

住宅用電化厨房を対象とした高効率換気に関する研究 人の動きによる擾乱がレンジフードの排気捕集率に与える影響

井上 翔太 指導教員 有波 裕貴 助教

1 研究目的

近年、住宅用厨房に電磁調理器 (IH レンジ) が普及している。IH レンジにはガスレンジの様な高温の火源がないため、レンジ周りに生じる上昇気流速度が遅く、人の動きや給気の影響を受けやすいと考えられる。室内環境を良好に保つためには、水蒸気や臭気などの汚染質をレンジフードで速やかに捕集、排出する必要がある、レンジ周りに生じる擾乱を抑制することが重要である。

本研究では、実大の住宅厨房モデルを対象にレンジ上の上昇気流に対する人の動きに伴う擾乱 (以下: 人体擾乱) をパネルやマネキンを用いて模擬し、PIV^{*1}解析を行うことで、人体擾乱によるレンジフード周辺の気流性状への影響を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 実験対象: 図1に実験対象平面、図2に擾乱発生装置の概要、表1に実験 case を示す。対象は住宅用厨房を模擬したチャンバー^{*2}とする。給気による擾乱の影響を極力無くするため、給気は開放した扉から行う。レンジフードの排気量が 150[m³/h] の場合を case1、300[m³/h] の場合を case2 として、人体擾乱は厨房 IH レンジ近傍でパネルとマネキンを往復動させて再現する。

2.2 擾乱発生装置の概要: 擾乱発生装置は北欧で定められた厨房内の排気フードの捕集性能試験の技術基準である Nordtest method VVS088^{x1)} を参考に設定する。パネルとマネキンは移動速度 0.5[m/s] とし、1,000[mm] を往

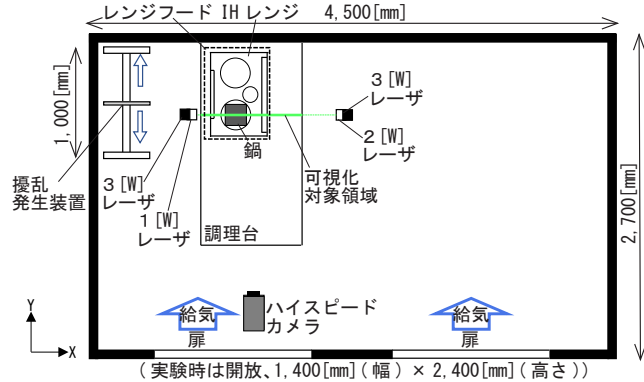


図1 実験対象平面

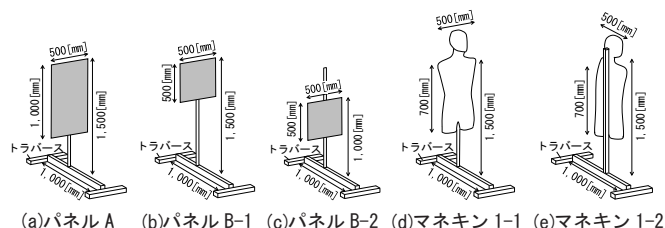


図2 擾乱発生装置の概要

復動させることで人体擾乱を模擬する。

2.3 PIV 解析の概要: 表2に可視化装置の仕様、表3にPIV 解析条件を示す。可視化対象領域は鍋の中心の鉛直断面とする。可視化には連続光レーザーシートを4台使用する。レーザーシートの照射断面を一致させ、可視化領域内全体をほぼ均一な輝度分布にして実験を行う。可視化をする際のトレーサは難燃性のスモークを使用し、シーリングを行う。

3 実験結果

図3に代表的な case における平均風速分布 (調理台からの距離 200[mm]) を示す。図中には既往の研究^{x2)} で測定した直接捕集率^{*3}を記載する。

3.1 レンジフード排気量 150[m³/h] の場合

(1) 擾乱の無い場合: case1-1 (擾乱無) では、IH レンジ周辺の気流は遅く、鍋上から発生する平均風速 0.22[m/s] 程度の上昇気流がほぼ垂直に立ち上がり、大部分がレンジフードに到達する。

(2) パネルを往復動させた場合: case1-3 (パネルA: 500[mm] (幅) × 1,000[mm] (高さ)) では、平均風速 0.15 ~ 0.22[m/s]

表1 実験 case

実験case	レンジフード排気量	人体擾乱	調理台からの距離 [mm]
case1-1	150[m ³ /h]	無	—
case1-2		パネルAの往復 (500[mm] × 1,000[mm])	400
case1-3			200
case1-4		パネルB-1の往復 (500[mm] × 500[mm]、床上1,500[mm])	400
case1-5			200
case1-6		パネルB-2の往復 (500[mm] × 500[mm]、床上1,000[mm])	400
case1-7			200
case1-8		マネキン1-1の往復 (調理台に直角)	400
case1-9			
case1-10		マネキン1-2の往復 (調理台に平行)	200
case2-1	300[m ³ /h]	無	—
case2-2		パネルAの往復 (500[mm] × 1,000[mm])	400
case2-3			200
case2-4		パネルB-1の往復 (500[mm] × 500[mm]、床上1,500[mm])	400
case2-5			200
case2-6		パネルB-2の往復 (500[mm] × 500[mm]、床上1,000[mm])	400
case2-7			200
case2-8		マネキン1-1の往復 (調理台に直角)	400
case2-9			
case2-10		マネキン1-2の往復 (調理台に平行)	200

表2 可視化装置の仕様

カメラ	ハイスピードカメラ		Photron FASTCAM SA3
レーザー	DPGL-3W × 2	出力: 3 [W]	LD励起Ld: YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532 [nm]
	DPGL-2W	出力: 2 [W]	
	G1000	出力: 1 [W]	
解析ツール	カメラ制御	Photron FASTCAM View ver. 4.0.2.1	
	PIV解析	FlowExpert ver. 1.2.13	

表3 PIV 解析条件

測定対象領域	1,350 [mm] × 1,350 [mm]
画像サイズ	1,024 [pixel] × 1,024 [pixel]
キャリブレーション値	1.30 [mm/pixel]
測定時間	44 [sec]
測定間隔	125 [fps]
探查領域	41 [pixel] × 41 [pixel]
探查範囲	± 7 [pixel]

程度の上昇気流が鍋周辺ではパネル A に押し出され、レンジフード周辺では引き込まれるように流れるため、周囲へ拡散する傾向がある。case1-5(パネル B-1:500[mm](幅)×500[mm](高さ)、床高1,500[mm])では、平均風速0.22[m/s]程度の上昇気流がほぼ垂直に立ち上がるが、パネル B-1によりレンジフード周辺では拡散する傾向がある。case1-7(パネル B-2:500[mm](幅)×500[mm](高さ)、床高1,000[mm])では、平均風速0.22[m/s]程度の上昇気流がパネル B-2に引き込まれるように立ち上がり、一部が厨房側へ漏出している。

(3) マネキンを往復動させた場合 : case1-9(マネキン1-1:調理台に直角)では、平均風速0.22[m/s]程度の上昇気流がマネキン1-1に引き込まれるように立ち上がる。

3.2 レンジフード排気量 300[m³/h] の場合 : case2-3(パネル A)では、平均風速0.22[m/s]程度の上昇気流がレンジフード周辺でパネル A に引き込まれるように流れ、一部が厨房側へ漏出している。

3.3 直接捕集率と乱れの強さの比較 : 図4に直接捕集

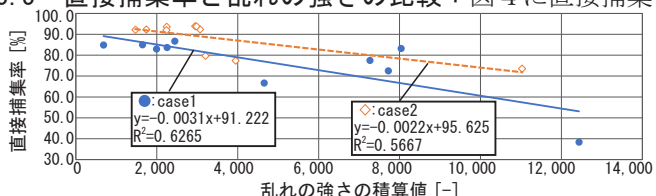


図4 直接捕集率と乱れの強さ^{※4}の積算値の相関

率と乱れの強さ^{※4}の積算値の相関を示す。乱れの強さの積算値は図3において擾乱発生装置が往復動する範囲(X=0~400[mm]、Z=0~1,200[mm])で積算したものとす。乱れの強さの積算値が増加すると、直接捕集率は低下する傾向がある。

4 まとめ

- ① 擾乱の無い場合に比較して、パネルを往復動させた場合は周囲に拡散する傾向がある。また、パネル A を往復動させた場合に比較して、パネル B-1、B-2 を往復動させた場合は周囲への拡散が小さくなる。
- ② 擾乱の無い場合に比較して、マネキン1-1を往復動させた場合は周囲に拡散する傾向がある。また、パネル A を往復動させた場合と比較して、周囲への拡散は小さくなる。
- ③ 各 case の直接捕集率と乱れの強さの積算値を比較すると、擾乱発生装置が往復動する範囲では両者に負の相関関係がある。

注釈

- ※1 粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry)
- ※2 厨房はベニシユラ型とし、IH レンジ上部には整流板を有するフラット型レンジフードを設置する。調理時にはIH ヒーター1口で鍋を加熱し、鍋の水が沸騰した状態を保つ。
- ※3 鍋から発生した汚染質のうち、居住空間へ流出せずに排気装置から直接排出される汚染質の割合を直接捕集率とする。
- ※4 任意の空間における任意の点の流速の分散による標準偏差をその点の平均風速で基準化した値。以下の数式で算出される。

$$u_{i,rms} = \frac{1}{u_i} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [(u_i) - (u_i)]^2}$$

$u_{i,rms}$: 乱れの強さ t: 時刻 N: データ数
i: 格子点番号 \bar{u}_i : 瞬時風速 u_i : 平均風速

参考文献

- 文1) Nordtest method VVS088: Building Large Scale Kitchen Range Hoods-Hood Efficiency and Pressure Drop, 1990年
文2) 有波、赤林ら「住宅用厨房を対象とした高効率換気・空調方式の開発研究 その8 人体等の擾乱がレンジフードの排気捕集率に及ぼす影響」、日本建築学会学術講演梗概集、2021年

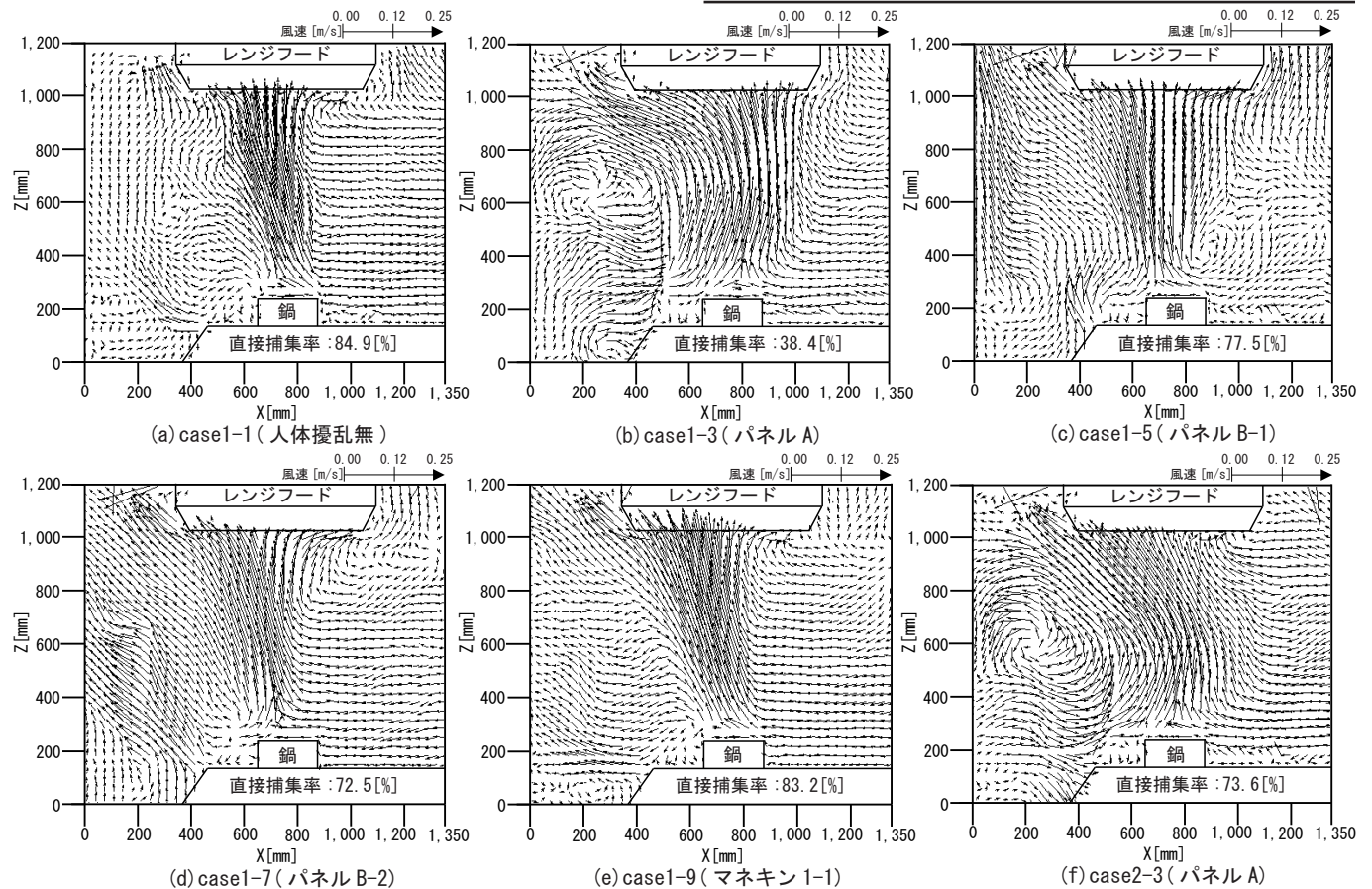


図3 代表的な case における平均風速分布 (調理台からの距離 200[mm])