

## 超高速微粒子衝突による生命の起源に関わる化学進化の研究

柴田裕実（阪大・産研）、石川優人、松田知之、金子竹男、小林憲正（横浜国大・工）、  
三重野 哲（静岡大・工）、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水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、 $\gamma$ 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、そのような実験は非常に困難であるので、まずは、常温、真空中で 100  $\mu$  m から数 mm 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、2013 年 12 月に最初の実験を行った。宇宙ダストを模した 100 及び 200 $\mu$ m 球のアルミナや 3mm 球のポリカーボネ

ート粒子を約 6km/s に加速し、ポリカーボネートの板及びカーボン円板標的に衝突させた。衝突チャンバー内壁に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、横浜国大にて電子顕微鏡、レーザーラマン分光、EPMA を用いて標的衝突痕の形態測定及び照射クレータの分析を行った。

### 【結果及び考察】

まず衝突後の標的の状態は、100 及び 200 $\mu\text{m}$  アルミナ-ポリカーボネート、カーボンの衝突では目視でわかる放出物は無かった。一方、3mm  $\phi$  のポリカーボネートとポリカーボネートの衝突では黒い粉状のもの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。入射粒子も標的も白色透明状のものなので、黒い粉状の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。実験後、試料の分析が未だ終わっていないのでわからないが、100 ミクロンの粒子が衝突した場合も目には見えないが何らかの生成物が飛び散っている可能性もある。

横浜国立大学の分析センター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、試料をそのまま分析できる電子顕微鏡観察、レーザーラマン分光及び EPMA 測定を行った。分析した試料は室温、真空中で速度 6 km/s の直径 200 $\mu\text{m}$  アルミナ微粒子衝突させたポリカーボネート板 (5mm x 5mm 厚さ 2mm) で、図 1 に衝突クレータの様子を示す。図 1 の右図の穴部分、Edge1、Edge2 の部分についてレーザーラマン分光 (Renishaw inVia Reflex) を行った。用いたレーザーの波長は 785nm である。

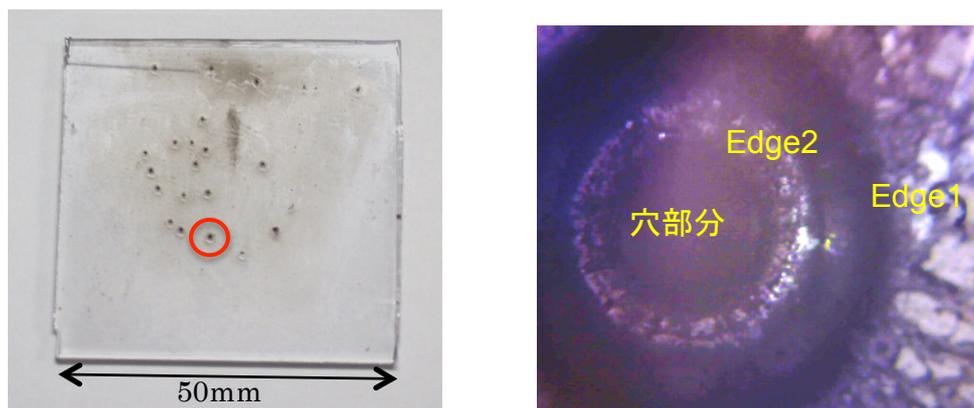


図 1 ポリカーボネート標的に直径 200  $\mu\text{m}$ 、速度約 6 km/s のアルミナ球を衝突させた時の衝突クレータの様子。右図は左図赤丸部分を拡大した電子顕微鏡写真。穴部分、Edge1、Edge2 の部分についてラマン分光を行った。

図 2 にポリカーボネートの化学式を示す。

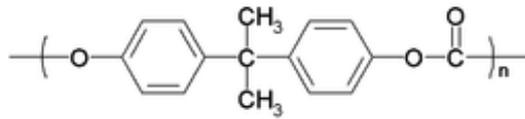


図2 Polycarbonate

ラマン分光の測定結果を図3(a)~(d)に示す。(a)は未衝突部分、(b)はクレータの外側エッジ部分、(c)はクレータの内側エッジ部分、(d)はクレータ内部のスペクトルである。スペクトルではポリカーボネートに特徴的なリング、C-CH<sub>3</sub>、C-O、C-O-C<sup>(1)</sup>等のストレッチモードが見られる。衝突後のスペクトルではクレータに近づくにつれて1312 cm<sup>-1</sup>のC-O-Cストレッチが増加している。クレータの内部ではスペクトルは強度が弱くなるとともにスペクトル幅も広がっ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ポリマーの結合が切れることによって生じると考えられ、当然予想されることではあるが、穴の中ではより激しく結合が切れていると解釈される。この部分で何か新しい物質が生成していると考えられるが、この分析からはわからない。

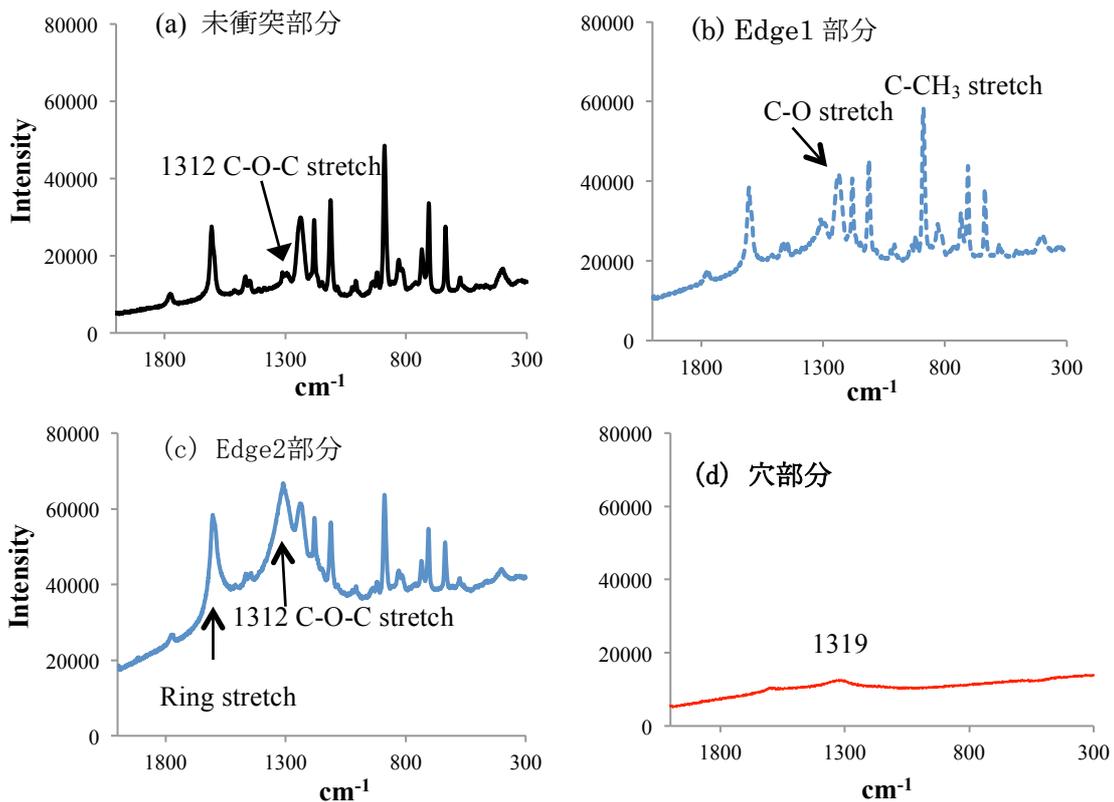


図3 ポリカーボネートのレーザー(785nm)ラマン分光の測定結果。(a)は未衝突部分、(b)はクレータ外側のエッジ部分、(c)は内側のクレータエッジ部分、(d)はクレータ内部。

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、今後、飛散物や標的を水やア

ルコールで洗って付着物を抽出し、質量分析、赤外吸収分光、SEM 観察を行う予定である。

**【参考文献】**

- (1) B.H.Stuart, Polymer Bulletin 36, 341-346 (1996).