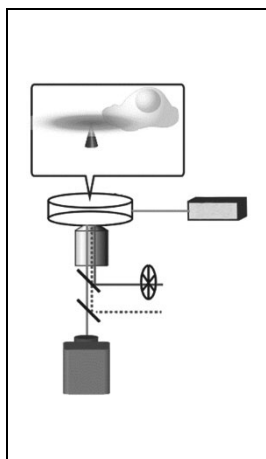


フォトンによる光合成評価技術

浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 第8研究室
勝又政和



1. はじめに

フォトンによる光合成評価技術とは、藻類や植物などの光合成生物に光を照射した後に暗所で放出されるシングルフォトン領域の極微弱発光の発光強度の時間波形を取得し、その時間波形から光合成の状態を評価する方法である。

この極微弱発光は遅延蛍光と呼ばれ、光合成の反応中心クロロフィルの光励起により生じる電荷分離が逆反応(電荷再結合)を起こすことでクロロフィルが化学的に再励起されて発生する蛍光である。遅延蛍光は一般的なクロロフィル蛍光と共に光合成の基礎研究分野で長い研究の歴史がある。逆反応の確率が極めて小さいため遅延蛍光の発光強度はクロロフィル蛍光に比べて極微弱であり、計測には光電子増倍管に代表される高感度の光検出技術が必要となる。そのため一般には計測できない「見えない光」である。しかし、光合成の逆反応という独特の原理により電子伝達反応をリアルタイムにプローブすることができる。遅延蛍光の時間波形は電子伝達体に保持された電子が光合成反応により消費される過程を反映しているため波形面積(積算値)が活動している電子伝達体の量に比例する。また、時間波形には電子伝達反応による電子消費を反映する減衰成分や循環的な伝達系を反映するピーク・ショルダー状の再増加成分が観察される。このような時間波形の特徴は藻類や植物の環境応答やストレス応答の評価に利用できることが報告されている。

遅延蛍光の時間波形の発生機構には未解明の部分が多くあり、標準化された測定装置が普及していないことから、まだ応用分野が限定的である。当社はこれまで遅延蛍光の計測技術の開発と応用研究を進めてきた。本稿では遅延蛍光の測定方法とその応用について当社の取り組みを中心に紹介する。

2. 遅延蛍光の測定方法

遅延蛍光は1951年に「Light emission by green plants」として報告とされた¹⁾。表題のとおり微細藻類クロレラがフォトンレベルで発光する様子が光電子増倍管により計測され、光合成の逆反応による発光であると考察している。それ以降の研究により、光合成反応中心における逆反応(電荷再結合)により生じる発光機構の解明が進んだ²⁾。これまでに光合成細菌から藻類、地衣類、高等植物、サンゴまで光合成生物に普遍的な現象であることがわかっている。遅延蛍光の研究ではそれぞれ独自に設計された測定装置が用いられているが、現在でも光電子増倍管が主要な検出器となっている。これは高感度、低ノイズ、大きい受光面、広いダイナミックレンジの特徴によるものが大きい。現在は光電子増倍管、電源、信号回路、および光源のモジュール化が進んでおり性能と利便性が格段に向上している。これらモジュール製品を適切に使用すれば実験目的に合致した装置を組み立てることができる。

遅延蛍光の測定装置の基本構成は光検出器と励起光源である。例として当社の研究用装置(高感度ルミノメータ TYPE-7100)の構造を図1に示す。TYPE-7100は遅延蛍光の測定装置の基本形であるダブルシャッター方式に準じている。ダブルシャッター方式の測定装置は試料に対して二つの方向に光電子増倍管と励起光源が配置され、それらと試料の間にシャッターが配置されている。光電子増倍