

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)
総合研究報告書

加熱式たばこ主流煙に含まれる水銀の研究

研究分担者 杉田 和俊 麻布大学 獣医学部講師
研究代表者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院

研究要旨

近年、加熱式たばこの愛用者が増加し、喫煙者において20%を超えるシェアを占めるようになった。しかし、販売等の歴史が浅いことから、加熱式たばこの受動喫煙等による健康影響は不明な点も多く、更なる科学的根拠の蓄積が必要である。そこで、本年度は、有害金属の1つである水銀について加熱式たばこのたばこ葉及び主流煙中の含有量を測定し、主流煙への移行率について検討することを目的とした。

本研究では加熱式たばこ4社 25 銘柄について、たばこ葉及び主流煙中の水銀量を測定した。その結果、加熱式たばこのたばこ葉中水銀含有量は1本あたり平均3.3ng (0.6~6.8ng/cig)であった。また、主流煙中の水銀濃度はデバイスの加熱温度に大きく影響され、デバイスの加熱温度が40℃の銘柄では0.15ng/cig、デバイスの加熱温度が200℃以上では1.5ng/cigと10倍の差があることがわかった。これらの結果から、低温加熱式のデバイスでは移行率が約3%、高温加熱式のデバイスでは移行率が40~107%と10倍以上異なり、水銀の曝露影響は高温加熱式に比べ低温加熱式デバイスが小さいことが認められた。

A. 研究目的

健康増進法が2020年4月に改定され、国は受動喫煙の防止に関する施策の策定に必要な調査研究を推進するように努めることとされている。加熱式たばこについては、紙巻たばこに比べ販売等の歴史が浅いことから、加熱式たばこの受動喫煙による将来的な健康影響は不明な点も多く、更なる科学的根拠の蓄積が必要とされている。加熱式たばこは、2013年以降に日本国内での販売が開始され、すでに喫煙者において20%を超えるシェアを占めるようになった。加熱式たばこは、紙巻たばこのような燃焼を伴わないため、一般に有害性は低いと言われている。また、吸引デバイスや加熱温度なども製品により異なり、加熱式たばこ間の比較も難しい。他方、水銀は、日本では水俣病に代表

される有機水銀汚染、世界では金鉱山や金属製錬などに伴う無機水銀汚染などが報告されており、未だに世界では代表的な環境汚染物質である。水銀には発がん性は報告されていないものの、メチル水銀では神経毒性による健康影響が、水銀蒸気の場合では、主に腎臓に蓄積するとともに血液-脳関門を通過し脳内に運ばれ、その結果として胸の痛み、呼吸困難、咳、咯血を続発し、間質系肺炎の引き起こすことが報告されている。たばこ主流煙中の水銀は蒸気として吸引されるため、上記の影響が考えられる。そこで、喫煙による水銀曝露量を推定することを目的として、紙巻たばこ、「リトルシガー」と呼ばれる葉巻たばこ及び加熱式たばこに含有される水銀及び主流煙に含まれる総水銀量を測定した。

B. 研究方法

1. 使用たばこ銘柄

分析に供したたばこは国内で販売されている紙巻きたばこ 15 銘柄、葉巻たばこ 5 銘柄及び加熱式たばこ 25 銘柄とした。

2. 主流煙中水銀の捕集及び前処理

たばこ主流煙中の水銀は、水銀マニュアル(環境省)を若干変更し、0.6%過マンガン酸カリウム(試薬特級 富士フィルム 和光純薬株式会社)水溶液と硫酸水溶液(有害金属測定用 富士フィルム和光純薬工業株式会社)(1+15)を等量今後したものを吸収液とし、その 15ml をインピンジャー1 本に入れ、HCI モードで機械喫煙により発生したたばこ 3 本分の主流煙を捕集した。捕集後、ホットプレート上で過マンガン酸カリウム溶液を加えながら、過マンガンカリウムの紫色が消えなくなるまで加熱分解した。水銀測定の前直前に 10%ヒドロキシルアミン塩酸塩(試薬特級 和光純薬工業)溶液を添加し、過マンガン酸カリウム溶液の紫色を脱色し、水銀測定試料とした。

たばこ葉中の水銀は水銀マニュアル(環境省)を若干変更し、肉厚のメスフラスコ(50mL)に試料約 0.5g を計り取り、水、硝酸(電子工業用含有率 61% 関東化学株式会社製)-過塩素酸(有害金属測定用特級試薬 60% ナカライテスク株式会社製)を等量混合したものと硫酸(有害金属測定用 富士フィルム和光純薬工業株式会社)を加え、ホットプレート上で1時間の加熱分解を行った。冷却後、水を加え 50mL に定容し、水銀測定用試料とした。

水銀の測定は、水銀測定用試料 20mL をガラス製測定容器に入れ、硫酸(富士フィルム和光純薬株式会社, 有害金属測定用)(1+1) 1mL 及び 10%塩化すず(塩化すず(II)二水和物, 富士フィルム和光純薬株式会社, 有害金属測定用)水溶液 1mL を添加し、発生した Hg 蒸気を空気中でセル

に導き吸光度を測定した。水銀の吸光度測定は Mercury Analyzer HG400 (平沼産業株式会社)を用いた。水銀の定量には水銀標準試薬(Hg 100, 富士フィルム和光純薬株式会社)を適宜希釈して用いた。

C. 研究成果

1. 紙巻たばこの水銀含有量

国外では紙巻たばこでは、たばこ 1 本当たり 10ng 程度の Hg が含まれていることが報告され(1, 2)Kowalski et al. 2009, Panta et al. 2008), 喫煙による水銀の暴露影響が懸念されている。本研究で得られた紙巻きたばこのたばこ葉中水銀及び主流煙中(HCI モード)水銀含有量を Table 1 に示す。たばこ葉の水銀含有量はたばこ 1 本当たり平均 13.8ng (7.3ng~27.8ng)と約 4 倍の開きが認められた。主流煙中水銀含有量は 1 本当たり平均 3.9ng (1.6ng~5.9ng)で、水銀含有量は Tar や Nicotine の量とは関係は認められなかった。また、たばこ葉から主流煙への移行率は平均 32.9% (14.1%~62.1%)であった。

2. 葉巻たばこの水銀含有量

今回、試験に供した葉巻たばこは「リトルシガー」と呼ばれるもので、通常葉巻たばこと異なり、構造的には紙巻たばこと同じであるが、たばこ葉を巻いている紙の代わりに「たばこ葉を原料とした専用の巻紙」が使われていることである。そのため、税法上は葉巻たばこに分類され、1 本あたりで計算されるたばこ税が 1g 当たりで計算され、高価になった紙巻たばこに代わり、販売量が押下しているものである。葉巻たばこのたばこ葉中水銀及び主流煙(HCI モード)中水銀の測定結果を Table 2 に示す。本研究では、葉巻たばこの巻紙はタバコ葉試料として含めなかった。紙巻たばこに比べると銘柄が少ないため本研究では 5 銘柄について測定した。たばこ葉中の水銀含有量は平均で 1 本当たり 5.7ng (2.9ng~10.0ng), 主流煙中水銀含有量は平

均で1本当たり4.0ng(2.7ng~5.8ng)であった。また、たばこ葉から主流煙への移行率は平均で73.7%(58.6%~99.0%)であった。

3. 加熱式たばこの水銀含有量

最近、販売数が増加している加熱式たばこは、加熱温度がデバイス(喫煙する装置)により異なっているのが大きな特徴である。今回の検討では4種類(40℃、200℃、240-280℃及び300-350℃)の温度のデバイスを用いた。その結果をTable 3に示す。たばこ葉中の水銀含有量は平均で1本当たり3.3ng(0.6ng~6.8ng)であり、ばらつきはあるものの、製造社やブランドによる差は認められなかった。次に、主流煙中の水銀含有量は加熱温度別に示した。低温加熱式(40℃)のデバイスでは主流煙中の水銀は平均0.15ng/cigと高温加熱式デバイスの中でも200℃と300-350℃ではそれぞれ平均が1.3及び1.4ng/cigと同様の結果であったが、240-280℃では2.8ng/cigと高い結果になった。しかし、240-280℃のデバイスはメーカーも異なることから、たばこ葉やその加工方法、加熱方法も異なることが考えられ、詳細な検討が必要である。低温加熱式(40℃)では高温加熱式に比べ約1/10の含有量であり、葉の含有量からの移行率も3.0%と非常に小さく、高温加熱式では移行率は40-107%と大きく異なることが判った。

D. 考察

本研究結果から、たばこ1本当たりの水銀含有量は、紙巻たばこ>葉巻たばこ>加熱式たばこの順で少なく、紙巻たばこと葉巻たばこ、紙巻たばこと加熱式たばこで有意な差($p<0.05$)が認められた。葉巻たばこや加熱式たばこでは1本当たりのたばこ葉量が0.25gと紙巻たばこ(たばこ葉量は約0.6g)に比べると半分以下であることが要因であると考えられる。葉巻たばこと加熱式たばこではたばこ葉中の水銀含有量に

については有意な差は認められなかった。

一方、主流煙中水銀含有量を比較すると、紙巻たばこで1本当たり3.9ng、葉巻たばこで1本当たり4.0ngとほぼ同様の含有量であった。加熱式たばこではデバイスの加熱温度により主流煙中水銀の含有量は大きく異なり、加熱温度40℃のものでは1本当たり平均0.15ng、200℃以上のもので1本当たりの平均は1.5ngと有意な差が認められた($p<0.05$)。さらに、紙巻たばこの主流煙中水銀と加熱温度が200℃以上の加熱式たばこでも有意な差が認められた($p<0.05$)。これらの結果から主流煙中の1本当たりの水銀含有量は紙巻たばこ≒葉巻たばこ>加熱式たばこ(加熱温度>200℃)>加熱式たばこ(加熱温度40℃)となり、主流煙中の水銀含有量は加熱式たばこでは有意に低く、デバイスの加熱温度が主流煙中の水銀濃度に大きく影響することがわかった。低温加熱式(加熱温度40℃)では移行率が3%と高温加熱式(>200℃)に比べると1/10以下であった。水銀の曝露影響の観点からすると、紙巻たばこよりも加熱式たばこ、その中でも低温加熱式による喫煙の方が健康影響は少ないことが考えられた。加熱式たばこに関しては様々な香料を添加したたばこや新しいデバイスも販売されていることから、引き続き調査・監視を続ける必要がある。

E. 結論

本研究では紙巻たばこ15銘柄、葉巻たばこ5銘柄及び加熱式タバコ25銘柄のたばこ葉及び主流煙中の水銀を測定した。その結果、全ての試料(たばこ葉、主流煙)から水銀を検出した。たばこ葉中1本当たりの水銀含有量は加熱式たばこが最も少なかった。主流煙への移行率は葉巻たばこが最も高く、紙巻たばこでは14.1%~62.1%とばらつきがあった。加熱式たばこの移行率では加熱温度により大きく差があり、3%からほぼ全量が移行するものまで認められた。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表

Kazutoshi SUGITA, Hiroshi SATO, Sample Introduction Method in Gas Chromatography (Review), Anal. Sci. Vol.37. pp159-165, 2021.

Kazutoshi SUGITA, Junpei YAMAMOTO, Kimika KANESHIMA, Chika KITAOKA-SAITO, Masashi SEKIMOTO, Osamu ENDO, Yukihiro TAKAGI, Yuko KATO-YOSHINAGA, Acrylamide in dog food, Fundam. Toxicol. Sci. Accepted.

2. 学会発表

小野史礼, 杉田和俊, 高木敬彦, FO-20 土壌の塩素処理に伴う変異原性挙動の変化. 公益財団法人日本獣医学会 第 163 回日本獣医学会学術集会 (2020).

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

特になし

Table 1 Mercury contents in leaves and mainstream smoke of cigarette

No.	Tobacco	Tar (mg)	Nicotin (mg)	Hg in tobacco	Hg in maintream	Transfer ratio (%)
				Leaves (ng/cig)	smoke (ng/cig)	
1	KENT1 100's	1	0.1	10.3	3.4	32.7
2	MEVIUS ONE 100's-1	1	0.1	8.7	2.5	28.6
3	xs CASTER	5	0.4	24.0	3.4	14.1
4	CABIN	8	0.6	27.8	4.7	16.9
5	COOL Natural	8	0.6	23.4	3.7	15.8
6	LARK MILDS 9	9	0.8	7.9	1.6	20.8
7	PARLIAMENT	9	0.7	7.3	3.7	50.3
8	MEVIUS ORIGINAL 10	10	0.8	9.3	3.9	41.6
9	The Peace	10	1.0	12.2	4.5	37.0
10	AMERICAN SPIRIT (Turquoise)	12	1.4	18.3	4.2	23.0
11	Marlbro Box	12	1.0	8.5	3.5	41.5
12	HOPE	14	1.1	9.4	5.9	62.1
13	SEVEN STARS	14	1.2	12.1	5.3	43.7
14	echo (Orenge package)	15	1.0	9.9	-	
15	Wakaba (Green package)	19	1.4	14.5	-	
average				13.8	3.9	32.9
sd				7.1	1.1	14.7
min				7.3	1.6	14.1
max				27.8	5.9	62.1

The calculation of the statistics did not include the results of ECHO and Wakaba.

Table 2 Mercury contents in tobacco leaves and mainstream smoke of little cigar

No.	Little Cigars	Hg in tobacco	Hg in maintream	Transfer ratio (%)
		Leaves (ng/cig)	smoke (ng/cig)	
1	CAMEL CIGARS ORIGINAL	6.2	4.1	66.9
2	echo CIGARS	5.7	4.3	76.1
3	Forte Lights	2.9	2.9	99.0
4	Forte ORIGINAL	3.9	2.7	68.0
5	WAKABA (Brown package)	10.0	5.8	58.6
average		5.7	4.0	73.7
sd		2.7	1.3	15.4
min		2.9	2.7	58.6
max		10.0	5.8	99.0

Table 3 Mercury content in tobacco leaves and mercury concentration in mainstream smoke of heated cigarettes

Heated Tobacco	device	company	Temperature (°C)	Hg in tobacco leaves (ng/cig)	Ave. tobacco leaves (ng/cig)	Hg in Mainstream(MS) (ng/cig)	Ave. MS (ng/cig)	apparatus transfer ratio (%)
MEVIUS CLEAR MINT	Ploom Tech Plus	JT	40	5.4		0.16		
MEVIUS GOLD CLEAR MINT	Ploom Tech Plus	JT	40	6.8		0.09		
MEVIUS ROAST BLEND	Ploom Tech Plus	JT	40	Not measured	4.9	0.15	0.15	3.0
MEVIUS GOLD ROAST	Ploom Tech Plus	JT	40	6.0		0.17		
MEVIUS ROAST (PLOOM TECH+)	Ploom Tech Plus	JT	40	1.1		0.17		
MEVIUS MENTHOL PURPLE	Ploom S	JT	200	2.5		1.4		
MEVIUS REGULAR	Ploom S	JT	200	2.3	2.0	1.4	1.3	63.9
CAMEL Regular	Ploom S	JT	200	0.6		1.1		
CAMEL Menthol	Ploom S	JT	200	2.6		1.2		
KENT bright tobacco	Glo	BAT	240-280	2.9	2.7	2.9	2.8	107.2
KENT mint boost	Glo	BAT	240-281	2.4		2.8		
MARLBORO REGULAR	IQOS	Philip Morris	300-350	3.1		2.7		
Marlbore MENTHOL	IQOS	Philip Morris	300-350	2.7		2.4		
MARLBORO RICH REGURALER	IQOS	Philip Morris	300-350	4.9		1.3		
MARLBORO BLANCED REGULAR	IQOS	Philip Morris	300-350	Not measured	3.7	1.1	1.5	40.9
MARLBORO SMOOTH REGULAR	IQOS	Philip Morris	300-350	4.8		1.2		
MARLBORO PURPLE MENTHOL	IQOS	Philip Morris	300-350	3.3		1.2		
MARLBORO BLACK MENTHOL	IQOS	Philip Morris	300-350	3.6		1.2		
MARLBORO MINT	IQOS	Philip Morris	300-350	Not measured		1.1		
HEETS DEEP BRONZE	IQOS	Philip Morris	300-350	1.9		1.3		
HEETS CLEAR SILVER	IQOS	Philip Morris	300-350	3.0		1.2		
HEETS FRESH EMERALD	IQOS	Philip Morris	300-350	2.4	3.0	1.1	1.2	39.2
HEETS FROST GREEN	IQOS	Philip Morris	300-350	2.1		1.2		
HEETS BALANCED YELLOW	IQOS	Philip Morris	300-350	5.3		1.1		
HEETS FRESH PURPLE	IQOS	Philip Morris	300-350	3.1		1.0		
Average				3.3				
SD				1.6				
min				0.6				
max				6.8				