

住宅用電化厨房を対象にした効率的な換気・空調方式に関する研究 IH レンジを対象とした CFD 解析

T 1 3 K 6 5 5 H 石塚 啓太郎
指導教員 赤林 伸一 教授

1 研究目的

近年、高齢化や安全性に伴い住宅で電磁調理器（IH レンジ）が用いられている。IH レンジは火源がなく、レンジ上に生じる上昇気流速度が遅いため、ガスレンジに比較して横風等の擾乱の影響を受け易い。従って、調理によって発生する臭気や水蒸気等の汚染質を効率よく排出することが可能な換気・空調方式の検討が求められる。

本研究では、数値流体解析（CFD 解析）を用いて、IH レンジ周辺及び室内全体の気流性状、汚染質の拡散状況についてのシミュレーションを行い、様々な条件におけるレンジフードの汚染質捕集性能を明らかにすることで、レンジ周辺の気流性状が厨房内環境に与える影響を把握し、設計資料を作成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。解析対象は集合住宅の中間階中間住戸におけるダイニング及びペニンシュラ型キッチンとする。排気はレンジフードから一定風量で行い、調理時の給気手法は①ドアのアンダーカット、②天井給気口、③給気をアンダーカットに加えて常時換気口に配分し、レンジフード排気量と同量に制御する。更に、調理台前面床面付近から吸気し、IH レンジ上端からフードに向けて補助気流を吹出した場合、フード下端と調理台の間にガラス製のキッチンスクリーンを設置した場合の解析を行う。

2.2 解析条件：表 1 に CFD 解析条件、表 2 に解析 case を示す。本解析は非冷暖房時（室内・室外温度 20[°C]）で行う。エアコンは循環風量 720[m³/h] で壁に対して 20[°] の方向に吹出す。鍋底と鍋の水に初期温度

100[°C] を与え、温度固定することで IH レンジによる加熱調理（沸騰状態）を模擬する。又、鍋からの汚染質の拡散状況を把握するため、鍋上面から大きさと質量を持たない気流に追従するトレーサを発生させ、濃度分布を求める。トレーサの基準化濃度は式 (1) より算出する。

$$\text{基準化濃度}[-] = \frac{\text{各点のトレーサ濃度}[1/m^3]}{\text{トレーサの発生量}[1/h]/\text{フード排気風量}(450[m^3/h])} \dots (1)$$

2.3 捕集率の算出：レンジフードの汚染質捕集性能を明らかにするため、レンジフードによるトレーサの捕集率を求める。厨房内の排気箇所がレンジフードのみの場合、最終的にトレーサはレンジフードにより捕集、排気され、捕集率は 100[%] と算出される。よって、トレーサ発生時、仮想境界面を設定し、この面を通過したトレーサを境界面で消去し、境界面外から再帰するトレーサをゼロとする。フード下端から調理台の間に設定した境界面①を超えずにフードから排気されたトレーサの割合を直接捕集率（DCE:Direct Capture Efficiency）、調理台とダイニング空間の間に設定した境界面②を超えずにフードから排気されたトレーサの割合を厨房内捕集率（KCE:Kitchen Capture Efficiency）と定義し、各捕集率を以下の式 (2) より算出する。

$$\text{捕集率}[\%] = \frac{\text{排気ダクト内トレーサ濃度}[1/m^3]}{\text{トレーサの発生量}[1/h]/\text{フード排気風量}[m^3/h]} \times 100 \dots (2)$$

表 1 CFD 解析条件

計算コード	ソフトウェアレイドルSTREAM Ver.12	
乱流モデル	標準k-εモデル	
移流項精度	QUICK	
壁面条件	流速境界	一般対数則
	輻射境界	輻射率=0.9
流入出条件	レンジフード排気 流量規定:300、150[m ³ /h] アンダーカット 自然流入、流入温度:20[°C] 天井給気口 自然流入、流入温度:20[°C] 常時換気 風量:14.58[m ³ /h] (換気回数0.5[回/h]、流入温度:20[°C])	
温度条件	IHレンジ	鍋内の水と鍋底には初期温度100[°C]を与え、100[°C]に温度固定する
	諸条件	外気温20[°C]、初期室温20[°C]
汚染質発生量	1.0[1/s]=3.600[1/h]	

表 2 解析 case

解析case	レンジフード排気風量	エアコン循環風量	キッチンスクリーン	アンダーカット給気量	常時換気口配分給気量	天井給気量	補助気流の詳細
1-1	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	有	300[m ³ /h]	-	-	-
1-3	-	-	-	-	-	-	60[m ³ /h](0.5[m/s]) 30[m ³ /h](0.5[m/s])
1-4	300[m ³ /h]	720[m ³ /h]	-	-	-	-	-
1-5	-	-	-	250[m ³ /h]	50[m ³ /h]	-	-
1-6	-	-	-	200[m ³ /h]	100[m ³ /h]	-	-
1-7	-	-	-	150[m ³ /h]	150[m ³ /h]	-	-
1-8	-	-	-	-	-	300[m ³ /h]	-
2-1	-	-	-	-	-	-	-
2-2	-	-	有	150[m ³ /h]	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	60[m ³ /h](0.5[m/s]) 30[m ³ /h](0.5[m/s])
2-4	150[m ³ /h]	720[m ³ /h]	-	-	-	-	-
2-5	-	-	-	100[m ³ /h]	50[m ³ /h]	-	-
2-6	-	-	-	50[m ³ /h]	100[m ³ /h]	-	-
2-7	-	-	-	-	150[m ³ /h]	-	-
2-8	-	-	-	-	-	150[m ³ /h]	-

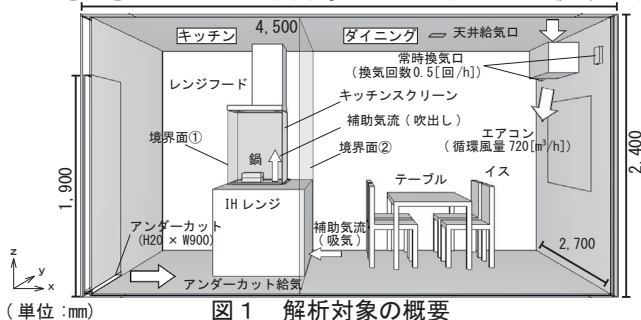


図 1 解析対象の概要

3 解析結果

図2に代表的な case の CFD 解析結果、図3に各 case の DCE 及び KCE を示す。case1-1(排気風量 300[m³/h])では、アンダーカットからの流入気流及びエアコンの循環気流が、ダイニング側からキッチン側への横風となり、鍋上の上昇気流をキッチン側へ押し流し、上昇気流がフードから大きく逸れる。捕集率は0~17[%]となる。case2-1(排気風量 150[m³/h])では、case1-1と同様に鍋上の上昇気流がキッチン側へ押し流されるが、上昇気流の一部はフードまで上昇し、case1-1に比較して、捕集率は30~40[%]程度向上する。これは、排気風量の減少に伴い、アンダーカットからの流入気流の流速が減速したためと考えられる。

case2-2では、キッチンスクリーンの設置により鍋上の上昇気流は、擾乱の影響を受けることなくほぼ垂直にフードへ立ち上り、捕集率は97~99[%]となる。又、IH レンジ上部からフードに向けて補助気流を吹き出す case1-3では、鍋上の上昇気流及びダイニング側からの気流が補助気流によりレンジフードへ誘引される。汚染質は僅かにキッチン側に溢流するが、ダイニング側には拡散しない。捕集率は87~95[%]となる。

給気を常時換気口に配分した case2-5では、鍋上の上昇気流はほぼ垂直にフードへ到達する。これは、アンダーカットからの流入量が減少することで、レンジ上への横風が減少したと考えられる。又、給気位置を天井給気口とした case2-8では、アンダーカットから同じ流量を給

気した case2-1と比較し、レンジ周辺の気流の流速が減速し、鍋上の上昇気流は室内気流の影響をほとんど受けることなくフードへ立ち上る。捕集率は96~98[%]となる。捕集率が95[%]を超える case は case2-2(排気風量 150[m³/h]、キッチンスクリーン有)、case2-8(排気風量 150[m³/h]、天井給気)である。

4 まとめ

- ①レンジフード排気風量の増加に伴い、給気風量が増加することでレンジ上への擾乱が大きくなる場合がある。
- ②給気手法を天井給気に変更した場合、捕集率は向上する。アンダーカットに加えて常時換気口から給気を行う場合、排気風量及びアンダーカットからの給気流量に対して常時換気口に適切な給気風量を設定することで、捕集率は向上する。
- ③キッチンスクリーンを設置すると、鍋上の上昇気流に対する擾乱の影響が防がれるため、捕集率は向上する。

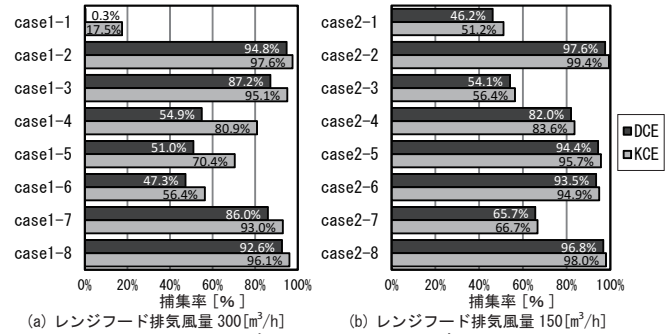


図3 各 case の DCE 及び KCE

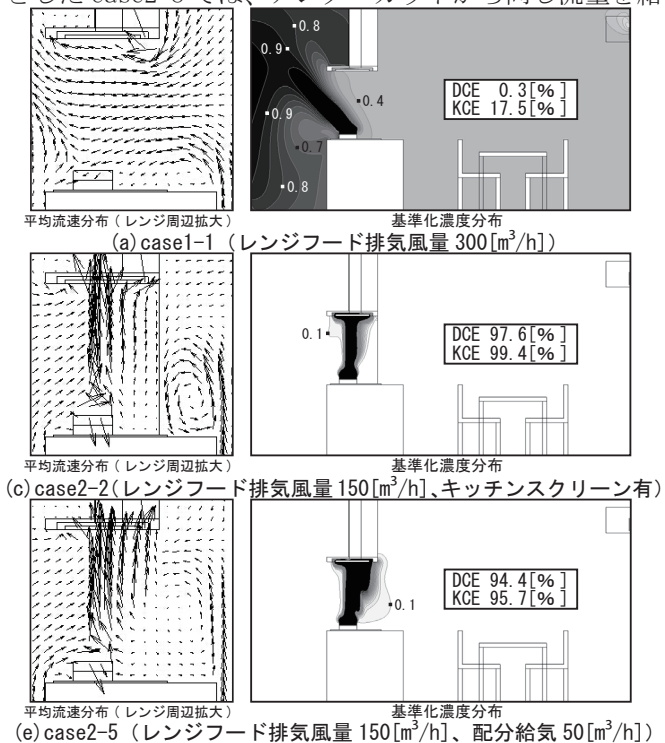


図2 代表的な case の CFD 解析結果 (鍋中心断面, zx 断面)

