

フローリアクターを用いた海底熱水環境下での化学進化のシミュレーション

Simulation of chemical evolution in submarine hydrothermal systems with flow reactor

栗原 広成 [1]; 小林 憲正 [2]; 金子 竹男 [3]

Hironari Kurihara[1]; Kensei Kobayashi[2]; Takeo Kaneko[3]

[1] 横浜国大・院工・機能発現工学; [2] 横浜国大・院工; [3] 横浜国大院工

[1] Dept. of Chem. and Biochem., Yokohama National Univ.; [2] Dept. Chem. Biotech., Yokohama Natl. Univ.; [3] Dep. Chem. Biot., Yokohama Natl. Univ.

1970年代末、世界各地の海底から発見された海底熱水噴出孔は、化学反応に必要なエネルギーが高温のマグマから恒久的に供給されること、有機物の無生物的に生成に有利な還元環境を有すること、生化学的触媒作用を示す遷移金属イオンの濃度が非常に高いこと等の理由から化学進化が起こりやすい環境であると考えられる。そのため、原始地球において生成された、もしくは惑星外から供給された有機物が、海底熱水系中でさらに反応して生体機能を有する分子系へと「進化」したというシナリオを描く事ができ、生命の起源の場として注目される存在である。また、近年、海底熱水噴出孔地下に新奇な生物圏の存在が示唆され、生態学・極限環境微生物学的からも海底熱水系は極めて興味深い環境とみなされるようになった。

海底熱水噴出孔での化学進化に関する実験では、様々な方法でアミノ酸の生成が報告されている。一方、アミノ酸などの生体関連分子は熱に対して脆く、200℃以上でこれらの物質が高濃度で存在することはかなり難しいことが示唆されている。しかし、従来の多くの実験は閉鎖系で行われ、また試料としては遊離アミノ酸が用いられていた。実際の熱水系は開放系であり、原始および現在の環境中のアミノ酸は結合体が多いと考えられる。そこで、本研究では海底熱水環境を模して作成した超臨界水フローリアクター（FR）を用いたストレッカー型アミノ酸合成反応を行い、また、それに対する金属イオンの影響も調べた。

KCN、HCHO、(NH₄)HCO₃をそれぞれ0.1 M、0.1 M、0.05 Mに調製し試料Aとした。

試料AにZn²⁺をmM、5 mM、10 mM添加したもの、Mn²⁺を1 mM、5 mM、10 mM添加したもの、金属イオンを添加しないものをそれぞれFRで2分間、25 MPa、200℃～400℃で反応させた。

更に、試料Aを、10倍、20倍、100倍、に希釈してそれぞれ2分間、25 MPa、200℃～300℃で反応させた。

各実験後、回収した試料を6 M塩酸で110℃、24 h酸加水分解した後、AG-50陽イオン交換樹脂による脱塩・分画処理をし、島津LC-10Aアミノ酸分析装置によりアミノ酸の同定定量を行った。

試料Aに金属イオンを添加しなかった場合、各温度ともグリシンが大量に検出され、次にアラニン、 α -アラニンが多く見られたほか、 β -アミノ酪酸もわずかながら同定された。それ以外のアミノ酸は、200℃においてセリンが検出された以外は、ブランクレベル以上には検出されなかったが。また、超臨界状態である400℃ではほとんどアミノ酸は検出されなかった。

次に、Zn²⁺を1 mM添加すると、全ての温度でZn²⁺を添加しなかった試料よりも多くのアミノ酸が検出され、Zn²⁺によってアミノ酸の生成量、もしくは熱に対する安定性が増すことが示唆された。しかし、Zn²⁺の濃度を5 mM、10 mMと変化させると、アミノ酸の生成量は減少した。一方、Mn²⁺を用い300℃に加熱した場合、全ての濃度でMn²⁺を入れた場合より生成したアミノ酸の量が減少した。しかも、Zn²⁺の場合と違い、Mn²⁺の濃度が増加するのに従ってアミノ酸の生成量は減少していった。この結果から、金属イオンの種類によってアミノ酸の生成量は増減することが示唆された。

出発材料を希釈して行った場合（実験3）は20倍希釈までアミノ酸を検出することが出来た。通常、このような低濃度ではストレッカー反応ではアミノ酸はほとんど生成しない。このことは、原始海底熱水中でシアンなどの濃度が低くてもアミノ酸が生成しうることを示すものである。

今回の結果から金属イオンは有機物の生成もしくは安定性に寄与する可能性が示唆された。現在の海底熱水系と同様、原始海底熱水系にも多様な遷移金属元素が高濃度に存在し、これらが、海底熱水系における化学進化に影響を与えたことが十分に考えられる。今後は、様々な金属イオンや鉱物の使用が可能になるように反応装置の改良を行いながら、実験を行い、金属イオンや鉱物の化学進化への影響について調べていく予定である。