

# FMS 2+

野外携帯型  
パルス変調システム



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

*Hansatech*  
Instruments



## FMS 2+

### 野外携帯型パルス変調システム

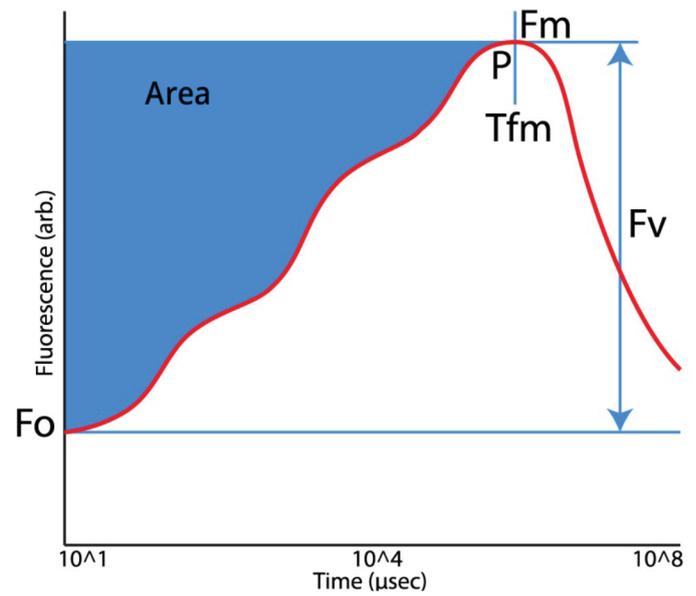
- > 屋外対応携帯型パルス変調式クロロフィル蛍光光度計
- > ハロゲン電球からLED光源に変更したアップグレードモデル
- > 従来のRS232通信からUSB接続に変更
- > コンパクトで屋外に持ち運べるパルス変調システム
- > モジュレーションビーム、光刺激、飽和パルスのためのLED光源を内蔵
- > リーフクリップにPAR/温度センサーを内蔵
- > 屋外で交換可能なバッテリー
- > 温度補正された電子回路により、安定したF<sub>0</sub>測定が可能
- > ユーザーフレンドリーなスクリプトエディタによるプログラム可能
- > Windows®データ取得およびデータ解析ソフトウェア

## 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。

**Fs, Fm', φPSII** - φPSIIの推定には、異なる定義状態の試料からの蛍光収率のいくつかの測定が必要です。最初は、環境光下での試料の蛍光収率が必要です。このような測定は、試料が特定の光環境下に適応し、定常状態で動作した後に行われることが多く、その結果、この測定値の多くは定常状態蛍光収量またはFsと呼ばれます。

**Fo', φPSIIR** - 高照度への適応は、光合成器官の確認に大きな変化をもたらし、エネルギーが反応中心に到達する前に、PSIIアンテナで非光化学的エネルギー散逸をもたらします。この効果を考慮しないと、非光化学的エネルギー散逸の相対的寄与の計算が不正確になる可能性があります。この問題は、試料を一時的に遮光し、遠赤光源を使用してPSIIに対してPSIを優先的に励起することで克服できます(電子は電子伝達チェーンを通じて引き出され、PSII反応中心を効果的に開き、明順応Foの測定を可能にします。通常はFo'という表記が使われます)

**PAR** - クロロフィル蛍光光度計に接続されている場合、FMS/PTLのオンボード PAR センサーから現在の入射光合成活性放射量を $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で読み取ります。FMS/PTLリーフクリップはFMS2には標準で付属していますが、FMS1はオプションとして購入する必要があります。

**温度** - クロロフィル蛍光光度計に接続されている場合、FMS/PTLに搭載されている熱電対から現在の温度を°Cで読み取ります。FMS/PTLリーフクリップはFMS2には標準で付属していますが、FMS1ではオプションとして購入する必要があります。

**qP** - 光化学消光係数の指標は、 $(Fm' - Fs) / (Fm' - Fo)$  として計算されます。

**qNP** - 非光化学消光係数の指標は、 $(Fm - Fm') / (Fm - Fo)$  として計算されます。

**NPQ** - 非光化学消光の代替定義で、 $(Fm - Fm') / Fm'$  として計算されます。

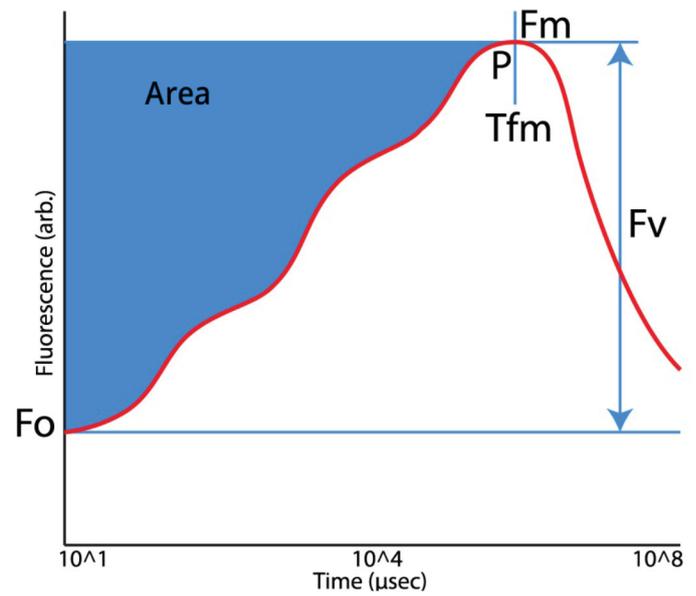
**ETR** - 電子伝達率の指標で、 $\text{PAR} \times 0.5 \times \phi\text{PSII} \times 0.84$  として計算されます。ETRの測定には、FMS2+に標準装備されているFMS/PTLリーフクリップが必要ですが、FMS1+ではオプションとして購入する必要があります。

## 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。

**Fs, Fm', φPSII** - φPSIIの推定には、異なる定義状態の試料からの蛍光収率のいくつかの測定が必要です。最初は、環境光下での試料の蛍光収率が必要です。このような測定は、試料が特定の光環境下に適応し、定常状態で動作した後に行われることが多く、その結果、この測定値の多くは定常状態蛍光収量またはFsと呼ばれます。

**Fo', φPSIIR** - 高照度への適応は、光合成器官の確認に大きな変化をもたらし、エネルギーが反応中心に到達する前に、PSIIアンテナで非光化学的エネルギー散逸をもたらします。この効果を考慮しないと、非光化学的エネルギー散逸の相対的寄与の計算が不正確になる可能性があります。この問題は、試料を一時的に遮光し、遠赤光源を使用してPSIIに対してPSIを優先的に励起することで克服できます(電子は電子伝達チェーンを通じて引き出され、PSII反応中心を効果的に開き、明順応Foの測定を可能にします。通常はFo'という表記が使われます)

**PAR** - クロロフィル蛍光光度計に接続されている場合、FMS/PTLのオンボード PAR センサーから現在の入射光合成活性放射量を $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ で読み取ります。FMS/PTLリーフクリップはFMS2には標準で付属していますが、FMS1はオプションとして購入する必要があります。

**温度** - クロロフィル蛍光光度計に接続されている場合、FMS/PTLに搭載されている熱電対から現在の温度を°Cで読み取ります。FMS/PTLリーフクリップはFMS2には標準で付属していますが、FMS1ではオプションとして購入する必要があります。

**qP** - 光化学消光係数の指標は、 $(Fm' - Fs) / (Fm' - Fo)$  として計算されます。

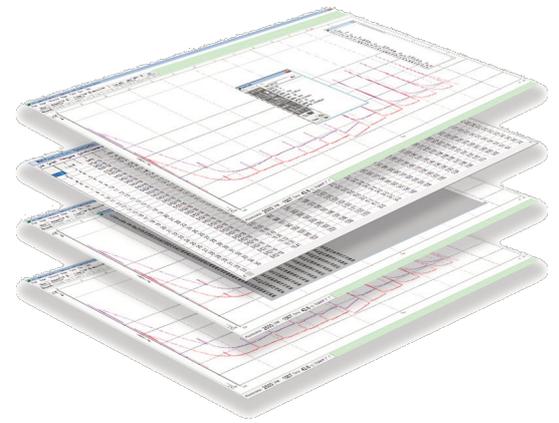
**qNP** - 非光化学消光係数の指標は、 $(Fm - Fm') / (Fm - Fo)$  として計算されます。

**NPQ** - 非光化学消光の代替定義で、 $(Fm - Fm') / Fm'$  として計算されます。

**ETR** - 電子伝達率の指標で、 $\text{PAR} \times 0.5 \times \phi\text{PSII} \times 0.84$  として計算されます。ETRの測定には、FMS2+に標準装備されているFMS/PTLリーフクリップが必要ですが、FMS1+ではオプションとして購入する必要があります。

# Modfluor32 & Parview32 ソフトウェア

Windows®ソフトウェアModfluor32によるPC制御は、チャートレコーダエミュレーションとしてリアルタイムにトレースプロットを行い、計算されたパラメータはテキストパラメータウィンドウに書き込まれます。測定器の機能およびパラメータ測定ルーチンは、ファイル操作や測定器の設定を行うためのドロップダウンメニューを備えたツールバーから選択します。



アイコン化されたスクリプトエディタを使用してスクリプトを自作することにより、複雑な実験プロトコルを自動化し、繰り返し作業を減らすことができます。一度作成したスクリプトは、Modfluor32プログラムから直接実行することができます。最大6つのスクリプトを装置の内部メモリにダウンロードすることができ、コンピュータなしで操作することができます。

オプションの外部バッテリーをFMS1+に接続すると（FMS2+にはバッテリーが付属しています）、データを装置のメモリに保存し、その後コンピュータにアップロードしてフルグラフィック表示することで、ポータブル操作が可能になります。また、クロロフィル蛍光光度計FMS1とFMS2+には、さらなるアプリケーションも付属しています。Parview32はスタンドアロンのユーティリティで、複数のパラメータファイルを簡単にアップロードし、スプレッドシート型のプログラムに転送できるように設計されています。

## システム構成

FMS2+には、以下のコンポーネントが付属しています。

- > FMS 2+コントロールユニット
- > FMS/SFO: ショートフェルール付き1m光ファイバケーブル（オプションのFMS/LFO1.5m光ファイバケーブルは、LD2/3リーフディスク電極チャンバーとのインターフェースに適した長いフェルール付きで、追加費用なしで購入時に供給可能です。）
- > FMS/PTL: PAR/温度リーフクリップ
- > FMS/LC: 暗順応リーフクリップ 10個
- > 2xリーフクリップアダプター - クローズドフェイスおよびオープンフェイス
- > 屋外で交換可能なバッテリーシステム  
2 x 2.0 Ahr 鉛酸バッテリー  
メインバッテリー充電器
- > USB接続ケーブル
- > ModFluor32とParview32のソフトウェアとマニュアルを含むUSBドライブ



## 技術仕様

### FMS 2+野外携帯型パルス変調測定システム

- 適合性 : フィールドおよびラボでの測定
- 光源 : モジュレーションビーム、温度補償付き594nmアンバーLED、4段階周波数制御(オプションで470nmブルーLEDも可能)、超高輝度白色LED、アクチニック $> 3,500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、サンプル表面で飽和 $> 13,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、遠赤 $> 3,500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、遠赤色 735nm LED
- 検出器 : 700 nm以上のフィルターを使用したPINフォトダイオード
- 検出方法 : 高速ピークパルストラッキング
- サンプリングレート : 10 Hz~20 kHz(モードにより変更可能)
- エレクトロニクス : 16ビット 165マイクロプロセッサ、8 A/Dチャンネル 12ビット分解能、4本の外部デジタルI/Oライン、12ビット・バッファ付きDAC(0 mV - 4095 mV)×1系統
- ストレージ : 256KbのバックアップRAMに最大2,430のフルトレースまたは12,850のパラメータのみのFv/Fmデータセットを保存可能
- ディスプレイ : 20 x 4 LCDディスプレイ
- インターフェース : 4ボタンキーパッド
- 電源 : フィールドスワップ可能なバッテリーシステムで構成、フィールドスワップ可能な2.0Ahr鉛蓄電池×2個、メインバッテリー充電器、オプションのFMS/PS 95V~260Vユニバーサル入力主電源
- リーフクリップ : FMS/PTL PAR/温度リーフクリップを搭載、コサイン補正PARセンサー( $0 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  -  $20,000 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )、葉面温度熱電対(-10℃~90)、リモートトリガーボタン、三脚、FMS/LC: 暗順応リーフクリップ10個、2 x リーフクリップアダプター(クローズドフェイスおよびオープンフェイス)
- 寸法 : 180mm (L) x 100mm (D) x 100mm (H)
- 重量 : 2.0kg(バッテリー1本含む)



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、連続発光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・インスツルメンツ社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。