

環境ホルモン研究の現状 1

齋藤 満里子*

Recent Studies on Endocrine Disruptors 1

Mariko Saito

要 旨 大量生産、消費、さらに投棄された合成化学物質が極めて低濃度で生物の健康や生殖機能に世代を越えて悪影響を及ぼすことが明らかにされつつある。

本報告では、こうした環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）の発見の歴史を述べ、次に、野生生物への影響のこれまでの報告例、生体内での作用について特徴と分類をまとめた。生態系で野生生物が激減する現象が世界各地で確認されている。また、環境ホルモンが内分泌の攪乱だけでなく免疫系や神経系の機能にも影響を及ぼしている可能性を指摘した。環境ホルモンの中で最も毒性の強い合成化学物質の一群であるダイオキシンについて、その発生源（日本では90%以上が廃棄物焼却炉）、生体への摂取ルート、さらにヒトへの影響を述べた。母乳中の脂肪成分（ヒトの場合3.5%程度）の中にダイオキシンを含む環境ホルモンは濃縮されて乳児へと移行する。これが世代を越えた環境ホルモン汚染の一例である。ダイオキシンの毒性は、急性致死毒性、催奇形性、および発がん性であり、さらに最近ではアレルギー性疾患の原因にもなると報告されている。

1. はじめに

環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）という言葉が現代社会に仲間入りしてから、早いもので3年が過ぎようとしている。以前は環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）の多くは女性ホルモ的な（エストロゲンのように）作用するので、「環境エストロゲン」と呼ばれていた。1988年ころからアメリカ国立環境保健研究所（NIH、国立保健研究所の所属）において、有機塩素系農薬のDDT、PCB、ダイオキシンなどの化学物質が「環境エストロゲン」としてヒトの生殖器のガンにどのように関係しているかについて研究を進めていた。日本では1997年5

月にこの問題を取りあげたNHKの科学番組『サイエンス・アイ』の中でこの問題が取り上げられて、「環境ホルモン」という表現が初めて登場した。これがきっかけとなって「環境ホルモン」という言葉が現代社会にその関心の広がりとともに浸透していくことになったと考えられている¹⁾。

「環境ホルモン」に対する一般の関心はとても高いものの、これに関しての研究は始まったばかりと表現しても良いほどである。自然の生態系に起こっている様々な異常現象が、「環境ホルモン」に起因するものであり、さらにどのような化学物質によるものかを調査するのに今まで時間のほとんどが費やされている。「環境ホルモン」に所属する一部の化学物質についても、比較的短時間の動物実験結果が報告されているが、それをヒトにあてはめて考えるにはあま

* 本学助教授 応用生物化学

りにも短絡的である。ましてや、世代を越えたヒトへの影響となるとかなりの時間を待たなければならぬ。つまり、今の状況は、「環境ホルモン」の情報が不足している。しかし、一部の報道では、まるで明日にも人間に奇形や不妊やガンが急増して子孫が残せなくなる、というような表現をしていることもある。確かに予想される危険性はあるものの、つねに冷静に関心をもって状況を見つめつつ、化学物質に依存する便利で豊かで快適な生活を、健康のため子孫のためにもう一度考え直すことが求められている。

地球温暖化やフロンガスによるオゾン層の破壊と同じように大きな地球環境問題として、「環境ホルモン」について現状で分かっている情報を整理するとともに、いまの自然生態系に起こっている異常現象をいくつか調査し紹介する。また「環境ホルモン」の中でダイオキシンを中心に、生体への影響について現時点で明らかにされている研究結果を報告する。

2. 発見の歴史

合成化学物質のほとんどは20世紀の後半に大量に使用されるようになり、その結果人間は、豊かで便利で快適な生活を手に入れることが可能になった。しかしこれらの多くはいずれは廃棄されることまでを考えて作り出されたものではなく、ひたすら豊かで便利で快適な目的のために作られたものである。これらのうち、自然環境の中で分解することが難しい（つまり難分解性の）ものは、廃棄された後は環境にそのまま残留するが、脂溶性のものは自然生態系の食物連鎖によって生物濃縮を繰り返すことになる。自然生態系の食物連鎖の頂点に立つ生物は何であるか、言わずと知れたことである。

合成化学物質の環境汚染を初めて指摘したのは、今から40年近く前の1962年にアメリカのレイチェル・カーソン女史が著した本『沈黙の春』²⁾ においてである。この本では、DDTなどの農業

表1 主な野生生物への合成化学物質の影響
(環境庁のデータを一部改正)

生物種	場所	影響	推定原因物質
イボニシ(貝類)	日本の海岸(1994)	オス化、個体数の減少	有機スズ(船底塗料)
ニジマス(魚類)	イギリスの河川(1985)	メス化、個体数の減少	ノニルフェノール
ローチ(♂)コイの一種	イギリスの河川(1994)	雌雄同体化	ノニルフェノール
サケ(♂)	アメリカ五大湖(1992)	甲状腺過形成、個体数の減少	特定できず
アリゲータ(爬虫類)	アメリカフロリダ(1994)	オスのペニスの矮小化、 卵孵化率低下、個体数減少	有機塩素系農薬
カモメ(鳥類)	アメリカ五大湖(1986, 89)	メス化、甲状腺の腫瘍	DDT, PCBなど
アジサシ(♂)	アメリカミシガン湖(1989)	卵孵化率低下	DDT, PCBなど
ハクトウワシ(♂)	アメリカ五大湖、フロリダ	卵孵化率低下、不妊	DDT, PCBなどの可能性
アザラシ(哺乳類)	オランダ(1986)	個体数の減少、免疫機能の低下	PCB
シロイルカ(♂)	カナダ(1995)	個体数の減少、免疫機能の低下	PCB
バンドウイルカ(♂)	アメリカ東海岸、メキシコ湾	大量死	特定できず
スジイルカ(♂)	地中海	大量死	特定できず
カワソ(♂)	アメリカ五大湖	繁殖激減	魚の中のPCBの可能性
ミンク(♂)	アメリカ五大湖	繁殖激減	魚の中のPCBの可能性
フロリダパンサー(♂)	アメリカフロリダ	潜伏精巣、精子の異常、不妊	特定できず
ピューマ(♂)	アメリカ(1995)	停留精巣、精子数の減少	不明
ヒツジ(♂)	オーストラリア(1940年代)	死産の多発、奇形の発生	植物エストロゲン(クローバーによる)

表2 報道で取り上げられた環境ホルモン
(環境庁の研究班による中間報告を改正)

合成化学物質名	用途	存在状況	現 状
ダイオキシン	化学物質の合成過程や、廃棄物の燃焼後の冷却過程で非意図的に発生	底質 (*) 魚類 大気	全面生産禁止
PCB ポリ塩化ビフェニール	熱媒体、ノンカーボン紙、絶縁材料 農薬の効力持続剤、難燃材など	底質 魚類など	1972年に生産禁止
DDT ジクロロフェニルトリクロロエタン	有機塩素系殺虫剤	底質 魚類など	1981年に生産禁止
ビスフェノールA	ポリカーボネート樹脂 エポキシ樹脂の原料	底質 水質	年間使用26万トン
アルキルフェノール類	油性フェノール樹脂 界面活性剤など	底質	年間使用1万トン
DES ジエチルスチルベストロール	人工女性ホルモン剤 経口避妊薬、流産防止など	なし	1971年に使用禁止
トリブチルスズ	船底塗料や漁網の防汚剤	底質、水質 魚類など	1990年に外航船以外の使用禁止
ノニルフェノール	界面活性剤など	底質	年間使用2万トン

(*) 底質：川の底の泥

(合成化学物質)が農地(土中)に残留し、虫がいなくなり、その虫を食べる鳥が消え、春のさえずりがなくなるだけでなく、いずれは人間にも発がん性の問題へと広がることを予見している。

『沈黙の春』をきっかけとして、アメリカでは環境保護庁(EPA)が設立され、やがてはDDTの製造中止に結びついていくことになる。現在のクリントン政権の副大統領のアルバート・ゴア氏が環境問題に積極的で、1992年に『EARTH IN THE BALANCE』という本を著し、また1994年の『沈黙の春』の30周年記念版に序文も寄せている。『沈黙の春』が合成化学物質による発がん性を指摘してから、世界で発がん性への関心が高まったが、1996年3月に出版された『OUR STOLEN FUTURE』³⁾という本(この本にもゴア副大統領が比較的長い序文を寄せている。欧米や日本でベストセラーになった本)によって合成化学物質による新たな毒性が「環境ホルモン」として登場することになる。

『OUR STOLEN FUTURE』は3人のそれぞれ専門分野の異なった著者、女性科学者シア・コルボーン(パンダのマークで知られている世界自然保護基金の科学顧問)、女性ジャーナリストのダイアン・ダマノスキ(地球の環境問題が専門分野)、動物学者ジョン・ピーターソン・マイヤーズ(環境保護と核廃絶を目的とした私立財団の代表)による共著である。この本の序文で、ゴア副大統領は「環境ホルモン」という言葉の原型ともなる次のような解説をしている。

「(中略)今、主要医学雑誌に不吉な影を漂わせているのが、ホルモン作用攪乱物質とそれがヒトの生殖能力に及ぼす影響という研究テーマである。しかもこれには、次世代への影響という問題までが絡んでいる。(中略)子供は、出生時ないしは発育時に、ホルモン様活性化化合物の被害を受ける危険性が高いからである。またヒトと野生生物に及ぼされる被害に共通する要素を探り当てることも大切だ。」

これまでの合成化学物質の毒性は発がん性で

表3 ホルモンの作用と過不足による疾患

ホルモン名	部位	主な作用	分泌過剰の疾患	分泌不足の疾患
成長ホルモン	脳下垂体	・成長の亢進	・巨人症 ・末端肥大症	・小人症
甲状腺ホルモン	甲状腺	・代謝の亢進 ・知能、成長の調整	・甲状腺機能亢進症 (バセドウ病)	・甲状腺機能低下症
インスリン	膵臓	・血糖の低下	・低血糖症	・高血糖症 (糖尿病)
副腎皮質ホルモン	副腎	・代謝、免疫などの調整 ・ストレス反応	・クッシング症候群	・アジソン病
エストロゲン (女性ホルモン)	卵巣	・女性化 (月経、乳腺) ・卵子の発育 ・排卵	・子宮内膜症 ・膣がん、乳がん ・不正出血	・女性器の発育異常 ・月経不順
アンドロゲン (男性ホルモン)	精巣	・男性化 ・精巣の発育 ・精子合成	・二次性徴の早期出現	・男性器の発育異常 ・無精子症 ・睾丸性女性化症候群

あったのに対して、この本では、合成化学物質がホルモンのように生体内で作用し、生物の内分泌を攪乱した結果観察されている野生生物の様々な異常は、決してヒトとは無関係ではないことを指摘している(表1、表2)。特にこの数十年成人男性の精子数の減少(これには、変化していないという報告もある)や成人女性に乳がんや子宮内膜症の患者が増えていることと、フロリダの湖に棲息するアリゲーターのペニスの退縮や個体数の減少、ミシガン湖の養殖ミンクの不妊など報告されている野生生物の異常と何らかの関係があると指摘している。

3. ホルモンと環境ホルモン

ホルモン(Hormone)はギリシャ語の「刺激する(Hormao)」という言葉に由来している。ホルモンは内分泌器官から血液中に分泌され、

血流とともに標的器官に運ばれる。運搬された先の標的器官の細胞表面や内側にあるホルモンレセプター(ホルモン受容体)と結合して活性化し、細胞の核に作用して遺伝子情報を担うDNA(デオキシリボ核酸)に目的の情報を伝達し、必要なタンパク質を合成させる。この後ホルモンは分解され消滅する。このような仕組みによって、ホルモンは、動物の生まれてくる発生過程での組織の分化や成長、生殖機能の発達、恒常性などをコントロールすることによって重要な機能を果たしている⁴⁾。主なホルモンの作用と過不足による疾患を表3に示す。

ホルモンの特徴のうち大切なのは、ごく微量で作用することである。血液中のホルモンの濃度は、ppbからpptのオーダーになる。よく耳にするppmは、百万分の1の濃度で、1tの水に1gのものが溶けていると1ppmとなる。大気や水質などの環境基準(人の健康を保護し、生活環境

を保全するうえで、維持されることが望ましい基準)で 사용되는ことの多い濃度である。これに対して ppb は 10 億分の 1、ppt は 1 兆分の 1 という濃度を意味し、実に ppm の百万分の 1 も小さい。大体縦 500 m、横 200 m、深さ 10 m のプールに固形スープの素 1 個 (1 g) を溶かしたような極めて低い濃度である。ホルモンと同様に環境ホルモンもこの程度の濃度で作用する可能性が十分に予想される。また最近のホルモン研究によって、神経、内分泌、免疫系が一体となりホメオスタシス (恒常性) を維持していることが明らかになり、環境ホルモンが、内分泌の攪乱だけでなく免疫系や神経系の機能にも何らかの影響を及ぼしている可能性も否定できなくなっている。

4. 生体内での作用

生物の体内に取り込まれた環境ホルモンは、次にあげるいずれかの方法で作用することが判明している⁵⁾。

(1) ホルモンレセプターに結合して作用するもの

① 本来のホルモンと同じ作用をするもの

(アゴニスト)

ジエチルスチルベストール (DES)、水酸化 PCB、ビスフェノール A など
いずれもエストロゲン作用

② 本来のホルモン作用を抑制するもの

(アンタゴニスト)

p,p'-DDE、抗アンドロゲン作用

(2) 間接的に作用するもの

③ ホルモンの生合成を阻害するもの

トリプチルスズ (有機スズ)、アロマターゼを阻害して、エストロゲンを減少させる。

④ 輸送中の血中ホルモンを低下させるもの

ダイオキシン、PCB

ホルモン結合タンパク質に作用して甲状腺ホルモン (T4) を減少させる。

⑤ 代謝により血中ホルモンを減少させるもの

ダイオキシン、PCB

代謝酵素を誘導してエストロゲンを減少させる。

⑥ その他

5. ダイオキシン

ダイオキシンの正式な名称は「ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン (PCDD)」(ジオキシン、dioxin をドイツ語で発音するとダイオキシンとなる) といい、75 種類の異性体が存在する。これにダイオキシンと生体への作用や発生源の似たポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) の 135 種類と、13 種類のコプラナー PCB を含めた総称を「ダイオキシン類」と呼んでいる (図 1)。これらの中で 2,3,7,8-四塩化ダイオキシン (2,3,7,8-TCDD) は最も毒性が強く合成化学物質の中でも最強の毒性と考えられている。サリンの約 2 倍、青酸カリの約 1 万倍の強力な毒性で 1 g で 1 万人の殺傷力をもっている。一般にダイオキシンの毒性を評価するときには、この 2,3,7,8-TCDD の毒性に換算することが多い。

5-1 ダイオキシンの発生

ダイオキシンは、意図的に作られたものではなく、有機塩素系の農薬 (主に除草剤の PCP や CNP) に不純物として含まれていたものだが、これらは現在日本でいずれも使用禁止になっている。ベトナム戦争でアメリカ軍が空中散布した枯れ葉剤 (エージェントオレンジ、通称オレンジ剤) の中にもダイオキシンが含まれており、1962 年から 1970 年にかけて 2,3,7,8-TCDD に換算して 100~170 kg のダイオキシンが散布されたことになる。この結果、オレンジ剤の散布された

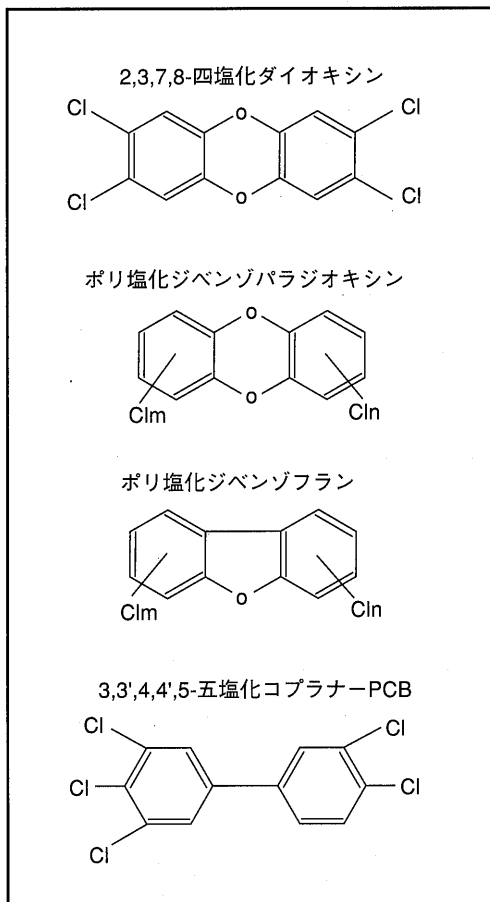


図1 ダイオキシン類の構造式

地区では肝臓がんや流産が通常の2.2～2.7倍で確認され、二重体児や無脳症など多くの先天異常児や奇形児の発生率が通常の13倍の高率で多発している。オレンジ剤を扱ったアメリカ軍兵士の妻1545人を対象に行なわれた調査でも、不妊症、早産、流産などの発生率が高く、奇形児の発生率は普通の人々の15倍にも達している⁶⁾。

環境庁によると、日本におけるダイオキシンの発生源は90%以上が廃棄物焼却炉によるものとしている。全国で1年間に出る一般ゴミは約5000万t、このうち焼却されるものは約7割(東京ドームの約100杯分に相当)になる。

ダイオキシンは焼却温度が低いと発生量が増加する。ダイオキシンを分解処理するには、

1000～1500℃の高熱が必要なため、間欠運転する焼却炉の方が高温で連続運転する全連続炉より、低温で焼却する時間が長い分だけ多くダイオキシンを発生してしまうことになる。特に燃えはじめの300～400℃のとき、燃焼中に新しい廃棄物を投入して炉内の温度が下がったときに生成されると考えられる。

ポリ塩化ビニル樹脂やポリ塩化ビニリデンなどの塩素を含むプラスチック製品は、焼却すると大量のダイオキシンが発生することで問題視されて久しい。ポリ塩化ビニル樹脂で作られた塩ビ製品はレインコート、傘、消しゴム、ホース、造花など生活の中にあふれている。また、ポリ塩化ビニリデンはラップの成分として毎日大量に使用され廃棄されている。一般ゴミの焼却で発生するダイオキシンは国内で年間10kg、そのうち国土に降り注ぐ量は年間1.3～1.4kgになり、ベトナム戦争年間散布料の約1割に相当する⁴⁾。

5-2 生体への摂取ルート

環境ホルモンの中でも特にダイオキシンが、日本で深刻に受け止められている理由の1つは、自分の出したゴミから発生したダイオキシンを自分の体内に知らぬ間に取り込んでいる、という点にある。ダイオキシン汚染というと、ゴミ焼却施設周辺の大気、水、土壌に関心が集まりがちであるが、ダイオキシンに汚染された食物からの摂取の方がはるかに量が多く重大な影響を与えている。自然界では、まず水中の食物連鎖を通して生物濃縮が起きるので、魚介類、特に小魚よりも大型の魚、また野菜類よりも肉類や乳製品の方が多くのダイオキシンを含んでいる。

厚生省が1992年～1995年に調査した結果によると、250種類の食品試料中の110試料がダイオキシンに汚染されており、中でも沿岸産魚介類に含まれる濃度が高い。日本人の食物全体に占める魚介類の割合から考えると、食物から摂取するダイオキシンの60%は魚介類を経由するものと考えられる。日本の近海魚に含まれるダイ

表4 市販魚中の(PCDD+PCDF)濃度 (pgTEQ/g湿重量)

(TEQ: 2,3,7,8,-TCDD毒性等価量)

魚種	濃度	魚種	濃度
近海魚		外国産	
サバA	0.10	アカスエビ(中国)	0.17
サバB	0.54	エビ(小)	0.00
サバC	2.16	ブラックタイガー	0.01
ハマチA	0.61	イカ(冷凍、南太平洋)	0.00
ハマチB	1.20	シシャモ(北欧産)	0.31
ハマチC	1.10	キス(オーストラリア)	0.00
マイカ(生、沿岸)	0.12		
白魚(愛媛)	0.22		
マイワシ(沿岸)	1.95		
平均	0.89	平均	0.08

(宮田秀明:食品中に含まれるダイオキシン,化学,52,1997)

ると脂肪に蓄積される。哺乳類の母乳中の脂肪含有率は、人間の場合3.5%程度である。他の成分としては水分、タンパク質、糖質、無機質などである。母乳中の脂肪成分の中にダイオキシンを含む環境ホルモンは濃縮されて乳児へと移動する。ダイオキシン類の1つであるジベンゾフランの胎盤から子供への移動と、母乳から子供への移動を調べてみると、ハツカネズミの実験では母乳からの移行の方が胎盤からの移行に比べて400倍も多い結果が出ている⁷⁾。この結果を人間場合で考え合わせると、乳児は母乳を通じて短期間に高濃度のダイオキシン類を摂取していることになる(表5)⁸⁾。逆に、母親は授乳期間に平均して約40%のダイオキシン類の汚染濃度が減少する。日本の母乳のダイオキシン汚染濃度の平均値はおおよそ1pg/g (ppt)であるため日本の乳児は体重1kgあたり約120gの母乳を飲むと考え、母乳からの摂取量は120pgとなる。成人の摂取許容量10pgの12倍に相当する。子供は母親のダイオキシン汚染の一部を母乳を通して受け渡される、という世代を越えた環境ホルモン汚染の一例をここにも見ることができる。

5-3 生体への影響

ダイオキシン(2,3,7,8-TCDD)の毒性は、急性致死毒性、催奇形性、および発がん性であるが、特徴的なことは、生物種により、感受性に大きな差がみられることである。動物実験のなかでもっともダイオキシンに弱い生物はモルモットで、体重1kgあたり1 μ gで約半数が死亡する。もっとも強い動物はハムスターで5000 μ gであり、5000倍の感受性の差がみられる。ヒトについてのデータはないが、サルでは、50~70 μ gと報告されている⁹⁾。妊娠したマウスに半数致死量の10%を1回与えると、口唇裂、口蓋裂などの奇形が高率でみられ、サルでは奇形はみられず、流産が観察された⁹⁾。

動物実験でみられるダイオキシンの主要な標的組織の一つは甲状腺であり、ヒトにも同じ可能性があると考えられる。ダイオキシン類に汚染された母乳で育てられた乳児(1歳前後)の血液検査によって甲状腺ホルモンレベルを観察すると、2種類の甲状腺ホルモン(トリヨードチロニンT₃、チロキシンT₄)の両方とも低下し、これを補うために脳下垂体から甲状腺刺激ホルモン(TSH)が血液中に分泌されることが観察された⁷⁾。乳児期ではなく、胎児期に甲状腺ホ

表5 乳児の1日推定摂取量と1日摂取許容量（文献⁹⁾より抜粋）

合成化学物質	母乳の濃度 (ppb)	1日の推定摂取量 ($\mu\text{g}/\text{日}$)	1日の摂取許容量 ($\mu\text{g}/\text{日}$)	1日の推定摂取量 1日の摂取許容量
BHC	48	28.8	—	—
DDT	76	45.6	100	0.5
ディルドリン	0.8	0.48	0.5	1.0
ヘプタクロールエポキシド	0.4	0.24	2.5	0.1
ヘキサクロロベンゼン	1.2	0.72	3	0.2
クロルデン	6	3.6	2.5	1.4
PCB	12	7.2	25	0.3
ダイオキシン類 (2,3,7,8-TCDDとして)	1.5×10^{-3}	9×10^{-4}	$5 \times 10^{-5} \sim 10^{-6}$	18 ~ 180

ルモンの低下や欠損がある場合、クレチン症（先天性甲状腺機能低下症）を発症し、身体の発育が抑制されたり精神薄弱にもなるため、誕生後の早期に治療が必要となることが知られているが、乳児期の影響については今後の研究が求められている。

子宮内膜症とダイオキシンの関係についてはアメリカのウイスコンシン大学の研究グループにより発表された結果がある¹⁰⁾。アカゲザルに4年間5pptのダイオキシン（えさ1gあたり5pg）を毎日与え10年後調べると、71%のサルが中程度の子宮内膜症を発症していた。また、25pptのダイオキシン入りのえさを与えた場合は発症率が86%であった。ダイオキシンの含まれていないえさを与えた結果は33%である。

ダイオキシンはまた、神経、免疫系にも影響し¹¹⁾、アレルギー性疾患の原因になるとも考えられている。厚生省が1992年に発表したアトピー性疾患実態調査報告書によると、母乳育児と

人工乳育児のアトピー性皮膚炎発症率は、12ヵ月までの月齢の患者では前者が6.8~8.1%であるのに対して後者は5.4~6.4%であった。

6. ヒトへの影響

環境ホルモンがヒトの健康に関連していると疑われているものを次にあげる。

- (1) 精子数、精子運動能の低下、精子奇形率の上昇
- (2) 精巣がん、前立腺がんの増加
- (3) 子宮内膜症、不妊症の増加
- (4) 子宮がん、卵巣がん、乳がんの増加
- (5) 外部生殖器の発育不全、停留睾丸

(6) アレルギー、自己免疫疾患

(7) IQの低下

(8) パーキンソン病

上記のすべてが環境ホルモンと関連する可能性は十分あるが、ヒトへの影響については、環境ホルモンの曝露量の評価も不十分であるだけでなく、食生活、住環境を含めたライフスタイルの変化などとの関連も影響すると考えられるため、今後の研究や調査が必要である。

7. まとめ

20世紀後半に大量に生産、消費された合成化学物質の不用意な廃棄によって、いま、極めて低濃度で生物の健康や生殖機能に世代を越えて悪影響を及ぼすものがみつき、生態系で野生生物が激減する現象が世界中の各地で確認され報告されている。とくにダイオキシンは、非意図的に生産されたものであるが、その毒性は合成化学物質の中で一番強い。空気、土壌、水が汚染され、生物濃縮された結果食物連鎖の頂点にいるヒトも汚染されていることが明らかである。近年増加傾向にあって問題視されているクレチン症、子宮内膜症、アレルギーを含む自己免疫疾患などと何らかの関連があると考えられる。

引用文献

1) 中原英臣：環境ホルモン入門(KKベストセラーズ)，

東京，13，(1998)

- 2) レイチェル・カーソン：沈黙の春(ホートン・ミフリン社，新潮社)，アメリカ，(1962)
- 3) シーア・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)，東京，(1997)
- 4) 大石正道：ホルモンのしくみ(日本実業出版社)，東京，(1998)
- 5) 松尾昌季：合成化学物質とホルモンの類似性を探る，化学，53，23-26，(1998)
- 6) 中原英臣：環境ホルモン入門(KKベストセラーズ)，東京，115，(1998)
- 7) 長山淳哉：ダイオキシン類と甲状腺機能の低下，化学，53，23-26，(1998)
- 8) 宮田秀明：ダイオキシン関連物質による食品及び人体への汚染，環境科学，1，275-290，(1991)
- 9) 森田昌敏：ダイオキシンの化学とその毒性，化学，52，15-19，(1997)
- 10) S.Rier, D.Martin, R.Bowman, W.Dmowski, and J.Becker: Endometriosis in Rhesus Monkeys (Macaca mulatta) Following Chronic Exposure to 2,3,7,8-Tetra-chlorodibenzo-p-dioxin, *Fundamental and Applied Toxicology*, 21, 433-41, (1993)
- 11) 井口泰泉，吉田昌史：「環境ホルモン」を正しく知る本(中経出版)，東京，(1998)

参考文献

- 1) 立花隆：環境ホルモン入門(新潮社)，東京，(1998)
- 2) 本間善夫，川端潤：動く分子事典(講談社)，東京，(1999)
- 3) 井口泰泉，他：環境異変の危機，ニュートン，18，42-53，(1998)
- 4) 井口泰泉：環境ホルモン問題を整理する，現代化学，No.331，24-31，(1998)
- 5) 久野勇：警告「環境ホルモン」本当の話(小学館文庫)，東京，(1999)