

141 細胞内葉緑体流動に及ぼす環境変化の影響

The Effect of the Environmental Change on the Flow of the Intracellular Chloroplast

○ 鍋屋剛志 (群馬大)、正 稲田茂昭 (群馬大)

Tsuyoshi NABEYA and Shigeaki INADA

Department of Mechanical Engineering, Gunma University, 1-5-1, Tenjincho, Kiryu 376-8515

The purpose of this study is to obtain basic data for the low-temperature preservation of biological object and to find the optimum environmental condition for the biological object. The movement of the chloroplast of leaf cell of the Canada algae was photographed by the microscope. The chloroplast which moved along the cell wall was caught as a tracer for the velocity measurement. The effect of thermal environment field, concentration field, magnetic field and electric field on the behavior of the chloroplast was examined.

Key Words: Plant Cell, Chloroplast, Movement, Optimum Environmental Condition, Concentration Field, Magnetic Field, Electric Field

1. 緒言

本報は植物の原形質流動に注目し、そこでの流動挙動が熱環境、濃度場、磁場及び電場の変化によってどのような影響をうけるのかをアナカリスの葉の細胞を用いて観察したものである。本研究は葉緑体の流動速度と環境温度及び電圧との関係を定量し、この流動速度をエネルギー代謝の活発度の目安として、最適の環境温度及び流動停止温度を調べ、植物の同化物質移動の基礎データを提供するものである。

2. 実験装置及び方法

図1に試料の冷却及び加温用の実験装置を示す。試料の冷却は冷却器によって冷却されたイソプロピルアルコールを銅ブロックへ導き、このブロックを試料台として用いて行った。ブロック上部には突出部が設けてあり、ここにカートリッジヒータを2本挿入し加温用に使用した。細胞内原形質流動の観察にはアナカリスの葉を使用した。使用したアナカリスは同じ大きさの5本をそれぞれ蒸留水、0.9wt%NaCl、5wt%、10wt%、20wt%グリセリン水溶液、更にそれぞれの溶液に1日間及び3日間浸したもので、それらを試料として用いた。試料はプレパラートの上に載せてカバーガラスで挟まれ、銅製ステージ台に取りつけた。流動速度の測定は録画した映像をテレビ画面に再生し、所定区間での葉緑体の移動時間をストップウォッチで計測し算出した。温度測定は銅製ステージ台の穴の縁に線径50 μ mのコンスタンタン線をスポット溶接し、銅自身と温接点を構成させた銅-コンスタンタン熱電対を用いて行った。実験の手順としては、まずそれぞれの溶液に浸した葉を取り出し、室温状態で試料をセットし温度上昇速度約0.43 $^{\circ}$ C/minで室温状態から約45 $^{\circ}$ Cまで加温する方法をとった。冷却の実験では、冷却器によって冷却されたイソプロピルアルコールを送り、約-0.53 $^{\circ}$ C/minで-2.0 $^{\circ}$ Cまで冷却し、室温に戻した場合の細胞の状態を観察した。

磁場をかける実験では、図1の銅製ステージ上に、試料に対して水平方向にコイルを置き、定電圧電源を用い、0.01A、0.5A及び1.0Aの電流を流し、約10分間磁場をかけたまま観察をおこなった。また、別の銅製ステージ(図省略)を用い、試料に対して垂直方向にもコイルを置き、同じく約10分間、磁場をかけて観察した。水平方向から磁場をかける場合、コイルは長さ56mm、直径10mmのものを用いた。垂直方向から磁場をかける場合は、長さ43mm、直径10mmの大きさのものを用いた。コイルの巻き数は500回とした。磁界の強さは、ガウスメーターを用いて算出した(表1参照)。原形質分離していなかった蒸留水及び0.9wt%NaClに浸した試

料については、磁場をかけながら加熱及び冷却の実験もおこなった。電場をかける実験では、試料の上下に銅板を設置し、そこに0Vから300Vまで、50V刻みに約5分間隔で電圧を上げていった。そして、50V刻みにランダムに5つの葉緑体の流動速度を計測し、電場と速度との関係を定量した。

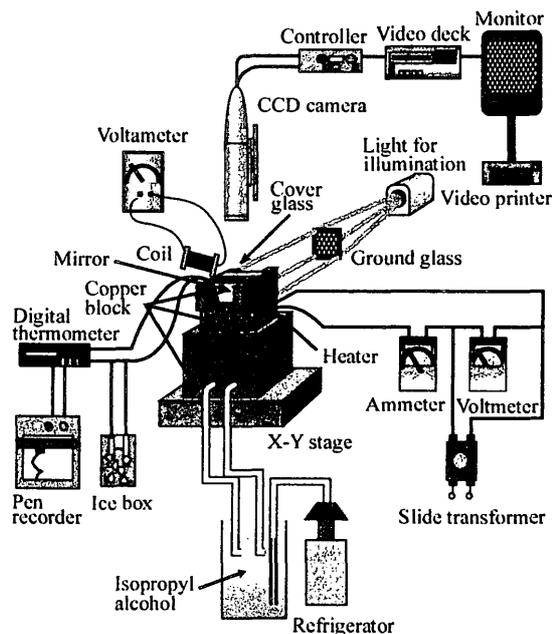


Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1. 電流と磁界の強さの関係

水平方向から磁場をかけた場合	
電流 [A]	磁界の強さ [A/m]
0.01	1.03×10^2
0.5	0.94×10^3
1.0	5.89×10^3

垂直方向から磁場をかけた場合	
電流 [A]	磁界の強さ [A/m]
0.01	1.93×10^2
0.5	0.99×10^3
1.0	6.77×10^3

3. 結果及び考察

蒸留水に浸した試料の場合、室温状態から加温すると、温度上昇と共に流動速度は増し、約32℃で流動速度は最大となり、約43℃で原形質流動は完全に停止した。この状態から冷却器により室温まで温度を下げたが全く葉緑体の挙動は確認できなかった。また、試料を冷却した場合、約4℃以下で流れは停止した。そこからさらに約-20℃まで温度を下げ、その後室温状態で観察したが実験前の流動は認められなかった。しかし、凍結直前の約-9℃で室温状態に戻すと冷却前と変わらぬ挙動が確認できた。磁場をかけた場合、電流が0.5Aの時は、コイルの向きが試料に対して水平方向、垂直方向の差異によらず、葉緑体は細胞内で集まってくる傾向が見られた。1つ1つの葉緑体どうしが引き寄せ合うように、次第に大きな固まりとなっていく(図3参照)。また、電流が0.01Aの場合は、このような傾向が見られず、特に大きな変化が認められなかった。電流を1.0A流した時は、細胞内全体に広がっていた葉緑体が細胞壁周りに移動し存在していた(図4参照)。また、磁場をかけながらの加熱及び冷却の実験もコイルの向きによらず、結果は、磁場をかけなかった場合と大きな違いは見られなかった。図2に電圧と葉緑体の流動速度の関係を示す。これより、電圧をかけるとかけない場合よりも速度は増すということが言える。また、電圧が150Vから200Vの間で最も速度が大きい。試料の上から下向きに電場をかけるのと、下から上向きに電場をかけるのでは、大きな変化は見られなかった。

0.9wt%NaClに浸した試料の場合、原形質分離している試料と、していないものが確認された。おそらく、原形質分離が解離されたものと考えられる。

5wt%グリセリン溶液に浸した場合、浸した時間によらず原形質分離していたが、中には若干、動いているものも確認された。その後、蒸留水に戻したところ、浸しておいた時間によらず原形質分離は解離して細胞内に葉緑体が散在していたが、速度を測定するほどの動きは認められなかった。

10wt%グリセリン溶液、20wt%グリセリン溶液に浸した試料の場合、両者とも浸した時間によらず原形質分離していた。その後、蒸留水に戻したが、原形質分離したままで有意な流動は見られなかった。また、それぞれの試料をのせたステージ上の温度を-20℃まで下げ、その後、室温状態で観察したが、原形質分離したまま、細胞内の原形質の挙動は確認できなかった。それぞれの試料を凍結直前の温度(5wt%グリセリン溶液:-12℃、10wt%グリセリン溶液:-13℃、20wt%グリセリン溶液:-20℃)で解凍させたものを室温状態で観察しても、細胞内の原形質の挙動は確認できなかった。グリセリンの濃度によって、凍結する温度が異なるのはグリセリンが凍結防御剤であるため、凝固点降下により、細胞内外の凍結開始を遅らせたと考えられる。磁場及び電場をかけた場合も同様に、原形質分離したまま特に変化は見られなかった。

4. 結言

(1) 葉緑体の流動速度は、蒸留水、0.9wt%NaClともに、環境温度の上昇と共に増し、32℃近くで最大となり、その温度以上では急減し、45℃以上では流動は停止する。

(2) 葉緑体の流動速度は環境温度の降下と共に減少し、約4℃近くで流動は停止する。

(3) 環境温度が各水溶液の凍結温度以上であれば細胞の生存は認められるが、凍結後は葉緑体の流動は認められない。

(4) 磁場をかけた場合、0.5Aの電流を流すと、葉緑体が集まってくる傾向が認められるが、1.0Aの場合は、細胞内全体に存在していた葉緑体が細胞壁に移動していく傾向が見られた。

(5) 電圧をかけると、全体的に流動速度は大きくなり、特に150Vから200Vの間で最も流動速度が大きい。

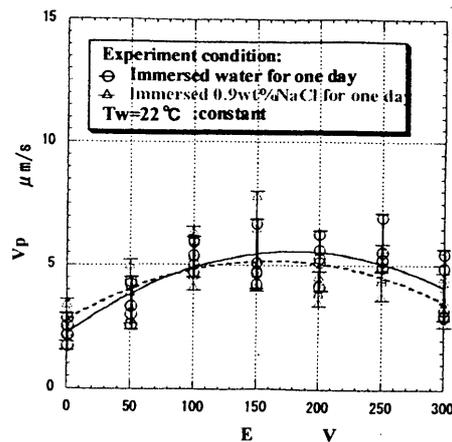
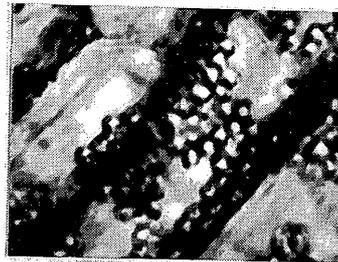


Fig. 2 Relationship between voltage and flow velocity of protoplasm

10 μm



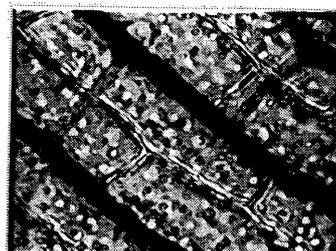
(a) Before magnetizing



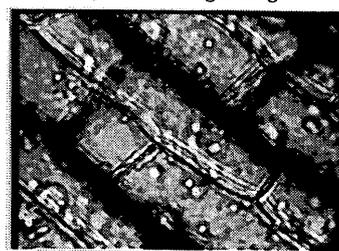
(b) After magnetizing

Fig. 3 Aspects of a cell immersed water for one day before and after addition of magnetic field (current strength: 0.5A, horizontal direction)

10 μm



(a) Before magnetizing



(b) After magnetizing

Fig. 4 Aspects of a cell immersed 0.9wt%NaCl for one day before and after addition of magnetic field (current strength: 1.0A, horizontal direction)