



| | |
|--------------|---|
| Title | シアノバクテリアにおける光振動条件や代謝阻害剤が及ぼす光合成への影響の解析 |
| Author(s) | 今田, 辰海 |
| Citation | 大阪大学, 2024, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/96228 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

| | |
|----------|---------------------------------------|
| 氏名（今田辰海） | |
| 論文題名 | シアノバクテリアにおける光振動条件や代謝阻害剤が及ぼす光合成への影響の解析 |

論文内容の要旨

CO₂排出に伴う地球温暖化や、化石燃料の有限性など、人々の活動によって地球規模の環境変化が生じ、それに伴う様々な問題が生じている。これまでの消費型社会から持続可能な社会を実現するため、地球規模でこれらの問題に取り組む動きが活発化している。これらの問題を解決するアプローチとして、化学プロセスの改良や社会科学的な解決方法が模索されてきた。微生物を用いた生物工学的なアプローチもその一つであり、微生物を用いたバイオプロダクションによる環境負荷軽減がこれまで盛んに研究されてきた。物質生産を行う微生物として、これまで多くの微生物が、その候補として挙げられているが、光合成生物であるシアノバクテリアも、その一つとして期待されている。

シアノバクテリアは、酸素発生型の光独立栄養生物であり、培地中の糖だけでなく、大気中のCO₂を固定して、有機化合物を合成できる。近年、このような特性を持つシアノバクテリアを用いた有用物質生産技術が注目されている。

シアノバクテリアは急激な環境変化に対して代謝の恒常性を保つための防御機構を、光化学系と代謝の両方に備えており、様々な代謝防御機構を機能させることで生育している。個々の防御機構についてこれまで多数の研究がなされてきたが、光化学系と代謝の一方の抑制が、シアノバクテリアの生育に与える影響は十分に明らかにされておらず、これらの抑制に対する適応の仕組みを総括的に評価することは基礎研究および有用物質の生産のため重要な知見となる。本論文では、光化学系および代謝のどちらか一方を抑制し、光化学系と代謝の不整合が光合成に対して与える影響を、代謝と光化学系の両方の側面から明らかにした。

本学位論文は、第1章から第4章より構成される。

第1章では本研究の背景と目的について記述した。

第2章では、シアノバクテリアの光化学系に影響を与える入力を光量変化を入力の対象とした。一般的に光化学反応は生体内では比較的速い1秒以内に変動の起こる反応であり、光変動による経時的な代謝フラックスを直接計測することは困難であるため、一過的な強光条件を設定することで、この課題の解決を試みた。この光条件を変動光条件と定義し、光変動を伴う強光ストレスによる、シアノバクテリアへの光化学系、代謝への影響を調査した。光変動条件におけるシアノバクテリアに¹³C代謝フラックス解析と光合成活性計測を適用した。光変動条件下における代謝フラックス分布、と光合成活性は一過的な強光が加わっていない定常光条件に近く、光変動による影響は光化学系で緩衝されていることが明らかとなった。また、クロロフィル蛍光計測から、非光化学的消光が機能していることが示唆され、候補となる光防御機構である、水-水回路の影響を調査した。光変動条件において、水-水回路欠損株の生育が低下し、1分未満の光変動において、水-水回路が機能していることが明らかとなつた。

第3章では、代謝に対するより直接的な影響を与える入力に着目した。代謝を抑制する化合物として広く用いられている、グリコールアルデヒド(GA)によって引き起こされるシアノバクテリアへの影響を対象とし、GAによる代謝抑制の影響を、¹³C代謝フラックス解析によって明らかにした。増殖評価によって、GAがシアノバクテリアに影響を与える条件を探索し、およそ200 μMのGAが増殖速度に影響を与えることを明らかにした。また、¹³C代謝フラックス解析によって、GAによってCBB回路の代謝フラックスがおよそ40 %低下することを定量的に明らかにした。また、クロロフィル蛍光計測から、低濃度のGAが光化学系に影響を与えないことを示した。更に、酵素活性計測によって、GAの作用点候補であるPRKの活性への影響を調査し、10 mMまでのGAがPRK活性へ影響を与えないことを明らかにした。

第4章では、本研究でえられた知見をまとめ、シアノバクテリアの代謝と光化学系に着目して、光合成生物の環境因子の違いによる光合成への影響を述べた。CBB代謝フラックスは、光化学系、代謝の異なる入力に対して阻害をかけた場合のいずれにおいても低下しているのに対して、oxPPPの代謝フラックスは、代謝抑制によってCBB回路フラックスが低下した場合は機能しないことが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏名 (今田辰海) | | |
|-------------|--------|-------|
| | (職) | 氏名 |
| 論文審査担当者 | 主査 教授 | 清水 浩 |
| | 副査 教授 | 松田 史生 |
| | 副査 准教授 | 瀬尾 茂人 |
| | 副査 准教授 | 戸谷 吉博 |

論文審査の結果の要旨

光合成微生物シアノバクテリアは、培地中の糖だけでなく大気中のCO₂を固定して有機化合物を合成できる能力を有していることから、有用物質生産技術の開発が注目されており、その特徴を明らかにすることは重要な課題である。

シアノバクテリアは急激な環境変化に対して恒常性を保つための防御機構を光化学系と代謝の両方に備えており、様々な機構を機能させることで生育していると考えられている。本論文では、光化学系および代謝のどちらか一方を抑制し、光化学系と代謝の不整合が発生した場合に光合成に対して与える影響を代謝と光化学系の両面の側面から明らかにすることを目的としている。

本学位論文は、第1章から第4章より構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的について記述している。

第2章では、シアノバクテリアの光化学系に与える光量変化の影響について検討している。一過的な強光条件を設定し、この光条件を変動光条件と定義し、光変動を伴うストレスによる、シアノバクテリアへの光化学系、代謝への影響を調査している。光変動条件におけるシアノバクテリアに安定同位体¹³C標識グルコースを用いた代謝フラックス解析 (¹³C代謝フラックス解析) と光合成活性計測を適用している。光変動条件における代謝フラックス分布と光合成活性は一過的な強光が加わっていない定常光条件に近く、光変動による影響は光化学系で緩衝されていることを明らかにしている。

第3章では、代謝に対してより直接的な影響について検討している。代謝を抑制する化合物として広く用いられているグリコールアルデヒド (GA) によって引き起こされるシアノバクテリアへの影響を対象とし、GAによる代謝抑制の影響を、¹³C代謝フラックス解析によって明らかにしている。まず、GAがシアノバクテリアの増殖に与える影響を明らかにし、増殖に違いのある場合の代謝を明らかにすべく¹³C代謝フラックス解析を行い、GAによってカルビン・ベンソン (CBB) 回路の代謝フラックスがおよそ40 %低下することを明らかにしている。また、クロロフィル蛍光計測から、低濃度のGAは光化学系に影響を与えないことを示している。

第4章では、本研究で得られた知見をまとめ、シアノバクテリアの代謝と光化学系に着目して、環境因子の違いによる光合成への影響を述べている。CBB回路代謝フラックスは、光化学系、代謝の異なる入力に対して阻害をかけた場合のいずれにおいても低下しているのに対して、酸化的ペントースリン酸経路の代謝フラックスは、代謝抑制によってCBB回路フラックスが低下した場合は変化しないことを明らかにしている。また、これらの研究成果をまとめ代謝改良への戦略に関する展望を述べている。

以上のように本研究では、シアノバクテリアの光振動条件や代謝阻害剤の及ぼす光合成への影響を定量的に明らかにしており、工学的、情報科学的に価値ある成果が得られている。よって、本論文は、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。