
バーギーメダル受賞記念総説

細菌分類学と Bergey's Manual of Systematic Bacteriology

駒形和男

東京大学名誉教授

現住所：〒272-0023 千葉県市川市南八幡3-14-23 ヒルズ本八幡104

Bacterial Taxonomy and Bergey's Manual of Systematic Bacteriology

Kazuo Komagata

Professor Emeritus, The University of Tokyo

Present address: Hills Motoyawata 104, Minamiyawata 3-14-23, Ichikawa, Chiba 272-0023, Japan

はじめに

人類が、狩猟により動物を手に入れ、それを食料としていた時代は、まず、その動物を識別し、名前をつけ、その情報を仲間に伝えることが必要であった。また、食料となる植物はどのようなものか、その実は食用となるか、翌年まで種子として保存できるかなどを知り、それぞれの植物を命名することは農耕生活への第一歩であったかもしれない。身近なところに目を向ければ、食用となるキノコと毒性のあるキノコの区別に我々の祖先は命がけの努力を払ったにちがいない。人類が社会生活を営むようになって以来、生物を識別し、分類することは人類の生活に密着した情報伝達の手段であった。

一方、人類の目の前にレンズを通さなければ見えない微生物が現れたとき、当時の人たちはこれを動物や植物と同じように分類しようとしたであろうか。Buchanan, R. E. (3) は1925年に出版した著書のなかで、細菌の分類の歴史、命名、分類群について詳細な記述をしている。そのなかで、彼は、細菌を含む微生物の最も古い分類は、1773年 Mueller, O. F. が発表したものであろうと述べている。Mueller は、オランダの博物学者で、主として現在の原生動物に興味をもち、*Monas* や *Vibrio* を記載している。これらの種のなかに現在の細菌が含まれているといわれているが、確証はない。

彼の研究は、後の研究者に受け継がれ、1838年

Ehrenberg, C. G. は Infusoria の分類で *Bacterium*, *Spirillum*, *Vibrio*, *Spirochaeta* など、現在もよく知られている属名を用いている。彼は現在の原生動物と細菌との境界を明らかにせず、彼が提案した属名も確認されていない。(Infusoria : 滴虫類、鞭毛虫類などと微小な後世生物を含むなどの理由で現在タクソンとして採用されていない) (20)。しかし、この時代に広義の細菌の分類学の萌芽があったことを記憶しておくこともあながち無駄ではないであろう。

細菌分類学の黎明期

Pasteur, L. (1832–1895) と Koch, R. (1845–1910) という二人の巨星の陰に隠れ、偉大な細菌学者 Cohn, F. (1828–1898) の存在を見逃してはならない。最近、彼の詳しい評伝が出版され、その先駆的な業績が紹介されている (7–9)。

Cohn, F. は最初植物細胞の生育と分裂、原形質流動、細胞分化を研究し、その研究は、藻類や下等菌類の形態形成、性、分類などにおよび、ついで細菌の研究に手を染めた研究者である。彼は、細菌をすべて植物の一部と考え、細菌を“特徴ある形態をもち、クロロフィルをもたない細胞で、分裂によって増殖し、単細胞、糸状細胞、あるいは集合体として生育する”，と定義している。しかし、この時代の細菌の分類は混乱状態であって、細菌を観察したほとんどの微生物学者は、誰かがすでにその細菌を観察しているか、あるいは命名しているかについてまったく頓着せず、新しい学名をつけるというありさまであった。

E-mail: komak@icnet.ne.jp

彼は、1872年、細菌をその形態から4群に大別した。すなわち、1) Sphaerobacteria (cocci, Kugelbakterien, 球菌), 2) Microbacteria (short rods, Stäbchenbakterien, 短桿菌), 3) Desmobacteria (elongate rods, Fadenbakterien, 長桿菌), および 4) Spirobacterien (spirals, Schraubenbakterien, 螺旋菌) である。さらに、*Micrococcus*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Spirillum*, および *Spirochaete* の6属を記載している。

Cohn, F.は、まだ細菌の系統が明らかでない時代に、藻類や下等菌類の研究から細菌の属は形態属 (form genus) であり、種は形態種 (form species) であって、性的に増殖する高等生物の種とは異なることを理解していた。さらに、形態的性状に基づいてまとめた細菌の属・種と細菌の代謝、色素の生成、病原性との関係は将来の研究により明らかになると考えていた。また、細菌とシアノバクテリアとの関係を想定している。これは、原核生物と真核生物の分類を示唆するものである。これらの研究が、彼をして、現代微生物学の創始者、プロモーターといわしめる所以である。



Ferdinand Cohn (1828-1898)

Cohn, F.は、*Bacillus subtilis* の命名者であり、この細菌の生細胞から耐熱性の胞子が生じ、その胞子の発芽により生細胞が生まれることを始めて報告し、また、Cohn, F.は、Koch, R.の炭疽病菌 *Bacillus anthracis* の命名に協力した。Cohn, F.は *Bacillus anthracis* は炭疽病の病因となるのに、おなじ有胞子細菌である *Bacillus subtilis* はなんらの病気を起こさないことから、細胞形態が同じであってもその機能が異なることを指摘している。

Cohn, F.は、Koch, R.の炭疽病の研究を高く評価していた。Koch, R.は、炭疽病で死んだ動物より細菌を

分離し、その細菌を培養し、それを動物に接種することにより、再び炭疽病を発生させた。さらに、その動物から同じ細菌を分離し、その細菌が炭疽病の病因であることを示した。これは、細菌が病因となることを証明する手順を明らかにしたもので、後に Koch の原則と言われるようになった。

研究手法の開発

Pasteur, L.や Koch, R.の活躍により、細菌の研究手法に新しい角度からの開発がなされた。細菌は、動物・植物と異なりその形態を肉眼で観察することができない。そこで、細菌学独特の研究手法の開発が必要であった。それは、無菌操作のもと、純粋分離をおこない、純粋分離株 (pure culture) を取得し、細菌を他の生物と完全に隔離した状態で研究するという手法の確立である。それには、分離培地の改良、固体培地の作成、賦形剤としてのゼラチン、寒天の使用、ペトリ皿の考案、オートクレーブの製作などがあげられる。

1887年、Petri, R. J. (1852-1921) は、いわゆるペトリ皿 (Petri dish, Petrischalen) を考案し微生物の取り扱いを容易にした。また、Hesse, W. (1846-1911) による寒天の導入は、広く微生物学の発展に貢献し、1882年の Koch, R.による結核菌の分離を成功に導いたといわれている。

さらに、顕微鏡の改良があげられる。すでに、1800年代の半ばには、油浸装置が考案され、アポクロマート対物レンズの製造、さらに、Abbe, E. (1840-1905) によるコンデンサーの改良は顕微鏡の解像力を著しく増加させ、理論的解像度 ($0.2 \mu\text{m}$) が得られるようになった。これを支えたものは、Carl Zeiss社による良質な顕微鏡の生産である。

また、アニリン色素の発明により、染色法が開発され細菌細胞の観察が容易になった。1884年、Gram, C. (1853-1928) は組織内の細菌の染め分けのためのいわゆるグラム染色を考案している。また、1890年、Loeffler, F. (1852-1915) は自分が開発した細菌の鞭毛染色法を用い、いくつかの細菌の鞭毛着生状態を報告している。これには、写真撮影の技術の進歩もあげられよう。これらは、細菌の分離・培養に用いられる手法であるのみならず、ひろく微生物の研究に応用できる手法である。

米国の細菌分類学

米国細菌学会 (the Society of American Bacteriolo-

gists. 現在の米国微生物学会, the American Society for Microbiology) の初代会長の Sedgwick, W. T. (1855-1921) は, 1916 年米国細菌学雑誌 (Journal of Bacteriology) の発刊にさいし, Genesis of a new science — bacteriology という論文を寄稿し, そのなかで彼は細菌学 (bacteriology) は顕微鏡と培養技術とのハイブリッドである, と指摘している (14). そして, 米国では 1885 年までは細菌学という言葉はほとんど知られていなかったが, 1890 年ごろからよくきかれるようになった, と述べている. さらに, 彼は細菌学は医学分野に貢献するのみならず, これからの農業, 工業, 衛生, 家政, 経済にも大きな影響を与えるであろうと論じている. このことは, 医学細菌学が華やかであった旧大陸の細菌学と新大陸の細菌学の違いを述べているようで, 興味深い. Sedgwick, W.T. は公衆衛生学の分野で活躍した研究者であるとともに, 心の暖かい指導者で, 話術に優れ, “The so-called germ theory of disease is the child of fermentation and grandchild of microscope.” のような名句で周囲の人たちを魅了したと記されている (5).



William Thompson Sedgwick (1855-1921)

1915 年第 17 回米国細菌学会は, その総会において細菌の分類システムを検討する委員会 (Committee on characterization and classification of bacterial types) の設立を承認した. Winslow, C.-E. A. (1877-1957) を委員長とするこの委員会の目的は細菌の科 (family) または属 (genus) までの分類のアウトラインを作ることであった. 1900 年頃, すでにいくつかのシステムが発表されていたのでどのシステムを採用すべきかという問題があったためと思われる. 1917 年にこの委員会はそれまで報告されている Zopf, W., Migula, W., Kruse, W., Winslow, C.-E. A., Jensen, C. O. など

のシステムを検討し, “suggested outline of bacterial classification” を発表した (18). 面白いことに, Winslow 委員会の報告のなかに, このままでは細菌の分類は, 細菌を知らない植物学者にやられてしまう, というくだりがある. さらに, 細菌の分類のカオス的ともいえる混乱の現状は, 基本的に可視的性状, すなわち形態学に基づいている植物の分類を, そのまま細菌の分類に適用したため, 生理学的性状は形態学的性状と同じように有効であると, 述べている. そして, 1920 年に最終報告が発表され, 細菌の *Actinomycetales* 目は 8 属, *Eubacteriales* 目は 30 属にまとめられた (19).

Winslow, C.-E. A. は Sedgwick, W.T. の影響を強く受け, 廃水処理, 上水の浄化, 工業衛生などを研究した. 1904 年 Prescott と共に Elements of water bacteriology を著し, また *Coccaceae* の研究を行った (5). 彼は Journal of Bacteriology の初代編集者である.

この委員会の委員の一人である Buchanan, R. E. (1883-1973) は 1916 年から 1918 年にわたり, 細菌の命名と分類に関する詳細な研究を報告し (2), 1925 年それをまとめた General systematic bacteriology を上梓した (3).

David H. Bergey と Bergey's Manual of Determinative Bacteriology

Bergey's Manual of Determinative Bacteriology と Bergey's Manual of Systematic Bacteriology は細菌の分類・同定に携わるものにとってきわめて身近な細菌の検索書である. 米国では, 1901 年 Chester, F. D. : Manual of Determinative Bacteriology が出版されたが, ヨーロッパの研究者の引き写しのきらいがあり, ほとんど使用されていなかった. そこで, すでにヨーロッパの細菌分類法を検討し, 科と属までの分類を発表した米国細菌学会は, 委員会を組織し, さらに種 (species) までの検索を行うための検索書 (manual) の出版を計画し, Bergey, D.H. (1860-1937) が委員長となり委員会が発足した. この委員会はひろく文献を調査し, 1923 年 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology の初版が出版された. この Manual は形態的性状のみならず, 生理・生化学的性状が分類の指標として用いているのが特徴である. 初版には 13 科, 94 属が記載されている. その後, 2 版 (1925 年), 3 版 (1930 年), 4 版 (1934 年), 5 版 (1939 年), 6 版 (1948 年), 7 版 (1957 年), および 8 版 (1974 年) が出版された.

なお、4版の出版にさいし、Bergey, D.H.は米国細菌学会に、それまで学会に計上されていた初版から3版までの売り上げを、第4版の出版に当てることを提案した。そして、学会がこれを承認し、Bergey, D.H.が代表となり、Bergey's Manual Trustが発足し、以降のManualの出版に当たることになった。(trustは信託あるいは信託会社。信託とは一定の目的に従い他人に財産の管理・処分をさせること) (11)。

Bergey, D.H.は内気で遠慮がちであったが、細かいところにも気がつき、几帳面で、忍耐強い性格であった、と伝えられている(5)。また、彼は1915年の米国細菌学会の会長である。



David Hendricks Bergey
(1860-1937)

1916年、*Journal of Bacteriology*の創刊号の Sedgwick, W.T.の発刊の言葉につづいて、Bergeyは *The pedagogics of bacteriology* (細菌学教授法とでもいふべきであろうか) という論文をを發表している(1)。Bergey, D.H.は、細菌の最も大きい働きは細菌が動植物の遺骸を再び植物が利用できる形に変換することであり、細菌による窒素固定は学生に最も啓発的なことである、と述べている。さらに、食糧の生産、上下水の浄化、農業、工業に与える細菌の影響は大きく、細菌の制御は公衆衛生、臨床医学に関係する、と指摘している。細菌学は最初医学から始まったが、公衆衛生、酪農、農業におよび、異なった分野から生じた問題の解決は実用上の応用にかかわる、と述べている。90年もまえに、細菌、広義の微生物を多様にとらえ、生物学の一環として教育すべきであると主張しているのである。そして、次の言葉は印象的である。The light of truth alone can relieve us of the depredations of those who claim to practice those "ism" that

have been raised up because of the general ignorance of mankind.

現在の微生物学はあまりにも多岐にわたり、最新情報を詰め込まれる学生が、微生物学に消化不良の様相を呈している。微生物の多様性をどのようにして学生に伝えるかを考えさせるところである。

1960年代から、細菌の分類学は急速な発展を遂げた。そこで、Bergey's Manual TrustはBergey's Manualの内容を一新すべく、1984年書名もBergey's Manual of Systematic Bacteriologyと改め、第1巻を出版した。続いて、1986年第2巻、1989年第3巻、および1989年第4巻が出版された。さらに、1994年、その後記載された新属をおぎない、検索を主としたBergey's Manual of Determinative Bacteriologyの第9版が出版された。そして、Bergey's Manual of Systematic Bacteriologyの2版の出版が計画され、第1巻はThe Archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria, 第2巻はThe Proteobacteria, 第3巻はThe Firmicutes, 第4巻はThe Actinobacteria, 第5巻はPlactomycetes, Chlamydiae, Spirochaetes, Fibrobacters, Bacteriodetes, Fusobacteriaなどとなっている。Bergey's Manual of Systematic Bacteriologyの2版は、旧版と異なり16S rRNAのシーケンスに基づく系統によって分類階級が配列され、Domain Archaea, Domain Bacteriaを採用している。2001年、2版の第1巻が出版され、Archaeaに属するメタン生成菌、高度好塩菌、高度高熱菌、シアノバクテリアなどが記載されている。第1巻には細菌分類学に関する多くの記述があり有益である。Archaeaは2つの門に、Bacteriaは23の門に分類されている。第2巻のProteobacteriaは3分冊となり、分冊AはThe introductory essays, 分冊BはThe Gammaproteobacteria, 分冊CはThe alpha-, beta, delta, and epsilonproteobacteriaである。また、2版には26門(phylum), 41綱(class), 88目(order), 240科(family), 1194属(genus), 6466種(species)が記載される予定である。

Bergey's Manualの使用にあたって注意しなければならないことがある。この検索書は、世界の多くの国々の研究者、実務者によって広く用いられているが、国際原核生物分類命名委員会(International Committee of Systematics of Prokaryotes, ICSP。以前の国際細菌分類命名委員会, ICSP)による出版物でなく、Bergey's Manual Trustが発行したものである。このことに関し4版の表紙に当時の米国細菌学会と

Bergey's Manual Trustとの関係を示す次のことが記されている。 *Published at the direction of the Society.* In publishing this Manual the Society of American Bacteriologists disclaims any responsibility for the system of classification followed. The classification given has not been formally approved by the Society and is in no sense *official* or *standard*. ここに学会と Bergey's Trustのこの Manual にたいする位置づけをみることができる。

もちろん、ICSPの専門小委員会の委員が多数執筆しているので最新の情報に基づいて書かれていることはいうまでもないが、細菌の分類・命名に関する公式の機関はICSPであって、その公式な機関誌は International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (IJSEM, 以前の International Journal of Systematic Bacteriology, IJSB) である。

どの分野の学問も一日たりとも停滞することはない。細菌分類学も例外ではなく、日々進歩している。Bergey's Manualの出版も出発点であって、終点ではない。したがって、最新のICSPの細菌分類・命名に関する事柄はIJSEMに掲載されるので、見逃さないことが肝要である。

Bergey's Manual Trustの活動

すでに述べたように、Bergey's Manualの出版は Bergey's Manual Trustに移管されたが、その80年にもおよぶ活動は現在も続いている。その基本的考えは、初版に示されている “The assistance of all bacteriologists is earnestly solicited in the correction of possible errors in the text.” に要約されよう。このことは、その後の版の序文でもこの文が繰り返し述べられている。



Robert E. Buchanan
(1883–1973)

また、Bergey's Manual Trustは、1960年 Bergey's Manual of Determinative Bacteriologyを補完するものとして Index Bergeyanaを出版した(4)。これは1,500頁にも及ぶ大部のもので、Buchanan, R.E.が中心となり、それまでに発表された細菌の学名を網羅し、その所属する分類群、正式に発表されたものか、シノニム、出典を細かく記述したものである。さらに、1981年、Gibbons, N. E. (1977年死去)らにより Supplement to Index Bergeyanaが出版された(10)。1975年細菌命名規約の改訂にともない、細菌分類学の出発点が1980年1月1日と改訂され、それまでに発表されていた分類群の優先権が失われ、Index Bergeyanaの価値が低くなったように見えるが、細菌学分類学の発展の背景を知るうえで優れた成書である。

Buchanan, R.E.の親友であり分類学上のライバルであった Cowan, S. T. (1905–1976)はBuchananの人物をつぎのように記している(6)。“Buchananは、ギリシャ、ラテン古典語を愛し、学名の語源探求を好んだ点で異色の微生物学者であった”。

“Buchananは、1910年 Iowa State Collegeの初代細菌学主任教授に任命された。彼の仕事の大部分は命名に関するもので、古い文献を詮索し、学名について熱弁を振るって居るときが、最も幸せそうであった。1916年から1918年にわたって、大題目「細菌の命名と分類に関する研究」という一連の論文を発表した。1918年米国細菌学会の会長、および Winslow 委員会の委員となり、2編の報告を発表し、細菌の分類と命名の理念を完全に改革した”。

“Buchananは、人なつこいところがあり、親切でまた寛大であった。彼は強い性格の持主で、好んで主導的立場に立ち、大体において、それは彼を成功に導いた。自分の意見については厳格で妥協しようとしなかった。Buchananは、なぜ他人が彼の仕事を軽視するのか、細菌学に対し、もっと悪いことには細菌の命名について軽率であるかが理解できなかった”。

“学名と語の意味に対する強い関心と、そして彼が後半生に見せた、細菌の生物学的様態へのまったくといってよいほどの無関心に、彼の一風変わった科学者像をみた。しかしながら、学名の重要性に対するさえぎりようもなかった Buchananの支持がなくなつたいま、細菌の命名について、同じ日が再び返ってくることはないだろう”。(和訳は国際細菌命名規約1900年版翻訳委員会訳(6)より引用した)。

Bergey's Manual Trustは、1979年以来細菌分類学

の発展に卓越した貢献をした研究者に The Bergey Award を与えている。第1回の受賞者は Microbial World の著者としても知られている Stanier, R. Y. である。

また、1994 年以来細菌系統分類学の分野で永年にわたり貢献した研究者に The Bergey Medal を授与している。1994 年の受賞者は Murray, R. G. E. で、2005 年までに 36 人が受賞している。わが国では、坂崎利一先生 (1994)、藪内英子先生 (2000) と筆者が 2005 年度の受賞者である。このメダルは、ブロンズ製で直径 8 センチメートルほどである。手にすると重い感じがする。表面には Bergey の像が浮き彫りされ、裏面には受賞者の名前が刻印されている。そして、その周りに様々な細菌の形態が浮き彫りされている。極鞭毛の *Pseudomonas* や連鎖状球菌の細胞形態が見られる。このことについて、鈴木氏の紹介がある (16)。



The Bergey Medal
(駒形和男, 2005 年)

Bergey's Manuals が細菌分類学に及ぼした影響

細菌分類学は、形態学、生理学、生化学、細胞学、生態学、遺伝学、分子生物学などの研究をとりいれて発展してきた。今後も、この流れは変わらないと考えられる。最近、randomly amplified polymorphic DNA (RAPD)、amplified fragment length polymorphism analysis (AFLP)、その他の手法に基づくゲノム情報の解析が細菌のタイピング、分類、進化の研究に導入され、多くの研究報告が発表されている。細菌分類学の立場からすれば、これらの手法の適用には、理論的根拠とともに多くのデータが必要である。また、その手法がどの階級に適用できるのか、あるいはどの階級からどの階級まで適用できるのか、また、特定の分類群に限られるのか、どの目的に適しているか、などを吟味しなくてはならない。

このような細菌分類学の流れのなかで、1915 年米国細菌学会が、既知の分類体系を検討するため、さまざまな分野の細菌学者からなる委員会を発足させ、the Class *Schizomycetes* の分類体系を提案し、さらに種 (species) までの検索書 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology を出版したことは特筆すべきことである。しかし、初期の頃の Bergey's Manual は細菌学の分野でそれほど評価されていなかったのではないと思われる。それは、細菌分類学が関与する分野が比較的狭く、各分野がそれぞれに適した体系を採用しており、すべての細菌を網羅した Bergey's Manual に対する関心が薄かったためと思われる。あるいは、ヨーロッパの研究が重視されていたことによるのかも知れない。事実、筆者は国内外の多くの図書館に初期の頃の Bergey's Manual を探したが、初版から最新版までそろえていたところは絶無といっても過言ではない。例外的に American Type Culture Collection は初版からそろえていた。それを見たときの感激は今でも覚えている。

Bergey's Manual Trust は、版を重ねるごとに、その時点、その時点の分類群の記載を網羅する方針をとり、国際的に高い評価を得ている研究者に編集と執筆を依頼していることである。最近出版された Bergey's Manual の第 2 巻、The Proteobacteria には 340 人にもおよぶ研究者の協力を得ているという。また、出版社が変わっても出版を継続してきたことである。このようにして、この Manual は国際的に高い評価をえるようになり、まさに細菌分類学の leading book となった。最近、Trüper, H. G. は、Bergey's Manual が 1950 年代までこの Manual のライバルであった Prévot のシステム (13) と旧ソヴィエトの Krassilnikov (12) のシステムを打ち負かしたと述べている (17)。

最近、自然界にどれだけ培養可能な微生物が存在するかが話題になっている。一説によれば、培養できていない微生物は、全微生物の 95 ~ 99.9 % といわれている (15)。Trüper, H.G. は、いつの日か 300 万種の原核生物が記載されるであろうと述べている (17)。今後とも、Bergey's Manual が各国の細菌学者の協力をえて、継続的に出版されることを願うものである。

ここで興味あることは、旧大陸の研究者は一人で細菌の分類のモノグラフを執筆しているのにたいし、米国の細菌学会は委員会を組織し、集団で問題の解決にあたっていることである。また、医学分野の研究者のみならず衛生学やその他の分野の研究者が関与してい

ることも Bergey's Manual の特徴であろう。

むすび

細菌の分類学的研究は、他の生物の分類学的研究に比べればかなり遅れて始まった。しかし、Cohn, F. とその共同研究者、Beijerinck, M. W. (1851-1931) をはじめとする Delft School の微生物学者、生体高分子が分子時計として働くことを提唱した Zuckerkandl, E. と Pauling, L. (1901-1994), Woese, C. R., Stackebrandt, E. などの研究者の努力により細菌の分類学は目覚ましい発展を遂げた。Cohn, F. は、同時代の Pasteur, L. と Koch, R. という二人の偉大な微生物学者に隠れ、あまり目立たなかった。しかし、今から 130 年も前に生物としての細菌を正しく理解し、今日の発展を予見していたことは驚くべきことである。また、細菌分類学はいくつかの時代をへて今日に至っているが、いずれの時代においても当時の先達たちは細菌を生物として正しくとらえ、その特質を鋭くついできた。一見断続しているように見えるそれぞれの時代も、“細菌は生物である” という線につながり、断続してはいなかった。細菌分類学は決して静的 (static) なものではなく、きわめて動的 (dynamic) なものである。この視点を失ってはならない。

文 献

1. Bergey, D. H. The pedagogics of bacteriology. *J. Bacteriol.* **1**: 4-14 (1916).
2. Buchanan, R. E. Studies in the nomenclature and classification of bacteria. *J. Bacteriol.* **1**: 591-596; **2**: 155-194; 347-350; 603-617; **3**: 27-61; 175-181; 301-306; 403-406; 461-474; 541-545 (1916-1918).
3. Buchanan, R. E. General Systematic Bacteriology (originally published in 1925 by the Williams & Wilkins Company, Baltimore, Maryland 21202, USA. Reprinted 1970). Hafner Publishing Company, Inc. Darien, Conn. 06820, USA (1970).
4. Buchanan, R. E., Holt, J. G., and Lessel, E. F. Jr. Index Bergeyana. The Williams & Wilkins Company, Baltimore (1966).
5. Clark, P. E. Pioneer Microbiologists of America. The University of Wisconsin Press, Madison, USA. (1961).
6. Cowan, S. T. Memorial to Professor R. E. Buchanan. *In* Lapage, S. P., Sneath, P. H. A., Lessel, E. F., Skerman, V. B. D., Seeliger, H. P. R., and Clark, W. A. editor for 1992 edition, Sneath, P. H. A. (eds.), International Code of Nomenclature of Bacteria. Bacteriological Code, 1990 Revision. P. ix-xiii. Published for the International Union of Microbiological Societies by the American Society for Microbiology, Washington, D. C. (1992). S. T. Cowan. 追悼: Robert E. Buchanan, 1883-1973. 国際細菌命名規約 1990 年版翻訳委員会 (訳, 編), 国際細菌命名規約 (1990 年改訂), P. 15-21. 葉根出版 (発行), 紀伊國屋書店 (発売), 東京 (2000).
7. Drews, G. Ferdinand Cohn: a promoter of modern microbiology. *Nova Acta Leopoldina.* NF80, Nr. 312, 13-43 (1999).
8. Drews, G. Ferdinand Cohn: a founder of modern microbiology. *ASM News.* **65**: 547-553 (1999).
9. Drews, G. The roots of microbiology and the influence of Ferdinand Cohn on microbiology of the 19th century. *FEMS Microbiol. Rev.* **24**: 225-249 (2000).
10. Gibbons, N. E., Pattee, K. B. and Holt, J. G. Supplement to Index Bergeyana. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, USA (1981).
11. 金田一京助 (編者), 山田忠雄, 柴田 武, 酒井憲二, 倉持保男, 山田明雄, 新明解国語辞典 第五版 三省堂, 東京 (2000) .
12. Krassilnikov, N. A. Diagnostik der Bakterien und Actinomyceten. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1959).
13. Prévot, A.-R. Traité de Systématique Bactérienne. Tom I & II. Dunod, Paris (1961).
14. Sedgwick, W. T. The genesis of new science - bacteriology. *J. Bacteriol.* **1**: 1-4 (1916).
15. Stackebrandt, E. Prokaryotic diversity and systematics. *In* Langer, J. W., Drews, G., and Schlegel, H. (eds.), Biology of Prokaryotes. Blackwell Science, Thime, Stuttgart, New York (1999).
16. 鈴木健一朗. 駒形和男先生 Bergey Medal 受賞. バイオサイエンスとインダストリー **63**: 590 (2005) .
17. Trüper, H. G. International perspective on taxonomy: from the past to the future. *ASM News.* **71**: 273-277 (2005).
18. Winslow, C.-E. A., Broadhurst, J., Buchanan, R. E., Krumwiede, C. Jr., Rogers, L. A., and Smith, G. H.

The families and genera of the bacteria. Preliminary report of the committee of the Society of American Bacteriologists on characterization and classification of bacterial types. *J. Bacteriol.* **2**: 505-566 (1917).

19. Winslow, C.-E. A., Broadhurst, J., Buchanan, R. E., Krumwiede, C. Jr., Rogers, L. A., and Smith, G. H.

The families and genera of the bacteria. Final report of the committee of the Society of American Bacteriologists on characterization and classification of bacterial types. *J. Bacteriol.* **5**: 191-229 (1920).

20. 八杉龍一, 小関治男, 古谷雅樹, 日高敏隆 (編), 岩波生物学辞典第4版. 東京, 岩波書店 (1996).