

真核細胞・共生バクテリアの分裂同調化による 光合成オルガネラ成立機構に関する研究

国立遺伝学研究所 細胞遺伝研究系 教授

宮城島 進也

(お問い合わせ先) E-MAIL: smiyagis@nig.ac.jp



研究の背景

真核細胞内のエネルギー変換器である「ミトコンドリア」と「葉緑体」は、10億年以上前にバクテリア細胞が真核細胞内に共生して誕生しました。その他にも、真核細胞が別の細胞を取り込み、新しい機能を獲得する例は広く見受けられます。このような2種の細胞が世代を超えて持続的に統合するためには、宿主細胞と共生細胞が協調して成長や分裂をする必要があります。しかし、その協調増殖機構はほとんどわかっていませんでした。

研究の成果

私たちは、①葉緑体やミトコンドリアの分裂増殖がどのように宿主細胞に制御されているのか、②共生体由来オルガネラのエネルギー生産が宿主細胞の分裂増殖にどのような影響を与えるのか、③これらの機構がどのように進化したのか、を解析しています。そして、2つの異種細胞から新たな細胞が誕生し、進化するしくみを理解しようとしています。

①については、まず、葉緑体とミトコンドリアの分裂がリング状の装置の収縮によって引き起こされることを明らかにしました。分裂装置はそれぞれの祖先であるバクテリアや宿主真核細胞に起源を持つ部品から構成されるもので、分裂装置が形成される時期は宿主細胞周期のS期に限定されていました。さらに、葉緑体分裂装置の形成は宿主細胞のM期前期から中期への進行に必要であることも解明しました。つまり、葉緑体やミトコンドリアの分裂と宿主細胞の分裂の同調化は、宿主細胞とオルガネラ双方による制約の相互的作用によることがわかりました。

②に関して、真核藻類の細胞分裂は概日リズムにより夜間に限定されることが知られていましたが、その機構と意義は不明でした。私たちは単細胞性の紅藻であるシアニディオシゾンを用いた分子遺伝学的手法を開発し、概日時計による細胞周期進行制御機構の一端を明らかにしました。また、その機構を改変し、昼でも夜でも分裂する細胞の作成に成功し、この細胞は高い酸化ストレスに曝され、増殖速度が低下することがわかりました。この結果は、光合成や呼吸の活性が高く、活性酸素種が発生する昼間に細胞周期の進行（DNA複製など）を抑制することが、共生関係の維持に重要であることを示しています。

今後の展望

これらの研究結果は、宿主真核細胞と葉緑体やミトコンドリアの間に相互の制約があり、そのことが宿主と細胞内共生体由来オルガネラの協調増殖を可能にしていることを示しています。細胞内共生体由来オルガネラは、真核細胞に

よる他細胞の捕食、一時的保持、恒久的保持の順に進化したと考えられています。今後は、③に関して、すなわち上記のようなお互いの制約がどのように生じて進化するのかを、藻食性単細胞生物や光合成生物を一時的に共生させる（盗葉緑体性）生物、長期に任意共生させる生物を用いて解明したいと考えています。

関連する科研費

2013-2016年度 基盤研究 (A) 「真核細胞・共生バクテリアの分裂同調化による光合成オルガネラ成立機構の解明」

2016-2017年度 挑戦的萌芽研究 「葉緑体による真核細胞の概日時計制御機構とその進化過程の解明」

2017-2020年度 基盤研究 (A) 「光合成酸化ストレスへの対処機構の進化による細胞内共生成立過程の解明」

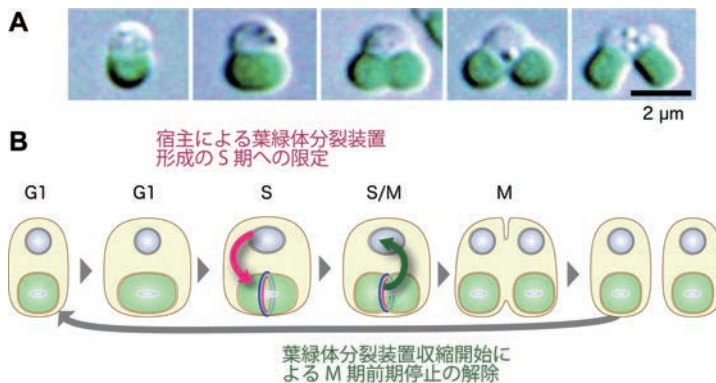


図1 宿主細胞と葉緑体の同調分裂機構。(A) 単細胞紅藻シアニディオシゾンの葉緑体(緑)とそれを含む細胞の分裂過程。(B) 葉緑体分裂はS期に形成されるリングによって行われる。リングが収縮すると細胞はM期中期に進む。

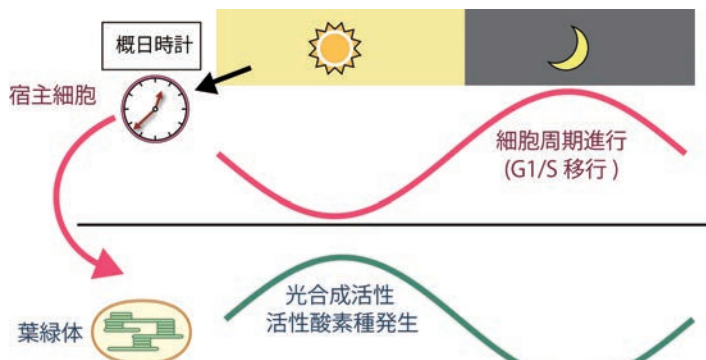


図2 宿主細胞の細胞周期進行と葉緑体光合成の時間分業。G1/S移行を光合成による活性酸素種発生のおこらない夜間に限定することで、DNA複製および細胞分裂を安全に行う。