

高エネルギー粒子線を用いた模擬宇宙環境下での有機物の合成 Synthesis of Organic Compounds in Simulated Space Environments by Irradiation with High-Energy Particles

小林憲正¹⁾, 栗原広成¹⁾, 川本幸徳¹⁾, 大林由美子¹⁾, 金子竹男¹⁾

山本春也²⁾, 渡辺智²⁾, 須藤広行²⁾

Kensei KOBAYASHI¹⁾, Hironari KURIHARA¹⁾, Yukinori KAWAMOTO¹⁾,

Yumiko OBAYASHI¹⁾, and Takeo KANEKO¹⁾, Haruya YAMAMOTO²⁾, Satoshi Watanabe²⁾ and Hiroyuki SUDO²⁾

¹⁾横浜国立大学, ²⁾原子力機構

(概要)

星間や惑星大気中において宇宙放射線の働きによりアミノ酸などの有機物が生成する可能性を検証するため、星間物質や惑星大気を模した種々の混合物に **TIARA サイクロトロン**および **TIARA タンデム**加速器からの高エネルギー陽子線を照射した。ごく低濃度の水素もしくはメタンが二酸化炭素・窒素主体の中性型大気中に存在する場合、アミノ酸前駆体の生成が可能であることがわかった。サイクロトロン照射生成物には容器から溶け出した金属イオンが存在し、アミノ酸分析の妨げになる。その除去法についても検討した。

キーワード：宇宙線，惑星大気，星間物質，アミノ酸，化学進化

1. 目的

地球上での生命の誕生に先立ち、アミノ酸などの生体有機物が生成したはずである。その生成の場所として、分子雲中の星間塵アイスマントルや惑星大気が候補に上がる。後者の場合、メタンやアンモニアを含む強還元型のものからは放電や紫外線により容易にアミノ酸が生成するが、中性型、もしくは弱還元型のものからは困難になることが報告されている。本研究では、メタンもしくは水素を少量含む弱還元多々模擬惑星大気からの宇宙線による有機物の生成と、その原始海洋中での変性について、**TIARA タンデム**加速器からの陽子線を用いて検証した。また、模擬星間物質からの宇宙線による有機物の生成を調べているが、その時に容器から溶出する金属イオンの妨害を除去する必要がある。しかし、従来用いていたイオン交換樹脂(AG50WX8)を用いると、操作が煩雑であり、またアミノ酸の混入が問題となる。今回は、**TIARA サイクロトロン**を用いた陽子線照射生成物中の金属(Ti)の除去に固相抽出ディスク(MonoSpin SCX)を適用することを検討した。

2. 方法

(1) 模擬惑星大気への陽子線照射実験

主要な星間物質として検出されている、メタノール、アンモニア、水の混合物(モル比 1:1:2.8) 5.8 g をチタン製容器に入れ、これに **TIARA サイクロトロン**からの 20 MeV 陽子線を 0.5–3 mA で 1-60 分間照射した。

惑星大気をモデルとした実験では、以下の混合気体をガラス容器に入れ、**TIARA タンデム**加速器からの 3 MeV 陽子線を照射した。(1) HDNW: 二酸化炭素 46 %, 窒素 46 %, 水素 8 %, 水(5 mL), (2) MDNW: 二酸化炭素 48 %, 窒素 50 %, メタン 2 %, 水(5 mL), (3) DNW: 二酸化炭素 50 %, 窒素 50 %, 水(5 mL)。

照射後、生成物(水溶液)を容器から取り出し、6 M HCl 中で 110 °C, 24 時間加水分解した後、島津 LC-10A アミノ酸分析計でアミノ酸の分析を行った。また、(1)(2)の生成物をフッ化水素酸により 25 MPa, 200-300 °C で 2 分間加熱後、同様に酸加水分解し、アミノ酸分析を行った。さらに、この生成物を Nucleopore Filter でろ過し、残渣を SEM で観察した。

(2) 模擬星間物質への陽子線照射実験生成物の脱塩法の検討

主要な星間物質として検出されている、メタノール、アンモニア、水の混合物（モル比 1:1:2.8）5.8 g をチタン製容器に入れ、これに TIARA サイクロトロンからの 20 MeV 陽子線を 0.5–3 mA で 1-60 分間照射した。この試料中には、容器から Ti が溶出していると推定される。その脱塩法として、従来から用いている陽イオン交換樹脂(BioRad AG-50WX8)を用いる方法と、固相抽出カートリッジ(MonoSpin SCX)を検討した。処理後のアミノ酸の分析は、島津 LC-10A アミノ酸分析計で行った。溶液中の Ti の定量には島津 ICPE-9000 プラズマ原子発光装置を用いた。

3. 研究成果

(1) 模擬惑星大気への陽子線照射実験

HDNW、MDNW からはグリシンをはじめとする種々のアミノ酸が検出され、グリシンの G 値は、HDNW で 0.0012, MDNW で 0.00145 とほぼ同じであった。これは、水素と二酸化炭素からメタンが生成し、それと窒素・水からアミノ酸前駆体が生成した可能性を示唆する。なお、水素やメタンを全く含まない DNW からはアミノ酸は検出されなかった。

次に陽子線照射生成物 HDNW をフローリアクターを用いて 300℃、2 分間加熱したところ、約 10% のグリシンが分解されずに残り、遊離のグリシンよりも高い熱安定性がみられた。また、SEM で観察したところ、有機物凝集体が観察された。

(2) 模擬星間物質への陽子線照射実験生成物の脱塩法の検討

AG-50WX8 を用いた陽イオン交換樹脂法では、樹脂からのアミノ酸の混入が問題であった。Monospin SCX を用いた場合のアミノ酸の混入量は、AG-50WX8 の場合(1 回の処理あたり 1700 pmol)よりも遙かに低く (1 回の処理あたり 20 pmol 未満)、このカラムの交換容量($1.64 \pm 0.43 \mu\text{Eq}$)よりも低い場合は、十分に金属イオンの除去も可能であることが分かった。これらの結果から、今後、TIARA サイクロトロンを用いた陽子線照射実験生成物の脱塩に Monospin SCX が使用可能なことがわかった。なお、逆相 HPLC 法を用いる場合、脱塩処理は不要となる。現在、照射生成物中のアミノ酸分析法をさらに検討中である。

4. 結論・考察

模擬原始惑星大気への陽子線照射により、出発材料に炭素源としてメタンまたは水素が少量でも存在すれば、陽子線照射によりアミノ酸前駆体が生成することが確認できた。このことは、原始地球大気が二酸化炭素・窒素を主成分としたものであったとしても、副成分として水素もしくはメタンが存在すれば、アミノ酸等の有機物の生成が可能になることを示唆している。土星の衛星のタイタンは、窒素を酒精物とし、数%のメタンを副成分として含む大気を有する。タイタン大気から生じた有機物の解析により、原始地球上での化学進化の重要なヒントが得られることが期待できる。さらに、海底環境で、かんらん石の蛇紋石化により水素が発生することが知られている。この水素と、海水中の二酸化炭素・窒素からのアミノ酸の生成の可能性も考えられるため、その検証実験を計画中である。

模擬星間物質からの有機物の生成の評価のための分析法、特に脱塩法を検討し、固相抽出カートリッジの利点が明らかになった。今後種々の組成の出発材料からのアミノ酸の生成を検証していく予定である。

5. 引用(参照)文献等

- [1] 無生物的に生成した複雑有機物の模擬海底熱水系環境下での変性と有機凝集体の生成, 栗原広成, 大林由美子, 金子竹男, 小林憲正, 藪田ひかる, 三田肇, 高野淑識, *Viva Origino*, **39** Suppl., 4 (2011).
- [2] 宇宙ステーション曝露部で捕集する宇宙塵中のアミノ酸分析法の検討, 川本幸徳, P. K. Sarker, 小野恵介, 伏見英彦, 大林由美子, 金子竹男, 小林憲正, 三田肇, 山岸明彦, たんぽぽ WG, *Viva Origino*, **39** Suppl., 6 (2011).