

# 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養増進部会

## 第2回たばこの健康影響評価専門委員会

日時:平成 25 年 5 月 21 日(火)14:00~16:00

場所:厚生労働省専用第 23 会議室(19 階)

### 議 事 次 第

#### 1. 開会

#### 2. 議題

(1)たばこの健康影響評価について

(2)その他

#### 3. 閉会

#### 【配布資料】

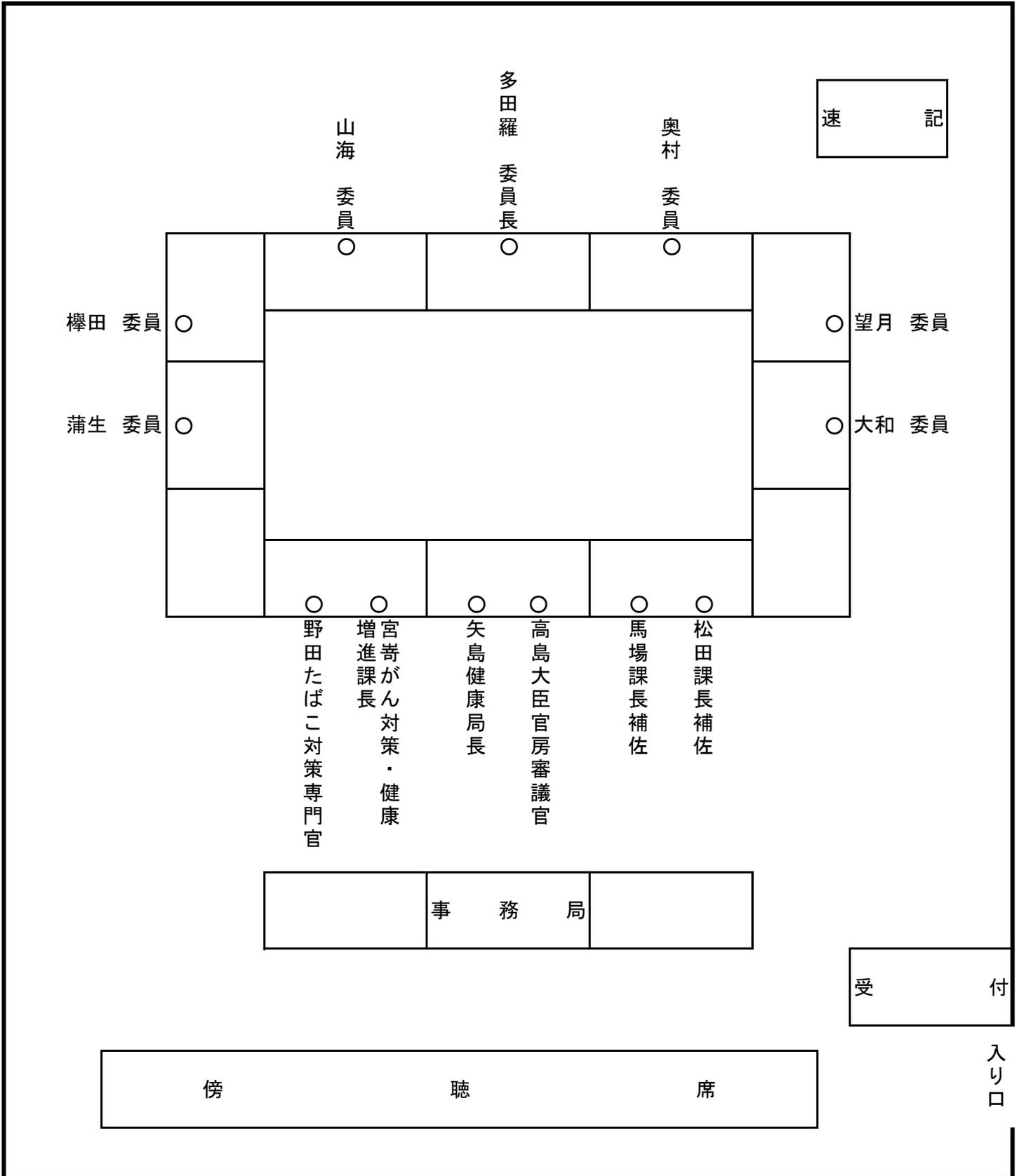
- ・資料1 第1回たばこの健康影響評価専門委員会論点整理
- ・資料2 第1回たばこの健康影響評価専門委員会で提示された成分のまとめ
- ・資料3 たばこの健康影響評価に関する考え方
- ・資料4 タバコ煙中のポロニウムの含有量とその測定法に関する研究の報告

# 「第2回 たばこの健康影響評価専門委員会」座席図

日時：平成25年5月21日（火）

14:00～16:00

場所：専用第23会議室（19階）



## 第 1 回 たばこの健康影響評価専門委員会の論点整理

### (1) たばこの健康影響評価について

- 委員会の進め方としては、施策の推進に資する科学的根拠を明らかにすることが重要であり、そのために具体的な物質に着目してどのように評価すべきかについて検討を行う必要がある。
- 測定可能、低減可能な成分、成分評価を行う目的に合致した成分、発がん性や致死性のある成分やその強さなどの観点で評価の対象となる成分を選択すべきであり、事務局として成分のリストを作成してほしい。
- 評価の進め方としては、まずは簡易な評価を行い、必要に応じて詳細な評価を行うべきである。

### (2) たばこの成分分析について

- 必要に応じて、成分の測定方法の標準化を進める必要がある。
- 日本の代表的なたばこも含めて、成分を測定するたばこの銘柄としては国内売り上げ上位 7 銘柄、輸入たばこ売り上げ上位 7 銘柄、メンソールたばこ売り上げ上位 7 銘柄を選択してはどうか。
- 製品に関する詳細な情報について、たばこ産業は規制権限をもつ財務省に何らかの情報提供をしていることが考えられるため、もし財務省が情報を持っているようであれば、開示してもらいたいのか。

## 第1回たばこの健康影響評価専門委員会で提示された成分のまとめ

	物質名	櫻田構成員提出資料 ※1			望月構成員提出資料 ※2		櫻田構成員提出資料 ※3				
		国産たばこA (2008年)	国産たばこB (2008年)	IARC list Group	CRI per cigarette /day	NCRI per cigarette /day	発がん性	呼吸器	心血管系	生殖または 発達	依存性
	一酸化炭素(mg)	5.2	10.4			0.068	—	—	—	○	—
	ニコチン(mg)	0.32	0.78				—	—	—	○	○
	タール(mg)	3.3	10.3								
カルボニル類(μg)	ホルムアルデヒド	1.2 ※4	2.7 ※4	1	9.90E-06	0.83	○	○	—	—	—
	アセトアルデヒド	210	450	2B	9.18E-05	3.78	○	○	—	—	○
	アセトン	110	220				—	○	—	—	—
	アクロレイン	17	34			172	—	○	○	—	—
	プロピオンアルデヒド	19	39				—	○	○	—	—
	クロトンアルデヒド	5.1	14	3			○	—	—	—	—
	メチルエチルケトン	29	59				—	○	—	—	—
	ブチルアルデヒド	17	29								
有機化合物(μg)	1,3-ブタジエン	N/A	N/A	1	3.02E-04		○	○	—	○	—
	イソプレン	N/A	N/A	2B			○	—	—	—	—
	アクリロニトリル	N/A	N/A	2B	1.29E-04	0.22	○	○	—	—	—
	ベンゼン	N/A	N/A	1	6.71E-05	0.039	○	—	○	○	—
	トルエン	N/A	N/A	3			—	○	—	○	—
	ベンゾ[a]ピレン(μg)	3.7	10.8	1	1.93E-06		○	—	—	—	—
ニトロソアミン類(ng)	NNN	20	46.2	1	3.80E-05		○	—	—	—	—
	NAT	21.6	54	3							
	NAB	6.3	14.8	3							
	NNK	10.1	27.8	1	7.80E-06		○				
放射性物質(mBq)	ポロニウム 210		3.2	1			○	—	—	—	—

※1 第1回たばこの健康影響評価専門委員会 資料4-1

※2 第1回たばこの健康影響評価専門委員会 資料2

※3 第1回たばこの健康影響評価専門委員会 資料4-2

※4 測定法を改良を検討中。

たばこの健康影響評価専門委員会

2013年5月21日資料

# たばこの健康影響評価に 関する考え方



独立行政法人国立がん研究センター  
がん対策情報センターたばこ政策研究部

望月友美子

## 再掲/修正：旧厚生省/厚生労働省の対応～たばこ煙中のPo-210

- 1982年「タバコの販売政策に関する質問主意書」（衆）草川昭三  
Q「タバコの煙に含まれている放射性元素ポロニウムの人体に対する危険性について米国において研究発表がなされているが、政府はこの発表をどう受け止め対処するのか。」  
A「御指摘の研究については、今後その内容を詳細に検討してまいりたい。」
  - 1987年「喫煙と健康」初版、1993年同第2版に、Po-210の主流煙粒子相中の含量記載（0.03-1.3pCi/cigarette）
  - 2012年「タバコに含まれる放射性物質ポロニウムに関する質問主意書」（参）紙智子  
Q「タバコによる放射性物質ポロニウムは、喫煙者本人だけでなく、喫煙をしない人も受動喫煙で吸引することになり、放射線被曝をトータルに考えた場合、影響はきわめて大きい。（中略）政府として、この問題をトータルに検討し、早急に対策を立てるべきではないか。」  
A「たばこ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健康への影響については、今後、厚生労働省において、たばこに含まれる個々の成分を分析し、医学的知見を踏まえた上で外部有識者の意見も聴きながら検証を行い、その結果を公表していきたい。」
- 研究：Po-210がシガレットの気相に含まれ（Radford EP et al. 1964）、肺組織内にも分布（Little J et al. 1965）。以後、多くの基礎研究、疫学研究が進展、HIAも。
  - たばこ産業：1950年代からPo-210が製品に含まれていることを知っていた（Karagueuzian et al. 2011）。高リン酸肥料由来、除去法の開発や研究調査を進めるも情報隠蔽(Muggli, ME et al. 2008)。

# 環境には様々なリスクがあるが

たばこは人間が作り出した「回避/制御可能」な？リスク

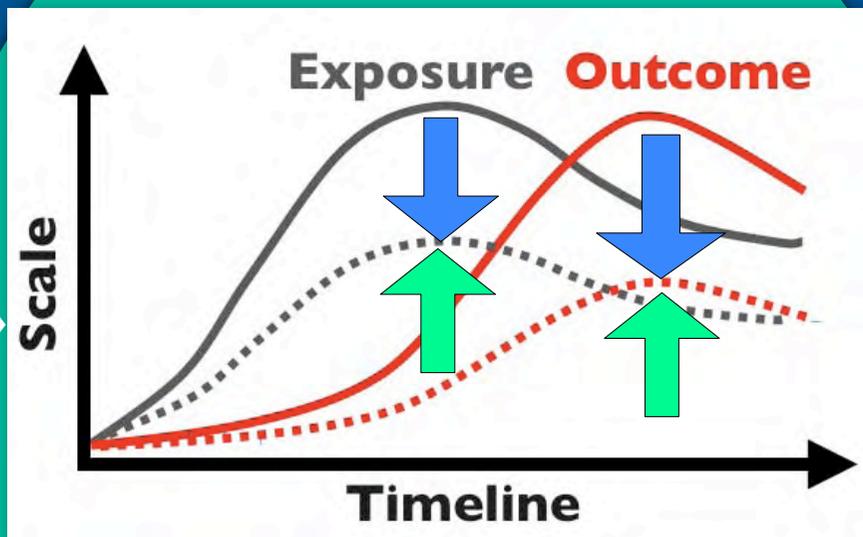
	環境（曝露）		遺伝 （素因）
	自然	人的（政府/ 産業/社会）	
回避できる/ 制御できる		たばこ	
回避できない/ 制御できない			

政治



Industry interference/contribution

たばこ問題の設定



政策



産業



国民/社会/市場



科学

Industry interference/contribution

Political policy making process

Scientific policy making process

# JTの健康局長宛「意見」(4/10, 4/18) の要約

- 喫煙が特定の疾病のリスクファクターであるとの考え方に立ちつつも、一方で、たばこが古くから多くの人々に親しまれている合法的嗜好品であり、成人の方には、喫煙に関する適切なリスク情報をもとに喫煙するかしないか等を自ら判断した上で、個人の嗜好として喫煙を愉しむ自由があると認識
- たばこを吸われる方々と吸われない方々が協調して共存できる調和ある社会が実現されることが望ましい
- 当委員会において、たばこは成人の方がリスクを認識したうえで個人の嗜好として愉しむ自由がある商品であることが考慮されず、その消費量を強制的に低減させるようなたばこ対策の強化という結論ありきで今後議論が進展していくような事態になることについては大変懸念
- 喫煙の健康影響等については、弊社としても様々な知見を有するところであり、情報提供等を通じ、いつでも幅広く協力していく所存

# FCTC 5.3条ガイドライン

「たばこ規制に関する公衆衛生政策を  
たばこ産業の商業上及び他の既存の利益から保護すること」  
からの抜粋（指針となる原則）

原則1: たばこ産業と公衆衛生政策の間には、根本的かつ相容れない利害の対立が存在する。

たばこ産業は、常習性があり、疾患や死亡の原因となり、また貧困の増加など様々な社会悪を引き起こすことが科学的に実証されている製品を生産し、販売促進している。このため、締約国は、たばこ規制のための公衆衛生政策の制定及び実施を可能な限り、たばこ産業から保護すべきである。

原則2: 締約国はたばこ産業又はたばこ産業の利益を振興するために活動している者と交渉するときには、説明責任を果たし透明性を保つべきである。

締約国は、たばこ規制又は公衆衛生に関連する事項についてたばこ産業と何らかの交流を行う際は、説明責任及び透明性を保証すべきである。

原則3: 締約国はたばこ産業又はたばこ産業の利益を振興するために活動している者に対して、説明義務を果たし透明性を保つような方法で活動し、行動するよう要求すべきである。

本ガイドラインの実効的な履行のためには、たばこ産業は締約国に対して情報提供を求められるべきである。

原則4: たばこ製品は死をもたらす危険があるため、たばこ産業がその事業を興し、運営するための奨励策を認めるべきでない。

たばこ産業へのいかなる優遇措置は、たばこ規制政策と対立するだろう。

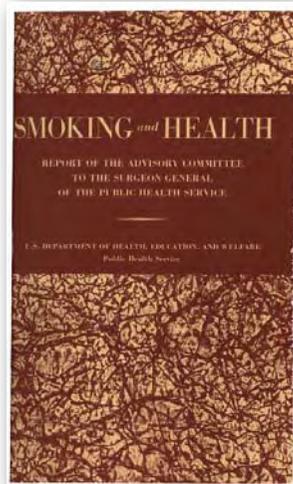
# 圧倒的な科学的証拠と徹底的な因果関係の評価

## 科学から政策への「橋渡し」

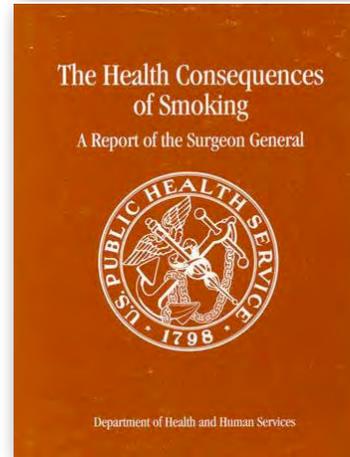
米国保健省  
公衆衛生総監報告書

「因果関係～メカニ  
ズムの推論」

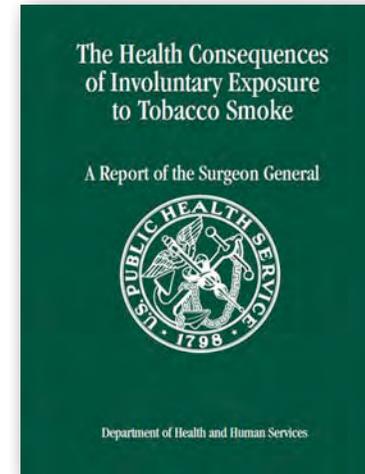
CDC Office on  
Smoking and Health



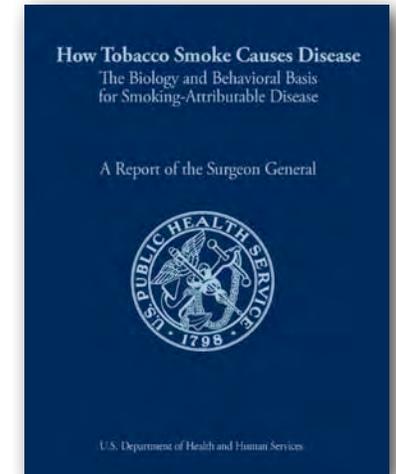
1964年第1巻  
「因果関係の推論」



1964年第1巻から40年後  
2004年910p



1986年359pから20年後  
2006年709p

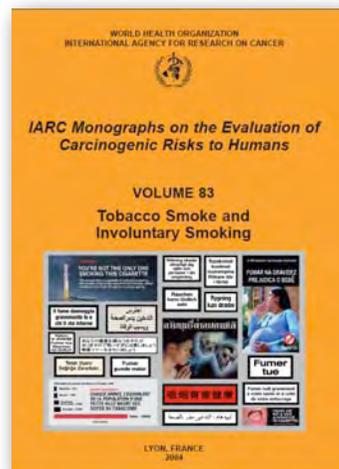


1964年第1巻から30巻目  
2010年704p  
「メカニズムへの言及」

**“Science is clear.  
Debate is over”**

世界保健機関  
国際がん研究機構  
(IARC)モノグラフ

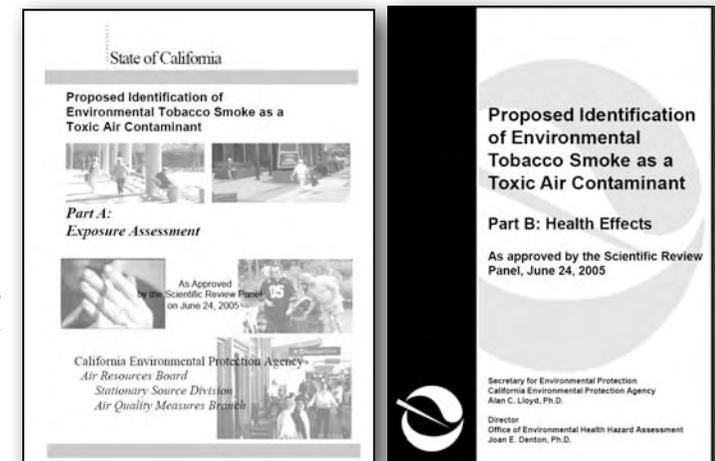
「たばこ煙は、  
グループI（ヒト）  
発がん物質  
～閾値なし」



2004年第83巻1452p  
(1985第37巻291p、1986第38巻421p)

カリフォルニア州  
環境保護局(EPA)

「たばこは、  
有害大気汚染物質  
～閾値なし」



2005年250p+526p

# 米国のタバココントロール

- 国際的なたばこ対策
  - たばこ規制枠組条約（FCTC）には署名したが、批准していない
  - しかし、FCTCを補完するMPOWER戦略はNY生まれ
  - 政府の国際保健全体への貢献は8billion\$以上だが、Global tobacco controlには7million\$（CDC, NIH）
    - うちCDC 3 million\$（国内予算の3%）
  - 一方、民間Bloomberg、Gates、NGO等による財政的・技術的支援（合計500million\$）
- 国内のたばこ対策（次スライド）

# 最近の米国のたばこ規制戦略

## Ending the Tobacco Epidemic in USA

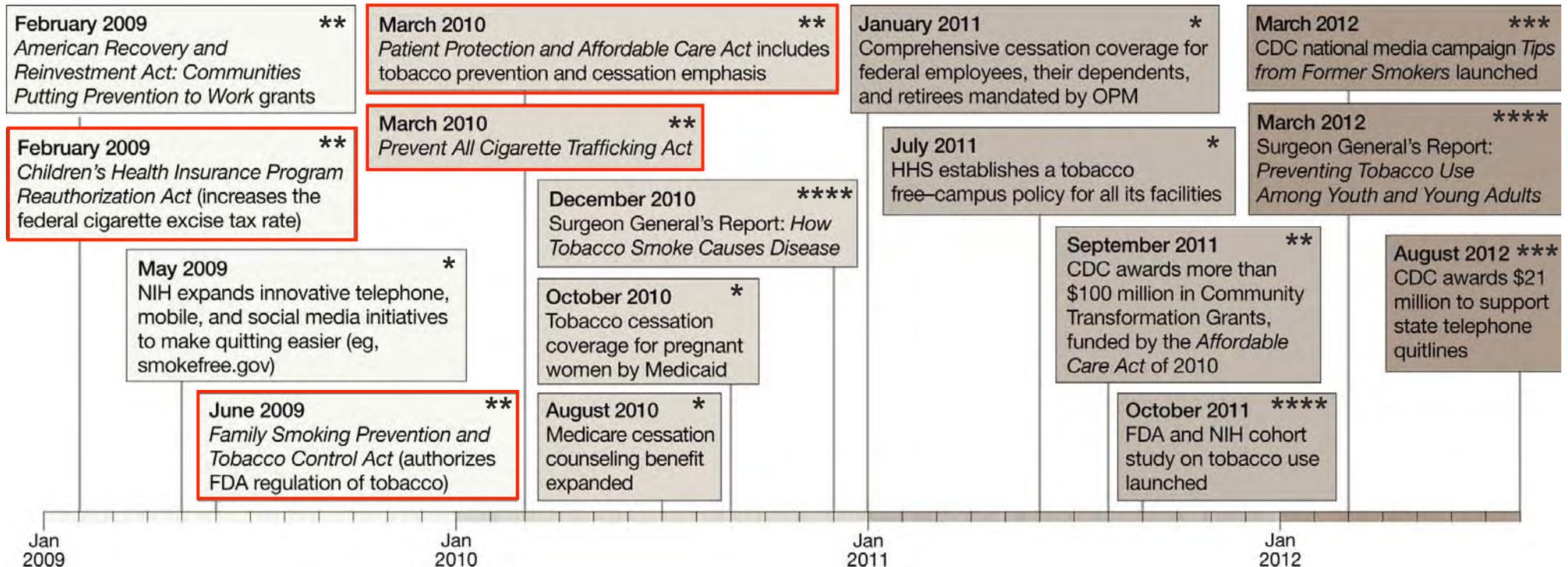
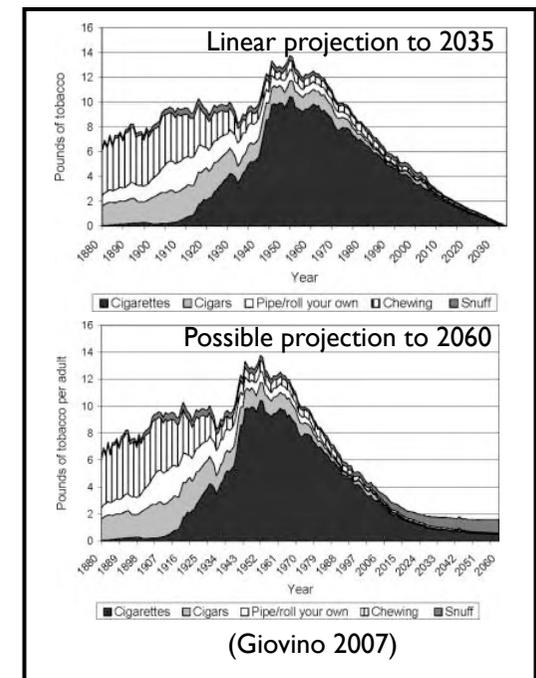
2010年、米国保健省 (HHS)が史上初のたばこ規制国家戦略を発表  
 ”Ending the Tobacco Epidemic: A Tobacco Control Strategic Action Plan”

**Pillar 1: Lead by Example (模範による先導) \***

**Pillar 2: Improve the Public’s Health (公衆衛生の改善) \*\***

**Pillar 3: Engage the Public (国民の参加) \*\*\***

**Pillar 4: Advance Knowledge (知識の進歩) \*\*\*\***



(注：論文に従ってPillarを割り振った)

Howard K. Koh, MD, MPH; Kathleen G. Sebelius, MPA

JAMA. 2012;308(8):767-768. doi:10.1001/jama.2012.9741

Assistant Secretary for Health (Dr Koh) and Secretary of Health and Human Services (Ms Sebelius), Washington, DC.

# NIHの「たばこ」研究費

Million \$	FY2011 Actual	FY2012 Actual	FY2013 Estimated	FY2014 Estimated
Tobacco	362	355	357	359

約1000課題に、最大 \$5.1 million (平均 \$360,000)

FY2012実績では

- ・ NCI (がん) : 343課題、計\$124 million
- ・ NIDA (薬物依存) : 346課題、計\$109.5 million
- ・ NHLBI (心肺血管) : 111課題、計\$50.9 million

NIH Research Portfolio Online Reporting Tools (RePORT)よりデータを得て分析

参考：FY2014 President Budget for NIH

NIH \$31.3 billion total program level

NCI \$5.1 billion

NIDA \$1.1 billion

NHLBI \$ 3.1 billion

# レギュラトリーサイエンスを巡って

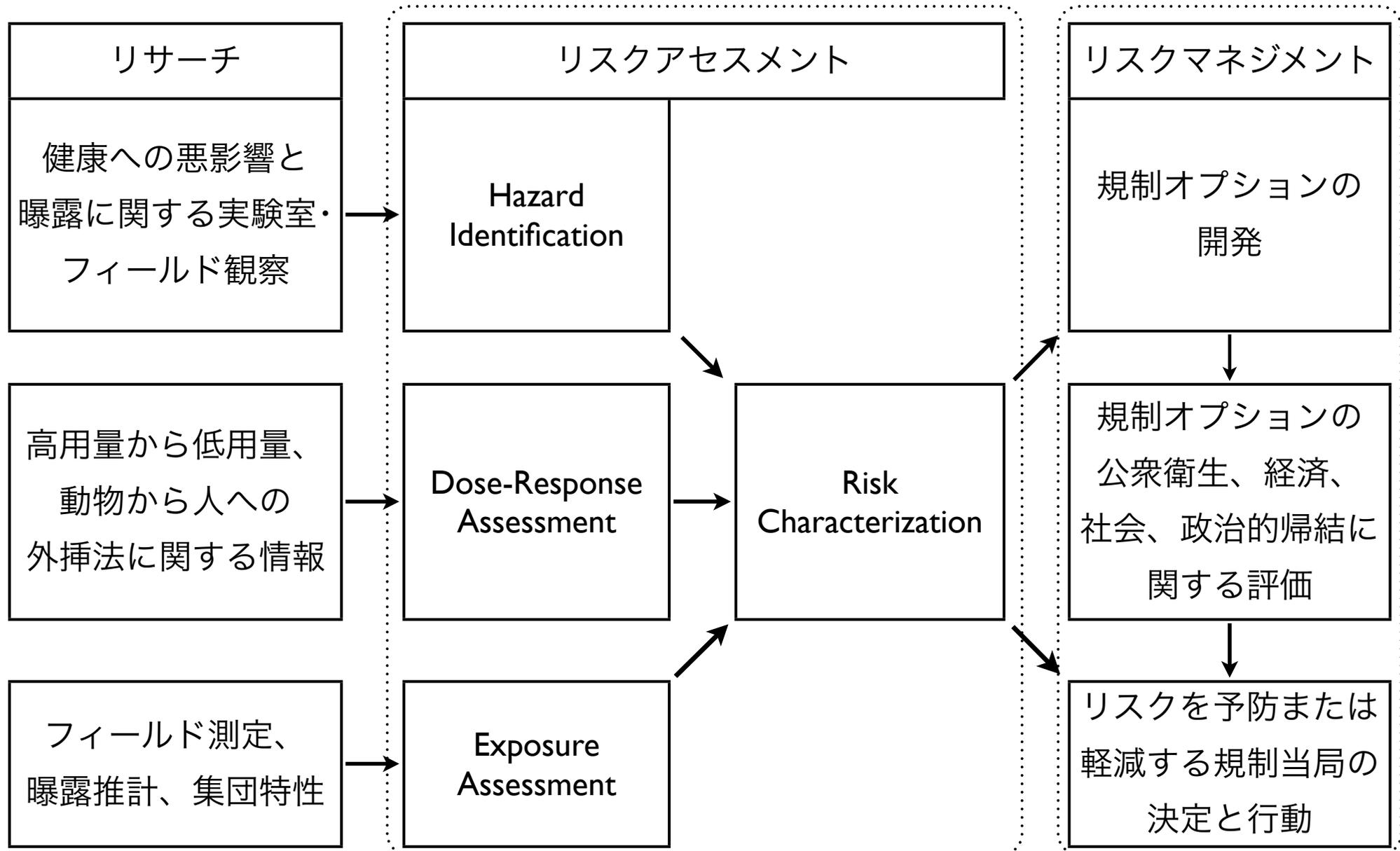
使用した人、年	レギュラトリーサイエンスのいろいろな意味
Weinberg, 1985	“科学的証明の水準への要求が、通常科学よりも少ない新しい科学分野としては定義したくない”と記載されているのみ。
Moghissi, 1985	入手可能な最善の科学的情報を評価した結果に基づいて、科学技術に係わる公的組織の判断を支援すること。
Rushefsky, 1986	特定の計画的な公共政策に関係する、もしくは公共政策上の検討課題に必要な科学。
Jasanoff, 1990	政策立案に使用される科学的営為。
AAPS (米国薬学会)	行政的研究と行政行為の複雑な統合と称し、部会の使命を、安全性・有効性・品質の分析、薬事規制に関する検討、公衆衛生的規制の立案などとしている。
NIH-FDA-2010	実験的な治療方法、予防方法、診断方法を評価するための新しい知識とツールを生成するために特化した、学際的な生物医学研究分野。

語彙(提唱者、提唱された年)	“レギュラトリーサイエンス”に似た概念
trans-science (Weinberg, 1985)	科学的に解答することが要求されるが、科学では解答することができない問題を扱う分野。
mandated science (Salter, 1988)	知識の生成が政策立案のために行われる科学。
fiducial science (Hunt & Shackley, 1999)	科学研究と政策決定が不即不離の関係にあるような科学分野。
postacademic science (Ziman, 1996)	富を生み出すことに重点を置く科学。
mode 2 science (Gibbons, 1994)	学際的アプローチで衆知を集めて社会的要請のある問題を解決していくもの。
post-normal science (Funtowicz & Ravetz, 1992)	不確実な情報下で通常の科学的判断では予測不能と思われる事象について意思決定を行うための方法論。

# HRAの方法について考え方

- 専門委員会の立脚点：“公衆衛生”の保護
- 方法：科学、公共政策、規制を用いた2段階
  - リスクアセスメント：公衆衛生に対するリスクを同定し定量する科学的試み  
→健康影響が唯一の関心
  - リスクマネジメント：同定されたリスクを回避または軽減するために、広報、模範、規制、動機等を用いること  
→技術的解法、費用便益評価を伴うことも

# リスクアセスメントとリスクマネジメント の諸要素 (米国科学アカデミー, 1983)



# たばこ = 「混合物」 のリスクアセスメント

全ての物質が同定できる訳ではなく、定量もできない

- 混合物の健康影響を調べる2つのアプローチ
  - 既知物質の影響を加算

各物質の既存データを利用できる  
未測定・未評価物質による全リスクを過小評価  
相乗・増強作用はみない
  - 全混合物の実験的評価

未測定物質・相乗・増強作用をみられる（動物研究はリスクを過小評価ぎみ）  
高価・時間がかかる・既存データがないことがある  
代表的な混合物を得ることはできるか？

# たばこ = 「混合物」 のリスクアセスメント

- 非発がん物質：Hazard Index

$$HI = C_1/REL_1 + C_2/REL_2 + \dots C_i/REL_i$$

物質 $i$ が同じ毒性学的エンドポイントをもつ場合

HI=hazard index

$C_i$ =concentration for the  $i$ th substance,

$REL_i$ =Reference Exposure Level for the  $i$ th substance

- 発がん物質は、個々のリスクを加える
- どちらの場合も、単純加算であり、  
相乗作用・増強作用・抑制作用は仮定しない

# たばこ = 「混合物」 のリスクアセスメント

- 用量反応外挿法は、混合物に対しては複雑で議論が多い
  - 相加の仮定は低用量では適当だが、高用量ではどちらの方向にも誤りの可能性
  - 複数のターゲットないし複数の効果の場合には非常に複雑になる
  - 実験的な混合物データを持っている場合にさえこれらの問題がありうる

FDAのHPHC93物質の特性:発がん性 (CA), 呼吸器毒性 (RT), 循環器毒性 (CT), 生殖・発達毒性 (RDT), 嗜癖性 (AD)

	CA	RT	CT	RDT	AD		CA	RT	CT	RDT	AD		CA	RT	CT	RDT	AD	
Acetaldehyde	CA	RT			AD	Chrysene	CA		CT			Nickel	CA	RT				
Acetamide	CA					Cobalt	CA		CT			Nicotine					RDT	AD
Acetone		RT				Coumarin	Banned in food					Nitrobenzene	CA	RT			RDT	
Acrolein		RT	CT			Cresols (o-, m-, and p-cresol)	CA		CT			Nitromethane	CA					
Acrylamide	CA					Crotonaldehyde	CA					2-Nitropropane	CA					
Acrylonitrile	CA	RT				Cyclopenta[c,d]pyrene	CA					N-Nitrosodiethanolamine (NDELA)	CA					
Aflatoxin B1	CA					Dibenz[a,h]anthracene	CA					N-Nitrosodiethylamine	CA					
4-Aminobiphenyl	CA					Dibenzo[a,e]pyrene	CA					N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	CA					
1-Aminonaphthalene	CA					Dibenzo[a,h]pyrene	CA					N-Nitrosomethylethylamine	CA					
2-Aminonaphthalene	CA					Dibenzo[a,i]pyrene	CA					N-Nitrosomorpholine (NMOR)	CA					
Ammonia		RT				Dibenzo[a,l]pyrene	CA					N-Nitrosornicotine (NNN)	CA					
Anabasine					AD	2,6-Dimethylaniline	CA					N-Nitrosopiperidine (NPIP)	CA					
o-Anisidine	CA					Ethyl carbamate (urethane)	CA				RDT	N-Nitrosopyrrolidine (NPYR)	CA					
Arsenic	CA		CT	RDT		Ethylbenzene	CA					N-Nitrososarcosine (NSAR)	CA					
A-α-C (2-Amino-9H-pyrido[2,3-b]indole)	CA					Ethylene oxide	CA	RT			RDT	Nornicotine						AD
Benz[a]anthracene	CA		CT			Formaldehyde	CA	RT				Phenol		RT	CT			
Benz[j]aceanthrylene	CA					Furan	CA					PhIP (2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine)	CA					
Benzene	CA		CT	RDT		Glu-P-1 (2-Amino-6-methylpyrido[1,2-g;3',2'-d]imidazole)	CA					Polonium-210	CA					
Benzo[b]fluoranthene	CA		CT			Glu-P-2 (2-Aminodipyrido[1,2-g;3',2'-d]imidazole)	CA					Propionaldehyde		RT	CT			
Benzo[k]fluoranthene	CA		CT			Hydrazine	CA	RT				Propylene oxide	CA	RT				
Benzo[b]furan	CA					Hydrogen cyanide		RT	CT			Quinoline	CA					
Benzo[a]pyrene	CA					Indeno[1,2,3-cd]pyrene	CA					Selenium		RT				
Benzo[c]phenanthrene	CA					IQ (2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline)	CA					Styrene	CA					
Beryllium	CA					Isoprene	CA					o-Toluidine	CA					
1,3-Butadiene	CA	RT		RDT		Lead	CA		CT	RDT		Toluene		RT			RDT	
Cadmium	CA	RT		RDT		MeA-α-C (2-Amino-3-methyl-9H-pyrido[2,3-b]indole)	CA					Trp-P-1 (3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole)	CA					
Caffeic acid	CA					Mercury	CA				RDT	Trp-P-2 (1-Methyl-3-amino-5H-pyrido[4,3-b]indole)	CA					
Carbon monoxide				RDT		Methyl ethyl ketone		RT				Uranium-235	CA	RT				
Catechol	CA					5-Methylchrysene	CA					Uranium-238	CA	RT				
Chlorinated dioxins/furans	CA			RDT		4-(Methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)	CA					Vinyl acetate	CA	RT				
Chromium	CA	RT		RDT		Naphthalene	CA	RT				Vinyl chloride	CA					

- **CA: known or probable human carcinogens** by International Agency for Research on Cancer (IARC), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), or National Toxicology Program;
- **CA: possible human carcinogens** by IARC or EPA and/or identified by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH);
- **RT/CT: adverse respiratory or cardiac effects** by EPA or the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
- **RDT: reproductive or developmental toxicants** by California EPA;
- **AD: abuse liability (addiction)** by a review of the peer-reviewed literature, evidence of at least two of the following measures of CNS activity; Animal drug discrimination; Conditioned place preference; Animal self-administration; Human self-administration; Drug liking; Signs of withdrawal;
- **banned in food** (for smokeless tobacco products).

既存の規制機関に認定された有害物質という観点からの選択  
→我が国では？

# 由来と特性からみた優先候補物質の案

由来	発がん性	非発がん 毒性	生殖毒性	依存性	“魅力” (味)
原料	Arsenic Cadmium Po-210 TSNA	Arsenic Cadmium	Nicotine Arsenic Cadmium	Nicotine	
添加物		Ammonia			Menthol
燃焼 生成	Acetaldehyde 1,3-Butadiene TSNA PAH	Acetaldehyde Acrolein 1,3-Butadiene	Carbonmo nooxide 1,3-Butadiene	Acetaldehyde	

- ・極めて多くの化学物質の混合物であるたばこ製品・たばこ煙のリスク評価に、どのように生かしていくのか？
- ・国によっては添加物のポジティブ/ネガティブリスト、原料・添加物などの規制枠組があるが、我が国では？？
- ・FCTC9/10条、同ガイドラインをどう考慮すべきか？？？

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の報告  
(平成24年度厚生労働科学特別研究事業)

国立保健医療科学院  
生活環境研究部  
櫻田 尚樹



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  
(平成24年度厚生労働科学特別研究事業)

● 背景

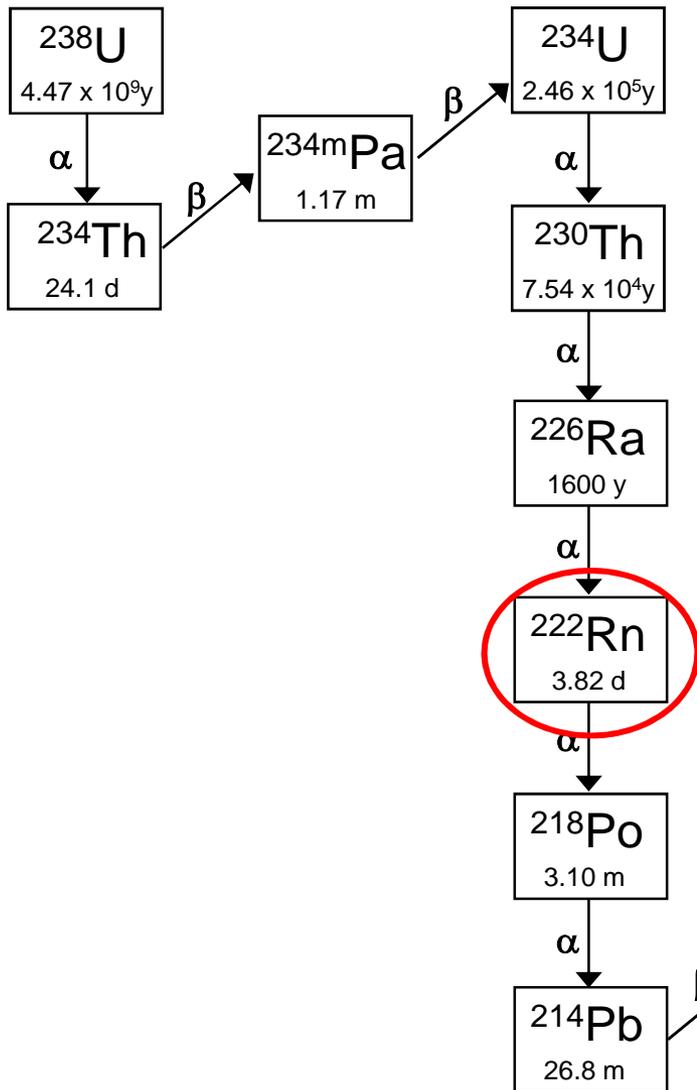
- タバコ葉及びタバコ主流煙中には自然放射性物質由来のポロニウムが含まれている。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の環境汚染以降さらに注目されている。
- 飲食品中の自然放射性物質由来の内部被ばく線量評価が見直され年間0.98mSv。その過半をポロニウムが占める。

● 方法

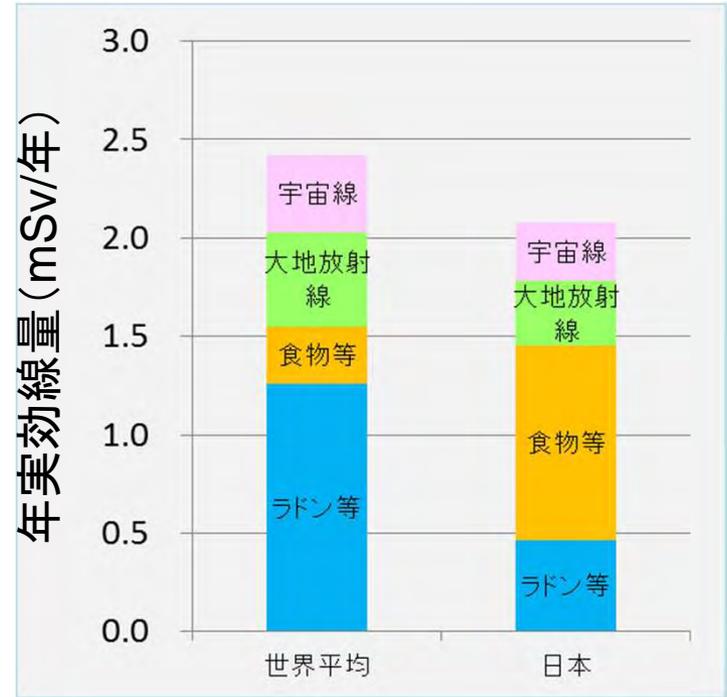
- タバコ葉及び主流煙は、マイクロウェーブ処理を行い、Srレジンカラム抽出、電着後、 $\alpha$ 線スペクトロメトリーで測定

# タバコ中ポロニウム-210の分析

## ウラン ( $^{238}\text{U}$ ) 壊変系列



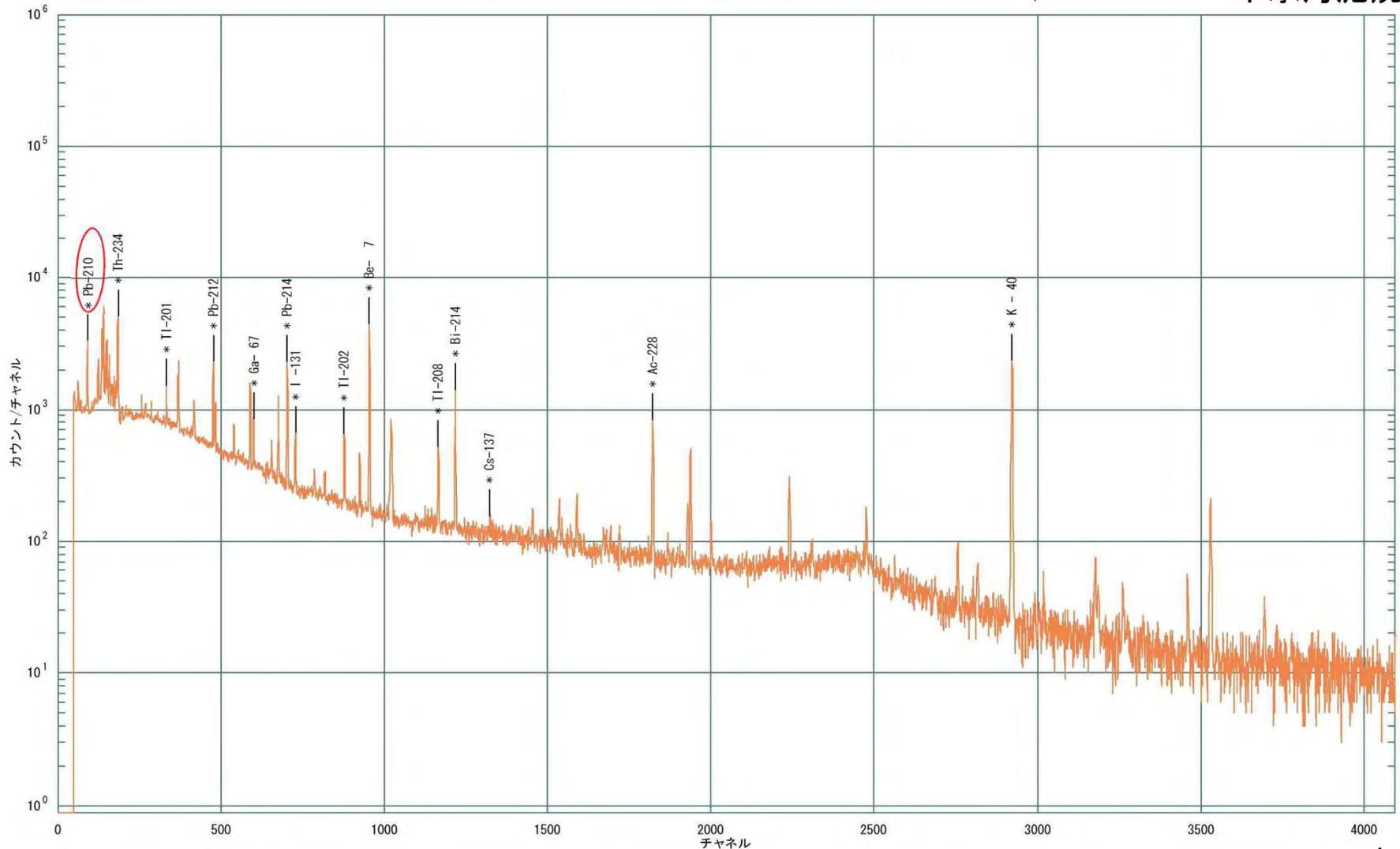
自然放射線源による被ばく線量



# ゲルマニウム半導体検出器による ガンマ線スペクトロメトリの一例

Acquired:2007-03-02 08:35:19 Real Time:264430.7(sec) Live Time:264349.7(sec)(=3日計測)

下水汚泥焼却灰



# ポロニウム ( $^{210}\text{Po}$ ) の測定法

## サンプル調製

タバコ葉 or 主流煙フィルター



酸&マイクロウェーブ処理による有機物分解



硫化物沈殿



Srレジンカラム抽出操作



電着

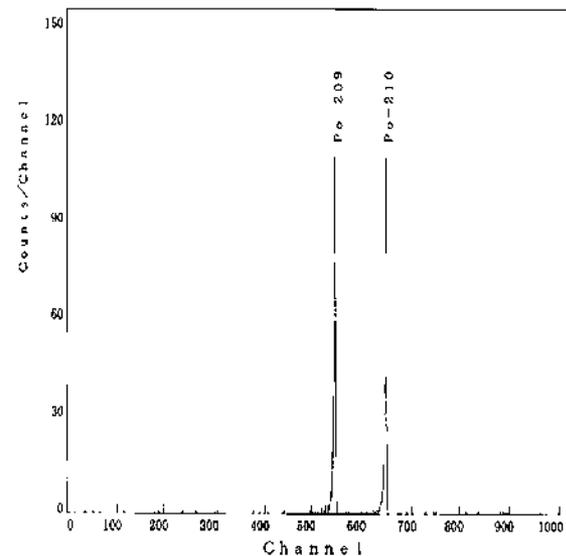


測定

## 測定



$\alpha$ 線スペクトロメータと電着用セル

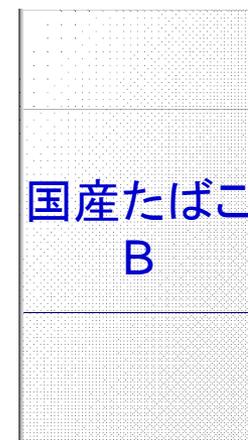
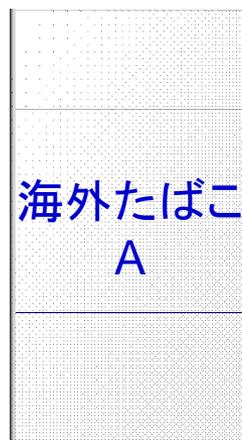


$\alpha$ 線スペクトル (Po-209:内部標準)

# タバコ中ポロニウム-210の分析結果

標準タバコ

市販タバコ



3R4F

タバコ葉

タバコ葉 (n=5, mBq/cigarette)

11.4±1.5

13.0±1.4

24.1±0.9

主流煙

ISO法 (n = 3, mBq/cigarette)

(粒子成分のみ)

0.4±0.1

0.9±0.2

1.4±0.1

HCI法 (n = 3, mBq/cigarette)

1.1±0.1

2.0±0.4

3.2±0.2

(ガス成分は未評価)

# たばこ葉中のポロニウム

Cigarette brands	No.	leaf weight (g/cigarette)	Po-210(mBq/g)	Po-210 (mBq/cigarette)	Average (mBq/cigarette)	SD*
標準タバコ 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		
海外タバコA	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		
国産タバコB	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		
国産タバコC	1	0.60	30.3	18.2	19.0	1.4
	2	0.60	35.2	21.1		
	3	0.60	29.0	17.4		
	4	0.60	32.8	19.7		
	5	0.60	30.7	18.4		

# たばこ主流煙中のポロニウム

Cigarette brands	Smoking protocol	No.	Po-210 (mBq/cigarette)	Average (mBq/cigarette)	SD*
標準タバコ 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		
海外タバコA	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		
国産タバコB	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		

\*SD:standard deviation

# ポロニウムの移行率と預託実効線量

Smoking protocol	Polonium-210 (mBq/cigarette)		Ratio smoke/leaf	Committed effective dose* (mSv/year)	
	Mainstream	Tobacco leaf			
標準タバコ3R4F	ISO	0.4	11.4	0.03	0.012
	HCI	1.1		0.10	0.036
海外タバコA	ISO	0.9	13.0	0.07	0.029
	HCI	2.0		0.16	0.063
国産タバコB	ISO	1.4	24.1	0.06	0.043
	HCI	3.2		0.13	0.102

\*1日1箱を1年間吸い続けた場合の線量

# 精度管理 1

IAEAの値付けされた試料を測定し、確認した結果

カラムワーク 2013.4.18  
測定日 2013.4.19

## Alish and North Seas Fish Flesh

Sample	Number	サンプル重量 g	Po-209 Area	Po-209添加量 mBq	Po-210 Area	Po-210 (mBq/g)	
	1	1.004	3426.0	75.12	107.8	2.35	
	2	1.005	1955.0	75.12	62.5	2.39	
IAEA414	3	1.004	3092.3	75.12	129.0	3.12	
	4	1.006	4620.0	75.12	62.0	1.00	
	5	1.004	2344.0	75.12	72.0	2.30	IAEA
					Ave.	<b>2.23</b>	<b>2.1</b>
					SD	0.77	(1.8-2.5)
					CV (%)	34.3	

# 精度管理 2

## 外部測定機関との相互比較

		本研究班 (n = 5)			委託機関		
		Average		SD*	Average		EC**
タバコ葉 (mBq/cigarette)	標準タバコ3R4F	11.4	±	1.5	10.0	±	0.7
	国産タバコB	24.1	±	0.9	22.8	±	1.2
	海外タバコA	13.0	±	1.4	10.8	±	0.9
主流煙*** (HC条件 ; mBq/cigarette)	標準タバコ3R4F	1.7	±	0.1	1.6	±	0.1
	国産タバコB	3.8	±	0.2	3.8	±	0.2
	海外タバコA	2.6	±	0.4	2.1	±	0.1

\*SD:standard deviation, \*\*EC:error coefficient

\*\*\*主流煙の測定結果は、石英フィルターブランクPo-210を含んだ値を表記している

# 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

(平成24年度厚生労働科学特別研究事業)

### • 成果

- ①たばこ葉およびたばこ煙中のポロニウムの測定法を検討し、測定可能であることを検証した。
- ②2銘柄を測定し、ポロニウム-210が1本あたり、タバコ葉中に24mBq、主流煙粒子成分中3.2mBq含有(1日1箱喫煙で0.1mSv/年)していることを示した。

### • 今後の課題

- ①国内主要銘柄を測定することが必要
- ②ガス相における検討が必要
- ③副流煙における検討が必要
- ④標準測定法の開発が必要

# 最近の論文から: タバコ葉中のポロニウム

Radioactive concentration of $^{210}\text{Pb}$ and $^{210}\text{Po}$ in Japanese cigarettes.							
Sample code	Tar (mg)	Nicotine (mg)	Tobacco weight (g cig. <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ concentration		$^{210}\text{Po}$ concentration	
				(mBq g <sup>-1</sup> )	(mBq cig. <sup>-1</sup> )	(mBq g <sup>-1</sup> )	(mBq cig. <sup>-1</sup> )
A	14	1.2	0.69±0.02	16 ± 3	11 ± 2	16 ± 3	11 ± 2
B	14	1.2	0.69±0.02	21 ± 3	14 ± 2	21 ± 3	14 ± 2
C	10	0.8	0.63±0.03	17 ± 3	11 ± 2	17 ± 3	11 ± 2
D	7	0.7	0.65±0.01	19 ± 3	12 ± 2	19 ± 3	12 ± 2
E	7	0.7	0.54±0.02	11 ± 4	6 ± 2	11 ± 4	6 ± 2
F	12	0.8	0.64±0.03	9 ± 3	6 ± 2	9 ± 3	6 ± 2
G	10	0.8	0.66±0.02	18 ± 3	12 ± 2	18 ± 3	12 ± 2
H	8	0.7	0.64±0.03	15 ± 3	9 ± 2	15 ± 3	9 ± 2
I	6	0.5	0.62±0.02	11 ± 6	7 ± 4	11 ± 6	7 ± 4
J	3	0.3	0.57±0.01	14 ± 3	8 ± 2	15 ± 4	8 ± 2
K	8	0.7	0.63±0.04	7 ± 3	4 ± 2	7 ± 3	4 ± 2
L	3	0.3	0.56±0.02	13 ± 4	7 ± 2	13 ± 4	7 ± 2
M	1	0.1	0.50±0.00	14 ± 4	7 ± 2	14 ± 4	7 ± 2
N	1	0.1	0.50±0.01	20 ± 4	10 ± 2	20 ± 4	10 ± 2
O	1	0.1	0.60±0.01	15 ± 3	9 ± 2	15 ± 3	9 ± 2
P	6	0.5	0.72±0.02	12 ± 3	9 ± 2	12 ± 3	9 ± 2
Q	5	0.4	0.63±0.01	20 ± 3	13 ± 2	21 ± 3	13 ± 2
R	1	0.1	0.64±0.03	7 ± 3	4 ± 2	7 ± 3	4 ± 2
S	8	0.6	0.60±0.00	4 ± 3	2 ± 2	4 ± 3	2 ± 2
T	12	1.0	0.70±0.02	9 ± 3	6 ± 2	9 ± 3	6 ± 2
U	8	0.6	0.62±0.02	12 ± 3	8 ± 2	13 ± 3	8 ± 2
V	1	0.1	0.66±0.02	6 ± 3	4 ± 2	6 ± 3	4 ± 2
W	1	0.1	0.51±0.03	6 ± 4	3 ± 2	6 ± 4	3 ± 2
X	14	1.1	0.67±0.03	13 ± 3	9 ± 2	13 ± 3	9 ± 2
Mean				13 ± 5	8 ± 3	13 ± 5	8 ± 3
Maximum				21	14	21	14
Minimum				4	2	4	2

ゲルマニウム半導体検出器による  
Pb-210の分析から

# 最近の論文から: タバコ煙による実効線量

**Table 3. Activity intakes and annual committed effective doses from smoking inhalation of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$ .**

Sample code	Activity intake		Effective dose	
	(Bq $\text{y}^{-1}$ )		( $\mu\text{Sv y}^{-1}$ )	
	$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$
A	29 ± 5	29 ± 5	32 ± 6	96 ± 17
B	36 ± 6	37 ± 6	40 ± 6	120 ± 19
C	28 ± 5	28 ± 6	30 ± 6	92 ± 18
D	31 ± 5	32 ± 5	34 ± 6	100 ± 18
E	15 ± 5	16 ± 5	17 ± 6	52 ± 17
F	14 ± 5	15 ± 5	16 ± 6	48 ± 17
G	30 ± 5	30 ± 6	33 ± 6	100 ± 18
H	24 ± 5	24 ± 5	26 ± 6	80 ± 18
I	18 ± 10	18 ± 10	19 ± 11	59 ± 33
J	21 ± 5	22 ± 5	23 ± 6	71 ± 17
K	11 ± 5	11 ± 5	12 ± 6	38 ± 17
L	18 ± 5	19 ± 5	20 ± 6	62 ± 17
M	18 ± 5	18 ± 5	20 ± 6	61 ± 17
N	25 ± 5	26 ± 5	28 ± 6	85 ± 17
O	23 ± 5	23 ± 5	25 ± 6	76 ± 18
P	22 ± 5	22 ± 5	24 ± 6	73 ± 18
Q	33 ± 5	33 ± 5	36 ± 6	110 ± 18
R	11 ± 5	11 ± 5	12 ± 6	37 ± 17
S	6 ± 5	6 ± 5	6 ± 5	19 ± 17
T	15 ± 5	16 ± 5	17 ± 6	51 ± 17
U	20 ± 5	20 ± 5	22 ± 6	66 ± 18
V	11 ± 5	11 ± 5	12 ± 6	36 ± 17
W	8 ± 5	8 ± 5	9 ± 5	27 ± 16
X	22 ± 5	22 ± 5	24 ± 6	73 ± 18
Mean	20 ± 8	21 ± 8	22 ± 9	68 ± 27
Maximum	36	37	40	120
Minimum	6	6	6	19

# 最近の論文から：タバコ葉中のポロニウム

紙巻きタバコに含まれるポロニウム210（鉛210）の放射能濃度

(mBq/本)

販売国	ポロニウム210（鉛210）				文献
	銘柄数	平均値*	最小値	最大値	
日本	8	11.5	10.1	15.0	Takizawaら、1994 <sup>5)</sup>
中国	1	12.5	12.5	12.5	Takizawaら、1994 <sup>5)</sup>
イタリア	17	11.8	6.8	17.5	Desideriら、2007 <sup>6)</sup>
ポーランド	14	13.3	4.2	24.1	Skwarzecら、2001 <sup>2)</sup>
エジプト	2	16.6			Khaterら、2004 <sup>3)</sup>
ギリシャ	7	10.5 (10.7)	2.9	13.4	Savidouら、2006 <sup>1)</sup>
中国	7	14.6	11.1	18.3	Tokonamiら、2008 <sup>7)</sup>
ハンガリー	29	22.0 (20.9)	10.0	33.5	Kovacsら、2007 <sup>8)</sup>
日本	5	18.8	12.1	27.8	Okabayashiら、1975 <sup>9)</sup>
フィンランド	8	11.0	7.8	14.4	Mussaloら、1985 <sup>10)</sup>
アメリカ	2	12.2	11.8	12.6	Rajewskyら、1966 <sup>11)</sup>
アメリカ	4	15.7	14.4	17.8	Radfordら、1964 <sup>12)</sup>
中国	12	23.5 (21.2)	18.0	29.0	Schayerら、2009 <sup>4)</sup>
アメリカ	3	9.3 (7)	6.0	11.0	Schayerら、2009 <sup>4)</sup>
エジプト	5	15.0	11.3	19.2	Khaterら、2006 <sup>13)</sup>
フィリピン	16	11.7	5.5	16.6	Enriquezら、2008 <sup>14)</sup>
日本	16	13.0	10.1	14.5	Enriquezら、2008 <sup>14)</sup>
アメリカ	14	11.8	9.2	14.1	Enriquezら、2008 <sup>14)</sup>
算術平均値**		14.2			

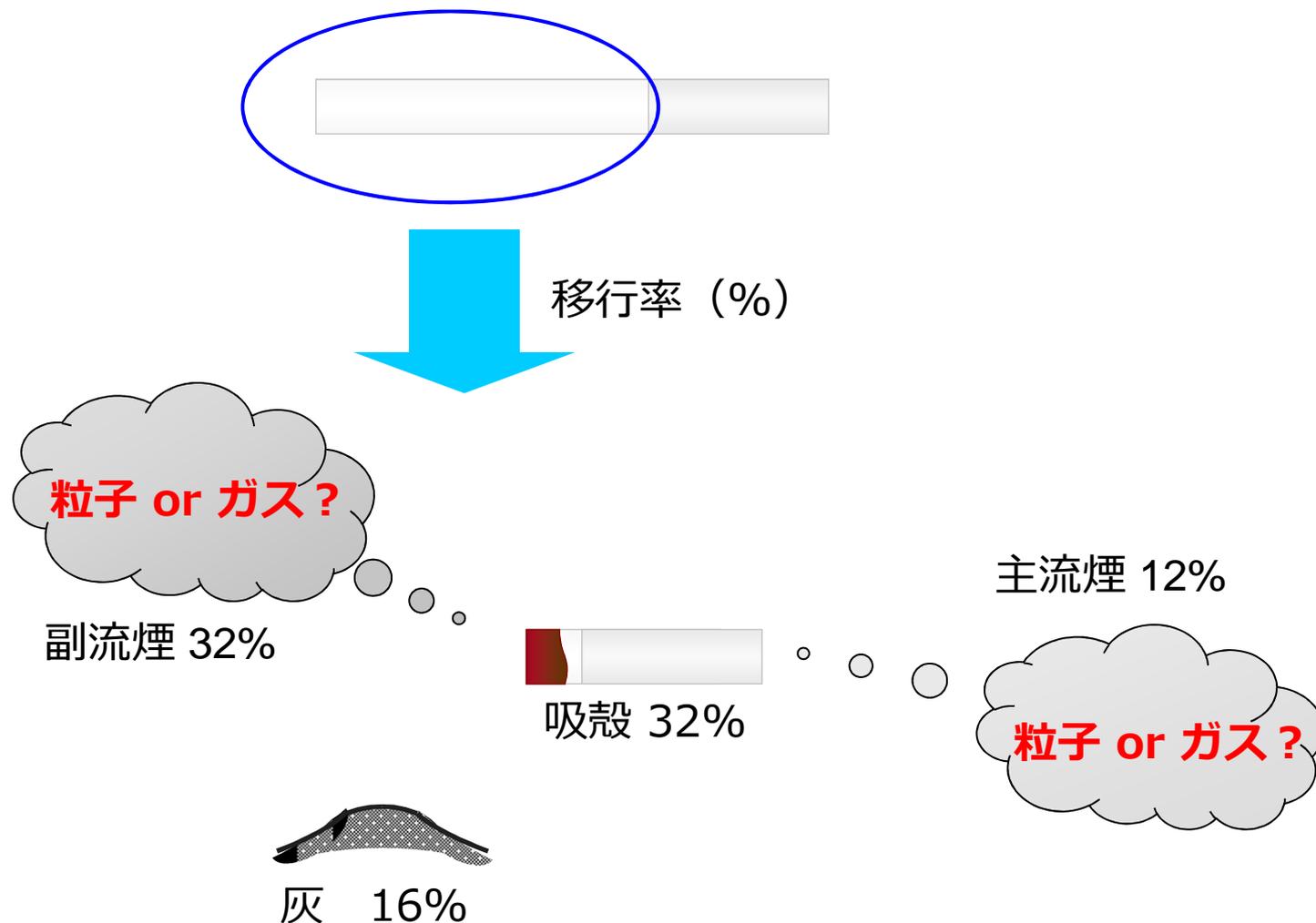
\* : ( ) 内は<sup>210</sup>Pbの放射能濃度

\*\* : 平均値の算術平均

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.より引用

# たばこに関連するポロニウムの分布

たばこ1本 9.3–24 mBq



参考文献：喫煙者の実行線量評価 岩岡和輝, 米原英典. Radioisotopes. 2010

# ベクレル (Bq) とシーベルト (Sv)

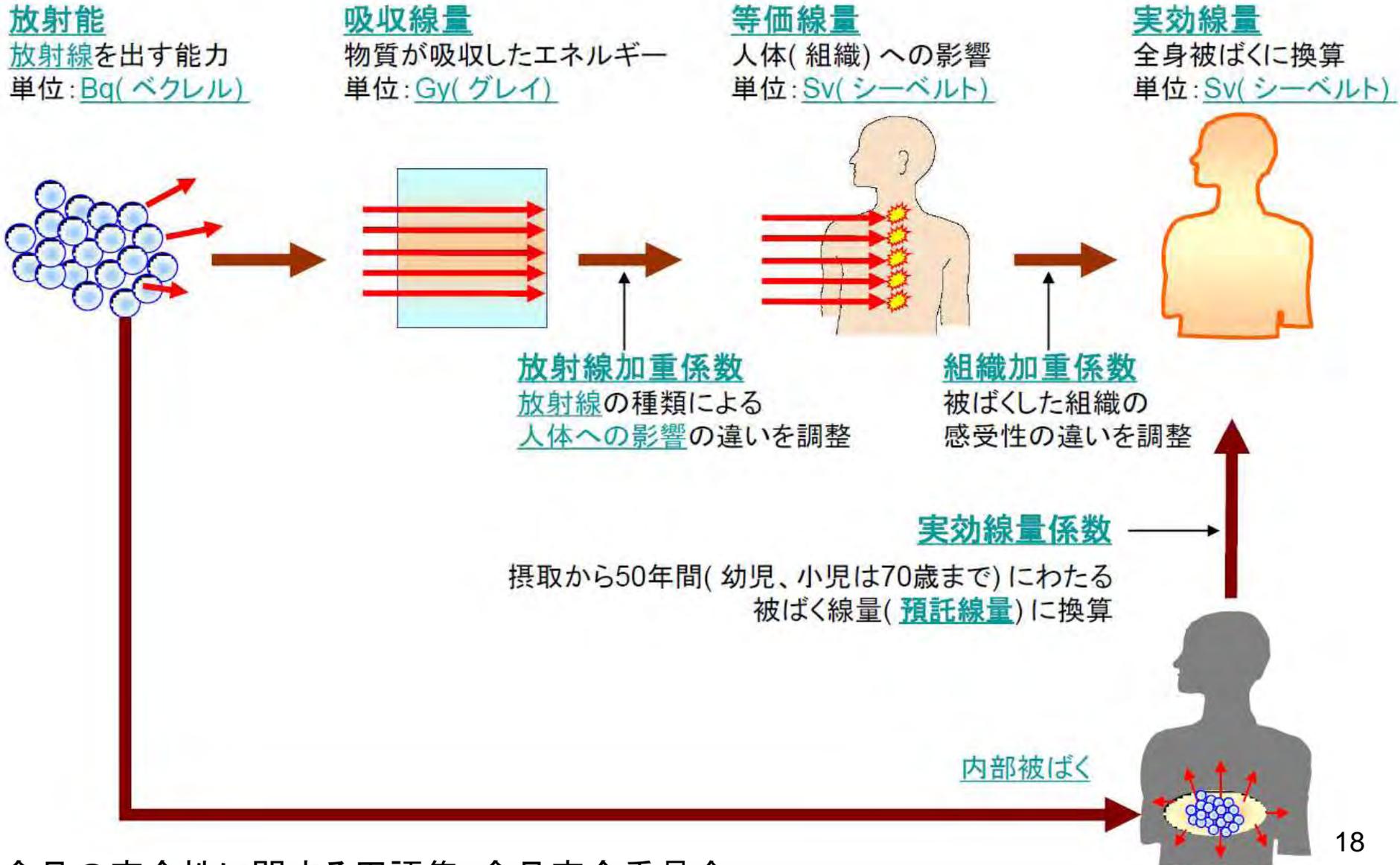
## ベクレル (Bq)

- 放射性物質の量を表す単位

## シーベルト (Sv)

- 放射線による人体への影響を表す
- 人体に吸収されたエネルギーだけではなく、放射線の種類、組織による影響の違いを考慮
- 外部被ばくと内部被ばくを同じ尺度で評価するための単位

# 放射能、線量、単位、係数の関係



# 放射線の単位

## 【放射線加重係数と等価線量】

$$\text{等価線量 (Sv)} = w_R \times \text{吸収線量 (Gy)}$$

放射線の種類	放射線加重係数 $w_R$
$\gamma$ 線、X線、 $\beta$ 線	1
陽子線	2
$\alpha$ 線、重イオン	20
中性子線	2.5~21

## 【組織加重係数と実効線量】

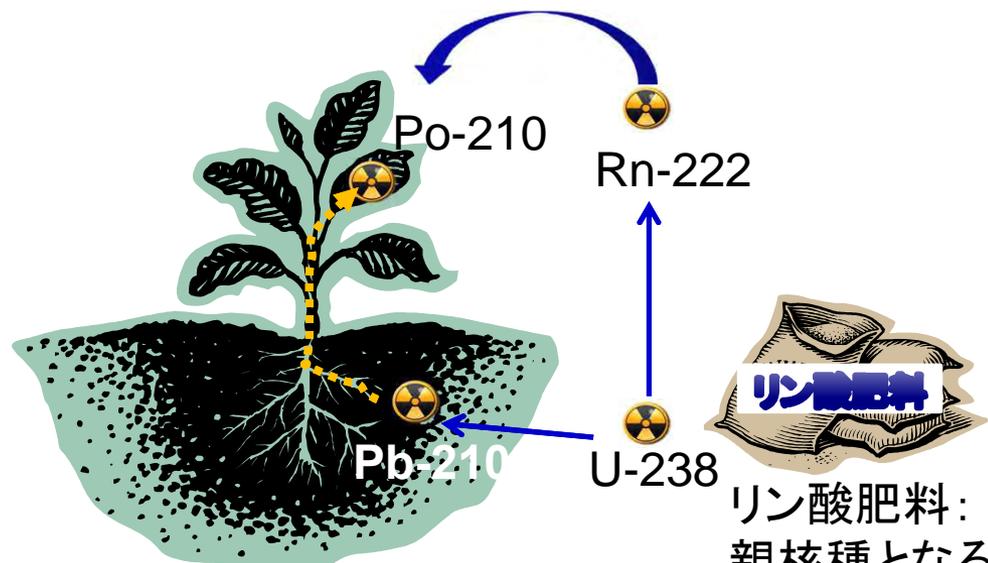
$$\text{実効線量 (Sv)} = \sum (w_T \times \text{等価線量})$$

組織	組織加重係数 $w_T$
骨髄（赤色）、結腸、肺、胃、乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
残りの組織の合計	0.12

Sv:シーベルト Gy:グレイ

国際放射線防護委員会2007年勧告

# 低減可能性: Po-210がタバコ葉に取り込まれる仕組みと対策



## 解決策

- ・ウランの含有量の少ない肥料に置き換える
- ・収穫後の葉を酸洗浄する
- ・タバコ葉原料のPo-210を計測モニタリングする
- ・フィルターでPo-210を捕獲する
- ・タバコ葉に微細な毛が無い品種を遺伝子組み換えで作成する

リン酸肥料:  
親核種となる  
U-238を含む

▶ タバコ会社の研究室内でも、過去に報告された濃度よりPo-210の濃度が低い可能性を公表しようとしたが、Po-210の存在そのものが悪影響として、「眠れる巨人を呼び起こす可能性がある」として公表を中止した。

Muggli ME et al. Waking a sleeping giant: the tobacco industry's response to the polonium-210 issue.

American Journal of Public Health. 2008; 98:1643–1650

Rego B. Radioactive smoke. Sci Am. 2011; 304(1): 78-81.

Karagueuzian HS et al. Cigarette smoke radioactivity and lung cancer risk. Nicotine Tob Res. 2012;14(1):79-90.

# 低減可能性: タバコ特異的ニトロソアミンの増加抑制

## カナダ: 前回報告の通り低減がはかられている。

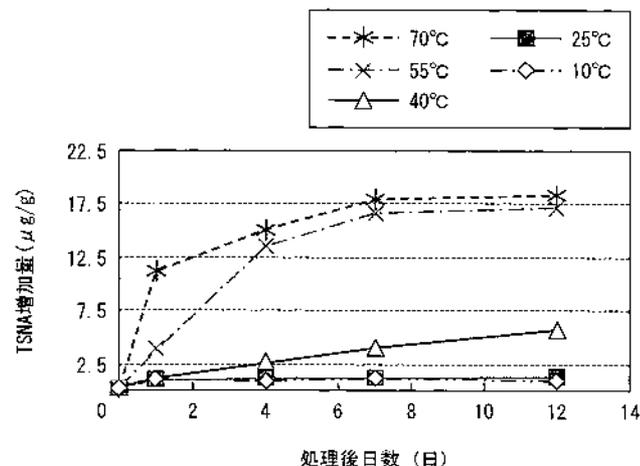
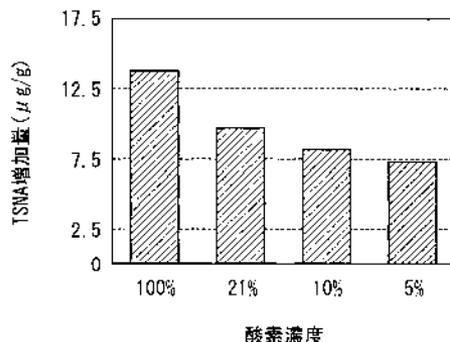
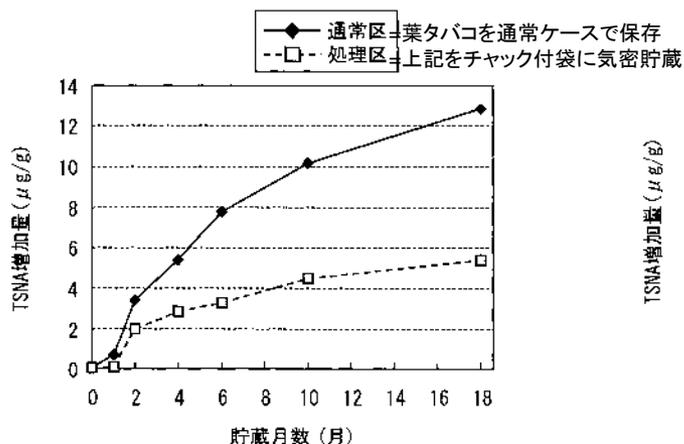
W.S. Rickert et al., Reductions in the tobacco specific nitrosamine (TSNA) content of tobaccos taken from commercial Canadian cigarettes and corresponding reductions in TSNA deliveries in mainstream smoke from such cigarettes. Regulatory Toxicology and Pharmacology 51 (2008) 306–310.

## 米国: 低減法は確立してきているのに、30年間変化なし。US-FDAは規制を強化すべきであると提言。

Irina Stepanov et al., Carcinogenic tobacco-specific N-nitrosamines in US cigarettes: three decades of remarkable neglect by the tobacco industry. Tobacco Control 2012;21:44e48.

## 日本: 貯蔵中のタバコ特異的ニトロソアミンの増加の抑制方法

特許公告番号 WO 2013035505 A1 (特許出願人: 日本たばこ産業株式会社)  
<http://www.google.com/patents/WO2013035505A1?cl=ja>



TSNAは、収穫直後のタバコの葉には基本的に存在しないが、乾燥及び貯蔵の過程において、葉タバコ中の亜硝酸態窒素とアルカロイドとが反応することにより生成される。例えば、乾燥期間中においては、葉タバコ表面に存在する硝酸還元菌の作用により、硝酸が亜硝酸に還元され、この亜硝酸がアルカロイドと反応してTSNAが生成されることが知られている。そこで、乾燥期間中及び貯蔵期間中におけるTSNAの生成を抑制する種々の方法が、これまでに開発されてきている。

# 「たばこ規制枠組条約第9, 10条の施行のための部分的ガイドライン」

## 1. 目的

第9条「たばこ製品の含有物に関する規制」

→たばこ製品の魅力性や毒性物質を削減することによって、たばこに関連した疾患や早死を削減するため。

第10条「たばこ製品についての情報の開示に関する規制」

→政府当局への情報開示

たばこ製造業者と輸入業者からたばこ製品中の内容物（たばこ葉成分）と排出物（主流煙中成分）の成分、毒性、魅力性に関連性のある情報を得るため。⇒適切な政策、行動、規制の決定・実行に必要

→一般社会への情報開示

たばこの消費とたばこ煙の曝露によって引き起こされる健康影響、中毒性と重大な脅威を情報提供するため。

FDAがタバコ会社等に求めた有害性化学物質 (HPHCs) 93種のうち、分析法が確立されていることから2012年ドラフトガイダンスに取り入れた20種の化学物質

**Table 1. Abbreviated List of Harmful and Potentially Harmful Constituents**

HPHCs in Cigarette Smoke	HPHCs in Smokeless Tobacco	HPHCs in Roll-your-own Tobacco and Cigarette Filler
Acetaldehyde	Acetaldehyde	Ammonia
Acrolein	Arsenic	Arsenic
Acrylonitrile	Benzo[a]pyrene	Cadmium
4-Aminobiphenyl	Cadmium	Nicotine (total)
1-Aminonaphthalene	Crotonaldehyde	NNK*
2-Aminonaphthalene	Formaldehyde	NNN**
Ammonia	Nicotine (total and free)	
Benzene	NNK*	
Benzo[a]pyrene	NNN**	
1,3-Butadiene		
Carbon monoxide		
Crotonaldehyde		
Formaldehyde		
Isoprene		
Nicotine (total)		
NNK*		
NNN**		
Toluene		

1 - *Roll-your-own tobacco* is defined in section 900(15) of the FD&C Act to mean “any tobacco product which, because of its appearance, type, packaging, or labeling, is suitable for use and likely to be offered to, or purchased by, consumers as tobacco for making cigarettes.” The term *cigarette filler* is not defined in the FD&C Act. For purposes of this draft guidance, we intend *cigarette filler* to mean the cut, ground, powdered, or leaf tobacco that is a component of a cigarette.

\*4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone

\*\* N-nitrosornicotine

## 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

Monique E. Muggli 公衆衛生学修士、Jon O. Ebbert 医学博士、Channing Robertson 博士、Richard D. Hurt 医学博士

大手のタバコ製造業者は、ポロニウムがタバコおよびタバコの煙に含まれていることを 40 年以上も前に発見しており、自社の製品からこの放射性物質を取り除くことを試みたが失敗した。タバコ産業の内部文書は、紙巻きタバコ中の放射能に対する国民の認識が高まることを恐れ、タバコ会社が自社の内部調査の公表を差し止めていたことを明らかにしている。タバコ会社は、喫煙と健康の訴訟において、紙巻きタバコ中のポロニウム 210 についての知識を引き続き最小限に押さえている。タバコの箱には、放射線被ばくを警告するラベルを貼るべきである。[*American Journal of Public Health*. (アメリカン・ジャーナル・オブ・パブリックヘルス)2008; 98:1643-1650. doi:10.2105/AJPH.2007.130963]

タバコの煙が放射性物質のポロニウム 210 (PO-210) を含むことは、40 年以上も前から知られていたが、2006 年の元 KGB の諜報員であったアレクサンドル V. リトビネンコの PO-210 による中毒にかかわる報道によって、タバコの煙に含まれるその存在がさらに認識されるようになった<sup>1,2</sup>。我々は、タバコ内の PO-210 の存在および健康への潜在的影響を踏まえた紙巻きタバコ製造業者の内部および外部活動を評価するために、訴訟を通して公表されたタバコ産業の企業の内部記録を再調査した。

主要な多国籍の紙巻きタバコ製造業者が「眠れる巨人を呼び起こす」ことを恐れて、タバコ内の PO-210 に関する潜在的な広報機関の問題について、この問題へのあらゆる世間の関心を避けることによって対処していたことを資料は示している<sup>3</sup>。「実際に否定することなく、健康に対する非難についての疑問を生み出す」という長年の産業の戦略にもかかわらず<sup>4</sup>、企業の内部記録は、製造業者が社会全体にかかわる PO-210 の問題に人々の注目を集めることを避けていたことを示唆している。また、製造業者は PO-210 がタバコの煙の成分であることが分かった時点で、それを除去することを試みたが失敗したことも資料に示されている。同時に、科学的知識の向上につながる可能性のある内

部調査は敬遠された。同様に、タバコ会社に有利となる内部の実験結果の公表は、彼らのデータが医学文献に発表されている報告に異議を唱えることができると主張する社内科学者の要請にもかかわらず、会社の弁護士によって差し止められていた。現在、すべての主要のタバコ会社が、自社の製品に PO-210 が含まれていることを認めるであろうが、喫煙と健康の訴訟においてはその重要性を引き続き最小限に押さえ、彼らのウェブサイトおよび消費者へのメッセージではこの問題に関して沈黙を守っている。

### 方法

我々は、大手のタバコ製造業者をめぐる訴訟に対応するために作成された企業の社内文書を分析した。こうした記録の歴史および公開については以前に述べられている<sup>5-9</sup>。ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社のドキュメント・アーカイブ・ウェブサイト (<http://bat.library.ucsf.edu>) で、英国に本拠を置くブリティッシュ・アメリカン・タバコ社が作成した文書を調査した。我々は、タバコ会社文書のデータベースであるレガシー・タバコ・ドキュメント・ライブラリ (Legacy Tobacco Documents Library) に収集・管理されている大

手タバコ製造業者の資料、裁判の証言、宣誓供述書の転写などを調べた (<http://legacy.library.ucsf.edu>)。また、英国ギルフォードにあるブリティッシュ・アメリカン・タバコ社の資料保管庫に収められている資料も調査した。

我々は2005年から2007年にかけて、最初にポロニウム、PO-210、放射能、チェルノブイリ、PB-210、鉛-210などの言葉を組み合わせ、雪だるま式検索テクニックを用いて<sup>10</sup>オンライン検索を実行した。さらに、内部の技術研究プロジェクトおよびそれぞれの企業内の研究部門に勤務している人員の名前の検索を実行した。我々は歴史のおよび主題の枠組みを構築するため、およそ1500の関係資料を分析した。研究データとしてタバコ会社の内部記録を使用することの限界について、以前に述べられている<sup>11,12</sup>。

## ポロニウム 210 源

1964年に、PO-210がタバコの煙の成分であると報告された<sup>13</sup>。PO-210は、アルファ線と呼ばれる発がん性の放射線を放出している<sup>14,15</sup>。吸入実験によると、PO-210は動物における肺がんの原因であることが示されている<sup>16,17</sup>。PO-210は、気管支分岐部に沈着し、多量の高エネルギーのアルファ線が肺に付与され、気管支がんが頻繁に発生すると考えられている<sup>18,19</sup>。アルファ線は、直接被ばくしていない細胞内のシグナル伝達経路を誘導することも知られている（いわゆるバイスタンダー効果）<sup>20</sup>。喫煙者の組織内の平均PO-210濃度は、非喫煙者の2倍以上であることが認められている<sup>21</sup>。1日1.5箱の紙巻きタバコの喫煙者は、1年間に300回の胸部X線から受ける量と同等の放射線にさらされていると推定されている<sup>14</sup>。PO-210は、米国における肺がん全体の1%の原因となると推測されている<sup>22</sup>。したがって、毎年米国で推定16万2460人<sup>23</sup>、世界中で130万人が肺が

んで死亡している<sup>24</sup>ことを考慮すると、PO-210は毎年米国では1600人および世界で11700人の死亡原因となっている可能性がある。

大気圏には地球の表面で自然に存在するラジウム-226から発生するPO-210を含んでいるが<sup>25</sup>、タバコの植物中のPO-210の大部分は、タバコ栽培に投入される高リン酸肥料から生じている可能性が高い<sup>26,27</sup>。先進国のタバコ農家は、主にリン酸濃度が高い人工の化学肥料を使用しており、それらは、ラジウム-226および鉛-210やPO-210などの子孫放射性同位体を含むアパタイト岩から製造されている<sup>18,28</sup>。タバコは、そのフレーバーが高リン酸肥料の反復使用によって発生する窒素還元に依存しているという点で、独特の農作物である<sup>28</sup>。肥料のリン酸レベルが高ければ高いほど、タバコの植物に含まれるPO-210濃度が高くなる<sup>18</sup>。特定の発展途上国で生育されるタバコは、先進国で栽培されるタバコよりも放射能がおよそ3分の1少なく<sup>25</sup>、米国で栽培されるタバコの放射能は年々増加している<sup>26</sup>。

高リン酸肥料がタバコ栽培に投入されると、植物の根を経由してPO-210が土壌から吸収される<sup>26</sup>。PO-210は、微細な粘毛（毛状突起）を通してタバコ葉の表面にも沈着し、それが肥料の使用中に生成される空気伝達の放射性ダスト粒子を結合させるのである<sup>29</sup>。PO-210は、リン酸カルシウムおよび鉛-210とともに不溶性の放射性粒子に被包されると考えられており、その後、主流煙（喫煙者の肺に直接吸い込まれる煙）の中に直接伝播される<sup>29,30</sup>。

## ポロニウム210を除去する取り組み

1960年代に、大手のタバコ製造業者がPO-210はタバコおよびタバコの煙の成分であると判断した<sup>31-37</sup>。1968年までに、フィリップ・モリス社は自社の紙巻きタバコブランドに含まれるPO-210レベルは、当時の文献で報告されて

いたレベルと同等であると確認していた(紙巻きタバコに含まれるタバコ物質1グラム当たり0.33—0.36ピコキュリー[pCi/g])<sup>38</sup>。

PO-210がタバコおよびタバコの煙に存在することを確認した後、タバコ産業は自社の製品からPO-210を取り除くことを試みたが、結局タバコ葉中の濃度を大幅に低下させることに失敗した。こうした取り組みには、主にタバコ葉の洗浄、紙巻きタバコを市販用に製造する前に、タバコの原料内のPO-210を選択的に計測すること、主流煙をフィルターにかけること、タバコ葉の放射能を低減するために遺伝学的技術を用いることなどがあった。

### タバコ葉の洗浄

1970年半ばからの資料で、フィリップ・モリス社は、タバコ葉からPO-210を洗浄するために特定の無極性溶媒を使用し、タバコ葉の放射能を10%から40%減少させることができると報告している<sup>39-41</sup>。元フィリップ・モリス社の科学者であるWilliam Faroneは、2001年にフィリップ・モリス社の洗浄の取り組みについて証言している：

我々は、タバコからポロニウム210を除去する方法を試みました。私の下で働いていた研究者の1人は相当な時間をこの試みに費やし、フィリップ・モリス社が調達したタバコで、およそ半分を洗い落とすことが可能であることが分かりました。残りの半分はタバコの中に存在するため、洗い落とすことは困難なのです。また、フィリップ・モリス社で製造するすべてのタバコを、どうやって洗浄するかを考えることは困難です<sup>42</sup>。

リゲット・タバコ・グループは、タバコ葉を洗浄するために使用される溶媒が、「タバコに

独特の魅力的な香りを与える芳香性の風味のほとんども取り除いてしまう」ことを認めた<sup>43</sup>。リゲットの研究アシスタントディレクターは、わずかな健康効果の実現と相まって芳香族性を失うことを考えれば、タバコ葉を洗浄することは商業的に有利なことではないと結論付けた：「このタイプのプロセスに対してわずかに低減される生物学的活性の利点よりも、経済的意味と風味の喪失に関する不利益の方が多しと我々は感じている。」<sup>44</sup>

### 生産する前にタバコの原料内のポロニウム210を選択的に監視すること

フィリップ・モリス社は、PO-210から生じる低レベルの放射線に対し、選択的にタバコをチェックするために1980年代前半に研究室を設置した。2001年に元フィリップ・モリス社の科学者であるFaroneは、タバコからPO-210を除去するために洗浄することの代替案は、選択的に会社の紙巻きタバコに取り入れられるタバコをチェックすることだったと証言した<sup>42</sup>。さらにFaroneは、1999年に以下のように証言している：

そこでの考えは、「分かりました。我々は肥料と農家が適用するものをコントロールすることはできませんが、一定の低いレベルよりもさらに放射能レベルが低いことを確認するために、自分たちが使用している製品を評価することができます。そこで1981年の終わりに、81年頃、我々は、実際はRosene博士の「原文のまま；Osdene博士の」グループですが、タバコ製品に用いられている原料が放射性物質であるかどうかを査定するための低レベル研究室を設置し、計測を開始しました。Rosene博士「原文のまま；Osdene博士」から得た情報によれば、彼は、

過度に放射性で紙巻きタバコの製造には使用できないと感じた特定の原料を生産過程から除去したそうです<sup>45</sup>。

公的に入手可能な資料は、他の紙巻きタバコ製造業者も、紙巻きタバコ中のPO-210含有量を測定していたかについて明らかにしていない。しかしながら、記録では、大半の会社は1980年代の半ばにチェルノブイリの惨事に対応するため、購入した作物の放射能レベルを測定もしくは測定する計画があったことを示している

<sup>46-48</sup>。

退職したフィリップ・モリス社の研究、開発、技術部のバイス・プレジデントである Richard Carchman も、紙巻きタバコ中のPO-210に関する知識についての質問へのフィリップ・モリス社の対応の1つは、低レベルの放射能計測の研究室を作ることだったと証言している。

問. それの原因でフィリップ・モリス社は何らかの対応策を取りましたか [PO-210問題に関して] ?

答. 放射能と言うとーはい、取りました。すみません。措置を講じました。我々が行ったことは、第一に、放射能と言っても、これはガイガーカウンター（計数管）を持ち歩いて放射能を検知するのを観察することではありません。この放射能レベルは非常に低いものです。ですから、我々はポロニウム210を計測するための、最初の低レベル放射能研究室を開発しました。それは非常に低いレベルで検知されるものなのです。計測することは大変困難でしたが、我々は実際に計測するための研究室を設置しました。

問. それで計測できたのですか？

答. それはタバコの中にあります。タ

バコの煙の中です<sup>49</sup>。

Faroneは、低レベル放射能の計測施設が、喫煙と健康の訴訟において会社を危機にさらす可能性のある結果を生み出していたため、フィリップ・モリス社は研究室を閉鎖したと1998年に証言している<sup>50</sup>。つまり、会社はより安全な紙巻きタバコを生産する手段を有していたにもかかわらず、そうしないことを選択したのだと原告が論証することがあり得るからである。

### 主流煙をフィルターにかけること

紙巻きタバコの煙をフィルターにかけてPO-210を取り除く取り組みは、1960年代に開始されたが、資料によれば、検証されたフィルターのいずれもPO-210の相当量を除去していない<sup>51,52</sup>。加えて、資料は紙巻きタバコの先端のフィルターを通してPO-210を除去するためには、タールとニコチンを含む粒子状物質も取り除かれる必要があることを示唆している<sup>53,54</sup>。元フィリップ・モリス社の化学者の Jerry Whidby は、2002年に「一般的なタールとニコチンを減少させるための方法は、ポロニウム210も減少させる」と証言している<sup>55</sup>。トルマリンフィルター（ジェイコブソンのフィルター）を検証した後、R. J.レイノルズ社は、フィルターには「ポロニウム210の除去においてわずかな効果があった」と結論付けた<sup>56</sup>。さらに、R. J.レイノルズ社の科学者である Charles Nystrom は、以下のように報告している：

トルマリンフィルターは、対照の WINSTONS と比較して、煙の中のポロニウム210と固体の両方をおよそ30%低減した。この結果は、ジェイコブソンのトルマリンフィルターによる煙の中のポロニウム210の低減に関する報告は、煙の中の固体に対するフィルターの高いろ過効率のためであり、煙からポロニウム210を特に除去してい

るからではない可能性が高いことを示している<sup>51</sup>。

会社はNystromの研究結果から、「トルマリンフィルターが、広告キャンペーンにおいて有益であると考えすることは困難である。我々はこの考えに関心を示さないことが望まれる」という結論を下した<sup>51</sup>。

また、R.J.レイノルズ社は1967年にイオン交換樹脂フィルターの検証も行い、煙の中のPO-210の除去に効果がないことを見出した<sup>52</sup>。ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社では、1966年には早くも銅処理したフィルターを用いて、PO-210を除去する作業が開始されていたが、ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社の研究者は、目的に応じた銅濃度でそのフィルターに効果がないことを発見した<sup>57</sup>。ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社の科学者は、「ポロニウム210の選択的な除去がわずかに」あるかもしれないが、有意であってもその「効果はあまりに小さく有益ではない」と結論付けた<sup>58</sup>。

フィリップ・モリス社は、1976年に酢酸セルロースフィルターを用いて最も成功したように思われた。そのフィルターが煙から40%から50%のPO-210を取り除くことを認めたのである<sup>59</sup>。しかし、それらのフィルターは、PO-210の不溶性分画の「感知できるほどの量」を除去できず、可溶性分画のわずか50%しか除去しなかった<sup>60</sup>。肺に沈着すると考えられているのは不溶性の放射性粒子であるため、この結果は重要である<sup>29,30</sup>。

1980年代前半、R.J.レイノルズ社は、紙巻きタバコの煙からPO-210と鉛-210を除去するためにフィルターをかける方法を再び検討した。これらの物質をタバコおよびタバコの煙から除去するための特許取得済みの技術を評価した後、R.J.レイノルズ社の科学者は、商業的に成功する可能性が低いこと、ならびにさまざまな腐食性の添加物を取り入れることの有害性という理由から、会社がこの技術を追及しな

いように勧めた。

言うまでもなく、この提案されている方法を商業規模で実行することは極めて困難になるでしょう。さらに我々は、過酸化水素や硝酸など、鉛-210とポロニウム-210の除去用に推奨されている物質のタバコへの潜在的な悪影響を評価することができないのです<sup>61</sup>。

### 遺伝学的技術によるタバコ葉の放射能の低減

元フィリップ・モリス社の科学者であるFaroneは、2001年にフィリップ・モリス社が、タバコの植物がPO-210を取り込むことを防止するため、遺伝子組み換えのプロジェクトに着手したことを証言している。

我々は、タバコの遺伝子組み換えを行うための幅広いプログラムを計画しました。ポロニウムがタバコの中に入ることを防ぐ方法の1つは、いわゆる沈着しないタバコの株の遺伝子を操作して選択することです…我々は2つのことを行うために、クロップ・ジェネティクス・インターナショナル(Crop Genetics International)のプログラムに取り掛かりました。1つはポロニウムを取り込まないタバコを探すことでした。そして、タバコの洗浄をより簡単にすることに関しては…ちりなどのようなものが表面に付着しないように、より滑らかな表面の株を作るという考え方です。こうしたプログラムのすべては—わざわざ時間を割いて全部のプログラムについて話すつもりはないですが、基本的に、紙巻きタバコの生物学的活性を低減するために、プログラムの結果を利用できるかもしれないという考え方で導入されたのです<sup>42</sup>。

同じ裁判中、Farone は、PO-210 を低減することを目的とした遺伝子組み換えの研究に、フィリップ・モリス社が（2001 年の証言した日まで）継続して資金援助をしたかについて尋ねられた。

答. 実は、すべての結果が出る前にプロジェクトは終了しました。我々には、資金が提供される時期があって、その後中断して、また資金が提供されて、そして中断するというサイクルがあるのです。それは…分析し過ぎてまひしているということです。人の命を奪う製品が市場に出ている期間を延長することが狙いです。

問. フィリップ・モリス社は今でも自社の製品の遺伝子操作を実施しているのですか？

答. 今でもまだではありません。フィリップ・モリス社は現在、始めては止め、始めては止め、始めては止めを繰り返した後、自社の生産品の遺伝子操作を行っています<sup>62</sup>。

## タバコ産業によるポロニウム-210の研究の隠蔽

### 研究発表の拒否と法的責任への恐れ

法的責任を負わないように、弁護士の手によるタバコ産業内部の喫煙と健康調査の規制、隠蔽、および場合によっては破棄を行っていることが、学術的文献や訴訟記録に記述されている<sup>8,63-66</sup>。米国政府対フィリップ・モリス社の裁判において、2006年8月に Gladys Kessler 裁判官は、米国の RICO 法 [組織犯罪懲罰的損害賠償請求法 (Racketeer Influenced and Corrupt Organizations Act)]<sup>67</sup> の特定の規定に違反したとして、この大手タバコ会社に有罪の判決を下し、情報の隠蔽に関連するタバコ産業の行為を以下のように要約した：

[タバコ会社] 被告は、喫煙と健康に関する自社の公的立場を守り、訴訟での喫煙と健康に関連する申し立てに対する責任を避けるもしくは限定し、紙巻きタバコ産業に対する管理的制約を防ぐために、進行中の研究を阻止/中止することを試み、時には実際に阻止/中止し、既存の研究を隠蔽し、機密文書を破棄しました<sup>68</sup>。

PO-210 の産業の内部調査に関係している社内文書は、会社の法的立場を守ることを目的とした情報の隠蔽に、弁護士が大きな役割を果たしていたことを示している。たとえば、PO-210 の研究に関する内部調査の公表を拒否したことへの法務部門のかかわりに関連して、1985年の R.J.レイノルズ社の「秘密情報」のスタンプが押された弁護士資料には、以下のように述べられている：

法務部門と R&D [研究開発] マネジメントは、研究結果を発表することを許可しないことが何度かあった。こうした拒絶は、競争上の懸念のための場合もあれば…時によっては、喫煙と健康の視点からタバコ産業の問題だと考えられる話題に、人々の注目を集めたくなかったからである…ポロニウムの研究。Stewart Bellin [R.J.レイノルズ社の生物学的研究部門の社内科学者] は、会社が 1967年のポロニウムにおける研究の発表を拒否したことに対し、ショックを受けたと報告している。Bellin は Nystrom 博士 [R.J.レイノルズ社の生物学的研究部門の課長] とともに、タバコ内のポロニウムの存在は、土壌から吸収されたものではなく大気汚染の結果であると結論付ける論文を執筆していた<sup>69</sup>。

1967 年から、タバコ研究センター (CTR)

は、スペシャルプロジェクト 48 を通じて発表された PO-210 に関連する文献の分析を実施するために、金銭的な貢献を行った<sup>70</sup>。スペシャルプロジェクトは、CTR によって資金提供された研究プロジェクトであり、フィリップ・モリス社；R. J.レイノルズ社；ロリラード社；リグgett社；ブラウン・アンド・ウィリアムソン社；アメリカン・タバコ社の法務担当責任者、および予想される訴訟に備えて特別に委任された外部の弁護士によって指揮されていた<sup>71</sup>。スペシャルプロジェクトに関する弁護士の記録によれば、(1) 最初に Shook, Hardy, and Bacon 有限責任事業組合の David Hardy 弁護士が、情報は別の方法で入手可能であるという理由から CTR の法律顧問によるポロニウム<sup>210</sup>の文献調査提案を認めなかった、(2) CTR は公表を求める要請への対応を遅らせた、そして (3) センターは出来上がった公表文献の内容に大幅な変更を要請した。弁護士の記録はさらに、「法律顧問は、公表のために作成されたすべての原稿を審査し意見を述べる特権、およびそれらの発表時期に対する限定された管理を行う特権を維持していた。」と述べている<sup>70</sup>。フィリップ・モリス社の資料は、すべてでないにしても、PO-210 に関連する会社の社内報告書のほとんどは発表されなかったことを示している<sup>72,73</sup>。フィリップ・モリス社の科学者が、タバコ産業に有利であり、現存している文献を論破することができる<sup>74</sup>と確信した原稿の 1 つは、PO-210 に対する国民の認識が高まることを恐れ、会社が公表を差し控えた。1998 年のミネソタ州の訴訟で特権を奪われた「フィリップ・モリス社の科学資料のレビュー」と題されたフィリップ・モリス社の文書には、以下のように記述されている：

ポロニウム-210。1970 年代の研究で、Martell の [紙巻きタバコ中の PO-210 の濃度を発表した人物] 数値は高過ぎることを発見したが、再び論争を巻き起こすことを避けるため、研究結果の

発表は許可されなかった<sup>74</sup>。

フィリップ・モリス社の科学者は 1978 年に、フィリップ・モリス社の研究者である Robert Jenkins、Roger Comes、Margaret Core、およびバージニア大学の Thomas Osdene、Robert Tucci、Thomas Williamson 執筆の「タバコと煙凝縮物中に自然に存在する 222 ラドン娘核種 (Naturally Occurring 222 Radon Daughters in Tobacco and Smoke Condensate)」と題される原稿を作成した<sup>75</sup>。彼らが下した結論は、(1) 可溶性および不溶性の放射性粒子は主流煙に存在し、PO-210 濃度は発表されている数値よりも「2 倍から 3 倍低かった」、そして (2) これまで報告されている喫煙者に送り込まれる量を算出する方法は、正しいものではないであった<sup>75</sup>。

資料によれば、フィリップ・モリス社の科学者には、会社の法務担当責任者に 1978 年の Jenkins の論文を公表するよう強く求める者がいた。なぜなら、彼らの研究はこれまで発表されている論文に真に異議を唱えることができ、会社はこの結果によって政治的に利益を享受すると確信したからである。研究と開発部のバイス・プレジデントである R. B. Seligman は、Jenkins の報告書を公表することを要請するため、フィリップ・モリス社の法務担当責任者の Alex Holtzman に書簡を出した：

私の意見をあらためて手短かに述べますと、我々は事実を明らかにする [原文のまま] ために、煙の中の 210PO レベルに関するこの記事を発表すべきであると確信しています…我々は既に文献にある情報を公表しますが、Martell が発表した誤った定量データを訂正するつもりです<sup>76</sup>。

他のフィリップ・モリス社の科学者らは、その研究を公表すべきではないと主張した。フィリップ・モリス社の Paul Eichorn は Seligman に

「Gannon 博士 [フィリップ・モリス社] は、そうすること [発表すること] に疑問を持っており、私も同意しています。そうすることで眠れる巨人を呼び起こす可能性があります。」と書面で伝えた<sup>3</sup>。

実際、Walter Gannon は、たとえフィリップ・モリス社が Martell の発表した数値<sup>29</sup>よりも低い煙の中の PO-210 レベルを報告できたとしても、紙巻きタバコの煙の中に PO-210 が存在するという現実は、それ自体が会社に悪影響を及ぼすであろうと Eichorn に手紙を書いた。

このプロジェクトは、私が化学研究部門のマネージャーをしているときに開始されました。しかしながら、その時から私は、この研究の結果を公表すべきかどうかについて懸念を抱いていました。今でもこの懸念が残っています。Martell 論争への世間の関心は衰えているように思われます。この研究を今発表することによって、その問題全体が蒸し返されるかもしれません… Martell の研究結果よりも 2-4 倍低いレベルを示したという事実が、全体的な結論を軽減するわけではありません…我々がこれより低ければ生理学的な障害が起こらないというしきい値があることを示すことができるのであれば、私はこの論文を公表することにあまり不安を覚えることはないでしょう。しかし、この問題はまだ議論の余地があり、Martell は基本的に正しかったと我々が認めることは、我々にとって不利になる可能性があります<sup>60</sup>。

フィリップ・モリス社の開発部長の Richard Thomson も、Eichorn 宛ての手書きの覚書の中で、「我々がこの分野における研究を発表する

べきかどうかについて、私は疑問を持っています」と述べている<sup>77</sup>。

資料によれば、Jenkins の原稿を公表することを求める Seligman の要請は繰り返し拒否された。フィリップ・モリス社の法務担当責任者である Holtzman 宛の 1980 年の書簡で、Seligman は再びこの弁護士に PO-210 に関する研究の発表を許可するよう求めた：

私は…我々が数年前に生み出したデータを発表するための [Jenkins の] 訴えを支持したいと思います。我々が発表することを要請したとき、憶えていらっしゃると思いますが、我々のデータは Martell が報告した値が誤りであることを証明できたため、これは文献に対する重要な貢献であると感じました。その当時は公表することが許可されず、我々は非常に落胆しました。しかし、その決定は再検討されるべきです。我々は、文献のどこにも明らかにされていない専門知識を活用した完全で正確な調査を実施しました。我々の研究は専門的根拠に基づいたもので、同分野のどのような専門家の厳しい査読にも耐えられます。そして、繰り返しますが、以前に Martell が発表したデータに疑問を投げかけることができるでしょう<sup>78</sup>。

米国農務省の科学者との会合の後、ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社も、「フィリップ・モリス社は法的な理由のため、[ポロニウムに関する] 一切の研究を発表しないであろう」と伝えた<sup>79</sup>。

1982 年 6 月、フィリップ・モリス社の当時の研究部長で科学技術部のバイス・プレジデントである Osdene の要請により、Jenkins は Martell が「*米国科学アカデミー紀要 (Proceedings of the National Academy of Sciences)*」に投稿した「高い室内ラドン娘核

種レベルにさらされた喫煙者の気管支分岐部におけるアルファ線量 (*The Alpha Radiation Dose at Bronchial Bifurcations of Cigarette Smokers Exposed to High Indoor Radon Progeny Levels*)」と題される記事を再検討した。彼の批評の中で、Jenkins は再び Osdene に 1977 年の彼自身の研究をフィリップ・モリス社のために発表すること、および「公然と独立した研究者を支持し…彼らの研究結果を自由に発表できるようにすること」を促した<sup>80</sup>。Jenkins は以下のように続けた：

そもそも、こうしたタイプの仮説に基づいた論文を取り上げてもらうための唯一の方法は、適切で正確な科学的な結果を公表することなのです。現在、この方式に沿った研究のための主要な資金援助は、喫煙反対の勢力からのものとなっています。うまく実施された科学研究を用いたそれらの調査に対して、タバコ産業は回答しないことを決めていますが、「物事には必ず終わりが来る」ことを期待して、沈黙を守ることを選んでいます。1964 年以來絶えず目にしているように、引き続きニュースになっています。一番悪いのは、多くのひどく誤った仮定の中に、ある程度の妥当性があるかもしれないということです<sup>80</sup>。

最後に、研究開発部門の Andrew Frisch から当時の部門のバイス・プレジデントである Cathy Ellis への 1997 年の報告書によれば、1978 年の Jenkins の調査を発表するための要請は拒否された<sup>81</sup>。Ellis のファイルで見つかったその文書にある手書きの傍注には、「すぐに発表してください！ Jenkins を呼んで投稿してください」と書かれていた<sup>82</sup>。我々の知る限りでは、フィリップ・モリス社はこの報告書を決して公表しなかった。

ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社内で

も、研究者らは PO-210 に関する調査を発表することを制限されていた可能性がある。たとえば、1985 年のブリティッシュ・アメリカン・タバコ社の R. B. Richardson から彼の研究開発部の同僚である C. I. Ayres に宛てた手書きの記録には、「私がしばらく前に書いたポロニウム-210 についての報告書の草稿を添付しました。この件に関しては、決して日の目を見ることがないのは明らかであるように思うので、これ以上の研究は行っていません。」と書かれていた<sup>83</sup>。

### フィリップ・モリス社のポロニウム 210 監視研究室の閉鎖

2002 年に元フィリップ・モリス社の科学者の Farone は、フィリップ・モリス社が製造物責任の懸念のため、低レベルの放射能監視施設を閉鎖したことを証言している。フィリップ・モリス社が「ポロニウム問題」を調査したかどうかに関する質問に答えて、Farone は以下のように述べている：

答. [ポロニウム] は低割合の問題だと考えられていました。たとえば、病気の…10 パーセント以下が有機化合物が原因で発症していたとすれば、そのうちのほんの 10 パーセントがポロニウムによるものかもしれません—ですから、問題の 1 パーセントに過ぎないということです。しかし、それは非常に容易に対処できることでした。なぜなら、タバコを測定して、使用している製品の放射能が、この部屋のようなバックグラウンドの放射能レベルよりも高くないことを確認すればよかったですから。そうすることで、人をより高いレベルの放射能にさらしていないということを確信できます。

問. それでそのプロジェクトはどうなったのですか？

答. ええと、我々は実際に 1981 年、82 年頃に施設を作りました。それは委託され、業務が開始され計測が行われていました。そして私が辞めた当時、測定はまだ実施されていました。施設は大体 1986 年頃に閉鎖させられました。

問. なぜか知っていますか？

答. はい、知っています。

問. 陪審員に話してください。

答. このような訴訟において会社を危機にさらす可能性のある証拠を生み出していたからです<sup>50</sup>。

Farone は 1999 年に、フィリップ・モリス社はその施設を閉鎖したことだけではなく、フィリップ・モリス社の Osdene が、PO-210 のレベルが高い特定のタバコを製造プロセスから取り除くことに成功したことを報告していたことも証言している<sup>45</sup>。

#### 喫煙者の肺内に滞留するポロニウム-210 の量に関する調査の回避

タバコ産業の内部文書は、企業はタバコおよびタバコの煙に含まれる PO-210 レベルを測定するための取り組みに着手したが、ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社とドイツの紙巻きタバコ産業のみが、喫煙者の肺内に滞留する PO-210 の限定的な調査を実施したことを示唆している<sup>84</sup>。1985 年に、ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社は 1 人の喫煙者と 12 本の紙巻きタバコを用いて、PO-210 の滞留量（40% の平均滞留量）は、吸い込まれた主流煙からの総粒子状物質（タールとニコチン）の肺内の滞留量よりもわずかに低いと同等であると結論付けた<sup>85</sup>。ブリティッシュ・アメリカン・タバコ社は、たとえ真の PO-210 の肺内滞留量を測定することができたとしても、さらなる研究は行わないことを決定し、この分野で生み出される他の研究に迅速に対応していく予定であるという結論を出した<sup>85</sup>。

フィリップ・モリス社の内部文書では、会社が自社の製品中に含まれる生物学的に重要なレベルの PO-210 に関して知識を得ることを回避すれば、肺がんの考えられる原因である PO-210 を無視することができるという示唆されている。たとえば、元フィリップ・モリス社の研究部長で科学技術部のバイス・プレジデント Osdene から、元フィリップ・モリス社の最高経営責任者である Hugh Cullman とフィリップ・モリス社の法務担当責任者 Holtzman に宛てた 1982 年の文書では、喫煙者に送り込まれる生物学的に重要な PO-210 量が不明のままである限り、「PO-210 からのアルファ粒子などによる被ばくと悪性腫瘍の発症の因果関係についてのあらゆる示唆は、誤ったもので根拠がないのである」と示唆されていた<sup>86</sup>。

フィリップ・モリス社の自社のコンサルタントが、喫煙者の肺内の PO-210 滞留量を測定することを奨励したにもかかわらず<sup>87</sup>、公的に入手可能な内部文書で、肺内に滞留する PO-210 を評価するためにフィリップ・モリス社で人間もしくは動物の実験が実施されたという証拠を記載しているものは存在しない。考えられるところでは、そのような文書は廃棄されたか、特権の主張により開示されていないのかもしれない。米国の訴訟中に発見することを避けるため、ドイツのケルンにあるフィリップ・モリス社の海外研究室 INBIFO (Institut Fur Biologische Forschung) で、フィリップ・モリス社の Osdene が、ニコチン依存症と紙巻きタバコの煙が誘発する発がんに関する生物学的実験の指揮を取ったことはよく知られている<sup>64</sup>。フィリップ・モリス社のコンサルタントの Alfred Wolf<sup>88,89</sup> は、会社に肺内の PO-210 滞留量を測定するための動物実験を行うよう勧め、以下のように記している：

文献もしくは「報道」に何か新しいことが現れるごとの経費削減の方針は費用がかかるに違いない…集められるすべてのツールを用いて、喫煙のあ

らゆる面についてより積極的に研究を実施する方針の方が、長い目で見れば、必ず費用が低く満足度と安定性が高くなるだろう<sup>90</sup>。

## 喫煙と健康の訴訟におけるタバコ産業の対応

1960年代以来、タバコ製造業者は、タバコおよびタバコの煙に PO-210 が含まれていることを認識しているが、彼らは喫煙と健康の訴訟においてその知識を最小限に押さえている。最初に、フィリップ・モリス社の上級幹部は、自社の製品中の PO-210 の存在について実質的な知識があることを認めることを拒否したり回避したりしている。1997年の宣誓証言において、フィリップ・モリス社の最高経営責任者（1994年—2002年）である Geoffrey Bible は、PO-210 が彼の会社のマルボロ・ブランドの中に含まれていることを知らなかったと述べた。Bible は、1968年—1970年そして1976年—2002年までフィリップ・モリス社に勤務しており、その間に PO-210 についての研究が会社で実施されていたが、紙巻きタバコ中の PO-210 含有量を知らなかったと主張した：

問. あなたがマルボロを吸うと、あなたの体に放射性物質が入る可能性があるかと認識していますか？

答. いいえ、私は知りませんでした。

問. あなたはポロニウム 210 をご存知ですか？

答. はい、聞いたことがあります。

問. あなたはポロニウム 210 がタバコに含まれていることを知っていますか？

答. いいえ、私は知りませんでした。

91

同様に、低レベルの PO-210 計測研究室を運営していた元フィリップ・モリス社の研究部長

で科学技術部のバイス・プレジデントの Osdene も<sup>92</sup>、影響力の大きなミネソタ州のタバコ訴訟において、1997年に原告側の弁護士が作成した供述調書で、PO-210に関する質問に答えることを拒否した。当時、タバコ製造業者が永続させている詐欺行為に対する司法省の調査の対象となっていた Osdene は、自己を有罪にしないようにするための黙秘権を123回行使した。

問. ポロニウム210は放射性物質ですよ？

答. 同じ回答です。[同時に進行中の刑事事件の捜査がありますので、弁護士の助言により、自己を有罪にしないようにするための黙秘権に基づいて、私は質問に答えることを謹んで辞退いたします。]<sup>93</sup>

さらに、ブラウン・アンド・ウィリアムソン社の会長兼最高経営責任者（1995年—2000年）である Nick Brookes は、以前に1978年からブリティッシュ・アメリカン・タバコ社に勤務し、5人の地区総支配人の1人として働いたが、彼も1997年の宣誓証言において、知らないと主張した：

問: ポロニウムが放射性物質であることをご存知ですか？

答: そのようですが、私はそれについて直接は知りません<sup>94</sup>。

最新のブラウン・アンド・ウィリアムソン社の資料は、紙巻きタバコ中の一酸化炭素やニコチンレベルをはじめとするいくつかの主題に関して、会社の鑑定人のために事前に準備した回答の概要を説明している。PO-210 については、ブラウン・アンド・ウィリアムソン社の弁護士は、鑑定人が自社の製品中に微量の PO-210 が存在することを認めることに前向きであったが、PO-210 は喫煙者に健康上のリスクをも

たらしないと主張するように指示した：

鑑定人の宣誓証言の概要  
タバコの煙の成分  
主張すべき点：<sup>95</sup>

うわさによると、ポロニウム 210 (210PO) は実験動物にとって腫瘍原性であるとされているが、タバコもしくはタバコの煙の中の 210PO 含有量と人間の発がん性の活動との間に、合理的な関連性は引き出されていない。実際、喫煙者がさらされる 210PO のレベルは、明らかに、喫煙者の健康に影響を及ぼすほど高いものではない。信認。タバコもしくはタバコの煙に含まれる微量のポロニウム 210 は、喫煙者にとって危険の源ではない<sup>95</sup>。

タバコ会社が、喫煙と健康の訴訟において PO-210 問題を避けるために使用している第 2 の戦術は、タバコへの PO-210 の取り込みを製造業者が制御できない自然現象のせいにするものである。R. J. レイノルズ社は、1960 年代初めにこの自己防衛戦略の可能性を認識していた：

ポロニウム 210 レベルが低い市場向け紙巻きタバコの潜在的価値に加えて、大気中のアルファ活動が肺がん発症の主な要因であるという可能性を示す証拠は、肺がん患者が会社に対して起こす訴訟において、法律的な観点から会社にとって有益となるかもしれない<sup>96</sup>。

1999 年の公判で、退職したフィリップ・モリス社の研究、開発、技術部のバイス・プレジデントである Carchman の証言は、PO-210 はあらゆる場所にあり、彼がいる証言台のある法廷にさえも存在しているかもしれないことを力

説した。

問. ポロニウム 210 についてはいかがですか？…ポロニウムは放射性のようですが一ポロニウムは放射性物質ですか？

答. ポロニウム 210 は放射性です。

問. どのようにしてタバコの中に入るのでしょうか？

答. それはどこにでも存在するものなのです。ロシアのチェルノブイリ災害では、多くのポロニウム 210 が空中に吹き飛ばされました。それがあらゆる場所に沈殿しています。適切な装置を持ってくれば、この法廷で必ずポロニウム 210 を計測することができると思います。ですから、戸外で育つものすべてにポロニウム 210 が付着するのです。タバコは外で生育しますから、ポロニウム 210 を含むのです<sup>49</sup>。

Carchman は、1999 年の別の公判で同様の議論を展開した：

問. ポロニウム 210 はどこに存在するのですか？

答. あらゆる場所です…

問: ポロニウム 210 はなぜタバコの煙の中に入るのでしょうか？

答: タバコの植物はその環境で育つのです。それは本当に一環境なのです。この理由は第一に、チェルノブイリのような [原文のまま] 核降下物のため、言ってみればポロニウム 210 が空から降って来て、タバコを含む多くのものに付着するというようなことなのです<sup>97</sup>。

## 結論

タバコ産業は、紙巻きタバコの煙に含まれる PO-210 の存在に関する幅広い議論が、一般大

衆の認識に及ぼす影響について明らかに心配していた。「実際に否定することなく、健康に対する非難についての疑問を生み出す」<sup>4</sup> という全般的なアプローチとは対照的に、PO-210 論争に対処するための産業の戦略は、沈黙の誓いを立て、「眠れる巨人を呼び起こすこと」を避けることであった<sup>3</sup>。

タバコの煙から PO-210 を除去する取り組みに失敗し、タバコ産業の関係者は、生産レベルにおいて除去することは技術的に決して実現可能になることはない<sup>5</sup>と確信した。タバコ会社の科学者には、紙巻きタバコの煙に含まれる PO-210 量は、肺がん誘発の主なリスク要因になるほど多量ではないと本当に信じていた者もいるが、企業の弁護士らはこの見解に同意していなかった。データを発表していれば、タバコ産業に有利な影響をもたらしていたかもしれないのだが、会社が法的に注目されることを回避するため、弁護士は、紙巻きタバコの煙に含まれる PO-210 量について発表されている報告に異議を唱えるデータを隠蔽することを主張した。数年間以上、内部の論争が続き、ほとんどの紙巻きタバコ製造業者を巻き込み、タバコの研究者が弁護士に対抗した。弁護士が勝利した。

タバコ産業は、PO-210 問題に関して沈黙を守っており、引き続き世間の反応を恐れていることを示唆している。消費者を対象とした喫煙と健康の情報を紹介する主要な多国籍のタバコ会社の現在のウェブサイトで、我々はタバコおよびタバコの煙に含まれる放射性粒子についての記載を見つけることはできなかった。我々は、紙巻きタバコに新たな有害警告ラベルを付ける提案を支持している：「米国公衆衛生局長官の警告：紙巻きタバコには放射性物質が入っています」<sup>98</sup>。この表現は、放射能被ばくに対する世間の懸念を利用し、紙巻きタバコの有害警告ラベルの効果を上げるであろう。PO-210 を紙巻きタバコに含まれる発がん性物質の 1 つとして強調する健康に関するメッセージは、タバコ抑制の取り組みを支援するこ

とができるかもしれない。

#### 著者について

Monique E. Muggli はミネソタ州ロチェスターのメイヨー・クリニックのニコチン研究プログラムで活動している。Jon O. Ebbert と Richard D. Hurt は、ロチェスターのメイヨー・クリニックのニコチン依存症センターに勤務している。Channing Robertson はカリフォルニア州のスタンフォード大学化学工学部に所属している。

転載の依頼は、Richard D. Hurt 医学博士、医学部教授、部長宛てに、Nicotine Dependence Center, 200 1st Street SW, Mayo Clinic, Rochester, MN 55905 までお送りください（電子メール：rhurt@mayo.edu）。

この記事は2008年1月22日に受理されました。

#### 貢献者

M. E. Muggli は、この研究を実施し記事を作成しました。J. O. Ebbert は研究および記事の執筆を支援しました。C. Robertson は記事を精査し編集しました。R. D. Hurt は調査のアイデアを考案し、記事の執筆を支援しました。

#### 感謝

この研究は国立衛生研究所の援助を受けました（助成金 R01 CA90791）。

#### 参加者の保護

この調査に実施計画書の承認は必要ありませんでした。