

電磁調理器を用いた住宅用厨房の必要換気量に関する研究

F04D002C 佐藤 久遠
指導教官 赤林伸一教授

1 研究目的

近年、全電化住宅の普及が進み電磁調理器（IHレンジ）が一般住宅でも用いられるようになってきた。電磁調理器の場合、燃焼ガスが発生しないこと、炎などの高温部が存在しないため上昇気流風量が少ないと考えられることから、ガスレンジや電気レンジとは必要換気量が異なると考えられる。しかし、電磁調理器の必要換気量に関する設計指針・規制は存在せず、電気ヒーターを用いた電気レンジの必要換気量、300m³/hを用いて設計を行っているのが現状である。なお、ヒーター式電気レンジの必要換気量はレンジ上の上昇気流の風量によって決定され、上昇気流の風量はレンジ発熱量にほぼ比例することが既存の研究から明らかになっている。

本研究では、電磁調理器の特性を明らかにすると共に、電磁調理器を設置した住宅用厨房における必要換気量を提案することを目的とする。

2 60 cm角の単純形状を持つフードを対象とした実験

2.1 実験概要

家庭用電磁調理器を測定対象とする。図1に対象機器の仕様を示す。レンジ上に幅600mm×奥行600mm×高さ600mmの単純形状のレンジフードを設け、排気を行う。大空間を模擬した実験室内における室内気流の影響を少なくするために囲いを設け、水の入った鍋（直径22cm）を一定出力で沸騰させた状態で実験を行う。

レンジ加熱面からの高さ	出力	排気風量
800mm	2口/両2kW	フード無し
	1口/左2kW	100[m ³ /h]
	1口/左1kW	200[m ³ /h]
600mm	2口/両2kW	300[m ³ /h]
	1口/左2kW	
	1口/左1kW	
400mm	2口/両2kW	
	1口/左2kW	
	1口/左1kW	

表1 上昇気流測定条件(水平断面)

レンジ加熱面からの高さ	出力	排気風量
800mm	2口/両2kW	フード無し
	1口/左2kW	100[m ³ /h]
	1口/左1kW	200[m ³ /h]
600mm	2口/両2kW	300[m ³ /h]
	1口/左2kW	
	1口/左1kW	
400mm	2口/両2kW	
	1口/左2kW	
	1口/左1kW	

2.1.1 レンジ上の上昇気流測定

表1に水平断面、表2に鉛直断面の上昇気流測定条件を示す。図2に測定面の位置を、図3に実験の状況を示す。風速の測定には3次元超音波風速計を用い、風向、風速、温度を50mm間隔で測定する。

2.1.2 捕集率測定

表3に捕集率測定の実験条件を、図4に実験装置の概要を示す。トレーサガスとしてエチレン(C₂H₄)を鍋の縁から発生させてフードで捕集し、式(1)より捕集率を求める。全捕集時C₂H₄発生量とは、フード内にC₂H₄発生源を設置し、捕集率を100%の状態として求めたC₂H₄発生量を示す。C₂H₄濃度は、連続炭化水素濃度計で測定する。排気風量は、JIS標準オリフィスで測定し、排気ファンの能力を風量調整用インバーターでコントロールする。また、実使用時に近づけるためにレンジ背後に背壁を設け、実験室は室内に拡散したトレーサガスが再捕集されない様にパッケージエアコンで換気する。

$$\text{捕集率} = \frac{\text{排気C}_2\text{H}_4\text{濃度} - \text{室内C}_2\text{H}_4\text{濃度}}{\text{全捕集時C}_2\text{H}_4\text{発生量}} \times \text{排気風量} \times 100[\%] \quad (1)$$

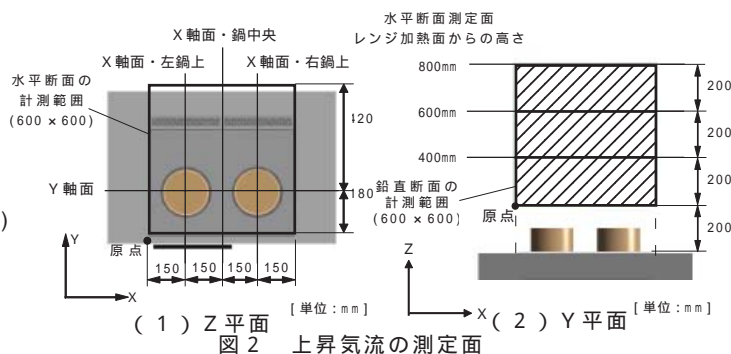


図2 上昇気流の測定面

表2 上昇気流測定条件(鉛直断面)

レンジ	出力	方向	
1口	左2kW	X軸面・左鍋上	
		Y軸面	
	左1kW	X軸面・左鍋上	
2口	左0.5kW	Y軸面	
		X軸面・左鍋上	
	両2kW	左2kW 右1kW	Y軸面
X軸面・左鍋上			
X軸面・右鍋上			
両1kW		両1kW	X軸面・鍋中央
			Y軸面
			X軸面・左鍋上
		X軸面・右鍋上	
		X軸面・鍋中央	
		Y軸面	

表3 捕集率測定の実験条件

フード下端高さ	出力	排気風量
800mm	2口/両2kW	50[m ³ /h]
	2口/左2kW 右1kW	
	2口/両1kW	
600mm	1口/左2kW	100[m ³ /h]
	1口/左1kW	200[m ³ /h]
	2口/両2kW	150[m ³ /h]
400mm	2口/左2kW 右1kW	200[m ³ /h]
	2口/両1kW	250[m ³ /h]
	1口/左2kW	300[m ³ /h]

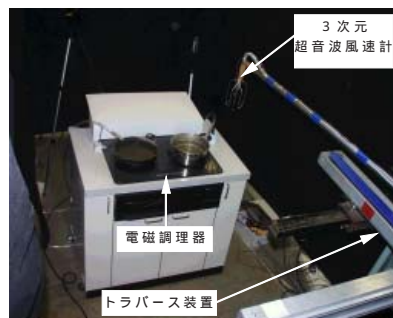


図3 上昇気流測定の実験状況

2.2 測定結果

2.2.1 レンジ上の上昇気流

(1) 風速分布

図5にレンジ加熱面からの高さ800mm,フード無しの場合の水平断面を、図6にY軸鉛直断面の風速分布を示す。最大風速が発生する位置は、レンジ1口ではレンジの直上、レンジ2口では2つのレンジの中央である。

(2) 上昇気流の風量

表4、図7にフード下面における上昇気流の風量を示す。上昇気流の風量は、表1に示した水平断面の上昇気流測定で求めたZ軸方向の風速に測定断面積(0.0025m²)を掛けたのち、全測定点で足し合わせて求める。

フード無し、レンジ加熱面からの高さ800,600mmの場合、レンジ1口/左2kWとレンジ1口/左1kWでは発熱量に2倍の差があるにもかかわらず、上昇気流の風量はほぼ等しい。同じく発熱量が2倍であるレンジ2口/両2kWとレンジ1口/左2kWでは上昇気流の風量も約

2倍となっている。フード無しの場合、電磁調理器の上昇気流の風量は、レンジ発熱量より使用レンジ口数の影響を強く受けている。

フード無しの場合、レンジからの高さが低いと、上昇気流の風量は減少し、高さ800mmで2口使用した場合に約255m³/h、1口の場合には約100m³/h、600mmではそれぞれ約190m³/h、約85m³/h、400mmではそれぞれ約150m³/h、105m³/hとなる。

2.2.2 捕集率

捕集率測定の結果を図8,図9,図10に示す。フードの捕集率は、フード下端高さが800mmの場合、排気風量150m³/hで80%を超え、200m³/hではほぼ90%を超える。フード高さが600mmの場合には排気風量150m³/hで捕集率は90%を超え、200m³/hではほぼ100%となる。フード高さが400mmの場合には排気風量100m³/hで捕集率は80%を超え、150m³/hでほぼ100%となる。IHレンジ上で発生させたトレーサーガスの捕集率は上昇気流の風量と同様に出力の影響は少なく、口数の増加に伴い捕集率は低下する傾向が見られる。また、レンジフードの高さを低くすることは捕集率の向上に極めて有効である。

2.2.3 必要換気量と使用レンジ口数の関係

表5に、フード無しの場合の上昇気流の風量と、その風量を排気した時の捕集率を示す。今回の実験では、上昇気流の風量を排気した時の捕集率は概ね90%以上となる。レンジ上の横風が無視できる環境で、汚染物質がすべて上昇気流で運ばれるとすれば、上昇気流の風量を排気することで捕集率がほぼ100%になると考えられる。今回の実験ではこれに近い結果が得られ、上昇気流の風量を排気することで捕集率がほぼ100%になること、上

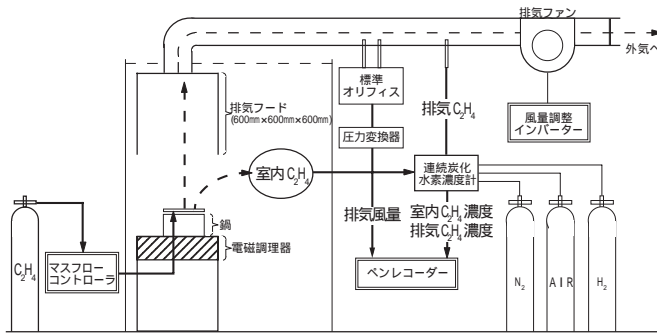
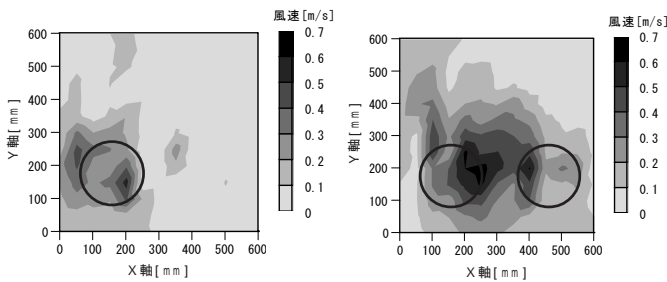
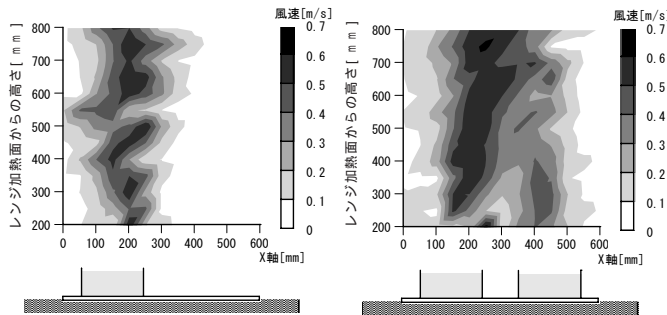


図4 捕集率実験装置の概要



(1) レンジ出力: 1口/左2kW (2) レンジ出力: 2口/両2kW

図5 上昇気流の風速分布(水平断面,レンジ加熱面からの高さ800mm,フード無し)



(1) レンジ出力: 1口/左2kW (2) レンジ出力: 2口/両2kW

図6 上昇気流の風速分布(鉛直断面,Y軸面)

表4 レンジ上の上昇気流の風量

レンジからの高さ	出力	排気風量[300m ³ /h]	排気風量[200m ³ /h]	排気風量[100m ³ /h]	フード無
800mm	2口/両2kW	267	213	196	255
	1口/左2kW	196	142	106	99
	1口/左1kW	203	144	81	108
600mm	2口/両2kW	229	201	141	191
	1口/左2kW	219	144	98	86
	1口/左1kW	195	147	81	80
400mm	2口/両2kW	240	189	125	147
	1口/左2kW	196	141	86	105
	1口/左1kW	180	129	82	

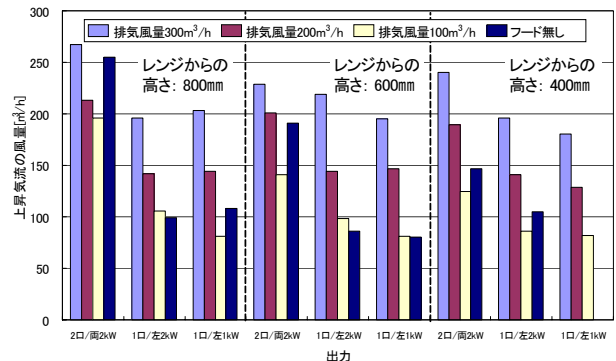


図7 レンジ上の上昇気流の風量

昇気流の風量が必要換気量を決定することが確認された。また、上昇気流の風量は使用レンジ口数の影響を強く受けることから、必要換気量も使用レンジ口数に大きく影響されると考えられる。これは、上昇気流の風量に寄与する鍋の温度がレンジ出力によらず常に100程度であること、電磁調理器が高温部を持たないことが理由と考えられる。

捕集率測定の結果からも、使用レンジ口数ごとに捕集率の値がほぼ等しくなり、捕集率及び必要換気量は使用レンジ口数に大きな影響を受けることが確認できる。

電磁調理器の必要換気量はレンジ発熱量ではなく、使用レンジ口数で決定される。

2.3 必要換気量の提案

図11に捕集率80%及び90%時の排気風量を示す。フード下端高さが800mm、レンジ出力2口で、捕集率が80%となる排気風量は130~140m³/hである。フード下端高

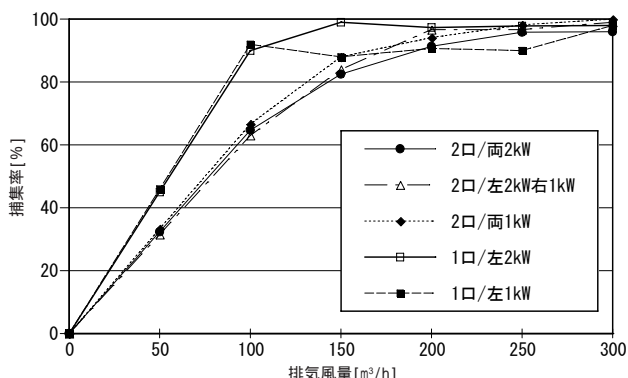


図8 捕集率測定の結果(フード下端高さ:800mm)

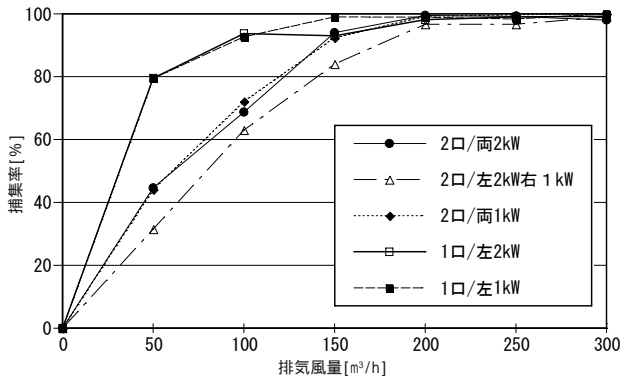


図9 捕集率測定の結果(フード下端高さ:600mm)

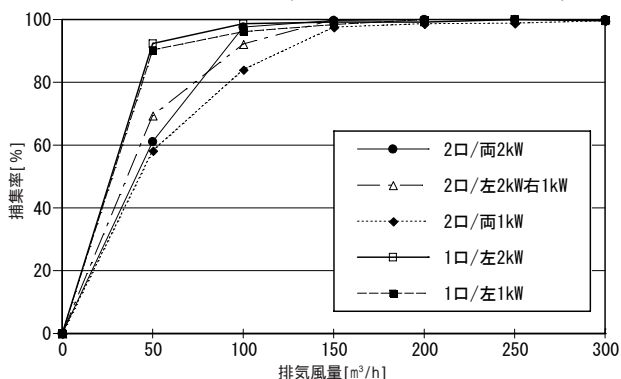


図10 捕集率測定の結果(フード下端高さ:400mm)

さ800mmは調理時や火災発生時に障害にならない高さである。捕集率80%を目標に必要な換気量を決定すると、使用レンジが2口の場合の150m³/h程度となる。

3 市販レンジフードを対象とした実験

3.1 実験概要

一般家庭で使用されている、形状の異なる3種類のレンジフード(浅形, 深形, ブーツ型)を使用して上昇気流及び捕集率の測定を行う。実験方法は前項2.1を参照。各レンジフードの写真及び捕集経路を図12に示す。浅形は、整流板によって上昇気流をフード縁へ誘導し、整流板とフード縁の隙間(約50mm)から捕集を行う。排気ファンの位置は中央である。深形は、捕捉された汚染質をフード内部の傾斜によってスムーズに排気口へ流すためにVの字形になっており、中央に設置された排気ファンによって左右から捕集し排気する。ブーツ型は前方より汚染質を捕集し、右寄りに位置する排気ファンから排気する。

表6にフード下端の気流分布測定条件を示す。レンジ無使用の条件は、各レンジフードの気流性状の特性を確認するためのものである。浅形レンジフードは整流板を取り付けた状態と外した状態の2パターンで測定する。

表7に捕集率測定の実験条件を示す。市販品の状態に加え、図13に示すようにレンジフードの側面下部壁側に長さ10cmの垂下りを取り付けた場合で測定を行う。気流分布測定と同様、浅形レンジフードは整流板を取り付けた状態と外した状態の2パターンで測定する。

表8にブーツ型レンジフードの排気ファン入口にハニカムを設置したときの捕集率測定の実験条件を、図14にハニカムの設置状況を示す。排気ファン入口にハニカムを設置することによって気流が整流され、捕集率が向

表5 フード無しの上昇気流の風量と捕集率

レンジ加熱面からの高さ(フード下端高さ)	出力	上昇気流の風量[m ³ /h]	上昇気流の風量=排気風量である時の捕集率[%]
800mm	2口/両2kW	255	95.9
	1口/左2kW	100	90.0
	1口/左1kW	108	91.4
600mm	2口/両2kW	191	98.5
	1口/左2kW	86	89.7
	1口/左1kW	80	87.3
400mm	2口/両2kW	147	99.6
	1口/左2kW	105	98.7

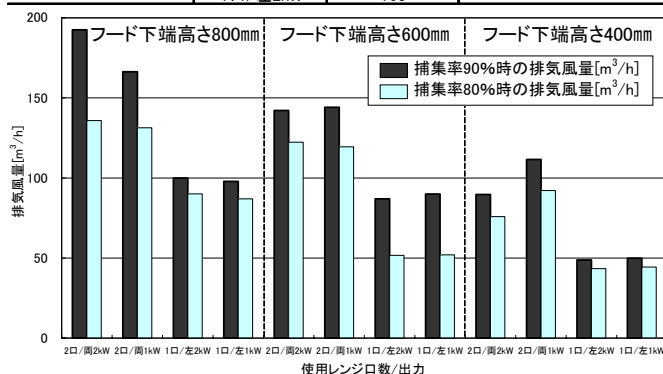


図11 捕集率80%および90%時の排気風量

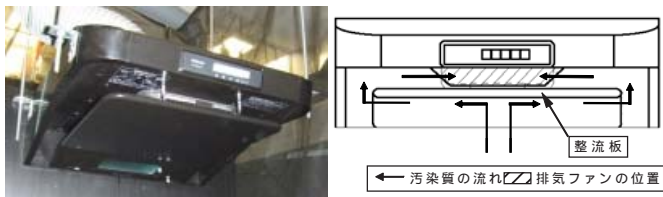
上することが期待される。

表9に深形レンジフードに整流板を設置したときの捕集率測定の実験条件を示す。フードと整流板の間の開口面積を狭くし、流入する風速を増加することによって、捕集率が向上することが期待される。

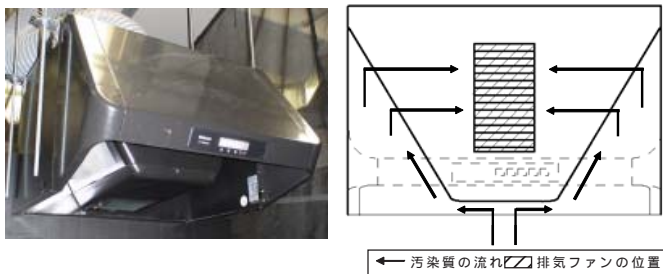
3.2 測定結果

3.2.1 フード下端の気流分布

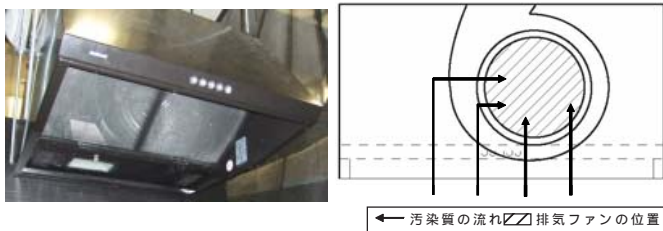
図15にレンジ無使用時における気流分布測定の結果を示す。浅形・整流板有りでは、右方向に気流が流れ、



(1) 浅形レンジフード

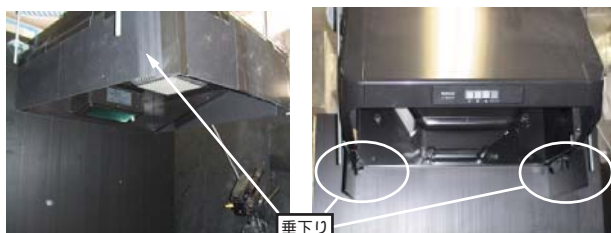


(2) 深形レンジフード



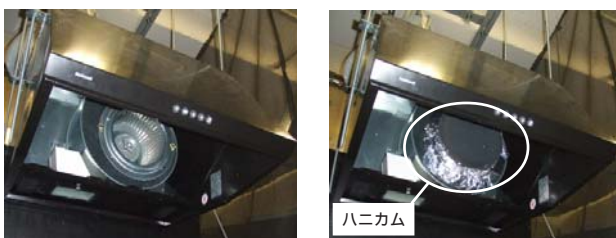
(3) ブーツ型レンジフード

図12 各レンジフードの写真及び捕集経路



(1) 浅形 (2) 深形, ブーツ型

図13 垂下りの取り付け位置



(1) ハニカム無し (2) ハニカム有り

図14 ハニカムの設置状況

右側のフードと整流板の間から排気ファンへ流入している。浅形・整流板無しでは、中央の排気ファンに向かって気流が集中している。深形では、後方へ向かって気流が流れている。ブーツ型では、右寄りに設置された排気ファンへ向かって気流が集中している。対象とするレンジフードによって気流の流れが異なる。

3.2.2 捕集率

図16～図19に各レンジフードの捕集率測定結果を示す。使用レンジ2口で捕集率80%以上になる排気風量は、フード下端高さ800mmでは浅形・整流板有りは340m³/h、浅形・整流板無しは215m³/h、深形、ブーツ型は300m³/hである。フード下端高さ600mmでは浅形・整流板有りは182m³/h、浅形・整流板無しは160m³/h、深形は158m³/h、ブーツ型は136m³/hである。垂下りを取り付けた場合、捕集率は向上し、使用レンジ2口で捕集率80%以上になる捕集率は、フード下端高さ800mmでは浅形・整流板有

表6 フード下端の気流分布測定条件(水平断面)

レンジフードの種類	フード下端高さ	出力	排気風量	整流板の有無
浅形レンジフード	800mm	無使用	300[m ³ /h]	○
		2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
	600mm	2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
		無使用	300[m ³ /h]	○
深形レンジフード	800mm	無使用	300[m ³ /h]	○
		2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
	600mm	2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
		無使用	300[m ³ /h]	○
ブーツ型レンジフード	800mm	無使用	300[m ³ /h]	○
		2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
	600mm	2口/両2kW	150[m ³ /h] 300[m ³ /h]	○ ○
		無使用	300[m ³ /h]	○

表7 捕集率測定の実験条件

レンジフードの種類	フード下端高さ	出力	排気風量	整流板の有無	垂下りの有無
浅形レンジフード	800mm	2口/両2kW	50[m ³ /h] 100[m ³ /h] 150[m ³ /h] 200[m ³ /h] 250[m ³ /h] 300[m ³ /h] 350[m ³ /h] 400[m ³ /h]	○	×
				×	×
				○	○
	600mm			○	×
				×	×
				○	○
深形レンジフード	800mm	○	×		
	600mm	○	×		
ブーツ型レンジフード	800mm	○	×		
	600mm	○	×		

表8 ブーツ型レンジフードの排気ファン入口にハニカムを設置したときの捕集率測定の実験条件

レンジフードの種類	フード下端高さ	出力	排気風量	垂下りの有無
ブーツ型レンジフード	800mm	2口/両2kW	50[m ³ /h] ~ 400[m ³ /h]	×

表9 深形レンジフードに整流板を設置したときの捕集率測定の実験条件

レンジフードの種類	フード下端高さ	出力	整流板とフードの間隔	垂下りの有無	排気風量
深形レンジフード	800mm	2口/両2kW	10mm	×	50[m ³ /h] 100[m ³ /h] 150[m ³ /h] 200[m ³ /h] 250[m ³ /h]
				×	300[m ³ /h] 350[m ³ /h] 400[m ³ /h]
			20mm	○	300[m ³ /h] 350[m ³ /h] 400[m ³ /h]
				○	300[m ³ /h] 350[m ³ /h] 400[m ³ /h]

りは222m³/h、浅形・整流板無しは171m³/h、深形は209m³/h、ブーツ型は150m³/hである。フード下端高さ600m³/hでは浅形・整流板有りは136m³/h、浅形・整流板無しは131m³/h、深形は147m³/h、ブーツ型は125m³/hである。捕捉された上昇気流がフード下端から溢れるのを垂下りが防止したためと考えられる。ブーツ型、浅形・整流板無し、深形、浅形・整流板有りの順に捕集率が低くなる。

図20にブーツ型レンジフード・フード高さ800mm・垂下り無しの場合の、左鍋からの気流と右鍋からの気流の捕集率比較を示す。右鍋に比べて左鍋からの上昇気流の捕集率は極端に低く、排気風量150m³/hでは右鍋が捕集率86.4%に対し、左鍋は49.1%である。他レンジフード、他条件でも同様の傾向が見られ、レンジの使用位置によって捕集率が変化する。

3.2.3 ハニカムを設置した場合

図21にブーツ型レンジフード・フード下端高さ800mm・垂下り無しの場合の、ハニカムの有無による捕集率比較を示す。排気風量150m³/h以上では、ハニカム有りが無しに比べ約1割捕集率が上昇する。排気ファン入口にハニカムを設置することは、捕集率の向上に有効である。

3.2.4 深形レンジフードに整流板を設置した場合

図22に深形レンジフード・フード下端高さ800mmの場合の、整流板の有無・隙間の広さによる捕集率比較を示す。整流板とフードの隙間が10mmの場合、整流板を設置しない状態に比較して捕集率は低下する。隙間が20mmの場合、排気風量100m³/hまでは整流板無しに比較して捕集率が向上するが、150m³/h以上では大きな差はみられない。

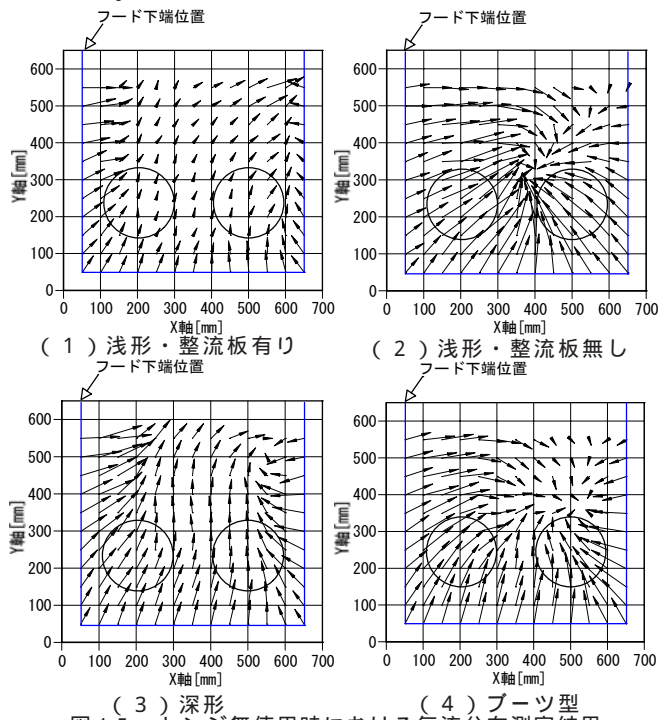


図15 レンジ無使用時における気流分布測定結果

3.2.5 捕集率測定結果の比較

図23に捕集率70%および80%時の排気風量を示す。浅形レンジフード、深形レンジフードで、使用レンジ2口・排気風量150m³/hで捕集率80%以上の条件を満たすには、フード下端高さを600mmにし、垂下りを取り付ける必要がある。ブーツ形レンジフードでは、垂下りを取

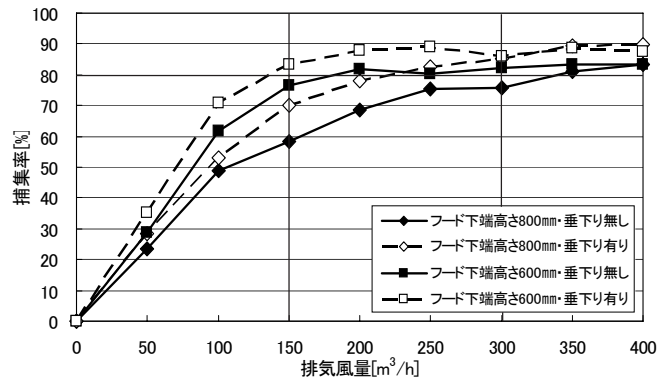


図16 捕集率測定結果（浅形レンジフード・整流板有り）

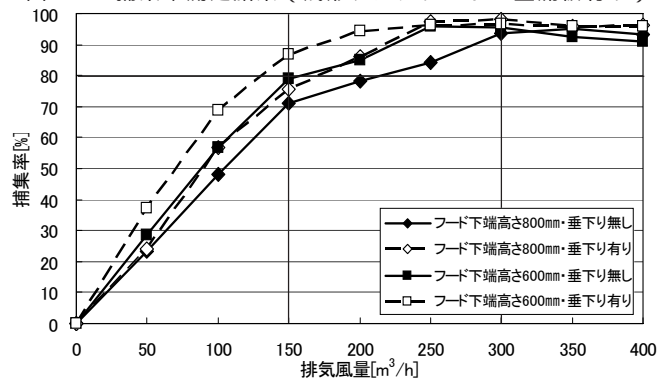


図17 捕集率測定結果（浅形レンジフード・整流板無し）

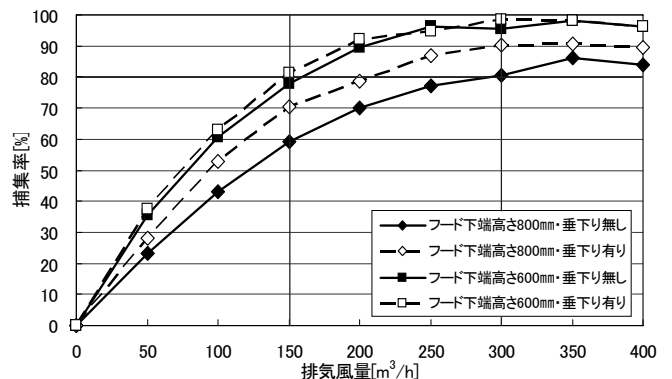


図18 捕集率測定結果（深形レンジフード）

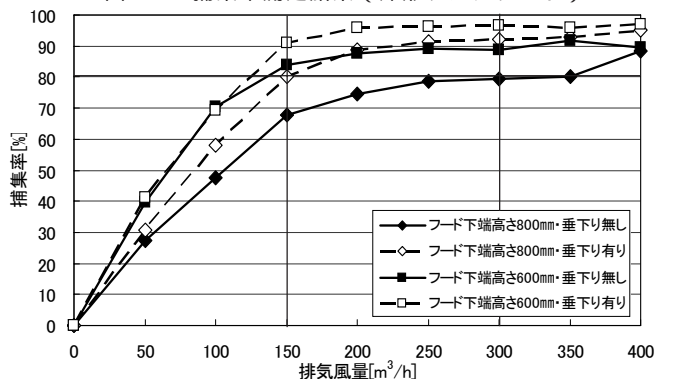


図19 捕集率測定結果（ブーツ型レンジフード）

り付けることでフード下端高さ 800 mmでも条件を満たすことができる。

4 まとめ

- (1) レンジフードで排気を行わない場合、レンジ上の上昇気流の風速の最大値は、レンジ1口の場合にはレンジの直上、レンジ2口の場合には2つのレンジの中央に生じる。
- (2) 電磁調理器の上昇気流の風量，必要換気量は、レンジの発熱量ではなく使用レンジ口数で決定される。
- (3) 60 cm角の単純形状を持つフードを使用した実験の測定結果から、使用レンジ2口における電磁調理器の必要換気量は、捕集率 80%を目標にしたとき、150m³/h

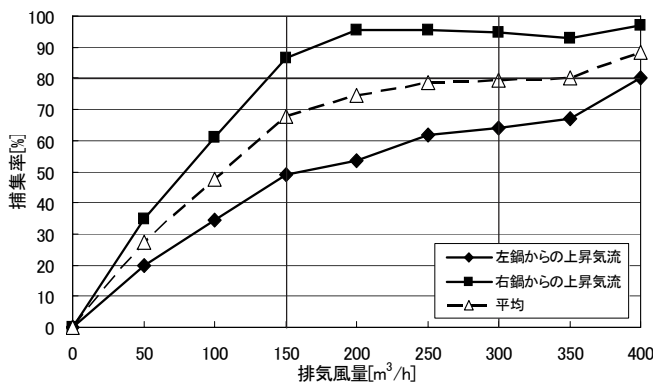


図 2.0 左鍋からの気流と右鍋からの気流の捕集率比較 (ブーツ型・フード下端高さ800mm・垂下り無し)

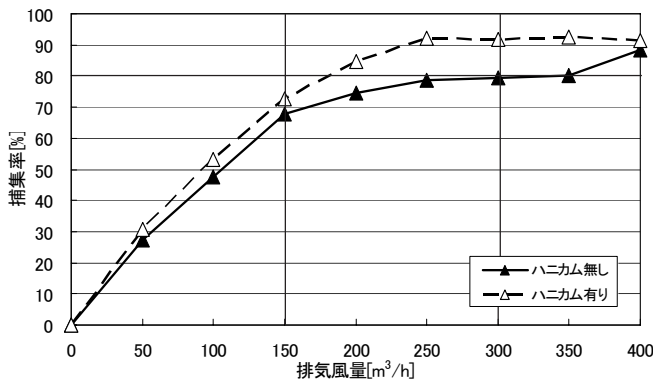


図 2.1 ハニカムの有無による捕集率比較 (ブーツ型・フード下端高さ800mm・垂下り無し)

程度であると考えられる。
(4) 使用するレンジフードによって、気流の流れは変化する。

(5) フード下端高さを下げることで、レンジフードの側面下部に 10 cmの垂下りを取り付けること、ハニカムを排気ファン入口に設置することは、捕集率の向上に効果がある。

(6) ブーツ型レンジフード、浅形レンジフード・整流板無し、深形レンジフード、浅形レンジフード・整流板有りの順に捕集率は低くなる。

(7) 市販レンジフードでは、レンジの使用位置によって捕集率が変化する。

(8) レンジ下部に整流板を設置すると、フードとの隙間 10 mmでは捕集率が大きく低下し、隙間 20 mmでは整流板が無い状態に比べ、排気風量 100m³/h までは捕集率は向上するが、150m³/h 以上では大きな差はない。

(9) 浅形レンジフード，深形レンジフードにおいて、使用レンジ2口・排気風量 150m³/h で捕集率 80%以上の条件を満たすには、フード下端高さを 600mmにし、フード側面下部壁側に 10 cmの垂下りを取り付ける必要がある。ブーツ型レンジフードでは、フード下端高さ 800 mmでも垂下りを取り付けることで条件を満たすことができる。

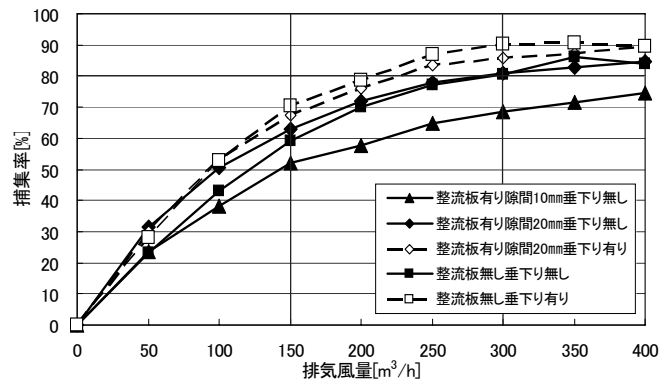


図 2.2 整流板の有無・隙間の広さによる捕集率比較 (深形・フード下端高さ800mm)

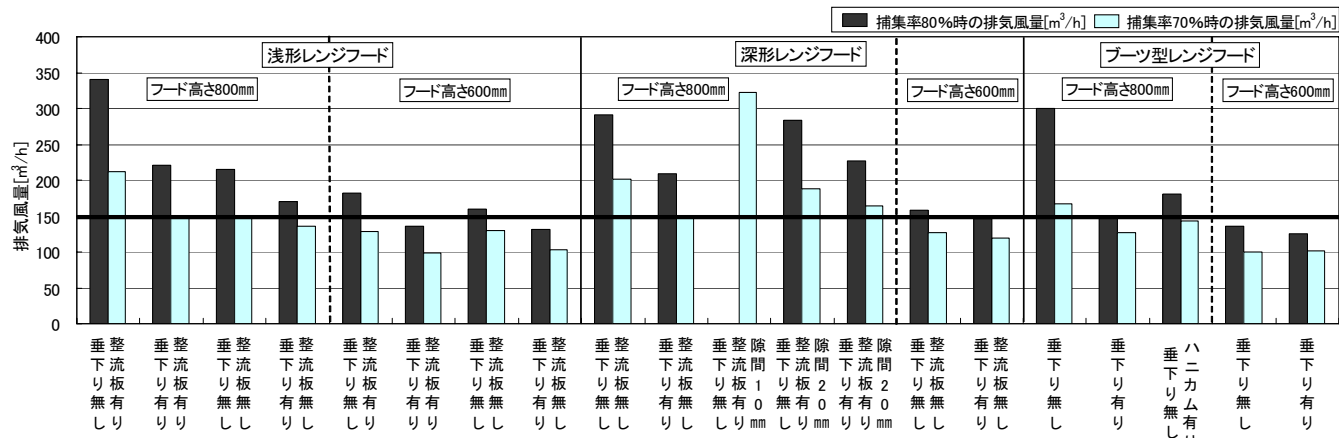


図 2.3 捕集率 70%および 80%時の排気風量