

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

加熱式たばこ主流煙に含まれる水銀の研究

研究代表者 稲葉 洋平 国立保健医療科学院
分担研究者 杉田 和俊 麻布大学獣医学部

研究要旨

近年、加熱式たばこの喫煙者が増加し、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タバコのタバコ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 3.3 ng (0.6~6.8 ng/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 0.15 ng/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、近年急増しつつある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加熱式たばこ3社、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)を等量混合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、HCl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、過マンガン酸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. 加熱式たばこのたばこ葉中水銀含有量

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。昨年の研究では15銘柄の紙巻たばこの葉中に平均で13.8ng/cig(7.3~27.8ng/cig)が含有されていることを報告した(2019年度報告書)。今年度は、近年急増している加熱式タバコについて25銘柄のたばこ葉及び主流煙中の水銀分析を行った。その結果をTable 1に示す。加熱式タバコの1本当たりのたばこ葉中水銀量については平均で3.3ng(0.6~6.8ng)と紙巻きたばこに比べると低い結果となった。メーカーやブランドによる差は認められなかった。海外で生産、製造されているものも多く、製造時期の違いなども関係すると考えられる。また、加熱式たばこでは様々なフレーバーなどがブレンドされている銘柄も多いことから、製造時期による水銀含有量が異なることも考えられる。そのため、継続的な測定が必要である。

2. 加熱式たばこの主流中水銀含有量

加熱式たばこ25銘柄の主流煙は水銀分析マニュアル(環境省)の2-1-5 大気・空気試料の試料採取法を一部変更し、0.6%過マンガン酸カリウムと硫酸水溶液(1+15)の等量混合液を吸収液として用いた。捕集後、同じ過マンガン酸カリウムと硫酸水溶液の混合液を加え、前処理を行ったのち、水銀を測定した。Table 1に1本当たりの主流煙中水銀含有量に加え加熱温度を示してある。加熱式たばこでは加熱温度がデバイス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。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、タバコ葉やその加工方法、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

本研究結果から加熱式たばこのたばこ葉には 1 本当たり平均 3.3ng(0.6~6.8ng)の水銀が含まれていることが示された。この値は紙巻たばこ(平均 13.6ng/cig)の約 1/4 であった。加熱式たばこのたばこ葉重量は約 0.25g であり、紙巻たばこ(たばこ葉重量約 0.6g)の約 40%になっていることが要因の 1 つであると考えられる。しかし、それ以上に 1 本当たりの水銀含有量が小さくなっていることから、たばこ葉そのものやその加工なども原因となっていると考えられる。また、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。低温加熱式では移行率が 3%と高温加熱式に比べると 1/10 以下であり、水銀の曝露影響の観点からすると、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

本研究では加熱式たばこ 3 社 25 銘柄のたばこ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。たばこ葉では平均 13.6ng/cig (0.6~6.8ng/cig)、主流煙では 0.09ng/cig~2.9ng/cig であった。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、低温加熱式では平均 0.15ng/cig、高温加熱式では平均 1.5ng/cig と約 10 倍の差が認められた。水銀の曝露影響の観点からすると、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。

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 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				