

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

内山茂久，稲葉洋平，樺田尚樹（国立保健医療科学院）

野口真由美，石塚美帆，佐藤綾菜（千葉大学）

研究要旨 最近，電子タバコや加熱式タバコなどの非燃焼式タバコが普及している．しかし，これらの安全性に関する検討は十分ではない．そこで，これらの非燃焼式タバコから発生する化学物質を，我々が開発した固体捕集－2相溶出法により分析し，発生する化学物質等の検討を行った．その結果，電子タバコからホルムアルデヒド，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等のカルボニル化合物やプロピレンオキシドやグリシドール等のオキシド類が検出された．電子タバコはE-リキッド（プロピレングリコールとグリセロールの混合物）を加熱し，煙を発生させる喫煙具である．これらの物質は，本来，毒性が低い物質であるが，ニクロム線の過度な加熱による酸化反応でこれらの熱分解物が生成することが推測される．最近流行している“爆煙型電子タバコ”は電力を10W～80Wに変化させることができるが，電力の増加に伴い，上記の分解物の発生量が急激に上昇した．また，電子タバコのプラスチック製マウスピースが熔解するほど高温高密度のタバコ煙が発生する場合もあり，喫煙者の火傷が危惧される．一方，加熱式タバコからは水，プロピレングリコール，グリセロールが多く発生し，総化学物質の大半を占めた．加熱式タバコは，タバコ葉に水，プロピレングリコールとグリセロールを含浸させ，電子タバコと同様に加熱により“煙”を発生させていることが考えられる．電子タバコと同様にプロピレンオキシドやグリシドールが検出された．この他，フルフラール，ジアセチル，アセトールが検出されたが，加熱式タバコ独特のにおいの原因の一つと思われる．

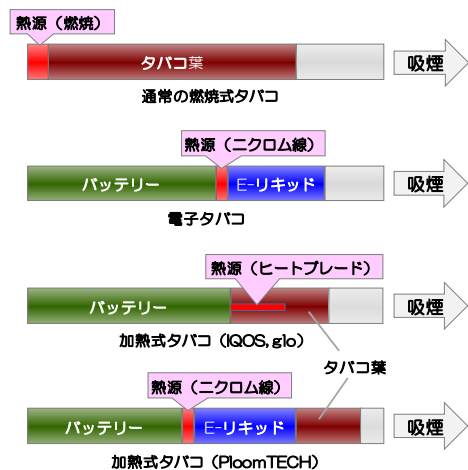
A. 研究目的

タバコの有害性が大きな社会問題となり，有害物質の発生が少ないとされる，電子タバコや加熱式タバコなどの非燃焼式タバコが普及し始めている．天然のタバコは，ナス科タバコ属の植物で，葉にニコチンを含む．このタバコ葉を燃焼させ発生するニコチンを含む煙を喫煙するものが従来の紙巻タバコ（燃焼タバコ）である．喫煙の習慣は，エリザベス一世の時代から現代まで続いているが，近年，タバコ煙の有害性が社会問題にもなり，有害な化学物質の発生が少ないとされる，このようなタバコ代替品が開発された¹⁾．

燃焼タバコ代替品として，先ず，電子タバコが販売された．これは，E-リキッド（プロピレングリコール，グリセロールと香料から構成）をニクロム線で加熱し，発生するミストを吸煙する喫煙具である．2010年頃から販売されているが，日本では薬機法（旧薬事法）によりニコチンの使用が禁止されているので，ニコチンを摂取することはできない．

次に登場したのは，最近話題になっている“加熱式タバコ”である．これは，タバコ葉を電氣的に加熱して，発生するニコチンを含む煙を吸煙する喫煙具である．現在，フィリップモリス・インターナショナルが

IQOS，ブリティッシュ・アメリカン・タバコが glo，日本たばこ産業が PloomTECH を販売している．下の図に電子タバコと加熱式タバコの構造を示す．



IQOS と glo は，タバコ葉を直接ヒートブレードやヒートブロックを用いて加熱する．一方，PloomTECH は，言ってみれば電子タバコと加熱式タバコのハイブリッドである．E-リキッドを加熱して発生したミストをタバコ葉に通過させ，ニコチンを含む煙を喫煙する^{1,2)}．

たミストをタバコ葉に通過させ、ニコチンを含む煙を喫煙する^{1,2)}。

しかし、これら非燃焼式タバコの安全性に関する検討は十分とは言えない。そこで本研究では、我々が開発した固体捕集 / 2相溶出法^{2,3)}を用いて、非燃焼式タバコから発生する化学物質の分析を行い、人への影響を検討した。

B. 実験

B.1. 粒子ガス捕集用カートリッジの作製

カーボンモレキュラーシーブス Carboxen 572 粒子 300 mg を充填したカートリッジ CX572^{2,4)}に、9 mmφ にカットしたグラスファイバーフィルターGFを挿入し GF-CX572 カートリッジ²⁾を作製する。

B.2. タバコ主流煙の捕集と分析

GF-CX572 カートリッジを自動喫煙装置に取り付け、タバコ主流煙を捕集した。捕集を終えたカートリッジは、2相/One-pod 溶出法³⁾により溶出し、GC/MS でニコチンと VOC を、GC/TCD で水分を分析した。また、溶出液に DNPH 溶液を添加してカルボニル化合物を誘導体化し、HPLC で分析した。

加熱式タバコの自動喫煙装置の喫煙プロトコールは、Canadian Intense Regime (HCI 法) に準拠し、吸煙量は 55 mL、2 秒に設定したが、捕集条件をそろえるためパフ数は全て 12 (HCI) にした。従って、3 分間稼働する glo は、パフ間隔を HCI 法の場合 16 秒、ISO 法の場合 38 秒に設定した。また、電子タバコに関しては吸煙時間を 3 秒、吸煙回数を 15 に設定した。

B.3. 分析した非燃焼式タバコの種類

検討を行った非燃焼式タバコは以下の通りである。
電子タバコ：銘柄 A (中国製、最大出力電力 75 W)、

銘柄 B (中国製、最大出力電力 75 W)、銘柄 C (中国製、最大出力電力 85 W) の 3 銘柄を検討した。なお、E-リキッドは、BI-SO グリーンアップルメンソール (ニコチン含有) を使用した。

加熱式タバコ：フィリップ・モリス・インターナショナル IQOS, ブリティッシュ・アメリカン・タバコ glo, 日本たばこ産業 Ploom TECH の 3 製品を検討した。使用したタバコ葉は、IQOS が regular, menthol, mint ; glo が bright tobacco, fresh mix, intensely fresh ; Ploom TECH は regular, Coolar Green, Coolar Purple である。この他、最近発売された IQOS に挿入するタイプのニコチンを含まないタバコ葉スティック NICOLESS も検討した。

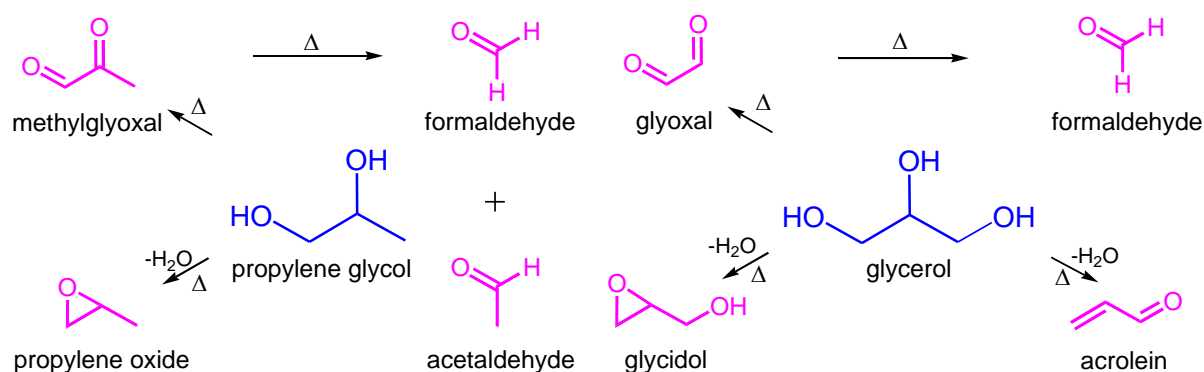
比較のために、燃焼式タバコ (CM6, 3R4F, 1R5F) の主流煙も分析した。

C. 結果と考察

C.1. 非燃焼式タバコ主流煙から発生する化学物質

非燃焼式タバコの主流煙を HCI 法で捕集、2相溶出法で分析した化学物質量を Table 1 に示す。

電子タバコ：今回検討した電子タバコは、いずれも消費電力を変化させることが出来る製品であるが、消費電力によって化学物質発生量が大きく変化したので、全て 40W に設定した時の値である。電子タバコから発生する総化学物質量 (TGPM) は 330~440 mg を示し、加熱式タバコ (19~43 mg) や燃焼式タバコ (30 mg) の 10 倍程度多い値である。TGPM の大部分は E-リキッドの成分プロピレングリコール、グリセロールである。これらの物質の毒性は比較的だが、熱分解により、プロピレンオキシド、グリシドール、グリオキサール、メチルグリオキサール、ホルムアルデ



Scheme 1. Thermal dehydration and decomposition of propylene glycol and glycerol to form oxides and carbonyls.

Table 1. Chemical compounds in mainstream smoke from HTPs, E-Cigarettes and traditional cigarette collected with the sorbent cartridge followed by one-pot elution method. n.a., not analyzed; 2,5-DMF, 2,5-dimethylfuran.

compound	E-Cigarette (40W)			Heated Tobacco Product				Cigarette
	Brand A µg/15puff	Brand B µg/15puff	Brand C µg/15puff	IQOS µg/stick	IQOS Nicoless	glo µg/stick	PT µg/stick	CM6 µg/cigarette
Puff Number	15	15	15	12	12	12	12	13
1,3-butadiene	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.21	n.a.	< 0.03	< 0.03	110
isoprene	0.0	1.7	0.0	2.5	0.24	< 0.04	< 0.04	980
propylene oxide	1.5	13	4.6	0.67	5.3	0.03	n.a.	n.a.
glycidol	12	29	3.7	2.7	17	0.71	n.a.	n.a.
acrylonitrile	0.0	1.4	0.1	0.16	0.40	< 0.03	< 0.03	21
diacetyl	2.1	5.3	2.6	65	7.4	61	< 0.05	270
benzene	< 0.08	< 0.08	< 0.08	0.91	0.84	0.1	< 0.02	100
toluene	< 0.08	< 0.08	< 0.08	2.2	2.3	0.35	1.9	180
2,5-DMF	1.2	0.5	0.3	2.1	0.89	0.27	< 0.03	87
furfural	11.2	4.7	2.5	33	28	120	< 0.03	180
acetol	150	140	120	230	190	200	< 0.08	110
propylene glycol	310000	240000	230000	390	19000	270	6800	11
glycerol	130000	100000	98000	5100	6900	4000	3400	59
menthol	2000	1100	1400	2400	3900	2500	720	< 0.01
nicotine	1200	790	890	1200	8.5	510	250	2600
formaldehyde	39	2100	5.1	6.2	2.8	10	< 0.07	42
acetaldehyde	170	350	0.62	210	69	260	0.25	1200
acrolein	21	170	3.8	8.2	8.2	5.3	< 0.2	100
crotonaldehyde	< 0.2	< 0.2	< 0.2	4.5	3.0	18	< 0.2	51
butanal	< 0.2	< 0.2	< 0.2	20	15	30	< 0.2	80
glyoxal	0.3	1000	3.4	5.4	3.2	7.8	< 0.2	26
methylglyoxal	25	440	290	5.2	9.7	33	< 0.2	38
TGPM (mg)	440	340	300	43	50	29	19	30

ヒド、アクロレイン、アセトアルデヒドが発生することが予期される (Scheme 1) 1)。Table 1 において、これらの分解物を赤字でハイライトさせてあるが、いずれも発ガン性等を示す有害物質であり、電子タバコから発生する量は比較的多い。

加熱式タバコ: 加熱式タバコから発生する化学物質は、水分、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、全体的に化学物質発生量は少ない 1)。水分量は、IQOS と glo の場合、総化学物質の 75～85%であるのに対し、PloomTECH の場合は 17～27%であった。加熱式タバコから発生するプロピレングリコール (HCl, 240～850 µg/stick) は、通常のタバコ (HCl, 11～28 µg/stick) より非常に多い。

また、加熱式タバコから発生するニコチンは燃焼式タバコより少なく IQOS (1200 µg/stick)、glo (510 µg/stick)、PloomTECH (250 µg/stick) であった。一方、タバコ葉に含有するニコチンからの発生率は IQOS (23%) glo (30%) PloomTECH (3.5%) であった。

C.3. プロピレングリコール、グリセロールの熱分解物の分析

前述したようにプロピレングリコールは、熱分解によりメチルグリオキサル、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、脱水反応によりプロピレンオキサイド

を生成する可能性がある 1)。また、グリセロールは、熱分解によりグリオキサル、ホルムアルデヒド、脱水反応によりグリシドール、アクロレインを生成する可能性がある 1)。これらの物質の中で、グリオキサル、メチルグリオキサルは官能基を二つ有するジカルボニル化合物であるが、分析が困難であるため測定値の報告は非常に少ない 5)。また、プロピレンオキサイド、グリシドールは不安定であり、そのまま分析することは困難とされている。

C.3.1. グリオキサル、メチルグリオキサールの分析

電子タバコ主流煙を固体捕集/2相溶出法で分析した時の HPLC クロマトグラムを Fig. 1 に示す。上のクロマトグラムは GF に捕集された粒子状物質、下のクロマトグラムは Caboxen 572 に捕集されたガス状物質である。グリオキサル、メチルグリオキサールの大半は粒子状で存在していることが分かる。今まで、これらの物質の分析報告がほとんどされていないが、我々はグリオキサル、メチルグリオキサールの 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体を合成し、HPLC の保持時間、誘導体のスペクトルから分析可能であることを確認した。Fig. 2 にグリオキサル、メチルグリオキサールの DNPH 誘導体のスペクトルを他のアルデヒド類誘導体とともに示す。ジカルボニル誘導体であるグリオキサル、メチルグリオキサル誘導体

のスペクトルは、極大吸収波長が 400~450nm 付近にあり、他のアルデヒド類と大きく異なった。また、モル吸光係数も 2 倍以上大きい。これらの結果から、HPLC の分析波長を 300~450 nm の最大波長に設定することで、分析が可能であることが分かった。

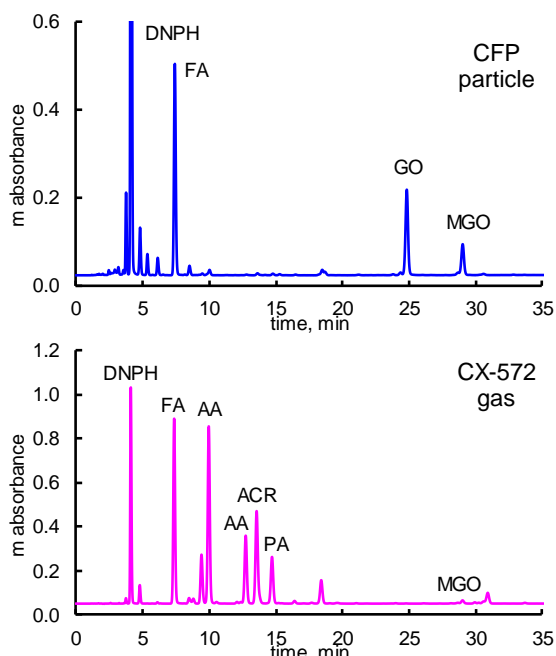


Fig. 1. Representative chromatographic profiles of carbonyl compounds in particulate matter (upper panel) and gaseous compounds (lower panel) generated from E-cigarettes. FA, formaldehyde; AA, acetaldehyde; AC, acetone; ACR, acrolein; PA, propanal; GO, glyoxal; MGO, methylglyoxal.

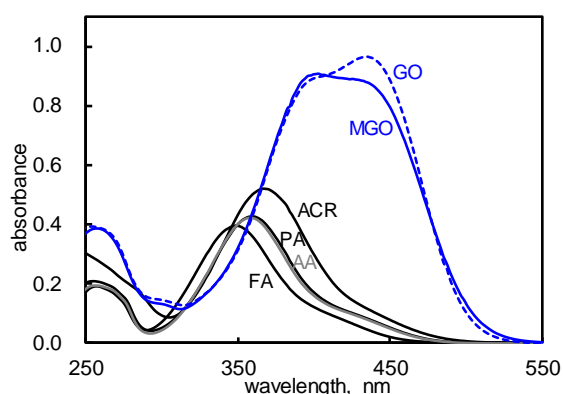


Fig. 2. UV-visible absorption spectra of monoaldehyde-DNPhydrazones (black lines) and dicarbonyl-DNPhydrazones (blue lines). FA, formaldehyde; AA, acetaldehyde; AC, acetone; ACR, acrolein; PA, propanal; GO, glyoxal; MGO, methylglyoxal.

C.3.2. プロピレンオキシド、グリシドールの分析

一般に、プロピレンオキシドやグリシドールのようにエポキシ環を有する物質は反応性が高く、不安定

であるため、分析が困難とされてきた。しかし、GC/MS のカラムに VOCOL (60 cm × 0.25 mm id, 1.5 μm) を用いることで、プロピレンオキシドとグリシドール (GLD) を完全に分離定量することが可能であった Fig. 3 にプロピレンオキシド (PO), Fig. 4 にグリシドール (GLD) の GC/MS クロマトグラムを示す。

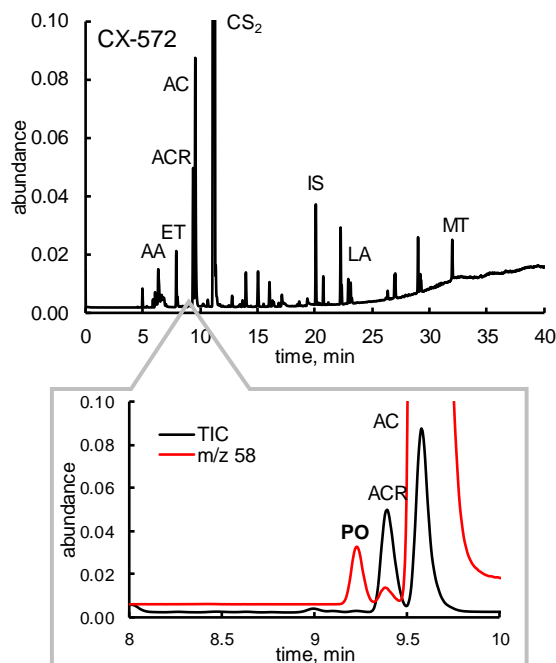


Fig. 3. Representative chromatographic profile of propylene oxide (PO) in gas phase of E-cigarette smoke.

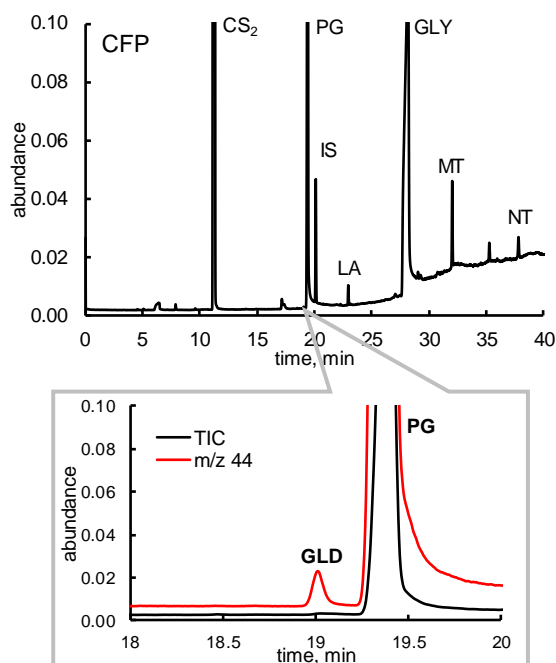


Fig. 4. Representative chromatographic profile of glycidol (GLD) in particle phase of E-cigarette smoke.

C.4. 電子タバコの消費電力と化学物質発生量

最近流行している、いわゆる“爆煙型電子タバコ”は、消費電力を変化させることができる。そこで、電

子タバコ本体の電力を 10W~80W に設定し、発生する化学物質を分析した。各種電子タバコにおける、電力と化学物質発生量の関係を Fig. 5~Fig. 7 に示す。

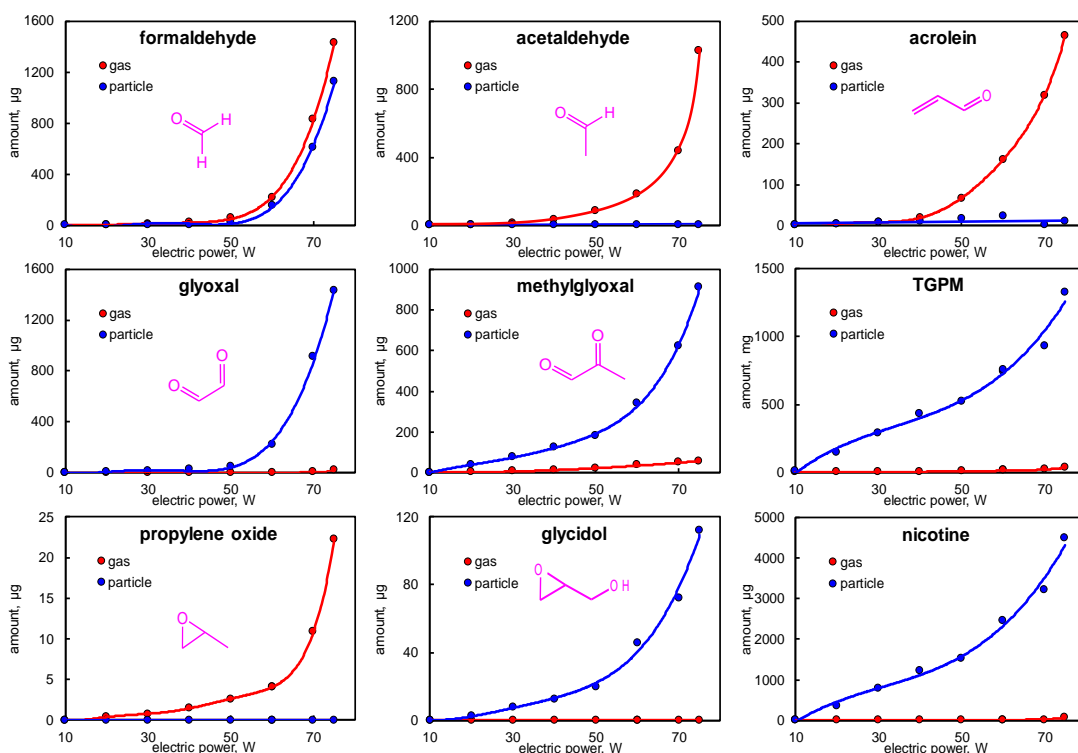


Fig. 5. Changes in the amount of chemicals generated from E-Cigarette (**brand A**) with electric power. Puff volume, number and duration are 55 mL, 15 times and 60 s, respectively. TGPM: total gaseous and particulate matter.

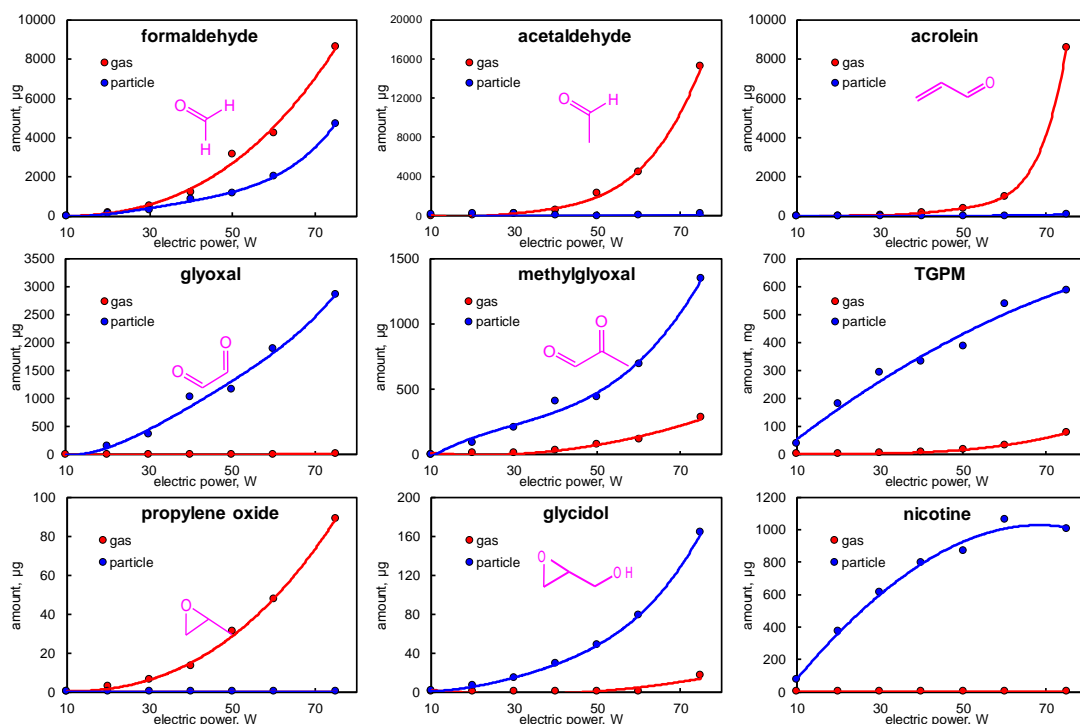


Fig. 6. Changes in the amount of chemicals generated from E-Cigarette (**brand B**) with electric power. Puff volume, number and duration are 55 mL, 15 times and 60 s, respectively. TGPM: total gaseous and particulate matter.

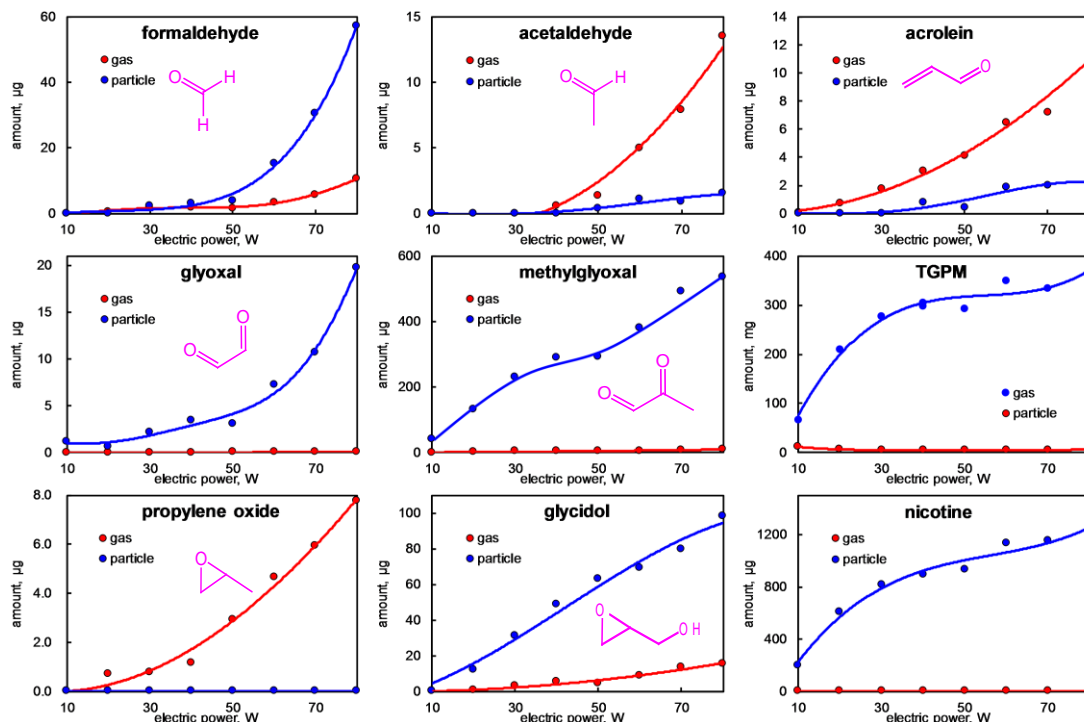


Fig. 7. Changes in the amount of chemicals generated from E-Cigarette (brand C) with electric power. Puff volume, number and duration are 55 mL, 15 times and 60 s, respectively. TGPM: total gaseous and particulate matter.

電子タバコの設定可能電力は、銘柄 A が 1 W~75 W、銘柄 B が 7 W~75 W、銘柄 C が 7 W~80 W である。また、使用したアトマイザーの規定（推奨）電力は、銘柄 A が 40 W~50 W、銘柄 B が 15 W~60 W、銘柄 C が 30 W~60 W である。

いずれの電子タバコにおいても、消費電力の上昇に伴い各種化学物質の発生量が増加した。これらの物質の中で、アセトアルデヒド、アクロレイン、プロピレンオキサイドは、ほとんど気相に存在し、グリオキサール、メチルグリオキサール、グリシドール、ニコチンは粒子相に存在した。また、ホルムアルデヒドは、ガス相、粒子相両方に存在した。これらの物質の物性

Table 2. Physical properties of chemical compounds generated from E-cigarettes

compounds	M.W. g/mol	b.p. °C	vapor pressure kPa
formaldehyde	30.0	-19.3	518.6 (25°C)
acetaldehyde	44.1	20.2	101 (20°C)
acrolein	56.1	53	29 (20°C)
glyoxal	58.0	51	2.4 (20°C)*
methylglyoxal	72.1	72	3.56 (25°C)
propylene oxide	58.1	34.2	58.9 (20°C)
glycidol	74.1	166	120 (25°C)
nicotine	162.2	248.8	0.006 (20°C)
glycerol	92.1	290	0.01 (25°C)
propylene glycol	76.1	188.2	10.6 (20°C)

*40% soln

を Table 2 に示す。Scheme 1 の反応により、E-リキッドの成分であるプロピレングリコールが熱分解により先ずメチルグリオキサールを生成し、さらなる加熱でホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを生成する。同様にグリセロールが熱分解により、グリオキサール、そしてホルムアルデヒドを生成することが推測される一方、加熱による脱水反応によりプロピレングリコールからプロピレンオキサイドが、グリセロールからグリシドール、アクロレインが生成する。プロピレングリコール、グリセロールは沸点が高く、蒸気圧が低いいためほとんど粒子状で存在する。気相の物質は、プロピレングリコール、グリセロールから酸化したことが考えられるが、ホルムアルデヒドを除き、存在状態は、概ね、沸点、蒸気圧に依存している。

ホルムアルデヒドは沸点が非常に低く、蒸気圧が非常に高いのでガス状で存在し易いはずであるが、粒子中にも多く存在する。ホルムアルデヒドは、大きな付着係数を有する非常に可溶性の極性分子である。したがって、気体形態および粒子形態の両方で存在する可能性が高いことが考えられる。

爆煙型電子タバコの電力は自由に変更できる。喫煙者は、メーカー規定のアトマイザー電力を守るとは限らず、そもそも、規定内の電力においても高濃度の化学物質を発生する場合があった。

C.5. 消費電力によるアトマイザーの温度変化

電子タバコのアトマイザーは、E-リキッドを“煙”に変換させる部品である。しかし、高温になりすぎると、E-リキッドの主成分であるプロピレングリコールやグリセロールを分解し様々な化学物質を発生させてしまう。従って、アトマイザーの温度コントロールは非常に重要である。熱電対をアトマイザーの一番高温になる箇所に設置し、稼働中の温度を記録した。なお、吸煙は、スイッチを入れてから3秒後に開始し、3秒間行った。いずれの電子タバコも、スイッチを入れてから10秒でオフになるが、継続して200秒までモニタリングした。Fig. 8に各電子タバコの様々な消費電力におけるアトマイザー温度の変化を示す。

Brand Bは最高温度が570°C (70 W) に達した。75 Wの時のガス状化学物質発生量は、ホルムアルデヒド 8600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒド 15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アクロレイン 8600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、プロピレンオキシド 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。一方、粒子状化学物質発生量は、ホルムアルデヒド 4700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、グリオキサール 2900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、メチルグリオキサール 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、グリシドール 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。Brand Cは、最も化学物質発生量が少なかった電子タバコであるが、アトマイザーの温度制御は他の製品に比べ安定している。

C.6. 電子タバコ煙の温度と消費電力

前述したように、本研究で検討した“爆煙タイプ”の電子タバコは消費電力を変化させることで、タバコ煙の量を制御することができる。電子タバコの電力を高くすると、煙の量が増えるわけであるが、発熱量も増加する。Fig. 11～Fig. 13に電子タバコの消費電力とタバコ煙温度の関係を示す。吸煙毎にタバコ煙温度が上昇するが、瞬間的に200°Cを超える場合もあった。消費電力が10 Wの時は30～50°C程度であるが、発煙量は非常に少ない。十分なタバコ煙量を発生させるためには、いずれの電子タバコも30 W以上の電力が必要である。このとき、タバコ煙温度は100°C以上になる。喫煙時に、発煙量が少なく煙の密度が低い場合は、それほど熱さを感じないが、200°Cを超え、発煙量が多く煙の密度が高くなった場合は、口腔部の火傷が危惧される。実際の測定中にも、電子タバコのプラスチック製マウスピースが熱により熔解してしまうことがあった。

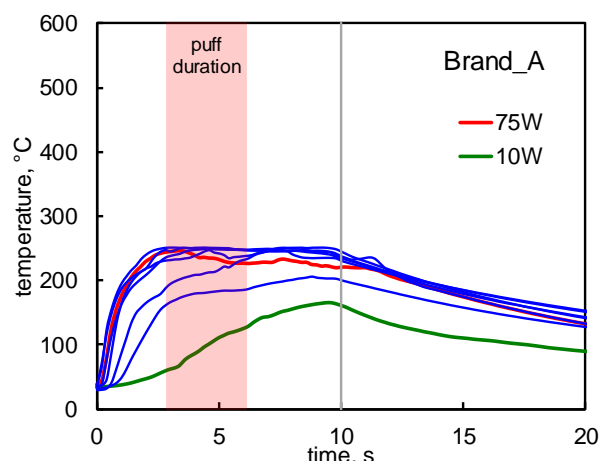


Fig. 8. Changes in the atomizer temperature with time at various electric power values. (Brand A)

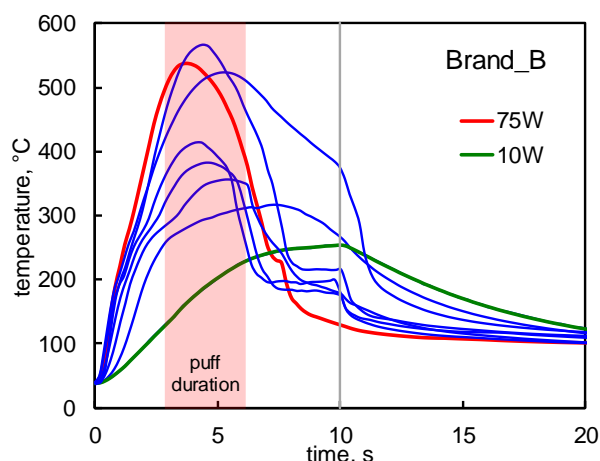


Fig. 9. Changes in the atomizer temperature with time at various electric power values. (Brand B)

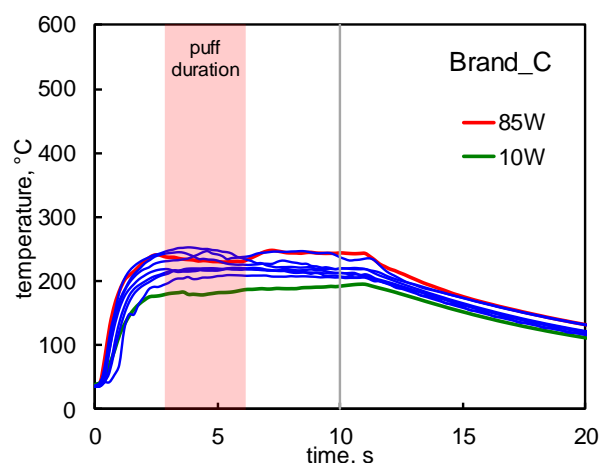


Fig. 10. Changes in the atomizer temperature with time at various electric power values. (Brand C)

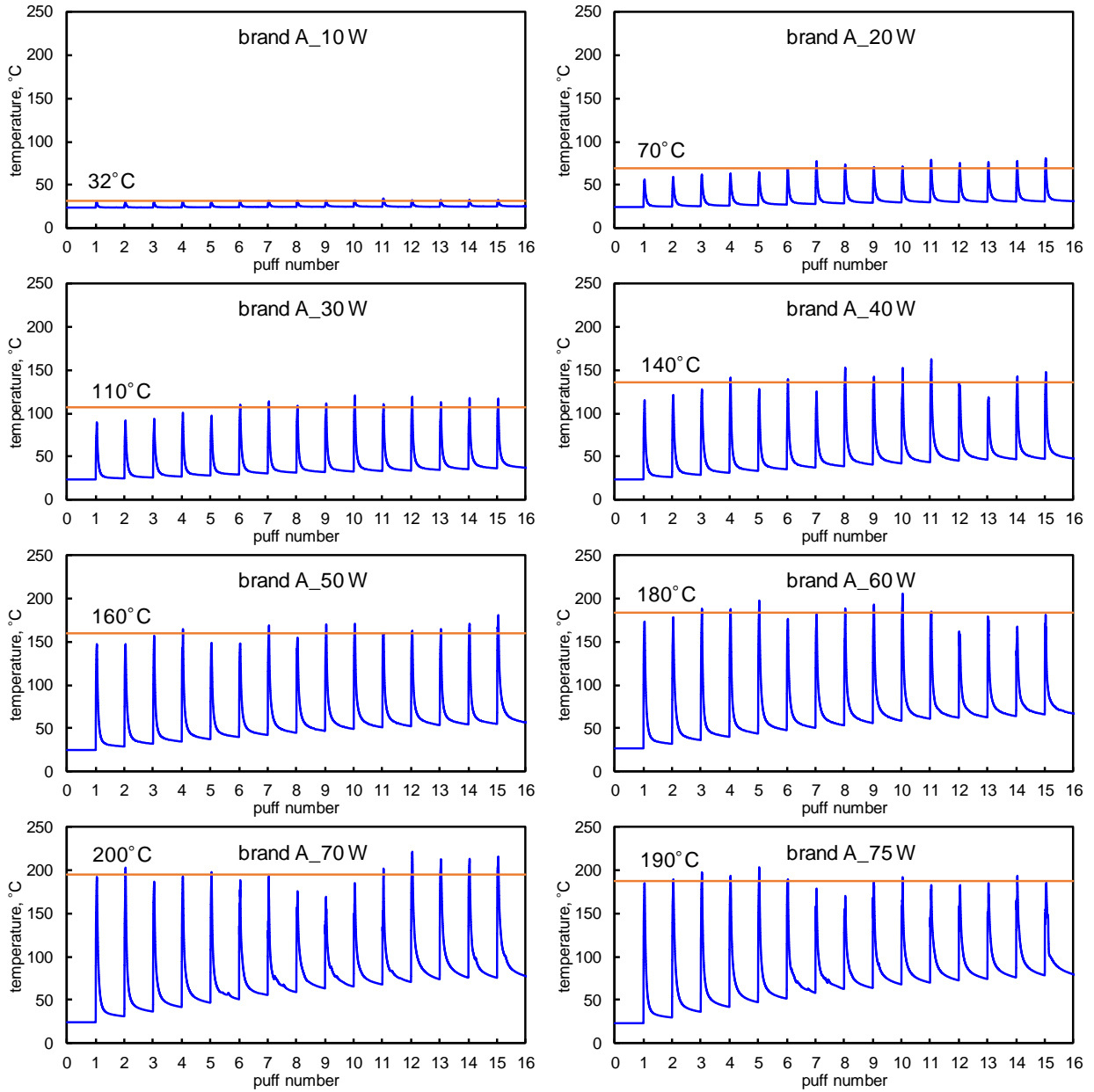


Fig. 11. Changes in the temperature of E-cigarette smoke with puff number at various electric power. Puff volume, puff duration and puff interval are 55 mL, 3 min and 57 s, respectively. Red line indicates the mean value of maximum temperature for every puff.

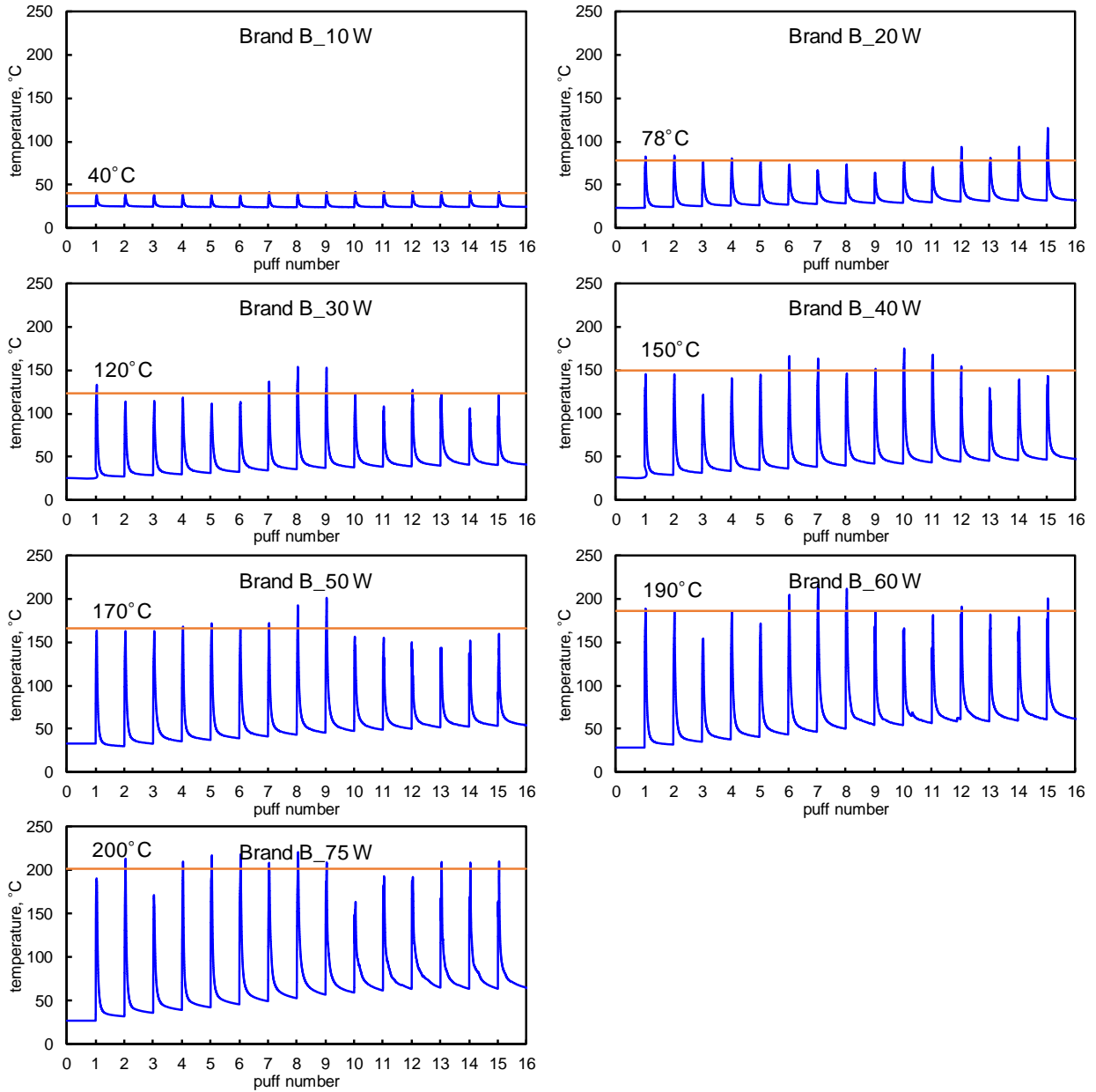


Fig. 12. Changes in the temperature of E-cigarette smoke with puff number at various electric power. Puff volume, puff duration and puff interval are 55 mL, 3 min and 57 s, respectively. Red line indicates the mean value of maximum temperature for every puff.

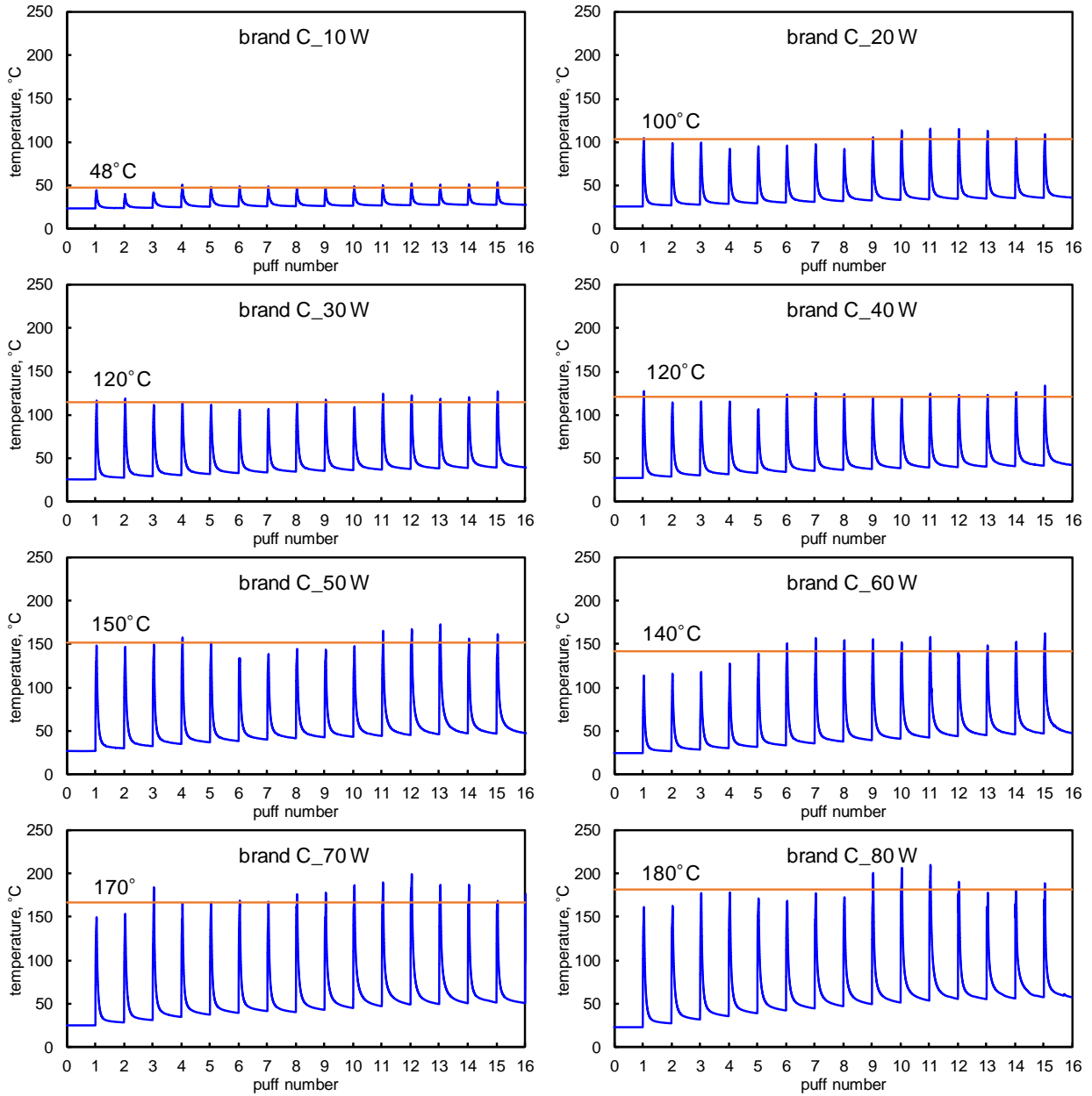


Fig. 13. Changes in the temperature of E-cigarette smoke with puff number at various electric power. Puff volume, puff duration and puff interval are 55 mL, 3 min and 57 s, respectively. Red line indicates the mean value of maximum temperature for every puff.

D. まとめ

本研究により、非燃焼式タバコ、いわゆる加熱式タバコや電子タバコから様々な化学物質が発生することが明らかになった。燃焼式タバコ、加熱式タバコ、電子タバコは、それぞれ煙を発生させるメカニズムが異なり、発生する化学種が異なった。

プロピレングリコールとグリセロールは電子タバコに E-リキッドとして使用されているが、加熱式タバコのタバコ葉にも含まれている(おそらく保湿剤として添加)。プロピレングリコールやグリセロールは食品添加物にも使用されている毒性の低い物質であるが、熱分解により、有害なプロピレンオキシド、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を生成することが本研究により明らかになった。最近普及している“爆煙タイプ”の電子タバコは喫煙者が自由に電力を制御することができるが、必要以上に高電力にすると有害物質の発生量が増えるばかりでなく、煙が高温になり危険である。

E. 文献

1. 内山茂久. 加熱式タバコから発生する化学物質. 現代化学. 2018;10:21-24.
2. Uchiyama S, Noguchi M, Takagi N, et al. Simple Determination of Gaseous and Particulate Compounds Generated from Heated Tobacco Products. *Chemical research in toxicology*. 2018;31(7):585-593.
3. Uchiyama S, Hayashida H, Izu R, Inaba Y, Nakagome H, Kunugita N. Determination of nicotine, tar, volatile organic compounds and carbonyls in mainstream cigarette smoke using a glass filter and a sorbent cartridge followed by the two-phase/one-pot elution method with carbon disulfide and methanol. *J. Chromatogr. A*. 2015;1426:48-55.
4. Uchiyama S, Tomizawa T, Inaba Y, Kunugita N. Simultaneous determination of volatile organic compounds and carbonyls in mainstream cigarette smoke using a sorbent cartridge followed by two-step elution. *J. Chromatogr. A*. 2013;1314:31-37.
5. Uchiyama S, Senoo Y, Hayashida H, Inaba Y, Nakagome H, Kunugita N. Determination of Chemical Compounds Generated from Second-generation E-cigarettes Using a Sorbent Cartridge Followed by a Two-step Elution Method. *Analytical Sciences*. 2016;32(5):549-555.

F. 研究発表

論文発表

Uchiyama, S.; Noguchi, M.; Takagi, N.; Hayashida, H.; Inaba, Y.; Ogura, H.; Kunugita, N. Simple Determination of Gaseous and Particulate Compounds Generated from Heated Tobacco Products. *Chemical Research in Toxicology* **2018**, *31*, 585-593.

内山茂久 加熱式タバコから発生する化学物質 現代化学 **2018**, *10*, 21-24.

学会発表

野口真由美; 内山茂久; 稲葉洋平; 小倉裕直; 樺田尚樹 加熱式タバコ、電子タバコ等非燃焼式タバコから発生する化学物質の分析 日本薬学会第 139 年会, 2019 年 3 月, 千葉

野口真由美; 内山茂久; 菱木麻佑; 稲葉洋平; 小倉裕直; 樺田尚樹 室内空気に存在する化学物質の挙動と季節変動 平成 30 年室内環境学会学術大会, 2018 年 12 月, 東京

野口真由美; 内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 小倉裕直 室内空気に存在する有害物質の季節的変動及び生活用品による汚染 第 77 回日本公衆衛生学会総会 2018 年 10 月, 福島

野口真由美; 内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 小倉裕直 室内空気に存在するガス状化学物質の季節的変動 第 59 回大気環境学会年会, 2018 年 9 月, 九州大学

野口真由美; 内山茂久; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 小倉裕直 拡散サンプラーを用いる室内空気に存在するガス状化学物質の季節変動の測定 第 27 回環境化学討論会, 2018 年 5 月, 沖縄(CD-ROM)

Noguchi, M.; Uchiyama, S.; Tin Tin Win Shwe; Kunugita, N. Seasonal variation of chemical compounds in indoor and outdoor air at residential houses in Japan. 47th Myanmar Health Research Congress, Yangon. Myanmar, January 2019.