

平成 22 年 5 月 18 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500744
 研究課題名（和文） 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
 研究課題名（英文） Resistivity of the life against extreme environmental conditions, and preparation of the guide for students

研究代表者
 三枝 誠行（SAIGUSA MASAYUKI）
 岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
 研究者番号：80135962

研究成果の概要（和文）：

極限環境耐性生物は、身近な環境に多数生存しており、理科教材としても利用できる。本研究は、人類の宇宙への進出を視野に入れ、地球上の生物がどの程度極限環境に耐性を持つかを明らかにし、その成果を中学生や高校生向けの理科教材に適用することを目的とした。オニクマムシ、コケ類、アルテミア、クローバの種子を使い、真空条件、窒素置換雰囲気や超高圧への耐性を調べ、材料の入手から実験方法、結果の示し方など、課題研究等で使用するためのマニュアルを作成した。

研究成果の概要（英文）：

We have investigated the resistivity of life against various kinds of the extreme environmental factor in the space. Materials used for the present study were the 'tun' of *Milnesium tardigradum*, spores and leaves of mosses, embryos of *Artemia*, and plant seeds. These materials were exposed to vacuum (1×10^{-3} Pa), nitrogen-exchanged air (1 Pa), and ultrahigh pressure (7.5 GPa), and resistivity was assessed. We have issued a manual for educational guidance for students.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：宇宙生物学

科研費の分科・細目：理科教育

キーワード：極限環境耐性生物、宇宙環境、理科教材

1. 研究開始当初の背景

地球上の多様な生命の中には、超高圧、超低温、真空、強力な放射線などに強い耐性を持つ種類があることが知られている。これらの

生物は、極限環境耐性生物と呼ばれており、系統的にも多岐にわたっている。このような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も

深く関係し、人類が宇宙環境を利用するのに大いに貢献するかもしれない。

極限環境耐性生物は、身近な環境に多数生存しており、採集や飼育も比較的容易である。そのため、教育現場における理科教材としても利用できると思われる。

極限環境耐性生物の研究を通じて、中学生や高校生が、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を考察できれば、宇宙に関する関心が一層高まることが期待される。

2. 研究の目的

宇宙環境利用科学は、21世紀の科学技術立国をめざす日本の自然科学の分野の中で、重点推進分野となることが期待される。宇宙空間の姿や宇宙環境利用に関する最新の研究を中学や高校生に紹介し、興味・関心を引き起こすことは、今後の日本の科学技術の発展に大きく貢献する。

本研究は、宇宙科学の中でも特に、宇宙環境利用科学の分野において、地元岡山の中学や高校の教員と連携し、1) 中学・高校生のための理科教材を開発すること、2) 開発した理科教材を用いて、理科の実験実習や課題研究の指導・助言をすること、さらに、3) 理科教材の開発や実験実習に大学生や大学院生を活用することにより、大学生・大学院生の自ら学ぶ力を醸成し、専門性と実践的指導力を兼ね備えた人材を養成する、ことを目的としている。

宇宙環境は、地球型生命にとっては極限環境である。本研究では、地球型生命が宇宙という極限環境にどこまで耐えられるのかを中心に、理科教材の開発を行う。

3. 研究の方法

地球型生命の極限環境耐性の限界とそのメカニズムを知るために、コケ類胞子のうと茎葉体、アルテミア卵、オニクマムシの樽、およびクローバの種を真空 (1×10^{-3} Pa)、置換窒素 (1 Pa; >99.5%)、および超高压 (7.5 GPa) に曝露し、生存率を調べた。

また、コケ植物の中でも強い耐性を持つと思われるギンゴケ (*Bryum argenteum*) を使い、乾燥や低温、アブシジン酸 (ABA) 処理による糖量の変動を調べた。

4. 研究成果

本研究では、中学生や高校生向けの理科教材の開発をめざして、オニクマムシ、コケ類胞子や茎葉体、アルテミアの卵、クローバやシロイヌナズナの種子を使い、真空条件、窒素置換雰囲気、および超高压 (7.5 GPa) に曝露

し、生存率や発芽率を調べた。その結果、これらの生物には強い耐性があることが明らかになり、理科教材に利用可能であることもわかった。本研究の実験結果をふまえて、材料の入手、実験の方法、結果の示し方、結果の解釈の仕方など、中学生や高校生の課題研究等で使用するためのマニュアルを作成している。

本研究で得られた成果のうち、オニクマムシの「樽」の耐性に関しては、新聞等の報道を始めとしてインターネットでも大きな反響を呼んだことが特記される。

本研究の成果から、更に発展させる必要のある以下の課題が浮上した。

クマムシの樽では、どの程度真空耐性があるのかまだ不明なので、更に解析が必要である。実際に宇宙実験で蘇生したのかどうか、地上実験の結果から見るとにわかには信じがたい。また、クマムシの極限環境耐性の実験を推進するに当たって、クマムシ類の分類体系を整備する必要がある。クマムシは特に高校生には人気のある動物なので、高校生にもわかる分類体系の構築が必要である。

アルテミア卵には強力な極限環境耐性があるが、1年を超えた実験を行うことは難しいため、短期間で結果が得られる実験系の開発が必要である。クマムシ、コケ、アルテミアを利用した極限環境耐性の研究成果を宇宙環境利用にどのように結び付けて行くか、検討する必要がある。また、中学生や高校生が利用しやすい教材開発が必要である。

さらに、ギンゴケでは、高速液体クロマトグラフィーにより、フルクトース、グルコース、スクロース X1 と X2 の5種類の可溶性炭水化物が検出された。X1 はフルクトースより前の保持時間に現れた。X2 は三糖のラフィノースと保持期間が近いこと、三糖である可能性が高いことが判明した。糖の総量に対するスクロースと X2 の割合は各処理を通して、それぞれ約 8.2-14.8%、約 79.2-88.6%であった。

6日間のコントロール、低温処理、ABA処理により糖量は増加したが、乾燥処理では増加しなかった。乾燥処理1、3、6日目では糖量に有意差はなく、0日目から糖量の増加はみられなかった。

一方、コントロール、低温処理とABA処理においては、処理期間が長くなるにつれて糖量の増加がみられた。しかし各処理期間において、それぞれの処理による増加量の間には差はみられなかった。

本実験では、コントロール、低温処理とABA処理による糖の増加量に差がなかった。ヒメツリガネゴケの原糸体の実験では、培養条件を25℃から0℃に変えることで糖量が増加することが報告されている。しかし、本実験で

は25°Cでも4°Cでも糖量は同等に増加している。これらのことから、ギンゴケは極限的環境に曝されなくとも、現条件(600Luxの光, 2%寒天培地から吸収できる水)であれば、常に糖を蓄積する機構を備えていることが推察される。

ヒメツリガネゴケにおいて、三糖のテアンデロースが凍結耐性の大きな要因である可能性が報告されている。しかしそのテアンデロースはスクロースよりも少量もしくは同量程度しかない。一方ギンゴケにおいて、同じ三糖の一種だと考えられる X2 はスクロースよりも重量にして約6倍、糖の総量の約80%以上をどの処理においても維持している。

以上のことから、ギンゴケが厳しい環境でも生存できる理由は、X2 を多量にかつ恒常的に維持する機構により、乾燥や凍結に対して高い耐性を持っていることだと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

①雑誌論文[計6件]

- 1) F. Ono, Y. Mori, K. Takarabe, A. Shindo, M. Saigusa, Y. Matsushima, N. L. Saini M. Yamashita (2010) Strong environmental tolerance of moss *Venturia* under very high pressure. J. Phys. Conf. Series, in press. (査読あり)
- 2) K. Minami, F. Ono, Y. Mori, K. Takarabe, M. Saigusa, Y. Matsushima, N. L. Saini, M. Yamashita (2010) Strong environmental tolerance of *Artemia* under very high pressure. J. Phys. Conf. Series, in press. (査読あり)
- 3) F. Ono, K. Minami, M. Saigusa, Y. Matsushima, Y. Mori, K. Takarabe, N. L. Saini, M. Yamashita (2010) Life of *Artemia* under very high pressure. J. Phys. Chem. Solids, in press. (査読あり)
- 4) N. Nishihira, A. Shindo, M. Saigusa, F. Ono, Y. Mori, K. Takarabe, N. L. Saini, M. Yamashita (2010) Preserving life of

moss *Ptychomitrium* under very high pressure. J. Phys. Chem. Solids, in press. (査読あり)

- 5) F. Ono, M. Saigusa, T. Uozumi, Y. Matsushima, H. Ikeda, N. L. Saini, M. Yamashita (2008) Effect of high hydrostatic pressure on to life of the tiny animal tardigrade. Journal of Physics and Chemistry of Solids. Vol. 69: 2297-2300. (査読あり)
- 6) 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. (査読あり)

②学会発表など[計20件]

- 1) F. Ono, M. Saigusa, Y. Matsushima, Y. Mori, K. Takarabe, N. L. Saini (2009) Search for lives of animals and plants under extreme condition of high pressure, SMEC 2009 (Int. Conf. High Press. Sci. Soc. America, 29 Mar. 2009, Miami Caribbean)
- 2) F. Ono, K. Minami, M. Saigusa, Y. Matsushima, Y. Mori, K. Takarabe, N. L. Saini, M. Yamashita (2009) Life of *Artemia* under very high pressure. SMEC 2009 (Int. Conf. High Press. Sci. Soc. of America, 29 Mar. 2009, Miami Caribb.)
- 3) N. Nishihira, A. Shindo, M. Saigusa, F. Ono, Y. Matsushima, Y. Mori, K. Takarabe, N. L. Saini, M. Yamashita (2009) Preserving life of moss *Ptychomitrium* under very high pressure. SMEC 2009 (Int. Conf. High Press. Sci. Soc. America, 29 Mar. 2009, Miami Caribb.)
- 4) F. Ono, Y. Mori, K. Takarabe, A. Shindo, M. Saigusa, Y. Matsushima, N. L. Saini, M. Yamashita (2009) Strong environmental tolerance of moss *Venturia* under

very high pressure. AIRAPT 2009 (International Conference on High Pressure Science and Technology) Odaiba, Tokyo, 29 July, 2009

5) K. Minami, F. Ono, Y. Mori, K. Takarabe, M. Saigusa, Y. Matsushima, N. L. Saini, M. Yamashita (2009) Strong environmental tolerance of *Artemia* under very high pressure. AIRAPT2010 (International Conference on High Pressure Science and Technology), Odaiba, Tokyo, 29 July, 2009.

6) 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) 2007年4月15日～20日 Miami Beach

7) 沓名亨, 三宅剛史, 西平直美, 藤井暁子, 小野文久, 山下雅道, 三枝誠行 (2010) 乾燥, 低温およびアブシジン酸処理によるコケ類の糖量変化. 第26回宇宙利用シンポジウム (平成22年1月25～26日, 相模原)

8) 三枝誠行ほか(2009) コケ類胞子と茎葉体, およびアルテミア卵の極限環境耐性. 第25回宇宙利用シンポジウム. 2009年1月15日 (相模原市)

9) 三枝誠行 (2009) 地球型生命の極限環境耐性と宇宙開発への利用. 宇宙☆自然講座 (平成21年9月20日) 岡山県浅口市

10) 三枝誠行 (2009) 地球型生命の極限環境耐性と宇宙開発への利用. 芳泉高校 (岡山市) 平成21年1月8日.

11) 三枝誠行 (2008) 地球型生命の極限環境耐性と宇宙開発への利用. 岡山一宮高校 (岡山市) 平成20年12月26日.

12) 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, 2008年1月17日～18日, 日本科学未来館

13) 進藤明彦, 小野文久, 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回年回 (北海道大学)

14) 進藤明彦, 松島康, 小野文久, 西平直美, 三枝誠行ほか (2007) コケ類胞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, 2007年9月27日～28日, お茶の水女子大

14) 進藤明彦, 松島康, 小野文久, 西平直美, 三枝誠行ほか (2007) チヂレゴケ胞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, 2007年5月19日～20日, 鳥取大学

15) 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. 第23回宇宙利用シンポジウム, 日本学術会議, 2007年1月15～17日, 東京

〔図書〕 (計0件)

〔その他〕 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三枝 誠行 (SAIGUSA MASAYUKI)
岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号: 80135962

(2) 研究分担者

小野 文久 (ONO FUMIHISA)
岡山理科大学・客員教授
研究者番号: 00005406

山下 雅道 (YAMASHITA MASAMICHI)
宇宙航空研究機構・宇宙科学研究本部宇宙利用科学系・教授
研究者番号: 00005406

松島 康 (MATSUSHIMA YASUSHI)
岡山大学・大学院自然科学研究科・講師
研究者番号：40181721

(3) 連携研究者