

数値流体解析による住宅用厨房の温熱空気環境に関する研究

その1 調理レンジ上の温度・気流・汚染質濃度分布に関する検討

正会員 坂口淳¹⁾
同 赤林伸一²⁾
同 富岡誠子³⁾
同 都丸恵理⁴⁾

ガスレンジ IH レンジ 捕集率

1 研究目的

近年、全電化住宅の普及が進みIHレンジが一般家庭で広く用いられるようになってきている。IHレンジとガスレンジでは炎による高温部の有無の違いにより、レンジ上の流速、温度分布が異なると考えられる。従って厨房における快適な温熱空気環境を実現するためには、これらの特性の違いによるレンジ周辺の温熱・空気環境を明らかにし、適切な厨房設計が行われる必要がある。また、住宅用調理レンジの多様な配置パターンが考えられ、調理レンジが室内空気環境へ及ぼす影響を検討する際、実験に比べ比較的容易に予測ができる数値流体解析を用いることは有効である。

本研究では、数値流体解析によりフードの排気風量を変化させた場合のレンジ上の熱上昇流の解析及び廃気捕集率を算出し、昨年までの実験による結果^{文1)~3)}との比較を行ない、数値解析の精度を検証し、IHレンジとガスレンジの相違を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象：図1に解析対象の概要を示す。排気は排気フードから行なう。図2にレンジ上面を、図3に鍋とレンジの概要を示す。レンジ上には鍋を2つ配置し、ガスレンジの炎はレンジ上から鍋底まで500、700、1500の20×20×27mmの立方体としてモデル化する。
2.2 解析方法：表1に解析caseを、表2に解析条件を示す。解析には汎用流体解析ソフト(STREAM)を用いる。フードの排気風量を変化させた場合の流れ場を標準k-モデルにより解析する。コンロ稼働時のレンジ上の流

れ場、温度場及び鍋から発生する汚染質の濃度分布をCFD解析により明らかにする。更に、実測により得られた廃気捕集率と比較する。解析による廃気捕集率は式(1)で算出する。

$$\text{排気捕集率} = \frac{\text{排気ダクト吸込口の平均濃度 [g/m}^3\text{]}}{\text{全捕集時の濃度 [g/m}^3\text{]}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

3 解析結果

3.1 温度・気流分布：図4にフードなしの時の鍋中央断面の温度分布を示す。IHレンジに比較してガスレンジは上昇気流の温度が相対的に高い。これはガスレンジには炎による高温部が存在するためである。図5に代表的なcaseのIHレンジ上の流速ベクトルを示す。case1-1(排気風量100m³/h)ではフードの両側面及び前面でフードから外に漏れる気流が見られる。case1-2(排気風量150[m³/h])ではフードから外に漏れる気流はほとんど見られない。図6に代表的なcaseのガスレンジ上の流速ベクトルを示す。case2-1(排気風量100m³/h)、case2-2(排気風量150m³/h)では共にフードから外に漏れる気流がある。IHレンジ、ガスレンジ共に100m³/hでは十分な排気風量とならない。またガスレンジで排気風量150m³/hの場合にもフード下から漏れる気流が見られるのは、ガスレンジの上昇気流速度がIHレンジよりも速く流量が多いためであり、ガスレンジでIHレンジと同程度の捕集率を実現するためには、IHレンジより多くの排気風量が必要である。

表1 解析 case

IH	解析種類	フード排気風量	ガス	解析種類	フード排気風量
case1-1	気流解析	100 m ³ /h	case2-1	気流解析	100 m ³ /h
case1-2		150 m ³ /h	case2-2		150 m ³ /h
case1-3		200 m ³ /h	case2-3		200 m ³ /h
case1-4		300 m ³ /h	case2-4		300 m ³ /h
case1-5		フードなし	case2-5		フードなし
case1-6	濃度解析	100 m ³ /h	case2-6	濃度解析	100 m ³ /h
case1-7		150 m ³ /h	case2-7		150 m ³ /h
case1-8		200 m ³ /h	case2-8		200 m ³ /h
case1-9		300 m ³ /h	case2-9		300 m ³ /h
case1-10		フードなし	case2-10		フードなし

表2 解析条件

計算コード	ソフトウェアレイドSTREAM Ver.7	
乱流モデル	標準k-モデル(非等温)	
移流項精度	QUICK	
流速境界	J-スリップ	
壁面条件	対流	炎: 対流熱伝達率20[W/m ² K], その他の表面: 温度対数則
	熱境界	固体間: 食温度の炎間: 断熱, 鍋-水間: 熱伝達率80[W/m ² K], 鍋-レンジ台(IH): 断熱, 炎-レンジ台(ガス): 断熱, その他の固体間: 熱伝導
放射境界	放射境界	放射率 = 0.9
	レンジフード吸込	排気風量=150[m ³ /h]: 吸込風速=1.286[m/s] 排気風量=200[m ³ /h]: 吸込風速=1.714[m/s] 排気風量=400[m ³ /h]: 吸込風速=3.429[m/s]
	壁面流入(-)	流入風速=0.05[m/s], 流入温度=20 [°C] k=1.25 × 10 ⁻³ [m ² /s], ε = -2.7621 × 10 ⁻⁶ , γ = 1.7678 × 10 ⁻⁶ [m ² /s ²]
	壁面流出(,)	流出速度 = (壁面流入面 - の総流量) × (各排気風量) / (2 × 1.44 × 0.6 × 3600) [m/s]
鍋上流速	鍋上流速	各レンジの鍋内水面に水の蒸発に伴う流速(50g/min): 0.035[m/s], 吹出温度: 100 k=6.00 × 10 ⁻⁹ [m ² /s], ε=6.821 × 10 ⁻³ [m ² /s ²]
	温度条件	IHレンジ: 鍋内の水は100 に温度固定し, 鍋には初期温度100 を与える。 ガスレンジ: 鍋内の水及び鍋には初期温度100 を与える。 また炎の温度は下から500,700,1500 に温度固定する。

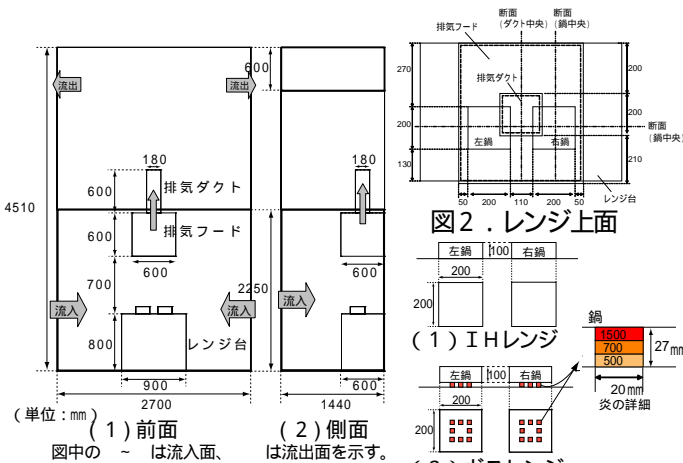


図1 解析対象の概要 図2 レンジ上面 図3 鍋とレンジの概要

Study on the thermal environment and air flow distribution in the house kitchen by CFD analysis
Part 1 Study on the temperature, air flow and contaminant distribution above the cooking heater

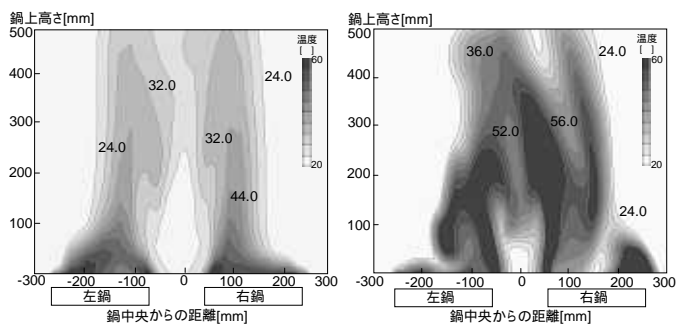
SAKAGUCHI Jun, AKABAYASHI Shin-ichi, TOMIOKA Seiko, TOMARU Eri

3.2 汚染質濃度分布：図7に鍋内部で発生させたトレーサーガスの各鉛直断面の濃度分布（排気風量 150m³/h）を、図8に各壁等の表面の濃度分布（排気風量 150m³/h）を示す。図内の数値は廃気捕集率 100%の時の濃度に対する室内の濃度を示す。case1-7(IHレンジ)とcase2-7(ガスレンジ)を比較するとIHレンジではフード下に漏れる汚染質が見られないのに対し、ガスレンジではフードに入った汚染質がフード側面及び前面から漏れて空气中に拡散し、フード周辺に広がっている。レンジ背面や天井面は特にガスレンジで汚染質濃度が高く、フード下の部分はガスレンジに比べIHレンジの方が汚染質の濃度は低い広い範囲に及んでいる。

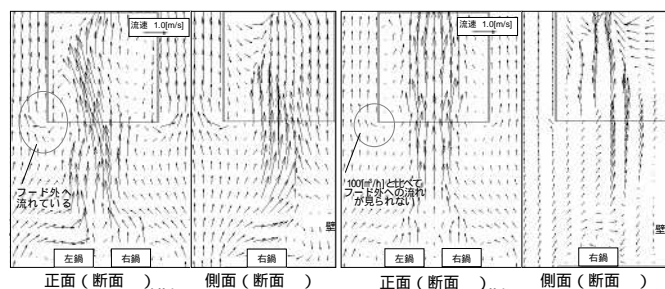
3.3 廃気捕集率：図9に実験と解析の廃気捕集率の比較を示す。IHレンジ、ガスレンジ共に排気風量 150m³/hで実験と解析に差があるが、排気風量 200m³/hと排気風量 300m³/hではほぼ同等である。実験値と解析値は比較的良好一致している。

4 まとめ

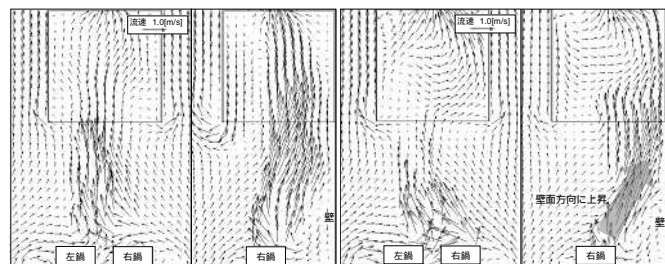
IHレンジと比べるとガスレンジは上昇気流が高温に



(1) case1-5 (IH) (2) case2-5 (ガス)
図4 フードなしの時の鍋中央断面の温度分布



(1) case1-1 (排気風量 100[m³/h]) (2) case1-2 (排気風量 150[m³/h])
図5 代表的な case の IHレンジ上の流速ベクトル

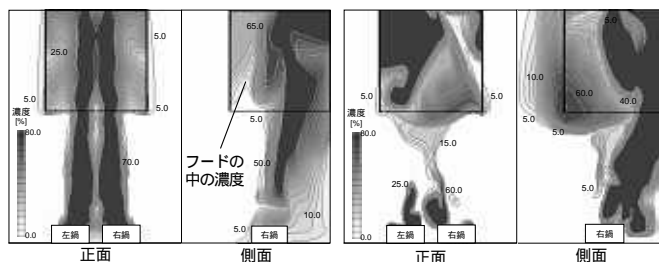


(1) case2-1 (排気風量 100[m³/h]) (2) case2-2 (排気風量 150[m³/h])
図6 代表的な case のガスレンジ上の流速ベクトル

なる。このためガスレンジは上昇気流の流速がIHレンジよりも大きく、流量が多い。

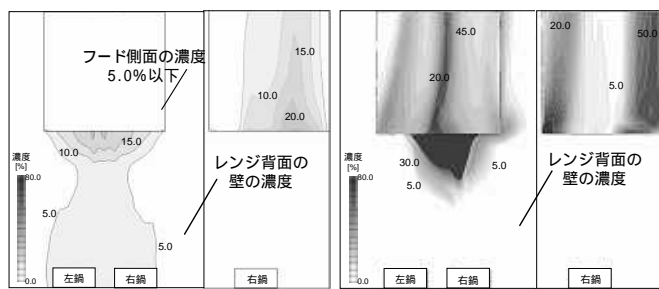
IHレンジでは汚染質は上昇する際、フード下の壁面に付着する傾向がある。ガスレンジではフードから漏れた汚染質がフード側面に付着し、レンジ周辺に高い濃度で拡散している。

70 ~ 80%の廃気捕集率を得るための排気風量はガスレンジよりもIHレンジの方が少なく、廃気捕集率は排気風量 300m³/hでIHレンジ、ガスレンジ共に約90%となる。これは実験と同じ傾向を示す。



(1) case1-7 (IHレンジ) (2) case2-7 (ガスレンジ)

図7 各鉛直断面の濃度分布 (排気風量 150[m³/h])



(1) case1-7 (IHレンジ) (2) case2-7 (ガスレンジ)

図8 各壁等の表面の濃度分布 (排気風量 150[m³/h])

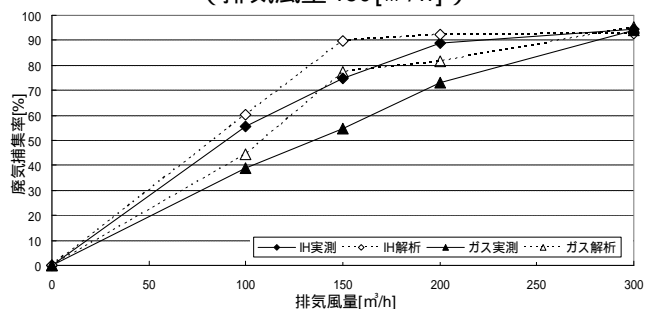


図9 実験と解析の廃気捕集率の比較

【参考文献】

- 1) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平「住宅用調理レンジを対象とした排気フードの廃気捕集率に関する研究 その1 レンジ上に横風を与えた場合の捕集率の変化」日本建築学会大会学術講演梗概集、2007年
- 2) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平「住宅用調理レンジを対象とした排気フードの排気捕集率に関する研究 その2」人体模擬装置による擾乱を与えた場合の捕集率の変化」日本建築学会大会学術講演梗概集、2007年
- 3) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平「住宅用厨房を対象とした排気フードの排気捕集率に関する研究 その3」調理時の油滴の飛散状況に関する実験」日本建築学会大会学術講演梗概集、2007年
- 4) 中沢・松下・山口他「トレーサーガスを用いた業務用電化厨房専用フードの捕集率性能評価」日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年

1) 県立新潟女子短期大学 准教授 博士(工学)
2) 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士
3) 新潟大学工学部建設学科 技術職員
4) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

1) Assoc. Prof., Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Women's College, Dr. Eng.
2) Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
3) Technical staff Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Niigata Univ.
4) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.