

童話の中の環境化学

坂入 信夫

詩人・童話作家である宮沢賢治（1896-1933年、明治29年－昭和8年）は、花巻農学校の教師を務めながら、郷土岩手県を「イーハトーヴ」という理想郷と呼び、多くの作品を残しています。賢治の作品はヒューマンイズムや平和主義など面から注目されていますが、近年はエコロジー思想とも関連づけられて評価されています。本年封切られたアニメ映画「グルコーブドリの伝記」も厳しい自然と向き合う賢治の実体験に基づくものと言われています。本講座では、いくつかの賢治の童話を題材にして環境化学の紹介を行いたいと思います。

1. はじめに

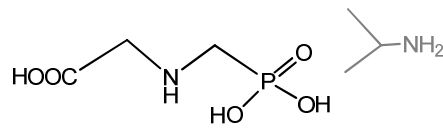
賢治が生前に出版した唯一の作品集注文の多い料理店の中の童話『狼森と策森、盗森（おいのもりとざるもり、ぬすともり）』では、人間と自然との付き合い方をテーマにしていると思われます。はじめは、自然のなかで生まれた人間は自然の一部あるいは動物の一員として、丁重に森の恵みを感謝し、畏敬の念を忘れなかった。しかし、村の拡大（農業の発達）とともに、次第に人類は森をただ利用するだけで、自然から離反していくさまを描いている。時には森からの仕返しに恐れを感じながらも、森（自然）への畏敬の気持ち徐々に希薄になってくる。しまいには一方的に侵略、凌辱が繰り返されるようになった。しかし、自然は、賢治が農業技師としてどんなに尽力しても、それをあざ笑うかのように過酷な冷害や干害をもたらし続けてきたことも事実です。賢治自身が「人と森との原始的な交渉で、自然の順違二面が農民に与えた永い間の印象です」と解説しているように、農業・農民がテーマになっているが「科学技術」と言い換えても同様のことが成立すると思います。

2. 童話「畑のへり」

賢治の短編童話「畑のへり」は、「麻が刈られましたので、畑のへりに一列に植ゑられて みたたうもろこしは、大変立派に目立ってきました。小さな蛇だのべっ甲色の透きとほった羽虫だの みんなかはるがはる 来て挨拶して行くのでした・・・」で始まります。トウモロコシの特異な姿に驚くカエルを描いていますが、このような生態系と共存する畑の風景は今ではほとんど見られなくなりました。

現在に住む人間は、生命の設計図である遺伝情報を分子情報として取り扱えるようになり、医学や薬学ばかりでなく農業分野での革新的な技術を開発しました。遺伝子組換え作物（GM作物）は農作物の生産性の向上、食糧資源の保全、農業生産者の生活改善などを目的として世界的にはここ10年の間に急速に普及しています。日本ではまだ食

料となる作物の商業的栽培は行われていませんが、GMバラの栽培が始まりつつある2009年にはGM作物栽培国にリストアップされています。GM作物の1種に除草剤耐性作物があります。ラウンドアップ(有効成分:グリホサート・



非特異的除草剤 ラウンドアップの構造式
(グリホサート・イソプロピルアミン)

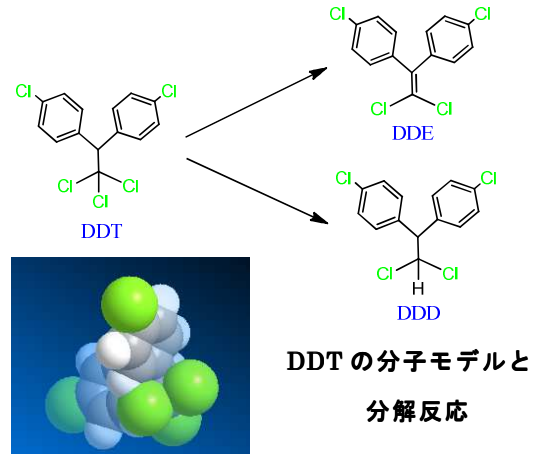
イソプロピルアミン)という除草剤は比較的構造が簡単で、昆虫や鳥類などの野生動物には極めて安全性が高い化学物質です。しかし、ラウンドアップはほとんどの植物にダメージを与える非選択型の除草剤で、農作物に散布すると雑草と共に作物自身も枯らしてしまいます。GM作物は、この除草剤に対して耐性を有する遺伝子を組換え技術を利用して導入したものです。このGM作物はラウンドアップを散布した畑で生育できる唯一の植物となります。大豆、トウモロコシ、菜種、綿花などのGM作物が米国、ブラジル、カナダ、中国、インドなどの農業大国で栽培され、広大な農地が単一のGM作物で独占された環境になっています。また、GM作物は厳しい管理下で栽培されていますが、花粉の飛散やこぼれ種を通じた交雑により野生生物の遺伝子汚染の原因となる可能性もあります。実際、主要な西洋ナタネ輸入港である日本国内の12港湾都市の過半数で、除草剤グリホサート耐性タンパク質を持つ野生ナタネの生育が確認されたという報告もあります。

3. 童話「やまなし」

小学校の教科書にも採用されたことのある童話「やまなし」は食物連鎖をテーマにした童話です。谷川の底に住む兄弟カニが見る生物たちの世界を、晩春の日中と初冬の月夜の「二枚の青い幻燈」という形で描いたものです。春の情景では、クラムボンというカニ達が親しみを持っている生き物が魚に捕食され、さらに魚はカワセミの餌になってしまいます(生食連鎖)。一方、冬の情景では、やまなしの果実が谷川に落ちてきます。カニの子たちは父親から「しばらく放置すると微生物の作用で発酵して、おいしいお酒として食糧になる」こと教えられます。微生物がかかわる腐敗や発酵も腐食連鎖という食物連鎖の一種です。

生態系では、太陽の光(エネルギー)を受けて育った植物(生産者)を草食動物(一次消費者)が食べることにより、草食動物は活動エネルギーを得て成長します。その一方で、草食動物は肉食動物(二次消費者)によって食べられてしまいます。食物連鎖は弱肉強食に象徴される生態系ピラミッドを形成する基盤となります。さらに、すべての動植物の死骸や排泄物は微生物によって分解されます。このように食物連鎖は食を通じて生態系の物質とエネルギーの循環を担っていることとなります。もちろん人間も食物連鎖に関しては生態系の一員です。しかし賢治の時代とは異なり、現代の私たちの身の周りには人工的な化学物質にあふれています。その中には、プラスチックや含塩素薬剤など生態系では非常に分解されにくい化学物質が含まれます。たとえば、戦後、殺虫剤として多用されたDDTは半減期が30年と非常に長く、神経系や生殖

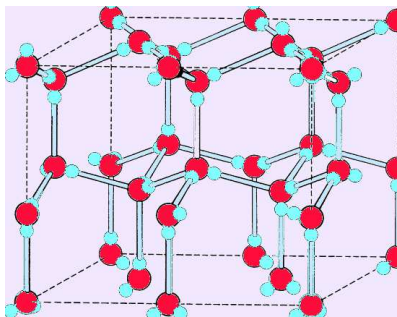
系に作用する毒性や発がん性が指摘され1981年に製造・輸入が禁止され、さらに2001年には残留性有機汚染物質（POPs）に指定されました（マラリア対策として2006年には例外的使用が許可されました）。DDTによる汚染は世界規模で広がり、規制されて30年以上たちますが、現在でも環境中から検出され続けています。さらに、DDTは食物連鎖を通じて生態系ピラミッドの上位の生物に濃縮される特性があります。たとえば、西太平洋表層海中にはわずか0.00014ppbしか含まれないDDTが、動物性プランクトンでは1.7ppbに、スルメイカでは22ppbに濃縮されます。さらに上位のズイルカでは5200ppbと、実に3700万倍に生物濃縮されたこととなります。有機水銀化合物やPCBなども同様に生物濃縮されやすい化合物として危惧されます。



4. 「グスコブドリの伝記」

最近アニメ映画が封切られたこの童話は、イーハトーヴの森に住む樵の息子ブドリが主人公です。飢饉で両親を失い、妹とも生き別れや火山噴火による失職など様々な苦難を受けました。テグス(カイコ)生産やオリザ(稲)栽培を手伝って生き延び、クーボー大博士のもとで学問の道に入り、その後は火山局の技師となり、様々な活躍をします。環境との調和を目指したSF童話ですが、現代人の視点から見てみましょう。

火山局の職員になったブドリは、火山の活動状況をモニターし、噴火直前の火山を発見しました。そして安全な場所で噴火を誘発させて町を守りました。まだ実現されていない技術です。さらに、潮汐力による発電事業も行っています。潮汐発電は干潮と満潮により海水が移動するエネルギーを電力に変えるもので、自然エネルギーを利用した発電方式で環境負荷が小さいものです。1966年にフランスのランス潮力発電所(出力24万kw)が世界で初めて完成し、その後10か国で運転されています。日本では鳴門海峡や津軽海峡で実験されているがまだ試験段階です。



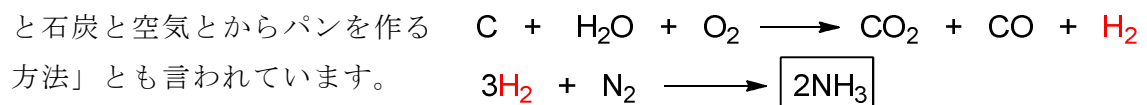
水の結晶構造（六方晶系、酸素 - 酸素間距離 0.27 nm）

ハロゲン化銀の結晶構造

種類	ヨウ化銀	臭化銀	塩化銀
結晶系	六方晶系	立方晶系	立方晶系
結合距離 nm	0.276	0.28	0.277

その後ブドリは人工降雨の技術開発を行います。今では人工降雨は水不足や干ばつ対策として利用されていますが、大気中の砂塵除去や冷房の電力消費削減などにも利用されます。雨ができるためには低温の雲と核になる微粒子が必要ですが、雲の中に微粒子を散布すると雲の中で氷晶核が成長して雨を降らすことになります。ドライアイスやヨウ化銀がよく用いられています。ヨウ化銀の結晶は六方晶系で氷の結晶構造とよく似ています。北京オリンピック開会式では人工降雨作戦で式典時間帯の聖典を確保したとのニュースもあります。この童話の中でブドリは人工降雨を利用して肥料散布を行いました。

ブドリが散布した窒素肥料は硝酸アンモニウム(硝安)で、硝酸とアンモニアを反応させて合成する化合物です。原料となるアンモニアを製造する方法として、1912年にドイツでハーバー・ボッシュ法が工業化されています。この童話の刊行が1932年ですから、賢治は当時最新の発明を念頭に執筆したものと思われます。この方法では、まず、石炭ガス化法と呼ばれる反応で炭素と酸素と水を反応させて水素を作ります。この水素と空気中の窒素を、鉄などの触媒存在下、高温・高圧化反応させることでアンモニアを合成させます。土地のやせたドイツではこの方法で窒素肥料を作り、小麦の増産が可能になったことから、ハーバー・ボッシュ法は「水



化学肥料の合成は農業生産を
格段に向上させ、20世紀の

ハーバー・ボッシュ法の反応式

中盤から後半にかけて世界の人口は急速に増加しました。食料問題に大きく貢献したことになります。その反面、膨大な量の窒素化合物が世界中の農地生態系に供給されることになります。それまでは、堆肥などのバイオマスを肥料としていました。現在では、耕作地は地球の生態系において最大の窒素供給源となっているといえます。地球全体の生態系への窒素化合物の過剰供給を引き起こしていることになり、地下水汚染や湖沼水・海水の富栄養化の一因となっている。様々な環境問題の一因となっています。その一つは、硝酸性窒素あるいは亜硝酸性窒素による地下水汚染です。農地に過剰投与された化学肥料、未処理の家畜糞尿、生活排水、工業廃水などが土壌中で酸化され、地下水中に硝酸態窒素として蓄積されます。また、人間活動の影響による水中の窒素やリン酸肥料あるいは栄養塩を含んだ下水、農牧業、工業排水などが流入する河川・湖沼・海では富栄養化が大きな問題となっています。植物性プランクトンが異常増殖して、赤潮やアオコが発生し、悪臭や魚の大量死の原因となっています。

最後に、ブドリ28歳の時深刻な冷害に見舞われ、火山の爆発で炭酸ガスを放出させ、その温室効果で冷害を回避することを提案し、一人で火山に留まり計画を実行することになりました。二酸化炭素の温室効果を70年以上前に宮沢賢治も注目していたのは非常に興味があります。