

ナイロンを発明した化学者の短い生涯

教養部 文 本 陽 雲

I. はじめに

国連教育・科学・文化機関（ユネスコ）の世界遺産委員会は2014年6月21日、「富岡製糸場と絹産業遺産群」を世界遺産文化遺産に登録することを決めた¹⁾。

日本の世界文化遺産としては、昨年登録された「富士山」に次いで14件目となり、自然遺産を含めると18件目となる快挙である。富岡製糸場は、明治政府が輸出品の生糸の産業振興を目指し、フランス人ポール・ブリユナの指導の下に1872年に設立した。

日本の産業近代化を象徴する建物である。この工場は、4人のフランス女性の製糸工と3人の技師が技術を教え、翌1873年のウィーン万国博では、富岡の製品が進歩賞を受賞している。

フランスの技術と日本が独自に編み出した生糸の生産技術を結合させ、高品質な生糸の大量生産を実現した。富岡製糸場は、日本の近代産業の出発点ともいえるもので、昭和初期には、日本の生糸輸出量は世界市場の80%を占め、絹の大衆化に大きく貢献した。その結果、20世紀初めには日本は中国を抜いて世界最大の絹産出国となった。

しかし、1935年にデュボン社に研究所長として招かれ勤めていたウォーレス・ヒューム・カロザース（Wallace Hume Carothers、1896-1937）がナイロンの合成に世界で初めて成功したのを契機に、富岡製糸場で生産する絹の輸出にも大きな打撃を与え、日本の絹産業は急速に衰退し、現在は主に中国からの輸入に頼っている状況である。

ナイロンの登場は「石炭と空気と水からつくられ、クモの糸より細く、鋼鉄より強い繊維」のキャッチコピーとともに、社会に大きなインパクトを与

えた。

ナイロンと聞けば、化学を少し勉強した人はポリアミド合成繊維の種類の一つだと理解し、女性はストッキングを連想させる。ナイロンは類を見ない強さ、耐久性、軽さからすぐに他の多くの製品にも使われた。

例えば、釣り糸、網、テニスやバドミントンのラケットに張るガット、手術糸、電線の被膜剤などに使われ、1950年代になると衣服などにも使われ、1953年には、450万トンのナイロンが生産された。

東洋レーヨンが1951年に、巨額の特許料をデュポン社に支払い、ナイロン製造上の新技術を導入した。ナイロンは下着をはじめとしてあらゆる衣料に使われ、またたく間に普及した。衣料だけでなく、他の製品にも広範な影響を及ぼした。

例えば、それまで豚毛が使われていた歯ブラシにナイロンが用いられるようになった。消費者の潜在的なニーズを見極め、ナイロンをいち早く導入した東洋レーヨンが、戦前業界1位だった帝人を抜いたことは、企業に新技術の重要性を広く認識させることになる。

世界初の合成繊維ナイロンを発明した天才化学者カロザースの短い生涯を辿りながら、高分子化学の歴史や彼に多大な影響を与えた化学者たちを紹介しながら、なぜ彼がナイロンを発明できたのかを考察する。

II. カロザースの生い立ちと功績^{2)~4)}

20世紀は科学の世紀であった。人類の歴史のなかで、20世紀ほど科学が急速に発展し、科学技術の多様な成果が百花繚乱と咲いた時代はなかった。科学は技術と融合して私たちの生活を豊かにかつ便利にしたと同時に地球環境問題などの負の側面も顕在化した。

公害、原発事故、エネルギー・資源問題など、現代社会が抱える多くの問題は、科学技術の進歩に端を発していると言える。科学技術は必ず二面性（諸刃の剣）を持つことを私たちは肝に銘ずるべきである。

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

昨今、科学の成果が直ちに技術を通じて社会に影響を与えるようになった現代においては科学と技術の境目は曖昧になり、日本では「科学・技術」と一括して言われるようになって久しい。

科学は自然の仕組みや法則を解明する「真理発見の知」であり、技術は「発明の知」と言うことが出来る。実は、ナイロンは発見なのか発明なのか随分と悩んだのだが、「ナイロンの発明」とタイトルを付けた。

発見とは、まだ知られていなかったものを初めて見つけ出すこと、または新しい事実を見出すことを指す。それに対し、発明とは新しいモノを作り出し、新しいコトを考え出したりすることでそれを成し遂げる技が技術である。カロザースは先人たちの知恵を応用して、新しいモノ（ナイロン）を発明したのである。

カロザースは和暦で見れば明治・大正・昭和の3つの年号を生きたので、さぞ長生きしたと思われるが、明治の末期に生まれ、大正が15年と短かったので西暦で見れば41歳という若さでこの世を去った。

カロザースが逝って今年（2014年）で77年になる。いま、なぜカロザースなのか？カロザースとはどんな人物なのか。大学の職を辞めてなぜデュボン社に就職をしたのか。なぜ有機化学から高分子化学の研究に移行したのか。なぜ、ナイロンを発明して成果を上げたのに自殺をしたのか。つぎつぎと疑問と興味が生まれたのである。

カロザースはイリノイ大学で学位を得て、ハーバード大学で教授経験のある化学者が、民間企業のデュボン社に研究所長として招かれ、ナイロンの開発に成功したのである。

大学の研究者が民間企業で基礎研究を行ない、画期的な成果を上げるのは1930年代には稀有なことであった。その意味において、大学の教員が企業に就職して成果を上げた先駆者だった。

しかし、不幸なことにうつ病とアルコール依存症が原因で、1937年青酸カリ自殺を図り41歳という短い生涯であった。

ご存知のように、青酸カリが体内に入ると胃酸と反応して青酸ガスが生じ、

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

それが血中に溶け込むと細胞に酸素を運ぶ機能が阻害され、その結果、呼吸困難に陥りやがて脳や心臓の動きが止まり、数秒から数分で死に至るのである。

カロザースは、1896年4月27日にアメリカ中西部の田園地帯アイオワ州バーリントンに父アイラ・ヒューム・カロザース（スコットランド系）と母メリー・エヴァリナ・マックマリン（アイルランドが少し混じったスコットランド系）の長男（弟一人、妹二人）として生を受けた。

スコットランドと言えば、2014年9月18日にスコットランドの独立の是非を問う住民投票が行われ、世界中がこの投票結果に注目した⁵⁾。

投票結果は反対が55%に上り英国が分裂し、混乱に陥る最悪の結果の事態は回避された。

スコットランドは1707年にイングランドと統合するまでは独立王国であった。スコットランドと言えば、スコッチウイスキーが特に有名で、著名な俳優ではお馴染みの007のスパイ映画で活躍したショーン・コネリーがいる。007以後のコネリーは円熟味と渋みのある演技で多くのファンを魅了している。

カロザースは質実でもの静かで内気だが、自らに過酷すぎるほど仕事に献身な性格は恐らくスコットランド系の血筋を引いたと思われる。

カロザースが生まれた1896年はベンゼンが6員環の環状構造の考えを夢のなかでひらめいた有機化学の巨星アウグスト・ケクレ（1829-1896）とダイナマイト（ニトログリセリン主体）で莫大な資産を築いてノーベル賞で有名なアルフレッド・ノーベル（1833-1896）が他界した年である。

カロザースと同じ年に生まれたのが、『銀河鉄道の夜』、『風の又三郎』などの作品で有名な宮沢賢治がいる。彼はカロザースよりも早い1933年に37歳という若さで亡くなっている。

カロザースが生まれたアイオワ州は高山もなく、平坦な土地がひろがり、ミシシッピ川とミズーリ川に挟まれた典型的な農業州である。1995年にクリント・イーストウッドが監督・主演して話題になった映画『マディソン郡の橋』

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

はアイオワ州の鄙びた郊外が主舞台であった。

父は商業学校の教師をしていて、父一人の給料で家族6人を養うのは大変だったと推測する。どちらかと言えば、決して裕福な家庭ではなかった。母はカロザースに簡単に簿記か会計を覚えて早く家計を助けて就職して欲しいと願っていた。カロザースは高校生になって自分の人生をどう生きるのかを悩んでいたが、父が副校長を務めた商業専門学校に入学し、1915年7月に卒業し、ミズーリ州のターキオ大学に入学する。



図1 ネオプレンの実演をする
ウォーレス・カロザース⁶⁾

彼の趣味はドイツの詩を好み、ピアノが上手な母親の影響でクラシック音楽をよく聴いていた。ドイツ語の堪能はその後の大学での研究生活や企業での研究開発で大いに役立った。何故なら20世紀の前半まで科学の先端を行っていたのは、ドイツであったため最先端の科学の論文を習得するのに、ドイツ語のマスターは有利であった。

カロザースは頭脳明晰で、勉強も良く出来てかなりの秀才であった。この頃から級友から「教授」と呼ばれるほど勉学の面ではかなり信頼されていたが、身体は丈夫ではなかった。

性格は神経質でしかも極端にシャイで、ショーマンの資質がなく、人前で話すのが苦手で教師には不向きであった。

したがって、大学での講義は下手であった。ターキオ大学、イリノイ大学やハーバード大学での講義はカロザースにとって苦痛であったに違いない。講義下手と彼の性格が大学での前途の見通しに少なからず影を落としている。

世界中の大学教員はどのように学生を教えれば、素晴らしい講義が出来るのか日々悩まされている。はっきり言えるのは、綿密な授業準備を行うことだ。学生の反応を見ながら、自分の言葉で話すことが重要であると日々痛感している。

理想の講義は作家の故井上ひさしさんが残した言葉「むずかしいことをやさしく、やさしいことを深く、深いことを面白く」が究極の形だと思う。このような授業をすれば、学生は集中して授業に参加し、居眠りする学生もきつと減るに違いない。

私自身が心掛けているのは、講義の準備も、教えるべき題材を整理し、自らの観点から再構成し、それをいかに分かりやすく学生に伝えるかに全力を注いでいる。

しかし、私も満足いく授業は年に数回あるかないかだ。その前に、学生に教えることが好きで、人前で話すのも苦にならないのが前提であるが、カロザースは極端に人前で話すのが苦手だったのは、教員として致命傷だったと言わざるを得ない。

ターキオ大学では名門ジョンズ・ホプキンス大学で学位を取ったアーサー・パーディーが教鞭をとっていた。パーディーから有機化学と物理化学を学び、カロザースは化学の面白さに目覚めて化学の道を志すことになる。

パーディーはカロザースの非凡な才能を見抜き、化学者としての将来を囑望していた。カロザースも貧しい家のことを考えると就職口のいい化学を選ぶべきだと考えた。

ターキオ大学でカロザースが2年生の時、アメリカは第一次世界大戦に参戦した。多くの学生が出征したが、彼はヨード欠乏地域で成長したため甲状腺腫があり、兵役を免除された。

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

パーディーは戦時下で空気が出来たサウスダコタの大学に移動し、ターキオ大学での彼の後任にカロザースを抜擢した。カロザースは卒業までの間、異例にも学部学生兼大学講師という二役をこなし、卒業が1年遅れることになったのに加えて、小さな田舎の大学の卒業生には、就職も大学への道も厳しかった。

パーディーはカロザースの将来を考え、学位の取得とイリノイ大学の進学を薦めた。

1920年にターキオ大学を卒業後、カロザースはイリノイ大学大学院に入学し、翌年には修士号を取得した。1921年には、サウスダコタ大学の化学科長になったパーディーの下で講師を務めた。学資を稼ぐことが主目的だが、この時期に二重結合を有する有機化合物の付加反応の機構を電子理論から説明する論文二つを『アメリカ化学会誌』に投稿していることからカロザースの才能と非凡さを感じる。

カロザースは翌1922年にイリノイ大学の博士課程に復学して、生涯の恩師、ロジャー・アダムズ教授に出会う。アダムズ教授は酸化白金や酸化パラジウムの触媒作用を発明（アダムズ触媒で有名）して、ハーバード大学で学位を取得し、生涯を通してイリノイ大学の教授を38年間勤めた。

アダムズ教授はカロザースを卒業と同時にイリノイ大学の有機化学講師に任命した。さらに、1926年にはアダムズ教授の推薦で彼の母校ハーバード大学の講師としての定職を得て、有機化学と構造化学を教えることになる。アダムズ教授との師弟関係と友好は生涯絶えることはなかった。何とも羨ましい師弟関係である。

羨ましい師弟関係と言えば、日本でも明治の文豪夏目漱石（1867-1916）と物理学者寺田寅彦（1878-1935）との出会いを想起させる。

二人の出会いは、漱石が熊本の第五高等学校の英語教師をしているところに、寅彦はその学生であった。要するに師弟関係であり、その親交は20年近くも続いた。

典型的な理系と文系の二人が何故、20年も近く深い親交が続いたのか？

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

推測すると恐らくそれぞれの分野でお互い一流であり、お互い刺激し合い、お互い尊敬し合っていたと思われる。寅彦よりも11歳年上の漱石は寅彦のことを可愛い弟と想い、一方寅彦は漱石を本当の兄のように慕っていたのかも知れない。

アダムズ教授もカロザースの非凡な才能に惚れ込んで、本当の弟のように可愛がり面倒を見たのである。

アダムズ教授は第一次世界大戦中に陸軍で化学兵器に関係し、1935年にはアメリカ化学会長も勤め、40年間デュポン社の顧問も勤め多方面で活躍した化学者であった。

彼は大学の重要な使命は産業のための化学者を育成することだと信じていた。化学は社会のために存在し、社会に奉仕する営為であると主張し、実際彼が育てた184人のドクターのうち132名が産業化学者になっている。カロザースはアダムズ教授の指導下で、1924年に理学博士を取得した。博士の審査官に当たった教授は「いや、物理化学を専門にしてドクターを請求している人たちよりもカロザース君の方が上ですよ」と言ったと伝えられている。有機化学の専門以外の物理化学の知識もかなりのものだったに違いないと推測される。

彼はアダムズ教授の推薦でデュポン社に1928年に年棒6000ドル（大学で3200ドル）で入社している。

カロザースにとって大学での地位と学究生活を捨てて一企業に就職することは、大きな決断が必要であった。デュポン社に正式に就職する決心がつくまでの間、相当に迷い、悩んだことは想像にかたくない。入社を決断したのは、恩師アダムズ教授の強い推薦と将来大学で確固たる自分の将来像が描けなかったのが大きな要因だったかも知れない。

カロザースの功績としては下記の6つが挙げられる。

- ① 大学教員から企業の研究開発に貢献した先駆者
- ② 高分子化学の理論と合成法に大きく貢献

- ③ 合成ゴムの発明
- ④ ナイロンの発明
- ⑤ 名誉ある米国科学学会の会員に産業界の化学者として選出
- ⑥ 高分子に関する52の論文、69の米国特許を取得

①については先に述べたように大学の研究者が民間企業で基礎研究を行ない、画期的な成果を上げるのは1930年代には稀有なことであったが、現代では大学の教員が企業に就職したり、逆に企業の研究者が大学の教授になるのは日常茶飯事の出来事でも何もないことではない。同時に産学連携も盛んに行われている。大学で生まれた研究成果を企業と協力して実用化に結び付け、新しい製品や産業を生み出している。

一方、カロザースの私生活はどうだったのか？カロザースは何人かの女性と交際をしていたが、彼が37歳のときに既婚女性シルヴィア・ムーアと交際を始めている。シルヴィアは並外れた才気と色気と美貌の持ち主だったので、カロザースは彼女に夢中になった。現代でいう不倫の関係だったが、甘い恋は長くは続かなかった。1935年に2年余り続いたシルヴィアとの交際は終わった。

誰かを愛することは、人生の中で最も幸せな瞬間である。カロザースもそうした幸せの時間は短い時間ではあったが、人生の最良の時間を経験している事実にはほっとしている。

シルヴィアとの心の傷を癒すために、デュボン社の特許課に勤めていた25歳のヘレン・エヴェレット・スウィートマンと1936年2月に結婚した。両親が早く結婚して欲しいとの願いを叶えるために不本意ながら結婚に踏み切ったと思われる。

しかし、妻を心から愛せなかったカロザースの結婚生活は彼の自殺で1年2ヶ月しか持たなかった。

1937年1月にはカロザースの最愛の妹イソベルが肺炎で急死した。カロザースの両親にとっては、3ヶ月の間に最愛の息子と娘を亡くしたことになる。

る。二人にどれほどの悲しみと絶望があったのかと想像すると胸が痛い。

カロザースが亡くなった7ヶ月後の1937年11月27日に彼の娘が誕生している。娘の名はジェーンと名付けられた。彼は自分の娘の顔も知らずに死んだことになる。

カロザースの両親にとって初めての孫の誕生であり、悲しみのどん底からせめての慰めだったに違いない。

Ⅲ. 高分子化学の誕生と発展

カロザースは有機化学が専門であったが、デュポン社に入社直前の1927年頃に、高分子化学に興味を持つようになった。彼が高分子化学に興味を持った理由は、デュポン社がポリマー産業を柱として伸びていたという理由と、ドイツの化学者ヘルマン・シュタウディングー（1881-1965）が提唱した高分子説の実験的実証という意味もあった。

そこで、高分子化学の歴史を振り返る前にそもそも化学とは何か、化学の歴史を簡単に見てみよう。

化学とは、物質を原子、分子レベルで理解でき、さらに化学反応を発見して優れた性質や機能を持つ新しい物質を作り出せる。つまり化学の魅力は、昨日まで世界になかった物質を合成し、創り出せる科学である。

化学が原子・分子からなる物質を対象にした学問に対して、物理学は素粒子から物質、さらには天体、宇宙までの万象を記述する壮大な体系を対象にしている。物理学が扱う素粒子から宇宙のサイズの比を取ってみると、その値は実に 10^{40} のオーダーになり、今や物理学と言っても、間口は大変広い⁷⁾。

一方、化学は元々錬金術を表す「アルケミー」という語に由来している。古代の錬金術師は、卑金属を金に変えうることを目指した。しかし、残念ながら金を合成することは出来なかったが、物質の性質についての研究が進み、現代の化学の基礎が築かれた。数多くの錬金術の試みの失敗の中で物質間の反応における経験的な法則が蓄積され、原子論を基盤とする「化学」という

学問が誕生した。

錬金術からは、現代の化学実験で使われる蒸留、昇華、酸化、還元、結合などの手法が見いだされた。

近代物理学の巨人であるアイザック・ニュートン（1642-1727）が錬金術に情熱を傾けた事実は意外に知られていない。ニュートンほど錬金術に夢中になった科学者はいないと言われている。失敗に次ぐ失敗で彼は絶望し、ついに科学を捨てて晩年は造幣局長官に就いてしまったという話もある。

ニュートンの錬金術研究書を入手した経済学者ジョン・ケインズ（1883-1946）が「ニュートンは理性の時代の最初の人ではなく、最後の魔術師だ」と指摘している⁸⁾。

ニュートンは万有引力の法則の発見や微積分法の発見、光学に関する数々の発見で素晴らしい業績を残している。彼は宇宙の謎を解き、光の謎を解き、最後に物質の謎を解くために錬金術に夢中になったのかも知れない。

オックスフォード大学化学科の教授で、物理化学をはじめ数多くの教科書や一般書を著しているピーター・アトキンスによれば、化学の恵みがなければ、私たちの生活は石器時代に戻ると指摘している⁹⁾。

いまの快適で便利な暮らしは、化学の知恵と技術が生んだと言っても過言ではない。まさに、この200年、科学技術の飛躍的発展を陰で支えたのは化学であった。

例えば、17世紀にガリレオ・ガリレイ（1564-1642）、ルネ・デカルト（1596-1650）やニュートンたちによって科学革命が起こり、約100年かけて「近代科学」が生まれた。それがまた、100年かけてさまざまに枝分かれし、物理学や化学、工学や医学といった専門的な学問として発展した。

その後、19世紀の後半ごろから、その専門知が人々の利便のための「技術」として応用されるようになり、いわゆる文明の利器がさまざまに登場することになったのは周知の事実である。

科学技術論が専門の五島綾子氏は19世紀には、化学分野の歴史的な発見が大きく3つあると指摘している¹⁰⁾。

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

一つ目は1808年にドルトン（1766-1844）が提唱した原子論の概念。二つ目は、有機化学の誕生である。1828年にドイツの化学者フリードリヒ・ヴェーラー（1800-1882）がシアン酸アンモニウムを加熱して尿素の合成に成功し、生命起源の物質は生命体でしかつけれないという生氣論を覆す契機となり、有機化学が誕生した。

三つ目は、コロイドの発見である。1861年には、グレーム（1805-1869）が、デンプンや膠質をコロイドと呼び、コロイド化学が誕生した。

この3つの発見は確かに化学の発展に大いに貢献したことは万人が認める事実であるが、私は自然科学全般に多大な影響を及ぼしたドミトリ・メンデレーエフ（1834-1907）の周期律表の発見を挙げたい。何故なら、周期律表の発見は化学だけでなく科学全般に絶大な影響を与えたからである。その意味ではノーベル賞級の発見であると思う。実際、1905年から1907年まで毎年、ノーベル化学賞の候補となったが、残念ながら一票の差で受賞は実現しなかった¹⁾。

今も周期律表は、化学者や物理学者が元素の世界を探り、その特性を迷うことなく判定するための案内役となっている。周期律表が化学物質の構造と反応のすべてを支配すると言っても過言ではない。

ノーベル選考委員会がメンデレーエフにノーベル賞を与えなかったのは、大きな過ちであったと思う。

彼は元素を小さい順に並べると一定の周期で同じような性質の元素が順繰りに現れることを表にしたのが、周期律表である。

彼はそれまでに発見されていた63種ばかりの元素を原子量順に並べ、周期的に性質が同じ元素が現れることを確認し、発見されていなかった数々の元素の存在を予言した。後にこの空欄を埋めるような元素が次々に発見（例えば、ガリウムやゲルマニウムなど）されて、メンデレーエフの周期律表は大きな信頼を得ることになった。

メンデレーエフは、西シベリアのトボリスクという小さな町で、14人兄弟の末っ子として1834年に生まれた。親に溺愛されて育ったメンデレーエフは

トランプ遊びの「ソリティア」に没頭して遊んでいた。あるとき、面白半分
にトランプの数字の面に1から13までの数字の代わりに、その当時知られて
いた元素名を書いてみた。ソリティアの途中で、元素の性質は順番に並べる
ことができることに気づいたのである。1869年2月17日、メンデレーエフが
35歳の時である。嘘のような逸話が、元素周期律表が生まれた経緯である¹²⁾。

あるいは、彼が化学の新しい教科書『化学原論』を書こうとした時にひら
めいたとも言われている。

私は恐らく、教科書の構成を考えながら、息抜きにトランプ遊びをしてい
た時に、メンデレーエフの頭に周期律表のアイデアが浮かんだものと推測し
ている。

2010年に有機合成におけるパラジウム触媒を用いたクロスカップリングで
ノーベル化学賞を受賞した米パデュー大学特別教授根岸英一氏は、良い触媒
を見つけるために、メンデレーエフが発明した周期律表を眺め、どの元素が
触媒に向くかを徹底的に調べたと述べている¹³⁾。

彼はメンデレーエフが11個の元素を発明しているが、ノーベル賞を11回受
賞してもよいくらいの業績だと絶賛している。私も同感である。

高分子の歴史としては、19世紀後半に半透膜を通り抜ける小さな分子と通
り抜けない大きい分子があることが分かかってきて、分子の大きさという問題
が生じてきた。はじめ化学者たちは、大きな分子はもともになる小さな分子が
弱く引き付け合ってできた集合体（ミセル）だと考えた。

20世紀の初めには、ゴム、セルロース、樹脂、タンパク質といった物質が
大きな分子量をもつことが知られていたが、これらは一般に小さな分子が凝
集したコロイドであると考えられた。

この常識を打ち破ったのが、先に述べたドイツの化学者ヘルマン・シュタ
ウディングーであった。彼はゴムの分子量を測定し、このような分子量の大
きな分子が共有結合で繋がった長い鎖状の巨大分子であるという考えを1917
年に初めて発表した。

しかし、この高分子がコロイドのようにたくさんの低分子がゆるく集合し

たものであるのか、あるいは低分子が共有結合により強固に繋がった分子量の非常に大きな化合物であるのか、長らく激しい論争が続いた。周りから激しい反対に遭った。1920年代には、シュタウディングーに対して次のような忠告をする同僚もいた。

「親愛なる友へ：大きな分子の概念など捨てなさい…巨大分子などというものは存在するわけがない。」と厳しく忠告している。

また、シュタウディングー説の突飛さを「アフリカで体長456メートル、体高9メートルもある像を見つけたぐらい驚いた」と皮肉る人もいたが、彼は自分の説を信じて挫けなかった信念の化学者であった。科学の成果は、研究者個人の強い信念が生み出す場合が多い。シュタウディングーも例外ではなかった。

新しい理論を提唱したシュタウディングーは、その存続を賭して、厳しくときに辛辣な批判と戦わなければならないことを、身をもって経験したことになる。

シュタウディングーは1926年に高分子という概念を提唱し、セルロースやたんぱく質は似たような性質を持つモノマー（単量体）が多数結合した鎖状の巨大分子（ポリマー）であり、これによって高分子の性質が導かれると提唱し、彼の粘り強い努力によって1930年代には高分子の概念が科学界に定着した。この功績によって1953年にノーベル化学賞を受賞した。

ドイツ語に堪能なカロザースもデュポン社に入社直前の1927年頃に、シュタウディングーの一連のドイツ語論文を読んで、彼の高分子説に共鳴している。シュタウディングーは、カロザースに多大な影響を与えた科学者の一人であった。

同じくドイツ出身の偉大な科学者エミール・フィッシャー（Emil Fischer、1852-1919）もカロザースの憧れの存在で将来、彼のような化学者になることを目指していた。

エミール・フィッシャーは実業家の家に生まれ、父は彼が家業（材木商）を継ぐことを期待したが、科学以外に興味を持ってないことに気づき、科学へ

の道を歩むことを認めた。

彼は、1880年代に糖の合成、構造決定を確定し、醗酵の出発物質ブドウ糖の化学構造を確定したのである。

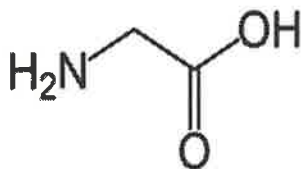
私も大学生の頃、有機化学の授業で彼が編み出したフィッシャー投影法をノートに書いて勉強したことを思い出す。3次元の立体を平面で書ける方法で今も化学の授業で使われている。

糖類の研究を完成させた後、1899年から1908年にかけてタンパク質の研究に取り組み、アミノ酸同士の結合はペプチド結合によることを示した。

タンパク質は20種類のアミノ酸という基本ユニットからできている。アミノ酸はアミノ基とカルボキシル基という二つの官能基を持ち、脱水縮合によってアミノ酸同士がつながりタンパク質を形成する。アミノ酸を連結していくことによってタンパク質が作られる。

私たちは日々、大量のアミノ酸を吸収し、それが混ざり合い全身を巡って、60兆の細胞でそれぞれさまざまなタンパク質になる。すなわち、生命システムは、タンパク質が寄り集まって動いている。つまり、我々の体を動かすためのありとあらゆる機能を受け持つ、極めて精妙な分子機械である。ある意味で、生命の機能を解き明かすということは、タンパク質の機能を解き明かすことでもある。

現在知られているほとんどの医薬は、タンパク質を標的にしている。したがって、医薬品も病気に関わっているタンパク質に結合し、その働きを調節することで症状を和らげる物質である。



アミノ酸

フィッシャーは実際、1907年にはアミノ酸16個からなるポリペプチドの合成に成功している。各アミノ酸は、アミノ基（ $-\text{NH}_2$ ）とカルボキシル基

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（本文）

(-COOH) の二つの官能基を含んでいる。この二つの官能基が反応すると、ジペプチド（二量体）ができ、さらに反応が進むとポリペプチドすなわちタンパク質ができる。（図2参照）

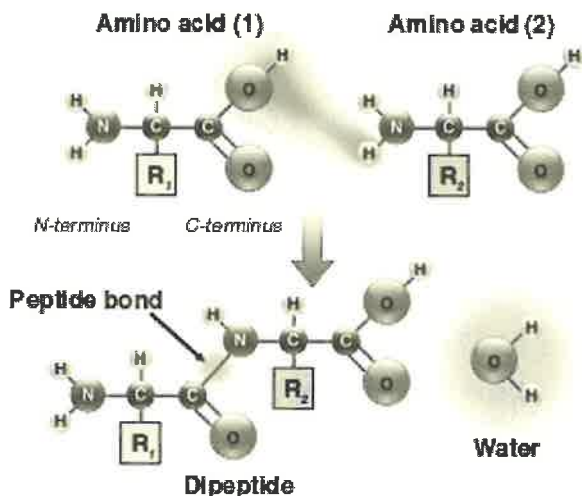


図2 2つのアミノ酸の脱水縮合によって形成するペプチド結合¹⁴⁾

彼はタンパク質と酵素についても先駆的な研究を行い、酵素の働き方を鍵と鍵穴の比喻で説明した。今でもこの比喻は、酵素を作り出す方法を理解するうえで欠かせない考え方になっている。

1892年にベルリン大学教授となり、糖の合成と構造決定に対して1902年にノーベル化学賞を受賞した。

この時期に、日本人で脚気の症状を抑える成分の米糠からの抽出（オリザニン）に成功した鈴木梅太郎（1874-1943）もエミール・フィッシャーの研究室に留学している。

日本が近代科学を取り入れたのは明治維新であり、それ以後西洋に追いつけ、追い越せで、優秀な人材を欧州に留学させている。

同じ明治時代に活躍した化学者池田菊苗（1864-1936）もその一人である。

1908年、東京帝国大学教授の池田菊苗が日本人の栄養状態を改善するために、昆布だしの味成分がたんぱく質を構成するアミノ酸のうちの一つ、グルタミン酸であることを発見した。

「旨味」の正体を世界で初めて突き止めたのである。そして翌1909年、実業家の鈴木三郎助（味の素グループの創業者）が、池田博士の研究に基づいて、家庭で使いやすいようにグルタミン酸とナトリウムを結合させたものを商品化した。世界初の旨味調味料「味の素」の誕生である。

カロザースの恩師アダムズ教授も1912年に学位を取得後、ドイツに留学しエミール・フィッシャーに学んでいる。世界最高の有機化学者フィッシャーの教えを受けるために、国境を越えて大勢の若い科学者が彼の研究室を訪れたのである。

フィッシャーは当時、世界最高の大学といわれたベルリン大学の教授を務めるなど、公的に幸せな人生に見えたが、私生活は決して幸せではなかった。妻は3人の男児を残して早世し、下の二人の子息の一人は第一次世界大戦で戦死し、もう一人は軍隊生活になじめず自殺した。フィッシャー自身もこの事実悲しんでうつ病にかかり、医者が癌と誤診したのを悲観して、1919年に二人の息子の後を追って自殺した。

23歳になったカロザースもこの訃報を聞いて、かなりショックを受けている。ドイツが生んだ世界で最高の有機化学者が世の中に生きる意味を見失うということはどういうことなのか、目標としていた雲のような存在であった偉大な化学者の自殺はカロザースにとってどうしても納得できなかったのである。

運命は皮肉なもので、18年後にまさか自分が自殺するとは、この時点では夢にも思わなかったに違いない。

フィッシャーにとって長男だけが父の後を継いで有機化学者となり、カリフォルニア大学教授となったのがせめての救いかも知れない。

2003年に人間のゲノム（DNAの塩基配列に刻まれた遺伝情報の全て）解読が完成した。私たちの細胞核の中にある全DNAには、4つの塩基（Aア

デニン、Tチミン、Gグアニン、Cシトシン）が32億個ほど配列していることが解読された。チンパンジーの配列と比較したところ、両者の違いは1.2%程度であり、何も人間が特別な存在でないことが科学的に証明された。

今後の研究は塩基配列上にある遺伝子を同定し、遺伝情報に組み込まれたタンパク質の構造や機能を解明することである。それにより、遺伝子発現の機構の解明、遺伝病の治療、再生医療への応用、タンパク質の機能の解明と創薬への適応など、数多くの未解決問題が山積している。

IV. デュポンという会社¹⁵⁾

カロザースが入社したデュポン社はどんな企業なのか簡単に振り返ってみよう。

デュポン社は1802年に黒色火薬の製造から事業をスタートしたいわゆる軍需産業の会社として創立されたアメリカ合衆国の化学会社である。

当時19世紀のアメリカは、西部開拓や南北戦争もあって火薬の需要は無限に等しかったので、莫大な収益を稼ぎ出した。

創業者はフランス出身のエルテール・イレーネ・デュポン（1771-1834）である。フランス革命を避けて、1800年に一家でアメリカに移住した。エルテール・イレーネ・デュポンは近代化学の創始者アントワーヌ＝ローラン・ドゥ・ラヴォアジエ（1743-1794）に師事し化学の知識があった。ラヴォアジエと言えば、化学反応の前後で物質の質量の総和は変わらないという「質量保存の法則」を1774年に発表し、近代化学の父と称された人物である。彼はさまざまな化学反応を分析して、物質は特定の元素からできているという仮説に辿り着く。

この仮説誕生の背景には、産業革命期の織物仕上げ業から酸・アルカリ工業への発展という化学現象を基礎にした技術革新があったことは明らかである。

さらに、酸素や水素を命名し、30以上の元素に新たな名前をつけ、今もそ

の大半はそのまま使われている。

しかし、残念ながらラヴォアジエはフランス革命中にギロチンで処刑された。彼の死を惜しんで数学者のラグランジュは次のように語っている。

「彼の頭はほんの一瞬で切り落とされたが、あれほどの頭脳を新たに生み出すには100年あっても足りないだろう」と彼の死を惜しんだ。

そんなラヴォアジエとデュボン社とが繋がっていたとは、新鮮な驚きであったが、創業者の父ピエール・サミュエル・デュボン（経済学者であり政治家）は、ラヴォアジエとは親友の仲であったのが縁である。

1810年代前半には、米国の最大の火薬会社となるが、第1次世界大戦の終結前に、デュボン社はそれまでに得た莫大な資金と爆薬製造で培った技術力をもとに、新たな分野へと打って出る決断をし、経営の軸足を化学製品へと移行することになった。

1920年代以降は5つの化学分野（化学合成、触媒反応、コロイド、重合、化学技術）に力を注ぎ、1928年にポリマー（重合体）の研究のためにカロザースを雇った。

どの時代にも企業は時代を先取りしたブランド力のある新たなモノやサービスを出さなければ生き残れない宿命を抱えている。

経済学者の伊藤元重教授は最近の著書『東大名物教授がゼミで教えている人生で大切なこと』のなかで次のように述べている。

「競争が激しいときに、企業が生き残る方法は三つしかありません。この三つのどれかをしないかぎり競争に敗れることになってしまいます。」

一つは今以上に頑張ること。二つ目は競争相手を消滅させる。その方法としてM&A（他の企業を合併・買収）。三つ目が差別化だ。特に、競争相手との違いを出さないと企業は生き残れないと断言している。

アメリカの経営学者 M. E. ポーターも競争戦略のなかで、競合に打ち勝つ3つの基本戦略を挙げている。一つ目がコストリーダーシップ、二つ目が差別化、三つ目が集中である。差別化とは、自社の製品・サービスを競合他社のものと差別化することによって顧客から評価を受ける戦略である。

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

これまで順調だったデュポン社も例外ではなかった。どんな時代でも、企業は変化に迅速に対応して動く存在である。社会の変化に適切に対応し消費者のニーズに応える新商品を提供する企業のみが生き残ることができる。

1929年10月24日、ニューヨークの株暴落に端を発した恐慌は世界を覆う闇となった。

デュポン社は、20世紀早々から火薬一辺倒から多角化戦略と同時に差別化戦略を開始している。

アメリカの急成長の波に乗って火薬会社からセルロース製品（セルロイド、人造皮革、人造絹糸など）を中心とした化学会社に変化し、成長した。1930年代には、デュポン黄金時代を迎え、世界ナンバーワンの化学会社に躍進した。

多角化経営を支える力となったのが数々の経営革新であった。それゆえ、デュポンは現代経営学の祖とも言われている。

たとえば、経営方法も創業以来直系社長によるワンマン社長体制から経営委員会を意思決定機関とする経営体制に切り替えたり、財務主導型経営を導入したり、マーケティング手法の導入などの時代を先取りした先進的な企業として成長した。

同じ時代、20世紀を象徴するアメリカの自動車産業が採用した生産・販売戦略の経営革新が起きた。注目すべきなのが、1903年にヘンリー・フォードがベルトコンベアーによる組み立てラインの導入による分業と流れ産業を自動車生産に持ち込み、当時高価だった自動車を一般市民にも手が届くようになった。生産工程が大幅に短縮され、機械が人間を支配することを風刺した喜劇王チャップリンの名作『モダンタイムズ』が誕生した。

この時代は自動車産業も化学産業も経営革新が必要であったのである。

1926年12月18日に、デュポン社の研究部長スタインが、利潤追求のための研究ではない、純粋の基礎研究のために年30万ドルの予算を重役会に承認させ、それを指導する人材を大学から引き抜こうとした。このような多額の研究費が認められた背景にはアメリカ経済の繁栄があった。

当初、アダムズ教授に打診があったが、アダムズ自身は入社を辞退（顧問として活躍）し、教え子のカロザースを推薦した。恩師の推薦を迷いに迷ったカロザースは1928年に年俸6000ドルでデュポン社に入社した。研究予算は事実上無制限に使えるという魅力的な誘いであった。

デュポン黄金時代にハーバード大学にいたカロザースは31歳になっていた。

「生涯、どこへ旅行し、どんな高級レストランやバーで飲食しようが、費用の一切は会社が持つ」という破格の待遇であった。

しかし、限られた最小限の公費のみで、生涯質素な生活を貫いた。

彼がデュポン社に入社した理由は、もちろん給与の面もあったが、潤沢な研究予算で恵まれた環境下での研究への専念や優秀な研究者を部下に持つことが出来たことが大きい。

入社後のカロザースは、自分の仕事に深く没頭してネオプレンの合成ゴムの成功を収め、1935年に世界初の合成繊維6,6-ナイロンの合成を成し遂げた。

その後のデュポン社は事業構造改革や組織改革、社内風土の改革に取り組んできたが、現代では、世界の化学会社の中での地位低下という趨勢を挽回することは出来ていない。

V. カロザースが苦しんだ病

人間には大きく楽観主義者と悲観主義者の2タイプがある。カロザースは明らかに後者であった。彼が楽観主義者で明るい性格の持ち主なら、彼の人生は変わっていたのかも知れない。

最近、オックスフォード大学感情神経科学センター教授のエレーヌ・フォックスは興味深い本を書いている¹⁶⁾。

この本では、ネガティブな心の動きとポジティブな心の動きは、それぞれ別の回路が働き、前者の回路を「レイニーブレイン（雨天脳）」、後者を「サニー

ブレイン（晴天脳）」と呼んでいる。

彼女は性格の形成にまつわる神秘は、科学（心理学、分子遺伝学、神経科学）の力で解き明かされはじめていると指摘している。性格形成の鍵は、人がどんな構造の遺伝子を授かったか、どんな出来事を経験するか、最後に起きた出来事をどのように見たり解釈したりするかという3つの要素が絡んでいると言っている。

この本を読んで、人間の性格を決めるのは「生まれか育ちか」と言う言葉を思い出した。現在は「遺伝子か環境か」と読み替えられている。

カロザースは単なるうつ病だけでなく、アルコール依存症でもあった。うつ病とアルコール依存症の合併症は、自殺の可能性を大きくする。これに借金苦が加われば、死のトライアングルと言われている。

死のトライアングルの2つをカロザースは持っていたことになる。したがって、自殺する可能性は非常に高かったのである。

アルコール依存性とは、服用を続けることによって、服用をやめたとき禁断症状としてひどい状態に陥ったりするためやめられなくなる。こうなると肝臓や腎臓の機能が低下したり、胃炎、神経炎、心臓肥大、心筋障害を生じたり、あるいは精神機能が衰え、幻覚に襲われたりする。

カロザースはお酒を飲めば、意識が朦朧状態になるまで飲み、禁酒時代（1920-1933）には密輸酒販売者から入手するほどであった。人格を失い、社会的にも失格してしまう直前までの状態であった。

彼のもう一つの病であるうつ病は、いままで「心の病気」と考えられていたが、現在では「脳の病気」と誰もが認識している。ただ、脳に病原菌や異変が発見できるわけでもないのので、うつ病の定義は非常に難しいと思う。

それに対して脳の病気としてアルツハイマー型認知症がある。これは、認知機能低下、人格の変化を主な症状とする認知症の一種であるが、明らかにアルツハイマー病の特徴として脳の異変が生じる。下記にその症状を示す。

- 患者の脳が神経細胞脱落によって顕著な萎縮を示すこと。
- 神経細胞内に線維状の物質が蓄積した神経原線維変化が見られるこ

と。

- 大脳皮質の広範な部分に老人斑と呼ばれる斑状の蓄積物が存在することなどがある。

うつ病になると、脳内神経伝達物質セロトニン、ドーパミンなどの働きが弱くなることが知られているが、脳に目立った異変は見つからないので、うつ病の診断は難しい。

それに加えて、カロザースが生きた時代には抗うつ薬もなかったし、そもそもうつ病の知識も乏しかったと思われる。

日経プラスニュースのテレビ番組で、うつ病の特集をしていた。そのなかで、うつ病の初期症状として7つの項目を挙げていた。

1. 物事の悪い面を見てくよくよ悩む
2. ちょっとしたことで涙ぐんでしまう
3. おいしいものでも食べたいと思わない
4. 寝付けない夜中や朝方に目が覚める
5. 何かをやろうという気が湧かない
6. 自分を「ふがないダメなヤツだ」と思う
7. 自分なんかこの世から消えてしまった方がいいと思う

このような症状が2週間続くと、うつ病の可能性があるという番組で紹介していた。さらに、周囲が気を付けたい自殺のサインを10項目挙げていた。

1. うつ病の症状（気分が沈む、自分を責める、不眠が続く）がある
2. 原因不明の身体の不調が長引いている
3. 酒量が増す
4. 身の安全や健康を考えないような、通常はしない行動を取るようになった
5. 仕事の負担が急に増える、大きな失敗をする、職を失う
6. 職場や家庭でサポートを得られない

7. 本人にとって価値のあるもの（職場、地位、家族、財産など）を失った
8. 重症の身体の病気にかかる
9. 自殺を口にする
10. 自殺未遂をした

カロザースは少なくとも 1. 3. 5. 9. 10項目は当てはまるので、自殺の可能性は非常に高く、いつ自殺してもおかしくない状態だったと思われる。

日本では現在、職場うつや人間関係でうつに罹患している人が増えている。几帳面で真面目な性格がうつ病に罹りやすいとも言われている。

また、年間3万人の自死の9割がうつ病などの精神疾患にかかっていたと言われている。

厚生省の調べによれば、1999年から2005年の6年間で、うつ病患者は2倍以上に激増し、うつ病患者100万人突破の時代を迎えている。この6年間に日本では何があったのか。確かにバブル崩壊後の日本経済の停滞、終身雇用の終焉により社会不安が増大した。2001年には日本政府が戦後初めて日本経済がデフレにあると認めた。

また、グローバル競争の激化、少子高齢化や人口減、ITの導入、非正規雇用により労働者のストレスが増加やリストラのために一人当たりの仕事量が増えたなどの日本社会の環境の変化が要因となった一面もある。しかし、社会の環境要因が本当にうつ病患者の増加の原因なのか検証する必要がある。

カロザースはデュポン社入社当時からうつ病気味であったが、ポリマー合成成功の頃から精神状態が悪化して才能の枯渇を恐れるようになった。これに反して、カロザースに対する世間の期待は大きくなった。この期待に応えるのが大きな重荷となり、この重荷に耐えられなくなったと推測する。

彼は年を重ねるにつれてうつ病が悪化し、上で述べたように、1937年にフィラデルフィアのホテルで青酸カリを飲んで自殺を遂げた。

そこに至る苦悩は、他人には計り知れない壮絶なものだったに違いない。

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

自分の合成したナイロンが未来の世界でこれほどまでに重要な物質になるとは、夢にも思わなかったに違いない。不幸なことに、カロザースは、自分の発明が大きく発展することを見られなかった。

ナイロンが公式に発表されたのは彼の死の2年後のことであった。

VI. なぜカロザースはナイロンを発明できたのか

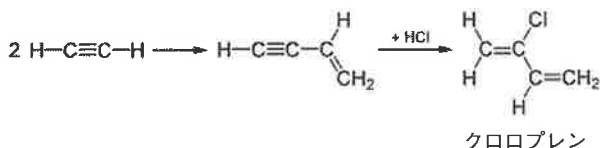
カロザースは、デュポン社に入社直前の1927年頃に、シュタウディングーの高分子説に興味を持ち、彼のドイツ語論文を読み、高分子説の真意を実験で確認したいと思った。

彼が高分子説を受け入れた背景には、シュタウディングーがケクレ流の古典有機構造化学を基礎として重合物を解明した点に深く共鳴したことが挙げられる。

彼は高分子説を確立するために、ポリマー合成を研究班の研究テーマとした。

1930年4月17日、実験段階ではあったがクロロプレンの重合による合成ゴムと、ポリエチレンのポリマー合成に成功し、翌1931年、合成ゴムの研究は史上初の商品「ネオプレン」として実を結んだ。ネオプレンの原料はクロロプレンである。

クロロプレンはアセチレンの2量化によって得られるビニルアセチレンへの塩化水素の付加反応によって合成される。（下図の反応式参照）



その後もポリマーの研究を続けた結果、1935年に世界初の合成繊維6,6-ナイロンの合成に成功した。

カロザースは天然の絹に近い素材を目指した。絹は蚕が蛹（さなぎ）とな

る自分自身を包み込むために吐き出すものであり、作られた繭（まゆ）を温湯でほぐし引き出し、束ねて糸（生糸）を得る。

絹はタンパク質なので、天然のタンパク質のように20種類のアミノ酸を巧妙にコントロールしながら、ポリアミドにしていくのは不可能だから、アミノ基を2個持ったジアミン ($\text{H}_2\text{N}-\text{R}-\text{NH}_2$) とカルボキシル基を2個持ったジカルボン酸 ($\text{HOOC}-\text{R}-\text{COOH}$) とを用意する。これを縮合重合させれば、ポリアミドになると考えたと思われる。

科学の研究の発端は、科学者個人の知的好奇心や発想に基づいている。研究とは、自分で考えて、自分でフロンティアを探求するものである。

カロザースも何とかして鋼鉄よりも強い繊維を探したいという願望が研究に駆り立てたのである。そこには想像力やひらめきが土台となり、そこから論理を組み立てて筋道をつけ、実験や理論の構築へと進んでいく。

カロザースは構造式の末端の官能基に注目した。アジピン酸の末端基のジカルボン酸とヘキサメチレンジアミンの末端基のジアミンである。化学構造式は化学の一分野で、分子の中で様々な原子がどのように結合しているのか正確に決める学問である。

彼の脳裏には以前、ドイツ語の論文に書かれたフィッシャーのアミノ酸同士の結合がペプチド結合だったことを思い描いたに違いない。

その結果、カロザースがナイロンの原料として、試行錯誤の結果、アジピン酸 ($\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$) とヘキサメチレンジアミン ($\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$) を選択したのである。

特に苦労したのは、カルボン酸 (HOOC) とアミノ基 (H_2N) の間にメチレン基 (CH_2) を何個にすれば良いのかに悩んだ。メチレン基が多くあるほど、生成したポリアミドの融点が低くなることを実験で確かめた。

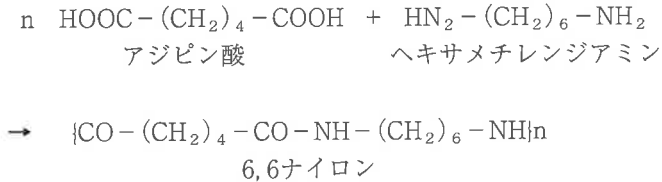
融点が低いと実用に悪くないが、高すぎると製造が困難になる。それに溶解度や糸の感じ、光沢、染色などを考慮するとメチレン基が平均で5個くらいのところがいいと実験データから判断した。

試行錯誤の結果、ナイロンの材料としてアジピン酸とヘキサメチレンジア

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

ミンに落ち着いたのである。

いずれの化合物にも炭素が6個あるので、6,6-ナイロンやポリアミド6-6と呼ばれた。（下図の反応式参照）



ナイロンの合成は、2つの試薬を重合させると出来るが、ナイロンのキャッチコピーである「クモの糸より細く、鋼鉄よりも強い繊維」を実現するには、「冷延伸法」の手法が必要となる。

冷延伸法で丈夫な繊維ができるのは、長い分子の鎖を一方向に揃えて束にし、糸をより合わせて丈夫なロープを作るような効果を挙げたと考えれば説明がつく。

一般に合成繊維は熱して溶かした液状高分子をノズルから押し出し、それをドラムに巻きつけて高速回転させて作る。

実験室でも溶けたポリマーをガラス棒につけて引っ張ると、糸のようにどこまでも伸びることをデュポン社の若手研究員が偶然発見したのである。万全を尽くして実験を重ねるのも重要であるが、時には角度を変えて、遊び心を取り入れるのも重要である。

「天才とは、1パーセントのひらめきと99パーセントの汗と努力の賜物である」という発明王トーマス・エジソン（1847-1931）の言葉はあまりにも有名であるが、エジソンのいうひらめきとは何か。人間になぜひらめきが起こるのか？ひらめきの現象を脳科学ではどのように説明できるのか？

ひらめきは、一瞬にして脳に訪れるのか？結果だけを見ると、確かにそのように言えるが、実際はそんな単純ではない気がする。いくつかの段階を踏んで出現するものであると思う。

多くの科学者は研究の過程で論理的に考えて答えを得る場合と、パッとひ

らめいて分かる時がある。私自身はこの二つが必要であると考えている。

ケクレが一匹の蛇が自分の尻尾を噛んで環のようになり、グルグル回っている夢を見て、ベンゼンの環状構造がひらめいたように、またメンデレーエフがソリティアのトランプ遊びに没頭しているときに周期律表の発見にひらめいた。アイザック・ニュートンもリングが落ちるのを見て万有引力の発見にたどり着いた。

それぞれひらめいた場面は異なるが、ある問題について長い間思考し続けて、あるとき一瞬のひらめきが、それぞれの脳に訪れたのである。ひらめきは集中的な努力をした後で、ゆっくりとリラックスしている時に訪れる傾向がある。つまり、集中とリラックスの両方が必要であるとも思う。

ひらめきの瞬間、脳のさまざまな領域にわたって神経細胞（ニューロン）が一斉に活動し、神経細胞同士を結ぶシナプスが強められ、ニューロン同士でネットワークを作る。その結果、脳の神経回路の構造が変わるのかも知れない。

なぜ、カロザースはナイロンを発明できたのか？彼の脳にもナイロン発見のひらめきが訪れたに違いない。

もうひとつ重要なのは、巨人の肩の上に立つことが出来たからである。科学は積み上げの学問であり、先人（ヘルマン・シュタウディングー、エミール・フィッシャなど）が得た知識を土台にして発展していく。

カロザースも先人の研究に対して敬意をはらい、それに則って自分はいまここで研究しているという強い思いと謙虚さがあった。科学というものが、それまでの知の蓄積上に成り立っていることを、彼は身を持って証明したのである。

カロザースは「今日得られる化学上の知識は昨日の知識の続きにすぎない。いろんな知識が積み重なってそれを土台に一步踏み出した時に前といかにも違ったような外観のする知識が得られるのだ。」と述べている。

VII. 終わりに

ナイロンは誰もが知っているが、ナイロンを発明した人は誰かと聞けば、答えられる人は恐らく10人中一人いればいいところである。カロザースという名はいつか忘れ去られる運命なのかも知れない。

カロザースが発明したナイロンは、天然綿から合成繊維への転換をもたらし、世界を変える偉大な発明だった。

しかしながら死亡した当時は、ナイロンはデュポン社の企業秘密だったため、功績の大きさにも関わらず、カロザースは無名のままこの世を去った。

カロザースは生涯中に高分子に関する52の論文、69の米国特許を取得した功績で、2000年11月、没後63年後にアメリカ科学振興協会から、ようやく表彰を受けた。

カロザースの生涯を振り返ると、カロザースの人生ははたして幸せだったのかと、ふと思う時がある。誰もが1回限りの人生を幸せに過ごしたいと願う。彼も例外ではなく、幸せな人生を送りたいと切に願っていたと思う。

彼の場合は少なくとも、才能に恵まれ、恩師にも恵まれて普通の生活をすれば、幸せな人生を送れたのだが…。彼がデュポン社に就職せずに、大学に残っていたらその後の人生はどうなっていたのかと想像する。

イギリスの経済学者アダム・スミス（Adam Smith、1723–1790）は幸福の定義として、健康であること、負債がないこと、良心にやましいところがないことの3つを挙げている。カロザースは最初の健康で躓いたことになる。持病のうつ病とアルコール依存症のため、幸せな人生を全うすることは出来なかったのは、非常に残念である。

ノーベルは人類のより良い生活につながる発明にノーベル賞を与えると遺言を残した。その遺言に従えば、カロザースのナイロンの発明はノーベル賞に値すると思う。

しかし、故人となった今では、その実現は不可能である。

彼が何よりも恐れていたのは、科学的なアイデアの枯渇であった。化学の

面白さに堪能し、化学に魅了されたが、同時に化学の犠牲者でもあった気がする。

カロザースに対する印象をデュボン社の研究部長スタインは次のように語っている。

「幅広く、深い知識を持つ優れた実験家で、非常に我慢強く、疲れを知らない、自分の仕事に深く没頭した研究者であった」と高く評価している。

ピーター・アトキンス教授が指摘したように、化学の恵みがなければ、インターネットで活躍する半導体も、衣料や化学繊維も、肥料や殺虫剤がなければ、夥しい人が餓死する。

ナイロンの発明も化学の恵みの一つかもしれない。だが、私たちの生活に潤いを与えたことは間違いない。

最後に、カロザース亡き後のデュボン社の合成繊維の取り組みについて紹介する。ナイロンを発明したあと、同社はポリエステル繊維の〈ダクロン〉やアクリル繊維の〈オリオン〉、ポリウレタン系の〈ライクラ〉といった合成繊維の開発に取り組んだ。

特に、1946年同社に入社したステファニー・クウォレク（女性科学者）は、芳香族ポリアミドを研究して、弾力のある新たな合成繊維を開発するなかで、1971年〈ケブラー〉と呼ばれる防弾チョッキや鋼鉄より5倍強いヘルメットを開発し、多くの兵士たちの命を救う軽くて強靱な合成繊維を生み出した。

この功績により、彼女は1995年に全米発明家殿堂に入り、97年にはアメリカ化学会からパーキン・メダルを授与されている¹⁷⁾。

カロザースの伝統を引き継いで、第二のカロザースが出現していることが何よりの救いでもある。カロザースも草葉の陰で微笑んでいるかも知れない。

《参考文献》

- 1) 2014年6月28日付読売新聞朝刊掲載
- 2) 『ナイロンの発見』 井本稔著（東京化学同人、1971）
- 3) 『ナイロン発明の衝撃』 井上尚之著（関西学院大学出版会、2006）
- 4) 『人物化学史』 島尾永康著（朝倉書店、2002）

ナイロンを発明した化学者の短い生涯（文本）

- 5) 2014年9月20日付読売新聞朝刊掲載
- 6) <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A6%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%83%AC%E3%82%B9%E3%83%BB%E3%82%AB%E3%83%AD%E3%82%B6%E3%83%BC%E3%82%B9>
- 7) 『入門 現代物理学』 小山慶太著（中公新書 2014）
- 8) 『死ぬまでに学びたい5つの物理学』 山口栄一著 筑摩書房（2014）
- 9) 『化学 美しい原理と恵み』 ビーター・アトキンス著（丸善出版株式会社 2014）
- 10) 『〈科学ブーム〉の構造 科学技術が神話を生み出すとき』 五島綾子著 みすず書房（2014）
- 11) 『科学史人物事典』 小山慶太著（中公新書 2013）
- 12) 『「地球のからくり」に挑む』 大河内直彦著（新潮新書、2012）
- 13) 2014年12月9日付読売新聞朝刊掲載
- 14) <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9A%E3%83%97%E3%83%81%E3%83%89%E7%B5%90%E5%90%88>
- 15) 『世界の化学企業』 田島慶三著 東京化学同人（2014）
- 16) 『脳科学は人格を変えられるか?』 エレーヌ・フォックス著 文藝春秋（2014）
- 17) 『戦争と科学者 世界史を変えた25人の発明と生涯』 トマス・J・クローウェル著 原書房（2012）

