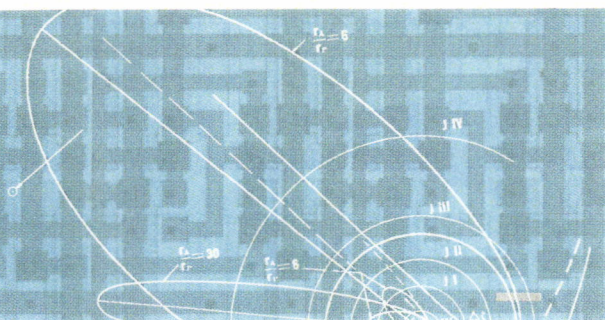




コラム 分子で地球を読む No.16

地球はクロマトグラフィー

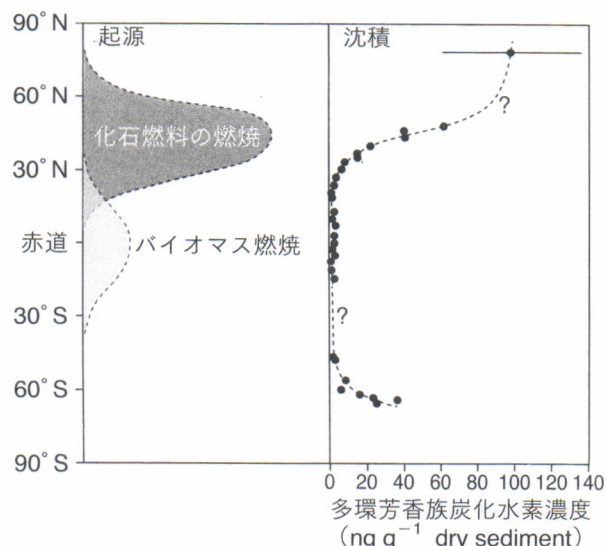
大河内直彦 おおこうち なおひこ
海洋研究開発機構

クロマトグラフィーは現代の化学、いや科学において、もはや必要不可欠のツールである。気体や液体の移動相中に含まれる成分を、揮発性や吸着能といった物理化学的な性質の違いを利用して分離するというものだ。もともと、光合成色素であるクロロフィルの研究の過程で、20世紀初頭に開発された分離技術である。とはいえ、この卓越した分離技術は、1世紀あまりの時を経て、薄層クロマトグラフィー、イオンクロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィー、液体クロマトグラフィーなどとして使い方も多岐にわたるようになり、物質を分離する基盤技術にまで成長した。原油からナフサ、ガソリン、灯油などを分離する石油の精製だってクロマトグラフィーである。現代では、クロマトグラフィーなくして科学どころか社会も成り立たない。

さて、地球環境もクロマトグラフィーであるという考えがクローズアップされたのは、1990年代のことである¹。天然中における有機分子の分布の研究が、期せずして地球の興味深い一面を切り出した。ポリ塩化ビフェニル(PCBs: polychlorinated biphenyls)やダイオキシン、それに各種の農薬といった有機汚染物質は、摂取しすぎると人間の代謝機能に障害を及ぼす。またこういった人為起源の物質は残留性が高く、食物連鎖にともなって濃縮する。つまり環境中の濃度がそれなりに低くても、食物連鎖の頂点に立つ人類に濃縮し害を及ぼす可

能性があるということだ。こういった化合物はひとまとめに残留性有機汚染物質(POPs: persistent organic pollutants)と呼ばれ、ストックホルム条約によって製造や使用が禁止あるいは規制された。それゆえ POPs は、環境モニタリングの重要な対象となってきた²。自然環境中におけるこういった物質の分布は当初、合成や使用されている近辺がもっともひどく汚染されており、そこから離れるにしたがってその汚染の度合いは低くなっていくものと考えられていた。

しかし、必ずしもそうではないことが知られるようになったのは、1970年代初めのことである³。1960年代から、南極など高緯度に暮らす生物中にPCBsなどのPOPsが高濃度で相次いで見出されてきた⁴。これらの有機汚染物質はいずれも、こういった高緯度地域において合成も使用もほとんどされることのなかった化合物である。その後、測定結果が蓄積されてくるにつれ、何が起きているのかが徐々に判明してきた。低緯度に位置する発展途上国で合成、そして使用されたPOPsが、大気を経由して数千kmも移動するうえ、それが寒冷地で濃集することが明確に知られるようになった⁵。気温が高い低緯度地方では、揮発性の高い物質は、土壌などの固相の表面から大気へと移りやすい。いったん揮発した分子が大気中を彷徨っているうちに、気温の低い高緯度地方に運ばれ、そこで凝縮して表面沈積するのである。中には揮発と凝縮を繰り返し、まるでバツタのようにぴょんぴょん跳ねながら地球表面を時間とともに移動し、最終的に極域にたどり着くケースもある¹。個々の化合物によるこういったプロセスの違いは、化合物の蒸気圧や吸着能といった物性の違いを反映している。化合物によって異なる速度で地球表



図—(左)模式的に示した多環芳香族炭化水素の放出源分布、(右)深海底の表層4 cmの堆積物中にみられる多環芳香族炭化水素(3環～7環)の総濃度

(右)は東経175度線上の堆積物⁹、東経145度線上の堆積物¹⁰、ボーフォート湾およびバレンツ海での分析結果¹¹を合わせたもの。

面を移動するので、移動とともに化合物組成が変化する。まさにクロマトグラフィーそのものである。

さまざまな緯度の深海底表層堆積物中に含まれる多環芳香族炭化水素(PAHs: polynuclear aromatic hydrocarbons)が、こういった地球環境がもつ興味深い一面をきれいに描き出している(図)。PAHsとは、ベンゼン環が融合してできた化合物で、2つベンゼン環がつながればナフタレン、3つベンゼン環がつながればアントラセンあるいはフェナントレンなどとなる。天然中では、7個のベンゼン環が丸くつながったコロネンまでが広く見られる。一部のもの、特にベンゾ(a)ピレンは強い発がん性をもつことが知られ、POPsの1つとして数えられている。これらのPAHsは、発電所や工場で化石燃料の燃焼や熱分解にともなって生じる化合物群である。さらに森林火災といったバイオマス燃焼からも生じる。つまり歴史的にみれば、北半球の中低緯度および南半球の低緯度を中心にして、大量に大気中に直接放出されてきた化合物群である(図左)。

そんなPAHsの深海底における分布は、放出源の分布とはまるで異なっている(図右)。堆積物中

のPAHsの濃度は赤道から南北緯30度付近までは低いレベルを保っている。しかし、北半球では北緯30度付近から、そして南半球では南緯40度付近からいずれも極に向けて大きく増加する傾向が見て取れる。PAHsは、極域の深海底堆積物において低緯度域に比べ2桁ほど高く濃集している。PAHsの放出量が多いと考えられる北半球の方が、南半球よりもその濃度は全体的に高めである。PAHsはPCBsなどと比べると揮発性が低いが、ススなどのエアロゾルの表面に吸着して大気中を移動する⁶。酸素がたっぷりあるうえ、紫外線に溢れる大気中では、PAHsの寿命はきわめて短い。しかし、それがエアロゾルに吸着したとたん反応性は大きく減じ、その寿命はぐっと伸びる。大気中を生き延びたPAHsはエアロゾルとともに低温の高緯度で乾性沈着⁷し、いずれ海底に沈降していく⁸。深海底において表層2～4 cm程度の堆積物は過去数千年間にたまったものだが、その中に含まれるPAHsの多くは過去1世紀に放出されたものだろう。今でも大量に生成され続けているPAHsは、地球表層を巡った末、その一部がはるか彼方の深海底にまで運ばれてそこで眠っている。

気温は地球上に分布するさまざまな物質の状態や性質を規定し、それゆえ物質循環という面にも大きな影響を及ぼしている。春夏秋冬をとおして気温が20℃以上移り変わる私たちの周りでは、網膜に映りはしないものの、さまざまな物質が集まっては去って行くということを毎年繰り返しているのである。

文献と注

- 1—F. Wania & D. MacKay: *Ambio*, **22**, 10(1993)
- 2—S. Tanabe & A. Subramanian: *Bioindicators of POPs: Monitoring in Developing Countries*. Kyoto University Press, p. 190 (2006)
- 3—C. Rappe: In *Ecological Problems of the Circumpolar Area*. Norrbottens Museum, pp. 29–32(1974)
- 4—J. A. Bogan & W. R. P. Bourne: *Nature*, **240**, 358(1972)
- 5—D. Calamari et al.: *Environ. Sci. Technol.*, **25**, 1489(1991)
- 6—J. Dachs & S. J. Eisenreich: *Environ. Sci. Technol.*, **34**, 3690 (2000)
- 7—雨や雪としてではなく、大気中から直接沈着すること

- 8—J. W. Farrington & H. Takada: *Oceanography*, **27**, 196(2014)
9—N. Ohkouchi et al.: *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 3086(1999)
10—池原実・他: *地球化学*, **35**, 73(2001)
11—M. B. Yunker et al.: *Environ. Sci. Technol.*, **30**, 1310(1996)

現代思想のなかの原子力発電所

戸谷洋志 とや ひろし

大阪大学大学院後期博士課程、日本学術振興会特別研究員

本稿の主題は、戦後の現代思想のなかで原子力発電所(以下、原発)がどのように語られてきたかを概観することである。こうした主題の設定はもしかしたら奇異なものに映るかも知れない。一般的に、原発を主題とする学問は自然科学であり、これに対して現代思想は人文学に属するものと考えられているからだ。しかし、科学技術は時として人間のあり方を大きく変えてしまうものでもある。原発は様々な意味で極端なテクノロジーだ。そうした原発と人間とがどのように関係するのか、そして関係していくべきなのか、という問題は、優れて哲学的なテーマである。

広島・長崎への原子爆弾の投下を発端として、第二次世界大戦以降、原子力エネルギーと人間の関係が哲学の主題として浮かび上がってきた。原発をめぐる議論は、特に大陸系の現代思想において一定の蓄積がある。しかし、そうした議論の成果は、今日の日本において十分に検討されていない。もちろん、西洋の思想を短絡的に輸入するだけでは意味がない。原発事故の当事者である私たちは、私たちなりの答えを世界に対して提示していく必要がある。ただし、そのためには体系だった問題の整理が不可欠であり、こうした観点から現代思想における原発をめぐる言説を概観することは有用であろう、と筆者は考えている。

本稿は、原発をめぐる現代思想の主要な論点として次の三点を考察する。第一に、原発の危険性はどこにあるのか、という問題であり、第二に、原発をめぐる倫理はどのようなものか、という問題であり、第三に、原発と人間の想像力はどのよ

うに関係するのか、という問題である。ただし、こうした区分は便宜的なものでではなく、三つの論点は相互に関連している。以下において、本稿は幾名かの哲学者の思想を引用するが、そのうちで最も有力なものを決定することはしない。本稿が目指すのは、原発事故を新しい光のもとで考えていくための地図を描くことであり、その行く先を議論するための手がかりを提供することであるからだ*1。

1. 原発の危険性の本質

原発の危険性はどこにあるのだろうか。この基本的な問いは、基本的であるがゆえに、いくつかの方向へ展開してゆくことができる。原子力の技術がそれ以前のテクノロジーに対してもつ独自の危険性はどこにあるのだろうか。また、原発によって支えられた科学技術文明そのものの危険性はどこにあるのだろうか。まず、これらの問いについて検討をしていこう。

1.1 原子力エネルギーがもつ破壊力の危険性

哲学史において、原子力エネルギーの技術をもっとも強く批判した哲学者は、疑いもなくドイツ出身のアンダース(Günther Anders 1902-1992)である。反核運動家としても活動したアンダースは、テクノロジーと人間の関係を鋭く問い直した哲学者である。

アンダースは、原子力エネルギーの技術が発明されたことによって、人間の存在のあり方が決定的に変更された、と主張する。かつては、人類は未来にわたって恒久的に存続するものであると素朴に信じられてきたが、核兵器の発明によって、そうした信頼は失われることになった。核兵器は、人類自身を絶滅させる力を人類にもたらしたからであり、それによって人類は滅びうるものとして理解されることになったからだ。ここに、原子力

*1—本稿では、テキストに邦訳が存在する場合には原則としてこれを参照し、引用注には邦訳の頁数のみを記載する。ただし、原典を省みて翻訳を変更した場合には、引用注に原典の頁数と、これに対応する邦訳の頁数を合わせて記載する。