

アルデヒド，2-ナフチルアミン，ニッケル化合物，カドミウム及びカドミウム化合物，ヒ素及び無機ヒ素化合物，ベリリウム及びベリリウム化合物，6価クロム，ポロニウム-210そしてベンゾ[a]ピレン（BaP）が指定されている[2]。また，発がん性以外にも依存性があり，我が国においては毒物及び劇物取締法で毒物に指定されているニコチンや劇物に指定されているアクロレイン，フェノールも含有されている。特に，有機物の不完全燃焼に伴って発生する多環芳香族炭化水素類（PAH）は，BaPに代表される発がん物質を含む重要な発がん関連物質群を構成している。このたばこ煙中のBaP量を分析し，管理することは必要である。

WHOが主催するたばこ研究室ネットワーク（TobLabNet）は，たばこ規制枠組条約（FCTC）の第9条「たばこ製品の含有物に関する規制」と第10条「たばこ製品についての情報の開示に関する規制」に基づいてたばこ製品の含有物及び排出物の新しい国際標準化試験法を確立する研究室ネットワークである。FCTC締約国会議（Conference of the Parties; COP）は，TobLabNetに標準作業手順書（Standard Operating Procedure; SOP）の作成を求めている。TobLabNetは，たばこ関連企業から独立した各国の大学や研究機関が連携して共同研究を実施することで，科学的に正確で客観的なSOPを確立し，たばこ規制に有用な分析データを得ることを目的とした国際的な研究グループである。今年度は，その一環としてたばこ主流煙中のBaP分析のラウンドラビン研究が開催されたのでその分析結果を報告する。

B 研究方法

(1) たばこ試料

たばこ試料5種類には標準たばこ1R5F，同3R4F，同CM6，Marlboro Red及びGitanesを用いた。Table 1に分析対象となったたばこ試料を示す。試

料はいずれもTobLabNet事務局が一括購入し，これらを各参加機関に発送した。発送作業終了後，TobLabNetから参加機関にその旨通知された。各参加機関は試料受領後，受領確認及び破損その他の問題があれば電子メールによりTobLabNet事務局に報告した。もし輸送中に問題が生じた場合，TobLabNetから2週間以内に代替サンプルが再発送されることになっていた。参加機関はサンプル受領後47日以内に分析を完了し，直ちに分析データを報告することが義務付けられた。また，受領後のサンプルはすべてプラスチック製の袋に入れて，-20℃以下の冷凍庫内に保存した。

(2) GC/MS装置構成

ガスクロマトグラフ／質量分析計（GC/MS）は，GCがHewlett Packard社製の HP6890，MSがAgilent Technologies社製 MSD5973を使用した。分離カラムは，HP-5MS（J&W Scientific 製，30 m x 0.25 mm id, 0.1 µm film）を用いた。

(3) GC/MS分析条件

オープン温度は，50℃で2分間保持し，毎分12℃で250℃まで昇温後，毎分3℃で300℃まで昇温し，8分間保持した。注入口温度は280℃，インターフェイス温度は300℃に設定した。キャリアガスにはヘリウムを用い，流量は1 mL/minに設定した。試料はスプリットレスで1 µL注入した。MS部については，電子イオン化エネルギーは70 eV，分析するm/zは，BaPは252そしてBaP-d₁₂が264とし，選択イオン検出法（SIM法）を用い，内部標準法によって定量した。

(4) BaP及び各種試薬

BaPの標準品及び試薬調製には以下の薬品を用いた。BaP（和光純薬製），BaP-d₁₂（TobLabNetから提供），シクロヘキサン（残留農薬濃縮300，和光純薬社製）を使用した。

(5) BaP標準溶液の作成

上記BaPの標準品をシクロヘキサンに溶解し、各々1 µg/mLに調製した。作製した試料は分析時までアルミホイルで遮光して-20±5 °Cで冷凍保管した。

(6) 内部標準溶液 (BaP-*d*₁₂溶液) の作成

内部標準溶液には上記の各対象物質の重水素体 (*d*体) であるBaP-*d*₁₂をシクロヘキサンに溶解し、各々2 µg/mLに調製した。作製した試料は分析時までアルミホイルで遮光して-20±5 °Cで冷凍保管した。

(7) 検量線の作成用溶液の調製

各BaP溶液を2, 4, 8, 20, 40及び60 ng/mLの6段階に希釈し、それぞれに対応するBaP-*d*₁₂溶液を20 ng/mLになるよう添加し調製した。

(8) たばこ主流煙の捕集方法

たばこ試料の恒温・恒湿化はISO3402 (1999) [3]に準拠し、捕集直前まで48時間-10日間、温度22±2 °C、湿度60±3 %で行った。たばこ主流煙の捕集は小型チャンバー内 (幅1.7 m×奥行2.4 m×高さ3 m) に設置された半自動喫煙装置 (Borgwaldt single channel linear smoking machine model LM1, Borgwaldt KC社製) で行った。捕集中はチャンバー内をISO3308 (2000) [4]に準じ、温度22±2 °C、湿度60±5 %で維持した。たばこ主流煙は、ISOの定める機械喫煙方法 (ISO法) に準じ、吸煙量35 mL、吸煙時間2 sec、吸煙間隔60 secでCambridge filter pad (CFP) (44 mm φ, Borgwaldt KC社製) に捕集し、これを粗タール量として分析した。粗タール量の分析方法はISO4387 (2000) [5]に準じ、[捕集後CFPの重量] - [捕集前CFPの重量] で求めた。重量分析には Mettler Toledo AB265-S (Mettler-Toledo International社製) を用い、0.01 mg

単位で記録した。また、カナダ保健省が提案する Health Canada Intense (method T-115, HCl法) も同時に用いた[6]。HCl法は、吸煙量55 mL、吸煙時間2 sec、吸煙間隔30 secとし、更にフィルター部に通気孔があるたばこを用いた際はテープで完全に塞いで捕集を行なった。たばこ主流煙分析回数は、ISO法で1銘柄につき1日に4回で7日間 (計28試料)、またHCl法では1銘柄につき1日に6回で7日間 (計42試料) 行った。

(9) BaPの抽出

半自動喫煙装置によりたばこ主流煙を捕集したCFPを100 mL容共栓付三角フラスコに入れ、上記BaP-*d*₁₂溶液80 µLを添加した。次にシクロヘキサンを40 mL加え、180 rpm、30 minで振盪抽出を行った。振盪終了後、50mL容ガラス容器に移し、4-10°Cで一時的に冷蔵保存した。次に、抽出液2 mLをSilica gelカラム (500 mg/3 mL) に供した。次に、シクロヘキサン 8 mLで溶出を行った。溶出液は窒素気流下にて溶媒留去した。溶媒留去後、シクロヘキサンで再溶解 (ISO試料; 0.4 mL, HCl試料; 0.8 mL) したものをGC/MSへ供した。

C 結果及び考察

Table 2及び3に、それぞれISO法及びHCl法での主流煙中BaP分析結果を示す。BaPの濃度範囲 (ng/cig) は、ISO法では3R4Fが5.73-8.83, 1R5Fが1.26-1.79, CM6が11.5-12.7, Marlboroが8.31-11.4及びGITANESが6.19-7.11であった。HCl法においては (ng/cig), 3R4Fが13.2-16.6, 1R5Fが5.17-5.67, CM6が21.3-25.0, Marlboroが15.0-18.3及びGITANESが15.5-16.9であった。今回分析を行ったすべての銘柄の結果は、HCl法で捕集したBaP濃度がISO法より高かった。分析対象であるBaPを含むPAHは、燃焼によって発生するため、喫煙時の吸煙量に依存してBaP濃度が高くなると考えられた。

また、1銘柄あたりの繰り返し抽出・分析におけるばらつき（変動係数，CV値）はISO法で，3R4Fが10.3%，1R5Fが15.5%，CM6が7.3%，Marlboroが11.3%及びGITANESでは，12.0%であった。またHCl法では，3R4Fが8.9%，1R5Fが10.1%，CM6が7.8%，Marlboroが9.3%及びGITANESでは，8.8%であった。

今回の主流煙中のBaPラウンドロビン研究では，参加研究機関が高感度のGC/MSを利用して分析を行っているが，本研究班は設備の都合上他機関よりも幾らか感度の低いGC/MSを使用した。一般的にPAHの分析は，GC/MSまたは，高速液体クロマトグラフ／蛍光検出器（HPLC/FLD）を使用している。今後は，HPLC/FLDを使用した分析手法の開発も行っていく予定である。

D 結論

今回，WHOのTobLabNetのラウンドロビン研究の一環としてたばこ主流煙中のBaPの分析を行った。分析対象としたたばこ試料5種をISO及びHCl法の両手法で主流煙を捕集して，GC/MSにて分析を行った。その結果，TobLabNetから提案された手法を用いれば，比較的低感度の分析装置でも良好な分析結果を得ることができた。この分析結果は指定のデータシートに記入後直ちにWHOに送付した。集められたデータは解析等を行い，今後のTobLabNetの会議及びSOP作成に活用される予定である。

[引用文献]

- [1] Rodgman A, Perfetti TA. Alphabetical Component Index. In: The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke. Rodgman A, Perfetti TA, editors. Boca Raton, FL: CRC Press, 1483–1784, 2009.
- [2] IARC: Tobacco smoke and involuntary smoking. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 83:

1–1438, 2004.

- [3] ISO 3402 Tobacco and tobacco products - Atmosphere for conditioning and testing, International Organization for Standardization, 1999
- [4] ISO 3308 Routine analytical cigarette - smoking machine - Definitions and standard conditions, International Organization for Standardization, 2000
- [5] ISO 4387 Cigarettes - Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine, 2000
- [6] Method T-115. Health Canada. Determination of “Tar”, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke. 1999.

E 研究発表

総括研究報告書に一括記載した。

F 知的財産権の出願・登録状況 なし

Table 1 Specification of tobacco samples

Sample name	Product type
1R5F	Reference cigarette
3R4F	Reference cigarette
CM6	Reference cigarette
Marlboro Red	Commercial cigarette
GITANES	Commercial cigarette

Table 2 Concentration of Benzo[a]pyrene in mainstream of cigarettes sampled with ISO regime

Sampling Days	Benzo [a] pyrene (ng/cigarette)				
	3R4F	1R5F	CM6	Marlboro Red	GITANES
1	6.33 ± 1.10	1.50 ± 0.18	11.6 ± 1.07	8.90 ± 0.65	7.11 ± 0.42
2	6.83 ± 0.32	1.26 ± 0.05	12.7 ± 1.25	8.99 ± 0.74	6.93 ± 0.65
3	6.76 ± 0.24	1.48 ± 0.19	12.3 ± 0.79	11.4 ± 1.04	7.00 ± 1.08
4	6.42 ± 0.54	1.42 ± 0.12	12.2 ± 0.52	9.19 ± 0.21	6.19 ± 0.76
5	5.87 ± 0.17	1.79 ± 0.24	11.5 ± 1.05	9.20 ± 0.24	7.11 ± 0.50
6	6.32 ± 0.71	1.48 ± 0.19	12.3 ± 0.80	8.31 ± 0.27	6.59 ± 1.38
7	5.73 ± 0.49	1.55 ± 0.33	12.5 ± 0.38	9.62 ± 0.58	6.28 ± 0.39

Table 3 Concentration of Benzo[a]pyrene in mainstream of cigarettes sampled with HCl regime

Sampling Days	Benzo [a] pyrene (ng/cigarette)				
	3R4F	1R5F	CM6	Marlboro Red	GITANES
1	15.1 ± 0.85	5.62 ± 0.66	21.3 ± 0.93	17.0 ± 1.07	16.8 ± 0.75
2	16.6 ± 1.01	5.33 ± 0.28	23.6 ± 1.35	16.4 ± 1.58	16.3 ± 1.36
3	15.5 ± 0.74	5.41 ± 0.88	22.7 ± 0.95	18.3 ± 1.43	16.9 ± 1.65
4	15.1 ± 0.71	5.17 ± 0.38	22.6 ± 0.60	15.5 ± 0.97	15.5 ± 0.85
5	13.2 ± 1.07	5.67 ± 0.61	23.2 ± 1.52	17.4 ± 0.88	16.7 ± 1.55
6	14.1 ± 0.72	5.57 ± 0.55	22.4 ± 2.31	15.0 ± 1.27	16.0 ± 1.85
7	15.8 ± 1.04	5.59 ± 0.41	25.0 ± 2.20	16.8 ± 1.23	16.4 ± 1.90

厚生労働科学研究費補助金（第3次対がん総合戦略研究事業）
分担研究報告書

個人輸入たばこの主流煙中多環芳香族炭化水素類の測定

研究分担者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
研究分担者 内山 茂久 国立保健医療科学院
研究分担者 樺田 尚樹 国立保健医療科学院
研究協力者 大久保忠利 国立保健医療科学院

要旨

2010年に国内たばこ製品が大幅に値上げされたことで、日本よりも安価な海外産のたばこ製品を、個人でインターネットを利用して購入することが行われるようになった。これらたばこ製品は、必ずしも国内販売品と同一の原材料や製法での製品であるとは限らないため、使用した場合の喫煙者への健康影響も未知数となる。そこで、国内で販売されている製品と同一銘柄の海外産たばこ製品を上記と同様の手段で購入し、多環芳香族炭化水素類（polycyclic aromatic hydrocarbons : PAH）の含有量測定法を確立した後に、各銘柄のPAH測定を行った。その結果、個人輸入たばこ主流煙中PAH含有量は、pyreneが $26.1-38.7$ ng/cig (ISO) 及び $48.5-70.1$ ng/cig (HCl) , benz[*a*]anthraceneが $11.9-16.6$ ng/cig (ISO) 及び $24.0-37.9$ ng/cig (HCl) , chryseneが $10.2-18.8$ ng/cig (ISO) 及び $19.3-29.2$ ng/cig (HCl) , benzo[*b*]fluorantheneが $5.0-7.7$ ng/cig (ISO) 及び $7.9-13.0$ ng/cig (HCl) , benzo[*k*]fluorantheneが $1.2-1.8$ ng/cig (ISO) 及び $2.3-3.6$ ng/cig (HCl) , benzo[*a*]pyreneが $4.1-7.4$ ng/cig (ISO) 及び $7.3-11.1$ ng/cig (HCl) であった。また、各PAHのHClとISOの比率（HCl/ISO）の平均は、pyreneが1.9倍、benz[*a*]anthraceneが2.0倍、chryseneが1.8倍、benzo[*b*]fluorantheneが1.7倍、benzo[*k*]fluorantheneが2.0倍、benzo[*a*]pyreneが1.7倍となり、HClがISOの2倍弱の高値を示し、機械喫煙法による差が認められた。

A 目的

2010年に国内たばこ製品が大幅に値上げされたことで、個人でインターネットを通じてたばこ製品を購入する事案（個人輸入たばこ）が増加した。これらたばこ製品は、販売国のたばこ税が日本国内より軽いために国内製品に比して安価であり、また国内製品と同銘柄のたばこも販売されているため、購入希望者の購買への敷居を下げたと考えられる。

一方で、これら同銘柄たばこ製品が国内製品と同等の品質を維持しているかは不明であること

から、喫煙した場合の健康影響も推測し難く、公衆衛生上問題がある可能性も考えられる。この点について稲葉らが平成23年度の厚生労働科学研究において、個人輸入希望者と同様にインターネット上の複数の輸入代行業者を通じて国内販売されているたばこ製品と同銘柄を購入し、その主流煙中成分の化学分析と変異原性試験及び葉中成分の測定を行い、主流煙中タール量、ニコチン量、一酸化炭素量及び葉中ニコチン量とたばこ特異的ニトロソアミン量、また主流煙抽出物の変異原活性を報告した [1]。今年度は、発がん性物

質であるbenzo[a]pyreneを含む多環芳香族炭化水素類 (polycyclic aromatic hydrocarbons : PAH, 図1) の主流煙中含有量測定を行った。PAHは炭素と水素からなる芳香環を2つ以上有する有機化合物であり、有機物の不完全燃焼や熱分解によって生成する。またPAHは広く環境中に存在する汚染物質であり、大気、水、土壌及び堆積物中で確認されており、存在量は非常に微量である。さらに食品や一部化粧品等にも含有されており、たばこ煙中に比較的高い濃度で含有されていることが認められている [2]。そのため粒子との親和性は高く、自動車排ガス等の煙中に存在することが知られている [2]。そこで本研究ではたばこ煙中PAH測定法の開発と本手法による個人輸入たばこ銘柄の主流煙中PAH量を測定したので報告する。

B 方法

(1) たばこ主流煙中PAH測定法の確立

たばこ主流煙中PAH測定法の確立は、固相抽出カラム及び高速液体クロマトグラフ/蛍光分光検出器 (HPLC/FLD) を組み合わせた手法にて行った。確立した手法は精度測定として、日内再現性、日間再現性及び添加回収試験を行った。日内再現性試験は国産たばこ2銘柄 (Seven Stars, SS ; Mild Seven Super Lights, MSSL6) と海外産たばこ1銘柄 (Marlboro Red, MLBR) を2機械喫煙法 (ISO法及びHCI法) で捕集した合計6試料を用いて行った。日間再現性試験は日内再現性試験時と3同銘柄をISO法で捕集した合計3試料を5日間連続測定して行った。添加回収試験は上記3銘柄及び標準たばこ2銘柄 (3R4F, 1R5F, 米国ケンタッキー州立大学製) をISO法で捕集した試料 (合計5試料) で行った。

(2) たばこ試料

たばこ試料は、インターネット上の個人輸入代行業者 (5業者) を通じて購入した国内で販売さ

れているものと同一の名称もしくは類似名を冠した製品 (MILD SEVEN ORIGINAL) 5銘柄 (A-E) と国内製品1銘柄 (F) の合計6銘柄とした。販売元は、韓国、マレーシア、タイの合計3ヶ国で、製品に表記されていた製造元及び工場は3ヶ国であった (表1)。内容物は全ての製品で20本の紙巻たばこであった。また、外観上では外箱の注意書き等にいくつかの違いがあるものの、内容物は外観上同一形状の製品であった。

(3) たばこ主流煙の捕集及びPAH測定

たばこ主流煙の捕集方法 [3, 4] は、前厚生労働科学研究費補助金の報告書記載内容に準じ [5]、PAH測定は上記手法に従って行った。

C 結果及び考察

たばこ主流煙中PAH測定法の確立

たばこ主流煙中PAH成分抽出は、上記機械喫煙法 (ISO法及びHCI法) で得たガラス繊維フィルターを*n*-ヘキサン 40 mLで振盪後、2 mLを固相抽出カラム (Supelco製LC-Si column, 500 mg/6 mL) へ導入し、*n*-ヘキサン/ジクロロメタン (90/10) 5 mLで溶出した。溶出液は窒素気流下で溶媒留去後、アセトニトリル/エタノール (50/50) 溶液で再溶解して分析試料とした (図2)。PAHの検出・定量は高速液体クロマトグラフ/蛍光分光検出器 (HPLC/FLD) にて行った (表2)。確立したPAH測定手法の測定精度として、日内再現性はSS及びMSSL6のISO法とHCI法の各PAH測定結果が共に変動係数10%以下となり良好であったが、MLBRはISO法及びHCI法共に変動係数が10%以上の測定結果があった (表3)。また、たばこ主流煙中PAH量の日間再現性はMSSL6のbenz[a]anthraceneが13.9%となった以外は総て10%以下の良好な再現性を示した (表4)。さらに添加回収試験結果は、SS及びMSSL6がそれぞれの添加量 (3-30 ng/mL) で、80.3-95.0%及び83.7-97.3%と比較的

良好であったが、3R4F及び1R5Fがそれぞれ56.3－70.1%及び65.8－68.1%と低く、またMLBRが35.0－56.8%となった（表5）。

個人輸入たばこ銘柄主流煙中PAH量

表6に個人輸入たばこ主流煙中のPAH含有量を示す。測定対象PAH9種中6種が検出・定量できた。国内製品（F）を含めた全たばこ製品主流煙中PAH量は、ISO法でたばこ1本当たりpyreneが26.1－38.7 ng（平均30.6 ng）、benz[a]anthraceneが11.9－16.6 ng（平均15.3 ng）、chryseneが10.2－18.8 ng（平均13.7 ng）、benzo[b]fluorantheneが5.0－7.7 ng（平均5.9 ng）、benzo[k]fluorantheneが1.2－1.8 ng（平均1.4 ng）、benzo[a]pyreneが4.1－7.4 ng（平均5.4 ng）であった。HCl法ではたばこ1本当たりpyreneが48.5－70.1 ng（平均58.9 ng）、benz[a]anthraceneが24.0－37.9 ng（30.0 ng）、chryseneが19.3－29.2 ng（平均24.2 ng）、benzo[b]fluorantheneが7.9－13.0 ng（平均10.2 ng）、benzo[k]fluorantheneが2.3－3.6 ng（平均2.8 ng）、benzo[a]pyreneが7.3－11.1 ng（平均8.9 ng）であった。

個人輸入たばこ銘柄主流煙中PAH量の差

個人輸入たばこ銘柄毎の各PAHのHClとISOの比率（HCl/ISO、表7）は、pyreneが1.7－2.1倍（平均1.9倍）、benz[a]anthraceneが1.5－2.4倍（平均2.0倍）、chryseneが1.4－2.4倍（平均1.8倍）、benzo[b]fluorantheneが1.6－1.9倍（平均1.7倍）、benzo[k]fluorantheneが1.7－2.3倍（平均2.0倍）、benzo[a]pyreneが1.5－2.0倍（平均1.7倍）となり、HClがISOの2倍弱の高値を示した。また、個人輸入たばこ銘柄毎での各PAH量のHCl/ISO比は、A銘柄が1.5－2.2倍（平均1.8倍）、B銘柄が1.5－2.3倍（平均1.9倍）、C銘柄が1.7－2.4倍（平均2.1倍）、D銘柄が1.8－2.1倍（平均1.9倍）、E銘柄が1.5－1.7倍（平均1.6倍）、F銘柄が1.7－2.0倍（平均1.8倍）であり、たばこ銘柄間で幾らかの差が認められ

た。さらに国内製品（F）の各PAH量を1とした時の他の個人輸入たばこ製品の各PAH量の比率は、A銘柄が平均で1.3（ISO）と1.4（HCl）、B銘柄が平均で1.4（ISO）と1.4（HCl）、C銘柄が平均で1.0（ISO）と1.2（HCl）、D銘柄が平均で1.0（ISO）と1.1（HCl）、E銘柄が平均で1.0（ISO）と0.9（HCl）となり、C、D及びE銘柄が国内製品と同程度であったのに対し、A及びB銘柄が若干高い値を示した（表8）。

個人輸入たばこ銘柄主流煙中PAH量の組成比

PAHはその生成段階において燃焼温度が重要な反応因子である [2]。そこで、機械喫煙法の違いがたばこ主流煙中PAH組成に影響するかどうか、個人輸入たばこ銘柄毎のbenzo[a]pyrene量を1として、各PAH量（PAHs/benzo[a]pyrene）を表9に示す。その結果、pyreneが4.8－6.7（平均5.9, ISO）と6.3－7.0（平均6.6, HCl）、benz[a]anthraceneが2.2－3.9（平均3.0, ISO）と3.2－3.5（平均3.4, HCl）、chryseneが1.9－3.3（平均2.6, ISO）と2.6－3.0（平均2.7, HCl）、benzo[b]fluorantheneが1.0－1.3（平均1.1, ISO）と1.1－1.3（平均1.1, HCl）、benzo[k]fluorantheneが0.2－0.3（平均0.3, ISO）と0.3（HCl）となり、たばこ銘柄による各PAHの組成比は大きく変わらず、またISOとHClによるPAH組成にも差は認められなかった。

D 結論

個人輸入したたばこ製品に含有される化学物質量は、今回測定したPAHに関しては大きな差が認められなかったが、PAH以外の化学物質については差が認められている [3]。その故、海外製品の個人購入者にはこれら製品と国内製品の違いを認識してもらう必要がある。今後測定対象物質の範囲を広げると共に、これら化学物質による健康影響についても検討する予定である。また、今回確立したPAH測定手法は一部の精度試験での

不備が認められたため更なる改良を行い、精度向上と測定対象PAH種の拡張を行っていきたい。なし

E 引用文献

- [1] 稲葉洋平, 内山茂久, 緒方裕光, 櫻田尚樹.
個人輸入たばこの測定, 厚生労働科学研究費補助金 第3次対がん総合戦略研究事業 たばこ規制枠組条約に基づく有害化学物質の国際標準化試験法及び受動喫煙対策を主軸とした革新的ながん予防に関する研究 (H21-3次がん一般-005) 平成23年度 総括・分担研究報告書, 35-40, 2012.
- [2] Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 92, the International Agency for Research on Cancer, 2010.
- [3] ISO 4387. Cigarettes – Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine. 3rd ed., International Organization for Standardization, 2000.
- [4] T-115. Determination of tar, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke, Health Canada, 1999.
- [5] 研究代表者 稲葉洋平. 厚生労働科学研究費補助金 第3次対がん総合戦略研究事業 たばこ規制枠組条約に基づく有害化学物質の国際標準化試験法及び受動喫煙対策を主軸とした革新的ながん予防に関する研究 (H21-3次がん一般-005) 平成23年度 総括・分担研究報告書, 2012.

F 研究発表

総括研究報告書に一括記載した。

G 知的財産権の出願・登録状況

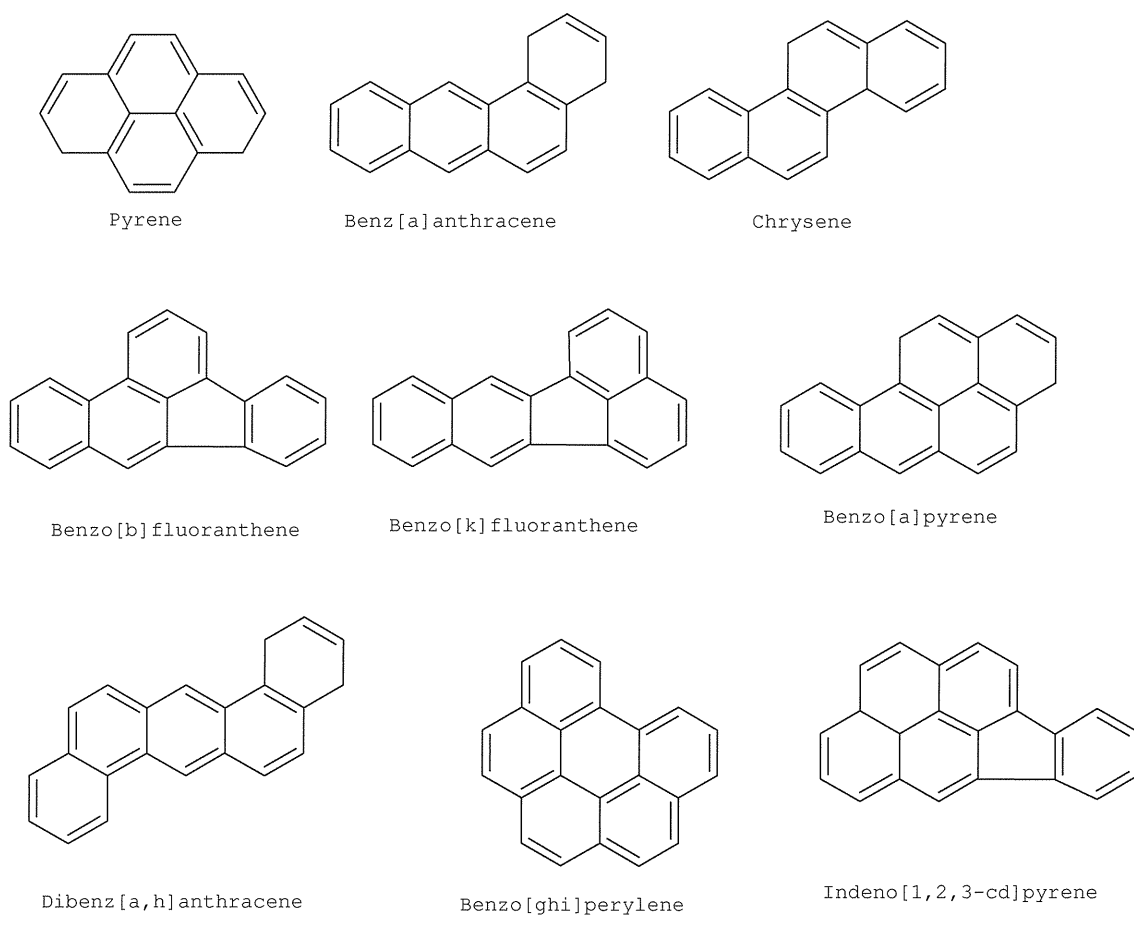


図1 測定対象PAH9種の構造

表1 個人輸入たばこの諸元

試料名	A	B	C	D	E	F
パッケージ表示名	MILD SEVEN ORIGINAL	MILD SEVEN ORIGINAL	MILD SEVEN ORIGINAL	MILD SEVEN SKY BLUE	MILD SEVEN ORIGINAL	MILD SEVEN ORIGINAL
輸入元	韓国	マレーシア	韓国	タイ	韓国	
製造元	日本たばこ		日本たばこ			日本たばこ
原産地	日本					日本
製造工場		マレーシア製 フィリピンへの輸出用		フィリピン工場		日本
定価 (10箱)	4100→3200円 (値下げ)	3100円	2800-3300円 (カートン数で変動)	3800円		4100円
表示言語	韓国	英語	英語	フィリピン	英語	日本
タール (外箱表示, mg)	10		10			10
ニコチン (外箱表示, mg)	0.7		0.8			0.8
箱の形状	丸みのある箱	丸みのある箱	角張った箱	ソフト箱	角張った箱	ソフト箱
箱の色	濃いブルー	薄いブルー	濃いブルー	タバコの有害性写真	濃いブルー	全面ブルー
中のアルミ紙		マイルドセブンマーク付		光沢あり	光沢あり	
免税表記	Duty Free		for DUTY FREE sale only	FOR EXPORT ONLY	for DUTY FREE sale only	
たばこの長さ (mm)	84	84	84	84	84	84
オーバーラップ (mm)	30	32	30	32	30	30
Butt Length (mm)	33	35	33	35	33	33
穴の本数 (本)	1	2	1	2	1	1
穴の数 (個)	46	46	46	46	46	46
たばこ重量 (mg/本)	888	889	883	847	892	927
全フィルター+紙 (重さ/長さ)	285 mg/25mm	293 mg/26 mm	282 mg/25 mm	281 mg/27 mm	283 mg/25 mm	284 mg/24 mm
白フィルター (重さ/長さ)	75 mg/15 mm	89 mg/16 mm	76 mg/15 mm	88 mg/17 mm	78 mg/15 mm	81 mg/15 mm
活性炭フィルター (重さ/長さ)	94 mg/10 mm	84 mg/10 mm	93 mg/10 mm	75 mg/10 mm	90 mg/10 mm	89 mg/9 mm
紙 (mg)	115	120	113	118	115	114
たばこ葉 (mg)	603	596	601	567	609	623

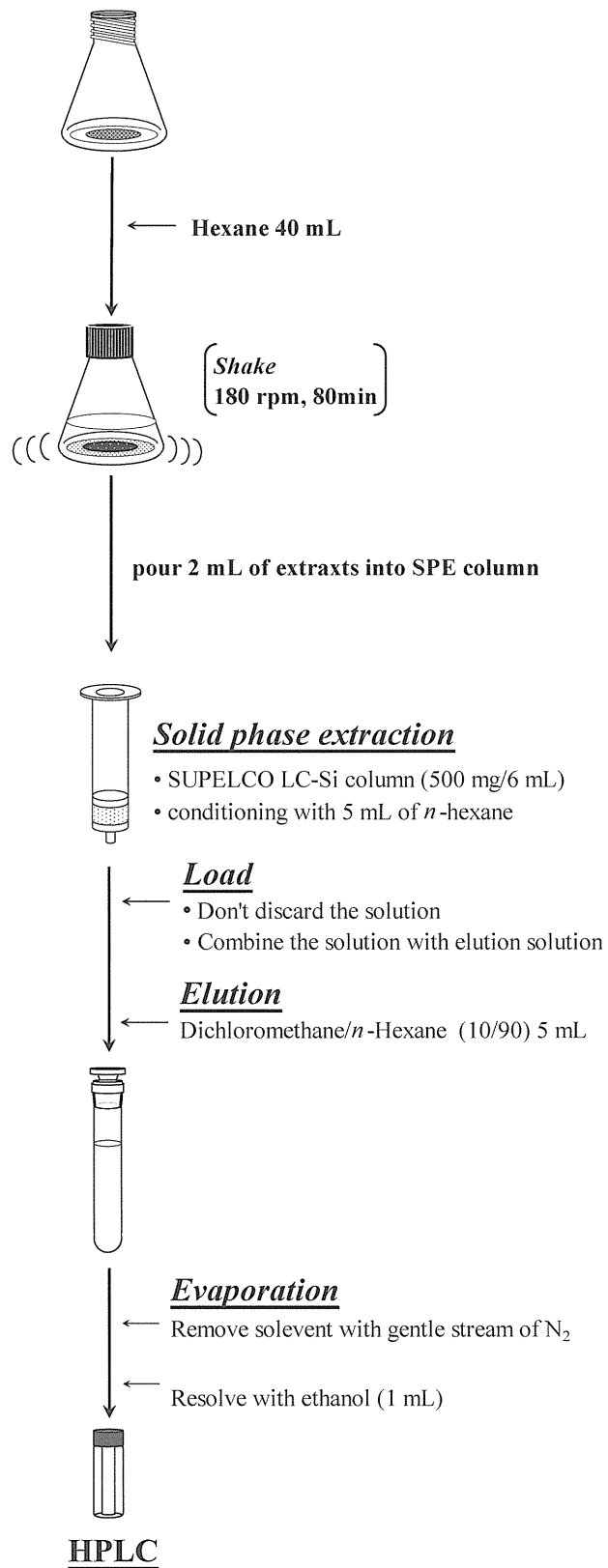


図2 たばこ主流煙中PAH抽出法

表2 HPLC/FLD装置でのPAH測定条件

蛍光・励起波長 (Em/Ex) :	Pyrene, 391/320 Benz[a]anthracene, 381/265 Chrysene, 381/265 Benzo[b]fluoranthene, 420/295 Benzo[k]fluoranthene, 420/295 Benzo[a]pyrene, 410/365 Dibenz[a,h]anthracene, 397/286 Benzo[ghi]perylene, 400/295 Indeno[1,2,3-cd]pyrene, 500/300
HPLCシステム :	島津製作所 prominenceシリーズ
分離カラム :	GLサイエンス Inertsil ODS-P (2.1 mm × 150 mm, 3 μm)
移動相 :	(A) 水/アセトニトリル (70/30) (B) アセトニトリル/エタノール (95/5)
流速 :	0.2 mL/min
カラム温度 :	35 °C
注入量 :	5 μL
タイムプログラム :	0 - 3 min (A/B = 25/75) 3 - 35 min (A/B = 25/75 → 0/100) 35 - 45 min (A/B = 0/100) 45 - 47 min (A/B = 0/100 → 25/75) 47 - 70 min (A/B = 25/75)

表3 たばこ主流煙中PAH量の日内再現性 (n=7)

(ng/cig)	SS			MSSL6			MLBR										
	ISO			HCI			ISO			HCI							
	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)		
Pyrene	64.2 ± 0.9	1.4	1.4	121.8 ± 2.1	1.7	1.4	15.8 ± 0.4	2.7	1.7	80.5 ± 1.9	2.3	2.3	13.3 ± 1.9	14.6	14.6	28.4 ± 3.8	13.5
Benz[a]anthracene	22.2 ± 1.7	7.9	7.9	40.3 ± 2.5	6.2	6.2	8.8 ± 0.4	5.1	5.1	27.5 ± 1.1	3.9	3.9	7.5 ± 0.7	9.8	9.8	13.6 ± 1.8	13.2
Chrysene	27.7 ± 2.7	9.9	9.9	48.8 ± 4.7	9.5	9.5	5.5 ± 0.3	6.3	6.3	40.8 ± 2.9	7.2	7.2	5.5 ± 0.4	7.7	7.7	10.1 ± 0.3	3.3
Benzo[b]fluoranthene	9.5 ± 0.7	7.3	7.3	17.9 ± 1.5	8.5	8.5	8.0 ± 0.7	8.9	8.9	12.9 ± 1.1	8.8	8.8	7.4 ± 1.2	16.1	16.1	15.3 ± 2.0	13.3
Benzo[k]fluoranthene	4.0 ± 0.2	3.8	3.8	7.3 ± 0.2	2.5	2.5	1.2 ± 0.1	5.2	5.2	4.8 ± 0.1	3.1	3.1	1.1 ± 0.1	10.3	10.3	2.2 ± 0.2	7.8
Benzo[a]pyrene	12.3 ± 0.6	5.0	5.0	23.0 ± 0.9	4.1	4.1	4.2 ± 0.3	7.4	7.4	14.2 ± 0.5	3.6	3.6	3.9 ± 0.4	10.8	10.8	8.4 ± 0.9	10.8
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

AVG, average; SD, standard deviation; CV(%), coefficient variation; -, not detected

表4 たばこ主流煙中PAH量の日間再現性 (n=5)

(ng/cig)	SS			MSSL6			MLBR		
	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)	AVG	SD	CV(%)
Pyrene	23.5 ± 1.6	6.8	6.8	11.4 ± 1.0	9.1	9.1	17.3 ± 0.5	3.1	3.1
Benz[a]anthracene	17.2 ± 0.6	3.2	3.2	7.2 ± 1.0	13.9	13.9	14.2 ± 0.6	4.3	4.3
Chrysene	15.8 ± 0.7	4.3	4.3	8.2 ± 0.5	6.1	6.1	12.4 ± 0.4	3.6	3.6
Benzo[b]fluoranthene	7.5 ± 0.2	2.9	2.9	3.9 ± 0.4	9.1	9.1	6.2 ± 0.5	8.0	8.0
Benzo[k]fluoranthene	1.3 ± 0.1	6.2	6.2	0.8 ± 0.0	5.4	5.4	1.2 ± 0.1	6.8	6.8
Benzo[a]pyrene	6.6 ± 0.2	3.1	3.1	3.2 ± 0.2	6.5	6.5	4.8 ± 0.4	7.8	7.8
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	-	-	-	-

AVG, average; SD, standard deviation; CV(%), coefficient variation; -, not detected

表5 たばこ主流煙中PAH量の添加回収試験結果 (n=3)

Final concentration (ng/mL)	SS						MSSL6						MLBR					
	3		10		30		3		10		30		3		10		30	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	91.8 ± 14.5		97.5 ± 2.6		79.2 ± 6.8		97.3 ± 13.5		95.1 ± 5.2		83.5 ± 3.9		36.2 ± 3.3		75.8 ± 2.6		43.6 ± 4.3	
Benz[<i>a</i>]anthracene	102.2 ± 4.2		101.4 ± 10.1		79.4 ± 7.9		103.8 ± 8.2		102.6 ± 6.2		88.1 ± 3.8		27.6 ± 9.2		48.6 ± 1.7		32.6 ± 4.1	
Chrysene	89.2 ± 13.4		94.9 ± 7.7		75.3 ± 9.7		112.4 ± 8.2		89.4 ± 2.3		81.0 ± 5.8		49.2 ± 0.5		69.3 ± 4.7		38.5 ± 4.8	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	86.7 ± 16.4		74.3 ± 4.0		76.0 ± 14.9		87.8 ± 16.8		90.3 ± 15.0		86.5 ± 2.1		6.3 ± 4.5		46.6 ± 6.4		29.8 ± 4.8	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	96.4 ± 11.3		94.8 ± 3.9		79.1 ± 8.0		95.0 ± 3.5		93.9 ± 3.8		83.7 ± 4.6		46.1 ± 1.8		56.9 ± 3.6		36.1 ± 4.3	
Benzo[<i>a</i>]pyrene	113.8 ± 2.2		124.6 ± 2.0		105.9 ± 14.9		103.0 ± 5.3		102.0 ± 5.3		89.9 ± 5.0		51.7 ± 2.5		63.8 ± 3.9		38.1 ± 4.4	
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	85.3 ± 2.5		90.3 ± 4.1		75.5 ± 10.0		89.6 ± 1.7		92.2 ± 2.5		81.5 ± 5.5		33.5 ± 2.1		52.4 ± 3.3		33.4 ± 3.7	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	99.0 ± 14.3		92.9 ± 6.4		79.4 ± 10.2		86.5 ± 3.5		89.9 ± 3.6		80.9 ± 5.5		32.1 ± 3.6		46.0 ± 3.8		30.5 ± 5.2	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	68.4 ± 3.3		84.1 ± 15.7		73.2 ± 13.1		100.3 ± 18.5		80.9 ± 6.5		78.3 ± 8.2		32.1 ± 7.8		51.5 ± 5.4		33.2 ± 5.3	
AVG	92.5		95.0		80.3		97.3		92.9		83.7		35.0		56.8		35.1	

AVG, average; SD, standard deviation

Final concentration (ng)	3R4F						1R5F					
	3		10		30		3		10		30	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	71.1 ± 8.9		87.0 ± 2.1		66.6 ± 4.5		60.1 ± 2.6		73.6 ± 1.5		68.2 ± 1.3	
Benz[<i>a</i>]anthracene	73.0 ± 19.9		75.4 ± 10.1		54.3 ± 5.8		72.3 ± 11.1		67.0 ± 3.6		64.7 ± 1.7	
Chrysene	118.2 ± 17.5		80.2 ± 4.0		60.6 ± 4.2		90.5 ± 4.8		84.0 ± 1.0		71.3 ± 0.5	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	41.0 ± 2.9		59.6 ± 5.7		54.2 ± 5.5		61.7 ± 16.6		67.8 ± 6.6		67.1 ± 1.5	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	65.6 ± 4.5		65.9 ± 3.2		56.9 ± 4.8		71.1 ± 1.8		68.6 ± 1.6		68.1 ± 0.7	
Benzo[<i>a</i>]pyrene	77.7 ± 8.2		72.6 ± 2.7		60.2 ± 4.9		75.0 ± 2.6		72.2 ± 0.8		70.3 ± 0.9	
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	54.5 ± 4.8		63.7 ± 3.6		55.1 ± 5.8		58.6 ± 1.8		64.5 ± 1.6		67.0 ± 1.8	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	45.3 ± 7.4		58.1 ± 6.6		42.3 ± 5.4		43.0 ± 2.1		53.3 ± 2.4		54.1 ± 5.4	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	74.5 ± 23.2		68.5 ± 4.0		56.2 ± 4.9		59.7 ± 14.7		62.0 ± 3.1		67.5 ± 2.5	
AVG	69.0		70.1		56.3		65.8		68.1		66.5	

AVG, average; SD, standard deviation

表6 個人輸入たばこ主流煙中PAH量

ISO												
(ng/cig)	A		B		C		D		E		F	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	33.6 ± 1.3		38.7 ± 4.2		29.4 ± 2.7		27.1 ± 0.8		28.5 ± 2.2		26.1 ± 1.0	
Benz[<i>a</i>]anthracene	16.0 ± 1.6		16.6 ± 3.3		11.9 ± 2.1		15.8 ± 0.3		16.0 ± 1.7		15.6 ± 0.9	
Chrysene	15.7 ± 0.8		18.8 ± 3.0		10.2 ± 1.1		13.3 ± 1.1		12.3 ± 1.4		12.1 ± 1.1	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	6.9 ± 0.4		7.7 ± 1.3		5.5 ± 0.6		5.3 ± 0.3		5.0 ± 0.4		5.1 ± 0.3	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	1.8 ± 0.1		1.5 ± 0.2		1.3 ± 0.2		1.3 ± 0.1		1.4 ± 0.1		1.2 ± 0.1	
Benzo[<i>a</i>]pyrene	7.0 ± 0.7		7.4 ± 1.1		5.3 ± 0.6		4.1 ± 0.2		4.3 ± 0.4		4.1 ± 0.4	
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	-		-		-		-		-		-	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	-		-		-		-		-		-	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	-		-		-		-		-		-	

AVG, average; SD, standard deviation; -, not detected

HCI												
(ng/cig)	A		B		C		D		E		F	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	66.0 ± 4.1		70.1 ± 7.9		62.1 ± 3.2		55.8 ± 1.1		48.5 ± 4.0		51.0 ± 3.4	
Benz[<i>a</i>]anthracene	35.1 ± 2.2		37.9 ± 4.9		29.1 ± 4.1		27.9 ± 1.4		24.0 ± 2.1		26.1 ± 2.0	
Chrysene	26.6 ± 3.0		29.2 ± 4.1		24.8 ± 1.3		23.7 ± 1.7		19.3 ± 0.9		21.3 ± 1.6	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	11.1 ± 0.7		13.0 ± 2.0		10.1 ± 0.8		10.2 ± 0.8		7.9 ± 1.2		9.0 ± 1.6	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	3.3 ± 0.2		3.6 ± 0.8		2.8 ± 0.2		2.5 ± 0.1		2.3 ± 0.2		2.3 ± 0.2	
Benzo[<i>a</i>]pyrene	10.3 ± 0.7		11.1 ± 2.2		9.0 ± 0.5		8.0 ± 0.2		7.3 ± 0.5		8.0 ± 0.4	
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	-		-		-		-		-		-	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	-		-		-		-		-		-	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	-		-		-		-		-		-	

AVG, average; SD, standard deviation; -, not detected

表7 個人輸入たばこ主流煙中PAH量の差 (HCI/ISO比)

	A	B	C	D	E	F	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>average</i>
Pyrene	2.0	1.8	2.1	2.1	1.7	2.0	1.7	2.1	1.9
Benz[<i>a</i>]anthracene	2.2	2.3	2.4	1.8	1.5	1.7	1.5	2.4	2.0
Chrysene	1.7	1.6	2.4	1.8	1.6	1.8	1.6	2.4	1.8
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	1.6	1.7	1.8	1.9	1.6	1.7	1.6	1.9	1.7
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	1.9	2.3	2.2	2.0	1.7	1.9	1.7	2.3	2.0
Benzo[<i>a</i>]pyrene	1.5	1.5	1.7	2.0	1.7	1.9	1.5	2.0	1.7
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>min</i>	1.5	1.5	1.7	1.8	1.5	1.7			
<i>max</i>	2.2	2.3	2.4	2.1	1.7	2.0			
<i>average</i>	1.8	1.9	2.1	1.9	1.6	1.8			

-, no data

表8 個人輸入たばこ主流煙中PAH量の差（国内製品Fとの比較）

ISO						
	A	B	C	D	E	F
Pyrene	1.3	1.5	1.1	1.0	1.1	
Benz[a]anthracene	1.0	1.1	0.8	1.0	1.0	
Chrysene	1.3	1.6	0.8	1.1	1.0	
Benzo[b]fluoranthene	1.3	1.5	1.1	1.0	1.0	
Benzo[k]fluoranthene	1.5	1.3	1.1	1.0	1.1	
Benzo[a]pyrene	1.7	1.8	1.3	1.0	1.0	
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	
<i>average</i>	<i>1.4</i>	<i>1.4</i>	<i>1.0</i>	<i>1.0</i>	<i>1.0</i>	

-, no data

HCI						
	A	B	C	D	E	F
Pyrene	1.3	1.4	1.2	1.1	1.0	
Benz[a]anthracene	1.3	1.5	1.1	1.1	0.9	
Chrysene	1.2	1.4	1.2	1.1	0.9	
Benzo[b]fluoranthene	1.2	1.4	1.1	1.1	0.9	
Benzo[k]fluoranthene	1.4	1.5	1.2	1.1	1.0	
Benzo[a]pyrene	1.3	1.4	1.1	1.0	0.9	
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	
<i>average</i>	<i>1.3</i>	<i>1.4</i>	<i>1.2</i>	<i>1.1</i>	<i>0.9</i>	

-, no data

表9 個人輸入たばこ銘柄主流煙中PAH量の組成比

ISO									
	A	B	C	D	E	F	min	max	average
Pyrene	4.8	5.2	5.5	6.6	6.7	6.3	4.8	6.7	5.9
Benz[a]anthracene	2.3	2.2	2.2	3.9	3.7	3.8	2.2	3.9	3.0
Chrysene	2.2	2.5	1.9	3.3	2.9	2.9	1.9	3.3	2.6
Benzo[b]fluoranthene	1.0	1.0	1.0	1.3	1.2	1.2	1.0	1.3	1.1
Benzo[k]fluoranthene	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
Benzo[a]pyrene	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	-			
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	-			
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	-			

-, no data

HCI									
	A	B	C	D	E	F	min	max	average
Pyrene	6.4	6.3	6.9	7.0	6.7	6.4	6.3	7.0	6.6
Benz[a]anthracene	3.4	3.4	3.2	3.5	3.3	3.3	3.2	3.5	3.4
Chrysene	2.6	2.6	2.8	3.0	2.6	2.7	2.6	3.0	2.7
Benzo[b]fluoranthene	1.1	1.2	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.1
Benzo[k]fluoranthene	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Benzo[a]pyrene	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Dibenz[a,h]anthracene	-	-	-	-	-	-			
Benzo[ghi]perylene	-	-	-	-	-	-			
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	-	-	-	-	-	-			

-, no data

厚生労働科学研究費補助金（第3次対がん総合戦略研究事業）
分担研究報告書

メンソールたばこの主流煙中多環芳香族炭化水素類の測定

研究分担者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
研究分担者 内山 茂久 国立保健医療科学院
研究分担者 樺田 尚樹 国立保健医療科学院
研究協力者 大久保忠利 国立保健医療科学院

要旨

現在、我が国の低タール・低ニコチン量のたばこの販売量は全体の1/4に、またメンソールたばこの販売量も全体の20%を占めている。メンソールは通常のたばこの刺激を軽減するため、喫煙の開始時期にメンソールたばこを好んで使用する喫煙者が多い。そこで、本研究ではメンソールたばこのヒトへの健康影響を評価するため、国内販売11銘柄の主流煙中多環芳香族炭化水素類（polycyclic aromatic hydrocarbons : PAH）含有量（9種）の測定を行った。その結果、PAH9種中6種が検出・定量できた。ISO法（国際標準化機構推奨の機械喫煙法）とHCl法（カナダ保健省提案の機械喫煙法）による主流煙中各PAH量（ng/cig）は、pyreneが $1.6-25.2$ （ISO）と $18.6-63.3$ （HCl），benz[a]anthraceneが $1.7-16.2$ （ISO）と $14.9-42.7$ （HCl），chryseneが $2.3-20.4$ （ISO）と $6.1-47.7$ （HCl），benzo[b]fluorantheneが $0.4-4.9$ （ISO）と $4.2-8.9$ （HCl），benzo[k]fluorantheneが $0.2-1.4$ （ISO）と $1.3-4.6$ （HCl），benzo[a]pyreneが $0.6-7.8$ （ISO）と $4.2-14.6$ （HCl）となった。またたばこ銘柄毎の各PAHのHCl法とISO法による測定結果の比率（HCl/ISO）は、pyreneが $1.8-17.3$ 倍，benz[a]anthraceneが $2.6-12.2$ 倍，chryseneが $1.0-6.6$ 倍，benzo[b]fluorantheneが $1.8-10.9$ 倍，benzo[k]fluorantheneが $2.3-9.3$ 倍，benzo[a]pyreneが $1.6-8.7$ 倍となり、喫煙法による差が認められた。

A 目的

2011年に米国食品医薬品局（U.S. Food and Drug Administration: FDA）が組織した「たばこ製品の科学的な諮問委員会（Tobacco Products Scientific Advisory Committee: TPSAC）」は、「メンソールたばこの排除が米国の公衆衛生に有益である」と勧告した[1]。その理由として、メンソールたばこを吸う喫煙者の割合が成人よりも未成年で高いことと、喫煙習慣がある喫煙者よりも吸い始めて一年未満の人々のメンソールたばこを好む可能性が考えられた[2]。さらにコホート研究[3]においても、メンソールたばこで喫煙を開始すると非メン

ソールたばこで開始するよりも定着した喫煙に結びつくことも示した。これはメンソールには爽快感と麻酔作用があるため、喫煙を始めたばかりの人にとっては、たばこ煙の刺激が少なく吸いやすいためだと考えられている。この勧告を受けてFDAは、メンソールたばこがアメリカの公衆衛生に悪影響を及ぼし、非メンソールたばこと比較して、公衆衛生に利点がないと結論を下した[4]。一方我が国では、メンソールたばこの販売量が国産たばこ銘柄全体の20%近くを占めるようになった。これらメンソールたばこには低タール・低ニコチン銘柄が多く含まれ、さらに最近ではメン

ソールカプセルをたばこ吸い口に封入した「メンソールカプセルたばこ」が販売され、たばこへの依存性が増大するなどの警告がされている[5]。しかしながら、市販たばこのタール・ニコチン表示量は国際標準化機構が定める試験法（ISO法）で測定された数値であり、実際に低タール・低ニコチン銘柄を使用する喫煙者が行う「代償性補償喫煙行動」を反映しておらず、低タール・低ニコチンたばこの使用者は外箱表示値よりも多くの化学物質に曝露されており、リスクも増加していると考えられる[6]。

そこで本研究では、これまでに本研究班が、カナダ保健省と国際標準化機構がそれぞれ提案する機械喫煙法（HCI法及びISO法）によって行った各種有害化学物質測定（タール・ニコチン・一酸化炭素・たばこ特異的ニトロソアミン等）に続いて、日本で市販されているメンソールたばこ11銘柄の主流煙中9種のPAH量を測定し、銘柄間での比較・検討を行った。

B 方法

(1) たばこ試料

たばこ試料は、2012年に販売されていたメンソールたばこ11銘柄を測定対象とした（表1）。

(2) たばこ主流煙の捕集及びPAH測定

たばこ主流煙の捕集方法[7,8]は、平成23年度の研究報告書記載内容に準じ[9]、またPAH量は本研究報告書内「個人輸入たばこの主流煙中PAH量測定」記載の測定手順で行った。

C 結果及び考察

メンソールたばこ主流煙中PAH含有量

表2にメンソールたばこ11銘柄の主流煙中PAH量測定結果を示す。主流煙中PAH量は測定対象PAH9種中6種を検出・定量した。たばこ1本当りの各PAH量はISOでpyreneが1.6–25.2 ng（平均10.7

ng）、benz[a]anthraceneが1.7–16.2 ng（平均7.2 ng）、chrysene が 2.3 – 20.4 ng（平均 9.3 ng）、benzo[b]fluorantheneが0.4–4.9 ng（平均2.1 ng）、benzo[k]fluorantheneが0.2–1.4 ng（平均0.5 ng）、benzo[a]pyreneが0.6–7.8 ng（平均3.0 ng）であった。また、HCIではpyreneが18.6–63.3 ng（平均35.6 ng）、benz[a]anthraceneが14.9–42.7 ng（平均26.3 ng）、chryseneが6.1–47.7 ng（平均22.4 ng）、benzo[b]fluorantheneが4.2–8.9 ng（平均5.9 ng）、benzo[k]fluorantheneが1.3–4.6 ng（平均2.2 ng）、benzo[a]pyreneが4.2–14.6 ng（平均7.5 ng）であった。

機械喫煙法でのPAH含有量の差

たばこ銘柄毎の各PAHのHCIとISOの比率（HCI/ISO, 表3）は、pyreneが1.8–17.3倍（平均5.1倍）、benz[a]anthraceneが2.6–12.2倍（平均5.0倍）、chrysene が 1.0 – 6.6 倍（平均 3.0 倍）、benzo[b]fluorantheneが1.8–10.9倍（平均4.2倍）、benzo[k]fluorantheneが2.3–9.3倍（平均5.1倍）、benzo[a]pyreneが1.6–8.7倍（平均3.8倍）となり、喫煙法による差が認められた。また、低タール/低ニコチンたばこ銘柄（1 mg/0.1 mg）であるBVL1, PIA1及びVSIの各PAHのHCI/ISOが、それぞれ2.6–12.2倍（平均7.0倍）、5.4–7.1倍（平均6.3倍）及び6.6–17.3倍（平均10.3倍）となり、HCI法とISO法でのPAH含有量に大きな差が認められたのに対し、高タール/高ニコチンたばこ銘柄（8 mg/0.7 mg）であるMB8及びKOOLのHCI/ISOは、それぞれ1.8–3.3倍（平均2.4倍）及び1.0–3.9倍（平均2.4倍）となり、低タール/低ニコチンたばこ銘柄に比して、高タール/高ニコチンたばこ銘柄では喫煙法による大きな差はなかった。

メンソールたばこ銘柄主流煙中PAHの組成

各たばこ銘柄におけるbenzo[a]pyreneの含有量を1とした場合の各PAH含有量

(PAHs/benzo[a]pyrene, 表4) は, pyreneが $2.4-5.7$ (平均 3.7 , ISO) と $3.4-5.5$ (平均 4.7 , HCl), benzo[a]anthraceneが $1.6-3.8$ (平均 2.5 , ISO) と $2.7-5.1$ (平均 3.5 , HCl), chryseneが $2.2-5.1$ (平均 3.3 , ISO) と $1.4-3.9$ (平均 2.9 , HCl), benzo[b]fluorantheneが $0.5-1.0$ (平均 0.8 , ISO) と $0.6-1.2$ (平均 0.8 , HCl), benzo[k]fluorantheneが $0.1-0.3$ (平均 0.2 , ISO) と $0.2-0.4$ (平均 0.3 , HCl) となり, たばこ銘柄による各PAHの組成比率は大きく変わらず, またISOとHClによるPAH組成にも差は認められなかった。

D 結論

近年, メンソール入りたばこの販売量が増加している。上記測定結果からこれらメンソールたばこが, 喫煙法によってより多くのPAHを含有することが認められた。また, 今後はさらに本測定手法の精度向上を行い, 詳細なデータからその健康影響を評価する必要がある。

[引用文献]

- [1] Tobacco Products Scientific Advisory Committee (TPSAC). Menthol cigarettes and public health: review of the scientific evidence and recommendations. Rockville MD, Food and Drug Administration, 2011.
- [2] Hersey JC, Nonnemaker JM, Homs G. Menthol cigarettes contribute to the appeal and addiction potential of smoking for youth. *Nicotine Tob Res*, 12, S136-S146, 2010.
- [3] Daniel HJ. A review and assessment of menthol employed as a cigarette flavoring ingredient. *Food Chem Toxicol*, 48, S1-S38, 2010.
- [4] Benowitz NL, Jonathan MS. The threat of menthol cigarettes to U.S. public health. *N Engl J Med*, 364, 2179-2181, 2011.
- [5] German Cancer Research Center. Menthol

capsules in cigarette filters-increasing the attractiveness of a harmful product. *Red series tobacco prevention and tobacco control* 17, 2012.

- [6] 鈴木元, アジア太平洋たばこ研究-日本人喫煙者の喫煙行動パターン及びバイオマーカーを用いた曝露評価-, 厚生労働科学研究費補助金(第3次対がん総合戦略研究事業)たばこ規制枠組条約に基づく有害化学物質の新しい国際標準化試験法に関する研究. 平成20年度総括・分担研究報告書 12-18, 2009.
- [7] ISO 4387. Cigarettes – Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using an routine analytical smoking machine. 3rd ed., International Organization for Standardization, 2000.
- [8] T-115. Determination of tar, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke, Health Canada, 1999.
- [9] 研究代表者 稲葉洋平. 厚生労働科学研究費補助金 第3次対がん総合戦略研究事業 たばこ規制枠組条約に基づく有害化学物質の国際標準化試験法及び受動喫煙対策を主軸とした革新的ながん予防に関する研究 (H21-3次がん一般-005) 平成23年度 総括・分担研究報告書, 2012.

E 研究発表

総括研究報告書に一括記載した。

F 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 メンソールたばこ11銘柄の諸元

Cigarette brands	abbreviation	Tar (mg)	Nicotine (mg)
BEVEL Flair MENTHOL*	BVL1	1	0.1
PIANISSIMO Pétil MENTHOL One	PIA1	1	0.1
VIRSINA SLIMS One MENTHOL ¹	VS1	1	0.1
PIANISSIMO Ultra Lights*	PIA3	3	0.3
VIRSINA SLIMS Ultra Lights MENTHOL*	VS3	3	0.3
Marlboro Ultra Lights MENTHOL BOX	MB4	4	0.3
PIANISSIMO icene MENTHOL ²	PIA5	5	0.4
BEVEL Lights	BVL6	6	0.5
VIRSINA SLIMS Lights MENTHOL ³	VS6	6	0.5
Marlboro Lights MENTHOL 100's BOX	MB8	8	0.7
KOOL Boost 8 BOX	KOOL	8	0.7

* 販売中止

¹ VIRSINIA S. One MENTHOLに名称変更

² PIANISSIMO icene Graciaに名称変更

³ VIRSINIA S. Lights MENTHOLに名称変更

表2 メンソールたばこ11銘柄主流煙中PAH量 (n=5)

ISO		BVL1		PIA1		VS1		PIA3		VS3		MB4		PIA5		BVL6		VS6		MB8		KOOL		
(ng/cig)	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	3.1 ± 0.2		3.9 ± 0.4		1.6 ± 0.2		7.3 ± 1.3		10.7 ± 0.6		9.3 ± 0.6		8.0 ± 0.4		13.0 ± 0.7		16.6 ± 0.8		25.2 ± 1.1		19.0 ± 1.1			
Benz[<i>a</i>]anthracene	1.8 ± 0.1		2.6 ± 0.2		1.7 ± 0.1		6.2 ± 0.4		7.0 ± 0.3		6.4 ± 0.3		5.1 ± 0.3		8.1 ± 0.5		11.1 ± 0.9		16.2 ± 0.8		12.8 ± 0.8			
Chrysene	2.4 ± 0.1		3.0 ± 0.3		2.3 ± 0.2		6.9 ± 0.6		9.6 ± 0.7		8.8 ± 0.7		6.5 ± 0.3		10.6 ± 0.6		15.1 ± 0.7		20.4 ± 2.1		17.1 ± 0.9			
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	0.8 ± 0.1		0.7 ± 0.1		0.4 ± 0.0		1.1 ± 0.1		2.5 ± 0.2		1.5 ± 0.1		1.8 ± 0.1		3.3 ± 0.3		3.4 ± 0.2		4.9 ± 0.1		2.5 ± 0.3			
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	0.2 ± 0.0		0.2 ± 0.0		0.2 ± 0.0		0.5 ± 0.0		0.5 ± 0.0		0.3 ± 0.0		0.5 ± 0.0		0.8 ± 0.0		0.9 ± 0.0		1.4 ± 0.1		0.5 ± 0.1			
Benzo[<i>a</i>]pyrene	0.8 ± 0.0		0.8 ± 0.1		0.6 ± 0.1		2.0 ± 0.1		4.3 ± 0.3		1.7 ± 0.1		1.9 ± 0.1		3.5 ± 0.2		6.3 ± 0.4		7.8 ± 0.7		3.3 ± 0.3			
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			

AVG, average; SD, standard deviation; -, not detected

HCI		BVL1		PIA1		VS1		PIA3		VS3		MB4		PIA5		BVL6		VS6		MB8		KOOL		
(ng/cig)	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
Pyrene	18.6 ± 6.8		27.8 ± 8.0		27.1 ± 3.8		21.7 ± 4.3		44.9 ± 4.8		37.9 ± 10.3		34.2 ± 6.2		31.0 ± 7.4		50.5 ± 3.8		63.3 ± 5.2		34.7 ± 5.8			
Benz[<i>a</i>]anthracene	21.6 ± 0.9		14.9 ± 1.5		16.0 ± 1.5		18.3 ± 3.2		27.0 ± 1.6		29.1 ± 5.5		20.9 ± 2.3		33.0 ± 4.7		32.5 ± 3.6		42.7 ± 3.7		33.0 ± 3.9			
Chrysene	6.1 ± 4.1		18.0 ± 5.8		15.2 ± 2.8		17.1 ± 5.0		30.6 ± 3.0		28.0 ± 2.4		13.6 ± 2.5		13.4 ± 3.5		39.2 ± 1.4		47.7 ± 5.1		17.0 ± 3.0			
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	5.0 ± 0.5		4.4 ± 1.3		4.2 ± 0.6		4.7 ± 1.2		5.8 ± 0.8		5.3 ± 1.0		5.2 ± 0.9		7.9 ± 3.3		6.8 ± 1.0		8.9 ± 1.4		7.0 ± 0.7			
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	1.8 ± 0.3		1.3 ± 0.2		1.6 ± 0.2		1.6 ± 0.2		2.7 ± 0.3		2.1 ± 0.3		1.9 ± 0.1		1.9 ± 0.3		2.9 ± 0.2		4.6 ± 0.5		1.9 ± 0.2			
Benzo[<i>a</i>]pyrene	4.2 ± 0.4		5.5 ± 0.6		5.6 ± 0.5		6.4 ± 0.6		8.7 ± 1.0		7.4 ± 1.1		6.2 ± 0.7		7.0 ± 0.8		10.1 ± 0.6		14.6 ± 1.5		6.9 ± 0.7			
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			

AVG, average; SD, standard deviation; -, not detected

表3 機械喫煙法での各PAH含有量の比 (HCl/ISO)

HCl/ISO														
	BVL1	PIA1	VS1	PIA3	VS3	MB4	PIA5	BVL6	VS6	MB8	KOOL	min	max	average
Pyrene	6.1	7.1	17.3	3.0	4.2	4.1	4.3	2.4	3.0	2.5	1.8	1.8	17.3	5.1
Benzo[a]anthracene	12.2	5.8	9.2	2.9	3.9	4.5	4.1	4.1	2.9	2.6	2.6	2.6	12.2	5.0
Chrysene	2.6	6.0	6.6	2.5	3.2	3.2	2.1	1.3	2.6	2.3	1.0	1.0	6.6	3.0
Benzo[b]fluoranthene	6.5	6.5	10.9	4.2	2.3	3.6	2.8	2.4	2.0	1.8	2.8	1.8	10.9	4.2
Benzo[k]fluoranthene	9.3	5.4	9.0	2.9	5.2	7.9	4.1	2.3	3.2	3.3	3.9	2.3	9.3	5.1
Benzo[a]pyrene	5.6	6.7	8.7	3.3	2.0	4.2	3.3	2.0	1.6	1.9	2.1	1.6	8.7	3.8
Dibenz[a,h]anthracene														
Benzo[ghi]perylene														
Indeno[1,2,3-cd]pyrene														
average	7.0	6.3	10.3	3.1	3.5	4.6	3.4	2.4	2.6	2.4	2.4			

表4 メンソールたばこ銘柄主流煙中PAHの組成 (benzo[a]pyrene = 1)

ISO														
	BVL1	PIA1	VS1	PIA3	VS3	MB4	PIA5	BVL6	VS6	MB8	KOOL	min	max	average
Pyrene	4.0	4.8	2.4	3.7	2.5	5.3	4.2	3.7	2.6	3.2	5.7	2.4	5.7	3.7
Benzo[a]anthracene	2.3	3.1	2.7	3.2	1.6	3.7	2.7	2.3	1.8	2.1	3.8	1.6	3.8	2.5
Chrysene	3.1	3.7	3.6	3.5	2.2	5.0	3.4	3.0	2.4	2.6	5.1	2.2	5.1	3.3
Benzo[b]fluoranthene	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.9	1.0	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5	1.0	0.8
Benzo[k]fluoranthene	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2
Benzo[a]pyrene	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Dibenz[a,h]anthracene														
Benzo[ghi]perylene														
Indeno[1,2,3-cd]pyrene														

HCl														
	BVL1	PIA1	VS1	PIA3	VS3	MB4	PIA5	BVL6	VS6	MB8	KOOL	min	max	average
Pyrene	4.4	5.1	4.9	3.4	5.1	5.1	5.5	4.5	5.0	4.3	5.0	3.4	5.5	4.7
Benzo[a]anthracene	5.1	2.7	2.9	2.9	3.1	3.9	3.4	4.7	3.2	2.9	4.8	2.7	5.1	3.5
Chrysene	1.4	3.3	2.7	2.7	3.5	3.8	2.2	1.9	3.9	3.3	2.5	1.4	3.9	2.9
Benzo[b]fluoranthene	1.2	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	1.1	0.7	0.6	1.0	0.6	1.2	0.8
Benzo[k]fluoranthene	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3
Benzo[a]pyrene	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Dibenz[a,h]anthracene														
Benzo[ghi]perylene														
Indeno[1,2,3-cd]pyrene														