

27. 葉色変化の要因の解明と紅葉の再現化

学校法人 静岡理工科大学 静岡北高等学校 科学部 植物班
2年 望月春奈・岡部恭明・塩澤拓海・星戸 和

1 はじめに

紅葉は日本の美しい景色の一つであり、和歌にも取り上げられるほど古くから日本人に馴染みのある自然現象であるが、その葉色変化の直接的要因はまだ解明されていない。そこで、紅葉の具体的な要因を解明するため本研究を開始した。しかし葉色変化には長期間を要し、研究できる時期に限られる。そこで、環境要因に着目し、意図的に葉色を変化させる実験を行い、成功すれば紅葉の要因解明に繋がると考えた。また、この技術は日本を訪れる外国人に四季の変化をアピールする観光資源として利用できると考えた。

2 目的

葉に含まれる色素が1年間でどのような量的変化をするのかをみる。老化を促進し、葉色変化にかかる時間の短縮をするため、通常動物実験に用いられ、強制的に細胞老化を促す Senescence 法を植物に用いた実験を行い、その効果を調べることが目的とする。

3. 通年の色素量変化

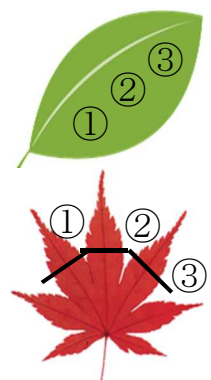
3-1. 材料

ケヤキ、カエデ、イチョウの3種。

3-2. 方法

前年度の成果から、葉色変化は葉に含まれる色素の量的変化に影響されると分かったため、実験方法には色価測定法を用いた。光合成色素の測定には比較的初期費用の低い吸光度法を用いた。本実験は2015年4月～12月までの期間行った。葉の選定、抽出法及び吸光度は以下の方法とする。

葉は校内にある木種の中で、比較的柔らかい葉を用いた。葉柄側から①②③とし、直径1cmのコルクボーラーを用いて1枚の葉から3枚のリーフディスクを作成し質量を測定した。リーフディスクが作成困難なカエデは、葉の先端部分をハサミにておおよそ同じ大きさに切り出した。冷凍庫で冷やした乳鉢にリーフディスクを1枚入れ、アセトントリスバッファー (Acetone:Tris = 4:1 volume; pH=7.8) を加え、乳棒ですり潰した後、エッペンチューブに移し入れ6,000rpmで3分間遠心分離し、メスシリンダーに上澄み液を移し入れた。その後アセトントリスバッファーを加えおおよそ3mLとした。Sims and Gamon (2002)らの方法により吸光度計を用いて葉1mgあたりに含まれるChlorophyll a, Chlorophyll b, Carotenoid, Anthocyanin を定量した。



リーフディスク作成方法

3-3. 結果

Chlorophyll a, Chlorophyll b, Carotenoid, Anthocyanin を以下 Chl. a, Chl. b, Carote.、Antho. とする。採取した葉には青緑色色素の Chl. a、黄緑色色素の Chl. b、黄色色素の Carote.、赤色色素の Antho. が含まれていた。ケヤキ、カエデは木の上方部にある葉から色が変化し、イチョウは葉の位置に関係なく葉色が変化していた。また、葉色が変化したのは Carote. が Chl. a, Chl. b を上回った時であった。各種類のグラフを以下に示す。

3-3-1. ケヤキ

- ① Chl. は7月中旬頃まで上昇したが、9月下旬から急激に減少した。
- ② Carote. は一定だった。
- ③ Antho. は存在しなかった。

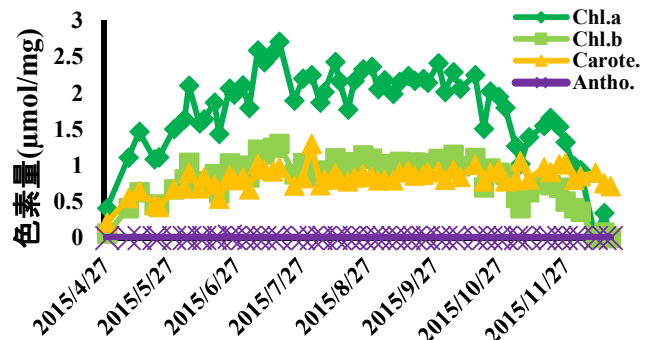


図1 2015年 通年色素量変化

3-3-2 イチョウ

- ① Chl. は7月下旬頃まで一定であったが、その後緩やかに減少した。
- ② Carote. は一定だった。
- ③ Antho. は存在しなかった。

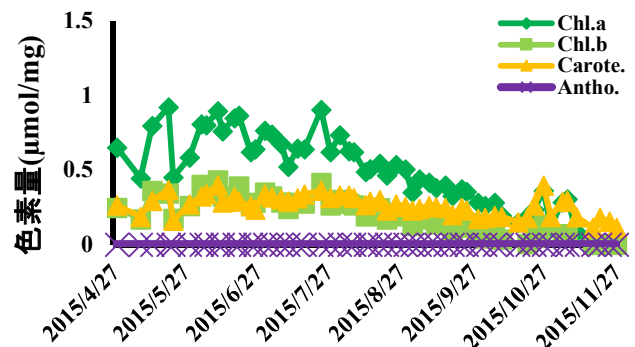


図2 2015年 通年色素量変化

3-3-3. カエデ

- ① Chl. は7月中旬頃まで上昇し、11月中旬から急激に減少していた。
- ② Carote. は一定だった。
- ③ Antho. は Chl. の急激な減少と同時に上昇した。

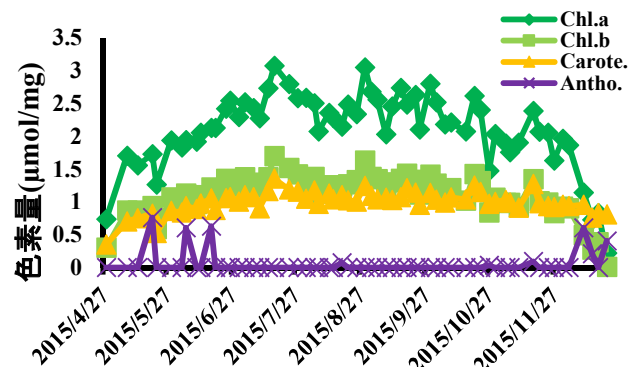


図3 2015年 通年色素量変化

3-4. 考察

全ての木に共通して、Carote. が Chl. を上回った時に葉色に変化したことから、これが葉色を変化させる際の最終条件であると考えられる。ケヤキとカエデは、日当たりのよい位置にあった葉から色を変化しており、Chl. a のピークは夏至の約1週間後であったことから、葉色変化の要因として日照時間が深く関係しているのではないかと考えられる。また、カエデの Antho. は Chl. の急激な減少と同時に上昇したことより、Chl. を保護するために表層付近に現れ、葉色を変化させたと考えられる。イチョウの Chl. は、7月下旬頃から分解され始め、その時の気温が 35℃程度だったことから、Chl. は 35℃を感知すると分解され始めるのではないかと考えた。よって、イチョウの葉色変化の要因として温度が深く関係しているのではないかと考えられる。これは、ケヤキやカエデとは違い、日当たりと葉の位置が Chl. の分解に関係なかったことから伺える。

4. Plant Senescence

4-1. 材料

ケヤキ、イチョウ、カエデの3種。

4-2. 仮説

植物の場合は老化により葉色変化、代謝低下が起き、動物の場合は代謝低下が起きる。両者とも、老化により代謝低下が起きることから、動物の代謝を低下させる実験を植物に行うことで、植物の代謝も低下し、葉は老化し、葉色が変わるのではないかと考えた。また、光合成阻害し、老化に作用すると言われる植物ホルモンを与えることで葉色変化にかかる時間を短縮できると考えた。

4-3. 方法

葉の採取後、1～16日間放置した。3日おきに葉を採取し、その後上記と同様に色素抽出及び吸光度の測定を行った。実験方法としては、

① 水のみを与えた。

② 植物内で加水分解され、ジャスモン酸(JA)になるジャスモン酸メチル(MeJA)を与えた。

※今回は濃度の違う MeJA 溶液を 2 種類(0.001mM、0.01mM)用意した。JA はジャスミンの香り成分として知られ、老化促進や生育阻害、病傷害応答に関わると言われる植物ホルモンである。

①②は同一条件として日光を遮断した。本実験は6月と8月の計2回実施し、結果を比較した。

4-4. 結果

4-4-1. ケヤキ

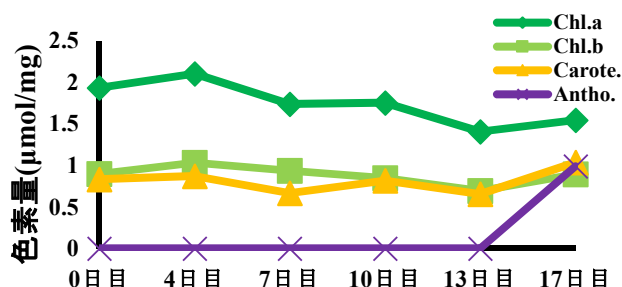


図4 日光遮断 6月 Plant Senescence

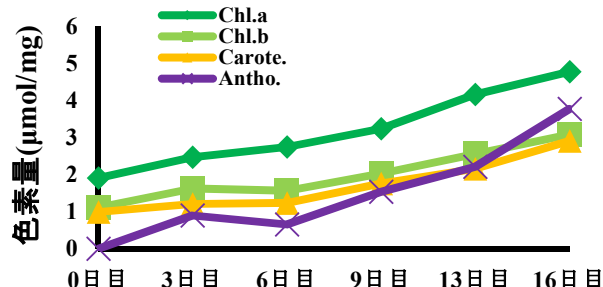


図5 日光遮断 8月 Plant Senescence

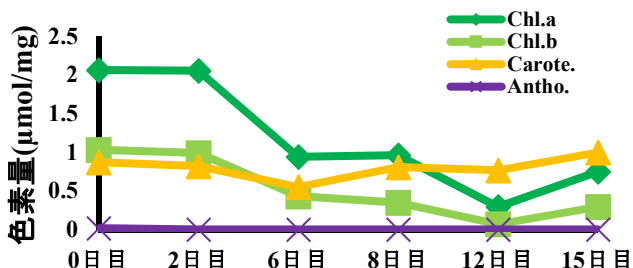


図6 MeJA 0.001mM 6月 PlantSenescence

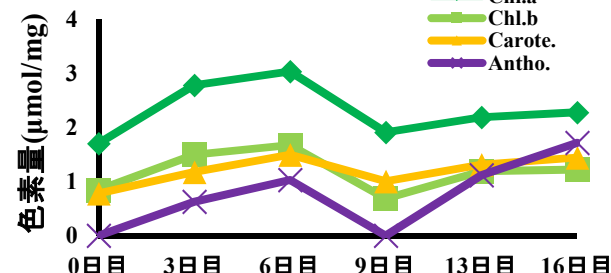


図7 MeJA 0.001mM 8月 PlantSenescence

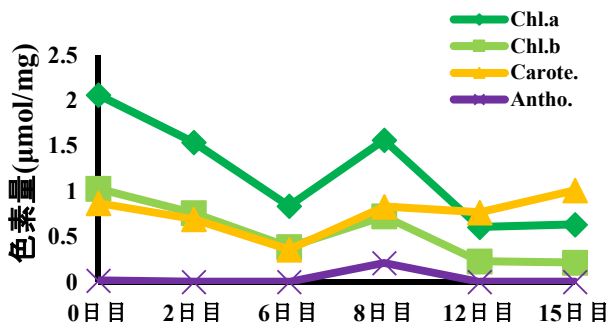


図8 MeJA 0.01mM 6月 PlantSenescence

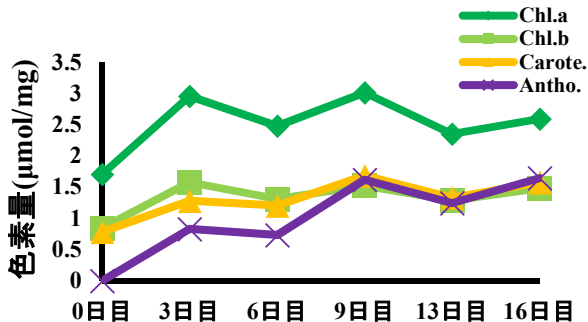


図9 MeJA 0.01mM 8月 PlantSenescence

4-4-1-1. 考察

6月 MeJA では、葉色は黄色に近い褐色に変化した。その際、Chl. は通年の紅葉時の値まで分解され Carote. を下回り、Antho. はなかった。これらは通年の結果と同様だったことから、MeJA が老化を促進したことで、葉色が変わったと考えられる。

8月、全種において Antho.、Carote. は Chl. a を超えなかったが、葉色は赤に近い褐色に近づいた。これは Antho. が Chl. より表層に近い所に存在したからと考えられる。また、日光遮断と MeJA の Antho. を比較すると MeJA の方が最終日の値が小さいことから、MeJA は Antho. を抑制したと考えられる。また、MeJA 0.001mM の Chl. は6日目から9日目にかけて分解されていた。これにより、今回用いた MeJA の濃度は Chl. 分解に適していたと考えられる。よって今後は、紅葉の機構を刺激し Chl. 分解により適した MeJA の濃度を見つける必要がある。

4-4-2. イチョウ

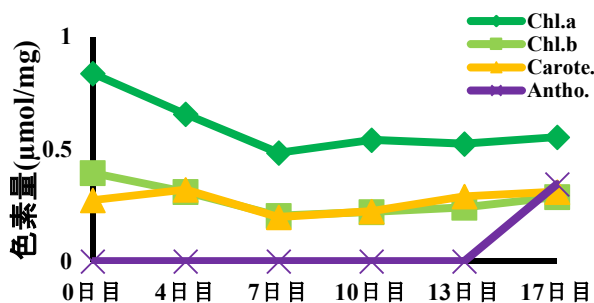


図9 日光遮断 6月 Plant Senescence

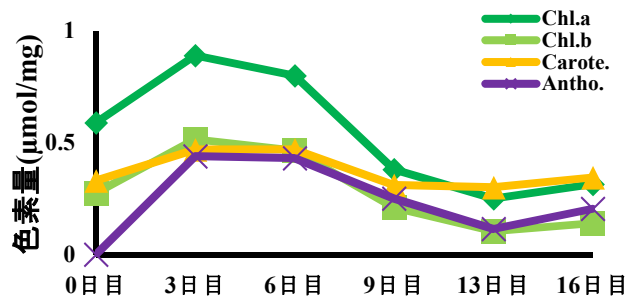


図10 日光遮断 8月 Plant Senescence

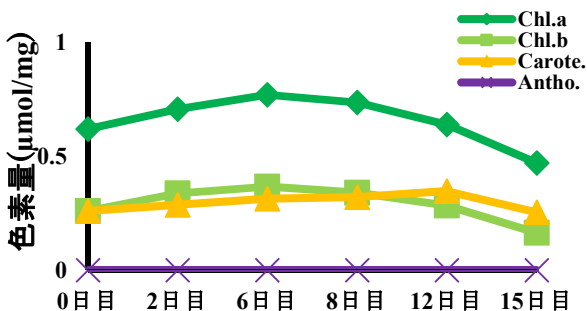


図11 MeJA 0.001mM 6月 Plant Senescence

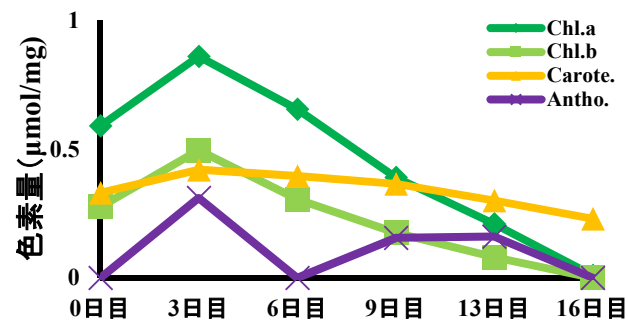


図12 MeJA 0.001mM 8月 Plant Senescence

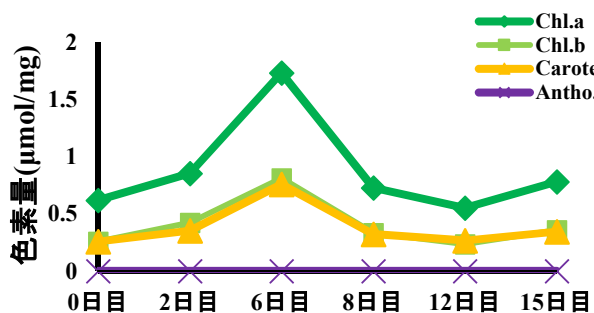


図13 MeJA 0.01mM 6月 Plant Senescence

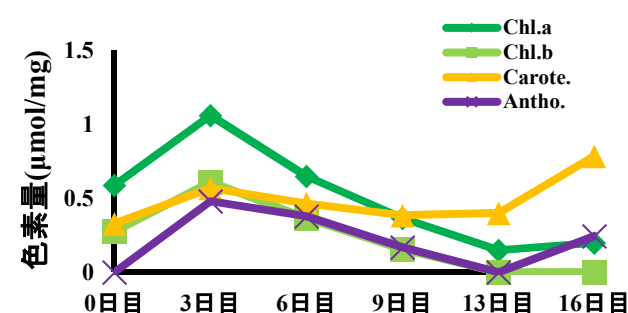


図14 MeJA 0.01mM 8月 Plant Senescence

4-4-2-1. 考察

6月は葉色に変化はなかった。しかし色素量においては、日光遮断は一定だったが、MeJA は通年の変化に類似し、6日目以降は減少傾向にあったことから、MeJA が老化促進したと考えられる。よって、MeJA を与え続ければ葉色は変化すると考え、そのためには葉が枯れない方法を模索する必要がある。また、6月の段階では葉が気温 35℃を感知していないため、葉色変化に時間がかかると考えられる。

8月は葉色に変化した。Chl. は紅葉時の値まで分解され Carote. を下回っており、MeJA は日光遮断より Chl. が分解され濃い黄葉が見られた。これにより JA が老化を促進、紅葉の機構を刺激したことで、Chl. 分解を促進したと考えられる。また8月では Antho. が増加し、葉色が濁った赤色のサンプルがあった。よって、鮮やかな黄葉をつくるには Antho. と Chl. を減らし、Carote. を増やせばよ

いとわかる。Antho. は 6 月の実験では見られなかったため、35℃の気温を感知していない葉では Antho. は上昇しにくいと考えられる。これをもとに、今後 Antho. の量を減らす方法を模索する。

4-4-3. カエデ

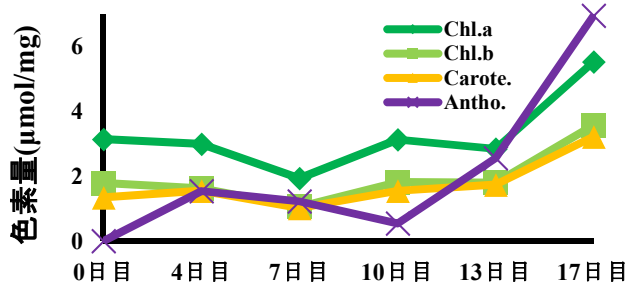


図 15 日光遮断 6 月 Plant Senescence

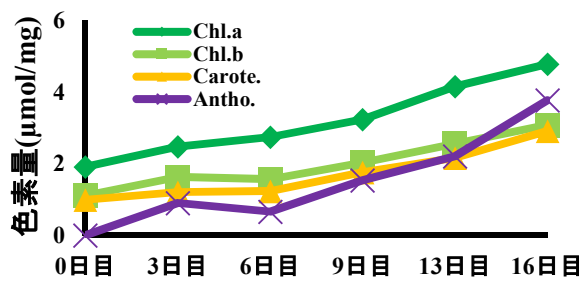


図 16 日光遮断 8 月 Plant Senescence

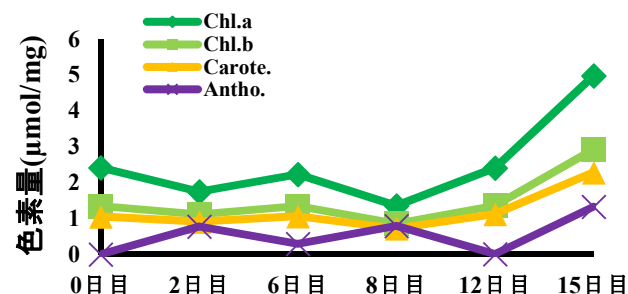


図 17 MeJA 0.001mM 6 月 Plant Senescence

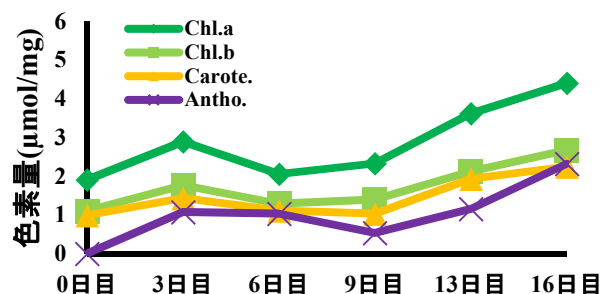


図 18 MeJA 0.001mM 8 月 Plant Senescence

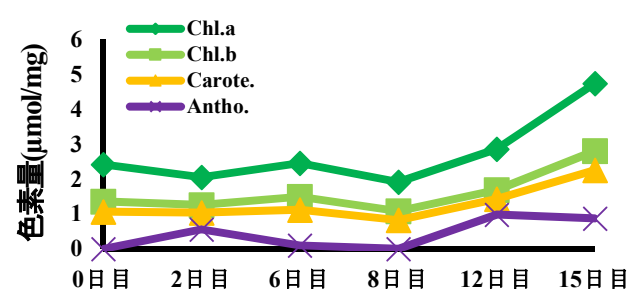


図 19 MeJA 0.01mM 6 月 Plant Senescence

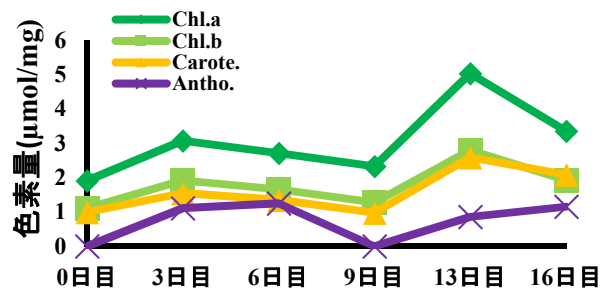


図 20 MeJA 0.01mM 8 月 Plant Senescence

4-4-3-1. 考察

Antho. が Chl. を超えたが葉色は変化しなかった。これには、2 つの原因が考えられる。1 つ目は、Chl. が葉の表層に多く存在したから。2 つ目は、Carote. が Chl. を超えず、紅葉の条件が満たされなかったからと考えられる。グラフより、9 日目以降の色素量が増加していた。これは、葉が枯れた事で密度が上がり、1g 当たりの色素量が上昇したためと考えられる。MeJA 0.01mM と 0.001mM を比較すると 0.01mM の方が Antho. 生成が抑制されていた。よって、MeJA の濃度で Antho. をコントロール出来ると考えられる。

5. 今後の課題

ケヤキは、Chl. 分解に適した濃度を見つける必要がある。

イチヨウは、6 月は葉色に変化せず、8 月は変化した。よって、6 月の葉でも葉色を変化させる方法を確立する必要がある。また、8 月の実験で、Antho. の比率が高かった葉の色が濁ったため、Antho. を抑制する方法を考える必要がある。

カエデは、Senescence 実験で葉が枯れた原因として、葉は自然状態で葉先が下を向いている。つまり、重力によって養分が下りてくるため養分を得るのにエネルギーを使わないが、今回の実験では、葉先を上向きに統一したため、葉に水分が十分に行きわたらなかったと考えられる。今後は、通常の木と同じ向きで水を吸わせる方法を考える。