きさのオーバートップでは一部のみが排出される流れであった。

CASEa05, a06, a07は中心高さ295mmに設けた排気口の上端に600 × 600mmのオーバートップを設けた場合である。このケースでは上昇気流はオーバートップに沿って排気され、一部がオーバートップ下表面から周囲に拡散する流れであった。排気口面積が異なり風速が早い各ケースとも同様の流れであったが、オーバートップが短いCASEa04では上部への拡散がかなり多かったことから、調理器全面を覆うことでオーバートップの効果が得られるものと考えられる。

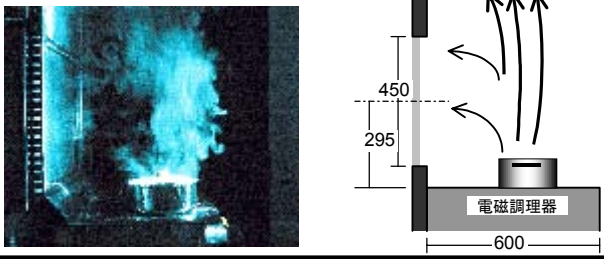
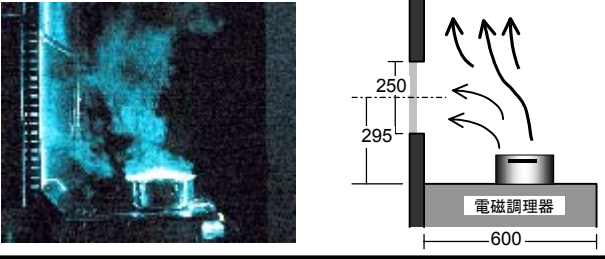
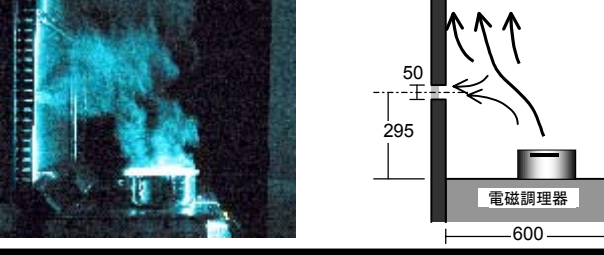
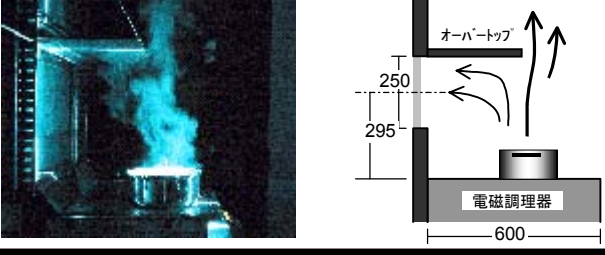
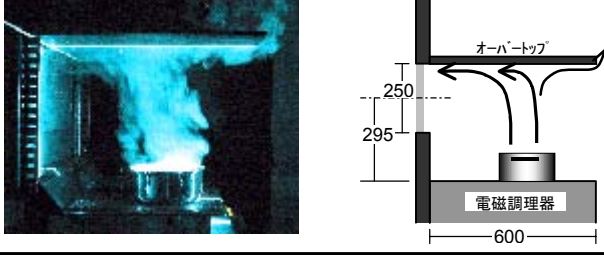
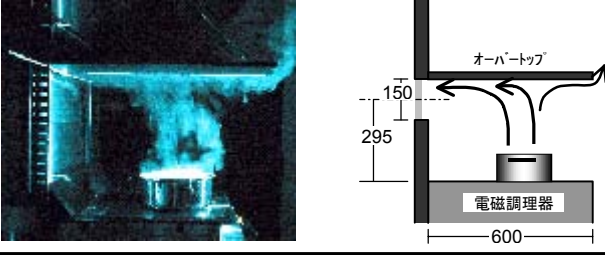
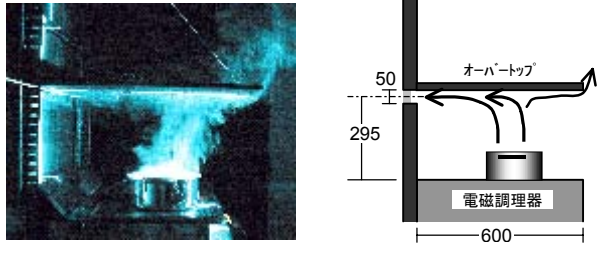
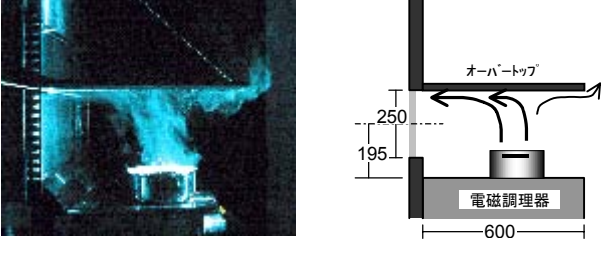
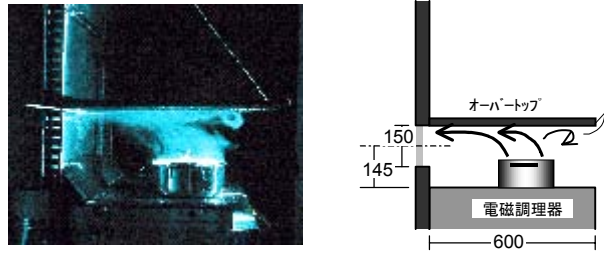
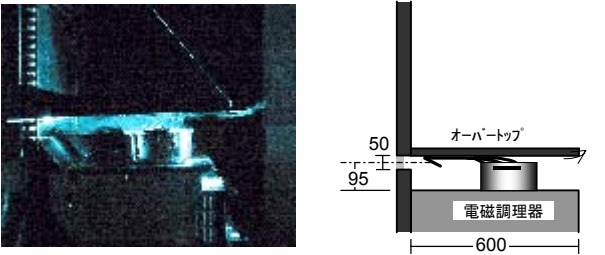
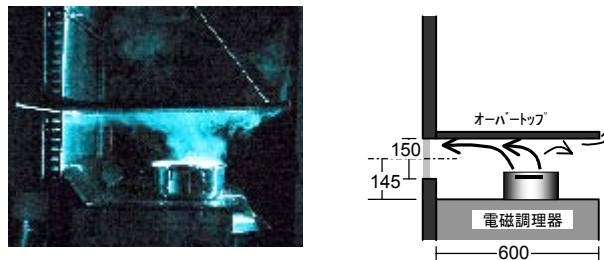
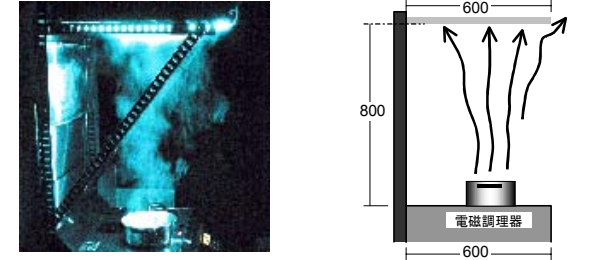
CASEa08, a09, a10は排気口およびオーバートップを低い位置に設けたケースである。このケースでは周囲からの拡散はわずかで、大部分は排気されている。また実用的ではないが、オーバートップが鍋上30mmに位置するCASEa10ではほとんど全てが排気されることから、オーバートップを含めた排気位置を発熱源に近くにするにより、有効な排気が行えるものと考えられる。

CASEa11は、排気風量を200m³/hに設定したケースである。CASEa09に比べて若干劣るものの、周囲からの拡散も少なく効果的な排気が行われている。

従来型のレンジフードを模したCASEb01では、概ね上昇気流がそのまま排気されるが、一部は捕集出来ずに室内に拡散する流れとなっている。この流れは、既往の研究³⁾でも述べられているように、高効率の電気レンジでは上昇気流が弱く拡散しやすくなるためと考えられる。

以上の実験結果から、電磁調理器を用いた場合には、吸込み風速よりも、むしろ排気口およびオーバートップ位置を低して熱源に近くすることで、風量低減の可能性があるとされるが、拡散防止のためには、下面からの拡散を抑制するオーバートップ形状などの検討も必要と思われる。

表 - 3 可視化実験結果

<p>CASE a01</p> 	<p>CASE a02</p> 
<p>CASE a03</p> 	<p>CASE a04</p> 
<p>CASE a05</p> 	<p>CASE a06</p> 
<p>CASE a07</p> 	<p>CASE a08</p> 
<p>CASE a09</p> 	<p>CASE a10</p> 
<p>CASE a11</p> 	<p>CASE b01</p> 

3. 気流解析による検討

3.1 目的

可視化実験に引き続き、オーバートップ形状を変更した場合の気流性状を確認し、風量低減の可能性を検討することを目的に気流解析を行った。

3.2 解析概要

(1) 計算機およびプログラム

解析に使用した、計算機およびプログラムは以下の通りである。

- ・ 計算機 : EWS SUN-7/420U
- ・ プログラム : STREAM V3.11
(k-モデル、有限体積法)
- ・ 収束判定 : 定常計算を行い、各変数の平均変動値が 10^{-4} にて計算打ち切り

(2) 解析対象

前述した可視化実験架台をモデル化した下記を解析対象とした。解析メッシュを図-3に示す。

- ・ 解析領域 : 3.0 m(w) × 2.4 m(d) × 3.0 m(h)
- ・ 計算要素 : $39 \times 36 \times 40 = 56,160$
- ・ 要素間隔 : X方向 0.04 ~ 0.20 m
Y方向 0.04 ~ 0.20 m
Z方向 0.02 ~ 0.24 m

(3) 解析ケース

解析ケースは表-4に示す3ケースである。CASE1は前述した可視化実験のCASE a11に相当し、CASE2,3はオーバートップ下面に20mmの縁を設けた場合である。

(4) 解析条件

解析条件を表-4に示す。電磁調理器からの発熱は、有効熱量 ($1.45\text{kW} \times 0.83 = 1.20\text{kW}$) から算出した水蒸気発生量を100の空気の流入 (約 $3.0\text{m}^3/\text{h}$) と仮定し、残りの非有効熱量 (0.25kW) を鍋上面から発熱するものとした。また、文献⁴⁾により電磁調理器による放射分の発熱はわずかと考えられるので、本解析においては放射については考慮していない。尚、算出した水蒸気発生量から1リットルの水が無くなる時間は可視化実験中とほぼ同じ約35分であった。

また本報では詳述しないが、ほとんどの熱量が蒸発に消費されるため、上昇気流は非有効熱量の影響が大きく、上昇気流の風量が鍋の水を沸騰させた場合に激減するという既往の研究⁵⁾と同様の傾向であった。

3.3 解析結果および考察

解析結果として各ケースにおける、鍋中央断面における拡散物質濃度 (無次元)、気流ベクトルおよびオーバートップ下面における気流ベクトルを表-5に示す。

CASE-1は同条件で可視化実験を行ったCASE a11と比較して、基本的な流れは一致しており、拡散物質がオーバートップ周囲から拡散して上部に広がる流れであった。また、可視化実験ではオーバートップ左右および前面からの拡散が観察されたが、解析結果では、前面からの拡散は見られなかった。これは、実験では上昇気流が不安定だっ

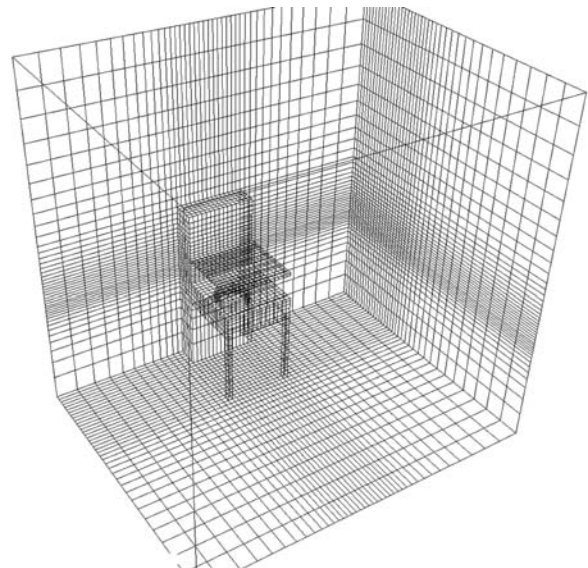


図-3 解析メッシュ図

表-4 解析ケース

	CASE-1	CASE-2	CASE-3
排気方式	壁面排気	壁面排気	壁面排気
風量 (m ³ /h)	200	200	150
排気口面積 w × h (mm)	520 × 150	520 × 150	520 × 150
面風速 (m/s)	0.71	0.71	0.53
排気口高さ ^{注3} (mm)	145	145	145
オーバートップ ² w × d (mm)	600 × 600	600 × 600 下面縁有り	600 × 600 下面縁有り
備考	可視化実験 CASE a11と 同条件		

注3 ; 排気口中心の電磁調理器上面からの高さ

表-5 解析条件

壁面応力	全て対数則条件
流入流出	・ 天井 : 自由流入流出, 外部温度 18 ・ 床 : 自由流出 ・ 壁 (背面以外) : 自由流入流出, 外部温度 18 ・ 排気口 : 速度規定 0.71, 0.53m/s ・ 鍋上面 : 速度規定 0.0162m/s, 外部温度 100 ^{注4}
拡散物質	・ 鍋上面より濃度 1 (無次元) を発生 拡散係数 : 0.093 (m ² /h) ^{注5}
発熱条件	・ 鍋上面 : 0.25kW
初期条件	・ 温度 : 18, 風速 : 0.1m/s, 拡散物質なし

注4; 下式より求めた水蒸気発生量を 100℃の空気と見なして、鍋上面の面積で除した速度規定とした。

$$M = (Q \times E) / r / \rho$$

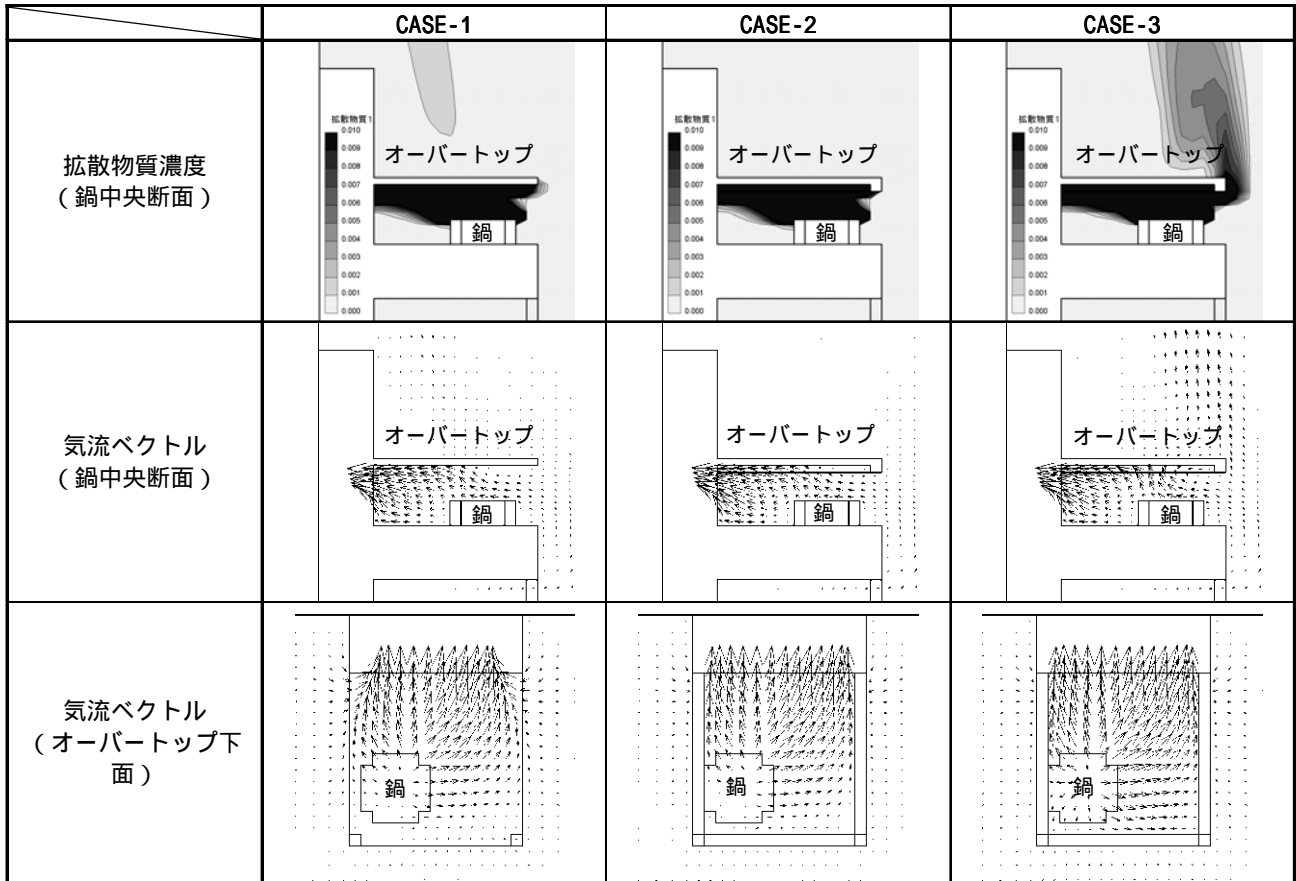
M : 水蒸気発生量 100 空気流入量 (m³/h)
 r : 水の蒸発熱量 (600kcal/kg=2,512kJ/kg) ⁶⁾
 Q : 電磁調理器の加熱能力 (1.45kW)
 E : 電磁調理器の効率 (0.83)
 ρ : 100 水蒸気の密度 (0.578kg/m³) ⁷⁾

注5 ; 拡散物質は水蒸気を想定し下式⁶⁾より求めた。

$$D = (0.0832/P) \times (T/273)^{1.8}$$

D : 水蒸気の拡散係数 (m²/h)
 P : 圧力 (atm)
 T : 温度 (K)

表 - 5 解析結果



たが、解析では定常解を求めたためと思われる。

CASE-2はオーバートップ周囲からの拡散を防止するために、オーバートップ下面3辺に40mm×20mmの縁を設けたケースである。この場合、周囲への拡散はまったく見られず、縁を付けることによりオーバートップ下表面からの拡散を防ぐ効果が高いことがわかった。

CASE-3は排気風量を150m³/hとしたケースである。この場合は、オーバートップ前面から若干拡散する結果となった。

以上の結果から、オーバートップ周囲に縁を設けることで、拡散を防ぐ効果はあるものの、さらに少風量化するためには、給気方法など他の方法も検討する必要があると思われる。

4. おわりに

可視化実験により、発熱源近くに排気口とオーバートップを設けることにより、少風量で効果的な排気が行える可能性があることが定性的に判断できた。また、気流解析においては、沸騰する鍋に関する境界条件のモデル化を試みるとともに、オーバートップ形状により拡散防止の効果があることがわかった。今後は、給気方法の検討を行うとともに、捕集効率などによる定量的な比較を行い、最適な排気方法について検討していきたい。

【謝辞】

本実験に関して、東京電力(株)坂口氏、松下電器産業(株)高田氏をはじめ関係各位に貴重なご意見を頂いた、記して謝意を表す。

【注】

電磁調理器は燃焼器具ではないが、関係法令・条例などにより、壁面排気やオーバートップ設置は制限されることがある。

【参考文献】

- 1) 鎌田他 . 家庭用電化厨房の局所排気方式に関する研究 (その1) . 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 . 1993
- 2) 大阪谷他 . 戸田建設技術研究所 CR 実験棟の概要 . 戸田建設技術研究報告 vol.13 . 1987
- 3) 鎌田他 . 家庭用電化厨房の局所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会論文集 . 1994
- 4) 小峯他 . 業務用電化厨房における温熱環境に関する実験的研究 . 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 . 1992
- 5) 赤林他 . 電気レンジとフードファンの排気に関する実験的研究 . 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 . 1989
- 6) 空気調和・衛生工学会 . 空気調和・衛生工学便覧 基礎編 . 第11版 . 1989
- 7) 日本機械学会 . 機械工学便覧 . 第6版 . 1975
- 8) 村江他 . 集合住宅の換気システムに関する研究(その1) . 日本建築学会大会学術講演梗概集 . 2000