植物葉分光スペクトル特性におよぼす カロテノイド組成の影響

吉村 晴佳

Spectral Properties of Leaves Affected by Carotenoid Components

YOSHIMURA, Haruka

要 旨

植物葉分光スペクトル特性と光合成機能に必要なカロテノイド組成の影響について、薄層クロマトグラフィ (TLC) による定性組成から述べ、その応用展開の技術にも言及した。5 樹種の緑葉で共通に、カロテン類、ルテイン、ヴィオラキサンチン、ネオキサンチンが認められ、高等植物の主要なカロテノイド組成の共通性が確認された。黄葉・紅葉ではカロテノイド量の減少とともにその組成は変動し、カロテノイド組成の環境応答的な変動が示唆された。可視・青領域は、緑葉、秋季の黄葉・紅葉さらには枯葉でもカロテノイド類が関与する吸収域である。青領域の低い反射特性の共通性は、今後リモートセンシング植生域解析において、気候帯、植物群落タイプあるいは季節変化に関わらない地表被覆情報として利用できる。光合成活性指標としてのキサントフィル・サイクル色素は、カロテノイド組成変換に伴う吸収域シフトのスペクトル変化が遠隔探知されるというメカニズムである。植物葉の青領域分光スペクトル特性を空間設計の基礎データとして考えると、スペクトル特性をいかした緑化設計により私たちの健康にマイナスの影響を与える過剰な青色光の光環境緩和ができる。

1. はじめに

1997年に採択された京都議定書では温室効果ガス吸収源として森林植生および森林土壌が認められた。地質学的な時間から考えると現在の光合成は大気のコ₂およびO₂が制限要因となっており、植物群はきわめて有効な環境応答型の調節機構となりうるとの考えもある¹²⁾。温室効果ガス削減問題と関連

して、緑化分野においても二酸化炭素吸収源の計測技術が求められている。その二酸化炭素吸収源としての植物の光合成活性を計る主要な植生パラメータの一つとしてキサントフィル・サイクル色素 (xanthophyll cycle pigments) があがっている¹⁴⁾。この計測技術には、その基礎として、植物の光合成機能に必要なカロテノイド組成が関与する分光スペクトルに関する知識が必要である。

カロテノイド類 (carotenoids) は、図1に示すように、(1) 酸素を含まない炭化水素であるカロテン類 (carotenes) と (2) さまざまな形で酸素を含むキサントフィル類 (xanthophylls) に分類されている^{5,11)}。光合成活性のある植物組織に含まれている光合成機能に必要なカロテノイドは第一義カロテノイ

キーワード：葉分光反射スペクトル, カロテノイド組成, 薄層クロマトグラフィ, 秋季紅葉現象, キサントフィル・サイクル色素, 空間設計

Key words : Leaf reflectance, Carotenoid components, Thin-layer chromatography, Autumn senescence, The xanthophyll cycle pigments, Spatial planning

図1 高等植物の主要なカロテノイドの構造式^{5,6,11)}。エポキシ (epoxy) を矢印で、ヒドロキシ (hydroxy) をゴシック字体で示した。

Fig. 1 Chemical structure of the main chloroplast carotenoids of higher plants. Small arrows indicate the epoxy groups and Gothic script shows the hydroxy groups.^{5,6,11)}

ド (primary carotenoids), 黄色から赤を示す果実や花のカロテノイドは第二義カロテノイド (secondary carotenoids) とよばれている¹¹⁾。図2に示すように緑葉, 落葉広葉樹の黄葉・紅葉にかかわらず, 分光スペクトルにおいて, カロテノイドは可視・青領域の吸収要因となっている^{18,20)}。

この報告は, 植物葉分光スペクトル特性におよぼすカロテノイド組成の影響について, 光合成活性のある緑葉および秋季の黄葉・紅葉の薄層クロマトグラフィ (TLC) により得られた定性組成から述べる。さらに, その応用展開の技術として, リモートセンシング植生域解析での特性利用について論じ, 光合成活性計測技術としてのキサントフィル・サイクル色素の遠隔探知のメカニズムについても記述する。また, 緑化の機能の視点から, カロテノイドが関与

する領域の分光スペクトル特性を空間設計の基礎データとして考えた場合, スペクトル特性をいかした緑化設計により, 私たちの健康に有害な作用をおよぼしている過剰な青色光の光環境の緩和ができることについても言及する。

2. 材料および方法

2.1 材料

試料は, 暖温帯樹種より落葉広葉樹で秋季に黄葉するエノキ (*Celtis sinensis* Persoon), 紅葉するイロハモミジ (*Acer palmatum* Thunb.), 常緑広葉樹のコジイ (*Castanopsis cuspidata* (Thunberg) Schottky) およびタブノキ (*Persea thunbergii* (Sieb. et Zucc.) Kostermans), 常緑針葉樹のスギ (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) の5種とし,

図 2 カロテノイドが緑葉および秋季の黄葉・紅葉の分光スペクトル特性におよぼす影響。緑葉の可視・青領域の低い反射はクロロフィルとカロテノイドによる。秋季の黄葉・紅葉では残存するカロテノイドにより可視・青領域の反射は低い^{18,20)}。

Fig. 2 Leaf reflectance with various physiological states. The low reflectance of photosynthetically active green leaf in the visible blue region is caused by chlorophylls and carotenoids. Yellow leaves and red leaves with autumn senescence show low reflectance in the visible blue region affected by remaining carotenoids.^{18,20)}

試料木として京都府立大学構内と京都府立植物園の樹高3 m以上の林分構成個体を選定した。同一個体の南向きの陽葉部分(常緑樹種については当年葉)を、高枝切りで枝ごと午前中に採取した。採取した枝は、アイスボックスに入れて研究室に持ち帰り、直ちに色素の抽出に供した。試料は緑葉期については1990年9月21日、紅葉時については同年11月21日、枯葉については冬季の林床から乾燥状態の当年落葉を1995年2月23日に採取した。

2.2 方法

2.2.1 樹葉の分光反射スペクトル測定方法

分光光度計(島津製作所製, UV-2100)の内部に積分球付属装置(島津製作所製, ISR-260)を装着して、350~800 nmの波長域について0.2 nm間隔で単葉の分光反射スペクトルを測定した。

2.2.2 クロロフィルとカロテノイドの抽出方法

葉色素の抽出はSANGER¹⁵⁾の方法にしたがい、基本的に暗条件下で行った。採取した樹葉はそれぞれ正確に5 gを計量し、細断し、少量(25 ml)の90%冷アセトン(-15°C)とともに、1 gのMgCO₃を加え、ワーリングブレンダーで粉碎し、ガラスフィルターを用いて減圧吸引濾過した。残渣はアセトンで再抽出し、同様の手順を3回繰り返し最終体積を200 mlにした。このアセトン抽出液にはクロロフィルとカロテノイドが含まれている。

2.2.3 アセトン抽出液からの総カロテノイド抽出方法

以下のSANGER¹⁵⁾の方法にしたがい、アセトン抽出溶液に含まれているクロロフィルをケン化・転溶処理により取り除き、総カロテノイド抽出溶液を得た。アセトン抽出液のうち25 mlに、同量の20%メタノール性KOHを加えラップで覆い、暗室下室温で2時間ケン化を行った。その後、カロテノイドを分液ロートを用いて、石油エーテル(沸点30~60°C)に転溶させ抽出し、この石油エーテル溶液を蒸留水で洗浄し、無水Na₂SO₄で乾燥させた後、総カロテノイド抽出溶液を得た。

2.2.4 総カロテノイド抽出溶液の吸光度スペクトル測定方法

自記分光光度計(島津製作所製, UV-2100)により、10 mm石英セルに入れた総カロテノイド抽出石油エーテル溶液について、石油エーテルを対照として吸光度スペクトルを測定した。

2.2.5 薄層クロマトグラフィによるカロテノイド類分離方法

上記の方法で得られたアセトン抽出液およびカロテノイド抽出石油エーテル溶液を、必要に応じてエバポレーターで濃縮し、点着試料とした。市販のシリカTLCプレート(Whatman PLK5F)に試料をスポットし、ドライヤーで完全に乾燥させて展開槽に入れた。なお、Whatman PLK5F(20 cm×20 cm)の下部には3.5×20.0 cmの前吸着・点着領域(preadsorbent spotting area)が設定されており、スタートが一致し、試料は水平に分離する。

展開溶媒は、似かよった酸素加反応(oxygenate)をしているカロテノイドを識別するための分離力の優れたFRANCIS and ISAKSEN(1988)²⁾の方法、石油エーテル(petroleum ether, 沸点40~60°C):第三ブタノール(*tert*-butanol)=80:20(v/v percent), を選択した。展開は、展開槽が溶媒気体で満たされるように注意し、室温、暗条件下で行った。色素の種類は、5樹種の緑葉、秋季のエノキの黄葉、紅葉のイロハモミジについて、定法^{2,5,6)}にしたがい、薄層クロマトグラム上のR_F値(展開物質の移動距離/溶媒の始点から先端までの移動距離×100)および色調から同定した。

3. 結果および考察

3.1 緑葉の総カロテノイド吸光度スペクトル

図3に5樹種の緑葉の総カロテノイド抽出石油エーテル溶液の吸光度スペクトルを示した。5樹種の全てで、可視・青領域(400~500 nm)が吸収領域で、主要な吸収ピークが450 nm付近にあり、その両側に二つの吸収ピークがあるカロテノイドに特徴的な吸収スペクトルを示した。吸収スペクトルの波形が非常に似かよっていることから、樹種による組成の差異は極めて少ないと考えられた。

3.2 緑葉のTLC

図4に光合成活性のある5樹種の緑葉カロテノイド類の薄層クロマトグラムを示した。5樹種の緑葉に共通に、カロテン類(carotenenes), およびキサントフィル類のルテイン(lutein), ヴィオラキサンチン(violaxanthin), およびネオキササンチン(neoxanthin)が確認された。カロチン類とルテインは橙黄色、ヴィオラキサンチンは黄色、ネオキササンチンは淡黄色を示した。

これまでの報告では、高等植物の緑葉に含まれる

図 3 5 樹種の緑葉から抽出した総カロテノイドの吸光度スペクトル
(対照：石油エーテル，光路長：10 mm)

Fig. 3 Absorption spectrum of total carotenoids extracted from green leaves of five different tree species
(Reference: petroleum ether, Pathlength: 10 mm)

カロテノイド類は、 β -カロテン、ルテイン、ヴィオラキサンチン、およびネオキサンチンが共通であり^{1,4,5,8,9,10,13,15,16}，その他に α -カロテン^{5,8,9}，クリプトキサンチン (cryptoxanthin)⁵，ゼアキサンチン (zeaxanthin)^{5,9}，アンテラキサンチン (antheraxanthin)^{1,9,10} が認められている場合もある。樹種の異なる本報告の TLC の結果からも，高等植物のカロテノイドの主要な組成の共通性が確認された。

3.3 秋季の黄葉・紅葉の総カロテノイド吸光度スペクトル

図 5 にクロロフィルがほぼ完全に分解された状態の黄葉のエノキ，紅葉のイロハモミジの総カロテノイド石油エーテル溶液の吸光度スペクトルを示した。両者ともに黄色カロテノイドに典型的な吸収スペクトルを示したが，緑葉の総カロテノイドと比較し，総カロテノイド量が減少しているにもかかわらず，長波長がわの吸収の端の部分（ショルダー：shoulder）の 500 nm あたりに上昇のシフトが認められ，組成の変化を示唆していた。

3.4 黄葉・紅葉の TLC

黄葉のエノキ・紅葉のイロハモミジに残存するカロテノイドの薄層クロマトグラムを図 6 に示した。破線はトレース (trace) を示す。黄葉・紅葉ともに，橙黄色のカロチン類，ルテインが明瞭に確認され，黄色のヴィオラキサンチン，および淡黄色のネオキ

サンチンがわずかに認められた。この結果は，樹種が異なる SANGER¹⁵⁾ によるペーパークロマトグラフィの結果と同様であり，黄葉・紅葉の植物生理学的变化により，カロテノイドの量の減少とともに組成も変動することが示された。これは，植物葉のカロテノイド組成が環境応答的に生理生態的な変化をする一例と考えられた。

4. カロテノイド組成が関与する分光スペクトル特性の応用技術

枯葉についてもカロテノイドは残存するという報告¹⁵⁾ もあり，図 7 に示すように，枯葉における可視・青領域についても，樹種によらず残存するカロテノイドによると考えられる吸収領域で反射は低い。図 8 にまとめたように，植物葉の分光スペクトルにおいて，緑葉，黄葉・紅葉さらには枯葉についても，可視・青領域はカロテノイドが関与する吸収領域である。植物葉の，紫外域¹⁷⁾ に続く可視・青領域の低い反射特性は，植物の種にかかわらず，また，季節変化も少ない特性である。したがって，今後基礎データの充実およびリモートセンシングデータとのフィードバックの必要があるが，リモートセンシングによる植生域解析において，気候帯，植物群落タイプあるいは季節変化にかかわらない植物の同化組織と同化組織に由来する地表被覆の共通特性とし

図4 5樹種の緑葉から抽出した色素の薄層クロマトグラム。光合成活性のある緑葉では主要なカロテノイド組成としてカロテン類、ルテイン、ヴィオラキサンチン、ネオキサンチンを含む^{5,11)}。

Fig. 4 Thin-layer chromatograms of pigments extracted from green leaves of five different tree species. Photosynthetically active green leaves include carotenes, lutein, violaxanthin, and neoxanthin as major components.^{5,11)}

て利用できる可能性がある。

カロテノイド組成変化にともなう分光反射スペクトル変化を応用する技術として、植生パラメータのキサントフィル・サイクル色素がある。光合成活性のある植物だけの特性として、光合成活性指標となるとされている“キサントフィル・サイクル色素の転換”が知られている。キサントフィルのヴィオラキサンチンは、吸収した光合成有効放射 (photosynthetically active radiation: PAR) が光合成反応の能力をこえるような過剰な強光条件下では、アンテラキサンチンを経てゼアキサンチンへと転換していく^{3,7,11)}。この反応は、光量を制限すると容易に

逆方向にもどっていく³⁾。この生化学的な組成転換にともなうエポキシ化の状態によって、キサントフィル・サイクル色素の吸収域全体はシフトする。可視・青領域はクロロフィルおよびカロテノイドの吸収が重なりあった領域であるために、吸収極大のシフトは捉えることができない。しかし、可視・緑領域にあるキサントフィル・サイクル色素吸収のショルダのシフトについては、エポキシ化の異なる状態の植物葉反射スペクトルについて差スペクトルを求めると、その差分が531 nm付近をピークとしてあらわれる³⁾、というものである。この531 nm付近のシグナルは植物生理学の理論に基づいて探知さ

図 5 秋季の黄葉・紅葉から抽出した総カロテノイドの吸光度スペクトル
(対照：石油エーテル，光路長：10 mm)

Fig. 5 Absorption spectrum of total carotenoids extracted from yellow leaves and red leaves with autumn senescence (Reference: petroleum ether, Pathlength: 10 mm)

図 6 秋季の黄葉・紅葉から抽出した色素の薄層クロマトグラム

Fig. 6 Thin-layer chromatograms of pigments extracted from yellow leaves and red leaves with autumn senescence. Carotenes and lutein were observed with traces of violaxanthin and neoxanthin.

れ，しかもこの変換は光合成活性の指標となることから，植物の光合成効率(photosynthetic efficiency)のパラメータとして研究がすすめられている³⁾。光合成研究でキサントフィル・サイクルは1970年代から知られている現象で^{3,7,11)}，リモートセンシングの分光スペクトル解析によって捉える試みは1990年代になってからである³⁾。これらの報告ではキサントフィル・サイクル色素のエポキシ化状態の定量には高速液体クロマトグラフィ(HPLC)が用いられ

ており，これまで葉重量あたりで求めることが多かった色素量は，葉面積あたりで扱われている。

また，植物葉のカロテノイドが関与する可視・青領域特性を光環境空間設計の基礎データとして考えると，植物葉スペクトル特性をいかした植物の設計と運営により，過剰な青色光環境の緩和という機能を創出できる^{17,19)}。

光環境は，世代を超えて私たちの健康に大きく影響をおよぼす。たとえば，紫外線の過剰な被曝は，

図 7 5 樹種の枯葉の可視域分光反射スペクトル。樹種にかかわらず、青領域の反射は低い。

Fig. 7 Spectral reflectance in the visible region of dead leaves of five different tree species. Reflectance in the blue region was low.

皮膚ガン、アトピー性皮膚炎の要因となり、身体全体の免疫力（私たちの身体自身が持つガンや病原菌を抑える機能）を低下させる。世界的に社会問題となっている白内障は、眼の入り口でレンズの役割をしている水晶体が白濁するもので失明する場合もあり、紫外線はその要因である。紫外線のみならず、紫外域に近い可視・青領域の光も、私たちの眼球後方の網膜を構成している光を感じる細胞である視細胞に非可逆的な傷害を引き起こし、加齢性網膜色素変性症の要因とされている。このような網膜の損傷・変性によっても、視覚は著しく劣化し、失明に至る場合もある。植物葉は可視・青領域光をカロテノイド類などにより選択的に吸収している。植物葉を透過した光は可視・青領域の光が著しく減少する。植物葉を反射した光についても青色光は減少する。しかも、この特性は、芽吹きから夏の緑葉、秋の黄葉・紅葉においても季節変化は少なく、さらに、冬季の落葉についてもこの特性を失っていない。したがって、このような特性をいかした植物の設計と

図 8 カロテノイドにより緑葉、黄葉・紅葉さらには枯葉でも可視・青領域の反射は低い。しかし、光合成活性のある植物でのみ、強光下でキサントフィル・サイクル色素の変換により組成が変動し、その吸収域のシフトによる分光スペクトル変化は差スペクトルで遠隔探知できる³⁾。

Fig. 8 Reflectance in the visible blue region with various physiological states of leaves, photosynthetically active green, autumn senescence and falling dead, is low by absorption of carotenoids. Only in photosynthetically active leaves excessive absorbed light causes deepoxidation of the xanthophyll violaxanthin. The difference spectrum associated with conversions of the xanthophyll cycle pigments results in a detectable shift in the leaf reflectance.³⁾

運営により、労働空間、居住空間、教育空間の青色光の光環境を緩和することができる。このような空間計画にあたっては、熱環境の緩和、景観、有機的な水の浄化・循環利用、温暖化ガス CO₂ 固定といった機能とともに、季節性などさまざまな多様な植物素材のそれぞれの特性をいかして、光環境をも統合的に設計し運営する視点が必要である。

5. まとめ

植物葉分光スペクトル特性におよぼすカロテノイド組成の影響について、薄層クロマトグラフィ (TLC) による定性組成から述べた。5 樹種の緑葉の主要なカロテノイド組成は、カロテン類、ルテイン、ヴィオラキサンチン、ネオキサンチンであり、高等植物のカロテノイド組成の共通性が確認された。黄葉・紅葉ではカロテノイド量の減少とともにその組成は変動し、植物葉カロテノイド組成が環境応答的に生理生態的な変化をすることが示唆された。植物葉の分光スペクトルにおいて、可視・青領域は、植物種によらず、また、緑葉、黄葉・紅葉さらには枯葉についてもカロテノイドが関与する吸収領域であり、以下のような応用展開が考えられる。

1. カロテノイドが関与する植物葉の可視・青領域の低い反射の共通性は、今後リモートセンシング技術による植生域解析において、気候帯、植物群落タイプあるいは季節変化にかかわらない植物の同化組織と同化組織に由来する地表被覆の共通特性として利用できる可能性がある。

2. 温暖化問題と関連して、二酸化炭素吸収源としての光合成計測技術が求められている。光合成活性のある植物において、光条件によってカロテノイド組成が変換するキサントフィル・サイクル色素は、組成変化にともなう分光反射スペクトルシフトを遠隔探査でき、光合成活性指標となる植生パラメータとされている¹⁴⁾。

3. カロテノイド類による植物葉の可視・青領域光の選択的な吸収は、植物葉の反射・透過光から青色光を著しく減少させる。この青領域特性を光環境空間設計の基礎データとして考え、スペクトル特性をいかした緑化の設計と運営により、過剰な青色光環境を緩和する機能性空間を創出することができる^{17,19)}。

本報告は、平成 11 年度～平成 12 年度(平成 11 年

8 月 31 日、退職により廃止) 科学研究費補助金(基盤研究(C)(2); 課題番号: 11650553)「紫外線環境緩和の機能の視点から考える地域特性のある都市緑化の景観設計と管理」の研究成果の一部である。

引用文献

- 1) BRIGGS, D. E.: Barley. Chapman & Hall Ltd., London, 612 pp., 1978
- 2) FRANCIS, G. W. and ISAKSEN, M.: Thin-layer chromatography of carotenoids with tertiary alcohol-petroleum ether solutions as developing solvents. J. Food Sci., **53**(3), 979-980, 1988
- 3) GAMON, J. A., PEÑUELAS, J. and FIELD, C. B.: A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. Remote Sens. Environ., **41**, 35-44, 1992
- 4) GOODWIN, T. W.: Studies in carotenogenesis. The changes in carotenoid and chlorophyll pigments in the leaves of deciduous trees during autumn necrosis. Biochem. J., **68**, 503-511, 1958
- 5) GOODWIN, T. W.: Chemistry and biochemistry of plant pigments. Academic Press, London, New York, 583 pp., 1964
- 6) HARBORNE, J. B.: Phytochemical methods, 2nd ed. Chapman and Hall, London, New York, 288 pp., 1984
- 7) 林 孝三: 植物色素, 養賢堂, 647 pp., 1988
- 8) IDA, K.: Eco-physiological studies on the response of Taxodiaceae conifers to shading, with special reference to the behaviour of leaf pigments. I. Distribution of carotenoids in green and autumnal reddish brown leaves of gymnosperms. Bot. Mag. Tokyo, **94**, 41-54, 1981
- 9) IDA, K., MASAMOTO, K., MAOKA, T., FUJIWARA, Y., TAKEDA, S. and HASEGAWA, E.: The leaves of the common box, *Buxus sempervirens* (Buxaceae), become red as the level of a red carotenoid, anhydroeschscholtzianin, increases. J. Plant Res., **108**, 369-376, 1995
- 10) LICHTENTHALER, H. K.: Light-stimulated synthesis of plastid quinones and pigments in etiolated barley seedlings. Biochim. Biophys. Acta, **184**, 164-172, 1969
- 11) LICHTENTHALER, H. K.: Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, **148**, 350-382, 1987
- 12) ODUM, E. P.: Fundamentals of ecology, 3rd ed. W. B. Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, 574 pp., 1971
- 13) 朴 慶培・佐藤 庚: 水稻幼植物の葉身の色素分離法について, 日作紀, **50**(2), 239-240, 1981
- 14) 六川修一, 山形与志樹, 土田 聡, 小熊宏之, 関根

- 秀真：温室効果ガス削減問題における今後のリモートセンシングの役割, 日本リモートセンシング学会第25回学術講演会, A29, 77-80, 1998
- 15) SANGER, J. E.: Quantitative investigations of leaf pigments from their inception in buds through autumn coloration to decomposition in falling leaves. *Ecology*, **52**(6), 1075-1089, 1971
- 16) SHIRAKI, M., YOSHIMURA, M. and IRIYAMA, K.: Rapid and easy separation of chlorophylls, their derivatives, and plant yellow pigments by thin-layer chromatography. *Chem. Letts.*, **73**, 103-104, 1978
- 17) 吉村晴佳：植物葉の紫外域分光スペクトル特性の季節性, 日本リモートセンシング学会 第22回学術講演会論文集, B17, 125-128, 1997
- 18) 吉村晴佳：葉齢による樹葉の近赤外域分光特性と重なる効果, 日本リモートセンシング学会誌, **18**(1), 42-56, 1998
- 19) 吉村晴佳：都市の有害紫外線環境の緩和に関する緑化の機能の理論的研究, 平成9年度～平成10年度文部省科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)) (課題番号: 09650594) 研究成果報告書, 1999
- 20) 吉村晴佳・石田雅士・小橋澄治・大手桂二：樹葉の季節的可視域分光特性変化におよぼす植物色素の影響, 日本緑化工学会誌, **20**(2), 99-110, 1994 (1999. 1. 9 受理)

Summary

The relationship between spectral properties of tree leaves and components of carotenoids is discussed by the results of absorption spectrum and thin-layer chromatography (TLC). The technical applications are also referred. The results of thin-layer chromatography from five different species showed that photosynthetically active green leaves include carotenes, lutein, violaxanthin and neoxanthin as major components. The components of carotenoids altered in yellow leaves and red leaves of deciduous trees during autumn coloration. Carotenes and lutein were observed with traces of violaxanthin and neoxanthin. Reflectance in the visible blue region with various physiological states of leaves, photosynthetically active green, autumn senescence and falling dead, was low by absorption of carotenoids. Only in photosynthetically active leaves, excessive absorbed light causes deepoxidation of the xanthophyll violaxanthin. The difference spectrum associated with conversions of the xanthophyll cycle pigments results in a detectable shift in the leaf reflectance. Using functions of leaf spectral properties in the visible blue region, spatial planning involving trees and plants would abate the overabundant blue light environment harmful to our eyes. From the viewpoint of monitoring terrestrial vegetation in remote sensing, the blue band would be useful for discriminating vegetative cover.