

7BSKM009 佐藤祥大
指導教員 関根嘉香

緒言

近年、ヒト皮膚から放散する微量生体ガス（皮膚ガス）の存在が明らかとなり、身体的・生理的状态・疾病の有無、生活行為や生活環境との関連に関心が集まっている¹⁾。演者は、喫煙および食品摂取に伴いヒト皮膚から放散する揮発性有機化合物の室内空気質への影響について調査を行ってきた。本稿では、電子および加熱式タバコ使用に伴うヒト皮膚ガス成分の放散挙動および室内空気質への影響について調査したものを記載する。

受動喫煙防止の観点から次世代たばこ（電子・加熱式たばこ）の普及が進んでいる。演者は紙巻たばこの能動喫煙および受動喫煙により、ヒト皮膚からニコチン等のたばこ煙由来成分が放散されることを見出した²⁾。しかし、電子及び加熱式たばこ使用に伴うヒト皮膚ガスについて知られていない。そこで本研究では、市販のメンソール入りの電子たばこ 1 銘柄 2 フレーバー、加熱式たばこ 1 銘柄を用いて、被験者 1 名を対象に、加熱式、電子たばこ使用に伴うメンソールの皮膚からの放散挙動および室内空気質への影響調査した。

被験者による試験

被験者 1 名（24 歳男性）を設定し、吸煙前、吸煙直後、3 時間後まで 1 時間間隔で皮膚ガスを捕集し、皮膚ガス成分の経時変化を調べた。被験者は研究室において 15 分間（約 60puff）電子および加熱式たばこを各 1 銘柄を使用した。電子たばこのリキッドにはフルーツ香料やメンソール入りを使用した。加熱式たばこはメンソール入りの物を使用した。尚、吸煙中の皮膚ガスの測定は行なっていない。本研究は、東海大学湘南校舎「ヒトを対象とする研究」倫理委員会の承認を得て実施した。

皮膚ガスの測定

皮膚ガス測定用パッシブ・フラックス・サンプラー（ジューエルサイエンス社製、MonoTrap® SG DCC18）を用い（Fig.1）、捕集部位は前腕部、捕集時間は 1 時間とした。捕集後、加熱脱離 - ガスクロマトグラ

フィー/質量分析計（GC/MS）により VOC 成分を定性分析し、使用前後のピーク強度の経時変化を検討した。さらに、皮膚から放散された成分の中でもメントールに着目して定量し、(1) 式を用いて放散フラックス（ $\text{ng cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ ）を求めた。

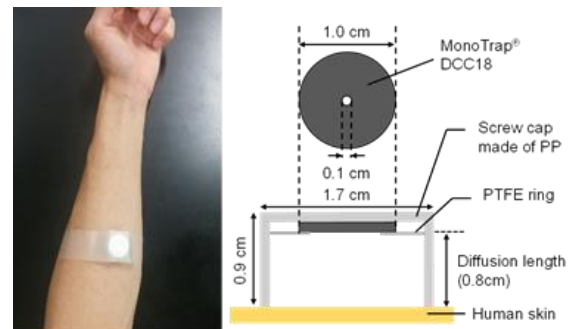


Fig.1 Passive flux sampler for the determination of human skin gas

$$E = \frac{W}{S \cdot t} \dots (1)$$

E : 放散フラックス ($\text{ng cm}^{-2} \text{h}^{-1}$)
 W : 捕集量 (ng)
 S : PFS の被覆面積 (cm^2)
 t : 捕集時間 (h)

室内拡散濃度の推定

メントールの皮膚放散フラックスを用い、Near-Field Far-Field model³⁾ により拡散濃度を推定して臭気閾値と比較し、メントールを皮膚から放散していた場合にどれだけその人に近づけばメントールの香りがするかを推定した。

結果および考察

・皮膚から放散される電子・加熱式タバコ成分
被験者の皮膚ガスの GC/MS クロマトグラムを解析した結果、いくつかのピークが電子たばこ吸煙後に増加する傾向がみられた。フレーバーリキッド抽出物を分析したところ（Fig.2）、保持時間および NIST ライブラリー検索による推定結果が一致するピークが 10 本あり、メントール、酢酸メチル、4,6-ジメチルドデカン、フタル酸ジエチルなど 10 成分が電子タバコに由来する皮膚ガス成分と推定された。またこれらピーク強度の増減は、放散する成分によって異なる傾向がみられた。一方、加熱式たばこにおいては、使用前と使用後では放散する成分に変化は見られなかった。これは、今回使用した電子たばこと加

熱式たばこの吸煙量や、含まれている成分の量などの差によるものではないかと考えられる。

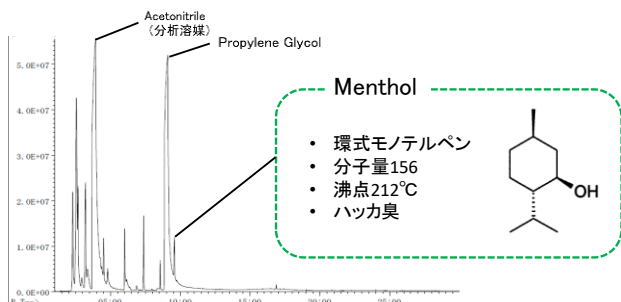


Fig.2 Gas chromatogram of flavor liquid extract of e-cigarette used in this study

・皮膚から放散されるメントール

メントールは環式モノテルペン類の一種であり、ペパーミント臭を有することから VAPE の香気成分として利用されることが多い。Fig.3 に、VAPE 吸煙前後に皮膚から放散したメントールの放散フラックスの経時変化を示す。吸煙前は未検出であり、VAPE 使用に伴い、メントールの放散量が増加した。また、少なくとも吸煙 3 時間後まで放散が続くことが分かった。紙巻たばこ喫煙におけるニコチンの放散量と比較すると、ニコチンは喫煙後放散量が増加し、2 時間後には喫煙前の放散レベルに戻ることから、メントールの方が放散が持続する可能性が示唆された。

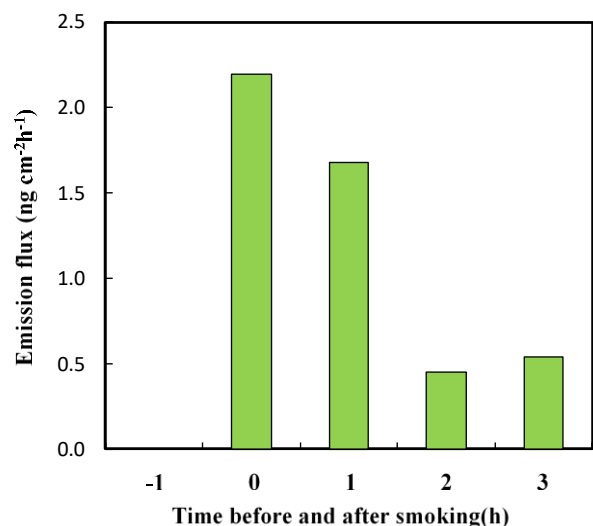


Fig.3 Variation of dermal emission flux of menthol before and after smoking e-cigarette

・メントールの拡散濃度の推定

メントールの放散フラックスを用いて、Near-Field Far-Field model³⁾ により一般住宅 8 畳間 (床面積: 15 m²、天井高: 2.4 m、換気回数: 0.5 h⁻¹) を想定し、

メントールの拡散濃度 CNF を(2)式および(3)式を用いて推定した嗅覚閾値との比較を行った。

$$C_{NF} = \frac{M}{Q} + \frac{M}{\beta} \dots (2) \quad \beta = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \pi d^2 \right) v \dots (3)$$

M :放散速度 (ng cm⁻²)

M =放散フラックス (ng cm⁻² h⁻¹)×皮膚面積 (cm²)

Q :換気量 (m³ h⁻¹)

Q =室容積 (m³) ×換気回数 (h⁻¹)

$1/2d$ =隣人との距離 (m) $v=0.06$ m s⁻¹

メントールの臭気閾値は文献により差異が大きく、0.002 - 11.6 mg/m³ であったが、仮に 0.002 mg/m³ とした場合、吸煙直後であれば吸煙者の 50 cm 以内、1 時間後でも 20 cm 以内に近づけばメントールの香りがするのではないかと推定された。(Fig.4)

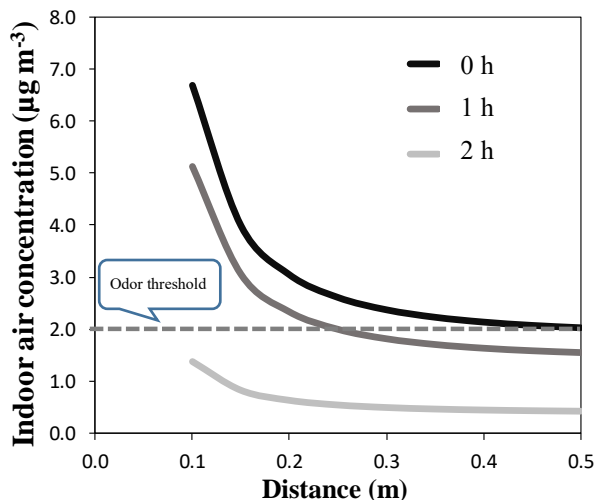


Fig.4 Estimated diffusion concentration of menthol as a function of distance

結論

電子タバコを吸煙することにより、ヒト皮膚表面からメントールなどの香気成分が放散することがわかった。紙巻タバコと比較しても、放散される成分が大きく異なるということが分かった。また、メントールの放散は長く持続し、その放散挙動は香気成分の物性等に関する可能性が見いだされた。さらに、使用する電子タバコ、加熱式タバコによって、放散する成分に違いが生じるということが分かった。

【参考文献】

- 1) 関根嘉香: 臨床環境医学、25(2)、pp.69-75(2017)
- 2) Sekine, Y., Sato, S., Kimura, K., Sato, H., Nakai, S., Yanagisawa, Y., *J. Chromatogr. B.*, 1092, 394-401 (2018)
- 3) Ramachandran, G.: Occupational Exposure Assessment for Air Contaminants, Chapter17, Exposure modelling, CRC press, 286-289(2005)