

201205003A

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

タバコ煙中のポロニウムの含有量と
その測定法に関する研究

H24-特別-指定-032

平成 24 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 内山 茂久

平成 25 年 (2013) 3 月

目 次

I. 総括研究報告

- タバコ煙中のポロニウムの含有量とその測定法に関する研究 1
内山茂久

II. 分担研究報告

1. タバコ葉中及び主流煙中のポロニウムの測定 5
稲葉洋平・内山茂久・寺田 宙・山口一郎・樺田尚樹
2. タバコ及びその主流煙中に含まれるポロニウム 210 の分析 1 8
(精度管理のためのデータ)
3. タバコのポロニウムの課題に関する文献レビュー 2 4
樺田尚樹・稲葉洋平・内山茂久
4. タバコのポロニウムの課題を考えるための放射線・放射能の基礎情報の整理
..... 3 4
樺田尚樹・寺田 宙・山口一郎
5. 眠れる巨人を呼び起こす：ポロニウム 210 問題に対するタバコ産業の反応
(参考資料翻訳) 4 5

I. 総括研究報告

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）

総括研究報告書

タバコ煙中のポロニウム含有量とその測定法に関する研究

研究代表者 内山 茂久 国立保健医療科学院

研究要旨

タバコに含まれる自然放射性核種であるポロニウム（Po-210）に関する関心が高まっている。そのために、これらの課題に対する文献的なレビューを行うとともに、タバコ葉およびタバコ主流煙中のポロニウムの分析法の確立を目指した。

タバコ主流煙中の有害化学物質の評価のためには、国際規格に基づいたタバコ煙の捕集が必要であるが、これまでニコチン・タールをはじめ揮発性有機化合物などタバコ煙中の有害化学物質を測定してきた経験と、飲食品中の放射性物質を測定してきた経験を生かし、測定法の確立を行い、標準タバコと市販タバコ 2 銘柄について、分析を実施した。タバコ葉中の Po-210 の分析結果は、国内外でこれまでに報告されているデータに合致するものであった。

併せて、これらの問題を理解するうえで重要となる過去の報告論文をレビューし、その中でも有用と思われる一編について全訳を行い本報告書に掲載した。また全体の理解の補助資料として放射線・放射能の基礎情報について概説した。

研究分担者 所属施設名

樺田尚樹 国立保健医療科学院

稲葉洋平 国立保健医療科学院

寺田 宙 国立保健医療科学院

山口一郎 国立保健医療科学院

の日本特集号の中で、日本の予防可能な最大の危険因子は「喫煙」と示された。

我々のグループは、FCTC における第 9 条タバコ製品の含有物に関する規制に対応するために約 20 カ国、20 数研究室が参加する WHO タバコ研究室ネットワーク (TobLabNet) に参画し、タバコ煙中の有害化学物質の分析・測定を国内で唯一継続してきた。

一方、タバコ煙中の有害因子の一つに自然放射性核種由来のポロニウムが含まれていることが古くから知られているが、平成 23 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の環境汚染以降、この問題がさらに注目されている。日本政府としても、タバコの煙中に含まれるポロニウムの吸入による喫煙者及び受動喫煙者の

A. 研究目的

平成 17 年にたばこの規制に関する世界保健機関枠組条約 (FCTC) が発効し、平成 22 年 2 月には「受動喫煙防止対策について」に関する健康局長通知が発出された。健康日本 2 1 (第二次) 及びがん対策推進基本計画では、「成人の喫煙率を平成 34 年度までに 12%」に低減など新たな数値目標が盛り込まれた。しかし我が国の喫煙率は先進諸国の中でいまだ高い方に属するのが現状である。2011 年 9 月の医学雑誌 Lancet

健康への影響について測定・評価することを平成24年9月14日に閣議決定した。

原発事故以前の食品から摂取する放射性物質の寄与としてカリウム40、炭素14などがあり、それらによる預託実効線量が国民平均で年間0.4 mSv程度とされていた。我々のグループでも、事故以前から食品に含まれる放射性物質について検討しており、トータルダイエツトスタディによる研究の結果、これらに加えPo-210の寄与が比較的大きく平均で年間約0.3 mSv、地域によっては0.8 mSvに達することを示し、魚介類を多く食することが寄与していることを示してきたり。

タバコ葉中のポロニウムの分析報告はあるが、人が曝露されるタバコ煙中の測定方法についてはガス状成分を中心に十分に捕集分析法は確立されてはならず、本研究では、タバコ煙の有害因子の評価と、種々の放射性物質の検出という両方の経験を生かし、タバコ葉及びタバコ煙中のポロニウムの測定方法を検討し、タバコ葉から吸煙による曝露時の移行率を含め、ポロニウムによる被ばく線量評価・リスク評価の基礎資料を提示することを目指す。

B. 研究方法

B.1 タバコ葉中及び主流煙中のポロニウムの測定

タバコ試料は、標準タバコの3R4F、市販タバコのSeven Stars及びMarlboro Redの3銘柄を使用した。

タバコ主流煙の捕集方法は、規格にのっとり捕集することが求められる。我々は国内で唯一公的機関として中立的に、国際標準規格に基づきタバコ煙に含まれる有害化学物質を評価してきたが、それらの方法に基づき捕集した。すなわち半自動喫煙装置（Borgwaldt single channel linear smoking machine model LM1、Borgwaldt KC社製を用い、ISO法とカナダ保健省が提

案するHealth Canada Intense（method T-115、HCI法）で行った。

タバコ葉及び主流煙は、マイクロウェーブ処理を行い、Srレジソカラム抽出、電着後、 α 線スペクトロメトリーで測定を行った。

なお精度管理のために、上記で準備したタバコ葉および主流煙試料の一部を、食品中のポロニウム分析などの実績を有する外部の測定機関（一般財団法人九州環境管理協会）において同様に分析した。2か所で独立して分析測定し、相対的に評価を行うことで精度管理を実施した。

B.2 タバコのポロニウムの課題に関する文献レビュー

近年発行された論文を中心に、タバコ葉およびタバコ主流煙中のPo-210の分析法、その分析結果とそれに基づく被ばく線量評価、健康リスクなどについて検討した。併せて、ポロニウムがタバコ葉に含まれるメカニズム、その事実に対してタバコ産業がとってきた対応などについて最近各種報告された資料の中から、多くの情報が含まれ今後の対策に有用と思われる論文一つを全訳して本報告書と一緒に掲載した。

B.3 タバコのポロニウムの課題を考えるための放射線・放射能の基礎情報の整理

本研究においては、タバコ葉及びタバコ主流煙中の有害因子の一つとして含まれる自然放射性核種のポロニウムについて検討を進めるが、対象とする放射線・放射能の基礎情報についてまとめるとともに、その防護体系、生体影響メカニズムについて概説した。

（倫理面での配慮）

実験室における分析研究であり、特に倫理面への配慮を必要とする点はない。

C. 研究結果

C.1 タバコ葉中及び主流煙中のポロニウムの測定

タバコ葉のPo-210分析結果は、3R4Fが11.4 mBq/cig、Seven Starsが24.1 mBq/cigそしてMarlboro Redが13.0 mBq/cigであった。次に、タバコ主流煙中3R4FのPo-210 (mBq/cig) は、0.37 (ISO) と1.15 (HCI) であった。Seven Starsは、1.36 (ISO) と3.25 (HCI) であった。最後にMarlboro Redは、0.92 (ISO) と2.01 (HCI) となった。さらにタバコ葉から主流煙 (粒子状成分) への移行比は、3R4FのISOが0.03となり、HCIが0.10であった。Seven StarsのISOが0.06となり、HCIが0.14であった。そしてMarlboro RedのISOが0.07となり、HCIが0.16となった。この結果からタバコ主流煙中のPo-210の曝露量は、喫煙法によって変化することが分った。

また並行して精度管理のために外部分析機関に委託し、本研究班の結果と比較したところ、タバコ葉の測定結果は、本研究班の値が、若干高いものの、良い相関を示した。また、主流煙のPo-210測定結果は、ほぼ同じ値となった。

C.2 タバコのポロニウムの課題に関する文献レビュー

国内外の過去の報告²⁻³⁾から、Po-210濃度はタバコ1本当たり 8~24 mBq/cig (算術平均14 mBq/cig) と示され、上述の今回の測定結果はこれらと合致する範囲であった。またタバコ葉から主流煙への移行比は0.09~0.49 (算術平均0.18) と報告され、これら報告を元に、1日20本の喫煙を仮定して、線量評価を実施した場合、実効線量として0.27 mSv/年と評価されている³⁾。

またタバコにポロニウムが含まれる原因は、空気中のラドン-222およびその娘核種がタバコ葉に付着してその壊変に伴いできたPo-210を取り込む機会と、リン酸肥料としてウランの豊富な原料を使用し、それら

を施肥することにより根から吸収された可能性が比較的早期より指摘されている。なおこれらの問題にタバコ業界が早くから気づいていたが、内部文書を公開することなく低減対策を取らなかったことなどが報告されていた⁴⁾。

C.3 タバコのポロニウムの課題を考えるための放射線・放射能の基礎情報の整理

我々の日常生活においては、自然放射線由来の被ばくとして、世界平均で年間2.4mSv程度の被ばくがあることがよく知られている。日本の場合、屋内空気中のラドンによる内部被ばくの寄与が諸外国より少なく、その値が、約1.5 mv程度といわれていた。しかし、近年飲食品中のPo-210による内部被ばくの寄与が見直されるようになり¹⁾、食品由来の内部被ばくだけで年間約1 mSv、自然放射線の合計で約2 mSvと評価されるようになった。

放射線防護の体系としては、国際放射線防護委員会ICRPは、しきい値なし直線モデル: linear no threshold model、LNTモデルをもとに、正当化、最適化、線量限度について示している。一方でLNTモデルについては、放射線防護における考え方を示したものであり、低線量でのリスク予測に使用することは不適切であるとも述べている。そのような中で、低線量率照射された際の生体の、修復・防護のシステムについても概説した。

D. 結論

タバコ葉及び主流煙中のPo-210測定法の確立を行い、標準タバコを含む3銘柄についてPo-210測定を行った。タバコ葉中のPo-210は、先行研究の範囲内の結果であった。また、主流煙の測定結果は、喫煙法によって数値が異なった。これは、タバコ主流煙のタール・ニコチンにおいても確認されている傾向であった。

あわせて、タバコに含まれる Po-210 の問題を検討する基礎資料とするために、放射線・放射能の基礎情報について概説するとともに、タバコのポロニウムの問題に関する文献レビューを行った。

参考文献

- 1) Sugiyama H、 Terada H、 Isomura K、 Iijima I、 Kobayashi J、 Kitamura K. Internal exposure to (210)Po and (40)K from ingestion of cooked daily foodstuffs for adults in Japanese cities. *J Toxicol Sci.* 2009; 34(4): 417-25.
- 2) 原子力安全研究協会. 新版生活環境放射線(国民線量の算定) pp166、2011.
- 3) Iwaoka K、 Yonehara H. Natural radioactive nuclides in cigarettes and dose estimation for smokers. *J Radioanal Nucl Chem.* 2012; 293: 973-977.
- 4) Rego B. Radioactive smoke. *Sci*

Am. 2011; 304(1): 78-81. (日本語訳:B.レゴ タバコに放射性物質 日経サイエンス 2011; 4月号:66-70)

- 5) Muggli ME、 Ebbert JO、 Robertson C、 Hurt RD. Waking a sleeping giant: the tobacco industry's response to the polonium-210 issue. *American Journal of Public Health.* 2008; 98:1643-1650 (本報告書に全訳掲載)

E. 健康危険情報

該当なし

F. 研究発表

1. 論文発表
該当なし
2. 学会発表
該当なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

II. 分担研究報告

タバコ葉中及び主流煙中のポロニウムの測定

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 寺田 宙 国立保健医療科学院
研究分担者 山口 一郎 国立保健医療科学院
研究分担者 櫻田 尚樹 国立保健医療科学院

研究要旨

タバコ葉及びタバコ主流煙中の有害因子の一つに自然放射性核種由来のポロニウムが含まれていることが以前から知られているが、2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の環境汚染以降、この問題がさらに注目されている。日本政府としても、タバコ煙中に含まれるポロニウム吸入による喫煙者及び受動喫煙者の健康への影響について測定・評価することを2012年9月14日に閣議決定した。そこでタバコ葉及びタバコ主流煙中のポロニウムの測定方法を検討した。タバコ葉及び主流煙は、マイクロウェーブ処理を行い、Sr レジンカラム抽出、電着後、 α 線スペクトロメトリーで測定を行う手法を確立した。タバコ葉の Po-210 分析結果は、3R4F が 11.4 mBq/cig、Seven Stars が 24.1 mBq/cig、そして Marlboro Red が 13.0 mBq/cig であった。次に、タバコ主流煙中 3R4F の Po-210 (mBq/cig) は、0.37 (ISO) と 1.15 (HCI) であった。Seven Stars は、1.36 (ISO) と 3.25 (HCI) であった。最後に Marlboro Red は、0.92 (ISO) と 2.01 (HCI) となった。さらにタバコ葉から主流煙（粒子状成分）への移行比は、3R4F の ISO が 0.03 となり、HCI が 0.10 であった。Seven Stars の ISO が 0.06 となり、HCI が 0.14 であった。そして Marlboro Red の ISO が 0.07 となり、HCI が 0.16 となった。この結果からタバコ主流煙中の Po-210 の曝露量は、喫煙法によって変化することが分かった。今後は、タバコ主流煙中ガス成分、タバコ副流煙さらには測定対象銘柄数を増やすことで、国内の喫煙によるポロニウム曝露の状況が明らかになると考えられる。

A 目的

我が国は、国際条約である「たばこの規制に関する世界保健機関枠組条約（Framework Convention on Tobacco Control : FCTC）」を批准し、国内においては健康日本21、健康増進法、がん対策基本法に基づいてたばこ対策を進めている。最近では、2010年2月に「受動喫煙防止対策について」に関する健康局長通知が発出され、さらに健康日本21（第二次）及びがん対策推進基本計画で

は、「成人の喫煙率を平成34年度までに12%」に低減など新たな数値目標が盛り込まれた。しかし我が国の喫煙率は先進諸国の中でいまだ高い群に属するのが現状であり、2011年9月の医学雑誌 Lancet の日本特集号の中では、日本の予防可能な最大の危険因子は「喫煙」であると示された。

タバコ煙中の有害因子の一つに自然放射性核種由来のポロニウムが含まれていることが以前から知られているが（図1）、2011年3月の東京電

力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の環境汚染以降、この問題がさらに注目されている。日本政府としても、タバコ煙中に含まれるポロニウム吸入による喫煙者及び受動喫煙者の健康への影響について測定・評価することを2012年9月14日に閣議決定した。

原発事故以前の食品から摂取する放射性物質の寄与としてカリウム40、炭素14などがあり、それらによる預託実効線量が国民平均で年間0.4 mSv程度である。我々のグループでも、事故以前から検討してきており、トータルダイエットスタディによる研究の結果、これらに加えポロニウム210の寄与が比較的大きく平均で年間約0.3 mSv、地域によっては0.8 mSvに達し、魚介類を多く食することが寄与していることを示してきた[1]。さらに我々の研究グループは、FCTCにおける第9条タバコ製品の含有物に関する規制に対応するために約20カ国、20数研究室が参加するWHOタバコ研究室ネットワーク（TobLabNet）に国内で唯一の研究グループとして参画し、これまでタバコ葉及びタバコ煙主流煙中の有害化学物質の分析・測定を継続してきた。

これまでタバコ葉中のポロニウムの分析報告はあるが、人が曝露されるタバコ煙中の測定方法についてはガス状成分を中心に十分に捕集分析法は確立されてはいない。そこで本研究では、タバコ煙の有害因子の評価と、種々の放射性物質の検出という両方の経験を生かし、タバコ葉及びタバコ主流煙中のポロニウムの測定方法を検討した。

B 方法

(1) タバコ試料

タバコ試料は、標準タバコの3R4F、市販タバコのSeven Stars及びMarlboro Redの3銘柄を使用した。内分標準試薬としてポロニウム-209 (activity: 375.6 Bq/50 mL in 5M硝酸) は、Eckert & Ziegler

Nuclitec GmbH製を使用した。

(2) タバコ主流煙の捕集

タバコ主流煙の捕集方法は、ISO法とカナダ保健省が提案するHealth Canada Intense (method T-115, HCI法)で行った[2, 3]。タバコ試料の恒温・恒湿化はISO3402 (1999) [4]に準拠し、捕集直前まで48時間-10日間、温度 $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 3\%$ で行った。タバコ主流煙の捕集は、半自動喫煙装置 (Borgwaldt single channel linear smoking machine model LM1, Borgwaldt KC社製) (図2)で行った。捕集中はチャンバー内をISO3308 (2000) [5]に準じ、温度 $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%$ で維持した。タバコ主流煙は、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で石英フィルター (2500QAT-UP, ϕ 45 mm, 日本ポール社製) に捕集した[2]。また、HCI法も同時に用いた。HCI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タバコを用いた際はテープで完全に塞いで捕集を行なった[3] (図3)。なお、本研究では、ISO試料は、石英フィルター1枚当たりタバコ主流煙3本分を捕集し、3枚分 (計9本分) を一試料とした。また、HCI試料は、石英フィルター1枚当たりタバコ主流煙2本分を捕集し、3枚分 (計6本分) を一試料とした。

(3) タバコ主流煙及び葉中ポロニウムの測定

タバコ葉中ポロニウムの測定は、Miuraら[6]の手法を一部改良した手法を用いた。一連の前処理工程を図4に示す。まず、始めに「有機物分解」段階では、タバコ葉試料 0.25 gは内部標準物質であるポロニウム-209 2.5 μL 、硝酸9 mL (HNO_3 , 有害金属分析用)、過酸化水素 (H_2O_2 , 有害金属測定用) 1 mL、銅溶液 (Cu, 10 mg/mL、塩酸) 0.25 mL及び鉛溶液 (Pb, 1 mg/mL、塩酸) 0.125 mLと共にマイクロウェーブ装置 (ETHOS PLUS,

Milestone General製) 専用容器に入れ、タイムプログラム (Milestone General社Report Code: B0081/サンプル: 葉) に従ってマイクロウェーブ処理をした。マイクロウェーブ処理の条件は、常温-50°C (2min) -30°C (3 min) -210°C (16 min) -180°C (1 min) -210°C (4 min) - (20min) 継続とした。次に「硫化物沈殿」段階として、上記分解試料溶液は、4試料分をテフロン製200 mL形ビーカーに移した後、ホットプレート上で加熱濃縮 (120°C) して1M塩酸15 mLで再溶解した。塩酸溶液は硝酸セルロースフィルター (0.45 μm) で濾過し、得られた濾液に飽和アスコルビン酸溶液2 mLと4Mアンモニア溶液7 mLを加えて、pHを4-5に調製した。さらに本溶液は1.3Mチオアセトアミド溶液10 mLを加えてホットプレート上で加熱 (120°C, 1 hr) して、硫化物沈殿物を得た。

さらに「抽出カラム操作」段階で、硫化物沈殿物は硝酸セルロースフィルター (0.8 μm) で濾過し、濾過物を硝酸15 mL中で溶解したものをホットプレート上で「加熱濃縮 (120°C) / 塩酸での再溶解 (5 mL)」を3回繰り返した後、再度加熱濃縮したものを4M塩酸20 mLで再溶解して抽出カラム用試料とした。上記抽出カラム用試料はSrレジジンカラム (Eichrom製, 100-150 μm, 2 mL容) に導入後、4M塩酸8 mL (Cu及びBi溶出) 及び8M塩酸20 mL (Pb溶出) で洗浄し、6M硝酸20 mL (Fe及びPo溶出) を通液して電着用溶液を得た。最後の「電着」段階では、上記電着用溶液は、ホットプレート上で加熱濃縮 (120°C) して0.5M塩酸10 mLで再溶解した後、電着装置 (電解分析装置; ANA-2, 東京光電工業社製) 用容器に移し飽和アスコルビン酸溶液1 mLを添加して電着を行った (0.25 A, 60°C, 2.5 hr)。得られた電着用プレート (ステンレス製, 25 mm φ) はMilliQ水/エタノール/アセトンの順で洗浄・乾燥した後、ポロニウム測定 (α線スペクトロメトリー, シリコン半導体検出器: ORTEC社製) した (図5)。

また、主流煙の試料は、「有機物分解」の段階がタバコ葉の処理と異なり、それ以後は、タバコ葉処理と同様の工程で行った。つまり主流煙を捕集した石英フィルター3枚を2分割し、内部標準物質であるポロニウム209 5 μL, 硝酸9 mL, 過酸化水素1 mL, 銅溶液 (Cu, 10 mg/mL, 塩酸) 0.5 mL及び鉛溶液 (Pb, 1 mg/mL, 塩酸) 0.25 mLと共にマイクロウェーブ装置専用容器に入れ、タバコ葉と同じタイムプログラムに従ってマイクロウェーブ処理をした。その後、2つに分割した試料を合致させ、「硫化物沈殿」処理、「抽出カラム操作」そして「電着」をタバコ葉のPo-210測定と同様に行った。

C 結果及び考察

電着時間の検討

ポロニウムの電着反応時間について検討を行った (図6)。反応時間以外の条件は、温度60°C, 電流値を0.25 Aで行った。その結果、電着効率は、0から2 hrまで緩やかに上昇した後、2-7 hrの間は、80-90%で安定した。以上の実験結果から、本研究班の設備でもMiuraら[6]と同様の傾向を得ることが可能であった。これにより本研究では、反応時間を2.5 hrとした。

タバコ葉中のポロニウム測定

タバコ葉中のPo-210の測定結果を表1に示す。タバコ1 g当りのPo-210は、3R4Fが15.4 mBq/g, Seven Starsが37.7 mBq/gそしてMarlboro Redが20.6 mBq/gであった。次にタバコ1本当りのPo-210は、3R4Fが11.4 mBq/cig, Seven Starsが24.1 mBq/cigそしてMarlboro Redが13.0 mBq/cigであった。国産タバコのSeven Starsの結果は、標準タバコの3R4Fの約2倍となった。米原らは、先行研究におけるタバコ1本当りのPo-210の値を8.0-24 mBq (算術平均: 14 mBq) であると報告しており[7], 本研究の測定結果も先行研究の範囲内であった。

タバコ主流煙中のポロニウム測定

これまでに、タバコ主流煙中のPo-210測定の報告は僅かであり、そのほとんどがタバコ葉中、タバコの灰、タバコのフィルター部分の測定結果からの差し引きで算出していた。そこで本研究では、タバコ主流煙中の粒子状成分を捕集し、Po-210測定を行った。これまでタバコ主流煙中の粒子状成分は、自動喫煙装置を用いてガラス繊維フィルターに捕集していた。しかし、我々は先行研究において、ガラス繊維フィルターに重金属が含有されていることを報告しており、重金属が低減された粒子成分捕集フィルターとして石英フィルターを提案した[8]。本研究の予備実験でガラス繊維フィルター1枚当りのPo-210は、2.30 mBqであり、石英フィルター1枚当りのPo-210は 1.10 ± 0.44 mBq/枚 (n=5) となり、ガラス繊維フィルターよりも低値であることが確認された。よって本研究では、タバコ主流煙中の粒子状成分は、石英フィルターで捕集することにした。

表2は、タバコ主流煙中のPo-210測定結果を示す。3R4FのPo-210 (mBq/cig) は、0.37 (ISO) と1.15 (HCI) であった。Seven Starsは、1.36 (ISO) と3.25 (HCI) であった。最後にMarlboro Redは、0.92 (ISO) と2.01 (HCI) となった。さらにタバコ葉から主流煙(粒子状成分)への移行比は、3R4FのISOが0.03となり、HCIが0.10であった。Seven StarsのISOが0.06となり、HCIが0.14であった。そしてMarlboro RedのISOが0.07となり、HCIが0.16となった。この結果からタバコ主流煙中のPo-210の曝露量は、喫煙法によって変化することが分かった。またこの移行率は、米原らの先行研究での移行率0.09–0.49 (平均0.18) と比較するとISO条件では低値となり、HCI条件では範囲内であった。

ポロニウム測定の精度管理

本研究で測定を行ったタバコ葉及び主流煙の計6試料について、Po-210測定を外部分析機関に委

託し、本研究班の結果との比較を行った(表3)。タバコ葉の測定結果は、本研究班の値が、若干高いものの、良い相関を示した。また、主流煙のPo-210測定結果は、ほぼ同じ値となった。

今後の検討課題

本研究では、タバコ葉及び主流煙中のPo-210測定を行った。本研究のタバコ主流煙は、粒子成分を測定対象としており、ガス成分については捕集を含めた測定法を確立することが急務である。また、粒子成分を捕集する石英フィルター中のPo-210を低減するための前処理法の確立も必要であると考えられた。今後は、測定対象銘柄を増やし、主流煙中のPo-210とタール・ニコチンなどの他の有害成分との関連性についても調査を進めることが、喫煙者の健康影響を評価するためには必要になる。さらには、受動喫煙の健康影響を考慮するためにも副流煙中のPo-210測定も必要であると考えられた。以上の研究を推進することによって我が国のタバコ製品中のポロニウムによる曝露及び健康影響が解明する。

D 結論

タバコ葉及び主流煙中のPo-210測定法の確立を行い、標準タバコを含む3銘柄についてPo-210測定を行った。タバコ葉中のPo-210は、先行研究の範囲内の結果であった。また、主流煙の測定結果は、喫煙法によって数値が異なった。これは、タバコ主流煙のタール・ニコチンにおいても確認されている傾向であった。今後は、主流煙中のガス成分や副流煙の測定を進める必要があると考えている。

E 引用文献

- [1] Sugiyama H, Terada H, Isomura K, Iijima I, Kobayashi J, Kitamura K. Internal exposure to (210)Po and (40)K from ingestion of cooked daily

- foodstuffs for adults in Japanese cities. J Toxicol Sci. 2009;34:417-425.
- [2] 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.
- [3] T-115. Determination of tar, nicotine and carbon monoxide in mainstream tobacco smoke, Health Canada, 1999.
- [4] ISO 3402. Tobacco and tobacco products - Atmosphere for conditioning and testing, ISO, 1999.
- [5] ISO 3308. Routine analytical cigarette - smoking machine - Definitions and standard conditions, ISO, 2000.
- [6] Miura T, Hayano K, Nakayama K. Determination of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in Environmental Samples by Alpha Ray Spectrometry Using an Extraction Chromatographic Resin. Anal Sci. 1999;15:23-28.
- [7] Iwaoka K, Yonehara H. Natural radioactive nuclides in cigarettes and dose estimation for smokers. J Radioanal Nucl Chem. 2012;293:973-977.
- [8] 稲葉洋平, 内山茂久, 樺田尚樹 たばこ主流煙に含まれる重金属類の測定 厚生科学研究費補助金 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等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年度分担報告書 ; 2012. 41-47.

F 研究発表

なし

G 知的財産権の出願・登録状況

なし

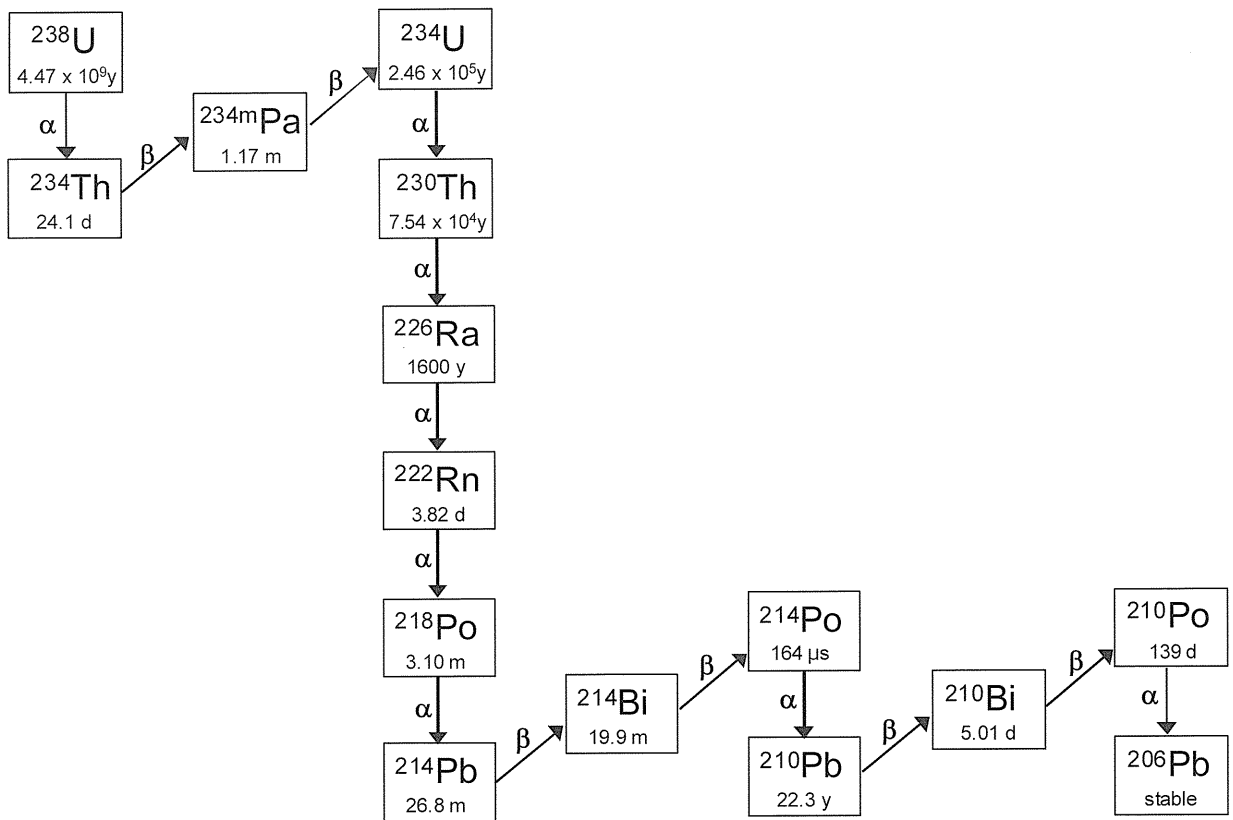


図1 ウラン (^{238}U) 壊変系列

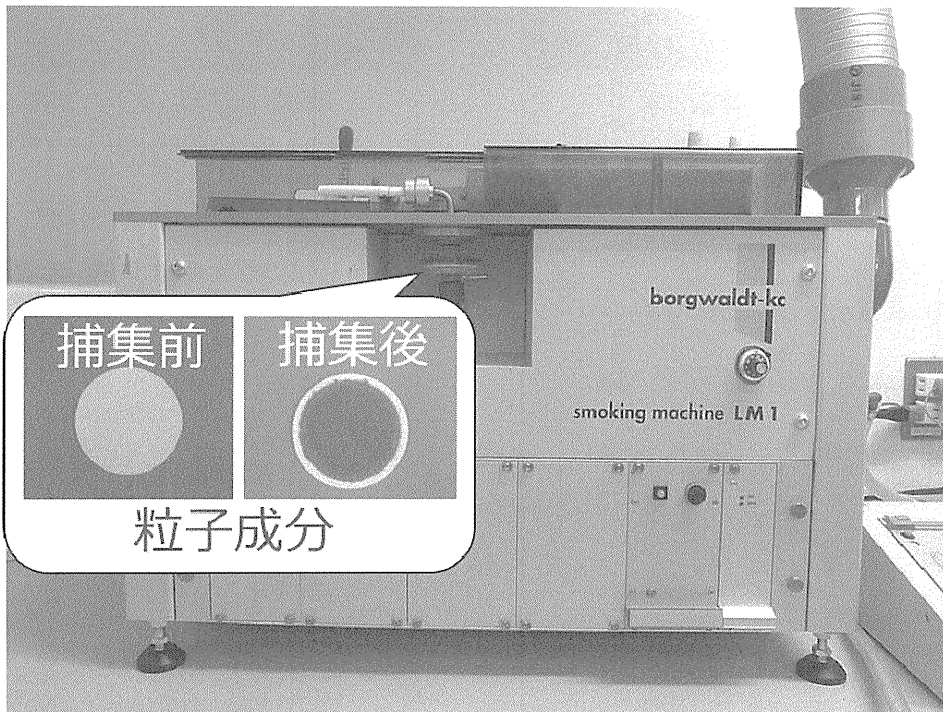
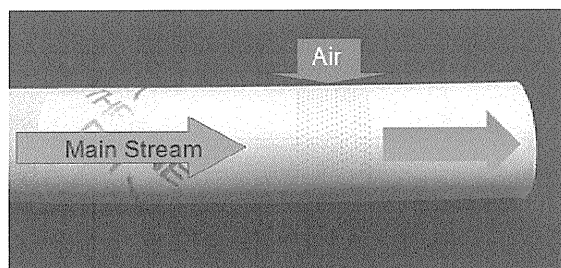


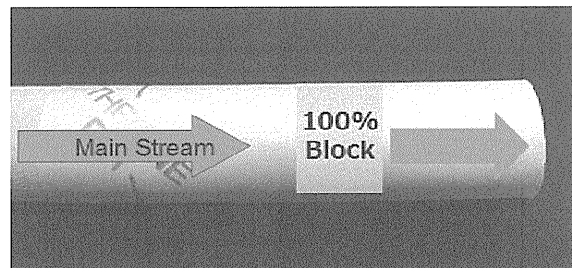
図2 自動喫煙装置と主流煙捕集フィルター

2種類の喫煙法で評価

喫煙法	吸煙量	吸煙時間	吸煙間隔	通気孔の閉鎖
ISO	35 mL	2 秒	60 秒	0%
HCI	55 mL	2 秒	30 秒	100%



ISO法



HCI法

図3 主流煙捕集のための喫煙法

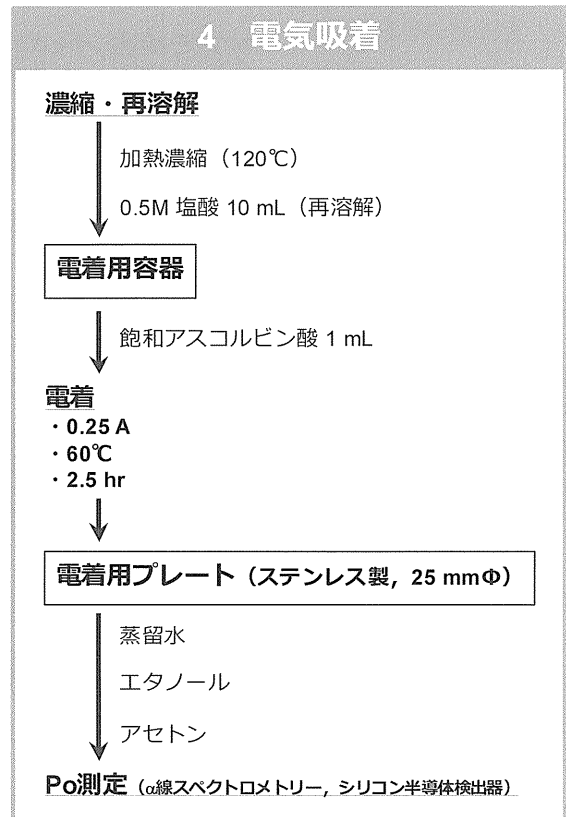
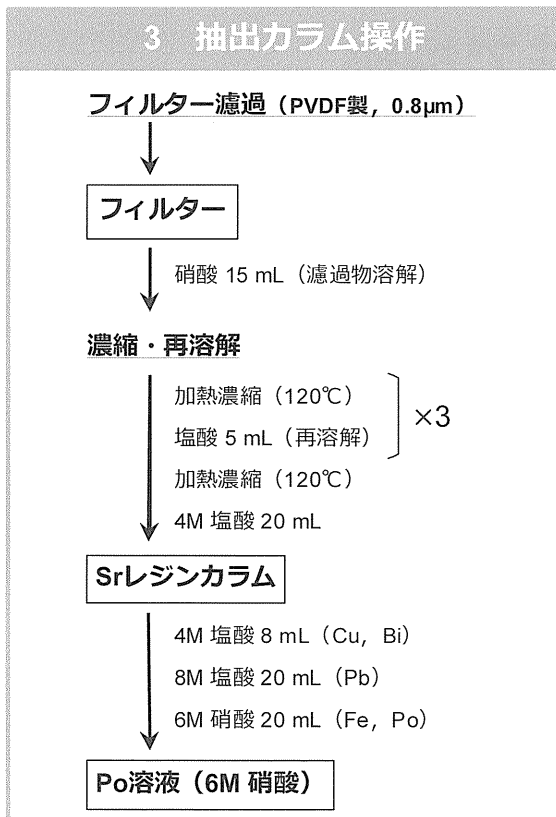
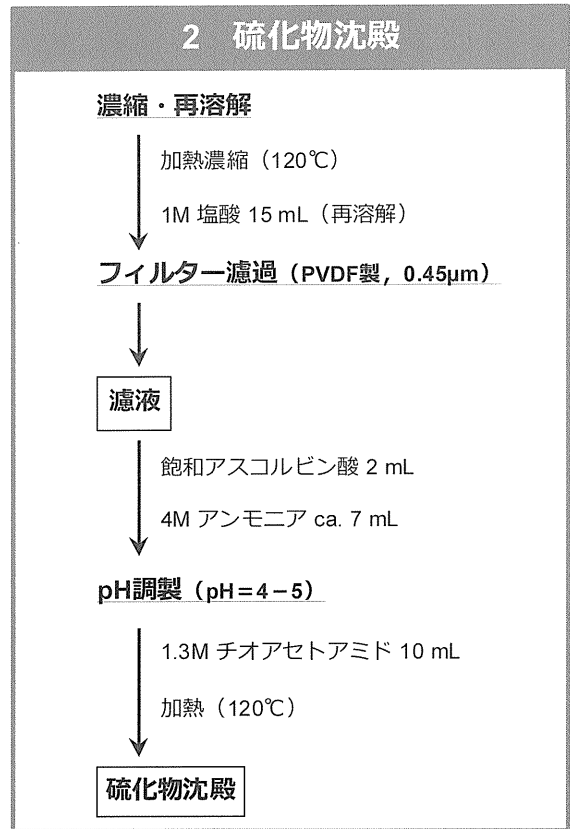
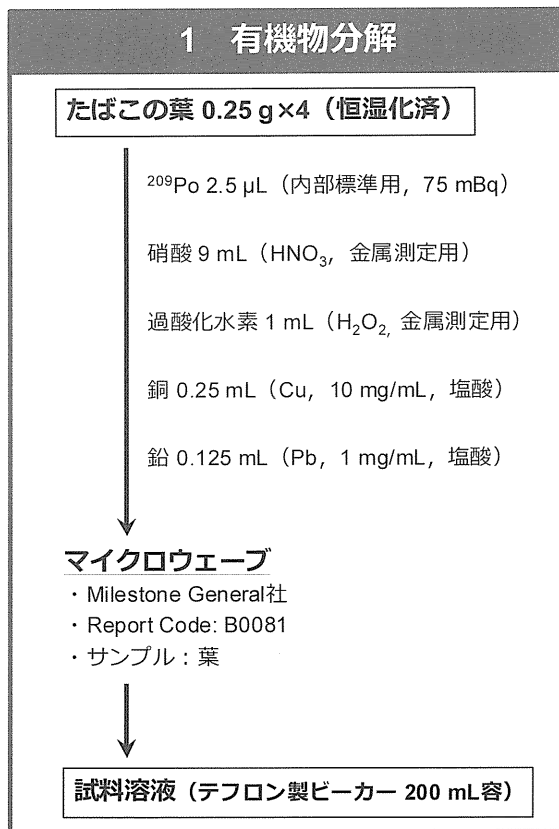


図4 タバコ葉中ポロニウム測定の流れ

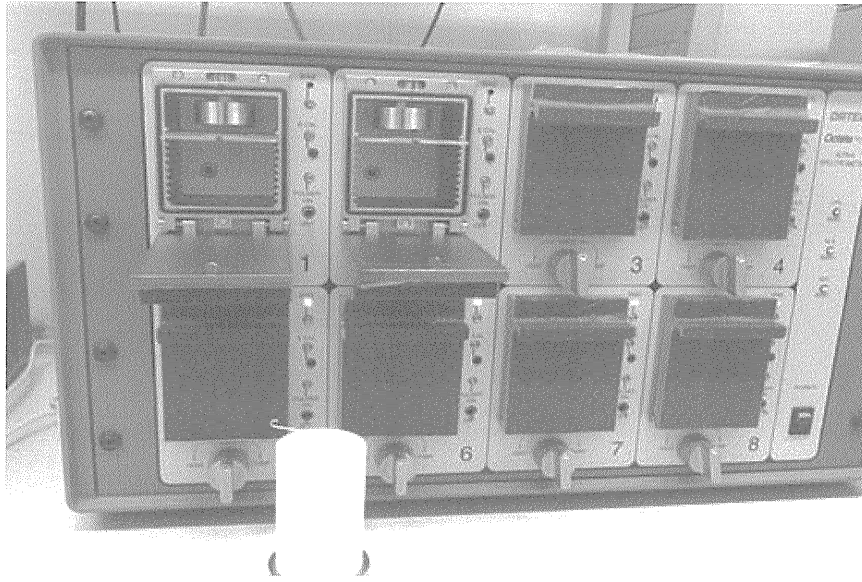


図5-1 α 線スペクトロメータと電着用セル

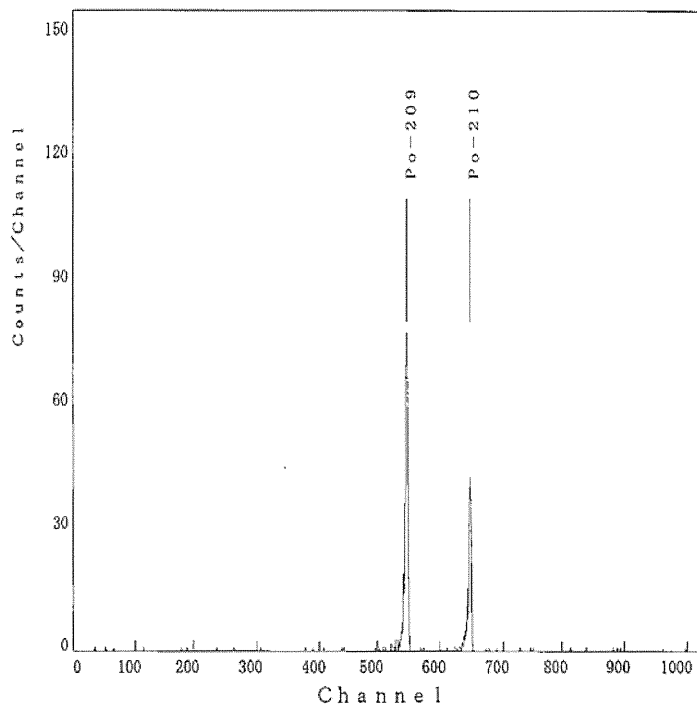


図5-2 α 線スペクトルの例

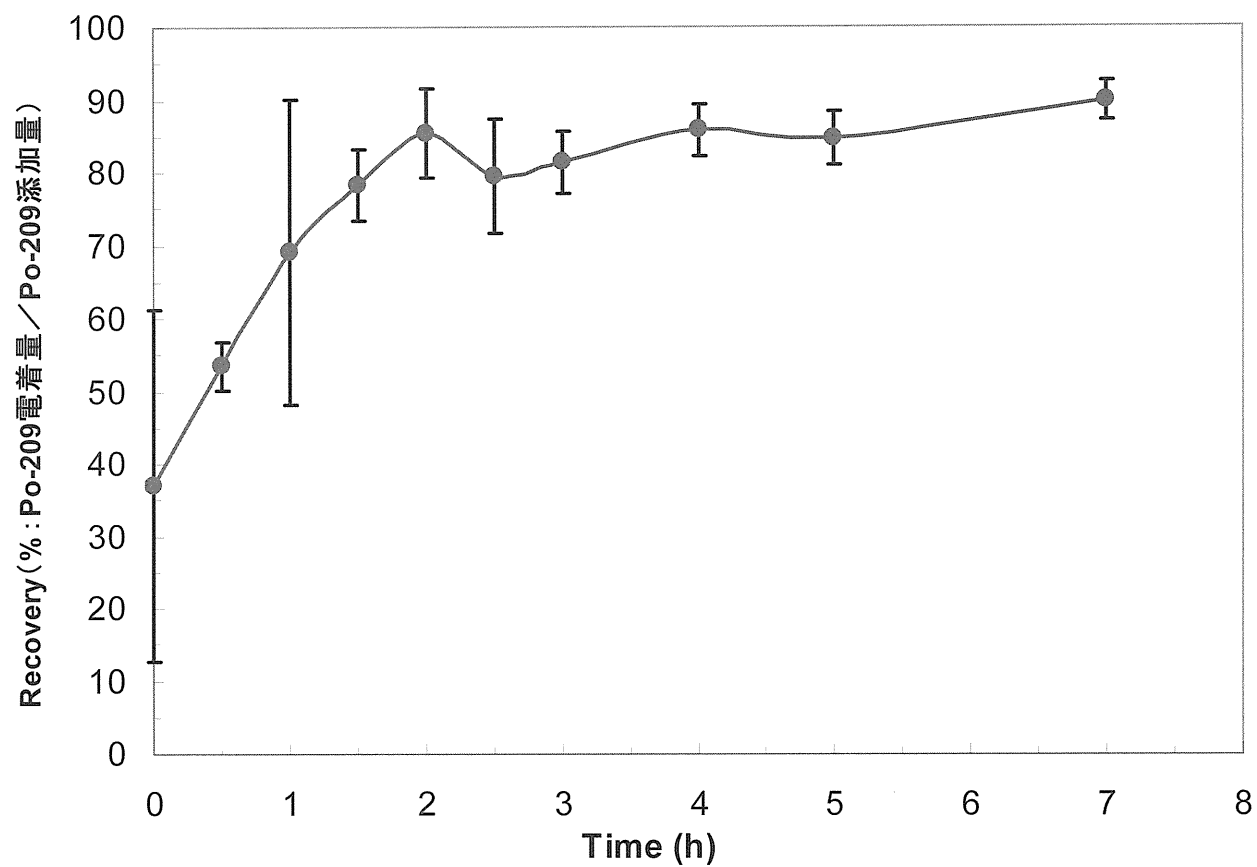


図6 ポロニウム電着時間の検討

表1 タバコ葉中のポロニウムの測定結果

Cigarette brands	No.	leaf weight (g/cigarette)	Po-210 (mBq/g)	Po-210 (mBq/cigarette)	Average (mBq/cigarette)	SD*
3R4F	1	0.74	13.7	10.1	11.4	1.5
	2	0.74	14.4	10.7		
	3	0.74	14.9	11.0		
	4	0.74	18.9	14.0		
	5	0.74	15.1	11.2		
Seven Stars	1	0.64	39.9	25.5	24.1	0.9
	2	0.64	36.7	23.5		
	3	0.64	36.5	23.3		
	4	0.64	37.3	23.9		
	5	0.64	38.0	24.3		
Marlboro Red	1	0.63	21.6	13.6	13.0	1.4
	2	0.63	21.5	13.6		
	3	0.63	20.4	12.8		
	4	0.63	22.6	14.2		
	5	0.63	16.8	10.6		

*SD:standard deviation

表2 タバコ主流煙中のポロニウム測定結果

Cigarette brands	Smoking protocol	No.	Po-210 (mBq/cigarette)	Average (mBq/cigarette)	SD*
3R4F	ISO	1	0.3	0.4	0.1
		2	0.3		
		3	0.5		
	HCI	1	1.1	1.1	0.1
		2	1.1		
		3	1.3		
Seven Stars	ISO	1	1.3	1.4	0.1
		2	1.4		
		3	1.5		
	HCI	1	3.0	3.2	0.2
		2	3.3		
		3	3.4		
Marlboro Red	ISO	1	0.8	0.9	0.2
		2	0.8		
		3	1.1		
	HCI	1	2.5	2.0	0.4
		2	1.9		
		3	1.6		

*SD:standard deviation