

ブナ林の色の季節変化

広葉樹林管理研究室 粟屋 善雄

はじめに

白神山地のブナ原生林が世界遺産に登録される前から、ブナが注目を集めるようになった。ブナ林についての書籍は数多く出版されており、テレビのドキュメンタリー番組でも四季の変化などを伝えている。ブナは多雪地域で純林を形成する樹種で、春に一斉に新緑を迎えて秋に黄葉していく様が、常緑針葉樹にない季節感を与えることで、好感が持たれているようだ。本稿ではブナ林について色彩の季節変化を数値的に表した結果を紹介する。

対象と方法

東北支所構内にある林齢約30年の若いブナ林(写真)を利用して、反射光と透過光の季節変化を観測した。色の計測には波長別に光の強度を測定できる分光放射計を用いた。波長別の光の強度パターン(スペクトル)は色を表し、目に見える光の色を数値で表すことができる。反射光は樹高12.5mのブナの樹冠を高さ約15mのタワー上から観測した。しかし、地面での太陽光の強さは太陽高度や大気の状態によって変わってしまうため、観測値を補正する必要がある。ここでは、観測結果は基準白色板とブナ樹



写真 観測対象のブナ林

冠の計測値の比(反射係数)で示した(小谷ら

2000)。透過光は、地面に置いた基準白色板にあたって反射する光の強度を林内と林外で観測して、その比(透過係数)で示した(粟屋ら 1999)。この他、リタートラップで計測した落葉量と、林内で撮影した全天写真を解析して、観測期間中の葉量(葉面積指数:地面に緑葉を重ねて置いたときの平均枚数)の季節変化を推定した。また、葉緑素計を利用して、葉緑素濃度の季節変化を計測した(小谷ら 2000)。

ブナの葉の季節変化

東北支所のブナは4月末に芽吹きだして、10日間くらいで概ね開葉し終える。この時に一気に枝を伸ばして伸長成長を終える。反射光の測定対象としたブナの場合、20日間で60cmほど梢端を伸ばして伸長を終えた。最初、枝は草のように柔らかいため、重さに耐えられずに垂れ下がった。その後、6月初旬から木化するにつれて枝が起き上がり、7月初旬には完全に立ち上がった。図1から葉量は開葉後一気に最大値に達した後、同じ値で推移していることが分かる。ブナは一斉に開葉した後はほとんど葉を出さないことを示している。黄葉は9月末に樹冠の上のほうから始まり、10月20日頃に最盛期を迎えて、11月中旬には落葉し終わる。ブナの葉は開葉直後は淡

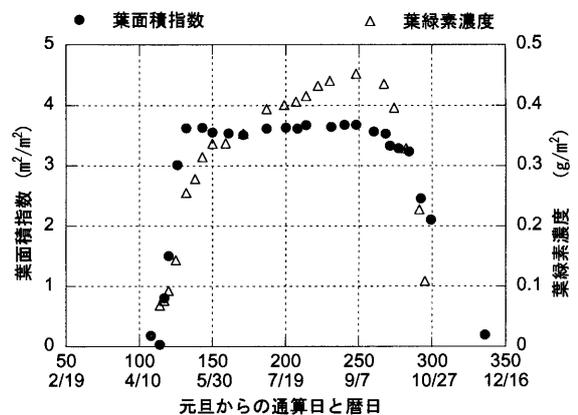


図1 葉面積指数と葉緑素濃度の季節変化(1990年)

葉面積指数は林分について全天写真とリタートラップの測定値から推定した。葉緑素濃度はスペクトル測定対象木の樹冠上部で計測した。

い緑色で厚さは薄いが、時間が経過するにつれて深緑に変化し、厚みを増してくる。葉緑素濃度は8月末までは漸増し、落葉が始まる頃に葉緑素濃度が下がり始める(図1)。葉緑素濃度はこのような葉の色の変化に影響していると考えられる。

植物の反射光の特徴

次に植物のスペクトルの特徴を説明する。図2はブナと砂の例を示している。波長は虹の色に対応するが、波長400~500ナノメートル(nm)を青、500~600nmを緑、600~700nmを赤と呼ぶことが多い。波長400~700nmが可視光線である。また、760~1300nm付近までを近赤外線と呼ぶ。葉緑素をもった緑色植物の葉の反射スペクトルの特徴は以下のようにまとめられる。

可視域では葉緑素による光の吸収が強いため暗い。しかし、緑の波長では吸収がやや弱いため、550nm付近にピークを生じ、そのため、葉は緑色に見える。この例のように、可視域の葉の色は色素によって決まると言って良い。これに対して、近赤外域では葉が近赤外光を透過および反射しやすい細胞構造をしていて、光をあまり吸収しないため明るく、可視域との境の700~760nmで極端に変化する。一方、砂や土やアスファルトなどの非植生の物体では、波長に対する明るさの変化は緩やかで、緑葉のような極端な変化はない。

反射スペクトルの季節変化

季節別のスペクトルを比べると(図2)、開葉後は春先に緑が明るく、その後順次暗く、ピークが小さ

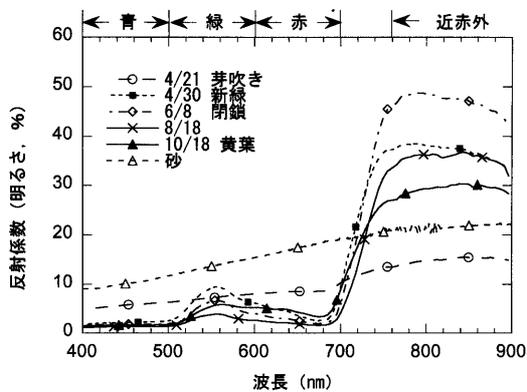


図2 季節毎のブナ樹冠の反射スペクトル(1999年)
5~8月の間で赤と近赤外の差が顕著だった。これに対して砂のスペクトルは直線的だった。新緑期スペクトルが大きく変化し、可視域の反射係数は晩夏に最小になった。

くなる様子うかがえる。若葉の明るい緑や、葉の緑が深みを増していく様子が現れている。赤も同様に变化するが、青はほとんど変化しない。また、黄葉では緑から赤までが黄葉前の緑葉より明るいことが示されている。波長別の季節変化には以下のような特徴がある(図3)。開葉前は幹、枝と林床の枯葉からの反射光を観測しているが、開葉後から緑葉の割合が増す。この変化が、反射係数では明るさが波打つような変化として5月初旬に現れた。また、近赤外光では開葉後に反射係数が急に増加した後に最大となった。開葉後、5月30日頃から葉緑素濃度が漸増するのに対して、緑と近赤外は順次暗くなっていった。葉緑素濃度と近赤外の反射係数は春の増加の時期は一致したが、秋の減少の開始時期はズレており(図1)、近赤外の明るさが色素に依存しないことに原因があると思われた。

透過スペクトルの季節変化

葉の反射と透過のスペクトルは相似形に近いことが知られているが、ブナ林分の透過スペクトル(図4)と樹冠の反射スペクトル(図2)でも葉と同様に似た波形を示した。また、わずかに開葉した状態でも、反射スペクトル(4月21日)と透過スペクトル(4月25日)のいずれにも、680nm付近に葉緑素による光の吸収が現れ、色素による光の吸収の強さを物語っていた。季節変化の特徴は次のとおりだった(図5)。4月の開葉前には葉がないため地面に到達する光量が多く、林床は明るい。開葉後は葉によって光が遮断されて、可視光、近赤外光ともに割合が

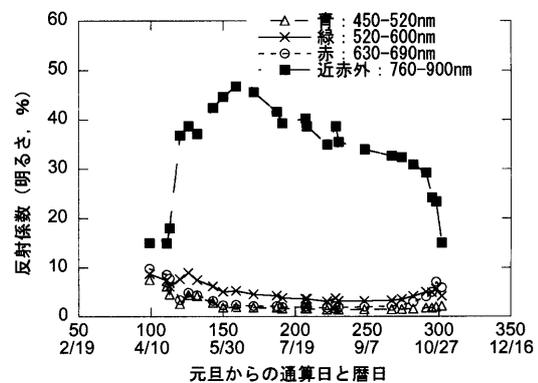


図3 ブナ樹冠の波長別の反射係数の季節変化(1999年)
可視域の反射係数は5月初旬に小さく上下した後、6~8月の間は安定していた。近赤外域の反射係数は6月初旬に最大となった後に漸減した。

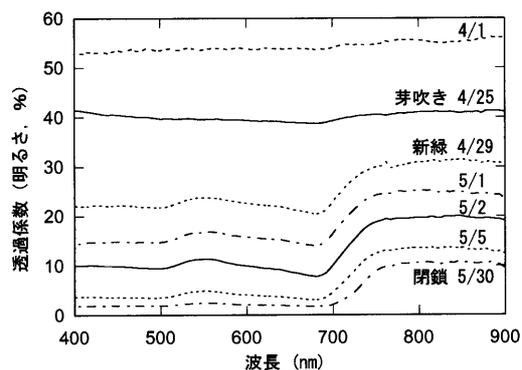


図4 季節毎のブナ林の透過スペクトル (1997年)
春先のスペクトルの変化を示す。4月25日にかすかだった葉緑素による680nm付近の吸収が4月29日にははっきりと観測された。一方、5月30日には550nm付近の緑のピークを識別できない。

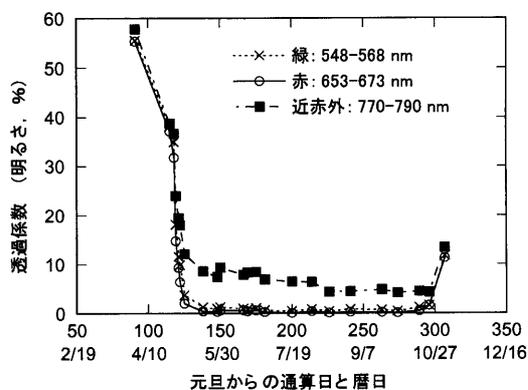


図5 ブナ林の波長別の透過係数の季節変化 (1997年)
緑、赤、近赤外での透過係数の季節変化を示した。5～10月の間、緑は赤よりわずかに明るかった。近赤外は5～10月の間に徐々に小さくなった。

急激に増すため、可視光、近赤外光と著しく暗くなった。6月以降9月までは可視域の透過係数、つまり林内の光質は変わらない。ただし、赤や青より緑の透過係数は若干大きく、緑葉の影響が表れていた。このような透過光の変化は、林内の色の変化として感じられる。例えば、春先の鮮やかな新緑の色は、5月上旬の透過スペクトルに緑のピークとして現れている。その後、5月末には緑のピークが分からなくなる。従って、林内で新緑のさわやかな気分を味わえるのは開葉開始後のひと月あまりと言えそうだ。

ところで、反射光と透過光の季節変化には以下のような共通点がある。全波長で開葉とともに急激に明るさが変化すること、可視光よりも近赤外光で季節変化が大きいこと、緑と赤の明るさの差は春先に大きく、順次小さくなることである。このような共通点があるものの、赤と緑の明るさの変化は透過光より反射光に鮮明に現れる。例えば、透過光では黄

葉による色の変化は黄葉の後期まで分からない。これは、ブナの黄葉は幹冠上部から始まり、最後まで下層に緑葉が残るからだ。反射光では黄葉からの光が主だが、透過光では緑葉からの光が主になるのである。新緑期より黄葉期で林外と林内の色の差が大きいと言えよう。黄葉期に林内に入って気づかれた方も多いと思う。

おわりに

ブナ林の反射光と透過光の季節変化の特徴を概観した。植生の色は季節やバイオマスによって変化するため、季節変化の実態はリモートセンシングで森林を解析するうえで重要な情報となる。また、反射スペクトルは葉緑素濃度に関連するため、成長のポテンシャルを評価することも可能である。今日、二酸化炭素排出規制や環境変動にからんで広域での森林解析が求められており、リモートセンシングに関する基礎情報は重要性を増している。

本稿は科学技術庁促進費による「高精度バイオマス推定モデルの開発」と同振興費による「炭素循環に関するグローバルマッピングとその高度化に関する国際共同研究」の成果に基づいている。研究を実施するにあたり、森茂木育林技術研究室長に葉緑素の定量法を指導していただいた。また、鳥羽妙さんにスペクトルデータの前処理および全天写真の解析を、関村和子さんにリターの定量を行っていただいた。記してお礼申し上げます。

参考文献

栗屋善雄・田中邦宏・沢田治雄・鷹尾元(1999)ブナ林の透過スペクトルの季節変化 - 観測方法と季節変化の概要 - .東北森林科学会誌,4(1):1-7.
小谷英司・栗屋善雄・田中邦宏・松村直人(2000)ブナ林における林分物理量と分光反射の季節変化. 日本写真測量学会平成12年度年次学術講演会発表論文集,39-42.

東北支所たより No.468 '01-1
平成13年1月29日発行
農林水産省森林総合研究所東北支所
盛岡市下厨川字鍋屋敷72
〒020-0123TEL 019(641)2150(代)
FAX 019(641)6747
ホームページ <http://www.ffpri-thk.affrc.go.jp/>