



## Q58

### 天然色素を化学構造で分類してください

[天然色素一覧](#)に示した天然色素は、主に植物の花の色や果実の色に由来ものですが、色の種類により分類したものです。したがって、その化学構造はさまざまですので、それを化学構造で分類してみます。

春や夏には木の葉や果実は緑ですが、クロロフィルの色です。秋になると葉は黄色くなりますが、カロテノイドの色です。カロテノイドは夏にも存在するのですが、クロロフィルの緑色に隠れて見えなかったのです。紅葉(Q10 参照)が赤くなったり、リンゴが赤くなるのは、フラボノイドによるもので、太陽の光と糖から植物で作られているのです。フラボノイドには種類がありますが、アントシアニン(Anthocyanin)はよく知られています。

植物の花や葉以外にも、茎や根にも色素が存在しますが、化学構造は異なっていて、分類ではその他になっています。高等な植物だけではなく、藻や菌にも着色したものがあり、食用色素として使われますが、化学構造の分類ではその他になります。



#### 植物由来天然色素の構造による分類

##### ポルフィリン (Porphyrin)

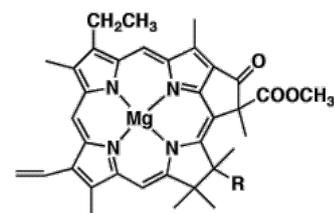
植物や藻が緑色をしているのは、クロロフィル

(Chlorophyll) が含まれているからです。その構造はポルフィリン環からなり、マグネシウム金属が中心にあります。金属が鉄になれば、ヘムやヘモグロビンで、血液の赤い色(Q56 参照)になります (ポルフィリンの生合成)。したがって、中心金属がその色の原因だということが分かります。しかし、金属イオンだけでは緑や赤になりませんので、外側のポルフィリン環も発色に重要であることが分かります。

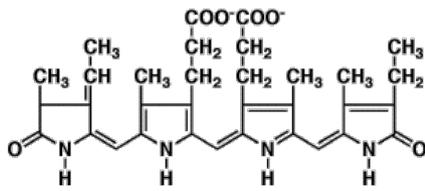
窒素 (N) を含んだ 5 員環の化合物はピロールで、それが 4 個 -C= (ホルムアルデヒドに由来するメチン基) により環状に結合しています。

スピルリナには緑のクロロフィルと色素タンパク質が含まれています。青色のフィコシアニンや赤色のフィコエリトリンは、ポルフィリン環が開いた構造の色素が含まれています。昆布などにもこのような色素が含まれ、クロロフィルの先祖と考えられます。フィコシアニンはポルフィリンではありませんが、仲間としてここに入れておきます。

天然色素一覧：クロロフィル、スピルリナ色素



クロロフィル Chlorophyll



フィコシアニン(Phycocyanin)  
青色色素

フィコエリトリン(Phycocerythrin)  
は赤色色素

## カロテノイド (Carotenoids)

カロテノイドは、植物中で作られる黄、オレンジ、赤色の色素です。天然には 600 種類のカロテノイドが知られています。

カロテノイドの幹となるものはカロテン (carotenes) で、1 重結合と 2 重結合が交互に並んだポリエン (polyene) ですが、基本の単位はイソプレンです。イソプレノイド単位が 8 個が結合し、中心で逆方向に結合しています。カロテンは炭化水素ですが、酸素が含まれているものはキサントフィ (xanthophylls) です。

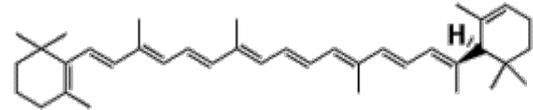
カロテノイドには、 $\alpha$ -カロテン ( $\alpha$ -carotene)、 $\beta$ -カロテン ( $\beta$ -carotene)、 $\beta$ -クリプトキサントフィ ( $\beta$ -cryptoxanthin) など多くの種類がありますが、いずれも二重結合の部分 (ポリエン) は同じで、両端の部分が異なります (Q57 参照)。

これらは体の中でビタミン A (retinol) に変換されるプロビタミン A カロテノイドです。ルテイン (Lutein)、ゼアキサントフィ (zeaxanthin)、リコピン (またはリコペン、lycopene) はビタミン A 活性を持っていません。ルテイン、ゼアキサントフィは、目のレチナやレンズに含まれ、リコピンはトマトに含まれます (Q52 参照)。

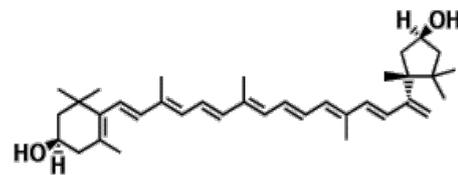
植物において、カロテノイドは光合成の段階でできる活性酸素である一重項酸素を不活性化する重要

な抗酸化作用があります。特にトマトに含まれるリコピンの抗酸化作用は最も効果的ですが、人間に対しての効果は明確ではありません。

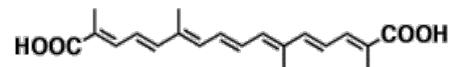
天然色素一覧：クチナシ黄色素、パーム油カロテン、トウガラシ色素、アナトー色素



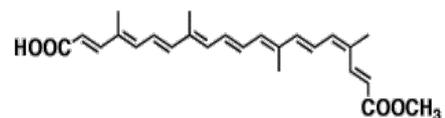
$\beta$ -カロテン



カプサンチン (トウガラシ色素)



クロシン、クロセチン (クチナシ黄色素)



ビキシン、ノルビキシン (アナトー色素)

## フラボノイド (Flavonoide)

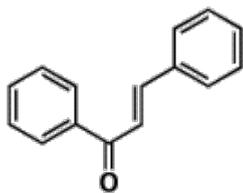
フラボノイドは、ポリフェノール化合物であり、花や葉等の色素として植物界に広く分布しています。フラボノイドの基本骨格は 15 個の炭素原子を有し、2 つのベンゼン環が 3 つの炭素原子で結合された 1,3-ジフェニルプロパノイド骨格 ((E)-1,3-diphenylprop-2-en-1-one) で、フラボノイドはこの骨格を有する物質の総称です。

フラボノイドには多くの化合物がありますが、そのうちでカルコン、フラボン、フラボノール、アントシアニジン骨格を有するものが色素として存在します。アントシアニンはアントシアニンに糖が結合したもの（配糖体）で、よく知られている色素です。天然色素には、アントシアニン系の色素が多く、例えばシソ色素のシソニン（シソ色素）はアントシアニン系のフラボノイドです。フラボノイド色素には多くの種類がありますので、フラボノイド (Q59 参照)のページで補足説明しています。

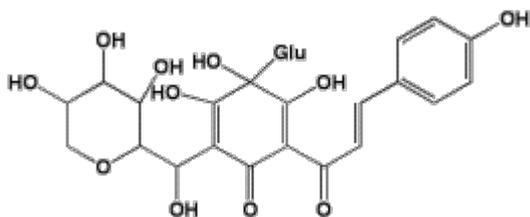
カカオ色素などはフラボノイドが縮合した縮合型タンニン(Q34 参照)です。構造がハッキリしていませんから、フラボノイド系として分類しています。

ウコン色素はクルクミンで、1,3-ジフェニルプロパノイド誘導体とは違いますが、生合成の出発点が同じです。仲間としてここにしておきます。

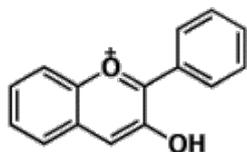
天然色素一覧：ベニバナ黄色素、ベニバナ赤色素、シソ色素、アカキャベツ色素、アカダイコン色素、ムラサキイモ色素、ムラサキトウモロコシ色素、ブドウ果皮色素、エルダーベリー色素、カカオ色素、タマリンド色素、カキ色素、コウリヤン色素



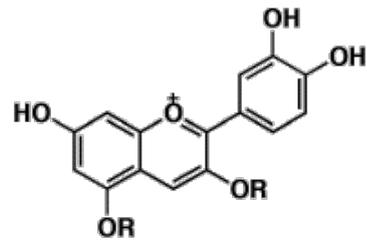
1,3-ジフェニルプロパノイド



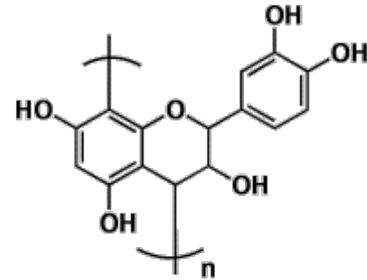
サフロミン(safflorin) (ベニバナ黄色素)



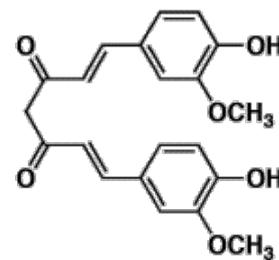
アントシアニジン (糖を含まない)



シソニン (シソ色素)



フラボノイド重合体 (カカオ色素) (縮合型タンニン)

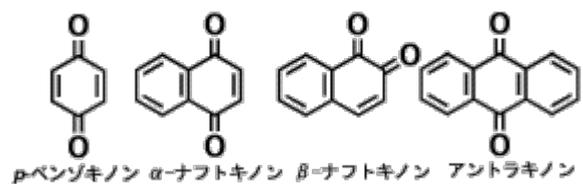


クルクミン (ウコン色素)

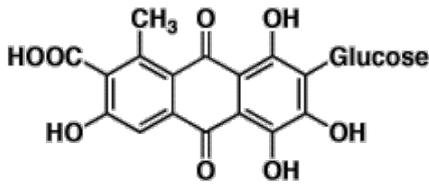
### キノイド(Quinoids)

キノン類は、高等植物、菌類、昆虫などに存在し、生理活性作用を持っています。キノン類は、その骨格により、ベンゾキノン、ナフトキノン、アントラキノンなどに分けられますが、食用色素として利用されるのはアントラキノンです。

天然色素一覧：コチニール色素、ラック色素、アカネ色素



キノンの種類



カルミン酸（コチニール色素）

### その他

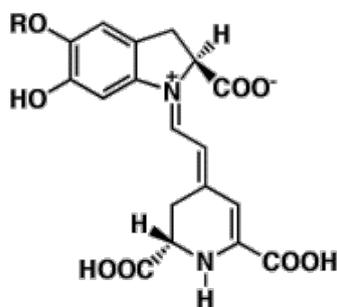
植物には上の分類には含まれないような色素があります。しかし、本来植物内で合成されるものですから、合成の途中で派生したものと考えられます。ここでは、ベタレイン、モナスカス、イリドイドに分類しています。

天然色素一覧：ビートレッド、ベニコウジ黄色素、ベニコウジ色素、クチナシ青色素、クチナシ赤色素

### ベタレイン (Betalain)

ベタレインは分子内に窒素を含む色素で、赤のベタシアニン (betacyanin)、黄色のベタキサントン (betaxanthin) などである。

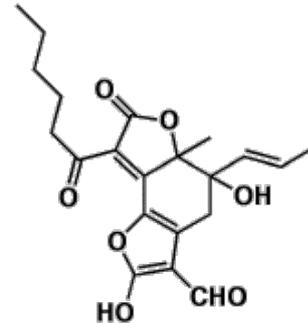
ベタシアニンは紅紫色の色素で、アントシアニンによく似た色ですが、化学構造はフラボノイド系色素とは全く異なります。



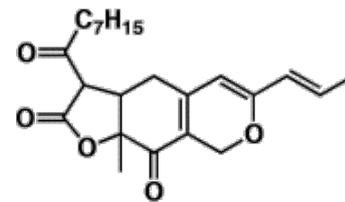
ベタニン（ビートレッド）

### モナスカス (Monascus)

モナスカス色素は紅麹菌の生成する色素で、例えば、モナスシン、アンカフラビン、ルプロパンクタチン、モナスコルブリンなどが含まれます。



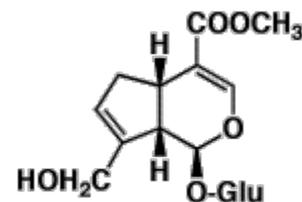
キサントモナスシン（ベニコウジ黄色素）



アンカフラビン（ベニコウジ色素）

### イリドイド (Iridoid)

クチナシ青色素、クチナシ赤色素の成分はイリドイドです。イリドイドは、モノテルペノイドラクトンで、化学的に不安定な化合物です。（クチナシ青色素、クチナシ赤色素）



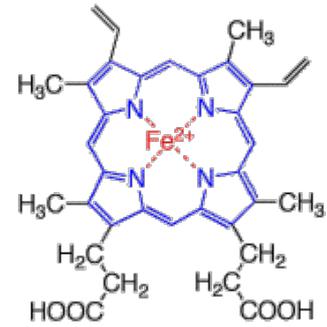
ゲニポシド (geniposide)  
クチナシの果実に含まれるイリドイド配糖体

補足：ポルフィリンの生合成経路

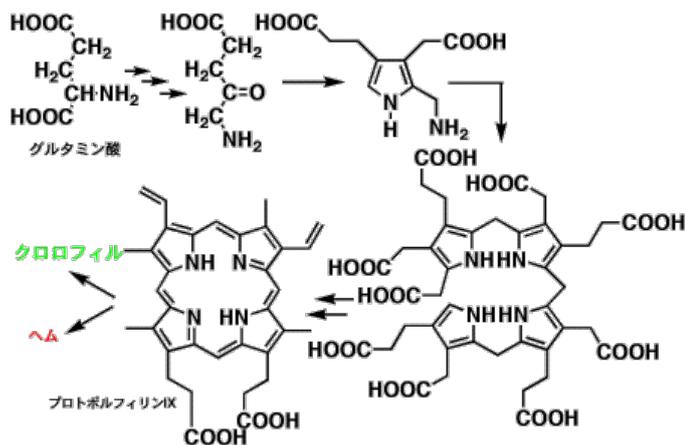
クロロフィルとヘムは、いずれもポルフィリン化合物であるので、その合成は途中までは同じ経路です。

アミノ酸であるグルタミン酸から出発して、ピロール環ができ、4個縮合します。スピルリナに含まれる青色のフィコシアニンや赤色のフィコエリトリンは、ポルフィリン環が開いた構造の色素ですから、この段階でできたものでしょう。

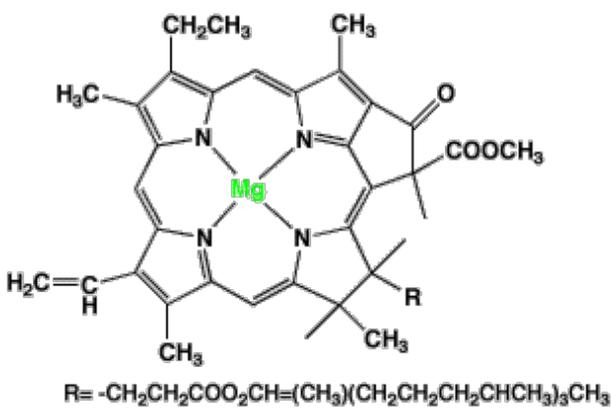
その後、閉環してポルフィリン環ができ、クロロフィルやヘムになります。



ヘム



ポルフィリンの生合成ルート



クロロフィル

●著作権について

キリヤ色と化学の Q&A の文書、画像、デザインなどの著作権は、キリヤ化学株式会社に帰属します。このサイトの内容を転載される場合は、弊社までご一報下さり了解をお取り下さい。なお、提供者が記載されている写真・絵に関しましては、著作権は提供者に属しますので、恐れ入りますがそちらの方へ直接お問い合わせ下さい。

●内容について

できるだけ科学的に間違いの無いようにしていますが、わかりやすく説明するために実際とは異なる記述もあります。また、科学的に証明がされていないことも述べていますので、ご自身でご確認されますようお願いいたします。

キリヤ色と化学の Q&A 内の情報のご利用により、万一何らかの損害が発生したとしても、当社は一切の責任を負いません。

<https://www.kiriya-chem.co.jp>