

[J. Ferment. Technol., Vol. 53, No. 1, p. 27~34, 1975]

攪拌による菌糸内ヌクレオチドの漏出を伴う 菌糸増殖の動力学*

田 中 秀 夫・上 田 清 基

東京教育大学農学部生物化学工学科

Kinetics of Mycelial Growth Accompanied by Leakage of Intracellular Nucleotides Caused by Agitation

Hideo Tanaka and Kiyomoto Ueda

Department of Biochemical Engineering, Tokyo University of Education, Tokyo

It has been reported by the authors that intracellular low molecular RNA-related nucleotides leaked from mycelia on agitation of mycelial suspension and in aeration-agitation culture of *Mucor javanicus* NI 1051. Further, the rate of leakage of the low molecular nucleotides, ΔE_{260} , in mycelial suspension has been proposed as a standard for the intensity of agitation shock on mycelia.

In aeration-agitation culture of the mold, the periodical changes of intracellular and leaked nucleic acid related substances during growth were measured, and it was found that the growth rate depended on the rate of synthesis of high molecular nucleic acid related substances and the rate of leakage of low molecular nucleotides. The ratio of leaked nucleotides to total nucleic acid related substances in the culture system and the relationship between rate of leakage of low molecular nucleotides in suspension system and that in culture system were also investigated. From these results, an equation of the specific growth rate of the mold was derived as a function of ΔE_{260} .

結 論

著者らは、*Mucor* および *Rhizopus* 属の菌糸懸濁液を攪拌したとき、あるいはまた、菌を通気攪拌したとき、菌糸内から主に RNA 構成成分であるモノヌクレオチドが漏出してくる現象を見出した。そして、このヌクレオチドは、菌糸が攪拌によって切断されるために菌糸外に出るのではないこと、培養装置や増殖期が異なっているにもかかわらず、漏出したモノヌクレオチドの組成に相違が見られないこと、^{1,2)} 菌糸懸濁液を攪拌したとき、漏出するヌクレオチドは時間に比例して増大し、漏出速度

が攪拌の強さに関連していることを明らかにした。これらの結果に基づいて、菌糸懸濁液を攪拌したときのヌクレオチドの漏出速度、 ΔE_{260} 、を攪拌の菌糸に与える衝撃の強さを表わす基準とすることを提案した。³⁾

本報では、攪拌によって菌糸に与える衝撃の強さが、どのように菌糸の増殖に影響するかを、まず明らかにしようと考えた。菌糸内の核酸関連物質を便宜的に高分子と低分子に区分し、攪拌によって漏出する低分子と、菌糸内に存在する高分子と低分子の量的変化を調べた。その結果、菌糸内の高分子核酸関連物質の合成速度と、低分子核酸関連物質の漏出速度の差が、攪拌条件下での増殖速度の大小に影響するという結論を得た。これに基づいて、培養中の菌糸内、外の核酸関連物質の物質収支と増殖を関係づけて、増殖の動力学的

* 糸状菌の液内培養における菌糸に与える攪拌の影響に関する研究 (第 4 報)
Studies on the Effect of Agitation on Mycelia in Submerged Mold Culture (IV)

検討をおこない、 ΔE_{260} を導入した比増殖速度式を導くことが出来たので、これらの結果を報告する。

実験法

使用菌株 *Mucor javanicus* NI 1051 を用いた。

菌糸の調製 ポテト寒天斜面に孢子を接種したのち、30°C で5日間培養し、着成した孢子に殺菌水を加えて、孢子懸濁液をつくる。別に1l振盪フラスコにグルコース-ペプトン培地¹⁾ 200mlを入れ、120°C、12分間加圧殺菌する。これに孢子数が 3×10^5 個/mlとなるように孢子懸濁液を無菌的に加え、往復振盪機(115 oscills/min, 振幅 70 mm)上で、30°C で培養をおこなった。24時間の培養で増殖した菌糸を実験に用いた。

菌糸懸濁液の調製 上記の培養で得られたパルプ形態の菌糸を濾過し、1lの蒸留水で3回洗浄した。これを再び水に懸濁し、菌糸濃度が100ml 当りの乾燥重量として100mgとなるように調製した。

培養方法 上記の培養液200mlを濾過し、これを1lの殺菌水で無菌的に洗浄し、菌糸を再び殺菌水に懸濁したものを種菌糸として使用した。この種菌糸を、改変赤堀培地²⁾ 100ml 当りに乾燥菌糸重量として100mgとなるように接種し、30°C で培養をおこなった。

菌糸の攪拌装置 菌糸懸濁液の攪拌装置として、5lジャーフェーマンターと500ml振盪フラスコ(125 oscills/min, 振幅 70 mm)の往復振盪機上で振盪)を用いた。ジャーフェーマンターは前報¹⁾ で述べたものと同じものを使用し、液量を2.5l、攪拌はインペラーの回転速度を200から600rpmの間でおこなった。通気はおこなわなかった。フラスコの液量は100mlであった。

培養装置 上記の攪拌装置と同じで、5lジャーフェーマンターと500ml振盪フラスコを用いて、菌糸の培養をおこなった。なおジャーフェーマンターの通気量を1vvmとした。

ヌクレオチドの漏出量の測定 攪拌した菌糸懸濁液、および培養液について、それぞれ菌糸を濾別し、その濾液について、幅10mmの石英キュベットを用い、分光光度計(日立製作所製, Perkin Elmer 139型)で、波長260nmにおける吸光度を求め、その測定値を E_{260} として示した。

菌糸内、外の核酸関連物質の定量 前報¹⁾ と同じく、Schmidt-Thanhauser-Schneider 法と岡崎らの方法に従った。なお、恒量になるまで減圧乾燥した菌糸

を乳鉢で粉碎後、熱酸分解で全核酸関連物質を低分子化し、モノヌクレオチドとして定量したものを、菌糸内全核酸関連物質と呼ぶことにした。また、本報では便宜上、核酸関連物質のうち、冷過塩素酸処理によって沈澱する区分を高分子核酸関連物質、沈澱しない区分を低分子核酸関連物質と区別した。核酸関連物質は高分子から低分子に分解すると、 E_{260} は増大することが知られているので、⁴⁾ 全核酸関連物質および高分子核酸関連物質の E_{260} の測定に当っては、あらかじめ、各区分を熱酸分解して用いた。

菌糸重量の測定 菌糸懸濁液および培養液を、濾紙上に濾過し、水で3回洗浄したのち、105°C で恒量になるまで乾燥させ、秤量した。

糖の定量 Somogyi 氏変法⁵⁾ により測定した。

実験結果および考察

菌糸懸濁液の攪拌時における菌糸内核酸関連物質の変動 菌糸を水に懸濁して攪拌をおこなうと、菌糸内のRNAに関連する主としてモノヌクレオチド類が、時間に比例して菌糸外に漏出し、さらに攪拌強度を高めれば、それらの漏出量が高まることをこれまで明らかにしてきた。このような漏出現象が、菌糸内の核酸関連物質の変動とどのような関係にあるのかを明らかにするために、ジャーにおいて回転速度600rpmで攪拌を行ない、菌糸内、外の核酸関連物質の経時的变化を調べた。その結果をFig. 1に示した。菌糸内低分子核酸が漏出するとき、菌糸内の全核酸関連物質は、菌糸内高分子核酸とほぼ平行的に減少することが見られた。従って、漏出による菌糸内低分子核酸の変化は、高分子核酸の変化を伴うことが明らかである。しかし、菌糸内低分子核酸はほぼ一定に保たれているから、菌糸内に維持しようとするある種の制御機構が働いて、菌糸内の高分子核酸が低分子化するのであろうと考えられる。これらの関係の概略図をFig. 2に示した。

次に、同じく菌糸懸濁液をジャーにおいて回転速度600rpmで1時間攪拌した後、菌糸を洗浄し、グルコース-ペプトン培地を含む500ml振盪フラスコに投入した場合の増殖経過を検討した(Fig. 3)。ジャーの中で菌糸を攪拌すると、菌糸重量および菌糸内の全核酸関連物質は減少し、その菌糸をフラスコ培養に移しても、引き続き減少するのが見られた。しかし、栄養源の取り込みに伴い、菌糸重量および菌糸内の全核酸関連物質は徐々に増加し、攪拌前の濃度水準に回復した後、対数増殖を開始するという経過を示した。

同様に、ジャーにおいて種々の攪拌速度で1時間攪拌後、フラスコ培養した場合の増殖経過を Fig. 4 に示した。ジャーで強く攪拌した菌糸ほど、その後のフラスコ培養において、攪拌前の菌糸濃度にもどる回復

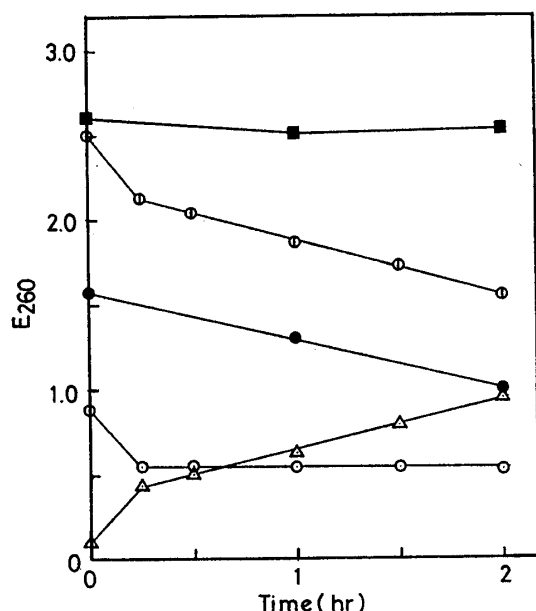


Fig. 1. Periodical change of various nucleic acid related substances on agitation of mycelial suspensions.

(5 l jar fermenter, 600 rpm)

■—■ Total nucleic acid related substances.

○—○ Intracellular nucleic acid related substances.

●—● High molecular intracellular nucleic acid related substances.

○—○ Low molecular intracellular nucleic acid related substances.

△—△ Low molecular extracellular nucleic acid related substances.

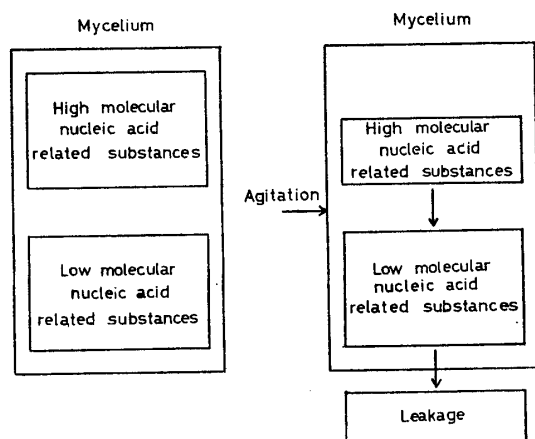


Fig. 2. Leakage of intracellular nucleic acid related substances on agitation of mycelial suspensions.

時間が長いことがわかる。1時間の攪拌による菌糸内低分子核酸関連物質の漏出量と、その後のフラスコ培養における lag 期間との関係を Fig. 5 に示した。両者の間には直線関係があり、培養前に菌糸から漏出した低分子核酸関連物質量の大小が、lag 期間の長短と相関することが明らかとなった。しかしながら、Fig. 4 より、回復後の比増殖速度は、培養前に与えられた攪拌の強さに関係なく、ほぼ一定であった。これらの結果より、ジャーで行なった程度の攪拌条件では、菌糸に与える衝撃の影響は、菌糸の増殖に関する限りでは、単に菌糸内核酸関連物質の漏出をうながし、lag を長くすることであることが明らかである。しかし、上記の攪拌条件でも長時間の攪拌により、菌糸の自己消化

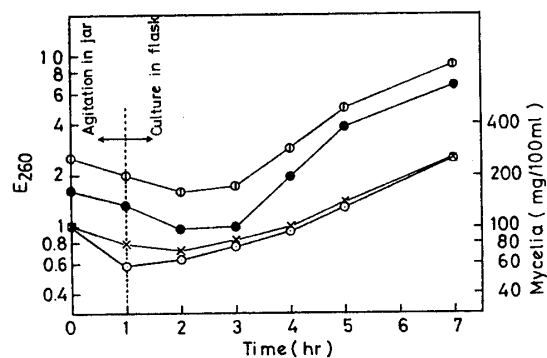


Fig. 3. Periodical change of mycelia and nucleic acid related substances in flask culture after preliminary agitation in jar fermenter.

×—× Mycelia

○—○ Intracellular nucleic acid related substances.

●—● High molecular intracellular nucleic acid related substances.

○—○ Low molecular intracellular nucleic acid related substances.

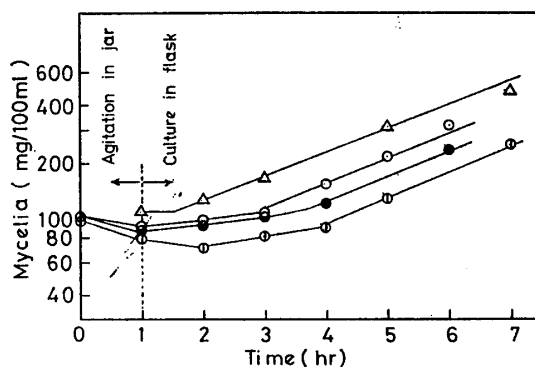


Fig. 4. Effect of agitation conditions in jar fermenter on mycelial growth in flask culture.

△—△ Flask

○—○ Jar (200 rpm) → Flask

●—● Jar (400 rpm) → Flask

○—○ Jar (600 rpm) → Flask

が起れば、菌糸の切断は容易に起るであろう。

通気攪拌培養における菌糸内核酸関連物質の変動

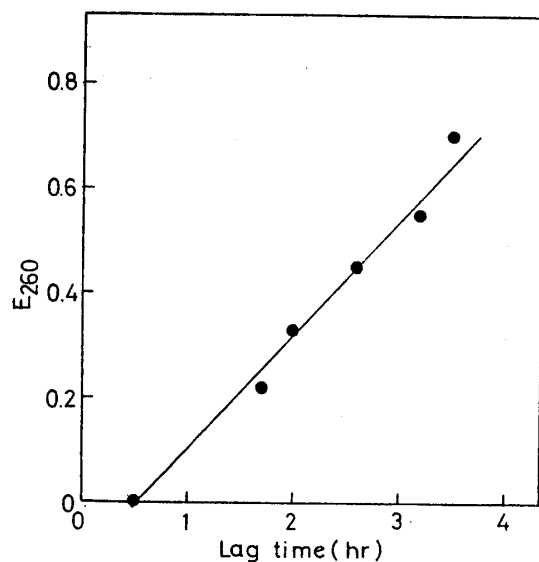


Fig. 5. Relation between amount of leakage of nucleic acid related substances on agitation and lag time of growth in culture.

Seed mycelia were preliminarily agitated in water for one hour and then inoculated into culture medium.

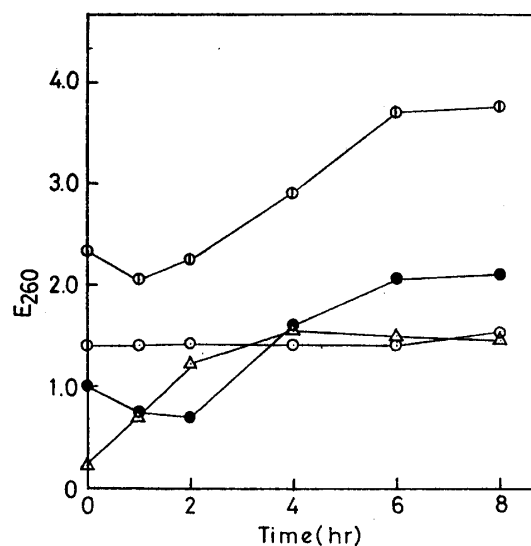


Fig. 6. Periodical change of nucleic acid related substances per unit dry weight of mycelia in jar fermenter culture.

- Intracellular nucleic acid related substances.
- High molecular intracellular nucleic acid related substances.
- Low molecular intracellular nucleic acid related substances.
- △—△ Low molecular extracellular nucleic acid related substances.

改変赤堀培地を用いて、*M. javanicus* を通気攪拌培養したとき、菌糸を単に水に懸濁した液を攪拌した場合と同様に、菌糸内 RNA に関連する低分子のヌクレオチドが菌糸外に漏出することを、これまで明らかにしてきた。²⁾ このような漏出現象が、菌糸内の核酸関連物質の変動とどのような関係にあるのかを明らかにするために、通気攪拌培養をおこない、単位菌糸重量 (100 mg) 当りの菌糸内、外の核酸関連物質の経時の変化を調べた。その結果を Fig. 6 に示した。この図から明らかなように、培養開始時から、攪拌により、菌糸内の低分子核酸が菌糸外に漏出するにもかかわらず、菌糸内の低分子核酸はほぼ一定であった。また、菌糸内の高分子核酸は培養開始時に減少した後、培養時間に伴い増加し、一定値に達した。以上の結果から、培養液中の攪拌による菌糸内物質の漏出現象と、菌糸内核酸関連物質の変動との関係を次のように推論した。即ち、攪拌により、菌糸内の低分子核酸が菌糸外へ漏出し、菌糸内では、その漏出低分子核酸を補うように、高分子核酸が減少する。一方、菌糸内に栄養源が取り込まれ、低分子核酸が合成され、低分子核酸量を一定に維持しつつ、高分子核酸が合成される。そして、こ

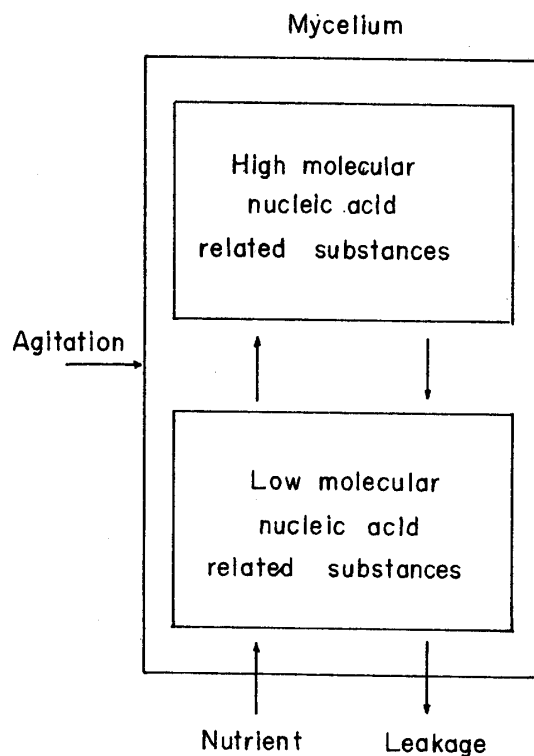


Fig. 7. Leakage and synthesis of intracellular nucleic acid related substances in aeration-agitation culture of mold.

の高分子核酸の合成速度が, 低分子核酸の漏出速度を上廻るかどうかによって, 増殖の有無がきまるということである. 培養している菌糸からの漏出現象の概略図を Fig. 7 に示した.

なお, 攪拌によって, 菌糸内から漏出する物質には, 低分子ヌクレオチド以外に低分子蛋白質関連物質が含まれることを既に明らかにしているが, 菌糸の増殖については, 当然これらのものが関連していると考えられる. それらの総合的な結果が, 増殖に必要な高分子核酸の水準をきめているのではあろうが, ここでは便宜的に, 菌糸内核酸関連物質のみの消長を対象に増殖を考えた.

糸状菌の増殖過程の動力学 以上のように, 菌糸の増殖間において, 攪拌により, 菌糸内核酸関連物質が変動し, 菌糸内高分子核酸の合成速度と菌糸内低分子核酸の漏出速度の差によって, 増殖速度がきまらうと推論することが出来た. 既に前報で述べたように, ここでいう菌糸内の低分子核酸関連物質は, 菌糸懸濁液の攪拌および通気攪拌培養間に漏出する核酸関連物質と同じ組成である. したがって, 菌糸懸濁液の攪拌における菌糸に対する衝撃の強度を表わす基準, ΔE_{260} , を直接, 増殖に結びつけて考えることが出来れば, 増殖間における衝撃の影響を把握することが出来ると考えられる. そこで, 菌糸内の核酸関連物質の変化についての考察に基づいて, 菌糸増殖の誘導期と対数増殖期における比増殖速度式を, 攪拌の菌糸に与える衝撃の強さを表わす基準である ΔE_{260} を導入して誘導した.

(1) 菌糸懸濁液の攪拌における菌糸内核酸関連物質の漏出速度式

菌糸懸濁液の攪拌による菌糸内, 外の核酸関連物質の関係を数式的に表わすと次のようになる. 今, 攪拌中のある時点において, 単位液量当りの全核酸関連物質量を N とし, 菌糸内核酸関連物質量を N_i , 菌糸外に漏出した核酸関連物質量を N_e とすれば, 次式が成立する.

$$N = N_i + N_e \quad (1)$$

(1) 式を時間で微分すれば,

$$dN/dt = dN_i/dt + dN_e/dt \quad (2)$$

全核酸関連物質は時間的に変化しないから, $dN/dt = 0$, 従って, (2) 式から, 次式が得られる.

$$dN_i/dt = -dN_e/dt \quad (3)$$

いま, 単位菌糸重量当りの低分子核酸関連物質の菌糸

外への漏出速度を $(\Delta E_{260})_1$ とし, さらに攪拌に由来する低分子核酸の漏出速度を $(\Delta E_{260})_0$, 攪拌しないときにわずかに漏出する低分子核酸の漏出速度を $(\Delta E_{260})_0$, 単位液量当りの菌糸重量を W とすれば,

$$dN_e/dt = W(\Delta E_{260})_1 \quad (4)$$

$$= W\{(\Delta E_{260})_0 + (\Delta E_{260})_1\} \quad (5)$$

ここで, $(\Delta E_{260})_0$ は一定とし, v_1 で表わせば, 次式が得られる.

$$dN_e/dt = W\{(\Delta E_{260}) + v_1\} \quad (6)$$

(2) 通気攪拌培養における菌糸内核酸関連物質の漏出速度式

ジャーフェーマンターおよびフラスコを用いて, 種々の培養条件下での *Mucor javanicus* 菌糸の増殖経過を示したのが Fig. 8 である. なお, この増殖期間内では, 基質および溶存酸素が十分に存在し, 増殖の制限因子とならないように前報²⁾と同様な方法で制御した. 前報で明らかにしたように, 攪拌条件により, 菌糸の増殖経過は異なっている. これは, 菌糸に与える衝撃の強さの相違に由来し, 衝撃の強さが強いほど, 誘導期が長く, 対数増殖期の比増殖速度 (μ_{max}) が小さいことが推測された.

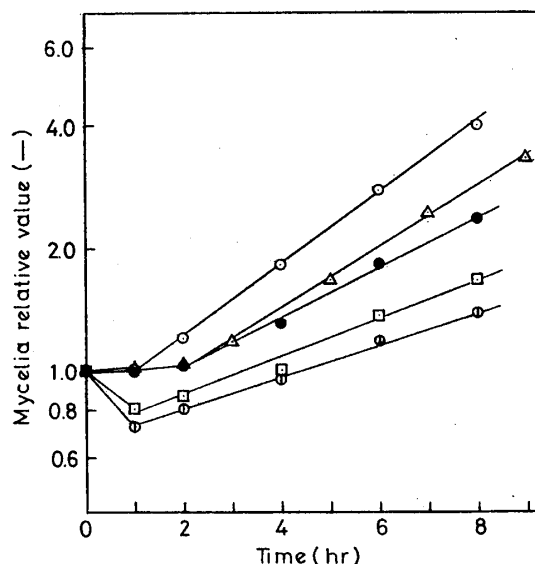


Fig. 8. Effect of agitation conditions on mycelial growth.

- △—△ Flask 125 oscs/min
- Jar 300 rpm, Aeration 1 vvm.
- Jar 400 rpm, "
- Jar 500 rpm, "
- ⊙—⊙ Jar 600 rpm, "

このような、攪拌による漏出と増殖の関係を求めるために、まず、培養経過中のある時点における、菌糸内、外の核酸関連物質の関係を考えた。いま、単位菌糸重量当りの低分子核酸関連物質の菌糸外への漏出速度を、 $(\Delta E_{260})_{m1}$ とし、さらに攪拌に由来する核酸関連物質の漏出速度を $(\Delta E_{260})_m$ 、攪拌しないときに漏出する核酸関連物質の漏出速度を $(\Delta E_{260})_{m0}$ とすると、(2) 式は次のようにあらわされる。

$$dN/dt = dN_i/dt + W(\Delta E_{260})_{m1} \quad (7)$$

$$= dN_i/dt + W\{(\Delta E_{260})_m + (\Delta E_{260})_{m0}\} \quad (8)$$

ここで、 $(\Delta E_{260})_{m0}$ は一定とし、 v_2 であらわせば、次式が得られる。

$$dN/dt = dN_i/dt + W\{(\Delta E_{260})_m + v_2\} \quad (9)$$

(3) 攪拌による菌糸内ヌクレオチドの漏出を伴う増殖過程の比増殖速度式

次に、このような攪拌による菌糸内ヌクレオチドの漏出を伴う増殖過程の比増殖速度式を求めるため、菌糸に与える衝撃の強さの基準、 ΔE_{260} 、を導入して検討した。

Fig. 8 に示した種々の培養条件における、それぞれの増殖経過について、単位菌糸重量 (100 mg) 当りの、菌糸内、外および全核酸関連物質の経時的变化を示したのが、Fig. 9 (A), (B) および (C) である。

(A), (B) から、攪拌の強弱が菌糸内、外に存在する核酸関連物質の割り合いを変えていることがわかる。攪拌の強弱と、菌糸内、外および全核酸関連物質との関係を量的に把握するため、まず、全核酸関連物質質量に対する菌糸内核酸関連物質質量の割り合い、 N_i/N の経時的变化を示したのが Fig. 10 である。種々の培養条件において、培養初期を除き、ほぼ一定の値となるが、それらの値の水準は、攪拌の強弱と対応していることがわかる。そこで、それぞれの攪拌条件における衝撃の強さ、 ΔE_{260} 、と N_i/N の関係を検討した結果が Fig. 11 である。明らかに、両者の間には、(10) 式で示される相関関係が認められた。

$$N_i/N = A \cdot e^{-a \cdot \Delta E_{260}} \quad (10)$$

ここで、 A および a は実験定数で、それぞれの値は、0.92 および 6.4 であった。

Fig. 9 の (C) より、単位菌糸重量当りの全核酸関連物質質量は、培養条件の如何にかかわらず、ほぼ一定の経時的变化を示していることが明らかである。その経過、 $f(t)$ は、次式で示すことが出来る。

$$N/W = f(t) = Y_0 + (Y_M - Y_0)t/(T+t) \quad (11)$$

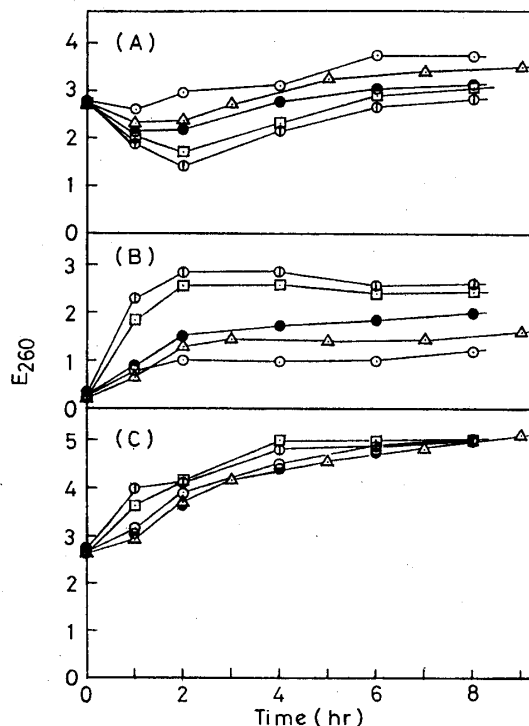


Fig. 9. Periodical change of nucleic acid related substances per unit dry weight of mycelia in aeration-agitation culture of mold under various agitation conditions.

(A) Intracellular (B) Extracellular (C) Total
 $\triangle$ — $\triangle$ Flask 125 oscillations/min
 $\circ$ — $\circ$ Jar 300 rpm, Aeration 1 vvm.
 $\bullet$ — $\bullet$ Jar 400 rpm, "
 $\square$ — $\square$ Jar 500 rpm, "
 $\ominus$ — $\ominus$ Jar 600 rpm, "

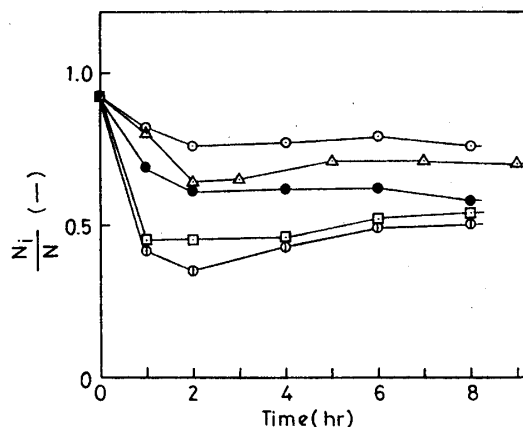


Fig. 10. Periodical change of N_i/N under various agitation conditions.

$\triangle$ — $\triangle$ Flask 120 oscillations/min
 $\circ$ — $\circ$ Jar 300 rpm, Aeration 1 vvm.
 $\bullet$ — $\bullet$ Jar 400 rpm, "
 $\square$ — $\square$ Jar 500 rpm, "
 $\ominus$ — $\ominus$ Jar 600 rpm, "

ここで, Y_0 および Y_M は, 単位培養液中の単位菌糸重量当りの培養開始時の全核酸関連物質質量および, 全核酸関連物質質量の最大値であり, T は実験定数である. 実験結果より, それぞれの値は, 2.7, 5.0 および 1.0 であった.

次に, 同一攪拌条件下の培養液と, 菌糸懸濁液における, 菌糸からのヌクレオチドの漏出速度を求め, 両者の相関性を検討した. 培養している菌糸からの漏出速度は, 漏出曲線の各時間における接線より算出したものの平均値を用いた. 菌糸懸濁液における漏出速度は, 既に述べたように, 直線的な漏出経過の傾きより求めた.³⁾ 種々の攪拌条件下の両者の関係を示したのが, Fig. 12 である. この図より, 次のような実験式が得られた.

$$(\Delta E_{260})_{m1} = B + b(\Delta E_{260})_1$$

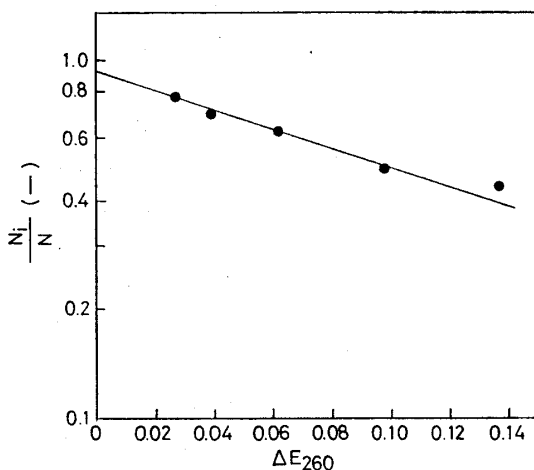


Fig. 11. Relation between N_t/N and ΔE_{260} .

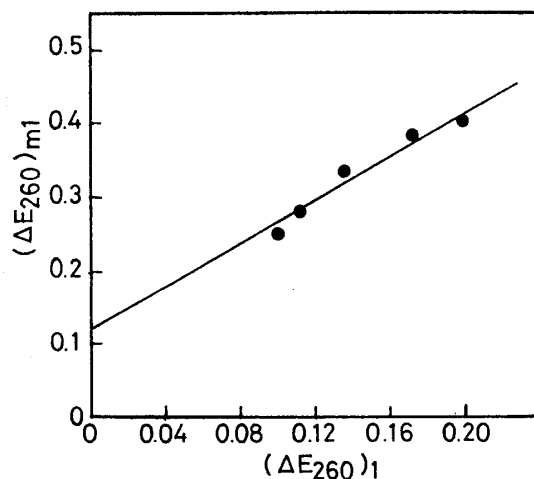


Fig. 12. Relation between $(\Delta E_{260})_{m1}$ and $(\Delta E_{260})_1$.

$$\begin{aligned} &= B + b\{(\Delta E_{260}) + (\Delta E_{260})_0\} \\ &= B + b\{(\Delta E_{260}) + v_1\} \end{aligned} \quad (12)$$

ここで, B, b および v_1 は実験定数である. B, b および, v_1 の値は, 0.12, 1.47 および 0.073 であった.

以上の実験で得られた実験式に基づいて, 誘導期および対数増殖期の比増殖速度 μ を, (11) 式より次のように誘導した.

すなわち,

$$\begin{aligned} dN/N \cdot dt &= d\{f(t) \cdot W\} / f(t) \cdot W \cdot dt \\ &= df(t)dt / f(t) + dw/w \cdot dt \\ &= df(t)/f(t) \cdot dt + \mu \end{aligned} \quad (13)$$

(7) 式および (13) 式より

$$\mu = dN_t/Ndt + (\Delta E_{260})_{m1}/f(t) - df(t)/f(t) \cdot dt \quad (14)$$

ここで実験式(10)より

$$\begin{aligned} \mu &= A \cdot e^{-a \cdot \Delta E_{260}} \cdot dN/N \cdot dt + (\Delta E_{260})_{m1}/f(t) \\ &\quad - df(t)/f(t) \cdot dt \end{aligned} \quad (15)$$

従って, (15) 式に, (11), (12) および (13) 式を代入して整理すると, 次式が得られる.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{(Y_0 \cdot T + Y_M \cdot t)(1 - Ae^{-a \cdot \Delta E_{260}})} \\ &\quad \left[\{(B + bv_1) + b(\Delta E_{260})\}(T + t) \right. \\ &\quad \left. - (1 - Ae^{-a \cdot \Delta E_{260}}) \frac{(Y_M - Y_0) \cdot T}{(T + t)} \right] \end{aligned} \quad (16)$$

ここで, 誘導期の長さを t_L とすると, $t \geq t_L$ の時, $f(t) = Y_M$ であるから, 対数増殖期の比増殖速度 $\mu_{\max}$ は, 次式で表わせる.

$$\mu_{\max} = \frac{(B + bv_1) + b(\Delta E_{260})}{Y_M(1 - Ae^{-a \cdot \Delta E_{260}})} \quad (17)$$

以上のように, 基質および溶存酸素が十分に存在する条件下での, 誘導期および対数増殖期における比増殖速度は, 攪拌の菌糸に与える衝撃の強さ, ΔE_{260} , のみの関数で表わされることが明らかとなった.

次に, 実験結果から得られた各定数を(16)式に代入して計算した結果を Fig. 13 に示した. 同時に実測値をプロットで示した. これらの計算結果から, 培養初期では菌糸重量が減少し, $\mu=0$ を境いに菌糸重量が増加しはじめ, 培養 4 時間目前後で, 攪拌強度の強弱に応じた $\mu_{\max}$ の対数増殖期に入ることがわかる. また, これらの結果は, 実験結果と良い一致が認められた.

しかしながら, Fig. 12 においてプロットのばらつきが多少見られるように, 培養液中への核酸関連物質

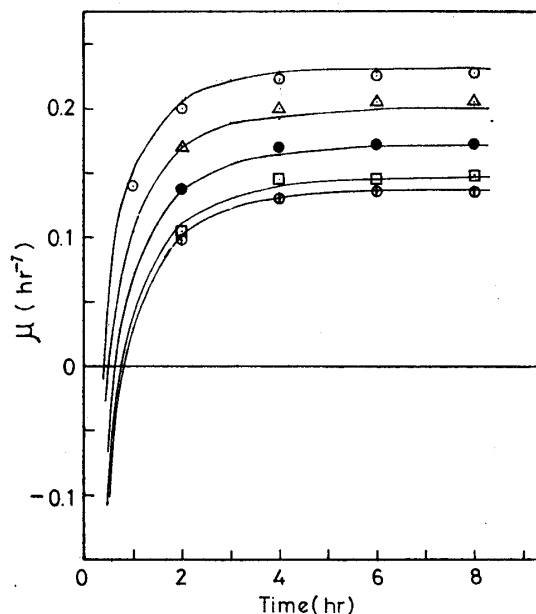


Fig. 13. Comparison between calculated values and experimental data of specific growth rate in aeration-agitation culture of mold.

△—△ Flask 125 oscillations/min
○—○ Jar 300 rpm, Aeration 1 vvm.
●—● Jar 400 rpm, //
□—□ Jar 500 rpm, //
⊙—⊙ Jar 600 rpm, //
——— Calculated values

の漏出速度の測定にあたって、菌糸重量の増加に伴う液の物性の変化など考慮せず、単に各時間の漏出速度の平均値で代表させた点に問題があると考えられる。増殖経過中の漏出速度の真の値は、連続培養により求められるから、なお細かな検討が必要であろう。

要 旨

Mucor javanicus NI 1051 を用いて、攪拌の菌糸に与える衝撃の強さが、どのように菌糸の増殖に影響するかを動力学的に検討し、次のような結果を得た。

菌糸内の核酸関連物質を便宜上、高分子と低分子に

区分すると、菌糸懸濁液の攪拌の際に見られる菌糸内低分子核酸関連物質（主に RNA に関連するモノヌクレオチド）の菌糸外への漏出は、菌糸内高分子核酸関連物質の減少と相関し、菌糸内低分子核酸関連物質量は、見掛け上一定に保たれていることがわかった。又、菌糸懸濁液を種々の攪拌条件で一定時間攪拌後、菌糸を濾別し、それを培地に接種し、一定通気攪拌条件で培養をおこなうと、培養前に与えられた攪拌の衝撃の強さに比例して、その後の増殖における lag が長くなることが明らかとなった。しかしながら、その時の比増殖速度は培養前の攪拌の如何にかかわらず一定であった。

通気攪拌培養における攪拌の菌糸に与える衝撃と増殖の関係は、攪拌の菌糸に与える衝撃の強さに応じた菌糸内低分子核酸関連物質の漏出速度と、栄養源の取り込みに伴う高分子核酸関連物質の合成速度との差が、増殖速度の大小に影響するという関係にあることが推測された。

このような推測に基づいて、攪拌の菌糸に与える衝撃の強さの基準である ΔE_{260} を導入し、通気攪拌培養における菌糸増殖の誘導期と対数期の比増殖速度式を誘導した。この速度式から得られる計算結果は、実験結果と良い一致を示した。

文 献

- 1) 田中, 宮川, 上田: 醸工, **52**, 646, (1974).
- 2) 田中, 宮川, 上田: 醸工, **52**, 652, (1974).
- 3) 田中, 高橋, 上田: 醸工, **53**, 18, (1975).
- 4) 水野: 核酸の一般的分離・定量法(東京大学出版会), 74 (1969).
- 5) 小林, 田淵: 農化, **28**, 171 (1954).

(昭49. 8.12受理)