

宇宙微粒子模擬衝突実験による生命の起源に関する化学反応過程の研究

柴田裕実（阪大・産研）、金子竹男、榎本真吾、癸生川 陽子、小林憲正（横浜国大・工）、
三重野 哲（静岡大・工）、平井隆之、鈴木絢子、長谷川 直（宇宙研）

【はじめに】

電波や赤外の観測によると宇宙の至る所で、簡単な分子からかなり複雑な分子まで作られていることがわかり、その中には地上では安定に存在しない分子も含まれている。観測された分子がどのように作られたかという生成過程についてしてみると、気相においては紫外線や放射線によって分子がイオン化されるのでイオン分子反応が主な生成過程としてあげられているが、固相においては表面に吸着した氷や分子に紫外線や放射線が照射され表面反応やトンネル反応によって複雑な分子が形成されたとする仮説がたてられている。しかし、十分には解明されていないのが現状である。

そして宇宙からの飛来物や太陽系や銀河系などの宇宙空間で種々の有機物が見つかったことから、生命の起源物質が宇宙からもたらされたという仮説が提唱され、これまでに地上でこれらの有機物の生成過程を調べる多くの研究がなされてきた。これまでに化学反応を誘起する宇宙放射線源として考えられてきたのは主に紫外線、 γ 線、高エネルギーの電子やイオンであるが、それらに加えて数 10 km/s の宇宙ダストも有力な誘起源と考えられる。ダストが固体に衝突した場合、各種放射線の照射よりももっと激しく衝突領域は高温高压状態になり、一部はプラズマ化し、プラズマ中にある原子・分子の化学反応が進むと考えられるが、これまでにダスト-ダスト衝突による化学進化過程の仮説は提唱されていない。そこで本研究ではアストロバイオロジーの観点から宇宙ダストの模擬衝突実験を行い、まず、どのような物質が生成されるのかを調べることを目的とする。

宇宙環境では数 10K の低温下でナノ粒子とサブミクロン粒子の衝突によって有機物が生成されていると考えられるが、そのような実験は現段階では難しいので、まずは、常温、真空中で数 100 μ m のダスト模擬物質同士の衝突により直接生成される有機物や加水分解後に得られる有機物（例えば炭化水素、ケイ化水素やアミノ酸等）を調べる。もしそのような物質が得られたならば、これまでの陽子、重イオン、紫外線等の照射実験の結果と比較し、生成された物質の質量や生成量の相対的な比較を行う。

【実験】

用いた衝突実験装置は宇宙科学研究所の横置き二段式軽ガス銃で、2014 年 11 月 24、25 日に実験を行った。宇宙ダストを模した 0.4 及び 1.6 mm 球のアルミナ (Al_2O_3) を約 6 km/s

に加速し、常温、真空中でナイロン6 (C, H, N, O を含む) の板に衝突させた。衝突チャンバー内壁はアルミフォイルで覆い、衝突後の標的及び衝突で生じた生成物はすべてアルミフォイルとともに取り出して、横浜国大にて顕微 FT- IR、レーザーラマン分光を用いて衝突により標的より飛び出した物質の分析を行った。図1にナイロン6の化学式を示す。

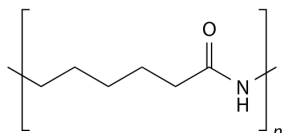


図1. Nylon 6

【結果及び考察】

アルミナ-ナイロン衝突後の標的付近の状態は、黒い粉状のもの、あるいは薄片が衝突チャンバー内アルミフォイル上に散乱しているのが目視で確認された。入射粒子は白、標的は青色なので、黒い物質は衝突による生成物と考えられるが、入射粒子以外の衝突物の可能性もある。

横浜国大にて分析を行っているが、まだ、全ての分析を終わっていないので、ここでは一部の分析について報告する。まず、飛び散った黒色物質 (ejecta) を顕微 FT-IR の試料とした。大きさ、厚さ等がそのまま分析できる状態であった2種類の試料を分析した。2種類の試料は0.4及び1.6 mm 球のアルミナを室温、真空中で、6 km/s の速度でナイロン6の板 (40 mm x 40 mm 厚さ 10 mm) に衝突させたときに放出された物質である。図2に分析した2種類の物質を示す。これは顕微 FT-IR 装置によって撮影された。画像の大きさは横 600 μm 、縦 450 μm である。FT-IR の分析は中心の白口部分である。

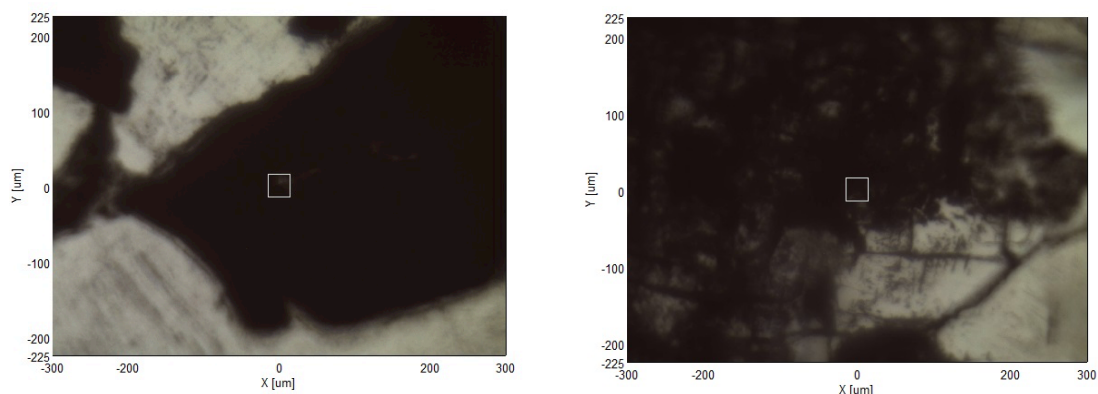


図2. ナイロン6標的に直径0.4 (左図) および1.6 mm (右図)、速度約6 km/sのアルミナ球を衝突させた時に飛び出した物質の顕微鏡写真。中心の白口部分に対して FT-IR の分析

を行った。

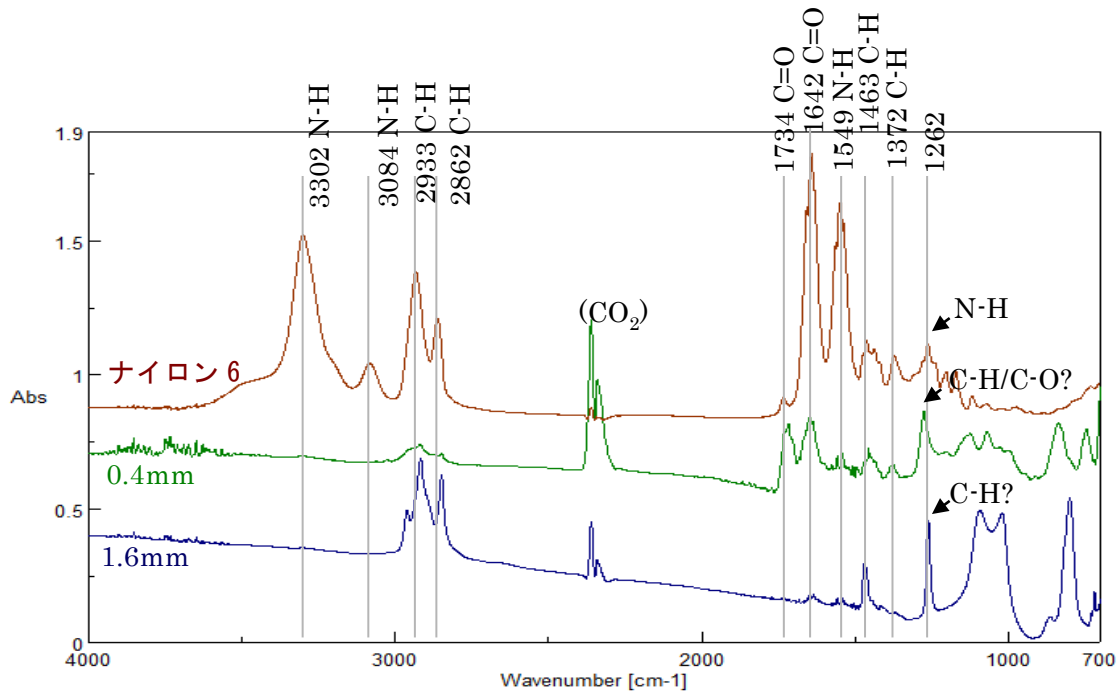


図 3. 図 2 の□部分の顕微 FT-IR 分光の測定結果。図中「ナイロン 6」はナイロンの標準スペクトル、「0.4 mm」は 0.4 mm アルミナ球衝突の場合、「1.6 mm」は 1.6 mm アルミナ球衝突の場合に飛び出した黒色物質のスペクトルである

顕微 FT-IR 分光の測定結果を図 3 に示す。図中「ナイロン 6」はナイロンの標準スペクトル、「0.4 mm」は 0.4 mm アルミナ球衝突の場合、「1.6 mm」は 1.6 mm アルミナ球衝突の場合に飛び出した黒色物質のスペクトルである(図 2 の□部分全体を積分したものである)。

「0.4 mm」、「1.6 mm」のスペクトルではナイロン 6 に特徴的な 3302cm⁻¹ の N-H の振動モードは全く見られていない。また、C=O や N-H の振動モードも小さくなっていて、飛び出した破片 (ejecta) はナイロンが再構成された物質であることがわかる。Ejecta のスペクトルでは 1200 cm⁻¹ 以下にナイロンにはないスペクトルが見られるが現在、解析中である。FT-IR で用いた試料とは別の試料ではあるが、同じように黒い ejecta をレーザーラマン分光で調べたところ、グラファイトに近いスペクトルが得られており、ナイロンからグラファイトに変化していることがわかった。つまり、これらの結果は衝突によりナイロンの結合が N-H 結合付近が切れやすく窒素や酸素が外れることでグラファイト化したものと考えられる。本報告では実験の解析が終わったものだけを報告したが、ナイロン板も黒いクレータ状の痕跡が認められるので、こちらにも構造変化があると考えられるので FT-IR 測定やラマン分光測定を行う予定である。