

— Translation —

「狭い窓越しに」など

レイチェル・カーソン (著), 楠瀬 健昭 (訳)

‘Through a Narrow Window’ and Others

Rachel Carson, translated by Takeaki KUSUNOSE

Faculty of Pharmacy, Osaka Medical and Pharmaceutical University
4-20-1 Nasahara, Takatsuki, Osaka 569-1094, Japan.

(Received October 4, 2021 ; Accepted December 28, 2021)

Abstract This is the tentative translation of three chapters in *Silent Spring* (1962): chapter 13 (Through a Narrow Window), chapter 14 (One in Every Four), and chapter 15 (Nature Fights Back). This translation is based on the text published by Penguin Books in 1965 and reprinted in Penguin Classics in 2000. Sometimes we see articles in newspapers and magazines on the concerns about chemical pesticides and herbicides, but of course manufacturers have officially got the permission to sell those chemicals, which does not necessarily mean that they are safe. We sometimes see articles in newspapers that tell us the doubtful effect of neonicotinoids on our environment. The problem is while some people claim that the systemics are safe, some people suggest that the chemicals are very dangerous. Humans and insects have the same nervous systems, but some declare that the systemics are selective, which means that they kill insects but are harmless to other living things. Is what they say scientifically proven? We wonder how many people have read one of the 20th century classics and understand what Rachel wants to say. If you read *Silent Spring* again, you will find that the judgement must be cautious, be it optimistic or pessimistic.

Key words — cellular oxidation, energy production, mitochondria, ATP, ADP, coupled phosphorylation, radiation, uncoupling, dinitrophenols, pentachlorophenols, 2,4-D, DDT, methoxychlor, malathion, phenothiazine, dinitro compounds, congenial deformities, diminished reproduction, oligospermia, genetic heritage, mustard gas, chemical mutagen, mitosis, gynandromorphs, urethane, maleic hydrazide, BHC, chromosome abnormalities, mongoloids, leukaemia, Klinefelter’s syndrome, Turner’s syndrome, congenital abnormalities, mental retardation, carcinogens, aromatic hydrocarbons, scrotal cancer, skin cancer, arsenic fumes, cobalt mines, uranium mines, lung cancer, arsenic, Reichenstein, zero tolerance, liver cancer, IPC, CIPC, aminotriazole, thyroid cancer, radium, bone cancer, aplastic anaemias, Hodgkin’s disease, paradichlorobenzene, solvents, petroleum distillate, aromatic cyclic, unsaturated hydrocarbons, Warburg theory, fermentation, carbamate, sex hormones, oestrogens, genetic selection, strains to resistant to chemicals, balance of nature, nature’s control, explosive power of a species, predators, parasites, yellowjackets, muddauber wasps, horseguard wasps, syrphid fly, ladybugs, dragonfly, lacewing, mantis, *Polistes* wasp, environmental resistance, vedalia, malaria-carrying mosquito, economic entomologist, integrated control programmes, modified spray programme.

第 13 章 狭い窓越しに

生物学者のジョージ・ウォールドは、かつて目の視覚色素というきわめて特殊なテーマについての自分の研究を「非常に狭い窓」にたとえたことがある。「離れて見れば、その窓越しには、わずかな光しか見えない。窓に近づくにつれて景色は

どんどん広がり、ついには、この同じ狭い窓越しに、人は森羅万象を見ている。」

それと同じように、わたしたちは最初に体の個々の細胞、それから細胞内の微小な構造、そして最終的にこれらの構造内部の分子の根本的な反応に焦点を合わせる時に初めて — こうする時に初めて、異質な化学物質が体内環境の中へ偶然に導入された場合の最も重大で広範囲に及ぶ影響を

理解することができる。ごく最近になって医学研究は、生命にとって欠かすことのできない本質であるエネルギーを個別の細胞が産生する際の機能に注目している。人体のエネルギー産生の驚くべきメカニズムは、健康だけでなく生命にとっても不可欠である。それは生命維持に最も不可欠な器官よりも、重要性において勝る。なぜならエネルギーを産生する酸化作用の円滑で効果的な機能がなければ、体の機能は何一つ実行されないからである。しかし、昆虫、げっ歯類（ネズミ、リス、ビーバーなど）、雑草に使用される化学薬品の多くの性質は、このシステムを直接攻撃し見事に機能するメカニズムを混乱させる可能性があるものである。

生物の酸化作用について、わたしたちの現在の理解につながった研究は、生物学と生化学全体で最も目覚ましい業績のうちの1つである。この研究に貢献した人たちの名簿には多くのノーベル賞受賞者が含まれている。その研究は、さらに先行する研究に土台のいくつかを求め、この四半世紀の間、着実に続行している。それでも詳細がすべて明らかになったわけではない。そして、この10年間で、ようやく、様々な研究のすべてのピースが全体を形成し、その結果、生体酸化作用は生物学者の常識の一部となることができた。さらに重要なのは、1950年以前に基礎訓練を受けた医学者は、その作用の決定的重要性と、その作用が妨害される危険性を認識する機会がほとんどなかったという事実である。

エネルギー産生という根本的な働きは、特に限定された器官ではなく、体のすべての細胞で成し遂げられる。生細胞は炎のように、エネルギーを産生するために燃料を燃やし生命を維持している。この比喩は正確というよりは詩的である。なぜなら細胞は体温という穏やかな温度で燃焼を果たす。それでも何兆もの穏やかに燃える小さな炎は生命のエネルギーを誘発する。万一それらが燃えなくなれば、「心臓は鼓動することなく、植物は重力に逆らって天に向かって成長できず、アメーバは泳げず、感覚は神経に沿って伝わらず、人間の脳で考えがひらめくことはない」と化学者

ユージーン・ラビノヴィッチは言った。

細胞内での物質のエネルギーへの変換は、絶えず間なく回転する車輪のように絶えず循環する過程であり、自然の更新循環の1つである。粒子ごとに、分子ごとに、グルコースという形で燃料の炭水化物がこの車輪に供給され、その循環路の中で燃料分子は分裂し一連の微細な化学変化を受ける。その変化は整然と段階的に起こる。各段階は、1つのこと以外は何もしないほどに特殊化した機能を持つ。酵素によって指示され管理される。各段階でエネルギーが産生され、老廃物（二酸化炭素と水）が放出される。そして変化した燃料分子は次の段階へと伝えられる。回転する車輪が一周して元に戻ると、余分なものは取り除かれて、燃料分子は新たに入ってくる分子と結合し、新たにその循環を始められる形になっている。

細胞を化学工場として機能させる、このプロセスは生物界の驚異の1つである。機能する部分がすべて微小であるという事実は、さらに奇跡的である。ほとんど例外なく、細胞自身は微小で顕微鏡下でようやく見られる。けれども酸化作用という働きの大部分は、細胞内のミトコンドリアと呼ばれる微小体の内部という、はるかに小さな舞台で行われる。それは60年以上も前から知られていたが、以前は正体がわからず、おそらく取るに足らない機能を持った細胞成分として片付けられていた。1950年代になってから、ようやくミトコンドリアの研究は刺激的で、有意義な研究分野となった。突如として多くの注意を引くようになり始めたので、ミトコンドリアの働きというこのテーマだけで5年以内に1,000本の論文が発表された。

また一方で、ミトコンドリアの謎が解明された驚くべき創意工夫と忍耐に、人は畏敬の念を抱く。たとえ顕微鏡で300倍に拡大しても、かろうじて見えるくらい、とても小さな微粒子を想像してください。そして、この微粒子を単離する、すなわち微粒子を分離し、その構成を分析し、それらの高度に複雑な機能を決定することを必要とする技術を想像してください。それでも、これは電子顕微鏡と生化学者の技術のおかげで行われてきた。

ミトコンドリアは酵素の小さな包みであり、言い換えると、酸化サイクルに必要なすべての酵素が含まれるバリエーション豊富な詰め合わせであり、壁と仕切りに正確に規則正しく配置されているということが今は知られている。ミトコンドリアは「発電所」であり、そこでは大抵のエネルギー産生反応が起こっている。最初の予備的な段階の酸化が細胞質内で行われた後、燃料分子はミトコンドリアに取り込まれる。ここで酸化が完了する。ここで莫大な量のエネルギーが放出される。

このきわめて重要な成果がなければ、ミトコンドリア内部で果てしなく回転する酸化の車輪はほとんど何の役にも立たない。酸化サイクルの各段階で産生するエネルギーは、生化学者によって通例 ATP (アデノシン三リン酸) と呼ばれている形をしていて、3つのリン酸基を含む分子である。エネルギーを供給する際の ATP の役割は、高速で行き来する電子の結合エネルギーとともに、ATP がリン酸基の1つを他の物質に移動させることができるという事実由来する。そのように、筋肉細胞内において収縮するためのエネルギーは、末端にあるリン酸基が収縮する筋肉に移行する時に得られる。すると、もう1つ別の回路が生じる。サイクル内部のサイクルである。ATP 分子が1つのリン酸基を失い、2つのリン酸基だけを保持すると二リン酸分子、ADP になる。しかし、さらに循環しているうちに、別のリン酸基が連結し、強力な ATP が復活する。これを説明するのに蓄電池の比喩が使われている。ATP は蓄電された状態を表わし、ADP は放電された状態を表わす。

ATP は普遍的なエネルギー通貨であり、微生物から人間まで、すべての生物に見られる。ATP は、筋細胞に機械エネルギーを、神経細胞に電気エネルギーを供給する。精細胞、自らをカエル、鳥、ヒト幼児へと変える爆発的活動の準備ができている受精卵、ホルモンを生み出さなければならない細胞、これらすべてに ATP が供給されている。ATP のエネルギーのいくらかはミトコンドリアで使用されるが、その大半は他の活動のためのパワーを供給するために、細胞に直接届けられる。

細胞内のミトコンドリアの位置は、ミトコンドリアの機能をよく表わしている。なぜならミトコンドリアは、エネルギーが必要とされる所に正確に供給されるように、配置されているからである。筋細胞においては、収縮する繊維組織の周りに密集する。神経細胞においては、別の細胞との接合点に見られ、インパルス伝達のためのエネルギーを供給している。精細胞において、それらは推進力を持つ尾部が、頭部と結合している部分に集中している。

電池に充電すること（その際に ADP と遊離リン酸エステル基が結合して、ATP を回復する）は、酸化過程と共役している。その緊密な結びつきは、共役リン酸化反応として知られている。もしその結びつきが分離されたら、利用できるエネルギーを供給するための手段が失われる。呼吸は持続するが、エネルギーは産生されない。細胞はエンジンの空回り状態のようになり、熱は発生させるが、力は生み出さない。すると、筋肉は収縮できず、神経刺激伝達経路に沿ってインパルスが伝わることもない。精子は目的地へ移動できない。受精卵は複雑な細胞分裂と精密性を完成できない。胎芽から大人まですべての生物にとって、脱共役の結果は本当に悲惨である。やがて脱共役は、組織の死、もしくは生物自体の死をも、もたらす可能性がある。

どのようにして脱共役は引き起こされるのか。放射線は脱共役剤であるため、放射線に曝される細胞の死は、このように引き起こされると考える者もいる。残念なことに、かなり多くの化学薬品も、酸化をエネルギー産生から分離する力を持つ。そして殺虫剤と除草剤はリスト上で多くの割合を占める。すでにお分かりのように、フェノール類は代謝に強い影響力があり、死に至る可能性のある体温上昇の原因になる。これは脱共役の「エンジン空回り」効果によって引き起こされる。ジニトロフェノール類とペンタクロロフェノール類は、除草剤として広く使用されている、このグループの実例である。除草剤の中で、もう1つの脱共役剤は 2,4-D である。塩素化炭化水素類の中では、DDT が脱共役剤だということが分かっている。

さらに研究を進めると、おそらくこのグループの中に他にも脱共役剤が存在することが明らかになるだろう。

しかし脱共役は体内の何兆もの細胞の一部、またはすべての、小さな火を消す唯一の方法ではない。わたしたちは、酸化のそれぞれの段階が特定の酵素によって管理され、促進されることを知っている。これらの酵素のどれかが、つまりそれら酵素のたった1つでも、破壊されたり、弱ったりすると、細胞内における酸化サイクルが停止する。どの酵素が影響を受けても同じである。酸化は回転する車輪のようなサイクルの中で進行する。どこであれ車輪のスポークの間に、かなてこ（パール）を突っ込むと車輪は回転しなくなる。同様に、サイクルのどの場所であれ、機能している酵素を破壊すると酸化は停止する。すると、それ以上のエネルギーの産生はなくなり、最終の効果は脱共役と酷似する。

酸化という車輪を破壊するためのパールは、一般に殺虫剤として使用されている多くのどの化学物質によっても供給されうる。DDT、メトキシクロール、マラチオン、フェノチアジン、そして様々なジニトロ化合物は、酸化サイクルに関係する1つ、あるいはそれ以上の酵素を抑制すると分かっている、数多くの殺虫剤に属する。このように、それらはエネルギー産生の全過程を妨害し、利用できる酸素を細胞から奪う潜在能力を持つ物質のように見える。これは最も悲惨な結果を伴う損傷であるが、ここではほんの数例しか述べることができない。

次の章で述べるように、実験者は、ただ意図的に酸素を与えないでおくことによって、正常細胞をがん細胞へと変えてきた。細胞から酸素を奪う劇的な影響のヒントは、成長する胚についての動物実験で見られる。酸素の不十分な供給により、組織を展開させ器官を発達させる整然としたプロセスに乱れが生じる。その時奇形や他の異常が発生する。おそらく酸素を奪われたヒトの胎児も先天的な奇形を発症する。

すべての原因を発見するほど十分遠くに目を向ける人はほとんどいないけれども、そのような不

幸の増加が注目されているという兆候はある。時代のより不愉快な兆しの中で、「統計の結果は先天的奇形の発生率とそれらが発生する環境について必要とされる事実を提供するだろう」と説明のためにコメントして、人口統計局は1961年に先天的奇形の全国的統計を取り始めた。おそらく、そのような調査が、まず間違いなく調べようとするのは、主に放射線の影響を測定することであろうが、放射線とまったく同様な影響を生み出す仲間として多くの化学薬品があることを見落としてはならない。人口統計局が懸念している、未来の子どもの身体障害や奇形の中には、わたしたちの住んでいる世界や体の内部に浸透するこれらの化学薬品によって、ほとんど確実に引き起こされるものがある。

生殖減少についての発見の中には、生物的酸化作用の妨害と、その結果としてのATPという重要な蓄電池の消耗に関連しているものもあるかもしれない。卵子は、精子が侵入して受精が行なわれると必要とされる、膨大な労力、莫大なエネルギー消費に備えて、受精前にATPの豊富な供給を必要としている。精細胞が卵子に到達し侵入するかどうかは、細胞の頸部に密集するミトコンドリアで生成されるATPの供給量次第である。発生学者は、カエルの卵やウニの卵といった、一番使い勝手の良い実験材料を用いた研究で、ATP含有量が臨界値を下回ると、卵は造作なく分裂を止め、死ぬということを発見した。

発生学実験室から、コマツグミの巣が青緑色の卵を抱いている林檎の木へと、歩を進めることは不可能ではない。しかし青緑色の卵は冷たく、数日間揺らめいていた生命の火は今や消えている。また、整然と乱雑に積み上げられた小枝や細枝の大きな山が、冷たく死んでいる3つの大きな白い卵を抱いている、背の高いフロリダマツの梢へと歩を進めるのも不可能ではない。なぜコマツグミやワシの子は孵化しなかったのか。実験室のカエルの卵のように、鳥の卵も、ただ共通のエネルギー通貨であるATP分子の供給不足が原因で、途中で成長をやめて死んでしまったのだろうか。また、親鳥の体内と卵の中に、エネルギーの供給を依存

している酸化という小さな回転する車輪を止めるほどの、たくさんの殺虫剤が蓄積されていたから ATP 不足がもたらされたのだろうか。

もはや鳥の卵の中の殺虫剤の蓄積について推測する必要はない。なぜなら明らかに、鳥の卵は哺乳類の卵よりもこの種の観察をしやすいからである。実験室でも野生の状態でも殺虫剤に曝される鳥の卵の中を探すと、いつでも DDT やその他の炭化水素の大量の残留物が見つかった。そしてその濃度は高い。カリフォルニア州での実験によれば、キジの卵の中には最大 349ppm の DDT が含まれていた。ミシガン州では、DDT で中毒死したコマツグミの卵管から摘出された卵が、最大 200ppm という濃度を示した。コマツグミの親鳥が中毒死したため、放置された巣から採られた卵もあったが、これらも DDT を含んでいた。近隣の農場で使用されたアルドリンに汚染されたニワトリは、その化学薬品を卵に伝えた。実験的に DDT を与えられたメンドリは 65ppm もの DDT を含む卵を産んだ。

DDT や他の（もしかしたら、すべての）塩素化炭化水素が特定の酵素を不活性化することによって、もしくはエネルギー産生の仕組みを脱共役化することによって、エネルギー産生のサイクルを止めることがわかっているので、残留物をたっぷり含んだ卵がすべて、発生という複雑なプロセス（無限の細胞分裂、組織や器官の入念な生成、最後に生物を生み出す生命維持に必要な物質の合成）を完了させるとは思えない。これらのすべては莫大な量のエネルギー、つまり代謝の車輪の回転だけが産生できる ATP の小さな包みを必要とする。

これらの悲惨な出来事が、鳥類だけに限定されると仮定する理由はまったくない。ATP はエネルギーの普遍通貨であり、ATP を産生する代謝回路は、鳥類と細菌、ヒトとマウスでも、同じ目的で回転する。それゆえ生殖細胞に殺虫剤が蓄積されるという事実は、ヒトにも同等の効果をもたらすのではないかと、わたしたちを不安にさせる。

そして化学薬品は細胞そのものだけでなく、生殖細胞の生産と関係している組織にも留まると

いう兆候がある。殺虫剤の蓄積は、様々な鳥や哺乳類の生殖器官で発見された。たとえば管理条件下のキジ、ネズミ、モルモット、ニレ立ち枯れ病対策で殺虫剤が散布された地域に生息するコマツグミ、トウヒノムシ対策で殺虫剤が散布された西部の森を放浪するシカの生殖器官である。コマツグミの中には精巣の DDT の濃度が他の体の部位よりも高いものもいた。キジもまた、同じように最大 1,500ppm という異常な量を精巣に蓄積していた。

おそらく生殖器官に見られるそのような蓄積の影響として、実験用哺乳動物における精巣の萎縮が観察されている。メトキシクロールに曝されていた若令のラットの精巣は非常に小さかった。若いオンドリに DDT を与えると、精巣は正常に成長したものの 18% しかなかった。発達を精巣ホルモンに依存している、とさかと肉垂れは正常の大きさの 3分の1 にすぎなかった。

精子自体が ATP 喪失の影響を受けることも理解できる。雄牛の精子の運動性が、ジニトロフェノールによって減少することが実験により明らかになった。ジニトロフェノールはエネルギー共役のメカニズムを妨害するため、エネルギーの損失が避けられない。この問題を調査すれば、おそらく他の化学薬品も同じ影響を与えているのが分かるだろう。人間にも影響があるのではないかという兆候が、作物に DDT を飛行機で散布している人たちの精子減少症、すなわち精子の生産の減少、についての医学報告に見られる。

人類全体にとって、個々の生命よりもはるかに貴重な財産は遺伝的遺産であり、それは、わたしたちを過去と未来につなぐものである。遺伝子は進化の長い時間をかけて形作られ、わたしたちを現在の姿にしているだけでなく、すばらしい将来性か、危うい将来性かは分からないが、それらの微小な存在の中に将来性を保持する。しかし合成化学薬品による遺伝子劣化は、わたしたちの時代の脅威であり、「わたしたちの文明に対する最新、最大の危険」である。

またしても、化学薬品と放射線との類似は正確

で無視できない。

放射線を浴びる生細胞は様々な損傷をうける。正常に分裂する能力が損なわれるかもしれない。染色体の構造に変化があるかもしれない。また、遺伝物質の運び手である遺伝子は、突然変異として知られている、あの急激な変化を受けるかもしれない。その結果、遺伝子が次の世代に新しい特質を生み出す。特に感受性が強ければ、その細胞はすぐさま死滅するかもしれない。あるいは、数年単位で測定される時間の経過後、最終的に悪性になるかもしれない。

これらすべての放射線による影響は実験室での研究において、放射線に類似する作用をする、つまり放射線を模倣する、として知られている多くの化学薬品によって再現されている。農薬（殺虫剤だけでなく除草剤も）として使用される多くの化学薬品は、染色体を損傷したり、正常細胞分裂を妨げたり、突然変異を引き起こしたりする能力を持っている、このグループの物質に属する。こうした遺伝物質の損傷は、化学薬品に曝された個体が病気になるかもしれない種類の損傷である。あるいは、これらの損傷の影響は未来の世代に及ぶかもしれない。

ほんの2、30年前まで、放射線と化学薬品のこうした影響を誰も知らなかった。当時、原子は分裂させられていなくて、放射線に匹敵することになる化学薬品のほとんどが、化学者たちの試験管内でまだ合成されていなかった。1927年、テキサス大学動物学教授H. J. マラー博士は、生物にX線を照射することにより、次世代に突然変異を生み出すことが出来ることを発見した。マラーの発見とともに、科学知識と医学知識の新しく広大な分野が切り開かれた。後にマラーは業績を讃えられノーベル医学賞を受賞した。そして、その後すぐに不幸にも放射性降下物の灰色の雨を熟知するようになった世界では、科学者でなくても放射線の潜在的な効果を知っている。

放射線と比較して、それほどは注目されていないけれども、それと対になる発見が、1940年代初期にエディンバラ大学のシャルロット・アウエルバッハとウィリアム・ロブソンによってなされ

た。マスターガスを使った研究をしていて、放射線によって引き起こされるものと区別できない永久的な染色体異常を、この化学物質が生み出すことを2人は発見した。マラーが独創的な研究においてX線照射したのと同じ生物、ショウジョウバエで実験を行うと、マスタードガスも突然変異を引き起こした。このようにして初めて変異原となる化学物質が発見された。

変異原としてのマスタードガスに、植物や動物において遺伝物質を変化させるものとして知られている他の多くの化学物質が、今加わっている。どのようにして化学物質が遺伝過程を変化させることができるのか理解するために、まず生細胞という舞台で演じられている生命の基礎をなすドラマを見なければならぬ。

身体の組織と器官を構成する細胞は、身体が成長し、生命の流れが世代を超えて流れ続けるためには、数を増やすパワーを持たなければならない。これは、有糸分裂の、または核分裂の過程によって成し遂げられる。まさに分裂しようとしている細胞内で、最初は核内部だが、結局は細胞全体を巻き込む、最も重要な変化が起こる。核内部では、染色体は、遺伝の決定子である遺伝子を娘細胞に分配するのに役立つ古来の様式に整列し、意味ありげに移動し分裂する。まず染色体は細長い糸の形をとり、遺伝子がある上、糸に通されたビーズのように整列する。それから各染色体は縦方向に分裂する（遺伝子も同じように分裂する）。細胞が二分分裂する時、各染色体の半分がそれぞれの娘細胞のものになる。このように、それぞれの新しい細胞は一組の完全な染色体を収蔵する。しかも、すべての遺伝情報は染色体の中にコード化されている。このようにして種族と種の完全性が保持される。このようにして子は親に似る。

生殖細胞の形成過程では特別な種類の細胞分裂が起こる。ある特定の種の染色体数は一定なので、卵子と精子は新しい個体を形成するために結合するが、結合するために特有の数の半分しか運ばない。これは、それらの細胞を生成する分裂の1つで起こる、染色体の動きの変化によって、並々ならぬ正確さで成し遂げられる。この時染色体は分

裂せず、それぞれの組の染色体がそのまま、それぞれの娘細胞に入る。

この根元的なドラマの中で、すべての生命は1つであると分かる。細胞分裂という過程での成り行きは地球上の生命すべてに共通する。ヒトであれ、アメーバであれ、セコイアオスギであれ、単なる酵母菌であれ、この細胞分裂という過程を継続しなければ長くは生きられない。それゆえ有糸分裂を妨げるものは、影響を受ける生物の繁栄とその子孫にとって重大な脅威となる。

たとえば有糸分裂を含む細胞組織の主な特徴は、5億年よりもっと古くからのものに違いない。いやほぼ10億年に近いかもしれない（とジョージ・ゲイロード・シンプソンと同僚のピッテンドリとティファニーが『生命』と題する網羅的な書物の中で書いた）。この意味で生命の世界は確かに、もろく複雑だが、信じられないほどに時間の経過に伴う耐久性があり、山よりも耐久性がある。この耐久性は、遺伝情報が世代から世代へ複製される際の、ほとんど信じがたい正確さに全面的に依存する。

しかし、これらの著者によって描かれている10億年を通じて、人工放射線や人間が広めた合成化学薬品という20世紀中葉の脅威ほど、あの「信じられないほどの正確さ」を直接的に力強く襲ったものはない。マクファーレン・バーネット卿（著名なオーストラリアの内科医で、ノーベル賞受賞者）は、「ますます強力になる治療手段と生物の経験の範囲を超える化学物質の生産の副作用として、突然変異誘発物質が内臓に届かないようにしている正常な防護壁が、ますます頻繁に破られていることは、わたしたちの時代の最も重要な医学的特徴の1つである」と考えている。

ヒト染色体の研究は初期の段階にあり、環境要因が染色体に与える影響の研究が可能となったのは、つい最近のことである。1956年になって初めて、新たな技術によってヒト細胞中の染色体数を正確に46と決定し、すべての染色体が存在す

るかしないか、染色体の一部でさえ存在するかどうか分かる、といった詳細を観察することが可能となった。環境中の何かによる遺伝子損傷という全体的概念は、まだ比較的新しく遺伝学者以外にはほとんど理解されず、しかも彼らの助言はほとんど求められない。確かに意外な場所ではまだ否定されてはいるが、様々な形での放射線障害は今や適切によく理解されている。「政策決定の立場にいる政府から任命された者だけでなく、医学専門家の多くの側で、遺伝的な原則を受け入れることに抵抗があること」をマラー博士が嘆く機会がしばしばあった。化学物質が放射能と似た役割を果たすかもしれないという事実は、一般人も、大抵の医学的・科学的仕事をしている人も、ほとんど気にかけてこなかった。こういうわけで、（実験室での実験でというよりむしろ）一般的に使用される化学物質の役割は、まだ評価されていない。このことがなされることが極めて重要である。

マクファーレン卿だけが、危険が起こりうるという評価をしているのではない。イギリスのすぐれた権威、ピーター・アレクサンダー博士は、放射線類似化学薬品が放射線よりも「たぶんもっと大きな脅威となるだろう」と言った。遺伝学における数十年の優れた研究で得られた視点で、マラー博士は、様々な化学薬品（殺虫剤によって代表されるグループを含む）には「放射線と同じくらい突然変異の頻度を上げる可能性がある……。異常な化学薬品に身をさらしている現状で、わたしたちの遺伝子が、どの程度まで、そのような突然変異誘発力の影響を受けているか、今まであまりにも知られていなかった」と警告している。

化学的突然変異原の問題が一般に軽視されているのは、おそらく、最初に発見された、この事実が化学的な意味で興味深いものにすぎなかったためかもしれない。もちろん、ナイトロジェン（窒素）マスタードは空中から、すべての人々の頭上に散布されるようなことはない。この使用は、実験生物学者、もしくはがん治療に用いる内科医の手に委ねられている。（そのような治療を受けた患者の染色体が損傷を受けたという症例が最近、

報告された。)しかし殺虫剤や除草剤には、たくさんの人々が密接に接触させられている。

その問題は今までほとんど注目されていないが、これらの殺虫剤の多数について特定の情報を収集することはできる。その情報により、これらの殺虫剤が、軽度の染色体損傷から遺伝子の突然変異という形で、細胞の重大なプロセスを攪乱し、悪性腫瘍という究極の災難に及ぶ結果が生まれることが分かる。

数世代にわたって DDT に曝露された蚊は、一部はオスで、一部はメスの、雌雄モザイクと呼ばれる奇妙な生物と化した。

様々なフェノール類で処理された植物は、深刻な染色体破壊、遺伝子の変化、多くの著しい突然変異、「不可逆性の遺伝的变化」を被った。フェノールに曝されると、遺伝学の古典的な実験材料であるショウジョウバエにも突然変異が発生する。これらのハエは、普通の除草剤の1つ、すなわちウレタンに曝されると、致命的なほどに有害な突然変異を被った。ウレタンはカルバミン酸塩と呼ばれる化学薬品のグループに属しており、カルバミン酸塩からは、ますます多くの殺虫剤や他の農薬が生まれている。カルバミン酸塩のうちの2つは、実際に、保管中のジャガイモの発芽を防ぐために使われている。その理由はまさに、それらが細胞分裂を止める効果を証明されているからである。これらの1つ、マレイン酸ヒドラジドは、強力な突然変異原だと見られている。

ベンゼンヘキサクロリド (BHC)、もしくはリンデンで処理された植物は、その根が腫瘍のように腫れ上がり、怪物のように変形していた。それらの細胞は大きく成長し、染色体数が2倍になるとともに膨れ上がった。その染色体倍加は、さらなる細胞分裂が物理的に不可能になるまで続いた。

除草剤 2,4-D で処理された植物にも腫瘍のような隆起が生じる。染色体は短く、太くなり、凝集する。細胞分裂が著しく阻害される。その一般的効果は、X線によって生じる一般的効果と非常に似ていると言われている。

これらは数例にすぎず、引用しようと思えば

もっとたくさんの実例を引用できる。今までのところ、そのような殺虫剤による突然変異効果検証を目的とする包括的な研究は行われていない。前述の事実は、細胞生理学や遺伝子学における研究の副産物である。緊急に必要とされることは、正面からその問題に取り組むことである。

ヒトに対する環境放射線の強力な効果を認める意思がある科学者の中には、それでもなお、現実的な話として、突然変異誘発化学薬品にも同じ効果があるかどうか疑問を呈するものもいる。彼らは放射線の大きな透過力に言及するが、化学薬品が生殖細胞に届くとは思わない。またまた、その問題について、ヒトにおける直接研究がほとんどなされていないという事実がネックとなっている。しかしながら大量の DDT 残留物が鳥やほ乳類の生殖腺と生殖細胞から見つかったことで、塩素化炭化水素が少なくとも体内に広く分布するだけでなく、遺伝物質と接触することは明らかである。ペンシルベニア州立大学のデイヴィッド・E・デイヴィス教授は、細胞分裂を阻止する強力な化学薬品で、がん治療に限定的に使用されてきたものが、鳥の不妊を引き起こすために使用されることを最近発見した。その薬品を致死量寸前域で使えば、生殖腺の細胞分裂が止まる。デイヴィス教授は野外実験で成功を収めている。それなら明らかに、生物の生殖腺が環境中で化学薬品から守られているという希望や信念には、ほとんど根拠がない。

染色体異常という分野での最近の医学的発見は、きわめて興味深く意義深い。1959年に、イギリスとフランスのそれぞれの研究チームは、独自の研究が共通の結論を指し示すことを発見した。それは、人間の病気のいくつかは常染色体数の障害によって引き起こされるというものである。これらの研究者によって研究された特定の疾患と異常では、染色体数が正常なものとは異なっている。たとえば、すべての典型的な蒙古症(ダウン症)患者は1つ余分な染色体を持つことが知られている。時折、これは他の染色体に結合しているので染色体数が正常な46本のままの場合もある。しかしながら、通例、余分な染色体は独立し、

47番目となる。そのような個人では、その欠陥の元の原因は、欠陥が現れる前の世代に存在していたに違いない。

アメリカとイギリスの両方で慢性型白血病を患っている多数の患者では、異なったメカニズムが働いているようだ。これらの患者では血液細胞のいくつかに一貫して染色体異常が見られた。染色体の一部欠損である。これらの患者の場合、皮膚細胞の染色体数は正常である。このことから染色体欠損は、これらの個体を生んだ生殖細胞に発生したのではなくて、その個体の生涯の間に特定の細胞（この場合、血液細胞の前駆物質）に発生した損傷を意味すると考えられる。染色体が一部欠損することで、もしかすると、これらの細胞は正常な行動をするための「指令」を受けることができなかつたのかもしれない。

染色体異常に関係する障害のリストは、これまでは医学研究領域ではなかつた、この領域の研究が始まって以来、驚くべき速さで長くなってきている。クラインフェルター症候群としてのみ知られている障害は、性染色体の1つの重複を伴う。結果として生じる個体は男性であるが、X染色体を2つ持っている（男性の通常数であるXYではなくてXXYとなる）多少異常である。この状態により引き起こされる不妊に、過剰な長身と精神障害が伴うことがよくある。その一方、性染色体が1つしかない（XXまたはXYではなくてXOとなる）個体は、実際には女性となるが二次性徴の多くを欠いている。様々な身体的な（時には精神的な）障害がこの状態に伴う。なぜなら、いうまでもなくX染色体が様々な特徴のための遺伝子を持っているからだ。これはターナー症候群として知られている。どちらの疾患も、原因が知られるようになる、かなり以前から医学文献に記述されていた。

染色体異常というテーマについて膨大な量の研究が多く、国でなされている。クラウス・パツァー博士率いるウィスコンシン大学のグループは、通常は精神遅滞を含む、様々な先天性異常に集中して研究している。先天性異常は、染色体の一部分だけの重複の結果であるように思われる。まるで

生殖細胞形成のどこかで染色体が壊れ、その断片が適切に再分配されなかつたかのようであった。そのような不運な出来事が胎芽の正常な発達を阻害する可能性が高い。

現在の知識によれば、1つの完全な余分の体細胞染色体の出現は大抵致命的で、胎芽は生き延びることはない。そういう状態で生存できることが知られているのは3例にすぎない。もちろん、その1つは蒙古症（ダウン症）である。一方で、染色体に余分な断片が結合するとひどい損傷を与えるが、必ずしも致命的になるわけではない。ウィスコンシン大学の研究者によれば、この状況は知能の発達が遅れることを含めて、子供が多数の障害を持って生まれるという、これまで原因不明であった症例の大部分を明らかにするだろう。

これは非常に新しい分野の研究なので、今までのところ科学者たちは原因について推測することよりも、病気や発育不全に関連がある染色体異常を確定することに関心があつた。どんなものであれ、ただ1つの物質が染色体を傷つけ、細胞分裂の間に常軌を逸した行動を引き起こす原因であると仮定することは愚かなことであろう。しかし、そのような状態を引き起こすことができる、まさにその方法で影響を及ぼし、染色体を直接攻撃する力を持つ化学薬品で環境を満たしているという事実を、わたしたちは無視できるのか。このことは、発芽しないジャガイモや蚊のいない中庭を手に入れるのに、あまりにも高い代償ではないだろうか。

望むなら、生きている原形質の進化と選択の約20億年あまりにわたり受け継がれた財産、そして次世代へと伝えなければならない、その時まで、現在の瞬間だけわたしたちのものである財産、この遺伝的遺産への、この脅威をわたしたちは減らすことができる。わたしたちは、現在、遺産の完全性を保全するためにほとんど何もしていない。化学薬品製造業者は原材料の毒性試験を法律で義務付けられているが、遺伝的影響を確実に立証する検査をするようには義務付けられてはいないし、実際そういうことはしない。

第14章 4人に1人

がんに対する生物の闘いは、はるかな遠い過去に始まったので、その起源は長い歲月のかなたに忘れられている。しかし、その闘いは自然環境中で始まったに違いない。自然環境では、どのような生物であれ地球に生息するものは、善かれ悪しかれ太陽と嵐と地球の原始状態を起源とする影響を被りやすかった。この環境中の要素の中には、生物が適応するか、さもなければ滅びるしかない危険な状況を生じるものがあつた。太陽光中の紫外線は悪性腫瘍を引き起こす可能性がある。ある種の岩石からの放射線、あるいは土壌や岩石から流出し食物や飲料水を汚染するヒ素にも、そういう可能性がある。

そうした環境には、生物にとって都合の悪いこれらの要素が、生物が誕生する以前から存在した。それでも生物は誕生した。しかも、何百万年もの年月をかけて、無数に果てしない多様性をもって存在するようになった。自然のものである、ゆったりとした長い年月をかけて、自然淘汰で適応できないものは消え、最も抵抗力の強いものが生き残り、生物は破壊的な力と折り合いをつけた。これら自然界の発がん物質は悪性腫瘍を生み出す要因であることに変わりはない。しかし、それらは数少なく、生物が当初から慣れ親しんでいた、あの古代の軍勢に属するものである。

人類の出現とともに状況は変化し始めた。というのは、あらゆる生物の中で人間だけが発がん物質を作り出すことができるからだ。それは医学専門用語では *carcinogens* と呼ばれている。人間が作り出した数少ない発がん物質は、何世紀もの間、環境の一部分であつた。芳香族炭化水素を含む煤が一例である。産業化時代の夜明けとともに、世界は絶え間ない変化、それまでにない加速度的変化の場となった。自然環境に急速にとって代わつたのは、新しい化学物質と物理的变化を生じさせるもので構成される人工的環境であつた。それらのうちの多くは、生物的变化を誘発する強力な潜在的可能性を持っていた。人間は自分自身の活動

が作り出してきた発がん物質に対して、自分たちを守るものを持たなかつた。というのは、人間の生物的遺産はゆっくりと進化するのと同じように、ゆっくりと新しい状態に適応するからである。結果として、これらの強力な物質は肉体の不完全な防御を容易に突破することができた。

がんの歴史は長いが、がんを作り出す物質に対する、わたしたちの認識はあまり成熟していない。外部物質と環境要因が有害な変化を引き起こす可能性があるという最初の認識は、ほぼ2世紀前、ロンドンの内科医の心に芽生えた。1775年パーシヴァル・ポット卿は、煙突掃除人に陰嚢がんがよく見られるのは体に蓄積した煤が原因に違いないと断言した。今日であれば要求される「証拠」を提供することはできなかったが、現代の研究法により今や煤の中の致命的化学物質は分離され、彼の考えが正しかつたことが証明されている。

ポットの発見から1世紀以上の間、人間環境における化学物質のいくらかは、繰り返し触れ、吸入し、飲み込むことによって、がんを引き起こすことがあるという以上の認識はほとんどなかつたようである。確かに、皮膚がんはコーンウォール州やウエールズ地方にある銅製錬所やスズ製造所で働き、ガス状のヒ素に曝されている労働者の間でよく見られた。そしてドイツのザクセン州にあるコバルト鉱山と、ボヘミアのヨアヒムスタールにあるウラン鉱山の労働者は、肺疾患にかかりやすいことが分かつた。後にそれががんであることが分かつた。しかし、それらは産業革命以前の現象であつた。産業生産物がほとんどすべての生物の環境に浸透することになった、産業全盛期より以前のことであつた。

産業化時代に起因する悪性腫瘍に対する認識が初めて生まれたのは、19世紀の最後の25年間であつた。パスツールが多くの感染症の原因が微生物にあることを証明していた頃、がんの原因が化学的因子にあることを発見していた人もいた。皮膚がんがザクセン州にある新しい亜炭工場とスコットランドの頁岩(けつがん)工場の労働者に見られ、職業上タールやピッチに曝されることが原因の他のがんも発見された。19世紀末までに

は、6つの産業発がん物質源が知られていた。20世紀には無数の新たな化学物質が合成され、一般市民はそれらと密接に接触することとなった。ポットの研究から200年もたないうちに環境状況は大きく変化した。もはや危険な化学物質に曝されるのは職業上だけでない。それらは、すべての人々の世界に、そしてまだ生まれていない子供の世界にも入り込んでいる。それゆえ悪性腫瘍の憂慮すべき増加に気付いたとしても、それほど驚くべきことではない。

その増加自体は、ただ単なる主観的印象の問題ではない。1959年7月の人口統計局発行月間報告によれば、リンパと造血組織のものも含めて、悪性腫瘍の割合は1900年には死因のわずか4%だったのに、1958年には15%を占めていた。この疾患の現在の発生率から考えると、今生きている4,500万人のアメリカ人が、いつかはがんを発症すると米国がん協会は推定する。つまり、悪性疾患が3家族のうち2家族を襲うということになる。

子供に関する状況は、さらにひどく気がかりである。四半世紀前、子供のがんは医学上珍しいと考えられていた。今日、アメリカの学童は他のどんな病気よりもがんで亡くなっている。こうした状況が非常に深刻になったので、ボストン市は子供のがん患者の治療を専門とする、合衆国で最初の病院を設立した。1歳から14歳までの子供の死因の12%が、がんである。悪性腫瘍の多くが、5歳以下の子供で臨床的に発見されている。しかし、かなりの数の悪性腫瘍が、子供が生まれた時、あるいは、それ以前に存在していることは、さらに恐ろしい事実である。環境がんについての第一人者、国立がん研究所のヒューパー博士は、先天的がんと幼児がんは、母親が妊娠中に曝されていて、しかも胎盤に浸透して急速に発達している胎児組織に作用する、発がん物質の作用と関連があるかもしれないと示唆する。実験では、発がん物質に曝されている動物が幼ければ幼いほど、それだけ発がん率が高いことが分かる。フロリダ大学のフランシス・レイ博士は、「わたしたちが発がん物質を[食物に]加えることによって、今の子

供たちはがんを発症しているのかもしれない。影響がどのようなものであるか、一世代か二世代の間、わたしたちには分からない」と警告している。

ここで、わたしたちにとって重要な問題は、自然を制御しようとして使用している化学物質のどれかが、がんの原因として直接的もしくは間接的な役割を果たしているかどうかである。動物実験から得られた証拠の点から見れば、5つ、もしくは6つの殺虫剤が確実に発がん物質と見なされるに違いないと分かるだろう。もしも内科医がヒトの患者に白血病を発症させると考えている殺虫剤を加えたら、そのリストは、もっとずっと長いものになる。わたしたちは人体実験をすることはないから、そうならざるを得ないが、この場合根拠は状況的なものである。しかし、それにもかかわらず印象的である。生体組織や細胞への作用が悪性腫瘍の間接的原因と考えられうるものを含めると、さらに他の殺虫剤も付け加えられるだろう。

がんに関連のある、最も古い殺虫剤の1つはヒ素である。ヒ素は除草剤として亜ヒ酸ナトリウムの中に、殺虫剤としてヒ酸カルシウムと様々な他の化合物の中に存在する。ヒ素と、ヒトと動物のがんとの関連は、歴史上有名である。ヒ素に曝された影響の興味深い実例は、その問題についての古典的な研究論文である、ヒューパー博士による『職業腫瘍』の中で説明されている。シレジアにあるライヘンシュタインという都市は、ほぼ1,000年間、金と銀の鉱石の採掘場所であった。また、数百年間、ヒ素鉱石の採掘場所でもあった。数世紀にわたりヒ素廃棄物は坑道近くに蓄積し、山から流れ落ちる小川に入り込んだ。地下水も汚染され、ヒ素は飲料水に入り込んだ。何世紀もの間、この地域の住民の多くは「ライヘンシュタイン病」として知られるようになる病気を患っていた。それは慢性ヒ素中毒で、肝臓、皮膚、胃腸、神経組織の不調を伴っていた。悪性腫瘍は慢性ヒ素中毒には付き物である。四半世紀前、新しい水の供給システムが整備され、水道ではヒ素がほぼ除去されたので、ライヘンシュタイン病は今となっては主に歴史的に興味深いものになっている。しかしながらアルゼンチンのコルドバ州では、ヒ素によ

る皮膚がんを伴う、慢性ヒ素中毒が風土病となっている。今でもヒ素を含有する岩石層から採られる飲料水が汚染されているからである。

長期間にわたりヒ素を含む殺虫剤を使用すれば、ライヘンシュタインやコルドバにおける状況と似た状況を作り出すのは難しくないだろう。合衆国において、タバコ畑、北西部の多くの果樹園、東部のブルーベリー栽培地のヒ素まみれの土壌は、容易に上水道汚染をもたらすかもしれない。

ヒ素に汚染された環境は、ヒトだけでなく動物にも影響を与える。非常に興味深いレポートが1936年にドイツから届いた。ザクセン州フライベルクあたりの地域では、銀と鉛の製錬所がヒ素ガスを大気中に放出した。そのガスは周辺の田園地帯に流れ出て、草木の上に降りてきた。ヒューパー博士によれば、ウマ、ウシ、ヤギとブタは、もちろんこのような草木を常食としていたので、脱毛と皮膚肥厚の様相を呈した。近くの森に住むシカは、異常な色の斑点と前がん状態である疣ができることがあった。明らかにがんの病巣を持っているシカもいた。家畜と野生動物は、ともに「ヒ素性腸炎、胃潰瘍、肝硬変」に冒されていた。製錬所の近くで飼育されていたヒツジは副鼻腔がんを発症した。それらが死んだ時、脳、肝臓、腫瘍にヒ素が見つかった。その場所では、また「昆虫が異常なほど大量に死んだ。特に、ハチが大量に死ぬことがあった。葉からヒ素の粉末を洗い流し、小川や水たまりへと押し流す降雨があつてから、多くの魚が死んだ。」

新しい有機殺虫剤群の1つである発がん物質の一例は、ダニ類の駆除に広く使用されている化学薬品である。法律により講じられた予防措置とされているものは存在するけれども、ゆっくりと進む法律上の手続きが状況を収拾できるようになるまでの数年間、人々は既知の発がん物質に曝されている可能性があるという豊富な証拠を歴史が提供する。この話は別の観点から見ると興味深い。というのは、今日「安全」であるとして受け入れるように求められているものが、近い将来、非常に危険であると分かるかもしれないことを証明しているからである。

この化学薬品が1955年に導入された時、製造業者は、散布される可能性のあるどの農作物にも少量の残留物の存在を是認する、残留許容誤差を申請した。製造業者は法律の要請に従い化学薬品を実験動物で実験し、申請書とともに結果を提出していた。しかしながら食品医薬品局の科学者は、その実験ががんを引き起こす傾向がある可能性を示すものだと判断した。FDA長官はそれによって「ゼロ容認」を勧告した。つまり、州境を超えて輸送される食物に、法律上残留物があつてはならないというものである。しかし製造業者には訴える権利があり、その訴訟はある委員会により再審査された。委員会の決定は妥協案で、その内容は残留許容限界量を1ppmとし、生産物は2年間市場で販売され、その間さらなる実験室での実験によって、その化学薬品が実際に発がん物質であるかどうかを決定するというものだった。

委員会はそのようには言わなかったが、その決定の意味は、一般人がモルモットの役割を果たし、実験用のイヌやラットとともに発がん物質ではないかと疑わしいものを試すことになるということであった。しかし実験動物は、より迅速な結果を出す。そして2年後には、この殺ダニ剤が確かに発がん物質であることが明らかであった。1957年のその時点でも、食品医薬品局は、既知発がん物質の残留量が一般人に消費される食料を汚染するのを許容する、残留許容限界量を即座に取り消すことができなかった。法律上の様々な手続きに、さらに1年必要だった。食品医薬品局が1955年に推奨したゼロ容認は、最終的に1958年12月に発効した。

既知発がん物質は他の殺虫剤の中にもある。実験動物を対象とした実験室実験では、DDTは肝腫瘍と疑わしいものを生じさせた。これらの腫瘍の発見を報告した食料医薬品局の専門家は、それらをどう分類したらいいのか分からなかったが、「低悪性度の肝細胞がんであると考えられる根拠」があると感じた。ヒューパー博士は現在、DDTに「化学的発がん物質」という明確な評価を与えている。

カルバメート基に属する2つの除草剤、IPCとCIPCは、マウスに皮膚腫瘍を引き起こす役割を

果たしているのが分かっている。腫瘍の一部は悪性だった。これらの化学物質は悪性の変化を引き起こすように思われる。その悪性変化は、環境中に広く行き渡っている他のタイプの化学物質によって、完了する可能性がある。

除草剤のアミノトリアゾールは、実験動物に甲状腺がんを引き起こした。この化学物質は1959年に多くのクランベリー栽培者によって誤用され、市場に出されたクランベリーの中には残留物が付着しているものがあつた。食品医薬品局による汚染クランベリー押収後の論争で、この化学物質には実際に発がん性があるという事実に対して広く異議を唱えるものがいた。多くの医師も異議を唱えた。食料医薬品局が発表した科学的事実、実験用ラットにおけるアミノトリアゾールの発がん性を明らかに示していた。それらのラットに、この化学物質を飲料水中100ppmの割合（つまりティースプーン10,000杯の水に、アミノトリアゾールをティースプーン1杯の割合）で与えると、68週目に甲状腺腫瘍を発症し始めた。2年後、観察されたラットの半数以上にそのような腫瘍が見つかった。これらの腫瘍は、良性腫瘍、悪性腫瘍の様々なタイプのものであると診断された。より少ない量を与えても腫瘍が現れた。まったく影響を与えないレベルは発見されなかつた。人間にとって発がん性があるかもしれない、アミノトリアゾールのレベルは、もちろん誰にも分らなかつた。しかしハーバード大学内科学教授デイヴィッド・ラトシュタイン博士が指摘しているように、そのレベルは人間にとって利益になるのと同じくらい不利益にもなりそうである。

今までのところ、新しい塩素化炭化水素系殺虫剤と現代の除草剤の最大効力を明らかにするのに十分な時間が経過していない。大抵の悪性腫瘍は非常にゆっくりと発達するので、臨床症状を示す段階に至るまでに、がんになった人たちの人生のかなりの部分を要するかもしれない。1920年代初めに、時計の文字盤に発光塗料で数字を描いていた女性たちは、筆を唇に触れることによって微量のラジウムを飲み込んでいた。これらの女性のうちの何人かは、15年かそれ以上経過してから

骨肉腫を発症した。化学的発がん物質に職業上曝露することによって引き起こされるがんの中には、15年から30年以上の期間を経てから発症するものもあることが明らかにされた。

様々な発がん物質に対する、これらの産業曝露とは対照的に、軍人のDDTへの初めての曝露はおおよそ1942年からであり、一般市民の曝露はおおよそ1954年からである。1950年代前半になって初めて、様々な殺虫性化学物質が使用されるようになった。これらの化学物質によって播かれた悪性腫瘍の種は何であれ、まだ発芽していない。

しかしながら、大抵の悪性腫瘍には長い潜伏期が共通しているという事実に対する、現在知られている1つの例外がある。その例外は白血病である。広島原爆生存者は、被爆後わずか3年で白血病を発症し始めた。今では、潜伏期はかなり短いと思われる根拠がある。潜伏期が相対的に短い他の種類のがんも、やがて見つかるかもしれないが、今のところ白血病が、がんは極度にゆっくりと進行するという原則に対する例外であるらしい。

現代の殺虫剤が台頭してきた時期に、白血病の発症率は着実に上昇している。人口動態統計局から入手できる数字は、造血組織の悪性疾患の憂慮すべき増加を明らかに立証している。1960年、白血病だけで12,190人の命が奪われた。血液やリンパのあらゆる悪性腫瘍で死亡した人は、合計25,400人であり、1950年の16,690人から急激に増加している。人口10万人あたりの死者の数は、1950年の11.1人から1960年には14.1人に増加した。こうした増加は、決して合衆国だけに限られたものではない。すべての国で、あらゆる年齢にわたって、白血病による登録死者数は1年に4～5%の割合で増加している。どういう意味があるのか。わたしたちの環境に加わったばかりの、どのような致命的な化学薬品に人々はますます頻繁に曝されているのか。

メイヨークリニックのような世界的に有名な医療機関は、何百人もの、こうした造血組織の病気の患者を受け入れている。メイヨークリニック血液学部門マルコム・ハーグレイヴズ博士と彼の同

僚は次のように報告している。ほとんど例外なしに、これらの患者には、DDT、クロルデン、ベンゼン、リンデン、石油蒸留物を含む噴射物を含めて、様々な毒性化学物質に触れていたという経験がある。

様々な有毒物質の使用に関係のある環境病が「特に、ここ10年間」増加していると、ハーグレイヴズ博士は思っている。豊富な臨床経験から次のように考えている。

血液疾患やリンパ性疾患に罹っている患者の大部分には、様々な炭化水素に曝されていたという意味深長な曰く因縁があり、今日の殺虫剤の多くもその中に含まれている。注意深く病歴を調べて見ると、ほとんど例外なくそのような関係が成り立つことが分かるだろう。

この専門家は、白血病、再生不良性貧血、ホジキン病（リンパ肉芽腫）と血液や造血組織などの疾患に罹っている、自分が診てきたすべての患者に基づき、多くの詳細な事例を今手にしている。「彼らは皆、かなりの量のこれらの環境物質に曝されていた」と博士は報告する。

これらの病歴は何を示しているのか。クモをひどく嫌っていたひとりの主婦の例がある。8月の中ごろ、彼女はDDTと石油蒸留物の含まれたエアロゾル・スプレーを持って地下室に降りて行った。階段の下、果物棚、天井と垂木のあたりのすべての保護区域、地下室全体に徹底的にエアロゾルを散布した。散布後ひどく気分が悪くなり、吐き気、極度の不安、緊張感を伴った。しかし次の2、3日以内に回復したので、不調の原因を考えなかったらしく、9月に再度同じことを繰り返した。さらに2回エアロゾルを散布し具合が悪くなり、一時的に回復すると再びエアロゾルを散布した。3回目のエアロゾル使用后、新たな症状が発現した。発熱、関節の痛みと不定愁訴、片足の急性静脈炎である。ハーグレイヴズ博士に診察を受けた時、急性白血病に罹っていることが分かった。彼女は翌月の内に亡くなった。

ハーグレイヴズ博士のもう一人の患者は専門職の男性で、ゴキブリがはびこる古い建物に事務所を持っていた。ゴキブリの存在に困り、自分自身でゴキブリ駆除対策を取った。ある日曜日の大半を費やして、地下室と人目につかない場所すべてに殺虫剤を散布した。その散布剤は、メチルナフタレンを含む溶剤に懸濁された25%の濃縮DDTであった。まもなく彼には、あざがで出血し始めた。数か所から出血し入院した。血液検査の結果、再生不良性貧血と呼ばれる骨髓の著しい機能低下が分かった。次の5ヶ月半の間、他の療法に加え59回の輸血を受けた。少し持ち直したが、およそ9年後、致死性白血病を発症した。

殺虫剤に関して言えば、症例に顕著に現れる化学物質は、DDT、リンデン、ベンゼン・ヘキサクロリド、ニトロフェノール、ありふれた防虫剤パラジクロロベンゼン、クロルデン、そしてもちろん、それらが懸濁される溶剤である。この医師が強調するように、一種類の化学物質への純粋曝露は稀なことである。市販用の製品には、通常いくつもの化学物質を組み合わせたものが、石油蒸留物と何らかの調合剤に懸濁されて入っている。溶剤である芳香族環状炭化水素と不飽和炭化水素、それら自体が造血組織に与えられた損害の主要な要因であるかもしれない。しかしながら、医学上の見地からというよりは現実的な観点から、この区別はあまり重要ではない。なぜなら、これらの石油系溶剤は最も普通の薬剤散布実行に付き物であるからだ。

この国および他国の医学文献は、これらの化学薬品と白血病や他の血液疾患との間の因果関係に対する、ハーグレイヴズ博士の確信を裏付ける多くの重要な症例を含んでいる。それらは、自分自身の散布装置、あるいは飛行機からの「降下物」を浴びた農夫たち、アリを退治するために自分の勉強部屋に散布し、そのまま部屋で勉強した大学生、持ち運びできるリンデン噴霧器を家庭に据え付けていた女性、クロルデンとトクサフェンを散布された綿花畑の労働者のような、ごく普通の人々に関係する。それらの文献には、医学用語に半ば隠された状態で、チェコスロヴァキアのふた

りの若い従兄弟の物語のような、人間の悲劇の物語が記載されている。少年たちは同じ町に住みいつも一緒に働き遊んでいた。2人の最後の最も致命的な仕事は、共同農場で殺虫剤（ベンゼン・ヘキサクロリド）の袋を降ろすことだった。8ヶ月後、2人のうち1人が急性白血病にかかった。9日後に彼は亡くなった。この頃、彼の従兄弟は疲れやすくなり、熱が出るようになった。約3ヶ月の間に症状はより重くなり、彼も入院した。またしても診断は急性白血病で、しかも否応なく致死の経過をたどった。

そのうえ、スウェーデン人農夫の症例もある。これは奇妙なことに、マグロ漁船「第五福竜丸」の日本人漁師久保山の症例を連想させる。久保山のように、その農夫は健康であり、久保山が漁で生計を立てていたように、農夫は農業で生計を立てていた。空から漂ってくる毒物がそれぞれに致命的の病気をもたらした。それは久保山にとっては放射能に汚染された灰であり、スウェーデン人農夫にとっては化学物質の粉末であった。農夫は約60エーカーの土地にDDTとベンゼン・ヘキサクロリドを含む粉末を散布していた。彼が農薬を散布すると、風が起こって粉末の小さな雲が彼の周りに渦巻いた。

（ルンドの診療所の報告によれば）夜になると彼はひどく疲れを覚え、その後の数日間全身の脱力感があり、背中痛み、足の痛みと悪寒もあり、やむなく病床についた。しかしながら容態は悪化し、彼は5月9日（農薬散布の一週間後）に地元の病院への入院許可を申請した。

彼は高熱を出し、血球数は異常だった。彼はルンドの診療所に移され、そこで2ヶ月半後に亡くなった。検死により骨髄の完全な衰弱が明らかになった。

どのようにして細胞分裂のような正常に必要なプロセスが、異質で破壊的なものになるように変化しうるのかは、多くの科学者が注目し、莫大な資金が費やされてきた問題である。細胞の秩序

だった分裂を、がんという荒れ狂った無制御の増殖に変えるために、細胞の中で何が起きているのか。

答えが分かる時、その答えはほとんど確実に複合的なものであろう。ちょうどがん自身が、その発端、発症経過、成長と退縮に影響を与える要因という点で、異なる様々な形で出現する様々な装いをする疾患であるように、それに対応する様々な原因があるに違いない。しかし、もしかしたら、それらすべての根底にある、細胞に対する、ほんのわずかな基本的な種類の損傷が原因であるかもしれない。広範囲に散在する、しかも時には、まったくがんの研究として着手されたものではない調査研究のあちこちに、いつの日か、この問題を解明するかもしれない最初の光のわずかな兆候をわたしたちは見る。

またしても、生命の最小単位である細胞とその染色体を見ることによって初めて、わたしたちはそのような神秘を見通すのに必要とされる、あの幅広い視野を発見することができる。ここ、この小宇宙の中で、細胞の見事に機能する機構を、なぜか正常なパターンから変化させる要因をわたしたちは探さなくてはならない。

がん細胞の原発部位に関する最も素晴らしい理論の1つは、ドイツの生化学者、マックス・プランク細胞生理学研究所のオットー・ヴァールブルク教授によって構築された。ヴァールブルクは細胞内の酸化という複雑な過程を生涯にわたって研究した。この幅広い理解を背景として、正常細胞が悪性になりうる仕組みについての魅惑的で明快な解釈が生まれた。

ヴァールブルクは、放射能か化学的発がん物質のいずれかが正常細胞の呼吸作用を損なうことによって作用し、結果として正常細胞からエネルギーを奪うと信じている。この作用は微量を繰り返し浴びた結果かもしれない。その影響は一度もたらされると不可逆的である。そのような呼吸毒の影響によって、すぐには死滅しない細胞がエネルギーの損失を必死で補おうとする。もはや細胞は、莫大な量のATPが産生される並はずれた効率的なサイクルを持続できなくて、発酵という原

始的ではるかに非効率的な方法に頼らざるを得なくなる。発酵により生き延びようとする苦闘は長期間続く。その闘いは、その後起こる細胞分裂を通じて持続する。その結果、すべての子孫細胞は、この異常な呼吸法を持つことになる。細胞は一度正常な呼吸作用を失えば、1年経っても、10年経っても、数十年経っても取り戻すことはできない。しかし失われたエネルギーを回復するこの厳しい戦いの中で、生き残った細胞は発酵の増加によって徐々に埋め合わせをし始める。それはダーウィンの唱える生存競争である。なぜなら生存競争の中で、最も適合性のあるもの、順応性があるものが生き残るからである。ついに、それらの細胞は、発酵が呼吸と同量のエネルギーを産生できる段階に辿り着く。この時点で、がん細胞は正常な体細胞から作られたと言えるかもしれない。

ヴァールブルクの学説は、さもないとすれば不可解な、多くのことを明らかにしている。大半のがんの長い潜伏期は、呼吸作用に対する最初の損傷後、発酵が徐々に増大する間の無限の細胞分裂に必要な時間である。発酵が支配的になるのに必要な時間は、発酵速度が違うために種によって様々である。つまり、ラットの場合は短くて、すばやく発がんする。人間の場合は（何十年と言ってもいいくらい）長くて、悪性腫瘍の発症はゆっくりとした変化である。

ヴァールブルク理論は、少量の発がん物質を繰り返し摂取するほうが、大量に一度摂取するよりも状況によっては危険であるのはなぜか、ということも明らかにしている。大量摂取で細胞は即座に死んでしまうかもしれないが、少量摂取では、損傷を受けた状態ではあるが生き残るものもある。その後、この生き残ったものががん細胞になるかもしれない。こういうわけで発がん物質の「安全な」摂取量は存在しない。

わたしたちはヴァールブルク理論の中にまた、そうでなければ理解できない事実についての説明を見つける。同じ1つの物質ががんを治療するのに役立つ、また、がんの原因となりうるということだ。これは誰もが知っているように放射線に当

てはまる。放射線はがん細胞を殺すが、がんを引き起こすこともある。また、それはがんの治療に使用されている多くの化学薬品にも当てはまる。なぜか、どちらの原因物質も呼吸を傷害する。がん細胞はすでに欠陥のある呼吸をしているので、さらに傷をつけられるとがん細胞は死ぬ。正常細胞は、初めて呼吸に損傷を被る時には死なないが、損傷が最終的に悪性腫瘍につながることもある。

ヴァールブルク理論は1953年に確認された。その年に他の研究者が長期間にわたって断続的に、正常な細胞からただ酸素を奪うことによって、正常な細胞をがん細胞に変えることができたからである。その後、1961年に別のことが確認された。今度は組織培養ではなくて生きている動物からである。放射性トレーサー物質が担がんマウスに注入された。その後、それらの呼吸作用を注意深く測定することによって、ヴァールブルクが予見していたように発酵速度が著しく正常値を上回っていることが分かった。

ヴァールブルクが定めた基準で測定すれば、大抵の殺虫剤は発がん物質の基準を嫌というほど完璧に満たしていて安心できない。前の章で見てきたように、多くの塩素化炭化水素、フェノール類といくつかの除草剤は、細胞内の酸化とエネルギー産生に干渉する。これらの手段により、それらは眠れるがん細胞を生成しているかもしれない。その細胞内では、最終的には（原因は長く忘れられ疑われてもいないが）識別できるがんとして再燃して明るみに出るまで、不可逆な悪性腫瘍が気付かれずに長く休眠する。

がんへのもう1つの道は染色体経由かもしれない。この分野の最も顕著な研究者の多くは、染色体に損傷を与え、細胞分裂に干渉し、突然変異を引き起こす、すべての原因物質を疑いの目で見ると、これらの人々の見解では、すべての突然変異はがんの潜在的な原因である。突然変異についての議論は、通常、生殖細胞の変異に言及するけれども、（その時、生殖細胞は将来の世代への変異の影響を受ける可能性があるが）体細胞にも変異があるかもしれない。がんの起源についての突然変異説によれば、もしかしたら放射線や化学物質の影響下で、

通常ならば体が細胞分裂に行使する制御から、細胞が逃れることを可能にする突然変異を発現するかもしれない。それゆえ、細胞は奔放かつ無秩序に増殖できる。これらの分裂の結果として生じる新しい細胞は、制御から逃れることができる同じ能力を持ち、やがて十分な時間が経てば、そのような細胞が集積しがんを構成する。

がん細胞内の染色体は不安定であるという事実を指摘する研究者もいる。すなわち、それらの染色体は切断されるか損傷を受ける傾向があり、染色体数が一定しないかもしれず、二重染色体も存在することがある。

染色体異常を追跡し実際の悪性腫瘍まで辿り着いた最初の研究者は、ニューヨーク州のスローン・ケタリング研究所に勤務する、アルバート・レヴァンとジョン・J・ビーゼルであった。悪性腫瘍か染色体異常の、どちらが先かについては、これらの研究者は「染色体異常が悪性腫瘍に先行する」ときっぱりと言う。彼らの推測では、おそらく、初期染色体異常と、その結果生じた不安定さの後に、多くの細胞世代を通じて試行錯誤の長い期間（悪性腫瘍の長い潜伏期）があり、その間に突然変異が集積されると、細胞は制御されなくなり、がんという無秩序な増殖を開始するということがある。

染色体不安定性理論の初期の提唱者の1人であるオイヴィン・ヴィンゲは、染色体倍加は特に重大であると感じていた。それなら、ベンゼン・ヘキサクロリドとその類縁にあたるリンデンは実験植物の染色体を倍加させることが、繰り返しの観察を通じて知られていることと、これらの同じ化学物質が致命的な貧血症の十分に立証された多くの症例に関与していることは、偶然の一致であろうか。そして細胞分裂を阻害し、染色体を切断し、突然変異を生じさせる、他の多くの殺虫剤はどのようなか。

なぜ白血病が、放射線もしくは放射線を模倣する化学物質への曝露から生じる、最もありふれた病気の1つでなければならないのかを理解することは簡単である。物理的または化学的突然変異誘発物質の主な標的は、特に活発な分裂を行なう細

胞である。これは様々な組織を含むが、最も重要なのは造血に関与する組織である。骨髄は生涯を通して赤血球の主な製造元であり、1秒間に約1,000万の新しい細胞をヒトの血流に送っている。白血球はリンパ腺と骨髄細胞の一部においても、むしろはあるが、それでも驚異的な速度で形成される。

ある種の化学物質は、またしてもストロンチウム90のような放射生成物を思い出させるものであるが、骨髄に対して特有の親和性を持っている。ベンゼンは殺虫剤の溶剤としてよく使われる構成成分であるが、20ヶ月もの長い間骨髄にとどまり、そこに蓄積されたままになる。ベンゼン自体は医学的論文において、長年にわたり白血病の原因として評価されている。

急速に成長する子供の組織も、悪性細胞の発生にとって最も適切な条件を提供するかもしれない。マクファーレン・バーネット卿は白血病が世界の至る所で増えているだけでなく、3~4歳の年齢の集団で最もありふれているようになってきていて、その年齢でのこれほどの発生率は他の病気では見られないと指摘している。この第一人者によると、「3歳と4歳の間に発生率のピークがあることは、幼い生命体が出生前後に突然変異誘発性刺激物に曝されたと解釈するほかはないだろう。」

がんを引き起こすことが知られている、もう1つの突然変異原はウレタンである。妊娠したマウスにこの化学物質を与えると、肺がんを発症するだけでなく、その子供もまた肺がんを発症する。これらの実験において、幼児のマウスがウレタンに唯一曝露するのは出生前であり、ウレタンは胎盤を通じて親から子に受け渡されたに違いないと分かる。ヒューパー博士が警告しているように、ウレタンや関連物質に曝されているヒト個体群において、出生前の曝露を通じて幼児はがんを発症する可能性がある。

カルバミン酸塩としてのウレタンは、化学的に除草剤IPCとCIPCの類縁物質である。がん専門家の警告にも関わらず、カルバミン酸塩は、殺虫剤、除草剤、殺菌剤としてだけでなく、可塑剤、

クスリ、衣類、絶縁材を含む様々な製品に広く使われている。

がんへの道は、副次的なものもあるのかもしれない。普通の意味では発がん物質でない物質が、悪性腫瘍が生じるように身体の一部の正常な機能を阻害する可能性がある。重要な例は、がん、特に生殖器系のがんであり、それらは性ホルモンのバランス異常に関連があるようである。同様に、症例によってはこれらの異常は、これらのホルモンの適切なレベルを保持する肝臓の能力に影響を与えるものの成果であるかもしれない。塩素化炭化水素は、まさしくこのような間接的な発がん現象の類いを引き起こしうる種類の物質である。なぜなら、すべての塩素化炭化水素は、ある程度、肝臓に有毒であるからである。

もちろん性ホルモンは通常は体内に存在し、様々な生殖器官に関して欠くことのできない成長刺激機能を果たす。しかし体は過度の蓄積に対する固有の保護能をもつ。というのは、肝臓は男性ホルモンと女性ホルモンの適切なバランス（男性ホルモンと女性ホルモンは、量は異なるが男女両方の体内で産生される）を保つように作用し、一方の蓄積の超過を阻止する。しかし、もし病気や化学物質に障害を受けたり、ビタミンB複合体の供給が減らされたりすると、そうすることはできない。このような条件下ではエストロゲンは異常に高いレベルにまで増大する。

その影響にはどのようなものがあるのか。少なくとも動物においては、実験による十分な証拠がある。ロックフェラー医学研究所の研究者は、そのような実験の1つで病気により肝臓に損傷を負ったウサギが、きわめて高い子宮がんの発生率を示すことを発見した。そのがんは、肝臓が血中エストロゲンを不活性化することができなくなり、「その後、発がん性レベルに上昇した」ため発症したと考えられる。（必ずしも高いレベルとは限らない）エストロゲンの長期投与によって、様々な生殖器官の組織に「良性の異常増殖から明確な悪性腫瘍にわたる」変化が起きていることを、マウス、ラット、モルモットやサルを使用した大

規模な実験が明らかにしている。エストロゲン投与によってハムスターに腎臓腫瘍が誘発されている。

その問題についての医学的な見解は分かれたが、類似効果がヒトの組織で起こりうるという見方を支持するたくさんの証拠が存在する。マギル大学ロイヤルヴィクトリア病院の研究者たちは、研究した子宮がんの150の症例のうち3分の2が異常に高いエストロゲン値の兆候を提供していることに気付いた。その後、一連の20の症例の90%において、似たような高いエストロゲン活性が見られた。

今、医療専門家が利用できる、すべての検査によって損傷が発見されることがなくても、エストロゲン除去を阻害するのに十分な損傷が肝臓にある可能性はある。これは塩素化炭化水素によって容易に引き起こされる可能性がある。なぜなら、これまで見てきたように、塩素化炭化水素はとても低いレベルの摂取量で肝細胞に変化を引き起こすからである。塩素化炭化水素は、またビタミンB不足の原因にもなる。これもまた非常に重要で、なぜなら他の連鎖的証拠が、がんに対するこれらのビタミンの保護的役割を示しているからである。かつてスローン・ケタリングがん研究所の所長であった故C.P.ローズは、豊富な自然ビタミンB源である酵母菌を与えておくと、非常に強力な発がん物質に曝されても実験動物はがんにならないことを発見した。口腔がんも、もしかしたら消化器官の他の部位にできるがんには、これらのビタミンの欠乏が伴うことが分かっている。これは合衆国だけでなく、スウェーデンやフィンランドの極北地域でも観察されている。なぜなら極北での食事には、通常ビタミンが不足しているからである。たとえばアフリカのバンツ族のように原発性の肝臓がんになる傾向がある集団は、一般的に栄養失調になりやすい。またアフリカの一部の地域では、肝臓疾患や栄養失調と関係がある男性乳がんも広く認められる。戦後のギリシャでは、男性の乳房肥大は飢餓の期間に伴って普通に起こることであった。

要するに、がんにおける殺虫剤の間接的な役割

についての議論は、肝臓を損傷し、ビタミン B 供給を減少させ、「内因性」エストロゲン、つまり身体そのものによって産生されるエストロゲンの増加につながる、殺虫剤の実証済みの能力に基づいている。これらのものに加えて、わたしたちが次第に触れるようになっていく多種多様な合成エストロゲンがある。それらは化粧品、薬、食物や職業上の曝露におけるエストロゲンである。その複合効果は最大の懸念事項の根拠となる事柄である。

がんを生じる化学物質（農薬を含む）に対する人間の曝露は規制されておらず多様である。個人は同一の化学物質に対して様々に曝されている。ヒ素は一例である。それはすべての個人を取り巻く環境中に様々な装いで存在する。大気汚染物質、水汚染物質、食物の残留農薬として、薬、化粧品、木材の防腐剤の中に、あるいはペンキとインクの着色剤として。これらの曝露のどれも単独では悪性腫瘍を引き起こすには十分ではないということは、十分にありうることである。しかし、どれでも「安全量」と考えられるものを一つ載せれば、他のものの「安全量」がすでに載せられている天秤の片方を重くするには十分であるかもしれない。

あるいはまた、2つ以上の異なる発がん物質は協同することによって危害を加えるかもしれないが、その結果それらの効果は合計される。たとえば DDT に曝された個人は、肝臓に損傷を与える他の炭化水素にほぼ確実に曝されている。なぜなら炭化水素は溶剤、ペンキ剥離剤、脱脂剤、ドライクリーニング液、麻酔剤として広く使用されているからである。そうであるならば DDT の「安全量」はどれくらいになるのか。

1つの化学物質が別の化学物質に作用し、その効果を変えることによって、状況はさらに複雑なものになる。がんは2つの化学物質の相補う作用を必要とする時もある。2つのうちの1つが細胞もしくは組織を感作し、その結果、後にもう一方の化学物質もしくは促進剤の作用を受けて、紛れもない悪性腫瘍を発症させる可能性がある。した

がって除草剤 IPC と CIPC は、皮膚腫瘍の発生においてイニシエーター（発がん起始因子）として作用するかもしれない。つまりそれは、何か他のものによって、もしかするとありふれた洗剤によって、実際に生じる可能性がある腫瘍の種を蒔くということである。

化学剤と物理剤との相互作用もあるかもしれない。白血病は、悪性転化が X 線によって開始され、促進作用が、たとえばウレタンのような化学物質によって与えられるという、二段階のプロセスとして発症するかもしれない。様々な線源の放射線に人々がますます曝されるようになっていくことと、多くの化学物質との接触が多いことは、現代社会にとって深刻で新しい問題を提起する。

放射性物質による水道汚染は別の問題を提起する。そのような物質は、化学物質も含む水に汚染物質として存在し、電離放射線の影響によって実際に化学物質の性質を変化させ、予想外の方法で原子を再配列して、新たな化学物質を生み出す可能性がある。

合衆国中の水質汚染専門家は、合成洗剤が今や公共水道の厄介な汚染物質で、ほぼあらゆる場所に存在するという事実を懸念する。処理することで、それらを取り除く実際的な方法はない。発がん性がある合成洗剤はほとんどないが、消化管の内壁に作用し、危険な化学物質をより簡単に吸収するように組織を変化させ、その結果それらの作用を悪化させることによって、間接的にがんを増進させるかもしれない。しかし誰がこの作用を予見し制御することができるのか。万華鏡のように状況が変化する中で、発がん物質は、ゼロ線量以外、いったいどれくらいの量が「安全で」ありえるのか。

ある最近の出来事によって明瞭に示されたように、わたしたちは危険を覚悟で環境中の発がん物質を容認する。1961年の春、多くの連邦、州、民間の孵化場でニジマスの中に肝臓がんの急増が見られた。合衆国の東部と西部、両方のマスが病気に侵された。ある地域では3歳以上のマスのほぼ100%が、がんを発症した。このことが発見されたのは、水汚染物質が原因で人ががんになる危

険性について早期に警告がなされるように、国立がん研究所環境がん部門と野生生物局の間で、腫瘍のあるすべての魚を報告する事前の取り決めがあったためである。

それほど広大な地域にわたる、この流行の正確な原因を究明する研究は進行中ではあるが、最も有力な証拠は、孵化場の調査された餌に存在する物質を指し示すと言われている。これらの餌に含まれているのは、基本的な食品に加えて、信じられないほどに多様な化学添加物と薬剤である。

様々な理由でマスにまつわる物語は重要であるが、どのような種であれ、その環境中に強力な発がん物質が導入される時、起こりうることの一例として主に重要である。ヒューパー博士はこの流行を、環境中の発がん物質の数と種類を制御するために、大幅な注意を払わなくてはならないという重大な警告であると述べた。「もしそのような予防策を取らなければ、ヒト個体群に対して同様の惨事が将来発生するための、お膳立てを徐々にすることになるだろう」とヒューパー博士は述べる。

ある研究者が表明したように、わたしたちは「発がん物質の海」に暮らしているという発見は、もちろん悲観的であるが、絶望と敗北主義という反応に容易につながる可能性がある。「絶望的な状況ではないですか」というのが普通の反応である。「これらの発がん物質をわたしたちの世界から除去しようと試みることもさえないではないでしょうか。試みることに時間を浪費するのではなく、がんの治療法を発見するための研究に全力を傾注するほうが良くはないですか。」

この質問を、長年がん研究で際立った業績を上げているヒューパー博士に投げかけると、長くその問題に考えを巡らせ見解の背後には生涯にわたる研究と経験がある、研究者の思慮深さをもって博士は答える。ヒューパー博士は、今日のがんに関する状況が、19世紀末葉に感染症を巡って人類に降りかかった状況と非常に似通っていると信じている。病原性微生物と病気との原因関係は、パスツールとコッホの素晴らしい研究を通じて確立された。ちょうど今日わたしたちの環境に発が

ん物質が浸透しているように、医師とそれに一般人も、人間の環境は病気を引き起こす能力を持つ膨大な数の微生物のすみかであるということを確認するようになっていた。今や大抵の感染症はある程度制圧されていて、実質的に撲滅されているものもある。この素晴らしい医学上の業績は、治療法だけでなく予防法も重視した二重の攻撃によって生まれた。素人が心に抱く「特効薬」と「妙薬」の卓越性にもかかわらず、対感染症の戦争における本当に決定的な戦闘の多くは、病原体を環境から撲滅させる方策から構成されていた。100年以上前のロンドンにおけるコレラの大流行は、歴史上の一例である。ロンドンの内科医ジョン・スノウは症例の発生地図を作り、それらが1つの地域に由来することを発見した。その地域の住民は、ブロード・ストリートにある1つのポンプから水をくみ上げていた。予防医学の迅速で決定的な実施に際して、スノウ博士はポンプからハンドルを取り除いた。それによってコレラは鎮圧された—（その当時知られていない）コレラという病原体を殺す特効薬ではなく、環境から病原体を除去することによって。治療的手段も患者を治療するだけでなく感染病巣を減少させるという重要な成果を挙げる。今日結核が比較的まれであるのは、普通の人は今や結核菌と接触することはめったにないという事実が大いに起因する。

今日、わたしたちの世界は発がん物質で満たされている。（「治療法」が発見されると仮定しても）、完全にもしくは主として治療的手段に集中しているがんに対する攻撃は、ヒューパー博士に言わせれば失敗するだろう。なぜなら、その攻撃は、今のところ捕らえどころのない「治療法」がその病気を鎮めることができるよりも速く、新しい犠牲者の命を奪い続ける、大量の発がん物質の貯蔵には手をつけずにいるからである。

がんの問題に対する、この常識的な方法を採用することに、わたしたちはなぜ手間取ってきたのか。おそらく「予防よりも、がん患者を治療するという目標が刺激的であり、具体的であり、魅力的で、報われる」とヒューパー博士は述べる。しかし、がんが形成されないように予防することは

「間違いなくより人道的」であり、「がん治療よりもはるかに効果的」である可能性がある。ヒューパー博士は、がん予防として「毎日朝食前に摂取するようになる特効薬」を約束する希望的観測には我慢ならない。そのような最終的な結果に対する国民の信頼の一部は、がんは不可解な病気ではあるが原因は単一であり、うまくいけば単一の治療法のある、単一疾患であるという誤認から生じたものである。これはもちろん知られている真実からかけ離れている。ちょうど環境がんが多様な化学剤と物理剤によって引き起こされるように、悪性疾患そのものも生物学的にもはっきりと区別できる様々な形で見られる。

長らく約束されている「飛躍的前進」が実現する時、あるいは実現しても、あらゆるタイプの腫瘍に対する万能薬である見込みはない。すでにがん患者となっている人々を緩和し治療するために治療的手段のための研究は続けなくてはならないが、達人技のごとく解決策がたちまちに生じるという期待を抱かせることは人類に不利益である。それはゆっくりと、1つずつ段階を踏まえながら生じる。その間、わたしたちは何百万（ドル）も研究に注ぎ込み、実証されたがんの症例に対する治療法を発見するため、すべての希望を莫大な計画に投資する時、たとえ治療しようと努めているとはいえ、予防するための千載一遇のチャンスをなおざりにしている。

課題は決して達成できないものではない。ある重要な側面において、将来の展望は世紀の変わり目における感染症に関する状態よりも有望である。今日の世界が発がん物質で満ち溢れているように、その当時の世界は病原体で満ち溢れていた。しかし人が細菌を環境に送り込んだのではなかった。それに細菌をまき散らした時の人の役割は、意図しないものであった。それとは対照的に、人は圧倒的多数の発がん物質を環境中に送り込んでいる。しかも、もし望むなら、それらの多くを除去することができる。化学的発がん物質は2つの方法でわたしたちの世界に定着した。1つ目は、しかも皮肉なことに、より良くより楽な生活様式への人間の探求を通じて、2つ目は、そのような

化学物質の製造と販売がわたしたちの経済と生活様式の一部として受け入れられているからである。

すべての化学的発がん物質が現代世界から除去されうる、除去されるだろうと考えるのは非現実的であろう。しかし、かなりの割合のものは決して生活必需品ではない。それらを除去すれば、発がん物質の総量は大いに軽減されるであろう。そうすれば、4人に1人ががんを発症するだろうという脅威は、少なくともかなり軽減されるであろう。今わたしたちの食物、上水道、そして環境を汚染する、それらの発がん物質を除去するために、これ以上ない断固とした取り組みがなされるべきである。なぜなら、これらは最も危険なタイプの接触、すなわち数年にわたって何度も繰り返される微小な曝露をもたらすからである。

がん研究において最も著名な人々の中に、環境要因を特定し、それらを除去するか、その影響を削減するための、確固たる取り組みによって悪性疾患を著しく減少させることができるというヒューパー博士の信念を共有する、多くの人々が他にもいる。がんがすでに潜んでいるか、目に見える存在である人々のために、治療法を発見する取り組みはもちろん持続しなくてはならない。しかし、まだその病気の影響を受けていない人々、そしてまだ生まれていない世代のためには間違いなく、予防は緊急に必要なものである。

第15章 自然は反撃する

自然を思い通りに操ろうとする取り組みの中で、非常に多くのものを危険にさらし、それでいて、目的を達成することができなかつたとしたら、実際これほど皮肉なことはないであろう。しかし、これがわたしたちの現状であるらしい。めったに語られることはないけれど誰にでも分かることだが、実は、自然はそんなに簡単に操られることはないし、昆虫は人間による化学的攻撃を回避する方法を見出している。

昆虫の世界は、自然の最も驚くべき現象だ（とオランダの生物学者 C. J. ブリエジェーは言った）。昆虫にとって不可能はない。最もありえないことが昆虫の世界では普通に起こる。昆虫の世界の神秘に深く入り込む者は驚嘆し、たえず固唾をのむ。彼には、何でも起こりえるということ、まったく不可能なことがよく起こるということが分かっている。

今「ありえない」ことが2つの大きな戦線で起こっている。遺伝的淘汰の過程により、昆虫は化学薬品に抵抗力のある系統を生み出している。このことは次の章で検討する。もっと大きな問題は、今から検討するが、わたしたちの化学的攻撃は環境そのものに内在する防御、すなわち、様々な種を抑制するように設計されている防御を弱体化しているという事実である。これらの防御をわたしたちが突破するたびに、多数の昆虫があふれ出す。

わたしたちが深刻な状態に置かれていることを明らかにする報告が、世界中からもたらされている。10年かそれ以上、集中的に化学薬品で昆虫を防除してきた、その果てに、昆虫学者たちは、数年前に解決されたと考えていた問題が再燃していて、彼らを悩ましていることに気付いていた。そして、かつては僅かしかいなかった昆虫が、重要害虫という地位にまで増加するにつれて新たな問題が生じていた。化学薬品の本来の性質上、散布して昆虫を防除することは自滅的である。なぜなら化学薬品は、闇雲に浴びせかけられる生態系を考慮に入れずに、考案され使用されてきたからである。個別の数種に対しては化学薬品の事前調査が行われてきたかもしれないが、生物群落に対しては行われていない。

自然のバランスを、昔のより単純な世界において広く行き渡っていた事態 — 今や完全に破壊されてしまい忘れてしまっても良い状態 — であると片付けてしまうことが、最近一部では流行している。これを便利な想定であると考える人もいるが、行動指針のための海図としては非常に危険である。自然のバランスは更新世の時代とは異なるが、今でも存在している。それは複雑で精密で高

度に統合された生物間の関係であり、その関係は、崖の端に座った人が重力の法則に逆らおうとして無事ではすまないように、安心して無視することはできない。自然のバランスは現状維持の状態ではなく、流動的で絶えず変化していて調節が続いている。人類もまた、そのバランスの一部である。自然のバランスは人類に有利となる時もあり、大概は人類の行動によってであるが不利な方に変化する時もある。

現代の昆虫防除計画を設計する際に、2つの決定的に重要な事実が見落とされていた。1つは、本当に効果的な昆虫防除は人間によってではなく、自然によって行われるものであるということである。個体数は生態学者が耐環境性と呼ぶものによって抑制され、これは最初の生物が生まれた時からずっとそうである。利用可能な食料の量、天候と気候の状態、競合する種と捕食性の種の存在、すべて決定的に重要である。「昆虫が昆虫以外のものを圧倒するのを防ぐ最大の単一要因は、昆虫間で仕掛けあう内部闘争である」と昆虫学者のロバート・メトカーフは言った。しかし、今使用されている大多数の化学薬品は益虫も害虫も区別なく、すべての昆虫を殺害する。

無視された第2の事実は、耐環境性が弱体化すると、すぐに起こる真に爆発的な種の繁殖力である。多くの生命体の繁殖力は、時にはそれを示唆するものを垣間見ることはあるけれども、ほとんどわたしたちの想像力を超えている。単純な干草と水の混合物に、原生動物の成熟培養物からの数滴の物質を加えるだけで、広口瓶の中で起きた学生時代の奇跡をわたしは覚えている。数日以内に、その瓶の中には回転し駆け抜ける生命の大集合が生まれたものだ。それは何兆もの数え切れないゾウリムシ *Paramecium* であり、1つ1つがほこりの1粒のように小さかった。すべてのものは、温度が適切で豊富な食料があり外敵不在の、一時的なエデンの園で自由に繁殖した。あるいは、見渡す限りフジツボで白くなっている海岸の岩をわたしは想像する。あるいは、クラゲの巨大な群れを何マイルも何マイルも通り抜けている光景を思い浮かべる。水とほとんど同じくらい実体のない、

脈打つ幽霊のような姿に際限はないように思われる。

タラが冬の海を産卵場所へと泳いで行き、それぞれのメスが約 100 万の卵を産む時、わたしたちは自然の制御という奇跡が働いているのを見る。すべてのタラの子孫がすべて生き残るようなことがあれば、きっと海は密集したタラの群れになるだろうが、そうはならない。自然に存在する抑制はそのようなものであり、それぞれのつがいによって生み出される数百万の幼魚の中から、平均すれば、親魚に取って代わるに十分な数だけが生き残り成魚となる。

生物学者たちは、何か想像もできない大災害によって自然の抑制が取り払われ、単一個体のすべての子孫が生き残ったとしたら、どうなるのかについて推測する事で楽しんでいたものだ。たとえばトーマス・ハクスレイは、(交尾することなしに繁殖するという奇妙な能力をもつ) 1 匹の雌のワタアブラムシが 1 年で当時の中華帝国住民の全体重と等しいだけの子孫を産む可能性があることを、1 世紀前に計算していた。

わたしたちにとって幸運なことに、このような極端な状態は理論上そうであるにすぎないが、自然自身の取り決めに混乱させる悲惨な結果は、動物個体数の研究者にはよく知られている。コヨーテを撲滅しようという牧畜業者の熱意は野ネズミの異常発生をもたらした。以前はコヨーテがネズミを抑制していたのである。アリゾナ州のカイバブシカのたびたび繰り返される話は、もう 1 つの適例である。かつてはシカの個体数は環境と釣り合っていた。オオカミ、ピューマ、コヨーテといった多数の捕食動物がいたため、シカは餌の供給量を上回るほどに増えることはなかった。その後、シカの敵を全滅させることによってシカを保護する運動が始まった。捕食者がいなくなると、シカは桁違いに増え、すぐに十分な餌がなくなった。彼らが木の若葉を食べる境界線は、餌を探すにつれてより高くなっていき、やがてかつて捕食者に殺されていたよりも多くのシカが餓死していた。それに加え、餌を探す必死の努力によって環境全体が損害を被った。

草原や森の肉食性昆虫はカイバブのオオカミやコヨーテと同じような役割を果たす。肉食性昆虫を絶滅させると、餌となる昆虫の個体数は急増する。

多くの昆虫がまだ特定されていないため、どれくらい多くの昆虫が地球上に生息しているか誰にも分からない。しかし 70 万以上もの種類の昆虫がすでに発見されている。つまり種の数の上から見ると、地球上の生物の 70 ~ 80% は昆虫である。これらの昆虫の大部分は人間の介入を一切受けることなく、自然力によって制御されている。そうでなければ、考えられうる多量の化学薬品でも、もしくは他のどのような方法でも、個体数はとても抑制できそうにない。

問題は、天敵によって与えられる保護が機能しなくなるまで、なくなっていることに、めったに気付かないということである。わたしたちのほとんどは世界をよく見ないで歩いていて、世界の美しさ、不思議さ、そしてわたしたちの周りで生きている生命体の奇妙で、時には恐ろしい強烈さに同様に気付かない。それと同じように捕食昆虫と寄生虫の活動はほとんどの人に知られていない。もしかしたら、わたしたちは庭の低木の上にいる外観の奇妙な形をした凶暴な昆虫に気付いているかもしれない。そして、カマキリが他の昆虫を食い物にして生きていることに、ほんやりと気付いているかもしれない。しかし、わたしたちは夜になって庭を歩き、あちらこちらで懐中電灯をかざして、獲物にこっそりと近づくカマキリを見て初めて、物事を理解力のある目で見る。その時、わたしたちは追うものと追われるものとの修羅場のようなものを感じる。そして自然が自らを制御する容赦ない押圧のようなものを、わたしたちは感じ始める。

他の昆虫を殺して食べる昆虫捕食者には多くの種類が存在する。素早いものもいて、ツバメの速度で空中から獲物を奪い取るものもいる。ゆっくりと几帳面に葉柄にそって歩き、アブラムシのような動かない昆虫を摘み取り貪り食うものもいる。スズメバチは体の柔らかい昆虫を捕らえて、体液を幼虫に与える。ジガバチは泥でできた円柱

状の巣を家の軒下につくり、そこに幼虫が食べる餌を蓄えている。ハナダバチは放牧牛の群れから離れないで、牛を苦しめる吸血ハエを殺す。ハチとよく間違えられる、騒がしくブンブンと飛び回るハナアブは、アブラムシがはびこる植物の葉の上に卵を産み付ける。その後、孵化した幼虫は計り知れない数のアブラムシを食べ尽くす。テントウムシは、アブラムシ、カイガラムシ、その他の草食虫に最も効果的な捕食者の1つである。1匹のテントウムシは、1回分の卵を産むのに必要とする小さな活力の火を蓄えるために、文字通り何百匹ものアブラムシを食べ尽くす。

習性がより異常なのは寄生昆虫である。これらは宿主をすぐに殺すのではなく、いろいろな方法を使って、自分たちの幼虫を育てるために餌食を利用する。それらは餌食である幼虫や卵の中に卵を産み付け、卵から孵った幼虫は宿主を食べることによって餌を得ることができる。粘着剤を使って毛虫に卵をくっつけるものもある。寄生した幼虫は孵化すると、宿主の皮膚に穴を開ける。先見の明のような本能に導かれ、葉を食べる毛虫が偶然卵を食べてしまうように、葉の上に卵を産み付けるものもある。

野原、生垣、庭、森の中、至る所で捕食昆虫、寄生昆虫が活動している。ほら、池の上をトンボが矢のように飛び、太陽の光を受けて翅が輝いている。そのように彼らの祖先は巨大な爬虫類がいる沼沢地を飛び回っていた。今もそうした古代と同じように、鋭い眼をしたトンボはバスケットのような脚で空中の蚊を掬い取って捕まえる。下の水中では、トンボの幼虫であるニンフやナイアスが、水中期の蚊（ボウフラ）と他の昆虫を捕食する。

あるいは、葉を背にしてほとんど見えないが、クサカゲロウがいる。緑の薄織りの翅と金色の目をした、恥ずかしがりな秘密主義の、二畳紀に生きていた古代種の子孫である。大抵、クサカゲロウの成虫は植物の蜜とワタアブラムシの蜜を吸い、やがて卵を産む。長い茎の先端に1つ1つ産み付け、葉にしっかりと固定する。これらから子供が生まれる。奇妙な硬い毛の生えたワタアブラ

ムシライオンと呼ばれるものである。それらはワタアブラムシ、カイガラムシ、ダニを捕食することによって、つまりこれらの昆虫を捕まえて体液を吸い尽くして生きている。絶え間なく回転するライフサイクルが、蛹の段階を過ごす白い絹のような繭を紡ぐ時をもたらずまでに、それぞれが数百匹のワタアブラムシを食い尽くす可能性がある。

そして多くのカリバチとハエもいるが、まさにその存在は、寄生による他の昆虫の卵と幼虫の殺害に依存している。卵寄生虫の中には極小のカリバチがいるが、それらは数の多さと活発な活動によって、多くの穀物を損なう種の個体数を抑制している。

これらすべての小さな生物は働いている — 晴れていても雨でも、夜間も、たとえ冬の支配が生命の火を燃えさしにする時でも働いている。その時この生命力はただ燻ぶっているだけで、春が昆虫の世界を目覚めさせる時に、再び燃え上がり活動する時を待っている。その間、寄生昆虫と捕食昆虫は真っ白な一面の雪の下、霜で硬く凍った土壌の下、樹皮の裂け目の中、そして雨風を防ぐ洞穴の中に、寒い季節を乗り切る方法を見つけてきた。

カマキリの卵は、過ぎ去った夏とともに寿命を終える母カマキリによって、灌木の枝に産み付けられる、薄い羊皮紙の小さなケースの中で守られている。

アシナガバチのメスは屋根裏の忘れられた片隅に隠れているが、体内に受精卵を抱えている。受精卵という遺産にコロニーの未来がかかっている。メスバチは唯一の生存者であり、春に小さな紙の巣を作り始め、その巣の中の個室に少数の卵を産み付け、働きバチの小さな集団を大事に育てる。働きバチの助けを得て、メスバチは巣を大きくしコロニーを発展させる。働きバチは夏の暑い日中休むことなく餌をあさり、数え切れないイモムシを殺す。

このように、彼らの生活状況とわたしたち自身の欲求の本質にもかかわらず、これらすべては、自然の均衡をわたしたちに有利な方に傾けてくれ

ているという点で、わたしたちの協力者である。だが、わたしたちは味方に大砲を向けている。恐ろしく危険なことに、彼らの援助がなければわたしたちを侵略できる、敵の邪悪な流れを食い止めている彼らの価値を、わたしたちは著しく過小評価してきた。

耐環境性が一般的、恒久的に低下するという見通しは、殺虫剤の数、種類、殺傷能力が増大するにつれて、1年、1年時が経つごとに、厳しく次第に現実のものとなっている。時が経つにつれて、わたしたちがこれまでに知っているどんなものをも超える、病気を媒介する種と作物に打撃を与える種の両方の昆虫の深刻な大発生が次第に見られるようになるかもしれない。

「確かにそうだが、これはすべて理論上のことではないのか」と読者の皆さんは尋ねるかもしれない。「間違いなく、実際には起こらないだろう。どちらにしても、わたしが生きていた間には。」

しかし、それは実際に起こっている、今ここで。1958年までに科学誌は自然の均衡の激しい転位に巻き込まれた約50種をすでに記録していた。毎年さらに多くの実例が発見されている。その問題についての最近の総説には、殺虫剤によって引き起こされた昆虫個体数のバランスに不吉な乱れがあることを報告、議論する215本の論文への言及が含まれていた。

化学薬品散布の結果、時には駆除しようとした、まさにその昆虫がすさまじく急増することがあった。オンタリオ州のブユが散布後、散布前と比べ17倍も大量発生した時のように、あるいは、イングランドで有機リン系化学薬品の1つを散布した後に一匹敵するものが確認できないほどの大発生であったが一ダイコンアブラムシの大量発生が見られた時のように。

農薬散布は標的昆虫に対してはかなり効果的ではあるが、以前には問題を引き起こすほどには、たくさんいなかった有害昆虫の入っている、パンドラの箱をすっかり開放する時もある。たとえば、ハダニはDDTやその他の殺虫剤が天敵を全滅させてしまったので、実際に世界中に存在する害虫となっている。ハダニは昆虫ではない。それはク

モ、サソリ、ダニを含む群に属する、かろうじて目にすることのできる、8本脚の生物である。それは突き刺したり吸ったりするのに適した口器を持ち、世界を緑にするクロロフィルに対する桁外れの食欲がある。これらの小さくて錐のような口器を、葉の外側の細胞や針葉樹の葉に刺し込み葉緑素を採取する。軽度の蔓延が木々や低木をまだら模様、または胡麻塩模様にしてしまい、大量発生すると葉は黄色に変色し落ちてしまう。

これが数年前に西部の国有林のいくつかで起こったことである。それは1956年のことで、森林地の約885,000エーカーに米国農務省森林局がDDTを散布した。その目的はトウヒノシントメハマキを駆除するためであったが、その翌年の夏、芽食虫の被害よりもひどい問題が起こったことが分かった。空から森林を調査した時、壮大なベイマツ林が褐色となり針葉を落としている広大な荒廃した地域が見えた。ヘレナ国有林とビッグベルト山脈の西斜面、それにモンタナ州の他の地域と南方のアイオワ州に至る森林は、まるで焼け焦げているように見えた。1957年のこの夏が、歴史上最も広大で途方もないハダニの被害をもたらしていたことは明らかであった。散布されたほとんどすべての地域が影響を受けた。このようにはっきりとした被害は他のどこにもなかった。森林監督官が前例を探し求め、他のハダニによる害を思い出せたが、この一件ほど劇的ではなかった。1929年のイエローストーン公園のマディソン川流域、20年後のコロラド州、それから1956年のニューメキシコ州に同様の問題が発生していた。どれもハダニが大発生したのは、森林に殺虫剤を散布した後であった。(DDT時代以前の1929年の散布にはヒ酸鉛が使用された。)

なぜハダニは殺虫剤を糧にするように見えるのか。殺虫剤に比較的影響を受けないという明白な事実に加えて、2つ別の理由があると思われる。自然界では、テントウムシ、タマバエ、捕食性のダニと数種のカメムシのような様々な捕食昆虫によって、ハダニは抑制されているが、これらの昆虫はすべて殺虫剤の影響を受けやすい。第3の理由は、ハダニのコロニー内部の個体数圧力に関係

がある。ダニの平穏なコロニーは密集して定住する群集であり、敵から身を隠すための保護用の網を張り、その下で群れている。殺虫剤が散布されると、ダニは死ぬことはないが刺激を受けて、侵害されないであろう場所を求めて四散するのでコロニーが分散する。その際、彼らは以前のコロニーで得られたよりも、はるかに多くの空間と食料を見つける。今や敵がいなくなり、ダニは保護用の網を分泌するのにエネルギーを費やす必要はない。その代わりに、ダニはより多くの子孫を生み出すことに、すべてのエネルギーを注ぎ込む。産卵が3倍に増えることも稀ではない。すべては殺虫剤の慈悲深い効果のおかげである。

ヴァージニア州のシェナンドー・バレーは有名なリンゴ栽培地域であるが、DDTがヒ酸鉛に取って代わると、すぐにアカオビハマキガと呼ばれる多数の小昆虫が発生し、リンゴ栽培業者を悩ませた。それまでは、被害は決して重大なものではなかった。まもなく損害は収穫高の50%に昇り、DDTの使用が増大するにつれて、この地域だけでなく東部と中西部の多くの地域においても、アカオビハマキガはリンゴの最も破壊的な害虫の地位を獲得した。

状況は皮肉に満ちている。1940年代後半、ノヴァ・スコシアのリンゴ園で（「虫食いリンゴ」の原因である）コドリガの最悪の蔓延が見られたのは、定期的に殺虫剤が散布された果樹園であった。殺虫剤を散布されなかった果樹園では、コドリガは大問題を引き起こすほど、たくさんはいなかった。

継続的に殺虫剤を散布することで、スーダン東部は同様に納得のいかない報いを受けた。なぜなら、そこでは綿花栽培業者がDDT使用で苦い経験をしたからである。ガッシュ・デルタでは灌漑がなされ、およそ60,000エーカーの広さで綿花が栽培されていた。DDTの初期試験散布では明らかに良い結果が得られたので、散布が強化された。問題が起こったのはそれからだった。綿花の最も有害な敵の1つはワタアカミムシガの幼虫である。ところが綿花に散布すればするほど、ワタアカミムシガはそれだけ多く出現した。DDTを

散布されなかった綿花は、散布されたものよりも綿の実への被害が少なく、また、後に成熟した丸莢にも被害が少なく、しかも2回散布された畑では実綿の生産高は著しく低下した。葉を食する昆虫の中には撲滅されたものも何種かあったが、ワタアカミムシガの被害は、このようにして得られた可能性がある利益を相殺する以上のものであった。結局、手間と費用をかけて殺虫剤を散布していなければ、綿花の収穫高はより多かつたであろうという不愉快な真実に栽培業者は直面した。

ベルギー領コンゴとウガンダでは、コーヒーの木の害虫に対するDDTの大量散布の結果がほとんど「壊滅的な」ものであった。害虫そのものはDDTによってほとんど完全に影響を受けなかった。一方、害虫の捕食昆虫はDDTに対して実に敏感であった。

アメリカでは殺虫剤の散布によって昆虫界の個体群動態が乱れ、農場経営者は1つの害虫と引き換えに、より害のある害虫を手に入れることを繰り返している。最近行われた大量殺虫剤散布計画のうちの2つが、まさにこの効果をもたらした。1つは南部におけるヒアリ撲滅計画であり、もう1つは中西部におけるマメコガネに対する殺虫剤散布であった。（10章および7章参照。）

1957年、ルイジアナ州の農場で大規模にヘプタクロルが散布された時、その結果はサトウキビ作物の最悪の敵の1つ、サトウキビメイガの大発生であった。ヘプタクロルの散布直後に、サトウキビメイガによる被害が急増した。ヒア리를ターゲットにした化学薬品がメイガの天敵を全滅させていた。農場経営者は作物が深刻な被害を受けたので、こういったことが起こるかもしれないと警告しなかった過失があるとして、州を相手取って訴訟を起こした。

同様の苦い教訓をイリノイ州の農場経営者は学んだ。イリノイ州東部にある農地にマメコガネ駆除のために、直近に圧倒的なディルドリン溶液が投与されてから、アワノメイガの幼虫がその地域で急増した。実際、その地域の農場で栽培されているトウモロコシには、他の地域のトウモロコシに比べ、ほぼ2倍この害虫の破壊的な幼虫が含ま

れていた。農場経営者は起こったことについての生物学的根拠を理解していないかもしれないが、損な取引をしたと自分たちに教えてくれる科学者など必要ない。彼らは1種類の昆虫を駆除しようとして、はるかに有害な昆虫という災難のもとを招いた。米国農務省の概算によれば、合衆国におけるマメコガネによる被害は合計すると年1,000万ドルとなるが、アワノメイガによる被害は年約8,500万ドルにも達する。

アワノメイガの制御のために、自然力に大いに依存していたことは注目し得る。1917年、この昆虫が偶然に欧州から導入されてから2年以内に、合衆国政府は害虫に寄生する生物を特定し輸入するための、それまでにない集中的プログラムを開始した。それ以来、多額の資金が費やされ、アワノメイガの寄生生物のうち24種が欧州と東洋から導入されてきた。これらのうち5種はアワノメイガを制御するのに、はっきりとした価値があることが認められている。言うまでもなく、アワノメイガの天敵が農薬散布によって全滅しているため、こういったすべての作業の成果が今は危険にさらされている。

もしもこのことが、ばかげているように見えるなら、カリフォルニア州の柑橘園の状況を考えてみなさい。そこでは、世界で最も有名かつ成功した生物的防除の実験が1880年代に行われたからである。1872年カリフォルニア州に（柑橘類の樹液を吸う）カイガラムシが出現し、次の15年以内に多くの果樹園の果物が完全に失われるほどの害虫となった。始まったばかりの柑橘産業は絶滅の危機にさらされていた。多くの農家はあきらめて果樹を引き抜き始めた。その時、カイガラムシの寄生生物がオーストラリアから輸入された。ヴェダリアテントウと呼ばれる小さなテントウムシである。初めてのテントウムシ入荷以来わずか2年以内に、カイガラムシはカリフォルニア州の柑橘類栽培地域の至る所で完全に制御された。それ以来、何日オレンジ園を探しても1匹のカイガラムシも見つけられなかった。

その後、1940年代に柑橘類栽培農家は、魅力的な新しい化学物質を他の昆虫に試し始めた。

DDTと、後に続くものとしてさらに毒性の強い化学物質の出現とともに、カリフォルニア州の多くの地区でヴェダリアの個体群は全滅した。ヴェダリアの輸入に政府はわずか5,000ドルを費やしたにすぎなかった。ヴェダリアの活発な動きで果樹栽培業者は1年につき数百万ドル節約できていた。しかし一瞬の不注意によって、その利益は帳消しになった。カイガラムシはすぐにまた蔓延するようになり、50年間見られていなかったような損害を与えた。

「もしかすると、この出来事は1つの時代の終わりを告げたかもしれない」と、リヴァーサイドにある柑橘類試験場のポール・デバク博士は言った。今やカイガラムシの制御はひどく面倒になっている。ヴェダリアの維持は、繰り返しヴェダリアを放ち、ヴェダリアと殺虫剤との接触を最小限にするため、散布のスケジュールに最大の注意を払うことのみによって可能である。しかも柑橘類栽培業者の努力にかかわらず、ヴェダリアは多かれ少なかれ隣接する土地の所有者のなすがままである。なぜなら、深刻な被害は漂ってくる殺虫剤によるものである。

これらすべての事例は、農作物を襲う昆虫に関係している。病気を持ち込む昆虫はどうか。すでに警告は発せられている。たとえば南太平洋にあるニッサン島では、第二次世界大戦中に殺虫剤散布が過剰に継続して行われた。しかし戦闘が終わると散布は中止された。まもなくマラリアを媒介する蚊の群が島に再侵入してきた。蚊の捕食者はすべて絶滅して、新しい個体群が定着する時間はなかった。したがって、蚊の個体数の、この上ない爆発的増加を妨げるものはなかった。マーシャル・レアードは、この出来事を伝えているが、一度踏み車に足を踏み入ると結果を恐れて踏むのをやめることはできないと、化学薬品による制御を踏み車にたとえている。

世界のいくつかの地域では、まったく違った方法で病気が殺虫剤散布と結びつく可能性がある。どういうわけか、カタツムリのような軟体動物は殺虫剤の作用にほとんど影響されないようであ

る。これは幾度も観察されてきた。フロリダ州東部の塩生湿地における殺虫剤散布の結果として生じた全体的壊滅の中で（原文 137 頁）、水生カタツムリだけが生き延びた。記述されているように、その光景は背筋の凍るようなもので、シュールレアリスト（超現実主義者）の絵筆によって描かれていたのかもしれないものである。カタツムリは魚の死体や瀕死のカニの間を移動し、死をもたらし毒物の雨の犠牲となったものを貪り食っていた。

しかし、このことがなぜ重要なのか。それは、多くの水生カタツムリが、ライフサイクルの一部を軟体動物や人間の体内で過ごす、危険な寄生虫の宿主としての役割を果たすからである。ジウケツキウチュウが 1 つの例である。それは人が水を飲むことによって、あるいは生息する水中で人が水浴びする時、皮膚を通して人体に進入し、深刻な病気を引き起こす。ジウケツキウチュウは宿主のカタツムリによって水中に放出される。そのような病気は特にアジア・アフリカ地域で流行している。病気が発生する所では、カタツムリの大量増加に有利に働く害虫駆除手段が、重大な結果を招きそうである。

そして、もちろんカタツムリが媒介する病気に人間だけがかかるわけではない。ウシ、ヒツジ、ヤギ、シカ、エルク、ウサギと他の様々な温血動物の肝臓病は、淡水カタツムリの体内でライフサイクルの一部を過ごす肝吸虫によって引き起こされる可能性がある。これらの寄生虫がはびこっている肝臓は人間の食用には適さず、いつも廃棄されている。そのような廃棄はアメリカの牧畜業者に毎年 350 万ドルの損害をもたらしている。カタツムリの個体数を増加させるように作用するすべては、明らかにこの問題をさらに深刻なものにする可能性がある。

過去 10 年間、これらの問題はすでに長い影を落としてきたが、わたしたちはなかなか気付かないでいる。自然制御を進展させ実施するのに最も適している人の多くは、化学的制御を行っている、より活気に満ちたブドウ園で働くのに忙しすぎ

る。1960 年の報告によれば、当時アメリカのすべての経済昆虫学者のわずか 2% しか生物的防除の分野の研究をしていなかった。残りの 98% のうち、かなりの数の人が化学的殺虫剤の研究に従事していた。

なぜこのようなことに、ならなくてはならないのか。主な化学薬品会社は殺虫剤に関する研究を援助するために、大学にお金をつぎ込んでいる。このため大学院生にとって魅力的な研究奨励制度ができ、魅力的な教員職が生まれている。一方で、生物的防除の研究は、化学産業において成される可能性がある財を誰にも約束しないという単純な理由で、寄付を受けることはない。これらは州と連邦の機関に委ねられ、そこで支払われる給料ははるかに少ない。

この状況はまた、一定の著名な昆虫学者が化学的防除の指導的提唱者の中にいるという、そうでなければ不可解な、事実を説明する。これらの人々のうち何人かの背景を調査すると、すべての研究計画は化学工業に援助を受けていることが明らかになった。彼らの専門家としての名声、時にはまさに彼らの仕事そのものは、化学的方法の永続化に依存している。だとしたら、まさに餌を与えてくれる飼い主の手を、彼らが噛むことを期待できるか（期待できない）。しかし、彼らの不公平な行為を知れば、殺虫剤は無害であるという彼らの主張をどれくらい信頼できるのか（信頼できない）。

害虫駆除の主要な方法としての化学薬品に対する一般的な称賛の中で、自分たちは化学者でも技術者でもなく生物学者なのだという事実を見失っていないでいる。数少ない昆虫学者によって反対意見書が時おり提出されてきた。

イギリスの F. H. ジェイコブは次のように断言している。

多くのいわゆる経済昆虫学者が活動すれば、スプレーのノズルの先に救済があると信じて行動するように見えるだろうし……再発、耐性、哺乳類毒性などの問題を生じさせたとしても、薬剤師は別の錠剤をいつでも使える状

態にあるように見えるだろう。そういう考え方はここではしない。……結局のところ生物学者だけが害虫駆除の基本的な問題に対する答えを提供するだろう。

経済昆虫学者は生物を相手にしているのであって……彼らの仕事は議論の余地なく殺虫剤試験以上のものであり、きわめて破壊的な化学薬品の探求以上のものでなければならぬと認識すべきである（とノヴァ・スコシアのA.D.ピケットは書いている）。

ピケット博士自身は、捕食性種と寄生性種を十分に活用する、健全な昆虫防除法を考案する分野の先駆者であった。彼と彼の同僚が考案した方法は、今日では優れたモデルであるが、ほとんど見習われることのないものである。この国で匹敵するものがあるとしたら、カリフォルニア州の昆虫学者によって開発された統合的防除計画だけである。

ピケット博士は、かつてカナダで最も果物栽培が集中していた地域の1つであるノヴァ・スコシアにあるアナポリス・ヴァレーのリンゴ園で、およそ35年前に研究を始めた。殺虫剤といえば当時は無機化学薬品であったが、昆虫制御の問題を解決するだろうと信じられていて、唯一の課題は栽培業者が推奨された方法に従うように説得することだと考えられていた。しかしバラ色の未来は実現しなかった。なぜか昆虫は生き残った。新たな化学薬品が加えられ、より良い散布器具が考案され、散布に対する熱意は増大したが、昆虫問題はいっこうに改善されなかった。それから、DDTがコドリングの大発生という「悪夢を消し去る」ことを期待させた。DDTの使用によって現に生じたことは、先例のないダニの害であった。「次々と危機が訪れ、1つの問題と引き換えに別の問題を手に入れるだけである」とピケット博士は言った。

しかしながら、この時点でピケット博士と彼の同僚は、それまで以上に毒性の強い化学薬品という鬼火を追及し続ける他の昆虫学者たちに同調せず、新しい道を発見した。彼らは自然に強力な協力者がいることに気付いて、自然を最大限利用

し殺虫剤の使用を最小限にする計画を考案した。殺虫剤を散布する時にはいつでも、回避できる害を益虫に与えないように、害虫を制御するのに十分な程度に少なく最小限の量だけが投下される。散布するタイミングも適切にする。したがって、リンゴの花がピンクになってからよりも、ピンクになる前にニコチン硫酸塩が散布されるとしたら、重要な捕食者の1つが助かる。おそらく、それはまだ卵期にあるから。

ピケット博士は、昆虫の寄生生物や捕食者にできるだけ害を及ぼさない化学薬品を選択するために、特別な注意を払う。

わたしたちが過去に無機化学薬品を使用してきたのと同様に、DDT、パラチオン、クロルデンなどの新しい殺虫剤を日常的に防除手段として使用するようになれば、生物的防除に関心のある昆虫学者たちは負けを認めたほうがよさそうである、

とピケット博士は言う。彼はこれらのきわめて毒性の強い広域スペクトル殺虫剤の代わりに、リアニア（熱帯植物の幹から抽出される）、ニコチン硫酸塩、ヒ酸鉛を主として頼りにする。状況によっては、きわめて低濃度（100ガロンあたり1～2ポンドという普通の割合とは違って、100ガロンあたり1～2オンス）のDDTかマラチオンが使用される。これらの2つは現代の殺虫剤の中で最も毒性が弱いけれど、ピケット博士はさらなる研究によって、より安全でより選択的な物質に取り替えたいと思っている。

この計画はどれくらいうまくいったのであろうか。ピケット博士の修正散布計画に従ったノヴァ・スコシアの果樹園経営者は、化学薬品を集中散布している人々と同じくらい高い割合で一級果実を生産している。彼らはまた同じくらいの生産高もあげた。さらに、彼らは集中散布よりもかなり低いコストで、これらの結果を得た。ノヴァ・スコシアのリンゴ園での化学薬品の経費は、その他のほとんどのリンゴ産地で費やされた額のわずか10%～20%にすぎない。

これらの素晴らしい結果よりもさらに重要なのは、これらのノヴァ・スコシアの昆虫学者たちが考え出した修正計画は、自然のバランスに暴力を働いていないという事実である。それは10年前にカナダの昆虫学者G.C. アリエットが主張した哲学の実現に向かっている。

わたしたちは考え方を換え、人間優位の姿勢を捨て、自然環境には多くの場合、わたしたち自身ができるよりも経済的な方法で、生物の個体数を制限する方法や手段があることを認めなければならない。