

令和元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)
総括研究報告書

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評価手法の開発

研究代表者
稲葉 洋平 国立保健医療科学院

研究要旨

加熱式たばこは、たばこ産業のパンフレットによると主流煙の有害化学物質の 90-99%が削減と記載されている。最近では、加熱式たばこが紙巻たばこよりも高い成分も報告されるようになった。本研究班は、世界で最も加熱式たばこが普及している我が国において、加熱式たばこの有害化学物質量の調査及び受動喫煙の評価手法開発を目的としている。世界に先駆け、これらの新しいタイプの製造たばこに関する科学的な知見を創出していくことが、最も普及している日本に課せられた急務であり世界保健機関(WHO)からも期待されている。本研究班は、改正健康増進法の健康影響評価の一助になるための科学的根拠の積み上げも目的としている。

今年度は、2019 年に新たに販売された加熱式たばこ(IQOS3.0、Ploom TECH+、Ploom S と PULZE) に関して主流煙の各種有害化学物質の分析を行った。エアロゾルのニコチン量は 1.13-1.43 mg/stick (IQOS) 0.17-0.28 mg/stick(Ploom TECH+) 0.35-0.54 mg/stick(Ploom S)と 0.52-0.70 mg/stick(PULZE) となり、ニコチン量の差は 8 倍程度あった。次に加熱式たばこの加熱温度による有害化学物質の発生を検証するために IQOS 互換機を使用した。IQOS 互換機の中には 400 で加熱する製品も存在し、それらの製品では紙巻たばこの有害化学物質量近い結果が得られた。また、高電力(最大 220 W)タイプの電子たばこが販売されており、発生するエアロゾルは極めて多い。推奨電力を 60~80 W としているが、ユーザーは簡単に 200 W 以上に設定できる。200 W に設定すると、発がん性物質としてホルムアルデヒドが紙巻たばこの 380 倍、1、3-ブタジエンが 11 倍と高濃度を示した。電子たばこのユーザーは電力の設定に留意すべきである。さらに加熱式たばこから発生するフラン類及びピリジン類を対象に、フィルターと個体捕集法を組み合わせたガス状及び粒子状成分の同時捕集法を検討することで、各加熱式たばこからの発生量と曝露量を明らかにし、健康影響や室内汚染への影響を調べる上での基礎データを取得した。

次に加熱式たばこの副流煙捕集及び分析法の検討を行った。副流煙捕集箇所は、紙巻たばこ用喫煙装置と同様にフィッシュテール、Cambridge filter pad (CFP) XAD4 カートリッジ、インピンジャーの 4 箇所で行った。粒子成分は、フィッシュテールと CFP で捕集し、ガス成分は XAD4 カートリッジとインピンジャーで捕集した。IQOS の副流煙ニコチン量は 26.7-27.4 µg/stick となり、glo pro は 2.79-2.99 µg/stick であった。

本研究結果から、加熱式および電子たばこのエアロゾルに含まれるアセトアルデヒド(AA)およびホルムアルデヒド(FA)の健康におよぼす影響についての懸念が広がっている。この種のアルデヒドは炎症性のあるハイブリッド型の蛋白付加体を産生する可能性があるが、その構造については不明な点が多い。今回、吸入暴露により呼吸器毒性が報告されている α -ジケトン化合物であるメチルグリリオキサール(MGO)についてもハイブリッド型(M2MGO)リジン付加体が産生されることが明らかになった。

研究分担者	所属施設名
高橋秀人	国立保健医療科学院
牛山 明	国立保健医療科学院
戸次加奈江	国立保健医療科学院
中村 純	大阪府立大学
杉田和俊	麻布大学
櫻田尚樹	産業医科大学

研究協力者	所属施設名
内山茂久	国立保健医療科学院
野口真由美	千葉大学
石塚美帆	千葉大学
佐藤綾菜	千葉大学

A. 研究背景と目的

現在、我が国は、国際条約である「たばこの規制に関する世界保健機関枠組条約（WHO Framework Convention on Tobacco Control: FCTC）」を批准し、国内の政策として健康日本 21、健康増進法、がん対策基本法に基づいて、受動喫煙や禁煙支援などのたばこ対策を進めてきた。その成果もあって我が国の喫煙率は、ここ数十年でみると低下が進んでおり、平成 30 年度国民健康・栄養調査では 17.8% となった。しかし、ここ数年で「加熱式たばこ」という加熱装置を使用した新しいたばこが、日本において急速に普及している。この加熱式たばこは、当初海外では「Heat-not-burn tobacco (HNB)」とされていたが、最近では「Heated tobacco products (HTPs)」に統一されてきている。

現在、この加熱式たばこ製品は健康への影響に関して一定の見解が得られていない。しかしながら加熱式たばこ喫煙者とその家族、飲食店経営者、建築物管理者の中には、加熱式たばこについての認識がたばこ製品の実態と異なって理解しているのではないかと懸念している。それは、加熱式

たばこ（IQOS、glo、Ploom TECH）を販売するたばこ産業のパンフレットに原因の 1 つが隠されている。これらには、主流煙の有害化学物質の 90-99% が削減と記載されており、その結果を示唆する論文も公開されている。これらで低減されている化学物質としては、世界保健機関（World Health Organization、WHO）が指定している 9 成分などが挙げられている。この 9 成分は、1、3-ブタジエン、ベンゼン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アクリロレイン、ベンゾ[a]ピレン、N-ニトロソノルニコチン、4-(メチルニトロソアミノ)-1-(3-ピリジル)-1-ブタノンと一酸化炭素であり、紙巻たばこ主流煙の低減可能な有害化学物質とされている。一方で低減されていない化学物質がある事は、パンフレットには記載されていない。たばこ産業は有害化学物質量が 90% 程度削減といっているが、発がん率が 90% 削減とは表明していない。例えば、フィリップモリス社の IQOS のパンフレットでは「有害成分の量を約 90% 削減」の表現は、本製品の健康に及ぼす悪影響が他製品と比べて小さいことを意味するものではありません。たばこ関連の健康リスクを軽減させる一番の方法は、紙巻たばこも IQOS も両方やめるところです。」と記述している。しかし我が国の喫煙者における加熱式たばこの使用の割合が、男性 30.6%、女性 23.6% であり、加熱式たばこのみ使用の割合が、男性 22.1%、女性 14.8% と平成 30 年度国民健康・栄養調査で報告された。今回の使用率を評価すると日本は、加熱式たばこ市場の最前線に位置している。

この加熱式たばこは、たばこ葉の燃焼で喫煙する紙巻たばこと違い加熱装置を使用して、一定時間、燃焼まで達しない一定の温度でたばこ葉を加熱することで喫煙するたばこ製品である。加熱の温度帯（Ploom TECH:30℃、glo:240℃、IQOS:350℃）

では有害化学物質の発生が抑制されるために、90%削減を達成としている。さらに加熱式たばこは、ニコチンを含んだ煙を作り出すため、加熱式たばこのバッテリー式加熱装置を使用している。この加熱装置は充電が必要で、喫煙者は各加熱装置を使用して喫煙を行い、口からエアロゾルを吸い込む。加熱式たばこから発生する有害化学物質分析は、たばこ産業からの報告が多く、公衆衛生機関からの報告は少ない。本研究班は、これまでに WHO たばこ研究室ネットワーク(TobLabNet) に参画し、紙巻たばこの「たばこ葉」、「主流煙」の各種有害化学物質の分析法の開発・標準作業手順書の作成を実施してきた。本研究班は、この TobLabNet に参加し分析法の開発を推進している。本研究では、これまでに開発した紙巻たばこの各種有害化学物質の分析法を加熱式たばこに適用させ、国際標準法になるように改良を行い分析することを目的とした。今年度は、2019 年に新たに販売された加熱式たばこ(Ploom TECH +、Ploom S と PULZE) に関して主流煙の各種有害化学物質の分析を行った。また、昨年度報告をした加熱式たばこ互換機から発生する多環芳香族炭化水素 23 成分の一斉分析とカルボニル類とオキシド類の一斉分析を行なった。さらに、電子たばこ(高出力製品) から発生するカルボニル類及びオキシド類の分析も行った。最近、電子たばこも高出力製品の販売を見かけるようになった。販売量は調査が難しいものの、インターネット販売では、多くの種類の販売が認められている。そこで、いくつかの電子たばこ製品を購入し、分析に供した。さらに電子たばこの健康影響成分と考えられているビタミン E アセートの検出を国内で販売される電子たばこリキッドの実態調査も行った。

今年度は、新たに加熱式たばこから発生するフラン類、ピリジン類そして金属類の水銀の分析法

の確立を行った。これらの測定対象物質の検出から、最終年度では健康リスク評価を実施することを目的としている。

次に改正健康増進法において経過措置となっている加熱式たばこの受動喫煙による健康影響を評価するために、加熱式たばこ副流煙の捕集・ニコチン分析を目的とし、最終年度に他の有害化学物質分析の基礎データの構築も目的とし、さらに今後の展開として、加熱式たばこ特有の健康影響マーカーの評価法開発を目的としてアルデヒドによるハイブリッド型蛋白付加体の調査を行った。以上の調査研究を踏まえつつ、加熱式たばこ、電子たばこの販売が各国のたばこ政策に与える影響について文献調査から取りまとめた。

B. 今年度の研究成果

1. 新規加熱式たばこ製品から発生する有害化学物質の分析

加熱式たばこは 2013 年に日本たばこ産業(JT) から「Ploom」が販売され、2014 年にはフィリップモリス社から「IQOS」、2016 年にはブリティッシュアメリカンタバコ社から「glo」が販売された。これまでにこれら 3 製品については、主流煙(エアロゾル) の分析を行ってきた。しかし 2019 年には JT が新たに「Ploom TECH+」と「Ploom S」を販売開始した。そしてインペリアル・タバコ・ジャパンは、2019 年 6 月に「PULZE (パルズ)」を販売すると発表した。このように我が国は、たばこ産業のメジャー各社が加熱式たばこ製品を次々と販売する唯一の国となっている。これらの加熱式たばこ製品について分析結果の報告は、たばこ産業からのデータが大半であり公衆衛生機関からの研究成果が望まれる。また、加熱式たばこ製品間の比較についても報告が少ないのが現状である。本研究では、新たに IQOS3.0、Ploom

TECH+と Ploom S、及び PULZE から発生する有害化学物質を分析した。

エアロゾルのニコチン量は 1.13-1.43 mg/stick (IQOS)、0.17-0.28 mg/stick (Ploom TECH+)、0.35-0.54 mg/stick (Ploom S) と 0.52-0.70 mg/stick (PULZE) となり、ニコチン量の差は 8 倍程度あった。次に 4 種類のたばこ特異的ニトロソアミン (TSNAs) 合算量は 12.1-26.5 ng/stick (IQOS) と 0.68-0.90 ng/stick (Ploom TECH+)、2.14-11.2 ng/stick と 14.0-16.3 ng/stick であった。これらの分析値は、紙巻たばこと比較して低値であった。しかしこの値は、たばこ葉の TSNAs 低減技術を採用したためであり、紙巻たばこも採用すれば、低減可能であると考えられた。燃焼によって発生する多環芳香族炭化水素 (PAHs) とフェノール類の分析結果は加熱式たばこよりも低値であった。しかし、濃度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。

2. 固体捕集・二層溶出法による電子タバコ、加熱式タバコ等非燃焼式タバコから発生する化学物質の分析

固体捕集 / 二層溶出法により紙巻きタバコ、加熱式タバコから発生する化学物質の分析を行った。通常のタバコのタバコ葉燃焼温度は 460℃であり、ニコチンの他、セルロースの燃焼による熱分解物が多く発生する。一方、加熱式タバコのタバコ葉加熱温度は、セルロースの発火温度 (250 ~ 260℃) より低い 100 ~ 250℃である。加熱式タバコから発生する化学物質は燃焼式タバコと比較して、プロピレングリコール、グリセロール、アセトールを除いて、全体的に少ない。しかし、プロピレングリコールの発生量は燃焼式タバコよ

り非常に多く、10 ~ 20 倍程度である。プロピレングリコールは加熱により熱分解し、アセトールを生成するため、アセトールの発生量も多くなっている。また、グリセロールの発生量も非常に多く、燃焼式タバコの 10 ~ 50 倍程度発生した。電子タバコから発生する化学物質は、加熱式タバコや紙巻タバコと異なり、炭素数が 3 以下のオキシド類、アルデヒド類が多く発生する。またグリセロールやプロピレングリコールから構成されるエアロゾル (総物質質量) が、他のタバコより一桁程度高い値を示した。この電子タバコエアロゾルは 2 μm 以下の人体に有害な微小粒子である。最近、高電力 (最大 220 W) タイプの電子タバコが販売されているが、発生するエアロゾルは極めて多い。推奨電力を 60 ~ 80 W としているが、ユーザーは簡単に 200 W 以上に設定できる。200 W に設定すると、発がん性物質としてホルムアルデヒドが紙巻きタバコの 380 倍、1, 3-ブタジエンが 11 倍、アセトアルデヒドが 19 倍、プロピレンオキシドが 250 倍、グリシドールが 390 倍と異常な高濃度を示した。電子タバコのユーザーは電力の設定に留意すべきである。

3. 加熱式たばこ IQOS 互換機から発生する多環芳香族炭化水素類の分析

加熱式たばこ「IQOS」喫煙者は、専用のヒートスティック (加工されたたばこ葉) を IQOS に差し込んで喫煙している。IQOS は 1 本喫煙するごとに充電する必要があるため、連続喫煙ができない。そこに注目した企業が連続喫煙可能な IQOS 互換機を販売し、現在では種類も増えている。IQOS の加熱法は金属の加熱ブレードにヒートスティックを差し込みたばこの内側から加熱するが、互換機ではそれと同じタイプや本体の筒状に開いている部分にヒートスティックを差し込み外側が

ら加熱するタイプなどが存在する。また、IQOS の加熱温度は 350 と報告されているが、互換機では 400 と説明されている製品も存在する。これら互換機と専用のヒートスティックを組み合わせ、喫煙した場合、IQOS と同じ主流煙の組成・発生量であるか検証されていない。そこで昨年度は、IQOS の専用のヒートスティック（加工されたたばこ葉）を用いて喫煙し連続喫煙が可能な IQOS 互換機の分析を行った。今年度は、燃焼によって発生する多環芳香族炭化水素類(PAHs)を分析し、比較することを目的とした。

たばこ主流煙中の PAHs 合算量は 104 ng/cig. (IQOS)で互換機が 50.1-5012 ng/cig.(互換機)となり、IQOS に対して互換機の値は 0.5-48.2 倍となった。よって、主流煙中 PAH 合算量が IQOS と差のある互換機が確認された。この差のある互換機は、昨年度、一酸化炭素とフェノール類が高値である互換機であった。この互換機は、加熱温度が高く設定可能な装置であると共に、製品間のばらつきも大きいことが分かった。今回、IQOS 互換機の分析結果から、正規品との同じ曝露状況になるかは分析を実施しないと証明することは難しいことが確認された。

4. 加熱式たばこから発生するフラン類及びピリジン類の分析

新型たばこから発生する主流煙中の有害成分については、従来の紙巻たばこよりも多くのものが低減される傾向にある中で、近年、加熱式たばこからは、香料などの添加物や、添加物の加熱により発生する成分が高濃度検出されている。一般に、フレーバーとして使用される添加物には、安全性が確保された食品添加物が使用されているものの、喫煙による吸入曝露の影響は限られた情報しかなく、その曝露量についても明確とされて

いない。また、検出された成分の中には、2(5H)-furanone や 2-furanmethanol (furfuryl alcohol) など発がん性のあるフラン類を初め、ニコチンの熱分解により発生するピリジン類 (3/4-ethenylpyridine(3-EP))が検出されている。これらは喫煙者への曝露による健康リスク因子となるのみでなく、室内汚染の要因にもなることから、その発生量を明確にする必要がある。そこで本研究では、加熱式たばこから発生するフラン類及びピリジン類を対象に、フィルターと個体捕集法を組み合わせたガス状及び粒子状成分の同時捕集法を検討することで、各加熱式たばこからの発生量と曝露量を明らかにし、健康影響や室内汚染への影響を調べる上での基礎データを得ることを目的とする。検討の結果、Tenax GR を用いることで、フラン類とピリジン類を高感度に検出することができた。また、3-EP は紙巻たばこと比較すると低濃度ではあったものの、本研究により加熱式たばこからの発生量が明らかとなった。これらは、特に、3-EP はニコチン由来のたばこ特異的な成分であり、呼出煙により環境中へ排出されることで室内の汚染要因となることから、従来の紙巻たばこと同様に、加熱式たばこにおいても受動喫煙や三次喫煙の評価指標となる可能性が考えられた。

5. 電子たばこ専用リキッドを対象としたビタミン E アセテートの分析

近年、国内外では、若者を中心とした電子たばこの需要が急激に上昇している。その一方で、米国を中心に電子たばこによる健康被害の増加が問題とされ、アメリカ疾病管理予防センター (Centers for Disease Control and Prevention : CDC) が実施した調査から、カンナビジオールやビタミン E アセテート (D- α -トコフェロール) 等の添加物が、電子たばこ製品の使用に関連する肺損傷

(electronic-cigarette 、 or vaping 、 product use-associated lung injury : EVALI) を引き起こす要因となる可能性が懸念されている。この様な実態を踏まえ、本研究では、様々なフレーバーから成る国内の電子たばこ専用リキッド 60 種類において D- α -トコフェロールの使用実態について調査した。結果として、国内で市販される 60 種類の電子たばこ専用リキッドには、D- α -トコフェロールが含まれておらず、健康影響との関連性は見出されなかった。これまでの既往研究において、国内で販売される電子たばこの主流煙中には、発がん性物質を含む多種類の有害成分が含まれていることから、現在こうしたものによる健康リスクが懸念されている。今後国内では、電子たばこの利用による健康被害の未然防止の上でも、この様な健康リスクを踏まえた電子たばこの規制に向けた対応が必要と考えられる。

6. 加熱式たばこの葉に含有される水銀の分析

近年、加熱式たばこの愛用者が増加し、喫煙者において 20% を超えるシェアを占めるようになった。加熱式たばこは、燃焼を伴わないため、一般に有害性は低いと言われているものの、燃焼条件などが定まらないことから、従来の紙巻きたばこの比較ができていない。また、燃焼温度やフィルターなども加熱式たばこの製品により異なり、加熱式たばこ間の比較も難しい。そこで本研究は、紙巻たばこ、葉巻たばこおよび加熱式たばこの葉に含油される有害金属の 1 つである水銀を測定し、比較することを目的とした。

加熱式たばこの葉に含まれる水銀量は 1 カートリッジあたり 4.3ng (3.0~6.9 ng) であった。紙巻きたばこでは 13.8 ng (7.3~27.8 ng)、葉巻きたばこでは 5.7 ng (2.9~10 ng) であり、紙巻たばこと比較すると約 1/3 であり、1 カートリッジが 1

本と換算すると水銀含有量は小さいことが判った。

7. 加熱式たばこの副流煙の捕集・分析法に関する検討

2020 年 4 月 1 日から施行された健康増進法の一部を改正する法律 (改正健康増進法) は、「望まない受動喫煙をなくす」、「受動喫煙による健康影響が大きい子ども、患者等に特に配慮」するために、施設の類型・場所ごとに対策を実施することで対応している。この法律において飲食店等は第二種施設に指定され原則屋内禁煙ではあるものの、いくつかの経過措置が取られている。その 1 つとして「加熱式たばこ」は、専用喫煙室で飲食可能であることが認められている。この対応は、加熱式たばこの受動喫煙による影響が、まだ解明されていない点が多い。そのため、加熱式たばこによる受動喫煙の健康影響を評価する必要がある。そこで、本研究では、まだ確立されていない加熱式たばこ副流煙の捕集法を検討し、副流煙のニコチン分析を行うことを目的とした。

加熱式たばこの副流煙捕集は、喫煙装置と捕集ポンプを組み合わせて実施した。副流煙捕集箇所は、紙巻たばこ用喫煙装置と同様にフィッシュテール、Cambridge filter pad (CFP)、XAD4 カートリッジ、インピンジャーの 4 箇所で行った。粒子成分は、フィッシュテールと CFP で捕集し、ガス成分は XAD4 カートリッジとインピンジャーで捕集した。IQOS の副流煙ニコチン量は 26.7-27.4 $\mu\text{g}/\text{stick}$ となり、glo pro は 2.79-2.99 $\mu\text{g}/\text{stick}$ であった。いずれの加熱式たばこも紙巻たばこと比較すると低値であった。また、加熱式たばこのニコチンも紙巻たばこ同様に粒子成分に 90% 以上が捕集されることが確認された。この分析結果は、先行研究において IQOS の副流煙ニコチン量は

0.09 µg/stick 以下とした報告よりも高値であることから、捕集方法の効率によって影響されることが分かった。今後は、この捕集法を応用し、他の有害化学物質の分析を進めていく計画である。この研究成果が、「改正健康増進法 参議院付帯決議」に記載された「指定たばこによる受動喫煙が人の健康に及ぼす影響に関する調査研究を一層推進し、可能な限り早期に結論を得て、その結果に基づき、必要な措置を速やかに講ずること」に貢献が可能であると考えられる。

8. 加熱式タバコなど新しいタバコ製品が政策に及ぼす影響

2018年7月健康増進法が改正され、受動喫煙対策の義務化が盛り込まれるようになり、順次施行され、2020年4月より全面施行となった。加熱式タバコについては健康影響を引き起こす有害化学物質は含まれていることは明確であるが、販売後間もないこともあり、現時点では科学的知見が十分でないとし、従来の「分煙」と同様な対応下で飲食店等における飲食サービスも可能とする緩やかな対応による経過措置が設けられた。

WHOでは、加熱式タバコや電子タバコ等の新しいタバコ関連製品群の販売拡大に懸念を示し、科学的エビデンスの提示を進めて来ている。2018年5月に加熱式タバコに関するインフォメーション・シートを発行し、その中で、加熱式タバコとはどのようなものか、電子タバコとの相違、従来の紙巻きタバコに比べた安全性、受動喫煙の影響、などについて解説した上で、加熱式タバコには依存性の高いニコチンに加えその他のフレーバーも含まれており、全てのタバコ製品は有害であり、たばこ規制枠組条約FCTCに基づいた規制が必要である、と示された。引き続き、2019年にはFCTCに基づく各国の政策の実施状況を報告す

る報告書の中で、初めて加熱式タバコと電子タバコの項目が設けられ政策提言がなされている。国内の学協会等からも、加熱式タバコに関する解説・注意喚起を含め声明等が出されている。

加熱式タバコは、非常に依存性の高いニコチンを高濃度に含み喫煙継続につながるだけでなく、紙巻タバコとの二重使用を引き越している。さらに発がん性物質を含む様々な有害化学物質が、紙巻タバコよりは低い濃度ながら、種類はほぼ同様に含まれている。中には、紙巻きタバコより高濃度の化学物質も発生している。今後も全てのタバコ製品に対し、FCTCに基づいたタバコ対策を継続することが求められる。

9. アルデヒドによるハイブリッド型付加体の形成

加熱式および電子たばこのエアロゾルにはプロピレングリコール (PG) およびグリセロール (VG) の加熱によって生ずるカルボニル化合物が含まれる。これまでの研究からそのエアロゾルに含まれるカルボニル化合物の中に既知ヒト発癌物質であるホルムアルデヒド (FA) およびヒトの発癌物質の可能性のあるアセトアルデヒド (AA) が相当量含まれていることが明らかになっている。そのため、FA および AA の健康におよぼす影響についての懸念が広がっている。また、エアロゾル中にはカルボニル化合物の香料がさらに加わる。エアロゾル中のカルボニル化合物やラジカルは呼吸器組織の酸化ストレスを高め、マロンジアルデヒド (MDA) などの脂質過酸化に由来する内因性カルボニルを産生する。すなわち、加熱式および電子たばこのエアロゾルを吸引した場合、ヒトの呼吸器中にはこれらエアロゾル由来のカルボニル化合物とそれによって生体内で産生される内因性カルボニル化合物が混在しているこ

とになる。カルボニル化合物はお互いに結合して新たな化合物ができることが知られているが、その健康への影響はほとんど知られていない。FA あるいは AA は MDA と結合して新たなハイブリッド型リジン付加体を作ることのわれわれはこれまでに報告してきた。これらの付加体は炎症性反応を引き起こす可能性が非常に高い。2019 年度の研究では、加熱式および電子たばこのエアロゾルに含まれる FA/AA 以外のカルボニル化合物が MDA と反応してリジン側鎖のアミノ基にハイブリッド型付加体を作るか否かを検討した。さらに、DNA 塩基の環外アミノ基に FA あるいは AA が MDA の存在下で同様のハイブリッド型付加体を作る可能性についての研究を実施した。

C. 結論

本研究班は、今年度も加熱式たばこの各種成分分析を実施した。測定対象として新しく販売開始された IQOS3.0、Ploom TECH+と Ploom S、及び PULZE とした。これらの加熱式たばこの有害化学物質の発生量は、加熱温度に比例するように上昇した。さらに、IQOS 互換機も調査し、加熱温度が高い製品では、紙巻たばこに匹敵する有害化学物質であることを確認した。さらに、我が国において高出力（最大 220 W）の電子たばこ製品が販売されており、発生するエアロゾルは極めて多い。推奨電力を 60~80 W としているが、ユーザーは簡単に 200 W 以上に設定できる。200 W に設定すると、発がん性物質としてホルムアルデヒドが紙巻きタバコの 380 倍、1、3-ブタジエンが 11 倍、アセトアルデヒドが 19 倍、プロピレンオキサイドが 250 倍、グリシドールが 390 倍と異常な高濃度を示した。電子タバコのユーザーは電力の設定に留意すべきである。

今年度は新たに 2 (5H) -furanone や 2-

furanmethanol(furfuryl alcohol)など発がん性のあるフラン類を初め、ニコチンの熱分解により発生するピリジン類 (3/4-ethenylpyridine (3-EP)) が検出されている。これらの成分分析法の確立を行った。さらに改正健康増進法の付帯決議に求められている「加熱式たばこの受動喫煙による健康影響の調査」の一部として、加熱式たばこ副流煙分析法の確立も行った。最終年度は、これらの研究も推進していく計画である。

D. 健康危険情報
なし

G. 研究発表

1.論文発表
分担研究報告書に記載

2.学会発表
分担研究報告書に記載

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし