

# 粒子画像流速測定法 (PIV) と数値流体解析 (CFD) による調理レンジ上の気流分布に関する研究 その2 CFDによるレンジ上の気流分布に関する解析

正会員 ○鍛冶 紘子\*1 同 須山 喜美\*4  
同 赤林 伸一\*2 同 石川 美緒\*5  
同 坂口 淳\*3

GAS レンジ IH レンジ 気流分布  
PIV CFD

## 1 研究目的

本報(その2)では前報(その1)に引き続き、数値流体解析(Computational Fluid Dynamics:以降CFD)を用いてGASレンジとIHレンジを対象とした調理レンジ上の気流分布の解析を行う。

数値流体解析(CFD)は、設計ツールとして有効な技術であり、多様な住宅調理レンジの配置パターンにおいて、GASレンジ、IHレンジが室内空気環境に及ぼす影響を検討する際、実験に比べ容易に空気環境の予測ができることが知られている。

本報では、このCFDを用いて厨房単体又は厨房を含む部屋全体を解析するための前段階として鍋単体モデル及び排気風量を変化させた場合の厨房単体モデルを

対象とした解析を行う。さらに次報(その3)で、PIV測定とCFD解析の結果を比較し、CFD解析の精度の検証を行う。

## 2 CFD解析の概要

解析には汎用流体解析ソフト(STREAM)を用いる。GASレンジ、IHレンジ使用時の流れ場を標準k-εモデルにより解析する。

### 2.1 鍋単体モデル

図1に鍋単体モデルの解析対象の概要を示す。解析領域の前面下方①、側面下方②からは流入が、側面上方③からは流出があるものとする。GASレンジの炎は1200℃の20mm×20mm×27mmの直方体モデルとし、炎下

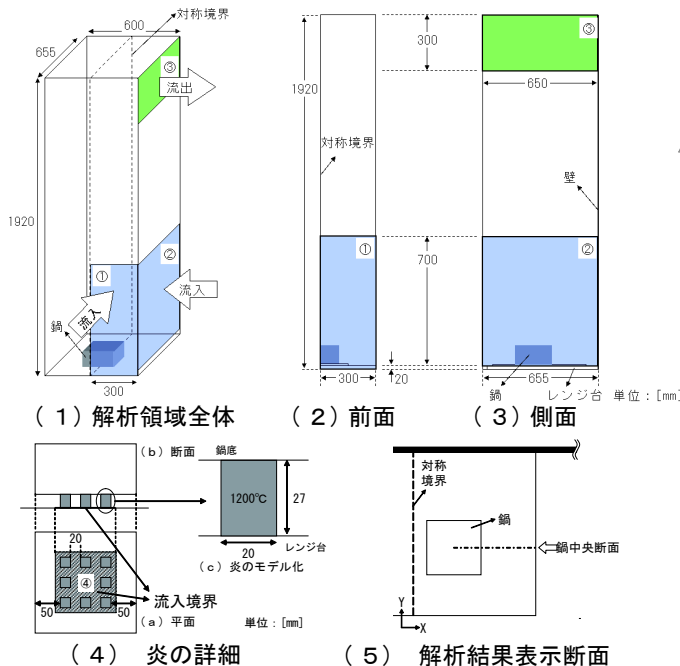


図1 解析対象の概要(鍋単体モデル)

表1 解析条件(鍋単体モデル)

計算コード		ソフトウェアクレイドルSTREAM Ver.7
乱流モデル		標準k-εモデル(非等温)
移流精度		Quick
壁面条件	流速境界	一般対数則(炎はフリースリップ)
	熱境界	対流: 鍋: 対流熱伝達率50[W/m <sup>2</sup> K]、水面: 対流熱伝達率100[W/m <sup>2</sup> K]、炎: 対流熱伝達率1000[W/m <sup>2</sup> K]、その他の表面: 温度対数則 固体間: 鍋-水: 20000[W/m <sup>2</sup> K]、鍋底-レンジ台(IH): 断熱、炎-レンジ台、鍋底(GAS): 断熱、その他の固体間: 熱伝導
	輻射境界	炎: 輻射率=0.2、ステンレス: 輻射率=0.35、解析領域: 輻射率=1.0、その他: 輻射率=0.95
流入出条件	壁面流入(①、②)	流入風速=0.03[m/s]、流入温度=26[°C]
	壁面流出(③)	流出風速=0.1061[m/s](GAS)、流出風速0.1032[m/s](IH)
温度条件	IHレンジ	鍋の水、鍋底は100°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える
	GASレンジ	鍋の水は100°Cに温度固定 炎の温度は1200°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える

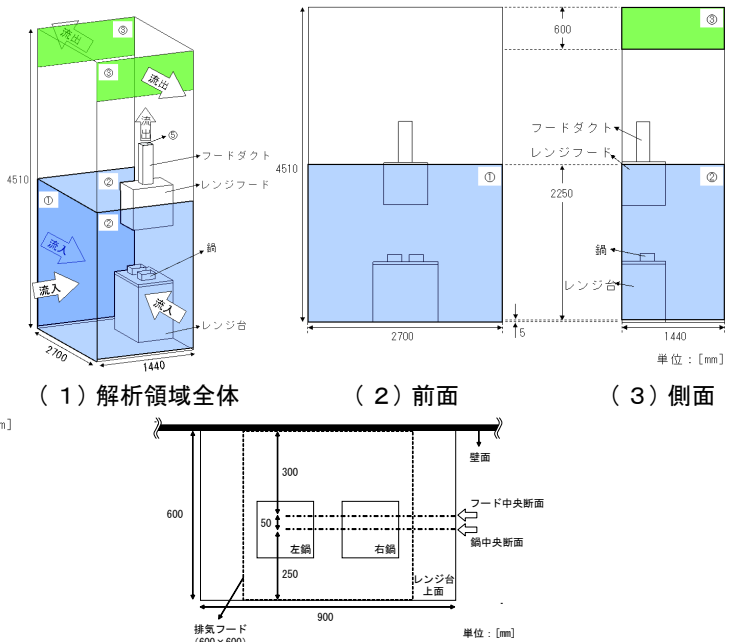


図2 解析対象の概要(厨房単体モデル)

表2 解析条件(厨房単体モデル)

		排気風量100m <sup>3</sup> /h	排気風量200m <sup>3</sup> /h	排気風量300m <sup>3</sup> /h
計算コード		ソフトウェアクレイドルSTREAM Ver.7		
乱流モデル		標準k-εモデル(非等温)		
移流精度		Quick		
壁面条件	流速境界	一般対数則(炎はフリースリップ)		
	熱境界	鍋: 対流熱伝達率50[W/m <sup>2</sup> K]、水面: 対流熱伝達率100[W/m <sup>2</sup> K]、炎: 対流熱伝達率1000[W/m <sup>2</sup> K]、その他の表面: 温度対数則 固体間: 鍋-水: 20000[W/m <sup>2</sup> K]、鍋底-レンジ台(IH): 断熱、炎-レンジ台、鍋底(GAS): 断熱、その他の固体間: 熱伝導		
	輻射境界	炎: 輻射率=0.2、ステンレス: 輻射率=0.35、解析領域: 輻射率=1.0、その他: 輻射率=0.95		
流入出条件	壁面流入(①、②)	流入風速=0.03[m/s]、流入温度=26[°C]	流入風速=0.03[m/s]、流入温度=26[°C]	流入風速=0.03[m/s]、流入温度=26[°C]
	壁面流出(③)	流出風速=0.2032[m/s](GAS)	流出風速=0.1871[m/s](GAS)	流出風速=0.1710[m/s](GAS)
温度条件	IHレンジ	鍋の水、鍋底は100°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える	鍋の水、鍋底は100°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える	鍋の水、鍋底は100°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える
	GASレンジ	鍋の水は100°Cに温度固定 炎の温度は1200°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える	鍋の水は100°Cに温度固定 炎の温度は1200°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える	鍋の水は100°Cに温度固定 炎の温度は1200°Cに温度固定 水と鍋には初期温度100°Cを与える

部に流入境界④を設定する。表1に鍋単体モデルの解析条件を示す。

## 2.2 厨房単体モデル

図2に厨房単体モデルの解析対象の概要を示す。流出入条件は、鍋単体モデルの解析対象の概要における流出入領域①～④に加え、フードダクト上部⑤による流出があるものとする。GAS レンジの炎は鍋単体モデルと同様のモデルである。表2に厨房単体モデルの解析条件を示す。

## 3 CFD 解析の結果

### 3.1 鍋単体モデル解析結果

図3に鍋中央断面における鍋単体モデルの気流速度分布を、図4に温度分布を示す。GAS レンジでは鍋側面を沿うような上昇気流が形成され、鍋上で流速は1.2m/s以上となる。温度分布は鍋周辺で約100℃の高温の領域があり、上昇気流の温度も約85℃と高温になる。IH レンジはGAS レンジに比べ流速が遅く、鍋上の流速は約0.4m/sとなる。鍋の水面近くでは渦状の気流が見られる。温度分布は鍋、水面近くで相対的に温度が高く、約50℃であり、上昇気流の温度は約30～35℃である。

### 3.2 厨房単体モデル解析結果

図5に排気風量200m<sup>3</sup>/hの厨房単体モデルの気流速度分布を、図6に温度分布を示す。GAS レンジでは、鍋中央断面でレンジ台中央のフード下端付近で流速が最も速く、最大流速は約1.6m/sである。フード中央断面は鍋中央断面に比べ流速が遅く、最大流速は約1.3m/sである。温度分布は、鍋中央断面、フード中央断面ともにレンジ台中央付近に約125℃の高温部がある。上昇気流の温度は、両断面とも100℃を超える高温の領域が見られる。一方IH レンジでは、鍋中央断面、フード中央断面ともに流速は鍋からフードに向かって上昇するに伴い速くなっている。最大流速は鍋中央断面で

約0.8m/s、フード中央断面で約0.9m/sである。温度分布は、両断面とも鍋、水面付近が約55～65℃、上昇気流の温度が約35～45℃となっている。

## 4 まとめ

### 4.1 鍋単体モデル

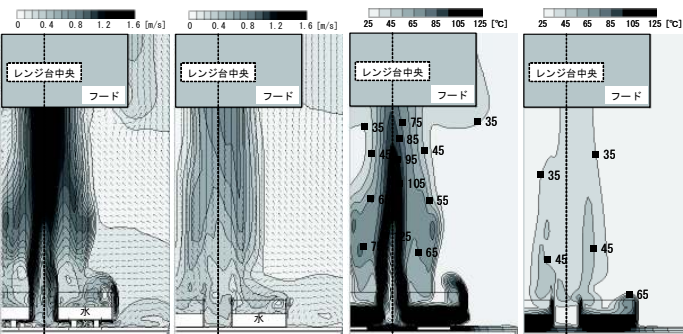
- ① GAS レンジでは、鍋側面を沿うような上昇気流が形成され、IH レンジに比べ流速が速い。
- ② IH レンジでは、水面近くで渦状の気流が発生する。
- ③ 温度分布では、IH レンジに比較してGAS レンジは全体的に温度が高く、特に鍋周辺に高温の領域がある。

### 4.2 厨房単体モデル

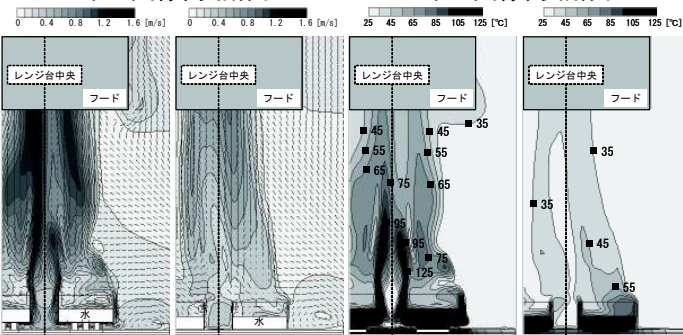
- ① GAS レンジは、IH レンジに比べ流速が速い。
- ② IH レンジの流速は、鍋中央断面、フード中央断面ともに鍋から上昇するに伴い速くなる。
- ③ 上昇気流の温度は、IH レンジに比較してGAS レンジは明らかに高く、特にレンジ台中央付近に高温の領域がある。

#### 【参考文献】

- 1) 可視化情報学会編：PIVハンドブック、森北出版株式会社、2002年
- 2) 可視化情報学会編：可視化情報ライブラリー4 PIVと画像解析技術、朝倉書店、2004年
- 3) 赤林伸一、坂口淳、都丸恵理：「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 住宅調理レンジ上の気流分布に関する検討」、日本建築学会北陸支部研究報告集 第51号、pp.201～204、2008年7月
- 4) 赤林伸一、坂口淳、富岡誠子、都丸恵理：「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・汚染物質濃度分布に関する検討」、日本建築学会学術講演会梗概集 D-2 環境工学II、pp.673～674、2008年9月



(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (a) 鍋中央断面



(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (a) 鍋中央断面



(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

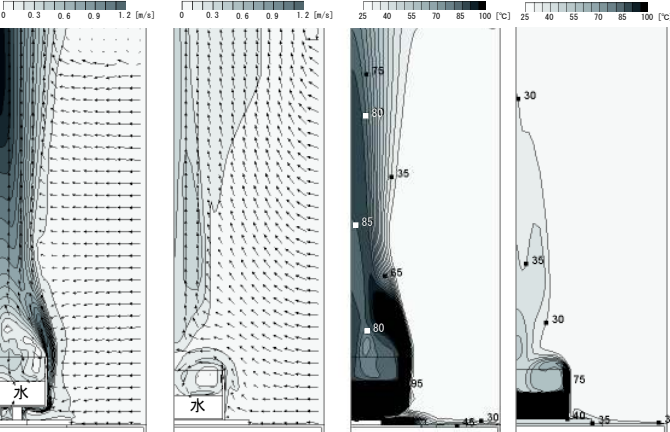
(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (b) フード中央断面



(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

(1) GAS レンジ (2) IH レンジ (鍋単体モデル)

\*1 (株) 間組技術研究所 修士 (工学)

\*2 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 博士 (工学)

\*3 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士 (工学)

\*4 (株) 間組技術研究所 博士 (工学)

\*5 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

\*1 Technical Research Institute, Hazama Corporation, Ms.Eng

\*2 Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr.Eng.

\*3 Prof., Dept. of International Studies and Regional Development, Faculty of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr.Eng.

\*4 Technical Research Institute, Hazama Corporation, Dr.Eng.

\*5 Graduate Students, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.