

小型バルーンを用いた微生物に対する成層圏環境の影響評価実験

三木健司（東京工業大学地球生命研究所），望月智弘（東京工業大学地球生命研究所），McGlynn Shawn（東京工業大学地球生命研究所），佐原理（徳島大学大学院社会産業理工学研究部社会総合科学域），木村亮介（株GOCCO.），森誠之（株GOCCO.），荻原大輔（株GOCCO.），坂本隆成（株GOCCO.），清水幸夫（宇宙航空研究開発機構），細田聡史（宇宙航空研究開発機構），宇野航平（京都大学工学部）

Assessment of stratosphere impact on microorganisms using a small balloon

Kenji Miki (Tokyo Institute of Technology Earth-Life Science Institute), Tomohiro Mochizuki (Tokyo Institute of Technology Earth-Life Science Institute), Shawn McGlynn (Tokyo Institute of Technology Earth-Life Science Institute), Osamu Sahara (The University of Tokushima Institute of Socio-Arts and Sciences), Ryosuke Kimura (GOCCO. Co., Ltd.), Masayuki Mori (GOCCO. Co., Ltd.), Ryusei Sakamoto (GOCCO. Co., Ltd.), Yukio Shimizu (Japan Aerospace Exploration Agency), Satoshi Hosoda (Japan Aerospace Exploration Agency), Kohei Uno (Kyoto University Department of Engineering)

Abstract

Analysing the survivability and the airborne concentration of stratospheric bioaerosol particle is important to understand the extent of the biosphere, and the global ecological impact of the stratospheric environment. In order to realise the frequent launch of a scientific balloon equipped with a bioaerosol sampler, we developed a light sampler which opens and closes during the flight time. Using this device, we performed the bioaerosol sampling and also tested the exposure of virus to the stratospheric environment.

1. 目的および背景

微生物粒子や孢子など、生物が生み出す粒子が成層圏環境において見つまっている⁽¹⁾。これら生物粒子がどのような影響を成層圏環境から受けるのかを理解することは、宇宙環境と地球環境との狭間において生物がどのように生存戦略を構築しているのかを解析することで、地球規模の微生物圏の広がりや、Panspermiaの可能性の議論において重要な段階となる。これまで大気球を用いた成層圏に存在する微生物の解析は世界各国で大規模プロジェクトとして行われてきたが^{(2)・(3)}、これらの実験は一度の打ち上げに多額な費用がかかり、かつ実験機会が得にくいことが問題であった。

以上のことを踏まえ、本研究では安価かつ実験機会を多く得ることが可能となる小型バル

ーンを用いた成層圏微生物実験の技術の確立及び、微生物の成層圏環境暴露と成層圏における生物粒子のサンプルを目的に実験を行った。

2. 実験方法

バイオエアロゾルサンプラー内部に滅菌ガーゼを封入し、成層圏に存在する粒子をガーゼ上に採取する構造を構築した。

ここで、バイオエアロゾルサンプラーの開閉はアクチュエータ (Actuonix L12, Actunonix Motion Devices, カナダ) により制御され、アクチュエータはマイクロコンピュータ (Arduino Feather) により制御した。バイオエアロゾルサンプラーは組み立て型クリーンベンチ OKC700 (アズワン, 大阪) 内で超純水並びに 70%EtOH により表面を拭拭されたのち、滅菌ガーゼの封入が行われた。

また、極限環境由来のウイルスをシャーレに封入し、バイオエアロゾルサンプラーの側面に取り付けた。ウイルスの封入も、組み立て型クリーンベンチ OKC700 内で行われた (図 1)。ウイルスを封入したシャーレの蓋には直径 2cm の穴をあけ、空気を透過するが液体は遮蔽する特徴を持つ、タイベック (株) 旭・デュポン フラッシュパン プロダクツ, 東京) により塞いだ (図 2)。また、シャーレはタイベックにより作成した袋の中に封入し、シャーレ内のウイルスは成層圏の空気に暴露されるが、サンプラーが着水した時はコンタミネーションを受けないようにした。

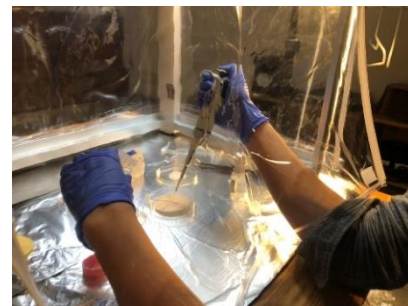


図 1 クリーンベンチ OKC700 内にてウイルスを封入する様子

バイオエアロゾルサンプラーの打ち上げは三重県津市香良洲漁港において、2020年10月27日午前7時に小型バルーン (TOTEX, 埼玉) により行った。小型バルーンはヘリウム量を 13.5m³ とした。バイオエアロゾルサンプラーは打ち上げ後 60 分でサンプル部が開き、滅菌済みのガーゼが成層圏の外気に暴露される仕組みとなっている (図 3)。

サンプルの回収後、モジュールは 4°C に定温設定された環境に静置した。また、ウイルスはウイルスゲノム DNA を抽出した後、アガロースゲル電気泳動を行った。

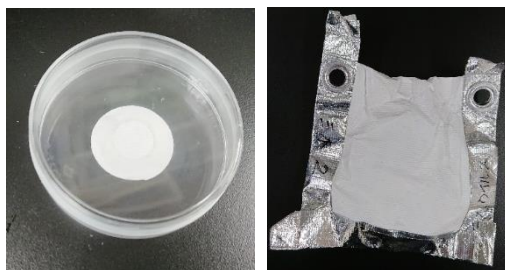


図 2 タイベックを貼ったシャーレ (左) とタイベックにより作成した袋にシャーレを入れた状態 (右)



図 3 成層圏におけるバイオエアロゾルサンプラー

3. 結果と今後の展望

気球は打ち上げ後 92 分で高度 28,400m まで上昇した後破裂し、地上へ帰還した。バイオエアロゾルサンプラーは計画通り、打ち上げ後 60 分で高度 17,360m にてサンプル部が開き、15 分後に高度 22,000m で閉じた。このことから、小型バルーンによるバイオエアロゾルの封入作業は可能であることが示された。

成層圏環境暴露後のウイルスは活性が確認でき、宇宙線による DNA の損傷は見受けられなかった(図 4)。今後は、ウイルスが受けたと考えられる宇宙放射線量を計算し、一般的なウイルスの環境耐性と比較することで成層圏環境に耐性を持つ DNA 形式を特定することを目標とする。

また、粒子のサンプル結果は現在解析中である。

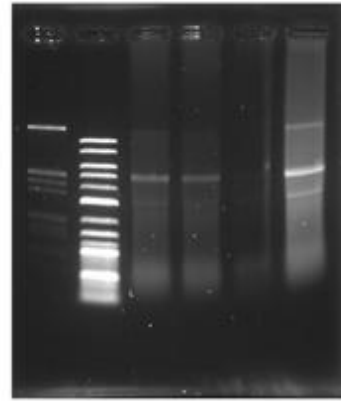


図 4 成層圏まで打ち上げたウイルスのマーカ（左から 3 目）とコントロール（右端）

引用文献

- (1) Smith, D.J., Ravichandar, J.D., Jain, S., Griffin, D.W., Yu, H., Tan, Q., Thissen, J., Lusby, T., Nicoll, P., Shedler, S., Martinez, P., Osorio, A., Lechniak, J., Choi, S., Sabino, K., Iverson, K., Chan, L., Jaing, C., McGrath, J., Airborne bacteria in Earth's lower stratosphere resemble taxa detected in the troposphere: Results from a New NASA Aircraft Bioaerosol Collector (ABC), *Frontiers in Microbiology*, 14, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01752>, 2018
- (2) Smith, D.J., Thankrar, P.J., Bharrat, A.E., Dokos, A.G., Kinney, T.L., James, L.M., Lane, M.A., Khodadad, C.L., Maire, F., Maloney, P.R., Dawkins, N.L., A balloon-based payload for exposing microorganisms in the stratosphere (E-MIST), *Gravitational and Space Research*, 2, 70-80, 2014.
- (3) Bryan, N.C., Christner, B.C., Guzik, T.G., Granger, D.J., Stewart, M.F., Abundance and survival of microbial aerosols in the troposphere and stratosphere, *The ISME Journal*, 13, 2789-2799, 2019.