

序文：「メタン：放出源から予測・対策まで」発刊にあたり

伊藤 昭彦

(東京大学大学院 農学生命科学研究科)

2026 年は、イタリアの科学者 Alessandro Volta(電気に関する業績により電圧の単位「ボルト」に名を刻んだ)によってメタンが発見されてから 250 周年にあたり、海外でもそれを記念する企画が行われている。発見当時のメタンは、沼地から発生する可燃性ガス「沼気」としてであったが、その後の科学の進展の中で、メタンは度々、興味深い様相を見せてきた。近年では化石燃料の 1 つである天然ガスの主成分として、温室効果ガスおよび大気質関連物質として、社会からも注目される物質であることは周知のとおりである。序文に代えて、メタンに親しんでいただくため、科学的に興味深い面をいくつかご紹介する。

炭素原子 1 個に水素原子 4 個が結合された最も単純な有機化合物であるメタン(CH_4)は、約 46 億年前に地球が誕生した早々に存在していたと考えられる。1953 年にシカゴ大学のミラーとユースリーによって行われた原始生命の起源に関する画期的な実験で、アンモニア・水・水素とともに使用された物質がメタンである。よく知られているように、この実験ではフラスコ内の放電によって上記の物質からアミノ酸が生成され、メタンは炭素源として不可欠の役割を果たしていた。地球上に酸素を生成する光合成生物が出現する以前には、地球の原始大気は還元的で、メタンが水蒸気や窒素と並んで主成分と考えられていた時期もあった。現在では原始大気の主成分は二酸化炭素であった可能性が高いと考えられているが、生命の誕生にメタンが関わっていた可能性はあるだろう。深海には、現在でも熱水噴出孔の周囲にはメタンを生成することでエネルギーを獲得している超好熱メタン菌が生息しており、原始地球を彷彿とさせる極限環境での生命の誕生と営みについて手がかりを与えている。

地球の歴史の中で、メタンの大気中濃度は大きく変動しており、地球スケールの気候変動で中心的役割を果たした局面もあったようだ。地球が誕生した当時、太陽は現在よりも 2 割以上暗かったため凍結状況にあってもおかしくないところ、生命が誕生するほど温暖だったのは、大気中に高濃度で存在したメタンの温室効果がはたらいたためという説が有力視されている。地球の温度が極端に高かったとされる約 5500 万年前の暁新世－始新世温暖化極大期には、大気に莫大なメタンが放出されていた可能性が高い。それは主に海底の低温高圧下でメタンと水が結晶状に結びついてできるメタンハイドレートから大量の放出(一説では 1000 ギガトン規模)があったとすれば合理的に説明される。また、氷床コア中の気泡分析より、約 10 万年周期の水期－間氷期サイクルに同調して大気中メタン濃度が明瞭に増減していたことが明らかになっている。地質学的時間スケールでは、地表からの大気への放出プロセスに大陸移動や生物進化まで関わってくる上、大気の組成(酸素濃度など)や大循環(対流圏－成層圏間の相互作用など)も変わるため、大気中での消滅速度と平均滞留時間が現在とは異なっていた。また、酸化されても二酸化炭素となって温室効果をもたらすため、大量のメタン放出は長期的に気候に影響を及ぼしう。

地球を離れたところでは、天王星や海王星の大気には大量のメタンが存在しており、それが青白く見える原因となっている。メタンは「無色透明」と記載される場合もあるが、厳密にはそうではなく、最近では、地球大気においてもメタンの短波放射(可視光を含む波長帯)吸収に関する論文も出版されている。近隣の木星や土星と同じく天王星の大気主成分はヘリウムや水素であるが、メタンが大量に存在するため、メタンの雲さえ形成されるに至っている。また土星の衛星タイタンにもメタンやエタン(C_2H_6)の存在が知られており、マイナス 180℃ほどの温度下で液体となったメタンが、地球における水のように雨となって地表に降り注いで河川や湖沼のような地形を作り出しているという。火星の大気にもわずかにメタンが含まれており、その起源(仮説として生物活動を含む)や季節変化メカニズムに関する研究が進められている。これは筆者の想像であるが、この単純な分子は太陽系外の宇宙にも広く存在し、私たちの想像を超えるようなはたらきをしているかもしれない。

地球のメタン循環も完全に解明されているわけではない。おそらく太古の還元的な環境で進化を遂げたメタンを生成・消費する細菌・古細菌は、地上の様々な場所に住処を広げている。その結果、湿原や水田のような身近な野外環境や、反芻動物やシロアリの消化管内でメタンが生成され、森林の土壌ではメタンが吸収されることになっている。海洋の表層は大気とのガス交換が盛んで酸素が豊富にあり、普通に考えるとメタンはほとんど存在しないはずであるが、実測では高いメタン濃度を示すことは謎とされてきた。これも、近年の研究によって海洋表層におけるシアノバクテリアなど生物体内で生成されるメタンに原因があることが

示唆されている。さらに近年では、地上の植物(主に樹木)がメタンの放出源なのか吸収源なのかという新たな謎も提起されており、今後の研究が待たれている。

本特集は、地球環境問題とメタンを共通キーワードとする記事で構成されている。前述のように、メタンは温室効果ガスや大気質関連物質として注目を集めており、国連気候変動枠組条約だけでなく、メタンに特化した国際合意である Global Methane Pledge において排出削減の対象となっている。排出削減を着実に実施するために、メタンの収支・動態を理解する必要があることは言を俟たない。執筆者の協力によって、自然科学的な現象解明から将来予測、そして社会科学的な対策まで幅広いトピックを集めることができ、メタン研究の現状を俯瞰する一助となれば幸いである。メタン問題は非常に多様なため、前出のメタンハイドレートや、脱炭素のための技術として注目されているメタネーション(二酸化炭素と水素からメタンを合成する技術)のようなホットトピックを特集に含めることはできなかったが、それは別の資料で補っていただきたい。冒頭の Volta によるメタン発見から 250 周年に出版されるのは、偶然とはいえ意義深いことと感じている。執筆者、査読者、この特集の機会をいただいた国際環境研究協会関係者の皆さまに深く感謝する。