

たばこ燃焼時における多環芳香族炭化水素類の生成特性

近畿大学大学院 総合理工学研究科 学生員 ○邢 添煦
 近畿大学大学院 総合理工学研究科 正会員 嶋津治希

1. 目的

厚生労働省の令和元年度国民健康・栄養調査結果¹⁾の概要によると日本における喫煙人口は3,363万人と推計されている。いくつかの自治体で歩きタバコやポイ捨てなどの行為は条例で禁止されてきているが、未だに多量の吸い殻が地面や排水溝に捨てられている。ポイ捨てされたこれらの吸い殻の中には河川や海に到達するものもある。吸い殻には多種多様な有害化学物質が含まれており、最終的に人類を含んだ生態系に入り悪影響を及ぼす可能性がある。

研究対象とした多環芳香族炭化水素類(以下、PAHs)はベンゼン環を2個以上持つ有害な化合物群であり、炭素を含むものの不完全燃焼により発生するので、一般家庭、自動車、工場など多くの汚染源がある。この為にPAHsは種々の既往研究により大気、水、土壌など様々な環境相で検出されている。本研究では市販されている6銘柄を選定し、燃焼前後のたばこ中のPAHs濃度を測定し、燃焼時における生成特性について考察した。

2. 実験方法

2-1 本研究で選定したたばこ

本研究では表1に示す6銘柄のたばこを用いて実験を行った。タール量が最も高かったものは銘柄Aの14mgで、最も低かったものは銘柄Fの1mgであった。葉の質量が最も高かったのは銘柄Cの0.651g/本で、最も低かったのは銘柄Fの0.488g/本であった。フィルターの質量が最も高かったのは銘柄Dの0.254g/本で、最も低かったのは銘柄Cの0.197g/本であった。

表1 たばこの部位別質量及び標準誤差

銘柄	タール	葉	フィルター
A	14	0.609±0.015	0.253±0.006
B	12	0.592±0.014	0.227±0.006
C	11	0.651±0.017	0.197±0.004
D	8	0.571±0.022	0.254±0.005
E	5	0.565±0.014	0.229±0.001
F	1	0.488±0.003	0.246±0.002

*N=20。タールの単位は[mg]、葉とフィルターは[g/本]

2-2 研究対象 PAHs

本研究ではナフタレン(Nap)、アセナフチレン(Acy)、アセナフテン(Ace)、フルオレン(Flu)、フェナントレン(Phe)、アントラセン(Ant)、フルオランテン(Flt)、ピレン(Pyr)、ベンゾ[a]アントラセン(BaA)、クリセン(Chr)、ベンゾ[b]フルオランテン(BbF)、ベンゾ[k]フルオランテン(BkF)、ベンゾ[a]ピレン(BaP)、インデノ[1,2,3-cd]ピレン(IP)、ジベンゾ[a,h]アントラセン(DahA)、ベンゾ[g,h,i]ペリレン(BP)の計16種類を研究対象とした。

2-3 サンプリング、前処理および測定

燃焼前に質量を測定したたばこ2本を同時に燃焼し、燃焼後の葉の灰とフィルターを採取し、質量を測定した。それぞれの試料を円筒ろ紙に入れて、ヘキサン100mLで15分間超音波抽出した。抽出液をロータリーエバポレーター、窒素パージにより濃縮した。内部標準液を添加後、2mLにした。この調整液2μLをガスクロマトグラフ質量分析計に注入し、上記の16種のPAHsを測定した。

3. 結果および考察

燃焼前のたばこを葉、フィルターに分けて、それぞれの質量を測定した。また、燃焼後の葉の灰、フィルターを採取し、それぞれの質量を測定した。各試料をそれぞれ前処理し、PAHs濃度を測定した。燃焼前後の部位別濃度、質量の結果から吸い殻中の各PAHs濃度((葉中濃度×葉の質量+フィルター中濃度×フィルターの質量)/(葉の質量+フィルターの質量))を算出した。図1に燃焼前後のたばこ中Σ16PAHs濃度(16種の

キーワード たばこ, 燃焼, 多環芳香族炭化水素類, 生成特性

連絡先 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1 TEL: 080-9130-5940

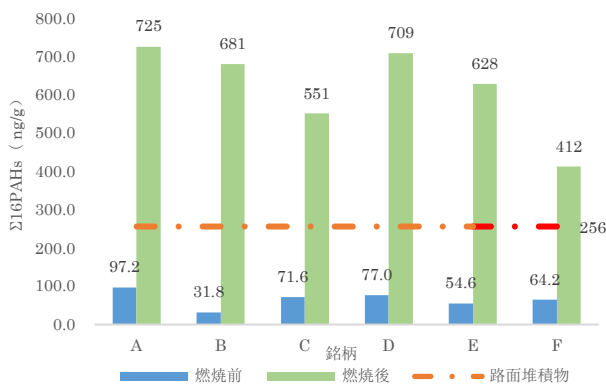


図1 燃焼前後のたばこ中Σ16PAHs濃度

表2 燃焼後のたばこにおけるPAHs濃度 [ng/g]

PAHs	銘柄	A	B	C	D	E	F	中央値
Nap		134	134	89.4	210	142	86.6	134
Acy		49.3	59.9	50.6	79.6	106	33.4	55.3
Ace		19.1	24.0	< 2.89	21.3	< 4.44	< 5.81	21.3
Flu		47.4	46.0	49.8	50.2	101	25.5	48.6
Phe		180	179	152	137	114	115	145
Ant		47.7	52.6	37.3	29.2	27.6	16.9	33.3
Flt		60.8	58.7	46.2	41.9	36.6	36.0	44.1
Pyr		54.5	47.2	45.1	38.7	30.9	33.5	41.9
BaA		27.9	24.6	20.6	20.9	16.6	17.3	20.8
Chr		54.6	44.7	35.5	36.2	24.4	29.5	35.9
BbF		17.9	< 12.0	9.66	20.7	8.10	8.24	9.66
BkF		0.41	< 6.94	< 8.49	< 2.80	< 2.31	< 6.83	0.41
BaP		16.1	< 4.23	7.26	12.0	6.78	6.97	7.26
IP		9.14	5.85	4.17	5.67	10.1	< 3.64	5.85
DahA		< 9.28	< 8.12	< 7.87	< 7.52	< 17.0	< 11.7	< 8.70
BP		6.94	4.50	3.84	5.27	3.31	3.25	4.17
Σ16PAHs		725	681	551	709	628	412	655

(1) <2.89 は検出下限値であったことを意味する
 (2) n=5 で、値は中央値である

PAHs濃度の合計値)の中央値を示す。各銘柄とも5回ずつ、燃焼前後の濃度を測定した。燃焼前のたばこにおけるΣ16PAHs濃度の中央値が最も高かったのは銘柄Aの97.2 ng/g、最も低かったのは銘柄Bの31.8 ng/gであった。燃焼後のたばこにおけるΣ16PAHs濃度の中央値が最も高かったのは銘柄Aの725 ng/g、最も低かったのは銘柄Fの412 ng/gであった。燃焼後のたばこ中Σ16PAHs濃度は燃焼前のΣ16PAHs濃度より6~24倍程度高かった。山田ら²⁾は茨城県内の一般住宅、道路上で路面堆積物を採取し、本研究と同じ16種類のPAHs濃度を測定し、結果は98~256 ng/gであった。本研究で得られた燃焼前のたばこ中濃度は路面堆積物中濃度より若干低かったが、燃焼後のたばこ中濃度は数倍高かった。

表2に燃焼後のたばこにおける各PAHs濃度を示す。Nap、Acy、Flu、Phe、Ant、Flt、Pyr、BaA、Chr、BPは6銘柄とも検出され、Ace、BbF、BkF、BaP、IPは検出されない場合があった。DahAは6銘柄とも検出されなかった。物質毎にみると6種の銘柄における濃度の中央値が最も高かったのはPheの145ng/gで、Napの134 ng/g、Acyの55.3 ng/g、Fluの48.6ng/g、Fltの44.1ng/gと続いた。検出された物質で最も低かったのはBkFの0.41 ng/gで、5及び6環のPAHsの濃度はその他のPAHsに比べると低かった。

燃焼後のたばこにおける16種類の各PAHs濃度値(N=30、6銘柄×5回)のデータを用いて各PAHsの相関分析を行った結果を表3に示す。4種の4環PAHs間の相関係数は0.89以上と特に高く、これらの物質群は同じ前駆体から生成している可能性が高いと考えられる。6種の2~3環PAHs間の相関係数については概ね有意であり、AcyとFlu間の0.90、PheとAnt間の0.96と非常に高い場合があった。6種の5~6環PAHs間の相関係数については0.90を超えるなど、有意な相関係数を示す場合があった。これらのことから最初に低分子量の2~3環PAHsが生成し、その一部から3~4PAHsが、さらに5~6環PAHsが生成しているのではないかと推察される。

表3 燃焼後のたばこにおける各PAHs濃度間の相関係数

	2環		3環				4環				5環				6環	
	NaP	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	DahA	IP	BP
NaP	1.00															
Acy	0.59	1.00														
Ace	0.52	0.06	1.00													
Flu	0.48	0.90	0.02	1.00												
Phe	0.35	0.36	0.40	0.33	1.00											
Ant	0.33	0.39	0.40	0.35	0.96	1.00										
Flt	0.36	0.33	0.51	0.28	0.96	0.94	1.00									
Pyr	0.33	0.29	0.44	0.22	0.94	0.91	0.96	1.00								
BaA	0.32	0.19	0.50	0.08	0.83	0.81	0.92	0.89	1.00							
Chr	0.31	0.15	0.55	0.08	0.91	0.88	0.95	0.91	0.94	1.00						
BbF	0.35	0.28	0.36	0.10	0.35	0.28	0.46	0.43	0.50	0.40	1.00					
BkF	0.06	-0.01	0.31	0.08	0.28	0.20	0.29	0.23	0.25	0.34	0.30	1.00				
BaP	0.28	0.25	0.26	0.12	0.54	0.46	0.62	0.58	0.63	0.54	0.91	0.42	1.00			
DahA	-0.17	-0.10	-0.15	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	0.00	-0.05	-0.09	-0.03	-0.04	-0.05	1.00		
IP	0.21	0.48	0.29	0.48	0.47	0.51	0.60	0.51	0.60	0.55	0.44	0.29	0.46	-0.13	1.00	
BP	0.08	0.06	0.21	-0.09	0.53	0.51	0.66	0.65	0.77	0.70	0.57	0.28	0.68	-0.03	0.58	1.00

相関係数有意限界値0.36 (p<0.05) を超えた場合に青色で色付け

参考文献

- 1) 厚生労働省：令和元年「国民健康・栄養調査」の結果, https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_14156.html
- 2) 山田功ら：路面堆積物中の多環芳香族炭化水素含有量の分布, 第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 2007