

児童用椅子設置型パーソナル空気清浄装置の開発と CFDによる清浄空気勢力範囲解析

(第1報) Armrest Outlet を用いた場合の性能評価

熊谷 一清 ^{*1}
橋田三樹雄 ^{*3}
湯 懐鵬 ^{*4}

伊藤 一秀 ^{*2}
高原 清 ^{*3}
柳沢 幸雄 ^{*1}

オフィス・住宅を中心に室内空気汚染問題が顕在化しているが、近年になり、さらに保育園・学校等においてもホルムアルデヒドおよび VOC(揮発性有機化合物)による空気汚染が深刻化しており、早急な対策が望まれている。特に学校における室内空気汚染問題はシックスクール問題と呼ばれ、学童の Total Body Load が成人と比較して小さいことも相まって、深刻な社会問題となっている。

本研究ではシックスクール対策として、教室内、特に児童の呼吸域周辺の効率的な空気清浄化を目的として児童用の椅子に着脱可能なパーソナル空気清浄装置を開発し、その有効性を実験ならびに CFD により検討する。

空気清浄装置プロトタイプを用いた実験では、発熱する人体モデルを用いて空気清浄装置周辺の気流を可視化し、空気清浄装置ならびに人体発熱により形成される人体周辺微気象性状を把握するとともに、CFD 解析では、供給された清浄空気の寄与率評価を行うことで効率的な清浄空気供給法を検討する。特に、供給空気の吹出角度を変化させたケースの解析を行うことで、呼吸域空気質の清浄化を達成する最適吹出角度の検討結果を報告する。

キーワード: パーソナル空気清浄装置、CFD、清浄空気勢力範囲

1. 序

厚生労働省による室内化学物質濃度に対するガイドライン提示、ならびに建築基準法の改正と行政レベルにおいて室内化学物質汚染に関する対策が進められている。しかしながら、住宅を中心としたいわゆるシックハウス問題のみならず、保育園、学校等においてもホルムアルデヒドおよび VOC(揮発性有機化合物)による空気汚染問題が深刻化しており、シックスクール問題として社会問題化している¹⁾。

現在認知されているシックスクール問題は、特に新築校舎に移転した際、ほぼ全校生徒に化学物質過敏症(CS, Chemical Sensitivity)の症状が発症することで顕在化しているが、実際には全校生徒に症状が現れなくとも、1クラスに数名の化学物質過敏症予備軍が存在し、不登校にならざるを得ないという現実も存在する。

室内化学物質空気汚染問題に対する対策を講じる上では、適切な換気量の確保、ならびに室内からの化学物質放散源の

撤去が基本方針となる。改正建築基準法²⁾においても適切な換気設備の設置を義務化すると共に、化学物質放散速度(発散速度)に応じた建材の使用面積に一定の規制を設けている。

しかしながら、既存の建築物から全ての化学物質放散源を取り除き、適切な機械換気設備を導入することは容易ではない。ましてや1クラスに数名の生徒のために、既存の小学校、中学校において大規模な改装工事を実施し、換気設備の設置を行うことは容易にはコンセンサスが得られない。

このような背景のもと、本研究では教室内、特に児童の呼吸域周辺の効率的な空気清浄化を目的として、大規模な改修を必要としない、児童用の椅子に着脱可能なパーソナル空気清浄装置を開発し、その有効性を検討することを目的とする。

2. パーソナル空気清浄装置開発コンセプト

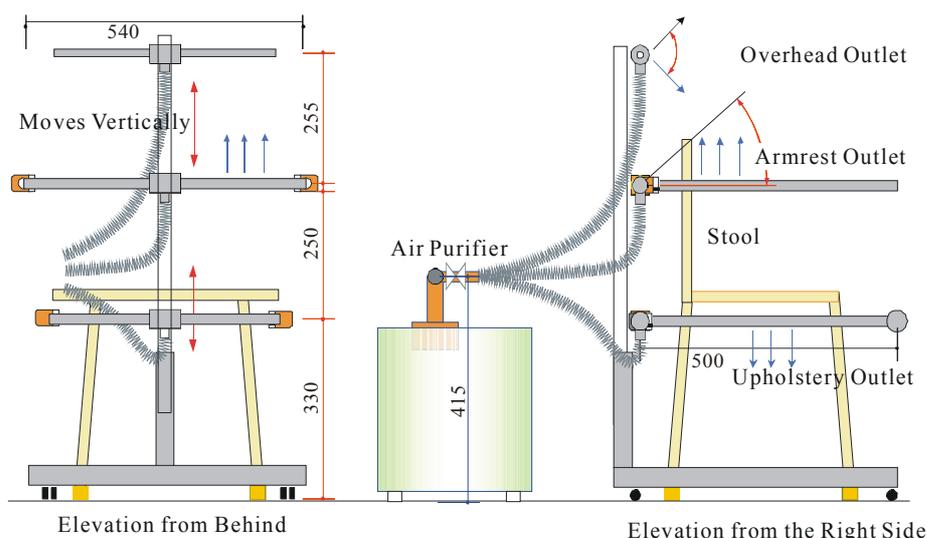
改修工事などによる教室への化学物質の放散源の施工、児童によるワックスがけ、あるいは音楽室におけるピアノなどの搬入などにより教室内の空気質が悪化し、化学物質過敏症などに代表される体調不良を訴える児童が急増しており、社会問題になっている。学校に通えないことにより他の児童と

*1 東京大学 正会員

*2 東京工芸大学 正会員

*3 新菱エコビジネス 正会員

*4 新菱冷熱工業 正会員



(1) 空気清浄装置本体&清浄空気供給ユニット

(2) 概要

図-1 空気清浄装置

の接点をもてなくなることは、社会性、あるいは人格形成に対し、悪影響を及ぼしうることも懸念される。発症した児童のうち、軽度の化学物質過敏症の場合は教室空気質を改善することで通学の妨げを取り除くことが可能であり、早急かつ個別の対策が望まれている。

教室空気質の改善を図る際、一部の患者のために全体空調システムの改修・導入を行うことは時間的および経済的にも全体的コンセンサスを得ることが難しい。そのため、緊急かつ応急措置的な対応を前提とし、大規模なダクト工事が不要で簡易に座席に着脱可能なパーソナル空気清浄装置を開発し、必要に応じて個別に空気清浄装置を導入する、との解決策を提案する。

既存のパーソナル空気調和設備の多くは、机上面に箱型³⁾あるいは電気スタンドのような吹出口⁴⁾を取り付け、そこから空調空気を供給することで呼吸域もしくは人体周辺微気象を制御するものが一般的である。しかしながら、机上面に吹出口を設置した場合には、周辺児童の視界を妨げる要因となり、かつ限られた机上面を占有してしまう可能性が否定できない。そのため、本研究で開発するパーソナル空気清浄装置は学校で一般的に使用されされている椅子に着脱可能な構造とし、視界を遮らない吹出口位置とすることを開発の基本コンセプトとしている。

小学校低学年の児童からクラスメートと共に学習する機会を奪うことなく、緊急に室内空気環境改善に対応するためには、個別対応が可能で大規模工事を伴わないパーソナル空気清浄装置に対する潜在的要望が高いと考えられる。

3. パーソナル空気清浄装置ユニット概要

図-1(1)に空気清浄装置本体ならびに清浄空気供給ユニッ

表-1 空気清浄装置本体の性能

清浄装置本体	W×D×H=405×305×400mm ダクトおよび清浄空気供給ユニットは全てSUS304製
供給風量	最大 0.45 m ³ /min (=27.0 m ³ /h)
供給空気濃度	30 μg/m ³ 以下 (TVOC 濃度)
電源	100 V

トを示す。また図-1(2)に概要図を示す。空気清浄装置本体はW×D×H=405×305×400mmの大きさで、100V電源にて作動する。また、1台の清浄装置本体で6系統までの清浄空気供給が可能となっている。空気清浄装置は教室空気を取り入れ、表面処理した特殊活性炭で構成されたケミカルフィルタを通過させることで化学物質除去を行う。供給風量は最大0.45 m³/min (=27.0 m³/h)で、VD(Volume Damper)を制御することで供給風量を変化させることが可能である。詳細を表-1に示す。清浄空気をドラフトを感じさせずに効率的に呼吸域に到達させるため、人体発熱に起因する熱上昇流に沿った吹出口を基本とし、肘掛け位置にArmrest Outletを設置する。Armrest Outletは、直径3mmの孔を10mm間隔で直線的に設置したもので、ほぼ均一にシート状の吹出風速分布を得ることが出来る。さらに補助的な吹出口として頭部へのダイレクトな吹出口であるOverhead Outletおよび座面位置に設置するUpholstery Outletの2種類の吹出口を追加で設置可能な構造となっている。空気清浄装置本体ならびに清浄空気供給ユニットはSUS製のフレキシブルダクトにより結合する。本報では、児童用の椅子に設置する空気清浄装置の吹出ユニットのうち、肘掛け位置に設置するArmrest Outletのみ使用した場合を対象として検討を行う。Armrest Outletからの吹出風量は5.0 m³/h (Outlet近傍風速は0.4m/s程度)とする。

4. 空気清浄装置の化学物質低減性能

椅子設置型パーソナル空気清浄装置の性能を評価するため、静穏環境下に本装置を設置し、各種のバックグラウンド濃度下で、処理空気の化学物質濃度を測定した結果、雰囲気室内空気に含まれる化学物質濃度レベルに依存せず、処理空気の化学物質濃度は TVOC 濃度で、 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であることを確認している^{注1)}。

5. 空気清浄装置を用いた実験概要

本研究では、パーソナル空気清浄装置から供給された清浄空気の移流・拡散現象を定性的に把握するため、発熱する座位型の人体モデルを用いて流れ場の測定、ならびに LLS (Laser Light Sheet)を用いた流れ場の可視化を行う。定量的な評価に関しては、主に後述する CFD 解析で行う。

5.1 人体モデル概要

本研究で開発するパーソナル空気清浄装置は、シックスクール対策を前提としている。そのため対象とする人体スケールは小学校低学年から高学年まで幅広い範囲で存在する。本研究では 8 歳児程度の人体スケールを再現する児童用人体モデルと高校生に相当する成人の人体スケールを再現する成人用人体モデルの 2 種類を作成し、人体周辺に形成される流れ場の測定を行う。実験で使用する人体モデルを図-2 および図-3 に示す。空気清浄装置が着席時を対象とするため、座位の人体モデルを使用する。図-2 は Sweden の M. Sandberg らの研究グループ⁵⁾によって開発された成人を対象とした人体モデルである。図-3 は M. Sandberg らの人体モデルを参考に、人体表面積ならびに人体発熱量を小学校低学年(8 歳児)をターゲットにスケールダウンした人体モデルである⁶⁾。両モデル共に、スチール製ダクト内に人体頭熱発熱を模擬した電球を設置し、模型内での温度成層を防ぐために攪拌用のファンを設置している。人体モデル表面は着衣をモデル化し、ストレッチング素材の布により覆われている。

5.2 人体周辺気流の測定ならびに可視化概要

人体モデル周辺に形成される風速分布を 3 次元の超音波風速計を用いて測定する。データサンプリング速度は 10Hz、1 測定点あたり 10 分間の時間平均化を行う。風速測定は図-2 および図-3 に示す人体モデルの胴体断面ならびに空気清浄装置吹出口の両者を含む x-z 断面を対象とする。空気清浄装置ならびに人体モデルは、 $3.4\text{m} (x) \times 3.4\text{m} (y) \times 2.5\text{m} (z)$ の空間容積を有し静穏環境を達成する恒温室内(室温 25°C) に設置して実験を行う。

流れ場の測定と共に LLS (Laser Light Sheet)を用いた流れ場の可視化を行う。気流の可視化は、空気清浄装置ユニットならびに人体モデル周辺を全て対象とすることが望ましい

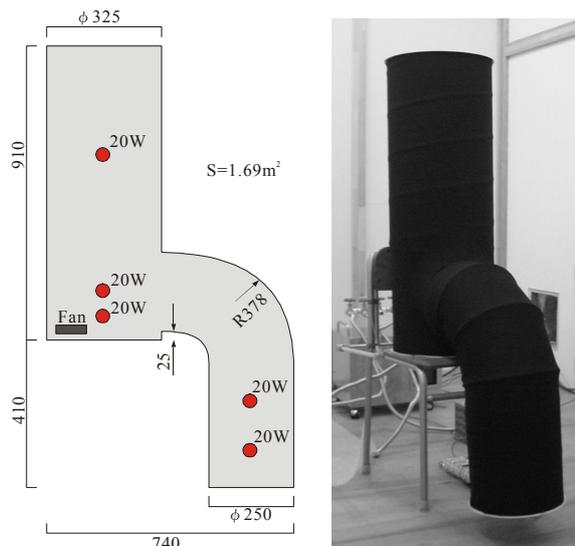


図-2 成人用人体モデル概要

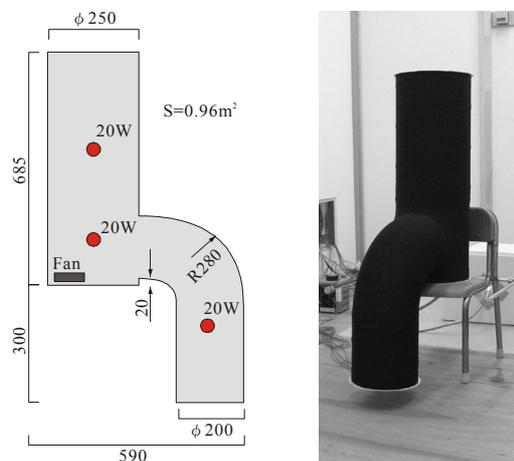


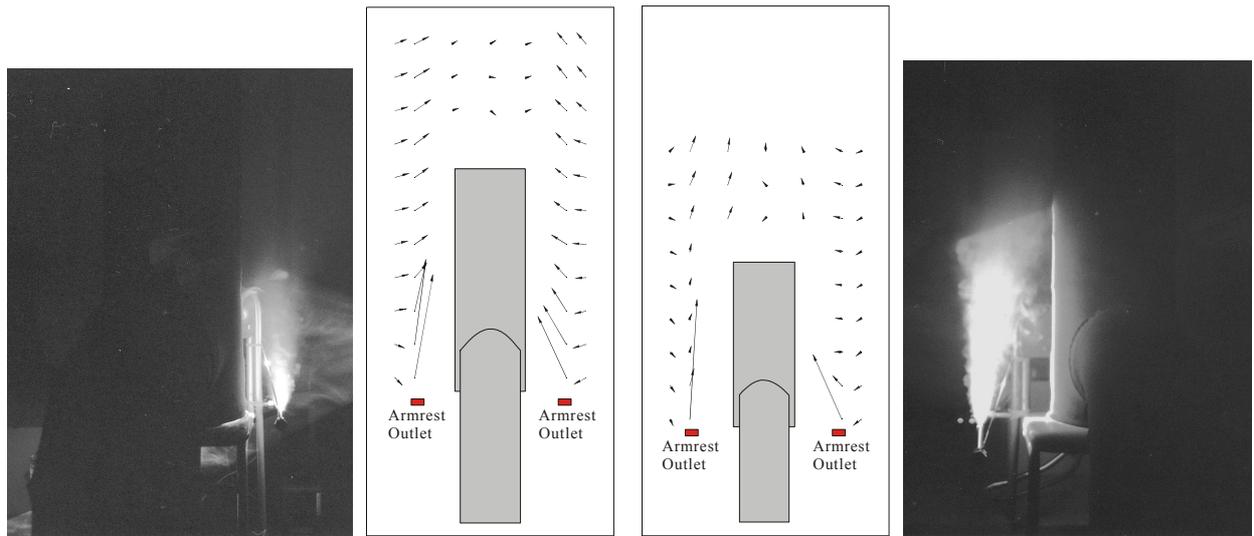
図-3 児童用人体モデル概要

が、人体モデルによる Laser Sheet の遮蔽を考慮し、人体モデル半身領域を中心に可視化する。Seeding Particle として Smoke Generator を用いる。

6. 流れ場の測定結果ならびに可視化結果

人体モデル周辺の流れ場の測定結果を図-4 に示す。成人用座位人体モデルを用いた場合、および児童用座位人体モデルを用いた場合の両者において、Armrest Outlet から上方に吹き出された清浄空気は人体モデルに沿って上昇する様子が観察される。吹出風量を $5.0 \text{m}^3/\text{h}$ と設定した本実験条件では、Armrest Outlet 近傍の風速は 0.4m/s 程度とやや大きいものの、吹出風速はすぐに減衰し、数 cm/s 以下の風速となる。今回の実験では、人体モデル上部における上昇流が観察されず、逆流域となっている。人体モデル呼吸域位置では上昇流(z 方向上向きの風速)が観察されている。

Laser Light Sheet を用いた Armrest Outlet から供給される吹出気流の可視化結果を図-4 に併せて示す。超音波風速計に



(1) 成人モデル可視化結果 (2) 成人モデル風速分布 (3) 児童モデル風速分布 (4) 児童モデル可視化結果

図-4 流れ場ならびに可視化結果

よる測定結果と同様に、Armrest Outlet から供給される吹出噴流の拡散性状、ならびに呼吸域周辺での緩やかな上昇流の様相が定性的に確認できる。

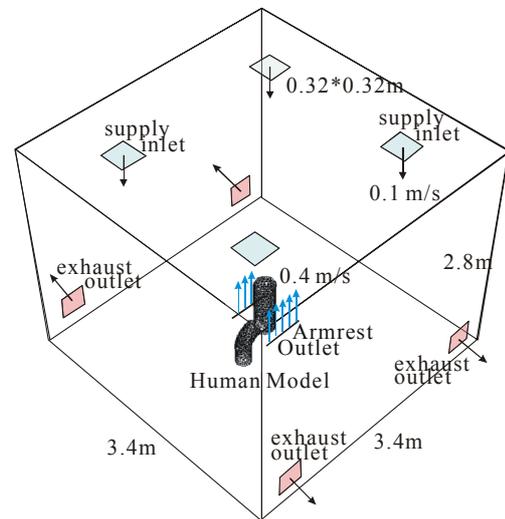
7. 空気清浄装置を対象とした CFD 解析概要

実験と同条件で CFD 解析を行うことで、実験的に把握が困難な吹出清浄空気の勢力範囲、ならびに呼吸空気質の濃度レベルの解析を行うことを目的とする。特に本報では児童用人体モデルのみを対象として解析を行う。図-5 に解析対象空間を示す。

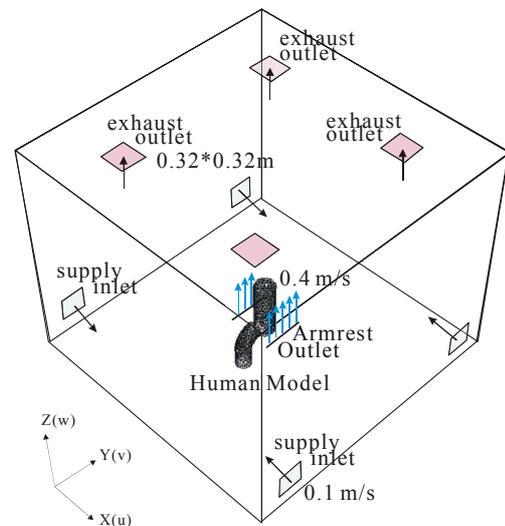
7.1 解析対象空間

解析対象空間を図-5(1)および(2)に示す。解析対象空間の幾何的形狀は実験で使用した恒温室と同条件である。発熱する人体モデルを用いた実験では、恒温室内の全体空調システムを停止し静穏環境下で行ったが、数値解析では人体モデル周辺の雰囲気における流れ場環境が空気清浄装置から供給される清浄空気の勢力範囲に与える影響を把握するため、図-5(1)に示すような天井面に 4 カ所の吹出口、床面近傍に 4 カ所の吸入口を設定した Case1 と、図-5(2)に示すように床面近傍に 4 カ所の吹出口、天井面に 4 カ所の吸入口を設置した Case2 の 2 種類の全体空調システムを設定する^{注2)}。Case1 および Case2 の両者において、全体空調システムの吹出風速は 0.1 m/s (換気回数 4.5 回/h) とし、供給空気は 25°C 一定とする。

幾何的形狀ならびに発熱条件に関して実験で用いた児童用人体を再現した人体モデルは、解析対象空間の中心位置に設置し、その両脇にパーソナル空気清浄装置の Armrest Outlet を設定する。



(1) 天井吹出・床面吸込型 Case1



(2) 天井吸込・床面吹出型 Case2

図-5 解析対象空間

7.2 解析ケース

解析ケースを表-2 に示す。解析は上述の2種類の全体空調システムのほか、児童用人体モデル両脇に設置するパーソナル空気清浄装置の Armrest Outlet の吹出角度を2種類(添え字-1: z 方向垂直吹出、添え字-2: 人体モデルに向け 45° 吹出) 設定し、全4ケースの解析を行う。全ケース共に Armrest Outlet からの吹出風速は 0.4 m/s としライン状の吹出口を仮定する。

7.3 流れ場および温度場の解析概要

流れ場の解析は低 Re 型 k-ε モデル(Abe-Nagano model)⁷⁾ を用いて行う。人体発熱による熱上昇流を正確に再現するため、温度場解析は対流場と放射場を連成して行う。すなわち各壁面要素で熱収支を解き壁面温度を算出する。各壁面間の形態係数は Discrete Transfer Method、相互放射は Radiosity Method による緩和計算により算出する。計算および境界条件を表-3 に示す。

7.4 吹出気流の勢力範囲解析概要

本解析では空気清浄装置から供給される清浄空気の拡散性状、分布性状を解析することで、供給された清浄空気が効率的に人体呼吸域に輸送される Armrest Outlet の条件を探索することに主眼がある。そのため、Armrest Outlet から供給される清浄空気の勢力範囲を直接的に評価可能な換気効率指標である SVE 4 (Scale for Ventilation Efficiency 4)⁸⁾ を用いて形成される清浄空気流れ場の評価を行う。

SVE4 は CFD を用いて解析する場合、当該吹出口(本解析では Armrest Outlet)においてトレーサガスを混入し、その条件下で室内濃度分布を求めることにより算出する。定義を次式に示す。

$$SVE4(X) = \frac{C_X(X, n)}{C_0(n)} \quad \text{--- (1)}$$

$$C_0(n) = \frac{q}{Q(n)} \quad \text{--- (2)}$$

ここで、n は吹出口番号、X は空間座標、 $C_X(X, n)$ は吹出口 n から供給されたトレーサにより形成された位置 X における濃度を示す。q はトレーサ発生量、Q(n) は吹出口 n から供給される空気量、を示す。

8. 流れ場および勢力範囲の解析結果

CFD による流れ場の解析結果を図-6 に示す。天井吹出・床面吸込型の全体換気システムを設置した Case 1-1 (垂直方向吹出、図-6(1))および Case 1-2 (45° 吹出、図-6(2))を比較した場合、Case 1-1 において頭部付近でより拡散的な流れ場が形成されており、スカラ風速分布に広がりが見られるのに対し、Case 1-2 では比較的風速の大きい領域が人体周囲に沿っ

表-2 解析ケース

解析ケース	全体空調方式	Armrest Outlet 角度
Case1-1	天井吹出・ 床面吸込型	z 方向垂直
Case1-2		45° 吹出
Case2-1	天井吸込・ 床面吹出型	z 方向垂直
Case2-2		45° 吹出

表-3 計算・境界条件

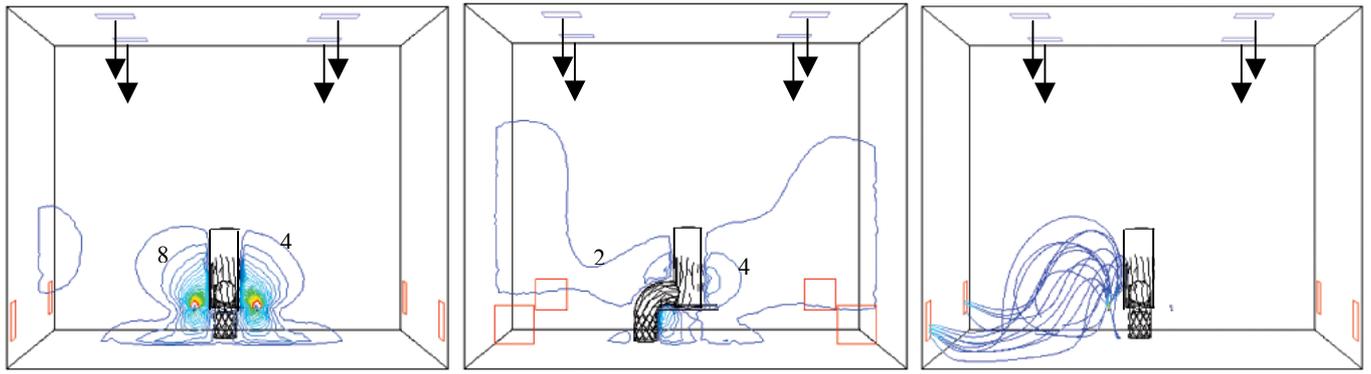
乱流モデル	低 Re 型 k-ε model (Abe-Nagano model)
スキーム&mesh	移流項: QUICK, 729,262 mesh
全体空調吹出口	$Q_{in}=147\text{m}^3/\text{h}$ (換気回数 4.5 回/h), $U_{in}=0.1\text{m/s}$, $T_{in}=25^\circ\text{C}$, $k_{in}=3/2(U_{in} \times 0.05)^2$ $\epsilon_{in}=C_\mu k_{in}^{1.5}/L_{in}$, $L_{in}=(\text{Supply opening width})/7$
全体空調吸込口	U_{out1} (質量保存) k_{out} , ϵ_{out} , T_{out} , (勾配 0)
Armrest Outlet	$U_{AO}=0.4\text{m/s}$, $k_{in}=3/2(U_{AO} \times 0.05)^2$ $\epsilon_{in}=C_\mu k_{in}^{1.5}/L_{in}$, $T_{in}=25^\circ\text{C}$
壁面	速度: no-slip, 温度: 断熱 放射: 放射率はすべての壁面で 0.9
人体モデル (児童用モデル)	人体表面積: 0.96 m ² , 発熱量: 60 W

た形で形成されている。

天井吸込・床面吹出型の全体換気システムを設置した Case 2-1 (垂直方向吹出、図-6(3))および Case 2-2 (45° 吹出、図-6(4))を比較した場合、45°で吹き出した Case2-2 において人体周囲に沿う形で流れ場が形成されており、この傾向は Case1 の場合と同様である。しかしながら、天井吹出・床面吸込型の Case1 および天井吸込・床面吹出型の Case2 を比較した場合、Case1 では天井面から供給された吹出気流により、Armrest Outlet から供給された清浄空気の上昇が抑制されているのに対し、Case2 では床面から天井面に向かう全体換気の気流に沿って、Armrest Outlet から供給された清浄空気の上昇が促進されている。この様子は Mean Stream Pass (図-6(c))の様相からも良く判断できる。

Armrest Outlet から供給された清浄空気の勢力範囲(SVE4) 解析結果を図-7 に示す。

天井吹出・床面吸込型の全体換気システムを設置した Case 1-1 (垂直方向吹出、図-7(1))では、SVE4(勢力範囲)の値が居住域全体に拡散しており、SVE4=0.2 のコンタラインが室中

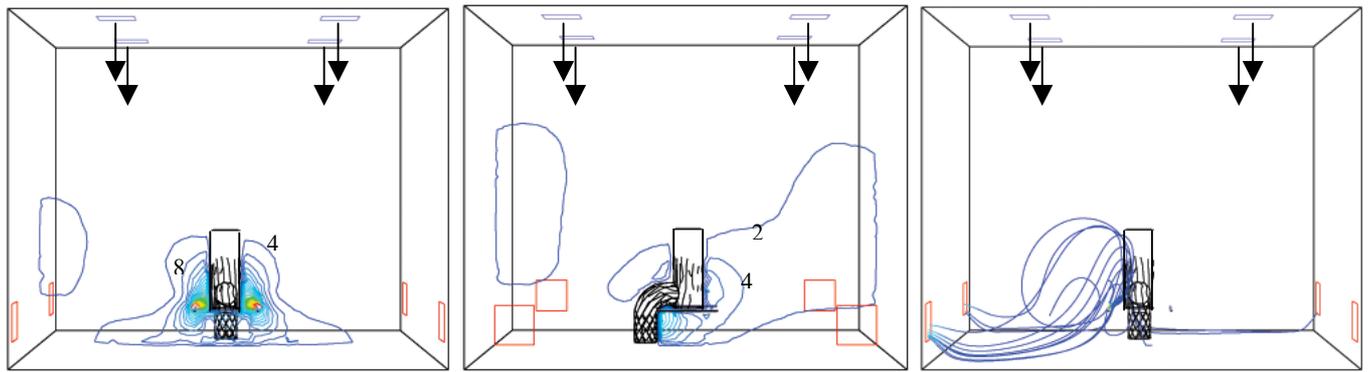


(a) Velocity Magnitude (X-Z 面)

(b) Velocity Magnitude (Y-Z 面)

(c) Mean Stream Path from Armrest Outlet

(1) Case 1-1 (児童用モデル、垂直吹出), ($\times 10^{-3}$ m/s)

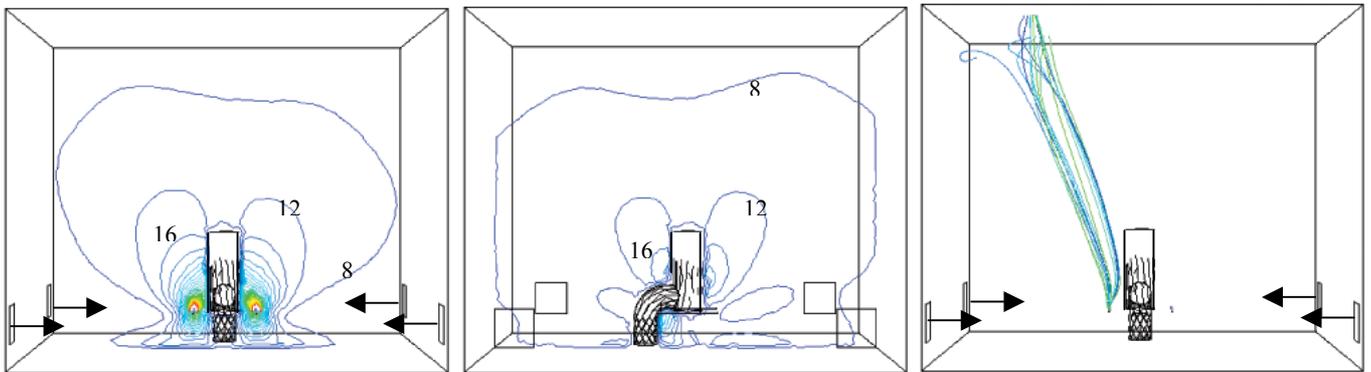


(a) Velocity Magnitude (X-Z 面)

(b) Velocity Magnitude (Y-Z 面)

(c) Mean Stream Path from Armrest Outlet

(2) Case 1-2 (児童用モデル、45° 吹出), ($\times 10^{-3}$ m/s)

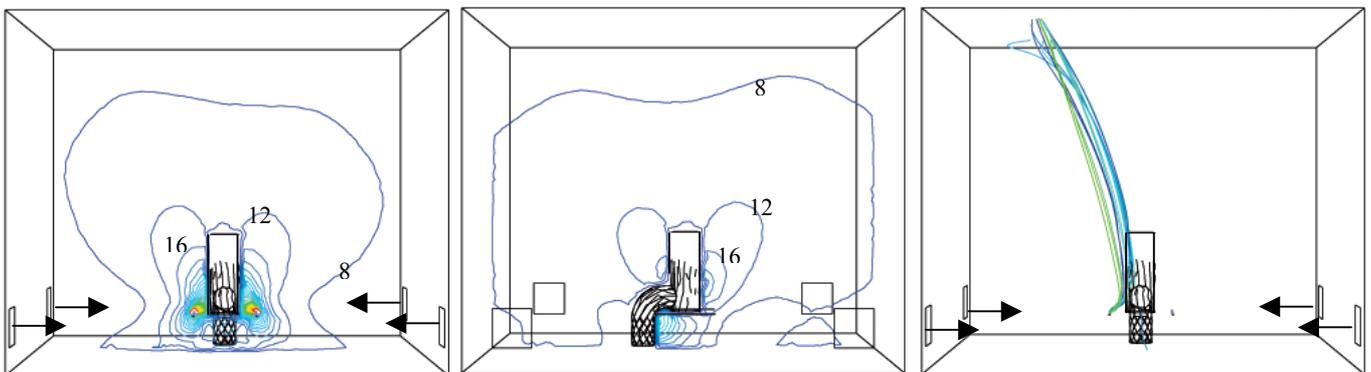


(a) Velocity Magnitude (X-Z 面)

(b) Velocity Magnitude (Y-Z 面)

(c) Mean Stream Path from Armrest Outlet

(3) Case 2-1 (児童用モデル、垂直吹出), ($\times 10^{-3}$ m/s)



(a) Velocity Magnitude (X-Z 面)

(b) Velocity Magnitude (Y-Z 面)

(c) Mean Stream Path from Armrest Outlet

(4) Case 2-2 (児童用モデル、45° 吹出), ($\times 10^{-3}$ m/s)

図-6 流れ場の解析結果

中央部に観察されるのに対し、Case 1-2 (45°吹出、**図-7(2)**)では、比較的人体周辺にSVE4の値が集中しており、人体を中心として半球状に勢力範囲が分布している。垂直方向吹出、45°吹出の両者共に人体呼吸域周辺の清浄空気勢力範囲は0.2前後となっている。

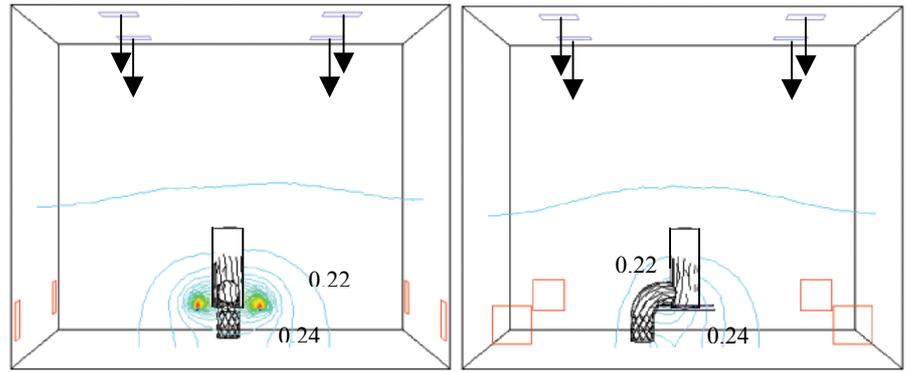
天井吸込・床面吹出型の全体換気システムを設置したCase 2-1 (垂直方向吹出、**図-7(3)**)では、Case 1と同様に人体下部領域を中心に清浄空気のSVE4(勢力範囲)の値が集中している。Case 2-2 (45°吹出、**図-7(4)**)ではCase 2-1と比較し、SVE4の値が若干広がっているものの、ほぼ同様の傾向を示している。両ケース共に、人体呼吸域周辺の清浄空気勢力範囲は0.36前後となっており、Case 1と比較し15%程度SVE4の値が増加している^{注3)}。

本解析条件のもとでは、Armrest Outletから供給された清浄空気の移流・拡散性状は、全体換気システムによって形成される室内の流れ場性状にある程度依存する結果となった。本研究で提案するパーソナル空気清浄装置の汎用的な使用を可能とするためには、今後のさらなる検討が必要である。

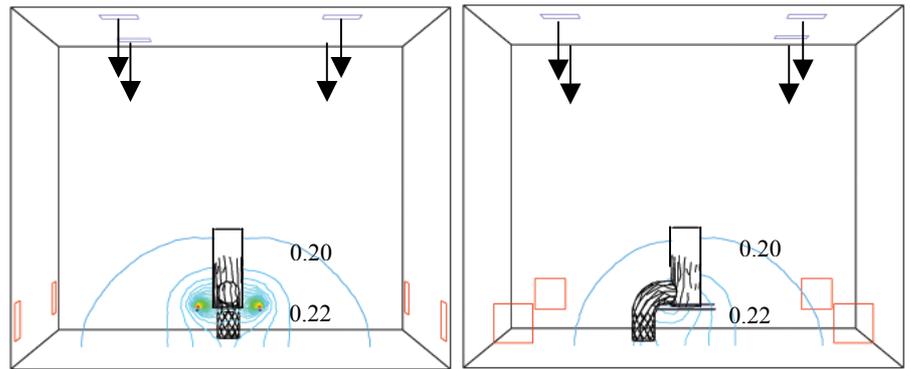
9. 考察

CFD解析では、Armrest Outletを簡易的にスリット型吹出と設定している。その為、吹出気流は急激に減速・拡散し、人体モデル周囲では数cm/s程度の流れ場となる。また、今回の解析条件では、Armrest Outletから供給された清浄空気量は室の換気量の1/30程度と大変小さい。そのため清浄空気の勢力範囲が室全体に大きく拡散することなく、人体周辺に集中する結果となった。また、Armrest Outletから供給された清浄空気の上昇を抑制する条件のCase 1 (天井吹出・床面吸込型の全体換気)と、清浄空気の上昇を促進する条件のCase 2 (天井吸込・床面吹出型の全体換気)において呼吸域周辺のSVE4は20%から36%程度の幅を有しており、両ケースでは15%程度の差が生じている。

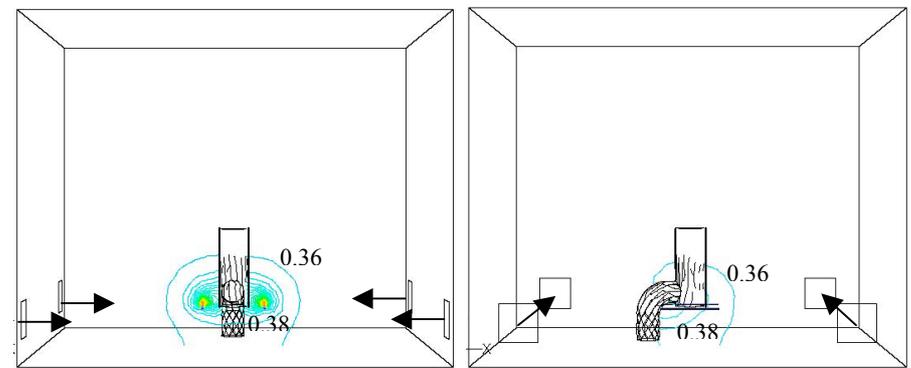
教室内の空気質レベルが厚生労働省ガ



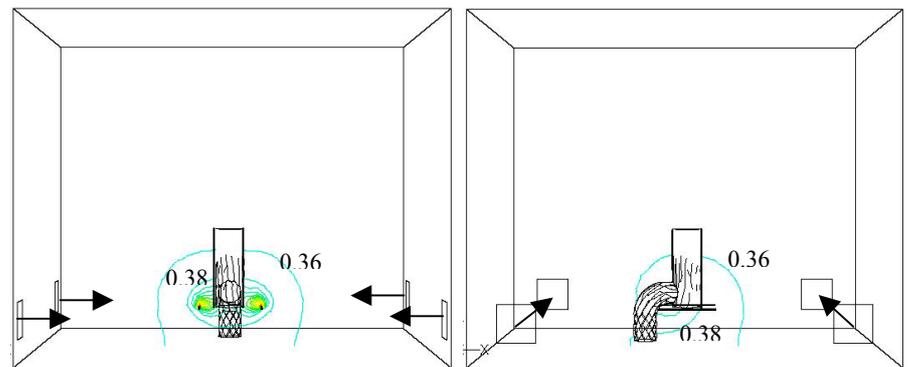
(a) SVE4 (X-Z 面) (b) SVE4 (Y-Z 面)
(1) Case 1-1 (児童用モデル：垂直吹出)



(a) SVE4 (X-Z 面) (b) SVE4 (Y-Z 面)
(2) Case 1-2 (児童用モデル：45°吹出)



(a) SVE4 (X-Z 面) (b) SVE4 (Y-Z 面)
(3) Case 2-1 (児童用モデル：垂直吹出)



(a) SVE4 (X-Z 面) (b) SVE4 (Y-Z 面)
(4) Case 2-2 (児童用モデル：45°吹出)

図-7 Armrest Outletの勢力範囲SVE4解析結果

イドラインレベル(TVOC 値で $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 程度と仮定した場合、本パーソナル空気清浄装置を設置した場合の呼吸域濃度レベルは TVOC 値で $270\sim 330\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度となり、十分な清浄度を確保しているとは言い難い。今度補助的な吹出口である Overhead Outlet (図-1 参照)等との併用を検討し、更なる呼吸域空気質の改善を図る必要がある^{注4)}。この点に関しては特に続報にて検討する予定である。

10. 結語

児童用の椅子に着脱可能なパーソナル空気清浄装置のプロトタイプを制作し、人体周辺に形成される流れ場の測定を行うと共に、CFD による勢力範囲解析を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 児童用座席設置型のパーソナル空気清浄装置のプロトタイプを制作し空気清浄度の試験を行った結果、TVOC レベルで $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の清浄度確保を確認した。
- (2) 人体モデルを用いてパーソナル空気清浄装置を運転させた場合の人体周辺気流の測定を行った結果、静穏環境下において呼吸域位置では上昇流が観察された。
- (3) CFD 解析により吹出角度および SVE4 (勢力範囲)の解析を行った結果、天井吹出・床面吸込型の全体換気システムを設置したケース(Case1)においては、人体に向け 45° 吹出とした場合に吹出噴流が人体衝突により拡散し、SVE4 が人体下部領域に集中する結果となった。
- (4) 天井吸込・床面吹出型の全体換気システムを設置したケース(Case 2)では、Case1 と比較し、呼吸域周辺における SVE4 の値が 15%程度上昇しており、0.36 前後の値となった。

本研究で開発したパーソナル空気清浄装置は、実用化に向けて、さらなるハード的な有効性評価を行う必要がある。また、使用対象者が室内空気質に対して過敏であるとの特殊性を考慮し、使用者の主観的な面からの有効性検討も重要となる。これらの検討結果については続報にて報告する予定である。

注 釈

- 1) 本研究では、汚染空気を空気清浄装置に導入し Outlet の濃度測定を行う、いわゆる One-Pass 除去試験を行い、化学物質除去に関する性能試験としている。気中の化学物質は Tenax TA による吸着サンプリングし、加熱脱着後 GC/MS にて分析を行っている。また、今回のパーソナル空気清浄装置で使用した特殊活性炭は、北里研究所病院臨床環境センターのクリーンルームならびに東京大学生産技術研究所実大型ケミカルフリーチャンバーの空気清浄化に使用されており、その効果は既に実証済みである。
- 2) 本解析では、人体熱上昇流を積極的に利用した清浄空気供給法である本パーソナル空気清浄装置の特徴をより明確に検討するため、上昇流を抑制する全体空調システ

ムである Case1 と、上昇流を促進する全体空調システムである Case2 の 2 ケースを設定している。横風の影響に関しては、曾、加藤ら^{文10)}による数値サーマルマネキンを用いた数値解析により、横風レベルが 0.25 m/s において人体表面の熱上昇流が破壊され、静穏環境下と比較し、対流熱伝達率が大きくなることが報告されている。教室の窓から取り入れられる自然換気等、横風の影響に関しては今後検討を行う必要がある。また、本解析では解析条件を単純化するため、机や周囲に存在する他の児童等の影響を無視しているが、この点に関しては今度の検討が必要な事項である。今後の課題としたい。

- 3) 図 7 に示した SVE4 の分布図では、室中央部ならびに室上部では Armrest Outlet から供給された清浄空気が全体換気による供給空気と混合し、SVE4 の値は 0.03 程度の限りなく 0 に近い値をとる。これは室の換気量に対し、清浄空気の供給量が 1/30 程度と大変小さいことが主因である。
- 4) 今回の解析条件では、人体モデル呼吸域レベルに到達する清浄空気量は $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度となる。一般成人の呼吸量が $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度であることから、供給清浄空気量としては十分であると言える。この点に関しては被験者実験による知覚性空気質評価により検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 例えば、社団法人日本建築学会編、シックハウス辞典、技法堂出版、2001 年、および、日本建築学会編、シックハウス対策のバイブル、彰国社、2002 年、等
- 2) 例えば、建築基準法の改正に対応した建築物のシックハウス対策マニュアル、日本建築センター、平成 15 年 5 月
- 3) 「アジア経済研究所」建築設備と配管工事、日本工業出版、2001 年 8 月増刊号
- 4) Faulkner, D., Fisk, W.J., Sullivan, D.P., Wyon, D.P. (1999) Ventilation efficiencies of desk-mounted task/ambient conditioning systems, *Indoor Air*, 9(4), 273-281
- 5) Magnus Mattsson (1999) On the Efficiency of Displacement Ventilation, Doctoral Thesis, KTH, Sweden
- 6) 国民衛生の動向(2001)、温熱生理学(1981)
- 7) 安部、長野、近藤 (1992) はく離・再付着を伴う乱流場への適用を考慮した k- ϵ モデル、日本機化学会論文集 B 編、58 巻、554 号、pp. 57-64
- 8) Kato, S., Murakami, S., and Kobayashi, H. (1994) New scales for evaluating ventilation efficiency as affected by supply and exhaust openings based on spatial distribution of contaminant, 12th ISCC in Yokohama
- 9) Fluent 5.5 Manual
- 10) 曾潔、村上周三、加藤信介 (1998) 室内各種気流場における立位人体表面の対流熱伝達特性に関する CFD 解析—数値サーマルマネキンに関する研究 (その 1)、日本建築学会計画系論文集、第 505 号、pp. 31-38

(平成 15 年 8 月 29 日 原稿受付)

Development of a Personal Air Purifier for Schoolchildren's Chair (Part 1) Analysis of Fresh Air Contribution Ratio at Breathing Zone by using Armrest Outlet

By Kazukiyo KUMAGAI ^{*1}, Kazuhide Ito ^{*2}, Mikio HASHIDA ^{*3}
Kiyoshi TAKAHARA ^{*3}, Huaipeng TANG ^{*4}, Yukio YANAGISAWA ^{*1}

Key Words : Push-flow, Air-curtain, Computational Fluid Dynamics, Industrial Ventilation

Synopsis : There are many schoolchildren who have a minor chemical sensitivity and cannot go to school just because of the activities take place such as arts & craft or just opening the text book. The solution for those children to go school is to protect them from those chemicals. In this paper will propose a personal air purifier would be effective for the children who have minor chemical sensitivity so that they could go to school and study

with their schoolmates. The personal air purifier is able to attach and detach easily to a schoolchildren's chair, which is regularly used in schools. In addition, the air stream from the outlet of the personal air purifier to the breathing zone of the sitting child will be determined.

(Received August 29, 2003)

*1 University of Tokyo, Member

*2 Tokyo Polytechnic University, Member

*3 Sinryo-Eco Business, Co.,Ltd., Member

*4 Sinryo Co., Member