

生物化学最近の進歩

第 6 集



生物化学最近の進歩

第 6 集

生物化学最近の進歩編集委員会編

編 集 委 員

児 玉 桂 三 (委員長)

左 右 田 徳 郎 佐 橋 佳 一

森 高 次 郎 上 代 皓 三

編 集 幹 事

武 藤 聡 雄 三 浦 義 彰 菊 地 吾 郎

佐 伯 誠 道 吉 田 昭 山 下 恭 平

技 報 堂

生物化学最近の進歩
第 6 集

昭和 35 年 8 月 5 日 印 刷

昭和 35 年 8 月 15 日 発 行

編 者 © 「生物化学最近の進歩」
編 集 委 員 会

発 行 兼 者 大 沼 正 吉
印 刷 者 東 京 都 港 区 赤 坂 溜 池 町 5

印 刷 所 株 式 技 報 堂
東 京 都 港 区 赤 坂 溜 池 町 5

発 行 所 株 式 技 報 堂
東 京 都 港 区 赤 坂 溜 池 町 5
電 話 赤 坂 (481) { 3 8 3 4
8 5 8 1 - 5 番
振 替 口 座 東 京 1 0 番

製本 鈴木製本所



自然科学協会会員

工学書協会員

序

本書は、1955年に第1集を発刊以来、幸いにも江湖の好評を博し、本6集までに累計2260頁をかぞえ、担当された執筆権威者は100余名に及びましたが、このような出版物の事情も発刊当時とは大分変わり、今日ではこの種の図書雑誌も可なり増えて参り、当時、類書の乏しいのに奮起したわれわれの使命もここに一応達せられるに至りましたので、本6集をもつてこのシリーズはひとまず終止符を打つことといたしました。

技報堂刊「生物化学ハンドブック」増補の意味と斯界における進歩の迅速な紹介を念願とした本書は、他面、安価頒布を主旨としましたために、執筆関係、出版関係に多大の負担が加わつたことも事実でありまして、そのためにすべてを超越し、奉仕的に尽力された執筆者各位および技報堂大沼社長の努力は、斯界から永久に忘れられない功績であると確信します。本編集委員会はなんの修飾辞も抜きにして、ここに関係各位に感謝と敬意を送るものがあります。

生物化学ハンドブックは発行後数カ月にして数千部を売り尽すという光栄を本委員会に与えてくれましたが、読者の要望もあり、目下改訂増補を急いでおります。

また各分野がいよいよ専門分化しつつある現状から若き研究学徒のためには、掌中生物化学ハンドブックの要望もあり、他日を期したいと考えております。

終りに長い間御愛読を賜わつた各位に対し衷心より感謝する次第であります。

昭和35年6月30日

生物化学最近の進歩編集委員会

佐 橋 佳 一

目 次

1. 酢酸菌, グルコン酸菌の生化学	朝井 勇直	1
2. ムコ多糖類	檜山 登	37
3. 細菌の脂質	積田 亨	77
4. β -グルコシダーゼ	三輪 知雄 石沢 敬子	94
5. 糖転移酵素の作用機構	片桐 英郎 山田 秀明	122
6. 酵素反応における金属元素の役割	市原 硬 和田 博 伊藤 尚夫	149
7. カロチンの栄養	藤田 秋治	192
8. 水溶性ビタミンの生化学	佐橋 佳	221
9. デオキシリボ核酸 (DNA) の生合成	高木 康敬	257
10. 飼料の化学	森本 宏	283
11. 放射性同位体標識化合物の合成	長谷川 賢 小川 弘 加室 仁	339
12. ガスクロマトグラフィ実験法	荒木 峻 野口 駿	371

1. 酢酸菌, グルコン酸菌の生化学

§1. 緒言	2	3-3 糖の代謝	17
§2. 酸化細菌の分類	2	3-3-1 グルコースの代謝	17
2-1 酢酸菌の分類とグルコン酸菌の設定	4	3-3-2 他のアルドースの代謝	22
2-2 酢酸菌とグルコン酸菌の変異	9	3-3-3 ケトースの代謝	25
§3. 酸化代謝	12	3-4 鎖状多価アルコールの代謝	25
3-1 エタノールの代謝	12	3-5 環状多価アルコールの代謝	28
3-2 ビルビン酸および酢酸の代謝	14	3-6 栄養の問題	29

酢酸菌の生化学は、酢酸生成の化学反応の単純さの故に、エタノール酸化の化学機構に関する本質的問題に関し、その研究は近年まで非常に活発なものとは言えなかつた。酢酸の過剰酸化 overoxidation の酵素系、酸化の化学経路の諸問題はなお未解決のままで残されている点が多い。

むしろ酸化細菌の代表的一群としての酢酸菌の糖代謝に就いての研究がもつと活発であつたと言える。King, Cheldelin 一派のペントース回路の支持、相田らの γ -ピロイン誘導体生成の経路等は注目すべき研究であろう。

一方、菌学上古い歴史を持つ酢酸菌の分類学的研究は数多くなされてきた。そして分類の基準として、生化学的特質をとりいれる傾向が、酢酸菌の分類にもとりいられるようになった。それらのうち注目すべき分類法は、ごく近年になされたものである。酢酸菌の変異に関する問題も、最近 Schimwell らによつて研究の端緒が開かれ、比較生化学的知見を導入した分類にも触れている。

本稿は下記の事項に就いて、おもに 1950 年以後の研究を抄記したものである。

1. 菌の分類学的研究, 2. 菌の変異の問題, 3. エタノール, 酢酸, ビルビン酸の酸化, 4. 糖の酸化, 5. 多価アルコールの酸化, 6. 栄養要求の問題
重要なものに就いては、1930 年代にさかのぼつたものもある。

なお、表題には、著者が分類学的に酢酸菌 *Acetobacter* から分離したグルコン酸菌 *Gluconobacter* の名を加えた。

酢酸菌によるセルロースを初めとする多糖類の生合成の問題、アミノ酸の代謝の問題等が生化学の分野で残されているが、紙面の都合上割愛せざるを得ない。ただ、アミノ酸要求に関して最近ようやく有力な研究がなされてきたこと、growth factor に就いても同様なことが言えること、とくにパントテン酸要求に関しての研究が活発なこと、T.K. Walker 一派および F.W. Minor らのセルロースの生合成に関する研究が注目をひいていることなどを附記するとどめる。これらの研究は M.R.R. Rao の卓越した総説 *Acetic Acid bacteria* (*Annual Review of Microbiology*, Volume 11, 1957) に抄録されており、著者もこの著に負うところがあつた。A. Janke の総

説 Zur Systematik Der Essigbakterien (Zentrbl. f. Bakt. 2 Abt. 110, 728~739 (1957)) と共に参考文献として価値高いものである。

§1. 緒言

糖やアルコールを酸化的に代謝すれば終局には炭酸ガスと水とに分解するが、酸化は微生物の領域においては多くの場合、環境と酵素作用の制約を受けて不完全に中間物質でとどまり、結果としてこれらの物質の蓄積をもたらすものである。このような酸化を行なう微生物は細菌、かび、酵母の各群にわたり、酸化を受ける基質も糖、アルコール、有機酸類に限らず、炭化水素、芳香族化合物、含窒素有機物にまでおよぶのであるが、ここでは微生物を細菌に、基質をアルコールおよび糖類に限定して、最近の研究を紹介することにする。

§2. 酸化細菌の分類

応用の面から酸化細菌というときは、おもに酢酸菌 *Acetobacter* を指しているのであつて、これは歴史的に細菌の酸化発酵が酢酸発酵を中心に発達してきたためである。さて酢酸菌の生化学的特徴は言うまでもなくエタノールを酸化して酢酸を生ずるにある。これは細菌分類の定本である Bergey's Manual of Determinative Bacteriology の旧4版(1934)から現7版(1957)に至るまでの記載を見ても明らかである。

第4版では Genus *Acetobacter* は Family *Nitrobacteriaceae* に包括され— Usually grow on the surface of alcoholic solutions as obligate aerobes, securing growth energy by the oxidation of alcohol to acetic acid. Also capable of utilizing certain other carbonaceous compounds, as sugar and acetic acid.—と記載され、第5版(1939)では新しく Family *Acetobacteriaceae* を独立させ、その唯一の genus として *Acetobacter* を設置し、*Acetobacteriaceae* とは—Cells rodshaped, but frequently with elongated, branched or swollen forms. Capable of oxidizing alcohol to acetic acid. そして Genus *Acetobacter* の記載には前版記載にさらに— motile by means of polar flagella or non-motile—が追加され、type species として *Acetobacter aceti* (Kützing) Beijerinck が挙げられている。

1947年 R.Y. Stanier¹⁾ は *Pseudomonas fluorescens* のある株が酢酸菌と同様エタノールを酸化して著量の酢酸を生ずる事実を発見した。そこで彼はつぎのような一文を投稿している。

Although acetification is not a universal property of these organisms, some strains being unable to attack primary alcohols at all, its very existence in the *P. fluorescens* species group raises a nice taxonomic problem, since the family *Acetobacteriaceae* and the genus *Acetobacter* are currently segregated from other

pseudomonads primarily on the basis of their ability to produce acetic acid from ethanol. In view of the extensive morphological and biochemical parallelism between acetic acid bacteria and organism of the *P. fluorescens* type, it seems indefensible any longer to maintain a family *Acetobacteriaceae*; its members should be incorporated in the family *Pseudomonadaceae*. The genus *Acetobacter*, if it is to be kept at all, must so defined in a manner which no longer stress so exclusively the fact of acetification.

この批判によつたかは別として、第6版および現在の第7版(1957)²⁾においては *Acetobacter* は再び Family *Pseudomonadaceae* 中の 1 genus として編成され、記載には生化学的性質が多分に取り入れられた。すなわち—Oxidize various organic compounds to organic acids and other oxidation products which may undergo further oxidation.

Common oxidation products include acetic acid from ethyl alcohol, gluconic and 5-keto-gluconic acid from glucose, dihydroxyacetone from glycerol, sorbose from sorbitol, etc. :—

そして genus の細分類には酢酸を酸化して H_2O と CO_2 とにするものと、酢酸を酸化しないものとの大きな標識を置いた。

以上を通じ、*Acetobacter* の根本的な性質の基準がエタノールの酢酸への酸化に在ることは間違いない点である。

さて前述のように Stanier が *Pseudomonas fluorescens* のある株がエタノールから酢酸を生ずることを認めたように、グルコースを酸化してグルコン酸を蓄積する性質が、*Pseudomonas* 属に見られることは、初め Pervozvanskii³⁾ によつて確認されたが、横沢⁴⁾も土壌、下水から分離した多数の *Pseudomonas* 属菌に就いてこの性質を認め、さらに 2-ケトグルコン酸を多量に蓄積するもののあることをも確認した。これらの性質は、類縁菌たる *Serratia* 属にも認められたので、*Acetobacter* および後で述べる *Gluconobacter* と対比して生理的、生化学的性質を池田⁵⁾が研究して、これら *Pseudomonas*, *Serratia* は糖酸化のために、より高い酸化的場(振盪培養また

表 I 酸化細菌の分類(池田)

属	Homo-oxidative bacteria (真正酸化細菌)		Pseudo-oxidative bacteria (仮性酸化細菌)	
	<i>Acetobacter</i>	<i>Gluconobacter</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Serratia</i>
増殖の最適 pH	酸性側	酸性側	アルカリ性側	アルカリ性側
酸素に対する要求	好気性	好気性	通性好気性	通性好気性
酸およびエタノールに対する抵抗性	強	強	弱	弱
無機窒素の同化	欠または困難	欠または困難	容易	容易
所在	エタノール含有物	果実、花等糖含有物	主に土壌または下水	主に土壌または下水
(運動性を持つものは)*	(周鞭毛)*	(極鞭毛)	(極鞭毛)	(極鞭毛)

Vaughn⁶⁾も *Acetobacter* 属、*Pseudomonas* 属、*Phytomonas* (これは現在 *Pseudomonas* 属に包括された) 属の性質の類似性に就いて著及している。

* 後 Leifson, 朝井の観察によつて追加

は通気攪拌培養)を必要とすること,増殖の最適 pH がアルカリ性側にあること,酸に対する抵抗性の弱いこと,無機窒素を容易に利用することなどの諸点を明らかにして,酸化細菌を表 I のように分類することが可能であると結論した。

2.1 酢酸菌の分類とグルコン酸菌の設定

一応歴史的順序にしたがえば, Hansen, Beijerinck, Hoyer, Henneberg, Rothenbach, Janke, Kluyver and de Leeuw, Hermann, Bergey and Vaughn, Shimwell, Walker and Kulka, Frateur, Leifson, Rainbow らおよび著者の提案がある。著者の方式に就いては後に述べるとして,上記諸家の分類法のうち,生理的ないしは生化学的性質に重点を置いた分類法を考察の対象としてみよう。ただし,細菌の分類を設定するに際しては,形態的,生理的,生化学的性質のいずれにも偏せず,そのおのおのの特徴を抽出し,整理した上にもとづくものであるが,酢酸菌のように rod-shaped, gram-negative, no-endospores, motile or non-motile, aerobic というような極めて普遍的な性質を持つ細菌では,いきおい生化学上の性質の差を取り上げる必要に迫られるのである。

Kluyver (1925)⁷⁾ の分類は決定的のものではないが,おもにエタノールに対する酸化力の強弱から酢酸菌を分類することの可能性を見だして, *A. aceti* group — *A. rancens* group — *A. xylinum* group — *A. suboxydans* group (この順にエタノールの酸化力は弱くなる) に区別し得られるであろうと述べている。Hermann (1931)⁸⁾ は純生化学的性質の差違に立つて, 1) 糖類, 多価アルコール類を酸化してケトン化合物を生ずる一群, すなわち Ketogenic acetic acid bacteria, 2) その性質を持たない一群すなわち Non-ketogenic acetic acid bacteria の 2 つに大別している。Shimwell, Walker, Kulka (1948~9)⁹⁾ の分類は

I 群:カタラーゼ陽性,酢酸を代謝する。グリセリンからジオキシアセトンを生じない。—*A. turbidans*, *A. mobile*, *A. acidum polymyza*

II 群:カタラーゼ陽性,酢酸を代謝しない。グリセリンからジオキシアセトンを生ずる—*A. viscosum*, *A. capsulatum*

Bergey and Vaughn²⁾ の分類は

I 群:酢酸を H_2O と CO_2 とに酸化するもの。

これをさらに無機アンモニウム塩を利用するもの (A) と,しないもの (B) に分ける。

II 群:酢酸を酸化しないもの。

これをさらにグルコース培地で色素を出すもの (A) と出さないもの (B) とに分ける。

すなわち酢酸の酸化の有無が第一次の基準となつている。

Frateur (1950)¹⁰⁾ は既知および保存の酢酸菌を多株集めて極めて綿密な方法で整理し,結論として 4 群に分けることが妥当であるとした。

すなわち表 II のごとくである。

表 II Frateur の分類法

群	第1基準 カタラーゼ	第2基準 酢酸の酸化	第3基準 乳酸の酸化	第4基準 ケトン化物 への酸化	第5基準 グルコン酸 の生産
Peroxydans	-	+	+	-	-
Oxydans* ¹	+	+	+	-	- or +
Mesoxydans	+	± or +	+	+ → ††	+ → ††
Suboxydans	+	-	-	††	††

さらに Frateur, Simonart および Coulin¹²⁾ はこれらの4群に就いて, おもにグルコースからの酸化代謝生産物をペーパークロマトグラフィーによつて追跡し, Peroxydans 群は還元性物質を生じないこと, Oxydans 群には 2-ケトグルコン酸を生じるもののあること, Mesoxydans 群は 2-ケトグルコン酸とともに 5-ケトグルコン酸を生じること, Suboxydans 群は Mesoxydans 群同様であるが, そのうちの *A. melanogenum* は $R_f=0.10$ (下降法, 溶媒: フェノール飽和水和, アニリンオキサレートで発色) の黒色スポット, $R_f=0.30$ の黄色スポット, $R_f=0.45$ の塩化鉄で赤色を呈する物質¹²⁾ を与えることを見いだしている。また $R_f=0.30$ の物質は Mesoxydans 群の *A. xylinum*, *A. mesoxydans* var. *vini* にも見いだされている。

さて以上の分類法に対する批判もかなりなされており, Janke¹³⁾ は Frateur の分類法が現今もつとも妥当であり, Rao¹³⁾ も同氏の分類法を強く支持しているが, Bergey の Manual of Determinative Bacteriology 記載の Vaughn の分類法の第2次基準となつている無機窒素の同化の有無に就いては, 記載の不正確さに就いて最近 Janke¹³⁾ が傾聴に値する言葉を述べている。それは古く 1916年に発表した Janke の酢酸菌の分類法において, 無機窒素培地として Hoyer の培地 (炭素源エタノール, 酢酸ナトリウム, 窒素源磷酸アンモニウム) を採り上げ, これに増殖しうるものを Haplo-trophic acetic acid bacteria, より複雑な炭素源や窒素源を必要とするものを Symplotrophic acetic acid bacteria として区別したが, 無機窒素を同化するか否かは炭素源の種類によるのであつて, 炭素源がグルコースであれば Bergey 記載の分類上 I 群 A に属さない菌種, すなわち無機窒素を同化しないとされている I 群 B に属する菌種¹³⁾ でも, 容易にこれを同化するのであるから, Bergey の分類の記述は正確さを欠いているというのである。このことは古く Kluyver¹⁴⁾ が行なつた実験にみても明らかであつて, 炭素源の種類と窒素源との関係に就いて, Kluyver は次のような事実を認めている。

アルコールの酸化力 $A. aceti > A. rancens > A. xylinum > A. suboxydans$
C 源

無機アンモ ニウム塩の 同化力	{	エタノール	+	-	-	-
		グルコース	+	+	+	-
		マンニト	+	+	+	+

この点を裏書きするような新しい分類法が, 最近 Rainbow 氏¹⁴⁾ によつて提案

*¹ *A. Janke*¹³⁾ は *Euoxydans* と呼ぶべきであると述べている。

² 後述の相田, 朝井らのルビギン酸, ルビギノールの研究を参照せられたい。

³ *Acetobacter xylinum*

された。それは栄養要求に基礎を置くものであつて、

I 群 *Glycophilic Acetobacter* : グルコース、糖アルコールが C 源として役立つ。乳酸や TCA 回路の中間物質は役立つ。これに属するものに *A. viscosum*, *A. turbidans*, *A. capsulatum*, *A. gluconicum* が挙げられている。

II 群 *Lactaphilic Acetobacter* : 乳酸や酢酸が C 源として役立つ。乳酸を C 源とする場合にアンモニウム N が N 源として役立つ。

これに属する菌に *A. aceti* の他に *A. mobile*, *A. acetosum*, *A. ascendens*, *A. orleanense*, *A. oxydans*, *A. rancens*, *A. suboxydans* (?) が挙げられている。この区別は著者によれば Vaughn (1942) の分類にも関係があり Vaughn の第 I 群 (酢酸を酸化する) と第 II 群 (酢酸を酸化しない) はそれぞれ Rainbow の *lactaphilic group* と *glycophilic group* に相当するものであるとしている。*A. suboxydans* は 1 株が *glycophilic* に、3 株が *lactaphilic* に入る。

以上の分類方式の他に Leifson¹⁵⁾ が 1954 年に発表した新知見は分類上極めて重要な価値を持つものであつて、氏は単に生化学的性質の差のみならず、形体的性質特に鞭毛の性状を精査して、画期的な発見をもたらしたものである。Bergey の記載によれば *genus Acetobacter* のうち、運動性のあるものは総て極鞭毛であるとされている。しかるに Leifson は既知酢酸菌 30 株のうち運動性のあるものに就いて鞭毛の染色をこころみたところ、3~8本の極鞭毛を持つものと、新しく周鞭毛を持つものとに分類されたのである。したがつて氏は酢酸菌には 2つの形体的異型があり、1つは平均 2.9 μ の周鞭毛をもつ型、1つは平均 1.4 μ の多数極鞭毛をもつ型であるとし、周毛のものは酢酸および乳酸を CO₂ と H₂O に酸化するが、極毛のものはこの性質を欠くという関係をも明らかにしている。従來の知見によれば、*Acetobacter* は *Pseudomonadaceae* に属し、運動性あるものはすべて極鞭毛と規定されている。したがつてこれは全く新しい発見である。

そこで氏は *genus Acetobacter* は 2つの *genus* すなわち周毛の *Acetobacter* (代表的酢酸菌がこれにはいる) と、極毛の *Acetomonas** *gen. nov.* に区別されなければならないとし、周毛のものおよび生理的性質がこれに似た非運動性の酢酸菌を現行の *Acetobacter* に属せしめ、*genus Acetomonas* を新しく設定して、これに極毛のものおよび生理的性質がこれに似た非運動性の菌を包含すべきであるという結論を出している。

これに対して 1957 年版の Bergey's Manual of Determinative Bacteriology の編者は同書 184 頁に次の記述を載せて、氏の観察を完全には受けいれていない。すなわち、—Further photographs such as can be obtained with the electron microscope must, however, be obtained before the exact point of attachment of the flagella can be determined with certainty.

* Tésió, Z.P. (International Bulletin of Bacteriological Nomenclature and Taxonomy 7, 117 (1957)) の細菌の分類には現行の *Acetobacter* を *Acetomonas* と呼称しているが、これは Jensen によつて古く主張された *Acetimonas* というふうに変更の方が正しいと思ふ。

この疑問はしかし、著者のその後の電子顕微鏡による観察によつて、全く打ち消され、Leifson の観察の正確であることが証明された。

さて著者¹⁶⁾は1930年頃から果実類を材料にして酢酸菌の分離を手広く行なつて38株の新種および変種を得た。そして多数の株がグルコースからグルコン酸、5-ケトグルコン酸を多量に生じるけれども、エタノールの酸化能、すなわち酢酸の生成量が従来の酢酸菌と比べて非常に低いこと、またなかにはエタノールの酸化能をほとんど欠くもののあることを見つけた。これらの事実、特にエタノールの酸化能の非常に弱いこと、そしてそういう菌はグルコースの酸化能が強くて、グルコン酸を多量に蓄積すること、その他の生理的、生化学的性質の相違からも、この種の菌を酢酸菌 *Acetobacter* に所属させるのは根本的に不合理であると考えられたので、別にグルコン酸菌 *Gluconobacter* なる新属を設定することを提案し、両属の生理、生化学の差に就いても論及した。

著者は Leifson の報告に接して関心を持つたので、氏の鞭毛染色法および電子顕微鏡による鞭毛の性状観察を、保存株のすべてに就いて追試してみた。ところが Leifson と全く同様に、*A. aceti* ほか数種に就いて周鞭毛を確認し、著者がかつて *Gluconobacter* として別個の genus に包括させた種の運動性あるものは、いずれも極鞭毛であることを確認したのである¹⁷⁾。すなわち Leifson が *Acetomonas* に所属せしめた種は、著者の分類によれば、*Gluconobacter* に所属することが明らかとなつたのである。*Acetomonas* が適当な呼称であるか、*Gluconobacter* が適当であるかに就いては論議の余地があると思われるが、その生化学的性質、エタノールの酸化能、酢酸の生成能、その他の性質からして、*Acetobacter* とかなり異なる点からは、酢酸の生成を意

表 III *Acetobacter* と *Gluconobacter* の分類 (朝井)¹⁷⁾

属	鞭毛	酢酸	生酸力 グルコン酸	酸化 酢酸	乳酸	第2級アルコール基のケトン基への酸化	果糖から塩化鉄呈色物質の生成
<i>Acetobacter</i>	周毛または無し	強	弱または無し	+	+	+または-	-
<i>Gluconobacter</i>	極毛または無し	弱または無し	強	一稀に+	一稀に+	+	+

また genus *Gluconobacter* は次のように群別される。

Group I : Moderate growth. The colour of colonies turns to rose

*G. roseus**¹ *G. scleroideus*

Group II : Moderate growth. The colour of grown cells is reddish brown and produces reddish brown turn to brown pigment in glucose containing medium.

*G. melanogenus**¹

Group III : Rather limited growth. Colonies are covered with Ca-5-ketogluconate on agar slope culture containing glucose and CaCO₃.

*G. suboxydans**²

G. cerinus

*¹ Bergey's Determinative Bacteriology には *A. roseus*, *A. melanogenus* と記載されている。

*² Bergey's Determinative Bacteriology には *A. suboxydans* と記載されている。

味する *Acetomonas* の呼称より、グルコン酸の生成を意味する *Gluconobacter* の呼称が適当と思われる。同時に *Gluconobacter* は極鞭毛その他の性質から family *Pseudomonadaceae* に属させてよろしいが、周毛の *Acetobacter* をこの family に属させるのは不合理であり、Leifson と同じくこの family から除いて他の適当な family に属させることに賛成である。

著者の *Acetobacter* と *Gluconobacter* の分類の基準となる性質を掲げれば表Ⅲのごとくである。

さて再認識された genus *Acetobacter* をどの family に所属せしめるかは慎重に考慮しなければならぬが、Bergey's Manual の第5版に採用されている family *Acetobacteriaceae* に所属するただ一つの genus *Acetobacter* として再び考え直す機会が与えられていると言えよう。第5版の分類によれば、極鞭毛の *Pseudomonadaceae* とわけて *Acetobacteriaceae* が置かれているから、その点矛盾がない。

これに対して最近 Shimwell¹⁸⁾ は Leifson (前述) の *Acetobacter* および *Acetomonas* の鞭毛に就いて詳細に観察し、Leifson が *Acetomonas* に属する運動性の種 (species) は極多鞭毛であるとしているのに対して、単極毛のものも存在することを確かめ、単または多極鞭毛というふうに訂正すべきであると述べ、さらに *Acetomonas* は family *Pseudomonadaceae* 中に従前通り所属させるのが妥当であり、一方周鞭毛である *Acetobacter* はこれを包括する適当な family がないので、Bergey's Manual 第5版に採用された *Acetobacteriaceae* を復活して、それに所属せしむべきであろうという意見を述べている。

最近、鮎山、近藤¹⁹⁾ は *Acetobacter* species を炭水化物に対する酸化能に準拠して、次の2群にわけるのが適当であろうと報告した。

すなわち、

第1群：グルコン酸，ソルビット，マンニットを酸化しない。

酢酸を酸化する。

第2群：グルコン酸，ソルビット，マンニットを酸化する。

酢酸を酸化しない。

さらに同氏ら¹⁹⁾ は 2-4-ジニトロフェノール添加時における休止細胞のグルコース、グルコン酸、2-ケトグルコン酸に対する酸素吸収能の様相から *Acetobacter* species を次の4型にわけることができると報じている。

型	基質 1 mol に対する O ₂ 吸収 mol 数			酸化蓄積物質
	グルコース	グルコン酸	ケトグルコン酸	
A	0.5	0	0	グルコン酸
B	1.5	1.0	0.5	2,5-ジケトグルコン酸
C	1.0	0.5	0	ケトグルコン酸
D	1.0	0.5	0	ケトグルコン酸

注：—A型：*A. ascendens*, *A. acetii*, *A. pasteurianum*, *A. hutzingerianum*, *A. rancens*

B型：*A. malanogenum*, *A. rubiginosus*, *A. aurantium* (最後の二種は同氏らが分離、新種とみとめたもの)

C型: *A. acetosum*, *A. dioxyaceticus*, *A. orleanense*, *A. cerinus*, *A. gluconicum*,
A. xylinum, *A. industrium*, *A. oxydans*, *A. roseus*

D型: *A. albidus*, *A. suboxydans*, *A. suboxydans α* (*A. albidus* は同氏らが分離、新種とみと
めたもの)

さて著者が *Gluconobacter* なる一新属を、あるいは Leifson が *Acetomonas* なる新属を設定した根拠に就いては、鞭毛、その他種々の生化学的性質の違いにもとづいているばかりでなく、後記 Shimwell²¹⁾ らが行なつた実験、すなわち他の群から *suboxydans* 群への転移が見られないことから、系統発生的に別個のものであろうという考察も、これを支持するものといえよう。あるいは *Pseudomonas* から転換してきたものであるかもしれない。

なお Leifson は *Acetomonas* は多極鞭毛であると認めているが、著者の *Gluconobacter* には単極鞭毛のものが存し、最近 Shimwell²¹⁾ が *A. melanogenus* についてやはり単極鞭毛を観察している事実から、*Acetomonas* あるいは *Gluconobacter* 中運動性のあるものは single or multitrichous polar flagellation と明記されなければならぬ。

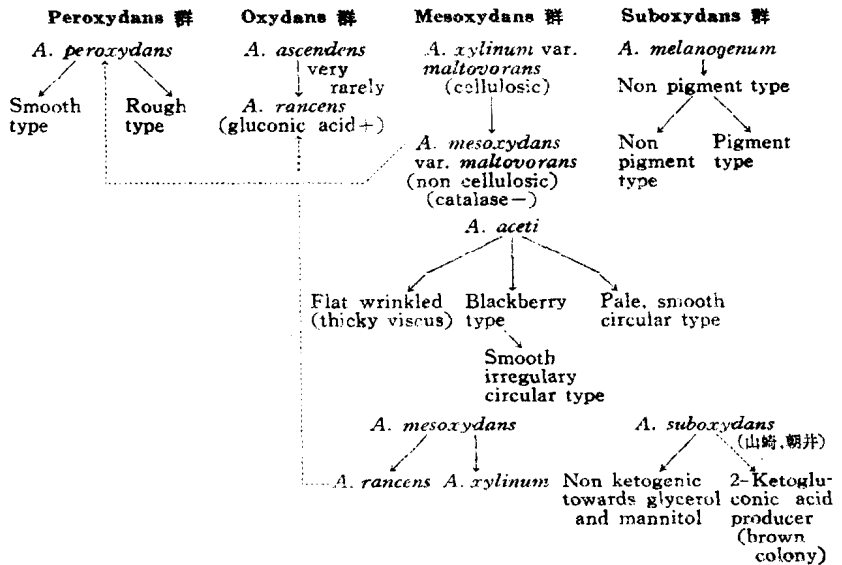
2.2 酢酸菌とグルコン酸菌の変異

この課題に触れた興味ある報文として Tošić および Walker²⁰⁾ の *A. aceti*, *A. pasteurianum*, *A. kutzinianum* に就いての記載をまず挙げる事ができる。すなわち、この3種の菌が特にオリジナルの記載と異なる性質を示すことを認め、それが同一実験法の再現の困難さに帰すること以外に、次のことも十分考えられると述べている点である——Account must also be taken of the fact that these three species were the first acetic acid bacteria to be isolated in pure culture and, consequently, they have been maintained under the artificial conditions of the laboratory for much longer periods than have any of the others. The chance that some variation has occurred are, therefore, less remote in these three cases than in those of the other species.

著者もまた各種のグルコン酸菌を保存しているうちに、とくに *G. suboxydans* において、グルコース、炭酸石灰添加酵母エキス寒天斜面培養で5-ケトグルコン酸石灰の結晶析出を見ないようになること、コロニーの色が褐色を帯びるようになること、また実際にグルコース液に培養してみると2-ケトグルコン酸を多くつくるようになることを経験している。この変異に就いては後に触れることにするが、mutant か variant かは別として、直接変異の問題に触れた Shimwell²¹⁾ の論文はもつとも注目すべきものであろう。

氏は *A. mesoxydans* を速酢塔に接種し、10日後のもろみから菌の分離を行なつたところ、*A. xylinum*, *A. xylinoides* および *A. orleanense* type の3種の変異株が得られた。また別の実験では、繊維質皮膜をつくらぬ *A. rancens* type が得られた。これらはいずれも一種の親株 *mesoxydans* から導かれたものであるから、分

類学的に同一の種 species と考えてもよいわけである。Brown (1953) が、その著書 “Bacterial Genetics” で述べている言葉、すなわち細菌の species の記載は、その種の全変異範囲を包括したものでなければならないということは、ここで考慮される必要がある。しかし、なおここに問題として残ることは *A. mesoxydans* がすでに他の親株から変異されたものであるかもしれないということである。そこで歴史にもとづいて考えると、これらの株のなかでは *A. xylinum* (Brown) Beijerinck (1886) がもつとも古いから、それで代表されてもいいと考えられる。すなわち後 (1898) に分離された *A. rancens* Beijerinck また *A. mesoxydans* Frateur (1950) は、すべて *xylinum* で代表されてもいいのである。別の考えに立てば、変異 (mutation) と淘汰 (selection) は、それによつて新種のできる1つの途という解釈も成り立つ。したがつてこれらはそれぞれ独立した種としての取扱いもできる。Schimwell はこれに対して断定的な結論を出していないが、さらに他の酢酸菌の種に就いて、この変異株 mutant あるいは variant ができるかどうかを実験して、第1図に一括して示されるような興味ある事実を見いだしたのである。



第1図 酢酸菌の性質変換

以上の観察でとくに重要と思われることは Suboxydans 群は他の群への変異が見られないこと、そして、Leifson の観察したように鞭毛の性状が違ふこと、他の群と違つて酢酸を酸化しないことなどの点から、系統発生学的に別個のものであろうと推論している点である。そこでこの Suboxydans 群を除いて、他の3群を生化学的能力の退化の順に並べてみると、次の表IVのようになる。

表 IV Suboxydans 群を除く酢酸菌の生化学的活性比較

性 質	Mesoxydans 群			Oxydans 群			Peroxydans 群	
	<i>aceti</i>	<i>xylini-</i> <i>num</i>	<i>mesoxy-</i> <i>dans</i>	<i>lova-</i> <i>niense</i>	<i>rancens</i>	<i>ascen-</i> <i>dens</i>	<i>peroxy-</i> <i>dans</i>	<i>parado-</i> <i>xum</i>
カタラーゼ	+	+	+	+	+	+	-	-
Hoyer培地における増殖	+	-	-	+	-	-	+	-
デオキシアセトンの生成	+	+	+	-	-	-	-	-
グルコン酸の生成	+	+	+	+	+	-	-	-
セルロースの生成	-	+	-	-	-	-	-	-
生化学的活性 (+の数)	4	4	3	3	2	1	1	0

Shimwell はこれらの生化学的活性の他に Frateur¹²⁾ らの見いだしたケトグルコン酸への酸化の有無, すなわち a) ケトグルコン酸をつくらぬ——Peroxydans 群, b) しばしば 2-ケトグルコン酸をつくる——Oxydans 群, c) 2-および 5-ケトグルコン酸をつくる——Mesoxydans 群の標識を加え, さらにまた *A. rancens* が長い保存の年月の間に 5-ケトグルコン酸をつくるようになったという報告などにもとづいて, これら 3 群の酢酸菌の性質の階段的な差は, 階段的変異によるものであらうと推論し, 事実彼の実験において, また他の研究者の報告によつて, 次のような変異が行なわれていることから明らかであると述べている。

- 1) セルロース生産の能力の欠如 (*A. xylinum* → *A. mesoxydans*)
- 2) セルロース生産能の賦活 (*A. mesoxydans* → *A. xylinum*)
- 3) グリセリンをデオキシアセトンに酸化する能力の欠如 (*A. mesoxydans* → *A. rancens*)
- 4) カタラーゼの欠如 (カタラーゼ陰性の *A. xylinum* var. *maltovorans* の発見)
- 5) グルコン酸生産能の賦活 (*A. ascendans* → *A. rancens*)
- 6) 2ケトグルコン酸生産が 5-ケトグルコン酸生産へ転換
- 7) 5ケトグルコン酸生産が 2-ケトグルコン酸生産へ転換

以上は, しかし, 生化学的性質の転換のみに触れているのであつて, もしも形態学的, 培養的性質の差をも考慮に加えるならば, 単に一種とみなされていた“種”からも驚くべき多数のいわゆる“種”が生れてくるであらう。事実 Shimwell は *A. aceti* から 4 種類のコロニーの様相の違つたものを得ているし, *A. mesoxydans* から通気条件などで培地に生える様相の異なつたもの 20 種類を得ている。Shimwell は結論こそ出していないが, 分類学的に全く異なつた *A. suboxydans* においてすら, そのなかには運動性のないものも見られるから, このような *A. suboxydans* は *A. mesoxydans* が酢酸の過酸化力を失つた結果として転換されたと考えられることもできると述べている。そして Suboxydans 群を全部 genus *Acetomonas* Leifson に包括するのはどうであらうかという疑いを残し, 系統発生的に 1 つは genus *Aerobacter* から酢酸の過酸化力を失つたものとして発展し, 1 つは genus *Pseudomonas* から酸

抵抗性を獲得したものとして発展してきたつた、異種の群から成り立つものとする可能性を否定していない。

A. suboxydans の変異、すなわち 2-ケトグルコン酸生産への転換とコロニーが褐色化する現象は、山崎、朝井の研究によれば、pH のみならずアミノ酸栄養と密接な関係のあることが判明した。培地に L-シスチンが存在すると 2-ケトグルコン酸への酸化が促進され、5-ケトグルコン酸生産の維持には pH を酸性側に保つと同時に、L-シスチン欠亡にすることが効果的であることが認められた（未公表）。

§3. 酸化代謝

3.1 エタノールの代謝

酢酸菌はすべてエタノールを酸化して酢酸にすると同時に、酢酸をも酸化して CO_2 と H_2O に分解する。この性質は酢酸菌 *Acetobacter* のもつとも重要な生化学的性質である。

エタノールの脱水素系は2段にはたらき、まずアルコール脱水素酵素の作用でアセタルデヒドになり、さらにアセタルデヒド脱水素酵素の作用で酢酸に酸化される。

酢酸菌のうちでもカタラーゼ陰性の特異な種の *A. peroxydans* については Atkinson²²⁾ の研究があるが、本菌のアルコール脱水素系は DPN-リンクであり、生細胞は pH 5.5 を最適としてエタノールを酸化するが酢酸で止まる。また無細胞抽出液でも酸化は1モルのエタノールにつき1モルの酸素を吸い、酢酸で停止する。増殖細胞はエタノールを CO_2 と H_2O にまで酸化するにかかわらずその現象の再現性が見られないのは、酢酸酸化の過程にある中間物質の酸化にあずかる酵素系の不活性化に帰因するのであろうと述べている。一方ピルビン酸初め TCA 回路の中間物質の完全酸化が、アコニターゼ、イソクエン酸デヒドロナーゼの存在を含めて証明されたが²³⁾ この系路の生理的意義とエタノールの酸化との関係は明らかでないと結んでいる。

他面、Tanenbaum²⁴⁾ は本菌の無細胞抽出液中に TPNH-, DPNH-オキシダーゼの存在を認め、またピルビン酸カルボキシラーゼの存在を認めたが、Atkinson 同様酢酸を酸化するプレパラートをうることができなかつた。なおクエン酸、イソクエン酸、シスアコニット酸、 α -ケトグルタル酸の酸化が全然見られなかつたのは Atkinson の結果と反対である。酢酸 -2-C^{14} を休止細胞で酸化させると、細胞の蛋白アミノ酸の部分にラジオ活性が見られ、反応液中にはほとんど見られない点から、酸化同化 (oxidative assimilation) の経路は、単なる検定計によつた化学量論式では解決されない複雑なものであると論じている。

同氏²⁴⁾ の他の報告によれば、この菌のアルコール脱水素系は TPN-リンクであり、TPNH オキシダーゼ、TPNH-リンクチトクロムCレダクターゼ、シアホラーゼ、パーオキシダーゼ、還元チトクロム等の存在を無細胞抽出液中