

博士論文審査報告書

論文題目：地衣およびその共生光合成生物の乾燥耐性機構と光阻害防御機構についての研究

申請者：小杉真貴子

1. 論文内容の要旨

地衣は真菌と共生光合成生物（緑藻あるいはシアノバクテリア）との共生体であり、非常に高い乾燥耐性、凍結耐性、塩耐性を持つ。このような特性が砂漠などの極限環境下での生育も可能とし、陸上の一次遷移におけるパイオニア生物たらしめている。そのような特性の中でもとくに、共生の成立過程およびその後の進化の過程で乾燥耐性を獲得・強化することは、共生光合成生物が陸上で生育するために必須のことであった。しかし、乾燥状態での共生光合成生物の光合成系の保護機構や、共生による乾燥耐性獲得の仕組みは未解明であった。

申請者は、光合成生物が真菌と共生することの利点を乾燥耐性の面から明らかにし、乾燥耐性の仕組みを解明することを目指した。そのために、自生の地衣、地衣から単離したばかりの共生光合成生物、単離培養した共生光合成生物、そして共生光合成生物の近縁種で自生しているものを材料として、光合成反応の各種活性が乾燥状態で受ける影響を比較検討した。

その結果、地衣では乾燥状態で光化学系II（系II）の蛍光が大きく消光されていることを見出し、光合成反応が起こりえない乾燥下で過剰な光エネルギーを熱に変換する機構が有効に働き、乾燥下でも光化学系が保護されていることを示した。単離した共生光合成生物でも同様の機構が働いていたが、地衣体に比べると明らかに劣るものであった。したがって、この機構は共生することによって強化されたことが明らかとなった。

そこで申請者は、地衣において過剰光の散逸機構が強化される仕組みの解明に取り組んだ。地衣体内の共生光合成生物は、地衣上皮層に包まれている。地衣上皮層のみを取り出す工夫を行い、その光学的特徴と地衣や単離共生光合成生物の光合成活性について解析した。その結果、上皮層が持つ既知の減光効果やUV遮蔽効果以外に、地衣であることによる光化学系保護の強化機構があることが示された。地衣に特異的な物質である地衣成分に着眼し、NMRやMS等の分析や時間分解蛍光スペクトル解析など各種手法を駆使して、主要な可溶性地衣成分であるアラビトールがその機構に深く関わっていることを突き止めた。また、乾燥状態だけではなく、吸水状態でも可溶性地衣成分と地衣酸が過剰光の散逸機構を強化することにより、地衣の光化学系を光阻害から保護する機能が著しく高められていることを明らかにした。

さらに申請者は、共生光合成生物の種類間における乾燥耐性機構の違いについて明らかにするために、緑藻共生型、シアノバクテリア共生型、両方を共生させている型の地衣について比較検討を行った。その結果、共生光合成生物の細胞内浸透圧が乾燥耐性機構に密接に関わっており、しかも

地衣菌は共生光合成生物を自らの細胞内浸透圧によって乾燥させないように、地衣菌の細胞内浸透圧を共生光合成生物に合わせていることが明らかになった。

2. 論文審査結果

地衣は、噴火後の火山など、貧栄養で乾燥している環境にいち早く進出し、他の光合成生物が進出するための礎となるなど、地球環境にとっても重要な生物群であり、その乾燥耐性機構は生理学的にも興味深い存在である。

申請者は、自生の地衣、単離した共生光合成生物、培養した共生光合成生物を用い、乾燥が光合成機能に及ぼす影響を詳細に解析した。またその際、緑藻共生型、シアノバクテリア共生型、両者を同時に共生させている型のいずれをも研究対象とした。その結果、地衣特有の物質である地衣酸や可溶性地衣成分が乾燥状態においても、また吸水状態においても、共生光合成生物の光阻害機構および過剰光エネルギー散逸機構を著しく強化していることを初めて解明した。地衣成分を分画し、化学分析や生理活性解析を行い、とくにアラビトールが乾燥状態での光阻害回避機構の強化に密接に関わっていることを解明したことは特筆すべき実績である。また地衣では、地衣菌が共生光合成生物から一方的に利益を得る寄生関係にあると考えられていたこともあった。しかし申請者は、各種共生光合成生物と地衣菌の細胞内浸透圧や乾燥ストレス、光合成機能の関係を解析することにより、地衣菌の細胞内浸透圧により共生光合成生物が乾燥状態に陥ることがないように自らの細胞内浸透圧を調整していることを突き止めた。これらの結果は、地衣の共生についての定説に修正を迫るものである。以上の成果は、地衣の共生メカニズムについての研究をより深化させる一里塚になると考えられる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。

また、平成22年1月22日、論文内容およびこれに関連する事項について試問を行った結果、合格と判定した。

主査：宮 澤 淳 夫 印

副査：小 倉 尚 志 印

：新 免 輝 男 印

：高 橋 裕 一 郎 印

（岡山大学大学院自然科学研究科、教授）

：佐 藤 和 彦 印

（兵庫県立大学、名誉教授）

：菓 子 野 康 浩 印