

ポトスの葉焼けについて

Burnt leaves of *Epipremnum aureum*

山口龍一 田中歩
Yamaguchi Ryuichi Tanaka Ayumu

指導教員 甲斐瑞枝

要約

直射日光に当たることで引き起こされる葉焼けだが、その要因は一般的には太陽光の放つ熱だといわれているが、光阻害により色素が破壊されることも広く知られている。そこで、ポトスの葉を用い、人工的に葉焼けの様な状態（葉の変色）を引き起こした。しかし、光には熱が伴うため、急激な温度変化が変色を起こす要因の一つではないかと考え、光を当てた時と同程度の温度に変化させる実験を繰り返したが葉の様子に変化は見られなかった。では、もっと高い温度に触れたときの葉はどのような変化が見られるのか観察した結果、見た目は光による変色と大差なかった。そこで、高温と強光、強光のみ、高温のみの各条件下で変色した葉の吸光度を調べた結果、強光照射の条件下でのみ明らかに吸光度の低下、つまりクロロフィルの破壊が見られた。このことから、我々は葉焼けを吸光度の低下と共に変色が起こる現象であると定義した。

キーワード：ポトス、葉焼け、強光、高温、変色、スペクトラム、吸光度

1. はじめに

普段植物を観察すると、冬でもないのに一部が枯れている葉をよく見かけることがある。これは、葉焼けと呼ばれる現象である。葉焼けのメカニズムは太陽光の熱によって引き起こされると一般的には考えられている。しかしながら、強光下では光阻害によって葉緑体が損傷を受けることがよく知られており、葉焼けとの関係など、そのメカニズムは、詳細には解明されていない。そこでまずは、葉の変色（以降、変色）はどのような条件下で起きるのかを明らかにし、葉焼けとはどのようなものであるか定義付けたいと考えた。実験対象として、比較的入手や生育が容易なポトス *Epipremnum aureum* を用い、検証を行った。

《光阻害とは》

光が強すぎ、吸収された光エネルギーがCO₂の固定で消費しきれない場合、光合成が阻害されることがある。これを光阻害という。光阻害で光合成の電子伝達系に生じる還元力は活性酸素を生成し、活性酸素は光合成に働くタンパク質の損傷を引き起こす。

2. 研究方法

(1) 実験対象：ポトス *Epipremnum aureum*

(2) 仮説

葉焼けの原因は以下の二通りあると考えた。

a) 葉焼けによる変色はクロロフィルが強い光によって、分解されて変色される。

b) 強い光から保護する色素が生成され変色する。

(クロロフィルは分解されていない。)

(3) 実験方法

【実験①】 気温を一定にした状態で人工光源により変色するのか

太陽光の照度を調べるため、本校の4ヶ所の地点で晴れた日に照度を測定する。なお、この測定値の平均値を「強光照度」と呼称する（以降、強光照度を超える光の強さを強光と称する）。人工気象器を用いポトスを18°C、庫内の照度1000luxで生育し、LEDライトを用い、強光(200klux程度)を1日3時間ポトスの葉に当てる。



図1：実験①の実験の様子

【実験②】 急激な温度上昇で変色するのか

庫内の蛍光灯の光だけで、1日に約3時間、庫内の温度を18°Cから27.5°C上昇させる。これを8回繰り返した。

【実験③】 色素の変化（吸光度測定）

《吸光度の調べ方》

変色葉の一定の面積（1.445cm²）を切り取り、細かく切り刻んで、十分にすり潰して、10mlの無水エタノールで色素を抽出して、分光光度計で400～750nm、0.00～0.75Aの範囲でスペクトラム測定

を行う。以後、(i)～(iii)での吸光度の調べ方をこのようにする。

(i) 高温+強光

実験①で使用していたLEDライトを葉に接触させるように照射させる。0,6,12,18・・・60秒と徐々に照射させる時間を長くして、計11枚の変色した葉の吸光度を調べる。吸光度のピーク値の変化をグラフにまとめる。

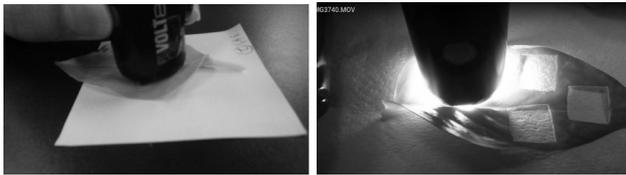


図2：実験③(i)の実験の様子

(ii) 強光

実験①の操作と同じように気温18℃一定にした状態で、LEDライトを用いて強光照度よりも強い照度(200klux程度)の光を1日3時間ポトスの葉に当てる作業を8回行い、葉を変色させ、吸光度を調べる。吸光度のピーク値の変化をグラフにまとめる。

(iii) 高温

葉をアルミホイルにつつま、光が葉に届かないようにし、ホットプレートにそれを置き、葉の表面温度を60℃に保って、葉を変色させ、吸光度を調べる。吸光度のピーク値の変化をグラフにまとめる。



図3：実験③(iii)の実験の様子

(iv) 枯れ葉

枯死した葉の吸光度を調べた。

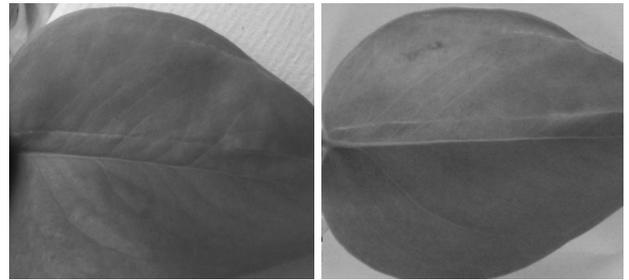
3. 結果

[実験①]

本校の4ヶ所の各地店の照度は、正門69.5 klux, 校庭中央77.2 klux, 東門78.45 klux, 南門78.35 kluxより平均75.875 kluxとなった。

LEDライトを用いてポトスに光を当てると、6回目の照射でやや黄色味を帯びていることが確認でき、8回

目にははっきりとした茶色く変色したことを確認できた。



6回目

8回目

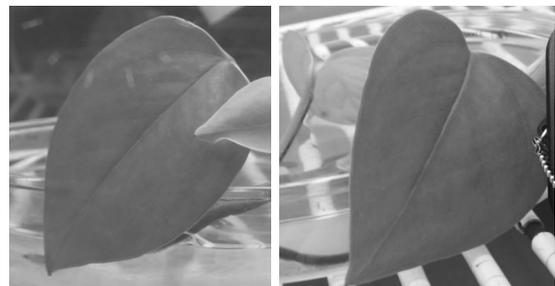
図4：LEDライトによる変色の様子

このとき光源から熱が発生していたため、サーモグラフィーを用いて葉の表面温度を調べた。

光を照射した葉の表面温度は、最高で31.6℃に達しており、光源から熱が発生していることが確認できた。このことから、急激な温度変化が変色の要因の一つではないかと考え、次の実験②を行った。実験②の結果は以下のとおりである。

[実験②]

サーモグラフィーを用いて複数回温度を観測したところ平均27.5℃であった。また、葉の表面温度をデジタル温度計を用いて測ったところ約23℃となった。よって条件を温度変化のみにして実験を行ったところ、変色が起きたときの回数と同じ回数行っても葉に変化はなかった。



1回目

8回目

図5：実験②前後の葉の様子

[実験③]

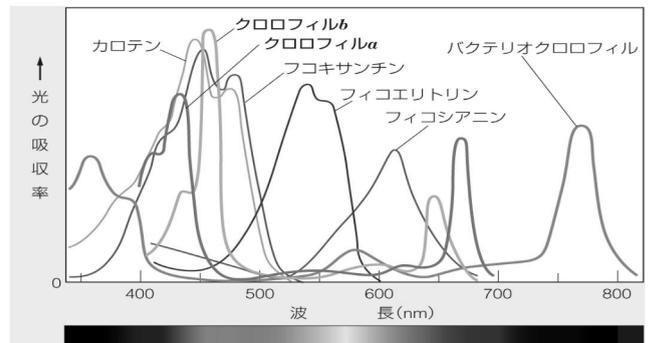


図6：光合成色素の吸収スペクトル

(数研出版 フォトサイエンス生物図録より)

補足：660nmの波長の光を吸収するのはクロロフィルである

(i) 高温+強光

図9は実験③の三回目の実験である。スペクトラムの波長のピーク値を用いて、波長の740nm,660nm,615nm,465nm,433nmの値を折れ線グラフにした。また、葉の大きさが足りず、36秒以降のスペクトラムは別の葉を用いたため0秒から36秒までのグラフと42秒から60秒までのグラフは実質的には別のものとなっている。

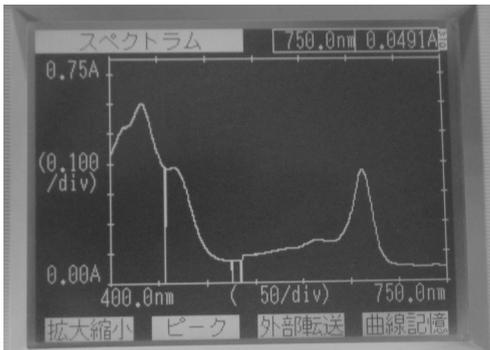
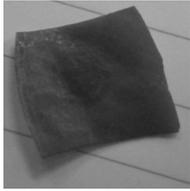


図7：6秒の高温と強光の葉の様子とスペクトラム

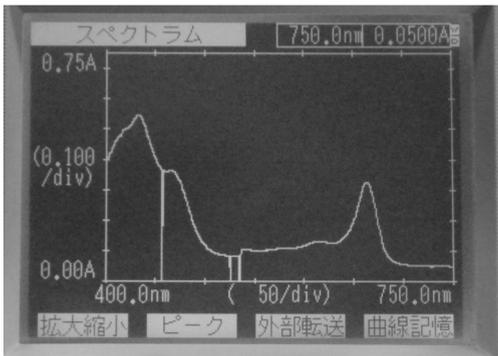
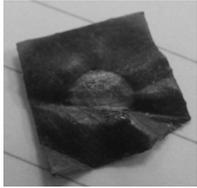


図8：60秒の高温と強光の葉の様子とスペクトラム

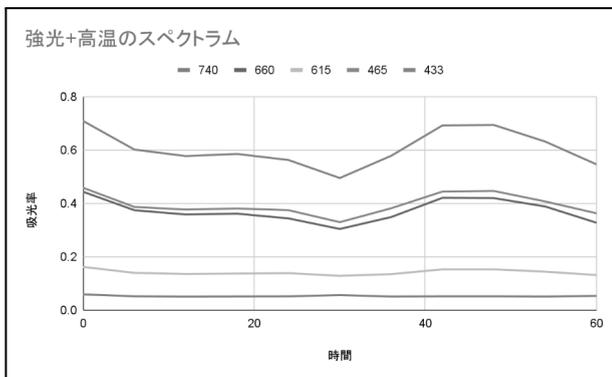


図9：強光と高温の葉のスペクトラムの折れ線グラフ

(ii) 強光

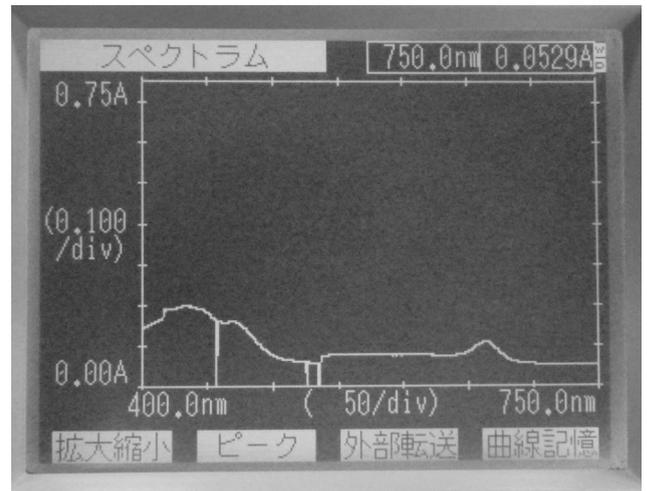
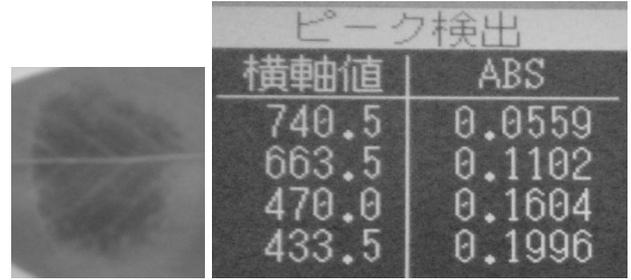


図10：強光の葉の様子とスペクトラム

(iii) 高温

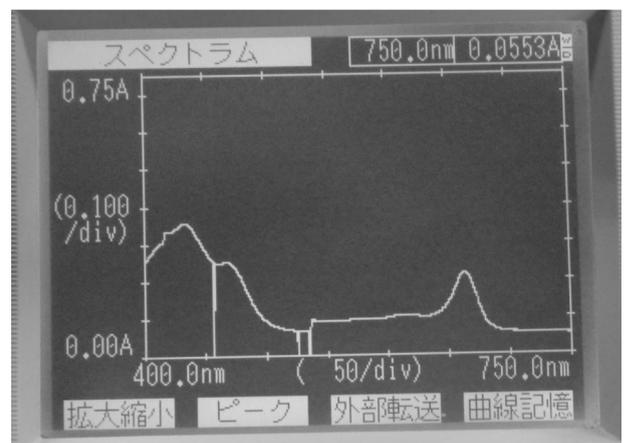


図11：高温の葉の様子とスペクトラム

(iv) 枯れ葉

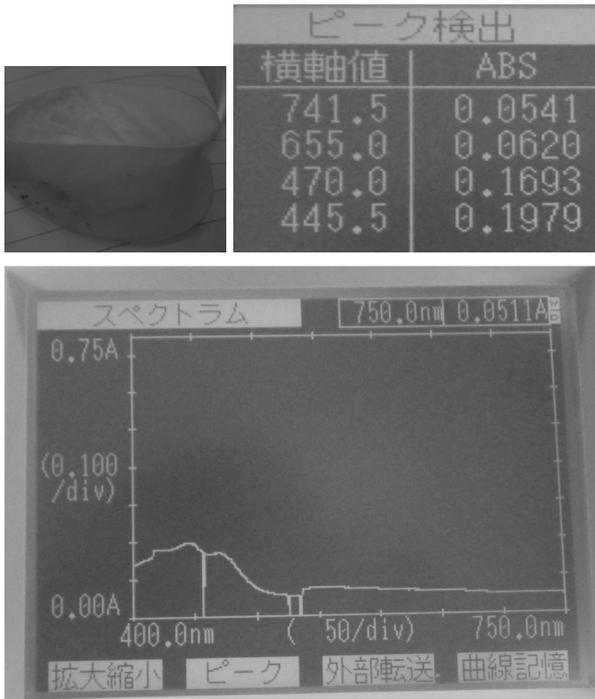


図1.2：枯れ葉の葉の様子とスペクトラム

4. 考察

直射日光により葉焼けが起こることは確認できていたが、今回、ポトスを用いて実験①を行い、人工の光源においても、強光(200klux)において葉焼けのような状態(葉の変色)が起こることが確認できた。しかし光源から熱が発生しており、ポトスの葉においても温度変化が見られたことから、急激な温度変化によっても変色が起こるのではないかと考えられた。そこで実験②を行ったが、急激な温度変化では変色が起こらなかった。これは、デジタル温度計の葉の表面温度の結果から、蒸散作用により多少の温度変化では葉の深部の温度を上昇させるには至らず、変色しないのではないかと考えた。

実験③の結果より、(i)、(iii)においては水分を蒸発させ、細胞の多糖類やタンパク質などの有機物が構造変化して変色が起こったと考えられる。いわゆる「焦げる」という現象だと推測される。また、構造変化による変色するスピードが、光が色素にダメージを与えるスピードより早いことにより(i)では、表面の炭化が起き、それ以降の光が、光合成色素まで届かなくなったと考えられる。

(ii)においては、強光による光阻害でクロロフィルが分解されて吸光度が変化したと考えられる。よって、仮説a)のクロロフィルが分解されたことは正しいが、仮説b)は誤っていると考えられる。また、(iv)枯れ葉の結果より、(ii)強光のほうは660nmの光を吸収するクロロフィルがわずかに存在しているよ

うに見えるのに対し、「枯死」した葉にはこの色素は残っていないと示唆される。

このことから「葉焼け」と「枯死」の違いは660nmの波長の光を吸収できるか否かであると考えられ、以上のことから、「焦げる」「葉焼け」「枯死」という3種類の葉の変色には明確な吸光度の相違点があることがわかった。これらのことから、強光の照射により吸光度の低下と共に変色が起こる現象を私たちは「葉焼け」と定義した。

5. 今後の課題

図9の補足より、(ii)強光葉及び(iv)枯れ葉の違いである660nmの波長の光を吸収するのはクロロフィルである。よって葉焼けした葉は光阻害によりクロロフィルを分解されてはいるが、わずかにクロロフィルが残っている状態であると思われる。なぜ660nmの波長を吸収するクロロフィルが残っているのか解明する必要がある。また、これらのことにより葉焼けした部分には葉緑体があることが示唆され、葉緑体が分裂し増殖すれば光合成の働きにより有機物を生成し、細胞の機能を再生する可能性があると考えられる。実際に現在、実験③の(ii)の実験方法で、光を6回程度当てているが変色がまだ見られていないポトスの葉がある。これは光を当てる実験をした際、照射の間隔が長くなったため、光を当てていない期間で葉緑体が分裂、増殖して細胞の機能が再生した可能性がある。よって、これが実際に行われているのか、観察または吸光度測定により確認していきたい。また、今回の葉焼けの実験は主にポトスのみを用いて実験をしていたため、ポトス固有の結果である可能性がある。したがって、他の植物においてもこのような実験を行い、結果がどの部分で共通または異なるのかを調べていきたい。

6. 参考文献

1. Toshio Sakamoto, Yang Wei, Koki Yuasa, Yoshitaka Nishiyama. Recovery of photosynthesis after long-term storage in the terrestrial cyanobacterium *Nostoc commune*. The Journal of general and applied microbiology 2022
2. 阿部敏之 オリエンタル系ユリ類に多発する葉焼け障害について 園学北陸支部要旨 p30 1996
3. 園池公毅 光合成とはなにか 講談社ブルーバックス 2008
4. 数研出版 フォトサイエンス生物図録 三訂版
5. 実教出版 サイエンスビュー生物総合資料 四訂版