

初期火星におけるホルムアルデヒドの光化学生成と安定炭素同位体進化

地球物理学専攻 博士課程後期 3 年 小山俊吾

現在の火星は乾燥し、寒冷な環境であるが、約 40~30 億年前には、液体の水が存在していたと地質学的な証拠から考えられている。そのため、太古の火星に生命が存在した可能性は長年注目されてきた。近年、キュリオシティなどの火星探査ローバーによる調査から、地表面の堆積物に含まれる有機物の存在が確認されている。しかし、これらの有機物の起源や生命の材料となる有機物がどの程度存在し得たのかは明らかになっていない。そこで私は、ホルムアルデヒド (H_2CO) という分子に着目した。ホルムアルデヒドは惑星の大気中で生成され、地面に堆積した後、水の中で生命の材料分子である糖を含む複雑な有機物を生成することが知られている。本博士研究では、初期火星の大気におけるホルムアルデヒドの光化学的な生成過程を解明し、有機物の形成メカニズムを明らかにすることで、太古の火星における生命の可能性に対する理解を深めることを目的とした。

まず、光化学モデルを用いて、太古の火星大気を模擬した条件下で、ホルムアルデヒドの生成量を計算した。シミュレーションの結果、火山活動などによって放出される大気中の水素が一定量以上存在すれば、約 40~30 億年前の広い時代で、ホルムアルデヒドが大気中の化学反応によって継続的に生成されていたことが明らかになった [1]。特に、約 38~36 億年前の温暖な時期に、ホルムアルデヒドが最も効率的に生成されることが示された。次に、光化学モデルと全球気候モデルを組み合わせることで、ホルムアルデヒドの全球的な堆積分布を推定した。その結果、ホルムアルデヒドは降雨が多い中低緯度に集中して堆積することが分かった [2]。この堆積したホルムアルデヒドから形成される有機物量は、火星探査機キュリオシティがゲールクレーターで測定した有機物の量に相当する値であることが示された。最後に、ホルムアルデヒド中に存在する炭素同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) の変動を火星の歴史を通じて計算し、火星有機物中に見られる重い炭素 (^{13}C) の枯渇という異常が、大気由来のホルムアルデヒドから生成される有機物によって説明可能であることが示された [3]。

これらの発見は、ホルムアルデヒドが火星の有機物の生成に寄与していたことを示しており、太古の火星では液体の水の存在に加えて、生命の材料となる糖などの分子も生成されていた可能性を示唆している。

参考文献

[1] Koyama, et al. (2024a), *Sci. Rep.*, 14, 2397, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52718-9>

[2] Koyama et al., in preparation.

[3] Koyama et al. (2024b), *Sci. Rep.*, 14, 21214, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71301-w>