

ノリの色彩いろいろ II

ノリは世界の重要な海藻食品の一つである。前回の「ノリの色彩いろいろI」で紹介したように色落ちノリの研究から始まった私のノリの色に関する研究の中で、特にノリの色素変異体に関する初期の研究(主として故三浦昭雄東京水産大学名誉教授との共同研究)について振り返ってみたい。

スサビノリの「赤芽」と「青芽」

今から 40 年以上も前、色落ちノリ、焼海苔、湿気た海苔の色彩と色素について、自記分光光度計を使って吸光曲線を記録したり、色素含量を測定したりしてノリの色彩を比較していた頃に、故三浦昭雄先生から「千葉県ノリ生産者で“赤芽”と呼ぶノリを養殖している人がいる。ふつうのノリは“青芽”と呼んで区別している。“赤芽”と“青芽”はどう違うのかを科学的に明らかにしてみる気はないか。」という話があった。“赤芽”を使ってつくった乾海苔(ほしのり)は味が良いのに、共販入札に出しても良い値がつかない。“青芽”からの乾海苔に比べて少し赤みが強いからだという。共販入札で乾海苔を買いつける問屋さんたちは、赤みがかった乾海苔を伝統的に嫌う傾向が強い。これは、乾海苔が湿気ると赤みを帯びてくるので、このことと関わりがあるものと思われる。

私が東京水産大学に赴任したのは 1966 年で、最初はノリの生理学ということで養殖ノリの生長の基礎である光合成活性の研究に着手し、神奈川県水産試験場金沢分場のお世話になったが、後に色落ちノリの研究も行うことになった。

まずは、“赤芽”のノリと“青芽”のノリが本当に違うのか、肉眼で見て違いが本当にわかるのか、海苔漁場の環境条件の違いによって色彩の違いが生じている可能性はないか、などを確かめる必要があると考え、ノリ養殖の現場を見せてもらうことにした。三浦先生と一緒に千葉県富津のノリ生産者高橋一博さんを訪ねた。高橋さんのところでは、“赤芽”と“青芽”のノリを分離してそれぞれの糸状体を育て、別々にタネ付けしてタネ網を作り、ノリを養殖していた。同じ時期に同じ海(養殖場)で育てた“赤芽”と“青芽”のノリを並べてみると、ノリ葉状体の色彩が明確に違うことがわかった(写真 1)。



写真 1 東京湾(千葉県富津)で養殖されたスサビノリの“赤芽”(左 5 個体)と“青芽”(右 5 個体)の生の葉状体。

“赤芽”と“青芽”の葉状体を研究室に持ち帰って自記分光光度計で可視部吸光曲線を記録してみると、微妙ではあるが明確な違いがあることがわかってきた。生のノリ葉状体を見ると、同一個体であっても葉状体の先端部と中央部と基部では微妙に色合いが違っている。“赤芽”のノリでも“青芽”のノリでも、先端部や中央部に比べて基部は色が薄めでやや緑がかっているのが一般的である。このような同一葉状体の部位による色調の違いにもかかわらず、可視部吸光曲線に現れた“赤芽”と“青芽”の違いは、変わることなく確実に存在することが確認できた。また、その後数回にわたってノリ養殖場から採集した 1000 個体を超える葉状体について同じように調べてみると、“赤芽”と“青芽”で一つの例外もなく同様の違いが確認でき、“赤芽”と“青芽”の違いは確かに存在することの確信をえた。その違い(特徴)については、その後に作り出された緑色のノリと黄色のノリの特徴と共に後ほどまとめて示すことにする。

緑色のノリ(“緑芽”)を作り出す

前項に述べた“赤芽”と呼ばれるノリは、ノリ養殖場で調べてみると“青芽”に混じって養殖網に着生していることがわかり、三浦先生の研究室では両者の割合を明らかにすることに取っかかっていた。たびたびノリ養殖場に出かけてノリ網から直接採って研究室に運んできた沢山のノリをバットの中の海水に浮かべ、1 個体ずつピンセットで“赤芽”と“青芽”に分け、それぞれの個体数を数えるという学生たちによる作業は、研究室でいつも夜中まで続くのが常であった。私はこのような作業を少々手伝いながら、要らなくなったノリを後でもらって“赤芽”のノリについて色彩と色素に関する研究を進めていた。ある日の夜、そんな赤青分別作業の中で、いやに鮮やかな緑色部分を持った 1 枚のノリをたまたま発見した。学生たちに向かって「こんな変なノリが出てきたよ。漁場で悪い水にでも遭って脱色してしまったのかな。これはボツだな。」と言いながら、ゴミ捨ての壺に捨ててしまったのだ。

その夜の作業も一段落して帰り支度をしようとした時、どうしたことか「ちょっと待てよ。さっきの緑色の部分を持ったノリはなんで出来たんだ。」という変な気持ちが湧き出てきた。ゴミ捨てのある隣の実験室に行き、ゴミ壺をかき回してその 1 個体をやっと探し出した。それを院生だった高原隆明君(現専修大学商学部教授)に手渡し、次の日に三浦先生に見せるためにおしば標本にしておくよう依頼した。ところが、後になってわかったのだが、高原君は何を考えたのかこのノリの緑色部分から葉状体の小片を切り出して培養を続け、緑色の葉状体を何個体も作り出してしまった。これが世界初のスサビノリの緑色変異体の作出となったのである。もしもあの時、いったん捨てた 1 枚のノリを再び拾い出すことをしていなかったら、また、高原君が気を利かして培養することなどしなかったら、緑色変異体を作り出すことはずっと遅れたであろうし、その後のノリ研究の大きな進展は無かったかもしれない。恥ずかしながら私はノリをゴミの中から拾い出しただけ。緑色のノリを作り出したのは高原君のとんでもなく大きな功績だったのだ。

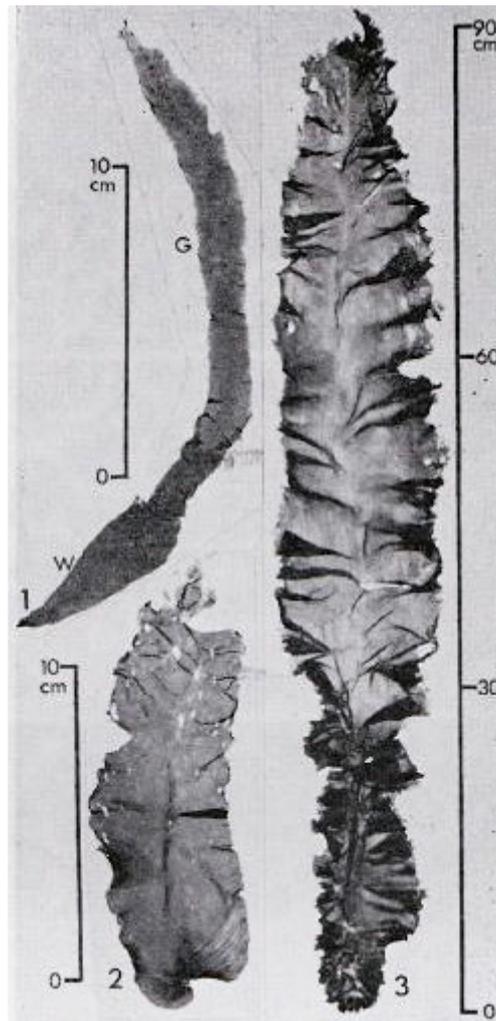


写真 2 緑色のスサビノリが出来た。1.元になったキメラ葉状体(上部が緑色型、下部が野生型の色彩)。2.キメラ葉状体の緑色部分からの単胞子を培養して得た緑色葉状体。3.単胞子から育てた緑色葉状体の自家受精で出来たコンコセリス(糸状体)から得た殻胞子を培養して育てた大形緑色葉状体。(高原・三浦・有賀 1976)

こうして作り出された緑色のスサビノリ葉状体は、アオサなどの色合いを薄くしたような緑色で、緑藻と見間違ってもおかしくないような色をしており、“赤芽”とも“青芽”とも明確に異なる可視部吸光曲線を示した。この緑色のノリの葉状体はよく成長するものの生殖細胞の形成が非常に遅いため室内培養では幅10 cm、長さ100 cm以上にもなることがわかり、“緑芽”または“C-0 ジャイアント”と呼ばれるスサビノリの色素変異株(色彩変異株)として保存されることになった。元になった個体のおしば標本は今でも残されており、普通の色彩の部分と緑色部分から成るキメラ個体である(写真 2、写真

3)。



写真3 東京湾(千葉県富津)で養殖されたスサビノリの中から見出された区分状キメラ葉状体。右は“緑芽”作出の元となった葉状体(上部が緑色型、下部が野生型の色彩)。左は赤色型の葉状体に野生型の部分がくさび状に入っている。いずれもおしほ標本。(三浦・国藤 1981)

その後、よく調べてみると“赤芽”と“青芽”の個体と共に、両者の色彩部分をもつキメラ個体も出現頻度は非常に低いがノリ養殖個体群の中に存在することが明らかになった。そこで、最も多くて普通に見られる“青芽”を色彩に関する野生型(正常型)とし、“赤芽”は赤色型(野生型に対する変異型)、“緑芽”は緑色型(同様に変異型)とすることにしようという考えが三浦先生の頭の中でだんだん固まってきた。

黄色のノリも出来た

研究の次のステップは、上記のような色彩の違いをマーカー(標識)として交雑実験をすることであった。それまで有用海藻における交雑実験は何人かの研究者によって試みられていたが、適切なマーカーが確保できていなかったため遺伝様式はおろか交雑が行なわれたかどうかの確認さえ明確でないことが多かった。しかし、スサビノリではこれまでに明らかになったような色彩をマーカーにすれば問題は容易に解決できるというのが三浦先生の考えであった。

三浦先生の研究室ではスサビノリの野生型、赤色型、緑色型の葉状体を使って、これらの色彩をマーカーとして交雑実験を始めた。その結果、色彩に関する変異型である赤色型と緑色型は野生型に対して劣性であり、色彩型の遺伝は古典的なメンデルの法則に従うことが明らかになった。また、この交雑実験の中で、赤色型と緑色型の交雑の結果、野生型・赤色型・緑色型のいずれとも異なる黄色のノリが新たに出現した。これがスサビノリの黄色型で、葉状体の可視部吸光曲線を記録してみると、野生型、赤色型、緑色型とは明らかに異なること、赤色型と緑色型の間の特徴をもつことなどが明確に示された。

色素変異体(赤色型、緑色型、黄色型)の特徴

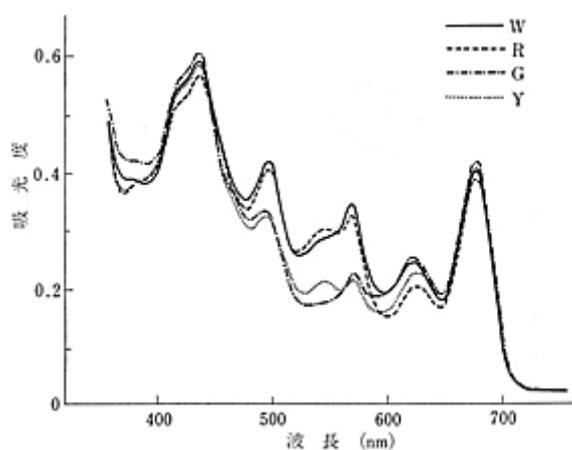


図 1 同一漁場で同一時期に同一ノリ網上に生育したスサビノリの野生型(W)、赤色型(R)、緑色型(G)、黄色型(Y)葉状体の生体吸光曲線。(有賀 1980)

図 1 は、同一条件下で(同一漁場で同一時期に)養殖したスサビノリの野生型、赤色型、緑色型、黄色型の生の葉状体の可視部吸光曲線を比較したものである。いずれの吸光曲線でも明らかな 5 つの吸収帯が見られる。短波長側(左)から順に、第 1、第 2、第 3、第 4、第 5 の吸収帯と呼ぶことにする。赤色型(R)では、第 3 吸収帯が野生型(W)と明瞭に違ってふた山になっており、第 4 吸収帯の吸光度は野生型より明確に低く、吸光極大がわずか(2~3 nm)ではあるが長波長側(右側)に明確にずれている。緑色型(G)では、野生型と比べて第 3 吸収帯の吸光度は明確に低い、第 4 吸収帯の吸光度は野生型とほぼ同じである。黄色型(Y)では、第 3 吸収帯は赤色型と同様のパターンでふた山となり吸光度は野生型や赤色型より明確に低く、第 4 吸収帯の吸光度は緑色型と同様に野生型より明確に低く、吸光極大は赤色型と同様に長波長側に 2

～3 nm ずれている。すなわち、黄色型は赤色型と緑色型それぞれの特徴の一部を受け継いでおり、両者の中間的な特徴を示していると考えられる。

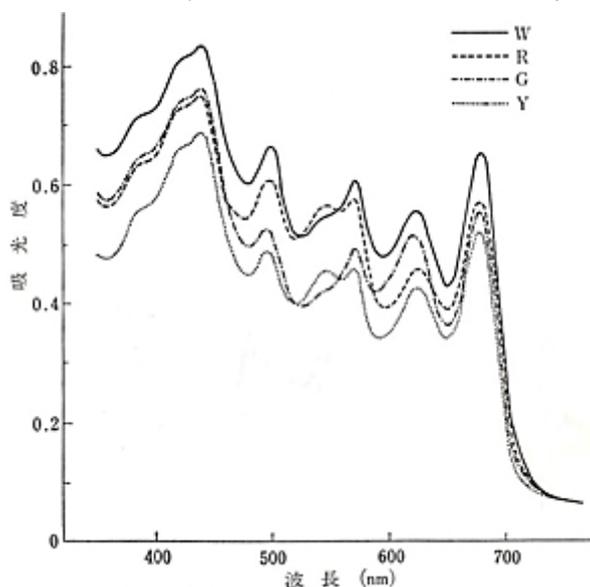


図 2 スサビノリの室内培養した野生型(W)、赤色型(R)、緑色型(G)、黄色型(Y)フリー糸状体の生体吸光曲線。(有賀 1980)

スサビノリ葉状体の可視部吸光曲線に見られる5つの吸収帯とノリに含まれる主要な光合成色素との関係を大まかに対応させてみると、第1吸収帯は主としてクロロフィルαとカロテノイド、第2吸収帯は主としてカロテノイドとフィコエリスリン、第3吸収帯は主としてフィコエリスリン、第4吸収帯は主としてフィコシアニン、第5吸収帯は主としてクロロフィルαによるものである。従って、上に述べたような図1に見られる特徴と光合成色素定量の結果から、野生型、赤色型、緑色型のクロロフィルα含量はほとんど変わらないが、赤色型はフィコエリスリン(紅色)の含量が高く、フィコシアニン(青色)の含量が低いため、赤味が強調された色彩を呈し、緑色型はフィコエリスリン(紅色)の含量が著しく低いため、クロロフィルの緑色が強調されて緑藻かと思われるような緑色を呈すると判断される。また、赤色型と黄色型の第3吸収帯で見られ二つの吸光極大や第4吸収帯に見られる吸光極大のずれは、野生型や緑色型とは何らかの違い(生体内での構造的違い?)があるフィコビリ蛋白をもつことを示唆していると思われる。

同一条件下で室内培養したスサビノリの野生型、赤色型、緑色型、黄色型の生葉状体についても、図1に示したものと全く同様の特徴をもつ可視部吸光曲線が得られている。また、それぞれの色彩型について得られている純系のフリー糸状体を同一条件下で室内培養したものについても生の状態で可視部吸光曲線を比較した結果、葉状

体の場合と全く同じ特徴を示すことが明らかになっている(図 2)。



写真 4 いろいろな色彩部分からなる区分状キメラ葉状体。いずれもおしば標本。(三浦・国藤 1981)

このような特徴をもつ色素変異体を用いて、色彩をマーカーにした交雑実験を通じてスサビノリにおける遺伝に関する研究が大いに進展した。これは世界的にも遅れている海藻の遺伝学分野において、日本が世界に誇ることのできる立派な成果であるといえる。このようなノリの遺伝に関する先導的な研究に続いて、日本だけでなく中国や韓国においても遺伝学的研究やそれを基礎にした育種学的研究が行われて、多くの成果が報告されるようになった。また、このような研究の中で、ノリについて上記のような変異体のほかに沢山の變異体が見出されている。ノリのキメラ葉状体もその後いろいろなパターンのもものが野外あるいはノリ養殖場で見出されたり、交雑実験の結果新しく作り出されたりしている(写真 4)。

赤色型(“赤芽”)のノリはクロロフィル含量も高く、これで作った乾海苔は焼海苔にすると鮮やかな緑色となり大変美味しいので、単に赤みが強いから嫌うのではなく大いに活用してもらいたいと思う。緑色型のスサビノリはすでに「スサビ緑芽」として品種登録されており、アサクサノリでも品種「おおぼグリーン」がよく知られている。色彩とそれに伴う特性を知って有効活用されることが望まれる。

有賀 祐勝(あるが・ゆうしょう)

一般財団法人海苔増殖振興会理事、浅海増殖研究中央協議会会長、公益財団法人自然保護助成基金理事長、東京水産大学名誉教授、理学博士