

タイタン大気中で生成する複雑有機物とそのアストロバイオロジー的意義

Complex organics formed in Titan atmosphere and their astrobiological significance

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

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

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

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

<http://www.chem.ynu.ac.jp/lab/kobayashi-lab/index.html/>

土星最大の衛星であるタイタンは、窒素・メタンを主とする 1.5 気圧の大気を有する点で特異な衛星であり、原始地球のモデルともいわれる。タイタン大気中には、種々の有機物と、もやの存在が知られ、カッシーニ・ホイヘンス探査によりそのもやを構成する有機物の分析も行われた。タイタン表面にはメタン・エタンの湖や、液体が流れた跡などが見つかった。タイタン大気中のもやは、ソーリンともよばれ、複雑有機物からなる。地上実験では、主として紫外線や土星磁気圏電子に由来する放電を用いて窒素・メタン混合気体から有機物を作る実験が行われてきた。これらは、タイタン上層大気中での反応を模したものである。われわれは濃厚なタイタン下層中での有機物生成を検証する実験を行った。タイタン地表付近での主要なエネルギーは宇宙線であるので、模擬タイタン大気に高エネルギー陽子線を照射した。比較として、タイタン上層大気中での反応を模した、プラズマ放電実験も行った。

実験 容量約 400 mL の Pyrex 製の容器に、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または原研 TIARA タンデム加速器）を照射した。一部の実験では ^{13}C ラベルしたメタンを使用した。生成物を PI-ソーリンと呼ぶ。プラズマ放電実験は、NASA エームズ研究所において、メタン 10 %、窒素 90 % の混合気体を放電チャンバーに流しながら行った。生成物を PD-ソーリンと呼ぶ。固体生成物（ソーリン）は SEM および原子間力顕微鏡（AFM）による観察や、熱分解 GC/MS やゲル浸透クロマトグラフィーなどによりキャラクタリゼーションを行った。また、各ソーリンは 6 M 塩酸による加水分解後、イオン交換 HPLC、GC/MS、MALDI-TOF 質量分析法などでアミノ酸の分析を行った。

結果と考察 PI-ソーリンは SEM と AFM による生成物の観察により、数十 μm 以上の大きなフィラメント状・粒状構造体が確認できた。また、熱分解 GC/MS 分析では低分子量領域 ($m/z = 10-50$) にシアン化水素とアンモニアが主に検出されたが、これは、ホイヘンスによるタイタンエアロゾルの分析結果とほぼ同じであった。

一方、PI-ソーリンは酸加水分解により種々のアミノ酸を生じた。アミノ酸が混合気体から生成したことは炭素安定同位体ラベル法により確認した。また、 H_2^{18}O を用いた加水分解後、MALDI-TOFMS で分析することにより、アミノ酸中の酸素は加水分解過程で導入されたことが証明できた。タイタンのような酸素原子の乏しい大気環境で生成した固体生成物も、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が示された。

我々が想定しているタイタンの低空（高度約 100 km 以下）で生成する複雑な有機物は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。

またエネルギー源をプラズマ放電と陽子線照射を用いる事により、高層大気と低層大気についてアミノ酸の生成量を比較したところ、低層大気の方が約 200 倍多くのアミノ酸（前駆体）を生じることが示唆された。将来、タイタン表面に低層で生成したと考えられるアミノ酸（前駆体）が検出された場合、原始地球（微量の一酸化炭素またはメタンが存在したと考えられる）でも同様に宇宙線的作用によりアミノ酸が生成した可能性が示唆されるなど、地球上での生命の誕生に至る化学進化過程に多くの示唆を与えるものと考えられる。タイタン表面のアミノ酸前駆体探査は次期タイタン探査 (TSSM) の重要な候補である。