

論文審査の結果の要旨

氏名 河野 優

本論文は4章からなる。第1章はイントロダクションである。光合成系の光環境への応答に関する研究では、定常光を用いることが多い。また、植物を制御環境下で栽培する場合にも定常光が用いられる場合が多い。その中であって、1980年代から野外の変動光環境に注目した先駆的な研究が行われ、現在までにかかなりの知見が蓄積されている。本章の大部分は、その広汎な総説である。最後に、第2章および第3章で行った、変動光下での光合成電子伝達系の応答を解析する研究の目的とその意義が述べられている。特に、光化学系の光阻害に注目した研究の必要性が主張されている。

第2章には、モデル植物であるシロイヌナズナの野生型と PGR5 タンパク質を欠く *pgr5* 変異体を用いた、変動光に対する光合成電子伝達系の応答を解析した研究が記述されている。*pgr5* 変異体は当初、光化学系 I の循環的電子伝達経路の変異体として記載されたが、その後の研究で光化学系 I 循環的電子伝達の活性を持つとされるようになった。論文提出者は、光化学系 I と II の量子収率と、吸収された光エネルギーの光化学系 I と II への分配率を測定することにより、光化学系 I と光化学系 II の電子伝達速度の絶対値を求め、その比から光化学系 I の循環的電子伝達速度を求めることに成功した。この方法で、光化学系 I の循環的電子伝達速度の光強度依存性を丁寧に解析したところ、*pgr5* 変異体も循環的電子伝達を行うが、それは弱い光の下に限られることが明らかになった。野生型と *pgr5* とを穏やかな強光と弱光を2分毎に繰り返す変動光下において、数十分の処理で *pgr5* の光化学系 I は顕著な光阻害を受けた。野生型の光化学系 I も有意な光阻害を受けた。空気中の酸素濃度を下げると、光化学系 I の光阻害は見られなかった。また、低酸素濃度下では、*pgr5* の光化学系 I の循環的電子伝達活性が増加した。これらの知見から、光化学系 I の光阻害は光酸素障害であること、光化学系 I の高い循環的電子伝達活性は、この障害を抑えるのに有効であることが示された。

第3章には、シロイヌナズナ野生型を主に用いた研究が記述されている。第2章と同じ変動光を160分間照射すると、野生型の光化学系 I に大きな光阻害が見られた。変動光の穏やかな強光をより厳しい強光に変えた場合や、厳しい強光を強光期に穏やかな強光を弱光期に設定した場

合でも、光化学系 I の光阻害の大きさにはほとんど変わりがなかった。過剰な光エネルギーの熱散逸による光化学系 II 活性のダウンレギュレーションは、穏やかな強光下では十分に誘導されず、弱光期にはその誘導も解除されるので、強光期になるたびに光化学系 I は光化学系 II から多量の電子を受けることになる。これが、照射積算光量が少ないにもかかわらず、変動光の穏やかな強光をより厳しい強光に変えた場合や、厳しい強光を強光期に穏やかな強光を弱光期に設定した場合と比較して同等な光阻害をもたらす原因であることが強く示唆された。PGR5 の過剰発現体では、これらのどの変動光でも光化学系 I の光阻害がほとんど起こらなかった。したがって、光化学系 I に大量に電子が流れ込む場合にも、循環的電子伝達活性が高ければ、光酸素障害が抑えられる。第 3 章では膜電位によるカロチノイドの吸収帯の変化に基づく、ATP 合成酵素の活性も評価した。ATP 合成酵素の活性には、変動光処理による顕著な低下は見られなかった。

第 4 章には、これらの研究に基づく総合討論と今後の研究についての展望が述べられている。変動光による光化学系 I の光阻害の回避には、PGR5 が有効である。しかし、野生型でも、これを大量に発現しているわけではない。PGR5 が多量にあると光化学系 I を過剰に保護する反面、光合成電子伝達を抑制してしまうというトレード・オフの関係にあるのかもしれない。今後、さらに変動光に対する応答の理解を深めるためには、栽培光に変動光を用いた場合の、光合成系の馴化の研究が必須である。

なお、本論文第 1 章は、寺島一郎との共著の総説がもとになっている。また、第 2 章は、野口航、寺島一郎との共同研究であり、既にその主な部分は原著論文として公表されている。これらの研究や論文執筆は、そのほとんど全てを論文提出者が主体となって行ったものである。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。