家庭用調理機器の上昇気流性状 および室内温熱環境に関する実 測 その1

MEASUREMENT OF PLUME ABOVE COOKING STOVE AND OF INDOOR THERMAL ENVIRONMENT PART1

古賀 修 —*1 松下敬幸 —*2
小椋大輔 —*3 菊澤浩之 —*4

Osamu KOGA —*1 Takayuki MATUSHITA —*2
Daisuke OGURA —*3 Hiroyuki KIKUZAWA —*4

キーワード：
調理器, 上昇気流, 室内温熱環境, 測定

Keywords:
Cooking stove, Plume, Thermal environment, Measurement

The purpose of study is to clarify the plume above induction heating and gas cooking stove by measurement of the temperature distribution above cooking stove and an indoor temperature distribution.

Furthermore, it aims at clarifying the difference in the plume to various room arrangement by changing the connection form of a kitchen and living room. The results are as follows,

- 1) With existence of the wall on the back of a cooking stove the plume above cooking stove changes.
- 2) When there is no wall in the cooking stove back, depending on the cooking stove to be used, the plume flows out indoors.

1. はじめに

これまでの住宅内厨房においては、燃焼に伴う熱により調理を行うガス調理器が長年主体となっていた。ガス調理器は、燃焼発熱量のうち利用されない熱が、上昇気流を助長し、結果として真上に配置されたレンジフードに汚染空気が入るとされている。

一方最近になり、燃焼によらず、渦電流と鍋の抵抗により鍋自体を発熱するIH（電磁）調理器が登場し、家庭にも幅広く用いられるようになってきた。IH調理器はその熱効率の良さから、調理器周囲の作業空間において、温度上昇が少ないことは知られている¹⁾。これは、熱の供給方式が燃焼を伴わないことから発熱量が少なく、上昇気流の発生が抑えられているためと考えられる。

調理器からの上昇気流についての既往の研究^{2)~4)}では、ガス調理器や業務用レンジおよびIH以外の家庭用電気調理器（ハロゲンヒータ、シーズヒータ）を対象に、風速や温度分布の測定を行っているが、家庭用IH調理器からの気流についての測定は少ない。

また、一般的な家庭においても、調理器はIH調理器を用いても、レンジフードをはじめとする調理器周辺機器については、ガスを対象とした機器を使用する例が多いと思われる。

家庭で使用する調理器の違いによる室内環境の影響を把握するには、調理器から発生する気流とその気流の室内への拡がりを測定することが有効と思われる¹⁾。

本研究は、住宅内厨房において、通常一般的に用いられるガス用レンジフードのもとでのIH調理器とガス調理器の気流性状について、コンロ直上ならびに室内の温度分布を用いて把握し、両者の差異と従来のレンジフードの有効性を比較することを目的としている。

さらに、近年住宅内厨房のレイアウトについては、従来の独立型のキッチンのほか、リビングと接続して対面型とするなど多様化していることから、実験条件としてキッチンとリビングの接続形態を変化させ、種々の間取りに対する変化も把握することを目的としている。

2. 実測

2-1 実測概要

一般住宅厨房におけるIH調理器とガス調理器の気流性状を把握するために、実大の住宅厨房で、加熱時および加熱前後におけるそれぞれの調理機器の上部および室全体の温度計測を行った。

図1 実測対象室 平面図

*1 関西電力㈱
(〒661-0974 尼崎市若王寺3-11-20)

*2 神戸大学工学部建設学科 教授・工博

*3 京都大学院工学研究科 助手・工博

*4 神戸大学院自然科学研究科 大学院生

*1 Kansai Electric Power Co.

*2 Prof., Department of Architecture & Civil Engineering, of Kobe University, Dr. Eng.

*3 Research Assoc., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.

*4 Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kobe University

実測は、大阪市生野区南翼にある住宅型実験棟において、2002年の8月から11月に行った。IH調理器を設置した室とガス調理器を設置した別々の2室を用いたが、両室とも同一仕様で設けられており、室の周囲の北、東、西面に外気と同等の条件とするよう環境室を設けている。なお、本実測では、環境室は外気と同等になるようにファンを用いて南側から外気を取り入れている。(図1)

両室の気密性能については、相当隙間面積 $3.0(\text{cm}^2/\text{m}^2)$ 前後であり、実測に先立ち行った両室南外壁および壁内温度の経時変化ならびに両室東壁面(室外・室内・壁内)の温度の経時変化においては、図2、図3に示すように、同等の特性を示すことを確認している。

また、室内のキッチン・リビングの接続形態は、図4に示すように、間仕切りや吊戸棚の配置を変化させた5つのタイプを用意し、各タイプにおいて同一の実測を繰り返した。なお、給気は、リビングの外気に面した南窓上部にスリット状の開口部を設けており、そこから外気を導入している。(図1)

コンロ直上の温度測定においては、幅80cm奥行き65cm高さ80cm(一部95cm)の架構フレームに15cm間隔(発熱体直上のみ7.5cm間隔)で熱電対を配置し、データ収録装置であるナショナルインスツルメンツ社DAQCard-AI-16XE-50およびSCXI(ジャーシ(1000)、モジュール(1102)、ターミナルブロック(1303))・Labviewシステムを用いて、鍋内水温およびコンロ周辺温度も含め160点を2秒間隔で測定した。室内については、リビング及びキッチン内に120点の熱電対を配置し、空間温度を20秒間隔で同時に測定した。なお、換気扇は吸込み面に邪魔板のないものを使用した。(図5)

2-2 実測条件

実測開始前にキッチンおよびリビングを空調して环境温度が24℃に安定したことを確認した後空調を停止して、直径22cm、深さ10cmの片手鍋に入れた1ℓの水を10分加熱し、その後消火して5分放置した。なお、加熱はIH調理器2.0kW、ガス調理器4.65kW(左コンロ)とし、図6に示すとおり、沸騰開始時刻(3分30秒後)から消火時刻(10分後)までの沸騰時間と鍋の水の蒸発量がほぼ同一となるよう加熱性能について同等の条件設定を行った。なお、水の温度上昇についてもほぼ同じ変化を示すことを確認している。

実測は、コンロ使用位置(左1口、右1口、左右同時)、熱源(IH、ガス)、キッチンタイプ(図4の5種類)、換気扇(強(525 m^3/h)、弱(200 m^3/h)、OFF)の組合せで計50通り行った。

本報では、両者が単体で最大の加熱性能が出る左コンロ1口で、熱源(IH、ガス)、キッチンタイプ(オープン背壁あり・オープン背壁なし・セミオープン背壁あり・セミオープン背壁なし・クローズ)、換気扇(強)の組合せを取り上げる。

また、気流性状は3次元であるため、以下の調理器上の実測結果の表現においては、図7に示すように、キッチンから調理器に向かって、左(横壁)から右(流し)の向きにx軸、レンジ手前から奥(背壁)の向きにy軸、レンジ表面からフードの向きにz軸と定義し、切断平面による表現を行う。リビング内での実測結果についても同様の表現を行うが、図8に示すように、リビングからキッチンを見る方向とし、左壁から右壁の向きにx軸、窓側からキッチンの向きにy軸、床面から天井の向きにz軸と定義する。

b) LDK (電気) 南壁の測定データ

b) LDK (電気) 東壁の測定データ

c) LDK (ガス) 南壁の測定データ

c) LDK (ガス) 東壁の測定データ

図2 南壁温度経時変化

図3 東壁温度経時変化

(名称説明図)

図4 キッチン・リビング接続形態

(単位: cm)

図5 架構フレームと室内計測状況

(単位: m)

2-3 コンロ直上実測値の平均化処理

測定瞬時値の各断面での温度分布の一例を図9、図10に示す。

図6 IH調理器とガス調理器の加熱性能の比較

図7 コンロ上での x, y, z 平面

図8 リビングでの x, y, z 平面 (単位: cm)

図9 セミオープン背壁あり・IH・換気強・左1口での瞬時値と平均値の比較

図には沸騰の約 1 分後から測定終了までの平均値も示している。瞬時値には揺らぎがあることが分かるが、瞬時値と平均値とを比較すると、平均値による温度分布は瞬時値とは大域的な気流性状に大きな変化はない。よって、平均値によって、調理器上の気流性状の全体像を把握することは可能であり、かつ認識を誤る恐れはないと考えられることから、コンロ直上の気流性状の結果および考察では、基本的に平均値によって行うこととする。

3. 実測結果と考察

3-1 コンロ直上気流性状

図 11, 12 に各種キッチンタイプにおける換気強での IH 調理器とガス調理器直上の X, Y 平面で沸騰後 1 分～加熱開始後 10 分の平均温度分布を示す。図での温度スケールは 24~44℃で示されており、図中では黒色が濃くなるほど高温部を示し、白抜きは 100℃を超える高温部を示す。なお、左コンロの中心位置は、フレームの X=22.5, Y=30 (図中△の位置) である。

図 11 に示すとおり、IH 調理器の場合、100℃超の高温の気流は形成されない。40℃以上の比較的高温の気流は、鍋直径とほぼ等しい大きさのまま高さ 35~50 cm まで上昇し、その後温度を低下させながら高さ 80 cm のレンジフード下部に到達する。この気流性状については、キッチンタイプにより異なる特性を示す。鍋から出る気流に対し、四方から空気供給が行われやすい背壁なしのオープン型及びセミオープン型キッチンでは、40℃以上の気流はほぼ真上にあがり、レンジフードに吸込まれる。一方給気のルートが間仕切り壁で制約されるクローズ型や背壁ありのオープン型及びセミオープン型では、気流は横壁や背壁側に傾き拡がりながら上

図10 セミオープン背壁あり・ガス・換気強・左1口での瞬時値と平均値との比較

昇するという傾向が見られる。これは、空気が流し側およびコンロ手前側のみしか供給されないため、横壁および背壁側の供給空気が不足し、その結果気流は壁に沿って上昇するためと考えられる。

図 12 にガス調理器による気流性状を示す。ガス調理器からの 100℃ 超の高温の気流は、高さ 30 cm 程度まで上昇する。40℃ 以上の比較的高温の気流とその周囲の低温の気流は、直径 30 cm

程度の広い範囲で上昇し、レンジフード下部までそのまま到達する。ただし、IH調理器同様コンロ背後にある背壁の有無により、その性状は異なる。背壁なしのキッチンタイプでは、気流は傾くことなくほぼ真上に上がるが、背壁ありのキッチンタイプでは、背壁方向にも拡がりながら上昇している。

図 11 IH調理器<左1口・換気強>コンロ直上温度分布

図 12 ガス調理器<左1口・換気強>コンロ直上温度分布

3-2 室内への洩れ出し性状

I H調理器およびガス調理器からの気流の室内への洩れ出し性状を把握するため、図 13 に架構フレームによる測定でのコンロ手前境界面(y=15)の沸騰後(加熱開始後 3 分 30 秒~10 分)の平均温度分布を、図 14 にキッチンとリビング境界面(図 5 の A-A 断面)と天井面の室温計測での加熱後 10 分後の瞬時温度分布を示す。温度分布において室温 24℃より高温になっている部分は、調理器からの気流が室内に漏れ出してきていると判断できる。

図 13 において、I H調理器ではコンロ手前境界面での温度上昇は、部分的でほとんど見られず、キッチン形状の差異もあまり見られない。一方、ガス調理器では、洩れ出し性状はキッチン形状により異なる。背壁ありのキッチンタイプでは、I H調理器と同様温度上昇は、部分的でほとんど見られないが、背壁なしのキッチンタイプでは、鍋上部付近の高さ 20 cm 近くと、フード手前側の高さ 95 cm 付近を中心に温度上昇が見られる。特に高さ 95 cm 付近は、40℃以上と温度が高い。これは、背壁がない場合、3-1 節で示したように 40℃以上の気流が直径 30 cm 程度の広範囲で、真上に上が

ることから、ファンで吸いきれなかった気流がフード手前で漏れ出ていると考えられる。このように、背壁のあり、なしが、調理器からの気流性状に大きく影響していることから、セミオープンタイプの背壁あり、なしの場合を取り上げて考察する。

図 14 に示すように、I H調理器の場合、背壁なしにおいて、吊戸棚端部での温度が周囲より若干高いが、拡がる気流が低温であるため、境界面の温度を初期設定室温以上に上昇させるまでには至っていない。一方ガス調理器では、背壁ありは、境界面での温度上昇は見られないのに対し、背壁なしは、吊戸棚端部からの温度上昇が顕著に見られ、室内へ気流が漏れ出ている。これは、図 13 で見られたようにフード下部でコンロ手前に漏れ出た気流がキッチン天井に滞留し、リビングに漏れ出たものと判断できる。

背壁の有無が上昇気流への供給空気の形態に影響を及ぼし、その結果、背壁なしのキッチンにおいてガス調理器を使用する場合は、レンジフードで排出できなかった気流がコンロ手前側のキッチンに洩れ出しやすくなり、隣接するリビングへも漏れ出すといえる。

図 13 コンロ手前側境界面(y=15)の平均温度分布

図 14 キッチン・リビング境界面および天井面の温度分布

4. まとめ

住宅内厨房において、IH調理器とガス調理器でのコンロ上の上昇気流及び室内空間への温度的な影響について、キッチンとリビングの接続形態を5パターン想定し、実測を行った。以下にその結果を示す。

1) IH調理器のコンロ直上での気流は、キッチン形状(背壁の有無)により、その性状が異なるが、高温部は比較的小さく、拡がる気流の温度も低温であることから、コンロ手前側境界面及びリビングとの境界面での温度上昇はほとんど見られない。

2) ガス調理器では、コンロ直上の気流は、高温部が比較的広範囲でフード下部まで達する。背壁がある場合は、高温の気流は背面に拡がる傾向にあるが、室内への漏れ出しはほとんどみられない。背壁がなくリビングと間仕切りなしで接続されたキッチンタイプでは、レンジフード手前でキッチンに漏れ出し、結果としてキッチン天井面を経由してリビングに向かって漏れ出した。

3) 背壁の有無が上昇気流への空気供給形態に影響を及ぼし、結果として、キッチンやリビングへの漏れ出しをもたらし、コンロ周辺の空間構成が、室内温度性状に影響する。

今後は、IH調理器を対象とした種々の吸引方法を特徴とするレンジフードが開発されているため、吸引方法別の気流性状も実測する。また、キッチンレイアウトには種々の形態が考えられることから、逐一実験に依らず把握可能な数値解析手法の確立を目指す。これらの件については、別報で報告したい。

[謝辞]

本研究にご協力を頂きました当時神戸大学大学院生の脇坂はるか氏(現 京都アム)に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1)伊藤博幸、村川三郎、篠原道正、清田誠良、西名大作：モデル厨房の環境評価に関する実験的研究 その2 換気量、供給熱量と環境要素の関連、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,pp205-206,1998,9
- 2)于穎、植崎正也、佐藤隆二、山中俊夫：ガスレンジによる調理時の熱上昇気流のモデル化、住宅厨房におけるレンジフードの捕集効率の予測法に関する研究1、日本建築学会計画系論文集、第434号、1992、4
- 3)寺沢正浩、赤林伸一、近藤靖史、坂口淳、植村直純：業務用厨房の高効率換気・空調システムに関する研究 その2 レンジ上の温度分布及び風速分布の測定結果、日本建築学会学術講演梗概集D、pp727-728,1994,9
- 4)坂口淳、赤林伸一、近藤靖史、川瀬貴晴、荻田俊輔：実大実験による換気・空調効率の測定、業務用厨房の高効率換気・空調システムに関する研究 その1、日本建築学会計画系論文集、第535号、pp33-40,2000,8
- 5)百瀬敏成、山中俊夫、甲谷寿史、山本晃裕：業務用レンジから発生する上昇気流の性状把握及びモデル化、日本建築学会環境系論文集、第567号、pp49-56,2003,5
- 6)千葉敏、小峰裕己、倉淵隆、鎌田元康、八乙女巖、高草智：家庭用電化厨房の局所換気方式に関する実験的研究、平成6年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、C-15,pp193-196,1994,10
- 7)菊澤浩之、脇坂はるか、松下敬幸、小椋大輔、天川章文：IH及びガス調理機器の住宅室内環境に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2,pp745-746,2003,9

[2004年4月5日原稿受理 2004年7月29日採用決定]