

合成化学物質の功罪 — DDTと有鉛ガソリンのたどった道 —

日本大学生物資源科学部教授 古川 安

1. はじめに

今日私たちはさまざまな合成化学物質に囲まれて生活している。プラスチック、合成繊維、合板、合成医薬品、合成ゴム等々枚挙にいとまがない。合成化学物質の登場と普及は19世紀に始まる。合成染料はそのルーツともいえる物質である。1856年、イギリスのウィリアム・パーキン(William Henry Perkin, 1838–1907)は石炭を乾留して得られるコールタールを原料としてアニリン染料のモーヴを発明した。モーヴは人工物質だが、その後、植物染料の茜(あかね)の色素アリザリン、藍の色素インジゴも化学者たちにより合成され、人工染料が天然染料を駆逐する時代が到来した。染料をはじめとして、医薬品、農薬、樹脂、繊維、ゴムなどにおいても次々に合成化学物質が使用されるようになった。こうした合成物は私たちの生活を豊かに便利にしてくれた。

20世紀後半、こうした合成化学物質が人間の生活に及ぼす負の効果も顕在化してきた。とくに1960年代から70年代にかけて、環境問題、公害問題が世界的に噴出した。日本でもこの時期、4大公害病訴訟(水俣病、イタイイタイ病、四日市喘息、新潟水俣病)が起きている。サリドマイド薬害、カネミ油症事件、スモン病が発生したのもこの時期である。こうした公害病問題の噴出を契機に、アメリカでは1970年12月、環境行政を統括する環境保護局(EPA)が発足した。日本では1971年にEPAをモデルとして環境庁が発足した。以下に、合成化学物質が功罪の両面をもたらした典型的な事例として、DDTと有鉛ガソリンを取りあげてみたい。

2. DDT—「奇跡の殺虫剤」から「死の妙薬」へ—

同一の研究成果であってもその時代の社会により全く異なる評価が与えられること(評価の社会依存性)があるが、それは合成化学物質開発のケースに顕著に見られる。まずDDTである。スイスのガイギー社(現ノバルティス社)に勤める化学者パウル・ミュラー(Paul Hermann Müller, 1899–1965)が1939年に開発したこの殺虫剤は、蚊が媒介するマ

ラリアや、シラミが媒介する発疹チフスの恐怖から人々を解放し、「奇跡の殺虫剤」「神の授けた物質」(ノーベル財団の言葉)として賞賛され、ミュラーは1948年にノーベル生理学医学賞を受賞した。

DDT(ジクロロジフェニルトリクロロエタン)そのものは、その65年前にストラスブルク大学の学生が博士論文を仕上げている中で合成した物質で、ミュラー自身が発見したものではなかった。ミュラーはその殺虫剤としての用途を見出したのである。彼は当初、カーペットや衣類に付く害虫を駆除するための農薬としてDDTを開発した。

ヒ素系物質など毒性の強い従来の殺虫剤と異なり、DDTは、昆虫特有の組織をピンポイント的に攻撃するもので、人間には全く無害だと見なされていた。シラミ駆除のためにDDTを頭から散布することが行われたのも、この物質が昆虫のみに選択的に作用して人間には悪影響がないと考えられていたためである。第2次世界大戦中には、シラミや蚊などの伝染病を媒介する昆虫を退治するためにも使われた。DDTなしでは、何千百万もの人々がマラリアで死亡していただろうといわれる。戦後は、ウンカなどの害虫に即効のある農薬として、大規模な農場で大量に散布され、農作物の安定生産に貢献した。



図1 レイチェル・カーソン(ジンジャー・ワズワース著『レイチェル・カーソン』より)

ところが1962年、アメリカの女流海洋学者レイチェル・カーソン(Rachel Carson, 1907–1964, 図1)が『沈黙の春』を出版し、DDTをはじめとする農薬の大量使用による環境汚染、生物への影響に警告を放ち、大きな衝撃を与えた。彼女は述べる。

自然は、沈黙した。うす気味悪い。鳥たちは、どこへ行ってしまったのか。みんな不思議に思い、不吉な予感におびえた。裏庭の餌箱は、からっぽだった。ああ鳥がいた、と思っても、死にかけていた。ぶるぶる体をふるわせ、飛ぶこともできなかつた。春がきたが、沈黙の春だった。

同書は、アメリカだけでも300万部を突破するベストセラーになった。DDTの有害性を危惧する声は以前にもあったが、この本が与えたインパクトは絶大であった。

アメリカではケネディ大統領が、カーソンの指摘を踏まえて調査委員会をつくり調査させた。カーソンの警告は正しかった。DDTは動物や人間に対する急性毒性は少ないが、長期にわたって残留し、食物連鎖を通して生体濃縮を起こすため、発ガン性や催奇形性、あるいは今でいう「環境ホルモン」作用(内分泌攪乱作用)などの慢性毒性を発現していた。

まず、DDTによって巨大な利益を上げていた農薬会社が反発した。とくに全米農薬協会は25万ドルをかけて『沈黙の春』で列挙された事例に反論するキャンペーンを展開した。このこともあってアメリカではDDTの規制が遅れるが、1970年代に世界的に使用規制が進んだ。日本では1973年に製造と輸入が禁止された。なお、カーソンは1964年に56歳でガンのため他界した。

かくしてDDTは一転して「死の妙薬」のレッテルを貼られ、ミュラーの評価は一変するのである。ミュラーは『沈黙の春』の出版された年に62歳でリタイヤし、1965年に心臓発作で亡くなった。彼の家族は、その後世界的に広がるミュラーの発明への非難攻撃を知らずして死んだことがせめてもの慰めだった、と言う。

3. 有鉛ガソリン — その誕生から追放まで

3.1 ミジリと有鉛ガソリン

同一の研究成果であってもその時代の社会により極めて異なる評価が与えられることは、有鉛ガソリンについても言える。アメリカのトーマス・ミジリ(Thomas Midgley, 1889–1944)が発明したアンチ

ノック剤、四エチル鉛は、自動車の長年の技術的難題であったノッキング(ガソリンエンジンの火花点火機関で起きる異常燃焼の一種で、金属の打撃音を生じることからそう呼ぶ)を解決し、瞬間に世界中に普及した。そしてつい最近まで、人々はガソリンには鉛が入っていることを当たり前のように思っていた。

さて、ミジリはチャールズ・ケタリング(Charles F. Kettering)という人物と組んで仕事をした。ケタリングは、電動スターターを取り付けたキャデラックの開発でも有名である。彼は愛車のキャデラックに乗っていて、エンジンが息切れするようなノッキングの現象に気づき、この現象を解決しようとミジリと組んで研究を始めた。

何度か壁にぶつかりながらも、彼らは最終的にアンチノック剤として最適なのは有機鉛化合物である四エチル鉛($(C_2H_5)_4Pb$)だということをつきとめた。1921年のことである。この化合物もミジリらが初めて合成したものではなく、1852年にドイツ人化学者が発見していた。彼らは、アルキル鉛の構造が、燃焼を促進すると考えた。こうして、ハイオク・ガソリンとして四エチル鉛を混合したガソリンが使われるようになる。戦後このハイオク・ガソリンが「鉛公害」の元凶となる。

1924年、ジェネラル・モーターズ(GM)社とスタンダード石油社はエチル社(Ethyl Corporation)を興し、ミジリを部長に迎えた。ケタリングは後にGMの社長になった。企業名に「鉛」という語を外して「エチル」としたのも、有害物質のイメージが浮かばないように配慮したためである。同社はその後全米の四エチル鉛の生産をほぼ独占するようになる。

鉛は、ペンキ塗料、蓄電池、はんだ、玩具、水道管、缶詰、食器、歯磨きチューブなどに含まれる。鉛の中毒については比較的早期から知られていた。症状としては、頭痛、嘔吐、脳障害、うつ、疲労感、無気力、昏睡、視覚障害、貧血、食欲不振、発育障害、知能低下などがある。

一方、四エチル鉛は、無色、無臭の液体で、水には不溶だが、ガソリンによく溶ける。猛毒で、皮膚や呼吸器から容易に人体に吸収される。人体に摂取されるとたちどころに中枢神経を破壊し、廃人にしてしまう。

四エチル鉛中毒の一例として、山園丸事件がある。

1944(昭和19)年秋、日本からシンガポールに寄港した輸送船・山園丸の船内で、乗っていた兵士の多数が発狂し、幻覚やうわごとを叫びながら暴れ、苦しみながら次々と死んでいった。犠牲者の多くは、学業を半ばに出陣した幹部候補の学徒兵だった。船艙には、四エチル鉛のドラム缶が積まれていた。南方の油田地帯から確保した石油から航空燃料を作りだすために必要な四エチル鉛が山園丸に積まれていたのである。船艙に積まれたドラム缶の蓋が船の振動によって緩み、そこから気化した四エチル鉛が漏れ出したと推測される。無色・無臭の四エチル鉛は気体となって兵士の船艙へと流れ、誰も気がつかない間にその体内に吸収されていった。戦争末期で、多くの兵士が戦場で死んでいた頃であり、当時この事件はあまり注目されなかった。

1924年にエチル社では、工業生産が始まって数ヶ月間で138人の現場作業者が中毒にかかり、13人が死亡するという事態になった。そのため1年間操業を中止した。その間会社側は、現場における生産の安全性を確保し、生産を再開した。こうして、会社側は生産現場での安全に配慮したが、それが製品となって社会に出たあとの影響までは十分に検討されていなかった。

有機鉛の害はたしかに当初から懸念されていたが、エチル社は医学者ロバート・キーオ(Robert A. Kehoe)を雇い、人体への影響を研究させ、結果として世間にその無害性をアピールした。1930年代、科学者は少量の鉛でも体内に蓄積されることは分かっていたが、低いレベルで鉛に長期間曝されるとどうなるかは全く分かっていなかった。とりわけ、排気ガス中に含まれる四エチル鉛を吸い込むことで危険がどれほどあるか分からなかった。

当時のアメリカの世論では、有害と証明されない限り化学物質は無害だと見なされ、連邦法でも毒性テストを要求していなかった。以後、有鉛ガソリンの影響に関する科学的・医学的研究は、一方的にメーカーであるエチル社に委ねられることになる。ミジリは晩年ポリオを患い(鉛中毒が原因と思われる)1944年に自ら命を絶った。

3.2 バターソンとガソリンの無鉛化

有鉛ガソリンの害が明るみに出るのは1960年代のことで、その火付け役が地球化学者クレア・パ

ーソン(Clair C. Patterson, 1922-1995)であった。戦時中バターソンは妻のローナとともにシカゴ大学とテネシー州オークリッジでマンハッタン計画に参加し、原爆開発に従事した。この時に、ウラン238からウラン235を分離するために使った質量分析技術が後の彼の研究に役立った。しかし日本に原爆が投下されたことを知ってから彼は、マンハッタン計画は「科学が犯した最大の犯罪」と見なすようになり、後の鉛公害の研究はその「罪滅ぼし」と考えていた。

戦後最初に行った研究は、地殻中に含まれる鉛のアイソトープの割合を調査し地球の年代を決定することであった。地球が誕生した時から鉛は一定量存在していたが、ウランやトリウムなどの放射性物質の崩壊によって、鉛の数種の同位体ができ、その濃度は時間とともに増える。地殻中の鉛の同位体の割合と、太陽系と同時期にできた隕石(元の地球に相当)の中の鉛の同位体の量の割合を比較すれば、地球の年代が分かる。彼は微量かつ緻密な質量分析測定をして、1953年、ついに45.5億年と算出した。この値は今でもくつがえされていない。

一方、彼はこの研究における鉛の微量化学分析の途上、カリフォルニア工科大学の自分の実験室がもともと余りにも鉛で汚染されていることに気づき、クリーンルームを作れるどころでないことにショックを受けた。さらに周辺へ調査を拡大すると驚いたことに、カリフォルニア地方全域で鉛汚染が進んでいることに気づいた。さらには、グリーンランドや南極へ行くと、工業化以前の雪に含まれる鉛の量を調べ、それと比べると現在の雪に含まれる鉛の量は100倍ほどあることが分かった。また、現代人は、先史時代のヒトが体内にもつ鉛の量の1000倍も、鉛を蓄積していると計算した。そして彼は、これが有鉛ガソリンの排気に由来することを突き止めた。後の調査によれば、世界的にも鉛汚染の90%が有鉛ガソリンによるものだということが分かった。

1960年代は、鉛は塗料を口に入れてしまう子供や、鉛を扱う工場労働者など、鉛に直接曝されている人たちしか危険性はないと考えられていた。今やアメリカにおける鉛の権威になっていたエチル社のキーオもその立場に立っていた。これに対してバターソンは、『ネイチャー』や環境専門雑誌に、次々と論文を発表し、四エチル鉛は燃焼すると無機鉛に変

価が一変しても、それなりに私たちの生活に多大な貢献をしたことは忘れてはならないだろう。当時の文脈では、合成化学物質が環境や生物にもたらす長期的影響は予想できなかったし、またその配慮すら十分払われなかった。政府が化学製品の有害性をチェックする制度的基盤も存在していなかった。戦後、合成化学物資の負の面が表出して初めて人々は、驚き、そしてそこから教訓を学び始めた。1960～70年代に長期的な見地からの化学物質の有害性を科学的に示し、それらの物質を追放する契機を与えたのもやはり科学者たちの努力によるものであった。カーソンにしてもバターソンにしても「ものづくり」は何もしていない。しかし彼らは、科学技術者がつくった「もの」の負の影響を研究し私たちに危険から救うことも、科学者としての重要な使命であることを世に示したのである。

参考文献

ジンジャー・ワズワース(上遠恵子訳)『レイチェル・カーソン』(偕成社, 1999)
レイチェル・カーソン(青樹築一訳)『沈黙の春』(新潮文庫, 1974)
Sharon B. McGrayne, *Prometheans in the Lab: Chemistry and the Making of Modern World*(New York: McGraw-Hill, 2001)

第2回化学史研修会のご案内

日時 : 2005年8月20日(土) 13:00～17:30
会場 : 〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1
東京大学先端科学技術研究センター4号館2階講堂
プログラム: 「小川正孝とニッポニウム」吉原賢二(東北大学)
「環境と化学の半世紀」内田正夫(和光大学)
「高校化学の限界—教科書のウソ・ホント」
山口達明(千葉工業大学)

参加申込

申込方法 : 葉書・FAX・e-mailのいずれかで、下記申込先まで申込事項をお送りください。折り返し、参加費支払い用の郵便振り込み用紙と受講証をお送り致します。
申込事項 : 氏名・所属・連絡先
申込期限 : 7月20日(水)
参加費 : 1000円(資料代)
申込先
住所 : 〒352-8523 埼玉県新座市北野1-2-25
立教新座中学校高等学校 渡部智博宛
Tel : 048(471)6631
Fax : 048(473)0455
E-mail : twatanab@nhss.rikkyo.ne.jp

化し、排ガスから出る鉛が大気に飛散し、さらに地表や海面に落ちて蓄積・吸着すること、それは長期的に人間や他の生物の体内に蓄積・濃縮し、甚大な被害を引き起こしている(鉛が原因の知的障害者や死亡者の多くは子供だった)ことを訴え、その製造と使用の禁止を訴えた。そして上院議員マスキーに手紙を書いて1966年に公聴会を実現させた。

以後、エチル社のキーオをはじめとする産業界の人々、さらには政府機関の関係者を敵にまわしながらも、彼は敢然と闘い続け、遂に1970年の大気汚染防止法(別名「マスキー法」、自動車排ガス中のCH、CO、NO_xを5年間で90%削減)を通過させた。この法律は有鉛ガソリンの全面的禁止をうたわなかったが、これを機にアメリカでは1973年からガソリンの鉛添加を段階的に廃止しはじめたのである。実質的に禁止が完了したのは1986年であった。効果はすぐに現れた。1977年以降、アメリカの大気中の鉛の濃度はなんと97%以上低下し、アメリカ人の血中鉛濃度は80%も減少したのである。日本では早くも1975年、レギュラー・ガソリンへの鉛添加の禁止を開始した。その後も各国で急速にガソリンの無鉛化が進んだのである。なお現在は、メチル・ターシャリ・ブチル・エーテルなど四エチル鉛に代わるアンチノック剤が使われている。

目立たないところで進行したガソリンの無鉛化が、どれほど多くの人々を鉛中毒から救ったことが計り知れない。また、その背後にバターソンの後半生をかけた努力と闘いがあった事実を知る人は少ない。

4. おわりに

ここでは割愛したが、有鉛ガソリンの発明者ミジリはまた冷房用フロンの発明者でもあった。そのフロンは1980年代にオゾン層に穴を開け、地球の温暖化の要因になることが判明した。戦前は生活環境の改善に寄与しヒーローと絶賛された彼は、20世紀末には皮肉にも環境破壊の元凶となる2大化学物質の発明者という評価を下されることになった。ミジリ生誕100周年の1989年に、「ミジリは聖者か？それとも悪魔だったのか？」という見出しがメディアに流れたという。

DDTも四エチル鉛も、そしてフロンも、科学技術者が開発した合成化学物質である。時代により評