

アミノ酸の衝撃化学

○菅原春菜¹、三村耕一¹

¹名古屋大学大学院 環境学研究科

1. はじめに

生命の誕生に必要な有機物はどのようにして初期地球にもたらされたのか？その供給源として有力視されているものの1つが、彗星や小惑星、IDPs (Interplanetary Dust Particles)などの地球外物質である。実際、これらの地球外物質から様々な有機物が見つかった。このような地球外有機物の中でも本研究が注目するのは、生命の誕生に必須とされるアミノ酸である。有機物を多く含む炭素質コンドライト(マーチソン隕石)には約80種のアミノ酸が見つかっており、この中には生物が自身の構成物質として使う20種のタンパク質アミノ酸のうち8種が含まれている(Cronin and Pizzarello, 1983)。しかし、初期地球に衝突した小惑星や彗星の中にはマーチソン隕石のような衝撃をあまり受けていないものだけでなく、宇宙空間や地球衝突時などに様々な衝撃を受けたものが多く含まれると考えられる。そのため、地球外物質による初期地球へのアミノ酸供給の可能性を検証するためには、衝撃がアミノ酸に及ぼす影響について評価する必要がある。そこで本研究では、アミノ酸の衝撃に対する基礎的な挙動を明らかにすべく、アミノ酸に様々な程度の衝撃を与える実験を行い、衝撃後の残存量や組成の分析をおこなった。

2. 実験方法

衝撃を与えるアミノ酸として選んだのは、グリシン、アラニン、アミノイソ酪酸、アミノ酪酸の4種である。これら4種のアミノ酸はマーチソン隕石中に多く含まれているもので、特にアミノイソ酪酸は最も存在量が多い。アミノ酪酸はその構造異性体である。また、グリシンは最も単純なアミノ酸であり、アラニンとともにタンパク質アミノ酸の1つである。これらのアミノ酸を80 nmol/mgの割合で炭素質コンドライトのマトリックスを模擬した蛇紋岩粉末に混合し、衝撃を与える試料とした。この試料に対して、一段式火薬銃を用いて6.3–38.6 GPa (計12試料)のPeak shock pressureを与えた。

衝撃を与えた試料は2つに分け、片方をアミノ酸分析用、もう片方はペプチド分析用とした。アミノ酸分析用の試料の方は抽出液をさらに2つに分け、片方を遊離アミノ酸分析用、もう片方は塩酸で加水分解を行い、総アミノ酸分析用とした。総アミノ酸は遊離アミノ酸だけでなく、加水分解により遊離アミノ酸を生じる酸生成アミノ酸も含んでいる。これらのアミノ酸およびペプチドの分析はShimoyama and Ogasawara (2002)の手法に基づいて行った。

3. 結果

遊離アミノ酸の生存率は 20 GPa まで徐々に減少し、20 GPa を超えると急激に減少することがわかった。総アミノ酸の方も基本的には遊離アミノ酸と同様の挙動を示すが、20 GPa での生存率が 12-16 %と遊離アミノ酸のみの 5-8 %よりも高く、これは遊離アミノ酸の一部が酸生成アミノ酸へと変化したことを示している。また、試料の不均質性等が疑われるアミノイソ酪酸を除き、3 種のアミノ酸の間では Peak shock pressure に対する生存率および酸生成アミノ酸の生成率に大きな違いは見られなかった。

さらに、衝撃によって 2 つのアミノ酸が重合したペプチドが生成することも明らかになった。本研究で同定したペプチドはグリシルグリシンおよびアラニルアラニンの 2 種であるが、これらの生成量はそれぞれ最大で遊離アミノ酸の 1%に相当する。また、生成量が最大となる圧力はアミノ酸が急激に減少する直前の圧力である。

4. 考察

20 GPa でのアミノ酸の急激な変化について検証するため、他の有機化合物との比較を行った。Mimura *et al.* (2005) および Mimura and Toyama (2005) によると、多環式芳香族炭化水素 (PAHs) も同様に 20 GPa 付近で急激な減少を示す。マトリックスを蛇紋岩からカンラン石に変えた実験でも PAHs の減少傾向に変化はないため、20 GPa での急激な減少は蛇紋岩の脱水によるものではない。むしろ、この 20 GPa での変化はいくつかの有機物に共通である可能性がある。次に、熱分解温度と Peak shock temperature (フェナントレンおよびピレンのユゴイオデータをもとに計算。アミノ酸のユゴイオデータは求められていないため) を比較すると、アミノ酸の分解温度 (約 570 K) に対応する Peak shock pressure は 10 GPa 以下である。しかし、10 GPa ではアミノ酸はほとんど分解されずに残存しており、これは衝撃による高圧が熱分解を抑制している可能性を示唆している (Blank *et al.*, 2001)。しかしながら、20 GPa での急激な変化の要因については十分に説明できておらず、今後さらに検証していく必要がある。

Reference

Blank *et al.* (2001) *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* **31**, 15-51

Cronin and Pizzarello (1983) *Adv. Space Res.* **3**, 5-18

Mimura *et al.* (2005) *EPSL* **232**, 143-156

Mimura and Toyama (2005) *GCA* **69**, 201-209

Shimoyama and Ogasawara (2002) *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* **32**, 165-179