

平成19年度「生物衛星利用重力生物学研究グループ」活動報告書

代表者所属 氏名 岡山大学大学院自然科学研究科
三枝誠行

1. 構成メンバー

氏 名	所属
小野文久	岡山大学大学院 自然科学研究科（教員）
松島康	岡山大学大学院 自然科学研究科（教員）
進藤明彦	岡山大学大学院 自然科学研究科（大学院生）
鈴木忠	慶應大学医学部 生物学教室（教員）
長沼毅	広島大学大学院 生物圏科学研究科（教員）
畠山正統	農業生物資源研究所 （主任研究員）
李載ミン	農業生物資源研究所 （研究員）
奥田隆	農業生物資源研究所 （主任研究員）
橋本博文	筑波大学大学院システム情 報工学研究科（教員）
山下雅道	JAXA（教員）
俵 裕子	高エネルギー加速器研究機 構

2. 本年度 WG 会合開催実績

第1回：平成20年1月18日

於：日本科学未来館（第24回宇宙環境利用シ
ンポジウムの終了後）

第2回：平成20年3月15日～16日

於：（独法）農業生物資源研究所会議室

3. 活動目的

地球上の生命は、地球が誕生してから10億年ほどして重爆撃期のおわりからそれほどの間をおかずに現れた。最初の生命がどのような環境で出現したのかはわかっていないが、生命活動は持続し、その後の地球の環境変化に適応し、何度かの大量絶滅があったものの生命を継続させ、著しい多様性を示すに至っている。

多様な地球型生命の中には、超高压、超低温、

真空、強力な放射線などに強い耐性を持つ種類（極限環境耐性生物）がいることが数多く報告されている。しかし、それらの生物が実際にどの程度の極限状態にどの程度の期間耐えられるものなのか、またいかなる機構によって耐性が発現するのか、実験的な証拠は少ない。

人類が宇宙に進出し、宇宙船内あるいは衛星や惑星上で生活するために必要な環境を模索する試みは益々重要になっている。それと同時に、圏外生命探査の対象となる天体を地球起源の生物で汚染することを防ぐ方法も開発される必要がある。極限環境耐性生物の耐性限界や耐性機構に関する研究は、宇宙科学の根本的な目的と深く関係し、また人類が宇宙環境を利用するのに大いに貢献する。

極限環境耐性生物がどのような種類の極限環境にどの程度の耐性を示すかは、種類によって大きく異なる。耐性限界は地球上でも人工極限環境を設けて研究することは可能である。今までは、極限環境耐性があるとされた生物でも、実際には短時間（20分から40分程度）置いただけで、どれだけ生存したかを調べるという研究が主体であった。そのため、宇宙環境に匹敵するような人工極限環境に置かれて生存率や繁殖率の違いを見た研究はほとんどなかった。

宇宙空間に匹敵するような極限環境に長期間耐えられる地球型生命は存在するのか。もしいるとすれば、それは極限環境に対していかなる防衛機構を保持しているからなのか。私たちのワーキング・グループは、このような面での基礎的研究を推進することを目的としている。

4. 活動内容

本ワーキング・グループの目標は、地球型生命として獲得された極限環境耐性について、植物と動物の両方を選び、超高压、真空、過重力と微小重力、超低温や超高温、強力な放射線のそれぞれの因子、およびそれらの複合した因子に耐性があるかどうかを研究している。

まず、動物ではオニクマムシ（*Milnesium tardigradum*）の「樽」の超高压耐性を調べるため、成体を乾燥させて樽を作り、7.5GPaの高压に、20分、3時間、6時間、12時間、24時間曝露してから水に戻し、蘇生率とその後の生存率を、高压を加えなかったグループと比較した。

その結果、20 分および 3 時間超高压に置かれた個体は、正常な蘇生が可能であったが、6 時間あるいは 12 時間曝露すると付属肢が痙攣を起こし、歩行が困難だった。これらの個体は、飼育を続けても歩行の回復は不可能であった。さらに、24 時間 7.5GPa においた場合には、全部死亡していた。これらの結果から、7.5GPa に対するオニクマムシの耐性限界は、せいぜい 3 時間程度であることが予想された。

さらに、乾燥状態において生じた樽を 24 時間真空条件 (10^{-3} パスカル) に置いた場合には、すべて死亡していた。窒素置換によって 12 時間 1 気圧に曝露した場合にも、生存した個体はいなかった。これらの結果から、オニクマムシは、樽といえども極限環境には、言われているほどの耐性がないことが示唆された。特に、真空曝露実験では、12 時間も耐えられないことが判明し、樽状態といえども、呼吸をしなくては生きられないことが強く示唆された。

これらの結果は、平成 19 年 7 月下旬に岡山大学における記者発表で報告され、大きな反響を呼んだ。記者発表の翌日から新聞やインターネットを通じて報道された。

もうひとつの研究は、コケ植物の孢子と植物体の極限環境耐性である。チヂレゴケの孢子のうち、および植物体をゼラチンカップに入れ、 10^{-3} パスカルで真空封入した。1 週間 20℃ に置いた後、封入した石英管を割り、カプセルに 500 μ l の滅菌水を入れ、攪拌後に寒天プレート培地にまいた。6 日間プレートで培養後、孢子の発芽率（生存率）を調べた。

その結果、孢子の発芽率は、20℃ に 1 週間おいただけのコントロールでは 95.1% なのに対し、真空曝露された標本では、99.3% の発芽が認められた。窒素置換（1 気圧；99.5% 窒素）した空気の中におかれた標本においても、発芽率は 97.8% に達し、無酸素状態に対する強い耐性があることがわかった。

さらに、コケ茎葉体でも 1 週間の真空状態 (10^{-3} パスカル) や窒素置換（1 気圧）に置かれても、細胞は生存していることがわかった。

チヂレゴケは石や岩の上を好んで生え、乾燥状態には非常に強いことが予想される。さらに、土の上に生えるタチゴケ、さらに樹皮を好むヒナノハイゴケを使い、孢子や植物体が真空と窒素置換にどのぐらいの耐性を示すのかを知るため、2 週間、1 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月の曝露実験が進行中である。また、超高压（7.5GPa）耐性の実験も進行中である。コケ類の孢子や植物体は、超高压に対してもオニクマムシの樽よりはるかに強力な耐性を持つことが期待された。

これら 3 種類のコケ類の孢子や植物体が、長期

間の真空や窒素置換に耐性を持つことが判明したので、現在 1 年以上耐えられるかどうかを明らかにする実験が進行中である。それと平行して、実際に宇宙環境に曝露させる研究を進めていきたい。

<WG 会合の議論内容>

1) 第 1 回（平成 20 年 1 月 18 日）

日本科学未来館において、宇宙利用シンポジウムの休憩時間を利用し、シンポジウムに出席したメンバーが集まって、極限環境耐性に関する研究方法を討議した。

2) 第 2 回（平成 20 年 3 月 15～16 日）

農業生物資源研究所において、極限環境耐性に関する研究発表会を開催した。

5. 成果

<論文>

1) 山下雅道・山下真・三枝誠行（2007）宇宙曝露実験用自立式温度・データ記録器の開発．宇宙生物科学会誌 21：27 - 31.

2) F. Ono, M. Saigusa, T. Uozumi, Y. Matsushima, H. Ikeda, N. L. Saini, M. Yamashita (2008) Effect of high hydrostatic pressure on a life of a tiny animal tardigrade. J. Phys. Chem. Solids. In press.

<学会発表>

1) 三枝誠行・魚住太郎・小野文久・松島康・山下雅道・鈴木忠・長沼毅（2007）オニクマムシ（*Milnesium tardigradum*）の超高压耐性.

Space Utiliz. Res, **23**, 402-405.

2) F. Ono, M. Saigusa, T. Uozumi, Y. Matsushima, H. Ikeda (2007) Effect of high hydrostatic pressure on a life of a tiny animal, tardigrade. Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC 2007), Miami Beach, 2007. April 15-20.

3) 進藤明彦, 松島康, 小野文久, 西平直美, 三枝誠行ほか（2007）チヂレゴケ孢子の極限環境耐性と高校教育現場への活用．生物系三学会中国四国支部会 鳥取大学

4) 進藤明彦, 松島康, 小野文久, 西平直美, 三枝誠行ほか（2007）学校現場における宇宙生物学的実習教材の開発：身近なコケ植物の宇宙環境耐性．日本科学教育学会 第 31 回年会 北海道大学

5) 進藤明彦, 松島康, 小野文久, 西平直美, 三枝誠行ほか（2007）コケ類孢子の極限環境耐性と宇宙教育に関する教材開発．日本宇宙生物科学会 第 21 回大会 お茶の水女子大

6) 三枝誠行・進藤明彦・小野文久・松島康・西村直樹・西平直美・鈴木忠・山下雅道 (2008)
コケ類胞子と茎葉体の真空および窒素置換に対する耐性実験. 第 24 回宇宙利用シンポジウム (日本科学未来館) 1 月 17 日～18 日

<競争的資金獲得・応募状況>

科学研究費補助金 (基盤 C) 宇宙環境の理解を促進する理科教材の開発と宇宙教育の実践
研究代表者: 三枝誠行 (2007 年度～2009 年度)