

微生物の生態

(3)

—増殖をめぐる—

微生物生態研究会 編



微生物の生態 (3)

—増殖をめぐって

微生物生態研究会 編

東京大学出版会

学術書刊行基金

微生物の生態 (3)——増殖をめぐる

1976年3月31日 初 版

絶 印
版 止

編 者 微生物生態研究会

発 行 者 加 藤 一 郎

発 行 所 財団法人 東京大学出版会

113 東京都文京区本郷 東大橋内 電話・811)8814 振替東京6-59964

理忠社印刷・複製本

3345-66452-5149

はじめに

微生物学の歴史をふりかえてみると、自然そのものが発揮している特殊な活性についての認識から始まって、その原因微生物を探究するという方向で進んできている。ヒトや家畜、あるいは野菜の病気はどうして起こるのかという疑問、また土壌中で硝化や窒素固定が行なわれていることに気付いたあと、それはどうして起こるのかという疑問などから発して、原因微生物の単離と純粋培養法の確立への道をひらき、その後の微生物学の発展へとつながっていったのである。こうして見てくると、微生物学は、生態学的な言葉を借りるならば、もっぱら個々の生物の動態を指向した各個生態学的な歩みによって築かれたのであって、生物棲息の場の総合的理解を指向した群集生態学的な方向の研究は置き去られてきた感が強い。そのため、現在の微生物学の主流では純粋培養された微生物のみがその研究の対象として選ばれており、とくに近年における分子生物学のめざましい発展の結果、若い研究者のあいだでは大腸菌以外に微生物はいないような錯覚——これを称して E-cology というあだ名さえついた——にすら陥入りがちになってきた。

この流れに対して、近年にわかに意識されてきた環境問題に端を発して、従来の純粋培養一本槍の進め方ではどうしても行きづまりを感じざるをえないという現状認識が微生物研究者の間に高まってきた。それは自然界を相手にする場合、環境と微生物群集とを一体とみなした、いわゆる群集生態学的な研究方法をとらないかぎり、自然界の微生物活動を認識することはむずかしいということに気付いたからである。しかし、従来の純粋培養微生物学が血となり肉となって育ってきた研究者にとって、これまでの殻を脱却することは深刻な問題であった。純粋培養された微生物の生細胞数なら、ペトリ皿の上で簡単に計数できるものが、自然界に棲息するままの細胞となると、その計数すらむずかしいことが身に沁みて感じられたのである。

動物組織の細胞には、肝臓細胞やとくに神経細胞のように、細胞分裂活動をまったく停止したまま特殊な生理機能を発揮するものがあるが、微生物細

胞の場合には、それが発揮する特定の生理機能は、細胞分裂活性に大小はあっても、必ず分裂増殖を伴いながら機能している。そして、種々の生理活性は増殖速度と密接な関係がある。ある種の活性は増殖速度の低下したときに発揮され、また別の活性はそれが大きいときにのみ発揮される。したがって、一つの微生物群集が生態系内である種の生理活性を発揮している場合には、増殖速度の調節機構がはたっていると考えられる。このように、微生物の増殖活動は、自然界におけるエネルギーの流れや物質循環の平衡を考える場合に、一義的な重要性をもつものといえるのである。

安定した生態系内では、季節(時間)的な定常的振動はあるにせよ、微生物群集は質的にも量的にも見事な平衡関係が保たれている。微生物群集の構成種は、物理的、化学的(栄養的)、そして生物的環境の制御を受けながら、それぞれ固有の回転率をもって増殖を行なうと同時に、死滅・消滅することによって、群集全体としての平衡を保っている。一般にその回転率は、微生物の場合、他の生物に比べて著しく高いのが特徴的である。このような安定した生態系内に特殊な環境変化、たとえば富栄養化現象が起こったような場合には、それに即応してその微生物群集内に質的量的変動が起こって、まったく異質の群集形態をとるようになる。

微生物生態学の研究の分野では、このような複雑な問題を取り扱う群集生態学的なアプローチは、はじめに述べたようにごく最近になって注目されてきたにすぎない。したがって、この方面の研究者人口も少なく、未開の分野が多い。本書では上に掲げた幅広い問題をすべてカバーしているわけではないが、幸いそれぞれの方向で永年努力しておられる研究者にお願いして、できるだけ生のデータを示していただくことによって、生態系内の微生物群集の増殖という複雑な問題の一端をうかがうこととした。そして最後には、研究者どうしが互いに苦労している実験上の体験を提示していただくことによって、今後の発展の足がかりにしたいという気持ちを表明した。

本書の刊行にあたっては、昭和50年度文部省科学研究費補助金(研究成果刊行費)の交付を受けた。

微生物生態研究会

目 次

はじめに

微生物生理学と生態学とのあいだ

——生長の問題を中心として——

柳 田 友 道

1	はじめに	1
2	現場と実験室はどう結びつくか	2
2-1	棲息の場における集団の動き	2
2-2	生物間の相互関係	3
2-3	栄養基質の濃度	4
2-4	栄養基質の利用	6
2-5	物理的環境条件	7
3	増殖速度	9
3-1	増殖速度の測定方法	9
3-2	生態系における微生物の増殖速度	14
3-3	増殖速度測定上の問題点	15
4	むすび	18
文 献		19

微小藻類の異常増殖

宝 月 欣 二

1	異常増殖とその生態学的興味	22
---	---------------	----

2 異常増殖と環境要因	22
2-1 水の華	22
2-2 赤 潮	25
3 異常増殖の起こる機構	28
3-1 大きな光合成能	28
3-2 窒素・リン化合物と増殖	30
3-3 増殖を促進する物質	32
4 異常増殖の水域に及ぼす作用	37
4-1 水域の富栄養化	37
4-2 底層水の低酸素化	37
4-3 物理的環境の変化	38
文 献	38

自然水域における植物プランクトンの増殖率

——増殖測定法を中心として——

吉 田 陽 一

1 自然水域における植物プランクトンの増殖率の測定の意義	41
2 植物プランクトンの増殖に及ぼす諸要因	42
2-1 物理・化学的要因	42
2-2 生物学的要因	43
3 増殖率の測定法とその問題点	43
3-1 室内実験法	44
3-2 野外における測定法	45
4 植物プランクトン自体の計測法や測定時間の問題点	46
4-1 植物プランクトンの計測法	46
4-2 測定時間について	48
5 植物プランクトンの増殖率の測定例	49
5-1 室内実験による測定例	49

5-2 野外調査での測定例	51
6 今後の研究の進め方について	54
文 献	55

海洋の鞭毛藻による窒素化合物同化活性

辻 堯

1 はじめに	57
2 自然水域の鞭毛藻をバクテリアから分離する方法	58
3 窒素化合物の同化速度測定法	60
4 測点付近の海況	63
5 アミノ酸混合物の同化活性	64
6 尿素と無機窒素化合物の同化活性	65
7 海洋微生物による窒素化合物の利用	68
8 む す び	69
文 献	70

海洋の生物生産機構における微生物の役割

関 文 威

1 はじめに	73
2 第一次栄養段階における腐生植物の重要性	75
2-1 腐生植物による溶存態有機物の利用	75
2-2 腐生植物による炭酸暗固定	78
2-3 腐生植物によるデトリタスの利用	79
3 デトリタス微小環境内における食物連鎖	80
4 む す び	86
文 献	87

細菌の発育

志 田 俊 郎

1 はじめに.....	89
2 実験方法.....	90
3 実験結果.....	91
3-1 予備実験	91
3-2 B培地中での接種菌量の影響	92
3-3 培地を変えた場合の L_{10} の変化.....	93
3-4 L_{10} および適応期の長さに対する栄養因子の影響	96
3-5 物理的環境因子の影響について	98
3-6 生物的環境要因, とくに前培養の培養給の影響	103
4 む す び	106
文 献.....	107

ケモスタットによる増殖速度測定の意味

石 田 祐 三 郎

1 はじめに.....	109
2 増殖速度の測定方法	109
3 海水中のバクテリアの増殖速度測定の実験例	111
4 バクテリアの増殖速度測定による生態学へのアプローチ	114
5 ケモスタットによる増殖速度測定法の問題点	118
6 む す び	119
文 献.....	119

水域における窒素代謝と細菌

河 合 章

1 はじめに.....	121
2 水域における細菌の役割と増殖	121

3 水域における細菌の現存量と窒素代謝	123
3-1 種々の海水域における窒素代謝と細菌群の現存量	124
3-2 実験水槽における窒素代謝と細菌群の現存量	125
4 硝酸化成細菌の現存量とアンモニア酸化反応	128
5 水域における窒素代謝速度	129
6 琵琶湖におけるアンモニア酸化速度	130
7 む す び	133
文 献	134

植物プランクトンによるアミノ酸の生産とその生態学的意義

岡 市 友 利

1 はじめに	135
2 植物プランクトンの培養	136
3 植物プランクトンのアミノ酸組成とその生態学的意義	140
3-1 プランクトンのアミノ酸組成	140
3-2 海洋懸濁物のアミノ酸組成	141
3-3 必須アミノ酸指数による検討	142
4 浅海におけるアミノ酸の生産	148
5 む す び	150
文 献	150

アンモニア菌類の増殖

——“処理”による地上生菌類の実験生態学的研究——

相 良 直 彦

1 はじめに	153
2 研究史と増殖のとらえ方	154
3 実 験 法	157

3-1 野外実験	157
3-2 室内実験	157
4 尿素効果	157
5 有効物質の範囲と有効基本物質	159
6 アルカリおよびアルカリ土類の効果についての補足	164
7 副次的効果と攪乱の収束	164
8 土壌状態の変化と菌の発生	167
8-1 pH と含水率	167
8-2 反復処理の影響	168
9 自然条件下における生活	168
9-1 生活場所 (habitat) の発見	168
9-2 平常の生活	169
10 既知の生態群との関係	170
11 発生菌相に対する初期条件の影響	171
12 発 生 量	174
13 む す び	177
文 献	178

マウス皮下におけるブドウ球菌の増殖と菌体外活性物質の産生

竹 内 正太郎

1 はじめに	179
2 本実験のためのアプローチ	181
2-1 実験系と実験手段の選定	181
2-2 試験管内での菌の増殖と菌体外活性物質の産生状況	182
2-3 プロテアーゼの精製と抗血清の作製	182
2-4 ヌクレアーゼの精製と抗血清の作製	184
2-5 α および β 溶血毒の部分精製と抗血清の作製	184
2-6 間接蛍光抗体染色の予備検討	185

3	マウス皮下での菌の増殖と菌体外活性物質の産生状況	187
3-1	10^6 個接種例での菌の行動と組織変化	187
3-2	10^7 個接種例での菌の行動と組織変化	189
3-3	$10^8 \sim 10^9$ 個接種例での菌の行動と組織変化	189
3-4	試験管内とマウス皮下での菌体外活性物質の産生状況の比較	191
4	生菌免疫マウスでの防御効果と菌の行動	193
4-1	生菌免疫マウスでの防御効果と菌の行動	194
4-2	受身免疫マウスでの防御効果と菌の行動	196
4-3	他の細菌で免疫したマウスでの防御効果と菌の行動	198
5	む す び	198
文 献		200

CDU の光学異性体に対応する細菌種の増殖

山口 益 郎

1	はじめに	201
2	土壌中に存在する CDU の定量法の開発	203
3	土壌中における CDU の分解無機化	204
4	CDU の緩効性発現機構に関する作業仮説	207
5	CDU の微生物による一貫分解過程の存在	209
6	灌流に伴う CDU 分解菌の消長	211
7	単離した両 CDU 分解菌の生育	213
8	む す び	215
文 献		217

界面における細菌の増殖

服部 黎子, 服部 勉

1	はじめに	219
---	------------	-----

x

2 界面と微生物	220
3 陰イオン交換樹脂 Dowex-1 に吸着した大腸菌の増殖	222
3-1 静置培養下での吸着細胞の増殖	223
3-2 連続培養下での吸着細胞の増殖	226
4 粘土粒子, ピロフィライト粒子に結合した大腸菌の増殖	228
5 む す び	230
文 献	231

連続流動培養菌および腸管内細菌の増殖制御機構

小 澤 敦

1 はじめに	233
2 CF 培養における細菌の増殖制御とその機構	233
2-1 CF 培養のしくみ	233
2-2 CF 培養菌の増殖抑制現象	236
2-3 増殖抑制機構について	240
3 マウス腸管内における細菌の増殖制御とその機構	244
3-1 マウス腸管内における侵入菌の増殖抑制	244
3-2 腸管内増殖性を制御する生態学的メカニズム	253
4 む す び	256
文 献	257

自然環境における微生物の測定法に関する問題点

序	宝 月 欣 二	261
植物プランクトンの現存量測定法の改良	辻 堯	263
湖沼における浮遊細菌生産力の測定法と問題点	桜 井 善 雄	269
原生動物の増殖の測定	須 藤 隆 一	273
活性汚泥の生物量と活性度	金 子 光 美	280

目 次

xi

醸造における微生物の増殖	菅 間 誠 之 助	286
土壌における微生物の増殖	吉 田 富 男	291

索 引		297
著者紹介		305

微生物生理学と生態学とのあいだ

——生長の問題を中心として——

柳 田 友 道*

1 はじめに

微生物は、高等生物と比較したとき、生理的に著しい特徴をそなえている。その細胞分裂速度の速さからもわかるように、微生物の代謝活性は著しく大きい。しかも、その代謝の効率が格段に高いことはエネルギー論的に明らかにされているとおりである。そして、自然界のいたるところに普遍的に棲息し、多種多様な生活環境の中で、生理的にきわめて多彩な生活を営むとともに、環境の変化に対して高い適応能力をそなえている。このように、著しい特徴をそなえている微生物も、生物の一要素として本質的には高等生物と共通の性質をもっていることは、その遺伝暗号が高等生物とほとんど同一であるということでも理解されよう。

微生物はこのような特徴をそなえもつために、自然界のエネルギー流転ならびに物質循環において大きな役割を果たしており、生態学的にも重要な位置を占めている。ただ、ここで注意すべきことは、上述のような微生物の特徴は、自然界から分離された微生物について実験室の試験管内で調べられた性質から推測されたものであって、自然界の現場でそれが実証された例は稀である。このように、微生物生理学と生態学との結びつきは、従来かなり隔たりがあったと言わざるをえない。すなわち、微生物生態学を考えるうえで、これまでのように実験室と現場とが別個に動いているのでは真の姿に近づく

* 東京大学応用微生物研究所 現在 富山大学薬学部

ことはできず、その両者をなんとかして結びつけようとする一層の工夫が必要とならなければならない。

微生物は、その高い代謝活性のゆえに、高等生物に比べて個体(微生物の場合、細胞単位)の生命の回転率が著しく高い。そこで、微生物生態学においては、生産量を考慮するうえに現存量と同時に回転率が重要なパラメーターとなってくる。したがって、微生物生態学では、高等生物の生態学で考えられている以上に、個体の増殖の問題が重視されるべきものとする。筆者は、従来、実験室内で主として微生物の生長生理学を学んできた者であるが、本稿ではこの立場に立って、微生物生態学上の問題点を洗い出してみることにした。

2 現場と実験室はどう結びつくか

2-1 棲息の場における集団の動き

微生物は、自然界において細胞集団としてある環境条件下に棲息するが、その細胞集団は場所によって静止したり移動したりする。Brock¹⁾はその模様を模式的に図1のように説明している。四角の箱を一つの系と考え、箱の外側の矢印で集団の動きを、内部の丸い矢印で系内の増殖を示す。上段に示した四つの系内では集団は増殖せず、aは細胞集団が一方から移入し、他方から移出するような通過系(たとえば空気中)、bは移入があるだけで移出のない移入系(たとえば湖底泥表面)、cは移出系(たとえば抗生物質投与後の腸内)、そしてdは閉鎖静止系(たとえば実験室に運ばれた乾燥土壌)である。下段は、系内で細胞増殖が起こる場合で、細胞集団の移入と移出の程度にさ

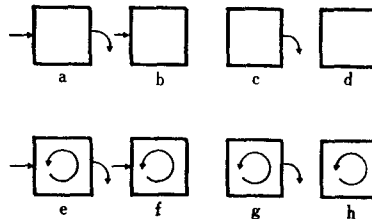


図1 棲息の場における微生物集団の動きを示す模式図¹⁾
箱の外側の矢印は集団の動きを、内部の円形矢印は系内の増殖を示す。

さまざまなものがある。cは腸内や流水のような系で、最も普通にみられる生態系である。fは浅い湖の底のフローラにみられ、gは湖沼における水の華（藻類の異常増殖）の際にみられ、hは巨視的には自然界ではみられないが、微視的にはみられる系である。

実験室内培養では、バッチ培養（試験管内培養）がhの系にあたり、また連続培養がgの系にあたるものと考えられる。また、緩衝液中に細菌を浮遊させた場合などはdの系にあたる。土壤微生物学者がよく使う土壤の環流実験は、cの系をシミュレートしたものと言えよう。なお、図1の模式図では細胞の増殖のみをとりあげているが、系内では細胞の増殖と同時に死も起こっていることに注目しなければならない。

2-2 生物間の相互関係

自然界の現場で、試験管内と著しく異なる点は、一つの種の微生物が単独では存在しえないということである。微生物生態学者の間では、自然界でも、微視的にみれば多くの場合一つの種が純粋培養の形で存在するとされているが、これを一般化することは正しくない。微生物が単独種で存在できないという極端な例として、共生現象がある。菌と藻との共生体である地衣にしても、相互の依存性には極度に広い幅があることが知られている。しかし、自然界では、ある種の微生物が常に他の微生物と混在しているからといって、これら両者が共生関係にあると言いきることはできない。外洋における窒素固定の問題で最近注目されている藍藻 *Trichodesmium* には、必ずある種の細菌が多数付着しているので、その窒素固定能は藍藻にあるのか細菌にあるのかが問題になっている²⁾。拮抗現象にしても、共生現象と同様、その程度が問題である。そのほか、寄生とか捕食の問題も生態系を考える場合に重要な問題となっている。

そのほかにも微生物間の相互作用には種々の関係が知られているが、これらを試験管内で再現することはむずかしい。従来も2種の微生物を別々に培養して、一方の濾液を他方の培養液に与えて増殖の様子を観察するようなことはよく行なわれてきたが、最近では2種以上の微生物を混合連続培養することによって、それらの相互作用をより直接的な姿で解析することもしばしば行なわれるようになった³⁾。