

令和3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

加熱式たばこの主流煙及びたばこ葉に含まれる水銀の研究

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

研究要旨

20代、30代を中心に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。また、様々なフレーバーを持つ新しい製品が次々と開発され、従来の喫煙習慣に加え、香りを楽しむ要素が加わっている。販売等の歴史が浅いことから、加熱式たばこの喫煙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、新製品を中心に、有害金属の1つであり揮発性が非常に高い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。

今年度は2社(JT及びPM)の加熱式たばこから新製品を中心に30銘柄について、たばこ葉及び主流煙中の水銀含有量を測定し、昨年度測定分と合わせて52銘柄について検討した。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3.7ng(1.1~5.8ng/cig)であった。また、主流煙中水銀含有量は全体の平均で1本あたり平均1.6ng(0.1~2.7ng/cig)であった。メーカー別ではJTでは1本当たりのたばこ葉中水銀含有量は平均3.4ng、主流煙中水銀含有量は1.3ng(低温加熱による主流煙中含有量は含めず)、PMではそれぞれ1本あたり平均3.9ngと1.9ngであり、主流煙中水銀含有量で有意差($p<0.01$)が認められた。また、同じメーカー(JT)でも加熱温度(40℃)ではたばこ葉中水銀含有量は1本あたり3.5ng、主流煙中水銀含有量では1本あたり平均0.13ngとたばこ葉中水銀含有量は変わらないものの主流煙中水銀含有量では約10倍の差があることがわかった。以上の結果から、たばこ葉中水銀含有量はメーカー間で有意な差はないものの、主流煙中水銀含有量では有意な差が認められ、加熱温度が主流煙中水銀含有量に影響することがわかった。

A. 研究目的

健康増進法が2004年施行され、受動喫煙の防止が義務付けられ、2014年には千代田区で路上喫煙禁止の条例が施行され、公共の場での喫煙が禁止になった。さらに2020年4月に健康増進法が改定され、国は受動喫煙を防止するための措置を総合的かつ効果的に進めるとともに、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ことが努力目標とされた。習慣的な喫煙では紙巻たばこの割合が男女とも70%を超えてはいるものの、加熱式たばこの割

合は25%を超えており増加傾向にある。特に20代及び30代での割合が高く、今後、さらなる増加が見込まれる。加熱式たばこは、2014年に日本国内での販売が開始され、現在では主に3社から販売されている。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ものの、紙巻たばこと同様にたばこ葉を用いていることから、発生する化合物の種類は同程度あるいはそれ以上との報告もあり、人への健康影響はまだ不明の点が多い。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

しい状況である。これら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。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、未だに世界においては代表的な環境汚染物質の一つである。水銀についての発がん性は報告されていないものの、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、メチル水銀では神経毒性による健康影響、水銀蒸気を吸入曝露した場合は、その結果として胸の痛み、呼吸困難、咳、喀血を続発し、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、多量の喫煙では上記の影響が考えられる。さらに水銀は常温で液体、蒸気圧も高いことから燃焼を伴わない加熱でも主流煙とともに暴露されることが容易に考えられる。

そこで、加熱式たばこの喫煙による水銀曝露量を推定することを目的として、現在販売されている3社の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

今年度は、国内で販売されている日本たばこ株式会社とフィリップモリスジャパンの加熱式たばこのうち今年度は新しく発売されたものを中心にそれぞれ14銘柄と16銘柄について測定し、昨年度と合わせ合計52銘柄を研究対象とした。

2. 主流煙中水銀の捕集及び前処理

主流煙中の水銀は、水銀マニュアル（環境省）に若干変更を加え、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た。この吸収液 15ml をインピンジャー1本に入れ、HClモード Health Canada Intense TC-115)による機械式喫煙モードにより発生したたばこ5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（吸収液と同じもの）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、20mLに定容し、全量の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）に若干変更を加え、肉厚のメスフラスコ

（50mL）に試料約0.5gを計り取り、水1mL、硝酸（電子工業用 含有率61% 関東化学株式会社）- 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）を等量混合したもの4mL及び硫酸（有害金属測定用 富士フィルム和光純薬工業株式会社）5mL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、発生した水銀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. 加熱式たばこの水銀含有量

加熱式たばこは、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。JT では40℃および295℃、PM では350℃のもの及び加熱温度が公開されていないものがあった。測定結果を、図-1 および図-2 に示す。図-1 はJT のたばこ葉および主流煙中のたばこ1本あたりの水銀含有量を示している。たばこ葉中の水銀含有量は1本あたり平均3.4ng (加熱温度200℃以上のもの)と昨年度と大きな違いは認められなかった。主流煙では1本あたり平均1.3ngであった。その結果、移行率は平均で約40%となった。しかし、JT では低温加熱のデバイスがあり、本研究ではJT0019 からJT0022 までの4種類である。これらのたばこ葉中水銀含有量は1本あたり平均3.5ng と差はないものの、主流煙中水銀含有量は1本あたり平均0.13ng と約1/10で有意な差 ($p<0.01$)が認められた。

一方、PM では加熱温度が350、新製品では非公開であり、JT に比べると加熱温度は高いと考えられる。PM 社のたばこ葉および主流煙中水銀含有量の結果をFig.2 に示す。PM のたばこ葉中の水銀含有量は平均で3.9 ng とJT と同レベルであった(有意差なし)。しかし、主流煙中水銀含有量では、1本あたり平均1.9 ng とJT の主流煙中水銀含有量とは有意な差 ($p<0.01$)が認められた。

両者の比較をFig.3 に示す。たばこ葉中水銀含有量、主流煙中水銀含有量および移行率で有意差を確認したところ、たばこ葉中水銀含有量では有意差は認められないものの、主流煙中水銀含有量 ($p<0.01$)および移行率 ($p<0.05$)において有意差が認められた。

D. 考察

加熱式たばこでは紙巻きたばこと異なり、喫煙には専用のデバイスが必要となる。このデバ

イスにより加熱方式や加熱温度が異なっており、吸引される成分や量が異なることが予想される。JT では加熱温度40℃と295℃のデバイスがある。水銀は常温で液体であり、気化しやすい性質があることから、加熱温度の影響は大きいことが考えられる。主流煙ではメーカーによる差も認められたことから、加熱温度や加熱方式などによって、水銀の主流煙への移行率に影響が及ぶことが考えられた。

本研究結果から、加熱温度40℃では主流煙への移行率は6%程度であるが、高温加熱条件下では約45%であり、温度条件により主流煙中の水銀含有量は大きく影響されることが認められた。

今年度は2つのメーカーを中心に検討を行った。たばこ葉中水銀含有量では有意差が認められなかったが、主流煙中水銀含有量及び移行率で有意差が認められた。加熱温度は295℃(JT)と350℃(PM)で両者とも高温加熱方式である温度差が約55℃あることがこの差がこの差の原因の一つであると考えられる。温度以外にも加熱方式など考慮する必要がある。

E. 結論

本研究では加熱式たばこ52銘柄を対象としてたばこ葉および主流煙の水銀含有量を測定した。その結果、たばこ葉中の水銀含有量は有意な差が認められなかったものの、主流煙中水銀含有量では有意な差 ($p<0.01$)が認められた。高温加熱方式であるが、加熱温度に約55℃の差が主流煙中水銀含有量の差の原因の1つと考えられる。また、同じメーカーであっても加熱温度が40℃と295℃と大きく異なると、主流煙中水銀含有量に有意な差が認められた。水銀の場合、加熱温度により主流煙中水銀含有量が大きく影響されると考えられる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Keisuke Sugimoto, Kazutoshi Sugita, Kensuke Orito and Yoko Fujii, S Repeated-Dose Pharmacodynamics of Pimobendan in Healthy Cats, *Animals* 2022, 12, 981. <https://doi.org/10.3390/ani12080981>.

2. 学会発表

杉田和俊, 久保美千代, 中野佳彦, 福田健 犬被毛中水銀の汚染源の推定, 日本毒性学会 生体金属部会主催 メタルバイオサイエンス研究会 2021 (2021).

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

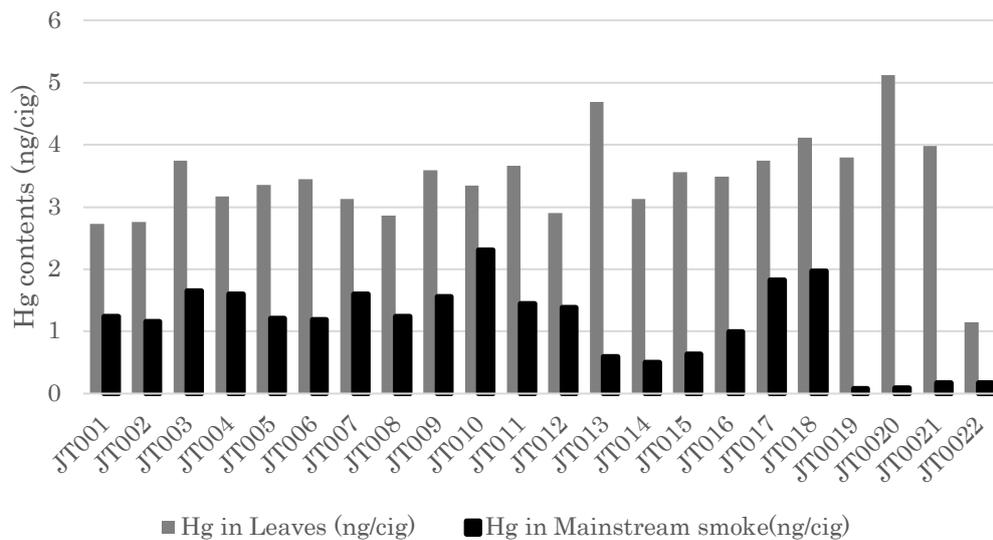


Fig.1 JT 製品におけるたばこ葉および主流煙水銀含有量

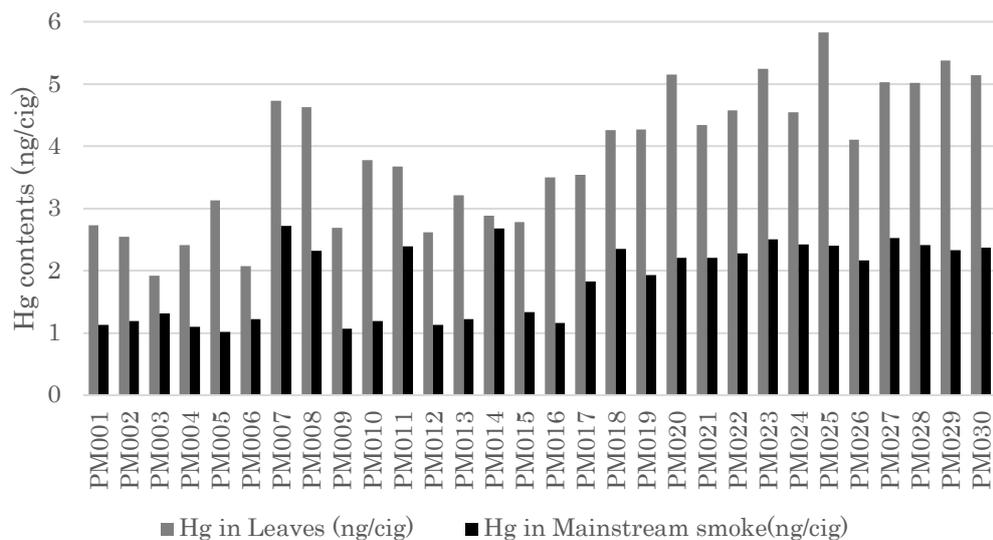


Fig.2 PM 製品におけるたばこ葉および主流煙水銀含有量

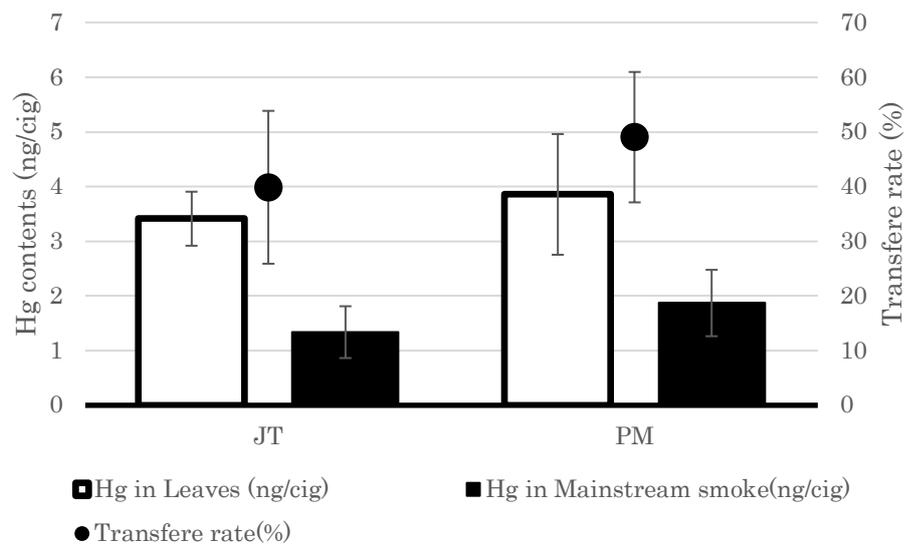


Fig.3 2社における水銀含有量と移行率の比較