

An estimation of the light environment under forest canopy by a simple recording film for measuring

integrated global radiation - A relationship between fading of color acetate films and integrated PPFD

Shigeki FUKUSHIMA (Chiba Pref. Forestry Res. Inst., Sanbu, Chiba 289-1223)

Trans. 109th Mtg. Jpn. For. Soc.:289-290,1998(in Japanese)

簡易積算日射計フィルムを用いた林内光環境の推定法

- フィルムの退色と光量子量の関係 -

福島成樹（千葉県林試）

簡易積算日射計フィルム（PAN，OR-O）を用いて，林内における積算 PPFD の推定方法を検討した。フィルムの退色率は積算 PPFD の増加に伴い低下し，両者の間には高い相関関係が認められた。PAN は $400\text{mol}/\text{m}^2$ 以下，OR-O は $200\text{mol}/\text{m}^2$ 以下の範囲で積算 PPFD と退色率の検量線を求めることにより，退色率から積算 PPFD の推定が可能と考えられた。また，光量が少ない林内においては，退色率の変化が少ないため初期の退色速度が大きい OR-O の使用が適していること，林内の光の波長組成は上木による影響を受けるため，林分ごとに検量線を作成する必要があることが考えられた。

はじめに

林内の光環境を把握するためには，測定が比較的容易であることから相対照度を用いる場合が多く，測定値のバラツキが小さい曇天時の測定値が多く使われてきた。しかしながら，曇天時の測定値は林内に進入する光斑が測定できない問題があり，また，下木の成長は，光合成有効放射の一部を測定する照度よりも光合成有効光量子束密度（PPFD）との関係が強いと考えられる。したがって，下木の成長に関係する林内の光環境を把握するためには，PPFD の積算値を測定することが有効である。しかし，このために高価な光量子センサを林内に多数設置することは現実的でない。そこで，遠藤ら（1）が林内光環境の測定方法として相対照度との比較を行った，安価で設置が容易な簡易積算日射計フィルム（3）を用いて積算 PPFD を推定する方法について検討した。

調査地および方法

調査は，千葉県山武郡山武町の林業試験場内にある，34 年生のサンプスギー斉林（立木密度 903 本/ha，平均樹高 17.0m ，平均枝下高 10.2m ，平均胸高直径 21.3cm ）で行った。

測定に使用した簡易積算日射計フィルム（以下，フィルム）は，アゾ色素を含浸させて着色したセルロースアセテートフィルムで，色素が日射によって退色する度合により積算

日射量を測定するものである(3)。フィルムには短期(1~3日)測定用のオイルレッドO(以下OR-O)と,長期(3~12日)測定用のPANの2種類があり,大きさは,15×35mm,100mg程度と小型軽量で設置が容易である。なお,色素の退色は温度の影響を受ける(3)ため,日射量測定用に季節別(気温別)の検量線が用意されている。

林内におけるフィルムの退色を測定するために,林内の1地点に2種類のフィルムを各5枚水平に設置し,同時にPPFDを測定するために光量子センサ(IKS-27)をフィルムに隣接して設置した。また,対照区として約100m離れた研究棟の屋上に,林内と同様にフィルムと光量子センサを設置した。なお,林内の測定地点における曇天時の相対照度は9.31%であった。

PPFDの測定は,1997年9月16日午前10時から10月7日の日没後までの22日間,2分間隔で連続して行い,フィルムの退色率の測定は1~5日間隔で7回,日没後に行った。測定期間中の平均気温は18.5,日最高気温の平均は24.0であった。

退色率(F)は,フィルム設置時と測定時の透過率(T₀, T)を簡易光透過率測定器(TS-450,大成化工株製)により測定し,式1により吸光度(D₀, D)を求め,式2により計算した。

$$\text{吸光度 } D = -\log(T/100) \quad \dots\dots 1$$

$$\text{退色率 } F = D/D_0 \times 100 \quad \dots\dots 2$$

簡易光透過率測定器は,簡易積算日射計フィルムの色素の退色の度合を測定するもので,450nmを中心とする紫の単色光の透過率(無着色フィルムに対する透過の割合)を求めるものである。

結果と考察

1. 対照区における積算PPFDとフィルムの退色 林内と対照区の日別の積算PPFDの関係を図-1に示した。対照区のPPFDは,9月20日~24日と9月30日~10月7日の13日間の欠測期間があったが,これを除く9日間では両者の間に高い正の相関(r=0.9652)が認められた。そこで,対照区の積算PPFDを計算するため,欠測値については林内の積算PPFDとの回帰直線から推定値を求めて以下に使用した。欠測期間を除く林内の相対PPFDは,8.24%であった。

図-2は,対照区の積算PPFDと退色率の関係を示したものである。対照区における積算PPFDは,推定値を含めた22日間の合計で478mol/m²となった。退色率は,積算PPFDの増加に伴い,PANでは緩やかな逆S字を描いて,またOR-Oでは指数関数的に低下する傾向を示した。フィルム間の退色率のバラツキの幅は,PAN,OR-Oそれぞれ最大値が3.6%,4.2%と小さかった。退色率の変化から積算PPFDを推定する場合,退色率の変化が小さくなれば推定誤差が大きくなるので,図-2よりPANでは400mol/m²以下,OR-Oでは

200mol/m²以下が推定に適する範囲であろう。この範囲における退色率と積算PPFDの関係は、PANでは退色率100%を通る直線関係($r=0.9979$)が認められ、OR-Oでは退色率の対数との間に同様に直線関係($r=0.9900$)が認められた。したがって、林内が明るく直達光が多い条件下では、この範囲で積算PPFDと退色率の検量線を求めることにより、退色率から積算PPFDの推定が可能になる。

2. 林内における積算PPFDとフィルムの退色 図-3は、林内の積算PPFDと退色率の関係を示したものである。林内における積算PPFDは、22日間の合計で39.0mol/m²であった。退色率は、積算PPFDの増加に伴い、PAN、OR-Oどちらも全体的には緩やかに低下する傾向を見せたが、5mol/m²程度以下ではやや不規則な変化を見せた。したがって、積算PPFDの推定は、5mol/m²程度以上の範囲で有効と考えられた。また、フィルム間の退色率のバラツキの幅は、PAN、OR-Oそれぞれ最大値が4.9%、3.7%となり対照区と同様に小さかった。なお、退色率100%を通る回帰直線の相関係数は、PANでは0.7790、OR-Oでは0.9783となり、光量が少ない林内では、初期の退色速度が大きいOR-Oの使用が適していると考えられた。

また、調査終了時(積算PPFD 39.0mol/m²)の退色率は、PAN、OR-Oそれぞれ84.0%と79.6%となり、対照区の値(9月17日、積算PPFD 40.3mol/m²)と比較すると、OR-Oでは対照区の値(77.2%)に近い値を示したが、PANでは対照区の値(91.6%)よりも退色の度合いが大きかった。この原因としては、フィルムの分光特性が光合成有効放射と完全には一致していないこと、PANとOR-Oでは分光特性が異なること、比較の時点で林内は対照区よりも20日間多く露光していることから、PANでは光合成有効放射以外の波長によって退色が進んだことが予想された。さらに、林内における光の波長組成は、上木による影響を受ける(2)ことから、林内で積算PPFDを推定する場合には、林分ごとに検量線を求める必要があると考えられた。

以上より、簡易積算日射計フィルムを用いた林内の積算PPFDの測定方法は、林内の多数の地点で同時に長期にわたる積算値の測定が可能であり、複層林内の個々の下木の成長と光環境の関係を明らかにするために有効と考えられた。

引用文献

- (1)遠藤良太・石川敏雄(1994)複層林における光環境の測定法 - 色素フィルムを用いた簡易積算全天日射計と照度計の比較 - .日林論 105: 437-438
- (2)森川 靖・佐々木恵彦・浅川澄彦(1983)林床の光の性質と稚樹の生長 .森林立地 XXV(1):1-7
- (3)吉村登雄・小宮山桂・石川敏雄(1989)簡易積算全天日射計 .太陽エネルギー15(5): 47-53

図 - 1 . 林内と対照区の積算 PPFD の関係

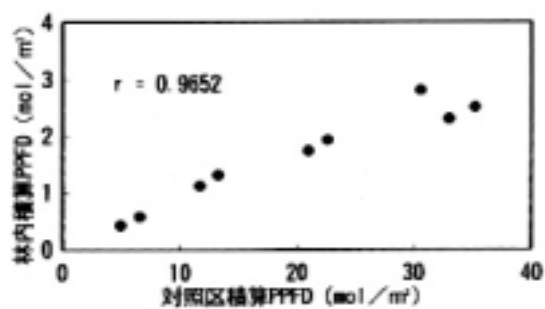


図 - 2 . 対照区における積算 PPFD と退色率の関係

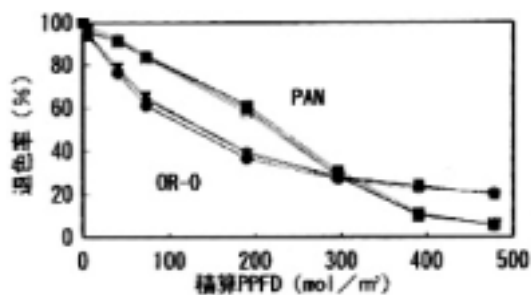
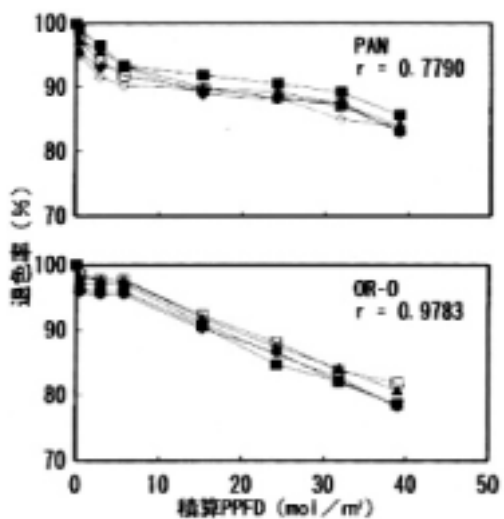


図 - 3 . 林内における積算 PPFD と退色率の関係



遠藤：第105回日本林学会大会論文集

福島：第105回日本林学会大会論文集

著作権所有日本林学会掲載許可平成11年11月4日