

氏名・(本籍)	え 江	ぐち 口	とおる 亨
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	理第1011号		
学位授与年月日	平成5年3月9日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
最終学歴	昭和33年3月 東北大学理学部卒業		
学位論文題目	ケヘチマゴケ生育の光による制御機構の解析		
論文審査委員	(主査) 教授 駒 嶺 穆 教授 四 釜 慶 治 助教授 福 田 裕 穂		

## 論 文 目 次

### 序章

#### 第一章 孢子発芽と発芽極性(方向性)を誘導する光制御機構の解析。

要旨	第一節 材料と方法
第二節 結果	第三節 考察
文献	図表

#### 第二章 原糸体の生長と原糸体の屈光性を誘導する光制御機構の解析。

要旨	第一節 材料と方法
第二節 結果	第三節 考察
文献	図表

### 結 章

#### 文献

### 摘 要

### 謝 辞

# 論文内容要旨

## 序章

植物の光形態形成に関する研究は Borthwick et al.,(1952)による赤色光-近赤外可逆反応発見以来、大きな展開をみせた。本研究においては、下等植物胞子の光発芽の特性に着目し、特に、蘚類ケヘチマゴケ (*Pohlia flexuosa* Hook.)の胞子と原糸体に関して、機構の解明を試みた。

ケヘチマゴケの胞子の光発芽過程が、引金反応(赤色光-近赤外光可逆反応を示す)の事象(event)と発芽方向誘導(すなわち極性、赤色光-近赤外光可逆反応がみられない)の事象からなり、さらに、ケヘチマゴケの原糸体の屈光性反応の過程が、光促進的な事象(orientation)と光抑制的な事象(屈曲後生長)とからなるとの結論を得たが、本研究では、第一章で胞子発芽と発芽の方向について、第二章で原糸体の生長と屈光性について述べ、結章において総合論議を行う。

## 第一章 胞子発芽と発芽極性(方向性)を誘導する光制御機構の解析

### 第一節 材料と方法

植物材料として、蘚類ケヘチマゴケ *Pohlia flexuosa* Hook. の胞子を用いた。胞子は山口市周辺で毎年5月に採集し、使用時まで冷暗所(3~5℃)に保存した。発芽床としては、1%寒天板を使った。実験操作はすべて無菌的に行った。胞子発芽とは、新しい原糸体(無色の透明な部分又は無色の突起物)が胞子殻を破って出現した時点とした。発芽方向は、発芽位置の、光軸を基準とする、胞子の中心からの方向又は角度で表した。胞子播種直後から、後暗期(光処理後24時間の暗期を置く)終了まで、全ての実験操作は恒温実験室(20~23℃)内で行った。同時照射装置を、赤色光と近赤外光を同一方向から同時に照射するために製作し、使用した。光量の計測には、照度計および熱電堆を使用した。発芽の観察や計測は、主に生物顕微鏡を使用して行ない、発芽方向の計測には、一部の試験で小型偏光顕微鏡を使用した。

### 第二節 結果

ケヘチマゴケ胞子は暗所では発芽せず、明所で発芽する。発芽は一回(24時間以下)の光照射では最高の発芽率に達しない。光周期的に照射すると、高い発芽率となる。限界日長は短く、10秒以下である。暗期の光中断効果は暗期開始後約3時間で飽和に達し、以後光中断効果は減少しない。以上から、ケヘチマゴケ胞子は、典型的ではないが、日長的な発芽をすと言える。

胞子発芽には赤色光-近赤外光可逆反応がみられた。光発芽の作用スペクトルは、約660nmに最大のピークと620nmにピークをもつ。これは、従来報告されているフィトクロムの作用スペクトルとよく似ている。

発芽の方向は、発芽床に対する照射方向、光質、光量及び偏光の振動面(electrical vector)の方向によって変化する。重力の影響はない。側方から照射すると、光軸方向(主に負の方向)に発芽する。発芽の正、負の方向は、光量が少なくなると、正方向の割合が増加する。また、偏光

赤色光を照射すると、その振動面に垂直の方向に多く発芽する。発芽方向には偏光による赤色光—近赤外光可逆反応が認められず、むしろ偏光赤色光は振動面の方向へ発芽を促進する傾向がある。

発芽方向を誘導する偏光した光の作用スペクトルは、赤色光 (660nm) に最大のピークをもち、近赤外光域 (720—740nm) にも幅の広いピークがみられた。近赤外光 (740nm) の相対的光量子効果は約0.2であった。

さらに、発芽の光受容体にも配向の変化が起こるかを調べたが、赤色光と近赤外光の振動面の方向を変えても発芽率に明確な差はみられなかった。

### 第三節 考察

発芽の方向を決める光受容体が存在し、発芽の光受容とは異なった光受容体であることを示唆する現象を、この度見いだした。この受容体は、発芽が偏光の影響を受けない (発芽の方向性と異なる) ことから、光受容体の細胞内局在部位も発芽の光受容体と異なっていると推定される。しかし、赤色光域のピーク位置は同じであり、近赤外光域のピークのみが異なるので、互いに異なるフィトクロムであろう。近赤外光域については、結章で論議する。

## 第二章 原糸体の生長と原糸体の屈光性を誘導する光制御機構の解析

### 第一節 材料と方法

前章同様、蘚類ケヘチマゴケ *Pohlia flexuosa* Hook. の胞子を用いた。以下、方法のうち、第一章と異なる事項のみを記す。生長培地には、固形培地と液体培地を使用した。生長の観察は原糸体を固定し、生物顕微鏡を使用して行った。生長量 (長さ) 計測のために、自作の計測システムを構築し、使用した。原糸体の屈曲角度の計測は小型偏光顕微鏡で行った。

### 第二節 結果

ケヘチマゴケ原糸体の生長に対する光の影響は複雑であった。ケヘチマゴケ原糸体に側方から光照射すると、3日目ごろから屈曲反応 (屈光性反応) を示す原糸体が増えてくる。

真直ぐに生長している原糸体は (以後、直伸原糸体という) の生長速度に、赤色光—近赤外光可逆反応が見られた。しかし、一旦、屈曲反応を示した原糸体 (以後、屈曲原糸体という) 成長速度には、赤色光—近赤外光可逆反応が起らなかった。直伸原糸体光生長の作用スペクトルは、発芽の作用スペクトル (第一章) とよく似ていた。屈曲原糸体光生長の作用スペクトルには、発芽の作用スペクトルに見られたピーク以外の、約700nm に大きな第2のピークがあり、720nm と740nm は殆どゼロであった。この第2のピークをもつ作用スペクトルは、発芽の方向を誘導する作用スペクトル (第一章) とは異なる。

直伸原糸体の屈光性反応は、赤色光、近赤外光照射で起こった。波長377, 657, 697, 739nm について、光量—反応曲線をつくり、各波長の相対的光量子効果を求めた。この値を、胞子の発芽と発芽の方向誘導の作用スペクトルの上にプロットしてみると、発芽の方向を誘導する (赤色光—近赤外光可逆反応がみられない) 作用スペクトルと特徴がよく一致した。

次に、偏光屈光性反応がみられるか、直伸原糸体を使って調べた。偏光赤色光の光量—反応曲

線は光量の対数に比例した。しかし、偏光近赤外光の光量－反応曲線は、山型の曲線になった。偏光の振動面の角度を変えて原糸体に照射すると、偏光赤色光では約20°，偏光近赤外光では約25°付近に最大の屈曲反応が見られた。

さらに、1日暗処理後、生長を停止した原糸体について屈光性反応を調べたところ、赤色光－近赤外光可逆反応が見られた。

### 第三節 考察

ケヘチマゴケ原糸体は生長の段階によって、第二節に述べたように、生長に対する波長の効果が異なる。これらの結果は、ケヘチマゴケ原糸体では成育が進むと光受容色素が変化し、生長に対する近赤外光による抑制作用がなくなること示している。

屈曲反応を起こした原糸体の生長を誘導する光の作用スペクトルには、約700nmに大きな第2のピークがあり、Nebel(1968)が発表した蘚類原糸体生長（赤色光で生長し、近赤外光は作用がない）の作用スペクトルとも異なり、新しい発見である。

ケヘチマゴケ原糸体の偏光近赤外光による光量－反応曲線は、山型の曲線であった。この結果を著者は次のように解釈した。

近赤外光によって屈光性反応が増加する第一の事象と近赤外光によって屈光性反応が減少する第二の事象とが存在し、両者の事象の結果が合成された光量－反応曲線であると考えられる。屈光性反応の第一の事象は、先端部での growth center の位置の移動、すなわち orientation で、この事象は赤色光と近赤外光で誘導される。第二の事象は移動した growth center からの生長 (bulding) である。この事象は赤色光で誘導され、近赤外光で抑制されるフィトクロム反応である。この屈光性反応の実験に使用した原糸体の生長反応には、赤色光－近赤外光可逆反応がみられた。

赤色光も近赤外光も最大の屈光性反応が起るのは、振動面の角度が20～25°付近のときであった。この事実は、先端部で、この角度の接線をもつ位置（ドームの下部）付近に、第一の事象を誘導する光受容体が存在することを示すものと考えられる。

著者の仮説によれば、今までに報告されている、いくつかの現象や反応は無理なく説明できる。ケヘチマゴケ原糸体の屈光性反応を誘導する近赤外光の光量子効果が約0.3と低い値であったのは、第二の事象（生長反応）に対する近赤外光の抑制作用が加わったため減少したものとして説明することができる。その他の考察については省略する。

## 結 章

第二章で、屈光性反応の orientation を誘導する光受容体の作用スペクトルは、第二の事象（生長）に影響され、近赤外光域のピークが低くなった、と考察した。

第一章の孢子発芽の方向決定の場合においても、発芽の引金反応に対する近赤外光による抑制が発芽の方向の事象に及ぶことは十分考えられる。発芽の方向の作用スペクトルが近赤外光域において幅が広く低かったのは、第一の事象が影響した結果であり、本来の近赤外光光量子効果は赤色光と同じであると推定することができる。蘚類 *Physomitrium* の原糸体の屈光性反応に関

する作用スペクトルについて、赤色光と近赤外光の光量子効果がほぼ等しいとの Nebel(1968)の結果は、類似した機構に類似した光受容体が関与していることを示し、著者の考えを指示している。

さらに、発芽の方向決定機構について、発芽の引金反応で生じた growth center が、発芽方向を誘導する光によって移動し、そこから生長すると考えた。この仮説によれば、発芽の方向決定は屈光性反応の orientation と共通した機構に基づくことになる。作用スペクトルの類似する光受容体が関与しているという観察結果も、この考えを支持する所である。

最後に、生態学的な面からの考察も述べる。

以上

## 論文審査の結果の要旨

下等植物の胞子発芽、原糸体生長、原糸体屈光性は、多くの場合光制御の面から、フィトクロム系で制御される素過程であると考えられている。しかし、これらの反応はそれぞれ複数の素過程から構成されているとも考えられており、未解明の部分が多い。本論文は蘚類ケヘチマゴケ (*Pohlia flexuosa* Hook.)の胞子を使い、胞子発芽、発芽極性を誘導する光制御機構、並びに、原糸体生長、原糸体屈光性の光調節機構を明らかにしようとしたものである。

著者は、はじめにケヘチマゴケ胞子発芽の光要求性を調べ、限界日長、光中断効果から、この胞子は、典型的ではないが、光周期的長日反応で誘導される光発芽胞子であることを明らかにした。さらに、胞子発芽には、赤色光-近赤外光可逆反応、エスケープ反応が認められること、及び、胞子発芽の作用スペクトルからケヘチマゴケ胞子の光発芽における光受容体がフィトクロムと結論した。次に、胞子の発芽方向(発芽極性)が偏光の振動面(E-vector)に垂直の方向に現れるが、偏光近赤外光が発芽方向の誘導を促進し、偏光赤色光-偏光近赤外光可逆反応が認められないこと、及び、発芽方向誘導の作用スペクトルから、発芽方向誘導の光受容系が発芽の光受容系と異なることを明らかにした。更に、胞子発芽に偏光赤色光-偏光近赤外光可逆反応が認められ、発芽率は大きく変化するが、偏光の振動面(E-vector)に対応する変化は起こらないことを見いだした。これらの事実は、発芽方向誘導の光受容系が胞子内に配向して存在し、一方、胞子発芽に関与するフィトクロムが胞子内に配向して存在しないことを示唆している。

原糸体の成長についても吟味し、その光受容系は2~3細胞期に変化すること、生長の作用スペクトル及び、赤色光-近赤外光可逆反応から、初期生長の光受容系はフィトクロム系で、感受性変化後の光受容系は700nmに大きな光量子効果をもつ別なフィトクロム系であることを明らかにした。

更に、明順応下で生長している原糸体の屈光性反応は、赤色光、近赤外光で誘導され(赤色光に対する近赤外光の相対的光量子効果は約0.3)、赤色光-近赤外光可逆反応の見られない光受容系の関与を見出した。また、偏光屈光性反応の最も有効な振動面の角度(20~30°)から、屈光性反応の光受容部の位置を推定した。更に、偏光近赤外光の光量反応曲線から、屈光性反応が二つの素過程(orientationとgrowth)からなり、それぞれが異なる光受容系で調節されているとの仮説を提出した。

ここに得られた結果の多くは新発見であり、いずれもこの分野の研究の進展に重要な示唆を与えるものであり、かつ、本人が自立して研究活動を行うに十分な高度の研究能力と学識を有することを示すものである。よって、江口 亨提出の論文は博士(理学)の学位論文として合格と認める。