

タイタン下層大気中で生成する複雑有機物エアロゾル

Complex organic aerosol formed in the lower Titan atmosphere

谷内 俊範 [1]; 細貝 知弘 [2]; 高野 淑識 [3]; 金子 竹男 [4]; 小林 憲正 [5]; Khare Bishun[6]; McKay Christopher[7]

Toshinori Taniuchi[1]; Tomohiro Hosogai[2]; Yoshinori Takano[3]; Takeo Kaneko[4]; Kensei Kobayashi[5]; Bishun Khare[6]; Christopher McKay[7]

[1] 横浜国大院工; [2] 横国大院・工; [3] 海洋研究開発機構・IFREE; [4] 横浜国大院工; [5] 横浜国大・院工; [6] SETI institute; [7] Space Science Division

[1] Dept. of Chem. and Biotech., Yokohama National Univ.; [2] Yokohama Nat. Univ.; [3] JAMSTEC, IFREE; [4] Dep. Chem. Biot., Yokohama Natl. Univ.; [5] Dept. Chem. Biotech., Yokohama Natl. Univ.; [6] SETI institute; [7] Space Science Division

土星最大の衛星であるタイタンは、窒素を主成分とし、副成分にメタンを含む 1.5 気圧の大気を持ち、複雑な有機物からなる靄の存在がボイジャーによる観測などで分かっている。近年土星探査機カッシーニからタイタンへ投下された小型探査機ホイヘンスによって、地表における氷の水や液体のメタンの存在が示唆されている。タイタンは太陽系において唯一原始地球に似た濃い大気を有するため、生命の起源を考える上で重要な化学進化の環境が現在も存在すると期待され、これまで観測や様々な模擬実験がなされてきた。地表付近（地表から約 150 km まで）での有機物生成には宇宙線による効果が期待できるが、これまでほとんど調べられていない。本研究ではタイタン型大気への宇宙線の作用を模擬し、照射により生じた複雑な有機物からなるエアロゾル（PI tholins）の形状や化学組成、分子量の推定を行なった。また加水分解後に生成するアミノ酸について、その生成機構を考察した。高層大気（425 km から 825 km）では電子線の作用が大きいと考えられており、プラズマ放電により模擬して作製したもの（PD tholins）と PI tholins の比較を試みた。

容量約 400 mL の Pyrex 製の容器に、¹³C ラベルしたメタン 5 %、窒素 95 % の混合気体を 700 Torr 封入し、これに 3 MeV 陽子線（東工大ヴァンデグラフ加速器）を照射した。生成した固相成分は分子量数百程度に分布していた。MALDI-TOFMS や赤外分光測定によって炭化水素鎖の他に C-N, C₂N, N-H の存在が確認された。また熱分解 GC/MS の結果、様々な含窒素複素環化合物やニトリルが検出された。SEM による観察では数十 μ m 以上の大きな構造体が確認できた。生成した複雑な有機物は、タイタンのような乾燥・低温の環境においてこのような凝集体として存在していることが示唆された。

一方回収された固相成分は H₂O を用いた加水分解により、加水分解時に初めて酸素が取り込まれアミノ酸が生成することが実験的に初めて示された。これはタイタンのような酸素原子の乏しい（または全くない）大気環境で生成した複雑有機物も、加水分解される環境があればアミノ酸を生成しうることを示している。

Ames Research Center の放電装置 RFX-600 を用いて、メタン 10 %、窒素 90 % の混合ガスを循環させながら、プラズマ放電により 1 Torr, 100 W, 72 時間の条件でチャンパー内に生成させたものを PD tholins として用いた。熱分解 GC/MS の結果、化学構造に特徴的な変化は確認されなかったが、アミノ酸生成量において PI tholins との違いが明らかになった。最も多く生成する Gly の G 値（100 eV あたりの生成分子数）を比較すると PI tholins が 3.0×10^{-2} 、PD tholins が 9.1×10^{-5} となった。Sagan らによる論文 (Sagan and Thompson, 1984, Sagan et al., 1992) を参考にすると、宇宙線と土星磁気圏からの電子線は両方とも最高で約 1.0×10^{-10} W/m³ となっており、それを用いて試算すると地表付近全体（地表から 150 km まで）では高層大気全体（425 km から 825 km）と比べて、単位時間あたりに生成する Gly の量は約 100 倍大きい値を示した。（ 9.7×10^{-2} mol/m³/year）

タイタンではメタンが地球における水のように循環し、雲や雨を形成していると予想される。またカッシーニの観測ではメタンによると考えられる湖や川（の跡）が観察された。我々が想定しているタイタンの低空（高度約 150 km 以下）で生成する複雑な有機物は高層よりもアミノ酸の元として高効率に生成し、さらにメタンの循環とともに地表の湖や池のような場所に集められるだろう。これらは隕石の衝突や、地下での液体の水やアンモニアの中で化学進化の次のステップに進む可能性が考えられる。地表付近での宇宙線による有機物の生成はメタンの循環に組み込まれ化学進化の出発に有利な環境と考えられる。