

# Handy PEA+

## 連続励起クロロフィル蛍光測定器



日本総代理店  
旭光通商株式会社  
[www.kyokko.com](http://www.kyokko.com)

*Hansatech*  
Instruments



# Handy PEA+

## 連続励起クロロフィル蛍光測定器

- > 小型(170×85×40mm)、軽量(565g)
- > USB2.0通信
- > 最大1000件のフルトレースデータファイルによる大量のスクリーニングが可能
- > 高速クロロフィル蛍光誘導速度を識別するための高時間分解能検出
- > OJIP分析パラメータ(Strasser et al 2000)
- > Fmを正確に測定するための飽和高輝度集光LEDアレイ
- > 反復可能なプロトコルをユーザー自身で設定可能
- > 交換可能なセンサーユニットケーブル
- > Windows® データ転送・解析ソフトウェア付属

## Handy PEA+ 連続励起クロロフィル蛍光測定器

Handy PEA+は、小型・軽量のコントロールユニットに高性能な電子回路を内蔵しています。これにより、高速クロロフィル蛍光誘導速度の測定に不可欠な高時間分解能が得られます。



設定や操作が簡単で、基本的な測定機能は Handy PEA+本体で直接設定することができます。より複雑な実験計画は、最大5つのユーザー設定プロトコルをメモリに保存できる機能を使用して実行することができます。プロトコルは、Windows®ソフトウェアパッケージであるPEA+(付属)を使用して記録されます。キーパッドで選択と入力ができ、液晶ディスプレイにメニューオプションとデータが表示されます。

センサーユニットは3個の超高輝度赤色LEDのアレイで構成され、ピーク波長650nm(クロロフィルに吸収されやすい波長)に光学的にフィルタリングされ、サンプル表面で最大 $3500\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の強度が得られます。LEDはレンズを通して葉の表面に集光され、リーフクリップ(直径4mm)によって露出された葉の領域で均一な光源を照射します。光フィードバック回路により、LED自体の内部発熱による出力強度の変化を監視・補正しています。また、周囲温度の変化による光量変化も補正しています。

センサー部には、高性能ピンフォトダイオードを搭載しています。光学設計とフィルタリングにより、長波長の蛍光信号に最大限反応し、照明光源として使用される短波長のLED光の反射をブロックします。変動レート解析により、誘導運動の各フェーズで異なるサンプリングレートで蛍光信号をサンプリングすることができます。最初の $300\mu\text{s}$ は $10\mu\text{s}$ 間隔でデータをサンプリングし、その後は、運動活性の割合が減少するにつれて、より低いサンプリングレートで分析が行われます。

Handy PEA+のオンボードメモリには、0.1~300秒の記録を最大1000件まで保存することが可能です。計算されたパラメータは画面上で見ることができますが、保存されたデータをUSB経由でPCに転送すれば、付属のWindowsソフトウェアPEA+で様々な数値やグラフを表示することができ、より包括的なデータ表示を行うことができます。

## リーフクリップとサンプルの暗順応



連続励起蛍光システムは、2つの機能を持つ適切なリーフクリップシステムを使用します。まず、リーフクリップは、蛍光と同じ波長域(赤色/赤外光)である環境光から蛍光検出器を保護します。次に、リーフクリップは、測定前に試料の一部を暗順応させます。

光化学系IIの最大光化学効率( $F_v/F_m$ )を測定するためには、測定前に試料を完全に暗順応させる必要があります。暗順応中は、サンプル内のすべての反応中心が完全に酸化され、光化学反応のために利用できるようになり、潜在的なクロロフィル蛍光収量は消光されます。このプロセスには様々な時間がかかり、植物種、暗順応前の光履歴、植物がストレスを受けているかどうかによって異なります。一般的に、効果的な暗順応には15~20分程度を要します。

Handy PEA+リーフクリップは白いプラスチックでできており、小型で軽量です。位置決めリングは、サンプルの必要な領域上に配置され、シャッタープレートで覆われた直径4mmの穴が中央にあります。このシャッターをスライドさせ、焦点の合ったLEDと蛍光検出器に暗順応した試料を露出させます。銀色で入射光を反射するため、試料への熱の蓄積を最小限に抑え、周囲光の強い条件下でも測定に影響を与えません。

## 測定される一般的なパラメータ

**Fo** - PSII のアンテナにおける励起クロロフィル a 分子による発光を表します。真のFoレベルは、Qa と呼ばれる PSII の最初の安定した電子受容体が完全に酸化された場合にのみ観察されます。そのためには暗順応が必要です。

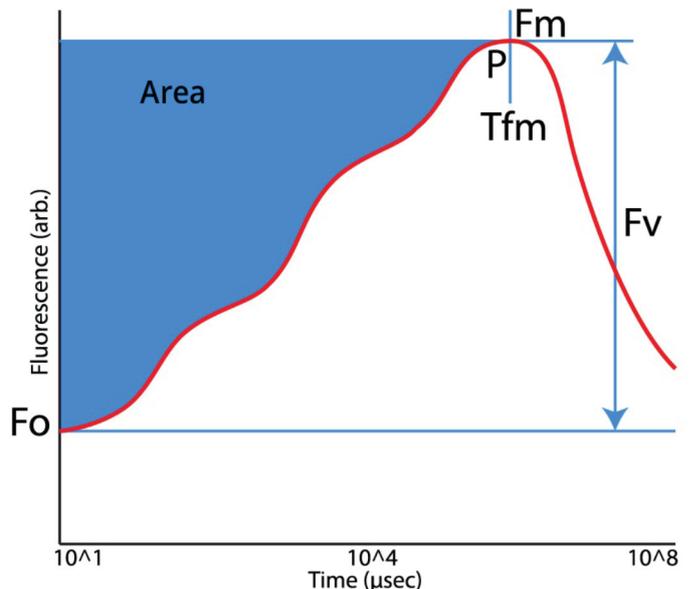
**Fm**- 連続光により得られた最大蛍光値。このパラメータは、光強度が完全に飽和していて電子受容体 Qa が減少している場合にのみ、最大と呼ばれることがあります。

**Fv** - 値の可変部分を示し、光化学的消光の最大容量と関連します。Fm 値から Fo 値をマイナスしたものです。

**Fv/Fm** - PSIIの最大量子効率の指標であり、植物の光合成性能の指標であると広く考えられています。0~1の間の比率として表され、健康なサンプルは通常約 0.85 の Fv/Fm 値となります。これよりも低い値は、PSII 内の光化学的消光能力を低下させるようなストレス要因にサンプルがさらされたことを意味します。Fv/Fmは、最大蛍光値(Fm)に対する可変蛍光(Fv)の比率として表されます。

**Tfm** - 最大蛍光値(Fm)に達した時間を示します。このパラメータはサンプルストレスを示すために使用できます。

**Area** - FoFm間の蛍光曲線の上のエリアは、光化学系 II 還元側の電子受容体Qaのプールサイズに比例します。反応中心からキノンプールへの電子移動がブロックされると(DCMUの作用等)、面積は劇的に減少します。



## OJIP解析

PEA+ ソフトウェアは、あらかじめ設定された5つのタイムマークで記録されたデータから蛍光値を抽出します。その時間は下記の通りです。

- > T1 = 50マイクロ秒
- > T2 = 100マイクロ秒
- > T3 = (Kステップ) 300マイクロ秒
- > T4 = (J ステップ) 2 ミリ秒
- > T5 = (Iステップ) 3ミリ秒

これらのタイムマークにおけるクロロフィル蛍光値は、他の測定値や計算値と合わせて、タイムベース0(蛍光誘導の開始)を基準とした一連の生物物理学的パラメータを導出するために使用されます。

これらのタイムマークにおけるクロロフィル蛍光値は、他の測定値や計算値と合わせて、タイムベース 0(蛍光誘導開始)を基準とした一連の生物物理学的パラメータを導き出すために使用されます。これらのパラメータは、一次光化学の最大収率、捕捉された励起子が電子輸送鎖の中で電子を QA-よりも先に移動させる効率、電子輸送の量子収率に加えて、吸収、捕捉、散逸、電子輸送のための特定のエネルギーフラックス(反応中心あたり)に対する光化学系 II の挙動を定量化します。



## PEA+ソフトウェア

PEA+はデータ取得及び解析のために必要なWindows用ソフトウェアです。

植物のストレス要因を示す蛍光の僅かな違いを示すため、様々なデータ表示形式が用意されています(グラフ、表、放射状プロット等)。PEA+は、使いやすいメニュー構造により、測定時間と光量の両方を簡単に設定することができます。

このソフトウェアは、Bluetooth®接続に対応しており、データは数秒で転送されます。PEA+にデータをアップロードすると、さまざまなデータ表示・分析ツールを選択できます。



データは、グラフ、表、放射状プロットで表示され、Pocket PEAで測定された58のパラメータの任意の数を表示するようにすべて調整することができます。

PEA+は、サポートされているすべてのMicrosoftオペレーティングシステムで実行可能です。

## システム構成

Handy PEA+システムには、以下のコンポーネントが付属しています。

- > Handy PEA+コントロールユニットおよびセンサー
- > HPEA/LC x 2: (リーフクリップ20個)
- > 主電源式バッテリーチャージャー
- > 保護用キャリーバッグ
- > USBデータ転送ケーブル
- > PEA+ソフトウェアとマニュアルを含むUSBドライブ



## 関連システム

Pocket PEA は、シングルフラッシュ測定が可能な効果的なスクリーニングツールとして設計されています。設定可能な項目は、測定時間(1秒、3秒、10秒)と光強度(最大  $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )のみで、Handy PEA+と比較して制限があります。M-PEA は、P700+吸光度と遅延蛍光の機能を追加した、より高度な蛍光システムです。



# 技術仕様

## Handy PEA+ 連続励起クロロフィル蛍光測定器

|              |  |
|--------------|--|
| 外形寸法:        | 170 x 85 x 40 mm、重量565g  |
| 通信:          | USB2.0   |
| 動作条件:        | 0~40°C(非結露)  |
| バッテリー:       | 充電式Ni-MH 3.6V、1.8Ahr×3本  |
| バッテリーチャージャー: | スイッチモードチャージャー 8-13.5V入力(公称12V入力)   |
| ディスプレイ:      | 液晶ディスプレイ(8行×20文字)  |
| 光源:          | 超高輝度赤色LEDの集光アレイと近赤外線ショートパスカットフィルター、ピーク波長650nm分光半値幅22nm                                 |
| 葉面における最大光強度: | 最大3500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  |
| 検出器:         | RG9ロングパスフィルタを備えた高速応答PINフォトダイオード  |
| エレクトロニクス:    | 16ビットマイクロプロセッサ、12ビット分解能、A/D10 $\mu\text{sec}$ の<br>アキュジションレート、光制御用8ビットDAC、リアルタイムクロック搭載 |
| 記録時間:        | 0.1 ~ 300秒   |
| メモリー:        | 512KバッテリーバックアップRAM<br>(1秒間に最大1000回のフルトレース録画が可能)  |
| リーフクリップ:     | 20 x 射出成形クリップシステム、銀色位置決めリング、4mmサンプル<br>アパーチャー、スライドシャッターブレード                            |

## 測定項目

### OJIPデータ:

tFm、面積、Fo、Fm、Fv

### 正規化されたデータ:

$F_o/F_m$ 、 $F_v/F_m$ 、 $F_v/f_o$ 、 $V_j = (F_j - F_o)/(F_m - F_o)$ 、

$V_i = (F_i - F_o)/(F_m - F_o)$

### 特定のフラックス:

ABS/RC、DIo/RC、TRo/RC、ETo/RC、REo/RC

### CSmあたりの見かけのフラックス:

ABS/RC、DIo/RC、TRo/RC、ETo/RC、REo/RC

### パーシャルパフォーマンス:

$\Gamma(\text{RC})/(1-\Gamma(\text{RC}))$ 、 $\Phi(\text{Po})/(1-\Phi(\text{Po}))$ 、

$\Psi(\text{Eo})/(1-\Psi(\text{Eo}))$ 、 $\text{PI}(\text{abs})$ 、 $\Delta(\text{Ro})/(1-\Delta(\text{Ro}))$

### タイムマーク:

Ft1、Ft2、Ft3、Ft4、Ft5

### パーシャルエリア:

Fo~Ft1、Ft1~Ft3、Ft1~Ft4、Ft1~Ft5、  
Ft3~Ft4、Ft4~Ft5、Ft5~Fm

### 勾配と積分:

$dV_g/dt_o$ 、 $dV/dt_o$ 、 $S_m = \text{Area}/F_v$ 、

$N = S_m/S_s$ 、 $S_m/tF_m$

### 収率 = フラックス比

$\text{TRo}/\text{ABS} = \Phi(\text{Po})$ 、 $\text{ETo}/\text{TRo} = \Psi(\text{Eo})$ 、

$\text{ETo}/\text{ABS} = \Phi(\text{Eo})$ 、 $\text{REo}/\text{ETo} = \Delta(\text{Ro})$ 、

$\text{REo}/\text{ABS} = \Phi(\text{Ro})$

### CSmあたりの見かけのフラックス:

$(\text{ABS}/\text{CSm}) \sim F_m$ 、 $\text{DIo}/\text{CSm}$ 、 $\text{TRo}/\text{CSm}$ 、

$\text{ETo}/\text{CSm}$ 、 $\text{REo}/\text{CSm}$

### トータル性能、駆動力&レート:

$\text{PI}(\text{トータル})$ 、 $\text{DF}(\text{アブソリュート})$ 、 $\text{DF}(\text{トータル})$ 、

$kP/\text{ABS} * kF$ 、 $kN/\text{ABS} * kF$

### ユーザーパラメータ:

3ユーザーが入力した値



ハンガテック・インスツルメンツ社は、40年以上にわたって高品質の科学機器を開発してきた英国の企業です。当社のシステムは、世界100カ国以上の国々で、細胞呼吸や光合成の教育・研究に広く利用されています。品質、信頼性、価格性能の高さにおいて、高い評価を得ています。



当社の製品群は、クラーク型ポーラログラフィックセンサーを用いた酸素測定のためのモジュール式ソリューションから構成されています。また、連続励起とパルス変調の両方の測定技術を用いたクロロフィル蛍光測定システムも開発しています。また、試料のクロロフィル含有量を測定するための光学機器も備えています。



ハンガテック・インスツルメンツの製品をご購入いただいたお客様には、継続的なサポートと迅速で効率的な対応をお約束します。サポートは、直接、または当社のグローバルな代理店ネットワークから受け取ることができます。また、サポートチケットシステムへのアクセスも可能です。機器のマニュアルやソフトウェアのアップグレードを提供します。