核分裂の速さを表すための分裂進行曲線¹⁾

Bungo Wada : Die Mitoseablaufskurve bei den Tradescantia-Haarzellen.

和田 文 吾

有絲核分裂の速さを測定するには生體觀察ができる分裂組織の細胞を選べば精確な値が得られるやうに考へられるが、從來の觀察結果は種々の點に於て完全なものとは云へない。これについて Pfeiffer (1940) は次の點を指摘してゐる。(1) 核分裂の全所要時間を決定するには分裂の始と終りの時期を確認する必要がある。(2) 核分裂各期の持續時間については、各分裂期相互の境界が必ずしも望み通りに鮮明ではないと云ふ困難がある。ムラサキツユクサの雄藥の毛の分裂細胞は古くから生體觀察の材料として用ひられてゐるが、從來の觀察メデウム中では核分裂を新に開始しないので分裂の初期及び終りの時期に對する取扱ひは研究者により異る。従つて分裂所要時間についての Strasburger (1884), Samassa (1893), Andrews (1915), Tischler (1921), Belar (1929) 等の觀察結果は夫々異つた値を報告してゐる。さきに筆者が發表した寒天薄板法によると、摘出したムラサキツユクサの毛の細胞はメデウム中で新に分裂を發現するので、核分裂の開始から完了まで同一の細胞について追跡觀察することができる²⁾。次に核分裂各期の持續時間を決定することの困難は次の方法により解消される。核分裂のやうな連續的變化を固定像に基いて定義された核分裂各期について持續時間を測定してゐるところに無理があるので、筆者は生體觀察を基礎として核分裂の時間的經過と形態的變化とを一つの曲線で表現する方法をとつた。この曲線を分裂進行曲線となづける。この曲線によつて分裂の速さ、分裂所要時間、分裂各期の持續時間を測定することができる。

觀察はムラサキツユクサの若い雄藥の毛の分裂細胞で生體觀察は専ら寒天薄板法によつた。分裂進行曲線は列車の運轉表に比較することができる。核分裂の進行中に現れて來る分裂像の變化のうち相互に識別し得る形態的特徴あるものを多數選び方眼紙上縦の欄に略號を以て順々に記入する。横の欄には時刻の經過を記入する。作圖は觀察時刻とその時の分裂像に對應する點を方眼紙上に求め逐次觀察を續け多數の點を記入して之等を連絡すれば分裂進行曲線ができる。従つて分裂開始から終了までの時間、分裂各期の持續時間等は横軸と曲線の交叉點との間の目盛を讀みとつて知ることができ、又一見して分裂の速さの増減の有様を知ることもし得る。分裂の進行經過を示す目標となる分裂像の形態的特徴は多い程よいのであるが、ムラサキツユクサの毛の分裂像の生體觀察に於て確認することのできるものとして下記の20箇を選んだ。前期核では靜止核の螺旋絲が染色體に生長する過程がその形態的特徴となる。この染色體螺旋構造の發達については桑田及びその門下生の研究に負ふところが甚だ多い。その研究になる前期の a-stage から f-stage までをそのまま前期分裂像の進行狀態を示す目標として採用した。f-stage の次に現れる核帽期 (P-K) で前期は終る。以上の各期を略號 A-a, A-b, A-c, A-d, A-e, A-f, 及び P-K で表す。A は Anachromasis の Aをとつた。染色體が核帽に向つて動く時を Metakinese I (Meki I), 核板形成に向つて動く時を Metakinese II (Meki II), 紡錘糸附着點が赤道に並んだ時が中期 (Meph) である。後期は核板上の染色體に於ける縦裂と分離に始まり (F-A), 續いて中後期 (M-A) を經て後期つ終り (S-A) となる。之を S-A I と S-A II にした。終期は隔膜形成體の出現に始まり (F-T), 隔膜原基の生長中を中終期 I (M-T I), 隔膜的側壁への到達を以て中終期 II (M-T II) の始まりと

し、染色體に螺旋構造が再び現れる時期を終終期Ⅰ（S-TⅠ）とし、各染色體間の區別困難になれば終終期Ⅱ（S-TⅡ）、である。

核分裂の完了及び開始の時期 娘核の静止核化は紡錘體極側にて早く進行し、隔膜側は遅れる。之に對應して娘核表面に於ける光線屈折の状態も始め極側に強く隔膜側とは相異が認められるのであるが、中間期（Inter）に近づくと共に強く光線を屈折する核の輪廓は次第に隔膜側に及び遂に娘核の周圍は一様に強く光線を屈折するやうになる。筆者はこの時期を以て核分裂完了の時期とした。核分裂の開始に當つて A-b の状態は A-a から明瞭に識別することができるが、最初収縮した螺旋絲の部分 A-a 中に見付け A-b の始りを決めることは極めて困難である。又終期の終りのやうに核表面に於ける光學的變化も認められない。従つて核分裂開始の時刻は作圖した分裂曲線の延長と A-b の横軸との交叉點を以て實用的に定めた。

ムラサキツユクサの雄蕊の毛に於ける核分裂の分裂進行曲線。曲線Ⅰは Strasburger の報告により、曲線Ⅲは Belar の記録により作圖したもの。曲線Ⅱ、Ⅳは筆者の觀察記録であり曲線上の○は各觀察時刻を示し、點線の部分は推測により作圖した部分である。

Strasburger はムラサキツユクサの毛の生體觀察に於て分裂の経過を圖に示しその所要時間を記録した。この報告により分裂進行曲線を作圖し、分裂各期の持續時間を測定したところ前期、中期、後期、終期は夫々 76.5 分、9.5 分、11 分、63 分で全所要時間は 160 分である。筆者は氣温 29.7 度で觀察した一例に全所要時間 161 分のもつがあつた。その分裂各期の持續時間は夫々 110 分、14 分、10 分、32 分であつた。Strasburger の觀察前期は推測によるもので終期と共に誤差が著しい（第 1 圖曲線Ⅰ及Ⅱ）。Belar は核分裂の所要時間を決めるために全分裂経過を 12 に區分して多數の分裂細胞について觀察を行ひその内の最少時間を核分裂の速さとした。この價について分裂進行曲線を作圖して見ると全所要時間は 340 分で、前期、メタキネーゼ、中期、後期、終期の持續時間は夫々 181 分、10 分、4 分、15 分、130 分である。筆者の場合には 22.7 度で觀察した一例に全所要時間 337 分のものである。この場合の分裂各期の持續時間は夫々 218 分、13 分、8 分、28.5 分、69.5 分である。Belar の觀察結果も亦前期の持續時間を過少に、終期を過大に推測してゐる（第 1 圖曲線Ⅲ及Ⅳ）。そして Belar の分裂全所要時間は Strasburger の場合の約 2 倍に相當してゐるのは、その觀察の際の氣温の相異によることは筆者の觀察結果との比較によつて明である。しかし兩者ともその報告に氣温や季節についての記載はよいが、Strasburger は盛夏の候に於て、Belar は花期の始め 5-6 月頃に於て觀察したものと想像さ

れる。

以上述べたことによつて明な如く分裂進行曲線の作圖によつて核分裂の時間的経過は從來の方法よりも遙に正確を期することができるやうになつた。しかし生體細胞に於ては常に内外の條件によつて分裂の速さは變化するものであつて、特に實驗的處理を加へない正常細胞に於てもその核分裂は氣温及び觀察のための照明光の影響を免れることはできない。この點について一言したい。ムラサキツユクサの毛の分裂に對して低温の影響は分裂速度の低下として分裂各期に現れ、特に前期に對して著しく、分裂の全所要時間を著しく増大する。之に反して高温は分裂速度を高め分裂各期の持続時間は短縮され全所要時間の減少として現れる。しかし氣温30度に近づくと共に照明光の影響が著しく現れ、却つて前期の経過時間は増大するに至る。一般に分散光は核分裂の進行に對して何等の影響を及ぼすものではないが、檢鏡のための強い照明光は核分裂前期に對して抑制作用を及ぼすことは注目に價する。この抑制作用は前期の始め程、又氣温が高い程著しく現れ、A—b, A—c に於ては極めて容易に染色體形成を中止して靜止核構造に逆行する。A—d, A—e に於ては分裂速度の低下にとどまる場合が多い。染色體完成後の各期は普通の照明光では殆んど影響を蒙ることなく進行する。

これ等の觀察結果から考へると照明光に對して特に敏感に作用される物質は前期の始めに多く存在することを明にしてゐる。そして常に核分裂の發現が阻止されてゐる點からして、核分裂を發現する作用物質は強い光の作用でその機能を失ふものであると考へられる。この核分裂を發現する作用物質の存在についてはさきに寒天薄板法の報告に於て言及した。多くの水棲生物、例へばユーグレナ、アオミドロ、オイドリーナ等その分裂組織が日中強烈な直射日光にさらされてゐるものに於ては、核分裂が發現するのは常に日没後或は未明である。直射日光を防ぐに充分な組織の内部で晝夜の別なく體細胞分裂を行つてゐる高等植物の場合と比較して見ると、これ等水棲生物が強烈な直射日光を避けて核分裂を行ふことは、その物質代謝による生理的要求に基くのみならず、又分裂を發現する作用物質の特殊性にも何等かの關係があるのではないかと想像される。何れにしても核分裂の速さ、從つて分裂の所要時間は温度のみならず觀察のための照明光、分裂を發現する作用物質が關係することは明である。これ等諸條件についての檢討は別の機會に譲り、ここでは核分裂機構の原因分析の一方法として分裂進行曲線の必要を述べるものである。尙分裂進行曲線についての詳細は近くキトロギアに出る筈であるから一讀を乞ふ。

- 1) 昭和18年12月18日日本植物學會12月例會に於ける講演要旨
- 2) 昭和18年10月24日日本植物學會第11回大會（京都）に於て講演し、キトロギア第13卷1號、及び植物及動物第11卷9號に發表した。
- 3) キトロギア第13卷3—4號

東京帝國大學理學部植物學教室

邦産コゴメグサ屬植物に就いて*

Yojiro Kimura : De Euphrasia Japonica.

木 村 陽 二 郎

コゴメグサ屬植物 (Euphrasia) はゴマノハグサ科 (Scrophulariaceae) に屬する小草で

* 昭和18年10月 (Oct. 1943), 日本植物學會第11回大會（京都）に於ける講演要旨