

令和6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

電子たばこから発生する多環芳香族炭化水素類と一酸化炭素の分析結果

分担研究者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
分担研究者 戸次 加奈江 国立保健医療科学院
研究協力者 内山 茂久 国立保健医療科学院

背景と目的：電子たばこ主流エアロゾルからホルムアルデヒド、カルボニル類、フェノール類、一酸化炭素などの有害化学物質が検出されることが報告されており、特に高出力装置での発生が問題となっている。先行研究では、プロピレングリコールとグリセロールを原料として、電熱コイルの劣化により3日目頃からこれらの有害物質が発生することが確認されている。本研究では、燃焼由来と考えられる多環芳香族炭化水素 (PAHs) に着目し、発がん性物質であるベンゾ[a]ピレンを含む PAHs の電子たばこ主流エアロゾル中での発生状況を GC/MS/MS により一斉分析することを目的とした。

方法：電子たばこ装置として出力 150W (製品 A)、85W (製品 B)、90W (製品 C) の3製品を使用し、プロピレングリコールとグリセロールの自作溶液および市販スイーツ系リキッドで実験を行った。主流エアロゾルの捕集は自動喫煙装置を用いて CORESTA RECOMMENDED METHOD N 81 法により実施し、29種類の PAH 標準溶液を用いて GC/MS/MS で分析した。また、一酸化炭素の測定も並行して実施した。

結果及び考察：グリセロールとプロピレングリコールのみの自作溶液では、総 PAHs 量は 40.4-53.3 ng/10 puff、ベンゾ[a]ピレンは 0.26-0.48 ng/10 puff で、使用回数による増加は認められなかった。この結果は加熱式たばこ主流煙の分析結果に近似していた。一方、市販リキッド使用時には総 PAHs 量が製品 A で 107-4,100 ng/10 puff、製品 B で 62.8-6,606 ng/10 puff、製品 C で 51.5-172 ng/10 puff となり、使用回数の増加に伴って著しく上昇した。この現象は先行研究の一酸化炭素、フェノール類と同じ傾向であった。ベンゾ[a]ピレンも製品 A で 0.82-9.66 ng/10 puff、製品 B で 0.29-13.4 ng/10 puff に達し、最高値は紙巻たばこに匹敵する発生量を示した。最も含有量が高いナフタレンでは、製品 B で最大 4,754 ng/10 puff を記録した。市販リキッドではジベンゾ[a,i]ピレンまで検出され、電熱コイルの劣化・焦げ付きによって PAHs の発生が促進されると考えられた。一酸化炭素についても、製品 A、B で紙巻たばこに匹敵またはそれ以上の発生量が確認され、特に製品 B では 12 パフあたり 40mg を超える値を示した。

結論：電子たばこ主流エアロゾルから PAHs が検出され、継続使用により電熱コイルの劣化・焦げ付きによって PAHs と一酸化炭素の発生量が著しく増加した。市販リキッドのスイーツ系フレーバーが PAHs 発生量を大幅に増加させ、比較的 low 出力の装置でも使用回数の増加により紙巻たばこに匹敵する有害物質が発生することが確認された。この現象は使用者が外見上判断困難であり、知らずに高濃度有害物質に曝露される危険性がある。ニコチンの有無に関わらず、成分の観点から、電子たばこの有害性は必ずしも紙巻きたばこと比較して低いとはいえず、科学的根拠に基づいた情報提供や、出力制限、リキッド成分規制、使用方法標準化なども今後検討が必要になる可能性がある。

A. 研究目的

我々は、電子たばこの高出力タイプの製品の調査結果から、電子たばこ主流エアロゾルにはホルムアルデヒドをはじめとするカルボニル類さらにフェノール類、一酸化炭素が含まれることを報告してきた (1, 2)。これらの燃焼に由来する有害化学物質が主流エアロゾルから発生する要因として電子たばこには出力の幅が広い製品が販売されており、高出力の電子たばこ装置を使用することが有害化学物質発生の要因となっている。

電子たばこの主流エアロゾルには、先行研究においても一酸化炭素 (CO)、フェノール類が含まれると報告があった (3-5)。これは、電子たばこのリキッドに含まれるプロピレングリコール、グリセロールを原料として、高出力の電子たばこを使用すると CO とフェノール類が発生すると報告されている (3-5)。我々の研究では低出力 100W 以下の電子たばこにおいても CO、フェノール類が発生するのかを検討したところ、数日間使用することで徐々に電子たばこのエアロゾルを発生させる電熱コイルが徐々に焦げて行き 3 日間目あたりから CO、フェノール類の発生を 2020、2021 年度の厚生労働行政推進調査事業費の研究で確認した。特に 2021 年度厚生労働行政推進調査事業費の研究では、電子たばこの連続使用によって発生する CO、フェノール類の発生条件を調査したところ、グリセロールの比率がプロピレングリコールよりも高く、スイーツ味のリキッドから多くの CO、フェノール類が発生した。

本研究では、燃焼由来と考えられている多環芳香族炭化水素 (PAHs) に着目した。この PAHs には発がん性物質であるベンゾ[a]ピレンをはじめとする有害化学物質が多く報告されている。本研究では、電子たばこ主流エアロゾルの PAHs を GC/MS/MS によって一斉分析を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 電子たばこ加熱装置

電子たばこは、出力が 150W (0.28 Ω)、85W (0.15 Ω)、90W (0.15 Ω) そしての 3 製品 (出力が低い装置から A, B, C とした) について調査を行った。電子たばこリキッドは、プロピレングリコール、グリセロールで混合した自作溶液と市販のスイーツ系のリキッドを使用した。

2. 電子たばこ主流煙 (エアロゾル) の化学物質の分析

電子たばこ主流煙 (エアロゾル) の捕集

電子たばこ主流煙の捕集方法は、自動喫煙装置 (LM4E, Borgwaldt KC GmbH) を用いて CORESTA RECOMMENDED METHOD N 81 法 (CRM81) を行った。CRM81 法は、1 パフにつき 3 秒間で 55 mL 吸引、30 秒毎に 1 プフさせ、計 6 パフまたは 12 パフで行った (6)。電子たばこ主流煙中の総粒子状物質 (total particle matter; TPM) は Cambridge filter pad (CFP, φ44 mm, Borgwaldt KC GmbH) で捕集した。CRM81 法では CFP1 枚につき、6 回の吸引を捕集し、1 試料とした。

PAHs の分析

試薬; PAH 標準溶液 は 29 種混合溶液を調整し (Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo[c]phenanthrene, Benz[a]anthracene, Chrysene, Benz[e]acephenanthrylene, 7,12-dimethyl-Benz[a]anthracene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[j]fluoranthene, Benzo[e]pyrene, Benzo[a]pyrene, 3-Methylcholanthrene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene, Benzo[g,h,i]perylene, Dibenzo[a,l]pyrene, Dibenzo[a,i]pyrene, Dibenzo[a,h]pyrene) は AccuStandaed 社から購入した。1-Methylnaphthalene, 2-

Methylnaphthalene は SUPELCO 製を購入した。7H-*Benzo*[*c*]fluorine は Dr.Ehrenstorfer 製、5-Methylchrysene、Cyclopenta[*c,d*]pyrene は AccuStandard 製を購入した。次に、PAH-重水素体溶液は、Acenaphthylene-*d*₈、*Benzo*[*a*]pyrene-*d*₁₂、*Benzo*[*g,h,i*]perylene-*d*₁₂、Fluoranthene-*d*₁₀、Naphthalene-*d*₈、Phenanthrene-*d*₁₀、Pyrene-*d*₁₀、5-Methylchrysene-*d*₃、Dibenz[*a,i*]anthracene-*d*₁₄ は Cambridge Isotope Laboratories 社から購入した。Anthracene-*d*₁₀、Chrysene-*d*₁₂ は AccuStandard 社から購入した。*Benzo*[*k*]fluoranthene-*d*₁₂、Dibenz[*a,h*]anthracene-*d*₁₄ は Dr.Ehrenstorfer 製から購入した。トルエン 300 (残留農薬・PCB 試験用)、ヘキサン (残留農薬・PCB 試験用)、ジメチルスルホキシド (ダイオキシン類分析用) とジクロロメタン (残留農薬・PCB 試験用) は、富士フィルム和光純薬株式会社から購入した。これらは先行研究の実験をもとに調整した (7)。

主流煙 PAHs の前処理及び分析

紙巻たばこ PAH の分析では、CRM81 法を採用し主流エアロゾルの捕集を 1 サンプル 6 パフまたは 12 パフで行った。捕集後のガラス繊維フィルター、Supelpak™-2 (SUPELCO 製) を 300 mg 充填したカートリッジで捕集後、フィルターと樹脂を 10 mL ねじ口試験管に入れ、ヘキサン 9 mL を添加し、160 rpm で 90 分間振とう抽出した。PAH-*d* 体溶液 10 μL を添加後、窒素気流下で (室温) 1 mL に濃縮した。この濃縮液 1 mL を、無水硫酸ナトリウム 1.4g を充填したカートリッジ及びシリカゲルカラムに供し、展開溶媒をヘキサン 5 mL、ジクロロメタン/ヘキサン (1/9) 7.5 mL の順に用いて溶出した。それぞれの溶出液を合致し、窒素気流下 (室温) で約 0.2 mL まで濃縮し、トルエンを 0.5 mL 添加した。再度窒素気流下で濃縮し、最終的にトルエンを添加して 0.5 mL へ定

容した。これを分析用バイアルに移し、GC/MS/MS で PAH の分析を行った (7)。

一酸化炭素 (CO) 分析

一酸化炭素 (CO) は、テドラバックに捕集し、ISO8454 (8) に準じて、非分散型赤外線分析計 (Non-dispersive infrared ; NDIR, IR200, 横河電機製) を用いて分析した。

C. 結果及び考察

1. グリセロールとプロピレングリコールで調整した電子たばこリキッドによる PAHs の分析

電子たばこリキッドの構成成分は 90% がグリセロールとプロピレングリコールになっている。まずグリセロールとプロピレングリコールの基礎構成成分のみで PAHs が発生するのか検証を行った。1 日 10 回捕集を行い 5 日間継続し、得られた主流煙を PAHs 分析に供した。その結果、3 製品の総 PAHs 量 (ng/10 puff) は 40.4 から 53.3 であった。また、発がん性物質であるベンゾ[*a*]ピレン量は、0.26-0.48 ng/10 puff、最も含有量が高い成分はナフタレンで 7.60-12.3 ng/10 puff であった。これは加熱式たばこ主流煙の分析結果に近かった。50 回の主流煙捕集を行ったが、捕集回数を増やしても PAHs の発生量は上昇することはなかった。

2. 市販の電子たばこリキッドによる PAHs の分析

上記の実験を市販の電子たばこリキッドで行ったところ異なる結果となった。3 製品の総 PAHs 量 (ng/10 puff) は、製品 A (出力 150W) が 107-4100、製品 B (出力 85W) が 62.8-6606、製品 C (出力 90W) が 51.5-172 となり、同一の電子たばこ市販リキッドの組み合わせで捕集回数が増加するに従って PAHs 量が上昇した (Fig. 1)。この現象は、先行研究の一酸化炭素、フェノール類と同じ傾向であった。また、発がん性物質であるベンゾ[*a*]ピレン量 (ng/10 puff) は、製品 A が 0.82-

9.66、製品 B が 0.29-13.4、製品 C が 0.18-0.38 となり (Fig. 2)、最も含有量が高い成分はナフタレン (ng/10 puff) で製品 A が 24.7-2070、製品 B が 12.2-4754、製品 C が 12.4-109 であった。電子たばこ主流エアロゾルの最も高い分析値は、紙巻たばこ主流煙の分析結果に匹敵していた。各電子たばこで 50 回の主流煙捕集を行ったが、捕集回数が増えるに従い PAHs の発生量は上昇した。特に市販のリキッドではジベンゾ[a,i]ピレンまで検出された。

この 2 つの実験から、高出力の電子たばこからは PAHs が発生することは確認された。さらに電子たばこの電熱コイルの劣化によりコイル部分が焦げることによって PAHs の発生が生じやすい条件になってしまったと考えられる。しかし、使用者が、PAHs の発生しやすいコイル状態を判断することは難しい。また、電子たばこリキッドに含まれるフレーバー成分によって発生量が上昇することが分かった。フレーバーの種類によっても PAHs の発生は変動する可能性もあるため、今後は更なる条件検討を行う必要がある。

3. 市販の電子たばこから発生する一酸化炭素の分析

本分析対象の電子たばこ A、B、C についても一酸化炭素分析を実施したところ、A、B の装置を使用したところ一酸化炭素量が紙巻たばこに匹敵またはそれ以上の発生量となった。特に B の装置では、12 パフあたり 40 mg を超える分析値となった。

4. 市販の電子たばこ、加熱式たばこと紙巻たばこの PAHs 分析値の比較

電子たばこ、加熱式たばこ、紙巻たばこの主流煙に含まれる PAHs の分析結果を示す (Table 1)。電子たばこの値は、各 A、B、C の装置における 1、10、20、30、40、50 回目の値を示した。電子たばこを加熱式たばこと比較すると A、B は 1 回目の分析値から加熱式たばこよりも高い値であっ

た。一方で C は加熱式たばこと同等の値であった。このように出力が高い電子たばこであっても、加熱式たばこと同等の値である場合もあった。

次に、電子たばここと紙巻たばこの分析値を比較すると、電子たばこ A、B の捕集回数が上昇するに従って PAHs 値も上昇し、紙巻たばこに匹敵する発生量であった。

これらの実験から全ての装置の電子たばこが有害化学物質量の発生が低い結果とはならなかった。現在、電子たばこは法律上、出力の上限に規制はない。この状況を踏まえると我が国に流通している電子たばこは有害性の低い製品でないと考えられる。

D. 結論

本研究では、電子たばこ主流エアロゾル中の多環芳香族炭化水素 (PAHs) を GC/MS/MS で分析し、重要な知見を得た。

電子たばこから発がん性物質であるベンゾ[a]ピレンを含む多種類の PAHs が検出され、市販リキッド使用時には総 PAHs 量が最大 6,606 ng/10 puff に達し、紙巻たばこに匹敵する発生量を示した。特に重要な結果は、電子たばこの継続使用により電熱コイルが劣化・焦げ付きを起し、PAHs および一酸化炭素の発生量が著しく増加することである。この現象は使用者が外見上判断困難であり、知らずに高濃度有害物質に曝露される危険性がある。

また、市販リキッドに含まれるフレーバー成分、特にスイーツ系フレーバーが PAHs 発生量を大幅に増加させることも判明した。比較的 low 出力の装置でも、使用回数の増加により加熱式たばこや紙巻たばこに匹敵する有害物質が発生することが確認された。

本研究結果から、電子たばこを「有害性の低い製品」として位置づけることは適切ではないと考える。現在、日本では電子たばこの出力上限に法的規制がないため、装置の出力制限、リキッド成分の規制、使用方法の標準化、消費者への適切な

情報提供の検討が急務である。電子たばこは従来認識されていたよりも電子たばこの選択とリキッドの組み合わせによっては、消費者が想定する以上の健康リスクを有する可能性があった。

E. 参考文献

- (1) Uchiyama, S.; Noguchi, M.; Sato, A.; Ishitsuka, M.; Inaba, Y.; Kunugita, N. Determination of Thermal Decomposition Products Generated from E-cigarettes. *Chemical Research in Toxicology* 2020, 33, 576-583.
- (2) 内山茂久, 櫻田尚樹 電子タバコから発生する化学物質と健康影響 *現代化学* 2020, 3, 54-57.
- (3) El-Hellani A, Al-Moussawi S, El-Hage R, Talih S, Salman R, Shihadeh A, Saliba NA. Carbon Monoxide and Small Hydrocarbon Emissions from Sub-ohm Electronic Cigarettes. *Chem Res Toxicol.* 2019 Feb 18;32(2):312-317. doi: 10.1021/acs.chemrestox.8b00324. Epub 2019 Feb 4. PMID: 30656934.
- (4) Son Y, Bhattarai C, Samburova V, Khlystov A. Carbonyls and Carbon Monoxide Emissions from Electronic Cigarettes Affected by Device Type and Use Patterns. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Apr 17;17(8):2767. doi: 10.3390/ijerph17082767. PMID: 32316435; PMCID: PMC7215697.
- (5) El-Hage R, El-Hellani A, Salman R, Talih S, Shihadeh A, Saliba NA. Vaped Humectants in E-Cigarettes Are a Source of Phenols. *Chem Res Toxicol.* 2020 Sep 21;33(9):2374-2380. doi: 10.1021/acs.chemrestox.0c00132. Epub 2020 Aug 13. PMID: 32786548.
- (6) CORESTA RECOMMENDED METHOD N 81. Routine Analytical Machine for E-Cigarette Aerosol Generation and Collection - Definitions and Standard Conditions. 2015.

https://www.coresta.org/sites/default/files/technical_documents/main/CRM_81.pdf

- (7) 稲葉洋平. 加熱式たばこから発生する多環芳香族炭化水素類のガス成分・粒子成分の同時捕集を使用した分析法の開発. 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「加熱式たばこなど新たなたばこ製品の成分分析と受動喫煙による健康影響の研究(21FA2001)」分担研究報告書
- (8) ISO 8454: Cigarettes - Determination of carbon monoxide in the vapour phase of cigarette smoke - NDIR method. 2007.

F. 研究発表

1. 論文発表

稲葉洋平. 「新しいタバコに関する知識とエビデンス」加熱式タバコの有害化学物質と健康への影響. *調剤と情報* 2024;30:1588-1594.

2. 学会発表

1. 内山茂久, 稲葉洋平, 磯部友彦, 中山祥嗣. rans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンと 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを用いる空气中二酸化窒素, オゾン, カルボニル化合物の同時分析. 第3回環境化学物質合同大会、広島、2024.7.3-5 ; 同 Web 抄録集.
2. 齋藤みのり, 内山茂久, 稲葉洋平, 小倉裕直, 牛山明, 林基哉. 夏期と冬期における室内空气中ガス状化学物質の動態. 第3回環境化学物質合同大会、広島、2024.7.3-5 ; 同 Web 抄録集.
3. 稲葉洋平, 磯部秀太, 飯島健太郎, 楠瀬翔一, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 加熱式たばこ IQOS 互換機から発生する主流煙芳香族アミン類の分析. 日本分析化学会第73年会、名古屋、2024.9.11-13 ; 同講演要旨集 P3121.

4. 内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 電子タバコから発生する熱分解物質（アルデヒド類）の発生メカニズム. 第 83 回日本公衆衛生学会総会、札幌、2024.10.29-31；同講演抄録集 p608.

5. 稲葉洋平、戸次加奈江、内山茂久、牛山明. 加熱式タバコ主流煙に含まれるアクリルアミドの実態調査. 第 61 回全国衛生科学技術協議会年会、大阪、2024.11.21-22；同講演集 p194-195.

6. 内山茂久、高口倅暉、江口哲史、稲葉洋平、磯部友彦、中山祥嗣. BPE/DNPH 含侵シリカゲルを用いる空气中二酸化窒素、オゾン、カルボニル化合物の同時分析. 2024 年室内環境学会学術大会. 札幌、2024.11.30-12.1；同講演要旨集 p115-116.

7. 齋藤みのり、内山茂久、稲葉洋平、金勲、小倉裕直、牛山明、林基哉. 拡散サンプラーによる仮設住宅と一般住宅におけるガス状化学物質のモニタリング. 2024 年室内環境学会学術大会. 札幌、2024.11.30-12.1；同講演要旨集 p121-122.

8. 稲葉洋平、戸次加奈江、内山茂久、牛山明. 紙巻タバコ・加熱式タバコ主流煙に含まれるアクリルアミドの分析と比較. 2024 年室内環境学会学術大会. 札幌、2024.11.30-12.1；同講演要旨集 p243-244.

9. 稲葉洋平. 「シンポジウム 8 メディカルスタッフが知っておきたい禁煙支援と加熱式タバコや電子タバコの有害性」日本の加熱式タバコと電子タバコの有害成分と喫煙者への曝露成分の実態調査. 第 54 回日本口腔インプラント学会学術大会、京都、2024.11.1-3.Web 講演集.

10. 稲葉洋平. 「セッション 1 加熱式タバコは生活習慣病のリスクを上げるか?」「加熱式タバコそのものの有害性（成分分析と曝露評価）」第 6 回禁煙推進学術ネットワーク学術会議、東京、2024.11.16；同抄録集 p6.

11. 稲葉洋平、戸次加奈江、楠瀬翔一、内山茂久、牛山明. 加熱式タバコ主流煙の分析—有害化学物質 90% 削減は本当なのか?— 第 95 回日本衛生学会学術総会、埼玉、2025.3.19-21;同講演要旨集.S213.

12. 稲葉洋平. シンポジウム「販売開始から 10 年経過した加熱式タバコの実態から禁煙支援を考える」加熱式タバコは本当に有害性が低減されているのか? 第 34 回日本禁煙推進医師歯科医師連盟学術総会、埼玉、2025.3.1-2;同講演抄録集. P14.

13. 稲葉洋平、内山茂久、戸次加奈江、楠瀬翔一、牛山明. 国内販売の加熱式タバコ 50 銘柄の主流煙成分の比較による加熱式タバコの評価 日本薬学会第 145 年会、福岡、2025.3.26-29;同講演要旨集. P2258.

14. 多良春希、吉田さくら、安孫子ユミ、戸次加奈江、稲葉洋平、鳥羽陽. 加熱式タバコ製品の主流煙に含まれるハイドロキノロン類とベンゾキノロン類の濃度比較. 日本薬学会第 145 年会、福岡、2025.3.26-29;同講演要旨集. P4283.

G. 知的財産権の出願・登録状況
特になし

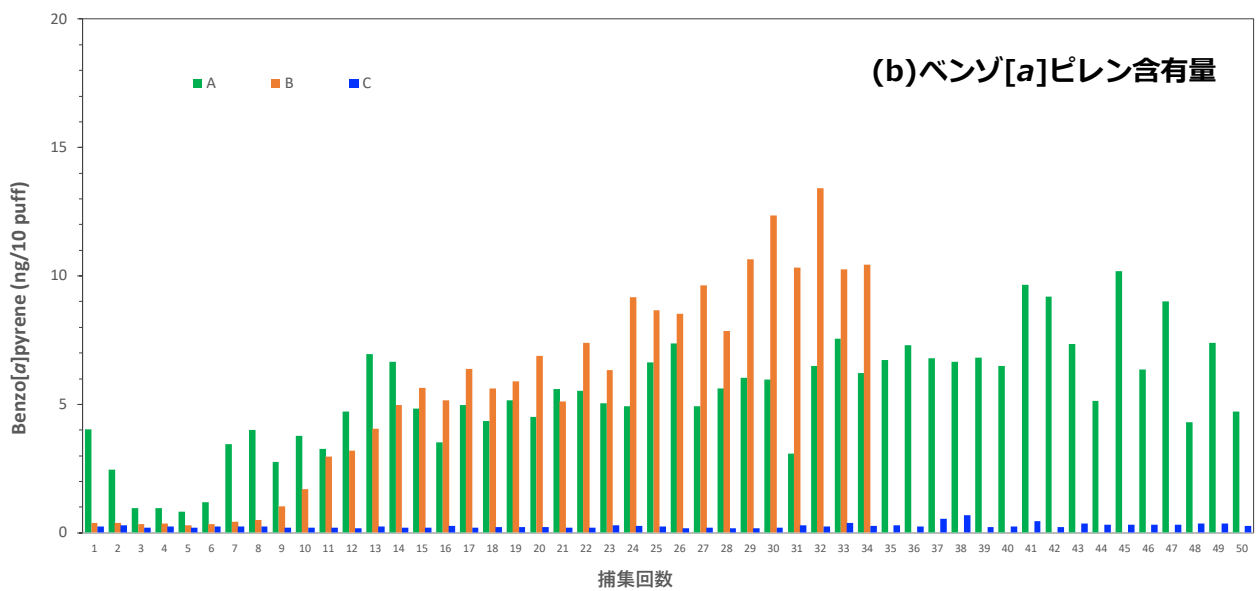
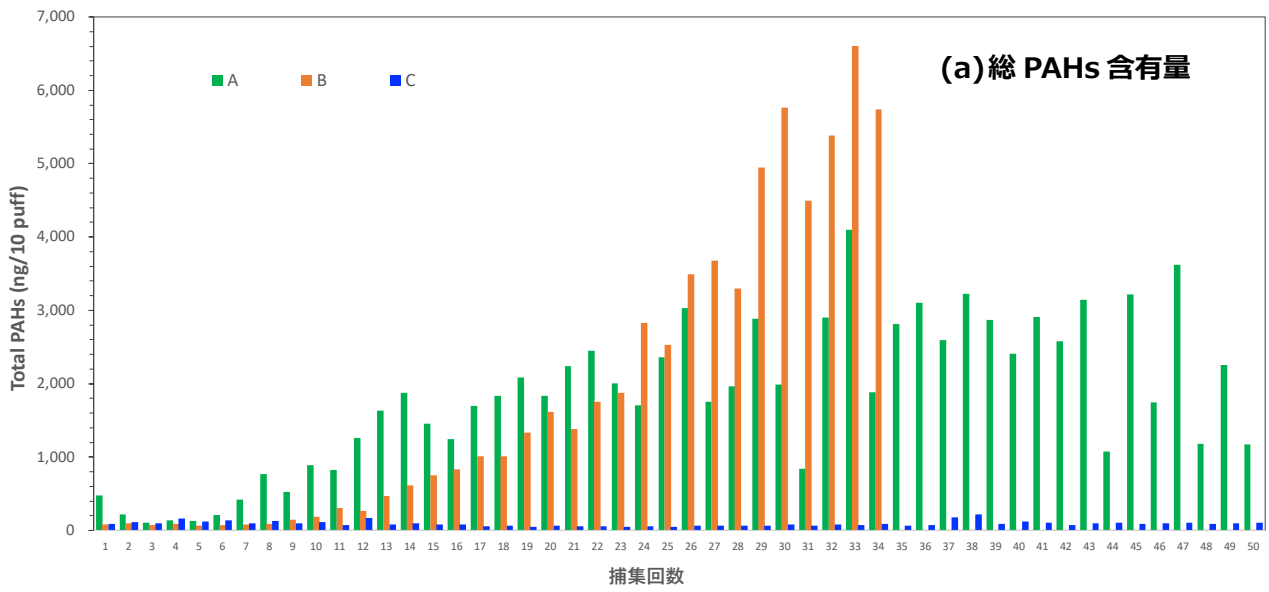


Fig. 1 電子たばこ連続使用によって発生する総 PAHs 量とベンゾ[a]ピレン量の変動

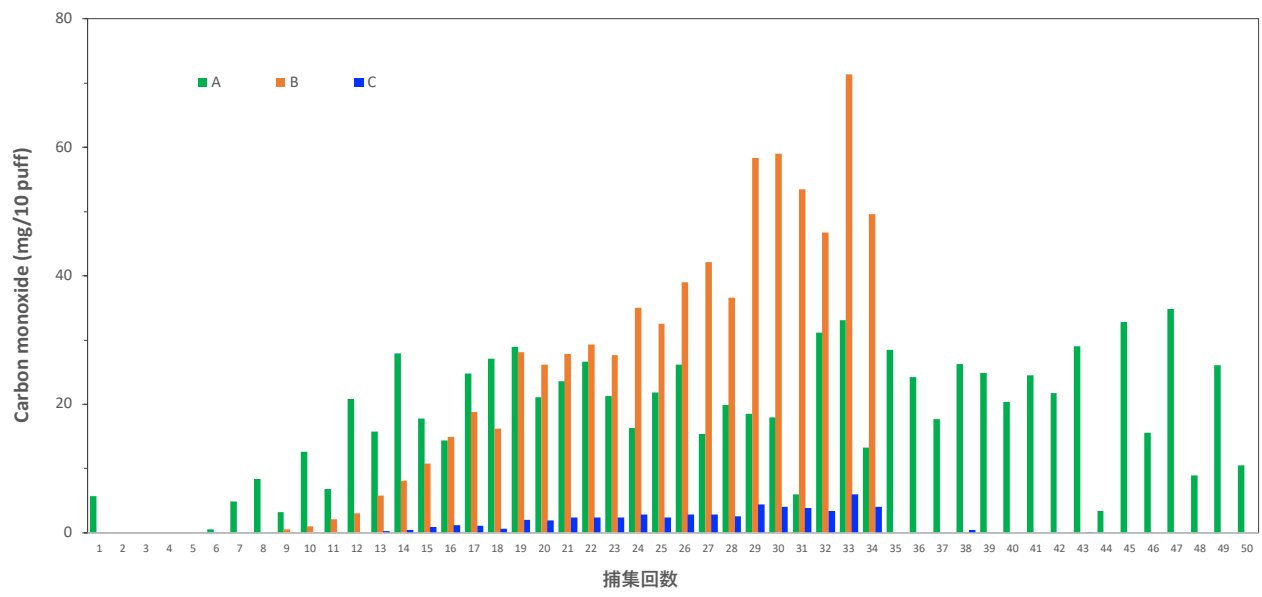


Fig. 2 電子たばこ連続使用によって発生する一酸化炭素量の変動

Table 1 電子たばこ連続使用によって発生する PAHs 分析結果

	PAH (ng/10puff)															PAH (ng/cig)							
	A					B					C					加熱式たばこ		紙巻たばこ					
	抽葉No.					抽葉No.					抽葉No.					IQOS 3	Regular		SEVEN STARS				
1	10	20	30	40	50	1	5	10	20	30	34	34	34	34	34	1	10	20	30	40	50	Regular	SEVEN STARS
Naphthalene	213	398	889	856	1,105	474	16.5	12.2	61.0	840	3,796	4,055	33.0	40.6	15.6	26.8	38.8	34.0	5.77	1,680			
2-methyl-Naphthalene	41.0	118	259	303	395	186	9.95	7.36	27.1	214	563	477	18.9	28.1	10.6	16.9	26.6	22.6	10.4	1,402			
1-methyl-Naphthalene	20.8	60.1	134	170	186	105	5.47	4.15	15.0	141	427	376	11.0	18.4	6.85	11.2	17.7	15.3	39.2	1,321			
Acenaphthylene	22.2	32.6	66.2	73.7	83.1	47.8	2.96	1.87	6.64	68.7	255	264	1.57	1.58	1.18	1.27	2.41	2.46	1.33	209			
Acenaphthene	4.84	13.5	30.3	31.4	33.7	17.7	1.42	1.10	3.32	22.0	69.0	63.5	0.85	0.86	0.60	0.64	1.20	1.04	0.64	113			
Fluorene	15.4	33.5	66.0	91.2	94.4	58.4	5.83	4.38	8.27	37.3	77.7	58.7	2.79	2.29	2.45	1.85	2.65	2.72	1.73	396			
Phenanthrene	27.9	49.9	89.8	110	136	73.7	15.3	14.0	17.1	71.3	182	164	11.2	9.38	10.2	10.8	11.0	9.92	3.94	334			
Anthracene	5.05	8.31	14.8	18.5	21.2	12.6	1.69	1.34	2.54	11.7	29.9	26.6	1.03	0.73	0.96	1.01	1.36	1.07	1.41	217			
Fluoranthene	15.3	28.1	51.4	62.4	73.1	40.1	4.91	4.23	7.21	26.3	61.4	50.7	3.27	3.00	3.32	3.72	3.79	4.22	3.41	145			
Pyrene	82.1	107	177	206	210	107	11.7	9.17	24.4	121	186	111	6.46	n.d.	6.95	8.21	9.63	11.5	4.09	145			
7H-Benzo[c]fluorene	0.58	2.12	3.74	5.93	5.82	3.86	0.16	0.10	0.50	3.23	5.68	3.63	0.01	n.d.	0.02	n.d.	0.02	0.02	0.18	21.7			
Benzo[c]phenanthrene	0.19	0.60	1.18	1.54	1.78	1.21	0.04	0.02	0.17	1.20	2.87	2.45	0.00	n.d.	0.02	n.d.	0.01	0.02	0.33	12.1			
Benzo[a]anthracene	2.20	3.03	4.99	5.89	7.70	4.81	0.38	0.28	0.97	4.55	11.8	10.4	0.19	0.12	0.24	0.13	0.20	0.20	0.92	41.9			
Cyclopenta[cd]pyrene	2.36	3.47	5.14	6.11	6.06	4.05	0.37	0.31	1.14	4.94	8.90	7.71	0.27	0.31	0.28	0.28	0.40	0.40	0.70	30.7			
Chrysene	1.91	1.93	2.95	3.11	4.06	2.59	0.48	0.49	0.86	2.40	7.00	6.47	0.40	0.33	0.35	0.35	0.45	0.41	0.94	39.4			
5-Methylchrysene	0.34	0.44	0.56	0.87	0.85	0.66	0.07	0.07	0.16	0.53	0.83	0.96	0.01	0.10	0.13	0.14	0.11	n.d.	n.d.	2.50			
Benzo[e]acephenanthrylene	1.84	2.36	3.68	4.52	6.33	3.75	0.11	0.09	0.67	2.88	6.68	6.49	0.05	n.d.	0.04	n.d.	0.04	0.07	0.37	13.4			
7,12-dimethyl-Benzo[a]anthracene	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12.8			
Benzo[k]fluoranthene	0.88	0.85	1.06	1.15	1.57	0.95	0.22	0.21	0.35	1.03	2.51	2.20	0.19	0.20	0.19	0.19	0.19	0.24	0.19	3.97			
Benzo[j]fluoranthene	0.89	1.60	2.39	2.80	3.34	2.45	0.31	0.29	0.65	2.24	4.66	4.33	0.27	0.23	0.26	0.24	0.26	0.26	0.27	9.12			
Benzo[e]pyrene	2.16	4.19	6.19	8.00	8.80	5.86	0.20	0.15	1.30	7.99	13.3	9.99	0.05	n.d.	0.03	0.00	0.11	0.09	0.23	8.42			
Benzo[a]pyrene	4.03	3.78	4.52	5.96	6.50	4.72	0.38	0.29	1.70	6.89	12.4	10.4	0.25	0.20	0.23	0.20	0.26	0.28	0.32	14.6			
3-Methylcholanthrene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.33	0.35	0.37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.28			
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	3.10	3.08	3.25	3.94	4.37	3.21	0.51	0.48	1.52	4.19	7.16	5.48	0.48	0.44	0.46	0.43	0.47	0.50	0.13	6.80			
Dibenz[a,h]anthracene	0.67	0.68	0.68	0.78	0.83	0.72	n.d.	n.d.	0.55	0.79	1.22	1.26	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	2.08			
Benzo[ghi]perylene	10.5	11.6	13.2	14.5	15.4	9.49	0.22	0.14	4.21	16.2	25.2	14.6	0.09	n.d.	0.02	n.d.	0.05	0.14	0.14	4.66			
Dibenzo[a,i]pyrene	0.73	1.04	1.11	1.58	1.69	1.45	n.d.	n.d.	0.82	1.67	2.78	2.74	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.86			
Dibenzo[a,j]pyrene	n.d.	1.51	1.72	1.94	1.67	1.87	n.d.	n.d.	1.78	3.16	3.46	3.79	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.66			
Dibenzo[a,h]pyrene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.65			
Carbon monoxide conc.(mg/12puff)	5.70	12.6	21.1	18.0	20.4	10.5	n.d.	n.d.	1.00	26.2	59.0	49.6	n.d.	n.d.	1.96	4.05	n.d.	n.d.	0.44	25.0			