

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生成
Formation of Organic Compounds in Simulated Space Environments by
Irradiation with High-Energy Particles

小林憲正¹⁾, 栗原広成¹⁾, 元山拓也¹⁾, 原昌史¹⁾, 平子智章¹⁾,
山本春也²⁾, 渡辺智²⁾, 須藤広行²⁾, 大林由美子¹⁾, 金子竹男¹⁾

Kensei KOBAYASHI¹⁾, Hironari KURIHARA¹⁾, Takuya MOTOYAMA¹⁾, Masashi HARA¹⁾, Tomoaki HIRAKO¹⁾
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

生命の誕生に先立ち、生体有機物が宇宙環境で生成した可能性を検証するため、(1)模擬惑星大気への TIARA タンデム加速器からの陽子線照射、および(2)模擬星間物質への TIARA サイクロトロンからの陽子線照射を行い、アミノ酸などの生成の可能性を検証した。

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、分子雲や惑星大気などの星間環境が注目されている。本研究では、(1)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成、(2)模擬星間物質からの宇宙線による有機物の生成と変成の検証を行った。

2. 方法

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。同様な混合物に放射線医学総合研究所の HIMAC 重粒子加速器からの粒子線(290 MeV/u 炭素線など)を照射する実験も行った。

惑星大気をモデルとした実験では、種々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。用いた混合気体は、(1)一酸化炭素，窒素，水，(2)メタン，窒素，(3)二酸化炭素，水素，窒素，水，(4)二酸化炭素，メタン，窒素，水，(5)二酸化炭素，窒素，水，である。

照射後、生成物を容器から取り出し、6 M HCl 中で 110℃、24 時間加水分解した後、アミノ酸分析計でアミノ酸の分析を行った。また、(1)の生成物をフローリアクターにより 25 MPa、200-300 °C で 2 分間加熱後、生成物を TEM および SEM で観察し、生じた不溶性画分を酸加水分解後、アミノ酸分析を行った。

3. 研究成果

メタノール・アンモニア・水の混合物への陽子線照射生成物の加水分解物から、グリシンなどのアミノ酸が検出された。しかし、グリシンの G 値は、重粒子線照射によるもの[1]と比較して低い値を示した。これは、粒子の LET 等の違いによる可能性が考えられるが、重粒子照射時と比較してサイクロトロンでの照射時に被照射物の温度が上昇することも要因と考えられるため、さらなる検討が必要である。

混合気体への陽子線照射により、(1)(2)(3)からグリシンなど種々のアミノ酸が検出された。しかし、(4)(5)ではごく微量のグリシンが得られたのみであった。ただし、(4)(5)の実験時に、生成物が十分に回収できなかったなどの問題があったため、次年度、再度実験を行う予定である。

(1)の生成物（加水分解前）をフローリアクターで加圧加熱したものを基板上で乾燥して TEM 観察した場合、および Nucleopore フィルターでろ過し、フィルターを SEM で観察した場合、有機物の凝集物が観察された。(1)の生成物は親水性が高く、加熱を行わない場合は凝

集体が観察されなかった。凝集体を加水分解するとアミノ酸が検出された。

4. 結論・考察

分子雲中の星間塵中に検出されている、メタノール、アンモニア、水の混合物に粒子線を照射することによりアミノ酸前駆体が生成した。このことは、太陽系が生成する前の分子雲環境下で、すでにアミノ酸前駆体が生じていた可能性を示唆する[2]。TIARA サイクロトロンでの陽子線照射によるアミノ酸のエネルギー収率は HIMAC での重粒子線（炭素、ネオンなど）によるものよりも低かった。これは LET の差による可能性が考えられるが、照射方法などの相違もあるため、今後さらに検討する予定である。また、生成した有機物の安定性についても実験を行う予定である。

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一酸化炭素が存在すれば、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。二酸化炭素および水素を含む系からのアミノ酸生成の可能性については、さらに検討していく予定である。

一酸化炭素・窒素・水への陽子線照射生成物は極めて親水的であるが、海底熱水系を模した実験条件で加熱すると、有機凝集体が生成した。細胞状構造の起源との関係から実験を続けていきたい。

5. 引用(参照)文献等

[1] “Synthesis of Amino Acid Precursors from Simulated Interstellar Media by High-Energy Particles or Photons,” by K. Kobayashi, T. Ogawa, H. Tonishi, T. Kaneko, Y. Takano, J. Takahashi, T. Saito, Y. Muramatsu, S. Yoshida and Y. Utsumi, *Electr. Eng. Jpn.*, **91** (3), 293-298 (2008).

[2] “High Molecular Weight Complex Organics in Interstellar Space and Their Relevance to Origins of Life,” by K. Kobayashi, T. Kaneko, J. Takahashi, Y. Takano and S. Yoshida, in “Astrobiology: from Simple Molecules to Primitive Life,” ed. by V. Basiuk, American Scientific Publishers, Valencia, CA, (2010), pp. 175-186.