

☒ 12

Agent	Quantity of herbicide used (kg/ha)		Note
	in US Agriculture	in Vietnam War	
Orange	2.2	15-30	15 fold higher
White	0.6	16-18	30 fold higher
Blue	5.6	3-8	1/2 fold higher

the International Peace Institute in Stockholm(SIPEI)からの報告は、実際に使用された量が米国国防総省によって設定されたレベルよりも高い事を示す。

☒ 13

Agent	Orange	White	Blue
Clearing tropical dense forest	18-36kg/ha	15-26kg/ha	8kg/ha
Destroy crops	12	15-26	8
Destroy rice	60	15-26	4

化学薬品 2,4,5-T は、米国での使用が 1970 年 1 月 1 日から禁止されたが、アメリカはベトナム南部において、アメリカの農業で使用されるよりも 5~10 倍高い投与量でそれを散布し続けた。

1970 年の 3 月 30 日、アメリカの新聞 Express News は、2,4,5-T は Thalidomide(禁止された形式の産児制限)よりもはるかに危険であり、奇形を引き起こす場合があることを掲載した。

1970 年 12 月 12 日のパリでの記者会見、ベトナムでの化学戦争についての科学者の国際会議で、アメリカ人の Pfeifer 教授はアメリカの化学物質の非常に高い用量での使用を糾弾した。

「農業で使用する 13~14 倍も高ければ、多くの害を引き起こす。」

英字新聞、タイムズ(1970 年 12 月 28 日)によると、1962 年の散布量を内輪に見積ってもベトナム南部の 1/8 の面積 (500 万エーカー以上(200 万ヘクタール以上)) に、アメリカの農務省が U.S に許可している用量よりも 15 倍も高い用量の除草剤を散布した。

2.3.4 除草剤中のダイオキシンの量(注 2)

Westingによると、1立方メートルの枯葉剤は平均4グラムのダイオキシンを含んでいる。しかしながら、Westingは、いくつかの合成化学物質では、それが10~20倍も高い可能性を示唆し、計算によると、平均110mg dioxin/haで、散布された領域のダイオキシンは、1ヘクタールあたり1~2グラムを意味し、上の事柄に関し、多くの議論がなされている。

ソ連科学アカデミーのメンバーのFokinによると、ベトナムに散布されたダイオキシンの量を170kgとアメリカ人科学者はしたが、実は500kgであり、彼が計算に用いたのは1960年代の2,4,5-Tの産業生産の水準であった。

しかし、化学工場が、戦争で必要な大量の化学物質を供給するために、技術的な規約を尊重しなかったため、化学物質中のダイオキシンのレベルは、さらに高いはずである。

そのうえに、散布した後に焼夷弾を使用すると、ダイオキシンの量は、散布された領域の環境内でかなり増加している。

(注 2)Dioxin と関連する合成物については、第 3 章を参照のこと。

図 14 第二次インドシナ戦争における南部ベトナムのダイオキシン利用: 大まかな近似

Year	Military Region I	Military Region II	Military Region III	Military Region IV	Total
A: Amount (kg)					
1961	?	?	?	?	?
1962	-	-	0.1	-	0.2
1963	0.2	0.2	0.6	0.1	1.1
1964	0.6	0.8	1.9	0.3	3.6
1965	1.2	1.4	3.6	0.6	6.8
1966	4.1	5.1	12.9	2.2	24.4
1967	7.7	9.6	24.1	4.1	45.5
1968	5.8	7.1	18.0	3.1	33.9
1969	8.1	10.0	25.1	4.3	47.4
1970	1.2	1.5	3.7	0.6	6.9
Total	28.9	35.7	90.1	15.3	170.0
B: Amount per unit area, assuming uniform distribution over the entire region (mg/ha)					
1961	?	?	?	?	?
1962	-	-	-	-	-
1963	0.1	-	0.2	-	0.0
1964	0.2	0.1	0.6	0.1	0.2
1965	0.4	0.2	1.2	0.2	0.4
1966	1.5	0.7	4.3	0.6	1.4
1967	2.8	1.2	8.0	1.1	2.6
1968	2.0	0.9	5.9	0.8	2.0
1969	2.9	1.3	8.3	1.1	2.7
1970	0.4	0.2	1.2	0.2	0.4
Total	10.3	4.6	29.8	4	9.8

注意: およそ 170kg のダイオキシンは直接、南部ベトナムの表面のおよそ 6 パーセント、約 100 万ヘクタールに使用され、大地に直接散布された投与量の平均は 163mg/ha で、散布されたダイオキシンの、およそ 155kg、91 パーセントが森林地、15kg、9 パーセントが農業地に残っている。情報源: Westing(1984、16、17 ページ)

ある一定の領域では、散布する際のアクシデントのため、ダイオキシンのレベルが急激に増加した。

緊急事態や対地放火により、パイロットは迅速に離脱できるように、大急ぎですべての化学物質を落とし、又あるときは、積載された化学物質と共にベトナムの南部のある小さい地域に飛行機が撃ち落とされた(Appendix 1 参照)事件もあった。

2.4 毒性の化学物質の固執

どれくらい期間、環境の中で持続するか、それらの環境を通じた動き、それらが食物連

鎖でどのように人体に取り込まれ、取り込まれた後にどのように代謝するかを知ることは重要である。

ベトナム南部に散布された化学物質の大部分は、比較的短い時間は環境に存在できるようである(Westing)。

植物に最も毒性のある除草剤 2,4-D(使用される化学物質の 48%を占めた)の主要な成分は、観測に基づくと約 1 カ月は活発なままで残っているようで、使用化学物質の 44%を占めていた除草剤 2,4,5-T は、環境に散布された後も 5 カ月は効き目が残っている。

Pichloram(使用される化学物質の 2%を占めた)は、最大 18 カ月も続くとの報告があり、Dimethyl 砒酸(化学物質の 6%を占めた)は、1 週間の間に急速に崩壊するように観られる。

前記のように、化学物質と比べて、ダイオキシンは長い期間、環境と、戦争の間に除草剤にさらされた体に残る。このことは、第 3 章で再び述べる。

2.5 刺激物のガスと催涙ガス

南部ベトナムでの散布された場所では、毒性の化学物質の樽が森から見つかることで、植林や森での仕事、地域開発を妨げていて、経験から、これらの樽の大部分は、刺激物のガスが入っていると考えられる。

以下は、地元の人々がそれらがを発見したとき、それらを扱う方法と、これらの化学物質に関する情報である。

刺激物のガス、asphyxiants、および催涙ガスは、CN、DM、および CS と呼ばれ、1912 年以来 CN は世界中の警察で、暴動の鎮圧などに使用されていて、その化学薬品の名前は chloroacetophenone、または 2chloroacetophenone で、それらは、水に溶けないが、アルコールと溶剤に溶ける。

使用される投与量は 10 分あたり 850mg/立方メートルで、有効な投与量は 0.3mg/立方メートルである。

DM は嘔吐を引き起こし、その化学名前は diphenylaminochlorarsine である。その 27% はヒ素で、致命的な投与量は 10 分間、1500mg/立方メートルである。

CS は CN と DM よりも効果的な一種の催涙ガスで、それは、1928 年、2 人のアメリカ人科学者 Ben Corson、Roger Stoughton によって開発され、CS という名前はそれらの姓の頭文字から作られた。この製品の化学名前は、ortho-chlorobenzylidenemalonotrile である。

CS は毒性の化学物質で、致命的な投与量は 2 万 5000mg/minute/cubic meter で、シアン化物と同じくらい毒性であると考えられる。

1964 年から、刺激物の CN、DM、および CS はベトナムの戦争の間使用された(いくつかのドキュメントが証言、1962 年)。

初めに、米国はそれらの使用をサイゴン軍に与えた。

1965 年 3 月、戦争における毒ガスの使用の世界的な非難の根拠に直面し、ジョンソン政

権は、その戦場の指揮官がこれらの毒ガスは暴動を鎮圧するのに使用されただけであると主張し、「殺さない」兵器を使用する権利を保護する事に最善をつくした。

1965年秋に、この「人道主義」の毒ガスの使用の慎重なりハーサルの後、大量のCSがベトナムに持って来られた。

1964年の記録によると、25万種類の化学物質は11万2500kgであったものが、1969年には最大600万ポンド(270万kg)の量に急増していた。1970年の時点で、使用量は計900万kgで、その時、CSは、アメリカとサイゴン軍、それぞれの武装ユニットの標準装備となっていた。

CSとCNは比較的似た毒性化学物質で、それらは戦争で使用される他の毒ガスと同様の用量で人間には毒性がある。

小さい換気の悪い囲まれた場所では、CS中毒の犠牲者は、数分間の窒息と、肺の厳しいendemaで死ぬことがあり、長期的では、CSとCNは癌、遺伝子の損害、および胎児の不具を引き起こす場合があり、繰り返しさらされると、激しい皮膚炎とアレルギーを引き起こす場合がある。

CSは様々な形態でサイゴン軍隊によって使用され、それは、手榴弾やロケット弾、および迫撃砲の中に詰め込んで打ち込んだり、または防空壕やトンネルにポンプで送ってゲリラ退治に使われた。

終戦から25年たつてはいるが、ジャングルの中を通り抜けていると考えていた輸送トラックや軍の移動を妨げるために、飛行機からばらまいた200リットルの化学薬品の詰まった樽が被害をもたらし続けている

今日、多くの樽が、南部の中央、東の部分に、点在し残っているので、森林製品の開発、植林、新しい経済地域の設置、Dong NaiのTri AnダムやGia LaiのYalyダムのような水道を建設する際の障害となっている。

Csの化学的で物理的な性質：その化学薬品名はO-chlorobenzylidene malononitrile(1)とO-chlorobenzal-malononitrile(2)で、南部で使用された3種類は以下の通りである。

1. CSは40%のocto-chlorobenzylidene manolotritileを含んでいる；残りは不活性である。
2. CS1は湿度を守るための粉で、90%が化学物質、5%が珪石である。
3. CS2は散布して、粉になるとき、散布を簡単にするために珪石と混ぜられた粉である。

CSは耐えられないほど刺激的なおいがあるすべすべとした白くて軽い黄色い粉で、それは比較的容易に燃焼し、有機的な溶剤(エタノール、ベンジン、acetone)に溶け、水にはわずかに溶けるだけで、CS2は特に水には溶けず、水面に浮んでしまう。

CSの粉は空気中に急速度で蒸発と分散し、それは布、綿、および炭に、容易に吸収される。

- ・ 効果の限界 0.05-0.1 mg/cubic meter/minute

- ・ 許容できる限界 1.5 mg/cubic meter/minute
- ・ 致死量 25～150 g/cubic meter/minute、[CS、CS1]
45～75 g/cubic meter/minute、[CS1、CS2]

CS は、アルカリと反応することで、毒性でない製品を生産することができる。
この反応は、解毒剤を作成するのに使用されるかもしれない。

CS の毒性

CS は目の痛みを引き起こし、涙や鼻水を引き起こして、のどを痛めて、皮膚を水腫れにするほど、強い合成刺激物で、不意に大量に吸入してしまうと、中枢神経系に影響し、気を失う可能性がある。

空気 1 立方メートルあたり 0.1～0.5mg の濃度で十分に、刺激、涙、鼻水、のどやけ、および連続したくしゃみを引き起こすことができ、より高い濃度では、胸の痛み、呼吸困難、刺すような皮膚の痛み、嘔吐、鼻と口からの出血を引き起こす。

高い濃度が長期間にわたって吸入されたならば、意識を失うかもしれず、さらに時間内に応急処置が行われなければ、死亡してしまう。

予防、応急処置、解毒

予防

ぬれたハンカチで目、鼻、口をしっかり覆うのが有効で、手足の皮膚は長そでのシャツ、長ズボンで覆われることによって保護される可能性があり、最も良いのはガスマスクと、ゴムズボンとシャツである。

応急処置

CS には、どんな解毒剤もなく、一般的には、その場から素早く去り風上になどに行き、新鮮な空気を吸い、次にすべての症状に対して対応し、呼吸困難には、人工呼吸か酸素吸入を行い、cortizone クリームを皮膚の水腫れに塗る。

まだ点在している CS の樽は、粉の石灰で裏打ちされて、土でよく覆われている深い穴に埋められるべきである。

穴は、石灰が、CS を破壊するために、CS と相互作用するように、作られているべきであり、穴は、水に毒が入るのを避けるために、住宅地域と水源から遠くあるべきで、後になって忘れてしまって、運河や治水計画の時に化学物質が埋まっている領域を深く掘り、樽を傷つけてしまわないように、樽が埋まっている領域は、マークして、その領域の人々が好奇心から掘るのを防ぐために、警告しておくべきである。

第 3 章

ダイオキシンと関連混合物

2,4,5-T で構成される Agent Orange とすべての除草剤には、非常に毒性であり、非常に

安定した化合物を含んでいて、この化合物は一般的に、ダイオキシンと呼ばれる。

除草剤の長期的な効果について研究するとき、ダイオキシンを避けるのは不可能であり、したがって、ここにダイオキシンについて、現在の理解のいくつかを提示するのが必要になる。

Agent Orange とダイオキシンが全く同じであると、誤解している人が多いが、それは、とんでもないことで、ダイオキシンはひとつの要素であり、戦争で使用した枯葉剤エージェントオレンジ等に含まれていた成分で、除草剤 2,4,5-T の汚染物質である。

3.1 ダイオキシンの歴史

除草剤は、1940 年代前半に発見され瞬間から、使用する農夫はもちろん、これを生産する工場の労働者の間にも有害な影響をもたらした。

西ドイツの研究者が、2,4,5-T と共に除草剤の生産工場において、ダイオキシンが労働者に毒性の汚染の原因であることを見つけたのは、1957 年で、中毒の症状は、鼻、目、および耳の周りの皮膚が黒くなるという症状があったが、これらの黒い疵は長くは残らなかった。数カ月後には、治療しなくても、それらは分からなくなった。

1960 年代に、実験用動物の死を引き起こすのにダイオキシンを使用することがあり、その時の分析結果、動物の内臓の検死と実験では、ダイオキシンのどんな跡も明らかにはならなかった。

ガスクロマトグラフィーと大規模分光光学分析(超・透写 CG/MS)の技術が 1970 年代に開発され、世界中の化学者は、マイクロ単位の量の世界で、化学物質を研究することができるようになり、ダイオキシンを、10 億分の一、一兆分の一の単位で測定し、より徹底的に研究することができるようになった。

3.2 ダイオキシンと関連化合物

ダイオキシンの俗称は 2,3,7,8-TCDD(Tetrachloro Dibenzo-p-Dioxin)で、一般的には TCDD として知られている。

そして、我々は、それがとても強い毒で、自然界に存在する一番強力な毒よりも、10 万倍も有害であることを知っている。

そもそも、どのような理由から、20 年前からダイオキシンは世界中の多くの科学者の注意を引き付けたのだろうか、1991 年以來の毎年、ダイオキシンに関連する化学物質の国際会議は開かれていて、会議には世界中からの数千人の科学者が、中毒実験、環境問題、健康への影響から予防法、生化学的研究、ダイオキシンと関連化合物に関する何百もの科学的レポートを提示するために集まっている。

ダイオキシンは戦争で使用された多くの異なった除草剤の成分として存在している：
Agent Orange、Agent Purple、Agent Green

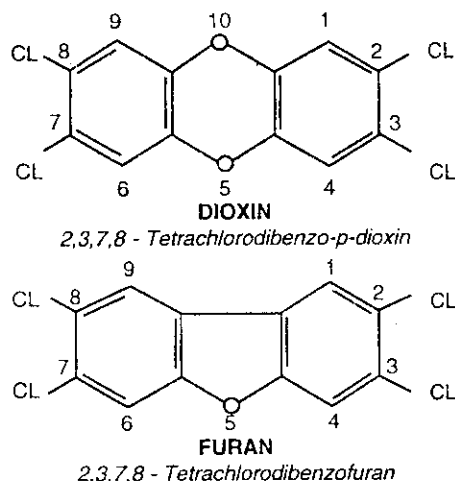
アメリカの見積りによると、およそ 170kg のダイオキシンがベトナムに散布された。

ダイオキシンは、全部で 75 の異性体からなる化学物質の系列に属し、化学式としては塩素原子の数と位置が違うだけである。

これらの異性体の名前は、PCDD(Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin)です。

PCDD は、ハロゲン化芳香炭化水素化合物 (halogenate aromatic hydrocarbon compounds) のグループに属していて、このグループには非常に毒性の強いダイオキシン類化合物がある。

図 15 Dioxin、Furan の化学構造



これらはダイオキシン類が含んでいる成分である。

Furan は、PCDF(Polychlorinated Dibenzo-Furans)としても知られていて(PCDFは 135 の異性体や混合体がある)、PCB(Polychlorinated Biphenyls)は 209 の異性体と混合体があるが、11 種だけがダイオキシンのように毒性である。

さらに、ダイオキシンと furan の化合物、Diphenyl esters、Naphtalen、および Brominate Chloro/Bromo などがある。

ダイオキシンとダイオキシン類の毒性は、細胞の Ah 受容体でタンパク質に連鎖するという作用による毒性である。

3.3 ダイオキシン毒性の換算法(TEF)

化学物質 PCDD、PCDF、および PCB 系列の中で、2,3,7,8-TCDD が最も毒性が強い。

塩素原子(mono-, di- and tri- CDD と CDF)が 1~3 個ある化学物質は非毒性であるとされていて、塩素原子が 5~8 個ある、2,3,7,8-CDD と CDF は毒性が強いが、2,3,7,8-TCCD ほど毒性ではない。

そして、原子が他の位置にあるならば、化学物質は毒性でない。

1989 年、科学者達はサンプルの毒性について計算する仕事を容易にするために、そして毒性比較が容易になるように、統一した計算方法、International Toxicity Equivalency

Factor (I-TEF)を国際的に合意にし、この総会によって設定された規定によると、2,3,7,8-TCDDは強さ1となり;2,3,7,8-PeCDDはPCDDの半分0.5とした。

図 16 CDD と CDFs のための Toxicity Equivalency Factors 国際協定(TEF)

Chemical	Toxicity equivalency
Dioxin	
Mono, Di, tri CDD	0
2,3,7,8-TCDD	1
TCDD other	0
2,3,7,8-PeCDD	0.5
PeCDD other	0
2,3,7,8-HxCDD	0.1
HxCDD other	0
2,3,7,8-HpCDD	0.01
HpCDD other	0
2,3,7,8-OCDD	0.001
Furan	
Mono, Di, tri CDF	0
2,3,7,8-TCDF	0.1
TCDF other	0
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5
PeCDF other	0
2,3,7,8-HxCDF	0.1
HxCDF other	0
2,3,7,8-HpCDF	0.01
HpCDF other	0
OCDF	0.001

図 17 ダイオキシンのような PCB

Number IUPAC	Congeners
77	3,3',4,4' -tetra PCB
81	3,4,4',5 -tetra PCB
105	2,3,3',4,4 -penta PCB
114	2,3,4,4,5 -penta PCB
118	2,3,4,4',5 -penta PCB
126	3,3',4,4',5 -penta PCB
156	2,3,3',4,5 -hexa PCB
157	2,3,3',4,4,5 -hexa PCB
167	2,3,4,4',5,5' -hexa PCB
169	3,3,4,4,5,5 -hexa PCB
189	2,3,3',4,4',5,5'-hepta PCB

3.4 ミクロ量のための単位の測定

日常生活では、我々は非常に少量の測定値にはなじみはなく(100 万分の 1 グラムや、10 億分の 1 グラム、または、さらに小さい値)、これらはミクロ量と呼ばれる。

ダイオキシンは、ミクロ量で、有害な効果を引き起こす事ができる。

以下の図は、わかりやすく、ダイオキシン研究で使用される測定の単位を紹介する。

(重さの普通の単位はキログラムと、グラムと、センチグラムと、ミリグラムで、他方では、ミクロ量は以下の通り測定される)

図 18 マイクロ量の測定値

Unit	Symbol	Percentage
Gram	g	gram
Centigram	cg	gram
Miligram	mg	
Microgram	mg	= 10 ⁻⁶ gram
Nanogram	ng	= 10 ⁻⁹ gram
Picogram	pg	= 10 ⁻¹² gram
Fentogram	fg	= 10 ⁻¹⁵ gram

ミクロ量について計算するために、我々はしばしば以下の記号を使用する

図 19 ミクロ量の割合の記号

Percentage	Symbol
Percent	%
Par per thousand	‰
Part per million	ppm
Part per billion	ppb
Part per trillion	ppt
Part per quadrillion	ppq

3.5 ダイオキシンと関連化合物

ダイオキシンのような物質は、日常生活での使用においては人工物で、それらは、Polichio Naphtalen（第一次世界大戦の間、広く生産された）と PCB(1929 年に生産が始まった)のような物質を含んでいる。

その安定した化学構成と熱に耐えるその性質のため、電気絶縁体、電気変圧器、プラスチック、保温装置、および塗料を生産する産業において、PCB は広く使用された。

PCB の毒性の特性は 1970 年に初めて、発見され、米国は 1977 年にその生産を禁止し、禁止令の前に PCB は、米国で、およそ 65 万トン、世界中で 1500 万トン生産されたと、見積もられる。

PCB の毒性は長く続き、生産された PCB の 20~30 パーセントは、まだ保存されているか、まだ使用されていると見積もられる。

ベトナムでは、それらの出所は、まだ明確ではないが、また、最近の環境研究で PCB の高い濃度が明らかになった。

主に消費者のために生産された PCB とは異なり、PCDD と PCDF は他の役に立つ物質を生産したときの副産物であった。

TCDD[ダイオキシン]は trichlorophenol と除草剤 2,4,5-T を生産する過程で発生し、penta から octa の物質、CDD と CDF(5~8 の塩素原子)は Pentachlorophenol(PCP)の生産時、生み出される。(Pentachlorophenol は、木の防腐剤として使用される)。

以前、我々は、ダイオキシンと furan は限られた数の化学物質に関係するだけだと考えていたが、1973 年、全く予期せずに、我々は金属精製所の煙の中、都市のゴミ焼却炉の煙の中、産業の多くの分野の廃棄物から、ダイオキシンを発見した。

したがって、ダイオキシンは 2,4,5-T と Agent Orange を含む除草剤からだけではなく、我々の産業環境からも生み出されている。

往々にして、森林整備のためや、あらゆる工業用の炎が、ダイオキシンと furan をもたらすように思え、ダイオキシンは、燃えるものなら、どんな時にも生産されてしまうと言う人もいる。

「化学物質は、炎のミクロの要素である」という表現は、これから生まれ、この理論によると、ダイオキシンとそれに関連する化合物は、いつも、燃焼の過程の自然な副産物となる。

しかしながら、我々は最近になりやっと、技術的な進歩のおかげで、非常に微小なレベルの化学分析が可能になり、これまでの理論が間違いであることが分かった。

化学分析は、米国、カナダ、イギリス、フランス、および日本のような産業国に住んでいる人々の体内の PCDD の割合は、インド、中国、およびベトナム北部のような発展途上国よりもはるかに高い事を示す。

1920 年より以前は、北アメリカとカナダの川と湖の泥のダイオキシンと furan は非常に低いレベルだったが、その量は、国の工業開発に伴い 1920~1940 年の間に急騰した。

100~400 年前、死んで、雪に埋まったインディアンの脂肪組織の分析結果では、非常に低いレベルのダイオキシンを示した。

これらの事実で、ダイオキシン、furan、および関連する化合物は工業開発の結果と、工業開発された国の環境問題であるとの結論を我々は出した。

ダイオキシンは除草剤 2,4,5-T 以外にもよって発生する。

我々は、都市や病院が、焼却炉でプラスチックや合成品などの廃棄物を燃やす煙から、ダイオキシンとダイオキシン類を、都市や病院の焼却炉でプラスチックや合成品などの廃棄物を燃やす煙、紙の製造、塩素漂白剤、金属や油の精製所、鉄鋼、アルミニウム、マグネシウム、およびニッケル炉の中、化学工場の廃棄物、ガソリンを使う乗り物の排気ガス、石炭を燃やしている炉の煙の中などに、ダイオキシンとダイオキシン類を発見した

3.6 ダイオキシンの毒性

上で説明されたように、ダイオキシンは非常に毒性の化学物質なので注目された。

「すべての化学物質で最も人間に毒性なものが合成された。」

実験において、実験動物(LD50)の 50%を殺すのに必要な毒の量は、micrograms(1 体重のキログラムあたり 100 万分の 1 グラム)と測定される。

nanogram(1 重さのキログラムあたり 10 億分の 1 グラム)という少量で十分、出生事故(流産、時期尚早な出生、奇怪な奇形)を引き起こし、少量でも、長期間の露出は実験動物に癌を引き起こす。

まだ、人間の致死量についてはわかってはいないが、動物実験に基づいて、数人の科学者は、ニューヨーク(780 万人の人)のすべての住民を殺害するのに、都市の給水システムに、80 グラムのダイオキシンを混入すればよいだけと計算した。

この毒性のため、多くの軍事組織(NATO などの)は、戦争におけるダイオキシンの使用について研究している。

ダイオキシンの半減期

ダイオキシンは、その安定性も関心を集めている。

1980年代、我々は、環境(土)におけるダイオキシンの半減期は、3~3.5年であると考えられ、Westingは、この半減期に基づき、以下のベトナムでの化学戦争の長期的効果について計算した。

ベトナムには、およそ170kgのダイオキシンが落とされ、1990年にまだ、我々の環境に1キログラムが残っていると見積もられていた(すぐに、雨と太陽によって元の量の半分は壊れたが、もう半分は環境に残った)。(第一回国際会議、No.1、20ページ)

しかしながら、最近の研究では、ダイオキシンの半減期は3年~3.5年ではなく、およそ10~17年の長さであることを示したので、21世紀の最初の10年間まで、我々は環境において、まだダイオキシンに注意を向けなければならない。

川と湖の泥に、ダイオキシンはさらに長い間、残留しているので、地中と泥のことを、ダイオキシンの倉庫と呼ぶことができる。

人間での、半減期は5~8年と計算され(人間は他の多くの種類の動物より長い間生きる)、半減期は種において異なり、ハムスターでは、94日間(Olson et al、1986)、ネズミでは、16~37日間(Rose、1976)、魚やエビでは、およそ1カ月である。

化学戦争の最中、高いレベルにあった1970~73年は、我々も魚と海産品の中もダイオキシンの濃度が非常に高くなり急速に低下した理由について説明する。

1985年から今日までに取られたサンプルは通常の濃度を示した。

除草剤は数日から数週間残留するが、環境でダイオキシンは、数10年間の間、残り、今日、終戦からおよそ30年、すべての除草剤が消滅した後に、ダイオキシンだけが自然と人間の体内に残っている(最初に散布された時と比べて、大いに減少しているが)。ダイオキシンのこの安定性は、まさに、Agent Orangeの効果についての研究に役に立つだろう。このことから、ダイオキシンは、戦争の間にAgent Orangeから残された「指紋」や「証拠」と呼ぶことができる。

3.7 自然環境から人体へのダイオキシンの流れ

ダイオキシンは脂肪で溶ける(liposoluble)が、水には溶けないため、自然に入った後、土に残る。

ダイオキシンは、ある土では中深く入り込むが、他のものでは表面に留まることもあり、雨が降ると、土は洗われてダイオキシンは流され、川、湖、および池の下部に蓄積し、これらの場所はダイオキシンの倉庫になる。

自然におけるダイオキシン(すべてのPCDD/FとPCB化学物質も同じ)を空気、水、土、川の泥、および工場から排水パイプなどから測定することは出来る。しかし、ダイオキシンの測定がいつも行われるのは土と川の泥です。そこが最も高い濃度を示すからです。

環境にある土と泥の中のダイオキシンはエビと魚、特に湖と川底、または、泥の中に生息する魚、ナマズ、ウナギ、軟体動物(二枚貝、カタツムリ、およびイガイ)に入り、それら

の脂肪にダイオキシンは蓄積される。

カナダ人の科学者は、カニ、なかでもカニの脂肪にダイオキシンが高濃度であることを見つけた。

しかしながら、さまざまな国での研究が、土の中のダイオキシンが植物によって吸収されない事を示したのは、重要で注意すべきである。

ダイオキシンを含む土の中に植えられた、米、とうもろこし、じゃがいも、キャッサバ、および果樹のような作物はダイオキシンを含んでいない。

イタリアでは、研究者がダイオキシンに放射性物質で指標を付けて肥料に混ぜて与えた上で、米、小麦、とうもろこし、および豆を植え、それらが2週間毎にダイオキシンに汚染されていたかどうか調査し、彼らはダイオキシンがこれらの農産物の中に吸収されていないという結論を得た。

しかし、ダイオキシンによって汚染された土が植物、草、または農場生産物に付着して、洗い落とされないとダイオキシンは、粒、穀類、果実、および野菜を食べる人や、動物の体に入ることになるので注意する必要がある。

魚とエビに関するケースでは、エビはダイオキシンに汚染された川泥の中に生きているので汚染されていて、また、ダイオキシンによって汚染された土に生えた草を食べる牛を人間が食べることによる汚染もある。

牛が草を食べると、ダイオキシンが体に入り、バター、チーズ、牛肉、ミルク、およびそのような乳製品はダイオキシンで汚染されるようになる。

土の中に生きる虫と昆虫を食べ、人間に食べられる、他の動物(例えば、鶏)を通して土の中のダイオキシンが人体に入る方法もある。

ダイオキシンが人体に入るのには、3つの主要な道がある。

- ・食物を通して。(これが基本である。)
- ・皮膚を通して。(枯れ葉剤の散布を受けたか、裸足で汚染された地面を歩くことで。しかしながら、ダイオキシンは容易に皮膚を通過しない。)
- ・吸入で。(実験は、動物の気管にポンプで送られたダイオキシンの最大92%がボディーに入るのを示した。飲食では、ダイオキシンの85~90%が、体に入る。)

水にはダイオキシンがなく、あっても非常にわずかなので心配なく、ほとんどのダイオキシンは、ダイオキシンによって汚染された食物を食べることにより体内に入るものである。

最も多くダイオキシンを含む食物は肉と、魚と、ミルクであり、粒、穀類、および果物はダイオキシンを含んでいない。

多くの実験では、消化吸収課程で50~84%までのダイオキシンを吸収するのを示した。

参照のために以下に付けられているのは、食物におけるダイオキシンの濃度と、米国環境保護庁(1994)に従った北アメリカとヨーロッパの環境である。

図 20 北アメリカとヨーロッパにおける環境中および食物中の PCDD/F の割合

Sample	North America			Europe	
	TEQ	Value	(n)	Value	(n)
Soil (ppt)	TEQ	7.96+/-5.70	(n=95)	8.69	(n=133)
River sediment (ppt)	TEQ	3.91	(n=7)	34.89	(n=20)
Air (pg/m ³)	TEQ	0.00949+/-0.24	(n=84)	0.108	(n=454)
Water (ppq)	TEQ	0.0056+/-0.007	(n=214)		
Fish (ppt)	TEQ	1.16+/-1.21	(n=60)	0.93	(n=18)
Milk (ppt)	TEQ	0.07	(n=2)	0.05	(n=168)
Milk product (ppt)	TEQ	0.36+/-0.29	(n=5)	0.08	(n=10)
egg (ppt)	TEQ	0.135+/-0.119	(n=8)	0.152	(n=1)
Beef (ppt)	TEQ	0.48+/-0.99	(n=14)	0.32j;	(n=7)
				0.61	
Pork (ppt)	TEQ	0.26+/-0.13	(n=12)	<0.06	(n=3)
Chiken (ppt)	TEQ	0.19+/-0.29	(n=9)	0.1	(n=2)

ソース:「推計によるダイオキシン類への暴露量」

Vol 1 要約、EPA、1994 年 6 月、p.28。

ダイオキシンは人体でどう代謝されるか

多くの研究によると、ダイオキシンは食物を通して体内に入った後に小腸の粘膜によって吸収され、静脈、動脈、および循環系の白血球に入り、ダイオキシンは肝臓、脂肪組織、および筋肉に蓄積して、脂肪でゆっくり濃縮する。

人体の細胞の中では、ダイオキシンは Aryl 炭化水素受容体と呼ばれるタンパク質にリンクされる。

ダイオキシンは胆汁によって排出されるが、胆汁が腸の中を通過するとき、ダイオキシンを再吸収してしまい、そのためにダイオキシンの排出は非常に遅くなる。

妊娠している女性では、胎盤を通してダイオキシンを胎児に伝えることができ、鶏、アヒル、および鳥の卵の中にもダイオキシンを見つけることができる。

女性は、身体からミルクによってダイオキシンを排除することができるが、母が排除した毒は子供に移る。

第 4 章

自然環境への化学戦争の影響

化学戦争の真っ最中でさえ、ベトナム人の科学者は、その戦争の短期間と長期間の両方

の影響に関心があった。

この研究を先導するのは、Ton That Tung 教授であった。

オルセー(パリ、1970)で開かれた国際的なシンポジウムでは、Tung 教授と他のベトナム人の科学者は癌、遺伝子の奇形、奇怪な奇形、および他の余病を引き起こす、除草剤とダイオキシンの使用について糾弾し、1980年10月に、協議会の大員(中央政府の前任者)は、「The National Committee to Investigate the Results of Chemicals Used During the US War in Viet Nam (ベトナムにおいてアメリカが戦争時に化学物質を使用した結果の調査の国際委員会)」(略して、10-80Committee と呼ぶ)を設立することを決めた。

この委員会は広範囲にわたる課題について、調査研究所、学校、大学、病院、全国の科学者とおよびアメリカ、フランス、日本、およびカナダの外国人科学者との研究を管理している。

それらの結果は、過去3回、科学シンポジウムで報告されている。(1983年と1993年の国際的なシンポジウム、1986年の国家の研究集会。)

研究結果は広く、ベトナム語、英語、またはフランス語で発表され、国内や国際的に広められ、発見のいくつかは国際会議で発表され、外国の新聞にも掲載された。

以下に続くのは、過去数年に発行された研究に関する概要である。

自然と環境への化学戦争の効果

戦前、ベトナム南部の(緯線第17からCape Ca Mauまでの)陸は580万haの常緑樹の森林、50万haのマングローブ森林、10万haのゴムの木、および300万haの農地で覆われていて、森林が全面積の60%、農業地が17%、およびゴム農園が0.6%を占めている。

森林は中央、中央の高地、南東、遠い南のマングローブ地域の4つの領域に区分される。

南のすべての植物相における祖データによると、96科、1000以上の異種の木があった。

(dipterocarpaceae は経済的な重要性から、特別な意味があった。)

除草剤戦争の間、森林が単一であるか多層性であるか、毒素への各種類の木の感度、および異なった結果に導かれる森林層の木の位置などによって、米国は異なった方法を選択しなければならなかった。

Forestry Inventory と Planning Institute(FIPI)の研究によると、高度に従ったカーブで以下の通り散布される森林の領域を分配することができる。

- ・ 300m 未満 : 領域の 15.4%は散布された。
- ・ 300~700m : 領域の 41.3%は散布された。
- ・ 700~1000m : 領域の 29%は散布された。
- ・ 1000~1500m : 領域の 12%は散布された。
- ・ 1500m 以上 : 領域の 1.8%は散布された。

したがって、南部の広域に広がっている熱帯の常緑樹森林の、高度1000m以下から散布された領域の濃度は高い。(散布された最も高い高度は、Bach Ma(Thua Thien Hue)の亜熱

帯の森林であった。)

FIPI 統計によると、散布された森林の領域の総面積は 310 万 4000ha で、森林領域の全体の 17.8%。内陸森林の 95%が散布され、saltwater (塩水) 森林は 5%。

図 21 化学戦争で失ったベトナムの森林総面積と木材量

	Sprayed area (ha)	Wood quantity (m ³)
Inland forest	2,954,000 (95.2%)	60,330,000 (72.8%)
Mangrove forest	150,000 (4.8%)	22,500,000 (27.2%)
Total	3,104,000	82,830,000

米国防総省の報告によると、南ベトナム総領域はおよそ 1680 万 ha で(そこでは 304 万 ha は耕され、560 万 ha は植林されていた)、散布された総領域は 12%であった。

以下の図は年間の散布量

図 22 南ベトナムでの散布された領域

Year	Inland forest (ha)	Agricultural land (ha)	Total (ha)
1962	1,960	280	2,240
1963	9,880	80	9,960
1964	33,400	4,160	37,560
1965	62,240	26,360	88,600
1966	296,480	41,600	338,080
1967	594,560	88,520	683,080
1968	506,840	24,480	532,320
6 first months, 1969	318,880	15,520	334,400
Total	1,824,240	202,000	2,026,240

4.1 内陸森林

1970 年の始め、American Academy for the Advancement of Science's(AAAS)の除草剤の被害の評価委員会、生物学者の Paul W. Richards は、内陸部の森林は大変深刻な損害であると述べた。

多くの場所で、森林は経済価値のほとんど無い草地や竹林に変わってしまい、そして、もともと使い道のない柔らかい木が多くなり、価値のある硬材はほとんど無くなってしまい、とてもひどく破壊された森林の多くは、まだ回復していない。

環境の損害は深刻であり、かつ影響は持続的であった。

数 100 万エーカーの森林の破壊は、生態系の異常を引き起こし、木、野生動物および森から採れるあらゆるものに影響を与え、森林が放出する種子の源が破壊されたために、森

林の再生課程もおかしくなった。

森林の持つ、土中の栄養物を保護し、豊かにする機能は失われた。

表面水を保有する能力の損失は、梅雨と渇水と干魃の時期の一瞬の氾濫を引き起こすだけでなく、農業生産の被害も引き起こした。

また、突発的な氾濫は、浸食を引き起こし、豊かな表土を流し、痩せた土が残り、消耗させ、そして、紅土化してしまい、再植林は一層の困難になった。

より高い高度から浸食された土は、川の底を満たして、川の水路を変え、鉄砲水の危険を増加させていた。

鳥や動物が、森林と共に破壊された。

散布が直接の原因で死んだものや、葉、実、および根元が毒殺され、食物の不足のために死んだもの、小さい動物によって生活する、大きい動物は、食料源を失って死んだり、または他の場所へ移動したりした。

また、貴重な動物が掃滅され、ある病害虫が繁殖してしまった。

例として、作物を破壊しているネズミの大規模な増加があった。(それらのネズミは中央高地での前戦において、疫病の発生の原因になる可能性がある)。また、蚊の増加はマラリアと hemorrhagic 熱の危険を大いに増加させた。

a)内陸森林での直接被害の状況

内陸森林の大部分は本土の奥、ベトナムの28の主な河の水源である丘と山にあり、散布は、これらの河の源流地域に悪影響があり、水の流れを調節して浸食を防ぐ自然の力を弱め、または壊してしまった。

ある研究者は Agent Orange による被害について、失われた材木の量に全く異なった数字を出した。

Westing(1971)と Flamm(1970)によると、内陸常緑樹森林から失われた商業材木の量は、45~46,000,000 立方メートルであり、FIPI の計算は、内陸森林に散布された時間に基づく。(多くの研究者は、森林への散布が一度だけならば、10%の木が失われるとし、散布が3回~4回にわたる場合、森林の木の70%~90%が失われる計算になる。)

散布のため、内陸森林から失われる、木の総数と材木の量は(1ヘクタール単位、15~25m³の木が失われるという数字を使用すると)、以下の結果になる。

図 23 南ベトナムの内陸森林から失われる材木の量

Location	Sprayed areas (1000ha)	Loss (1000m ³)	Percentage of loss
Central provinces	1,154.0	20,080.0	33.3
Tay Nguyen highland	550.0	11,000.0	18.2
South East provinces	1,050.0	25,250.0	43.5
South provinces	200.0	3,000.0	5.0
Total	2,954.0	60,330.0	100.0

Ma Da 森林

Dong Nai 州の Ma Da 森林はおよそ 3 万 ha で、散布する前は、この森林は 5 つの垂直区分層で成り立っていて、直径 2m、高さ 40m もの高さに達する Dipterocarpaceae を主にした、環境や生態にとって重要な熱帯の常緑の密森林だった。

そこは、*Azelia xylocarpa*、*Pterocarpus macrocarpa*、*Dalbergia cochinchinensis* などの、非常に貴重な材木の宝庫で、森は平均 200m³/ha は成長していた。

化学戦争時代の 1967 年から 1969 年までの間の最も激しい散布によって、森林のおよそ 5000ha が、大きい被害を受け、森林の中のすべての木は損害をうけ、1,000,000m³ は失われ、価値ない草に代わってしまい、木として残ったのは 1% 未満しかなく、1981 年の時点では、領域の 20% だけが自然回復していた。

森林は、自己再生のための機能をほぼ完全に失っていて、再植林のためのプランが必要になっていた。

Thai, Van Trung 教授の計算によると、ベトナム中で 7500 万 m³、およそ 10 億 USD に達する材木資源は破壊されたと評価し、アメリカの研究者によると、化学戦争によって引き起こされた別の経済損失として、1967 年(Nieland)、南部ベトナムで、ゴムの樹液の生産が 1066kg/ha から 793kg/ha まで低下したとなっている。

1960 年から 1967 年の間に、ゴムの総輸出量は、7 万 7560 トン (4800 万 USD 相当) から 4 万 2510 トン (1280 万 USD 相当) まで低下した。

b) 散布された領域での自然再生と植林作業

激しい除草剤と枯葉剤の使用は、森林生態系に多くのマイナス効果を与えた。

森林回復のための損害レベルと容量は以下の条件次第である。

- ・ 森林の成り立ちとその構造。
- ・ 使用された化学物質の種類とその量。
- ・ 散布された領域の規模。
- ・ 散布された領域の自然環境。

森林の破壊はすべての生物、地質、そして、化学サイクルの変化を引き起こし、その生

態系の破壊は、直接生活環境に影響した。

この理由で、熱帯の森林の回復は多くの難しい問題を抱えている。

市場価値のある農林産業であるためには、森林が自然に再生出来る環境にしておくことがきわめて重要である。

Ma Da、A Luoi、および Bach Ma による森林の自然な再生に関する研究によると、毒性の化学物質が散布された領域の自然再生の過程は簡単ではないと考えられる。

例えば、17～18年後に、海拔700メートルのA Luoi(Thua Thien Hue)領域では、森林回復を2つの段階に割ることができる。

- ・最初のレベル：古い木々で構成される20mよりも高い木々は、一部生え替わった。

- ・第2レベル：20種以上ある16～18メートルの木々は14～15%が生え替わる。

そして、これらの木々に覆われた地面には6000～8000本の木がはえ、50%は高さ2メートル未満の小さい木であった。

Sa Thay(Kon Turn)とMa Da(Dong Nai)での自然発生的な再生の調査の結果は、自然再生に80～100年を要するのを示した。

したがって、政府は、再植林を促進し、緑で禿げ山と空地を覆うために、多額の金を森林の植え付に必要な投資をした。

国立の林学学校は、大きくて、より大規模な植え付けを実行し、地元の人々は小さい木をあちこちに植えた。

1990年までのFIPIからの基礎統計によると、合計12万3000haの木々が、散布された地域に植林されたが、それは散布された領域の禿げ山になった地面の10%にすぎない。

森林が破壊された後に、内陸の森林を再生させる仕事は大変な困難があった。

そして、どんな木を植え、それらを植える際に使用する技術の選択、木の保護や、世話方法など、植え付けのために目標を設定した。

最初に植えた木は、*Acacia auriculaformis*、*Acacia mangium*、*Eucalyptus camaldulensis*、*pinus*、*tectona grandis* で *Dipterocarpus altus*、*dipterocarpus dyeri*、*Shorea guiso*・・・のような *Dipterocarpaceae* のいくつかの種は、林学と農業をあわせ考えた技術であった。

いくつかの場所 *Cinnamomum Cassia*(A Luoi)、*Hevea brasiliensis*(Quang Tri、Song Be、Dong Nai)は、商業木を植えることができ、1ヘクタールの内陸森林を植林する費用は平均4～500万ドンである。

4.2 Saltwater (塩水) 森林

熱帯の海の海岸に沿ったSaltwater(塩水)森林は、潮の影響を直接うける粘着性の泥と、酸素の不足と、高い塩の含有量によって形成される。

しかしながら、高い割合の沖積土に、何世代もかけ、木々は自分たちをよく適合させたので、繁殖することができ、内陸森林と比較すると、それらは、高い生産高の材木を生産する。