

# コンベンショナルフロー型クリーンルーム内の気流性状に関する研究 —— (その14) 数値シミュレーションによる気流障害物がある場合の 気流性状および汚染質拡散性状解析 ——

Study on Air Velocity Distribution in Conventional Flow Clean Room  
—— (Part 14) Numerical Simulation of Air Flow and Concentration Distribution  
in Conventional Flow Clean Room with Apparatus ——

村 上 周 三\*・加 藤 信 介\*\*・須 山 喜 美\*\*\*  
Shuzo MURAKAMI, Shinsuke KATO and Yoshimi SUYAMA

## 1. は じ め に

前報<sup>1)~5)</sup>ではコンベンショナルフロー型クリーンルーム内に気流障害物を設置しない場合の気流性状と汚染質拡散性状の解析結果を報告した。本報では室内に装置モデルとしての気流障害物を設置した場合の気流性状、汚染質拡散性状について報告する<sup>6)</sup>。解析方法は前報と同じく、 $k-\epsilon$ 型2方程式乱流モデルを用いた3次元数値シミュレーションを使用する。

## 2. 対象クリーンルームモデルと気流障害物

吹出口4個、吸込口4個を有するコンベンショナルフロー型クリーンルームモデル内に机型の気流障害物を吹出口直下または壁際に設置する場合を解析する。(次ページ参照)

## 3. 気流性状の解析結果

図1は気流障害物なしの場合、図2、図3はそれぞれ吹出噴流中に障害物がある場合、および壁際に障害物がある場合の気流性状を示す。

## 3.1 数値シミュレーションと実験結果の対応

(1) 吹出口直下に気流障害物がある場合(図2-(a), (b))

吹出噴流が机に衝突し横向きに発散する様相、机右端で衝突流が巻き込まれる様相、机下部の壁面へ向かう流れ等、数値シミュレーション結果と実験結果はよく対応している。

(2) 壁際に気流障害物がある場合(図3-(a), (b))

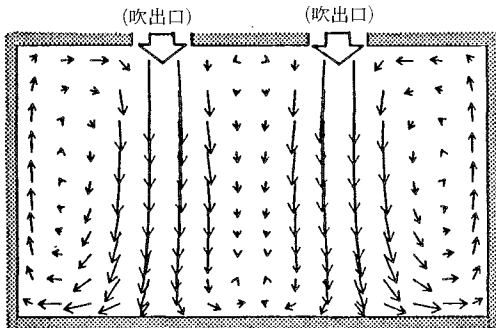
机右横に生ずる強い上昇流や机上部に生ずる下降流、机下部の壁に向かう流れ等、数値シミュレーション結果と実験結果はよく対応する。以後は主に数値シミュレーション結果を基に考察する。

## 3.2 気流障害物の気流性状に対する影響

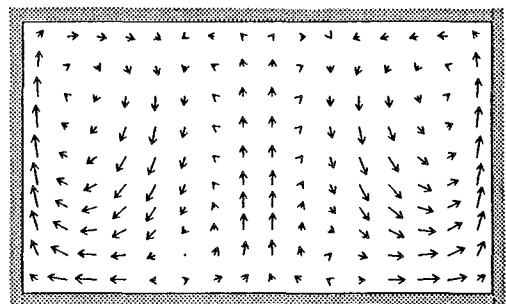
(1) 吹出口直下の気流障害物の影響(図1-(a), 図2-(b))

気流障害物を設置した場合、前項3.1(1)に述べた特徴のほか、左側の衝突流は壁面に至り上昇流を形成する。また、障害物のない側の吹出噴流および循環流はほとんど影響を受けない。

(2) 壁際の気流障害物の影響(図1-(b), 図3-(b))



(a) : 吹出口を含む鉛直断面 (U+W)  
(吹出風速の大きさ: →)



(b) : 室中央鉛直断面 (U+W)

図1 気流障害物なしの場合の気流性状(数値シミュレーション)

\* 東京大学生産技術研究所 付属計測技術開発センター

\*\* 東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*\* 民間等共同研究員 ((株)間組 技術研究所)

気流障害物を設置した場合、前項 3.1(2) に述べた特徴のほか、障害物上部では下降流と右横の強い上昇流により循環流を形成する。また、障害物の右側の壁際での上昇流が多少強くなる。なお結果の図は割愛するが、吹出口を含む鉛直断面等、障害物を含まない断面では障害物を設置した影響はほとんど観察されず、障害物設置による気流性状の変化は、比較的、障害物の近傍の領域に限られる。

4. 汚染質拡散性状の解析結果

吹出口直下に机を設置した室内各点で汚染質発生させ

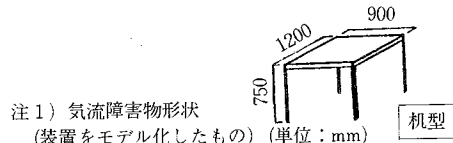
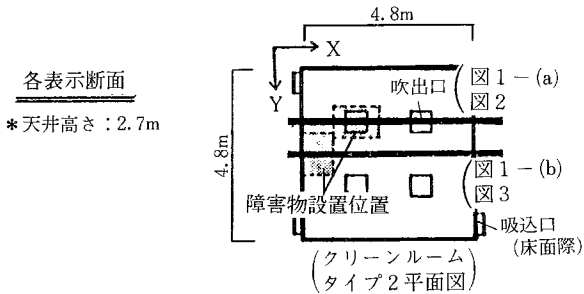
た場合の汚染質拡散性状を図 4~6 に示す。

4.1 数値シミュレーションと実験結果の対応 (図 4, 図 5-(a))

汚染質を机上面 (A 点) で発生させた場合、机面に沿った高濃度の汚染質の分布、吹出口より汚染質発生位置までの清浄な領域の分布等、数値シミュレーション結果と実験は良く対応する。以後は数値シミュレーション結果を基に解析する。

4.2 机周辺における汚染質発生と拡散性状 (図 5)

机上面 (A 点) で汚染質が発生した場合 (図 5-(a)), 机上面に沿って汚染質が高濃度で分布し室内平均濃度は



- 注 1) 気流障害物形状 (装置をモデル化したもの) (単位: mm)
- 注 2) 流入乱流量
  - $k=0.05 (m^2/s^2)$ ,  $l=0.45 (m)$  (図 1, 2, 5, 6)
  - $k=0.005 (m^2/s^2)$ ,  $l=0.45 (m)$  (図 3) として計算
- 注 3) 風速ベクトル
  - $(U+W)$  の 2 成分で表示

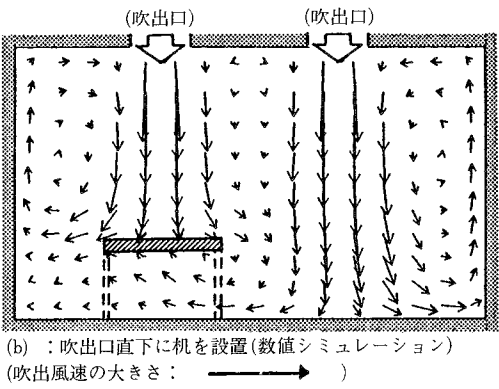
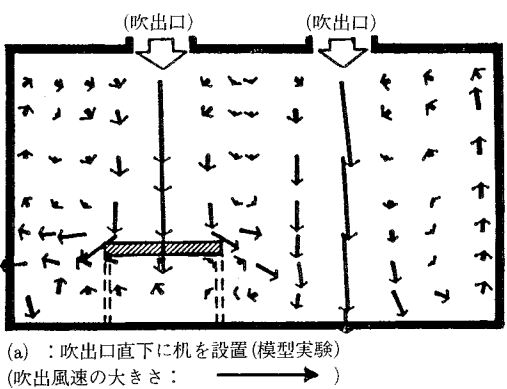


図 2 吹出口直下に気流障害物を有する場合の気流性状 (各表示断面は吹出口を含む鉛直断面 (U+W))

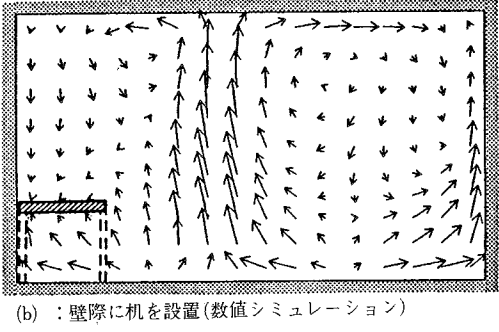
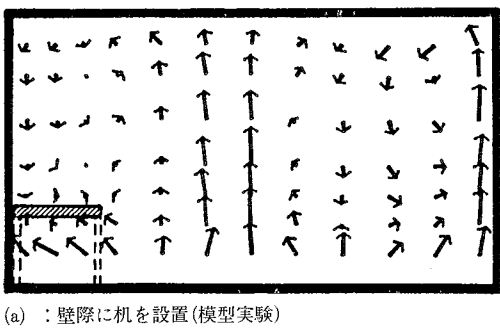


図 3 壁際に気流障害物を有する場合の気流性状 (各表示断面は室中央鉛直断面 (U+W))

研究速報

1.03と前報<sup>2)</sup>にて報告した気流障害物のない吹出気流中の汚染質発生の場合(室内平均濃度:0.69)より高くなる。机上方(B点)で汚染質発生した場合(図5-(b)),机上部が高濃度となり室内平均濃度は1.10とさらに高くなる。机右端(C点)で汚染質発生した場合(図5-(c)),汚染質の一部は机下部の空間に巻き込まれる。室内平均濃度は1.03となる。机下部(D点)で汚染質発生した場合(図5-(d)),机下部の床面沿いに室隅の吸込口に向かう気流により,汚染質は床面沿いに左側壁面に向かって拡散する。室内平均濃度は0.69と低くなる。

総じて,吹出気流中に気流障害物のある場合にはその

周囲で発生した汚染質は気流障害物のない場合よりも排出されにくく,室内平均濃度は高くなる傾向にある。また,汚染質発生位置が上方になるにつれて室内平均濃度は高くなる傾向にある。

4.3 室内各点での汚染質拡散性状(図6,表1)

前報<sup>2)</sup>に対応する室内各点(E~H点)で汚染質発生があった場合の拡散性状を図6に,その場合の室内平均濃度を障害物なしの場合と比較して表1に示す。おのこの汚染質拡散性状は障害物のない場合とほぼ同様の様相を呈し,室内平均濃度にも大きな変化はない。

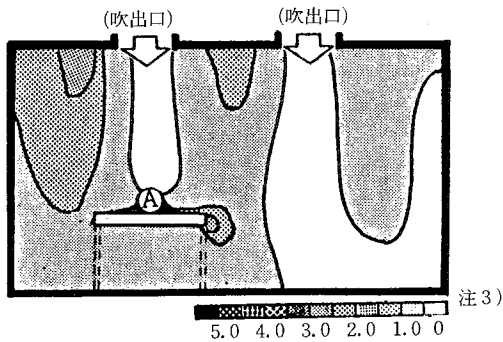
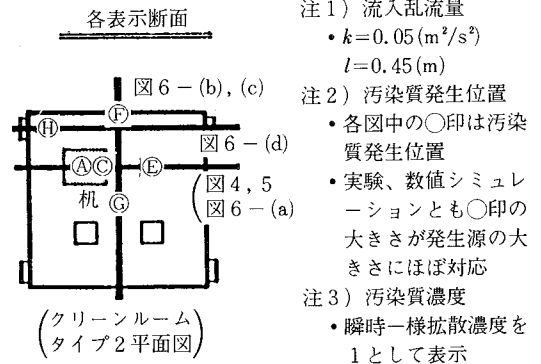
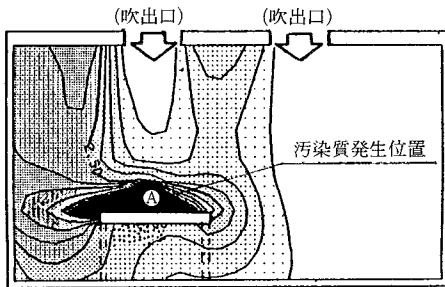


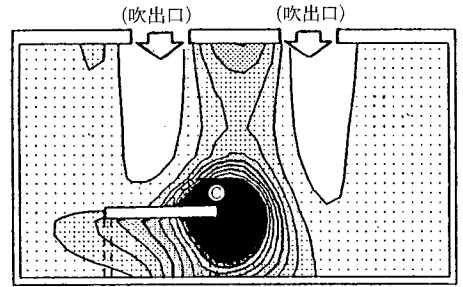
図4 模型実験による汚染質拡散性状(吹出口を含む鉛直断面)



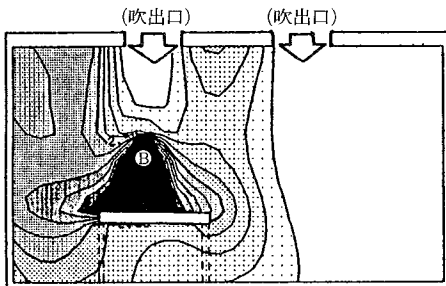
- 各表示断面
- 注1) 流入乱流量
    - $k=0.05(m^2/s^2)$
    - $l=0.45(m)$
  - 注2) 汚染質発生位置
    - 各図中の○印は汚染質発生位置
    - 実験、数値シミュレーションとも○印の大きさが発生源の大きさにほぼ対応
  - 注3) 汚染質濃度
    - 瞬時一様拡散濃度を1として表示



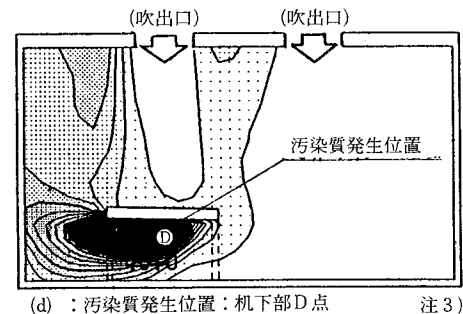
(a) : 汚染質発生位置: 机上面A点



(c) : 汚染質発生位置: 机右端C点



(b) : 汚染質発生位置: 机上部B点



(d) : 汚染質発生位置: 机下部D点

\* 各表示断面は吹出口を含む鉛直断面

図5 数値シミュレーションによる机周囲の汚染質拡散性状

5. ま と め

室内に装置等の気流障害物を有するコンベンショナルフロー型クリーンルーム内の気流性状と汚染質拡散性状を数値シミュレーションと実験により解析した。両者は良く対応し両者の併用解析は有効である。また、今回のモデルにおいて得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 障害物周囲ではその気流性状が大きく変化するが、障害物を含まない断面の気流性状はあまり変化がない。
- (2) 障害物周辺で汚染質が発生した場合、気流性状に対応して高濃度領域が変化し室内平均濃度も障害物なしの場合に比べて高くなる傾向がある。

(1985年10月31日受理)

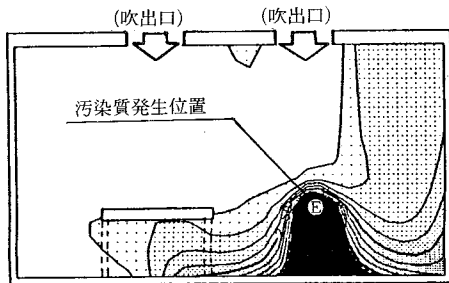
参 考 文 献

- 1) 村上周三, 加藤信介; 室内気流の数値シミュレーションと実験の対応, コンベンショナルフロー型クリーンルーム内気流の解析, 生産研究, 1984.12
- 2) 村上周三, 加藤信介, 須山喜美; コンベンショナルフロー型クリーンルーム内の気流性状に関する研究(その7) 数値シミュレーションによる気流性状, 汚染質拡散性状の解析, 生産研究, 1985.5

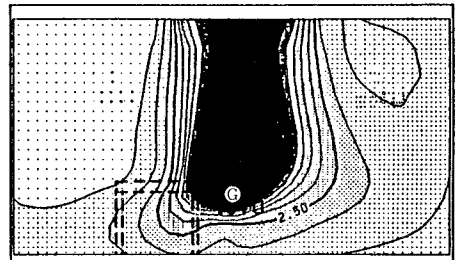
- 3) 加藤信介, 村上周三, 須山喜美; コンベンショナルフロー型クリーンルーム内の気流性状に関する研究, 第19回空気調和・冷凍連合講演会論文集, 1985.4
- 4) 須山喜美, 村上周三, 加藤信介; クリーンルーム内の気流性状に関する研究(その8), (その9), 日本建築学会関東支部研究報告集, 昭和60年7月
- 5) 須山喜美, 村上周三, 加藤信介; クリーンルーム内の気流性状に関する研究(その12), (その13), 空気調和・衛生工学会学術論文集, 1985.9
- 6) 加藤信介, 村上周三, 須山喜美; クリーンルーム内の気流性状に関する研究(その10), (その11), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 昭和60年10月

表 1 室内平均濃度の比較

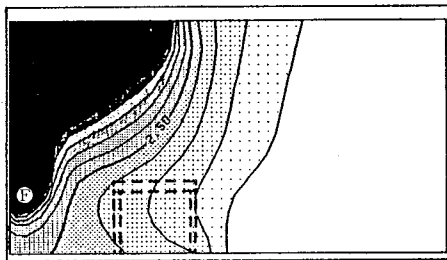
	障害物なし	障害物有り(吹出口直下に机)	
	室内平均濃度	室内平均濃度	表示図面
吹出気流部	0.69	0.58	図6-(a)
壁 際	1.46	1.49	〃-(b)
室 中 央	1.30	1.33	〃-(c)
吸込口手前	0.08	0.05	〃-(d)



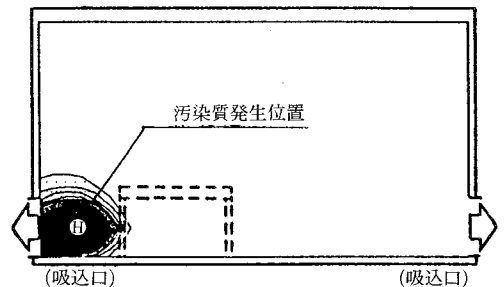
(a) : 汚染質発生位置: 吹出噴流中E点 (吹出口を含む鉛直断面)



(c) : 汚染質発生位置: 室中央G点 (室中央鉛直断面)



(b) : 汚染質発生位置: 壁際F点 (室中央鉛直断面)



(d) : 汚染質発生位置: 吸込口手H点 (吸込口を含む鉛直断面)

\*数値シミュレーション結果

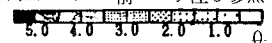


図 6 障害物から離れた点における汚染発生の場合の拡散性状