

微生物学と関連するその拡大領域

メタデータ	言語: jpn 出版者: 明治大学農学部 公開日: 2011-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中野, 政弘 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/10159

MICROBIOLOGY, RESEARCH AND EXTENTION

(Abridged from Japanese text)

By Masahiro NAKANO

Preface

This is not a report of the scientific research, but is written as an essay on the microbiology, in which I have engaged nearly fifty years since graduated from the University of Tokyo.

In my position, the microbiology is focused to its extended field of application, the Japanese traditional fermented foods and beverages. Investigation of the simplest organism in a carefully controlled and traditionally inherited artifactual environment could uncover the nature of mysterious products, as well as the biochemical universals hidden in them, bearing a general simplicity to the microorganism of more complex situations, in which they suggest infinite and prosperous possibility of applications to the mankind.

Utilization of Agricultural Products

The material to which the microorganism challenges is chiefly turned to foodstuffs, it is agricultural and fishery products. The domestic production of agricultural products in wider meaning in Japan, according to the statistics 1975 shows that live-stock products are 25.2%, farm products are 72.2%, sericulture product is 1.6%, and others are 1.0%, for the total amount of cost respectively. (Japanese text, Table 1)

The raw agricultural products are processed into food, by different way of manufacturing procedures, its basic situation is in the Science and Technology, and Art. In this field, the microorganism acts an important role to increase additive value of foods. On the otherhand, there are unfavorable happenings caused by the microorganisms, which should be controlled in the field of application, on the opposite category.

Generally speaking, the food processed by microorganisms, should furnish for the consumer the fundamental characters of the Palatability, the Acceptability, the Nutritive-qualification, the Wholesomeness, the Safety, and the Tolerability to Household-economics.

For the better utilization of agricultural products into foods, the microorganism could be expected its extended field of application, and eradication, based on the fundamental learnings of microorganisms.

Fermentation Technology

In this, I explain simply the concept of fermentation technology in Japanese fermented foods as example of those common products.

The Miso is a most popular fermented food throughout Japanese island. The material of Miso is generally composed of rice, soybean, and common salt.

The rice is steamed and made into KOJI. The KOJI is KOJI-mold grown mass of rice, in which chiefly the hydrolysing enzyme is produced, owing to the growth of the mold — *Aspergillus oryzae* species industrial strain —, on the same time the living lactic acid bacteria and several kinds of another bacteria and yeasts are propagated, but no other kind of molds, those of which microbial seeds are fallen into during the course of KOJI-making in the traditional work-room as air-borne free living microorganisms, without artificial procedure.

The soybean is cooked until it becomes soft and palatable, then after cooled enough to be suitable for the growth of microorganisms, it is mixed with abovementioned KOJI, and with common salt, adding a small amount of pitching brine to adjust the moisture of total mixture, into the range of 45 to 50 percent.

Then the mixture is put into the fermentation cask and kept still for ripening for some period, this ripening ie. FERMENTATION course is out of the control of man-power, waiting an achievement!

In the initial stage of manufacture, there exist several kinds of microorganisms, intentionally added or unintentionally contaminated, their habitat is based on the rice and soybean, and their growth is restricted or controlled according to the amount of common salt, ranging 3 to 13 percent added in the mixture.

The density, mortality, and niche of those microorganisms are changing during the course of fermentation, survival of the fittests competes each other, based on its segregated habitat and proceeds into succession, and finally it becomes to so-called ecological balance, thus the MISO is produced.

To say the truth, we do not know well about the microbiological aspect of MISO fermentation throughout, but for standing upon the long experienced rule of MISO-manufacture, which is based on the rate of mixing raw materials — rice, soybeans, and common salt —, and so far as we keep this rule, we can obtain a definite type of MISO, and there are many kinds of MISO characterized according to its color (pale — pale yellow — red — brown), saltiness, and flavor, as to the commodity. And in these different types of MISO, the ecological behavior of microorganisms and the expected period of ripening are also different, and we know the correlations between them in the manufacturing technology.

Anyhow, in MISO-manufacture, frankly to say, we only prepare the starting stage with carefully designed processing, and let it for fermentation, in which the first importance of microbiological action is left out of our technology, entrusting the whole course to the fermentation microorganisms, and there the fruitful outcome is taken place.

We do the investigation to clear the mode of fermentation, and obtain some result which can be introduced into practice, by enrichment or enforcing ideas to furnish the better quality, or to shorten the ripening period, and as a consequence, the new type of MISO can be produced, but such a method is not always able to produce the old-fashioned traditional MISO.

In this respect, I dare say that the fermentation technology is in the appropriate preparation of microbial nutrient for the definite object, which will result the aimed fruit, and in general, we rely upon the result of energetic action of microorganism, beyond our technological control.

Let me quote an impressive paragraph from late Miss Majory Stephenson's "Bacterial Metabolism": To form any coherent picture of these happenings is at present beyond our

powers, we are indeed in much the same position as an observer trying to gain an idea of the life of a household by careful scrutiny of the personnd material arriving at or leaving the house; we keep accurate record of the foods and commodities left at the door, and patiently examine the content of the dustbin and endeavor to deduce from such data the events occurring within the closed doors.

Here allow me to extend the philosophy of fermentation technology.

In general, the food processing is to convert its original constitution in its principle, on the otherhand, fermented product is a collected metabolite of the different kind of substitutes (materials), which means that is the reminder of anabolic and catabolic phase collaborated by the microorganisms of several fermentation characters. So the constitution of materials are entirely loose their nature and processed into the product of another new qualification. The category of food processing is not the same.

In this point of view, fermented food is a created product based on the wisdom of mankind. The creation is, so to speak, action of microorganisms which bears a children unlike to their parent.

Origin of microorganisms, and up to the present

Different kinds of microorganisms existing in our world survive at their fittest environment respectively. At the present study, those environmental conditions are suggested as following categories:

Type of respiration — need for oxygen

1. Aerobic
2. Microaerophilic
3. Anaerobic
4. Obligate anaerobic

Type of aquatic condition

5. Soft water
6. Sea water
7. Concentrated lagoon water
8. Stagnant Water

Moisture condition

9. Xerophilic
10. High moisture

Temperature condition

11. Thermophilic
12. Mesophilic
13. Psychrophilic
14. Cryophilic

Type of nutrition

15. Autotrophic
16. Heterotrophic

Need for solar light

17. Photosynthetic
18. Non-photosynthetic (dark)

Condition of nutrition

19. Poor nutritive
20. Rich nutritive

Osmophilic condition

21. Osmophilic
22. Osmotolerant

Habitat

23. Aquatic
24. Edaphic
25. Animal origin
26. Plant origin
27. Foods and man-made materials

When first the origin of life was born in this world twenty hundred million years ago, the surface was covered with thick cloud and the circumference was entirely dark, atmosphere contained plenty of nitrogen, carbon dioxide, methane, and ammonia, but no oxygen because it combined tightly as oxidized compound, whole world was in reductive state. There were small amount of organic compounds, the simple hydrocarbons derived from carbides with water, and the inter-planetary substances such as formaldehyde and hydroxylamine fall on the earth, combined together in the circumstances of water with highly concentrated minerals in the nitrogen atmosphere. And it is now proved that under these primitive conditions, several kinds of amino-acids were produced in the present laboratory experiment. For this fact, the possibility of the occurrence of such a fundamental organic substances might be easily imagined in the daybreak of the world. This is an example of the existence of organic compounds in the early world, and furthermore, according to the recent advances in the astronomy, the existence of more organic compounds are reported.

In this primitive world, the first appeared single cell life was grown in the environment of no oxygen (4), in concentrated minerals (7), high moistured atmosphere (10), grows at high temperature (11), requires poor (19) organic nutrition (16), lives in high osmotic pressure (22) in the dark (18) aquatic dwelling (23). Such a type of microorganism still remains in this present world.

The photosynthetic microorganisms appeared later, from this period free oxygen gradually increased in the atmosphere, which lead the developed organisms to the prosperity as we are aware at present.

The numerous species of microorganisms were developed repeating the happening of changes, influenced by the cosmic radiation or unknown mysterious effect, and such microorganisms are believed successively alive, providing the characteristics from primitive to developed stage respectively at present.

We can now find out new type of microorganisms hitherto the character was unknown, the search of unknown one is first importance in developing fermentation industry. By the way, in respect to this, I must mention that there is an epoch-making procedure devised by the molecular biologist to bring up or create a new microorganism, which can never be recognized since the birth of the world, to which the profound assesment must be emphasized.

Epilogue

The microbiology is filled with excitement in seeing fundamental discoveries through the eyes of the humanizing enrichment acquainted with the personalities of the scientists, the naive zest of a Leewenhoek (Fig. 1), or the lusty and compelling lucidity of a Pasteur (Fig. 7), almost of which have brought wealth and peacefulness to the mankind.

I have written further on the items of interesting and curious action in this paper, the group of microorganism and the scientific as well as practical classification of them (Tables in text), the history of the technique of culture and its extended development to the practical application, the

reason of the microbiology in the education of the Faculty of Agriculture in the University, on the several practices done by me and the self-examination concerning their results, and an appendix relating the autobiography as an investigator and a teacher of several fields concern, these are in this Japanese text, to which I wish the reader will refer and indulge.

To the last I express my sincere thanks to Professor Naomi Takahashi, editor in chief of this Journal, for his kind urge to write the memoirs, at the opportunity of my retirement from Meiji University.

(On the day of April 1978, Tokyo)

微生物学と関連するその拡大領域

中野 政 弘

(昭和53年2月25日受理)

Masahiro NAKANO

内 容 目 次

序 言

農産物の利用

醸酵加工

微生物のチャレンジャー—食品工学—物理的加工—化学的变化—醸酵加工の本質

微生物の認識とその生態

微生物の発見—自然発生説—原始微生物—原始地球の環境—われらの醸酵微生物—その生態系

微生物の営なむ現象

醸酵—腐敗—消化—特異な現象—色—香味—万能の期待性と類推

微生物の集団，その分類

微生物の個体—顕微鏡の発明進歩—分類の概念—細菌類—酵母類—カビ類—麹菌—

アスペルギルス—ペニシリウム—アスコミセテス—実用分類

研究法の発展と実用化への道

古典的方法—醸酵代謝制御—遺伝形質

農芸化学における微生物学

学の定義—農芸化学のおこり—学際のお考えかた

ある経験

甘藷搾汁からパン酵母—食用酵母—ユニセフの委託研究—反省

追録

起（現在の時点）—承（私の研究歴）—転（台湾から南方へそして復員転職）

—結（私の教育理念）

序 言

顕微鏡的な単細胞の生物を対象として究理活用を行なわんとするものが、いわゆる微生物学である。この微生物学はその対象となる生物の多種多様性、生活代謝系の蒙昧性、培養育成手技の不定性などのために、学としての領域がこれまた多岐にわたってくる。

現在の微生物学とは広義の領域を意味するものであって、学界では専門の分野名を冠してその細分されそして派出された領域を示している。従って科学の進歩に伴なってそれらの思考法や手法をとり入れた新しい微生物学の部門が発展してくる。

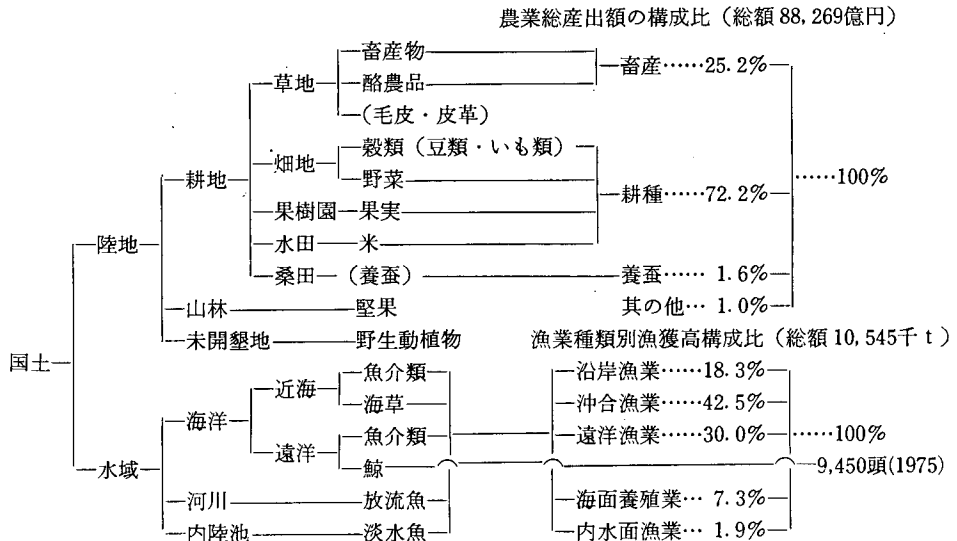
本稿では微生物学云々の表題を用いたが、それは広義の分野から応用に関連する部分を採録して、私どもの専門としている醸酵微生物を背景として、総論的事項や私どもの行なってきた事項をとりあげて、学問の拡大領域に関して述べようとするものである。

そしてその拡大領域の主なるものは、食糧に関連するものである。私どもは永年農業を基盤とする分野で育ってきた。そしてその生産物を利用することを醸酵微生物学の領域で行なってきた。

た。そして食糧資源の問題が云為されるこの時代に、食糧の必須成分を具える微生物そのものの食料化へも志向している。これは、「微小農業による創造食糧の栽培と生産と利用」への発展であり、近い将来へ期待すべきものである。

参考のためにわが国の食糧需給に關しての資料を第1,2表に示しておく。

第1表 わが国の食糧資源表および生産構成比 (1975年)



第2表 各国の土地利用と人口密度

国名	国土総面積 (千ha)	総面積に対する比率 (%)						人口密度 1km ² につき人
		総面積	農地			森林	その他	
			耕地	樹園地	牧場 牧草地			
日本	37 215	100.0	12.5	1.7	1.0	65.9	18.9	291
中国	959 696	100.0	13.2		20.8	11.7	54.3	85
インドネシア	190 435	100.0	9.5		5.2	63.9	21.4	66
イギリス	24 404	100.0	29.4		47.2	8.1	15.3	229
西ドイツ	24 762	100.0	30.5	2.1	21.6	29.0	16.8	249
フランス	54 703	100.0	31.1	2.9	25.4	26.6	14.0	95
オランダ	3 685	100.0	21.6	1.0	34.4	8.2	34.8	329
デンマーク	4 307	100.0	61.5	0.4	7.4	11.0	19.7	117
ソ連	2240 220	100.0	10.1	0.2	16.8	40.9	32.0	11
アメリカ	936 312	100.0	20.2	0.2	26.1	31.2	22.3	22
オーストラリア	768 685	100.0	5.9	0.0	58.9	4.9	30.3	2

農産物の利用

食糧資源についていえば、われわれはその一次産品をそのままに近い形で利用するものと、更にその一次産品を加工して多次産品として利用しているものがある。これらの食糧資源は果実、野菜、穀物、鳥獣魚肉、乳などの如く一次産品として供給をうけるものが大部分あるが、多次加工を経たものも多く、近代化した生活においてはこれらのものの全体に占める率が高くなってくる。

加工ということは利用効率を高めることであるが、食糧資源には、それぞれ成分的、構造的には特異性があり、それらの要因を加工適性という目的のもとに体系づけておく必要がある。

またそれら資源、すなわち素材あるいは原料として表現できるものは、加工によってその形をかえてゆく。これを Processing あるいは Verarbeitug と称しているが、その語義のニュアンスは内外によって多少ちがうといえる。

この加工の行程を経て原料は食料品に製造され、その産品は流過程に移る。

生鮮食糧の如き一次産品および加工産品の流過程における技術的な問題点は、品質劣化を可能な限り防止しようということだけである。

次にそれらの産品が消費されるという段階では、消費者が嗜好的にどう許容できるかということである。嗜好は食品のそなうべき諸条件のうち最優先すべきものであると考える。安全性、栄養価値性、消費経済性なども勿論重要な条件である。

以上、農産物の利用について公式的な段階を述べたが、これらを包含したものは、農産物利用学の領域である。これは以前、あるいは現在も一部では農産製造学とも呼ばれているが、アメリカでいうところの Science and Technology on the Utilization of Agricultural Products である。

この農産物利用学においては、微生物による要因が多かれ少なかれ常に考慮されねばならない。その最たるものは微生物汚染による品質劣下、更には腐敗である。

それら一面においては排除されねばならぬ微生物もあるが、他面利用しうる微生物も多く、それら微生物によって加工された食品は世界中に見ることができる。伝統的な食品として限定された地域で消費されるものもあり、またその好適な嗜好性のために広い地域に存在し、また流通しているものもある。これらのものは醗酵食品と総称されているが、わたくしどもの専門としてきた醗酵食品学の領域においては、その発生の科学、製造の技術、嗜好性の解析などを行なっているものである。

醗酵加工

醗酵食品学の主眼としているところは醗酵加工という原料に対する一つの Challenge である。

この Challenge の力をもっているものは微生物であり、その醸酵微生物群である。

かるが故に醸酵食品学においては百事すべて微生物に基準をおいて研究と実行が進められているものである。

伝統的醸酵食品として永い歴史とともに現存してきたいろいろな産品は、卓越した技能によって支えられきたが、それを更に光輝あるものとして発展させるためには微生物学をはじめとし、われわれの習いおぼえ、そして学んでゆく広汎な学問の領域を必要とするのである。

われわれは関連する精髓をひきだし、それを微生物の力に集中させてゆくことによって、単に醸酵食品の開発に及ぶのみでなく、微生物とわれらの生活のかかわりあいを深く考察することが可能となり、微生物の利用あるいは排除などの実利の領域に、無限の可能性を期待できようというものである。

前項で述べた農産物利用における原料の変形、すなわち加工（家庭における調理もこの範疇に入る）のために行なわれる作業、すなわち加えられる力、または時間の長短、およびそれに関連する要求されるエネルギーの大小は、技術的にいえばその方法論は多岐に亘っているし、また産品の評価のなかにあっては、加工の経済性に関して大きな要因となっている。これらの事項は食品工学という比較的新しい分野において数量的な体系化が試みられている。

このような加工においては原料は食糧としては、より好ましいものに形を変えてゆくのであるが、その食糧の原料にそなわっている質的なものは変化していないか、あるいはしていても僅かである。それは加工行程に加えられる操作が、原料の構造的なものを変化させる裁断や播潰の如き単純なものと、熱操作をすることによる物理的な変化の組合わされたものであるということから理解できる。

また加工において附加される調味料、油脂その他数多くの物料なども同様に混入された形のまゝで残るという理解ができる。

しかしながら加工ということをもこのような単純な理解によってのみ考えることは妥当でない。というのは食物の嗜好性を判定するわれわれの官能を刺戟するものは、食物中の主として化学物質である。加工によって嗜好性が変わってくることはそれらの化学物質が生成されて、調味料その他の要因と併合してくるからである。

この加工における化学的な変化は、前記の物理的なそれに比べて極めて少ない。

ここにいう化学的変化の主なるものは、一つの例をあげれば加水分解的なものがある。それは生鮮状態における自己消化によるもの、また行程中におきるものであるが、加工における顕著なものとはいえない。このことは例えば蛋白質におけるアミノ酸の生成、澱粉その他多糖類における少糖類の生成、そして脂質における脂肪酸の生成の大小が指標となるが、初歩的な食品分析技術で解析できる。

このほかにおきる化学的変化としては、食品成分の加熱重合または分解がある。これはいわゆ

る焦げくさいという嗜好判定の領域のものである。

また食品成分相互間におきるアミノカルボニール反応と総称する反応がある。これは食品を放置しても徐々に起きる反応であるが、加熱という条件で加速される。食品加工における化学変化の代表的なものである。

この反応によって炭酸ガスの発生、赤褐色のメラノイジン色素の生成、反応物質によって特異的な香気を発するデオキ糖類化合物の生成、食品のpHの酸性側への移行、還元性物質の増加、またアミノ態窒素の減少に伴う蛋白質栄養価の低下、などがおきる。これは加工において好ましいものとそうでない場合があるが、われわれの日常の食卓においても量の大小はあるが常にこういう変化は見られているのである。

これらは化学的变化における分解と結合の例であるが、化学物質の炭素原子間の結合を切るような激しい変化は、通常の加工ではおきないといつてよい。

ところで、醗酵加工においては、このような原料の物理的、化学的变化の様態が、全く異っている。

たとえば容易に進行すると考えられる微生物酵素による加水分解作用は、それぞれの異なった加工領域に、それぞれの分解限度をもって、自ら制御を行なっている。また試験管内においては容易に進むような酸化作用に対しても自ら抗している。

また炭素原子間結合を切るような、苛酷な反応も、醗酵というおだやかな反応として進んでいる。

その他に炭酸基の放出、アミノ基や水酸基の分子内外への移動や放出、二重結合による不飽和化合物の生成、活性の強いカルボニール基の生成と反応系へのとりいれ、光学的活性物質の生成、その他有機、無機化学領域における諸々の化学反応が見出されている。

また前記の如き反応生成物のなかには、生理活性物質も生産されてくる。ビタミン、抗生物質の如く既にその化学構造や生理作用の明らかになっているものも多いが、作用を現象的に認めることができても本態不明のものが、数多くある。

この項の冒頭にのべたようないわゆる調理的な加工によって産出された製品は、われらの解析と官能によって、その原料の種類、あるいは配合されたものを、常識的能力の段階で比較的容易に判定できる。すなわちこういう加工では本質的な変形は行なわれていないといえる。

さて、醗酵加工においては前述した事項を総合勘案すれば自明なる如く、原料の諸成分は著しく変化し、原型の上にそれらの変化したものが全く変貌したマスクングをする。その結果醗酵加工の産品は前記の利用加工法における如く、原材料を適確に判定することは容易ではない。わが国の醗酵食品を外国の専門家に見せた場合、彼等はその素材の組成などについては適確な判定を

なし得ないが、われわれが外国のものに対するときも同様である。

誇張的な表現をすれば、醗酵加工によって産出された製品は、創成品である。

また、単純な比喩を以てすれば、畑作物が無機的な土壌と肥料成分の上に生育して、われらの生命を支える食糧を創成するが如きものである。

これらの抽象あるいは幻想を、醗酵加工という科学と技術の分野に位相転換を試みれば、次の如くにいえる。

醗酵加工の本旨は適格な微生物を育成することである。そしてその微生物の培地は原料である。微生物を合目的に育成するには、原料に対して発育促進物質、また同じく抑制物質を副原料として加えている。そして微生物育成の環境を調整して、微生物類のはたらく一つの加工世代を終了させる。これが醗酵加工である。そして産出されたものが醗酵食品、広義には醗酵生産物である。

この醗酵加工の過程では、初動的な管理を必要とする以外は、これにつづく行程で人為的な作業力を附加してゆくことは本質的にはないと考えてよからう。

われわれは択んだ微生物（複数の種類も含めて）の適格性を信じ、育成を助け、そして経過を見守るのみである。

この育成を助けるということが、醗酵技術、Fermentation Technology にほかならない。

微生物の適格性を信ずるということは、単細胞の生命体のもつ、われわれの科学においていまだ分明できない要因を、われらの恣意によって方向づけていることである。その方向づけの学問の段階においては、試行錯誤的実験を反復することがなければならないのである。

われわれの醗酵食品学の領域においては、現在では多くの微生物が記録され、そして生きた“たね”として登録され、また保管されていてわれわれの研究の用に供することができようになっている。

また登録はされていないが、現存している“たね”についても知ることができる。そしてわれらの地球上には、未知の微生物の世界がまだまだひろがっているのである。

応用面において一つの学際をもつようになった醗酵微生物について、その原点である微生物というもの、そしてそれをとりまく広義の微生物学について、以下少しく解説を試みようと思う。

微生物の認識とその生態

われわれの周辺は微生物が充満している世界である。そこが自然環境であれ人為環境であれ、そういう事実を証明することは容易である。人工の培地の上にこれらの微生物を分離培養することは初歩的な事項である。またこのように人工培養のできないものもあるが、それらは寄主を利用することによって自然環境の状態で認めることができるのである。

このような培養法による微生物の確認は、第一に人工培地の条件、すなわち栄養成分の組成ならびにその濃度が基本であり、次いで環境の物理的、化学的条件、すなわち分離しようとする微

生物に好適な空気存在、湿度、水素イオン濃度など、とりまく条件であるところの生態系を考慮してゆくことによって、可能となる。

もとに戻ることになるが、われわれの周辺には微生物の存在しない無菌の世界もある。然しながらこの世界は極めて厳密な条件の下に成立しているのであるが、その条件はくづれ易いものであるから、わずかばかりの変動によって微生物の侵入してしまう世界になってしまう。

さて、これらの微生物が、単細胞の生物であることが認識されたのは近世のことである。ミケリ (Florentiner P. A. Micheli, 1679—1737) が菌類に孢子の存在を認め、それが生の果物の上で増殖するという実験をした。それ以前にレウエンフーク (A. van Leeuwenhoek, 1632—1723) が顕微鏡をつくり、それによって滴虫が見出されたりはしていたが、生物学的なものへは発展していなかった。そういう時代を契期として、細胞形の大きい藻類の単細胞や形の小さい細菌類の分離、培養、そして体系づけが諸学者の間でそれぞれ独自の見解の下に進められていた。

その単細胞の微小な生物が如何にして発生するものであるかについては、パストール (Louis Pasteur, 1822—1895) が実験を重ねた論理の展開によって1864年を歴史的な契期として自然発生説を粉碎するまでは、微小な生物に限って種子のないところから生命が発生するという説が信ぜられていたのであった。パストールもそれには半信半疑であった時代があり、実験で生命の発生を証明しようとしたこともあったが、彼独得の卓越した実験のくり返しによって、それを否定する方向へ考えがかわったと、伝えられる。

然らば、この地球上には如何にして生命が発生し、それがそれぞれ特長のある生物として現在に至るまで生きのびてきているのであるか。

これは一言にしていえば、理解と判断の外にある、ということである。それは生命発生の原点を実証できないからである。

然しながら現在の科学で知りうることを総合して、はっきり判らないことを、確かなものの一つであると類推してゆくことは許されてよからう。現在の科学が更に進歩してゆき、またそれをどう総合してゆくかによって、また別の確かなものが一つ類推されてきてもよい。

私がおこがましくも、どうしてこういう論旨を展開してゆくのかについては、私なりの現実を知ってからの考えがあるからである。

それは、現在われわれが認知している微生物類は、生物学的に言って最も単純なものから、複雑といえるものまでを包含しているが、本項の頭初に述べたように培地条件、環境条件について広く考察してみると、地球に生命が誕生した時代のものも、また地球の諸条件が変化した時代にそれぞれ適応しつつ生きてきたものも、それらが悉く現存していると考えられるのである。

そういう微生物類をみていると、その先祖が耐え抜いて来た苛酷な時代に思いをはせることができる。そしてそういう類推を重ねてゆくと、地球に生命が発生した時点へと考えが及んで行っても、別に飛躍、唐突であるとはいえないであろう。

地球に生命が発生したとき、それは単細胞の微生物であった。生命をうけついで現在に至るまで、その原発のものも、分化して行ったものも、すべてが滅亡することなく現存している。化石微生物というものが発見されたとしたら、そのものは現存していると考えたい。

何故そんなに強いのか、といえば、環境に耐える性質を獲得（創成）できるからである。

現在われわれの知る微生物の類は、それが生きてきたある地球時代の一つの指標を示しているものでもある。

地球が宇宙に誕生したといわれる約30億年前には、この地球はどのような状態であったろうか。

大気は窒素、炭酸ガス、メタン、アンモニアなどを含んでいたが、酸素は含んでいなかった。酸素は多くのものと強く結合して遊離していなかった。地球は還元系の環境にあった。

また、有機物は無かったと昔は考えられていたが、現在の天文学では宇宙電波の観測によって地球外の天体から数多くの化学反応基や、遊離の物質が確認されているので、そういう物質が地球の引力によって地球上に吸引されていたといわれるし、また炭化物（カーバイド）に水が反応して炭化水素を生じていたであろう。

また星間物質として存在しているホルムアルデヒド(H・CHO)とヒドロキシルアミン(NH₂OH)を、地球創成時代にあったと考えられる人工の海水(14—5種の元素による塩類)にとかして当時大気を占めていたところの窒素ガス(N)で密封して反応させた実験によると、40種類ばかりの amino 酸ができたという。これは現代の地球の上の研究室のなかで生命科学者が実験したことであるが、それが創成時代の無生物の地球上でおきていたと考えても、何も不思議なことではない。

さてその頃の地球は厚い水蒸気の層におおわれ、太陽の光は地表に届かず暗黒であった。

こういう時にはじめて生命をもって出現したものは、どんな微生物であったか。

暗闇のなかで、無機物のとけた塩類溶液、炭化水素、アミノ酸、炭酸、アンモニアなどが遊離に存在し、酸素が全くないという環境で、どのような微生物が誕生するか。

ここで地球誕生後約10億年の昔に出現したといわれる原始微生物なるものを、いまわれらのあつかう微生物群の分類に考えをあてはめてみると、それは太陽光線がないところで、簡単な有機物を栄養とする嫌気性菌のたぐいであつたろうと考えるのが、一番妥当である。それが生命を具えて形質を継続してゆく生物であるためには蛋白質と核酸を合成できなければならない。20億年ぐらいの昔に何回もハッピングをくりかえして、このものが微生物の初発の、そして単一の栄養型のものとして発生したと考えても差支えがないであろう。

広大な涯しない宇宙、そのなかの銀河系の片すみにかまえている太陽のまわりを、自転してそして公転している地球、それが万有引力に動かされ、太陽のかわりゆく熱線をうけ、宇宙の各方向から飛来するもろもろの放射線を俗びながら迎って来た歴史のなかで、上述したような微生物は進化し、退化し、変異をして、それぞれが今われわれの世界にある。

われわれはいま地球上の自然の環境やまた作為の条件の下で、微生物を考えている。地球より

外の世界のことについては知るよしもない。が何かがそこで進行しているようにも思える。丁度遠い昔にこの地球上でおきていたようなことが。

生態系ということばには厳密な定義をつけ難い。それをとりまく条件が、多様な生物群とその多岐に亘る生活環境との相互関係の上になりたつものであり、個の生物に視点を向けると終局的にはその生存にかかわるすべての外部条件の総合ということになる。

まづ個々の微生物についての条件なるものを見ると次の第3表の如くである。

この表にみるような要因をもととして微生物の生態というものの解析が行なわれ、ダイナミックな生態系が考えられてくる。

第3表 微生物の生態系概念

気相条件（呼吸型）		環 境 温 度		耐 滲 透 圧 性	
1	好気性	11	高温性	21	耐塩性
2	微好気性	12	中温性	22	抗塩性
3	嫌気性	13	低温性	棲 み か	
4	偏性嫌気性	14	冷温性		
水 生 状 態		栄 養 系 統		23	水性
5	淡水性	15	無機栄養型	24	土壌
6	海水性	16	有機栄養型	25	動物
7	高塩濃度性	太 陽 光 線 の 要 求		26	植物
8	汚水、溜り水			27	食品、人造物
環 境 水 分		17	光合成型		
9 乾燥低湿性 10 高水分湿潤性		18	光合成不能暗黒型		
		栄 養 濃 度			
19	貧栄養型				
		20	富栄養型		

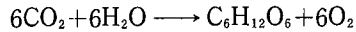
本項の初めに述べた地球に誕生した微生物は、この表に基づけば、酸素がなく(4)、高塩濃度性(7)、高水分湿潤性(10)、高温性(11)、有機栄養型(16)、暗黒性(18)、貧栄養型(19)、抗塩性(22)、であって、その棲みかは水性(23)であった。

この単細胞の微生物は、想像しうる一つの種(しゅ)が原点となり、進化変異して種の別系が枝別れをし、それが回を重ねて分枝が広がったものが、いわゆる系統分類の体系であり、その枝別れの末端にあるものが現在のわれわれの知る微生物の種となっている。

重ねていうが、現在の微生物の種の末端から、その根源へと辿ってゆけば、そのオリジンは地球で誕生した微生物に到着することになるわけである。

第3表に列記した27の条件は、すべて現存の微生物から導びき出されたものであるが、その組合せが微生物の種のパターンとなっている。そのパターンは微生物創成の原始地球時代から転変してきた長い地球の歴史のなかにおける微生物の姿であり、それは絶えることなく現存している。

高熱の温泉に生きるもの、寒冷の極地にひそむもの、温度の変化のはげしい砂漠に住みつくものなど、時には想像を絶するような環境にも微生物は生きている。そしてまた不活性の空中の窒素を固定し、地中の炭化水素を資化し、およそエネルギー源となしうる物質は微生物の酸化や還元能力のなかにとりいれられてしまう。そして遊離した酸素のなかった世界に、炭酸ガスと水からの酸素をつくりだし、生物界を繁栄に導いたはじめてのものは、微生物である。すなわち



で示される光合成である。

現在の地球上には、上述したような多くの微生物の種が存在し、その増殖した個体が、それぞれの棲みかを分けあって生育している。その異った種の微生物の群集が、制限された非生物的環境で構成する社会が、いわゆる生態系であるといつてよい。

その環境には、自然環境と人為環境がある。

この人為環境をわれわれの恣意で強制することを、われわれは行なってきたのである。

このためには微生物の種をあつめて整理する分類学、個々の微生物の営なむ基本的な代謝の生化学、そしてその代謝系統を制御して変則な代謝を強制し、あるいは苛酷な条件を与えての代謝現象の追及をする応用微生物学、そしてまたそれらの研究成果を実利面に拡大するための醸酵技術の開発が、われわれの領域となってきたのである。

微生物の営なむ現象

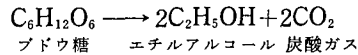
微生物の本体が眼で見えるようになるまで、そしてそれが物質を別の性質に変える能力をもつものであることが実証されるまでは、微生物の作用でおきるいろいろな現象は神秘的で不可解なものであったが、歴史的にはそれなりの解釈をつけられて伝承されてきた。

そういう現象の代表的なものは、醸酵と腐敗とそして消化の三つのカテゴリーにあった。

醸酵は糖類をふくむ液が泡を出して酒となる現象である。その泡を分析してみると炭酸ガスそのものである。ギリシャ時代から物質の変化を研究し、また新しい物質、特に金や銀の如き貴金属を創成しようとも試みた錬金術士 (Alchemist) は、このガスが石灰石に酸を加えた時に出る泡のものと全く同一であることから、この現象を糖の分子が一つの力で自動的に分解するものであると解した。この錬金術を祖として発展した近世の無機化学や有機化学の領域において、この醸酵現象はリービッヒ (Freiherr von Justus Liebig, 1803—1873) の如き大有機化学者も生物の関与する反応ではなく、酵母は伴生したものであると断を下したので (1840)、その後しばらくは酵母による醸酵説は鳴りをひそめていた。

リービッヒ以前にフランスのラボアジエ (Antoine Laurent Lavoisier, 1743—1794) はアルコール醸酵は糖の化学的分解であるとし、やはり生物の作用を無視していたが、その同門の気体化学者ゲーリュウサック (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778—1850) は、ガス分析の結果アルコ

ール醸酵は次の如き反応によるものと提唱した。勿論生物関与の反応は無視されていた。



これは現在のアルコール醸酵ではゲーリユーサックの平衡と称しているものであるが、酵母で効率よくブドウ糖を醸酵させると、消費糖に対してはこの方程式の如き関係が成立する。すなわち

	ブドウ糖	→	エチルアルコール	+	炭酸ガス
分子量	180.16	→	92.14	+	88.02
重量比	100.0g	→	※51.2g	+	48.8g
容量比	(100g)	→	※64.3ml	+	24.8l

(※ゲーリユーサックはエチルアルコールの比重を15°Cにおいて0.7947とした。この比重値は日本の酒税法におけるアルコールの比重として採用されている)

このゲーリユーサックの方程式は、アルコール製造における製造歩合の計算という現在の実用面で広く用いられている。

また前記したアルコール醸酵の反応式は、生化学における解糖と醸酵の理論式とも、反応収支においては一致している。

錬金術ではその原始時代において Philosopher's Stone という万能の作用能をもつものの存在を想定し、それによって錬金術的物理化学反応を説明していたが、リービッヒはそれに似た Ferment なるものを想定して、これが醸酵を分子運動として作動するものであると考えた。しかしこれが生物的なものであることは否定していたのである。

現在この Ferment という術語は、現在では酵素と同意語であるが、リービッヒの考えていたものとはちがう。しかし彼が想到したものは、現在の酵素そのものにほかならぬという事実は、リービッヒの想像力の偉大さをあらためて感ぜざるを得ない。

醸酵という語は初めに記したように外国では沸とうするとかまたは泡を出すとかいう語源からきている。リービッヒの Ferment も直訳すれば起酵素とでもいうべきか、それが現在では泡を吹く吹かぬに関係なく生体触媒である Enzyme 酵素と同義語に用いられているのである。

次に腐敗という現象である。

ラテン語からきた Putrefaction という語源は、悪臭を発するという意味を示す。

芳香を発し食欲をそそるような肉汁スープやチーズが、時がたつと悪臭を発するようになり、時には毒作用をもつようになるという、不可思議な変化である。それらの物質はアンモニア、トリメチルアミン、メルカプタン、硫化水素などであることは知り得ていた。

そしてそういうものなかから、肉眼で認められる極微の生物が発生するものと信ぜられた。スイスのキルヘル (Athanasius Kircher, 1601—1680) は1671年にチーズからは小虫が自然に発生するという説を提唱したが、イタリアのレヂ (Francisco Redi, 1626—1697) は蛔虫なども腸内で自然発生するものと信じ、そしてイギリスのニーダム (John Turberville Needham,

1713—1781)は1748年に彼の自然発生説 (Generatio Aequivoca) を発表した。それは加熱密封した肉汁に生物が発生するという実験に基づいたものである。

これから120年の間、パストールがこの実験の誤っていたことを証明する迄は、自然発生説に関する論争がつづいたわけである。そしてキリスト教の司祭などの支持もあって、この説は長い間信ぜられていたのである。

腐敗は増殖の速やかな腐敗菌という一群によって、短時間の間に芳香を悪臭に変じてしまうのであるが、そういう刺戟のつよい現象が、生命の発生という事柄の解決の糸口となったとってよからう。

次に消化という現象である。

これは鷹に与えた肉を吐かすとそれがとけていたという事実が端緒になったものと記されている。消化液の神秘への追及である。

動物の消化器管は、各種の消化液を分泌する。われわれの知るものは、主として加水分解酵素である。

ヨーロッパにおいては、酒造の工程で澱粉を糖化するためには麦芽を用いるが、発芽させた大麦の水抽出物からデンプンの糖化酵素を確認したのは1800年代のことである。微生物の酵素については、その時代にはこのような発見はなかったようである。

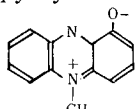
わが国においては、酒造においては麴を用いているのであるが、高峰讓吉 (1854—1922) は1898年に麴菌を麴に培養しその水抽出液にアルコールを加えた沈澱を分別乾燥し、強力な糖化酵素剤を得てタカジアスターゼと命名し、実用に供した。

このような加水分解酵素は、種々の微生物からそれぞれ特異的なものが得られているが、試験管のなかで、特定の試料に特定の酵素剤を加えて放置するとそれが消化され溶解してしまうという現象は、現在でも一つの驚異と受けとることができる。

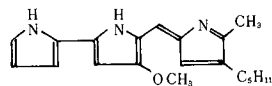
微生物の営んでいる現象というものは、まづ第一にわれわれの五官で直観するものであるが、そこには好奇的な現象が数多くある。

たとえば特異的な色を呈するものに、次のようなものがある。

緑膿菌は曾ては戦傷兵の包帯に漫延したといわれるが、これは牛乳の培地に接種すると濃青緑色となる。この種の菌は多少とも培地が緑色の蛍光を発するのが特長である。シュードモナス・エルギノーザ、*Pseudomonas aeruginosa* の培養から濃青色の結晶として得られ、ピオシアニン、*Pyocyanine* (I) と命名されている。この菌は分類整理する前はパチルス・ピオシアネウス、*Bacillus pyocyaneus* と呼ばれていた。



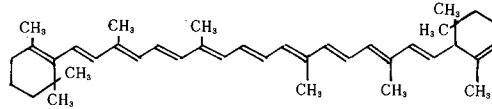
(I) ピオシアニン (緑)



(II) プロジギオン (赤)

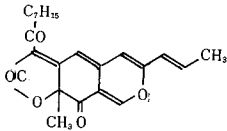
また牛乳を赤変しキリストの血と呼ばれていたものは、クロモバクテラウム・プロヂギオズム, *Chromobacterium prodigiosum* (セラチア・マルセスセンス, *Serratia marcescens* と同名) の混入によるもので、その色素はプロヂギオシン, Prodigiosin (II) と命名された。

またパン赤カビと呼ばれているものは、パンにノイロスポラ・シトフィラ, *Neurospora sitophila* が生えたもので、その赤色色素はカロチン, Carotene (III) である。

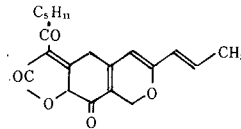


(III) α -カロチン (橙)

台湾でアンチュウという酒を造るときにベニコウジ (紅柚) を用いる。このカビは分類上は日本の麴菌 (アスペルギルス) とは別種であって代表菌株はモナスクス・プルプレウス, *Monascus purpureus* である。このカビを米に接種して麴をつくと、鮮紅色となり、その色素はアルコールやベンゾールで容易に抽出できる。その色素をモナスコルビン, Monascorubin (IV) というが、これを長時間放置するかあるいは日光にあてると褪色して黄色となる。これをモナスコフラビン, Monascoflavin またはモナスシン, Monascin (V) と呼ぶ。



(IV) モナスコルビン (紅)



(V) モナスコフラビン (黄)

微生物の発するにおいは基質によることが多い。糖質ではアルコール、酸、エステルなど、蛋白質ではアンモニア、アミン、その他の臭気物質、脂質では脂肪酸や、不飽和のカルボニル化合物などである。

また微生物の種類に特有なもの、たとえばペニシリウム (アオカビ類) はいわゆるカビ臭く、麴菌には特有の芳香がある。興味があるのは土壌微生物である放線菌類は、人工培地に接種すると土の香りが必ずでてくるし、また腐朽倒木に生ずる粘菌のあるものを人工培養すると南方地域のジャングルのにおいがする。

微生物の生みだす味については、内外の醸酵飲食品に思いを致せば、その多岐に亘ることを知る。強いてその単味成分を追及してみると、原料成分を加水分解して生じる低分子化合物、そのものが酸化や還元、あるいはまた合成されてゆくことなどによって生じる酸類、その他の揮発性、不揮発性物質、また未知の微量成分などが味を構成するものである。また近年微生物によって核酸がつくられ新しい化学調味料として一般的なものとなった。微生物のつくりだす呈味成分

には不可思議な忘れ難き魅力 (Taste Memory Factor) があるといわれる。

本項においては、微生物がその要因となっていた歴史的な事例を少しくとりあげて説明した。現在でも、微生物の営む現象であろうとある事実を推論できても、またそれに関与する単一あるいは複数の微生物の分離と分類ができても、その微生物の代謝作用の生化学的な解明が行なわれていないものが多々ある。微生物が至るところに生育しているという世界には、こういう現象が探求されないで数多く残っているのである。そういうものなかから、それぞれの研究者が己れの実験分野で興味があるものを引き出して研究を重ねてゆくことは、微生物学の厚みをまし、そして応用分野への底力を貯えてゆく。

また既知の解明された現象に、独自の考察を加えて、未踏の分野を開拓することは、微生物学で最も望まれるところである。現在工業化されているアミノ酸醗酵、核酸醗酵、酵素応用工業などには、人間が微生物を駆使して、従来はおそらくはそれら微生物の自然界においては行なわれていなかったような現象を、創成しているのである。これらの業績は、微生物代謝の解明された事実の上に理論を組み立て、可能性を想定して微生物を強制することによって、生みだされたものである。

われわれはまたこの微生物のなかにある想像と、そして連想をとりいれる。そして時にはそれが新しい事実への科学的発展にもなる。その一つに微生物の出す不可思議な放射線がある。それが強い微生物の近隣のものは、生長が刺戟されたりまた抑制されたりするのである。これはドイツのグルウィツ (Gurwitsch, 1874生) が1923年頃 mitogenetische Strahlen と名付けて発表したものであるが、私の学生時代からしばらくの間はドイツの学会雑誌をにぎわしたものである。こういう能力のある微生物の発する放射線は、2,000~2,800オングストロムの波長を示すものであるといわれたが、DNAの最大吸収の260 nm と合致点があることを想えば、そこに一つの奔放な類推も成立する。近来はこういうことは忘れられている。

また高温性の細菌類は、温度の高い熱エネルギーを要求するものであって、高温乳酸菌(約50°C)などの代謝産物についても考えさせられる。

また現在われわれは研究室の明るいところで、光線の要因を余り考慮せずに培養研究を行なっているが、ノルウェ北部のトロンヘイム大学では終始暗黒の下で耐塩微生物の継代培養を行なうとき、形質の変化をきたすことを見出している。そして不可視光線、宇宙よりの透過線について類推をしている。

微生物の集団、その分類

微生物の本体が究明されてくるまでは、応用の領域においてはこの微生物という不可思議な作動要因は、そのもの自体を取扱かう特別の技術の温存のみで足り、他の微生物との関連において考慮をする必要がなかった。

微生物の個体が数多く認識されるようになってから、その類縁を求め系統を作ろうとしたのが分類学のはじめである。そしてその系統をつくるための根本になる考えかたによって、そこにいるいろいろな異なった分類体系が生れてきた。

これら分類に関する事項は、微生物を個別にとらえ、それをならべて体系をつくるという仕事の主なるものであって、そのためには記載的な事項が多い。従ってその説明にあたっては、記述的なものが主となり、しかもその記述が説明の不備のために錯綜することがある。以下歴史的経過を追って醗酵微生物の立場からその分類について説明を試みる。

まづ微生物が現認されて、それが分類への素地となった初発の時代は、年次的に明らかといえないのは当然である。ヨーロッパ各国の学者の交流によって学問的情報がいろいろと交換されたであろうが、そういうものがまとめられて文献にでているものはドイツに多い。

微生物を個別の形で認めるためには顕微鏡が利用される。

顕微鏡はオランダのレウエンフックが一つの凸レンズを自ら磨きあげて、微細な運動性のあるものを1674年に観察して記載したのがはじめであるとつたえられる。この単レンズのものでは観察精度に限界があった。

この以前に光の屈折理論に基づいたレンズの組合せによる顕微鏡は、デンマークのヤンセン(Zacharius Jansen, 1590)ちによって開発されていた。そして精度が次第に上ってきて、動植物学、医学に貢献するようになった。

そしてこれが次第に精巧なものとなり、1700年代には、顕微鏡の機械部分の工夫改良が行なわれ、現在のもののスタチーフ(鏡基、鏡台)の原型ができあがり、その次の1800年代には、光学系の色収差を除くレンズの組合せ、偏光レンズ、油浸レンズなどができあがった。そして1900年代からは、双眼実体顕微鏡、位相差顕微鏡、紫外線顕微鏡、そして電子顕微鏡が発明されている。

これらの光学顕微鏡は各国それぞれの特長をもって作られてきたが、重厚なイギリス型、軽快なフランス型、そして理詰めのドイツ型が、現在はその各々伝統を誇って残っている。日本のものはほとんどドイツ型である。

このような顕微鏡の発達は分類学に貢献するものまことに多かった。不明瞭な画像を類推によって描画して形態学的な分類を試みた時代からの発展のあとを第1～4図に示してみた。

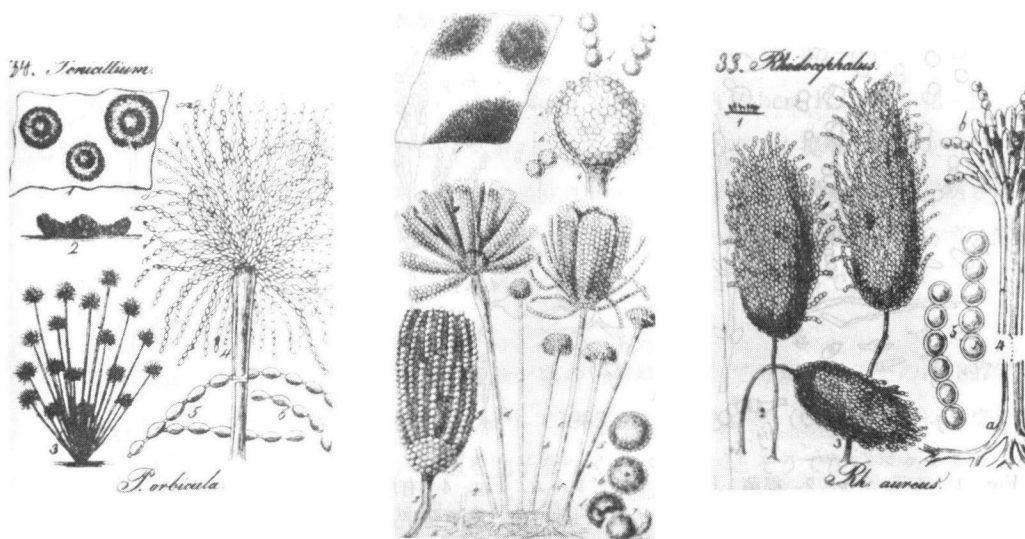
分類においては、相似する形態の個体を集め、その相似性を細分検討して類縁関係の密なるものから次第に粗なものへ集中するような、段階的の枝別れをつくる。これを逆にとれば、一つの根源から次第に枝別れをして最終末端の個体を示すものとなる。

微生物においては、その根源となるものは、生物界における植物界である。

第1図 自作の単レンズ顕微鏡をのぞくレウエンフーク, Anthoni van Leeuwenhoek (1632—1723)



第2図 コルダの描画したカビ, A. C. J. Corda: Icones Fungorum, 1834—54 より. (明治大学蔵書)

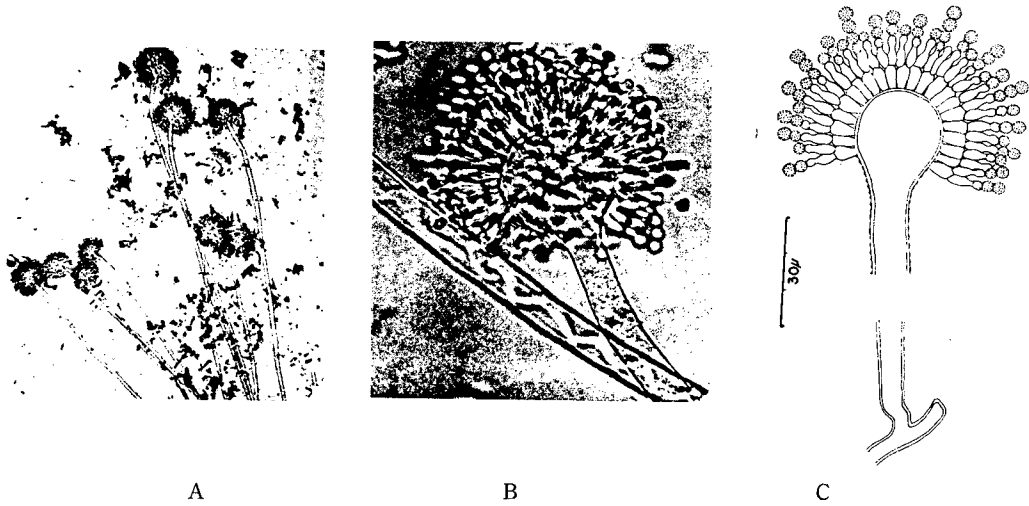


その枝別れをして行く段階は、分類学上の約束によって、界(Kingdom, Reich)一門(Phylum, Division)一綱(Class, Klasse)一目(Order, Ordnung)一科(Family, Familie)一族(Tribe, Gruppe)一属(Geuns, Gattung)一種(Species, Art)という名を冠した8つの階級にわけることにしている。

その末端の種が実存のものであって、途中の段階は類縁性の粗密を示す名称の階級を示すものにすぎない。

この分類をする手段は、形態学的特長が第一であって、補助的な手段として生理学的特性などを比較するのが原則である。

第3図 形態学的な記録のうつりかわり，アスペルギルス属のカビ



顕微鏡観察—Aは低倍率(×35), Bは高倍率(×490), Cは分類学的特長の描画

第4図 代表的な微生物の形態，認識の初歩

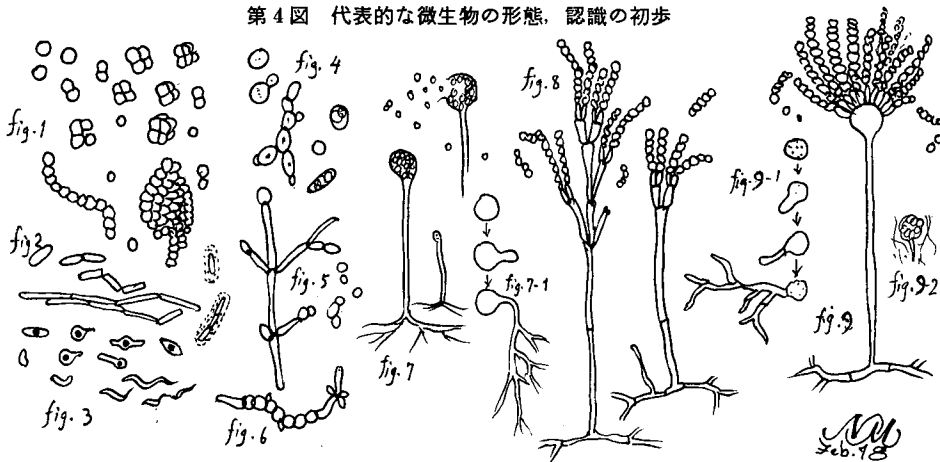


Fig. 1 球菌, Fig. 2 桿菌, Fig. 3 スピリルム, Fig. 4 有孢子酵母, Fig. 5 無孢子酵母
Fig. 6 不完全菌, Fig. 7 藻菌—ケカビ, Fig. 7-1 孢子発芽と菌糸形成 Fig. 8 子囊菌—ベニシウム, Fig. 9 子囊菌—コウジケン, Fig. 9-1 孢子発芽と菌糸形成 Fig. 9-2 子囊形成

このようにして多数の個体を対象として分類学 (Taxonomy) に則って段階的枝別れを作製 (Classification) することができ、一つの個体の位置 (Taxa) を定めることができる。

その Taxa の名称は、学術的には属と種を併記する二重合法 (Binomial Nomenclature) によるのを原則とするが、単記の通称名あるいは俗名 (Trivial or Proper Name) を使うこともある。実用面においてはこの方が多い。

さてその次にはこの分類表 (System of Classification) をどのように利用するか。

ここに例えば一つの未知の個体を見出したとする。それが分類学上どの位置に類縁関係を持つ

かを探しだす方法 (Diagnosis) は、分類を集成したのとは逆な方法となるのであるが、このためには通常は検索表 (Key of Classification) による。この検索表のためには、それぞれの分野において、いろいろな工夫がなされている。人為的な、比較的簡単な試行をして、それに対する反応の陽性が陰性かという 2 分法 (Dichotomous Method) をくりかえして、可検個体の帰属をつめ、それを分類表の位置に適合させるのである。これで分類は一応完結したことになるが、分類表のなかにその位置を見出せないようなものがあれば、それは新種 (n. sp. = new species, nova species) か、あるいは変種 (var. = variety, varietas, Abart) などとして、分類表のなかにつけ加えて記載しておかねばならない。これには学界の承認をうける必要がある。

細菌類

微生物のうち、最も形が小さくて、形状的に差の少ないものは細菌類 (バクテリア, Bacteria) である。

オーストリアのプレンスツ (M. A. Plenciz) は 1762 年に腐敗菌の存在を見ているが、ドイツのキュッチング (Friedrich Kütting) は 1837 年には酢酸はアルコールを酢酸菌が醸酵したものであることを知り、パストールは 1860 年頃には乳酸菌、酪酸菌を見ている。細菌類はこういう生活に近い面から認められるようになったのである。ドイツのコツホ (Robert Koch, 1843—1910) はこの時代に病原菌を発見し、いわゆるコツホの三原則といわれる事項を提唱した。疫病の動物から分離されたもの、そしてその疫病から必ず発見されること、またその細菌が必ず発病させるもの、という病原細菌の限界領域を定義づけたものであるが、これは疫病の場合に限らず、醸酵飲食品の細菌あるいは広く微生物についても考えかたがあてはまることである。

この細菌類をはじめ、球菌、桿菌、ラセン菌の三種に区別して分類を試みたのは 1897 年コーン (Ferdinand Cohn) を以て祖とする。そして 1905 年にはフリュゲ (C. Flügge) が更に球菌を連鎖球菌、四連鎖球菌、小球菌に、桿菌を孢子をつくるバチルスとそうでないバクテリウムに、ラセン菌をビブリオとスピリルムに細分して追補した。

現在細菌の分類はバージー (Bergey's Manual) を定本としているが、これは前記のコーンの分類から出発したものである。

バージーは現在第 8 版 (1974 年) があるが、第 1 版 (1923 年) から、第 7 版 (1957 年) まで踏襲されてきた分類表が、この第 8 版で全体に亘って組み換えられている。従って細菌の分類を研究する場合には、旧版との混乱がおきぬようにせねばならない。

ここに第 6, 7 版、および第 8 版の大綱を摘録しておく。

この三つの表を対比すれば判るように、分類に対する根本的な考え方が、初発のコーンの方式から次第に細分化されてきたが、この第 8 版では大きく改変されているのである。

第4表 Bergey's manual 第6版(1948年)の細菌類の分類系統

- Division I. Schizophyta Cohn, 1875 (Fission plants)
Class I. Schizophyceae Cohn, 1879 (Fission algae, Blue-green algae)
Class II. Schizomycetes von Naegeli, 1857 (Fission fungi, bacteria) (分裂菌類)
Order I. Eubacteriales Buchanan, 1917 (The true bacteria) (真正細菌類)
Order II. Actinomycetales Buchanan, 1917 (放線菌類)
(The mycobacteria, actinomycetes, streptomycetes and related forms)
Order III. Chamydobacteriales Buchanan, 1917 (The alga-like, filamentous bacteria)
Order IV. Myxobacteriales Jahn, 1911 (The slime bacteria) (粘液細菌類)
Order V. Spirochaetales Buchanan, 1918 (The spirochaetes and related forms)
Supplements: Groups whose relationships were regarded as uncertain.
Group I.
Order Rickettsiales Buchanan and Buchanan, 1938 (リケツチア類)
(Rickettsias and related organisms)
Group II.
Order Virales Breed, Murray and Hitchens, 1944 (Filterable viruses) (ウイルス類)
Group III.
Family Borrelomycetaceae Turner, 1935. (Pleuro-pneumonia-like organisms)

第5表 Bergey's Manual 第7版(1957年)の細菌類の分類系統

- Division I. Protophyta Sachs, 1874 (原葉植物)
Class I. Schizophyceae Cohn, 1879 (分裂植物)
Class II. Schizomycetes von Naegeli, 1857 (分裂菌類)
Order I. Pseudomonadales Orla-Jensen, 1921 (ブソイドモナス類)
Family I ~ VII.
Order II. Chlamydobacteriales Buchanan, 1917
Family I ~ III.
Order III. Hyphomicrobiales Douglas (出芽細菌類)
Family I ~ II.
Order IV. Eubacteriales Buchanan, 1917 (真正細菌類)
Family I ~ XIII
Order V. Actinomycetales Buchanan, 1917 (アクチノミセス類)
Family I ~ IV.
Order VI. Caryophanales Peshkoff, 1940 (カリオフィアノン類)
Family I ~ III.
Order VII. Beggiaetales Buchanan
Family I ~ IV.
Order VIII. Myxobacteriales Jahn, 1915 (粘液細菌類)
Family I ~ V.
Order IX. Spirochaetales Buchanan, 1918 (スピロヘータ類)
Family I ~ II.
Order X. Mycoplasmatales Freundt, 1955 (マイコプラズマ類)
Family I.
Addendum to Class II. Schizomycetes von Naegeli,
Bacteria symbiotic or parasitic to protozoa.
Class III. Microtatiobites Philip, 1956
Order I. Rickettsiales Buchanan and Buchanan, 1938 (リケツチア類)
Family I ~ IV.
Order II. Virales, Murray and Hitchcus, 1944 (ウイルス類)

- Division II. Thallophyta Endlicher, 1836. (葉状植物)
 Division III. Bryophyta Haeckel, 1866. (蘚苔類)
 Division IV. Pteridophyta Haeckel, 1866. (羊齒類)
 Division V. Spermatophyta Goebel, 1822. (種子植物)

第6表 Bergey's manual 第8版 (1974年) の細菌類の分類系統 (最新版)

Kingdom Procaryotae (原核生物界)

Division I. The Cyanobacteria (藍藻系細菌類)

Division II. The Bacteria (細菌類)

Part 1. PHOTOTROPHIC BACTERIA (光合成細菌)

Order I. Rhodospirillales Pfeninig and Trüper 1971 (ロドスピリルム)

Fam. I ~ III, 18 Genera

Part 2. THE GLIDING BACTERIA (滑走運動細菌)

Order I. Myxobacteriales Thaxter emend. Stanier 1957. (粘液細菌)

Fam. I ~ IV, 8 Genera

Order II. Cytophagales n. nov. (線維素醱酵細菌)

Fam. I ~ IV, 13 Genera

Families and Genera of Uncertain affiliation

2 Families and 6 Genera

Part 3. THE SHEATHED BACTERIA (有鞘細菌)

7 Genera

Part 4. BANDING and/or APPENDAGED BACTERIA (不等分裂細菌)

17 Genera

Part 5. THE SPIROCHETES (スピロヘータ類)

Order 1. Spirochaetales Buchanan 1917.

1 Family and 5 Genera

Part 6. SPIRAL AND CURVED BACTERIA (らせん菌)

1 Family and 2 Genera

Genera of Uncertain Affiliation

4 Genera

Part 7. GRAM-NEGATIVE AEROBIC RODS AND COCCI

(グラム陰性, 好気性桿菌および球菌)

Family I ~ V, 14 Genera

Genera of Uncertain Affiliation

6 Genera

Part 8. GRAM-NEGATIVE FACULTATIVELY ANAEROBIC ROD

(グラム陰性, 通性嫌気性菌)

Family I ~ II, 17 Genera

Genera of Uncertain Affiliation

9 Genera, and Parasites of Paramecium

Part 9. GRAM-NEGATIVE ANAEROBIC BACTERIA (グラム陰性, 嫌気性細菌)

1 Family and 3 Genera

Genera of Uncertain Affiliation

6 Genera

Part 10. GRAM-NEGATIVE COCCI AND COCCOBACILLI (グラム陰性, 球菌および球菌桿菌)

1 Family and 4 Genera

Genera of Uncertain Affiliation

2 Genera

Part 11. GRAM-NEGATIVE ANAEROBIC COCCI (グラム陰性, 嫌気性球菌)

- 1 Family and 3 Genera
- Part 12. GRAM-NEGATIVE, CHEMOLITHOTROPIC BACTERIA
(グラム陰性, 化学合成無成酸化細菌)
 - a. Organisms oxidizing ammonia or nitrite
 - 1 Family and 7 Genera
 - b. Organisms metabolizing sulfur
 - 6 Genera
 - c. Organisms depositing iron or manganese oxides
 - 1 Family and 4 Genera
- Part 13. METHANE-PRODUCING BACTERIA (メタン生成細菌)
 - 1 Family and 3 Genera
- Part 14. GRAM-POSITIVE COCCI (グラム陽性球菌)
 - a. Aerobic and/or facultatively anaerobic
 - Family I ~ II, 8 Genera
 - b. Anaerobic
 - Family III, 4 Genera
- Part 15. ENDOSPORE-FORMING RODS AND COCCI (内生孢子形成桿菌および球菌)
 - 1 Family and 4 Genera
- Genus of Uncertain Affiliation
 - 1 Genus
- Part 16. GRAM-POSITIVE, ASPOROGENOUS ROD-SHAPED BACTERIA
(グラム陽性, 孢子非形成桿菌)
 - 1 Family and 1 Genus
- Genera of Uncertain Affiliation
 - 3 Genera
- Part 17. ACTINOMYCETES AND RELATED ORGANISMS (放線菌および類縁細菌)
 - Coryneform Group of Bacteria
 - 4 Genera
 - Order I. Actinomycetales Buchanan 1917
 - Fam. I ~ VIII, 31 Genera
- Part 18. THE RICKETTSIAS (リケッチア類)
 - Order I. Rickettiales Gieszcwkiewicz 1939
 - Fam. I ~ III, 17 Genera
 - Order II. Chlamydales
 - 1 Family and 1 Genus
- Part 19. THE MYCOPLASMAS (マイコプラズマ類)
 - Class I. Mollicutes
 - Order I. Mycoplasmatales Freundt 1955
 - Fam. I ~ III, 2 Genera
 - Genera of Uncertain Affiliation
 - 2 Genera
 - Mycoplasma-like Bodies in Plants

ページの第6, 7版では Division—Class—Order—Family—Genus の段階において多分に自然分類的な観念が残っているが, 第8版では Division—Part—Order—Family—Genus において第2階級の Part の段階で著しく人為的な要素をとり入れており, この Part からたてわりの分類が行なわれているようで, 一つ分類上の画期をなしている。

近時微生物学には分子生物学領域のものを取入れねばその研究が進まなくなっている。そして

それは形質遺伝や形質を導入するという原点に戻らねばならなくなってきたことを意味する。

わが国においては沢村真（明治20年東大卒）が納豆をつくるものは *Bacillus subtilis* に類縁の細菌であることを発見し、1906年（明治40年）にはこれに *Bacillus Natto Sawamura* と命名した。この細菌は村松舜祐（明治38年東大卒）、半沢洵（明治42年北大卒）の研究によって、納豆生産に関与する特異的な単一種の菌であるとされ、以後純粋培養によって工業面には貢献するところが多いものであるが、バージーの分類では、*Bacillus subtilis*（枯草菌）と同名あつかい（Probable synonym）となっている。

酵母類

酵母の形状は球形あるいは卵形、また長いソーセージ形などであるが、細菌類に比べると大形である。細胞から小突起の発芽をし、これがその母細胞と同型に成長して発芽をくりかえして増殖して行く様態が、小型で一つの細胞が同型に分裂してゆく細菌とは、顕微鏡下で容易に区別ができる。

酵母の分類はヨーロッパのワインやビールというものを対象として発展した。レーウエンフークは酵母を観察したというし、デマチエル（Desmazieres）は1764年にはビールの産膜酵母に *Mycoderma cerevisiae* という単発の名称を与えている。

下って1837—39年頃にはドイツの植物細胞学者ツェワフン（Theodor Schwann, 1810-1882）がアルコール醗酵をするこの単細胞の生物を植物であるとし、これに *Zuckerpilz*（糖菌）という総称名を与えた。彼の友人のマイエン（Meyen）はこの名称をラテン語にかえてサッカロミセス（*Saccharomyces*）と命名することにしたが、これが現在の学名の祖となっている。

そして1870年にはリース（Max Reess）がこの *Saccharomyces* を7種とりあげて、その各々に学名を与えた、それを第7表に示しておく。

第7表 リースの酵母分類（7種ces）

(Max Reess, 1870, through Klöcker)

<i>Saccharomyces</i> (Meyen) Reess s. str. (Alkoholgärungspilze)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Meyen) Reess
" <i>ellipsoideus</i> Reess
" <i>conglomeratus</i> Reess
" <i>exiguus</i> Reess
" <i>pastorianus</i> Reess
" <i>mycoderma</i> Reess
" <i>apiculatus</i> Reess

ついでコペンハーゲンのカールスベルク・ビールの研究所のハンゼン（Emil Christian Hansen）は1904年に分類を集成した。それを第8表に示す。この工場ではビールを酵母の純粋培養で醸造することに世界ではじめて成功したのである。この分類研究はクレッカー（Alb. Klöcker）

がうけついで1924年には約160種の酵母についてその分類表を発表した。それを第9表に示す

第8表 ハンゼンの酵母の分類 (1904年) (約 100種)

(E. C. Hansen: Gesammelte Theoretische Abhandlungen über Gärungsorganismen, Jena, 1911)

Fam. Saccharomycetes

Group I (内生孢子生産, 糖よりアルコールを生産する)

Genus I. Saccharomyces Meyen

Genus II. Zygosaccharomyces Barker

Genus III. Saccharomycodes Hansen

Genus IV. Saccharomycopsis Schiöningg

Group II (特異な形の内生孢子生産, エステルを生産, アルコール醗酵性を欠くものあり)

Genus V. Pichia Hansen

Genus VI. Willia Hansen

Fam. Pseudosaccharomycetes

Genus VII. Monorpora Metschnikoff

Genus VIII. Nematoapora Peglion

第9表 クレッカー酵母分類

(Alb. Klöcker: Gärungsorganismen, 3. Auflage, Berlin, 1924)

Ordnung I. Saccharomycetaceae

Familie I. Saccharomycetes

Gruppe I.

Gattung I: Saccharomyces (Meyen) Reess

Untergattung I: Saccharomyces s. str. (50 spp.)

Untergattung II: Zygosaccharomyces (16 spp.)

Gattung II: Hanseniaspora Zikes

Gattung III: Debaryomyces Klöcker (4 spp.)

Gattung IV: Nadsonia Sydow (2 spp.)

Gattung V: Schwanniomyces Klöcker

Gattung VI: Torulaspora Lindner (2 spp.)

Gattung VII: Saccharomycodes Hansen (3 spp.)

Gruppe II.

Gattung VIII: Pichia Hansen

Untergattung I. Pichia s. str. (12 spp.)

Untergattung II. Zygoichia (4 spp.)

Gattung IX: Willia Hansen (7 spp.)

Gruppe III.

Gattung X: Monospora Metschnikoff

Gattung XI: Nematospora Peglion

Gattung XII: Atichia Flotow

Familie II. Schizosaccharomycetes

Gattung XIII: Schizosaccharomyces Lindner (3 spp.)

Ordnung II. Endomycetaceae

Gattung I: Endomyces Reess (2 spp.)

Gattung II: Saccharomycopsis Schiöningg (4 spp.)

Ordnung III. Torulaceae

Gattung I. Torula Hansen (7 spp.)

Gattung II. Brettanomyces Hjelte Claussen (2 spp.)

Gattung III. Pseudosaccharomyces Klöcker (15 spp.)

- Gattung IV. Mycoderme Persoon (8 spp.)
- Gattung V. Pseudomycoderma Will
- Gattung VI. Monilia Persoon-Hansen (7 spp.)
- Gattung VII. Pseudomonilia Geiger (4 spp.)
- Gattung VIII. Asporomyces Chaborski
- Gattung IX. Anthomyces Grüss
- Chalara, Oidium, Sachsia, Dematium

一方フランスではギイヤモン (Guilliermond, Alexandre) がそれ迄の分類研究の整理を主として、1912年には約220種の酵母についての分類を発表した。それを第10表に示す。

第10表 ギイヤモンの酵母分類 (Alexandre Guilliermond: Les Levures, Bibliotheque de Botanique Cyptogamique, Paris, 1912)

Famille des Saccharomycétées

Premier groupe

Genre I. Schizosaccharomyces. Lindner (7 spp.)

Deuxième groupe

Genre II. Zygosaccharomyces. Barker (9 spp.)

Genre III. Debaryomyces. Klöcker (1 spp.)

Genre IV. Schwanniomyces. Klöcker (1 spp.)

Genre V. Torulaspora. Lindner (3 spp.)

Troisième groupe

Genre VI. Saccharomycodes. Hansen (3 spp.)

Genre VII. Saccharomycopsis. Klöcker (1 spp.)

Genre VIII. Saccharomyces. Meyen (56 spp.)

Genre IX. Hansenia. Lindner (3 spp.)

Quatrième groupe

Genre X. Pichia. Hansen (10 spp.)

Genre XI. Willia. Hansen (8 spp.)

Cinquième groupe

Genre XII. Monospora. Metschnikoff (1 spp.)

Genre XIII. Nematospira. Peglion (1 spp.)

Famille des non-Saccharomycétées

Genre I. Torula. Turpin (66 spp.)

Genre II. Mycoderma. Persoon (16 spp.)

Genre III. Cryptococcus. Kützing-Vuillemin (32 spp.)

Levures sans asques, parasites des animaux, levures pathogènes

酵母に関しては、バージーの第8版で示されたような画期的な分類はその後おきていない。既述のハンゼンやギイヤモンが基盤となっているのである。

さかのぼって1868年にはセイネ (Jules de Seynes) が酵母には内生胞子の生産について特性のあることを認めていたが、現在では酵母の分類は、有胞子酵母類と無胞子酵母類に二大別されて行なわれている。1931年にはオランダのステリングとデッカー (Stelling-Dekker) が、そして1934年にはロッダー (Lodder) が無胞子酵母類の分類書を著述している。

わが国においては酒類の酵母について研究が行なわれ、主としてドイツに留学していた先覚者

の業績があるが、それらはヨーロッパで酵母の分類が確立しかけていた時代のことである。

すなわち1895～97年にかけては矢部規矩治、古在由直の *Saccharomyces sake*, 1904～5年にかけては中沢亮治の *Saccharomyces yedo*, 高橋偵造の後熟酵母 *Mycoderma yeast* の分類同定が行なわれた。

カビ類

終りにカビ類＝糸状菌類の分類について述べねばならぬが、これは前述の細菌類、酵母類の如くに単一系 (Single system) に包含するのは難しく、仮にそれができるとしても、実用には供し難い。

カビ類はその単細胞体である孢子はほぼ酵母類の大きさであって肉眼では認め得ない。その子嚢孢子または分生孢子が発芽して錯綜した菌糸体をつくり、それから次の世代への増殖孢子を形成してくると、肉眼で明らかに認められ、その他われわれの五官で認識できるような特異的な現象が多種多様に現れてくる。

その分類的な特長は植物分類の方法によっていたが、それは植物分類学者の設定した大綱のなかに含まれている。

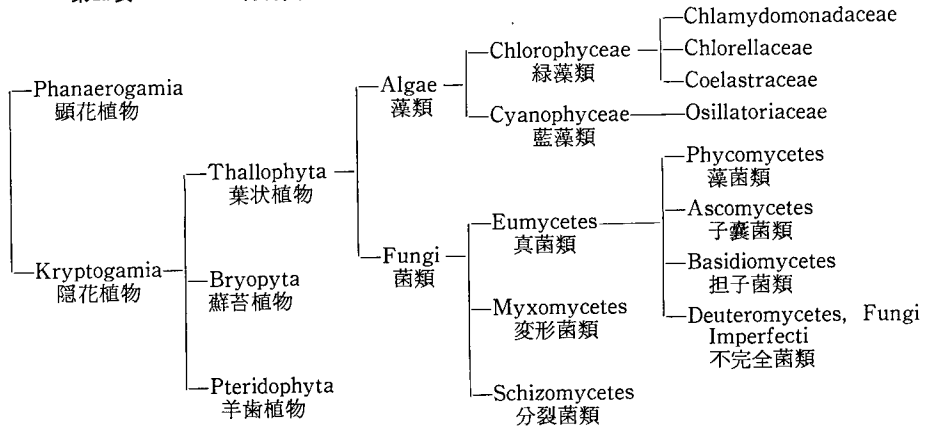
ウブサラのリンネ (Carl von Linné, 1707-1778) が創案した二重命名法による自然分類を、ベルリン植物園のエングラール (H. G., Engler 1811-1922) が併列的に整理したものを第11表に示す。それをエングラールの後継者であるアイヒラー (A. W., Eichler 1839-1887) が系統的分類に整理し、隠花植物にカビ類を包含したものを第12表に示しておく。またフランス方式ではパストール研究所のマンジャン (Mangin, L.) の分類 (1912年) があるがこれを第13表に示す。

第11表 ベルリン植物園のエングラールの植物自然分類 ○印に微生物領域がある。

H. G. Engler (1811-1922): Das Pflanzenreich

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. Schizophyta-Schizomycetes ○ | 9. Phycomycetes ○ |
| 2. Myxomycetes ○ | 10. Ascomycetes ○ |
| 3. Flagellata | 11. Basidiomycetes ○ |
| 4. Zygomycetes | 12. Bryophyta |
| 5. Chlorophyceae | 13. Pteridophyta |
| 6. Characeae | 14. Gymnospermae |
| 7. Phaeophyceae | 15. Angiospermae |
| 8. Rhodophyceae | |

第12表 ベルリン博物館のアイヒラー (A. W. Eichler, 1839-1887) の分類



第13表 パストール研究所のマンジャン ((L. Mangin, 1912年)の隠花植物
分類 (Guilliermond より)

Cryptogamie

Introduction à l'étude des Cryptogames

1. Les Champignons
2. Myxomycètes et Chytridinées
3. Phycomycetés
4. Les Uredinées
5. Les Ustilaginées
6. Les Basidiomycètes homobasidiés
7. Les Ascomycètes
8. Les Levures
9. Algues fixées, Algues flottantes: Phytoplankton
10. Les Muscinées

私はカビ類の分類を説明するに当って、ここで日本の麴菌を主軸にしたものについて解説したい。それはカビ類の世界からみれば極限された部分のものではあるが、わが国の伝統的飲食品を支えてきたもの、また現在の醸酵工業においても直接間接に貢献度の高いカビの一群であるが故に、ここで取あげるわけである。

わが国の麴菌を分離、研究し、それに命名したのはアールブルク (Hermann Ahlburg, 明治11年8月日本で客死) である。

アールブルクはドイツの植物学者ザックス (Julius von Sachs, 1832~1897) の門弟で、東京医学校の御雇教師として来日していたときに東京の丸福もやし (種麴) を入手し、これから一つの菌株を得てオイロチウム・オリゼー (Eurotium oryzae Ahlburg) と命名した。オイロチウム属についてはストラスブルク大学のドバリー (DeBary, 1831-1888) が記載していたので、その属の新種として oryzae (米の意) を種名として自己新発見の記載をした。

彼によると、本菌株は米にのみよく生え、ペニシリウムやムコールの如き果汁、腐敗物等に生ずるものとは大いに異なり、諸菌種と比較するにオイロチウムの種族たるを知るも、本菌は未だ

算入せられおらざるもの、新たにこれに名称を下して *Eurotium Oryzae* Ahlburg となす、と結んでいる。

この研究報告原稿は同時代に化学教授として来日していた御雇教師 コルシエルト (O. Korschelt) に渡されていたもので、それを門人の松原新之助が明治11年=1878年に東京医事新誌第24巻の「中外雑説一麴の説」に発表したものである。発見者アールブルクが東京で死んだ年のことである。この原菌は日本には保管されていない。

これが麴菌の分類記載の嚆矢をなすものである。

この麴菌の学名は現在は *Aspergillus oryzae* (Aspergillus oryzae) となっているが、それは原菌の再研究をした結果のことである。すなわちドイツ、ブレスラウ大学の植物学者コーン (Ferdinand Julius Cohn, 1828-98) が、菌形態がミケリの記載した *Aspergillus micheli* と同じであることから、学名を修正して *Aspergillus Oryzae* (Ahlburg) Cohn とアールブルクに先取権 (Priority) を認めて改名し、以後それで通用しているのである。

1870—1900年の間にはヨーロッパではカビ類の採集と研究が盛んに行なわれていたようで、ブレフェルト (O. Brefeld) ウェーマー (C. Wehmer) それからアムステルダム ウェント (F. A. F. C. Went) らの報告がこの年代に集中している。その時代にあってウェーマーは、当時駒場農学校の御雇教師であったケルネル (O. Kellner) を通じて麴の試料を入手し、1895年にはその菌株はコーンの *Aspergillus oryzae* と同一であることを発表している。この菌株は現在大蔵省の醸造試験所に保管されているというが、これが現存の麴菌第1号であろう。

わが国の醸酵工業に用いられている麴菌株は、その後坂口謹一郎、山田浩一、村上英也氏らによって分類学的研究が、実用菌株を背景として行なわれてきたが、精密な分類を行なってみるとその種類は多数ある。それらのものはまとめあげられているが、わが国で伝統的手工業の分野で、その実用的な形質が継承されてきたものであって、野生の *Aspergillus* とは別領域のものである。

そこで次に、これら広く *Aspergillus* の形態学的特長をとらえて、それを分類したのがアメリカ学派であって、1965年にレーパーら (K. B. Raper and D. I. Fennel) がつくったものを第14表に示す。

第14表 *Aspergillus* 属の分類 () 内は記載種の数
(K. B. Raper and D. I. Fennel: The Genus *Aspergillus*, 1965)

Species Description of the Genus *Aspergilli*

1. The *Aspergillus clavatus* Group (3)
2. The *Aspergillus glaucus* Group (18)
3. The *Aspergillus oryzae* Group (6)
4. The *Aspergillus cervinus* Group (4)
5. The *Aspergillus restrictus* Group (5)
6. The *Aspergillus fumigatus* Group (13)
7. The *Aspergillus ochraceus* Group (9)
8. The *Aspergillus niger* Group (50)
9. The *Aspergillus candidus* Group (1)

10. The *Aspergillus flavus* Group (11)
11. The *Aspergillus wentii* Group (5)
12. The *Aspergillus cremens* Group (5)
13. The *Aspergillus sparsus* Group (4)
14. The *Aspergillus veroicolor* Group (18)
15. The *Aspergillus nidulans* Group (27)
16. The *Aspergillus ustus* Group (5)
17. The *Aspergillus flavipes* Group (3)
18. The *Aspergillus terreus* Group (3)

この分類表ではアスペルギルス属を18のグループにわけ、約190種を記載している。われわれの麹菌は第10のフラブスグループ (*Aspergillus flavus*) に含まれているのであるが、近年ここから一つの問題が発生した。即ち発癌性のカビ毒アフラトキシンに関連してのことである。

第10グループの代表となっているアスペルギルス・フラブスは、1809年にリンク (H. F. Link) が枯葉から分離したもので、麹菌に似た標徴をもつものである。1960年にピーナッツの油粕による七面鳥の大量中毒死が英国で発生し、その原因は粕を汚染したカビの生産物によるものと判明し、そのカビはアスペルギルス・フラブスと同定され、新しい発癌性物質が分離されてそれがア・フラ・トキシン (Aflatoxin) と名付けられた。その化学構造が明らかになってからもこの通称毒物名はカビ名をそのままにして残っている。

このカビは麹菌と同じグループにあるということで、オリゼーも同様な生産物をつくるという疑いがでてきて、日本とアメリカでは共同研究を行なったが、その結果は日本の麹菌ではそういうことが全くないことが証明された。

それからまたわが国の村上英也氏の精密な研究によると、フラブスとオリゼーは形態学的にも生理学的にも別種とすべきものであって、レーパーらの分類ではその分別が粗雑であったということである。これによってわれわれの *Asp. oryzae* はアフラトキシンには無縁のものであることが判明した。

分類にはその方法において公定的なものがある。それに従って行なった分類には、その時点においては妥当性がある。が上述の如きアフラトキシン生産性の有無となると、従来の分類の方法論を再考せねばならぬこともおこる。

利害関係の伴う工業所有権に関しては、ある菌株の分類学的な特定位置というものが、分類学的記載の不十分なために紛争のたねとなることがある。

カビの分類について更に別の一つのカビについてつけ加えておきたい。

それはペニチリウム (*Penicillium*) 属のものである。このカビ類はアオカビとも総称されているが、抗生物質の生産、チーズの熟成など有効利用面もあるが、変敗、汚染の原因となる有害面も多い。

前記のアスペルギルス (*Aspergillus*) というラテン名は、顕微鏡でみた形が *Aspera*=粗の、*Gillus*=はやぶさの尾羽、という2語の組合せであり、またカトリックの聖水を振る *Aspergillum* の形からもきているというが、これは第3, 4図に示す通りである。以下のべるペニチリウム

(*Penicillium*) は絵筆を意味するラテン語よりきたものであるが、顕微鏡でみるとまことにその通りである。そしてその筆の穂先がどのように分れているかによってグループがわけられている。これは第4図 fig. 8に示す通りである。第15表に示したものはアメリカのトム (Charles Thom) の分類であって約200種のペニシリウムを記載している。

第15表 ペニシリウム属の分類, () 内は記載種の概数
(K. B. Raper and C. Thom: A Manual of the *Penicillia*, 1968)

Bases of Classification of the Genus *Penicillium*
—the pattern and complexity of the conidial structure, or penicillus—

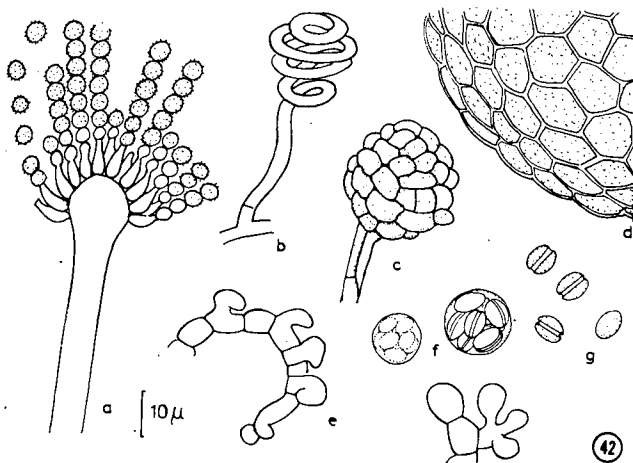
1. Monoverticillata (48)	単列左右対称梗子型
2. Asymmetrica-Diraricata (32)	左右非対照梗子—二重分枝型
3. Asymmetrica-Velutina (22)	左右非対照梗子—ベルベット様菌糸型
4. Asymmetrica-Lanata (12)	左右非対照梗子—羊毛様菌糸型
5. Asymmetrica-Funiculosa (9)	左右非対照梗子—ねぢれ菌糸型
6. Asymmetrica-Fasciculata (29)	左右非対照梗子—結束菌糸型
7. Biverticillata-Symmetrica (40)	複列左右対称梗子型
8. Polyverticillata (Uncertain relationship)	多変分枝梗子型
9. Related Species	

Gliocladium, *Paecilomyces* and *Scopulariopsis* 類縁種

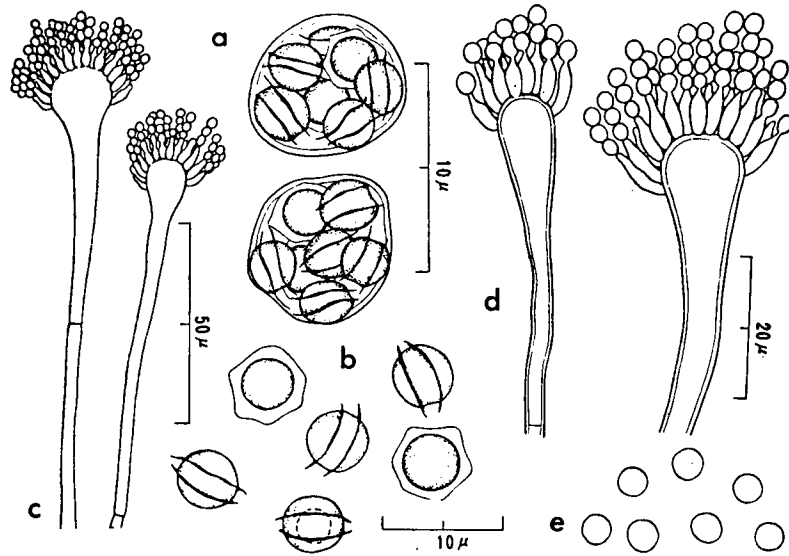
このように、カビは特異的な形態を基準として分類を行なうのが原則であるが、これは植物分類の方法をとっているからである。

ここにのべてきたものは分類学的位置からいうとアスコミセテス (*Ascomycetes*) に入るものである。これに属するものはその名の示すごとく *Ascus* (子嚢) をつくりその中に *Ascospore* (子嚢胞子) をつくるのが原則である。そしてある時期には菌糸の先端に裸出して連鎖する分生子=分生胞子=分生芽胞 (*Conidia*) を生産する。この分生胞子頭 (*Conidial head*) の形の類似しているものは、これをアスコミセテスとして集成分類しているが、それらのものは必ず子嚢

第5図 子嚢胞子生産世代はオイロチウム b~g: *Eurotium herbariorum* (Pers.) Link ex Fr.
分生胞子生産世代はアスペルギルス a.: *Aspergillus glaucus* Group.



第6図 子嚢胞子生産の世代はサルトリア a, b, c: *Sartorya fumigata* Vuill. var.
分生胞子生産世代はアスペルギルス d, e: *Aspergillus fischeri* Wehmer.



胞子をも生産するとは限らない。その生産がどうしても認められないものも、分類の手段としては分生胞子頭の形を優先してアスコミセテスに編入しているのである。その考えの根本は分生胞子のみのものはアスコミセテスの不完全世代であるとするることによる。後述の実用分類的な場合には、この不完全世代の形態的な特長を基本としている。

それらについて第5, 6図に世代によって学名の異なることを示した。そしてアスペルギルスの類は必ず子嚢胞子をつくるとは限らないのであって、そういうものは以前は不完全菌という考え

第16表 カビ類を総括したアルクスの分類 (1970)

J. A. von Arx: The Genera of Fungi sporulating in Pure Culture (1970)

Kingdom: Mycota

Phylum: Myxomycota

Classes: Myxomycetes 変形菌類

Acrasiomycetes 細胞粘菌類

Plasmodiophoromycetes ネコブカビ類

Labyrinthulomycetes ラビリンチユラ類

Phylum: Oomycota

Classes: Oomycetes 卵菌類

Hypochytridiomycetes サカゲツボカビ類

Phylum: Chytridiomycota

Class: Chytridiomycetes ツボカビ類

Phylum: Eumycota

Classes: Zygomycetes 接合菌類

Endomycetes エンドミセス類

Ascomycetes 子嚢菌類

Basidiomycetes 担子菌類

Deuteromycetes 不完全菌類

かたで分類されたこともある

カビの分類については片寄った部門について述べてきたが、統括的なものを第16表に示す。これは自然分類において動物界、植物界とは別の菌界 (Mycota, Fungal Kingdom) をとりあげ、その分類を行なうのに便利のように分類階級の門 (Phylum) によって大別したものである。われわれの領域では Eumycota に包含されているものが大部分である。従って実用的に組みかえられたところもある。

実用分類

以上細菌、酵母、カビについて分類の基本を説明したが、これらは微生物をその生育の形態でとらえた自然分類的な原則によったものである。それら微生物の応用面に重点をおいてみると、不便なことがあり、また無用のものも無しとはしない。そこに実用的な分類が生れてくる。ベルリン醸造試験所のヘンネベルヒの提示したものを第17表に示す。これはドイツ人の生活環境に関連したものをすべて包含しているといってよい。ヘンネベルヒはその二巻の著書において経験的なことを克明に記述している。ヘンネベルヒは微生物に関する実学の普及につとめた学者でありまた実際家であった。彼の著書には自筆の描画が豊富であり、そして引用文献の記載がないのが一つの特長である。

第17表 ドイツのヘンネベルヒ (W. Henneberg, 1926) の実用分類。

W. Henneberg: Handbuch der Gärungsbaκτηriologie, Zweite Auflage, Berlin, 1926.
Erster Band-Allgemein Gärungsbaκτηriologie, Praktikum Betriebsuntersuchungen,
Zweiter Band-Spezielle Pilzkunde

I Hefen 酵母

Kulturhefen (*Saccharomyces cerevisiae*) 培養酵母

Bierhefen ビール酵母

Brennerei-und Presshefen 酒精工場用酵母及びパン酵母

Weinhefen ブドウ酒酵母

Wilde Hefen 野生酵母

Krankheithefen des untergärigen Bieres 下面ビールの濁濁酵母

Kahmhefen=*Mycoderma* 非醗酵性産膜酵母

Gärende Kahmhefen 醗酵性産膜酵母

Fruchtätherhefen=*Willia* 果実様芳香生産性酵母

Torulahefen トルラ酵母

Flockige wilde Hefen 濁濁性野性酵母

Sporenbildende Milchzuckerhefen 有孢子乳糖醗酵酵母

Kleine Hefearten 微小細胞酵母

Zitronenförmige Hefen=*Apiculatus* レモン状のアピクラーツス酵母

Spalthefen (*Schizosaccharomyces*) 分裂酵母

II Spaltpilze 分裂菌 (細菌類)

Milchsäurebakterien 乳酸菌

Coli-aërogenes Gruppe コリ・エロゲネス群

- Essigbakterien 酢酸菌
- Propionsäurebakterien プロピオン酸菌
- Fäulnisbakterien 腐敗菌
- Alkalibildner アルカリ生成菌
- Farbstoffbakterien 色素生産菌
- Wasserbakterien 水生細菌
- Sporenbildende Bakterien=Bazillus 孢子生産細菌類
- Heubazillen Gruppe 枯草菌
- Die Spaltpilze des fadenziehenden Brotes 粘敗パンの菌
- Heubazillenähnliche Buttersäurebazillen=B. butyricus 枯草菌類似の酪酸菌
- Megatherium-und Mycoidesgruppe メガテリウム (巨大菌), 及びミコイデス群
- Buttersäure-und Butylalkoholbazillen 酪酸菌及びブタノル菌
- Bacillus putrificus (Bierstock), anaerober Fäulnispilz 嫌気性腐敗菌
- Pektinvergärende Bazillen ペクチン醱酵菌
- Zellulosevergärende Bazillen セルローズ醱酵菌
- Streptothrix (früher Actinomyces) 放線菌

III Schimmelpilze 糸状菌

- A. Schimmelpilze ohne besondere Fruchtkörper 特有の子実体を有さないもの
 - Oidium, Endomyces, Prototheca, Dematium
 - Phoma, Monilia, Sachsia
- B. Schimmelpilze mit besonderen Fruchtkörpern 特有の子実体を有するもの
 - I. Penicillium ペニシリウム=アオカビ
 - Edelschimmel (Roqueforti, Camemberti) 有用アオカビ
 - Stinkschimmel 有害アオカビ
 - Penicilliumarten mit gekörnten Konidien 分生芽胞に棘を有するもの
 - // mit gelber Färbung 黄色を呈するもの
 - // mit roter Färbung 赤色を呈するもの
 - // mit Stolonen oder puderartigem Rasen 白色長毛を生ずるもの
 - Catenularia カテヌラリア
 - II. Citromyces シトロミセス
 - III. Aspergillus アスペルギルス
 - IV. Mucoreen (Köpfchenschimmelpilze) ムコール
 - V. Cladosporium クラドスポリウム
 - VI. Fusiosporium=Fusarium フザリウム
 - VII. Cephalothecium セファロテシウム
 - VIII. Botrytis ボトリチス
 - IX. Verticillium, Wasserkugelpilze ベルティシリウム

現在われわれは実用の分野では第18表に示したような分類の考えかたで微生物をとりあつている。この A~D までの形態学的な分類は、簡単な人工培養による特長の観察と、普通の光学顕微鏡による検鏡によって容易である。

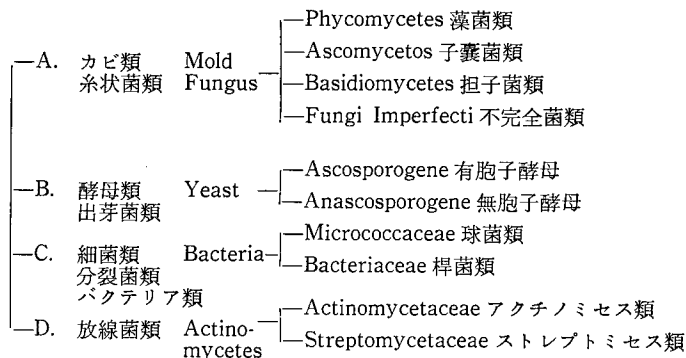
その実用領域の微生物を詳細に研究するためには、既述したような分野に該当するものをさがし求め、それから分類学的な研究へ入ってゆくものである。

分類全般に亘って注意すべきことがある。

それは、ある微生物の属種を求めるときに、一つの分類学の系統のなかで、求めんとする分類学的位置を徹底的に検索することが第一である。そしてその結果を必要あればまた別の分類学の

系統のなかで同じように徹底してしらべてゆくということである。いろいろな分類学の書を散見して、その各々から合目的な事項を便宜的にひきだして分類をしてゆくことは、徒らに自他ともに混乱をますのみである。

第18表 実用分類大別表



研究法の発展と実用化への道

ドイツ流の研究法は微生物を単離して、人工的に純粋培養をすることにはじまる。このためには無菌の環境をつくってそのなかで単一種の微生物を増殖させる。

微生物というデリケートな生物を扱かうには、先人たちが試行錯誤によって習い覚えた方法を現在でもそのまま踏襲している。そういう古典的なものから出発し行かねばならぬ。

蒸気殺菌のためには「コツホの釜」、加圧殺菌には「シャンベルランのオートクレーブ」、無菌取扱いをする小室には「ハンゼンのステリル・カステン」、培養の皿には「ペトリ・シャーレ」酵母などの長期保存には「パストール・コルベン」など創始者の名を冠したものが、原寸のままでも現在も用いられている。

試験管に綿栓をすることの効果は1836年 (Franz Schulz) から1854年 (Schröder und Dusch) に確立し、またほぼ24時間間隔に3回蒸気殺菌をするのは「チンダルの間歇殺菌」(Tyndall, 1877) である。培養試験管はドイツ規格のようであるが、手指の小さい日本人はそれが大型にはすぎても器用さで馴れてしまっている。

微生物を純粋に分離する第一の方法は「コツホの平板培養」である。コツホは加熱してとけているゼラチンに試料を入れ、それをよく振とうして順次稀釈をし、その各稀釈段階のものを氷の上にのせた硝子板に流して凝固させ、それを恒温器のなかで培養してゼラチン上に生じた単一の集落を、純粋培養の第一歩とした。この硝子板の不便さをペトリが皿にし、(Petri, 1887)、ゼラチンが後には東洋からきたアガー (寒天) にかわった。

このペトリ皿は現在はエチレン・オキサイドでガス殺菌をしたプラスチックのものに変わっ

て、使いすてのものになっているものが多い。固型培地は昔のままのゼラチンあるいは寒天が使われているが、研究者が自ら調合する手数を省いて、いわゆるインスタント培地が数多く販売されている。ほとんどのものは水を加えるだけで調製できる。

培養し発生した集落は、ペン先で指しながら計数をするが、現在では色々なフィルターを通してテレビの画像に写し、それを電子像で測定し、瞬間にして計数を数字で示す装置がある。また微生物の生長曲線は、一定時間毎に培養計数をしたり、増殖濁度を測定して求めるのであるが、これまた培養試験管を挿入しておけば、自動的に生長を自記して正確な生長曲線を描画する装置があり、われわれがやったような徹夜研究の労は省けるようになった。

また分類のためには、培養によって一定の検索条件を設定し、その結果をコンピューターに入れば、属種の判定にはその経験者の判断を省略もできるという方式もある。

以上類例をのべたが古典的方法の熟練技能を要するような事項は、現代の風潮では省力化されかけているようである。しかしながら私は思うのであるが、対象は未知の要素を多く秘している生物である。そういう省力化は生命の問題を単純化することになりかねない。それからまた、今迄には残っていた微生物研究室の牧歌調が消えてゆくことにもなる。これは私の回愁でもあろうが、生物を扱かう学問へのナイーブさが失なわれることになりはしないかと憂いるのである。

微生物学研究的基礎は、微生物を扱かう伝統的技法に支えられている。私は新進に対しては、古典的技法ではあるがそれをまず教えねばならぬと思うのである。

生物の本質が追及され生命の科学が発展してくると、その生命研究の対象は微生物の生活のパターンのなかに沢山ある。それらが基礎学分野の諸学者のちがった思考と、また別個の方法によって研究されてくると、そこにはわれらの及ばない成果があがってくる。そうしてそれがこの応用の微生物学のうえにまたはねかえてくる。

ノイベルク (C. Neuberg) は糖のアルコール醗酵において亜硫酸塩を添加し、解糖経路においてアセトアルデヒドを固定してエタノールへの経路の水素受容体を封鎖してグリセリンを蓄積させる、いわゆるグリセリン醗酵を発見したが、これは一つの古典的な微生物の代謝制御である。

また戦後にはペニシリンの生産菌の改良のために、菌自体の変異を期待して紫外線照射、あるいはデクロロエチル・サルファイド (マスタードガス) のごとき化学物質との接触というような手法によって、死滅耐性の残存菌株あるいは集落変形株を求め、それらのなかからペニシリンの力価が上がり、また障害となっていた色素生産性を欠除した優良な実用菌株をつくりだした。

現在の微生物学の基礎分野では、微生物の代謝制御、形質遺伝が中心となっている。後者の領域においては、われわれの研究室でクサヤのつけ汁から分離したラセン菌類の分類のために、細胞内の DNA の二本鎖の対合のちがいが、すなわちアデニン十チミン、グアニン十シトシンの比、

すなわち GC 含量というものが、体制が複雑化するに従い幅がせまくなるという研究を利用し、スピリルムの各菌株を培養して GC 含量を測定し、そこに差のあることを見出したので、分類種別を設定することができた。このように核酸 (RNA, DNA) に関連しての分子生物学が生物一般ならびに微生物分類学のなかにもとりいれられてくるようになり、前述した細菌類の分類のバージーの第 7 版 (第 5 表) には記載されていたウィールスは、第 8 版 (第 6 表) では除かれている。即ちウィールスは DNA または RNA を同時にもつことがないモノエラ (Monera) に属し、両者を併せもつ細菌はミコタ (Mycota) の原核菌類 (Procaryomycota) という別の界に編入されたからである。

微生物の研究法には、今後この学外の無関係だと思われていたような領域のものが、多様にとりいれられてくるであろう。それによってまことに幅ひろく応用拡大されてくる実用の領域は、今迄わたくしどもが行なってきたようなものに比べると、複雑性をまし技法も難しくなってくるであろう。

農芸化学における微生物

私どもが専門としている醸酵食品学とは、その内容は頗る実利的なものである。そういうものを「学」と呼んでよいか。

現在の日本の醸酵食品学あるいはこれに関連する醸造学などは、わが国の近代文明の黎明期に突如としてドイツから導入されてきたものである。その頃のドイツでは醸酵 (Gärung) に関する集約された知識は学 (Wissenschaft) とはいわずレーレ (Lehre) あるいはクンテ (Kunde), またグルントラーゲ (Grundlage) という領域にあった。つまり「説」とか「術」とか「論」とかいう表現である。ドイツでの古典的な「学」は、高邁にして抽象の領域のものであるべきで、低俗にして具象の醸酵領域は一段の格下げ、あるいは別格差別のものであったようだ。これはドイツの大学の権威を保つためにも必要であったのかもしれない。

学問が分化してくるに従ってこのような領域の差別がうすれてきて「学」と称するものが抵抗なく自由に生れてくるようになった。そして学際がつくられて行き、学者が輩出し、大学の講座もふえてくるという時代に入っている。

これは、ある説によると人文科学の方からやたらに学がはやり出したようであるともいう。社会学のような複雑な体制のものを、学の究極の形であると言い出した、そのせいだともいう。

フランスでは、一世を風靡したパストールは、「あるものは純粋科学とその応用だけ」であって、応用するための科学という学問などは無い、という言葉を残している。そして科学と応用の連結を彼の生涯の仕事とした。

日本に農芸化学という名前があらわれたのは、明治10年10月 (1887) のことである。

明治7年に時の内務省勸業寮内藤新宿出張所農務課に農学掛が置かれ、農業生の教育、農事開

発等を目的として農事修学場が設けられ、農学、獣医学、化学および農業の教師を外国から招いて、農芸の改良を謀らんとした、とある。これが3年後に駒場農学校となり、ここに農芸化学が専門科目として新設されたのである。そして更に3年後の明治13年に農芸化学学生徒の本業を3ヶ年と定められた。これが現在の東京大学農学部農芸化学科の発祥である。そして明治16年(1883)には農芸化学士5名がはじめて卒業した。明治19年以降は農芸化学本業を卒業した者は学位を農学士と改められ、現在に至っている。

さてこの頃ヨーロッパ諸国から招聘されて来た教師が担当したものは Agri-culture であり Land-wirtschaft であって、これを日本では農学と称し、生産の実務面を農業としていた。この実務面を試業あるいは農事ともいって御雇教師も前者とは別格のようであった。

こういう過渡期を経て、農芸化学なるものは、分析によって肥料成分を明らかにし効果を評価するという実績をあげることからはじまり、その模糊たる学際には単に農学領域のみにとどまらず、現在みるように薬学、医学の領域のなかにまで進出してゆくようになった。

農芸化学という外国名の学はない。

わが国にも以前は農業化学とか農林化学という名称が大学などにあったが現在では農芸化学にかわってしまった。

戦後、若手研究者の間から農芸化学という名称を改めようという気運があったが、何時の間にか消えてしまった。

文部省ではこの名称のなかに盛られている内容の理解が足りず、農芸化学にたづさわるものには補助金などで大分損をした戦後の時代があった。

現在では農芸化学という名称は慣習的なものとなって通っているが、それはこの学問があげてきた実績によること、そしてこういう学問の分野が将来にも期待されるところが大きいということによるのであろう。しかしながらこの「学」が正に100年間農学の一分野としてその地歩を変えることなく誇ってきたのは「芸」という字に包含されているその内容である。「芸」論を展開しようとは思わないが一言にしていえば「芸」とはわれわれの身近かなそして素朴な感動を呼ぶ「労作」である。これは私が農芸化学は実学の最たるものだと説く所以である。感動とか労作を実利と読みかえてもらえばよい。

この農芸化学の領域での微生物学に考えを致すと、まづ浮んでくるのはパストールのことである。彼が微生物の基礎学をどのように追及したかは明らかにしないが、既存の微生物学のあらゆる知識を彼の頭脳と手技のなかに集中して、そこから新しい分野への発想と、卓越した実験法を創造し、その成果を常に人間の身近かなものへともたらしたという多くの事実は、私どもに感動を与える。これに関して第7図をのせておく。

第7図 バストールの農芸化学的な業績をイラスト化したフランス・5フラン紙幣



農芸化学における微生物学はこういうようにあるべきだと思う。そして醸酵食品学とは、たとえば伝統的な製造技術から出発し、その背景となっている微生物分類学あるいは微生物生理学を追及し、そこに組立てられている理論と実利とを解析し、前進する分野を求めてゆく、そういう学問といってよからう。

はじめにも触れたが、こういう分野には「説」も「術」も「論」もすべて「学」という名のもとでよいのである。

このような学問の領域は、教育上どうあるべきか。ここに恩師が曾て述べられたことを引用してみる。

『……今の教育の行き方……何でも抽象的な純粋科学的行き方を、小学校でやり、中学校でやり、高等学校でやりさらに大学でまで部分的の繰返しをやってさんざん退屈をさせた後でなければ、応用の学問にかかれないかの如き、一種のかたい盲信的な考え方というものは……あるいは反省をして見る必要があるのではないかと思うのであります。いくら学者でも演繹法一点張りでは困ります。基礎と応用が平行して学習されるのが、『場』を持つ学の実際の姿であり、パスツールの場合でもあるように思うのであります。』

終りに一言つけ加えておきたい。

私どもの扱う微生物学は、醸酵食品類、酒類などの応用面の開発に貢献し、また腐敗や変質などを防止する術を案出し、また数多くの抗生物質の発見によって人間を病苦からの開放への道を

ひらいた。人間の幸福の追及のためには、この微生物学のまだ短い歴史のなかで、幾多の業績をあげてきた。

人間の幸福追及の欲望には涯しないものがある。その願望を追って学問は進歩してゆくであろうが、私はその行き方によっては何かデッドロックが現われそうであると危惧の念をいだく。私どもの扱かう微生物も相 (phase) こそ異なれ地球上にわれらと共存する生物である。自然の摂理のなかで、われわれの節度を失なったエゴに対して微生物はある警告を与えてくる。それでも逸脱することがわれらにありとせば、そこには平和を乱した報復をうけねばならぬという時期が到来することにもなりかねない。

微生物学で知る生物の因果律の基礎を総合して、哲学的なそしてまた具象的なアセスメントを發展させてゆかねばならぬことも、農芸化学分野の微生物学をおさめる者の仕事であるべきものと、私は思う。

私はここでわれわれが曾て行なった拡大領域の具体的な結末について二・三の例を記しておきたい。

それは戦後間もない頃行なった甘藷搾汁からパン酵母を製造する研究の工業化である。

その頃は、イモ粉が主食の代用に配給されていたが、これは生甘藷をそのまま挫碎し、圧搾ロールを通して脱水した後に乾燥して食糧としたものである。

その搾汁には醗酵性糖類を含みまたデンプン粒も含まれているので、それらの糖質を利用してパン酵母をつくることになった。当時ララ (Licensed Agencies for Relief of Asia) 物資として小麦粉はあったがそれをパンにする酵母が不足していたからである。

その搾汁にはアミラーゼを含むので温度を 50° — 60° 附近まであげると糖化がすすみ、醗酵性糖類が増加してくる。温度を更にあげるとイポメインと称するグロブリン系のタンパク質が凝固してくる。これを濾過すれば透明な液汁がとれる。糖度は低い、通気培養して酵母を増殖させるには適当な濃度である。

このような基礎実験を行なって、甘藷の生産地に試験工場をつくり、原料の集荷、イモ粉の乾燥、搾汁からパン酵母という一連の作業を開始した。

当時の農林省にはイモ大臣と尊敬された人物あり、学識経験者、経済界の知名人士、そして現在も活躍している政治家などの諸氏が力を入れたので、工場はすぐできた。その試運転一切はわれわれ任せであった。この工場でわたしは若い連中とともに48時間不眠の仕事をしたこともあり醗酵効果も良好なパン酵母を僅かではあったが生産した。

ところがどういいうわけか原料が来なくなった。その説明が納得できないので、私は一統と共に引上げてしまうことになった。結局何かのために私どもが利用されたのである。試験報告は提出した。

次は食用酵母の生産である。輸入廃糖蜜を利用してわれわれの研究していたトルラ系の酵母種でタンパク食糧を生産しようという計画で、今でいうシングル・セル・プロテイン、SCP食品である。われわれの試験工場のなかにワルドホフ式培養装置をまねて、新しい装置をつくった。資材不足の頃であるからK鉄工場の職人と一緒になって工場をつくった。この計画にはある政党の有力なTB代議士が力を入れ、企業家のKR氏は米軍GHQの協力をとり、これに参画する学識経験者たちがまた多かった。

この開発研究にはわれわれは基礎分野の事項を、好むところに従って行なっていた。前回の何かしら苦い経験をもっていたからである。そして大きな計画の企業化は予想の通り実現しなかった。研究のため、通産省から配給されてきたドラム缶入りの廃糖蜜は、ジャマイカラムの如きものとなって、研究所を訪問する友人たちを喜ばせることにもなった。

その次は国連関係の仕事である。ユニセフ（UNICEF）で大豆蛋白を低栄養地域の小児食にしようとする計画である。これには研究費を通産省経由で国連が出してくれた。その仕事の概要は納豆の醗酵時間を加減して外国人にも嗜好性の高い粉末製品をつくり、日本の学童で給食試験を試みることにあり、その結果によっては外国で実施をしようというものである

このために中間工業試験工場をつくった。そして製品をつくり、厚生省の栄養研究所でユニセフ方式の嗜好試験を行なった。学童に給食をすることは東京都の協力を得ねばならなかった。

これは大豆の醗酵加工に関し、研究面で得るところが多かった。国連の専門家が屢々訪日しわれわれは専門分野の知己を拡げた。

この仕事の成果は英文でユニセフに提出した。この結末はといえば農林省の関係者をさしおいて、物心両面国連のユニセフにつながりすぎたということで爾後の評判はよろしくなかった。

以上のべたこれらの私の例は、農芸化学にだづさわものなかには、器用にものがこなせる者もあることの、しかも何も効果の上らなかつたということを示している。

であるが、こういうような行き方はわれらの分野の一つの特性でもあり、そこに不合理なものが予測されない限りは、このような考えかたや、そしてまた教育は、むしろ進めた方がよいと思うのである。無駄なことも、しないよりはよい。

農芸化学はその学際をひろげて今後その独得の発展をしてゆくであろう。特に微生物学ではその拡大領域を価値づけるものは、このような農芸化学の本質に他ならぬものとなってもらいたい。将来への期待は大きいのであるが、旧態依然として続いてきている伝統的な醗酵食品を、回顧的に支えているものもまたこれにぞくする。すなわちその回顧から徐々に前進が生れてくるのである。

己れの実力を知り、遲疑逡巡することなく、主動的に実行にあたることは、一つの信念をもって出発すれば、その結果が如何になろうとも、私には悔ゆるものがない。そして一つの歴史の記録として残ってゆくものが、人によっては価値基準がどうであれ、そこには将来への一つの礎石を置いてきたものと私は思っている。

追 録

一起一

私は昭和41年に非常勤講師となり翌42年に教授となって醸酵食品学研究室を担任し、昭和53年3月末日に停年退職する迄の12年間を、この明治大学において教育と研究に従事し、且私の生活の場としてきた。

担当した講義は、醸酵食品学（現在加藤英八郎講師担当）、醸造学、農産製造学、食品化学（現在津坂伸幸助教授担当）、および微生物学（岩本浩明教授外遊中担当）であった。また主要学科目に関連する学生実験として醸酵、食品学実験、食品化学実験微生物学実験を分担した。これらは年度毎の授業計画によって短期間のものもあり、常にすべてのものを担当していたものではない。

研究としては教授研究室とそれに隣接する特研学生研究室の施設のなかで、自己の専門分野とする講義の背景をなすような基礎研究なるものは、自身ではほとんど行なへなかった。それらの事項は私の前半生において行なってきたという、自負を口実とした怠惰において、研究室の生活を送った。しかしその間に、豊富にある専門分野の図書を渉獵し、興味を覚えた事項に試行的な実験をくりかえすなど、それらは教育の面で私なりに貢献したものがあつたと信じている。

この学校の研究設備はよく整っているといいたい。要は如何に実験手法を工夫し創意をもってこれにあたるかにある。このためには連続しての時間的余裕がほしいのであるが、若手教員諸君は、専門の講義に加えて学生実験の準備、指導監督、後始末、そしてまた学校の運営上の業務分担などのために、上述したような余裕が十分にあるとはいえない。このことは私が職を奉じてから充実発展しつつある農学部への過渡的な現象ではあろうとは思ふが、教育の底力を涵養するためには考えるべきことである。

一承一

私は昭和3年に東大農学部農芸化学科に入学した。

当初から農学分野に志向していたのではない。岩手県出身ではあるが、家は農業とは関係がなかったし、育った環境からいっても農業というものには無縁であつたといえる。こういう出発点であつたが、今ここでは日本の農業に深い関心をもつ身とはなっている。

旧制の高等学校の理科教育には大学への進学指導的なものがあつて、習学した科目の得手・不得手（成績に通ずる）によって、大学の専門分野をえらぶようになっていた。私には実存につながる自然科学として、農芸化学へ進む道があつたわけである。

大学二年の微生物学実験は、高等学校の動・植物学実験にはなかつた興味をひいた。そして醸

酵学教室へ入ることを許され、麴菌に関しての卒論を行ない、爾来現在に至るまで途中で一時中断されたことはあったが、終始醱酵微生物の研究とその応用分野の拡大に従事してきた。

卒論で行なった研究は、当時の坂口助教授の御指導によって、先生の収集された各種の麴菌を好氣的に表面培養し、その生育した菌蓋を次に各種の糖液のなかで嫌氣的培養をするとき、各種の麴菌が糖類を醱酵して炭酸ガスを発生する態度を、麴菌株と糖類との組合せにおいて解析することになった。

この研究は私にとっては勿論はじめてのものであったが、その手技は煩雑で、なかなか熟練を要した。これに手をとって教えて下さったのは、若かりし頃の恩師坂口謹一郎先生であった。

この卒業論文は大学を卒業後も教室に残って続行し、その成果を日本農芸化学会誌と醸造学雑誌に、坂口先生と連名で発表した。ここに得られた知見は糸状菌の解糖機作に関するもので、エムデン・マイヤホフ・バルナスの解糖と、それに続く醱酵に関する一連の酵素系によってうちたてられたE. M. P回路の解明された時代とあい前後していた。

私はこの研究によって、糸状菌をとりあつかうこと、すなわちそれが人工培養によって起す生理学的現象を確度たかく再現する術式を覚えたが、そこにある掘りさげでの基礎理論には力が及ばなかった。

今に至って考えてみると、これは私の研究の態度であり、また性格のもたらすものであろう。私は現象を追うためには、工夫をこらす。それは試行錯誤の反復であり、目的のある段階に達したときにそれは成果となる。そしてその成果は記載的知識 (Descriptive Science) とはなるが、その現象の解明に基礎的な実験を積み重ねてゆく分野 (Fundamental or Basic Science) には、力が及ばない。私はこれを恥ぢたり悔いたりしているのではない。

はじめに習いおぼえた麴菌を液体培地の表面に浮かせて培養する方法は、私のお家芸のようになった。

泡盛麴菌を蔗糖液に表面培養してクエン酸を生成させる研究は、採算的には工業化の域に達したが、方法が煩雑などのために企業化に至らなかった。この方法はドイツのベルンハウエル (K. Berhauer)、ポーランドのクルザズク (Chrzaszcz), ソ連のブトケウイチ (Butkevich) が、Biochemische Zeitschrift 誌上で1935年前後に成果を競いあっていたものであり、その仲間入りをして研究をすることには、大いに緊張を感じた。

戦後のペニシリンの製造は、初期はペニシリウム菌株を表面培養して培地から酢酸エチルでペニシリンを抽出し精製することになった。この仕事は東大坂口研究室で専ら行ったが、いわゆる私の職人芸を披露することができた。

また各種の麴菌の胞子を一定比率で混合してそれを表面培養し、菌体および培地のなかのアミラーゼ、プロテイナーゼなどの酵素の生産を研究した。すなわち菌株の胞子の混合比率と、培養経時の酵素力価をしらべたものである。その結果は菌株間の形態学的な吻合 (Anastomosis) によるヘテロカリオン生成の現象などは認められず、また水解系の酵素の生産は、それぞれ特性を

もつ菌株個有の性質が、発芽する孢子数の混合比率によってそのままあらわれるという事実を得た。すなわち麴菌の異株の混合によっては、酵素の生産が相乗的に増加すること (Synergism) はなく、配合比に基く生産 (Additive) をするということである。

醸造業において穀類を麴にするときに用いられる種菌には、種々のものがあるが、これを混合して用いることの理由をこの表面培養法によって解明したものであるが、わか国の醸造業で行なわれている伝統的な技法とそれによって得られている成果を、表面培養という一つの実験法によって裏づけしたものに過ぎないといえる。しかしこれは麴菌の利用という応用分野では開かれた一つの道となった。この研究は恩師のおすすめによって学位論文とすることができた。

以上述べてきた表面培養の原理は、空気に曝露している培養液表面に菌の孢子を浮かせて静置し (Static)、孢子の発芽によって菌蓋をつくらせるものであることは既述した。この原理を動的に (Dynamic)にとらえたものが深部培養法 (Submerged Culture) である。

この方法は培養液をみたしたタンクに菌孢子を接種して、空気を噴出させながら攪拌をつづけて、液中で孢子を好氣的条件の下に発芽させるものである。この方法は表面培養法よりも容易であり、大量の実験が可能であるが、得られる成果は表面培養法によるものと略同一である。最近精巧な Jar Fermenter が研究室では普遍的になっているので、表面培養法はあまり行なわれなくなっている。

尚、静置の表面培養を前後に振動させて培養液表面の波立ちから空気を導入する振とう培養法がある。この方法は操作がより容易であるので、各種の操置が工夫され研究室で広く用いられている。

この深部培養法は、表面培養法の後で発達したものではない。

フランスのカルメット (Calmett) が1892~95 (明治28年) に糖化力の強いアミロミセスと称する糸状菌と、アナメンシスと称する酵母を用いて、トウモロコシの澱粉を原料として深部培養を行ない、アルコールの製造を行なった。そしてその頃フランスの植民地であったインドシナのサイゴンに米を原料として、この画期的な方法によるアルコール工場を建設して稼動していた。

この方法をわが国に導入し開発したのは、台湾総督府中央研究所であった。1927年 (昭和2年) 調査団はインドシナに赴き、偶然の機会にこの工場を知った。それ以前1908年 (明治41年) のドイツの文献によって、このアミロ法 (Amylo-Verfahren) なるものを知っていた研究所員は帰任してから僅か4年後には、台湾総督府方式のアミロ法を確立し、それによってアルコールの製造を行なった。これはわれわれの先輩の機敏さと、器用さを示す一つの例であるが、国の成長期に則応して活動する日本国民は、今も昔も変らぬという感を深くする。

私もその亜流をでない、アミロ法を心得ているので恩師の指示によって新設されたペニシリン工場の運転を手伝いに行ったことがある。この工場は現在も大きく成長している。

以上、カビの培養に関連して縷々と述べてきたが、これは私の長い生活をつらぬいてきた筋であるといってよい。それによってどういう成果を学問や実利の面にあげ得たか否かは、ここで自ら検討する勇気をもち得ない。

大学卒業の昭和6年頃は不景気のどん底といわれ就職にはあまりかんばしくなかった。また関東軍の行動によって国際情勢のなかで日本は不評のまっただなかにあった。

私は在学中のために延期してあった兵役に服さねばならなかった。それで兵役期間もふくめ昭和9年に台湾へ赴任するまで、陸軍糧秣本廠研究科に職を奉じた。ここには3人の先輩が陸軍技師としておられ、研究施設や試作機械、文献情報が充実し、そのなかにあつて兵食に関して薫陶をうけることが多く、研究を実施に移すという決断については後世役に立つことが多かった。

台湾総督府中央研究所へ移ったのも坂口先生のお世話による。ここは植民地的な潑刺さが漲っていたが次第に第二次大戦前夜の緊張と不安に包まれ、戦時態勢の研究やその工場生産に力をそそぐことが主な仕事となった。かくするうち次々と動員されていった同僚のしんがりとなって、私も召集をうけ、技術要員としてではなく陸軍歩兵の一員として南方戦線へ送られた。これが私の生涯をかけようと思っていた台湾の研究所生活の最後となり、再びこの研究所を訪れることはなかった。

この台湾の約10年の生活は、研究の面でもまた生活の面でも思い出深いものがある。醸酵分野の尊敬すべき先輩たちの後について、若輩の身でありながら存分に仕事をさしてもらえたこと、そして鋭い指導をうけたことは、私にとってまことに得るところが多かった。がこの間には、数篇の研究報告（クエン酸醸酵、アルコール醸酵など）を出したに過ぎず、坂口先生から命ぜられていたペニシリウム属の分類研究は、中途半端に終わってしまった。しかしこれは戦後のペニシリンの菌株検索の研究には、私としては役に立つものが多くあった。

戦時中、ジャワのバンドンに駐留していたときには、軍政監部の首脳部に申し出て、私は隊長の許可を得てバンドン工業大学で、選ばれたインドネシアの若い学生に対して、アルコール醸酵などの講義を暫くつづけることができた。また軍務のかたわらバーストール研究所やジャカルタ医科大学の細菌部門を訪ねて、己れの空虚になりかねない専門分野の郷愁をいやすこともできた。こういう分野には私の直接、間接の先輩や同僚がいて、軍人である私に同情を寄せてくれたのである。

敗戦、そして一年あまりの英軍の抑留をおえて復員したとき私には行くべき所が見当らず、焼け残った東大の坂口研究室をまづ第一に訪れるよりほか道がなかった。

そこから私の研究生活が再びはじまる。

その頃ペニシリンの生産研究で多忙をきわめた坂口研究室で、私は昔の姿にかえるのに、時間はそうかからなかった。若い同僚と研究室にゴロ寝で徹夜をつづけることも苦にならなかった。その頃の研究成果は専門学会誌に2篇を出さして頂いた。

その後農林省食糧研究所の機構拡充で醸酵食品部が創設され、私は坂口先生に命ぜられてその部長となった。この研究所は東大教授の先生が曾て所長を兼任されていたところであり、戦後の

食糧需給において大豆の醸酵加工食品の重要性が行政面で問題となってきたためであった。

結局私はここに公務員停年までの約20年を過した。この間に外国の研究情報に圧倒され乍ら自分の勉強のし直しをすることができた。また自分の専門分野を引っさげて度々外国へ行く機会にも恵まれた。

この間の研究は食糧研究所創立30周年記念号（昭和39年）において、醸酵食品部研究報告として105篇、停年退官（昭和42年）までに更に10数篇を加えている。これらの業績は私の名を連ねてはいるが、すべてが同僚の労作によるものであって、私が自ら手をつけたものは多くはない。私はきめられた研究のテーマの実験計画や方法について助言をし、研究結果のまとめをし、その成果の応用領域をひろげることを行なってきたにすぎない。

戦後、食糧事情がわるく、農産物の利用拡大、食品の加工法などが望まれた時代に、この研究所の期待されそして貢献したものは少なくなかったと信ずる。以後、食糧の問題は、加工品としての価値向上に関してのみならず、加工法の進歩に伴って問題となってくる安全性、あるいは資源に関する事項にまで及んできており、農業生産のなかにあつて食糧のかかえる基本的問題を解決してゆかねばならなくなっている現在である。

こういう時代の推移のなかにあつて、微生物を利用する分野、また微生物の有害作用を抑制する分野について、基礎的な研究にも重点をおいてはいたが、当面の問題を処理する方向に、より多くのエネルギーがさかれた。これは多方面に経験をもつ私の得意とする分野でもあつたが、同時に私にとっては安易な道でもあつたといつてよい。

この頃私と共に暮した同僚諸君には、いい切れない程の感謝を感じているのだが、反面彼等の頂点におかれていたこの私が、彼等に何を与えそして残してきたかという、忸怩たるものあり時に心が痛む。

— 結 —

本篇の冒頭に記したように、それから私は明治大学にいくことができた。

大学における研究ということはそれまでの私の経験から理解できるつもりであつた。

しかし大学の主眼目である教育ということに関しては私は全く無知であつた。これに関しては、私が歩いて来た道をふりかえってみても、あまり参考になることはなかつた。

むつかしい講義を試み自己嫌悪を覚えたこともあつた。

わかりやすい講義に雑談をそえ学生の喝采を期待したこともあつた。

試験をして私の講義への反応を求めたこともあつた。

学校紛争で学生と対立し、論争をしたこともしばしばあつた。

少数の学生とはあるが飲を共にし談じあつたことも多かつた。

そして学生が教育で何を求めているかを模索した。

これは教育とは私の専門分野にとって、どうあるべきかを積極的に考えておきたかつたからで

ある。そして簡単にして精練なる私の教育綱領ができあがるのには、そうは時間がかからなかった。

その結果、私は次のように考えて教育に当たってきたし、これからもそうでありたいと思っている。

- 1) 教師の人格は学生の人格とは遊離すべきものである。
- 2) 親愛が迎合になってはならぬ。
- 3) 自分の講義に矜りと権威を持つべく書齋での補強をも怠らぬ。
- 4) 休講をしない。
- 5) 不確実、曖昧なことを言はぬ。説得力をもつ。
- 6) 約束を守る。
- 7) 学生を不公平に取扱はぬ。
- 8) 講義の場の障害となる学生の行動に対しては、その場で叱責し反省を求める。
- 9) 講義は教師の哲学を背景とする知識の伝達である。
- 10) 卒業生に書き与えた語録——試行錯誤：誠実一路：勇者不懼：会者常離：幾山河：一期一会：活学試行：忘るる勿れこの丘を：流水不爭先：

これはこの10年の間に、私の講義において自問自答して得られたもので、まことに単純でそして幼稚な事柄ともいえよう。

こういう講義における態度が、私の教育を進めてゆくうえの支えとなっていた。

今、この追録を閉づるに当って私は静かに思う。

私は醗酵微生物学の研究者としてこの約50年を終始することができたが、その間幾多の先輩同僚、後輩に支えられてきた。しかしさしたる業績もなく、名もなき一介の研究者、教育者として終らんとしている。

この明治大学における私の人生の最終の12年間は、私の生涯の会心の一齣であった。よき同僚に恵まれ、自分の専門分野に傾倒することができ、また健康にも恵まれていたということは、私の幸福これに過ぐるものはない。

終りに、本稿の執筆をご懇憚下さった、編集委員長高橋直躬教授のご好意に深甚なる謝意を表す。
(昭和53年2月稿)

本記事の一部については、明治大学科学技術研究所公開講演会（昭和52年12月15日）において講演をした。