

常緑広葉樹林林床の光環境と主要構成樹種の反応

九州支所 齊藤 哲

1. はじめに

林冠の間から差し込んでくるサンフレックと呼ばれる直達光が林床植物にとって重要な役割を果たしているといわれる。しかし、林床に差し込む直達光はその複雑さから定量化が困難で、植物の光合成への利用に関してもまだ不明の点が多い。本研究では常緑広葉樹林の林床において直達光の頻度・持続時間・間隔時間の解析から出現パターンを明らかにし、主要構成樹種の直達光に対する光合成特性を解明することを目的とした。

2. 閉鎖林冠下林床における直達光の出現様式

森林総合研究所九州支所立田山実験林の林冠が閉鎖したコジイ林における林床の光強度（光合成有効量子束密度：PPFD）をみると、一日の大部分は直達光の届かない弱いPPFDの条件下であったが、直達光が頻繁に差し込む時間帯もみられた。PPFDが200μmol m⁻²s⁻¹以上のとき直達光が当たっているとすると、直達光の占める割合は時間的には一日（日中）のわずか7.2%であったが、その間に受ける光量は一日の全受光量の74.7%に及びその重要性がうかがえた。

林床の定点においてPPFDが200μmol m⁻²s⁻¹を越え次に200μmol m⁻²s⁻¹未満となるまでを一回の直達光と数えた場合、個々の直達光の持続時間は10秒未満のものが全体の89%を占め、10分以上持続するものはみられなかった（図1）。また、直達光が当たらなくなつてから次の直達光が当たり始めるまでの間隔時間をみても、63%が10秒未満であった（図1）。つまり、閉鎖林冠下では直達光が頻繁に差し込む時間帯でも短時間のうちに強光と弱光が激しく入れ替わる変動の激しい光条件であるといえる。

3. 変動光に対する光合成

強光（270μmol m⁻²s⁻¹）と弱光（30μmol m⁻²s⁻¹）を交互に繰り返す変動光をコジイの個葉に照射した場合とその中間の一定光（150μmol m⁻²s⁻¹）を照射した場合（両者の総受光量が等しくするように設定）の平均光合成速度を比較した（表1）。一定光を照射した場合の平均光合成速度は1.56μmol m⁻²s⁻¹となり、いずれの時間間隔で変動させた光を照射した場合より大きかった。また、変動光を照射した場合は光の変動の仕方によって平均光合成速度が異なり、変動間隔が短くなるほど平均光合成速度は大きい傾向がみられた。

光－光合成曲線から推定される光合成量を100%とした場合の光合成効率をみると30秒以上の時間間隔で変動させた場合は100%を下回る効率であったが、変動間隔が10秒より短くなると100%を越える効率となった。

4. 急激な強光に対する光合成速度上昇時間

常緑広葉樹林の主要構成樹種であるカスザンショウ、イチイガシ、イスノキ、サカキ（一部落葉樹も含む）を長時間2μmol m⁻²s⁻¹の弱光条件下において後、急激に1000μmol m⁻²s⁻¹の強光を個葉に照射し光合成速度の上昇時間について樹種間の比較を行った。

飽和光合成速度、暗呼吸量、光補償点などから判断して対象4樹種の個葉レベルの耐陰性は小さいほうからカスザンショウ、イチイガシ、イスノキ、サカキの順であった（表2）。

急激に強光を照射したときの光合成速度上昇過程をみると、イチイガシ、イスノキ、サカキは飽和光合成速度まで単調な上昇を示した。これに対しバイオニアの性格を持つカスザンショウでは、飽和光合成速度の50%に達するまでは急速に光合成速度が上昇し、それ以降は緩やかな上昇過程を示した。飽和光合成速度のX%に達するまでに要する時間T_{X%}を比較すると上昇過程が変化したカスザンショウのT_{80%}、T_{100%}を除き、いずれもカスザンショウ、イチイガシ、イスノキ、サカキの順に短い結果となった（表2）。これは耐陰性の小さい順と一致しており、急激な光変化に対する光合成の反応時間の大小は耐陰性の強弱との間に一定の傾向が認められた。

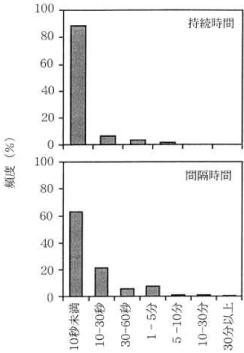


図1. 閉鎖林冠下林床の直達光持続時間・間隔時間の頻度分布

表1. コジイ個葉の一定光及び変動光照射時(360秒間)の平均光合成速度と光合成効率

	一定光	変動光（変動間隔：秒）			
		60	30	10	5
平均光合成速度 (μmol m ⁻² s ⁻¹)	1.56	1.12	1.19	1.35	1.49
光合成効率 (%)	-	91	97	107	116

表2. 主要樹種4種の耐陰性及び急激な強光照射後飽和光合成速度のx%に達するまでの所要時間(T_{x%})

	カスザンショウ イチイガシ イスノキ サカキ			
耐陰性	小	中	中・大	大
T _{50%} (分:秒)	1:51	2:48	4:45	8:29
T _{80%} (分:秒)	4:08	4:47	6:41	10:02
T _{90%} (分:秒)	21:02	7:17	10:21	13:10
T _{100%} (分:秒)	41:28	15:51	18:28	20:00

(左側下へ)

5. まとめ

林床の光環境には、一日の大部分を占める低いPPFD条件の中で時折直達光が比較的多く入射する時間帯がみられる。しかし、そのときでも直達光が短時間で、差し込んだり途切れたりを繰り返す激しい変動光条件下であることが判明した。林冠の構造は複雑な階層構造を示しており、樹冠が幾重にも重なっているところ、比較的薄い層のところと様々である。林床からみて樹冠の重なり薄いところに太陽軌道が重なる時間帯に多くの直達光が入射し、その時間帯における風による樹冠の揺れなどが激しく光を変動させる要因になっていると考えられる。

個葉の光合成反応では総受光量が等しいならば強光と弱光を交互に照射する変動光よりも強光・弱光の中間値の一定光のほうが高い光合成量を示した。しかし、実際の閉鎖林冠下の林床では直達光が当たっているときと当たらないときの中間程度の強さのPPFDが長時間持続することはほとんどない。変動する光条件下では変動間隔の短いほどコジイ個葉の光合成量が大きい傾向を示し、実際の林床で最も多く観測された10秒未満の変動では100%を越える光合成効率であった。このことは時間的に集中して現れ短時間で激しく変動する直達光を林床稚幼樹は比較的有效に利用できることを示唆している。

一定光と変動光の平均光合成速度に差が出る要因として急激な光変化に対する光合成反応の遅れが考えられる。これまでの報告では弱光から強光に変化したときの光合成速度上昇の遅れと同様に強光から弱光に変化したときの光合成速度低下の遅れも確認されている。前者は光合成効率を下げ後者は上げる要因となり、両者のバランスにより合成効率の大小が決まると考えられる。急激な光変化に対する光合成反応時間の大小と樹種の個葉レベルでの耐陰性との間にみられた一定の傾向は、林床で激しく変動する直達光を有効に利用できるか否かが樹種耐陰性とも関連していることを示唆する。

6. おわりに

今回の研究では一定時間変動光を照射しその総量としての平均光合成速度から、個葉レベルでは激しく変動する光を比較的有效に利用できることを示した。しかし、変動光に対する光合成反応の変動過程は未解明のままである。また、変動光の利用効率は樹種により異なる可能性が示唆されたが、耐陰性と関連づけた樹種特性として結論づけるにはさらに多くの樹種における光合成反応変動過程を含めた比較が必要である。