



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the Extreme Environmental Stress Tolerance of Physcomitrium patens and Its Adaptability to Space Environments [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Maeng, Changhyun
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第16289号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95544
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Maeng_Changhyun_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（生命科学） 氏 名 MAENG Chang-hyun

審査担当者	主査	教授 藤 田 知 道
	副査	教授 中 野 亮 平
	副査	教授 田 中 亮 一（低温科学研究所）

学位論文題名

Study on the Extreme Environmental Stress Tolerance of *Physcomitrium patens* and Its Adaptability to Space Environments
(ヒメツリガネゴケの極限環境ストレス耐性とその宇宙環境への適応性に関する研究)

博士學位論文審査等の結果について（報告）

地球上の生命は長い歴史の中で極限環境に適応してきたが、近年の急激な環境変化により、植物の適応が追いつかなくなっている可能性がある。こうした環境変化により植物がどこまで適応できるのか、植物の環境耐性の仕組みを明らかにし、植物の環境適応戦略の理解を深めるとともに、変化する環境においても安定的に植物を栽培し、植物利用の可能性を探ることは人類にとっても重要である。

本論文は、このような状況にある植物の環境適応の分子機構とその進化、適応限界を調査する目的で、コケ植物の実験モデルであるヒメツリガネゴケ (*Physcomitrium patens*) を用いて、これらの課題解決に取り組んだ成果を発表したものである。

コケ植物は最初に陸上へ進出した植物群であり、水中に比べて厳しい陸上環境に対する高い適応能力を持つ。ヒメツリガネゴケは全ゲノム解読が完了し、ゲノム編集も容易であることなどから、こうした耐性メカニズムを解明するための優れたモデル陸上植物である。本研究では、ヒメツリガネゴケの極限環境ストレス耐性を研究し、さらにより厳しい宇宙環境への適応可能性をも探究している。

第1章において、著者はまず、ヒメツリガネゴケの細胞や組織間のストレス耐性能、特に宇宙環境を意識して、紫外線、高温、極低温、真空環境における耐性能を比較した。その結果、原糸体や Brood cell と呼ばれる原糸体由来のストレス耐性細胞などと比較して、孢子体が顕著なストレス耐性を持つことを明らかにした。孢子体が、紫外線、極低温、真空などの宇宙模擬環境に対して優れた耐性を示したことから、孢子体を、国際宇宙ステーション (ISS) の外部環境で実際に曝露する実験を行なった。その結果、9 か月間、宇宙空間に曝露した場合でも孢子は生存できることが明らかになった。

強光ストレスに対する防御メカニズムは、直達日射を受ける陸上環境では重要な仕組みである。しかし、この制御が光環境の変化に応じてどのようになされているのかはまだよくわかっておらず、著者は、第2章において、この制御に植物ホルモンの1種であるアブシジン酸 (ABA) とそのシグナル伝達経路が関与していることを明らかにした。ABA 処理によって非光化学的消光 (NPQ) の能力が向上し、光合成系の保護が強化された。そしてこのプロセスには、ABA シグナル伝達因子である SnRK2 キナーゼが関与し、葉緑体内のカロテノイド代謝が制御されることが明らかになった。この制御経路は、進化的によく保存されており陸上植物間で普遍的な強光ストレス制御機構である可能性が考えられた。

第3章では、ヒメツリガネゴケの孢子体が高温ストレスに対して高い耐性を持つ仕組みについて研究を行なった。特に、孢子が孢子嚢に包まれていることで、単独の孢子よりも顕著な耐熱性を示すことを見出した。孢子嚢は単なる物理的な断熱材ではなく、活性酸素の除去機能を持ち、抗酸化物質であるフラボノイドやメラニンの合成を促進することで孢子の生存率を向上させる可能性を見出した。さらに、高温環境下での遺伝子発現解析により、孢子体内でタンパク質合成が活性化され、熱ストレス耐性に寄与している可能性が示唆された。本研究は、コケ植物の熱耐性メカニズムの理解を深めるとともに、環境変化への適応戦略や将来的な宇宙環境での植物利用に貢献するこれまでにない新しい基礎的知見を提供している。

これを要するに、著者は、ヒメツリガネゴケが持つ極限環境耐性能とその分子メカニズムの一部を明らかにし、宇宙環境に適応可能な生物としての可能性を明らかにした。今後の研究では、これらの知見を活かし、宇宙農業や地球環境の修復におけるコケ植物の応用可能性を探ることが期待され、生命科学研究分野の発展に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（生命科学）の学位を授与される資格あるものと認める。