

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)
分担研究報告書

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

研究分担者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
研究分担者 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

研究要旨

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。

A. 研究目的

平成 30 年度の国民健康・栄養調査によると日本人喫煙者における加熱式たばこ使用率は、30.6%となっている。2013 年から数年で喫煙者は、紙巻たばこから加熱式たばこへ移行した。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。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。加熱式たばこは、販売するたばこ産業によって加熱方式も異なり、それに対応したたばこスティックの組み合わせで使用するため、発生する化学物質、曝露量も異なることが予想される。

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。

B. 研究方法

1. 使用たばこ銘柄と分析対象加熱式たばこ加熱措置

IQOS Heets (4 銘柄)、Ploom TECH+ (4 銘柄)、Ploom S (3 銘柄) 及び PULZE (3 銘柄) を使用加熱式たばこ銘柄とした。なお、試料は主流煙捕集前 48 時間から 10 日間、温度 22 ± 2 、湿度 $60 \pm 3\%$ で恒温・恒湿化を行った。

この各たばこ銘柄に対応する加熱装置をブランド毎 (IQOS3.0、PULZE など) に 5 台ずつ購入した。各主流煙の捕集は、1 台あたり 1 サンプルとし、5 台による捕集・分析結果を平均値とした。

2. たばこ葉の化学物質の分析

ニコチン

たばこ葉のニコチン分析は、WHO TobLabNet SOP4 (1) に沿って実施した。まず恒湿化したたばこ葉 1.5 g を 200 mL 容の共栓付三角フラスコに入れた。次に、Milli-Q を 20 mL と 2M の NaOH を 10 mL を加えた。さらに、n-ヘプタデカン を 0.5 mg/mL になるように溶解した n-ヘキサン溶液を 40 mL を加えた後に振とう抽出を 60min 行った。遠心分離後 (3,500 rpm, 10 min)、有機層を回収しガスクロマトグラフ水素炎イオン化検出器 (GC/FID) へ供した。GC/FID は、島津製作所製 GC-2014 を使用し、分離カラムはアジレントテク

ノロジー製 HP-INNOWAX (0.25 mm i.d. \times 30 m, 0.25 μ m) を用いた。分析条件はカラム温度 50°C (2 min 保持) - 50 °C から 180°C (昇温速度 15 °C/min) - 180°C から 190 (昇温速度 5°C/min) - 190°C から 250°C (昇温速度 30°C/min) - 250°C (1 min 保持) とした。注入条件は 1 μ L, スプリットレスとし、分析時間は 40 分であった。

たばこ特異的二トロソアミン (TSNA)

たばこ葉の TSNA 抽出は、カナダ保健省が作成したたばこ葉中 TSNA 分析法 (T-309) (2) に改良を加えた手法で行った。まず恒湿化したたばこ葉 1.0 g を 200 mL 容の共栓付三角フラスコに入れた。次に TSNA-d 溶液 0.5 mL を添加した後、クエン酸 - リン酸緩衝液 (pH 4.3) 50 mL と 1M アスコルビン酸溶液 1 mL を加えた。三角フラスコをアルミホイルで遮光し、振とう抽出を 180 rpm, 60 min で行った。振とう終了後、濾過を行い、この抽出液 10 mL を珪素土カラム (K-Solute, 10 mL 容, GLサイエンス製) に供した。抽出液導入後 5 分間静置し、ジクロロメタン / 2-プロパノール (95 / 5) 30 mL で溶出を行った。溶出液はエバポレータで減圧濃縮後、窒素気流下で溶媒留去した。溶媒留去後、10 % メタノール溶液 1 mL で再溶解したものを高速液体クロマトグラフ/タンデム型質量分析計 (LC/MS/MS) に供し、TSNA の分析を行った (3)。

2. たばこ主流煙の化学物質の分析

たばこ主流煙の捕集

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 HCl 法を行った。HCl 法は、(一服につき 2 秒間で 55 mL 吸引, 30 秒毎に一服させ、通気孔は全封鎖状態) は Health Canada Intense protocol T-115 (4, 5) に準拠して行った。すべての喫煙法の IQOS 1 本あたりの吸煙は 12 回とした。たばこは、ISO 3402 (6) に従って捕集前に恒温恒湿化を行い、たばこ主流煙中の総粒子状物質 (total particle

matter ; TPM)は Cambridge filter pad (CFP, 44 mm, Borgwaldt KC GmbH) で捕集した。HCl 法では 1 枚につき、たばこ 3 本分の主流煙を捕集し、1 試料とした。たばこ銘柄ごとに 5 試料調製し、それぞれ測定に供した。

主流煙の分析

ニコチン、一酸化炭素の分析

捕集後の CFP は、2-プロパノール (20 mL) を添加し、室温で 20 min の振とう抽出を行った。2-プロパノール抽出液中のニコチン濃度は ISO 10315 (7) に準じて、ガスクロマトグラフ水素炎イオン化検出器 (GC/FID) により分析を行った。CO は、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。

TSNAs

4 成分の TSNA (*N'*-nitrosonornicotine (NNN) , 4-(Methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK) , *N'*-nitrosoanatabine (NAT) , *N'*-nitrosoanabasine (NAB)) は、WHO TobLabNet SOP 3 の分析を採用し (9)、CFP を振とう抽出後、得られた抽出液を固相抽出後に LC/MS/MS で分析した。

グリセロール類

たばこ主流煙を捕集したフィルターを 50 mL 共栓付三角フラスコに入れ、イソキノリン入り 1,3-ブタンジオール 20 mL を加え、180 rpm で 20 分間振とう抽出し、ガスクロマトグラフ/水素炎イオン化検出器 (GC/FID、島津製作所社製) で分析した。分析条件は、WHO TobLabNet SOP6 にしたがって設定した (10)。

フェノール類

主流煙サンプルの前処理

たばこ主流煙を捕集した CFP は、すぐに遮光した 100 mL の三角フラスコに入れ、1%酢酸水

溶液 40 mL を加え振とう抽出を行った。振とう抽出は 45 分間 180 回転/分とし、抽出液はサンプル濃度に応じ、1%酢酸水溶液で 5 倍に希釈した。希釈により定量下限値以下になるサンプルでは、抽出液を希釈せず分析を行った。

フェノール類の分析には、prominence シリーズのデガッサー (DGU-20A3)、ポンプ (LC-20AD)、オートサンプラー (SIL-20ACHT)、カラムオープン (CTO-20AC) (島津製作所社製) 及び蛍光検出器は RF-10AXL (島津製作所社製) を使用した。分離カラムは、プレカラムフィルター (0.5 μ m, Supelco 社製) を接続した Kinetex F5 カラム (4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m, Phenomenex 製) を使用した。カラムオープン温度は 27 とし、試料注入量は 5-20 μ L とした。また、移動相には 0.1%ギ酸水溶液 (A 液) と 0.1%ギ酸メタノール (B 液) を用いた。送液プログラムは流量を 1 mL/分とし、0 5 分 (A : B=88% : 12%)、5 15 分 (A : B=98% : 12%、65% : 35%)、15 25 分 (A : B=65% : 35%、45% : 55%)、25 27 分 (A : B=45% : 55%、10% : 90%)、27 31 分 (A : B=10% : 90%)、31 34 分 (A : B=10% : 90%、88% : 12%)、34 45 分 (A : B=88% : 12%) と設定し、分析時間は 45 分とした。蛍光/励起波長 (Em / Ex) は 0 13.5 分 (Em / Ex = 310 / 280)、13.5 30 分 (Em / Ex = 298 / 274)、30 45 分 (Em / Ex = 310 / 280) と設定した。

多環芳香族炭化水素 (PAH)

分析対象 PAH は、2 環 (ナフタレン) から 6 環 (ベンゾ[ghi]ペリレン) までの計 23 成分とした。PAH の重水素体溶液 (PAH-d) は 11 成分から調整し、これを内部標準とした。たばこ主流煙中 PAH 成分抽出は、機械喫煙法 (ISO 法及び HCl 法) で得た CFP へ PAH-d を添加後に n-ヘキサン 30 mL で振とう抽出した。得られた抽出液 10 mL を室温の窒素気流下で 1 mL まで濃縮した。次にこの濃縮液を作成した固相抽出カラム (YMC 製シリカゲル、1 g/6 mL に硫酸アンモニ

ウム 1 g を充填したカラム)へ導入し、*n*-ヘキサン 5 mL と *n*-ヘキサン/ジクロロメタン (90/10, v/v) 5 mL で溶出した。溶出液は窒素気流下で試験管内を乾燥させないようにトルエンへ溶媒転換し分析試料 0.5 mL とした。PAHs の定量はガスクロマトグラフ/タンデム型質量分析装置 (GC/MS/MS, GC-MS-TQ8040, 島津製作所製) で行った。

C. 結果及び考察

1. 加熱式たばこの加熱原理について

加熱式たばこの加熱原理について Fig.1 に示した。これは、平成 29 年度の榊田班報告書の図を更新したものになる。IQOS は 300-350 , glo は 240 に加熱されていると報告されている。本対象加熱式たばことして Ploom TECH+, Ploom S と PULZE を追加した。Ploom TECH+は、Ploom TECH と同様に低温での加熱式たばことなる。Ploom S は、glo と同じ加熱方式を採用しているが、加熱温度が 200 程度と低くなっている。次に、PULZE は、IQOS と同様にたばこ葉の内側から加熱するタイプの装置を採用している。いずれの加熱式たばこも、紙巻たばこの燃焼温度帯 (500-900) と比較すると低くなっていた。

2. たばこ葉に含まれるニコチン・たばこ特異的ニトロソアミン類

IQOS、Ploom TECH+、Ploom S と PULZE のたばこ葉量は、1 スティックあたり 0.27-0.35 mg と各製品間の差は、一定の範囲、にあった (Table 1)。たばこ葉のニコチン量は、2.84-7.05 mg/stick であり 2 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、IQOS Heets、Ploom S と PULZE は 86.7-232 ng/stick であるのに対して、Ploom TECH+は 1192-1327 ng/stick であった。Ploom TECH+のたばこ葉 TSNAs が高値の理由は、Ploom TECH+は他の加熱式たばこ製品と異なり、加熱温度が 40 と低い温度帯で加熱するために、たばこ葉からエアロゾルへの移行量が非常に低

く抑えられるために、低濃度 TSNA のたばこ葉を使用する必要はないと考えていると予想される。そのため、同じ JT から販売されている Ploom S は、200 付近でたばこ葉を加熱する製品であるため、TSNAs 量は低くなっていた。

3. 主流煙タール・ニコチン・一酸化炭素

タールはフィルターに捕集された粒子成分の総称であり、ここにグリセロール、TSNA、多環芳香族炭化水素類などの化学物質が混在している。主流煙中タール量とニコチン量を Table 2 に示した。たばこ主流煙中のタール量は 6.6-15.0 mg/stick となっている。この値は、紙巻たばこと変わらない。しかしながら、加熱式たばこは、加熱温度帯が紙巻たばこよりも低い温度帯を採用しているため、燃焼によって発生する化学物質成分が少なくなる。一方で、ニコチン量は IQOS が 1.13-1.43 mg/stick となり、紙巻たばこと同程度の濃度となった。他の加熱式たばこのニコチン量は 0.17-0.28 mg/stick (Ploom TECH+)、0.35-0.54 mg/stick (Ploom S) と 0.52-0.70 mg/stick となった。加熱式たばこのたばこ葉あたりのニコチン量は、製品間差が 2 倍程度であった。主流煙のニコチン量の差は 8 倍程度に広がった。この要因は、加熱装置の加熱時間、加熱温度が寄与していると予想された。実際に、ニコチンのたばこ葉から主流煙への移行率の最大値は 29.4% (IQOS)、23.0% (PULZE)、16.8% (Ploom S) そして 5.29% (Ploom TECH+) であった。次に一酸化炭素 (CO) の定量は、IQOS と PULZE 以外は、定量下限値以下であった。CO はたばこ葉の加熱によっても若干は発生するものの、Ploom S の加熱温度 200 では検出されなかった。

4. TSNAs

主流煙中 TSNAs 量を Table 1 に示した。4 種類の TSNA 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 (Ploom S) と 14.0-16.3 ng/stick (PULZE) 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。加熱式たばこの TSNA の値は、たばこ葉の TSNA の低値に起源される。この TSNA 含有量の差は、加熱式たばこのたばこ葉 TSNA が紙巻たばこ TSNA よりも低減されていた点にある。WHO は、これまでに低減可能な化学物質の成分として TSNA を指定しており、すでに低減技術も公開されている(11)。この技術を使用した紙巻たばこ銘柄も販売されてきた。TSNA が低減化された紙巻たばこと比較すると加熱式たばこ TSNA 量は変化がないと考えられる(12)。このように TSNA 削減技術は、紙巻たばこ製品にも応用可能ではあるが、一部の紙巻たばこ銘柄にしか適用していないのが現状である。

5. PAHs とフェノール類

燃焼によって発生する PAHs とフェノール類の分析結果を Table 1 に示す。ベンゾ[a]ピレンが検出されたのは、IQOS Heets と PULZE であった。Ploom S はナフタレン、ピレン、ベンゾ[a]アントラセンは検出されたもののベンゾ[a]ピレンは検出されなかった。これら PAHs 一斉分析の結果は、加熱装置の加熱温度によって変化することが確認された。次にカテコールなどのフェノール類に関しても同様の傾向が認められた。このように燃焼によって発生する有害化学物質量は、低減されていた。しかしながら、IQOS などの加熱式たばこでは、有害化学物質は確認され、複合曝露が継続されている事がわかった。

6. 最近の加熱式たばこの傾向

加熱式たばこは、Ploom TECH+ など低温タイプの加熱式たばこを中心に販売していた JT が Ploom S を販売開始し、glo を販売していたブリテッシュアメリカンが 280 で加熱する glo pro を販売するなど、高温タイプの加熱式たばこの販売が増えている。また、加熱式たばこの特徴として、香料を添加している銘柄が多い。紙巻たばこでは、メンソール入りのたばこ製品の販売には、規制が

かかるようになっている。今後は、加熱式たばこにおいても議論がされると考えられる。また、昨年あたりからリトルシガーという、紙巻たばこに構造と使用方法が近い葉巻が販売されている。この製品は、たばこ税が葉巻に分類されるため、紙巻たばこよりも低いたばこ税になっている。そのため 1 箱 20 本入りの価格が 330-360 円程度となり、紙巻たばこよりも 100 円ほど安くなっている。このように、有害成分を低くした加熱式たばこばかりでなく、低価格の紙巻たばこを販売するなど、国内において広い視野を持ってたばこ対策に迫られる状況になっている。

D. 結論

本研究では、2019 年に販売された加熱式たばこ IQOS Heets と Ploom TECH+、Ploom S と PULZE の 4 種類の加熱式たばこ製品の有害化学物質の分析を行った。Ploom TECH+ が低温加熱型の加熱式たばこで、他の 3 製品は全て 200 以上の高温加熱型の加熱式たばこであった。高温加熱型の加熱式たばこは、ニコチン量が紙巻たばこと同程度の 1 mg であり、燃焼で発生する CO、PAHs、フェノール類は濃度が低いものの、成分数は多く検出された。一方で、低温型の加熱式たばこはニコチン量も低く、CO、PAHs、フェノール類は、定量下限値以下の成分も多く確認された。

E 参考文献

- (1) WHO. Standard operating procedure for determination of nicotine in cigarette tobacco filler: WHO Tobacco Laboratory Network (TobLabNet) official method (Standard operating procedure 04). Geneva, World Health Organization, 2014.
- (2) Health Canada Test Method T-309. Determination of Nitrosamines in Whole Tobacco. 1999.
- (3) 杉山晃一, 稲葉洋平, 大久保忠利, 内山茂久, 高木敬彦, 櫻田尚樹. 国産たばこ主流

煙中たばこ特異的ニトロソアミン類の異なる捕集法を用いた測定. 日本衛生学雑誌 2012;67: 423-430.

- (4) Health Canada Test Method T-115. Determination of the tar, water, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke. 1999.
- (5) WHO. Standard operating procedure for intense smoking of cigarettes: WHO Tobacco Laboratory Network (TobLabNet) official method (Standard operating procedure 01). Geneva, World Health Organization, 2012.
- (6) ISO 3402. Tobacco and tobacco products -- Atmosphere for conditioning and testing. 1999.
- (7) ISO 10315. International Organization for Standardization. Determination of nicotine in smoke condensates-gas chromatographic method, second ed. 2000.
- (8) ISO 8454. Cigarettes -- Determination of carbon monoxide in the vapour phase of cigarette smoke -- NDIR method. 2007.
- (9) WHO. Standard operating procedure for determination of tobacco-specific nitrosamines in mainstream cigarette smoke under ISO and intense smoking conditions: WHO Tobacco Laboratory Network (TobLabNet) official method (Standard operating procedure 03). Geneva, World Health Organization, 2014.
- (10) WHO. Standard operating procedure for determination of humectants in cigarette tobacco filler: WHO Tobacco Laboratory Network (TobLabNet) official method (Standard operating procedure 06). Geneva, World Health Organization, 2016.
- (11) O'Connor RJ, Hurley PJ. Existing technologies to reduce specific toxicant emissions in cigarette smoke. Tob Control. 2008 Sep;17 Suppl 1:i39-48. doi:

10.1136/tc.2007.023689.

- (12) Rickert WS, Joza PJ, Sharifi M, Wu J, Lauterbach JH. Reductions in the tobacco specific nitrosamine (TSNA) content of tobaccos taken from commercial Canadian cigarettes and corresponding reductions in TSNA deliveries in mainstream smoke from such cigarettes. Regul Toxicol Pharmacol. 2008;51:306-310. doi: 10.1016/j.yrtph.2008.04.009.

F. 研究発表

1. 論文発表

Oba S, Inaba Y, Shibuya T, Oshima J, Seyama K, Kobayashi T, Kunugita N, Ino T. Changes in oxidative stress levels during two weeks of smoking cessation treatment and their association with nutritional characteristics in Japanese smokers. Exp Ther Med. 2019;17:2757-2764.

Uchiyama S, Noguchi M, Sato A, Ishitsuka M, Inaba Y, Kunugita N. Determination of Thermal Decomposition Products Generated from E-cigarettes. Chem Res Toxicol.2020;33:576-583.

稲葉洋平. 加熱式たばこの調査研究からわかってきた課題 ビルと環境 2019;165:38-43.

稲葉洋平. たばこの煙の健康影響と受動喫煙のエビデンス 公衆衛生情報 2020;49:8-9.

稲葉洋平 監修「身近な“?”の科学 加熱式タバコ」雑誌 Newton. 2019.12.114-115.

2. 学会発表

稲葉洋平, 内山茂久, 櫻田尚樹, 牛山明. 加熱式たばこ IQOS 互換機の主流煙に含まれる多環芳香族炭化水素の分析. 第 28 回環境化学討論会. 2019.6.12-14; 埼玉. 同プログラム集. P-059.

稲葉洋平，内山茂久，戸次加奈江，牛山明．加熱式たばこから発生する有害化学物質の分析．フォーラム 2019 衛生薬学・環境トキシコロジー．2019.8.31-9.1；京都．同講演要旨集．p.286.

稲葉洋平，内山茂久，牛山明．加熱式たばこ及び紙巻たばこの主流煙に含まれる芳香族アミン類の分析．日本分析化学会第 68 年会．2019.9.11-13；千葉．同講演プログラム集．p.31.

佐藤綾菜，内山茂久，石塚美帆，野口真由美，稲葉洋平，樺田尚樹，牛山明．電子タバコから発生するカルボニル化合物，オキシド類の分析．日本分析化学会第 68 年会．2019.9.11-13；千葉．同講演プログラム集．p.491.

石塚美帆，内山茂久，佐藤綾菜，野口真由美，稲葉洋平，樺田尚樹，牛山明．電子タバコに含まれるプロピレングリコール，グリセロールの熱分解物の分析．日本分析化学会第 68 年会．2019.9.11-13；千葉．同講演プログラム集．p.492.

稲葉洋平，内山茂久，樺田尚樹，牛山明．加熱式たばこ互換機および互換スティックを使用によって発生する化学物質の分析．第 78 回日本公衆衛生学会総会．2019.10.23-25；高知．同抄録集．p.366.

石塚美帆，内山茂久，佐藤綾菜，野口真由美，稲葉洋平，樺田尚樹，牛山明．非燃焼式タバコから発生する有害物質の分析法の開発．第 78 回日本

公衆衛生学会総会；2019.10.23-25；高知．抄録集 p581.

佐藤綾菜，内山茂久，石塚美帆，野口真由美，稲葉洋平，樺田尚樹，牛山明．非燃焼式タバコから発生する有害物質の分析結果．第 78 回日本公衆衛生学会総会；2019.10.23-25；高知．抄録集 p581.

稲葉洋平．新型タバコの成分分析．シンポジウム 4 新型タバコ時代のタバコ対策の進め方．第 26 回日本行動医学会学術総会；2019.12.6-7;東京．

稲葉洋平，内山茂久，戸次加奈江，牛山明．加熱式たばこ IQOS 互換性の違いによる有害化学物質発生量の比較．第 56 回全国衛生化学技術協議会年会．2019.12.5-6；広島．同講演集．p.24.

稲葉洋平，緒方裕光，井上博雅，黒澤一，寒川卓哉，町田健太郎，樺田尚樹，水野雄二，尾上あゆみ，大森久光．加熱式たばこ喫煙者と紙巻たばこ喫煙者のたばこ煙曝露マーカーの比較．第 90 回日本衛生学会学術総会．2020.3.26-28;岩手．同講演集．P185．

稲葉洋平，内山茂久，戸次加奈江，牛山明．加熱式たばこの加熱温度の違いによる主流煙の化学物質の変化．日本薬学会第 140 年会．2020.3.25-28;京都．Web 講演集．

G．知的財産権の出願・登録状況
特になし

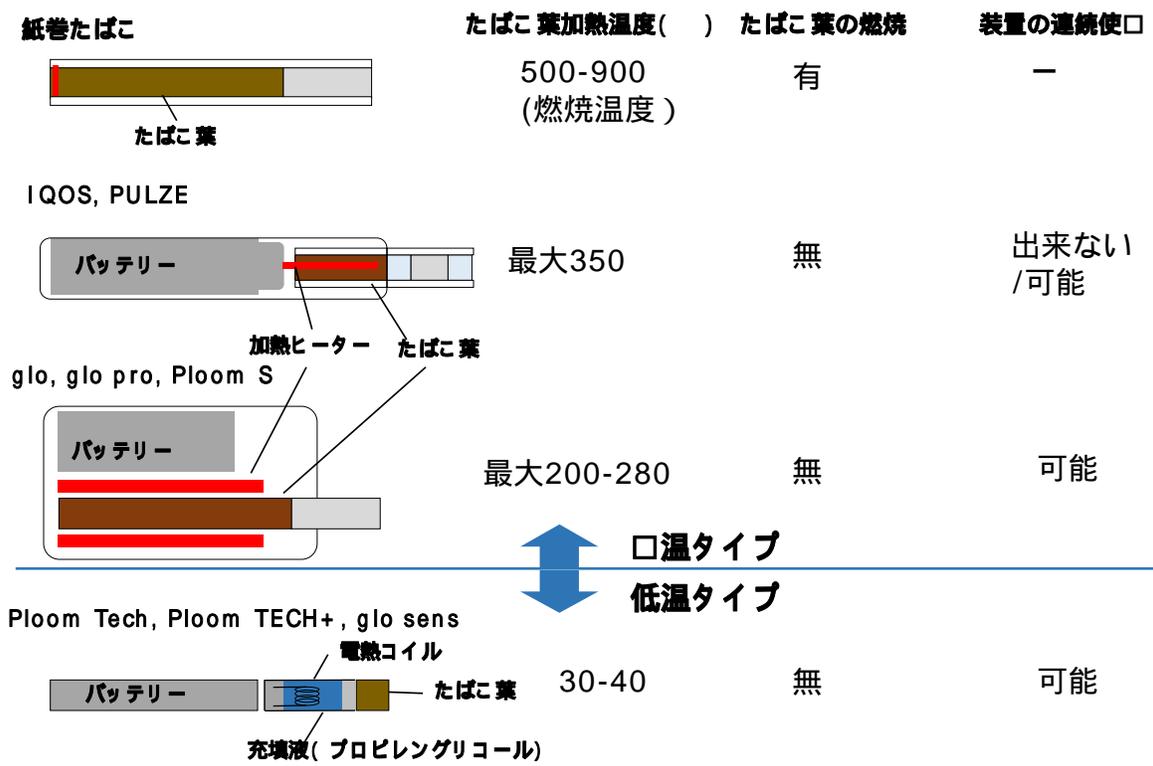


Fig. 1 加熱式たばこのエアロゾル発生原理

Table 1 加熱式たばこ製品のたばこ葉あたりの重量及び化学物質質量

Target compounds	IQOS HEETS										Ploom TECH+				Ploom S				PULZE								
	DEEP BRONZE		CLEAR SILVER		BALANCED YELLOW		FRESH EMERALD		MILD BLEND		ROAST BLEND		COLD MINT		CLEAR MINT		REGULAR TASTE		MENTHOL COOL EFFECT		REGULAR		MINT		MENTHOL		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
重量 (g/stick)	0.31 ± 0.00		0.33 ± 0.01		0.32 ± 0.00		0.31 ± 0.01		0.34 ± 0.01		0.35 ± 0.00		0.35 ± 0.01		0.34 ± 0.00		0.27 ± 0.01		0.27 ± 0.01		0.28 ± 0.01		0.30 ± 0.01		0.27 ± 0.01		
Nicotine (mg/stick)	4.71 ± 0.03		5.07 ± 0.08		4.87 ± 0.04		4.67 ± 0.05		5.19 ± 0.04		5.29 ± 0.05		7.09 ± 0.04		6.58 ± 0.12		3.21 ± 0.04		3.18 ± 0.05		3.04 ± 0.04		3.39 ± 0.03		2.84 ± 0.04		
たばこ葉																											
Tobacco specific nitrosamine (TSNA) (ng/stick)																											
NNN	22.7 ± 2.54		89.3 ± 6.17		26.7 ± 2.02		46.3 ± 4.56	4	85.1 ± 16.6		76.9 ± 9.23		81.8 ± 18.7		76.6 ± 29.2		80.1 ± 3.33		73.1 ± 3.98		93.0 ± 3.47		81.0 ± 3.75		64.7 ± 3.60		
NAT	39.2 ± 3.31		84.1 ± 0.93		45.0 ± 4.29		62.8 ± 3.68		37.8 ± 6.1		33.1 ± 1.86		33.8 ± 7.49		34.4 ± 15.5		80.1 ± 2.06		72.1 ± 3.57		90.0 ± 3.69		75.4 ± 4.73		77.2 ± 5.34		
NAB	1.6 ± 0.84		5.2 ± 1.61		2.8 ± 0.77		4.3 ± 0.52		22.9 ± 1.2		21.8 ± 1.26		21.3 ± 0.60		20.5 ± 0.46		3.83 ± 0.90		3.91 ± 0.68		4.22 ± 0.62		3.15 ± 0.65		3.47 ± 0.66		
NNK	23.1 ± 1.14		52.9 ± 0.62		27.4 ± 1.35		54.6 ± 2.39		74.7 ± 2.8		69.8 ± 1.34		71.2 ± 2.13		75.0 ± 3.36		28.3 ± 1.79		27.8 ± 1.69		33.8 ± 1.33		28.3 ± 1.21		28.0 ± 1.40		
Total TSNA	86.7 ± 5.68		232 ± 7.40		102 ± 3.51		168 ± 6.01		1,327 ± 19.2		1,192 ± 8.89		1,248 ± 18.2		1,205 ± 42.7		192 ± 6.79		177 ± 5.94		221 ± 6.21		188 ± 6.26		173 ± 4.27		

