

令和2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

たばこ主流煙に含まれる芳香族アミン類の分析法の確立

分担研究者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
研究協力者 郡司 夏美 東京薬科大学
研究協力者 内山 茂久 国立保健医療科学院

研究要旨

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、*o*-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る。また、これまでの芳香族アミン類分析の公定法では、主に4種類（1-ナフチルアミン、2-ナフチルアミン、3-アミノビフェニル、4-アミノビフェニル）の芳香族アミンを対象としてきた。そこで本研究では、これまでガスクロマトグラフ質量分析計（GC/MS）での報告が多いこれらの芳香族アミンに加えてさらに対象物質を増やし、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することを目的とした。この手法は、主流煙フィルターから芳香族アミンの前処理を抽出液、CHカラム、K-Soluteを組み合わせることによって、測定妨害成分を除去することが可能となった。また、芳香族アミン類は、構造異性体が多いためHPLC分析カラムを数種類、比較検討したところRaptor Fluoro Phenylカラムが適していた。この手法を先行研究と比較し、国産たばこ銘柄に適用した。測定対象とした芳香族アミン類は、全て検出された。発がん性物質は、*o*-トルイジンが、2-ナフチルアミン、4-アミノビフェニルより高い値であった。また、外箱表示が0.1 mgニコチンたばこをヒトの喫煙行動に近い喫煙法で主流煙を分析すると、ニコチン表示量が1.2 mgたばこの含有量の1/2から1/3であった。このことから、ニコチン表示量が有害化学物質の曝露量に比例すると考える喫煙者も多いが、そのようにはならないことが確認された。また、加熱式たばこへの適用も検討した。

A. 研究目的

たばこ主流煙には、200種類以上の発がん関連物質が含まれており、70種類の発がん性物質が含まれていると報告されている。発がん性物質として、1,3-ブタジエン、ホルムアルデヒド、ベンゼンのようなガス成分やベンゾ[a]ピレン、たばこ特異的ニトロソアミン類などの粒子成分が存在しており、これまでに本研究班からも国内で販売される紙巻たばこ銘柄について分析結果を報告してきた。これらの化学物質以外にも、4-アミノビフェニル、*o*-トルイジン、2-ナフチルアミンなどは、

国際がん研究機関の発がん性リスク一覧のグループ1（ヒトに対する発がん性が認められる）に分類され発がん性を有し、含有量が数ngでもその有害性は高いと報告されている。この4-アミノビフェニルをはじめとする芳香族アミンは、ベンゼン環にアミンが置換されている構造となっている。しかし、国内で販売されている紙巻たばこについての分析結果の報告は少なくその実態が不明である。また、これまでの芳香族アミン類分析の公定法では、主に4種類（1-ナフチルアミン、2-ナフチルアミン、3-アミノビフェニル、4-アミノ

ビフェニル)の芳香族アミンを対象としてきた。そこで本研究では、これまでガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)での報告が多いこれらの芳香族アミンに加えてさらに対象物質を増やし、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することを目的とした。この分析法を応用することによって加熱式たばこへ適用することも目的とした。

B. 研究方法

1. 使用たばこ銘柄

たばこ試料

標準たばこ3銘柄(3R4F、1R6F、CM8)、国産たばこ10銘柄の計13銘柄を使用した。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。

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(LX20, Borgwaldt KC GmbH)を用いてISO法とHCI法を行った。ISO法(一服につき2秒間で35 mL吸引、60秒毎に一服)はISO 4387に、準拠して行った。HCI法、(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(1, 2)に準拠して行った。たばこは、ISO 3402(3)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, $\phi 44\text{ mm}$, Borgwaldt KC GmbH)で捕集した。ISO法では、1枚につき、たばこ5本分の主流煙を捕集し、1試料とした。HCI法は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。

芳香族アミンの分析

前処理法

たばこ主流煙からの芳香族アミン抽出は、捕集後のフィルターを0.1%ギ酸溶液で振とう抽出後、Bond-Elut CHカラムと珪藻土カラムの2段階で前処理を組み合わせることで行った。得られた前処理溶液をLC/MS/MSに供した。

測定対象成分

20種類の芳香族アミン(アニリン、*o*-、*m*-、*p*-アニシジン、*o*-、*m*-、*p*-トルイジン、2,3-、2,4-、2,5-、2,6-ジメチルアニリン、2-、3-、4-エチルアニリン、1-、2-ナフチルアミン、1-メチル-2-ナフチルアミン、2-、3-、4-アミノビフェニル)について分析を行った。

LC/MS/MS条件

分析カラムは、Raptor Fluoro Phenylカラム(RESTEK製 $1.8\mu\text{m}$ 、 $100\times 2.1\text{mm}$)を使用した。移動相は、A:0.1%ギ酸とB:メタノールを採用し、流速は0.35 mL/min、カラムオープン温度 30°C とした。高速液体クロマトグラフ質量分析計(LC/MS/MS)は、Waters Xevo TQ-Sで行った。

C. 結果及び考察

1. 芳香族アミンHPLC分離カラムの選定

本分析法の確立において、数種類のPFPカラムによる分析・比較を行ったところ、①たばこの妨害成分ピークの影響が少なく、②1-、2-ナフチルアミンの分離が可能、③*o*-、*m*-、*p*-トルイジンの分離が可能、④2-、3-、4-アミノビフェニルの分離が可能である、以上4項目に関して全ての条件を満たすカラムは、RESTEK製のPFPカラムであった。本分析法では、全ての紙巻たばこの主流煙に芳香族アミンが検出・定量された。本法で行った標準たばこの分析結果とGC/MSを用いた先行研究と比較すると、ISO法、HCI法ともに2-ナフチルアミンを除き、*o*-トルイジン、2,6-ジメチルアニリン、3-、4-アミノビフェニルは近い分析結果となり、

一部の成分で若干高い値となった。

2. 標準たばこによる本手法と先行研究との比較

標準たばこ3銘柄の芳香族アミン類を本研究法と先行研究との比較を行った (Table 1a, 1b)。先行研究は、たばこ産業の分析研究会である Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco (CORESTA) の共同分析研究のデータとの比較を行った。なお、先行研究は、GC/MS-CI を検出装置としている。ISO 法及び HCl 法による捕集結果を比較すると ISO 法よりも HCl 法による捕集結果の方が高い値となった。また、先行研究との比較を行ったところ、HCl 法の2-ナフチルアミンの分析値以外は、本手法による分析値が高い結果であった。先行研究はフロリジルカラムによる前処理に対し、本手法は CH カラム、K-Solute の2種類のカラムによって測定妨害成分の除去を行ったことで、マトリックス効果が抑制され、数値が高くなったとも考えられる。

3. 紙巻たばこ銘柄の分析

芳香族アミン類分析結果を Table 2-3 に示す。国産たばこ銘柄の HCl 法の分析結果が ISO 法に比べて高い値であった。これは、ISO 法は紙巻たばこ外箱パッケージ表示に使用する喫煙法であり、吸煙量はヒトの喫煙行動と比較すると少ない。一方で HCl 法はヒトの喫煙行動に近い喫煙法で吸煙量も ISO 法より多く、世界保健機関 (WHO) も標準的な喫煙法として推奨している。この吸煙量の差が分析結果に反映していると考えられる。次に、紙巻たばこ外箱パッケージ表示タール・ニコチン量が高いたばこは、主流煙中の芳香族アミンの分析値も高くなった。Table 3 は、HCl 法で捕集した国産たばこ銘柄主流煙の芳香族アミン量を示している。これらの結果から、主流煙中に最も多く含まれるのはアニリンであり、最も少ないのは *p*-アニシジンであった。また、測定対象とした芳香族アミン類は、全て検出された。発がん性物

質は、*o*-トルイジンが、2-ナフチルアミン、4-アミノビフェニルより高い値であった。各銘柄を比較すると、メビウス・ワンからセブンスターへたばこ外箱表示タール・ニコチン量は上昇しており、メビウス・ワンのニコチン量が 0.1 mg/本に対してセブンスターは 1.2 mg と 12 倍の差がある。しかし、HCl 法で捕集した芳香族アミン量の差は、2-5 倍程度であった。日本人喫煙者は、0.1 mg ニコチンたばこを使用する割合が 23.6% となっている。もし、表示量が低いたばこを使用する事で、喫煙による健康リスクを低減することを考えているのであれば、期待しているほどの効果は無いと考えられる。また、たばこ製品は、芳香族アミン類以外にも多くの有害化学物質の複合曝露を生じるため、健康影響を低減することは難しい。

今後は、海外産たばこ銘柄との比較、加熱式たばこへの分析法の適用と実態調査を進める計画である。

6. 加熱式たばこへの適用

今回確立した紙巻たばこ主流煙の芳香族アミン類分析法は、主流煙に含まれる測定妨害成分を除去し、芳香族アミン類の分析に適していた。一方で、加熱式たばこの主流煙は、燃焼によって発生する有害化学物質量は、低くなることが予想される。たばこ産業による報告でも、*o*-トルイジンは低値であった。そこで、加熱式たばこ抽出液を直接 LC/MS/MS に供したが、測定妨害成分によって、検出が出来なかった。今回の前処理法を行いつつ加熱式たばこの芳香族アミン類の分析を行う工夫をすることによって加熱式たばこ IQOS の分析が可能となった。今後は、他の加熱式たばこにも適用できるか検証を進める計画である。

D. 結論

本研究は、紙巻たばこ主流煙の芳香族アミン類の分析法を確立した。この手法は、主流煙フィルターから芳香族アミンの前処理を抽出液、CH カラム、K-Solute を組み合わせることによって、測

定妨害成分を除去することが可能となった。また、芳香族アミン類は、異性体が多いため HPLC 分析カラムを数種類、比較検討したところ Raptor Fluoro Phenyl カラムが適していた。この手法を先行研究と比較し、国産たばこ銘柄に適用した。測定対象とした芳香族アミン類は、全て検出された。発がん性物質は、*o*-トルイジンが、2-ナフチルアミン、4-アミノビフェニルより高い値であった。

E. 参考文献

- (1) Health Canada Test Method T-115. Determination of the tar, water, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke. 1999.
- (2) 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.
- (3) ISO 3402. Tobacco and tobacco products -- Atmosphere for conditioning and testing. 1999.

F. 研究発表

1. 論文発表

Uchiyama S, Noguchi M, Sato A, Ishitsuka M, Inaba Y, Kunugita N. Chem Res Toxicol. Determination of Thermal Decomposition Products Generated from E-cigarettes. 2020, 33, 2, 576–583.

稲葉洋平, 牛山明. 加熱式たばこ製品の有害性. 保健医療科学. 2020;69:144–152.

戸次加奈江, 稲葉洋平, 牛山明. 喫煙による室内汚染 —三次喫煙という新たな課題. 保健医療科学. 2020;69:138–143.

2. 学会発表

稲葉洋平, 内山茂久, 牛山明. 加熱式たばこ主流煙の有害化学物質量は加熱温度の影響を受ける. フォーラム 2019 衛生薬学・環境トキシコロジー. 2020.9.4-5; 講演要旨集による誌上発表並びに Web 開催. 同講演要旨集. p.221.

稲葉洋平. 特別シンポジウム「新型タバコの科学と社会インパクト」 新型タバコの成分分析の最新情報 第 79 回日本癌学会学術総会. 2020.10.1-3. ハイブリット開催 (広島、Web) オンライン要旨集.

稲葉洋平, 内山茂久, 戸次加奈江, 牛山明. 国内で販売されるメンソールたばこ銘柄の主流煙の有害化学物質の分析 第 79 回日本公衆衛生学会総会. 2020.10.20-22; Web 開催. 同講演抄録集. p.349.

小山真緒, 坂元宏成, 佐藤綾菜, 内山茂久, 櫻田尚樹, 稲葉洋平, 牛山明. 化学物質個人曝露量に与える室内濃度の影響 第 79 回日本公衆衛生学会総会. 2020.10.20-22; Web 開催. 同講演抄録集. p.483.

稲葉洋平. 「シンポジウム 2 今こそ新型タバコを考える」新型たばこ (加熱式たばこ・電子たばこ) の特徴と成分分析について 第 14 回日本禁煙学会学術総会. 2020.11.13-14. ハイブリット開催 (郡山、Web 開催).

坂元宏成, 内山茂久, 佐藤綾菜, 稲葉洋平, 牛山明. 有害化学物質の室内濃度と個人曝露濃度 2020 年室内環境学会学術大会. 2020.12.3-4. 郡山市と Web 開催. 同講演要旨集. P55-56.

稲葉洋平, 内山茂久, 牛山明. 紙巻たばこ主流煙に含まれる芳香族アミン類の分析 第 57 回 全国衛生化学技術協議会年会. 2020. 11.9-10. 紙上・Web 開催. 同講演集. P260-261.

戸次加奈江、内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 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 第57回 全国衛生化学技術協議会年会. 2020.11.9-10. 紙上・Web 開催. 同講演集. P252-253.

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）分析法の開発 第91回日本衛生学会学術総会. 2021.3.6-8. オンライン開催.

澤麻理恵、牛山明、稲葉洋平、服部研之、石井一行. 発生エアロゾル吸入後の生理応答からみた加熱式たばこの動物ばく露用喫煙装置の有用性 第91回日本衛生学会学術総会. 2021.3.6-8. オンライン開催.

稲葉洋平、内山茂久、戸次加奈江、牛山明. リトルンガーから発生する化学物質の分析 日本薬学会 第141年会. 2021.3.26-29. ハイブリット開催.

郡司夏実、稲葉洋平、内山茂久、戸張裕子、堀祐輔、牛山明. LC/MS/MSを用いたたばこ主流煙に含まれる芳香族アミン類の分析 日本薬学会 第

141年会. 2021.3.26-29. ハイブリット開催.

瀬戸口竜星、稲葉洋平、内山茂久、戸張裕子、堀祐輔、牛山明. たばこ葉及びたばこ主流煙に含まれる金属類の分析 日本薬学会 第141年会. 2021.3.26-29. ハイブリット開催.

3.その他

稲葉洋平. 加熱式タバコの有害性 中学保健ニュース（第1784号付録、2020年5月18日発行）、高校保健ニュース（第689号付録、2020年5月18日発行） 少年写真新聞社.

稲葉洋平. 加熱式タバコ・紙巻きタバコの害ほけん通信 中学保健ニュース（第1784号付録、2020年5月18日発行）、高校保健ニュース（第689号付録、2020年5月18日発行） 少年写真新聞社.

稲葉洋平. 紙面掲載 たばこニコチン加熱式も注意を「一部紙巻に匹敵」読売新聞（関西版）2020年11月15日 社会面31ページ

G. 知的財産権の出願・登録状況
特になし

Table 1 芳香族アミン分析法の比較

ISO 法

ISO	1R6F			3R4F			CM8		
	This method		CORESTA MEAN	This method		CORESTA MEAN	This method		CORESTA MEAN
	MEAN	SD		MEAN	SD		MEAN	SD	
<i>o</i> -anisidine	3.25	± 0.20	1.6	3.09	± 0.50	1.5	6.13	± 0.81	2.9
<i>o</i> -toluidine	68.9	± 3.55	36.7	45.8	± 3.50	34.8	108	± 4.65	54.1
2,6-dimethylaniline	3.82	± 0.27	3.8	5.54	± 1.04	2.8	6.94	± 0.28	6.9
1-naphthylamine	25.2	± 0.96	12.4	21.6	± 0.98	11.0	38.5	± 1.45	15.9
2-naphthylamine	5.11	± 0.35	6.6	4.15	± 0.23	6.2	7.63	± 0.37	8.1
3-aminobiphenyl	3.25	± 0.50	1.6	2.17	± 0.18	1.7	3.61	± 0.13	1.9
4-aminobiphenyl	1.66	± 0.38	1.0	1.07	± 0.06	1.1	1.79	± 0.08	1.2

HCl 法

HCl	1R6F			3R4F			CM8		
	This method		CORESTA MEAN	This method		CORESTA MEAN	This method		CORESTA MEAN
	MEAN	SD		MEAN	SD		MEAN	SD	
<i>o</i> -anisidine	6.42	± 0.37	2.9	5.24	± 0.55	3.1	8.75	± 0.61	5.3
<i>o</i> -toluidine	96.9	± 7.06	67.7	75.9	± 4.46	79.5	113	± 2.15	94.3
2,6-dimethylaniline	8.43	± 0.74	8.3	8.03	± 0.44	9.1	15.7	± 1.04	13.0
1-naphthylamine	47.0	± 1.92	21.9	40.0	± 1.73	22.6	60.2	± 2.55	32.5
2-naphthylamine	6.13	± 0.30	12.0	6.05	± 0.05	13.2	9.24	± 0.58	15.9
3-aminobiphenyl	6.00	± 0.68	3.5	4.91	± 0.05	4.0	6.15	± 0.51	4.0
4-aminobiphenyl	3.23	± 0.32	2.4	2.83	± 0.18	2.8	3.48	± 0.14	2.5

Table 2 国産たばこ銘柄の主流煙の芳香族アミン類 (ISO 法)

ISO	メバウス・ワシ		ウインドストン・キヤスタ		メバウス・エフストラライト		ウインドストン・キヤスタ		メバウス・メンソール・ライト		メバウス・スーパーライト		メバウス・ライト		メバウス		セブンスター		わかば		
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
	タール・ホワイト1		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		タール・ホワイトS		
aniline	66.8 ± 9.15	57.2 ± 13.6	133 ± 24.5	184 ± 13.0	265 ± 24.3	234 ± 29.3	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5	238 ± 35.5
o-anisidine	0.43 ± 0.06	0.41 ± 0.08	1.12 ± 0.25	1.34 ± 0.08	2.36 ± 0.40	2.07 ± 0.13	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44	2.21 ± 0.44
m-anisidine	0.05 ± 0.03	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.03	0.10 ± 0.04	0.24 ± 0.06	0.11 ± 0.03	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06
p-anisidine	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.05	0.53 ± 0.15	0.24 ± 0.03	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.07
o-toluidine	3.51 ± 0.27	3.71 ± 0.57	13.1 ± 1.02	21.2 ± 2.21	28.7 ± 2.24	27.0 ± 1.06	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13	32.3 ± 2.13
m-toluidine	3.17 ± 0.27	6.75 ± 4.34	18.6 ± 1.58	30.5 ± 2.31	38.2 ± 2.52	37.7 ± 1.29	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69	48.1 ± 3.69
p-toluidine	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	11.5 ± 0.68	15.9 ± 1.28	14.6 ± 0.53	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20	18.0 ± 1.20
2-ethyl-aniline	0.94 ± 0.20	0.85 ± 0.24	4.06 ± 0.28	6.51 ± 1.44	6.44 ± 0.69	8.62 ± 0.58	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36	13.2 ± 2.36
3-ethyl-aniline	0.99 ± 0.19	1.28 ± 0.15	2.72 ± 0.13	4.78 ± 0.54	5.82 ± 0.54	5.67 ± 0.19	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33	7.43 ± 0.33
4-ethyl-aniline	0.91 ± 0.09	1.14 ± 0.05	2.76 ± 0.20	4.63 ± 0.42	4.91 ± 0.53	6.07 ± 0.39	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73	7.08 ± 0.73
2,3-dimethyl-aniline	0.62 ± 0.18	0.88 ± 0.24	1.30 ± 0.51	2.34 ± 0.22	2.87 ± 0.56	2.93 ± 0.26	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38	3.54 ± 0.38
2,4-dimethyl-aniline	0.62 ± 0.05	0.65 ± 0.08	1.98 ± 0.23	3.18 ± 0.24	3.64 ± 0.29	3.55 ± 0.69	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77	4.01 ± 0.77
2,5-dimethyl-aniline	1.39 ± 0.46	1.25 ± 0.25	3.82 ± 0.42	6.43 ± 0.94	6.37 ± 0.91	7.91 ± 1.20	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98	9.01 ± 0.98
2,6-dimethyl-aniline	0.42 ± 0.14	0.32 ± 0.08	0.82 ± 0.09	1.35 ± 0.34	1.75 ± 0.17	1.91 ± 0.27	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23	2.36 ± 0.23
1-naphthylamine	2.81 ± 0.11	2.99 ± 0.33	6.95 ± 0.31	9.95 ± 0.42	11.2 ± 0.46	12.2 ± 0.52	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77	14.6 ± 0.77
2-naphthylamine	0.73 ± 0.04	0.95 ± 0.13	1.58 ± 0.05	1.97 ± 0.06	2.61 ± 0.13	2.23 ± 0.13	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09	2.48 ± 0.09
2-methyl-1-naphthylamine	0.31 ± 0.03	0.36 ± 0.11	1.00 ± 0.04	2.10 ± 0.16	5.99 ± 1.10	2.92 ± 0.13	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27	3.54 ± 0.27
2-aminobiphenyl	0.39 ± 0.05	0.48 ± 0.13	0.90 ± 0.05	1.46 ± 0.16	1.60 ± 0.26	1.90 ± 0.32	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09	2.00 ± 0.09
3-aminobiphenyl	0.31 ± 0.09	0.43 ± 0.25	0.52 ± 0.05	1.21 ± 0.39	1.28 ± 0.39	1.22 ± 0.09	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15	1.54 ± 0.15
4-aminobiphenyl	0.29 ± 0.10	0.42 ± 0.29	0.35 ± 0.02	0.83 ± 0.34	1.05 ± 0.53	0.81 ± 0.11	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10	1.08 ± 0.10

Table 3 国産たばこ銘柄の主流煙の芳香族アミン類 (HCI 法)

HCI	メピウス・ワン		ウインストン・キャス ター・ ホワイト1		メピウス・エクストラ ライト		ウインストン・キャス ター・ ホワイト5		キャナル・メンソー ル・ライト		メピウス・スーパー ライト		メピウス・ライト		メピウス・オリジ ナル		セブンスター		わかば	
	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD
aniline	370 ± 46.0		437 ± 17.3		444 ± 23.6		485 ± 46.8		652 ± 37.9		590 ± 53.4		608 ± 36.4		904 ± 25.7		803 ± 63.9		796 ± 45.5	
o-anisidine	2.74 ± 0.47		3.57 ± 0.28		4.06 ± 0.51		5.23 ± 1.45		5.75 ± 0.39		5.24 ± 0.89		5.13 ± 0.42		6.97 ± 0.84		6.73 ± 0.78		7.64 ± 0.85	
m-anisidine	0.13 ± 0.02		0.11 ± 0.02		0.21 ± 0.08		0.35 ± 0.28		0.24 ± 0.03		0.20 ± 0.07		0.26 ± 0.08		0.37 ± 0.04		0.25 ± 0.13		0.20 ± 0.08	
p-anisidine	0.26 ± 0.07		0.38 ± 0.06		0.43 ± 0.10		0.55 ± 0.11		0.60 ± 0.09		0.61 ± 0.10		0.62 ± 0.05		0.82 ± 0.17		0.80 ± 0.05		0.76 ± 0.06	
o-toluidine	35.3 ± 5.60		45.9 ± 2.69		51.1 ± 3.64		56.2 ± 7.30		77.6 ± 3.80		65.4 ± 5.48		67.3 ± 3.26		97.2 ± 2.63		90.1 ± 6.89		97.7 ± 5.28	
m-toluidine	68.3 ± 6.31		85.5 ± 5.27		108 ± 6.08		133 ± 25.4		142 ± 4.43		130 ± 11.47		138 ± 11.6		197 ± 8.91		194 ± 23.4		280 ± 31.0	
p-toluidine	25.4 ± 2.40		31.2 ± 2.09		38.4 ± 1.79		50.2 ± 11.6		52.3 ± 1.87		47.4 ± 4.58		48.3 ± 4.76		73.5 ± 3.51		72.0 ± 9.19		88.0 ± 6.14	
2-ethylaniiline	16.3 ± 1.90		20.0 ± 1.88		34.2 ± 2.33		38.6 ± 12.8		36.2 ± 2.51		47.1 ± 8.21		47.3 ± 4.84		63.1 ± 3.26		77.7 ± 9.96		142 ± 17.8	
3-ethylaniiline	8.76 ± 0.47		10.8 ± 0.72		15.9 ± 0.70		20.0 ± 3.60		17.6 ± 0.45		20.2 ± 2.68		15.8 ± 1.25		22.6 ± 1.45		19.0 ± 2.55		23.2 ± 1.92	
4-ethylaniiline	7.22 ± 0.36		9.18 ± 0.59		14.9 ± 1.14		18.8 ± 3.88		14.9 ± 0.81		19.1 ± 2.36		13.7 ± 1.32		19.3 ± 0.52		20.7 ± 2.28		27.9 ± 3.04	
2,3-dimethylaniline	4.01 ± 0.49		4.69 ± 0.35		6.02 ± 0.62		7.48 ± 1.91		7.16 ± 0.52		7.01 ± 0.49		6.99 ± 0.89		9.17 ± 0.74		8.25 ± 0.81		7.70 ± 0.76	
2,4-dimethylaniline	5.03 ± 0.61		5.51 ± 0.70		7.29 ± 0.54		8.83 ± 1.87		10.5 ± 0.55		8.89 ± 1.09		9.00 ± 0.82		13.2 ± 1.07		12.9 ± 1.45		12.1 ± 0.86	
2,5-dimethylaniline	10.4 ± 0.88		11.6 ± 0.52		14.2 ± 0.54		17.1 ± 3.08		20.2 ± 1.10		18.2 ± 1.44		17.3 ± 1.96		26.1 ± 1.16		24.2 ± 2.26		24.9 ± 1.47	
2,6-dimethylaniline	2.00 ± 0.48		2.39 ± 0.44		2.59 ± 0.33		3.18 ± 0.52		5.88 ± 1.04		4.17 ± 0.64		5.47 ± 0.29		7.65 ± 0.40		8.65 ± 1.20		10.3 ± 0.54	
1-naphthylamine	18.8 ± 0.74		20.4 ± 0.58		22.0 ± 0.80		23.3 ± 1.07		38.0 ± 0.54		31.7 ± 3.04		35.3 ± 2.44		45.1 ± 1.46		45.4 ± 3.95		44.4 ± 3.31	
2-naphthylamine	3.20 ± 0.15		3.17 ± 0.14		3.41 ± 0.29		3.49 ± 0.35		5.22 ± 0.22		4.65 ± 0.51		5.29 ± 0.42		6.97 ± 1.29		7.13 ± 0.37		8.65 ± 1.14	
2-methyl-1-naphthylamine	12.6 ± 6.21		5.71 ± 0.45		5.32 ± 0.30		5.84 ± 0.40		9.36 ± 0.32		7.07 ± 0.56		6.62 ± 1.29		5.13 ± 1.74		8.06 ± 1.72		7.91 ± 1.46	
2-aminobiphenyl	2.94 ± 0.30		3.00 ± 0.19		3.16 ± 0.19		3.24 ± 0.12		5.47 ± 0.19		4.07 ± 0.34		4.45 ± 0.31		5.68 ± 0.15		5.13 ± 0.38		4.81 ± 0.41	
3-aminobiphenyl	2.45 ± 0.73		2.59 ± 0.18		3.67 ± 0.85		4.03 ± 0.36		4.33 ± 0.18		4.75 ± 0.82		7.20 ± 1.82		6.73 ± 0.30		6.69 ± 0.90		6.11 ± 0.61	
4-aminobiphenyl	2.01 ± 0.61		1.71 ± 0.17		2.29 ± 0.66		2.68 ± 0.30		2.63 ± 0.07		2.78 ± 0.36		5.40 ± 1.31		4.38 ± 0.43		4.93 ± 0.32		5.69 ± 1.08	

ng/本, n=5