

ヘテロシスト形成型シアノバクテリアに固有の レドックス制御システムの解明

東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所 研究員 (助成時)

同上 特任助教 (現在)

見原 翔子

1 研究の背景

1-1 レドックス制御

レドックス制御システムは、タンパク質の酸化還元状態を変化させることでタンパク質の活性を調節する機構である。光合成生物では、thioredoxin (Trx)が光合成電子伝達系からの還元力を標的タンパク質に伝達することで、光環境の変化に応答した代謝制御が行なわれている。Trx はジチオール-ジスルフィド交換反応により標的を還元し、標的の活性を調節する。

1-2 *Anabaena* sp. PCC 7120 (*Anabaena* 7120)

葉緑体の起源と言われるシアノバクテリアは、光合成研究において極めて重要な微細藻類である。*Anabaena* 7120 は糸状性のシアノバクテリアで、窒素源が欠乏すると栄養細胞がヘテロシストという特殊な細胞へ分化するという特徴を持っている。ヘテロシストでは、光合成や酸化的ペントースリン酸経路で獲得した還元力を利用して窒素をアンモニアに還元し、このアンモニアを用いてアミノ酸代謝が行なわれる。*Anabaena* 7120 ではレドックス制御システムが、光条件だけではなく窒素条件の変化にも応答していることを、私たちは既に明らかにしている。

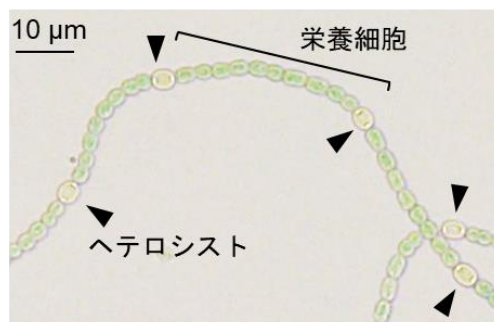


図1 *Anabaena* sp. PCC 7120

2 本研究の目的

Glucose 6-phosphate dehydrogenase (G6PDH)は、酸化的ペントースリン酸経路ではたらく酵素であり、*Anabaena* 7120 では窒素固定に必要な還元力を生産するのに重要な役割を果たしている。私たちは、以前、Trx が OpcA という G6PDH の活性化因子を還元することにより G6PDH 活性を抑制することを明らかにした。また、窒素条件によって細胞内の OpcA のレドックス状態が変化し、窒素欠乏条件下では大部分の OpcA が酸化され G6PDH が活性を維持していることも明らかにした。これらの結果から、窒素固定を行なうヘテロシストでは、光照射下でも OpcA が酸化型で存在していると考えられた。なぜ光照射下であってもヘテロシスト内では OpcA が酸化されているのだろうか。この疑問をきっかけに、本研究では、ヘテロシスト内のレドックス制御システムを解明することを目指した。

3 結果

3.1 ヘテロシストにおける Trx の標的のレドックス状態

これまでの研究で、窒素欠乏条件下では栄養細胞とヘテロシストで Trx の標的のレドックス状態が異なる可能性が示された。そこで、まず、Trx の標的として知られている CP12 に GFP を融合し、栄養細胞とヘテロシストにそれぞれ特異的に発現させた。続いて、これらの株からレドックス状態を固定したままタンパク質を抽出後、GFP 抗体を用いたイムノブロッティングを行ない、それぞれの細胞における CP12 のレドックス状態を調べた。窒素欠乏条件下の栄養細胞では、暗条件下で CP12 が酸化され、光照射により還元された。一方、ヘテロシストでは、CP12 のレドックス状態は光照射下と暗条件下で大きな違いが見られず、光照射下であっても 50%程度が酸化状態にあった。これらの結果は、ヘテロシストにおいて、Trx の標的が光による制御を受けないことを示している。

3.2 ヘテロシストでの Trx の発現様式

栄養細胞とヘテロシストそれぞれからタンパク質を抽出し、各種抗体を用いたイムノブロッティングを行なうことにより、レドックス制御システムを構成する Trx 還元酵素や Trx の発現様式を調べた。Trx 還元酵素である FTR, 4 つの Trx アイソフォーム Trx-*m1, m3, x, y* は、栄養細胞では検出されたが、ヘテロシストでは検出されなかった。これらの結果は、ヘテロシストでは Trx 還元酵素や Trx の発現量が著しく低下していることを示している。

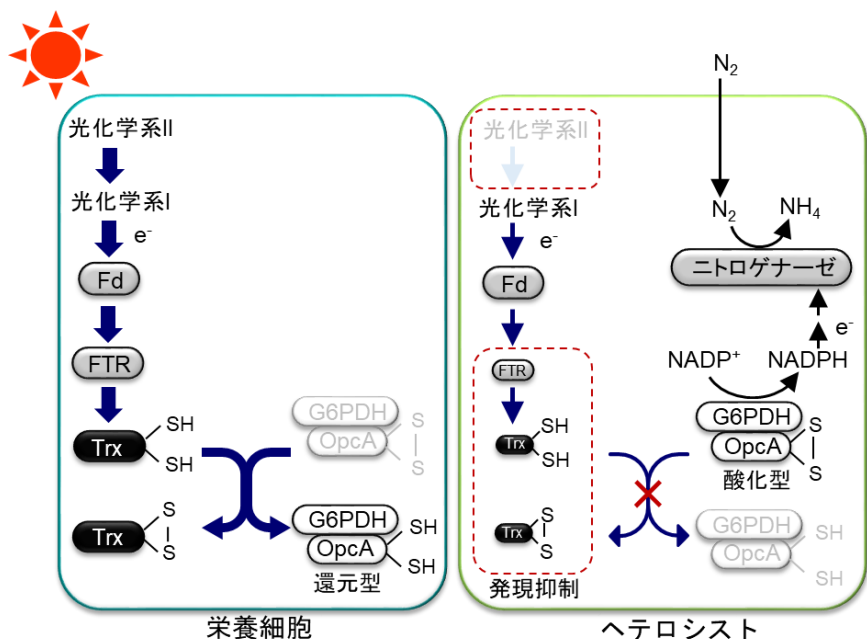
4 まとめ

本研究では、ヘテロシストにおいて光に依存したレドックス制御が行なわれていないことを明らかにした。ヘテロシストでは強力な還元力ドナーである光化学系 II が欠損していること、Trx 還元酵素や Trx の発現量が減少するため、標的が一部酸化型で存在していると考えられる (図 2)。この

ような栄養細胞とヘテロシストのレドックス制御システムの違いにより、光照射下であってもヘテロシストで G6PDH 活性を維持することが可能となり、窒素固定に必要な還元力が生産されるため、*Anabaena* 7120 は光照射下でも窒素固定を行なうことができるものと考えられる。

以上の研究成果は、

Journal of Experimental Botany に発表した。



(光条件下でG6PDHが不活性化) (光条件下でG6PDHが活性化)
 図2 栄養細胞とヘテロシストのレドックス制御システム