

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 高山 弘太郎

近年の画像計測技術の進歩は著しく、植物を対象とした生体画像計測も盛んに行われるようになってきた。本論文は、実際に光合成を行っている状態での、光合成反応やガス交換に関する情報を同時に計測することができるクロロフィル蛍光・熱赤外面像同時計測システムの開発と、それを用いた気孔反応と蛍光パラメータの画像解析を行ったものであり、5章で構成されている。

序論の1章に続く2章では、同時計測システムの一部を構成するクロロフィル蛍光画像計測システムに焦点をあて、その性能や応用性について検証した。クロロフィル蛍光画像計測システムとして、光化学系(PS)II量子収率( $\Phi_{PSII}$ )と熱放散活性(NPQ)の同時計測が可能なシステムを製作し、本システムを用いて、有効成分や処理方法が異なるバスタ・ラウンドアップ・ネコソギエースの3種類の除草剤が、植物葉に及ぼす不可視の光合成機能障害の診断を行った。その結果、バスタによる障害の診断では、葉内でのアンモニアの蓄積による熱放散の急激な増大と、PSII量子収率の著しい低下を検知した。ラウンドアップによる障害の診断では、アミノ酸の生合成阻害によるPSII量子収率の急激な低下と、熱放散の急激な増大を検知した。ネコソギエースによる障害の診断では、光合成電子伝達阻害によるPSII量子収率の低下と、熱放散反応の不活性化を検知した。これらの結果から、クロロフィル蛍光画像計測システムを用いた、市販の除草剤による光合成機能障害の診断が可能であることが示された。さらに、除草剤処理後の蛍光パラメータの変化の様子を詳細に解析することにより、除草剤の有効成分の違いによる生理機能障害の違いの判別が可能であることも同時に示された。

続く3章では、同時計測システムの一部を構成する熱赤外面像計測システムに注目し、葉の両面で気孔密度が等しい植物葉の気孔コンダクタンス画像しか計測することができなかった従来のモデルと装置に改良を加え、葉の上面と下面で気孔密度が異なる植物葉の気孔コンダクタンス画像の計測が可能なシステムを新たに製作した。このシステムを用いて、ABA塗布処理が、葉の上面と下面で気孔密度が異なるインゲンマメ葉の気孔コンダクタンスに及ぼす影響の解析を行った。その結果、光強度やその他の熱環境が異なる条件下でも、葉面の気孔コンダクタンスを定量的に評価できることが示された。

4章では、2章および3章において、その生体画像情報計測法としての有効性が示されたクロロフィル蛍光画像計測システムと熱赤外面像計測システムを統合し、クロロフィル蛍光・熱赤外面像同時計測システムを開発した。本システムにより、1画素に含まれる $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ の微小領域毎に、気孔コンダクタンスと蛍光パラメータの関係を解析することが可能となった。本システムを用いて、ABA塗布処理後の気孔コンダクタンスと蛍光パラメータの関係を、異なる光強度条件下において解析した。その結果、気孔がある程度閉鎖しても、気孔コンダクタンスがある値以上であれば、蛍光パラメー

タはほとんど変化しないが、気孔コンダクタンスがある値以下にまで低下すると、蛍光パラメータが急激に変化するという現象を見出した。気孔閉鎖に関わらず蛍光パラメータが変化しなかったのは、気孔が閉鎖して  $\text{CO}_2$  固定速度が低下し、光エネルギーの消費速度が低下しても、光呼吸速度を上昇させることにより、余剰となった光エネルギーを効率よく消費したためであったと考えられた。次に、気孔コンダクタンスがある値以下にまで低下したときに蛍光パラメータが急激に変化したのは、著しい気孔閉鎖により  $\text{CO}_2$  固定速度が極端に低下し、入射する光エネルギー量が  $\text{CO}_2$  固定反応と光呼吸の合計のエネルギー消費量を超えたため、光エネルギーを熱として放散する反応が急激に活性化されたためであると考えられた。このような現象は、従来のスポット計測による平均値同士の比較では認められなかったものであり、本システムを用いて微小領域毎の蛍光パラメータと気孔コンダクタンスの関係を解析したことにより初めて明らかとなった現象であると結論づけた。続く 5 章では、本論文の総括がなされている。

以上、本論文では、葉面における光合成機能とガス交換の同時計測が可能なクロロフィル蛍光・熱赤外画像同時計測システムを新規に開発し、それを用いて蛍光パラメータと気孔反応の関係を解析した結果、両者の関係について新たな知見を得ており、学術上貢献するところが少なくないと考えられる。よって審査員一同は、本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。