

住宅における局所換気装置に関する研究（2）（梗概）

鎌田 元康

1. 緒言

1. 1 研究目的

昨年度は、高気密住宅における換気に関連する諸問題の把握を目的としたアンケート調査を実施するとともに、単純形状の居室における汚染質の拡散性状を数値実験と模型実験により検討した。その結果、アンケート調査からは居住者の多くは暖冷房時にも換気を励行しているにもかかわらず室内空気汚染やかび等の被害が頻発していること、騒音や外気の侵入の点で台所、浴室換気扇を運転したくないと感じている居住者が少なくないことが分かった。また、新鮮外気の供給方法が汚染質の空間拡散に顕著な影響を与え得ることが実験により確認された。アンケート調査より抽出された汚染空氣の滞留や外気の侵入等の問題は、住宅の気密性に関連した局所換気装置の性能によるものが大きいと考えられ、早急に対策を講じる必要がある。そこで、本年度は住宅における主な汚染空氣発生源であり、最大の排氣風量が必要となる台所レンジフードに的を絞り、居住域の空氣清浄度を維持し、かつ外気の侵入による室内温熱環境への悪影響を最小限に抑えるための局所換気装置と給氣経路のあり方を探ることを目的とした一連の實驗的検討を試みた。

1. 2 研究方法

研究は、ガスレンジのみが設置されている条件での燃焼排氣ガスの拡散性状に関する實驗と、同時給排氣型レンジフードを運転する条件での捕集効率等に関する實驗の2段階に分けて行った。レンジ単独の實驗では、まず現状で一般的なレンジ付近に給氣口のない状況での燃焼排氣ガスの拡散性状を實測し、更に給氣を想定した吹出しを行う条件での實測結果と比較することにより、吹出しの配置が排氣ガスの拡散に与える影響を把握した。また、同時給排氣型レンジフードを用いる實驗では、主に給氣、排氣風量のバランスの相違による捕集効率、給氣の短絡率を測定しその最適化の過程で、効率的な同時給排氣型レンジフードの運転方法について検討を加えた。

2. ガスレンジの燃焼排氣ガスの拡散に関する實驗

2. 1 實驗概要

(1) 實驗条件

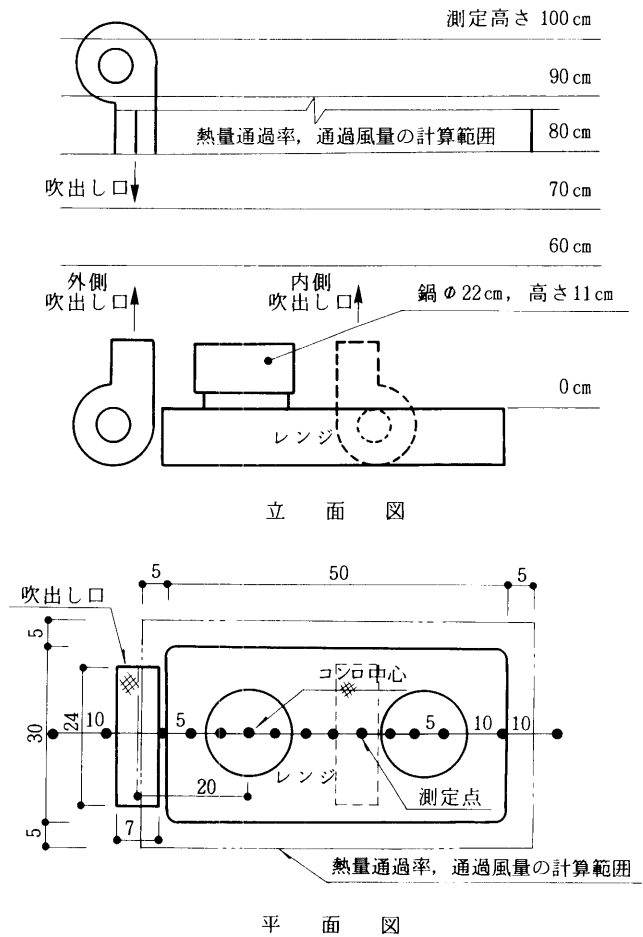


図2.1 實驗装置概要

プロパンを熱源とするガスレンジ上の熱上昇氣流を図2.1に示す装置を用いて測定した。検討した項目は、レンジ發熱量(4200, 3150, 2100kcal/h)、鍋の有無、給氣を想定した吹出しの影響であり、吹出し速度2m/s、風量120m³/hのラインファンを、レンジ側部から鉛直上方に吹上げた場合と、フード想定高さから鉛直下方に吹降ろした場合の2ケースを考慮した。レンジの發熱量はプロパンガス流量に理論發熱量を乗じて求め、實驗は定常燃焼条件によるものとした。なお、實驗は熱上昇流が影響を受けない程度にレンジから隔離した位置で自然換気を行う十分広い實驗室で行った。

(2) 實驗方法

図2.1の左側レンジのみを使用する条件とし、プロパ

供給量は予め更正したマスフローコントローラーを用いて制御した。図に示すレンジ中心線上、レンジ上端から60~100cm高さについて、10cm間隔で気流温度(CC熱電対)、気流速度(KANOMAX Model 6611)を測定し、パソコンにデータを取り込んで時間平均値を求めた。また、給気を想定した吹出しを行う条件では、測定線に直交する方向に測定点を追加した。なお、温度はレンジ側部に設置した熱電対の温度との温度差(室温からの差温)で表し、気流速度測定に関しては無指向性の風速計を用いたので、測定点のスカラー風速を表すことになる。

2.2 給気吹出しのない場合の実験結果

(1) 断面通過熱量

吹出しのない条件での各測定高さを通過する顕熱流の計算結果を高さ100, 80, 60cmについてそれぞれ表2.1に示す。レンジ中心から同心円部分での温度、速度は等しいと仮定し、気流温度から求めた飽和空気密度に比熱、温度、速度を乗じ、半径方向に加算して求めたものである。表より、裸火の場合は測定誤差によると推定される多少のばらつきはあるものの、各高さの通過熱量は、ほぼガス供給量から求めた発熱量と一致し、発熱の大部分が熱上昇流に転換されていることが分かる。次に、鍋ありの条件での通過熱量は、裸火と同様高さによる差は小さいが、いずれの発熱量においても約50%に低下し、発熱の半分が湯の沸騰による潜熱により消費されていることが分かる。

(2) 温度、速度分布

鍋の有無による温度、速度分布の変化を図2.2に、発熱量による変化を図2.3に示す。鍋の存在によって、温度、速度のピーク値が低下するのは当然であるが、分布の傾向には大きな変化は認められない。火力の相違の影響も、ピーク値の変化となって現れる他は、いずれも同様の分布形となっている。そこで、吹出しなしの場合の全実験結果の温度、速度(80cm以外の測定データを含む)を、縦軸を測定最大値、横軸を最大値の半分まで低下する長さに基づき無次元化した結果を、温度、速度についてそれぞれ図2.4, 5に示す。分布は測定高さ、発熱量、鍋の有無にかかわらずほぼ相似な釣鐘状となり、既往の研究と同様の結果を得た(文献)。ガスレンジ上の熱上昇気流では流れの上流側で生じた擾乱が下流側で速やかに減殺される傾向が強いと判断される。

(3) 長さ尺度の位置変化

熱上昇流の流れ方向の拡散性状を把握するため、中心軸速度(U_{max})と、その半分の速度となる軸からの距離(長さ尺度: b)を、中火の条件に関し鍋の有無について計算した結果を図2.6に示す。図より、鍋ありの場合は高さ70cm付近で b が最小、 U_{max} が最大となり、流れの縮流が生じていることが読み取れ、以後は高さが増加す

表2.1 断面通過熱量

コンロ中心から半径35cmの範囲内の熱量 単位: kcal/h

火力	高さ	100 cm	80 cm	60 cm	鍋有/発熱量(%)
強火	裸火	3,940	4,690	—	54%
	鍋有	2,140	2,210	2,480	
中火	裸火	2,950	3,080	—	
	鍋有	1,650	1,710	1,580	
弱火	裸火	2,009	2,120	2,290	
	鍋有	1,010	970	960	

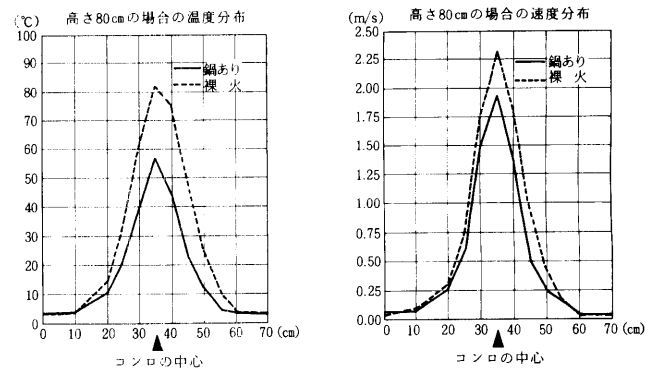


図2.2 レンジ上の温度、速度分布(鍋の有無)

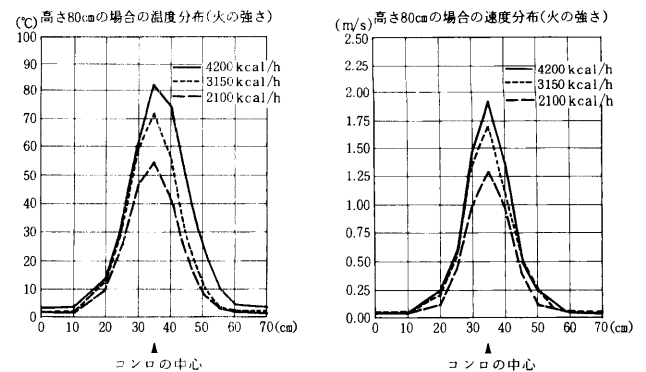


図2.3 レンジ上の温度、速度分布(発熱量)

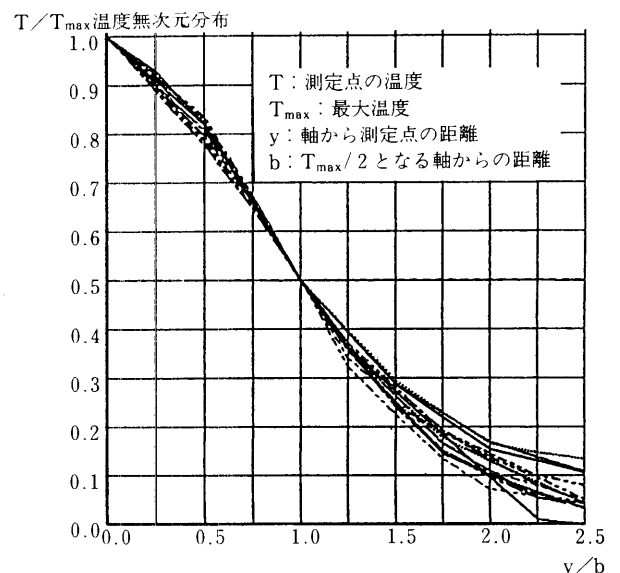


図2.4 無次元温度分布

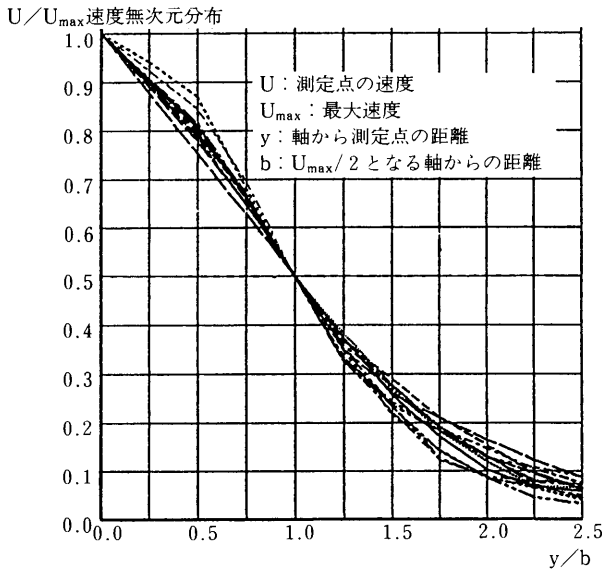


図2.5 無次元速度分布

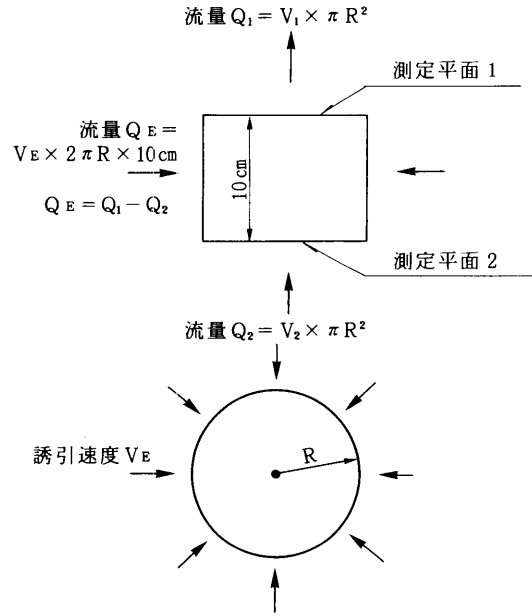


図2.7 誘引速度の計算モデル

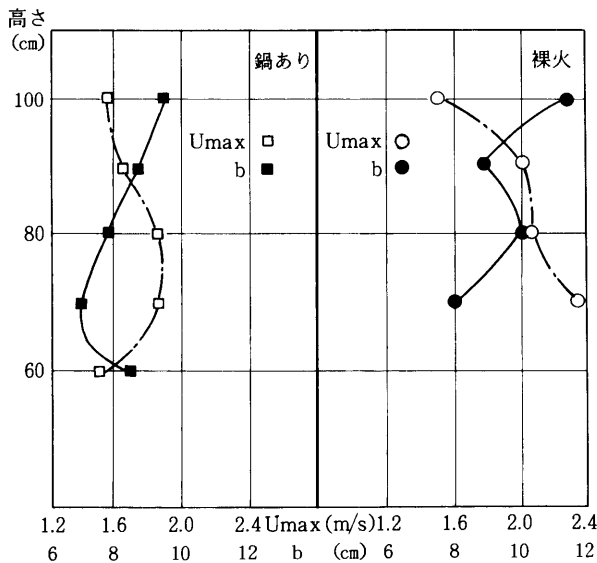


図2.6 長さ尺度、最大速度の距離変化

るにつれて熱上昇流が拡散し、 b は増加、 U_{max} は減少する。一方、裸火では若干測定値にばらつきはあるものの、ほぼ b は高さとともに増加、 U_{max} は減少となる。鍋ありの条件で縮流が生じているのは、高温の排気ガスが鍋から発生する水蒸気の外周を包み込む形での熱上昇流を形成するので、排気ガスが互いに誘引しあい、水蒸気と混合する過程で加速することが要因の1つと推定される。

(4) 誘引速度

熱上昇流が周辺空気を巻き込む誘引速度を、実験結果から逆算することを試みた。計算の原理は図2.7に示すように、上昇気流の中心から半径 R の円内部の流量を速度測定結果から計算し、10cm高さの異なる断面の流量の差が半径 R 、高さ10cmの円柱の側面から一様に誘引もしくは流出したものとして求めた。円柱の半径 R を様々に想定し、鍋ありの条件で上記計算を行った結果の

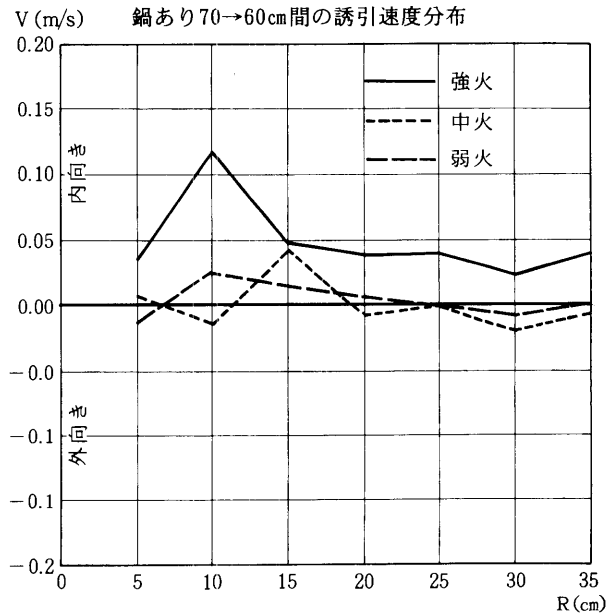


図2.8 誘引速度分布

1例を図2.8に示す。図によれば、誘引速度は中心から20cm以内で最大となり強火の場合は0.1m/s程度、中火、弱火では、それぞれ0.05、0.025m/s程度となった。誘引速度は以後中心から離れるに従い低下する様相を示す。十分発達した熱上昇流の誘引速度は中心速度の0.1程度と言われているが、今回の実験結果はこれよりかなり小さい値となり、鍋ありの場合の縮流が一部影響しているものと思われる。いずれにしても、熱上昇流の周囲速度はこのように非常に小さい値となるので、給気による吹出しを行う場合は、熱上昇流付近で気流を乱さない程度の低速気流とする必要があると考えられる。

2. 3 給気吹出しのある場合の実験結果

(1) 吹出しによる温度、速度分布の変化

給気を想定した吹出しをレンジ近傍で行った場合の温度、速度分布を図2.9に示す。図では、吹出しなしの場合の分布を比較用に併せて示す。レンジ側部から吹上げを行う条件では、温度、速度分布ともに図の左側に若干移動しており、吹上げ給気に誘引される傾向が認められる。この点を除けば、熱上昇流の分布の主要部分について、大きな変化はなく吹上げ給気方式は比較的熱上昇流への影響が軽微に留まる。一方、レンジフード想定位置から吹降ろしを行った場合は、熱上昇流が吹出しの反対側に移動するとともに、温度、速度のピーク値の著しい低下、分布のすそ野の広がりも顕著であり、給気によって熱上昇流が大幅に拡散していることが分かる。

(2) 熱量通過率、通過流量の計算

レンジ直上の高さ80cm位置にフードが設置されると想定し、奥行き40cm、幅60cmの平面を通過する熱量の供給熱量に対する比(熱量通過率 η)、通過流量(Q)を実験から推定した結果を表2.2に示す。なお、本実験ではフードは設置していないが、想定した位置に実際にフードがあり、通過流量と同一の排気を行った場合、熱量通過率の値と同一の排気捕集効率を得られるものと考えられる。なお、鍋ありの場合の熱上昇流のエンタルピーは発熱量の半分として計算した。吹出しのない条件で、裸火と鍋ありの場合を比較すると、いずれも発熱量が大きいほど熱量通過率は大きい。若干鍋ありの場合の方

が小さくなる。通過流量は裸火で最大300m³/h、鍋ありで同200m³/hとなり、現状の市販レンジフードの中程度の排気風量に相当している。次に、給気ありの吹降ろしの条件については、熱量通過率の低下と通過流量の増加が認められる。但し、今回の実験では気流の風向は測定されないため、風向を全て上向きと仮定した場合の計算値であり、実際は熱量通過率は更に低下、通過流量も低下するものと推定される。このような誤差を含んだ計算結果ではあるが、給気に吹降ろし方式を用いる場合は、熱上昇流を拡散させることにより、排気捕集効率が低下する危険性が高く、設計上で十分な配慮を要することを示唆する結果となっている。給気がフード外側のレンジ側部からの吹上げ(外側給気と略称)の場合、熱量通過率を給気なしの条件と比較すると大きな変化はなく、通過流量は1割程度の増加に留まることが分かる。温度、速度分布の測定で明らかとなったように、吹上げ条件では熱上昇流への影響が小さいことを裏付ける結果である。また、給気がフードの内側からの吹上げ(2つのコンロの中央部からの吹上げに相当、但し、外側給気のデータをコンロを中心に180度回転して計算、以下内側給気と略称)では、火力の相違に無関係に熱量通過率はいずれも100%となるが、通過流量は2倍以上に増加している。吹上げ方式では熱上昇流への影響は軽微であるが、給気に見合う風量を全てレンジフードで処理する場合は、熱上昇流の排気+給気風量を排気する必要があり、適正な風量を設定しないと、過大なレンジフード能力が必要になることを示唆している。以上の実験から、吹上げ、吹降ろしによる給気の是非を直ちに判定することは、器具の実際の納まりをも考慮すると問題であるが、少なくとも熱上昇流をできるだけ乱さず、給気を効果的に熱上昇流が誘引するように配慮する工夫が必要と思われる。

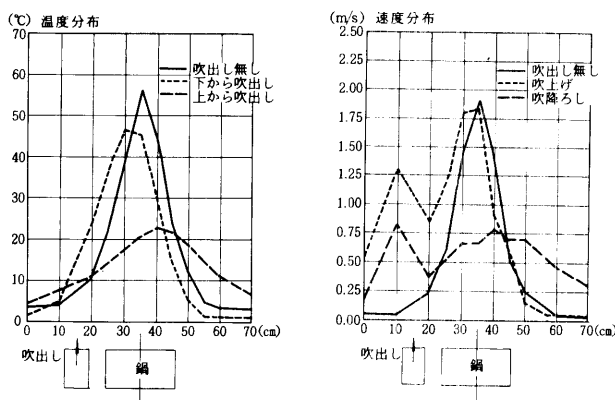


図2.9 吹出しによる温度、速度分布の変化

表2.2 熱量通過率、通過流量の計算結果

熱量通過率 η % 流量 Qm ³ /h	裸火 (給気無し)		鍋有り							
			給気無し		給気有り					
					吹降ろし		吹上げ			
	η	Q	η	Q	η	Q	η	Q	η	Q
強火	100	286	93	219	77	366	92	244	100	448
中火	99	287	92	199	86	361	84	212	100	420
弱火	74	185	77	153	86	305	81	187	100	376

*外側給気の結果をコンロを中心に180°回転して推定

3. 同時給排気型レンジフードにおける捕集効率、短絡率の計測

3.1 実験概要

(1) 検討条件

レンジ単独の実験では、レンジ近傍に給気吹出し口を設ける場合は、吹上げ方式を用いた方が熱上昇流への影響が小さいことが分かった。しかし、具体的な同時給排気型局所換気システムの開発を想定すると、レンジ高さからの吹上げ給気方式では、調理時の吹きこぼれ対策、レンジの燃焼に対する影響、及びレンジ回りのダクトの取り回しなど問題点が少なくない。一方、レンジフード高さからの吹降ろし方式を含め、フード近くで給気を行う場合は、給排気系を一体化することが可能であり、比較的簡易に台所換気システムを同時給排気型に変更できる可能性が強い。そこで、ここでは、レンジフード付近

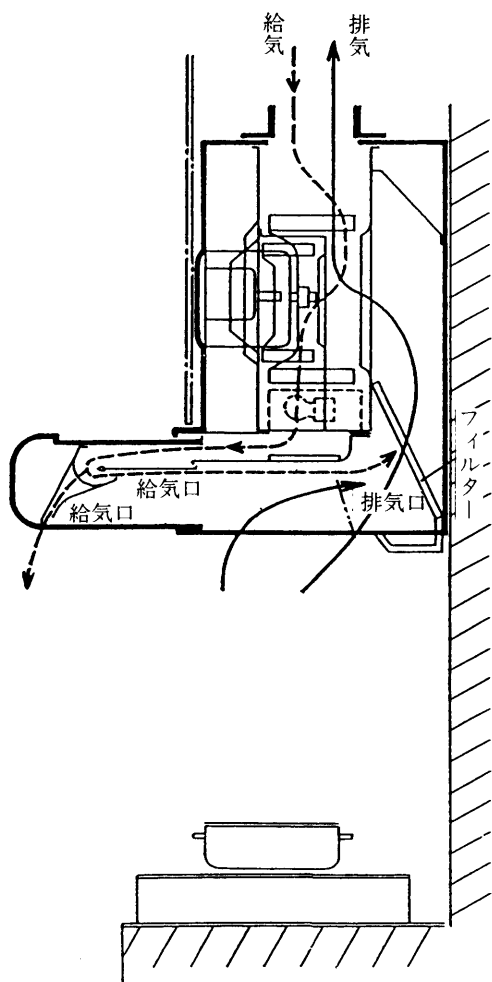


図3.1 供試同時給排気型レンジフードの詳細

で給気を行う場合に対象を絞り、給排気条件の相違が捕集効率等に及ぼす影響を系統的に調べ、熱上昇流を拡散させることの少ない給気条件について検討した。

(2) レンジフード

図3.1に示す市販の同時給排気型レンジフード(M社製)を一部改造し、給排気風量やフード部分の深さ等を可変とした上で実験を行った。レンジフードは、本体に給気、排気用の送風機を独立に有し、給排気ダクトをそれぞれ接続して使用することが想定されている。給気は、図に示すようにダクトでフード手前(図の左側)まで導かれた後、排気口方向への水平吹出し口(長さ約50cm, 幅0.6cm)、及び鉛直下方への吹出し口(長さ約50cm, 幅1.0cm)の2系統で吹出され、排気口はフードの奥(図の右側)に位置している。水平吹出しは、レンジからの上昇流を誘引して排気口に導くことを意図したものであり、下方吹出しは上昇流とともに循環を形成して汚染空気の調理者側へのあふれを抑制する効果を狙ったものである。

(3) 実験室及び計測項目

実験は気積が3000×3000×3300(mm)の実験室で行ったが、燃烧排気ガスがフードから漏出する条件で長時間

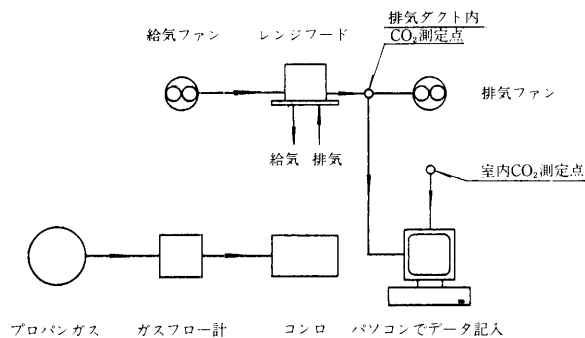


図3.2 実験系統図

の実験を行うと、実験室内の炭酸ガス濃度がバックグラウンド濃度より相当程度上昇することが事前の検討で確認された。そこで、床付近に大面積・低風速の給気口を別途設け、天井全面を排気口とするとともに、レンジ本体を実験室中央に設置することにより、レンジ付近の気流への影響を極力抑えた上で、実験室全体を換気する対策を講じた。測定項目は主に炭酸ガス濃度であり、実験室内代表点とレンジフード排気ダクト内各1点について計測し、それぞれパソコンにデータを取り込んだ後に、平均操作等の統計処理を施した。レンジフードへの給排気系は、フード本体内蔵の送風機と別に、給排気ダクト末端部に回転数制御型の送風機を設置し、主に後者の送風機の運転制御によって、給排気風量を設定した。また、レンジへのプロパンの供給量の制御には、前章と同様マスフローコントローラーを用いた。実験系統図を図3.2に示す。なお、レンジフードの位置は、レンジ上面から80cm高さの所に設置したが、フードの深さの影響(20cmに固定)を把握する実験では、フード下端までの高さが80cmとなるようにレンジフードの設置高さを調整した。

3.2 実験条件の設定と効率の算定方法

(1) 給排気風量の設定

換気系統の風量は、ダクト末端の送風機の制御によって調整したが、運転周波数に対応する風量の算出は、炭酸ガスをダクト系に注入するトレーサガス法を用いた予備実験結果に基づいて行った。すなわち、レンジフード内蔵送風機を運転、停止するそれぞれの条件について、給排気ダクト末端送風機の制御周波数を種々設定した上で、給気ダクト上流点-レンジフード給気口(以上は給気経路)、及び実験室内-排気ダクト内(以上は排気経路)の中間から定量の炭酸ガスを連続的に注入し、上流下流の炭酸ガス濃度差から給排気風量を算出した。実験では、この方法で導いた関係式を用い、周波数表示値から給排気風量を求めた。

(2) 捕集効率

捕集効率はレンジで発生する炭酸ガスの内、レンジ

フードに捕集された量の比率を表す。レンジフードの捕集炭酸ガス量は、室内-排気ダクト内の炭酸ガス濃度測定結果を次式に代入して計算する。

$$q_c = Q_E (C_E - C_R)$$

ここに、 q_c ：炭酸ガス捕集量、 Q_E ：排気風量、 C_E ：排気ダクト内炭酸ガス濃度、 C_R ：室内炭酸ガス濃度

また、レンジでの炭酸ガス発生量はプロパンガスの供給量から、完全燃焼を仮定した理論発生量により求めることができる。実験で検討した発熱量は4,200kcal（強火）、2,100kcal（弱火）であり、それぞれの場合のプロパンガス供給量から炭酸ガス発生量を求めると、0.525 m³/h、0.263m³/hとなる。レンジフード下端からレンジの面までの距離を20cmとし、完全捕集に近い条件で室内、排気ダクト内炭酸ガス濃度を測定し、理論発生量と比較した結果、ほぼ理論値と対応することを確認した。そこで、捕集効率の算定に用いる炭酸ガス発生量には理論値を用いることとし、次式により計算した。

$$\text{捕集効率 } \eta = q_c / (\text{理論炭酸ガス発生量})$$

(3) 短絡率

同時給排気型のレンジフードの性能指標としては、給気が室内の温熱環境に及ぼす影響が捕集効率と同様重要となる。外気に接する壁量の少ない集合住宅では、居室を優先的に外気に接して設け、水回りを室内部に配置する例が多い。この種の平面計画の住宅では、レンジフードの排気に見合う給気を玄関側の通路や居室を經由して取ることになり、特に空調期では給気経路となる部分での温熱環境が悪化する可能性が強く、これは前年度のアンケート調査でも指摘されている。最近では、給気ダクトにより外気を直接台所に導く方式を採用する例が見られるものの、調理者周辺の温熱環境が従来以上に損なわれる危険性は高い。従って、給気がどの程度短時間の間に、室内空気と混合することなく排気されるかが、室内温熱環境に与えるインパクトを計る指標として必要と考えられる。そこで、今回は給気の短絡率という指標を考え、その測定法も新たに開発した。

●給気の短絡率の定義

同時給排気を行うレンジフードにおいて、室内部に滞留することなく直ちに排気される全給気風量中の割合を給気の短絡率と定義する。

●短絡率の測定法

レンジ及びレンジフードを連続運転により定常条件に到達させた後、レンジフードの給気ダクト中に一定量のトレーサーガス q を連続注入し、排気ダクト内の濃度を測定する。室内に他の排気経路がない場合、十分時間経

過後の排気ダクト濃度に排気風量を乗じた値はトレーサーガス発生量と一致するが、ガス注入直後の排気ダクト濃度は、室内温熱環境に影響を与えない給気の短絡部分を代表することになる。この濃度を C_{SC} と置けば、短絡するトレーサーガス量 q_{SC} は以下となる。

$$q_{SC} = C_{SC} \times Q_E$$

従って短絡率 α の計算は次式による。

$$\alpha = q_{SC} / q$$

トレーサーガスに燃焼排気と同じ炭酸ガスを用いる場合、 C_{SC} はトレーサー注入前の排気ダクト濃度からの増加分と読みかえればよい。なお、トレーサーガス注入後の C_{SC} の測定時点は、短絡とみなす給気の室内滞留時間の評価によって左右され、排気風量に対する室内換気回数に基づく時定数よりも十分短い必要がある。今回の実験条件では、測定時点を測定器の応答性能を考慮して10秒程度としたが、室内を循環する給気成分が排気口に到達する時間は5分程度と長いため、その影響は無視できる。

(4) 実験ケース

いずれもレンジの1口点火の条件とし、以下に示す実験を行った。

① 再現性の検討

実験全体の精度、測定結果の信頼性を把握するため、フード深さ20cm、強火、鍋ありの条件で排気風量が395ないし300m³/hの場合の実験を2回行い、測定結果の差異を検討した。

② 給気なしの場合の排気風量による捕集効率の変化

表3.1の給気なしの条件で、排気風量の相違による捕集効率の変化を評価した。レンジ側の設定条件としては、火力の相違、鍋の有無の影響を考慮した。

表3.1 給気の有無の影響に関する実験ケース

裸 火						鍋 あり					
給気なし			給気/排気 1/2			給気なし			給気/排気 1/2		
フードoff	フードoff	フードon	フードoff	フードoff	フードon	フードoff	フードoff	フードon	フードoff	フードoff	フードon
強火	弱火	強火	弱火	強火	弱火	強火	弱火	強火	弱火	強火	弱火

表3.2 給排気のバランスに関する実験ケース

囲いの有無	排 気 固 定 ・ 給 気 変 化											
	囲いあり (深さ 20 cm)					囲いなし						
鍋の有無	裸 火		鍋あり			裸 火		鍋あり				
排気風量	395	300	275	395	300	275	395	300	275	395	300	275
給気風量	100	125	150	175	200	225	250	275	285			

注：給排気風量の単位はm³/h。

③ 給排気風量比を固定した場合の排気風量による捕集効率の変化

レンジフードの給気風量を排気風量の1/2に固定し、排気風量を可変とした場合の捕集効率の変化を把握するための実験である。給気なしの場合と同様表3.1に示すように、火力、鍋の相違の影響を考慮した。

④ 給気風量による捕集効率、短絡率の変化

火力を強火に固定し、表3.2に示すように、フードの囲いの有無、鍋の有無の各条件について、排気風量を3通りに設定し、それぞれの条件で給気風量を変化させた場合の捕集効率、短絡率の変化を評価した。

3.3 実験結果

以下実験の主要な結果について述べる。

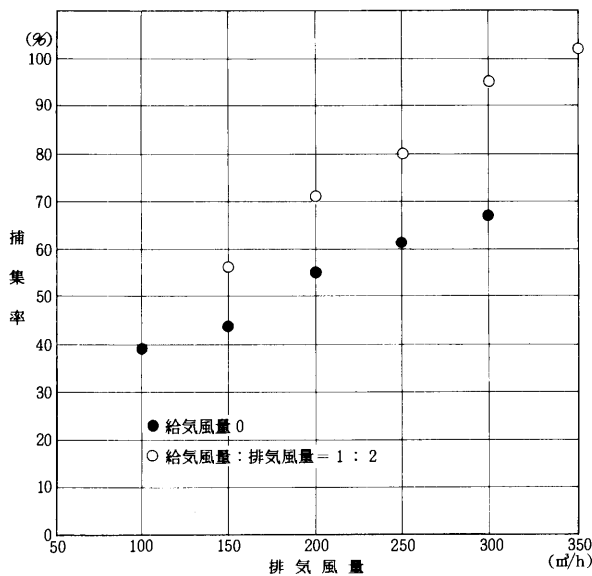


図3.3 給気なしと給気風量：排気風量 = 1：2の場合の比較 (捕集効率)

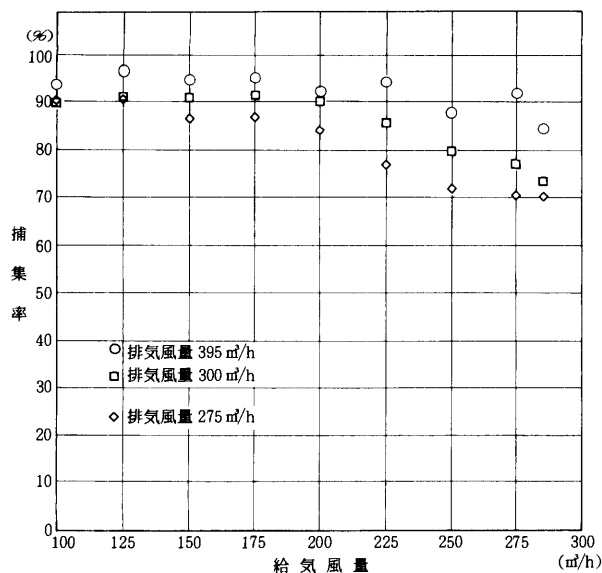


図3.4 給気風量と捕集効率 (鍋あり)

(1) 再現性

排気風量を300, 395m³/hとした場合の再現性検討実験より、同一条件での捕集効率の測定結果の相違は4%以内に収まった。従って、今回の実験では十分な再現性を有するものと判断した。

(2) 給気なし、及び給気率一定の場合の捕集効率

図3.3に、給気をカットした条件での排気風量による捕集効率を●で示す。排気風量が増加するにつれて捕集効率は増加するが、300m³/hの条件でも捕集効率は70%に達することなく、通常の排気単独レンジフードに比べてかなり効率は悪い。今回検討したレンジフードでは、図3.1に示すように排気口がレンジフードの奥に設置されており、水平給気がない条件では燃焼ガスを排気口まで導くことが困難なため、フードの手前側に拡散した燃焼ガスの多くがフードから溢流したためと推定される。排気口は従来型のレンジフードに比して面積は小さく、従って排気捕集速度は大きいにもかかわらず効率が低下していることから、排気速度の上昇のみによる効率の改善は困難であると推定される。同じ図に給気風量の排気風量に対する比(以下給気率と略称)を1/2に固定した場合の捕集効率の実験結果を○で示す。いずれの排気風量についても給気ありの場合の方が効率は高いが、その差は排気風量が増加するにつれて拡大し、300m³/hの場合は30%近くの差となっている。350m³/hの段階で捕集効率がほぼ100%となるのは、従来のレンジフードと比較して高性能の部類に属するが、200m³/h以下の低風量条件での性能は従来型に比べてやや劣る。今回検討した同時給排気方式では、燃焼ガスの勢力に見合う程度の給排気を行わないと、十分な捕集効果が上がらないことを示している。

(3) 給気風量による捕集効率、短絡率の変化

① 給気風量の捕集効率への影響

排気風量を275, 300, 395m³/hの3通りに固定し、給気風量のみを可変にした場合の捕集効率の変化を、鍋ありの条件について図3.4に示す。図より、395m³/hの場合は給気風量が280m³/h付近まで効率の変化は小さい。一方300ないし275m³/hでは200m³/h付近までは影響は小さいが、給気風量をそれ以上増加させると効率の低下は顕著となる。従って、捕集効率の変化は給気風量と排気風量のバランスを考慮する必要性が強いと考えられるので、同じ実験結果を給気率の関数として表した結果を図3.5に示す。図によれば、いずれの排気風量についても給気率による捕集効率の変化は同一の傾向を示し、給気率が0.25~0.7の範囲では変化は小さく、ほぼ一定とみなすことが可能である。一方、給気率が0.7を越えると効率はほぼ直線的に低下し、給気率が1では20%程度性能が落ちる。すなわち、捕集効率は給気率に強く依存し、給気率が一定限度を越えると顕著な低下を招くことにな

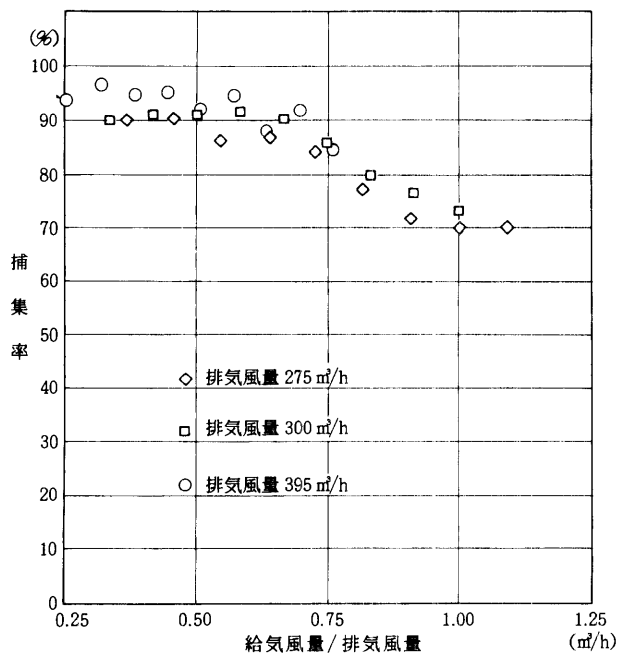


図3.5 給気率（給気風量／排気風量）と捕集効率（鍋あり）

るが、これは熱上昇流を給気の一部フード外部に吹き飛ばしてしまうことが原因と推定される。逆に、給気率を一定値以下に設定すれば、極端な性能低下は避けられることになり、その上限を実験結果に基づいて判断すると0.7付近となる。仮に、給気率を0.7に設定した場合は、残りの0.3を他の給気経路から確保する必要があるが、排気風量を400m³/hの強運転としても、別経路からの必要給気風量は120m³/hに過ぎず、排気単独型のレンジフードに比べ、通気経路となる居住域の温熱環境へのインパクトは大幅に抑制できる可能性が強い。

② 給気風量による短絡率の影響

図3.6に裸火の場合の短絡率の測定結果を、給気風量の関数として示す。給気風量が小さい方が短絡率は大きく、給気風量が増加するにつれて短絡率は低下する。

50%給気率となる150m³/hで0.75程度であるが、以後の給気風量の増加による短絡率は緩慢に低下し、80%給気率付近の250m³/hで0.65以上の値となっている。鍋ありの場合の短絡率に関する結果測定を先と同じく、給気率の関数として図3.7に示す。給気率が0.25～0.5の範囲ではデータはばらつくものの、0.5を越えると排気風量に無関係にほぼ一定の傾向を示し、0.5から1の間での短絡率の低下は0.1程度である。これらの結果より、給気率の設定は捕集効率を優先して考えればよいと判断できる。先の考察を含めて考えてみると、給気率の値を捕集効率から決まる上限値の0.7とすれば、その場合の短絡率は図よりほぼ0.6となる。従って、両者を乗じた40%が排気風量を補償する給気の中で、室内に拡散しない部分の比率を意味することになる。即ち、レンジフード運転による室内空調空気の出が40%低減可能なことを意味す

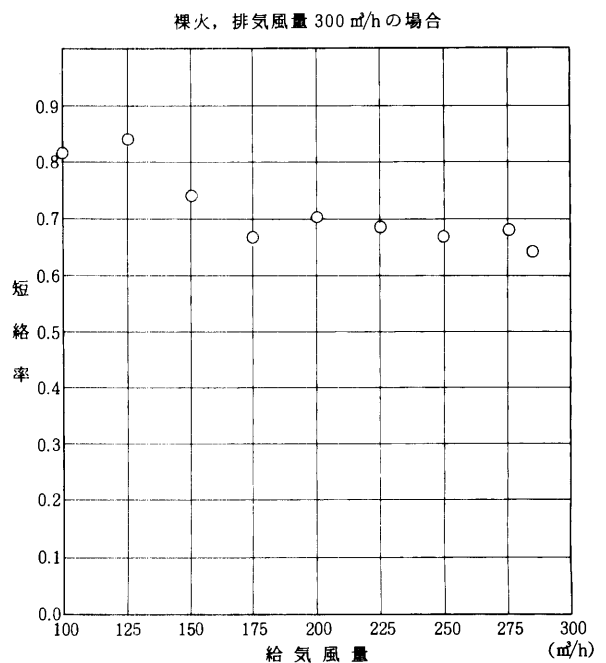


図3.6 給気風量と短絡率

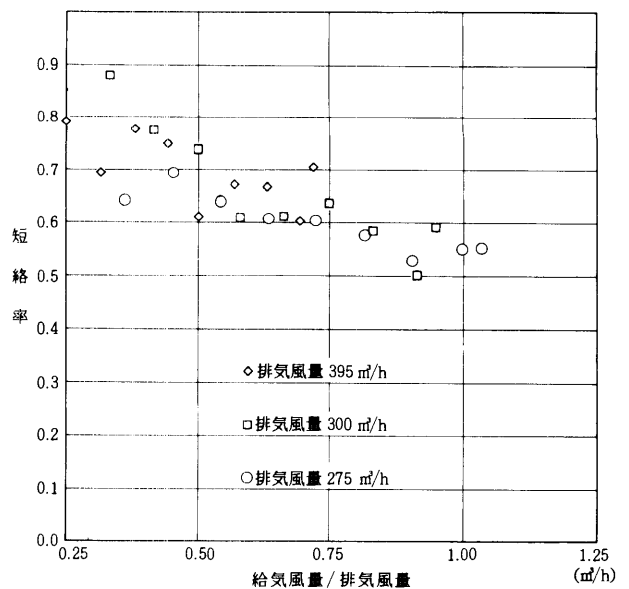


図3.7 給気率（給気風量／排気風量）と短絡率（鍋あり）

る。残りの60%の内訳は、30%が台所以外の給気経路から与えられ、同じく30%がレンジフードからの給気で台所部分に拡散する部分に相当する。このような効率な設定を行えば、（居住域への外気の侵入を低減する意味で）快適性を損なうことが少なく、かつ（室内空調空気の排気を低減する意味で）省エネルギー性の高いレンジフード運転が可能と考えられる。

③ 室内排気風量に基づく捕集効率

②までの検討で排気に見合う適切な給気を行えば、その相当部分は短絡によって速やかに排出可能であることが分かった。この場合、居住域の温熱環境に影響を与え

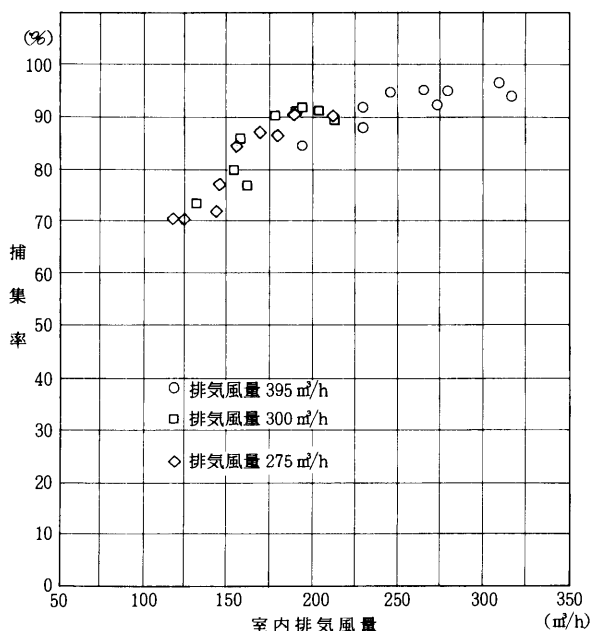


図3.8 室内排気風量と捕集効率（鍋あり）

る給気風量としては、「排気風量－給気の短絡部分」となり、これを室内排気風量と定義する。従来の排気単独型レンジフードでは、室内排気風量＝排気風量となるが、給気の短絡率を高めた同時給気型レンジフードでは、室内排気風量＜排気風量となり、給気を含めたレンジフードの温熱環境への影響、省エネルギー性を計る表現方法として適当と思われる。以上の観点から捕集効率の実験結果をプロットしなおした結果を図3.8に示す。横軸は室内排気風量でありレンジフードの運転によって室内の温熱環境に影響を与える排気風量の成分を表す。

室内排気風量の値を先の検討結果から排気風量の60%とすれば、395m³/h→237m³/h、300m³/h→180m³/h、275m³/h→165m³/hとなるが、これらの値を越えて室内排気風量を増加させても捕集効率の増加は余り期待できないことが確認できる。室内排気風量180m³/hにおける捕集効率は図より90%を越えており、かなり効率は高い。

④ 補足的検討事項

捕集効率は鍋の有無によってその傾向に顕著な差は認められないが、若干鍋ありの方が捕集効率は高くなる。また、短絡率は裸火の方が鍋ありの場合より高い値となるが、捕集効率と同様実験結果の傾向は鍋ありの場合と一致する。但し、中華鍋等の大きな鍋を使用した場合の影響については今後検討を加える必要がある。また、レンジフードに20cm深さのフードを追加した場合の捕集効率の変化は、顕著に現れなかったが、これは今回用いたレンジフードの特性によるものとも考えられ、別の給気システムでは異なる傾向となる可能性がある。

4. 結語

実際的なガスレンジ及びレンジフードを用いた一連の実験の検討を行った。レンジ単独の実験から得られた知見をまとめれば以下となる。

(1) レンジによる熱上昇流のエンタルピーは裸火の場合は、ほぼ発熱量に一致し、鍋ありの場合は、そのほぼ半分となる。

(2) 熱上昇流の温度、速度分布は発熱量、鍋の有無に無関係にほぼ相似となる。

(3) 熱上昇流の長さ尺度を測定高さ別に求めたところ、鍋ありの条件では縮流が生じて長さ尺度の低下が認められるのに対し、裸火ではほぼ単調に増加する。

(4) 誘引速度は10cm/s以下の非常に小さい値となり、熱上昇流の周辺は極めて静穏な気流状態となっている。

(5) 給気を想定した吹出しをレンジ側部の吹上げと、フード想定高さからの吹降ろしについて検討したところ、今回の条件では吹降ろしの場合、熱上昇流の著しい拡散が観察されたが、吹上げ条件では影響は小さかった。

(6) 給気を想定した吹出しのある場合、全般的に熱量通過率の低下と通過流量の増加を招くことになり、給気による捕集効率の改善は難しいと判断されたが、吹上げの外側給気の場合は、比較的变化の少ないことが確認された。

また、同時給排気型レンジフードを用いた実験からは以下の知見が得られた。

(1) 検討したレンジフードではその構造上、同時給気を行った方が給気なしの場合よりも捕集効率は向上した。

(2) 捕集効率は給気率に強く依存し、0.25～0.7の範囲ではほぼ一定となるものの、0.7を越えると効率は顕著に低下した。従って、捕集効率の低下を抑制するためには給気率の上限を0.7とする必要がある。

(3) 短絡率は給気率の増加にともない減少するが、捕集効率に比べてその変化は少なく、捕集効率を優先して給気率を決定すべきである。給気率0.7の場合の短絡率の実験結果は、0.6程度となる。

(4) 捕集効率、短絡率の変化を考慮して適切な給気率を設定すれば、室内排気風量が少なく、かつ捕集効率の高いレンジフードの運転が可能となる。今回検討したレンジフードでは、0.7付近が適切な給気率であり、室内排気風量を4割低減することが可能で、排気風量300m³/h運転の場合の捕集効率は90%を越える。

(5) 鍋の有無による影響は比較的小さく、裸火の実験によってレンジフードの性能はある程度把握可能である。但し、コンロの大きさに比べて著しく大きい鍋を使用する場合については今後検討を加える必要がある。

なお、実験では給排気一体型のレンジフードを基礎とした検討を行ったが、研究の過程で重要と判断された短

絡率の向上と室内排気風量の低減を念頭に置けば、異なる給気方式も検討の余地がある。また、今回は器具単体での検討に終始したが、隣室間の空気流動の影響や局所排気装置の同時運転時の逆流問題、住宅全体として給排気のバランスや通気経路等、解明すべき問題は多く残されている。今回得られた知見を基礎として今後検討を進めたい。

〈参考文献〉

檜崎他：調理時の熱上昇気流について、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988

〈研究組織〉

主査	鎌田	元康	東京大学工学部助教授
委員	千田	善孝	東京大学工学部助手
〃	倉渕	隆	東京大学工学部助手