

令和4年度厚生労働行政推進調査事業費補助金
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)
分担研究報告書

数値解析による受動喫煙者の有害物質摂取量の評価

分担研究者 李 時桓 名古屋大学

研究要旨

喫煙によって発生するタバコの煙は、主流煙と副流煙の両方の発がん物質として定義され、人の健康への危険性が広く認識されている。したがって、喫煙室などの屋内空間では、喫煙によって発生する有害物質を効率的に除去するための換気設計が必要である。最近では、加熱式タバコ（紙巻き状の非燃焼加熱式タバコ）は従来の紙巻式タバコより発生する副流煙が少ないため、加熱式タバコ専用の室内喫煙エリア（レストラン、喫茶店など）も多く設置されている。しかし、加熱式タバコによる健康への危険性はまだ明らかになっておらず、室内環境における受動喫煙による有害性及びその健康影響については明確な検討事例が少ない。そこで本研究では、前年度に行った喫煙時の呼吸流量と、加熱式タバコの副流煙と主流煙の分析結果をもとに非定常計算用の数値解析モデルを構築する。また、構築した数値解析モデルを用い、受動喫煙防止のために喫煙者と受動喫煙者の離れた距離による有害物質の摂取量について定量的に検討した。

検討結果によると、受動喫煙者が摂取するCO₂濃度とニコチン濃度は喫煙者と離れている距離が近くなることに連れ、摂取量の増加が見られた。また、WHOガイドラインによるニコチン10 µg/m³と受動喫煙者の呼吸によるCO₂を基準とすると、離れた距離0.5 mにおいて、加熱式タバコの受動喫煙による影響は、CO₂が約145.2%の増加(45.24 µm³ → 65.70 µm³)、ニコチンが約1,995%の増加(57.75 pm³ → 1,152.34 pm³)する結果が見られた。

A. 研究目的

喫煙によって発生するタバコの煙は、主流煙と副流煙の両方の発がん物質として定義¹⁾され、人の健康への危険性が広く認識されている。したがって、喫煙室などの屋内空間では、喫煙によって発生する有害物質を効率的に除去するための換気設計が必要である。

最近では、加熱式タバコ（紙巻き状の非燃焼加熱式タバコ）は従来の紙巻式タバコより発生する副流煙が少ないため、加熱式タバコ専用の室内喫煙エリア（レストラン、喫茶店など）も多く設置されている。しかし、加熱式タバコによる健康への危険性はまだ明らかになっておらず、室内環境

における受動喫煙による有害性及びその健康影響については明確な検討事例が少ない。

本研究では、前年度に行った喫煙時の呼吸流量と、加熱式タバコの副流煙と主流煙の分析結果をもとに非定常計算用の数値解析モデルを構築する。また、構築した数値解析モデルを用い、受動喫煙防止のために喫煙者と受動喫煙者の離れた距離による有害物質の摂取量について定量的に検討する。

B. 研究方法

1. 数値解析モデルの構築

喫煙際には一般の呼吸と違う喫煙プロセスを

持ち、その喫煙プロセスを Fig.1 に示す。喫煙プロセスは 3 段階に構成され、① タバコから煙を吸い上げるプロセス (inhaling smoke), ② タバコを口から外して周囲の空気を吸うプロセス (inhaling air), ③ 煙を吐き出すプロセス (Exhaling) で構成される。この喫煙プロセスでの呼吸流量の時系列変化は前年度の研究で測定しており、その結果を呼吸 5 回と喫煙 1 回を 1 セットとして Fig.2 に示す。主流煙からの CO₂ 濃度は Fig.3 に、副流煙から発生する CO₂ 濃度は Fig.4 にそれぞれ示す。また、ニコチンについては主流煙から 1.640 mg/stick, 副流煙から 0.056 mg/stick であり、数値解析モデルの構築 (Fig. 5) に活用する。

2. 数値解析による受動喫煙の影響

実測値をもとに作成した数値解析モデルを用い、喫煙者と受動喫煙者の離れた距離による有害物質の摂取量を検討するための数値解析モデルを作成する。Figure 6 に数値解析モデルの概要を示す。解析領域は 3.00 m (x) × 1.50 m (y) × 2.00 m (z) とし、人体は上半身のみ解析対象とする。Table 1 に解析条件を示す。呼吸特性は実測状況と同様に非喫煙時の呼吸 5 回と喫煙中の呼吸 1 回を 1 サイクルとし、呼吸は鼻で喫煙は口で行う。また、加熱式タバコ 1 ステイックあたりの喫煙時間は約 6 分間であり、喫煙は 10 サイクル行くと設定する。汚染物質は化学種物質として CO₂ とニコチンの 2 種類を対象とし、人体モデルの口と鼻、タバコ先端部を汚染物質の発生源とする。副流煙の発生源は 0.01 m (x) × 0.01 m (y) × 0.01 m (z) としてモデル化し、空間内環境の CO₂ 濃度は建築基準法で定められている室内環境許容値である 1,000 ppm とし、ニコチンは 0 ppb とする。実測で得られた呼吸流量と CO₂ 濃度、ニコチン濃度を境界条件として与えるが、呼吸から発生するニコチン量は主流煙の 30%²⁾ とする。数値解析は喫煙 1 サイクル (約 360 s) を非定常計算で行い、喫煙者と受動喫煙者間の距離 (0.5 m, 1.0 m, 1.5 m 間隔) による受動喫煙の影響を CO₂ とニコチンの摂取量により定量的に確認する。

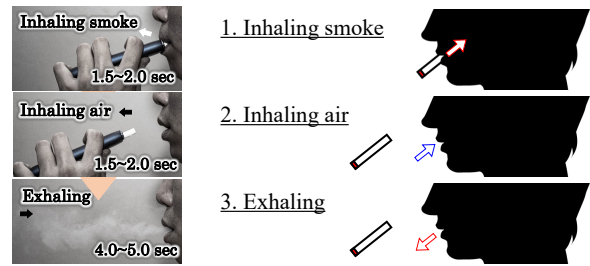


Fig.1 Breathing characteristics on smoking

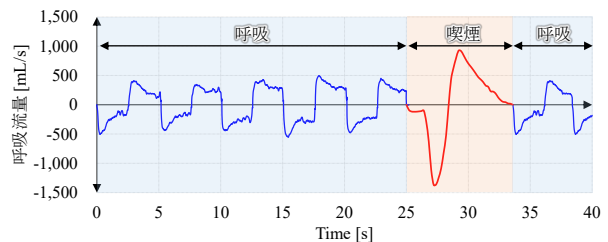


Fig.2 Fluctuations of flow rate in mainstream

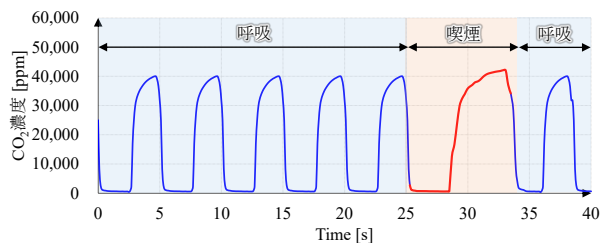


Fig.3 Fluctuations of CO₂ in mainstream

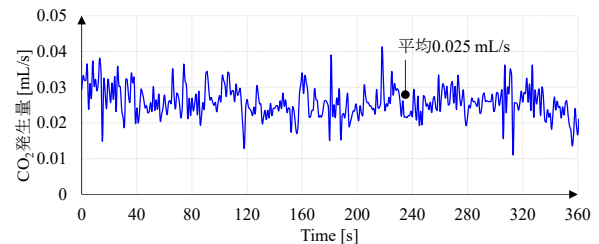


Fig.4 Fluctuations of CO₂ in sidestream

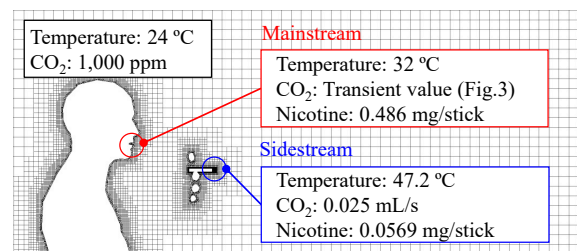


Fig.5 Numerical model & boundary condition

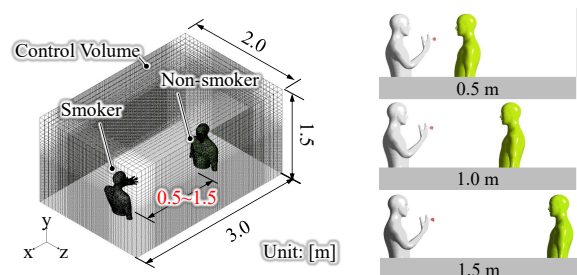


Fig.6 Overview of evaluation model

C. 結果及び考察

Figure 7 に数値解析の結果を示す。呼吸時には鼻からCO₂が出ており、タバコの先端からの副流煙によるニコチンが出ており、温度差による上昇気流が生じる。喫煙時には喫煙者の口からCO₂とニコチンが両方とも出ており、受動喫煙者まで移流する。喫煙が終了後の一時的には上昇気流に従って流れる有害物質の移動が観測される。

Figures 8 と Fig. 9 に喫煙者とある程度離れてい

る受動喫煙者が摂取するCO₂濃度とニコチン濃度の累積値を示す。CO₂、ニコチンとも距離が近くなると受動喫煙者の摂取量が増加した。また、WHO ガイドラインによるニコチン 10 µg/m³ と受動喫煙者の呼吸によるCO₂を基準とすると、離れた距離 0.5 m において、加熱式タバコの受動喫煙による影響は、CO₂が約 145.2%の増加 (45.24 µm³ → 65.70 µm³)、ニコチンが約 1,995%の増加 (57.75 pm³ → 1,152.34 pm³) する結果が見られた。

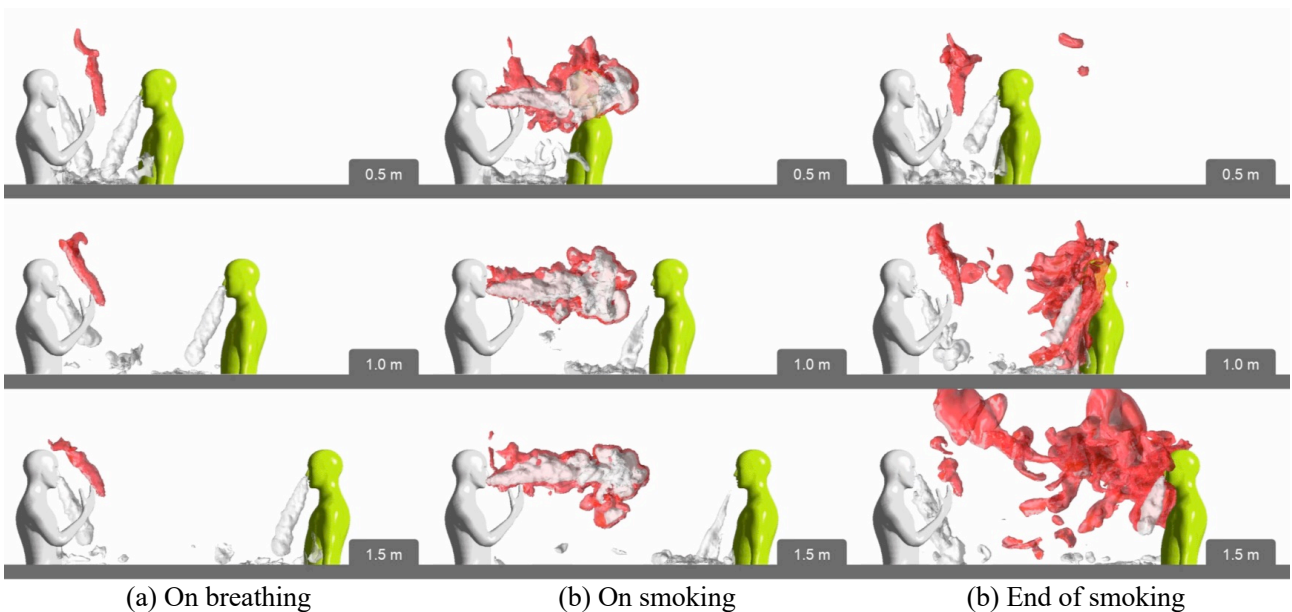


Fig.7 Analysis results (CO₂: white color, Nicotine: red color)

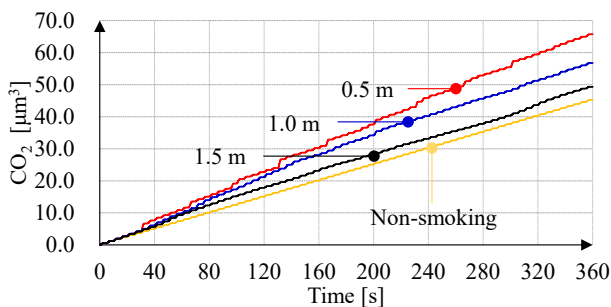


Fig.8 Cumulative passive smoking (CO₂)

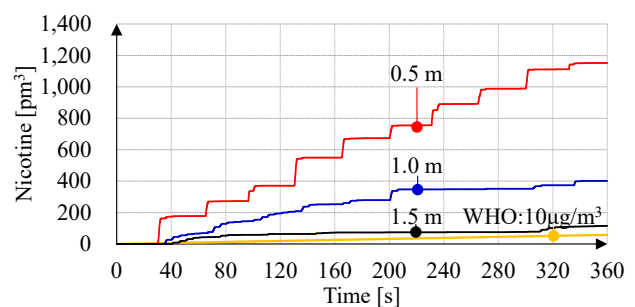


Fig.9 Cumulative passive smoking (Nicotine)

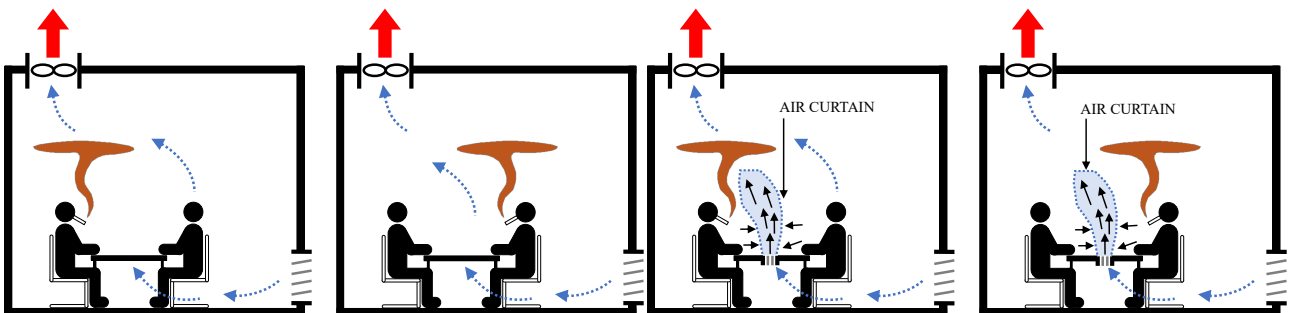


Fig.10 Future work

D. 結論

本研究では、加熱式タバコの喫煙状況における非定常計算用の数値解析モデルを構築した。また、構築した数値解析モデルを用い、受動喫煙防止のために喫煙者と受動喫煙者の離れた距離による有害物質の摂取量を明らかにした。今後、本年度に構築した解析モデルをもとに、加熱式タバコ専用の室内喫煙エリア（レストラン、喫茶店など）における受動喫煙の影響を換気方式の違いによって検討する予定（Fig. 10）である。

E. 参考文献

- (1) World health organization international agency for research on cancer: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol.83, Tobacco smoke and involuntary smoking, 2004.
- (2) Frank Kelley St. Charles et. al.: Methodologies for the quantitative estimation of toxicant dose to cigarette smokers using physical, chemical and bioanalytical data, Inhalation Toxicology, 25(7), p.383-397, 2013.

F. 研究発表

1. 論文発表

特になし

2. 学会発表

黄載雄, 李時桓 : 加熱式タバコの距離による受動喫煙の影響, 室内環境学会学術論文集, A-21, p.230-231, 2022.12.

黄載雄, 李時桓 : 加熱式タバコの喫煙による呼吸特性と化学種物質の挙動特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学, 40733, p.1591-1592, 2022.09.

Jaeung Hwang, Sihwan Lee: Respiratory characteristics during smoking and its numerical analysis, Indoor Air 2022, ID 1513, p.1-4, 2022.06.

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし