

# 住宅における電化厨房とガス厨房の性能評価

—熱効率と室内温湿度分布の比較—

2004541046

渡部 剛士

白石研究室

電化厨房、ガス厨房、熱効率、CFD

## 1.はじめに

近年の建築設備の急速な発展による省エネ性や安全性への関心に伴い、電化厨房は住宅に広く普及している。その一方で、ガス厨房も高効率化が進み、未だに高いシェアを占めている。一般に電化厨房とガス厨房では加熱方式が異なるため発熱量、水分発生量、換気量等が異なる。電化厨房の場合、火気を使用しないので発熱量が少なく燃焼ガスが発生しないため必要換気量が少なくてすむ。しかし、調理者や調理内容によって必要とされる条件が異なるため、電化厨房とガス厨房の性能を評価することは困難である。住宅厨房の研究には、厨房とそれに隣接するリビングを対象とした適正な換気量、空調設備の計画を進めるための基礎的資料として CFD を用いた空気・温熱環境の研究<sup>文1)</sup>、調理時の熱上昇気流のモデル化を行った、レンジフードの捕集効率の予測法に関する研究<sup>文2)</sup> などがあるが、総合的な観点から比較した研究があまりないため性能を評価しづらいのが現状である。よって本研究では各厨房機器の空気環境や人体に及ぼす影響、熱効率など総合評価を行い、消費者にとっての判断材料となり得る基礎的資料の作成を目的とする。本論文では各厨房機器の熱効率と室内の温湿度分布の実験を行い、総合的な観点から、電化厨房、ガス厨房の特徴をとらえ、さらに CFD 解析により検証を行う。

## 2.実験概要

### 2-1.実験室の概要

対象室は北九州市立大学・国際環境工学部・S 棟 S327 実験室とし、室内に厨房実験室を設けた。図 1 に奥行き 6.8m×幅 3.5m×高さ 2.8m の平面図・断面図及び測定点を示す。また各種詳細を表 1 に示す。

### 2-2. 熱効率の測定方法

試験鍋の約 70%の水位まで水を入れ、初温から 50℃

上がった時点で加熱を停止。その水温の到達最高温度を測定し、効率を算出した。<sup>注1)</sup>

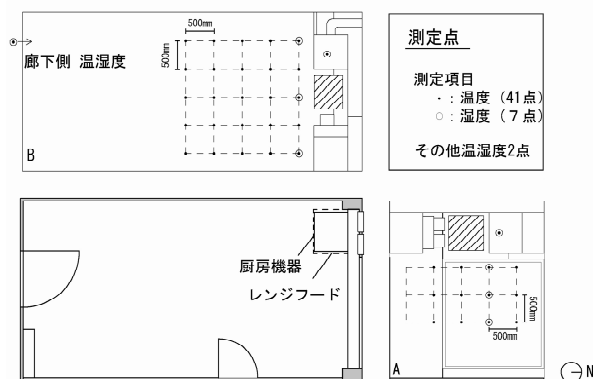


図 1.実験室の平面図、展開図及び測定点 (A.北側展開図 B.西側展開図)

表 1.実験概要

| 実験内容   | 対象機器         |             | 対象容量[kW]                         |     |     |
|--------|--------------|-------------|----------------------------------|-----|-----|
|        | 電化厨房         | ガス厨房 (都市ガス) | 1.5                              | 2.5 | 3.0 |
| 熱効率    | ガス厨房 (都市ガス)  | 1.61        | 2.45                             | 4.2 |     |
|        | ガス厨房 (LP ガス) | 1.61        | 2.45                             | 4.2 |     |
| 温湿度    | case1        | 電化          | 2.5 (換気量 225 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case2        |             | 2.5 (換気量 335 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case3        |             | 3.0 (換気量 225 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case4        |             | 3.0 (換気量 335 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case5        | ガス(都市)      | 2.45 (換気量 225 m <sup>3</sup> /h) |     |     |
| CFD 解析 | case1        | 電化          | 2.5 (換気量 225 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case2        |             | 2.5 (換気量 335 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case3        |             | 3.0 (換気量 225 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case4        |             | 3.0 (換気量 335 m <sup>3</sup> /h)  |     |     |
|        | case5        | ガス(都市)      | 2.45 (換気量 335 m <sup>3</sup> /h) |     |     |

表 2.解析条件

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| 解析領域   | 3.5[m]×6.8[m]×3.1[m]           |
| メッシュ分割 | 97 [x]×110 [y]×110 [z]=1173700 |
| 乱流モデル  | 改良 k-ε モデル <sup>文3)</sup>      |

### 2-2-1.電化厨房

電化厨房は以下に示す式より熱効率を求める。

$$\eta = \frac{M \times C \times (t_2 - t_1)}{3600 \times P} \times 100 \quad [\%]$$

M:加熱(試験)に用いた水の重量[kg]、C:加熱に用いた水の比熱[kJ/kg・℃]、t<sub>1</sub>:加熱に用いた水の初温[℃]、t<sub>2</sub>:加熱に用いた水の最終温度[℃]、P:実測の消費電力[kWh]

### 2-2-2.ガス厨房

Performance Evaluation of IH and gas kitchen for houses  
-Comparison of thermal efficiency and indoor thermal and distributions-

WATANABE Takeo

ガス厨房以下に示す式より熱効率を求める。

$$\eta = \frac{M \times C \times (t_2 - t_1)}{V \times Q} \times \frac{273 + t_g}{273} \times \frac{101.3}{B + P_m - S} \times 100 \quad [\%]$$

$M$ :加熱(試験)に用いた水の重量[kg]、 $C$ :加熱に用いた水の比熱[kJ/kg・°C]、 $V$ :実測ガス消費量[m<sup>3</sup>]、 $Q$ :使用ガスの総発熱量[MJ]、 $t_g$ :測定時のガスメーター内のガス温度[°C]、 $B$ :測定時の大気圧[kPa]、 $P_m$ :測定時のガスメーター内のガス圧力[kPa]、 $S$ :温度 $t_g$ °Cにおける飽和水上気圧[kPa]

### 2-3.温湿度測定

図1に示した温度41点、湿度7点とその他2箇所を加えた計50点を測定点とし、室温を一様に25°Cにした状態で水温15°Cの水を加熱し、沸騰後6分を定常状態とし、温湿度分布を測定した。また、携帯用小型熱画像カメラで熱画像を撮影した。

### 2-4. CFD解析による検討

実験により厨房実験室内の温湿度データが得られたが、実際には熱源の違いや鍋からの熱上昇流により厨房内の空気環境は複雑になり、この実験結果のみで判断するのは難しい。故にここでは携帯型小型カメラで撮影した熱画像とCFDによる温度場の解析結果を比較する。

## 3.実験結果(熱効率)

### 3-1.電化厨房

表4に電化厨房の3回の実験による平均値を示す。IHは発熱量の違いに関わらず全てが高い熱効率を示し、それぞれを比較してもほとんど誤差が見られなかった。また、ガスを用いた実験に比べ加熱を停止してから温度が下がり始める時間が早かった。それぞれの実験ケースでの誤差については0.3~0.8%となった。

### 3-2.都市ガス

表5に都市ガスの3回の実験による平均値を示す。ガス厨房は1.61kwと4.2kwが内燃式となっている。表から発熱量が高くなるほど熱効率が悪くなっているのがわかる。加熱を止めた後の攪拌では3~4分は温度が下がらなかった。ガスでは厨房機器に残った高温の熱が鍋や水に伝わる為だと考えられる。実験ケース間の誤差については1.6kw時に2.2%であったが残りのケース間では1%未満になった。

### 3-3.LPガス

表6にLPガスの3回の実験による平均値を示す。こちらも都市ガス同様発熱量が高くなるほど熱効率が悪くなっているのがわかる。都市ガスよりも値が

大きいのはLPガスのほうが1m<sup>3</sup>あたりの発熱量が大きかったためであると考えられる。しかし都市ガスと同じく内燃式は約10%熱効率が落ち、加熱を止めた後の攪拌では3~5分は温度が下がらなかった。実験ケース間の誤差は1.6kw時に3.2%あったが残りのケースではいずれも1%程度となった。

### 3-4.一次エネルギー換算

環境負荷という観点からすると、エネルギー効率を一次エネルギー換算で考慮しなければならない。電力は一般的に発電効率、送電ロスを考えると、投入エネルギーの約40%の利用にとどまる。一方のガスは投入エネルギーのほぼ100%利用できる。したがって、トータルのエネルギー効率は電化厨房が約32%、ガス厨房が約48%となる。

表3.熱効率実験の結果

| 電化厨房           | 対象容量[kW] | 1.5   | 2.5   | 3.0   |
|----------------|----------|-------|-------|-------|
|                | 熱効率[%]   | 78.59 | 78.98 | 79.43 |
| ガス厨房<br>(都市ガス) | 対象容量[kW] | 1.61  | 2.45  | 4.2   |
|                | 熱効率[%]   | 52.53 | 47.70 | 39.22 |
| ガス厨房<br>(LPガス) | 対象容量[kW] | 1.61  | 2.45  | 4.2   |
|                | 熱効率[%]   | 57.17 | 53.12 | 43.31 |

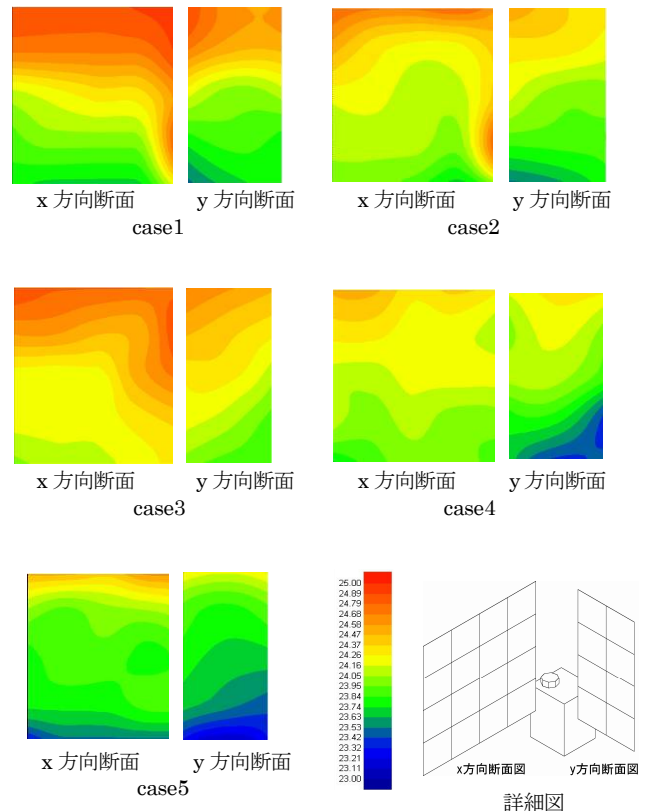


図2. 沸騰後6分の温度分布

#### 4.実験結果 (温湿度分布)

##### 4-1.室内上下温度分布

図2より case1 と case2 を比較すると換気量が小さい case1 の方が、温度が高くなっていることがわかる。これはレンジフードで捕集されなかった熱が温度上昇に影響したと考えられる。発熱量が異なる case3 と case4 にも同様な温度分布の結果が得られたが、床面に近いところで温度が小さくなっている。case4 で一部温度が急に下がっているところがある。実験期間中は日中気温の変化が大きかったため、躯体そのものの温度が下がっていたこと、また、窓サッシからの貫流による熱損失によりコールドドラフトが生じてしまったことが原因であると考えられる。これが case5 のガス厨房にも影響しており、室内の温度を下げていると考えられる。

##### 4-2.水蒸気発生量

表4より case2(電化厨房)と case5(ガス厨房)は発熱量が同程度であるが、水蒸気量だけを見ると電化厨房のほうがガス厨房より多く水蒸気を発生している。これは電化厨房においては3.熱効率で述べたように熱効率が高く、より多くの熱を水に伝えるためだと考えられる。電化厨房の場合、case1~4 の時は沸騰6分後にレンジフードの吸い込み口に、実験器具に多くの水滴が付着していたのに対し、ガスではそのような現象は見られなかった。(case1、3、4の図は省略)

##### 4-3.湿度分布

図3は case2(電化厨房)と case5 (ガス厨房)における垂直水平湿度分布である。垂直湿度は全てのケースにおいて沸騰開始から鍋に近い部位での湿度変化が他の高さの測定点と比べて小さくなった。これは、鍋周囲の温度が局所的に高いため相対湿度が小さくなっていると考えられる。水平湿度も同様、加熱時間とともに大きくなった。電化厨房とガス厨房を比べると、水蒸気発生量の大きな電化厨房のほうが、湿度が大きくなった。湿度分布では case1、2、5 の場合は水平湿度分布では鍋から最も近い 0.5mの点が最も湿度が高くなっている。また、case1.2 では上下湿度の差が13%程度あるのに対し、case3 では8%程度、case4.5 では5%程度になっていた。(case1、3、4の図は省略)

表 4.鍋発熱量と水蒸気発生量

| No.   | 発熱量[kW] | 水蒸気発生量[g/s] |
|-------|---------|-------------|
| case1 | 2.5     | 0.852       |
| case2 | 2.5     | 0.883       |
| case3 | 3.0     | 0.986       |
| case4 | 3.0     | 1.009       |
| case5 | 3.0     | 0.561       |

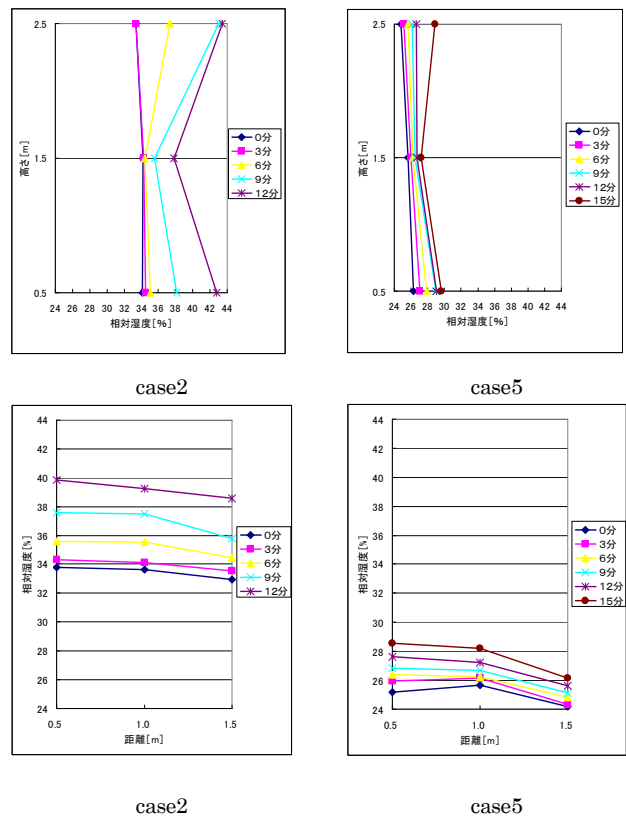


図 3.case2 と case5 の垂直 (上図) と水平 (下図) 湿度分布

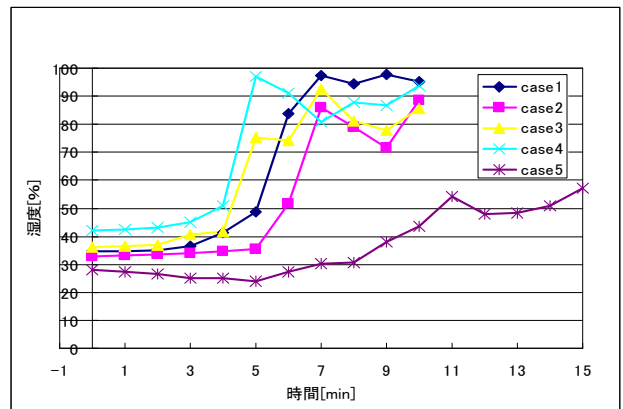
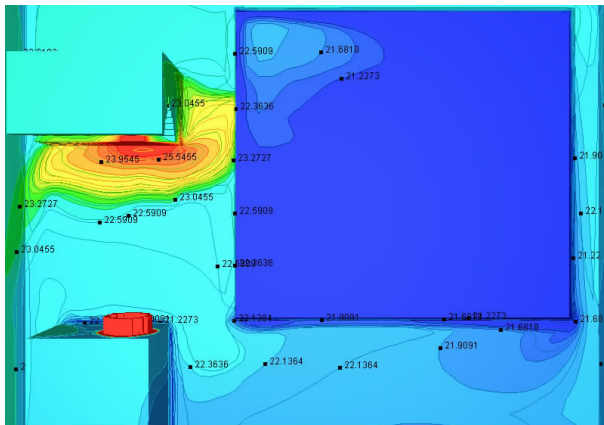
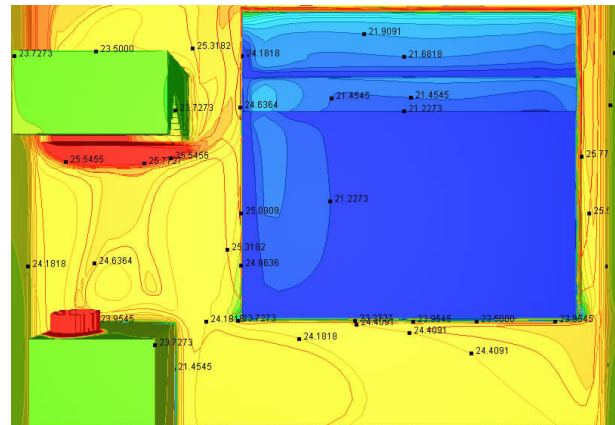


図 4.レンジフード内の温湿度分布

## 5. CFD 解析結果

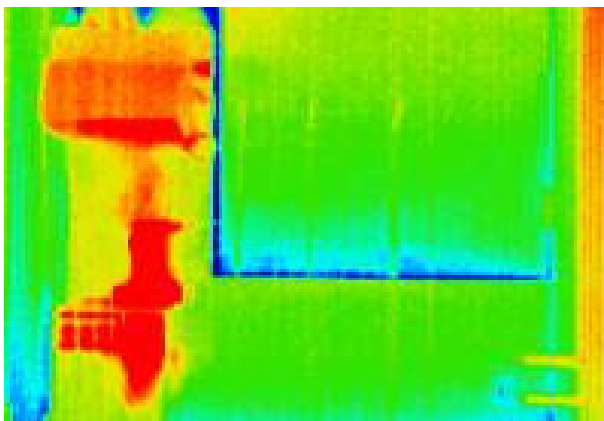


case2

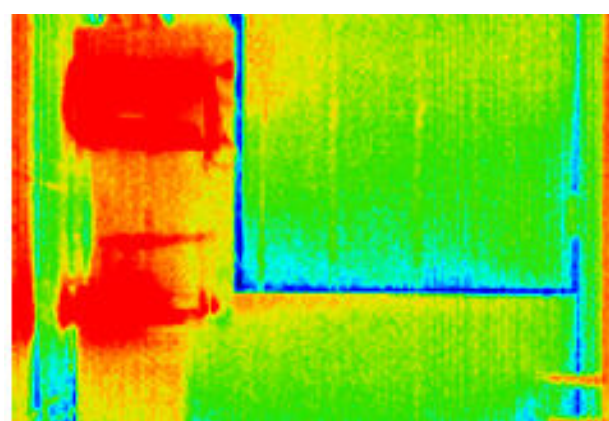


case5

図 5.表面温度分布



case2



case5

図 6.サーモカメラ画像

### 5-1. 考察

室内温度分布は、実測と比べると平均的 1～2℃ 低い値となった。本解析は、研究の第一段階であり、非定常計算の煩雑さから定常計算を行っているため、外気温の影響が大きく評価され、実測との誤差が生じたと考えられる。発熱量が最も小さく、換気量が大きい case2 の室内温度が最も低く、発熱量が最も大きい case5 の室温が最も高くなっている。

室内表面温度を熱画像と比較すると、全ケースとも実測値よりも小さな値となっている。電化厨房のほうの差が大きく、ガス厨房の差は小さくなっている。ガス厨房は発熱量が大きいためであると考えられる。また熱画像では、ガス厨房において、レンジフードと加熱部位、近傍の壁面が高温となっている。case1、3、4 の図は省略)

### 6. まとめと今後の課題

- 1) 熱効率、電化厨房のほうが約 30% 良い。
- 2) 一次換算すると、電化厨房とガス厨房ではガス厨房のほうが、エネルギー効率が良い。
- 3) 実験、CFD 解析共に発熱量が大きく、換気量が小さいほど高い温度分布となった。
- 4) 定常計算では誤差が生じたため、非定常計算が今後の研究課題である。

【注釈】  
注1) 電化厨房は電化厨房機器性能指標基準、ガス厨房は JIS 基準(家庭用ガス調理器)による。

【参考文献】

- 1) 近藤靖史他、住宅厨房内の温熱・空気環境に関する研究(その7)換気量と調理行為擾乱に関する実験、空調調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、555-562、2006年9月
- 2) 干穎他、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び予測法に関する研究 その1、日本建築学会計画系論文集、第434号、1992年4月
- 3) Kato M. and Launder B.E. "The modeling of turbulent flow around stationary and vibrating square cylinders", Ninth symposium on turbulent shear flows, 10-4,(1993)
- 4) 干穎他、住宅厨房の給排気設計に関する研究、ガスレンジあるいはレンジフード周辺からの局所強制給気方式、日本建築学会計画系論文集、445号、1993年3月