

タバコに含まれるダイオキシン類の分析と健康リスクの推定

Risk Assessment of Dioxins in Tobacco

青山 貞一(環境総合研究所)、池田こみち(環境総合研究所)、
鷹取敦(環境総合研究所)、津端亮子(週刊金曜日)
Teiichi Aoyama, Komichi Ikeda, Atsushi Takatori, Ryoko Tsubata

1. はじめに

喫煙が健康に有害なのは言うまでもない。タールやベンツピレンなどの芳香族炭化水素が強い発ガン性を持っていることは昔から知られている。米国の環境保護庁(EPA)は2001年冬ダイオキシン類を正式に発ガン物質と認定した。世界保健機構(WHO)はダイオキシン類がもたらす免疫毒性や生殖毒性などの慢性毒性、とくに妊娠中の胎児への影響を考慮し厳しいTDI(耐容1日摂取量)を勧告してきた。

その意味で、もしタバコ中にダイオキシン類が含まれ、そのレベルがEPAが重視する発ガン性やWHOが重視する胎児毒性など健康への影響が想定されるものであるならば、タバコの有害性は決定的なものとなるだろう。

環境総合研究所では週刊金曜日の委託を受け、タバコに含まれるダイオキシン量やその健康影響について、第三者的立場で調査を行ってきた。本稿はその概要報告である。

2. 過去の調査とその課題

タバコ中ダイオキシン類に関する研究論文を検索すると、1990年代初期に発表された福岡県衛生公害センター(*1,*2)のものがある。それ以後では1998年に発表された東レリサーチセンター(*3)が行ったものがある。

福岡県衛生公害センターの調査結果を見ると、タバコ20本単位でTDIにすると0.2pg-TEQ/日/kg程度であり、専門家の間でも喫煙によるダイオキシン流の体内摂取はさして問題とするほどのレベルではない、と言う風潮があったことは否めない。

先行する上記の調査論文を精査すると、以下の課題があることがわかる。

第一は複数の銘柄を調査、分析しながら銘柄毎の分析値を公表していないことである。平均値や匿名のタバコの値では、消費者にとって有効な情報にならない。

第二は煙の試料採取に伴う課題である。喫煙に伴うダイオキシン類の体内摂取は、主流煙と言って吸引により喫煙者本人の体内に摂取される煙と、喫煙の合間に発生する副流煙の2つがある。これら主流煙や副流煙を直接採取し分析するのは技術的に非常に難しい。そこで自動喫煙装置が使われる。しかし、装置を使った煙の採取では実際の喫煙状態を反映せず、煙中のダイオキシン類が十分に捕捉されないという問題もある。これらの課題の一部は先行する諸論文でも指摘されている。

第三はダイオキシン分析に関するものである。環境総合研究所が過去に行った茶、ほうれん草などの農作物や松葉中のダイオキシン類の分析では、前処理で使う溶媒の種類により最大5倍も結果に違いがあった。これはタバコの葉にも該当するだろう。

第四は同じく分析方法の課題に、タバコの灰やフィルター分析で過去使われていた方法では燃焼後の試料について抽出の前に塩酸処理がされておらず、結果としてひと桁低い値となっていることがある。

3. 本調査における仮説

本調査研究では、前述の諸課題を解決するため、次のような仮説をおいてみた。

すなわち、「喫煙に伴い生ずるダイオキシン類は、その大部分が元々タバコの本体(葉と紙)に含まれるものであり、それが喫煙時に気化しフィルターを経由し、主流煙として体内に移行し体内に摂取される」と言うものである。これについては、摂南大学宮田秀明教授は次のように述べている。「喫煙時に煙に出ていくダイオキシン量は元々タバコの葉に含まれていたものとほぼ等しいことから、喫煙時にタバコからダイオキシン類が生成するのではなく、タバコの葉に蓄積していたものが気化して煙と一緒に出ていくことも明らかにしている」(*4)

これについて福岡県衛生公害センターの論文は次のように述べている。本体と喫煙後のダイオキシン類のマスバランスは完全に一致はしていないが、タバコの葉中のダイオキシン類が喫煙試験で得られた試料の合計より多いことから主流煙中のダイオキシン類は主として煙草の葉に由来するものと推定された。

もちろん、喫煙時の葉の燃焼温度は吸引時には摂氏800度前後、吸引していない時は600度前後であり、葉や紙に含まれる塩素から焼却により新たにダイオキシン類が生成されないとは言えない。しかし燃焼ガスの滞留時間は短かく、先行調査の喫煙後の灰に含まれるダイオキシン量から推定すると、新規に生成される量はわずかと推定できる。

この仮説に基づけば、元々タバコ本体に含まれるダイオキシン量(a)と喫煙後フィルター(b)と灰(c)に残るダイオキシン量を正確に分析すれば、煙に含まれるダイオキシン量(d)は、これらのダイオキシン量を差し引いたもの、すなわち(d) = (a) - (b) - (c)として求めるられることになる。

4. タバコ中のダイオキシン類の分析方法

ダイオキシン分析はカナダの民間分析機関マクサム社に依頼した。2000年5月に分析を開始し2001年10月に終了した。1銘柄あたりの試料の量は本体は約200本、灰とフィルターは160本から370本の範囲である。喫煙後のフィルターと灰は、週刊金曜日編集部の社員が実際に必要試料量に達するまで普段通り喫煙した。分析の方法と手順は、米国環境保護庁のMethod 8290Bに準拠した。だが、上述の

課題を解決するため、本体の分析では溶媒にトルエンを使い、灰とフィルターの分析では塩酸による溶出処理を行った。

分析結果

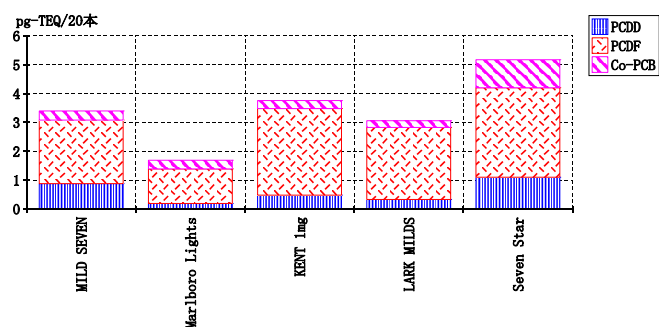
図1に分析結果を示す。図では過去のタバコ関連調査にない20本（1箱分）に含まれるダイオキシン類の量に換算している。

【本体】ケントが20本当たり58ピコグラムと多く、マルボロが16ピコと少ない。マルボロの値はケントの約1/4である。5銘柄の平均値は38ピコである。

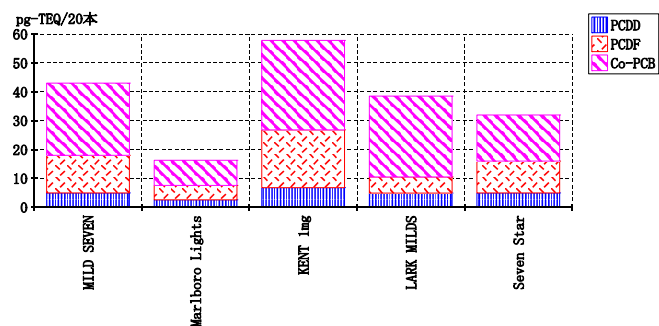
【灰】セブンスターが5.2ピコと一番多く、マルボロライトがその約1/3ともっとも少ない。平均値は3.4ピコである。

【フィルター】マイルドセブンが22ピコと格段に多い。平均値は9ピコである。フィルター中のダイオキシン類の量が多いと言うことはフィルターによるダイオキシン類除去効果が大きいとも考えられる。

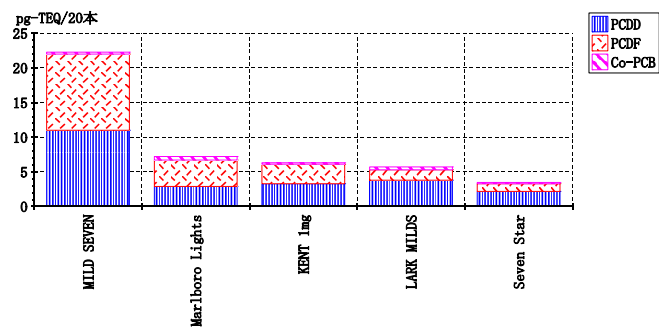
図1 タバコ一箱に含まれるダイオキシン類の量
(喫煙前の製品本体：葉及び紙)



(喫煙後の灰)



(喫煙後の燃え殻)



5. 同族体パターンによる検証

図2は本体、灰、フィルター中のダイオキシン類(PCDDとPCDF)の同族体パターンを示す。これらの同族体パター

ンを見ると次のことが分る。第一に同一銘柄毎に本体とフィルターのパターンを比べると両者が酷似している。これは仮説で示した本体中のダイオキシン類が喫煙フィルターに移行していることを示している。先行する調査でもこれは確認された。福岡県や東レの論文に記載されている数値から同族体パターンを解析したところ、本体とフィルターのパターンだけでなく、本体、フィルター、主流煙、副流煙、それぞれの同族体パターンが類似していることが分った。図2はダイオキシン類のうちPCDD、PCDFの同族体パターンであるが、コプラナーPCBについても、本体、フィルターともに第5塩化物が圧倒的に多いなどパターンが似ていることが分った。但し、コプラナーPCBの場合、フィルターで捕捉される量が非常に少ないことも分った。

さらに、国産タバコの同族体パターンでは、4塩化ダイオキシンの量が多く、米国産には8塩化ダイオキシンが多いことが分った。ちなみに国産タバコのパターンは、日本の茶、葉菜、松葉などと非常に似ている。これはタバコの生葉がゴミ焼却炉の排ガスによる影響を受け大気中のダイオキシンを気孔から生物組織に取り込んでいることを意味する。他方、国産、米国産ともに第8塩化物の量が多い。これはPCPなどの農薬、除草剤の影響を受け第8塩化物が多い可能性も考えられる。また、栽培過程で散布される日米の農薬の違いもパターンの違いとなって現れている可能性がある。同族体パターンの解析結果は、先に述べた調査の仮説、すなわち喫煙では元々本体中のダイオキシン類が煙に移行するものと推察される。それぞれのダイオキシン類の移行量は銘柄及びフィルターの除去効果によって変わる。しかし、元々本体に含まれるダイオキシン類がガス状、粒子状の物質として煙と一部が灰に移行すると考えるのが妥当であろう。

6. 煙(主流煙・副流煙)中のダイオキシン量の試算

図3は、喫煙前後のダイオキシン類の毒性等量の変化をグラフにしたものである。図3からはマイルドセブンとマルボロは、ともに本体中のダイオキシン類の約半分がフィルターに蓄積されていることが分かる。一方、ケント、ラクマイルド、セブンスターでは、フィルターによるダイオキシン類の除去効果が少ないことが分る。ここで、喫煙に伴う健康影響を評価するためには、主流煙と副流煙に含まれるダイオキシン類の量を推計する必要がある。

図3 喫煙前後の毒性等量の変化

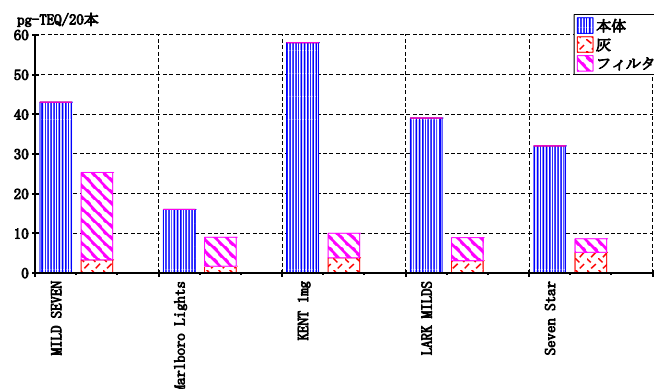


図4 (その1) タバコに含まれるダイオキシン類の同族体パターン

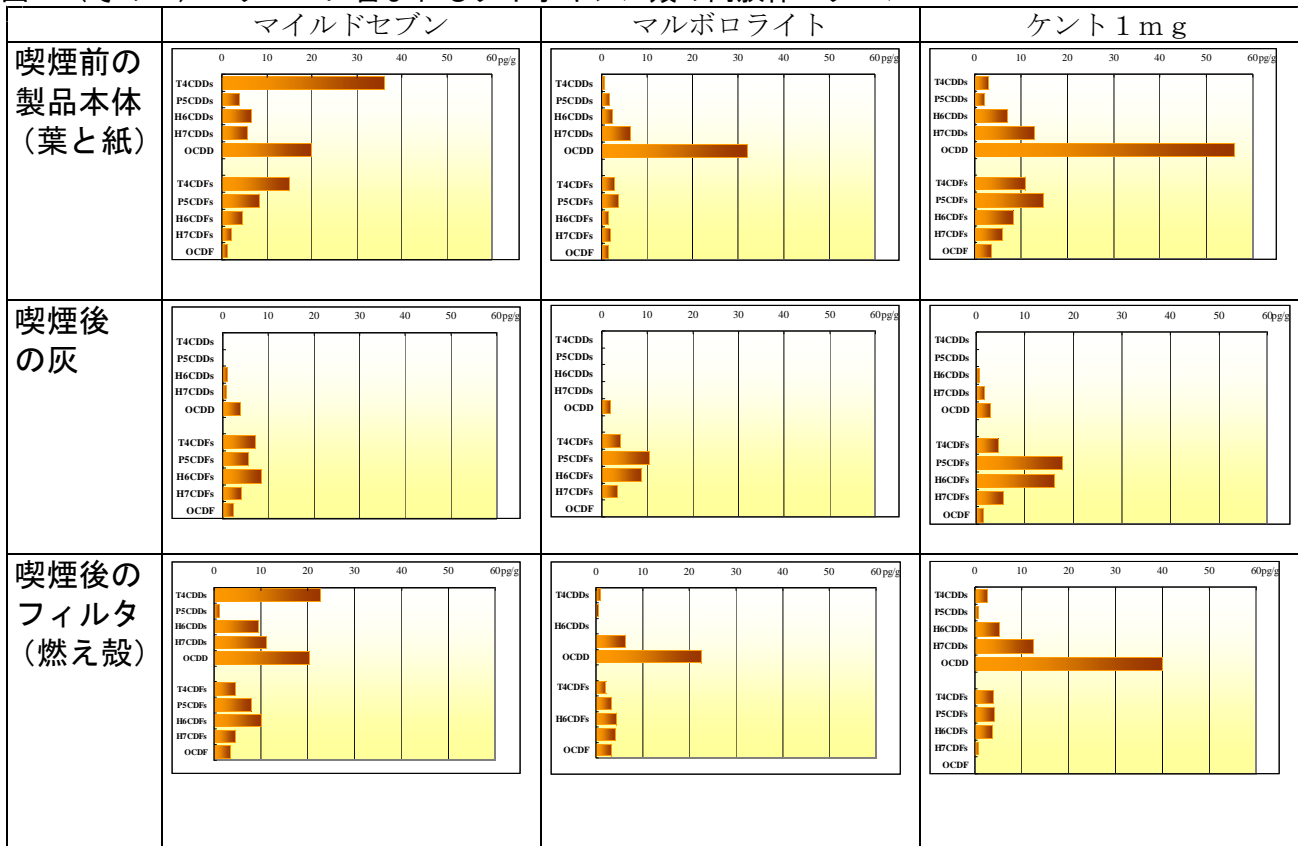


図4 (その2) タバコに含まれるダイオキシン類の同族体パターン

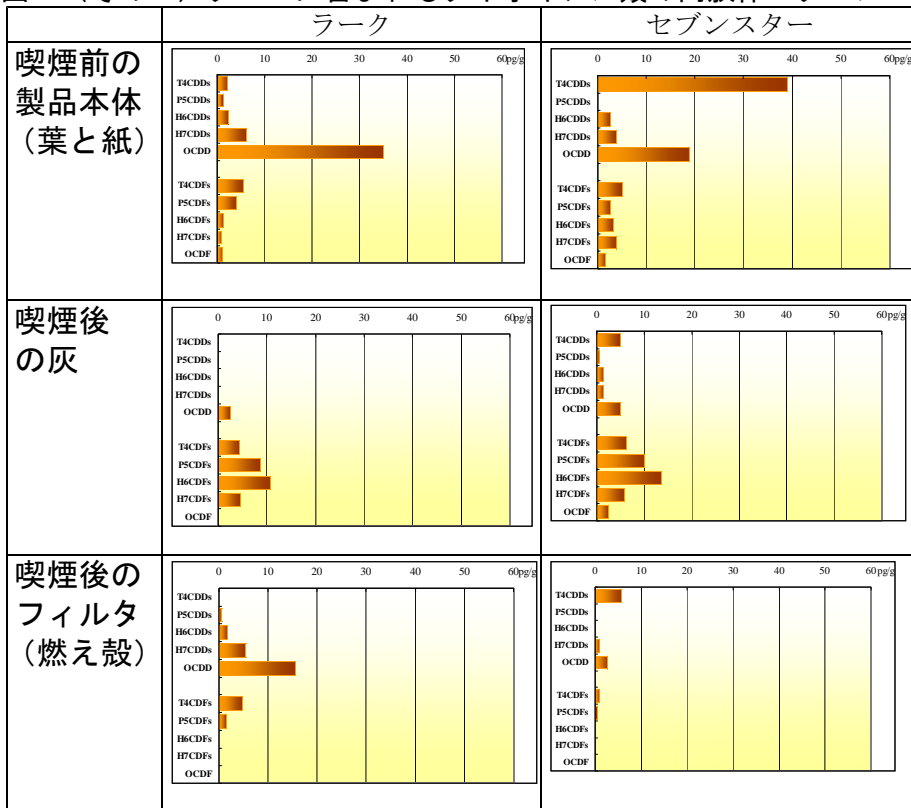


表1は、先の仮説にそい各銘柄のタバコ1箱を喫煙した場合の主流煙と副流煙に含まれるダイオキシン類の最大量を試算したものである。計算は、**<主流煙と副流煙の DXN 合計量(d)>=**<本体中 DXN(a)>-<フィルター中 DXN (b)>-<灰中 DXN(c)>**で行っている。**

表1 主及び副流煙に含まれるダイオキシン類の量
単位：タバコ一箱当たりの pg-TEQ

	本体 (a)	フィルター (b)	灰 (c)	主+副流煙 推定値(d)
Mildseven	43	22	3.3	18
Malboro	16	7.3	1.7	7.0
Kent One	58	6.2	3.8	48
Lark Mild	39	5.8	3.1	30
Sevenstar	32	3.4	5.2	23

表1からは、煙中DXNがもっとも少ないマルボロで7ピコ、最大はケントの48ピコと銘柄により最大約7倍も異なることが分った。

実際の喫煙では、喫煙者が主流煙を、喫煙者と周辺のひとが副流煙を間接喫煙することになる。そこで問題となるのは主流煙と副流煙の割合である。連続吸引を行っている福岡県の調査報告(*1)では、主・副流煙の合計は13ピコ、主と副の割合は6：1と主が多い。一方、国際喫煙モードによる東レの調査報告(*3)では、主・副流煙の合計量は12ピコ、主と副の割合は1：8と圧倒的に副の割合が多く、福岡県の場合と逆転している。これは喫煙の方法により主と副の割合が大きく異なることを意味している。

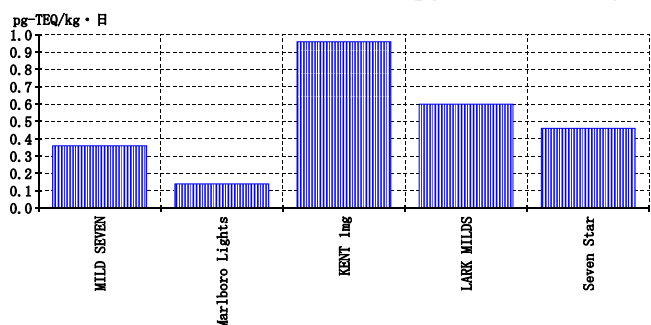
7. 健康リスクの試算

上記の煙中のダイオキシン類の量をもとに銘柄毎の主・副流煙の総量を体内に摂取した場合の体重1kg当たり1日単位の摂取量、すなわちTDI(耐容一日摂取量)相当値を試算しその結果を図4に示した。

試算結果からは、ケント・ワンの場合、1日1箱を喫煙し、主流煙・副流煙をすべて摂取すると0.96ピコとなり、WHOが提案するTDI(1から4ピコ)の下限値に近くなる。

この値は、ひところの所沢の産廃銀座(くぬぎやま地区)の産業廃棄物焼却炉近傍における高濃度大気を1日中吸うのに近い値、すなわち大気濃度で1立方メートル中約3ピコ、TDI相当値で約0.9ピコに匹敵するものである。

図4 健康リスクの試算結果 pg-TEQ/20本/kg/日



もちろん、ここでのリスク評価の前提は、主流煙と副流煙の合計値であり、推定値である。しかし、現実には複数の人が狭い部屋で長時間にわたり喫煙することはありうることであり、そのような場合には、上記の状況設定は非現実的なものとはならないだろう。とくに妊娠中の喫煙は、胎児毒性の観点からも厳禁すべきものと思われる。

8. 終わりに

タバコに含まれるダイオキシン類については未解明な部分も多く、今後、その実態解明に向けなお一層努力する必要がある。最後に、環境総合研究所に本調査研究を委託された週刊金曜日、また試料提供はじめ実務面で全面的に協力をいただいた編集部の田中、津端両氏には、この場を借り感謝の意を表したい。

【参考及び引用文献】

- (*1) 松枝他、煙草煙中のダイオキシン及びダイベンゾフラン、第32回大気汚染学会講演要旨集、475、1991
 - (*2) 松枝他、喫煙に伴う室内空気中のダイオキシン類濃度の変化、環境化学、Vol.2、No.4、1992
 - (*3) 塩崎他、タバコ煙中のダイオキシン類、第7回環境化学討論会(京都)、1998
 - (*4) 宮田秀明、タバコからのダイオキシン検出の有無、日本医事新報、No.3860、1998
- 注) 分析結果において実測値が定量下限値以下となった場合の処理(ND処理)は定量下限値の1/2を実測値に計上する方法(WHO方式)を採用した。

本論文の初出は、週刊金曜日 2002.4.5(406号)

<参考>「たばこ」と「ほうれん草」

喫煙により体内摂取するダイオキシンが、もともとたばこの葉に含まれそれが移行するとすれば、一箱吸ってもたいたことはない、と思うだろう。たばこ1本の重さは1グラム弱だから一箱で本体の重さは20グラム弱となる。

今回の調査では一箱に含まれるダイオキシンの量は、ケントが58ピコグラム、マルボロが16ピコであったから、1本(約1グラム)当たりのダイオキシン量は、2.9ピコと0.8ピコになる。1グラム当たりの値としてはすごく高い。

環境総研が所沢周辺のほうれん草濃度を分析し発表した時の値は、1グラム中0.64～0.75ピコであった。もちろん全国平均値はこれよりはるかに低い。

ではなぜ、たばこの葉に含まれるダイオキシンはこんなに高いのか。

答えは簡単である。たばこの葉に含まれるダイオキシン濃度は、生葉を乾燥させて計っている。一方、ほうれん草は生葉で計っているからだ。前者を「乾燥重量」濃度、後者を「湿重量」濃度と言っている。通常、葉菜では前者が後者より十倍近く高い。ちなみに煎茶とほうれん草では、煎茶が5倍ほど高いことが確認されている。生葉から煎茶への製造過程でダイオキシンが濃縮されている、と推定されている。

このようにたばこ1グラムに含まれるダイオキシンは、同じ場所で採れるほうれん草の生葉に含まれるダイオキシンの五～十倍も多くが含まれるのである。