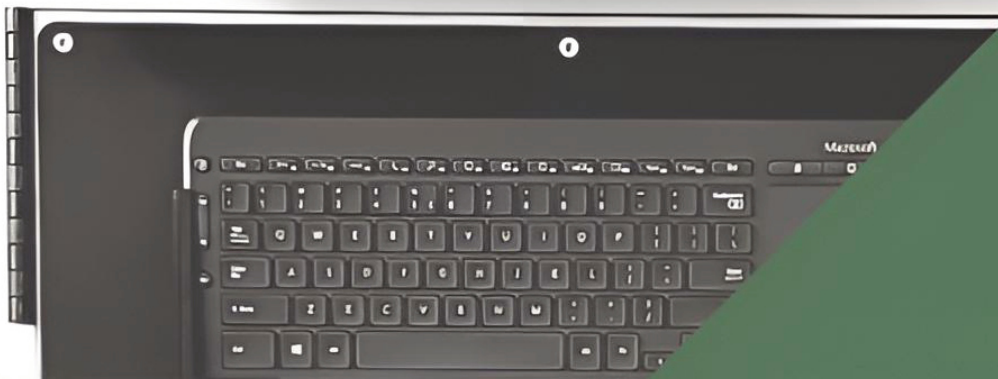


# PE<sup>PRO+</sup> Explorer Plant



日本総代理店  
旭光通商株式会社

[www.kyokko.com](http://www.kyokko.com)

<https://kyokko.com/contact/>



PhenoVation  
Life Sciences

# 製品概要

PlantExplorerは、光合成効率を画像化するための12.1メガピクセルの高解像度CMOSカメラを搭載しています。2本の独立した青色LEDストリングを使用することで、 $7000\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の飽和・測定パルスを生成できます。

## ソフトウェア

制御ソフトウェアは内蔵コンピュータにインストールされており、あらかじめ定義されたプロトコルを使用して様々な画像を撮影できます。これらのプロトコルは、ユーザーインターフェースを使用してユーザーが変更可能です。光源とフィルターの組み合わせにより、多様な画像が得られます。

制御ソフトウェアには、システムを遠隔操作する機能があります。この遠隔操作ソフトウェアを使用することで、後々、システムを表現型解析システムに容易に統合できます。PlantExplorerの上部はベースから取り外せるため、自動植物表現型解析システムに組み込むことができます。

## フレーム/筐体の品質

PlantExplorerは頑丈なアルミニウムフレームで構成されており、すべてのコンポーネント(光源、カメラ、コンピューター、フィルターホイールなど)がこのフレームに統合されているため、ユーザーがシステムを組み立てる必要はありません。

フレームは粉体塗装されたアルミニウムで作られており、すべての重要なコンポーネントは空気や塵のない環境にあります。システムはサーマルブリッジによって冷却されるため、ほこりや湿気が内部コンポーネントに悪影響を与えることはありません。

## 安全性

ドアには、ドアが閉まっているかどうかを監視する誘導センサーが付いています。測定中は高強度の光が照射されるため、光を覗き込むことはお勧めできません。ドアを開けるとライトは自動的に消えます。システムの外側のアクティブ冷却により、システムが過熱することがなくなります。冷却は温度制御されており、特定の温度に達するとオンになります。

## メンテナンス

このシステムは、キャビネット内部の清掃を除いて、ほとんどメンテナンスを必要としません。メンテナンス契約の可能性があるため、PhenoVation は毎年システムを調整します。



# 光源

## 飽和光／測定光

PlantExplorer<sup>1</sup>には、高輝度青色LEDストリングが2本搭載されています。

1本はPAM PSII測定の飽和光として、もう1本はPAM PSII測定の測定光として使用されます。各青色LEDストリングは、最大7000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ の光量を生成できます。

## アクチニックライト

PlantExplorer<sup>1</sup>には、アクチニックライトとして使用できる様々なLEDが搭載されています。以下のLEDが組み込まれています。

スペクトル	用途
450nm	アクチニックライト
660nm	アクチニックライト
ホワイト 3000K	アクチニックライト
735nm	アクチニックライト/PSII弛緩

すべてのスペクトルは 0 ~ 100% で制御でき、合計強度は 800  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$  に達します。



# フィルターホイールとカメラ

## フィルターを組み込む

PlantExplorerのフィルターホイール内では12のフィルターホイール位置が利用可能です。次のフィルターが標準です。

フィルター	用途
769nm	NIRイメージング
732nm	蛍光
710nm	レッドエッジ
640nm	レッドイメージング
550nm	グリーンイメージング
540nm	アントシアニン
475nm	ブルーイメージング
1カスタム	
2カスタム	
3 カスタム	
4カスタム	
5カスタム	

5つのカスタムポジションをお客様が選択できます。これらは400nm ~ 800nmの波長範囲にあります。より高い波長が必要な場合は、励起LEDも調整する必要がありますが、これは変更される可能性があります。

## 自動焦点合わせシステム

カメラシステムは、ユーザーインターフェイスを使用して焦点を合わせることができます。ユーザーインターフェイスには、[NEAR]ボタンと[FAR]ボタンがあります。これらのボタンを押すことで焦点距離を変更でき、レンズから10cmから最大70cmの距離でほぼすべての被写体に焦点を合わせることができます。また、カメラの被写界深度はすでに深く、最大40センチメートルです。



# PSII 測定の実理

## 1. クロロフィル蛍光

- a. ダイレクトCFイメージング
- b. PAMイメージング(パルス振幅変調)
- c. カウツキー OJIP 誘導曲線イメージング

a) 直接クロロフィル蛍光イメージングを使用して、種子および植物中のクロロフィルの量を測定します。青色LEDの使用強度は、カメラの積分時間と組み合わせてユーザーが変更できるため、高品質の蛍光画像が得られます。これらのクロロフィル蛍光画像は、クロロフィルと種子の成熟状態および植物の生理的状态を相関付けるために使用されます。さらに、これらの画像は、背景からオブジェクトをしきい値処理するための分析ソフトウェアで使用されます。

b&c) 光合成のイメージングには、パルス振幅変調とカウツキーという2つの基本的な測定原理を適用できます。これら2つの測定原理は、互いに独立して選択できます。a)琥珀色のLEDによる測定光の短パルス中、 $F_0$ は測定パルス中に画像をキャプチャすることによって決定されます。最大の蛍光収量  $F_m$ を捕捉するために飽和パルスが適用されます。このデータから、さまざまな光合成パラメーターが $F_v/F_m$ のように計算されます。

PAM法による $F_t$ 測定にはアクチニクライトを点灯し、飽和パルスと短い測定パルスを印加し、光下で $F_m$ を測定します。これにより、たとえば $\Phi PSII$ が得られます。

c) カウツキー原理は、 $F_0$ 、 $F_i$ 、 $F_m$ などの OJIP 誘導曲線のクロロフィル蛍光画像をキャプチャし、さまざまな光合成パラメーターを計算するための2番目の方法として適用できます。各誘導曲線が画像化される前に、背景画像がキャプチャされ、誘導曲線中にキャプチャされた画像から差し引かれます。

### 暗順応:

植物は暗順応したときに測定されます。これにより、 $F_0$ と $F_m$ が得られます。このデータから、光化学系 II の最大効率に相関するパラメーターである $F_v/F_m$ が計算され、画像として表示されます。測定されたパラメーター: PAMの場合、暗順応した植物の $F_0$ と $F_m$ が画像化されます。カウツキーの場合、誘導曲線がイメージ化されています。これにより、OJIP誘導曲線の $F_0$ 、 $F_i$ 、および $F_m$ イメージが得られます( $F_i$ は使用されるフレーム レートに応じて異なります)。

### 明順応:

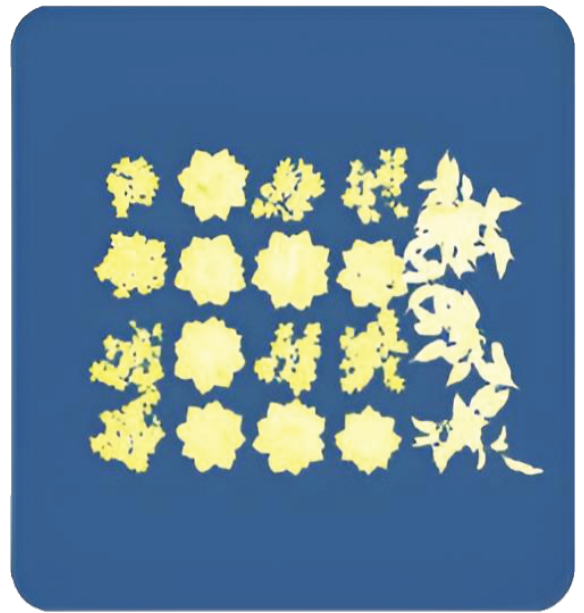
光化学系II、OPSII、ABSおよびETR画像の有効効率と相関するパラメーターを測定するために、同じ測定手順が光の下の植物に使用されます。アクチニクライトは、適用されるスペクトルと強度を制御します。

### キネティック解析:

時間分解キネティック解析では、植物を最初に暗順応させます。順応の後、植物は最初に暗闇の中で測定されます。その後、LEDによって継続的に照明されます。植物が光の強さに順応しているとき、カメラは植物を測定します: 誘導分析。次に、アクチニクライトがオフになり、時間内に回復が測定されます。 $F_0$ 、 $F_m$ 、 $F_m'$ 、 $F_t$ 、 $F_0'$ の画像を時間的に記録し、 $F_v/F_m$ 、 $F_v'/F_m$ 、 $\Phi PSII$ 、NPQ、 $q_N$ 、 $q_P$ 、ETRを計算しています。

## ハイライト

- PAMおよびカウツキー原理によるクロロフィル蛍光イメージング
- 12.1 Mp での単一葉（マクロ） および植物全体のイメージング
- 提供: Fo、Fm、Fv、Fo'、Fs'、Fm'、Fv'、Ft
- 動的なクロロフィル蛍光画像は、明順応プロトコルと暗順応プロトコルから提供されます。
- クロロフィル蛍光画像の高い信号対雑音比
- Foなどの測定に使用される青色450nm LED測定光源
- パルス幅:10~100 $\mu$ s/DC
- Fmの測定などに使用される青色450nm LED飽和光源
- パルス幅:10~100 $\mu$ s/DC
- Fo'などの測定に使用する730nmの遠赤色LED光源
- 植物とカメラ間の距離の測定範囲は10cm~70cmです
- 有効撮像エリア 50x50 cm<sup>2</sup>
- 広帯域可視およびNIRコーティングを施した高品質Mpレンズ
- 目に見えるレンズの歪みはなく、補正は必要ありません



## 取得プロトコル

PSII光化学の最大量子収率と相関する $Fv/Fm = (Fm - Fo) / Fm$ 画像

PSII光化学の実効量子収率と相関する $\Phi_{PSII} = Fq' / Fm' = (Fm' - Fs') / Fm'$ 画像

$NPQ = (Fm - Fm') / Fm'$  非光化学的消光と相関する画像

ABS=クロロフィルの吸収係数の画像

ETR = 電子輸送速度と相関する画像。

Chfl 画像: 植物材料を背景から閾値処理するための、比較的長い露光時間でのクロロフィル蛍光画像

光応答曲線

暗順応曲線

PlantExplorerのコントローラーソフトウェアにより生データ16ビット形式で画像を納品

暗順応状態での最小クロロフィル蛍光画像

Fm暗順応状態での最大蛍光画像

明順応状態におけるFsの定常状態最小クロロフィル蛍光画像

Ft' 明順応時のクロロフィル瞬間蛍光画像

Fm' 明状態での定常状態最大蛍光

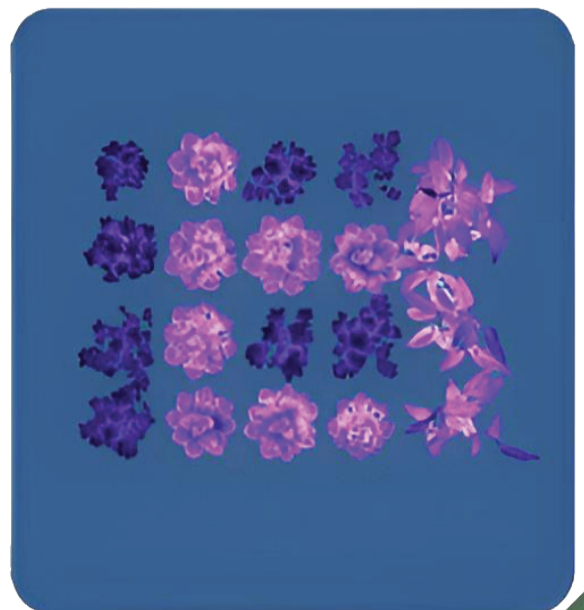
明順応時のFm'最大蛍光

ファーレッド適用後の暗弛緩時のFo'最小クロロフィル蛍光画像

すべての蛍光画像の背景

NIR波長760nmでのRNIR反射率画像

660nmにおける赤色の反射率画像



日本総代理店  
旭光通商株式会社

[www.kyokko.com](http://www.kyokko.com)

<https://kyokko.com/contact/>

PhenoVation  
Life Sciences

# マルチスペクトル測定

次のスペクトル測定/計算は PlantExplorer を使用して行われます。

測定	計算
NIR イメージング	クロロフィル指数
レッドエッジイメージング	アントシアニン指数
540nm グリーン	カラー画像
レッドイメージング	HSV
グリーンイメージング	NDVI
ブルーイメージング	RGB 比率

## ピクセルからピクセルへ

すべての画像は同じカメラ システムで作成されています。このようにして、PSII測定とマルチスペクトル測定からのすべての画像はピクセルからピクセルになります。このため、個々のピクセルをすべて比較できます。





# PhenoVation

## Life Sciences