

令和 3～5 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)
総合研究報告書

加熱式たばこ主流煙分析法の確立と国際標準化及びたばこ銘柄への適用
(加熱式たばこ、電子たばこ、紙巻たばこ用加熱装置)

分担研究者	稲葉 洋平	国立保健医療科学院
分担研究者	高橋 秀人	帝京平成大学
分担研究者	中田 光紀	国際医療福祉大学
分担研究者	牛山 明	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
研究協力者	若井 美樹	明治薬科大学
研究協力者	須藤 江里子	明治薬科大学

研究要旨

本研究では 3 年間の研究期間で、加熱式たばこの成分分析法の確立を行い加熱式たばこ銘柄への適用を目的とした。更に、確立した分析法を電子たばこ、最近 EC サイトで販売されている「紙巻たばこ加熱装置」に着目し分析も目的とした。本研究班の分析は、我々が参加している WHO たばこ研究室ネットワーク (TobLabNet) と作成を進めてきた「WHO TobLabNet 標準作業手順書」を基盤として分析を行なっている。

3 年間を通じて加熱式たばこ製品の成分分析法の確立を行った。新しく日本市場に投入される加熱式たばこ銘柄の調査を行なったところ、徐々に有害化学物質の発生量は加熱式たばこが販売開始された 2014 年と比較すると上昇していることが確認された。また、加熱式たばこと紙巻たばこ製品の分析結果を比較する論文も存在するが、比較する紙巻たばこによってその比較検討の評価が異なる場合があることも確認された。本研究期間で調査を行なった加熱式たばこ主流煙アクリルアミド量は紙巻たばこよりも高い銘柄も存在していた。電子たばこは、有害性が低いたばこ製品として報告されることもある。しかし、喫煙条件によってはホルムアルデヒドをはじめとするカルボニル化合物、連続使用による一酸化炭素の発生なども確認された。電子たばこ製品は、製品に対する規制もなく、出力と電子たばこリキッドの組合せによって、条件によっては喫煙者が想定していない有害化学物質の曝露量になっていた。また、紙巻たばこ加熱装置の調査では、電子たばこと同様に装置によっては、加熱式たばこ以上、紙巻たばこに匹敵する有害化学物質も確認された。今後も各たばこ製品のモニタリングを継続し、日本人喫煙者の健康影響評価を継続する必要がある。

A. 研究目的

加熱式たばこは、2014 年の iQOS (現 IQOS) を販売開始後、日本人喫煙者に普及したたばこ製品である。加熱式たばこから発生するたばこ煙の発生原理は、たばこ葉を加工したスティックを携帯用

の加熱装置に差し込み、燃焼に至らない加熱温度 (240 から 350℃) で加熱する。加熱式たばこスティックと加熱装置には、各たばこ産業に違いがあり、発生する有害化学物質にも違いが出ている。加熱式たばこの主流煙から発生する有害化学物質

は発生量が紙巻たばこと比較して 90%削減されている報告がされている。本研究では 3 年間の研究期間で、加熱式たばこの成分分析法の確立を行い加熱式たばこ銘柄への適用を行なった。更に、確立した分析法を電子たばこ、最近 EC サイトで販売されている「紙巻たばこ加熱装置」に着目し分析も行なった。本研究班の分析は、我々が参加している WHO たばこ研究室ネットワーク (TobLabNet) と作成を進めてきた「WHO TobLabNet 標準作業手順書」を基盤として分析を行なっている。TobLabNet とこの 3 年間の研究期間で標準作業手順書を 5 編公開した。これらの分析法は WHO のホームページで公開されている。

加熱式たばこの受動喫煙に関する研究として副流煙の分析を行なった。

以上、日本で販売される加熱式たばこ電子たばこ、紙巻たばこ加熱装置の分析を行うことを目的とし、さらに WHOTobLabNet との国際共同研究を行うことも目的とした。

B. 3 年間の研究成果

加熱式たばこ主流煙分析法の確立

芳香族アミン類

これまでに確立した紙巻たばこの主流煙芳香族アミン類の分析法を加熱式たばこに変更し、実態を調査することを目的とした。加熱式たばこ分析法は、1 試料あたりの加熱式たばこ捕集本数を 3 から 5 本に増やすことによって定量範囲で分析が可能になった。たばこ主流煙には、国際がん研究機関のグループ 1 (ヒトに対して発がん性のある) に該当する 4-アミノビフェニル、 α -トルイジン、2-ナフチルアミン等の芳香族アミン類が含まれている。現在、国内で販売される紙巻たばこ銘柄の報告は少ない状況であった。我々は芳香族アミンの対象物質を増やし、高速液体クロマトグラフ質量分析計 (LC/MS/MS) を使用した分析法を確立し、国産たばこ銘柄に適用してきた。本研究では、

加熱式たばこ 7 製品の 29 銘柄について分析を行ったところ、芳香族アミン類は加熱式たばこの加熱温度が高くなると若干高い濃度となった。定量された芳香族アミン類は 20 成分中 19 成分が検出された。特に α -トルイジンが発がん性物質であり、最も含有されている芳香族アミンであった。それ以外にも、発がん性物質 2-ナフチルアミン、4-アミノビフェニルと有害性が懸念されている 2,6-ジメチルアニリンも含有されていた。加熱式たばこの芳香族アミン類は紙巻たばこと比較すると 1/10 であるが、必ず喫煙者は複数の芳香族アミン類に曝露されることから有害化学物質の複合曝露は継続されていることが確認された。

多環芳香族炭化水素類

我々の先行研究によるとガス状の有害化学物質であるホルアルデヒド、アセトアルデヒド、アクロレインなど発生量は低減しているものの多くの成分が加熱式たばこ主流煙から検出されていた。そこで粒子状の成分に関しても有害化学物質量は低減しているが、有害化学物質の数はそれほど低下をしていないのではないかと考えている。そこで本研究では、燃焼由来と考えられている多環芳香族炭化水素 (PAHs) の加熱式たばこに適用した主流煙捕集法を確立し、GC/MS/MS による一斉分析を行うことを目的とした。本研究では、PAH のガス成分を固体捕集にすることで、PAH のガス成分と粒子成分の計 29 成分の同時分析が可能となり、捕集から分析までの効率化を達成した。

紙巻たばこ 11 銘柄の主流煙を分析したところ、全ての銘柄に 2 環から 6 環までの PAH 計 29 成分を定量できた。加熱式たばこ 8 製品 6 銘柄の主流煙を分析したところ、IQOS3 (銘柄;REGULAR), IQOS ILUMA (TEREA), glo Hyper+ (KENT TRUE TOBACCO), PloomS 2.0 (REGULAR), PloomX (RICH) の 4 製品では PAH23 成分, glo hyper (KENT TRUE TOBACCO) は PAH24 成分を定量した。NOS (REGULAR) 及び THERMALOU (3R4F) は、デバイスによってはそれぞれ

れ PAH29 成分、PAH27 成分を定量できたものもあった。以上の結果から、加熱式たばこの喫煙においても発がん性が認められているベンゾ[a]ピレンの曝露は生じた。基本的に、主流煙の PAH 発生量は「温度」に依存している。本研究法で定量した PAH は、加熱や燃焼によるたばこ葉からの移行によるものと、燃焼によって発生するものの 2 通りが考えられる。紙巻たばこは、燃焼により発生した PAH 及び、たばこ葉から移行した PAH が主流煙で定量された。一方、加熱式たばこは、たばこ葉に含まれる PAH が加熱により主流煙に移行した可能性もある。また、加熱式たばこは、加熱原理、加熱温度、たばこ葉によって移行率が変動するため製品によって曝露量が異なった。NOS 及び THERMALOUIC の一部のデバイスでは、PAH 濃度が高値であることから、加熱温度が高温となり、PAH が発生した可能性も考えられる。今後は、たばこ葉に含まれる PAH 量を分析する必要があると考える。

アクリルアミド

アクリルアミドは食品中に含まれているあるアミノ酸と糖類が、揚げる、焼く、焙るなどの 120℃ 以上での加熱により化学反応を起こすために発生すると考えられている。国際がん研究機関による発がん性の分類では、グループ 2A ヒトに対しておそらく発がん性があるとされている。アクリルアミドの発生条件から考えると加熱式たばこ製品においても紙巻たばこと同程度発生量が確認されると予測される。現段階で、たばこ主流煙のアクリルアミドの分析結果の報告事例が少なく、加熱式たばこ製品に限定すると先行研究は僅かである。そこで、アクリルアミドの分析方法を確立し、加熱式たばこ及び紙巻きたばこの主流煙アクリルアミドの分析を行い、実態を明らかにすることを目的とした。

紙巻きたばこは、国産たばこ 11 銘柄、海外産たばこ 10 銘柄、標準たばこ (3R4F)、加熱式たばこ 76 銘柄の計 98 銘柄を使用した。加熱式たばこの

加熱装置は、PloomX、PloomX ADVANCED、glo hyper+、glo hyper pro、IQOS3 duo、IQOS ILUMA の 6 製品を使用し、それぞれの装置に適応する加熱式たばこスティックについてアクリルアミド分析を行った。

アクリルアミドは 120℃ 以上の温度帯で発生するため、すべての測定対象たばこ製品から定量された。本研究で調査を行なった紙巻たばこ主流煙アクリルアミド量の範囲は 3309-10971 ng/cig であった。加熱式たばこは、122-5783 ng/cig であった。加熱式たばこの下限値は 122 ng/cig と紙巻たばこと比較すると低かった。しかし 5219 ng/cig と紙巻たばこに匹敵する銘柄も確認された。多くの加熱式たばこ紙巻たばこを分析することによって、加熱式たばこ製品の開発の傾向、IQOS、glo、Ploom X を販売するたばこ産業の比較が出来た。PloomX と PloomX ADVANCED、glo hyper+ と glo hyper pro を比較すると最新型の加熱式たばこの方が分析値は高い傾向も確認された。さらに加熱式たばこの比較に使用されている標準紙巻きたばこの分析結果だけでは、紙巻たばこの分析値を反映されている訳ではないということも確認された。加熱式たばこ、紙巻たばこ製品群における幅広い銘柄による比較も必要である。

加熱式たばこ銘柄の実態調査

加熱式たばこは 2014 年にフィリップモリス社から「IQOS」が販売され、それ以後も新たに加熱式たばこが販売されている。本研究では 2020 から 21 年にかけて新たに日本市場に投入された加熱式たばこ IQOS ILUMA (11 銘柄)、glo hyper+ (各 8 銘柄)、Ploom X (11 銘柄)、ARK X (6 銘柄) 及び li1 HYBRID (3 銘柄) の加熱式たばこ製品の有害化学物質のタール、ニコチン、一酸化炭素とたばこ特異的ニトロソアミン類のたばこ葉と主流煙の分析を行った。

たばこ葉のニコチン量は、1.25-6.12 mg/stick であり 5 倍程度の差があった。次に、たばこ特異

的ニトロソアミン類（TSNAs）は、72.9-355 ng/stick であった。たばこ主流煙中のニコチン量は IQOS が Ploom X の 0.34 から glo hyper+ の 2.67 mg/stick となった。今回のニコチンの分析結果を確認すると加熱式たばこ製品ごとに 1 mg/stick に近い銘柄があり、紙巻たばこと同程度の濃度を保っていた。一酸化炭素 (CO) の定量は、lil hybrid は、定量下限値以下であった。それ以外の加熱式たばこから CO はたばこ葉の加熱によっても若干は発生するものの、濃度範囲は 0.11-0.44 mg/stick であった。燃焼によって発生する成分である CO は、加熱温度から考えても発生量は低いことが分かった。4 種類の TSNA 合算量は IQOS ILUMA と Ploom X から発生する 3.22-19.6 ng/stick と glo hyper+、lil HYBRID、ARK X から発生する 50.7-125 ng/stick の 2 群に分けられた。2020 年あたりから販売されている加熱式たばこは、Ploom TECH のような間接的にたばこ葉を加熱する製品は少なくなっており 200℃以上加熱する製品が増えてきた（Ploom TECH は 2023 年に販売終了）。Ploom についても Ploom X は 290℃で加熱すると報告されている。日本の加熱式たばこ製品の傾向は、高温加熱帯で喫煙するために主流煙ニコチン量も 1 mg/stick に近くなっていることから、加熱式たばこの使用によって禁煙は難しいのではないかと考えられる。加熱式たばこ主流煙化学物質量は低減化されたものの、有害化学物質の種類は削減されていない加熱式たばこも存在することから、加熱式たばこの使用によって有害化学物質の複合曝露が生じると考えられた。

加熱式たばこ副流煙の分析

これまでに我々は加熱式たばこ副流煙の捕集法・分析法を開発してきた。今年度は、2020 年から 2021 年にかけて新たに投入された加熱式たばこ製品について副流煙の捕集を行いニコチン、メンソール、たばこ特異的ニトロソアミン (TSNAs) の分析を行った。また、先行研究で得られた結果

と比較して、副流煙の含有量が変化しているのか。検証を行った。副流煙を捕集した抽出液について、ニコチンの分析はガスクロマトグラフ水素炎イオン化検出器 (GC/FID) で行った。TSNAs の分析は高速液体クロマトグラフ/タンデム型質量分析計 (LC/MS/MS) で分析を行った。分析対象の加熱式たばこ製品は IQOS ULUMA、glo Hyper+、Ploom X とした。

分析対象のすべての製品からはニコチン、TSNAs が定量されたことから、新規加熱式たばこ製品からも副流煙が発生することが分かった。IQOS ILUMA の総ニコチン量は 0.011 mg/stick となり、先行研究で報告した IQOS3 の 0.057 よりも低い値となった。一方で glo Hyper+ と Ploom X は先行研究で行った製品よりも上昇していた。次に TSNAs に関しては、IQOS ILUMA が低減したものの、glo Hyper+、Ploom X は上昇していた。今回のように加熱式たばこ製品の新たな製品から化学物質量が上昇することがあるために、たばこ製品の継続的なモニタリングはたばこ対策を行う上で必要であると考えられる。これまでの加熱式たばこの副流煙の有害化学物質量は紙巻たばこと比較すると低い値である。我々の研究から加熱式たばこの呼出煙によって受動喫煙が生じることが確認されているため、加熱式たばこであっても非喫煙者に配慮する必要がある。

電子たばこ主流煙の成分分析

電子たばこから発生する一酸化炭素とフェノール類の分析

我々の先行研究では、これまでに低出力の電子たばこ製品の連続使用による調査結果から、70W の電子たばこでは、一酸化炭素 (CO) が紙巻たばこよりも高値で 50 回目の喫煙時は、46.9 mg/回となった。28W の電子たばこは、50 回目の喫煙時は 3.90 mg/回となった。また、フェノール類に関してもハイドロキノン、レゾルシノール、3 種類のクレゾールなども検出された。

しかし、これら有害化学物質が発生する条件はまだ解明されていない。そこで本年度は、電子たばこリキッド（配合、香料の種類）を変更することによってCOの発生条件を調査した。これまでの研究ではグリセロール（VG）の配合率が高いリキッドでは発生量が高いと考えられていた。そこで、香料なしのリキッドを調整しCO分析を行ったが、検出されることはなかった。次に複数種類のPG/VG配合比率のリキッドに香料を添加したがCOは検出されなかった。最後に、市販のリキッドを分析したところ、PG/VGが25:75条件で香料がスイーツ系と呼ばれている糖度がある製品においてCO、フェノール類が定量された。CO量（mg/回）が40W出力の電子たばこは、2日目からCOの発生が生じ、最高12.5 mg/回まで上昇した。90W出力の電子たばこも2日目からCOの発生が生じ、最高35.5 mg/回まで上昇した。これらの結果は、我々の先行研究と同様の結果となった。次にフェノール類は、カテコールの発生量が多く、90Wの電子たばこでは、130,000 ng/回となった。本研究結果から、電子たばこのCO、フェノール類発生の要因は、VGの配合比率が高く、スイーツ味のように糖度がある電子リキッドの使用が考えられた。これは、VGと糖度の影響で、電熱コイルが劣化したためにCOなどが発生したと考えている。

電子たばこ、加熱式たばこ等の新型たばこから発生する熱分解物質

加熱式たばこや電子たばこなどの新型たばこから発生する化学物質の定性・定量を行った。また、アンダーセンサンプラーを用いてこれらの主流煙を分級捕集し、粒子状成分の粒径分布を測定し人への影響を検討した。電子たばこからはE-リキッド（グリセロール、プロピレングリコール）の熱分解物である有害なプロピレノキサイド、グリシドール、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アクロレイン、グリオキサ

ール、メチルグリオキサールが生成することが明らかになった。また、これらの熱分解物質は沸点の高いグリセロールから多く発生した。発生量は電力に大きく依存しバラツキも非常に大きい。発がん性物質の合算量で最大42000 μ g/10 s発生することもある。この量は、通常の紙巻たばこ（2400～3000）の10倍以上である。加熱式たばこの場合、発がん性物質の合算量は40～250 μ g/stickで紙巻たばこの10分の1程度であるがゼロではない。また、新型たばこから発生するエアロゾルの大半（92～95%）は2 μ m以下の微小粒子であった。2 μ m以下の微小粒子は直接肺胞まで達するので健康影響が懸念される。電子たばこのエアロゾル発生量は電力だけではなくE-リキッドの組成によっても異なる。例えば、総粒子状物質はPG 100%のE-リキッドから170 mg/10 s（150 W）発生したが、これはGLY 100%のE-リキッドからの50 mg/10 s（150 W）の3.4倍である。総粒子状物質の主成分はグリセロール、プロピレングリコールであるが、これらの物質の毒性は比較的低いが2 μ m以下の微小粒子なので大量に摂取すると危険である。

電子たばこから発生するカルボニル化合物の生成メカニズム

電子たばこから発生するカルボニル化合物の生成メカニズムを検討した。電子たばこのE-リキッドは、主成分であるグリセロール（GLY）とプロピレングリコール（PG）にニコチンや香料を添加した溶液である。本研究では任意の比率のGLYとPGから構成される添加物を含まない純粋なE-リキッドを作製し、様々な電力におけるカルボニル化合物を定性・定量することで熱分解反応を考察した。電力100Wの時、PG 100%のE-リキッドから発生する粒子状物質（煙）はGLY 100%のときの3倍程度多いが、反対にカルボニル化合物の発生量は少ない。PGは沸点がGLYよ

り低く気化→凝縮→粒子化しやすいためと考えられる。PG 100%の時は、全体的に熱分解物質発生量は非常に少ないが、GLY の比率が高くなるにつれ発生量が増加した。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、プロパナール、アクロレイン、アセトールはガス状で多く存在したが、グリオキサール、メチルグリオキサールは粒子状でも多く存在した。ガス状のホルムアルデヒド発生量は GLY 0%の時は $31 \mu\text{g}/10\text{s}$ であるが、GLY100%の時は $350 \mu\text{g}/10\text{s}$ に達する。PG が 2 価アルコールであるのに対し GLY が 3 価であり水酸基が少ないことが原因と考えられる。一方、電力 200W ではカルボニル化合物の発生量が非常に多く、 $700 \mu\text{g}/10\text{s}$ のホルムアルデヒドが発生するケースもあった。コイル温度が 600°C を超えると、電力が増加したときに E-リキッドの蒸発平衡が崩れるため、熱分解反応が促進されることが示唆された。また、E-リキッドの粘度が熱分解物質発生量に大きな影響を及ぼすことも明らかになった。すなわち、粘度が高いと E-リキッドが発熱コイルに達する速度が遅くなり、コイルに十分な E-リキッドが供給されなくなり、いわゆる空焚き状態になり高温になることが分かった。GLY と PG の粘度はそれぞれ $1412 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、 $56.0 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ であるので GLY の方が約 5 倍高いことから、GLY の比率が高い E-リキッドは注意が必要である。

紙巻たばこ加熱装置を使用したたばこ煙中の有害化学物質の分析

現在、日本では紙巻たばこ用加熱装置が販売されており、その装置を使用し喫煙した場合に有害化学物質の曝露量が開示されていない状況である。本研究では国内で販売されている紙巻たばこ用加熱装置を購入し、紙巻たばこで吸煙した条件で発生する主流煙に含まれるタール・ニコチン・一酸化炭素・TSNAs の分析を行った。紙巻たばこ加熱装置は、装置使用法が 2 種類存在

している。1 つは紙巻たばこを直接装置に挿入し喫煙するタイプ (A タイプ) と紙巻たばこからたばこ葉のみを充填するタイプ (B タイプ) に分かれている。それぞれの装置 10 製品について評価を行った。その結果は、ニコチン量が $1 \text{ mg}/\text{cig}$ 発生し、主流煙 CO 量 (mg/cig) は $0.012\text{--}5.83$ となった。さらにたばこ特異的ニトロソアミン量 (ng/cig) は $16.8\text{--}11021$ となった。本研究から同じ紙巻たばこ銘柄を各製品で分析した結果は、製品ごとに発生量が異なることが確認された。

最終年度は主流煙の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) とアクリルアミドの分析を行った。その結果は、直接加熱する装置 (A タイプ) 3 製品の主流煙総 PAHs 量 (ng/cig) は、HIMASU が 37.3 ± 2.35 、YOWO が 65.7 ± 4.42 、 2228 ± 1585 であった。次に、紙巻たばこのたばこ葉のみを加熱する装置 (B タイプ) 2 製品の主流煙総 PAHs 量 (ng/cig) は、FENIX MINI PRO が 80.0 ± 9.74 、Fy Hit eco -S が 78.0 ± 9.90 となった。製品によっては紙巻たばこ主流煙 PAHs 量に近い発生量となっていた。次にアクリルアミド (ng/cig) は次にアクリルアミド量 (ng/cig) は、直接加熱する装置 (A タイプ) 4 製品の濃度範囲は、 $220\text{--}3777$ であった。紙巻たばこのたばこ葉のみを加熱する装置 (B タイプ) 5 製品のアクリルアミドは $668\text{--}4462$ であった。アクリルアミドに関しては、B タイプの製品でも PAHs の発生量とは異なり高い含有量となった。最終年度の結果と 2 カ年度の結果から、紙巻たばこ用加熱装置と紙巻たばこ銘柄の組合せによって、有害化学物質の曝露量は大きく変動することに留意し使用する必要がある。

WHO TobLabNet 標準作業書の作成

WHO TobLabNet に参加し、国際共同研究を行なった。これまでも WHO TobLabNet SOP1 から 10 までの作成を行なってきたが、この 3 カ年で WHO

TobLabNet SOP11 から 15 の作成を行った。

その内容は、WHO TobLabNet SOP11 が電子たばこリキッド中のニコチン、グリセロール、プロピレングリコールの分析法、WHO TobLabNet SOP12 から 14 は無煙たばこの水分、pH、ニコチン分析法、WHO TobLabNet SOP が加熱式たばこ葉に含まれるニコチン、グリセロール、プロピレングリコール分析法となっている。

C. 結論

3 年間を通じて加熱式たばこ製品の成分分析を行った。分析法を確立し、新しく日本市場に投入される加熱式たばこ銘柄の調査を行なったところ、徐々に有害化学物質の発生量が上昇していることが確認された。また、加熱式たばこ紙巻たばこ製品の分析結果を比較する論文も存在するが、比較する紙巻たばこによってその比較検討の評価が異なる場合があることも確認された。本研究期間で調査を行なった加熱式たばこ主流煙アクリルアミド量は紙巻たばこよりも高い銘柄も存在していた。さらにイソシアネート、多環芳香族炭化水素キノロン類、水銀の分析を行った。今後各たばこ製品のモニタリングを継続し、日本人喫煙者の健康影響評価を継続する必要がある。

D. 研究発表

1. 論文発表

Sawa M, Ushiyama A, Inaba Y, Uchiyama S, Hattori K, Ogasawara Y, Ishii K. A Newly Developed Aerosol Exposure Apparatus for Heated Tobacco Products for In Vivo Experiments Can Deliver Both Particles and Gas Phase With High Recovery and Depicts the Time-Dependent Variation in Nicotine Metabolites in Mouse Urine. *Nicotine Tob Res.* 2021 Nov 5;23(12):2145-2152.

2. 学会発表

1. 稲葉洋平, 郡司夏美, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 2 種類の前処理を組み合わせたたばこ主

流煙の芳香族アミン分析 第 29 回環境化学討論会. 2021.6.2-3. ハイブリッド開催 同要旨集 p254-255.

2. 稲葉洋平, 松本知大, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 加熱式たばこ IQOS と互換機から発生する有害化学物質量の比較 フォーラム 2021 衛生薬学・環境トキシコロジー 2021.9.10-11. オンライン開催. 同講演要旨集 p279.

3. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 加熱式たばこ副流煙(エアロゾル)のニコチンとたばこ 特異的ニトロソアミンの分析. 第 80 回日本公衆衛生学会総会. 2021.11.21-23 ; ハイブリット開催 (東京). 同講演抄録集. p.370

4. 清水萌花, 内山茂久, 稲葉洋平, 樺田尚樹, 牛山明, 小倉裕直. 電子タバコから発生する熱分解物質の発生量に及ぼす加熱温度の影響. 2021 年室内環境学会学術大会. ハイブリッド開催(京都) 2021.12.2-3. 講演要旨集

5. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 加熱式たばこ主流煙のタール・ニコチン・一酸化炭素・たばこ特異的ニトロソアミンの分析. 2021 年室内環境学会学術大会 ; 2021.12.2-4 ; 京都. 同講演集. p.314-315

6. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 紙巻たばこ専用加熱装置から発生する主流煙の有害化学物質の分析. 第 31 回日本禁煙推進医師歯科医師連盟学術総会 (静岡) 2022.2.26-27. プログラム要旨集 p61.

7. 澤麻理恵, 石川智, 牛山明, 服部研之. IQOS エアロゾルばく露は肺組織及び肺胞マクロファージに酸化ストレスを発生させる. 第 92 回日本衛生学会学術総会 (兵庫) 2022.3.21-23. 同予稿集 S205.

8. 澤麻理恵, 牛山明, 稲葉洋平, 中舘和彦, 服部研之. 加熱式たばこエアロゾルを短期間ばく露した際のマウス肺の組織学的評価. 日本薬学会第142年会(名古屋) 2022.3.25-28. Web 予稿集.

9. 稲葉 洋平, 内山 茂久, 戸次 加奈江, 牛山 明. 電子たばこの連続喫煙による一酸化炭素, フェノール類の発生. 日本薬学会第142年会(名古屋) 2022.3.25-28. オンライン要旨集

10. 稲葉洋平, 若井美樹, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. たばこ主流煙の多環芳香族炭化水素類の捕集および分析法の確立と国内販売銘柄への適用. 第82回分析化学討論会(茨城, 水戸) 2022. 5. 14-15. 同 pdf 要旨集 P2137.

11. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 杉田和俊, 鳥羽 陽, 牛山明. 加熱式たばこ製品の主流煙に含まれる多環芳香族炭化水素類の捕集及び分析法の確立. 第30回環境化学討論会(富山) 2022.6.14-16. 同 pdf 要旨集 p540-541.

12. 杉田和俊, 小林 寛, 稲葉洋平. 加熱式タバコの水銀含有量. 第30回環境化学討論会(富山) 2022.6.14-16. 同 pdf 要旨集 p557-558.

13. 齋藤みのり, 清水萌花, 内山茂久, 樺田尚樹, 稲葉洋平, 牛山明, 小倉裕直. 加熱式タバコ主流煙の化学物質発生量に及ぼす加熱温度の影響. 第30回環境化学討論会(富山) 2022.6.14-16. 同 pdf 要旨集 p464-465.

14. 稲葉洋平, 須藤江里子, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 紙巻たばこ用加熱装置から発生する主流煙に含まれる有害化学物質. フォーラム 2022 衛生薬学・環境トキシコロジー. 2022.8.30-31. (熊

本). 同講演抄録集. p.295.

15. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 2020年から販売された加熱式たばこの成分分析と初期型加熱式たばこことの比較. 第81回日本公衆衛生学会総会. 2022.10.7-9. (甲府) 同講演抄録集. p322.

16. 稲葉 洋平, 戸次 加奈江, 内山 茂久, 牛山 明. 電子たばこの連続使用によって発生する主流エアロゾルの一酸化炭素, フェノール類の分析. 第59回全国衛生化学技術協議会年会. 2022.10.31-11.1. (川崎). 同協議会講演集. p.214-215.

17. 稲葉洋平, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 加熱式たばこ副流煙の捕集・分析法の確立 2022年室内環境学会学術大会. 2022.12.1-2. (東京) 同講演要旨集. P142-143.

18. 稲葉洋平, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 「シンポジウム 2 「加熱式タバコの最新のエビデンス」」加熱式タバコ, 電子タバコの成分分析 第32回日本禁煙推進医師歯科医師連盟学術総会. 2023.2.26. (北九州) 同抄録集. P40.

19. 稲葉洋平, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 新型の加熱式たばこ主流エアロゾルに含まれる有害化学物質の分析 第93回日本衛生学会学術総会. 2023.3.2-4. (東京) 同講演集 S213.

20. 稲葉洋平, 須藤江里子, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 紙巻たばこ主流煙に含まれるアクリルアミド分析法の確立と国内販売銘柄の実態調査 日本薬学会第143年会. 2023.3.25-28 (札幌) 同要旨集.

21. 吉岡響, 吉田さくら, 安孫子ユミ, 戸次加奈江, 稲葉洋平, 鳥羽陽. 加熱式たばこ製品の主流煙に含まれる多環芳香族炭化水素キノン類の定量とたばこスティックの比較 日本薬学会第 143 年会. 2023.3.25-28 (札幌) 同要旨集.

22. 広田航太郎, 山口大雅, 小宮雅美, 稲葉洋平, 加藤孝一, 戸塚ゆ加里. 加熱式タバコの遺伝毒性評価 日本薬学会第 143 年会. 2023.3.25-28 (札幌) 同要旨集.

23. 佐藤光平, 澤麻里恵, 小池伸, 中舘和彦, 服部研之, 稲葉洋平, 牛明, 小笠原裕樹. 加熱式たばこの主流煙暴露によるマウス肺におけるストレス応答の解析 日本薬学会第 143 年会. 2023.3.25-28 (札幌) 同要旨集.

24. 稲葉洋平, 戸次加奈江, 内山茂久, 杉田和俊, 鳥羽陽, 牛山明. 電子たばこから発生する主流煙の多環芳香族炭化水素の分析. 環境化学物質 3 学会合同大会. 2023. 5. 29. -6. 2. ;徳島. 同要旨集. P393-394.

25. 小井川奈々, 内山茂久, 齊藤みのり, 小倉裕直, 樺田尚樹, 稲葉洋平, 牛山明. Determination of Carbonyl compounds Generated from E-cigarettes .日本分析化学会第 72 年会. 2023.9.13-15 ;熊本. 同講演要旨集 3A1-001.

26. 稲葉洋平. セッション 2 「加熱式たばこについて考える」加熱式たばこのエアロゾル成分解析からみえる長期的健康被害とは? 第 5 回 禁煙推進学術ネットワーク学術会議 (WEB 開催) . 2023.10.1 ;東京. Web 要旨集.

27. 稲葉洋平, 戸次加奈江, 内山茂久, 牛山明. 電子たばこ主流エアロゾルに含まれる有害化学物質の分析. 第 82 回日本公衆衛生学会総会.

2023.10.31-11.2 ;つくば. 同抄録集 p405.

28. 稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 加熱式たばこ主流煙に含まれる芳香族アミン類の分析. 第 60 回全国衛生化学技術協議会年会. 2023.11.9-10 ;福島. 同講演集 p182-183.

29. 小井川奈々, 内山茂久, 斎藤みのり, 小倉裕直, 稲葉洋平, 牛山明. 電子たばこから発生するカルボニル化合物の生成メカニズム. 2023 年室内環境学会学術大会. 2023.11.30-12.1 ;沖縄. 同講演要旨集 p166-167.

30. 稲葉洋平, 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 ILUMA と ILUMA 互換機から発生する有害化学物質の分析と比較. 2023 年室内環境学会学術大会. 2023.11.30-12.1 ;沖縄. 同講演要旨集 p168-169.

31. 稲葉洋平. JSMO2024 禁煙推進セッション 加熱式たばこのエアロゾル成分解析. 第 21 回日本臨床腫瘍学会学術集会 (JSMO2024). 2024.2.22-2.24 ;名古屋. Web 講演集.

32. 稲葉洋平, 磯部秀太, 飯島健太郎, 戸次加奈江, 鳥羽陽, 内山茂久, 牛山明. 加熱式たばこ互換機の主流煙に含まれる多環芳香族炭化水素の分析. 日本薬学会第 144 年会 ; 2024.3.28-31 ;横浜. 同要旨集. .

2. 書籍

日本禁煙学会編. はじめよう!薬剤師のための禁煙支援ガイド 稲葉洋平. 第 2 章 禁煙支援をはじめる前に 1.たばこ製品について知る p28-41.2023.南山堂

E. 知的財産権の出願・登録状況
特になし

(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240079304>)

F.その他

WHO TobLabNet SOP（公開済）

1. Tobacco Laboratory Network (TobLabNet). WHO TobLabNet SOP 11 - Standard operating procedure for determination of nicotine, glycerol and propylene glycol in e-liquids. World Health Organization. 2022. ISBN: 978-92-4-002274-4

(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240022744>)

2. Tobacco Laboratory Network (TobLabNet). WHO TobLabNet SOP 12 – Standard operating procedure for determination of nicotine content in smokeless tobacco products. World Health Organization. 2022. ISBN: 9789240044661

(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240044661>)

3. Tobacco Laboratory Network (TobLabNet). WHO TobLabNet SOP 13 - Standard operating procedure for determination of moisture content in smokeless tobacco products. World Health Organization. ISBN: 9789240044685

(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240044685>)

4. Tobacco Laboratory Network (TobLabNet). WHO TobLabNet SOP14 - Standard operating procedure for determination of the pH of smokeless tobacco products. World Health Organization. ISBN: 9789240044708

(<https://www.who.int/publications/i/item/9789240044708>)

5. Tobacco Laboratory Network (TobLabNet). Standard operating procedure for determination of nicotine, glycerol and propylene glycol content in the tobacco of heated tobacco products: WHO TobLabNet Official Method SOP15. World Health Organization. ISBN: 978-92-4-007930-4