

局所限界風量比を用いた排気フードの設計手法に関する研究
(Part1) 通過気流が汚染物の捕集性状に及ぼす影響に関する検討

正会員○ 鈴木 悠太^{*1} 山中 俊夫^{*2}
小林 知広^{*3} 崔 ナレ^{*4}

局所限界風量比 局所排気装置 通過気流
Passive Contaminant CFD 解析

はじめに

生産活動（工場など）を行う空間では有害な汚染物質が数多く発生する。作業者の快適性や健康を保つために有害な汚染物質は作業空間に拡散される前に速やかに除去する必要がある。よって現在の工場における空気汚染物の除去は排気フードが主流である。従来の排気フード設計¹⁾では汚染物の位置や外乱気流等の影響の全てを考慮してはならず、設計者により性能にバラつきが生じる。本研究では排気フードのより精度の高い設計手法の提案を目的として、本報では局所限界風量比を用いた手法を提案する。またCFD解析を用いて通過気流による汚染物の拡散と排気フードの捕集性能に関する検討を行った。

1. 局所限界風量比 η

提案する局所限界風量比法の概要を図1に示す。本手法は100[%]捕集を想定した際、ある外乱条件での排気フードの排気風量に対する汚染物発生量を「局所限界風量比 η 」(Local Critical Airflow Ratio)と定義し必要排風量を決定する手法である。排気フードの捕集性能は形状・外乱気流・汚染物発生位置などの影響を受ける。よって外乱条件・排気フードの形状ごとに局所限界風量比コンターを図1に示すようにCFD解析、実験から求めることで汚染物発生位置での許容発生量を把握する。本手法により、設計者は排気フードの形状、汚染物の位置、外乱条件から適切な排風量やフードの設置位置を決定出来る。従来の手法に比べ、性能のバラつきが少なく簡便な手法と考える。

簡単に例を挙げる。図1に示す局所限界風量比コンターを持つ排気フードが図の位置の発生量 Q_{con} の汚染物を完全捕集するための必要排風量は汚染源が $\eta = 10[\%]$ の等高線上にあるため、 $10Q_{con}$ が必要排風量となる。本研究では形状・外乱によって変化する局所限界風量比 η を考慮して多くの条件での指標の作成を目指す。

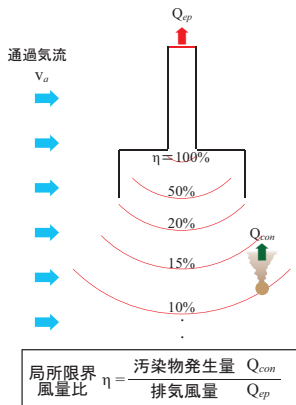


図1 局所限界風量比の概要

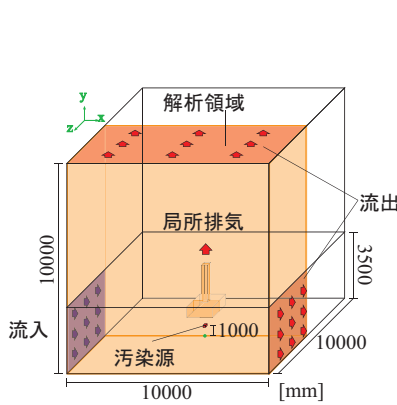


図2 解析領域

2. 解析概要

本報では通過気流が汚染物拡散とフードの捕集性能に及ぼす影響をCFD解析を用いて検討する。解析空間を図2に示す。解析手法、解析条件を表1,2に示す。対称面を設定し、対象空間の1/2の領域で解析を行った。本報では2種類の排気フードを用いる。フード排気量はCanopyHoodのフード下端面の面風速が0.3[m/s]となる排気量(1529.4[m³/h])を全条件で固定した。通過気流として室全体の給排気を想定し、床上3500[mm]までの高さの壁面から室内へ給気し、局所排気装置、天井面、対面の壁面下部から排気した。天井面、壁面で等風量が排気されるよう風速を規定した。汚染物は空気と等温で初速度を持たずに拡散していく場合を想定し、フードの中心軸上、床上1000[mm]に設置した一辺50[mm]の直方体を発生源とするPassive Contaminantとした。汚染物質の特性は空気と同じとし、発生量は全ての解析条件で、自由場で排気フード吸い込み口の汚染物濃度が10[ppm]となる発生量を規定した。本報では等温場で汚染物の空間発生で解析を行った。

3. 結果と考察

解析結果を図3に示す。全条件のうちCase1とCase2のa)汚染物濃度分布、b)風速ベクトル分布を記載する。汚染物濃度分布の幅が大きいため、10[ppm]を超える場合は全て同じコンターであることに注意されたい。汚染物濃度分布を見ると、CanopyHoodの場合、汚染物は拡散するもフードへと捕集されるのに対し、FlangedHoodでは汚染物は通過気流により流されている。CanopyHoodの鉛直フランジによりフード下部の通過気流を捕集し、汚染物の拡散を抑える働きが原因と考える。通過気流が増加すると汚染物はフードに捕集されず、室内へ流れていくことが確認される。これは汚染物がPassiveContaminantのため室内気流場の影響を顕著に受けることが原因と考えられる。

表1 解析手法

Hood type	CanopyHood	FlangedHood
CFD code	Ansys Fluent 19.2	
Turbulence Model	Standard k-ε	
Species Model	Species Transport	
Algorithm	SIMPLE	
Discretization scheme	QUICK	
Cell Zone Condition	Air (contaminant)	
	Air source : 0.0416334 [kg/m ³ ·s]	
Total Number of cells	1/2 scale	
	3675124	3600526

表2 解析条件 (1/2scale)

解析条件	流入風速 [m/s]	フード排気量 [m ³ /h]	天井面・壁面排気量 [m ³ /h]
Case 1	0.05	764.694	810.306
Case 2	0.1	764.694	2385.306
Case 3	0.15	764.694	3960.306
Case 4	0.2	764.694	5535.306
Case 5	0.25	764.694	7110.306
Case 6	0.3	764.694	8685.306

Research on Design of Local Exhaust Hood based on Local Critical Airflow Ratio

(Part1) Influence of Hood Capture Performance under the Passing Air Condition

SUZUKI Yuta, YAMANAKA Toshio, KOBAYASHI Tomohiro, CHOI Narae

次に通過風速に対する排気フードの捕集率の関係を図4に示す。ここで捕集率は解析結果の各排気面の面平均汚染物流量の和に対する排気フードの面平均汚染物流量を指す。図より通過風速が0.2[m/s]を超える場合はどちらも汚染物は捕集されず室内に流れていることが確認される。CanopyHoodの方が通過風速が0.1[m/s]でも高い捕集率を持ち、通過風速に対してFlangedHoodよりも高い性能を示す。これは同様に鉛直フランジによるフード下部の通過気流を捕集し、汚染物の拡散を抑える働きによるものと考ええる。両フードとも異なる条件で急激に捕集率が低下していることから各フード形状によりPassiveContaminantの汚染物を100[%]捕集できる限界の通過風速があると考ええる。

おわりに

本報では通過気流が汚染物の拡散とフードの捕集性能に及ぼす影響をCFD解析を用いて検討した。PassiveContaminantの汚染源ではフランジの持つ効果が非

常に大きく外乱気流風速及び発生源との距離が捕集性能に大きく影響を及ぼすと考える。今後はより広範囲の通過気流条件での解析を行い、汚染物を完全捕集する限界風量を検討し、フード排気量と汚染物発生量の関係を変化させたパラメトリックスタディを行う予定である。

【謝辞】

本研究は科研費挑戦的研究（萌芽）19K22011の助成を受けたものである。

【参考文献】

- 1) 社団法人空気調和・衛生工学会編著：新版工場換気、第3章局所排気装置3.3節, 3.4節, 2009

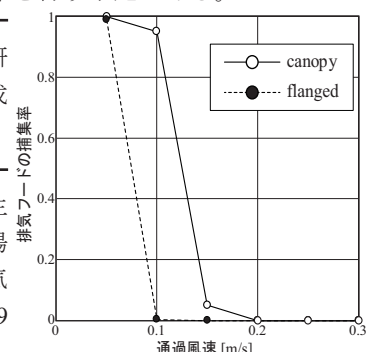


図4 通過風速と捕集率の関係

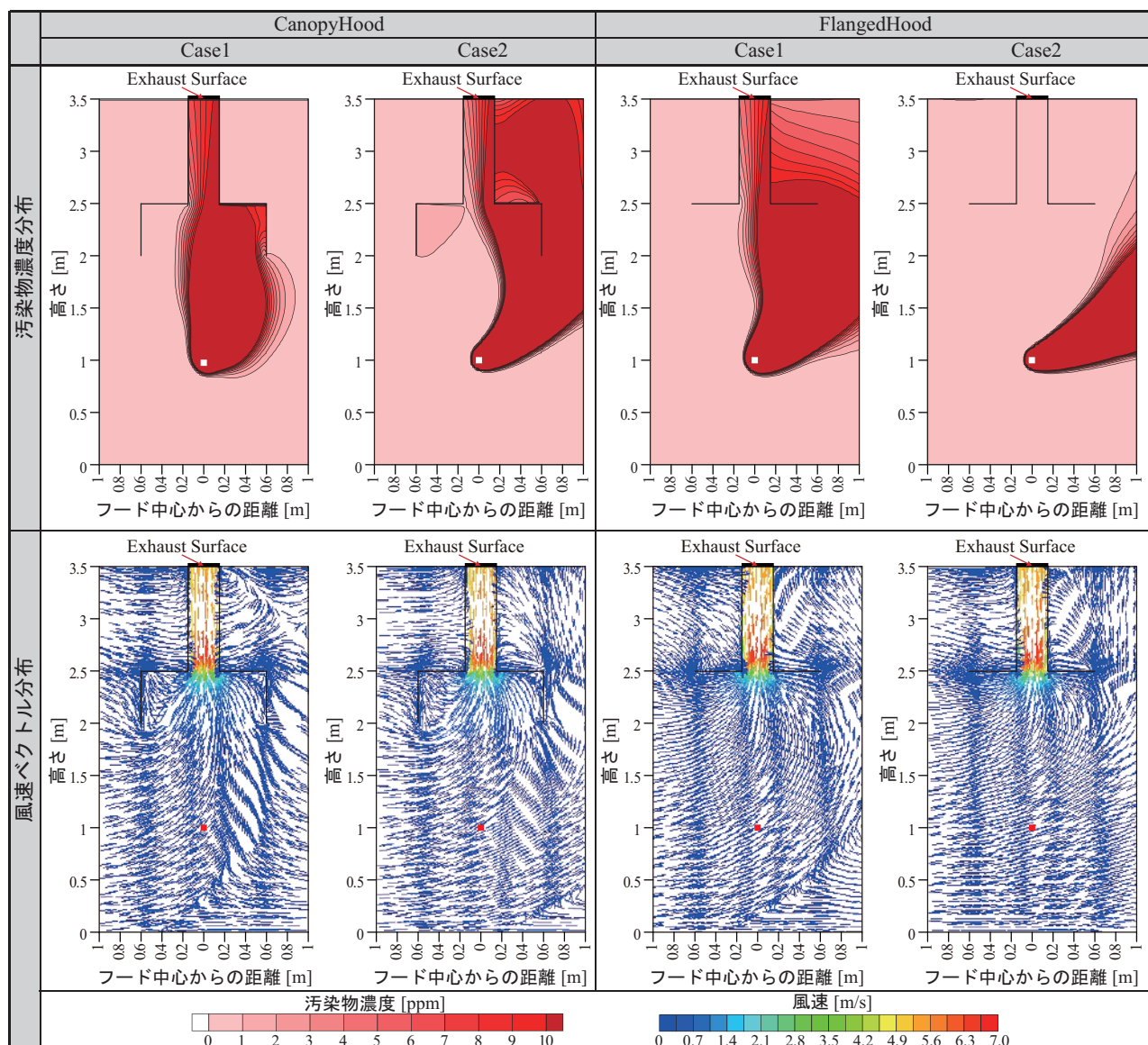


図3 解析結果

*1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
 *2 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
 *3 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
 *4 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
 教授・博士（工学）
 准教授・博士（工学）
 特任助教

Graduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University
 Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr Eng.
 Associate Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr Eng
 Specially Appointed Assistant Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University.