

ダイオキシン問題が提起する二つの課題

- 「ごみ」と「化学物質」の環境リスク -

研究員 福田浩明

- . はじめに
- . ダイオキシン類の毒性と暴露状況
- . ごみ処理におけるダイオキシン類発生抑制
- . ダイオキシンと化学物質の環境リスク対策
- . おわりに

- . はじめに

昨今、ダイオキシンにかかわる事件や問題が新聞やTVなどのメディアで頻繁に取り上げられるようになり、身近に差し迫った問題との認識が一般的になってきている。ダイオキシン問題は、我々が検討すべき二つの課題を提起している。一つは「ごみ」としての問題であり、もう一つは「化学物質」としての問題である。

(1)ダイオキシンとごみ問題

厚生省の一般廃棄物処理事業実態調査結果によれば、1994年の我が国における一般廃棄物の排出量は1年間で5,054万トンであり、この内の75.5%が焼却処理され、12.5%が埋立処分されている。我が国におけるダイオキシン類の年間推定総排出量約5,000gのおよそ8割がごみ焼却施設から排出されているとされている。そのため、ごみ焼却施設でのダイオキシン類の発生抑制が求められており、公害防止装置の設置や焼却炉の連続運転に伴う炉の損耗進行による著しい費用負担増に自治体は頭を抱えている。

また、一般廃棄物の最終処分場は、1994年の時点で全国に2,392箇所あり、残余年数は全国平均で8.7年分、首都圏では5.2年分と厳しい状態にある。しかし、処分場に埋立てられたダイオキシン類を含む可能性のある焼却灰等からの汚染に対する地元住民の不信感にNIMBY(Not in my backyard)の意識も手伝って処分場の建設は各地で難航し、全国的に処分場が逼迫してきている。ごみ処

理は、パッカー車などによる「収集・運搬」、破碎や選別、焼却などの「中間処理」、埋立てによる「最終処分」の三つのプロセスからなる。ダイオキシンは焼却と埋立ての段階で問題となっており、ごみ処理の「中間処理」と「最終処分」のプロセスを困難なものとしている。ダイオキシンにどう対応していくかがごみ問題解決の鍵を握っている。

(2)ダイオキシンと化学物質の環境リスク対策

ダイオキシンは燃焼反応過程等で非意図的に生成される代表的な残留性有機汚染物質(Persistent Organic Pollutants : POPs)¹である。POPsは、大気や水などの環境メディア間を地球規模で拡散・移動して、生物蓄積・生物濃縮を生じるとともに、急性毒性や発癌性だけでなく、「内分泌攪乱化学物質(Endocrine Disrupting Chemical : EDC)」²として生殖毒性や免疫毒性を示す毒性学的知見も報告されており、慎重な対応が求められている。

POPsを含めた多数の化学物質の暴露による健康や生態系への影響の懸念に対して、現在、環境リスクという考え方をを用いて対策を講じようとしている。

(3)本稿の目的

本稿では、ダイオキシンの提起する「ごみ」と「化学物質」の二つの課題を扱う。まずダイオキシン類はどのような化学物質であるのか毒性を中心に概説し、次いでごみ処理におけるダイオキシン類の発生抑制について対策の進んでいる欧米と我が国の比較検討を行う。更にダイオキシン類を含めた化学物質への対策について、最近注目を集めているPRTRとリスク・コミュニケーションを中心に紹介し、最後に「環境リスク」の観点から廃棄物と有害化学物質を整理する。

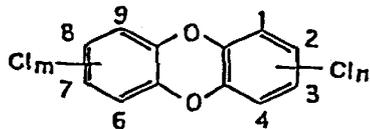
．ダイオキシン類の毒性と暴露状況

1．ダイオキシン類の化学的組成

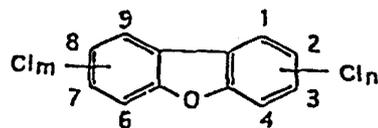
ダイオキシンとは、ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins : PCDDs)のことであり、塩素の数と置換位置の違いにより 75 種類の異性体が存在する。PCDDs と一緒に生成することが多く、同様の性質をもつ化合物にポリ塩化ジベンゾフラン(Polychlorinated dibenzofurans : PCDFs)があり、135 種類の異性体が存在する。環境汚染物質として PCDDs と PCDFs を併せてダイオキシン類と呼び、我が国を含めた各国で規制対象としている。本稿も、以下 PCDDs と PCDFs を併せてダイオキシン類と呼ぶ(図表 1 参照)。

ダイオキシン類は一般環境中では極めて安定であり、土壤中で半量に分解される期間は約 10 年といわれている。

《図表 1》ダイオキシン類の化学構造式



PCDD (m + n = 1 ~ 8)



PCDF (m + n = 1 ~ 8)

2．ダイオキシン類の毒性

(1)ダイオキシン類の毒性の特徴

ダイオキシンは「史上最強の人工毒物」である。図表 2 に示すように自然界にはより強力な毒性をもつものもあるが、人工的に作られた化合物の中で最も毒性が強い事例として知られている。

《図表 2》毒物による動物の最小致死量

毒物	ボツリヌス毒素	ダイオキシン (2,3,7,8-TCDD)
最小致死量 (mg / kg 体重)	0.00000003	0.001 50%致死量
毒物	ふぐ毒(テトロドトキシン)	青酸カリウム
最小致死量 (mg / kg 体重)	0.0085	10 50%致死量

ダイオキシン類は各異性体間で毒性が大きく異なり、PCDDs の 7 種、PCDFs の 10 種は強毒性であるとされている。これらに加えて、ダイオキシン類と類似の構造と毒性発現機構を持つコプラナー PCBs(Co-PCB)³の強毒性を有する 13 種の異性体を対象に国際的に毒性評価⁴が行われている(図表 3 参照)。毒性評価対象の異性体には異性体中で最強毒性を有する 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-パラ-ジオキシン(2,3,7,8-TCDD)の毒性を 1 とした時の相対毒性、「2,3,7,8-TCDD 毒性等価係数(TEF)」が定められている。各異性体の実測濃度に TEF に乗じた値の総和である「2,3,7,8-TCDD 毒性等価量(TEQ)」を用いて毒性評価がなされる。

(2)急性毒性と慢性毒性

現実的に問題と考えられているのは、突発的な事故による高濃度の暴露による急性毒性ではなく日常的な暴露による低濃度の継続的な慢性毒性である。

急性毒性の動物実験では、動物の種類による影響の格差があり、最も感受性の高いモルモットのオスの半数致死量値 0.6 μg/kg(μg は 100 万分の 1 g)と感受性の低いハムスターのオスの半数致死量値約 5,000 μg/kg では 8000 倍の開きがある。

環境汚染物質の毒性評価は、食品、大気、土壌、飲料水等を経由した継続的な暴露状態を考慮して、長期間に亘る敏感な動物や人に近縁な動物を用いた慢性動物実験結果に基づいて行われる。我が国や諸外国でダイオキシン類の毒性評価に用いられている代表的な慢性動物実験結果を示したものが図表 4 であり、これらの結果から、2,3,7,8-TCDD の慢性毒性評価の基準となる無毒性量(No Observed Adverse Effect Level : NOAEL)⁶は 1 ng/kg/日(ng は 10 億分の 1 g)であるとされている。

《図表3》毒性評価対象のダイオキシン類異性体と2,3,7,8-TCDD 毒性等価係数(1-TEF)⁵

化合物	TEF	化合物	TEF
PCDD		1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.001
2,3,7,8-TCDD	1.0	Non-Co-PCB	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	3,3',4,4'-TCB	0.0005
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	3,3',4,4',5-PeCB	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.01
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	Mono-Co-PCB	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	2,3,3',4,4'-PeCB	0.0001
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.001	2,3',4,4',5-PeCB	0.0001
PCDF		2',3,4,4',5-PeCB	0.0001
2,3,7,8-TCDF	0.1	2,3,4,4',5-PeCB	0.0005
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	2,3,3',4,4',5-HxCB	0.0005
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.0005
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	2,3',4,4',5,5'-HxCB	0.00001
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	0.0001
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	DI-Co-PCB	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	2,2',3,3',4,4',5-HpCB	0.0001
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB	0.00001
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01		

(宮田秀明「ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価」より)

ダイオキシン類の主たる吸収経路は消化管、皮膚、肺である。大気や食物、飲料水などを通じて摂取されたダイオキシン類は血流によって各組織に到達し、脂肪組織と肝に蓄積する。体内におけるダイオキシン類の濃度の半減期は約7年といわれている。

2,3,7,8-TCDDに暴露したヒト⁷や実験動物は、体重減少、胸腺萎縮、肝臓代謝障害、心筋障害、性ホルモンや甲状腺ホルモン代謝ならびにコレステロール等脂質代謝への影響、クロロアクネ、更に学習能力の低下をはじめ中枢神経症状などの兆候や症状を呈する。

《図表4》2,3,7,8-TCDDの代表的な慢性動物実験結果

動物	性	対象病変	NOAEL/LOAEL	研究者等
ラット (SD系)	オス メス	肝機能障害、病理所見 同上	1.0ng/kg/日 同上	Kociba (1978-79)
マウス (Swiss系)	オス	アミロイド ¹ -症、皮膚症状	1.0ng/kg/日 1	Toth (1979)
マウス (B6C3F1系)	オス メス	肝機能障害、病理所見 同上	1.4ng/kg/日 6.0ng/kg/日	NTP 2 (1982)
アカゲザル	オス	血液学的障害、皮膚症状	2~3ng/kg/日 1	Allenのグループ ¹ (1977-79)

1：最小毒性量(LOAEL)無印は無毒性量(NOAEL) 2：米国国家毒性試験計画

(宮田秀明「ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価」より)

(3)発癌性

ダイオキシン類には発癌性があると考えられている。ラット、マウス、ハムスターなどの実験動物を使用した長期試験で、2,3,7,8-TCDD などの発癌性が確認されており、図表 5 にあるラットのデータを基に、2,3,7,8-TCDD による発癌性の無影響量(No Observed Effect Level : NOEL)⁸ は 1ng/kg/日と考えられている。

ヒトに対しては、職業暴露者や事故の被災者⁹、ベトナム戦争の枯葉剤作戦の退役軍人¹⁰に関する各種の疫学調査の結果から、高濃度暴露を受けた集団で、特定の部位に偏ること無く広範な部位に《図表 5》ラット、マウスにおける PCDD の発癌性

癌を発生させる可能性があることが示されている。特に軟部組織肉腫についてはそのリスクの増加が示唆されている。しかし、これらの疫学データにおける暴露の評価には不確実な点も多いとの指摘もある。

これらの状況を踏まえ、世界保健機構(WHO)の国際癌研究機関(International Agency for Research on Cancer: IARC)は本年 2 月に 2,3,7,8-TCDD の発癌性の強さを「ヒトに対して発癌の可能性がある」から「ヒトに対して発癌性がある」に変更¹¹した。

化合物	動物	性	腫瘍の種類	癌発生容量	研究者等
2,3,7,8-TCDD	ラット (SD系)	オス	口唇、舌、鼻甲介	10ng/kg/日	Kochiba (1978)
		メス	肝、舌、肺	10ng/kg/日	
2,3,7,8-TCDD	ラット (OM系)	オス	甲状腺、鼻甲介	10ng/kg/週	NTP (1982)
		メス	肝	500ng/kg/週	
2,3,7,8-TCDD	マウス (スイス系)	オス	肝	700ng/kg/週	Toth (1979)
2,3,7,8-TCDD	マウス (B6C3F1系)	オス	肝	500ng/kg/週	NTP (1982)
		メス	肝、甲状腺	2,000ng/kg/週	

(環境庁ダイオキシンリスク評価研究会「ダイオキシンのリスク評価」より抜粋)

(4)生殖毒性

ダイオキシン類は発癌性の他に生殖毒性を有していることが明らかになってきている。

生物の発生過程には複雑な内分泌システムが全ての発生段階に関与しており、多くのホルモンが重要な働きをしている。ダイオキシン類の様な「内分泌攪乱化学物質」と呼ばれるホルモン類似の環境化学物質は、内分泌システムを攪乱する作用を及ぼしていると考えられており、発生過程に影響を及ぼす可能性がある。

生殖毒性に関してラットとアカゲザルの代表的な動物実験結果がある。2,3,7,8-TCDD のラットに対する妊娠率の低下、低体重などの生殖障害は経世代的に強く現れ、生殖毒性の最小毒性量(LOAEL)¹² は一世代で 100ng/kg/日、二~三世代目で 10ng/kg/日、となり、二~三世代目の NOAEL は 1ng/kg/日と考えられる。また、アカゲザルでは生殖毒性の NOAEL は 0.126ng/kg/日、子宮内膜症の NOAEL は

0.126ng/kg/日以下となっており、アカゲザルの結果を考慮するか否かでヒトに関するダイオキシン類のリスク評価が大きく変わる。

疫学的研究では、PCDF を多く含む PCB で汚染した米ぬかを摂取したことにより発生したカネミ油症¹³ や台湾油症では、胎児の死亡、成長遅延、骨格奇形、内臓の機能障害といった 2,3,7,8-TCDD 投与の動物実験で見られる症状がヒトの胎児にもみとめられている。また、継続的な台湾油症のコホート調査(cohort study)¹⁴ によれば子供の成長の遅延、行動上の問題、知力の不足等がみとめられる他、少年達のペニス有意に小さいなどの生殖機能への影響も報告されている。バックグラウンドレベルの暴露を受けている集団でも母乳中のダイオキシン濃度と子の甲状腺ホルモンや免疫機能の異常との関係、ダイオキシン摂取量と低体重児との関係などが示唆されている。更にベトナム戦争退役軍人の枯葉剤暴露とその子供の神経管の傷害

との関連が示唆された。

ダイオキシン類による生殖毒性の一つとして、男性の精子への影響が懸念されている。1992年にデンマークの研究者グループによって1938～1990年の間にヒトの精液量と精液中の精子数が有意に減少したとの報告がなされた。次いで、精子の運動率の低下や精子奇形率の増加等精液中における精子の質の低下が英国やフランスの研究者から報告され、その原因として環境ホルモンの胎児期を含めて暴露されたことによる可能性が示唆された。

ダイオキシンに暴露された事例では、ベトナムからの退役軍人をそれ以外の退役軍人と比較した結果、精子数の減少、運動率の低下、精子奇形率の増加が見られた。動物実験においてもダイオキシンの暴露により、明らかな精子数の減少と精子形成障害が報告されている。

3. ダイオキシン類の暴露状況

(1) ダイオキシン類の環境中における移動

ごみ焼却炉などの発生源より排出されたダイオキシン類は大気中に拡散する。大気中に拡散したダイオキシン類は、地上に落下し、土壌の表面や農作物などに付着する。川や海に到達したダイオキシンは、水には溶けにくい性質のため、微粒子

《図表6》各国における大気中の(PCDD + PCDF)濃度

国名	地域	年又は年度	濃度 (pgTEQ/m ³)
日本	工業地帯近傍の住宅地	1990 - 1994	0.10-1.30(平均値 0.59)
日本	大都市	1990 - 1994	0.02-1.76(平均値 0.53)
日本	中都市地域	1990 - 1994	0.01-1.36(平均値 0.47)
日本	バックグラウンド地域	1990 - 1994	0.00-0.32(平均値 0.06)
米国	都市域	1989	0.08-0.18
米国	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
英国	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

(宮田秀明「ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価」より)

(3) 食物中の濃度

ダイオキシン類の人体への摂取経路の98%は食物経路のものであり、大気経路が1.5%、土壌経路

に付着した状態のまま水の中に存在する。沈積物や汚染された土壌中の微生物やミミズ、水中のプランクトンなどを介して食物連鎖系に入り、食物連鎖を通じて生物濃縮(bioconcentration)¹⁵を生じ、食物連鎖の上位にいるものほどダイオキシン類による汚染濃度が高くなる傾向にある。

このため、我々がダイオキシン類を摂取する可能性が最も高いのが肉や魚などの食物からであり、同様の仕組みで母乳からの乳児の摂取が懸念される。次いで広範囲に拡散することから大気中からの摂取が多いと考えられ、土壌や水からの摂取は比較的低いものと考えられる。以下では大気中、食物中、母乳中のダイオキシン類の濃度について取上げる。

(2) 大気中の濃度

ダイオキシン類による大気の汚染は国および地域により差異が認められる。我が国のPCDDとPCDFによる大気汚染濃度は諸外国より高く、工場地帯近郊の住宅地、大都市地域、中都市地域はバックグラウンド地域よりも一桁汚染濃度が高い(図表6参照)。

が0.36%であるとされる(図表7参照)。食物経路のダイオキシン類の構成比は、各国とも肉類、乳製品、魚の3食品群で70～90%となる。欧米では

肉類、卵、乳製品からの摂取が大きな割合を占めるが、我が国の場合、約 60%が魚介類に由来するものとされる。魚類中のダイオキシン濃度は市販

魚では沿岸魚が高濃度であり、近海魚よりも輸入魚の汚染の方が低い。

《図表 7》大都市におけるダイオキシン類の摂取量

媒体	一日摂取量 (PpgTEQ / kg / 日)			摂取割合 (%)
	PCDD + PCDF	Co-PCB	合計	
食 事	3.50	8.72	12.22	98.12
大 気	0.18	0.0078	0.1878	1.51
水	0.00013	0.0013	0.0014	0.01
土 壌	0.0448	不明	0.0448	0.36
総 計	3.72	8.73	12.45	100.00

(宮田秀明「ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価」より)

(4)母乳中の濃度

先進各国の母乳の汚染レベルは、図表 8 にあるとおりほぼ同程度である。ダイオキシン類は脂溶性であることから、出産後 1 年間の授乳により母体内に蓄積しているダイオキシン類の約 60%が乳児に移行すると言われている。最近の調査結果を示した図表 9 によると、母乳中の(PCDD + PCDF)濃度は 14.9~33.1pgTEQ/g(脂肪ベース、pg は 1 兆分の 1g)であり、母乳経由で乳児が摂取する(PCDD + PCDF)量は 49.1~126.5 pgTEQ/kg/日となる。この

値は、「耐容一日摂取量(Tolerable Daily Intake : TDI)」¹⁶の 5~13 倍に相当し、更に Co-PCB を含めた摂取量では、実に TDI の 6.7~14.9 倍に達する。

しかし、摂取期間が長期にわたるものではないことから、我が国の専門家は「現時点では母乳中のダイオキシン摂取が乳児に与える影響は直ちに問題となるとは考えられず母乳の有する利点及び諸外国における状況とあわせ引き続き母乳栄養とすることが適当」¹⁷としている。

《図表 8》各国における母乳中のダイオキシン類の平均濃度(pgTEQ/g/日・脂肪)

国 名	地 域	濃度(ppt)	国 名	地 域	濃度(ppt)
日 本	福岡	24	デンマーク		19
ドイツ	ノースライン	28	スウェーデン	ウプサラ	22
ドイツ	ベルリン	32	スウェーデン	Gothenburg	23
ドイツ	レッキルハウゼン	33	スウェーデン	スツツバル	23
ドイツ	オルデンブルグ	35	スウェーデン	Borlange	20
ドイツ	ヴェルデン	30	英 国	バーミンガム	37
ドイツ	ラインフェルデン	37	英 国	グラスゴー	29
ドイツ	フレンスブルグ	32	米 国	ピンガムトン	17
オランダ	農村域	37	米 国	ロサンゼルス	17
オランダ	都市域	40	米 国	テネシー	15

(環境庁ダイオキシンリスク評価研究会「ダイオキシンのリスク評価」より抜粋)

《図表9》日本各地における母乳中のダイオキシン類濃度と乳児の摂取量

場 所	人 数	母乳中濃度 (pgTEQ/g 脂肪)			乳児の摂取量 (pgTEQ/kg/日)	
		PCDD + PCDF	Co-PCB	合計	PCDD + PCDF	PCDD + PCDF + Co-PCB
秋 田	7	10.9	4.0	14.9	49.1	67.1
仙 台	7	11.4	5.2	16.6	51.3	74.7
新 潟	3	18.3	6.2	24.5	82.4	110.3
浜 松	6	28.1	5.0	33.1	126.5	149.0
横 浜	3	18.3	6.2	24.5	82.4	110.3
福 岡	15	15.0	18.0	33.0	67.5	148.5

(宮田秀明「ダイオキシン類の環境汚染とリスク評価」より)

ごみ処理におけるダイオキシン類発生抑制

1. ごみ処理におけるダイオキシン類の発生機序 (メカニズム)

(1)ダイオキシン類の主要な発生源

ダイオキシン類の発生源には、主に、燃焼に由来するものと産業に由来するものがある。燃焼に由来するものには、都市ごみや産業廃棄物等の焼却施設、製鉄・非鉄プラント、火災現場から家庭

用暖房、煙草に至るまであり、産業に由来するものには塩素系化学物質、紙パルプなどがある。

我が国では、都市ごみ焼却からのダイオキシン類発生が全体の約 8 割を占め、現時点においても依然として高い水準にある(図表 10 参照)。また、産業廃棄物処理からのダイオキシン類発生については実態に関する資料が乏しく、排出実態の把握が必要とされている。

《図表10》各国におけるダイオキシン類の発生源 [g TEQ/年]

国 名	ドイツ (1989/1990)	オランダ (1991)	米 国 (1994)	日 本 (1990)	日 本 (1997)
都市ごみ焼却	400	382	3,000	3,100-7,400	4,300
有害廃棄物焼却		16	35	460	460
産業廃棄物焼却					
医療廃棄物焼却		2.1	5,100	80-240	80-240
全発生源合計	1,200	484	9,189	3,900-8,365	5,040-5,200
ごみ焼却構成比	33.3%	82.2%	88.5%	79.5-88.5%	82.7-85.3
国 名	ドイツ		オランダ		
発生源	(1994/1995)	(1999/2000)	(1996)	(2000)	
都市ごみ焼却	30	4	5	2-4	

(通産省「環境問題連絡会ダイオキシン対策検討会中間報告」より作成)

(2)ごみ処理過程におけるダイオキシン類の発生機序

燃焼過程のダイオキシン類の生成には主に次の2つが考えられている。

クロロフェノールやクロロベンゼンなどのダイオキシン類の前駆物質を經由した反応

300 ~ 500 の温度域での煤塵中の銅などの触媒、炭素源、塩素源による新規合成反応(de-novo 合成)

廃棄物の焼却処理過程では、準連続炉やバッチ炉のような間歇的に運転する焼却炉の場合の立ち上げ、立ち下げ時や電気集塵装置を通過する際の

300～400 の温度域でこれらの両方の反応が生じ、ダイオキシン類が発生する。

なお、廃棄物中に含まれるポリ塩化ビニル(PVC)が塩素供給源になるとして問題とされることがある。すなわち、燃焼過程でのダイオキシン類発生に PVC が影響を与えるのか、廃棄物処理過程で PVC を取除くことがダイオキシン類の発生抑制に効果があるのかという議論が 10 年以上続いているが、現在のところ PVC の影響について肯定論、否定論双方が出されており、未だに結論が出ていない¹⁸。

2. 欧米のごみ処理におけるダイオキシン対策

(1) ドイツ

ドイツのごみ政策

ドイツの 1990 年の統計では、約 4,000 万トンの家庭系ごみが排出され、その 68.9%が埋立処分され、15.5%が焼却処分されている。旧西ドイツの石炭の露天掘り跡地を利用したデポニーや旧東ドイツの谷を利用した大規模埋立地など空間資源に恵まれていたため焼却施設の整備はあまり進んでいなかった。1980 年代のチェルノブイリ原発事故、酸性雨、ダイオキシンなどの有害物質問題、オゾン層破壊などによる環境意識の高まりで、ごみ焼却施設の建設許可手続きの規制が強化され、焼却施設の整備が進まなかったのに加え、ドイツの統一により環境基準に適合しなくなった旧東ドイツの埋立地の多くが閉鎖され、ごみの「焼却」と「埋立て」による処理が危機的状態となった。

そこで、「循環経済・廃棄物法」(1994)において廃棄物削減、リサイクル・熱エネルギーの回収¹⁹、廃棄の順に廃棄物処理の優先順位を定め、事業者の責任を明示した。事業者に対し廃棄物削減に関して、環境調和型製品の開発、再生資源の利用、リサイクルに関して、有害物質の表示、引き取り・再利用義務などを定めた。

事業者の責任は最初に「容器包装廃棄物令」(1991)で既定され、多くの製造業者や輸入業者がデポジット制度や独自の回収システムを導入する替りにデュアル・システム(Duales System Deutschland GmbH: DSD)に参加した。DSDは、容器包装廃棄物のリサイクルを組織化し、全国に使用済み容器包装の収集・選別・リサイクリングのネットワークを張り巡らした。DSDによれば、1991～1996年の間に約 2 千万トンの使用済み容器

包装がリサイクルされており、「強制リサイクル」の仕組みは成果を上げているとしている。

ドイツのダイオキシン類排出規制

ダイオキシン類の排出規制に関しては、規制値の明示されていない「連邦イミッション制御法」(Federal Immission Control Act)と具体的な規制値を示した「技術基準」(TA-Luft)があり、ごみ焼却炉およびごみを燃料として燃焼させる施設について 0.1ng/Nm³ の排出規制値を設定している。欧州のごみ焼却場は規模が大きく燃焼管理、排ガス処理等の対策で 0.01ng/Nm³ まで対応可能とされておりダイオキシンの問題は技術的に解決していると言われる。

ドイツでは、2000 年にはごみ焼却炉からのダイオキシン類発生量が 1991 年時点の百分の一に減少することが見込まれている。

このため、現在では製鉄・非鉄などの産業に由来するダイオキシン類発生が目立ってきている。金属生産ではリサイクル原料を用いる割合も高く、回収金属の再生工場や電線の再処理工場等からの排ガスにダイオキシン類が含まれている。

(2) オランダ

オランダのごみ政策

オランダは国土が狭く、埋立地が少なく土壌汚染が深刻であるため埋立処理からリサイクルと焼却による熱回収を拡大する方針を採っている。1994 年の統計によれば、埋立処理 30%、焼却処理 25%であった。廃棄物処理の優先順位を(a)排出抑制、(b)製品のリサイクル、(c)材料のリサイクル、(d)エネルギー回収を伴う焼却、(e)埋立て、と定め、コンポスト、リサイクル、焼却の可能な 32 種類の廃棄物を埋立て禁止としている。「国家環境政策計画」(National Environmental Policy Plan: NEPP、1989)、「第二次国家環境政策計画」(National Environmental Policy Plan2: NEPP2、1993)により定量的に廃棄物の発生抑制やリサイクルの目標が定められており、これを実現するために産業界と協定を締結している。

オランダのごみ処理におけるダイオキシン対策

オランダで 1977 年に都市ごみのフライアッシュ(飛灰)にダイオキシン類が含まれていることが明らかにされた。そのため、早い時期から対策が進められ、都市ごみ焼却炉からのダイオキシン類の

発生はドイツと同様の水準にある。

ダイオキシン類の排出規制に関しては、都市ごみ、有害廃棄物、医療廃棄物、汚泥の焼却を対象とする「ごみ焼却基準」(Waste Incineration Guideline、1989)と産業に関わる「オランダエミッション法」(Netherlands Emission Regulation)により規制が行われている。「ごみ焼却基準」の排出基準について最低年 2 回の事業者による検査が要求されており、基準値を守れない焼却施設には操業停止の罰則を適用しうるとされている。

(3)米国

米国のごみ政策

米国の連邦環境保護庁(Environmental Protection Agency: EPA)によれば、1995年には、約2億8百万トンの都市ごみが排出されている。処理方法は州によって割合が異なるが、全米平均では56.9%が埋立処理、リサイクルが27%、焼却処理が16.1%であった。米国の法体系は連邦法と州法の二重構造となっている。連邦法では主として有害廃棄物に対する規制が行われている。スーパーファンド法の名で知られている「包括的環境

対処・補償・責任法」(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act: CERCLA、1980)が代表的なものである。ごみについては各州法で対応が行われており、デポジット法や強制リサイクル法などの地域特性を生かした独自の再資源化プログラムが制定、運営されている。

米国のダイオキシン類排出規制

連邦法である「大気浄化法」(Clean Air Act)でごみ焼却におけるダイオキシン類の排出規制値が定められている。同法では焼却炉の新設、既設、規模の別によって基準値が設定されている。

米国では医療廃棄物の焼却によるダイオキシン類発生が注目されている。医療現場では、感染予防や時間的効率性から輸液輸血関連器具、注射筒、採血管をはじめ塩化ビニル(PVC)を含むプラスチックや繊維類を多く含んだ大量の使い捨て医療器材が利用されており、これらの医療廃棄物が医療施設に設けられた運転管理の不十分な小規模焼却施設で焼却されていることが指摘されている。²⁰

ドイツ、オランダ、米国のごみ焼却に関するダイオキシン類排出規制を図表 11 にまとめた。

《図表 11》各国のごみ焼却に関するダイオキシン類排出規制

		ドイツ	オランダ	米 国
規制根拠		技術基準	ごみ焼却基準	大気浄化法
対象施設		都市ごみ焼却	廃棄物焼却	都市ごみ焼却
ダイオキシン 排出規 制値	新 設	0.1ng/Nm ³	0.1ng/Nm ³	0.14 ~ 0.21ng/Nm ³
	既 設	0.1ng/Nm ³	0.1ng/Nm ³	規模に応じ新規 の2.3~9.8倍
	酸素濃度	11%	11%	7%
基準値 設定年	新 設	1991	1989	1995
	既 設	1996	1995	不明

(通産省「環境問題連絡会ダイオキシン対策検討会中間報告」より)

3. 我が国のごみ処理におけるダイオキシン対策

(1)ごみ処理

ダイオキシンはごみ処理の「収集・運搬」、「中間処理」、「最終処分」という一連のプロセスのうち、「中間処理」と「最終処分」のプロセスを困難なものとしている。我が国では、衛生的な処理方法であったことと減容化の効果が高かったことか

ら「中間処理」として焼却処理が進められてきた。ごみ量の増大と質の変化(紙ごみとプラスチックごみの増加によるごみの高カロリー化)によって、燃焼温度の上昇と酸性ガスの発生を生じ、焼却施設の損傷と焼却処理能力の低下を招いた。また、大気汚染やダイオキシン問題が生じてきた。

「最終処分」では、過去の埋立処分が環境管理

面で不徹底なものが多かった²¹ことと、今日では、特別管理廃棄物に指定されているダイオキシン類を含む可能性のある集塵ダスト等が、以前はそのまま管理型の処分場に処分されていたなどの問題が指摘されている。周辺住民はこれらの問題に危惧を抱き、処分場建設に対する地域の理解を得ることが難しくなったため、処分場が逼迫するところとなった。

(2)ダイオキシン対策

ダイオキシン対策の経緯

我が国では、1983年にごみ焼却場の飛灰からダイオキシン類が検出されたことから、ダイオキシン類による汚染が注目された。1990年12月に厚生省によって「ダイオキシン類発生防止ガイドライン」が示され、各自治体による削減対策が進められた。ダイオキシンへの対策として、バグフィルターの採用や燃焼温度管理、排ガスやダスト、焼却灰などの二次生成物の環境汚染を制御するために多くの技術的対応をせまられた。対症療法的な技術的対応により一定水準での環境制御が可能となったが、市町村では焼却処理施設整備や維持管理に多大な費用を要することとなった。1994年11月より厚生省科学研究班によるダイオキシンのリスクアセスメントの研究が進められ、1996年6月に中間報告として当面の(傍点筆者)TDIとして10pg-TEQ/体重/日が示された。これを受けて、1997年1月に厚生省は「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止ガイドライン」(以下「新ガイドライン」という)を制定し関係方面に通知した。

新ガイドラインと効果の予測

新ガイドラインは「緊急対策」²²と「恒久対策」からなっている。「緊急対策」は、ダイオキシン類が高濃度で排出されている焼却施設に対し、排出濃度が基準値(80ng-TEQ/Nm³)を越える場合に施設に休止、廃止を含めた対処を求めるものである。一方、「恒久対策」はダイオキシン類の総排出量を可能な限り削減することを基本に実施するものである。

「恒久対策」には、(a)ごみの減量化、リサイクル等により焼却量を抑制(b)ダイオキシン類の排出の少ない適切な焼却 - 具体的には、燃焼管理の適正化や高度な排ガス処理施設への改造、ごみ処理

の広域化による小規模施設の集約化、全連続炉への転換、RDF(Refuse Derived Fuel)化施設²³への転換など - (c)溶融固化²⁴等の無害化処理の推進による焼却灰・飛灰中のダイオキシン類の削減(d)最終処分場での焼却残滓の飛散防止や浸出水の処理、が挙げられている。

厚生省では、新ガイドラインの一連の対策を実施することにより、ごみ焼却炉からのダイオキシン類の排出量を現状の4,300g TEQ/年から緊急対策実施後には35%削減の2,800g TEQ/年へ、5年後には86%削減の590g TEQ/年へ、20年後には99.6%削減の20g TEQ/年とすることができると見込んでいる。

産業界の取組み

産業に由来するダイオキシン類に対しても、鉄鋼業界で「電気炉のダイオキシン類発生防止等ガイドライン」(1994)が、製紙業界で「ダイオキシン対策指針」(1990)などの取り組みが行われている。

(3)課題と展望

ごみ処理におけるダイオキシン対策は、総合的なごみ対策そのものである。すなわち、我が国を含め各国のダイオキシン対策を見ると、廃棄物の発生を抑制し、リサイクルを推進し、適正な焼却と焼却残滓の無害化をした後に最終処分を行うという総合的な対策を志向している。以下、発生抑制、中間処理、最終処分の各段階毎に課題と問題解決への手掛かりを見ていくことにする。

発生抑制とEPR

廃棄物の発生抑制に関しては拡大製造者責任(Extended Producer Responsibility : EPR)という考え方が世界的な傾向となってきた。これは、汚染者負担の原則(Polluter Pays Principle: PPP)から発展した考え方であり、製造者はどのような製品を作るのか選択可能であり、市場に製品を出す場合にはリサイクルがし易いように素材を表示することも可能であるのでリサイクルに係るコストを負担すべきであるとするものである。回収費用を軽減するために製造者は廃棄物となる製品の量を減らしたり、リサイクルや処分費用を軽減するために有害物質や複合素材を用いないよう、LCA(Life Cycle Assessment)などによって製品の開発段階から廃棄物の発生抑制に向かうことが期

待される。

スペイン・スイス・デンマーク・スウェーデンなど欧州では、ダイオキシン類発生時の塩素供給源ではないかと考えられている塩化ビニル製品の製造・販売を規制している地域も少なくない。我が国でも、大手スーパーやコンビニ各社が食品包装ラップを塩化ビニルから塩素を含まないポリオレフィンに切り替えたり、日用品・化粧品大手メーカーが洗剤や化粧品などの包装素材に使ってきた塩化ビニルを全廃するといった動きが出てきている。

中間処理とPFI

中間処理には、ダイオキシン類を含めた公害対策として高度技術とシステム対応の導入による自治体の財政問題がある。市町村には、今や化学プラントと化した焼却工場を新設する予算はなく、更に小規模のものは補助金の対象となくなってしまう。この問題に対して、「日本版PFI」が提案されている。ごみ焼却施設などの一般廃棄物処理施設の整備に係る事業に「民間活力導入施策(Private Finance Initiative: PFI)²⁵を導入し民間事業者への支援を検討するというもので、昨年11月の政府の緊急経済対策で示された。通産省、厚生省で既に協議会が設置され導入への検討が進められている。

PFIの導入に際していくつかの課題が指摘されている。(a)なぜPFIかの理解と体制の確立(b)民間の自由な参入・活動を可能とする法整備の問題(c)長期の支払となる事業であるため財政単年度主義との整合性の問題(d)入札手続の透明性確保と情報公開などである。

最終処分とリスクコミュニケーション

最終処分には、処分場確保の問題がある。この最も困難な問題に対しては残念ながら解決の近道はない。焼却・埋立量の削減を図るためにメーカーにまで遡ったごみの発生抑制、リサイクルやコンポスト等の推進が必要である。処理に当たっては、高度技術で無害化し、埋立てるものの質の制御が行われなければならない。更に、施設設置に際しての環境影響評価に当初から住民も関与する形で、情報を共有し、リスクコミュニケーションを進めることで「何故これだけの施設が必要か? 何故この場所に立地するのか? 周辺環境への影響はないか?」といった点を住民に理解してもらう

ことで合意形成を進めていく外はないと考える。

・ダイオキシンと化学物質の環境リスク対策

1. 化学物質の環境リスク

有害化学物質対策の困難さは、その種類の多さと影響の不確実性に由来している。

(1) 化学物質の多様性

我々は常に化学物質に晒されながら生活している。我々の周囲には、世界で10万種類、国内で約5万種類あると言われている工業用の化学物質に加え、ダイオキシン類のような非意図的に生成される化学物質や天然の化学物質も多数存在している。

これらの化学物質の中には発癌性、催奇形性、内分泌攪乱などの毒性を有するものがある。現在、動物実験の結果から動物に対して発癌性を有するもの約3,000、催奇形性を有するもの約1,200、内分泌攪乱を生ずるもの約50が明らかになっており、微量の暴露により将来において健康被害を生じたり、世代を超えて影響を生ずる可能性が懸念されている。

(2) 化学物質の影響を把握する際の不確実性

化学物質による健康被害については個人の感受性の差や食生活等のライフスタイルなどによる影響も大きいとされ、健康被害の発現が遅い化学物質やヒトへの暴露がごく微量な化学物質では結果と原因を結び付けることは困難となる。動物実験である種の動物に対し癌、突然変異あるいは先天的欠損の原因となる物質であってもヒトに対し同様の障害を生じうるかは明確でない。更に、化学物質の複合的影響はほとんど分かっていない。

(3) 不確実性を前提とした対策の必要性

しかし、影響が生じた時は甚大で広範な影響が生じうるため不確実性を前提とした上で未然防止の施策を講じる必要が生じてきている。

そこで、1980年代に入ってから統計的な有害な事柄の起こるリスク(確率)の考え方を基に、不確実性を考慮した上で様々な環境への影響を予測、評価して、政策的判断の根拠を与える仕組みが必要とされてきた。現在では、化学物質の環境リス

クについての「リスクアセスメント」、「リスクマネジメント」が定着してきている状況である。

1. リスクアセスメント

(1) リスクアセスメントとは何か

リスクアセスメントとは、科学的な知見によってリスクを客観的に評価・判定することである。リスクアセスメントの基礎は毒性学、放射線科学、安全工学などのいくつかの異なった領域にまたがっており、80年代に入って米国において一つの学問分野となった。我が国の広島・長崎の原爆被爆者が提供した貴重な追跡調査の疫学データが放射能に関するリスクアセスメントの中で使用されその方法を確立するのに貢献してきた。

(2) リスクアセスメントの四段階

リスクアセスメントのプロセスは、(a)「有害性の評価」、(b)「量 - 反応関係の評価」、(c)「暴露評価」、(d)「リスクの判定」の四段階からなっており、(a)から(d)まで順次行われる。各段階の内容は図表 12 のとおりである。

《図表 12》リスクアセスメントの四段階

四つの段階	各段階の内容
(a) 有害性の評価	当該化学物質にどのような毒性があり、人間にどのような健康被害をもたらすかを調べる。
(b) 量 - 反応関係の評価	人間が当該化学物質をどの程度摂取したらどのような健康被害を発生するかの定量的な関係を明らかにする。
(c) 暴露評価	人間が当該化学物質をどの程度摂取しているか暴露量を推定する。
(d) リスクの判定	当該化学物質の人間に対する健康被害の種類や程度を明らかにすると共に健康被害の発生確率を推定する

(a)「有害性の評価」では、疫学的・実験的(動物実験やADME、作用機構など)なデータを収集することが必要である。

(b)「量 - 反応関係の評価」の段階には、科学的知見の限界として「閾値(threshold value)」と「外挿」の二つの問題がある。「閾値」とは、それを超えると化学物質による毒性が発現し始める投与量のことである。しかし、毒性学者の間ではある種の毒性について閾値の存在について議論が分か

れている。それは、毒性研究のサンプル数に限りがあることや、全ての動物種で実験が行えないこと、疫学調査に当たって特別過敏に反応する個体が含まれている可能性などの点で制約を受けており、閾値の存在を明確にすることは困難であるためである。「外挿」とは既存の実験研究から得られた知見を基礎にして試験不可能または未知の状態における結論を推定することである。外挿は主に、二つの場面で用いられる。動物実験の結果をヒトへ外挿する操作と現実にかかる被曝よりもはるかに強い暴露条件下で得られた実験結果を高用量から低用量へ外挿する操作が行われる。外挿に採用した反応の仮説モデルによって全く異なった結果が生じうるという問題がある。

(c)「暴露評価」では、老人、子供、あるいは遺伝学的要因、食生活や行動パターンなどの有害化学物質を摂取する人間集団の性質と全ての暴露経路からの摂取量、摂取期間を検討していく。

(d)「リスクの判定」は、「有害性の評価」、「量 - 反応関係の評価」、「暴露評価」、を基に行われるため、ある種の科学的仮説に立脚しているが、ヒトを対象としているために実験的には論証することはできない。従って、ある種の化学物質については実在しないリスクを人為的に作り出しているかもしれない、あるいは逆にリスクを相当低く見積もっているかもしれないという不確実性が伴うという限界があることを忘れてはならない。

(3) ダイオキシン類のリスクアセスメント例

我が国のリスクアセスメント例

(a) 環境庁ダイオキシンリスク評価検討会報告

(1997年5月)

環境庁のダイオキシンリスク評価検討会の報告は、先に挙げたリスクアセスメントの四段階に沿って検討がなされている。ダイオキシン類を対象とする「毒性評価」(「有害性の評価」と「量 - 反応関係の評価」の段階)から、5pg/kg 体重/日の健康リスク評価指針値を設定した。この「健康リスク評価指針値」は、ダイオキシン類に係る環境保全対策を講ずるに当たっての目安となる数値である。人の健康を維持するための許容限度であるTDIと異なり、より積極的に維持されることが望ましい、より厳しい水準である。この点が後述の厚生省の中間報告と異なっている。次いで、「暴露評

価」では、我が国におけるダイオキシン類の平均的暴露は 0.3 - 3.5 pg/kg 体重/日であり、高い暴露を受ける条件²⁶では 5 pg/kg 体重/日程度がありうるとした。これらを基に我が国における一般的な生活環境と特に高い暴露を受ける条件について「リスク評価」を示した。一般的な生活環境での推定される暴露量は健康リスク評価指針値を下回っており、現時点での人の健康に影響を及ぼしている可能性は小さいとし、ダイオキシン類の環境中濃度の低減を図ることが望ましいとした。一方、特に高い暴露を受ける条件では、推定される暴露量が健康リスク評価指針値と同程度以上となり得ることから、ダイオキシン類の環境中濃度の低減を図る必要があるとした。

(b)厚生省によるダイオキシンのTDI

厚生省の「ダイオキシンのリスクアセスメントに関する研究中間報告書」(1996.6.28)では、ダイオキシン類に関する研究が進行中であるとして当面のTDIとして、10pg/体重/日とすることを提案している。

各国のダイオキシンの摂取基準

各国のダイオキシン類の摂取基準を図表 13 に示したが、以下の3つのグループにまとめることができる。

(a)日本、カナダ、欧州諸国では、ダイオキシン類は「発癌性物質ではなく、作用に閾値あり」の立場を取り、ラットやマウスにおける一般毒性や生殖毒性の NOAEL の 1 ng/kg/日を基準として TDI を設定している。

(b)オランダは昨年、アカゲザルの子宮内膜症の LOAEL を採用し、TDI を 10pgTEQ/kg/日から 1pgTEQ/kg/日への変更を提案している。我が国の環境庁が設定した 5pgTEQ/kg/日の「健康リスク評価指針値」もアカゲザルの実験結果を考慮したものである。

(c)これに対し、米国の諸機関ではダイオキシン類を「発癌物質であり、作用に閾値なし」とする立場で「実質安全量(virtually safe dose: VSD)」を 0.057 ~ 0.01pgTEQ/kg/日の値で設定している。閾値が無いとする以上、リスクを伴う経済活動の便益との比較や、他のリスクとの相対的な比較などを行い、残されたリスクを受容することを想定している。VSD は社会的に判断して実質的に安全とみなしうる値であると考えられている。

《図表 13》各国におけるダイオキシン類の摂取基準

国名・機関(設定時期)	摂取許容量(pgTEQ/kg/日)	備考
カナダ(1990)	TDI 10	
WHO 欧州事務局(1990)	TDI 10	
オランダ(1991)	TDI 10	
英国(1992)	TDI 10	
ドイツ(1985)	(TDI) 1 - 10	予防レベルと緊急対策レベル
日本・厚生省(1996)	TDI 10	
日本・環境庁(1996)	5	健康リスク評価指針値
スウェーデン(1988)	TDI換算 0 - 5	1週間の値であるTWI 0 - 35
デンマーク(1988)	TDI換算 0 - 5	同上
オランダ(1996)	TDI 1	国家保険審議会答申
米国食品医薬品局(1983)	VSD 0.057	発癌物質・閾値なし
米国疾病管理センター(1984)	VSD 0.0276	同上
米国環境保護庁(1994)	VSD 0.01	同上、提案中

(環境庁資料より)

3. リスクマネジメント

(1) リスクマネジメントについての三つの考え方

リスクマネジメント(risk management)とは、リスクアセスメントによって評価されたリスクを低減させるべきか否かを検討し、低減させるのであればその為の方策を検討・決定・実施するプロセスである。そのプロセスには政策判断が含まれる。リスクマネジメントには「ゼロ・リスク(zero risk)」、「リスク・ベースト(risk based)」、「リスク・ベネフィット(risk benefit)」の三つの考え方がある。

「ゼロ・リスク」は、リスクをゼロにするという考え方である。閾値を有することが明らかな化学物質については適用しうるが、閾値の存在が明らかでない化学物質については適用が困難である。リスクをゼロにするために製造禁止などの規制を行う場合、代替物の有害性や管理困難性に留意する必要がある。

「リスク・ベースト」はリスクに関して一定の許容できるレベルを設定して、様々な源からのいずれのリスクに対してもそのレベル以下に抑えようという考え方である。それぞれの対策手法によりコストが異なるため、財の適正配分上の問題が生じうることに留意する必要があるとされる。一方、被規制主体にとっての負担が大きくなる分、技術革新へのインセンティブとなり得る。

「リスク・ベネフィット」はリスクの要因の持つ便益(ベネフィット)とリスクの大きさを比較衡量し最も効率的にトータルな環境リスクを削減し一定水準以下に抑えようという考え方である。多岐にわたるリスク対策を限られた人的・経済的資源の中で進めていくために有効な判断材料となりうる。

以下、リスクマネジメントの分野で最近注目されているPRTRとリスクコミュニケーションについて紹介する。この二つは、多様で不確実性を伴う化学物質のリスクに対して、ゼロ・リスクの達成は現実的に不可能であるとの立場から、リスク・ベーストないしリスク・ベネフィットの考え方に立脚している。

(2) 環境汚染物質排出・移動登録(PRTR)

PRTRとは何か

「環境汚染物質排出・移動登録」(Pollutant

Release and Transfer Register: PRTR)とは、「様々な排出源から排出又は移動される潜在的に有害な汚染物質の目録もしくは登録簿」と定義されている。事業者が自ら潜在的な危害をもつ化学物質の環境への排出量や廃棄物としての移動量を把握して、その結果を行政に報告し、行政はこれを何らかの形で公表するものである。ヒトの健康及び環境へのリスクを評価するために役立つデータベースとして行政・企業・NGOに広く活用されることが期待されている。

PRTRの沿革

インドのボパール事件²⁷を契機として、米国で1986年に「緊急対処計画および地域住民の知る権利法(Emergency Planning and Community Right-to-Know Act)」が制定された。この中に有害化学物質放出目録(Toxic Chemical Release Inventory: TRI)が定められている。同法は、特定の事業者に対して、毎年、EPAおよび州政府へ特定の有害化学物質について報告することを義務づけた。報告が求められたのは、大気中、水中、土壌に放出されあるいは廃棄物として移動される特定の有害化学物質の量についてである。報告されたデータは事業者の事務所毎に公開されることとなった。

1992年リオデジャネイロで開催された地球サミットにおいて採択されたアジェンダ21第19章「有害化学物質の環境上適正な管理」においても化学物質リスクの削減活動の一つとして放出登録が挙げられた。OECDは、これを受けて1996年にPRTR実施に関するガイダンスマニュアルを取りまとめ、理事会勧告を採択し、加盟国の取り組みを1999年に理事会に報告することとした。

我が国では、全国的なPRTRの実施に向けて1997年9月より神奈川県地域(川崎市、藤沢市、茅ヶ崎市、寒川町)及び愛知県地域(豊田市、岡崎市等の西三河地域)における1,700の製造業等の事業所を対象にダイオキシン類等の非意図的副生成物質を含んだ178物質をターゲットとしたパイロット事業が開始されている。

各国のPRTR

現在では、PRTRは米国以外にもカナダ、英国、オランダ、ドイツ、オーストラリアなど多くの国で導入されており、大別すると米国とカナダに見られる米国型と英国やオランダ、ドイツなどの欧州型に分かれる(図表14参照)。

米国の有害化学物質放出目録(TRI)やカナダの全国汚染物質要覧(National Pollution Release Inventory: NPRI)は、住民の知る権利に資することを重視し、施設毎のデータを公開し、リスクコミュニケーションを通じて有害物質排出削減を実現していこうというものである。

一方、英国の化学物質放出要覧(Chemical Release Inventory: CRI)やオランダの個別排出目録システム(Individual Emission Inventory: IEI)は、行政が環境政策の評価や政策の優先順位を決定する為のデータとして利用することに重点が置かれている。

《図表 14》各国のP R T R

国名	制度	対象物質	対象施設	届出データの扱い
米国 (1986)	有害化学物質放出目録(T R I) 緊急対処計画及び地域住民の知る権利法	約 650 種類	製造業 (従業員数及び化学物質の年間取得量で裾切り)	データベース化され公表(施設毎のデータを公表)
カナダ (1993)	全国汚染物質要覧(N P R I) カナダ環境保全法	約 180 種類	製造業 (従業員数及び化学物質の年間取得量で裾切り)	データベース化され公表(施設毎のデータを公表)
英国 (1992)	化学物質放出要覧(C R I) 英国環境保全法	約 500 種類	製造業等 (業種を列挙)	物質及び地域別の集計データがデータベース化され公表
ドイツ	大気汚染物質排出インベントリ -	工場等で使用する全ての環境汚染化学物質	製造業等 (業種を列挙)	統計処理し公表(施設の個別データは公表しない)
オランダ (1974)	個別排出目録システム(I E I)	約 900 種類	大手製造業	請求があれば公表(施設の個別データは公表しない)

(「環境白書」平成9年版より)

P R T Rの有用性

P R T Rの有用性について環境庁の「包括的化学品対策検討会検討取りまとめ」(1996)は次のような 12 の点を挙げている。(a)化学物質の発生源の系統的な情報収集が出来る。(b)環境媒体別の排出量が把握できる。(c)環境中濃度の予測が可能となり、モニタリングと併せて環境汚染実態の把握の精度が向上できる。(d)未規制物質を含む複数媒体汚染物質や生態系影響物質の管理が出来る²⁸。(e)発生源と環境リスクに関する適切な情報が提供できる。(f)地域毎の環境リスクの評価ができ、高リスク地域の把握が出来る。(g)国、地方公共団体における化学物質対策の企画立案²⁹、推進及び対策効果が追跡できる。(h)国、地方公共団体、事業者、国民、民間団体の間での情報の共有とリスクコミ

ュニケーションが促進される。(i)各事業者が他の事業所の比較によって、自らの排出・移動レベルを把握できる。(j)事業者による効果的なリスク削減対策の立案および自主的取組みが促進される。(k)化学物質のリスクに対する国民の理解と国民の消費活動における環境リスク低減活動が促進される。(l)民間団体は、公表された情報を用い、行政、事業者と国民との橋渡し役を果たせる³⁰。

(3) リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーション(Risk Communication)は、集団、個人、組織間のリスクに関する情報と意見の交換プロセスである。専門家から一般大衆へ一方的にリスクに関する情報を伝達することをリスクメッセージ(Risk Message)という。これに

対し、リスクコミュニケーションは、リスク管理者と利害関係者(stakeholder)が双方の価値観や立場の違いを認めつつ、選択の自発性を尊重し、関係者間の理解と信頼レベルの向上を目指すものであり、リスクメッセージとは異なる。リスクコミュニケーションは、民主社会におけるリスクマネジメントの重要な要素である。

リスクメッセージの送り手側には二つの問題がある。まず、リスクアセスメントは、仮定と一体となった不完全な科学的知見に基づくものであり、常に不確実性を伴っていることである。次に、リスクメッセージでは技術的な情報が簡略化される傾向があり、そのことが誤解・混乱・不信の原因となりうることである。

一方、リスクメッセージの受け手側の問題としてリスクパーセプション(Risk Perception)がある。人は概して、リスクを自らに課せられたと認識した場合と自発的に受け入れたと感じた場では受容に差異がある。また、自分の手でリスクを制御できる度合いによっても受容に差異がある(図表 15 参照)。これらは環境中の化学物質のリスクに関してリスクコミュニケーションを行う場合の重要な要素となる。

そこで、米国ではリスクマネジメントの早い段階から利害関係者が関与するプロセスを設けている。利害関係者が関与することにより、実行可能な解決策を作り上げるための重要な情報、知識、専門的な見解、洞察が幅広く協議の場にもたらされる。また、利害関係者が自ら具体化に関ったりリスクマネジメントの決定は受け入れられやすく実行しやすいものとなる。

ところで、良好なリスクコミュニケーションには上記のような良い点があるが限界もある。常に当事者間の対立を減らし、リスクマネジメントを円滑にすることは限らないことにも留意しなければならない。十分な情報を提供するリスクメッセージは争点を作り、論争をより明確化するが、当事者間には利害関係が存在するし、全員が興味や価値感を共有できるとは限らないからである。

しかし、貧弱なリスクコミュニケーションは、ほとんどの場合状況の悪化を招くものであり、経験の積み重ねとリスク情報の集積によりリスクコミュニケーションも間違いなく向上していくのであるから、我々は状況の改善に繋がらない場合があるとしてもリスクコミュニケーションの向上を求める努力を怠ってはならない。

《図表 15》リスク認知(risk perception)と評価に影響する質的要因

要 因	公衆の関心が高くなる条件	公衆の関心が低くなる条件
大災害の可能性	死傷が同時に同一地域で生じる場合	死傷が時間的・場所的に散発している場合
周知度	なじみがない	なじみがある
理解度	理解不能なメカニズムやプロセス	理解できるメカニズムやプロセス
個人による制御可能性	制御不能	制御可能
暴露への任意性	不本意	自発的
子供への影響	子供に特にリスクがある	子供に特にリスクはない
影響発現	遅れて現れる影響	即時に現れる影響
後世代への影響	後世代へのリスクがある	後世代へのリスクはない
被害者の身元	被害者の身元が確認できる	統計上の被害者
恐 怖	恐怖の大きい影響	恐怖の少ない影響
公共機関への信頼度	責任ある公共機関への信頼度の欠如	責任ある公共機関への信頼
報道機関の注目度	報道機関の注目が高い	報道機関の注目が低い
事故歴	重大な事故、特に小さな事故	重大及び小さな事故が無い
公平さ	リスクと便益の不公平な分布	リスクと便益の公平な分布
便 益	明らかでない便益	明らかな便益
可逆性	影響は不可逆的	影響は可逆的
原 因	人間の行為や過失による	自然現象や不可抗力による

(National Research Council 編 「リスクコミュニケーション」より)

ダイオキシン問題が提起した「ごみ」と「化学物質」という二つの課題は、共に人の健康や生態系、生活環境への影響が懸念されており、「環境の保全上の支障を生じるおそれ」（環境基本計画第5節）であり、環境リスクとして捉えることができる。

ごみや化学物質を全く無くすることは不可能である以上、我々はこれらのものと共存していかざるを得ない。環境リスクを低減させるために、環境への負荷を軽減し、「自然と人間との間の破壊された物質代謝を再生していく」（平成9年版「環境白書」）ことが必要となる。これは、現在の「大量生産・大量消費・大量廃棄型」の社会構造から「循環型」の社会構造へと転換し、廃棄物や化学物質の環境中への排出を環境が許容しうる範囲内にコントロールしていくということである。「循環型」社会への社会構造変化に伴う痛みを社会全体で分かち合い、乗り越えていくための民主的合意形成には情報公開と十分なリスクコミュニケーションが欠かせないものとなる。そこで、日本に適合した情報公開とリスクコミュニケーションの仕組みを確立していく必要がある。

リスクコミュニケーションを、リスクに対して十分な情報に基づいて自己の判断で決定するという情報公開と自己責任原則と見ることもできる。同様の動きは、環境の分野に限らず他の分野にも見ることができる。金融・保険分野においても自由化により金融商品が多様化し消費者の利便性が向上するとともに消費者の自己責任も求められることになった。金融商品の供給者は、消費者に対し金融商品のリスクを正しく伝えることが要請されてきている。また、医療分野においても、患者の知る権利と自己決定権の要請から、医師が医療行為に際して、患者に病状や考えられる治療方法などの情報を示し、患者がそのリスクを了解した上で治療を行うインフォームド・コンセントという考え方が我が国でも一般的になってきている。従って、リスクコミュニケーションの考え方は、関係者がリスクを了解した上で行動するという、環境の分野に限らない、社会全体の大きな潮流と云うるだろう。

<ダイオキシン類の毒性に関する参考文献>
環境庁ダイオキシンリスク評価研究会監修「ダイ

オキシンのリスク評価」（中央法規、1997）

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、vol18, No4. 1997）

酒井伸一「ダイオキシン類の発生抑制と環境サイクルコントロール」（廃棄物学会誌、vol18, No4. 1997）

<ごみ処理に関する参考文献>

環境庁編「環境白書平成9年版」（大蔵省印刷局、1997）

平岡正勝「廃棄物処理におけるダイオキシン対策をめぐるとの最近の動向」（廃棄物学会誌、vol18, No4. 1997）

酒井伸一「ごみ焼却施設におけるダイオキシン対策技術」（生活と環境 vol142, No5. 1997）

植田和弘「環境経済学」（岩波書店、1996）

高月紘、酒井伸一「有害廃棄物」（中央法規、1993）

植田和弘「廃棄物とリサイクルの経済学」（有斐閣、1992）

<化学物質のリスクに関する参考文献>

リスク評価及びリスク管理に関する米国大統領ノ議会議問委員会編 佐藤雄也、山崎邦彦訳「環境リスク管理の新たな手法」（化学工業日報社、1998）

National Research Council 編 林裕造 関沢純監訳「リスクコミュニケーション 前進への提言」（化学工業日報社、1997）

「化学物質管理の新しい手法『PRTR』とは何か」（化学工業日報社、1997）

栗原紀夫「豊かさとは環境」（化学同人、1997）

環境庁編「環境白書平成8年版」（大蔵省印刷局、1996）

中西準子「環境リスク論」（岩波書店、1995）

J. V. ロドリックス著 宮本純之訳「危険は予測できるか！」（化学同人、1994）

松原純子「リスク科学入門」（東京図書、1989）

<環境ホルモンに関する参考文献>

デボラ・キャドバリー 井口泰泉監修「メス化する自然」（集英社、1998）

シア・コルボーン、ダイアン・ダマノスキ、ジョン・ピーターソン・マイヤーズ「奪われし未来」（翔泳社、1997）

環境庁リスク対策検討会監修「環境ホルモン外因性内分泌攪乱化学物質問題に関する研究班中間報告書」（環境新聞社、1997）

「SPECIAL REPORT ON ENVIRONMENTAL ENDOCRINE DISRUPTION : AN EFFECTS ASSESSMENT AND

ANALYSIS」U.S. EPA/630/R-96/012(1997)
 レイチェル・カーソン著 青樹築一訳「沈黙の春」
 (新潮文庫、1974)

<その他の参考文献>

加藤一郎、森島昭夫、大塚直、柳憲一郎監修「土
 壌汚染と企業の責任」(有斐閣、1996)
 損害保険協会編「世界の重大産業災害」(損害保険
 協会、1993)

¹ダイオキシン類や PCB を含む 16 種類の POPs の使
 用や生産、大気中への排出を国際的に規制する議
 定書案が国連欧州経済委員会によりまとめられて
 いる。ダイオキシン類は「1990 年又は、1985～1995
 年のある年を基準に大気への排出量を削減する物
 質」(付属書 3)とされている。この案をもとに国
 連環境計画(UNEP)による国際規制導入の条約国交
 渉会議が本年 6 月に開催される予定である。

² 環境ホルモンとも呼ばれる。環境中に存在して生
 体にホルモン様の作用を与える化学物質のことで
 あり、ダイオキシン類の他に、PCB、ビスフェノール
 A、フタル酸、ノニルフェノールなど、現在確認
 されているだけで 70 種類以上の化学物質に、その
 性質が確認されている。

³ コブラナー PCBs は、主に PCB 製品からの環境放
 出に由来すると考えられている。PCB は我が国では
 1972 年に使用が中止され、1974 年 6 月には「化学
 物質審査規制法」に基づく第 1 種特定化学物質に
 指定されるとともに、1992 年 7 月には「廃棄物の
 処理及び清掃に関する法律」に基づく特別管理産
 業廃棄物に指定されている。

⁴ WHO では最近、1,2,3,7,8-PeCDD の TEF を 0.5 か
 ら 1.0 へ、1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD と
 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF の TEF を 0.001 から 0.0001
 へと見直し検討がされるなど TEF は異性体によっ
 て評価が揺れている。

⁵ 国際毒性等価係数(I-TEF)は、1988 年に北大西洋
 条約機構(NATO)現代社会の挑戦委員会(CCMS)に専
 門家が集まり提案されたもの。

⁶ その投与量までは毒性影響が現れない投与量。

⁷ タイムズビーチ事件(1982)：埃止めとして道路に
 散布された廃油がダイオキシンに汚染されており、
 近くのメラネク川が氾濫した際に、ダイオキシン
 を含む泥が住宅や商店に流入した。連邦政府は

2,240 人の全住民に対し避難勧告を出した。最終的
 に連邦政府が町全体を 3,300 万ドルで買い上げ全
 住民と企業を移転させた。

⁸ その投与量までは観察されるどのような影響も示
 さない投与量。

⁹ セベソ事件(1976)：イタリア、ミラノ近郊のセベ
 ソにあるイクメサ社(多国籍企業のジボダン=ホフ
 マン=ラ・ロシュ社の 100%子会社)の所有する 2,
 4,5-トリクロロフェノール(TCP)生産工場で爆発
 事故が発生した。TCP やエチレングリコールなどの
 爆発反応生成物である約 2kg のダイオキシン(TCDD)
 により 1,810ha にわたって汚染したと伝えられた。
 周辺住民は避難を余儀なくされ約 20 万立方メー
 トルにのぼる汚染土壌と反応残渣がドラム缶に封入
 された。

¹⁰ ベトナム戦争における枯葉剤(1962～1971)：米
 国がベトナム戦争において、枯葉剤として 2,4,5-
 トリクロロフェノキシ酢酸(2,4,5-T)等 1,900 万
 が ン(1 が ン=3.785 リットル)を 15,000 平方キロー
 の地域に散布、2,4,5-T 等の製造過程で副生成物と
 して発生したダイオキシン類によって、汚染が生
 じた。ベトナムの研究者から枯葉剤散布地域で肝
 臓癌、流産、異常児などが多発していることが報
 告されたが、同様にベトナム帰還兵やその子にも
 化学物質に暴露した影響が出ていたことが判明し
 した。

¹¹ IARC(WHO 国際癌研究機関)の発癌物質の評価は以
 下のとおり。

Group 1：ヒトに対して発癌性がある、Group 2 A：
 ヒトに対して恐らく発癌性がある(probably)、
 Group 2 B：ヒトに対して発癌の可能性がある
 (possibly)、Group 3：ヒトに対して発癌性につい
 ては分類できない、Group 4：ヒトに対して恐らく
 発癌性はない

¹² Lowest Observed Adverse Effect Level、毒性
 影響が現れる最小の投与量。

¹³ カネミ油症事件(1968)：カネミ倉庫が製造した米
 ぬか油中に熱媒体として使っていた鐘淵化学工業
 製のポリ塩化ビフェニール(PCB)が混入したこと
 による中毒事件。西日本一帯で、吹き出物や痺れな
 どの被害が続出し、届け出は約 1 万 4 千人に上っ
 た。

¹⁴ ある同一の時点に由来する一群について時間を
 追って継続的に観察追跡する手法。

¹⁵ 米国ロングアイランドで Woodwell らが 1967 年に DDT 残留を調べたものでは、沼の水で 0.00005ppm であったものがプランクトンで 0.04ppm、ある種のエビではその 4 倍、食物連鎖でその上位に位置するササゴイ、アジサシでは更に濃縮が進み、カモメの類 (*Larus delawarensis*) の幼鳥では 75.5ppm プランクトンから比較して 2,000 倍もの濃縮があり、もとの水中濃度から実に 100 万倍以上となっていることが示された。

¹⁶ 健康影響の観点から 1 日当たりこの量までの摂取が耐容されると判断される量。本来混入されることが望ましくない環境汚染物質などの場合に用いられる。摂取する利益が無いことから一般に暴露量は最小限に押さえられることが望ましいとされる。

¹⁷ WHO ワーキンググループ(1987)：「母乳中にはダイオキシン類及び PCB が含まれているが、母乳栄養には乳幼児の健康と発育に関する利点を示す明確な根拠があることから母乳栄養を奨励し推進すべきである。」 WHO 欧州地域事務局(1994)：1987 年勧告を再検討した結果「現在までに利用可能なデータからはこの勧告を変更する理由はなく、また、現時点では母乳栄養の制限や特別な食品の代替化の必要性を判断するだけの知見もない」とし母乳栄養の推進を勧告した。 オランダダイオキシン評価委員会(1996)：「ダイオキシン類が含まれる母乳栄養は調合乳栄養に比べると発達の面からはより満足すべきものであり、ダイオキシン類の暴露を低減させる手段として母乳栄養を減らすことは正しい方法ではなく乳幼児に母乳栄養と調合乳栄養の何れを選択するかという母親の自由を制限する理由はない。」

¹⁸ デンマークでの実際の都市ごみ焼却炉を用いて PVC の添加を行った "Incinerator Dioxin Program" やドイツのバイロイト大グループによる流動床燃焼装置を用いた実験など、いくつかの報告がなされているが PVC の影響については報告書により異なっている。

最近では、1995 年に米国機械工学会(ASME)が「ごみの中の塩素含有量とダイオキシン発生に相関関係は無い」とした報告書発表したのに対し、1997 年 4 月にグリーンピースは同報告内容を否定する報告書を発表した。

¹⁹ 発熱量 11,000kJ/kg 以上、燃焼効率 75%以上との条件がある

の条件がある

²⁰ EPA では病院、診療所、医療系廃棄物焼却施設を対象とする医療廃棄物の焼却基準も制定している。これは、煤塵に含まれるダイオキシン類や SO_x、NO_x、塩化水素、重金属類、飛散灰などを対象としたもので、焼却炉の新設、既設、規模別に放出基準値が定められている。ダイオキシン類の放出基準値は、既存施設で 2.3~15ng/Nm³ であり、新規施設で 0.6~2.3 ng/Nm³ である。

²¹ 厚生省の調査によれば、1997 年 12 月末現在で市町村の設置する一般廃棄物の最終処分場全国 1,901 施設のうち、必要な遮水工または浸出液処理設備が設置されていない処分場が 538 施設(全体の約 28%)存在することが判明した。また、焼却灰を野積み等不適切に保管している事例が 19 件あった。

²² 1997 年 9 月末現在で全国にある市町村のごみ焼却施設 1,641 のうち 1,549 施設についてダイオキシン類濃度の報告がなされた。緊急対策の基準値 80ng/Nm³ を超えた施設は 107 あり、休止が 13 施設、廃止が 12 施設、すべての施設について燃焼管理の適正化等の対策が取られ、再測定の結果 80ng/Nm³ 以下となったことが確認された施設が 65 施設あった。

²³ 廃棄物から取り出した可燃性物質を加工して固体の燃料としたもの。処理工程は、粉碎、粒度調整、乾燥、成形、固化からなる。メリットとしては減容化による輸送・保管効率の向上、分別システム不要、燃焼カロリー調整が容易であり、燃焼機器への投入も容易である点が挙げられている。RDF 化施設の導入にはある程度の広域化と固形燃料受入先確保が必要となる。

²⁴ 溶融固化物は溶融スラグとも呼ばれ、1,200 度以上の高温条件において焼却灰が加熱・溶融され、冷却固化したもの。焼却灰中のダイオキシン類は熱分解し、溶融固化物中にはほとんど残存しない。

²⁵ イギリスの公的セクター改革の一つで、道路、病院、橋、刑務所といった社会資本、公共資本を必要とする政府サービスについて民間に可能な限り設備の設計、資金調達・建設、運営を任せ、公共セクターがそこからサービスを購入することにより、より高品質かつ国民の税の対価としてもっとも価値のある公的サービスの提供を目的とするもの。

²⁶ 一般的な生活環境から偏りのある環境として二

つのケースを想定している。魚の摂取量の多い集団として平均的な量の約 2 倍程度の 1 日に 180 g 以上の魚を摂取する人、ごみ焼却施設の周辺環境。

²⁷ ボパール事件(1984)：インド・マドヤプラデシ州ボパールの農薬工場でイソシアン酸メチルの漏出事故が発生した。約 23t のイソシアン酸メチルがボパール市街に流出し、死者約 3,300 人、被災者約 20 万人という大惨事となった。事故を発生させたのは米国のユニオンカーバイド社の現地法人であった。事故から 3 ヶ月後には被害者側から総額 1,500 億ドルに及ぶ損害賠償請求訴訟がユニオンカーバイド社に対して提起された。インド政府は、「政府のみが被害者の代理人」と定める法律を定めた上で 33 億ドルの損害賠償金の被害者への支払を求めて提訴した。1989.2.14 インド最高裁の斡旋により補償金 4 億 7 千万ドルで和解成立。このほかにユニオンカーバイド社は患者治療の為の病院建設費用として 1,900 万ドルをインド政府に寄付している。

²⁸ ケニアのナクル湖国立公園は、100～200 万羽のフラミンゴと 450 種以上の鳥類の生息地であり、1990 年に国際的に重要な湿地帯としてラムサール条約に登録されている。ナクル湖は工業化と都市化の進展により化学物質による汚染が進んでいることが指摘されており、フラミンゴの固体激減なども生じている。これに対し 1996 年 6 月に地方政府、中央政府、地元産業界、科学者、NGO からなるナクル地区環境管理委員会のサブグループとして P R T R 運営グループが発足し、P R T R 確立への取組みが進められている。

²⁹ 企業は、TRI が企業イメージへ与える影響を強く意識し、企業の有害化学物質排出量削減に対する自主的な取組みが促進された。EPA は TRI のデータに基づき、特に優先度の高い 17 物質を対象に 1988 年の排出量を基準に 1992 年までに 33%、1995 年までに 50% 排出量削減をする「33/50 プログラム」を実施した。約 1,300 社の企業が参加し、スケジュールを 1 年前倒しで計画が達成された。

³⁰ 米国の投資家責任調査センター (Investor Responsibility Research Center) は機関投資家向けに企業の環境に関する姿勢を TRI のデータを分析して評価し提供している。