

【原著】

たばこ煙中の放射性物質ポロニウムについて

井埜 利博¹⁾

要 旨

背景：平成23年3月の東日本大震災に引き続き起こった福島原発事故以降、国民の放射線被害についての関心は高い。しかしたばこ煙中にも放射線が含有されている事実は知られていない。本研究の目的は過去の論文からたばこ煙中ポロニウムについて調査報告することである。

方法：Pub-Medで「polonium」かつ「smoke」、「cigarette」、「tobacco」の2語で検索し得られた70論文、そのうち総説論文9論文および最近5年間の原著論文の内容を調査し、ポロニウムの毒性、由来、肺がんと関連性、受動喫煙との関係などについてまとめ考察した。

結果：1986年のチェルノブイリ原発事故前後で論文数の増加はなかった。自然界に存在するポロニウムの中でポロニウム210の半減期が138.4日と最も長い。魚介類に比較的多く含まれ、 α 線を放出し安定な鉛206に壊変する。 α 線は皮膚の角質層を通過しないため外部被曝より内部被曝が問題となる。ポロニウム210がたばこ葉中に含まれていることは1940年代に既に判明していた。主流煙のみならず副流煙中にも含有されている。肺から吸収されたポロニウム210は気管支上皮細胞に沈着し α 線を放出し、細胞内DNAを傷害し発癌を促す。ポロニウム210はその他の放射線の100倍も強力であり、たばこ特異的ニトロサミンなどの発癌物質との複合汚染で強力な発癌作用を現わす。肺がんの組織型はポロニウム210を含有するたばこにより過去40年間で扁平上皮癌から腺癌の頻度が増加した。また、たばこ会社の内部文書によるとポロニウム210については既に40年以上前から知っており、事実を外部に報告しないように内部操作した。

結論：たばこ煙に含まれるポロニウムについてはマスコミにも取り上げられず、隠された重大な事実である。我が国でも生体内でのポロニウム210測定が喫緊の課題である。

キーワード：ポロニウム、たばこ煙、受動喫煙、肺がん、内部文書

諸 言

2011年3月11日の東日本大震災に引き続き起こった福島原発事故による放射線被害は国民的な医学的関心事である。今後、福島原発のある地域周辺の児童における発癌については長期的な経過観察が必要になると思われる。現在、地域児童に対しては甲状腺がん発症の危惧などから、福島県立医大グループによって甲状腺エコー検査等

が施行され、その成績も集積されつつある¹⁾。一方、たばこ煙中にも放射線物質が含まれている事実は半世紀前から判明していたにもかかわらず我が国では一般的には良く知らされていない。またそれらの放射線物質による臓器障害に関する研究報告は極めて少ない。

今回、私どもは過去の英文論文からたばこ煙中の放射線物質であるポロニウムに関する論文を抜粋し、それらの論文内容からポロニウムの危険性等についてまとめ報告する。

1) 群馬パース大学 保健科学部

責任者連絡先：井埜 利博(Ino Toshihiro)
群馬県高崎市問屋町1-7-1(〒370-0006)
群馬パース大学保健科学部
E-mail: ino-t@sk9.so-net.ne.jp

方 法

文献検索Pub-Medにアクセスし、1964年以降の論文で「polonium」かつ「smoke」、あるいは「cigarette」、あるいは「tobacco」の2語で検索した。2011年12月現在、Polonium/smokeで50論文、Polonium/cigaretteで50論文、Polonium/tobaccoで70論文が検出された。前2者の50論文は後者の70論文に含まれていたため、総数は70論文であった。そのうち、総説論文(review article)8論文であった²⁾⁻⁹⁾。その8論文を主として、さらに最近5年間2008年以降の原著論文も追加しその内容について調査した。それらの総説・原著論文の内容からポロニウムの毒性、由来、肺がんとの関連性、受動喫煙との関係などについて結果としてまとめ、それについて考察した。

結 果

1986年にロシアのチェルノブイリにおいて起こった原発事故の前後での論文数は36：34と増加傾向はなかった。

ポロニウムはマリー・キュリーによって発見された原子番号84番の元素(元素記号はPo)である。崩壊系列としてはウラン系列の過程でラドン222が崩壊することによってポロニウム218が生じ、さらにポロニウム218が崩壊することによりポロニウム214およびポロニウム210が生じる(表1)。表1に示す様に自然界に存在するポロニウムの中でポロニウム210の半減期が138.4日と最も長く、かつウランの100億倍の放射能の強さを持つ。

ポロニウム210は、人間が食物の摂取によって内部被爆をする天然放射性物質の中で代表的な元素であり、魚介類に比較的多く含まれる。また大きなエネルギーを持つアルファ線を放出し、ウラン系列の終点である安定な鉛206に壊変する。アルファ線は皮膚の角質層を通過せず、体外の放射線から皮膚を透過して体内へ侵入しないので、外部被爆よりむしろ内部被爆が問題となる。つまり、ポロニウム210を含む魚類などを摂取し、体内で直接的に被爆を受けることになる。

ポロニウム210がたばこの葉中に含まれていることは1940年代に既に判明していた。たばこの葉中のポロニウム210は主にたばこを栽培するリン酸カルシウム系の肥料から吸収され、また主流煙のみならず副流煙中にも含有

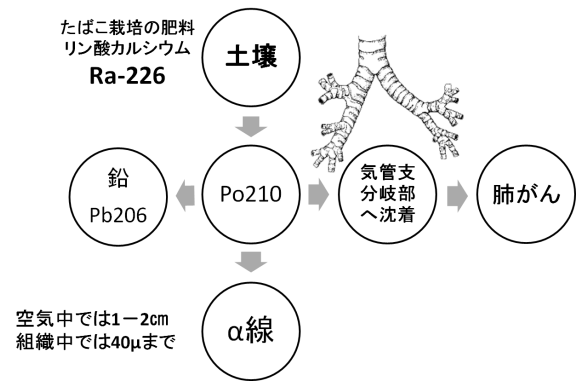


図1 たばこ煙中のポロニウム

されている。たばこを吸うことにより肺から吸収されたポロニウム210は主として気管分岐部の上皮細胞に沈着することが報告されている。沈着したポロニウム210はα線を放出し、細胞内DNAを傷害し発癌を促すことになる(図1)。ポロニウム210によるDNA損傷はその他の放射線の100倍も強力であり、ニトロサミンや芳香族炭化水素などの発癌物質と複合的に汚染されることにより、さらに強力な発癌作用を現わす。

肺がんでの死亡例の検討では約16シーベルトの放射線が確認されている。1日40本の喫煙者では年間0.4シーベルト、25年間で10シーベルトになる。また別の報告ではヘビースモーカーでは1日0.83ミリシーベルト、365日をかけると年間約0.3シーベルトになる。1日当たりの放射線量は、ヘビースモーカーで1日40本喫煙する場合は、1本当たり約0.02 mSvに相当することになる。一方、胸部レントゲン撮影は1回あたり0.05ミリシーベルトであるので、300回撮影すると15ミリシーベルトになり、1日20本の喫煙者と同等になる(図2)。胃のX線集団検診では

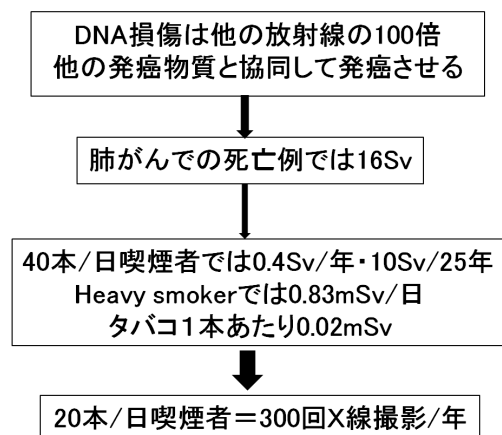


図2 Po-210の放射線量

1回あたり0.6ミリシーベルト、胸部CTは1回あたり100ミリシーベルトである(図3)。

図4はポロニウム210の発癌と組織型の関係を示している。肺がんの組織型は過去40年間で扁平上皮癌から腺癌の頻度が増加した。動物実験のデータからはポロニウム210による肺がん組織型は線癌である。低ニコチン・低タールたばこあるいはフィルターの使用により喫煙者はより深く吸い込み気管支末梢まで発がん物質が移行し、その結果線癌が増加した。フィルターの使用は扁平上皮がんのinducerである芳香族炭化水素の濃度を減少させ、線癌のinducerであるたばこ特異的ニトロサミンを増加させる。また一方、欧米のたばこは肥料としてリン酸を多く含み、その結果ポロニウムを多く含む事になり、線癌が増加したと報告されている。

2008年、Moniqueら²⁰⁾はたばこ会社の内部文書を曝露し、その内容を報告した。それによると、たばこ会社はたばこ中に含まれているポロニウム210については既に40年以上前から知っており、そして種々の含有物質から放射線物質を除去する方法を試みたが、成功しなかったとのことである。またその件に関する研究結果を外部に報告しないように、そして情報が一般にもれないように内部へ圧力をかけていたとのことである(図5)。

考 察

今回の論文集積の検討結果の中で、前述したMoniqueら²⁰⁾は米国たばこ会社では40年以上前からたばこ煙中のポロニウム210含有の詳細について熟知していたとの事実を詳細に報告している。論文中でたばこ会社はそれらの事実を世間に公表せず、会社上層部は公表をさせないように組織内で圧力をかけていたとの内部文書を報告した。

このことは正に犯罪的な行為であり、極めて遺憾であると思われる。日本たばこ産業の中ではこれらの事実をどう受け止めているのか不明であるが、我が国のたばこ葉中のポロニウム210は外国産のものより多くポロニウム210を含んでいると報告されているので、日本たばこ産業は国産のたばこ葉、たばこ煙中のポロニウム210測定を早期に実施し、公表しなければならないと考える。少なくともたばこ会社はパッケージに放射線物質ポロニウム210の発がんについて明記し、喫煙者に対してたばこ煙中に含まれる放射線物質ポロニウム210についてはっきりと明

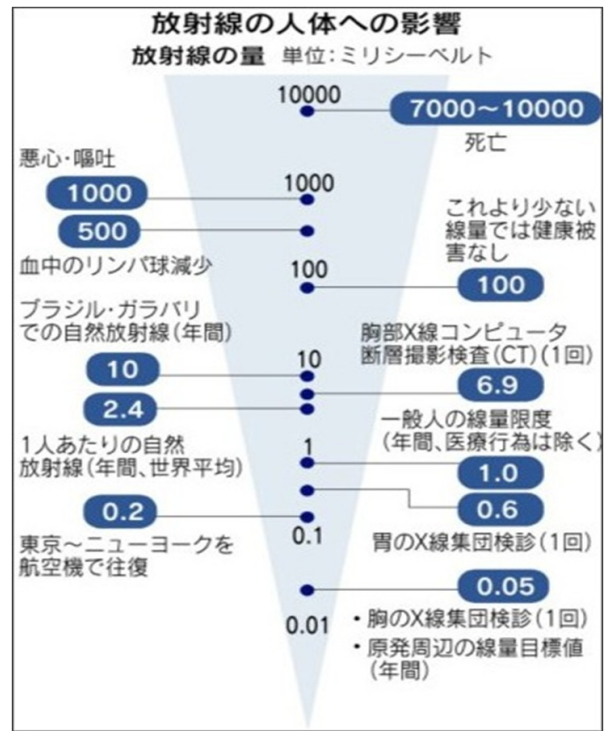


図3 放射線の人体への影響

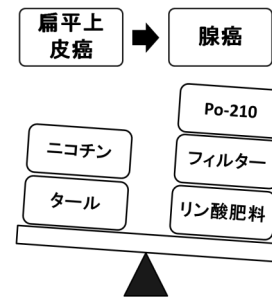


図4 Po-210の発癌と組織型

Waking a sleeping giant: the tobacco industry's response to the polonium-210 issue
Monique E et al. Am J Public Health 2008; 98:1643-50

The major tobacco manufacturers discovered that polonium was part of tobacco and tobacco smoke *more than 40 years* ago and attempted, but failed, to remove this radioactive substance from their products. *Internal tobacco industry documents* reveal that the companies suppressed publication of their own internal research to avoid heightening the public's awareness of radioactivity in cigarettes. Tobacco companies continue to minimize their knowledge about polonium-210 in cigarettes in smoking and health litigation. Cigarette packs should carry a radiation-exposure warning label.

図5 たばこ会社の内部文書



図6 たばこパッケージにこんな表示が必要

記する義務がある(図6)。

またこれらの事実は福島原発事故による放射線問題よりも更に深刻であるかもしれない。我が国では福島原発の事故による放射線被害については外部被爆より内部被爆の重要性が指摘されている²¹⁾。特に小児においてはこれから数十年先の発癌について注意深く観察が望まれるが、それと同様に受動喫煙によって体内に入ったポロニウム210の内部被爆はどのような健康被害を受けるのか不明である。

ポロニウム210はその崩壊過程で99.99%の割合でα線を放出し0.001%がγ線であり、γ線は無視できる程度である。したがってポロニウム210の測定についてはα線を放出するため通常のガイガーカウンターでは測定不能である。測定方法は検体からポロニウム210を分離して測定試料をつくり、シリコン半導体検出器でアルファ線を測定するのが通常の方法である。床の表面などにあるものを検出するには2cm以内に検出器を置かねばならない。体内に存在する量を測定するには、排泄物中の放射能を測るバイオアッセイによる以外の方法はない。熊谷市では小学校4年生に受動喫煙検診を実施し、児童の尿中のコチニンを測定している。両親は子どもの尿中コチニン値の結果が知らされると、受動喫煙被害を危惧し、禁煙を考えるようになる。尿中コチニンのみならずニトロサミンなどの発癌物質、さらにはポロニウムなどが簡便に測定出来る様なになれば、両親へ与えるインパクトはより強くなるのではないであろうか^{22) -23)}。

今後、小児においては受動喫煙によってどの程度のポロニウム210による内部被爆を受けているかを測定することが喫緊の課題であると考えられる。

表1 三種のポロニウムの半減期、崩壊系列等

	²¹⁰ Po α線	²¹⁶ Po α線	²¹⁸ Po α線、β線
陽子	84	84	84
中性子	126	132	134
質量数	210	216	218
存在比	100%	微量	微量
半減期	138.4日	3.1分	0.145秒
崩壊系列	ウラン系列	トリウム系列	ウラン系列

まとめ

福島原発事故による放射線障害は我が国の子ども達の健康を考えた場合、今後大きな健康被害が出てくる可能性を含んだ問題である。一方、たばこ煙に含まれる放射性物質ポロニウムについてはマスコミにも取り上げられず、隠された重大な事実であると思われる。我が国でも生体内でのポロニウム210測定が喫緊の課題である。

謝辞

本論文の内容は第2回日本小児禁煙研究会学術集会(平成23年12月、静岡)にて発表した。また本研究は厚生労働省科学研究費補助金第3次対がん総合戦略研究事業および文部科学省基盤研究(C)により行われた。

文献

- 1) 鈴木眞一: 原発事故後の福島県内における甲状腺スクリーニングについて http://www.fmu.ac.jp/univ/shinsai_ver/pdf/koujyousen_screening.pdf#search='福島甲状腺エコー'
- 2) Munteanu I, Didilescu C.: Chemistry and toxicology of cigarette smoke in the lungs. *Pneumologia* 56, 2007:43-6.
- 3) Kilhau GF.: Cancer risk in relation to radioactivity in tobacco. *Radiol Technol* 67, 1996:217-22.
- 4) Martonen TB, Hofmann W, Lowe JE.: Cigarette smoke and lung cancer. *Health Phys* 52, 1987:213-7.
- 5) Persson BR, Holm E.: Polonium-210 and lead-210 in the terrestrial environment: a historical review. *J Environ Radioact* 102, 2011:420-9.
- 6) Rodu B, Jansson C.: Smokeless tobacco and oral cancer: a review of the risks and determinants. *Crit Rev Oral Biol Med* 15, 2004:252-63.

- 7) Kiltbau GF.:Cancer risk in relation to radioactivity in tobacco. *Radiol Technol* 67,1998:217-22.
- 8) Brenner DJ.:Radon: current challenges in cellular radiobiology. *Int J Radiat Biol* 61,1992:3-13.
- 9) Rigdon RH.:Cigarette smoking and lung cancer: a consideration of this relationship. *South Med J* 62,1969:232-5.
- 10) 日本禁煙学会緊急声明 2010/10/17, http://www.nosmoke55.jp/action/1110polonium_proclaim.pdf
- 11) Karagueuzian HS, White C, Sayre J, Norman A.:Cigarette smoke radioactivity and lung cancer risk. *Nicotine Tob Res* 14,2012:79-90.
- 12) Zagà V, Lygidakis C, Chaouachi K, Gattavecchia E.:Polonium and lung cancer. *J Oncol* 2011, 2011:860103. Epub 2011 Jun 23.
- 13) Rego B.:Radioactive smoke. : *Sci Am* 304,2011:78-81.
- 14) Moeller DW, Sun LS.:Chemical and radioactive carcinogens in cigarettes: associated health impacts and responses of the tobacco industry, U.S. Congress, and federal regulatory agencies. *Health Phys* 99,2010:674-9.
- 15) Mohammadi S.:Elements of natural radioactive decay series in Iranian drinking water and cigarettes. *Arh Hig Rada Toksikol* 61,2010:235-9.
- 16) Re go B.:The Polonium brief: a hidden history of cancer, radiation, and the tobacco industry. *Isis* 100,2009:453-84.
- 17) Schayer S, Nowak B, Wang Y, Qu Q, Cohen B.:210Po and 210Pb activity in Chinese cigarettes. *Health Phys* 96,2009:543-9.
- 18) Zagà V, Gattavecchia E. :Polonium: the radioactive killer from tobacco smoke. *Pneumologia* 57,2008:249-54.
- 19) Khater AE, Abd El-Aziz NS, Al-Sewaidan HA, Chaouachi K. :Radiological hazards of Narghile (hookah, shisha, goza) smoking: activity concentrations and dose assessment. *J Environ Radioact* 99,2008:1808-14.
- 20) Monique E, Muggli ME, Ebbert JO, Robertson C, Hurt RD. :Waking a sleeping giant: the tobacco industry's response to the polonium-210 issue. *Am J Public Health* 98,2008:1643-50.
- 21) 児玉龍彦：内部被爆の真実、幻冬舎新書、東京、2011
- 22) 井埜利博、渋谷友幸、齊藤洪太他：喫煙検診による小児受動喫煙の実態と両親への禁煙動機付け 日児誌 110,2006:1105-1111.
- 23) 井埜利博：小児生活習慣病検診における受動喫煙防止対策 —受動喫煙検診の成績とその考察— 小児科臨床 64,2011:1955-66

Radioactive Polonium in Tobacco Smoke

Abstract

Background : Since the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in March 2011, public concern about radiation hazards has been increasing in Japan. However, there is little information available on radioactive materials in tobacco smoke. This study was to investigate and report on polonium in tobacco smoke with a review of previous articles.

Methods : Two words- “polonium” and “smoke” (or “cigarettes” or “tobacco”) were entered as search items in PubMed. A total of 70 articles, including nine review articles, were obtained. By investigating the

nine review articles as well as new articles (from the last five years), the article summarizes and discusses the toxicity and origin of polonium in tobacco and the relationships between lung cancer, polonium, and passive smoking.

Results : No increase of articles on this topic was found after the Chernobyl disaster in 1986. The half-life of polonium-210 is 138.4 days, the longest of the polonium isotopes that exist in the natural world. The principal resource in which polonium-210 is found is food, especially fish. The isotope emits alpha rays and decays to a stable Pb-206. As alpha rays cannot penetrate the keratin layer of human skin, internal exposure is more significant than external exposure. Polonium-210 can be found in passive smoke as well, and reach the bronchopulmonary apparatus, shows up especially in the bifurcations of the segmental bronchi after being absorbed into the lung, where it emits alpha rays that induce carcinogenicity by DNA damage. Its carcinogenicity is 100 times greater than that of other types of radiation and is strengthened in association with other non-radioactive carcinogenic substances like tobacco-specific N-nitrosamine. There is evidence that in the last 40 years a histotype change in lung cancers has been noticed, shifting from squamous cell carcinoma to adenocarcinoma. According to internal documents of tobacco manufacturers, they have been aware of the presence of polonium-210 in smoke since 1960 but have concealed its existence intentionally.

Conclusion : The fact that polonium-210 is found in tobacco smoke is very important but has not been widely noticed by mass media. Therefore, in Japan, the measurement and spreading of awareness about polonium-210 exposure is an urgent task.

Key words : Polonium, Tobacco smoke, Passive smoking, Lung cancer, Internal documents