

かめた。

ゾウリムシの接合型遺伝子の発現と細胞の分裂速度

三輪五十二 (東北大・理・生)

ゾウリムシの生活史には接合後、未熟期、成熟期、老衰期と続くことが知られているが、特に未熟期の問題は遺伝子の発現機構の解析の面から非常に興味ある問題である。何が未熟期の長さを決定しているかということに関して、今までに幾らかの研究者により未熟期の長さを日数と分裂回数で計った報告がある。それによると未熟期の長さは温度によって分裂速度を制限した場合、日数より分裂回数に関係する (Kroll and Barnett, 1968) という報告や日数と分裂回数の両方に関係する (Takagi, 1970) という報告がある。しかし接合するためには絨毛に接合型物質と呼ばれる相補的な物質の存在が必要であり、ゾウリムシが接合後一定期間経て接合能力が発現してくるというのは、そのような物質が生合成されるか、あるいはそれが細胞から絨毛に転移することが原因であると考えられる。さらにアクチノマイシン D を使った実験により接合するためには蛋白合成系の関与が必要であることが解っている。すなわち未熟期から成熟期への移行の機構には遺伝子発現の調節機構の問題が含まれているものと考えられる。そのような接合に関係した遺伝子の発現と未熟期の長さとの関係を調べるため、同じように温度によって分裂速度を変えて、未熟期の長さが分裂回数に依存するかどうか調べ、さらに DNA 複製阻害剤や呼吸阻害剤などで分裂速度を抑制して、未熟期の長さを調べてみた。その結果温度やエサの量や呼吸阻害剤で分裂速度を抑えた場合、未熟期の長さは分裂回数にして約 60 回であるのに、マイトマイシン C やアクリフラビンなど DNA 複製阻害剤で分裂速度を抑えた場合は約 50 回で接合能力が現われてきた。また接合型にも違いが見られ、接合型 V の方が接合型 VI よりも約 10 回早く接合能力が現われてきた。

I-2 セン毛とべん毛の運動

オルガナイザー：米田満樹 (お茶大・理・生)

せん毛とべん毛の運動は、好事家的生理学者たちにとって、昔なじみのたのしいテーマであった。せん毛運動のパターンの変動が、膜興奮の直接の表現であることはまちがいないとしても、これで万事が片づく筈はなく、今なお多くの問題が散在している。とりわけ、せん毛虫類について、その行動を、膜興奮と結びつけた研究は極めて興味ぶかい (内藤)。

とはいえ、精子のグリセリンモデルの ATP による律動的搏動が、ホフマンベルリンクによって報告された ('54) ときを境に、以後の研究の主流は、筋収縮とのアナロジーを追い求める方向に向う。べん毛やせん毛は一般に微小で、かつ材料を大量に集めるのが厄介だから、生理学的研究のためには特殊な観察手段の導入を必要とし、また物質レベルの追求のためには蛋白質化学の実験技術の進歩をまたねばならなかった。

ここ数年の間に、運動にあずかる物質的実体の構造は続々と明らかになったが、それらは、筋におけるものとは似て非なるものであった。筋のミオシンとアクチンにそれぞれ対応すると思われるのは、ダイニンとチュービュリンという別の蛋白であり (毛利), メカノケミカル系にエネルギーをうけわたす経路に、筋とはちがつて、GTP-GDP が介在する (柳沢)。

これらとは別に、運動装置としてのせん毛・べん毛の力学的動特性が、生体観察から求められる段階に至った (平本)。

以上の諸知見に加え更に、電顕によって知られている微細構造とをつきあわせることによって、この微小な運動装置の動作のメカニズムが、これからいよいよ細かく解明されようとしている。

ダイニンとチュービュリン

毛利秀雄 (東大・教養・生)

筋肉の収縮は主としてミオシンとアクチンの相互作用によって起こることが明らかにされているが、せん毛やべん毛の運動でも同じことがいえるである

うか。いいかえれば、せん毛やべん毛にもミオシンとアクチンが含まれているであろうか。これに対する答えは、少なくとも今までのところ、“ミオシンとアクチンそのものは存在しないが、両者にあたるような蛋白質は共存する”とあってよさそうである。それがここにのべるダイニン (dynein) とチュービュリン (tubulin) である。

この方面の研究は、1963年に Gibbons がせん毛の新しい分画法を開発して以来飛躍的に進歩した。彼はせん毛を EDTA を含む低温濃度の液に透析することにより、ATP アーゼの大部分を抽出し、さらにこれを密度勾配遠心法で分離した。この ATP アーゼに対してダイニンの名が与えられ、せん毛の微細構造の中の腕にあたることが確かめられた。われわれがウエの精子のべん毛でえた結果によれば、ダイニンは分子量約 35 万、直径 $100\text{\AA}$ 前後の顆粒で、 Mg^{++} と Ca^{++} で活性化されるが EDTA による活性化はみられない。筋肉のアクチンとの相互作用も認められていない。

一方せん毛やべん毛からアクチンを抽出する試みはすべて失敗に終わっているが、微細構造の中にアクチンにあたるものを探すと、いわゆる $9+2$ の微小管が浮び上がってくる。分離した微小管の分析結果によると、微小管蛋白質は分子量約 5 万、直径 $50\text{\AA}$ 前後の顆粒で、アミノ酸組成はアクチンに似ている。しかし筋肉ミオシンとの相互作用の違いや、分子中に GTP, GDP を含んでいる点でアクチンとは異なっている。そこでわれわれはこの蛋白質をチュービュリンと呼ぶことにした。

せん毛やべん毛の運動には当然この 2 つの蛋白質、いいかえれば腕と微小管とが関与すると考えられるが、現在のところ、両者の間のすべりあいによるのか、あるいは微小管の収縮によるのか、いずれとも結論はでていない。

べん毛運動のエネルギー論

柳沢富雄 (都立大・理・生)

べん毛運動の解析には、べん毛の細胞全体に占める割合が大きく、べん毛に余分な補助的構造を伴わない点などで、ウエ精子は優れた材料である。ここでは、主にこれを用いべん毛運動のエネルギーの

問題を考察した。

精子は、運動に関与する $\sim\text{P}$ 化合物として、かなりの量の ATP とクレアチンりん酸 (CP) を含む。これらが主に中片と尾部に含まれるとすれば、その含有量はカエル筋肉に匹敵する。べん毛をもつ精子は無脊椎動物でも、すべてりん原質として CP を含むことは注目すべきである。CP・ATP の精子細胞内の局在性については、これが主に中片に含まれることを示唆する結果が得られている。

精子のべん毛運動時の $\sim\text{P}$ の変化をみると、ATP は多少減少の傾向を示すが、著明な変化を示すものは CP で、初めの 1 分に大部分の CP が消失するが、時間と共に回復して、もとのレベルにもどる。最初の 1 分の $\sim\text{P}$ の減少量から使われたエネルギー量は約 $3 \times 10^{-7} \text{ ergs/sec/cell}$ となり、力学的計算で得られたべん毛運動のエネルギー量と良く一致する。

しかし、CP・ATP は構造には結合せずに存在するもののようで、グリセリン処理精子・分離した尾部・構造蛋白質 tubulin に含まれるのは、ATP ではなくて、GDP と GTP がおもに含まれていた。

^{32}P で標識した ATP を加えて、グリセリン処理の精子鞭毛の運動をうながすと、ATP の $\sim\text{P}^*$ は GTP に移動することが確かめられた。このことから、べん毛構造に結合しているのは GTP (GDP) で、べん毛運動の直接のエネルギーは GTP から得られるもので、ATP は GTP を介してはじめてべん毛運動と関連をもつものと考えられる。

せん毛べん毛運動の物理学

平本幸男 (東大・理・臨海)

せん毛やべん毛がどのような機構で運動するのかしらべる第 1 歩として、ムラサキイガイの鰓の large abfrontal cilia およびヒトデの精子べん毛の運動を高速度顕微鏡映画 (毎秒 500 駒、1 回の露出 $1/20000 \sim 1/10000$ 秒、 $40\times$ 又は $100\times$ 対物レンズ使用) で記録した。この記録を利用してせん毛、べん毛の屈曲度と外液の抵抗による曲げモーメントの時間的変化をしらべたところ、両者とも運動にともなって周期的に変化するが、その位相は屈曲度の方が抵抗による曲げモーメントに先行していることがわ