

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

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

研究分担者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
研究分担者 高橋 秀人 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「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プレート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か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°C と報告されているが、互換機では 400°C 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ると喫煙した場合、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。

A. 研究目的

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

販売する唯一の国となっている。最近では加熱式たばこの加熱装置の値段が 5000 円以下で販売されている場合も出てきたが、10000 円程度の価格で販売されている時期もあった。ここ数年、IQOS の互換機が低価格で販売されるようになった。この装置は、たばこ会社の推奨ではない。昨年度、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 (1)。昨年度の目的は、IQOS 互換機の喫煙者は IQOS と互換機の主流煙はほぼ同じ成

分であると考えていると予想された。しかしながら実際は各互換製品の説明欄に「IQOS のヒートスティックで喫煙ができる」との記載があるだけで、たばこ煙の分析結果は公開されておらず、分析が行われていない可能性もあると考えられたためである。また、加熱式たばこの主流煙喫煙法は定まっていないため、昨年度は2つの喫煙法について事前に検討を行った。まず、日本国内で販売される紙巻たばこ主流煙の捕集は、人の喫煙行動に近いとカナダ保健省が提唱する Health Canada Intense (HCI) 法によって実施した(2, 3)。IQOS と互換機の測定値は、タールが 14.4 mg/cig. (IQOS) と 4.9-24.5 mg/cig. (互換機)、ニコチンが 1.27 mg/cig. (IQOS) と 0.64-2.09 mg/cig. (互換機)、CO が 0.47 mg/cig. (IQOS) と 0.21-13.9 mg/cig. (互換機)、グリセロールが 5.74 mg/cig. (IQOS) と 3.24-6.16 mg/cig. (互換機)、たばこ特異的ニトロソアミン類 (TSNAs) が 47.3 ng/cig. (IQOS) と 27.4-62.3 ng/cig. (互換機) であった。昨年度の分析結果から、IQOS 互換機の1製品が、CO とフェノール類の含有量が高くなることが分かった。そこで今年度は、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。

B. 研究方法

1. 使用たばこ銘柄と分析対象 IQOS 互換機

IQOS 専用ヒートスティック (レギュラー) 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 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 3\%$ で恒温・恒湿化を行った。

このヒートスティックの加熱装置に IQOS と互換機 8 製品 (A, B, C, D, E, F, G, H) を用いた。これら互換機は、インターネット販売より購入した。

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 HCI 法を行った。HCI 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 (2) 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 (4) 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, ϕ 44 mm, Borgwaldt KC GmbH) で捕集した。HCI 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。

PAHs の分析

試薬; PAH 標準溶液 は 20 種混合溶液を調整し (Acenaphthene, Acenaphthylene, Anthracene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[j]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo[c]phenanthrene, Benzo[a]pyrene, Benzo[e]pyrene, Chrysene, Dibenz[a,h]anthracene, Fluoranthene, Fluorene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, 3-Methylcholanthrene, Naphthalene, Phenanthrene, Pyrene)、AccuStandaed 社から購入した。次に、PAH-重水素体溶液は、7 種混合を調整 (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}) し、Cambridge Isotope Laboratories 社から購入した。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。

主流煙 PAHs の前処理及び測定

粒子成分の処理は、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、PAH-重水素体混合溶液 (PAH-*d* 溶液) (200 ng/mL) 75 μ L を添加後、ヘキサン 15 mL を加え、170 rpm で 90 分間振とう抽出を行った。次に抽出液 10 mL を窒素気流下で溶媒を留去し、Sep-Pak に添加した。ヘキサン 5 mL とジクロロメタン/ヘキサン (1/9) で溶出し、窒素気流下で溶媒を留去した後、トルエン 500 μ L を添加し、再度窒素気流下で溶媒を留去し、トルエンで 500 μ L に希釈した。

ガス成分は自動喫煙装置にジメチルスルホキシド 30 mL を入れたインピンジャーを設置し捕集した。捕集後ジメチルスルホキシドと MilliQ30 mL を 100 mL 共栓付三角フラスコに入れ、このうち 40 mL を 200 mL 蓋付三角フラスコに移した。そこにヘキサン 50 mL を加え、170 rpm で 30 分間振とう抽出を行い、上清を 300 mL ナス型フラスコに取り出し、この動作もう一度行った。上清をエバポレーターで濃縮後、ヘキサンを加え窒素気流下で溶媒を留去した後、トルエン 500 μ L を添加し、再度窒素気流下で溶媒を留去した。留去後、1 mL メスフラスコに移し、PAH-*d* 溶液 (200 ng/mL) 100 μ L を添加し、トルエンで希釈した。

双方のサンプルをガスクロマトグラフ/タンデム型質量分析計 (GC/MS/MS、島津製作所社製) で分析した。分析条件を Table 1、質量数を Table 2 に示した。

C. 結果及び考察

1. 主流煙 PAHs

本研究では PAHs のナフタレンからベンゾ[ghi]ペリレンまでの 23 成分の分析を行った。たばこ主流煙中の PAHs 合算量は 104 ng/cig. (IQOS) で交換機が 50.1-5012 ng/cig. (交換機) となり、IQOS に対して交換機の値は 0.5-48.2 倍となった (Fig. 1)。よって、主流煙中 PAH 合算量が IQOS と差のある交換機が確認された。また、ベンゾ[a]ピレンは 0.53 ng/cig. (IQOS) と 0.25-4.30 ng/cig. (交換機) となり、IQOS に対して交換機の値は 0.5-8.1 倍と

なった (Table 3)。最も高い分析結果であった成分は、1-メチルナフタレンであった。PAHs 量は交換機 B の値が 5012 ng/cig. で IQOS に対して 48.2 倍と高値であるものの、交換機 B 以外の交換機の PAHs 最高値は 150 ng/cig. で、IQOS に対して 1.4 倍であり、あまり差がないと分かった。さらに、昨年度の主流煙中の一酸化炭素 (CO) 量も、交換機 B の値が 13.9 mg/cig. で IQOS に対して 29.6 倍と高値であるものの、B 以外の交換機の CO 量で最高値なのは 0.55 mg/cig. で、IQOS に対して 1.2 倍であり、あまり差がないと分かった (Fig. 2)。このように交換機 B と IQOS の加熱法は同じで加熱温度設定が異なり、IQOS が 350°C、交換機 B が 400°C であるため、この加熱温度の違いが PAHs と CO のように燃焼によって発生する有害化学物質に影響を与えたと考えられる。

さらに交換機 B のロット間の PAHs、タール、ニコチンと CO のばらつきは大きいことが分かった (Table 4)。交換機 B を購入した消費者は、IQOS と同様の有害化学物質の曝露量と考えて、購入したと思うが曝露量は、紙巻たばこに匹敵する製品の存在が確認された。

D. 結論

主流煙の PAHs の発生量が IQOS と数種類の交換機で確認された。この結果から、加熱装置の加熱温度や加熱法によって、化学物質発生量が変化することが分かった。よって、IQOS 専用ヒートスティックで喫煙できる加熱装置よっても健康リスクに幅が出てきた。IQOS 喫煙者は、それを念頭において使用することが望まれるが、現在も次々に新しい IQOS 交換機が販売されている状況である。

さらに 2020 年 4 月からは「健康増進法の一部を改正する法律」が施行される。この法律では、加熱式たばこは、飲食可能な喫煙室でも使用することができる。この加熱式たばこの該当製品が、純正品と交換機なのか？それとも純正品だけなのか？課題として残った。

E 参考文献

- (1) ISO 4387. Cigarettes -- Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine. 2000.
- (2) Health Canada Test Method T-115. Determination of the tar, water, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke. 1999.
- (3) 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.
- (4) ISO 3402. Tobacco and tobacco products -- Atmosphere for conditioning and testing. 1999.
- (5) ISO 10315. International Organization for Standardization. Determination of nicotine in smoke condensates-gas chromatographic method, second ed. 2000.
- (6) ISO 8454. Cigarettes -- Determination of carbon monoxide in the vapour phase of cigarette smoke -- NDIR method. 2007.
- (7) 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.
- (8) WHO. Standard operating procedure for determination of ammonia in cigarette tobacco filler: WHO Tobacco Laboratory Network (TobLabNet) official method (Standard operating procedure 07). Geneva, World Health Organization, 2016.

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, 櫻田尚樹, 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．加熱式タバコ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．加熱式タバコ 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．加熱式タバコ喫煙者と紙巻タバコ

喫煙者のタバコ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．加熱式タバコ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

Table 1. GC/MS/MS分析条件

GC部	島津製作所社製 GC-TQ 8040
カラム	VF-17ms (Agilent Technologies製, 30 m×0.25 mm, 0.25 μm)
注入方法	スプリットレス 2分
注入口温度	280°C
注入量	1 μL
キャリアーガス	ヘリウム
キャリアーガス流量	0.86 mL/分
カラムオープン温度	80°C (2分) — 10°C/分 — 260°C (0分) — 3°C/分 — 315°C (20分)
MS/MS部	島津製作所社製 GCMS-TQ8040
トランスファーライン	280°C
イオン源	EI
イオン源温度	230°C
測定モード	MRM

Table 2 GC/MS/MS の MRM 条件

化合物名	開始時間 (分)	終了時間 (分)	Ch1 m/z	Ch1 CE	Ch2 m/z	Ch2 CE
Naphthalene-d ₈	8.42	9.54	136.10>134.10	15	136.10>108.10	18
Naphthalene	8.42	9.54	128.10>102.10	18	128.10>78.10	24
2-methyl-Naphthalene / 1-methyl-Naphthalene	9.54	11.94	141.10>115.10	18	142.10>115.10	27
Acenaphthylene-d ₈	11.94	14.18	160.10>158.10	21	160.10>132.20	27
Acenaphthylene	11.94	14.18	152.10>150.10	27	152.10>126.10	24
Acenaphthene	11.94	14.18	154.10>152.10	27	153.10>151.20	27
Fluorene	14.18	16.23	165.10>163.10	30	165.10>115.10	27
Phenanthrene-d ₁₀	16.23	19.39	188.20>160.20	24	188.20>158.10	30
Phenanthrene	16.23	19.39	178.10>176.20	27	178.10>152.20	24
Anthracene-d ₁₀	16.23	19.39	188.20>158.10	30	188.20>160.10	30
Anthracene	16.23	19.39	178.10>176.10	27	178.10>152.10	27
Fluoranthene-d ₁₀	19.39	21.47	212.20>210.00	27	212.20>208.10	36
Fluoranthene	19.39	21.47	202.10>200.00	30	202.10>176.10	30
Pyrene-d ₁₀	21.47	22.56	212.20>208.30	36	212.20>210.10	33
Pyrene	21.47	22.56	202.10>200.10	33	200.10>150.00	27
7H-Benzo[c]fluorene	22.56	24.5	215.10>213.10	27	215.10>189.10	24
Benzo[c]phenanthrene	24.5	26	228.10>226.00	33	227.10>224.40	45
Benz[a]anthracene	26	28	228.10>226.00	36	226.10>224.10	39
Chrysene-d ₁₂	26	28	240.20>236.10	39	236.20>231.90	42
Chrysene	26	28	228.10>226.00	36	226.10>224.10	33
Benzo[e]acephenanthrylene	28	32.75	252.10>250.00	36	264.20>260.00	42
Benzo[k]fluoranthene-d ₁₂	28	32.75	264.20>259.90	45	252.10>250.10	36
7,12-dimethyl-Benz[a]anthracene	28	32.75	241.10>239.20	30	256.20>239.10	39
Benzo[k]fluoranthene	28	32.75	252.10>250.00	33	250.10>248.00	30
Benzo[j]fluoranthene	28	32.75	252.10>249.90	42	250.10>248.00	39
Benzo[e]acephenanthrylene	32.75	33.75	252.10>250.00	36	264.20>260.00	42
Benzo[k]fluoranthene-d ₁₂	32.75	33.75	264.20>259.90	45	252.10>250.10	36
7,12-dimethyl-Benz[a]anthracene	32.75	33.75	241.10>239.20	30	256.20>239.10	39
Benzo[k]fluoranthene	32.75	33.75	252.10>250.00	33	250.10>248.00	30
Benzo[j]fluoranthene	32.75	33.75	252.10>249.90	42	250.10>248.00	39
Benzo[e]pyrene	33.75	34.75	252.10>249.90	42	250.10>247.90	39
Benzo[a]pyrene-d ₁₂	33.75	34.75	264.20>260.00	39	263.20>259.10	33
Benzo[a]pyrene	33.75	34.75	252.10>249.90	36	250.10>247.90	36
3-Methylcholanthrene	34.75	38.68	268.20>253.10	15	253.10>250.00	42
Di-benz[a,h]anthracene-d ₁₄	38.68	42.62	292.20>287.90	36	293.20>289.30	39
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	38.68	42.62	276.10>274.00	45	278.10>276.00	45
Di-benz[a,h]anthracene	38.68	42.62	278.10>275.90	45	276.10>274.00	45
Benzo[g,h,i]perylene-d ₁₂	42.62	45	288.20>284.10	42	288.20>286.00	27
Benzo[ghi]perylene	42.62	45	276.10>273.90	45	274.10>271.90	36

Table 3 IQOS 互換機的主流煙中 PAHs 分析結果

Target	Unit	IQOS		A		B※		C		D		E		F		G		H	
		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	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Naphthalene	ng/cig.	6.86 ± 0.65	3.69 ± 0.66	1,599 ± 1,669	6.00 ± 1.52	4.11 ± 1.83	8.78 ± 5.17	8.61 ± 1.88	10.4 ± 6.23	5.50 ± 0.40									
2-methyl-Naphthalene	ng/cig.	8.71 ± 0.90	4.49 ± 0.88	1,490 ± 1,430	7.36 ± 2.54	4.68 ± 3.16	10.4 ± 7.58	10.73 ± 3.57	7.98 ± 1.56	4.32 ± 0.52									
1-methyl-Naphthalene	ng/cig.	63.1 ± 3.84	37.1 ± 5.61	1,403 ± 1,303	47.3 ± 16.2	24.2 ± 14.8	45.8 ± 7.47	99.8 ± 12.5	95.4 ± 15.4	44.0 ± 3.64									
Acenaphthylene	ng/cig.	1.28 ± 0.13	1.00 ± 0.10	150 ± 183	0.95 ± 0.20	0.59 ± 0.23	2.00 ± 1.37	2.84 ± 0.54	2.51 ± 0.23	1.13 ± 0.09									
Acenaphthene	ng/cig.	0.19 ± 0.04	0.19 ± 0.06	47.3 ± 37.6	n.d.	n.d.	0.36 ± 0.32	0.30 ± 0.10	n.d.	0.18 ± 0.03									
Fluorene	ng/cig.	2.67 ± 0.20	1.97 ± 0.30	86.9 ± 89.5	1.95 ± 0.30	1.65 ± 0.29	2.87 ± 1.00	3.51 ± 0.51	3.26 ± 0.48	2.15 ± 0.03									
Phenanthrene	ng/cig.	6.57 ± 0.24	6.96 ± 0.90	96.7 ± 108	6.59 ± 0.63	5.92 ± 0.3	7.44 ± 0.69	7.84 ± 0.28	8.14 ± 0.80	7.95 ± 0.48									
Anthracene	ng/cig.	0.46 ± 0.03	0.34 ± 0.05	29.7 ± 31.1	0.39 ± 0.16	0.29 ± 0.12	0.50 ± 0.13	0.78 ± 0.11	0.87 ± 0.20	0.49 ± 0.07									
Fluoranthene	ng/cig.	3.82 ± 0.21	4.21 ± 0.45	26.8 ± 22.7	3.40 ± 0.65	2.53 ± 0.31	3.85 ± 0.28	4.42 ± 0.50	5.13 ± 0.32	5.48 ± 0.30									
Pyrene	ng/cig.	4.52 ± 0.19	5.26 ± 0.49	23.4 ± 17.3	4.51 ± 0.84	3.03 ± 0.40	4.27 ± 0.30	4.96 ± 0.48	5.97 ± 0.33	6.36 ± 0.47									
7H-Benzo[<i>c</i>]fluorene	ng/cig.	0.17 ± 0.02	0.14 ± 0.03	12.5 ± 10.3	0.47 ± 0.06	0.09 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.16 ± 0.02	0.19 ± 0.03	0.16 ± 0.04									
Benzo[<i>c</i>]phenanthrene	ng/cig.	0.38 ± 0.03	0.35 ± 0.03	3.28 ± 2.66	0.29 ± 0.06	0.19 ± 0.05	0.32 ± 0.02	0.40 ± 0.08	0.49 ± 0.05	0.35 ± 0.02									
Benzo[<i>a,h</i>]anthracene	ng/cig.	1.19 ± 0.14	1.01 ± 0.07	9.49 ± 7.78	0.91 ± 0.20	0.60 ± 0.22	0.93 ± 0.06	1.43 ± 0.35	1.62 ± 0.31	0.89 ± 0.07									
Chrysene	ng/cig.	1.70 ± 0.14	1.43 ± 0.10	14.6 ± 12.1	1.31 ± 0.27	0.93 ± 0.29	1.29 ± 0.05	2.03 ± 0.52	2.29 ± 0.39	1.24 ± 0.09									
Benzo[<i>b</i>]acephenanthrylene	ng/cig.	0.58 ± 0.04	0.53 ± 0.04	4.35 ± 3.29	0.49 ± 0.16	0.30 ± 0.12	0.42 ± 0.03	0.68 ± 0.20	0.78 ± 0.18	0.37 ± 0.03									
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	ng/cig.	0.32 ± 0.04	0.33 ± 0.02	1.47 ± 0.94	0.27 ± 0.08	0.20 ± 0.07	0.25 ± 0.03	0.35 ± 0.10	0.44 ± 0.09	0.24 ± 0.02									
Benzo[<i>j</i>]fluoranthene	ng/cig.	0.40 ± 0.05	0.37 ± 0.03	2.32 ± 1.79	0.35 ± 0.10	0.21 ± 0.09	0.31 ± 0.03	0.41 ± 0.08	0.56 ± 0.12	0.27 ± 0.02									
Benzo[<i>e</i>]pyrene	ng/cig.	0.36 ± 0.04	0.34 ± 0.06	2.63 ± 1.95	0.32 ± 0.09	0.19 ± 0.07	0.26 ± 0.04	0.42 ± 0.13	0.50 ± 0.14	0.22 ± 0.02									
Benzo[<i>a</i>]pyrene	ng/cig.	0.53 ± 0.04	0.48 ± 0.06	4.30 ± 3.24	0.44 ± 0.14	0.25 ± 0.12	0.35 ± 0.05	0.56 ± 0.16	0.69 ± 0.18	0.30 ± 0.03									
3-Methylcholanthrene	ng/cig.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.									
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	ng/cig.	0.15 ± 0.02	0.14 ± 0.01	1.80 ± 1.35	0.15 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.10 ± 0.01	0.14 ± 0.05	0.18 ± 0.05	0.08 ± 0.01									
Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracene	ng/cig.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.									
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	ng/cig.	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.02	1.64 ± 1.28	0.13 ± 0.04	0.05 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.14 ± 0.07	0.16 ± 0.07	0.07 ± 0.03									

※ Bはn=6で実施。

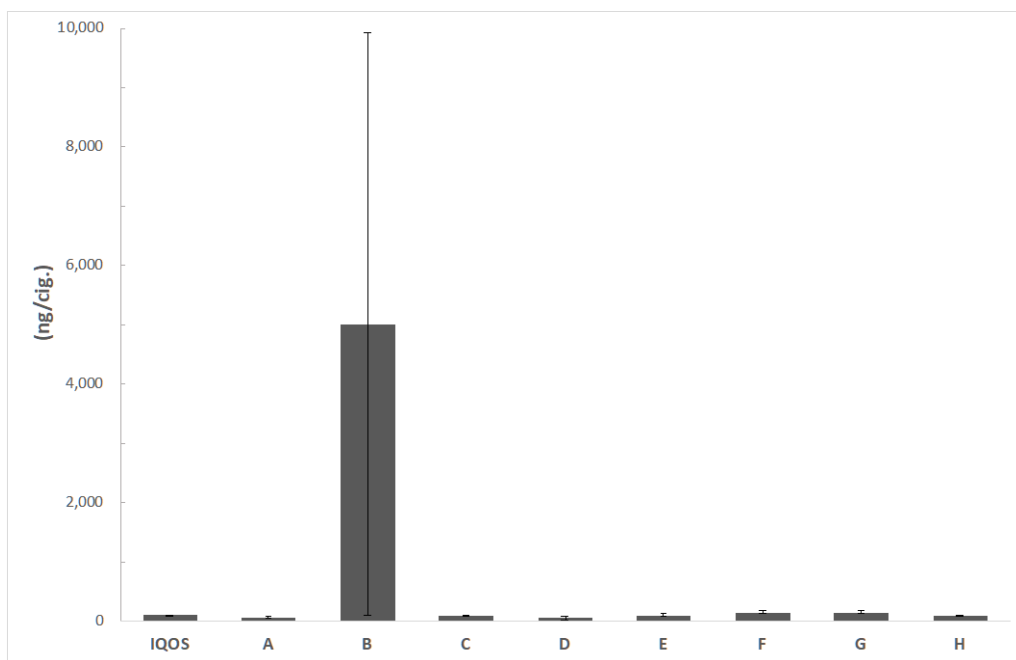


Fig. 1 IQOS 互換機主流煙の PAHs 積算量

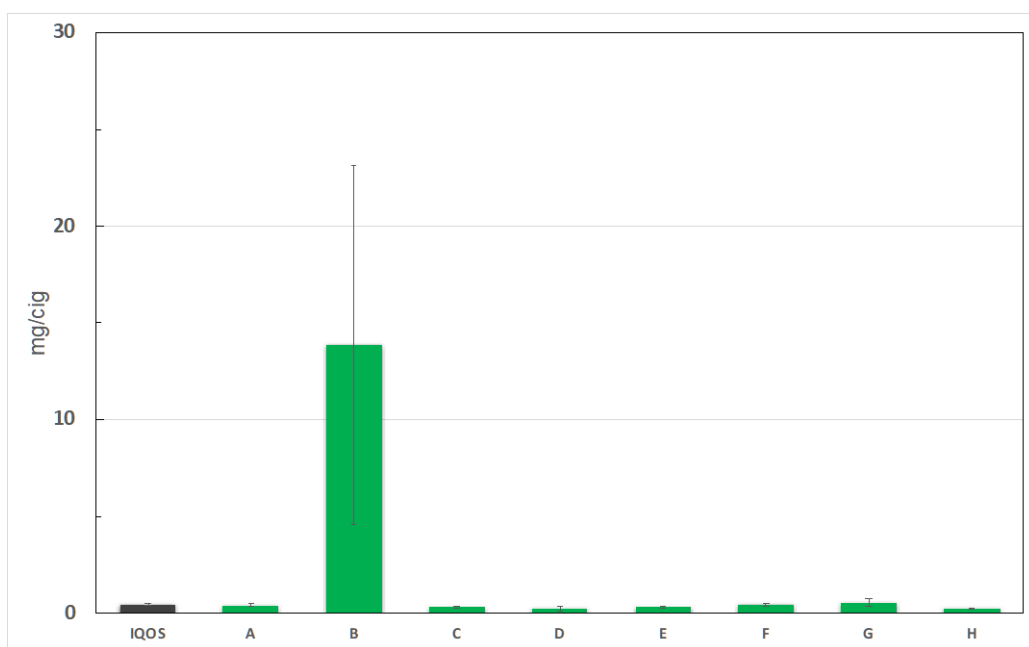


Fig. 2 IQOS 互換機主流煙の一酸化炭素量