

ダイオキシン類による環境汚染とリスク

Environmental Pollution and Risk of Dioxin Analogues

宮田 秀明*

Hideaki Miyata

1. はじめに

ダイオキシン類はいずれも強毒性であり、現在の環境レベルの汚染で人体に生殖障害や免疫抑制などの影響を及ぼす可能性があるために、わが国をはじめ欧米諸国において汚染軽減対策が進められている塩素系環境汚染物質である。

ダイオキシン類とはダイオキシン（ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン, PCDD）、ポリ塩化ジベンゾフラン（PCDF）およびコプラナーPCB（Co-PCB）を含めた3種の化合物の総称である。現在、わが国や先進諸国においてはPCDDとPCDFをダイオキシン類として法的基準値が設定されており、Co-PCBは規制対象外になっている。しかし、1998年5月、WHO（世界保健機構）欧州支局は耐容一日摂取量の基準値を変更するとともに、Co-PCBも規制対象化合物に加えた。従って、近い将来にわが国をはじめ世界各国においてCo-PCBもダイオキシン類として法規制の対象化合物となる公算が強い。

各ダイオキシン類ともに置換塩素の数と位置の相違により多数の異性体が存在するが、現在、PCDDで7種、PCDFで10種およびCo-PCBで12種の毒性の強いものを対象として毒性評価が行われている。しかし、評価対象となる異性体間の毒性が最大10万倍も相違するために、最強毒性の2, 3, 7, 8-四塩化ダイオキシン（2, 3, 7, 8-TCDD）に換算した濃度の総和である2, 3, 7, 8-TCDD毒性等価量（2, 3, 7, 8-TCDD Toxicity Equivalency Quantity, TEQ）により汚染影響評価が行われている。

ダイオキシン類は一般環境中で極めて安定であり、2, 3, 7, 8-TCDDの半量が分解される期間は土壤中で半年以上、湖の底質中で10年以上といわれている。発

生源としては、ごみ焼却施設、産業廃棄物焼却施設、病院廃棄物焼却施設、製鉄工場、非鉄工場、製紙工場、セラミック工場、セメント工場、ガラス工場、自動車、塩化フェノール等の製造工場、クリーニング工場、野焼きなどがある。一方、Co-PCBに関しては過去に使用されたPCB製品も主要な汚染源となっている。

2. 各国の環境基準

現在設定されている環境基準は国または行政機関によって大きく異なる（表1）。米国では製紙工場の排水によるダイオキシン類汚染に力点をおいているために、米国環境保護庁をはじめ多数の州で水質環境基準値が設定されている。表1に示すように、米国環境保護庁およびオレゴン州などの基準値は0.013pgTEQ/L（pgは1兆分の1g）と極めて厳しい。その大きな理由は、飲料水と異なり環境水は直接のおよび食物連鎖を通して間接的の両面から汚染し、水生生物に極めて高濃度汚染をもたらすからである。一方、上記基準に比べるとアラバマ州やミシシッピ州の基準値は約2オーダーも高く、それぞれ1.0pgTEQ/Lと1.2pgTEQ/Lに設定されている。

土壌基準はドイツ、オランダ、スウェーデンで設定されている。最近、わが国ではごみ焼却施設や産業廃棄物焼却施設の周辺地域でダイオキシン類汚染が明らかにされているが、土壌基準がないために適切な処置ができない状態である。現在、環境庁はその基準設定のために検討会を設置しており、近い将来には基準値が設けられるものと思われる。

表1に示すように、土壌基準についても各国間でもかなり相違する。オランダでは牛乳やチーズの消費が多いことから、土壌・大気→牧草→乳牛→牛乳→人への汚染を重要視し、乳牛牧草地の汚染基準を10pgTEQ/gと極めて厳しく制御している。ドイツでは農業地を重要視し、目標値を5pgTEQ/gとしている。特に、葉菜類は土壌汚染を受けやすいために、40pgTE

* 摂南大学薬学部食品衛生学研究室教授
〒573-0101 大阪府枚方市長尾峠町45-1

表1 各国におけるダイオキシン類の環境基準

国名, 州名または機関名	水質環境基準 (pgTEQ/L)	土壌基準 (pgTEQ/g)				大気環境基準 (pgTEQ/m ³)
		農業地	運動場	住宅地	乳牛放牧地	
日本	—	—	—	—	—	0.8
米国環境保護庁	0.013	—	—	—	—	—
米国オレゴン州, ノースカロライナ州	0.013	—	—	—	—	—
米国アラバマ州, サウスカロライナ州等*	1.2	—	—	—	—	—
米国ミシシッピ州	1.0	—	—	—	—	—
オランダ	—	1000	1000	1000	10	—
ドイツ	—	40	100	1000**	—	—
スウェーデン	—	—	—	2000	—	—

*: テネシー州, メリーランド州, バージニア州を含む ** : 都市域の基準で, 工業地域では10000

Q/g以上になると土壌の入れ替えを推奨している。しかし、トウモロコシや穀類などは汚染されにくいため、栽培可能としている。また、学童児は土壌の摂取量や土壌との接触頻度が高いため、運動場については100pgTEQ/g以下であることを推奨している。一方、住居地に対する汚染基準は1000~2000pgTEQ/gの範囲となっている。

日本では、1997年8月に大気汚染防止法の一部が改正され、ダイオキシン類を「指定物質」として指定するとともに、ダイオキシン類による健康影響を未然防止する目的で大気環境濃度の指針値を年平均値として0.8pgTEQ/m³に設定した。即ち、この基準値以上の大気環境になると人の健康に対して好ましくない影響が想定されるために、ダイオキシン類の排出抑制対策を進めるというものであり、世界で先進的な試みである。

表2 各国におけるダイオキシン類の耐容一日摂取量 (TDI) または実質安全量 (VSD)

国名あるいは規制機関名	TDIまたはVSD(pgTEQ/kg/日)
日本	10
カナダ	10
WHO欧州地域事務局	1~4*
オランダ	1(首相承認値)
スウェーデン	5**
ドイツ	10(目標値1)
イギリス	10
イタリア	1
米国環境保護庁	0.01***
米国カリフォルニア州	0.007***
米国食品医薬品庁	0.06***

*: Co-PCBを含む

** : 実際の規制値である35pgTEQ/kg/週を一日当りに換算した値

*** : ダイオキシン類を発癌物質として、閾値なしの立場で設定した値

3. 耐容一日摂取量

1996年6月、厚生省は齧歯類の無毒性量に基づいてPCDDとPCDFを対象とした安全な一日摂取量である耐容一日摂取量 (TDI) を10pgTEQ/kg/日に設定した (表2)。この値はドイツ、カナダと同じである。ただし、ドイツは1pgTEQ/kg/日を目標値としている。一方、オランダは齧歯類よりも人類に近縁種のアカゲザルの生殖毒性や子宮内膜症のデータを優先し、1998年2月にTDIを10pgTEQ/kg/日から1pgTEQ/kg/日に変更した。また、1998年5月、WHOはアカゲザルの子宮内膜症、内分泌攪乱作用および最近の免疫抑制のデータを考慮し、TDIを10pgTEQ/kg/日から1~4pgTEQ/kg/日に変更するとともに、Co-PCBも規制対象とした。これを受けて、厚生省や環境庁は現在TDIの見直しを進めているが、WHOに準拠してTDIの変更が行われる公算が強い。米国の諸機関はダイオキシン類が遺伝毒性物質であるとの立場で、10⁻⁶の発癌危険率の摂取量を実質安全量 (VSD) とし、0.006~0.01pgTEQ/kg/日の値を提案しており (表2)、上記のTDIよりも100倍以下の値となっている。米国環境保護庁のVSDは最終設定値ではなく、現在、非発がん性の影響 (生殖毒性、免疫抑制、内分泌攪乱作用など) も考慮してダイオキシン類の毒性評価を検討している。

4. 環境汚染の実態

4.1 大気汚染

表3^{1,2)}に示すように、わが国の大気中ダイオキシン類の平均濃度は、工場地帯近傍の住宅地、大都市地域の住宅地、中都市地域の住宅地の順に低くなる傾向にあるが、0.56~0.69pgTEQ/m³の範囲にありほぼ近似している。しかし、これらの地域は人為的汚染の

表3 各国における大気中の(PCDD+PCDF)濃度

国名	地域	年または年度	濃度 (pgTEQ/m ³)
日本	工業地帯近傍の住宅地	1990~96	0.10~1.67 (0.69)
日本	大都市の住宅地	1990~96	0.02~1.76 (0.65)
日本	中都市地域の住宅地	1990~96	0.01~1.56 (0.56)
日本	バックグラウンド地域	1990~96	0.00~0.32 (0.06)
アメリカ	都市域	1989	0.08~0.18
アメリカ	農村域	1989	0.05
ドイツ	工業地域	1994	0.15
ドイツ	都市域	1994	0.07~0.35
ドイツ	農村域	1994	0.03~0.07
イギリス	都市域	1993	0.04~0.10
スウェーデン	都市域	1991	0.024
スウェーデン	郊外域	1991	0.013

()内の数字は平均値

少ないバックグラウンド地域の0.06 pgTEQ/m³よりも明らかに1オーダーも高い汚染を受けている。また、この表から解るように、バックグラウンド地域を除けば、わが国の大気汚染濃度は諸外国よりも数十倍も高いと言及できる。これは狭い国土で大量の廃棄物が焼却されることや発生源抑制対策が約10年ほど遅れたことが原因と考えられる。表1で記載したように、1997年8月に大気環境濃度の指針値が年平均0.8pgTEQ/m³に設定された。表3に記載する環境庁の調査結果では、約32%の累積頻度でこの指針値を越えており、これらの超過地域では発生源の調査とその抑制対策が緊急課題となっている。

黒松は北海道から九州まで広範囲の地域に生育して

いる常葉樹であり、その針葉は高脂質含量の表皮を有し、呼吸を通してダイオキシン類などの脂溶性物質を効率よく蓄積する。また、針葉の採取は容易であることから生育地域周辺の平均大気汚染濃度をモニタリングできる利点がある。黒松の針葉を指標試料として全国19地域を調査した大気汚染の結果³⁾を図-1に示す。この図から分かるように、大気汚染濃度は1.42~21.0 pgTEQ/gもの広範囲にあり、全国各地で21倍もの顕著な地域差(最小:山口県徳山市, 最大:神奈川藤沢市)が認められる。高濃度地域は大阪, 千葉, 神奈川などの人口密度の高い商工業活動が活発な大都市圏である。一方, 低濃度地域は北海道, 岩手, 岐阜, 山口, 鳥取, 大分である。従って, ダイオキシン汚染は都市型汚染と言及できる。

大気汚染は都道府県規模でもかなり相違する。例えば、大阪地域においても黒松針葉中のダイオキシン類の蓄積濃度は、最大14.7倍も相違する(図-2)³⁾。ごみ焼却施設付近の大気濃度は施設の性能によって大きく左右される。例えば、高槻市では比較的新しい施設で

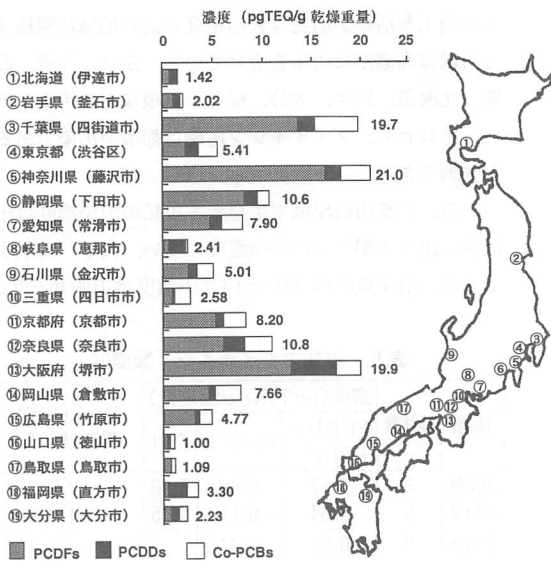


図-1 日本各地における黒松針葉中のダイオキシン類のTEQ濃度

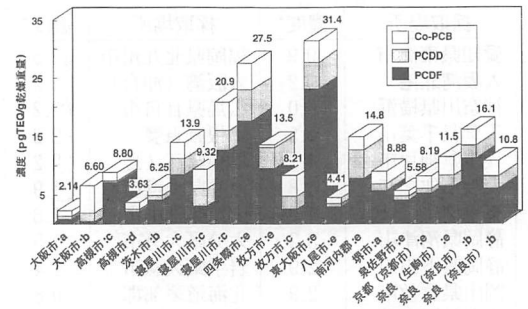


図-2 大阪, 京都, 奈良における黒松針葉中のダイオキシン類のTEQ濃度

あり排ガス濃度は低い。施設から約0.5kmの地点を調査したが、その濃度は極めて低い。寝屋川市の施設は中程度の排ガス濃度を排出しており、施設から約1km付近の3地点ともに中程度の汚染濃度を示す。従って、焼却施設周辺地域の汚染濃度は排出状況により大きく左右される。大阪湾に隣接する大阪市や堺市の工業地帯は多くの発生源が存在するにも関わらず、汚染濃度は極めて低い。これらの地域では海洋への汚染拡散や海洋からの大気希釈により汚染の低濃度化が起こるものと推測される。一方、顕著に高い汚染地点は大気が滞留しやすい生駒山地に近接した東大阪市や四条畷市である。従って、ダイオキシン類による大気汚染状況は発生源の影響ばかりではなく、地形や気候条件によって大きく影響される。生駒山をはさみ東大阪市や四条畷市に対峙する奈良県の生駒市や奈良市は人口密度も高くなく、また工業活動も活発ではないが、大気汚染程度は大阪地域の中程度に相当する。これはダイオキシン類が約600mの生駒山を越えて大気経路で容易に移動することを示唆するものである。

上記の一般地域とは異なり、特定発生源の近辺では明らかに高濃度汚染が認められる。

埼玉県所沢市と狭山市にまたがる通称「くぬぎ山」周辺地域では比較的小規模な産業廃棄物焼却施設が約50も密集している。これらの焼却施設の多くは燃焼管理が不十分で、排ガス処理設備が完備されていないために、黒煙を排出している。このような地域ではダイオキシン類の大気汚染濃度は極めて高くなり、黒松針葉中の濃度は30～60pgTEQ/gにもなる⁴⁾。

一方、阪神大震災後、兵庫県尼崎市と西宮市において大量の倒壊家屋廃材が仮設焼却炉で焼却された。尼

崎市の焼却炉から100m付近の黒松針葉中のダイオキシン類濃度は20.8pgTEQ/gと最も高く、3kmで8.28pgTEQ/gおよび4kmの地点で12.2pgTEQ/gと半減していたが、類似した環境条件下にある大阪市東淀川区の工業地帯(図-2参照)よりも2.5倍～3倍も高い⁵⁾。このことから、焼却による汚染影響範囲は4km以上にも及ぶ。西宮市の場合も同様である。

4.2 河川、湖沼、海洋の汚染

海洋は環境汚染物質の最終蓄積場所とも言われており、その地域の環境汚染実態を調査するために最も重要な地点となる。海水と底質(堆積物)は海洋汚染の調査試料としてよく利用されるが、海水は河川水の流入状況、潮流状況、潮の満ち引き、降雨などによりその汚染濃度が大きく影響を受ける。また、底質は過去の汚染が大きく影響するなどの短所がある。ムラサキガイはこれらの短所を補完することができる最も適切な指標試料である。すなわち、足毛で岩礁、岸壁などに付着して生息する定住性の二枚貝であり、九州から北海道の広範囲な海域で容易に採取することができる。一方、魚類も汚染の指標に利用されるが、定住性のものが少ないために、調査海域の汚染を正確に評価することが困難である。

上記の観点からムラサキガイを指標試料としたわが国の海洋汚染の実態を表4⁶⁾に示す。ムラサキガイ中の濃度は0.2～9.9pgTEQ/g湿重量の範囲にあり、大気汚染の場合と同様に海洋汚染も最大50倍もの大きな地域差が認められる。愛知、大阪、神奈川、千葉などの商工業活動が活発な人口密度の高い地域に隣接する海域は高濃度に汚染を受けている。逆に、沖縄、高知、北海道、岩手、大分、福井、島根などの汚染は低い。すなわち、ダイオキシン汚染は都市型汚染であると強調できる。

一方、大都市沿岸域で生息する魚類の汚染濃度は市販魚に比べて明らかに汚染濃度が高い。表5⁷⁾に示すように、沿岸魚のPCDDとPCDF濃度は市販魚の2.5

表4 ムラサキガイのダイオキシン類濃度 (pgTEQ/g湿重量)

採取場所	濃度*	採取場所	濃度*
愛知県東海市	9.9	福岡県北九州市	2.5
大阪湾北港	9.2	大阪湾(沖合)	2.2
神奈川県横浜	6.0	広島県廿日市	2.2
千葉県千葉市	5.5	島根県恵曇	2.2
兵庫県神戸市	4.9	島根県江ノ島	2.2
大阪市住之江	4.8	福井県小浜市	1.9
東京湾	4.6	山口県徳山市	1.8
静岡県沼津市	3.2	大分県大分市	1.5
静岡県下田市	2.9	岩手県久慈市	1.4
岡山県倉敷市	2.9	北海道茅部郡	0.8
広島県福山市	2.6	高知県土佐市	0.7
千葉県沼津市	2.5	沖縄県今帰仁	0.2

*PCDD+PCDF+Co-PCB

表5 魚類のダイオキシン類濃度

種類	検体数	濃度(pgTEQ/g湿重量)			Co-PCBの割合(%)*
		PCDD+PCDF	Co-PCB	合計	
沿岸魚	5	0.87	6.09	6.96	87.5
市販魚	8	0.34	0.11	0.45	24.4
近海魚	9	0.89	—**		
輸入魚	6	0.08	—**		

*: 総濃度に占めるCo-PCBの割合 ** : 未測定

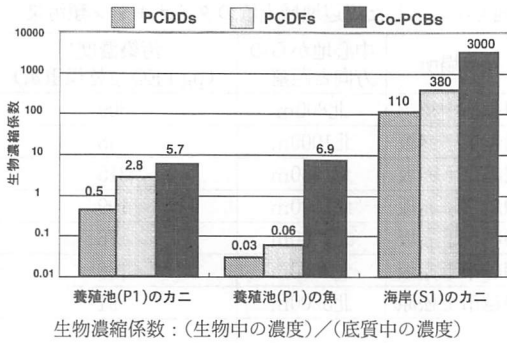


図-3 養殖魚(筋肉)およびカニ(肝臓)におけるダイオキシン類の底質からの生物濃縮係数

倍である。しかし、注目されるのは、Co-PCBが55倍も顕著に高くなることである。その結果、総ダイオキシン類濃度に占めるCo-PCBの割合は、市販魚では24.4%であるが、沿岸魚では87.5%にもなる。言い換えれば、沿岸魚ではCo-PCBがダイオキシン類の大半を占めている。

底質中の濃度に対する生体中の濃度の比を生物濃縮係数と仮定した場合、魚(サバヒー)、水生のカニ、陸生のカニのいずれにおいても生物濃縮係数は、PCDD<PCDF<Co-PCBの順に高くなり、Co-PCBが最も取り込まれ易い(図-3⁹⁾)。特に、魚ではCo-PCBがPCDDの230倍、PCDFの110倍も顕著に生物濃縮される。この生物濃縮の相違が、上記した沿岸魚でCo-PCBがダイオキシン類濃度の大半を占める原因となる。図-3にみられるように、池の水生のカニに比べて海岸の陸生のカニでは各ダイオキシン類ともに百倍以上も高く濃縮される。これは陸生のカニが穴居生活をするため、汚染土壌との接触暴露量が多いことが原因であると思われる。このように、生物への移行量は生活形態により大きく相違する。

表6⁹⁾は環境庁の調査結果をまとめたものである。底質中のダイオキシン類濃度は湖沼が最も高く、34.3 pgTEQ/gを示し、次に海域、河川の順になっている。これらの水域におけるCo-PCBの占める割合は少なく、2.6~14.7%である。本調査に使用された魚種は、河川でウグイ、コイ、ボラ、フナ、オイカワ、海域でボラ、ズズキ、セイゴ、カワハギ、ミナミクロダイ、湖沼でフナであり、調査水域により魚種はかなり相違する。しかし、上述したように魚類への移行率はCo-PCBが最も高いために、魚類におけるCo-PCBの占める割合は、63.7~89.9%にもなる。わが国の一日魚介類摂取量は平均90gであるので、本調査結果を用

表6 日本各地の河川、湖沼、海域における底質および魚類の平均ダイオキシン類濃度

調査水域	魚類(pgTEQ/g湿重量)				
	調査数	PCDD+PCDF	Co-PCB	総濃度	Co-PCBの割合(%)
河川	13	0.47	1.05	1.52	69.1
海域	18	0.18	1.60	1.78	89.9
湖沼	4	0.70	1.23	1.93	63.7
調査水域	底質(pgTEQ/g乾燥重量)				
	調査数	PCDD+PCDF	Co-PCB	総濃度	Co-PCBの割合(%)
河川	13	5.00	0.25	5.25	4.8
海域	18	15.30	2.63	17.93	14.7
湖沼	5	33.40	0.90	34.30	2.6

表7 日本各地における土壌中(PCDD+PCDF)濃度

採取場所	濃度(pgTEQ/g乾燥重量)
大阪府(枚方市内大学運動場)	6.7
大阪府(枚方市内公園)	16
大阪府(大阪市内公園)	18
和歌山県(田辺市)	5.1
奈良県(奈良市高の原)	12
福岡県(大都市公園)	4.4
福岡県(大都市周辺地域)	1.7
福岡県(中都市周辺の公園)	6.9
福岡県(工業都市中心の公園)	35
福岡県(杉林)	65
愛媛県(都市域公園, 7箇所)	1.5~9.4
愛媛県(山間地域, 13箇所)	0.6~8.3
愛媛県(神社境内, 4箇所)	13~56
愛媛県(水田, 13箇所)	4.5~230

いると、2.76~3.47pgTEQ/kg/日となる。WHOの基準値に準じてTDIが変更された場合、わが国の魚類は問題視すべき汚染濃度といえる。

4.3 土壌汚染

4.3.1 一般地域の汚染

土壌汚染の現状を表7¹⁰⁾に示す。ダイオキシン類発生源による影響の少ない地域の土壌1g当たりのPCDDとPCDFのTEQ濃度は、大阪などの大都市圏で20pg以下、奈良、和歌山、愛媛などの中都市圏で10pg以下である。また、人為的影響の少ないバックランド地域は1pg以下と判断される。しかし、福岡県の農村域の杉林、愛媛県の神社境内では明らかに汚染濃度は高い。これは大気中のダイオキシン類を高蓄積する草木の葉の腐食物を多量に含むためと推測される。一方、水田土壌濃度の中央値は120pgと極めて高い。これは、20年以前に水田除草剤として大量に使用された五塩化フェノールに副生物として存在していた高塩

表8 埼玉県所沢市くぬぎ山の産業廃棄物焼却炉の密集地を中心とした周辺地域土壌のダイオキシン類汚染

採取場所	中心地からの方向と距離	汚染濃度* (pgTEQ/g乾燥重量)	採取場所	中心地からの方向と距離	汚染濃度* (pgTEQ/g乾燥重量)
所沢市下富	南100m	200	川越市中福	北800m	309
所沢市下富	南200m	263	川越市下赤坂	北1000m	448
所沢市下富	南700m	279	川越市下赤坂	北1200m	315
所沢市中富	南1300m	136	川越市下赤坂	北1600m	199
所沢市中富	南1500m	65	川越市下赤坂	北2000m	176
所沢市中新井	南2200m	185	川越市下赤坂	北2600m	166
所沢市並木	南2500m	85	川越市上松原	北3200m	91
所沢市北原	南3000m	110			
所沢市並木	南4600m	93			
平均		157	平均		243

* : PCDD+PCDF+Co-PCB

表9 土壌からのダイオキシン類の摂取量

時期	体重 (kg)	土壌中濃度 (pg/g)	経口摂取量 (pg/kg体重/日)	経皮摂取量 (pg/kg/日)	総摂取量 (pg/kg/日)
児童期	17	20	0.94	0.004	0.94
	17	65	3.1	0.013	3.1
	17	100	4.7	0.019	4.7
	17	200	9.4	0.039	9.4
	17	448	21	0.087	21
	17	1000	47	0.19	47
	17	2000	94	0.39	94
	成人期	50	20	0.066	0
50		65	0.21	0	0.21
50		100	0.33	0	0.33
50		200	0.66	0	0.66
50		448	1.5	0	1.5
50		1000	3.3	0	3.3
50		2000	6.6	0	6.6

素化のダイオキシン類に由来する汚染による。

ダイオキシン類のようなオクタノール・水分配係数が10万以上の化合物は、土壌から作物の根部に濃縮されるが、根部から茎を通して上部組織への移動は極めて少ない。また、米は籾殻で覆われているために土壌粒子の付着による汚染や大気からの汚染もほとんどない。このようなことから、水田土壌は比較的高濃度に汚染されているものの、米への汚染は極めて少ないものと思われる。

表7に示すように、一般地域の土壌汚染はドイツの農場地基準の40pgTEQ/gよりも低く、また、運動場や住居地の基準よりもはるかに低く、特に問題となる汚染濃度ではないと判断できる。

4.3.2 埼玉県における産業廃棄物焼却施設密集地周辺地域の汚染

既に、埼玉県所沢市産業廃棄物焼却炉密集地の周辺地域における大気は高濃度のダイオキシン類汚染を受けていたことを記載したが、土壌も広範囲にわたって汚染されている(表8)¹⁰⁾。南方向では4600mの地点でも93pgTEQ/gを示し、100~4600mの地域の平均濃度は157pgTEQ/gである。北方向ではさらに汚染濃度が高く、800~3200mの地域の平均濃度は243pgTEQ/gであり、1000mの地点では最高濃度の448pgTEQ/gが観察される。南北方向の全体では65~448pgTEQ/gの範囲にある。これらの結果から推測すると、汚染範囲は5km以上に及ぶものと判断される。

表9に周辺地域住民が土壌経由で暴露される推定量を示す。この推定量の根拠になる条件を以下に記載する。

児童期(1歳~7歳)……平均体重:17kg, 体重

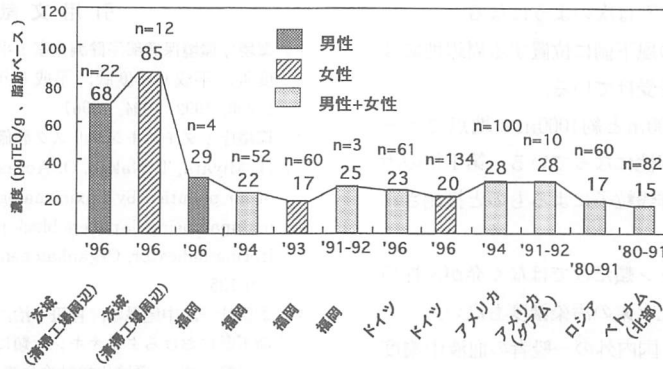


図4 茨城県竜ヶ崎市清掃工場の周辺住民と諸外国の一般住民における血液中(PCDD+PCDF)濃度比較

1 kg当たりの土壌の経口摂取量：50mg，接触当たりの土壌量：0.2mg/cm²/回，年間の土壌接触回数：40回，胃腸からの吸収率：50%，皮膚からの吸収率：3%

成人期……平均体重：50kg，体重1 kg当たりの土壌の経口摂取量：3 mg，土壌の年間接触回数：0回，胃腸からの吸収率：50%，

児童期の場合における土壌経由のダイオキシン類摂取量は，最低土壌濃度の65pgTEQ/gの地域では1.5 pgTEQ/kg/日となり，問題はなさそうであるが，ドイツにおける運動場の汚染基準である100pgTEQ/gでは2.4pgTEQ/kg/日となる．200pgTEQ/gになると土壌経由のものだけでも4.7pgTEQ/kg/日となり，食事などの摂取量を加味するとTDIに近接したものになる．一方，最高土壌濃度の448pgTEQ/gの地域では，土壌経由のものだけでも11pgTEQ/kg/日となり，TDIを超過する．従って，南方向の平均汚染濃度の157pgTEQ/gや北方向の243pgTEQ/gは児童期の子供に対して安全とはいえないものとなる．

成人期における推定摂取量は，最高濃度の448pgTEQ/gでも0.7pgTEQ/kg/日であり，特に問題にはならない．しかし，ドイツの住宅地の土壌基準である1000pgTEQ/gおよびスウェーデンの2000pgTEQ/gになると，摂取量は3.3pgTEQ/kg/日と6.6pgTEQ/kg/日となり，食事経由などの摂取量を加算するとTDIに接近する．Co-PCBを加味すると摂取量はさらに増えることから，成人の安全な住宅地の濃度としては約1000～2000pgTEQ/gが妥当な基準になるものと推測される．

4.3.3 大阪府豊能郡美化センター周辺地域の汚染

大阪府豊能郡美化センターには流動床型のごみ焼却炉が稼働していたが，1977年，周辺地域の土壌から最

高2700pgTEQ/gもの高濃度のダイオキシン類汚染が見つかり，大きな社会問題となった．この濃度はこれまで報告された最高土壌汚染濃度よりもさらに1オーダーも異常に高かったからである．従って，その汚染究明を目的とした調査が行われた．その結果，施設のすぐ近くの法面からは8500pgTEQ/gのさらに高濃度の汚染が検出された．また，施設から約60mの地点の3900pgTEQ/gを最高に，施設から遠ざかるにつれて汚染濃度の低下傾向が認められた．既に記述したように，これら汚染濃度は住居地としての不適切と考えられる極めて高いものである．さらに，厚生省による原因究明の調査が行われ，施設近傍の土壌で5200pgTEQ/gと実に信じがたい超高濃度汚染が明らかとなった．

本焼却炉では，800℃以下の不十分な燃焼温度に付け加えて，排ガスの燃焼時間が短く，不完全燃焼が起こりやすい炉頂冷却型の排ガス冷却装置が稼働していたことが重なり，ダイオキシン類や煤じんが多量に発生しやすい構造になっていたこと．また，煤じん捕集装置がダイオキシン類の最も発生しやすい320℃付近で稼働していたことも重なり，排ガス中に極めて高濃度のダイオキシン類が含まれる結果となった．さらに，この排ガスの洗煙水が循環式であったために1億3千万pgTEQ/Lもの超高濃度のダイオキシン類を含むようになり，この洗煙水が施設屋上から飛散していたために，施設近傍土壌に超高濃度汚染をもたらしたものと結論された．

4.3.4 茨城県城取清掃工場周辺地域の汚染

1980年に建設された茨城県城取清掃工場はバッチ式のごみ焼却施設であるが，1985年頃以降では日量60トンの焼却能力を超過した焼却が行われ，煙突から黒煙を発する状態が続いていた．この焼却炉の周辺地域に

おける土壌の調査結果^{12, 13)}は次のようになる。

- 1) 年間を通して施設の風下側に位置する周辺地域はより高濃度の汚染を受けている。
- 2) 汚染は施設から約200mと約1000mの地点でピークが認められる二相性になっている。第1相の汚染は比較的大きな排煙粒子によるものと推測される。
- 3) 風下側はダイオキシン類だけではなく発がん性のある多核芳香族炭化水素の汚染濃度も高い。
- 4) 図-4に示すように、国内外の一般者の血液中濃度は脂肪当たり20~30pgTEQであるが、施設の風下側2km以内の地域住民は明らかに高濃度のダイオキシン類汚染を受けている。恐らく、大気経路のものと同地域地域の葉菜類の摂取によるものと推測される。

4.3.5 水質汚染

飲料水のデータは極めて少ない。井戸水や水道水からPCDDは検出されるが、PCDFは検出限界値以下である。その汚染濃度は井戸水で0.018pgTEQ/L、水道水で0.00013~0.0015pgTEQ/Lである¹⁴⁾。最も厳しい米国EPAの水質基準値の0.013pgTEQ/Lと比較すると、井戸水の濃度は若干高いが、水道水は明らかに低い。

現在、ダイオキシン類のほとんどは燃焼過程で発生すると考えられている。排ガス経路で放出されたダイオキシン類はまず大気汚染をもたらし、その後、大気経路で土壌汚染や河川水汚染、最終的には海洋汚染を引き起こすと推定されている。わが国では各種工場の排水や一般河川水の分析データの報告例が極めて少ない。従って、これらの実態を究明することは主要なエネルギー源である魚介類の汚染軽減対策上極めて重要な課題となる。

5. おわりに

わが国におけるダイオキシン類による環境汚染の調査・研究データは諸外国に比べて少なく、汚染の実態は不明な点が多い。また、諸外国では多種類の発生源が明らかにされているが、わが国ではごみ焼却施設、紙・パルプ工場、製鉄工場以外の実態は不明に近い。しかし、人体汚染の現状は深刻な状態にあり、汚染低減化の必要性が強調されている。このような観点から、発生源調査ならびに環境汚染の調査・研究を早急に進めることが今後の重要な課題の一つである。

引用文献

- 1) 環境庁環境保健部保健調査室：平成2年度版、平成4年度版、平成6年度版、平成8年度版化学物質と環境(1990, 1992, 1994, 1996)
- 2) 環境庁：ダイオキシンリスク評価検討会中間報告(1996)
- 3) H. Miyata, T. Nakao, O. Aozasa, S. Ohta : Assessment of air pollution by dioxin analogues at various locations in Japan using Japanese black pine needle as a biomonitoring indicator, *Organohalogen Compounds*, 32, (1997), 130-135
- 4) 太田壮一, 中尾晃幸, 青笹 治, 宮田秀明, 棚橋道郎 : 埼玉県におけるダイオキシン類による環境汚染実態の究明(第2報), *環境化学討論会講演要旨集*, (1998), 28-29
- 5) 宮田秀明 : 環境と健康(1997), 1-14, へるす出版
- 6) H. Miyata, O. Aozasa, S., K. Yamamori : Survey on pollution of Dioxin and related compounds monitored by blue mussel as a biological indicator at 24 coastal areas in Japan, *Organohalogen compounds*, 20, (1994), 187-190
- 7) 宮田秀明 : ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価, *廃棄物学会誌*, (1997), 301-311
- 8) J.-R. Lu, H. Miyata, T. Nakao, C.-W. Huang : Contamination levels of PCDDs, PCDFs and non-ortho chlorine substituted coplanar PCBs in milk fish and crab from culture ponds and coastal area near open-air incineration sites for metal reclamation in Wan-Li, Taiwan, Republic of China, *Chemosphere*, 31, (1995), 2959-2970
- 9) 財団法人食品分析センター : 非意図的生成物質等汚染実態追跡調査, 平成8年度環境庁公害調査等依託による報告書(1997)
- 10) 宮田秀明 : 「汚染の実態ダイオキシン類の汚染はどこまで進んでいるか, *化学*, 52, (1997) 20-23
- 11) 太田壮一, 中尾晃幸, 青笹 治, 宮田秀明, 棚橋道郎 : 埼玉県におけるダイオキシン類による環境汚染実態の究明(第3報), *環境科学会1998年会講演要旨集*, (1998), 20-22
- 12) S. Ohta, S. Kuriyama, T. Nakao, O. Aozasa, H. Miyata : Levels of PCDDs, PCDFs and non-ortho coplanar PCBs in soils from high cancer-causing area close to batch-type municipal solid waste incinerator in Japan, *Organohalogen Compounds*, 32, (1997), 155-160
- 13) H. Miyata, O. Aozasa, T. Nakao, S. Ohta : Contamination levels of PCDDs, PCDFs and non-ortho coplanar PCBs in blood human samples collected from residents in high cancer-causing area close to batch-type municipal solid waste incinerator in Japan, *Organohalogen Compounds*, 32, (1998), 143-146
- 14) H. Miyata, O. Aozasa, Y. Mase : Estimated daily intake of PCDDs, PCDFs and non-ortho coplanar PCB in drinking in Japan, *Chemosphere*, 26, (1993), 1527-1536