

色素と染色は理論有機化学のみならず、医学・薬学の原点！

(色素と染色、即ち“色染”の歴史的・現代的意義について)

§ 1. 医学者・パウル・エールリッヒとその時代：

一世紀前の梅毒は、今日のエイズの如く最も恐れられていた伝染病で、毎年3,000人近くの梅毒患者が次々と死亡していた。エイズの病原体は「HIV」と言うウイルスの一種であるが、梅毒の病原体はスピロヘータと呼ばれる細菌の一種である。この梅毒と言う人類の業病の的を、化学療法剤第1号・サルバルサンと言う魔法の銃弾によって見事に射抜いたパウル・エールリッヒ（1908年・ノーベル生理学・医学賞、1854～1915 ユダヤ系ドイツ人）は、細胞染色研究に於いて異能を發揮した。即ち、繊維の種類によって染着する色素が異なる様に、細胞によって染着する色素や色相・濃度が異なる事を見出し、この細胞染色手法を駆使して医学・薬学の発展に世界的な貢献を成し遂げた。

エールリッヒは、「生体に入った薬剤（鉛や水銀 etc）は一様には分散されず、特定の器官や組織にのみ吸収される」と言う選択毒性の考えにヒントを得て、色素と細胞染色に、この考えを応用・実証・活用して成果をあげたのである。

色素は古代から植物や虫、貝から抽出した煮汁に布をつけて美しい染めものを作ってきたが、堅牢度が不足しており、量産にも問題があった。この色素を人類が初めて合成して作ったのはドイツの科学者ホフマンの助手として働いていた英国人ウイリアム・パーキンである。

合成色素の生みの親ウイリアム・パーキン（1838～1907）は、1856年、コールタールから採取したアニリン硫酸塩を重クロム酸カリで酸化して得た黒い沈殿物を、熱アルコールで処理すると赤紫色の色素が抽出され、この色素は絹を鮮明・堅牢な紫色に染める事を見出し、この色素をモーブ（Mauve）と名付け、合成染料第1号の誕生をもたらすと共に、世界初の人造染料の特許を取得した。

彼は1858年世界初の染料合成工場を建設してモーブの本格的工業生産に乗り出した。一方、色素の合成研究も積極的に続け、1868年アリザリンの合成にも成功した。モーブの発明を契機に、新しい色素が次々と開発され、1922年までの半世紀余の間に現在の蛍光染料、分散染料、反応染料以外の全ての染料種族が出揃った。

このパーキンから出発した染料工業は、ヨーロッパ・ライン川沿いの、当時の最先端精密化学工業地帯で急速に発展し、理論有機化学の基礎を築くことになる。

ドイツの化学会社、BASF（1865）、AGFA（1867）、Hoechst（1863）、Cassella（1870）、Bayer等は、当初染料メーカーとして出発したが、その後、医薬や農薬等に参入し、総合化学薬品メーカーとして大企業に成長した。

1925年、これら8社が合併して、I.G. Farbenindustrie A.G.（イーゲー染料会社と略称される）として巨大なコンツェルンを形成し、ドイツの化学産業を独占しただけでなく、第二次大戦（1939～1945）までは世界の合成染料・医薬の85%以上を独占供給し、化学業界の王者として世界に君臨した。

エールリッヒの幸運は、化学構造の明らかな色素が、これらの染料会社からふんだんに供給される時代に細胞染色のアイデアをつかんだ事であった。

ある特定の色素は、ある特定の細胞や細胞顆粒に強い親和力（結合力）を持っているに違いない。もしそうであれば、色々な色素を使ってそれぞれに選択的な親和性を示す色々な細胞を染め分け、分類する事が出来る筈であるとエールリッヒは考えた。

その概念は、そののちの彼の研究の根幹をなし、スピロヘータに選択的な親和性を持つアニリン色素「606号」の発見につながる事になる。

エールリッヒは、コッホ（結核菌やコレラ菌を発見、ツベルクリン反応を発明した細菌学の世界的権威者[註-5]）について、自分の人生で最大の影響を与えた師であり、友であったと述べているが、コッホから結核菌の培養液を貰い、メチルバイオレットを用いて結核菌の見事な染色に成功（痰の中の菌を臨床医でも容易に検出できる様になった）すると共に、血液細胞の染色による分類を行う等の業績を挙げ、『組織染色の理論と実践への貢献』「第1部：染色の化学的意義」「第2部：アニリン色素の化学、衣料染色、組織染色」と言う題名の染色理論を学位論文として書き上げた。この中で繊維の染色と細胞染色の差異を詳述している。

§ 2. 化学療法剤第1号への道：

エールリッヒによるアニリン色素を用いたトリパノゾーマ（牛、馬、綿羊などの原虫性疾患の原因となる）の化学療法剤探索プロジェクトは1902年[註-1]に開始され、化学物質としては、エールリッヒの大好きな色素を取り上げる事となり、カセラ染料工業の親友ワインベルクが色素合成を担当した。この時、赤痢菌発見者として有名な志賀潔[註-2]が生物実験を担当した。数百種類の色素誘導体をスクリーニングにかけて選び抜かれた有効化合物は、赤い粉末のアニリン色素で、トリパンロート[註-3]とエールリッヒが名付けた。

志賀潔が生物実験を担当してから20カ月後の事であった（1904年）。Trypanorot は、人間が考えて合成した有機化合物で、高等動物の病気治療に成功した初めての色素系化学物質であり、化学療法学の夜明けとなった。

§ 3. 医薬第1号・サルバルサンの誕生：

トリパンロートの発見で実験手法に自信を得たエールリッヒが、魔弾の標的を梅毒と決めてスクリーニング研究に着手した時、化合物の合成陣にはカセラ染料工業からベンダ博士が参加し、効力・毒性試験には秦佐八郎（のち慶大医学部教授）が分担した。

何百種類もの色素が動物実験（ウサギ）によるスクリーニングにかけられた。そして遂にスピロヘータに対して驚くべき薬効を発揮し、人体に副作用の無い検体番号606号・サルバルサン（o-AminophenolのArsenic Derivative）が発見さ

れ、ヘキスト社によって1909年6月10日特許出願された(ドイツ特許第224953号)。そして約1年後、1910年7月10日よりヘキスト社に於いてサルバルサンの量産が開始された。

人類初の抗生物質ペニシリンの発見で、人類の恩人となったイギリスの細菌学者・アレキサンダー・フレミング(1881~1955、ノーベル医学生理学賞)は、「ドマークのサルファ剤[註-4]が無ければペニシリンは無かった。そのサルファ剤は、エールリッヒの606号が無ければ無かった」と、先輩二人を称賛している。

付け加えて言えば、606号の発見は、合成色素の研究開発と、その染色研究が無ければあり得なかったであろう。

今日、梅毒は、特効薬サルバルサンの発明と、後にはペニシリンのお陰で、地球上から殆ど姿を消してしまった。ペニシリン、エリスロマイシン、テトラサイクリン等が梅毒の治療に使用される様になり、1974年には、65年振りにサルバルサンの製造が停止され、サルバルサン時代に幕が下りた。

§4. “色素と染色”の意義について：

エールリッヒは、「細胞染色」、「免疫学」、そして「化学療法」を、時代を飛び越える様な先駆的発想で組み立てていく事によって医学・薬学の発展に貢献した。その原点には色素と染色、即ち、“色染”がある事は前記した通りである。

この色素製造技術並びに生産量は、第二次大戦まではドイツが突出していたが、第二次大戦後、戦勝国の進駐軍がドイツのイーゲー染料会社に乗り込んで、秘匿されていた化学技術をP Bレポートとして全面公開した。それは20万頁に及ぶと言われるくらい膨大な技術情報で、そのお蔭もあって日本の色素に関する研究・製造技術レベルも向上し、その後、ドイツ染料工業に対抗できるところまで進歩した。

しかしながら、近年、日本に於ける染料工業と染色工業は発展途上国の台頭によって、主として経済性(コスト競争力)と環境問題から衰退の一途をたどり、“色素と染色”関係の仕事や研究は、今や時代遅れの如く見做される様になった。

現在世界の染料需要量は150万トンに増加し、その内70万トンは中国で生産され、内30万トン(16億4800万\$、08年)が輸出されている。染料生産の舞台は中国、インド、インドネシアに移ってしまった。

世界の有機化学技術の基盤であり、高度な技術と繊細な感性を必要とする繊維関係の“色素と染色”が日本では絶滅の危機に瀕しているのは遺憾と言わざるをえない。

30年以上、色素の研究と製造に携わり、未だに馬鹿の一つ覚えの如く、“色染”の研究によって世界的な発明を目指して努力邁進しており、恐らく生涯“色染”に全てを捧げるのであろう自分の人生を省みると、日本に於ける“色染”の栄枯盛衰は、間もなく終末を迎える自己の人生と重なって、一抹の寂しさを禁じ得ない。

しかし、前述した通り、“色染”は理論有機化学と染料・繊維工業の分野に於

いては言うに及ばず、医学・薬学の分野においても人類への貢献は紛れもない事実であり、そのDNAは今なお脈々と生き続けていると言って過言ではないのである。

特許庁電子図書館の検索画面に「染色法」をキーワードとして検索すると、「染色法」関連の公開特許公報（平成5年以降）が675件検出される。染色法で検出された最新の特許は、平成22年7月22日に、特開2010-160018号として公開され、題名は「免疫組織染色を用いる細胞の解析法」（鹿児島大学・医学部出願）であるが、繊維に関する新しい染色法の出願も多い。また、同様にしてキーワード「色素」を入れて検索すると平成5年以降の公開特許公報が30,064件検出される。

最先端技術でありエコ・エネルギー源である色素増感型太陽電池の研究開発も数多くなされておられ（発明の名称「色素増感型太陽電池」を検索すると560件ヒットする）、実用化の段階に来ているが、増感色素の一つである「エオシン」は、細胞染色研究にも広く用いられる色素である。

その他ハイテク技術の液晶パネルのカラーフィルターや、インクジェットプリンター用インク、或いは、インクジェットプリンターを用いる新しい染色技術の分野で“色染”は重要な役割を担っている。

日本に於ける“色素と染色”に関する研究課題は、今なお数多く存在しており、高度な技術分野で盛んに研究されている重要な課題も多く、繊維の新しい染色研究を含めて、成果次第では“色染”の重要性を日本から発信出来る日が来ないとは限らない。

以上

【引用文献】

- ①石田三雄著：「魔弾の射手パウル・エールリッヒ」2009年7月発行
- ②エルンスト・ボイムラー著：
「化学療法の父：パウル・エールリッヒ伝」1984年発行
- ③K. ウィンナッカー著（元 ヘキスト染料株式会社 社長）：
「化学工業に生きる」児玉信次郎・関英夫・向井幸雄訳 1974年発行

[註-1] 京都高等工芸学校・色染科の発足（1902年「明治35年」）：

アニリン色素によるトリパノゾーマの化学療法剤探索プロジェクトは1902年に開始されたが、この年は京都高等工芸学校が、色染科、図案科の2学科により構成されてスタートした年と奇しくも一致する。

即ち、医薬の父・エールリッヒが活躍した時代は、色染科発足の時代と重なり、色素と染色が技術的にも工業的にも日の出の勢いで発展していた時代であった。

色染科はこの様な時代背景の中で、初代中沢校長が先見の明をもって設置した学科であったと推定される。

[註-2] 志賀潔：

赤痢菌の発見（1896）、化学療法の研究等、明治時代の日本の近代化の中で、世界に通用する科学研究の成果を成し遂げた先駆者と評される。赤痢菌の学名は志賀に因む *Shigella* であるが、日本人の名前が冠されている殆ど唯一の例となった。1901年ドイツ・フランクフルトに留学し、パウル・エールリッヒの助手としてトリパンロートの発明に貢献した。

[註-3] トリパンロートの構造：（ロートはドイツ語で赤・Redを意味する）

ナフタレン環-N=N-ジフェニル基-N=N-ナフタレン環

（左右の各ナフタレン環にはアミノ基1個と、スルホン基2個が置換しており、中央のジフェニル基にはスルホン基が1個置換したジスルホン系色素である）

[註-4] サルファ剤：

1932年、ドマーク（ドイツ人）によってアゾ色素のアミノ基置換体に強い抗菌性が認められてからアゾ化合物が注目され、細菌感染症に有効な赤色フロントジルが開発されて化学療法を発展させた。

[註-5] ドイツ医学の誇る「三大偉人」とパスツール：

ロベルト・コッホ（1843-1910、ノーベル生理学・医学賞）、エミール・フォン・ベーリング（1854-1917、ノーベル生理学・医学賞）、パウル・エールリッヒ（1854-1915、ノーベル生理学・医学賞）が、フランスのルイ・パスツール（1822-1895）と共に、科学の世界を一新し、医学（細菌学、微生物学、免疫学）を未だかつて想像し得ぬ程の高いレベルに磨き上げた。

【あしがき】

色素（染料）化学から発展してきた機能性色素は、エレクトロニクス産業の急速な進歩に伴って、太陽電池、エネルギー変換材料、色素レーザー、増感剤、液晶用色素、情報記録材料など、様々な用途を拡大している。

例えば、ノンカーボン紙、インクジェット用色素、光ディスク用色素、インスタント写真用色素、カラーコピー用トナーなど、従来の染料とは異なる物理的機能を備えた色素が発展しており、これらは物質工学部門の重要な研究課題と考えられる。

日本では繊維工業としての“色素と染色”が衰退しているのは事実であるが、世界的に見た場合の“色素と染色”は今なお健在で成長している分野であるし、“色染”を生みの親とする前記の様な新たな技術が生まれており、機能性色素や新しい染色法に活路を見出し、将来の発展に期するべきであろう。

また、日本では“色素や染色”関係の仕事や研究に携わる人が減り、この方面の専門家に希少価値が生まれている。中国では繊維の“色染”関連産業の成長が著しく、染色・捺染技術者不足に悩んでいるという。

我々老人に、いまだに技術アドバイザーとして活躍する場があるのは、“色染”の専門家が少なくなってきた事によると考えられるが、健康が許す限り、日本の“色染”関係の中小企業の生き残りの為に、微力ながら貢献したいと思っている。 完

（文責：色染昭 35・山田英二）