

厨房における局所排気フードの捕集原理に関する研究 (その 19) 2 方向付加噴流を用いた排気フードの捕集性能向上効果

正会員 ○千田紗恵 *¹ 同 山中俊夫 *² 同 小林知広 *³ 同 袁継輝 *⁴ 同 寺本大智 *⁵

4. 環境工学 -13. 空気流動応用 -h. 業務厨房・工場・クリーンルーム等の換気・空調
業務用厨房, 排気フード, 2 方向付加噴流, 捕集率, 捕捉・保持

はじめに

業務用厨房では、揮発成分や油などの調理生成物質や、燃焼を伴う調理器具による燃焼排ガスが発生するため、これらの排出に多大な換気量が必要であり、より高効率な排気フードが求められている。排気フードの性能を向上させる方法の一つとして、既存の排気フードをより性能の高いものに代えることが挙げられるが、これにはコストが大きく工期も長いという欠点がある。そこで本報では、既存の排気フードに後付けすることができる付加噴流装置 (HALTON 製) に着目し、この付加噴流装置を設置した排気フードの捕集性能について実験により評価を行った。

1. 実験概要

1.1 付加噴流装置

本報で用いた付加噴流装置は装置の下端と内側に小孔が一定間隔で設けられており、上部のファンから室内空気を吸い込み、小孔から吹き出す仕組みになっている。付加噴流装置を取り付けた排気フードのイメージ図を図 1 に示す。付加噴流を用いることによる効果を、既往研究¹⁾で提唱された捕捉

(Capture)・保持 (Containment) の観点から推測すると、フード下端から鉛直下向きに吹き出されたジェットによって捕捉効率が上昇し、さらにフード下端から内向きに吹き出されたジェットによって保持効率が上昇することが期待される。その概念図を図 2 に示す。付加噴流装置は水平方向の孔がフードの下端面の少し下に位置するように取り付けた。また付加噴流装置のジェットの影響のみを評価するため、装置のファンの吸い込み口に内径 149mm、厚さ 1mm、長さ 1m の円形ダクトを取り付け、排気フードから漏れ出た汚染物を装置のファンから再捕集しないようにした。

1.2 対象厨房機器

実験では低放射・集中排気型厨房機器の寸胴レンジを使用した。寸胴レンジの定格出力は 20.9kW である。この機器は燃焼排ガスを釜の後方にある排気筒から集中的に排気することで、燃焼排気が厨房内に拡散することを防ぐという特徴がある。使用した低放射型機器を写真 1 に示す。

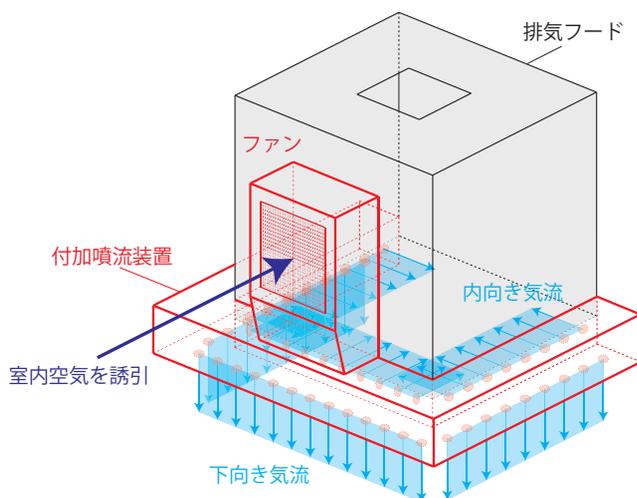


図 1 付加噴流イメージ図

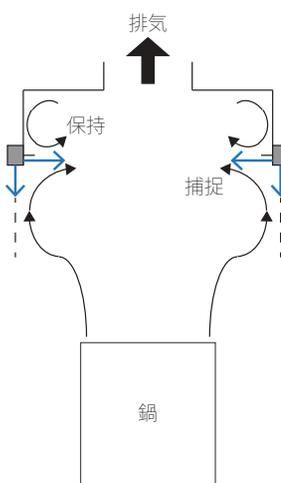


図 2 概念図



写真 1 低放射型機器

Capture and Containment Mechanism of Local Exhaust Hood in Commercial Kitchen

(Part 19) Improvement of Capture Performance of Exhaust Hood using Two Directional Additional Jets

SENDA Sae, YAMANAKA Toshio, KOBAYASHI Tomohiro, YUAN Jihui, TERAMOTO Daichi

1.3 実験室概要

実験は大空間である実験棟内の開放空間の一部に設置された排気フードを用いて行った。実験空間の平面図及び立面図を図3及び図4に示す。なお、排気フードを取り付けている天板には3つの開口が存在しているが、実験では中央の開口のみを使用しており、その他の開口は閉じた状態にした。フードサイズは、フードの調理機器に対するオーバーハングが150mmとなるように900mm×900mm×600mmで4面の下端面に水平方向内向きに30mm、鉛直方向上向きに10mmの折り返しがあるものを使用した。実験空間は仕切りによって外乱の影響を最小限に抑えている。

2. 測定手法

2.1 捕集率の式

各捕集率算出式を式(1)及び式(2)に示す。

$$\eta_{cook} = \frac{QC_e(SF_6)}{M_{SF_6}} = \frac{QC_e(SF_6)}{Q_p C_{Ep}(SF_6)} \quad (1)$$

$$\eta_{gas} = \frac{Q(C_e(CO_2) - C_r(CO_2))}{M_{CO_2}} = \frac{Q(C_e(CO_2) - C_r(CO_2))}{Q_p(C_{Ep}(CO_2) - C_{Rp}(CO_2))} \quad (2)$$

η_{cook}	: 調理生成物質捕集率	[-]
Q	: フード排気量 (通常捕集)	[m^3/h]
Q_p	: フード排気量 (完全捕集)	[m^3/h]
M_{SF_6}	: SF_6 発生量	[m^3/h]
$C_e(SF_6)$: ダクト内 SF_6 濃度 (通常捕集)	[ppm]
$C_{Ep}(SF_6)$: ダクト内 SF_6 濃度 (完全捕集)	[ppm]
η_{gas}	: 燃焼排ガス捕集率	[-]
M_{CO_2}	: CO_2 発生量	[m^3/h]
$C_e(CO_2)$: ダクト内 CO_2 濃度 (通常捕集)	[ppm]
$C_{Ep}(CO_2)$: ダクト内 CO_2 濃度 (完全捕集)	[ppm]
$C_r(CO_2)$: 室内 CO_2 濃度 (通常捕集)	[ppm]
$C_{Rp}(CO_2)$: 室内 CO_2 濃度 (完全捕集)	[ppm]

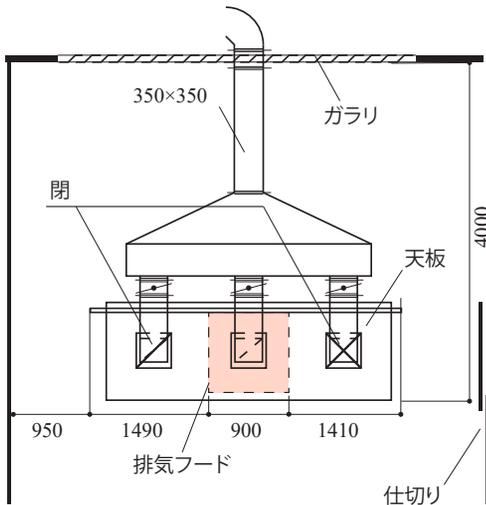


図3 実験室平面図 (フード上方より)

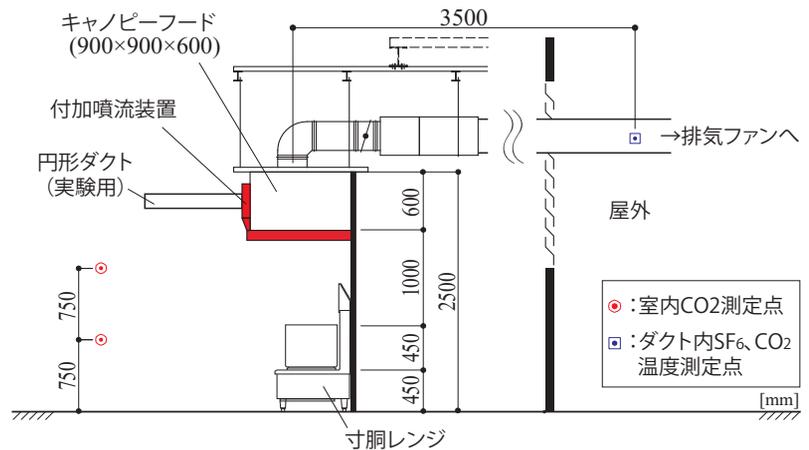
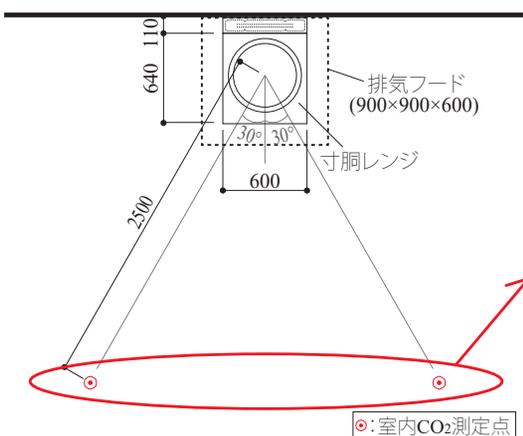
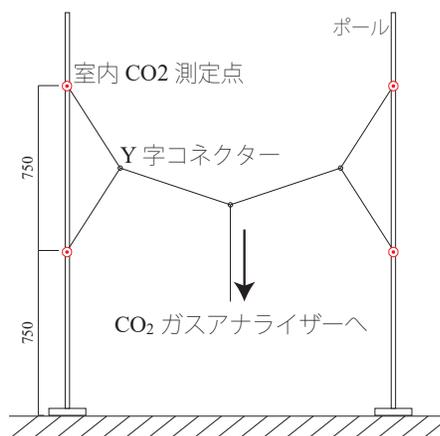


図4 実験室立面図



(1) 平面図



(2) 立面図



写真2 完全捕集

図5 室内CO₂測定点

2.2 測定手順

燃焼排ガス捕集率は燃焼排ガス中の CO_2 を対象とし、また、調理生成物質捕集率は SF_6 をトレーサガスとした。 SF_6 は最大出力で連続沸騰状態を保った湯面に、鍋面上の供給リングよりマスフローコントローラー (13SLM) を 20% に設定して均等に供給した。濃度測定はフードから十分に離れて濃度分布がないことを確認した排気ダクト内及び室内にて行った。ダクト内濃度測定点及び室内 CO_2 濃度測定点を図 4 及び図 5 に示す。フード下端に囲いを付けて完全にトレーサガスを捕集できる状態 (完全捕集) と、囲いを外した状態 (通常捕集) のそれぞれの室内 CO_2 濃度と排気ダクト内 CO_2 濃度及び SF_6 、

濃度を定常確認後 5 分間測定し、それらを平均した値を捕集率算出に用いた。完全捕集の方法を写真 2 に示す。また、測定の概要及びタイムスケジュールを図 6 及び表 1 に示す。

3. 実験条件

3.1 フード排気量

建築設備設計基準で規定されている面風速 0.3 m/s ($762 \text{ m}^3/\text{h}$) を基準として 0.15 m/s ($381 \text{ m}^3/\text{h}$)、 0.2 m/s ($508 \text{ m}^3/\text{h}$)、 0.3 m/s ($762 \text{ m}^3/\text{h}$)、 0.35 m/s ($889 \text{ m}^3/\text{h}$)、 0.4 m/s ($1016 \text{ m}^3/\text{h}$) の 5 条件で行った。

3.2 付加噴流装置

装置のファン風量を $30 \text{ m}^3/\text{h}$ に調整し、付加噴流装置非稼働時と稼働時の 2 条件で実験を行った。

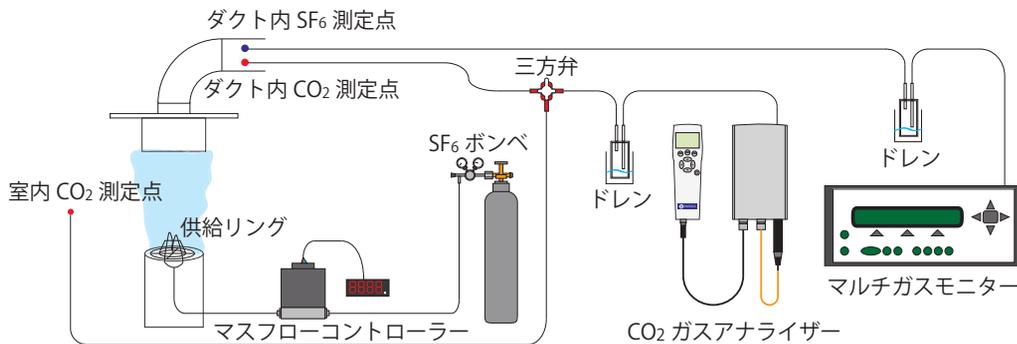
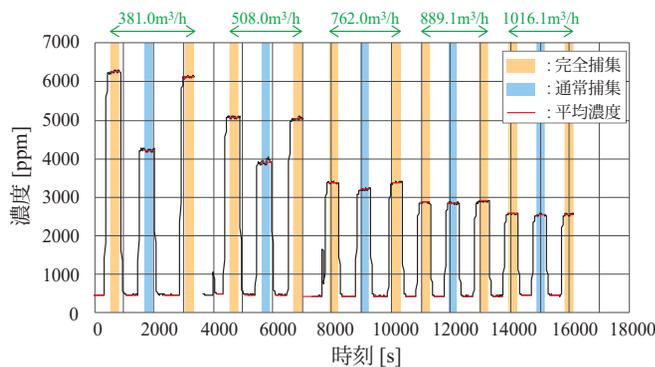


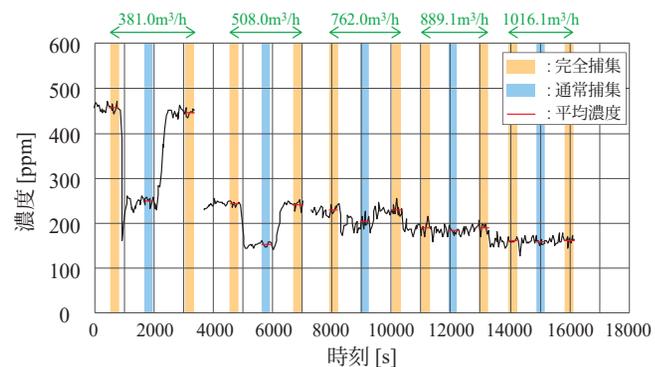
図 6 システム図

表 1 タイムスケジュール

時間 [min]	測定内容
5	室内 CO_2
5	ダクト内 CO_2, SF_6 (完全捕集)
5	室内 CO_2
5	ダクト内 CO_2, SF_6 (通常捕集)
5	室内 CO_2
5	ダクト内 CO_2, SF_6 (完全捕集)

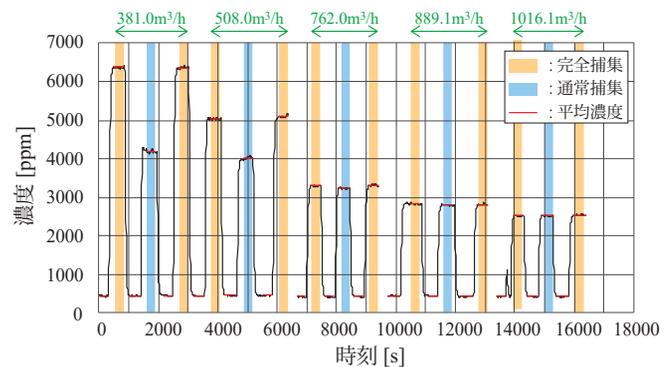


(1) 燃焼排ガス (CO_2)

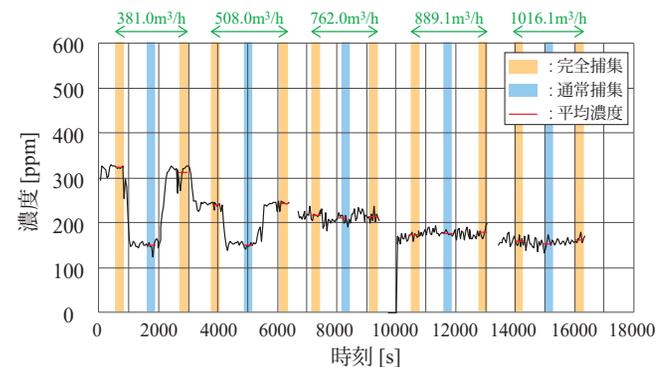


(2) 調理生成物質 (SF_6)

図 7 濃度生データ (付加噴流装置非稼働時)

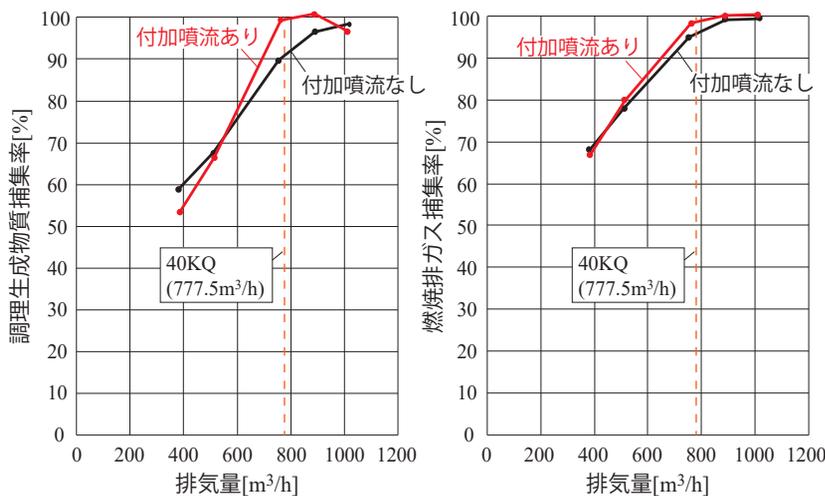


(1) 燃焼排ガス (CO_2)



(2) 調理生成物質 (SF_6)

図 8 濃度生データ (付加噴流装置稼働時)



(1) 調理生成物質捕集率 (2) 燃焼排ガス捕集率
図9 フード排気量と捕集率の関係

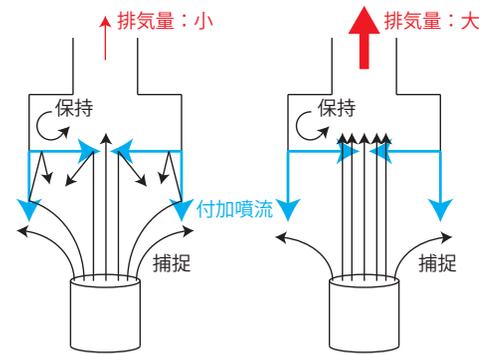


図10 概念図

4. 結果

測定データを用いて式(1)及び式(2)より各捕集率の算出を行った。なお測定した濃度は、濃度測定機器の較正により補正を行った。また、完全捕集時と通常捕集時ではダクト内の温度が異なるため、超音波流量計の温度を用いて完全捕集・通常捕集それぞれの排気量をノルマル流量に換算している。SF₆及びCO₂の濃度経時変化と平均値を図7及び図8に示す。またフード排気量と捕集率の関係を付加噴流装置稼働時と非稼働時で比較したものを図9に示す。図9には建築基準法で定められた必要換気量である、調理機器の定格出力20.9kWに理論排ガス量0.93m³/kWhを乗じた理論燃焼ガス量の40倍の換気量(40KQ)を点線で示している。

5. 考察

図9より、調理生成物質捕集率に関して、排気量が520～950m³/hの間で付加噴流装置の効果があることがわかる。捕捉・保持の観点から考察すると、鉛直下向きのジェットによりフードの捕捉効率が上昇し、水平方向のジェットによりフードの保持効率が上昇したと考えられる。また、低排気量時に付加噴流装置稼働時において捕集率がやや低下したことに関しては、水平方向のジェットがフードの排気を妨げた可能性が考えられる。これらの概念図を図10に示す。図7及び図8より、ダクト内のSF₆濃度はCO₂濃度

べて安定せず大きく変動していることがわかる。これにより、排気量が最大の時に調理生成物質捕集率が低下してしまった可能性も考えられるため、再度実験を行う必要があると考える。燃焼排ガス捕集率に関しては、付加噴流ありの方が付加噴流なしに比べて捕集率は上昇したが、調理生成物質捕集率程の効果は見られなかった。この原因として、燃焼排ガスが湯面より高い位置にある排気筒から排出されるためにフードに取り込まれやすいことが挙げられる。また本研究では、ジェットの影響のみを考慮するために円形ダクトを設置しているが、実際の使用時には無いため、排気フードから漏れ出した汚染物の再捕集により測定結果よりも捕集率が向上する可能性がある。

おわりに

本報では、捕集率測定により付加噴流がある場合の排気フードの性能を把握し、その結果、必要換気量時に付加噴流がある場合に捕集率が向上していることがわかった。次報では、人体擾乱が捕集性能に及ぼす影響及び人体擾乱がある場合における付加噴流の効果も捕集率測定によって検討する。

謝辞

本研究は大阪ガス(株)との共同研究によるものであり、種々の便宜を図っていただいた関係者各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山中俊夫：厨房の局所排気フードの捕集率と制御面風速、日本建築学会近畿支部研究報告集、第54号、環境系、pp.309-312.2014.06

*1 大阪大学工学部 地球総合工学科 学部生
 *2 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 教授・博士(工学)
 *3 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 准教授・博士(工学)
 *4 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 助教・博士(学術)
 *5 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 博士前期課程

Undergraduate Student, Division of Architecture, School of Engineering, Osaka University
 Prof., Division of Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr.Eng.
 Associate Prof., Division of Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr.Eng.
 Assistant Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology, Ph.D
 Graduate Student, Division of Architecture, School of Engineering, Osaka University