

## 平成 30 年度伊藤光昌氏記念学術助成金(研究助成)成果報告書

研究課題番号	H30-R8
研究課題名	海洋への落雷と生命起源物質誕生に関する研究
研究代表者	森本 健志 (近畿大学・准教授)
研究協力者	ト部 遵平 (近畿大学大学院・博士前期課程 2 年) 中曽根 雅之 (近畿大学大学院・博士前期課程 1 年)

### 1. 研究目的

地球誕生から 10 億年が経過した 35 億年前に最初の生命が海洋で誕生したと考えられており、地球における生命の誕生については様々な仮説が提唱されている。古くは 1950 年代に行われたミラーの実験で、 $\text{CH}_4$  や  $\text{NH}_3$ 、水蒸気を主成分とする還元型の原子大気モデル中で 1 週間に亘って火花放電を続け、アミノ酸の生成に成功した。しかしその後原子大気は還元型ではなく  $\text{CO}_2$  や  $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2$  などを主とする酸化型ないし弱還元型であると考えられるようになり、気相でのアミノ酸生成説は覆されることになった。そこで考えられたのが水相での化学反応で、原田らは水溶液に直接放電することで水分子から水素ラジカル還元剤が生じて水溶液が還元的な環境になり、 $\text{N}_2$  ガス雰囲気下の放電で  $\text{NH}_3$  が生成し、さらにカルボン酸を加えて放電すればアミノ酸が合成できることを示した。また、ガリソン・カルビンは高エネルギーの  $\alpha$ -粒子を炭酸水に照射することで  $\text{CH}_2\text{O}$  や  $\text{CH}_2\text{O}_2$  などの合成が可能であることを報告している。これら雷のエネルギーが生命誕生の引き金になったのではないかとする考え方は有力で、本研究では原始海洋への落雷を忠実に再現し、生命の起源を実験的に追及することを目的としている。

### 2. 実験方法と結果

#### 2.1. 実験の概要

本研究において、落雷の再現にはロケット誘雷を使用する。ロケット誘雷とは、雷雲下に小型ロ

ケットにより導電性ワイヤを引き上げることで、ワイヤに沿って特定の雷撃地点に雷放電を誘導する技術で、現在我が国においては筆者らのグループのみが実施可能である。本研究に先立ち 2017 年 12 月に成功した誘雷事例 (図 1) では、陶磁器製の放電実験用オイルカップ中の試料溶液に雷電流を誘導することに成功したものの、反応容器は雷のエネルギーにより図 2 のように黒焦げとなり、反応後の試料溶液を回収することができな



図 1. ロケット誘雷成功事例 (2017/12)



図 2. 陶磁器製オイルカップへの誘雷結果

かった。そこで本研究ではまず、原始海洋を模擬した溶液中に雷電流を誘導し放電による化学反応を調べるために適した反応容器を開発し、その機能や耐久性の確認と、原始海洋中に存在し生命誕生物質に寄与する成分の検討のため、200 kV インパルスジェネレータによる室内放電実験を行った。更にその結果を踏まえ、冬季にロケット誘雷による野外放電実験を実施している。

## 2.2. インパルスジェネレータによる室内放電実験

はじめに、肉厚5 mmの12 Lガラス製セパラルフラスコに水道水を入れ、銅棒を直角に曲げて尖った先端同士を向かい合わせた電極にインパルス電圧を印加した。電極間ギャップ長0.5 cm、印加電圧6 kVから実験を開始し、複数のギャップ長や印加電圧で水中放電を確認した。ギャップ長が長くなり高い印加電圧が必要になると水中だけではなく水面に沿う放電も確認されるようになり、ギャップ長5 cm、印加電圧120 kVでの放電でフラスコが破損してしまった。

次に、肉厚5 mmの2.5 Lガラス製吸引デシケータを使用し、上蓋と横穴にシリコン栓を介して先端の尖った直線状銅棒を直角に設置した電極で実験を行った。ギャップ長3 cm、印加電圧50 kVから水中放電を確認したが、ギャップ長5 cm、印加電圧100 kVの放電で破損した。そこで、デシケータを肉厚15 mm、容量12 Lの大型のものにして同様の実験を行ったところ、ギャップ長5 cm、印加電圧200 kVでの水中放電を発生することができた。

以降は、大型デシケータを使用し、 $\text{NH}_3$ と $\text{CO}_2$ を溶かし込んだ試料溶液①、原始海洋の成分に近づけるために人工海水中に $\text{NH}_3$ と $\text{CO}_2$ を溶かし込んだ試料溶液②、②に生物活性微量金属である $\text{Fe}^{2+}$ と $\text{Mg}^{2+}$ を加えた試料溶液③中でギャップ長3 cmの水中放電を行った。試料溶液①②③で印加電圧120 kVで20回、150 kVで20回、200 kVで3回の水中放電をそれぞれ行い、放電後の溶液に対してアセチルアセトン吸光光度法および

ピリジン-ピラズロン吸光光度法で、アミノ酸合成の中間体として生成する $\text{CH}_2\text{O}$ およびシアン化物の有無をそれぞれ分析した。分析の結果、いずれの溶液も $\text{CH}_2\text{O}$ 、シアン化物は検出限界以下であった。しかし、シアン化物イオンが存在すれば極大吸収波長620 nmで青色を呈するピリジン-ピラズロン法において、放電前のすべての溶液は発色がなく、放電後に極大吸収波長が518 - 525 nmの桃色発色が見られた。この反応は試料溶液①でも見られたことから、放電によって試料溶液①の組成成分である $\text{NH}_3$ または $\text{CO}_2$ を源とする物質が生成したと考えられる。続いて、水酸化鉄コロイドが発生しないように $\text{NH}_3$ の濃度を1/10にした試料溶液①②③で再び水中放電実験と、同様の分析を行った。試料溶液①②③でそれぞれ印加電圧120 kVで20回、180 kVで20回、165 kVで20回の放電をした結果、 $\text{CH}_2\text{O}$ およびシアン化合物の生成は確認されず、ピリジン-ピラズロン吸光光度法における桃色発色も再現しなかった。

## 2.3. ロケット誘雷による野外放電実験

本研究では、2018年12月22日から2019年1月7日にかけて、石川県羽咋郡においてロケット誘雷実験を行った。冬季に日本海沿岸で発生する雷放電は、世界的に見ても珍しく、夏季のものに比べて電気エネルギーの大きな放電が発生することが知られている。また、筆者らは「雷を誘導する」ことに加えて、電磁界計測法を駆使して「雷を測る」ことに長けている。2017年の誘雷事例では、6,000 Aを超える電流波形を高精度に記録しており、本研究において、「どのような放電によるどのような大きさのエネルギーが寄与した反応であるか」を、詳細に把握することが期待できる。

2017年の野外実験と本研究で行った室内実験の結果を踏まえ、テフロン製の反応容器を作製した。これは市販の2 Lのポリテトラフルオロエチレン樹脂 (PTFE) ボトル (サンプラテック社製)



図 3. 野外放電実験反応容器の設置状況

を改良したもので、この容器にはテフロン製の蓋が付いている。PTFE 容器の側面に対角線となるように直径 6.5 mm の穴を開け、その穴に 2 本の銅棒を差し込み、尖った先端がギャップ長 3 cm で向かい合うように調整した。これを 2 個用意し図 3 に示すように直列に接続した。一方の反応容器には試料溶液①を、他方には試料溶液②を入れ、雷雲の到来を待ったが、残念ながら今年度の実験期間中には誘雷可能な条件に恵まれず、試料溶液に雷電流を誘導することはできなかった。

### 3. まとめ

本研究では、原始海洋への落雷を忠実に再現し、生命の起源を実験的に追及することを目的に、試料溶液中で水中放電を発生させる反応容器の開発や、放電発生および生成物質分析方法を提案し、200kV インパルスジェネレータによる室内放電実験とロケット誘雷による野外放電実験を行った。室内実験では、水中放電による  $\text{CH}_2\text{O}$  およびシアン化水素の生成は確認することはできなかった。一方で、 $\text{NH}_3$  または  $\text{CO}_2$  を原料とするシアン化合物以外の物質生成の可能性が示された。野外実験については、反応容器の開発を完了し実験の実施に漕ぎつけたが現時点で原始海洋資料への雷電流の誘導には至っていない。本研究において、海洋への落雷と生命起源物質誕生に関する研究の実施方法と必要な環境を整えることができたので、次年度以降も実験を継続し、原始海洋への実際の雷放電誘導と、落雷を受けた原始海洋の組成分析の早期実現を目指す。伊藤光昌氏記念学術助成に対し一同感謝の意を表します。