

光環境の測定とその検証

森林総合研究所九州支所 齊藤 哲

1. はじめに

森林群落の動態を考える時、稚幼樹の消長に大きな影響を与える林内の光環境の把握は非常に重要な要因となる。現在、光の測定ではLI-COR社の光量子センサーLI190SAが、その反応特性(図-1)等から一般的に信頼を得ている。しかし、高価であるため他の安価なセンサーが使用されたり、簡易さから全天写真を用いた手法が、採られていることも多い。本報ではLI190SAから得られた値と、同条件で測定したその他のセンサー及び全天写真から得られた値を比較し、それらの測定の有用性について検討を試みた。本研究の一部は農林水産省大型別枠研究「バイオコスモ計画」(BCP-96-Ⅲ-A-05)による。

2. 方法

比較はLI190SAを基準にし、GaAsPフォトダイオードの自作センサー、KOITO光量子センサーIKS-25及び全天写真の解析との間で行った。自作センサー(GaAsP)は浜松ホトニクス社製G1116を使用し製作方法はPontailier²⁾に準じた。センサー間では、晴天時全天光、曇天時全天光、光斑及び林冠下散光の4種の光条件下でキャリブレーションを行った。

全天写真は林内4箇所撮影したものをイメージスキャナー(EPSON GT-8000)で画像データとして取り込み、画像解析ソフトUltimage(Image and measurement社)で開空部分を特定した。光合成有効光量子束密度(PFD)の推定には全天写真解析プログラムHEMIPHOT(オランダ製)を使用した。解析上の諸設定はそれぞれ、スカイタイプをSOC(Standard Overcast Sky)、林冠上の散光の割合を直達光の15%、大気透過率を0.66とした。一方で写真撮影箇所と同地点でよく晴れている日を選んでLI190SAによりPFDの1分間隔の積算値を終日記録した。

3. 結果および考察

1) GaAsP, KOITO 光量子センサー

晴天時の全天光でのキャリブレーションの結果を図

-2に示す。GaAsP, KOITOの R^2 はそれぞれ0.9993, 0.9964となり、共に直線性は強い。次に光の条件を変えた時の回帰係数を表-1にまとめた。回帰係数は晴天時全天光のそれと比べてGaAsPの光斑で低く、KOITOの林冠下散光で高くなった。佐々木³⁾は全天光の波長特性に比べ林内光斑は、赤色光(650~700nm)の比率が高く、林内散光は主に青から緑(400~550nm)と遠赤光(700nm以上)の光によって構成されていると述べている。GaAsPの分光感度曲線は、650nm辺りから急に落ち込んでおり、KOITOのそれは逆に、700nm以上の光にも反応する(図-1)。回帰係数の差はこのような分光感度曲線の理想曲線からのずれに起因しているものと推察される。t検定を行ってみたところ、両センサーともいずれの光条件下でも危険率20%で晴天時全天光下での回帰係数との間に有意差は認められなかった。しかし、精密さを必要とする測定ではその差は無視できないであろう。

光斑、林冠下散光でのキャリブレーションでは、 R^2 はやや低くなる。これは変化の激しい林冠下で僅か数cm離れた2点でも異なる強さの光が当たりキャリブレーションにばらつきがでたためと思われる。KOITOの林冠下散光では弱光下でKOITOのセンサーの出力が小さくなりデータロガーの分解能が対応しきれなかったため大きくばらついた。しかし、それ以外は前述の測定誤差を考慮に入れば、同一条件下内では比較的直線性は高い。つまり、一樣な光条件下では係数に適度な補正を加えてやることにより比較的精度の高い測定が可能と思われる。しかし、波長組成の変動する林内光の測定には、やはり、高い精度は期待できない。

2) 全天写真

測定した林内4箇所のうち大きなギャップのある所とうっ閉した所の2箇所の一日のPFDの経時変化をそれぞれ図-3, 4に示す。ギャップのある箇所はセンサーによる測定と全天写真による推定はよく一致している。特に11時頃の直達光の当たり始めと13時40分頃の散光のみの状態に戻る時刻はほぼ一致した。しかし、HEMIPHOTでは、14時過ぎと16時前後に直達光がみられるが、実際のセンサーによる測定では記録されて

いない(図-3A, B)。うっ閉した箇所はHEMIPHOTの推定では終日直達光はあっていないが、センサー測定では $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ をこえる山が幾つかみられる(図-4A, B)。しかし、これらはいずれも林冠上の全天光に比べ極めて弱い。HEMIPHOTはPenumbra効果を考慮していないため、こういった微弱な光斑には対応しきれない。

次に林内4箇所の日積算値の比較を図-5に示す。林内の暗い側の2箇所はHEMIPHOTの方が低く推定された。今回はよく晴れた日を選んで比較したが、実際には曇りの時も多く、Chazdon¹⁾の報告のように雲の影響で解析値はセンサー値より高めに推定されがちである。前述のようにHEMIPHOTは弱い光斑を拾えないため暗い林内ではセンサー測定値より低く出たもの

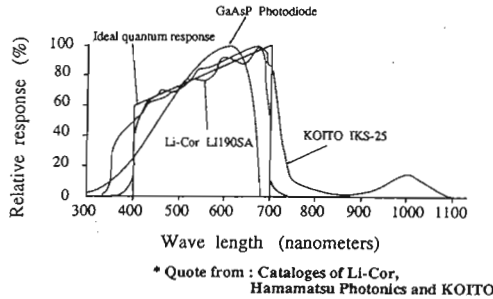


Fig.-1 The spectrum responses of each quantum sensor

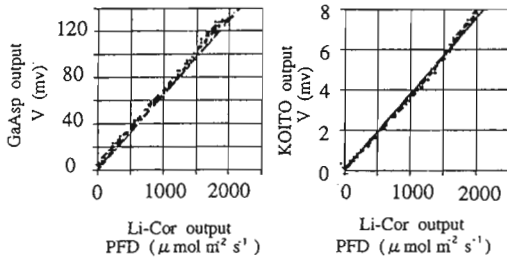


Fig.-2 The linearity between Li-Cor LI190SA and the other two sensors

Table - 1 The differences of the regression coefficient in different light condition

Light condition	n	GaAsP		KOITO	
		k	R ²	k	R ²
Open sunlight (Clear)	442	0.0654	0.9993	0.00381	0.9968
Open diffused light (Cloudy)	458	0.0668	0.9996	0.00380	0.9988
Under canopy sunflecks	450	0.0612	0.9337	0.00395	0.9397
Under canopy diffused light	468	0.0688	0.9169	0.00685	0.5721

と思われる。センサー積算値合計に対する両者の差の絶対値合計の割合は、13.1%であった。

以上により、暗い林内のPFD積算や、高精度のPFDの瞬時値の推定には全天写真の解析は不適当である。しかし、大きなギャップでは比較的よく推定されており、多点間の比較や、年間を通しての光環境の相対的評価には非常に有効な手法といえる。

引用文献

- (1) CHAZDON, R. L., FIELD, C. B. : *Oecologia* 73, 525 - 532, 1987
- (2) PONTAILLER, J. Y. : *Functional Ecology* 4, 591 - 596, 1990
- (3) 佐々木恵彦 : *森林立地*, 21 (1), 8 - 18, 1979

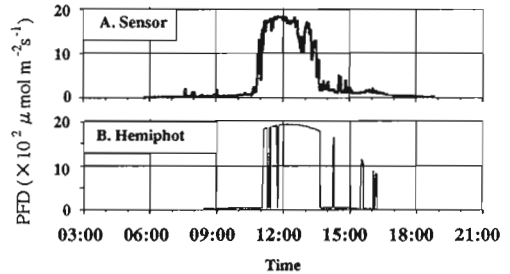


Fig.-3 The temporal course of PFD (Gap site)

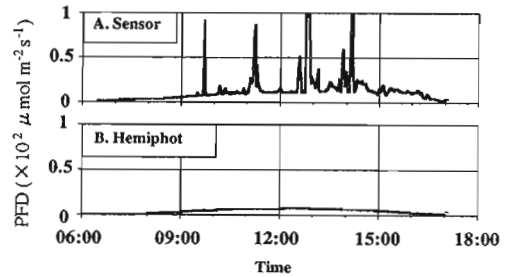


Fig.-4 The temporal course of PFD (Closed site)

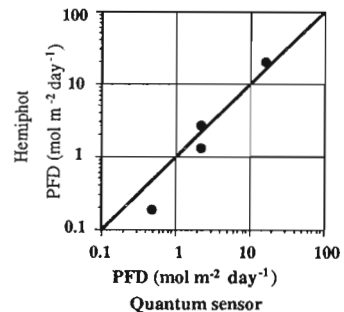


Fig.-5 The comparison of daily PFD measured by quantum sensor and estimated by Hemiphot