

題名	努力はいつか実を結ぶ
Title	The Harder One Works the More Luck One Gets
著者名	マイケル・シュワルツ
Author(s)	Michael Szwarc
言語 Language	日本語・英語 Japanese, English
書名	稲盛財団：京都賞と助成金
Book title	The Inamori Foundation: Kyoto Prizes & Inamori Grants
受賞回	7
受賞年度	1991
出版者	財団法人 稲盛財団
Publisher	The Inamori Foundation
発行日 Issue Date	4/30/1993
開始ページ Start page	94
終了ページ End page	108
ISBN	978-4-900663-07-7

努力はいつか実を結ぶ

マイケル・シュワルツ

私達の仕事を認めていただいたことに心からお礼を申し上げます。認めてもらうということが、私はなによりも重要だと考えております。

まず初めに、私がなぜ高分子化学に興味を持つようになったのかをお話しましょう。私は子供の頃から化学が大好きでした。学校では物理、化学、数学をたくさん勉強しました。私が大学で研究活動を始めたのは第二次世界大戦のあとで、英国のマンチェスターでマイケル・ポラニー教授のグループに参加してからのことです。その時、私は36歳でした。

私は1909年にポーランド南西部の小都市ベンツィーンで生まれました。私が3歳の時、両親はポーランドの首都ワルシャワへ引っ越しました。私はそこで育ち、学校へ通い、18歳の時にワルシャワ理工科大学（ワルシャワ・ポリテクニク）の化学科で勉強を始めたのです。1932年に卒業し、化学工学士の学位を取得しました。ちょうどその頃、冶金工場をいくつか経営していた父が手術を受けましたが、もとのようには回復しませんでした。ひどい時代で、30年代の不況のため、職を得ることは極めて困難でした。結局私は、小さな薬品工場で安月給の仕事に就きました。薬用の純無機塩をつくる仕事です。そして、1933年の秋、当時ワルシャワ大学の学生だった現在の妻と結婚しました。

1935年、熱烈なシオニストだった義父ヒラリー・フレンケルの影響で、当時パレスチナと呼ばれていたイギリスの委任統治領への移住許可を得て、私達夫婦は義父母とともに移住しました。パレスチナの経済状態もひどいもので、ナチス・ドイツの迫害から逃れてきた知識人や医者、科学者などが何人もいて、みんな仕事を探していました。そんな状態でしたから、私の専門分野で職にありつくことはほとんど不可能でした。3か月間職探しをしましたが見つからず、結局、義父の力添えで、エルサレムにあるヘブライ大学の有機物研究所でボランティアとして働く権利を得たのです。おかげで化学者としての仕事を開始することができました。その大学はまだ拡張の途上にあり、化学科もできたばかりで、私が行った翌年に第1期の化学科卒業生を送り出したような状況でした。私は学生達を教えながら、有機物研究所を管理し、有機ヒ素誘導体の合成について研究していましたが、所長のM・ワイツマン教授がこの研究に興味を示してくれました。その後も研究を続け、私は、1942年に博士号を取得しました。また、お金を稼ぐため、大学で守衛として働き、ライフルを持って警備にあたりました。当時は、ユダヤの施設を焼き落とそうと狙うアラブの暴徒に、いつなんどき襲われるかわからないような状況だったからです。

1936年に息子が生まれ、その1か月後に父が他界しました。父は自分に似た孫の写

THE HARDER ONE WORKS THE MORE LUCK ONE GETS

Michael Szwarc

Thank you, thank you very much for the recognition of our work, and it is the recognition that I value most.

First, let me tell you how I became interested in polymer chemistry. Science fascinated me from childhood. In school I devoted much time to studies of physics, chemistry and mathematics. My academic carrier started after the Second World War when I joined a group under Professor Michael Polanyi in Manchester, England. I was 36 years old at that time.

I was born in 1909 in Bendzin, Poland, a small city in the southwest part of Poland. When I was three years old my parents moved to Warsaw, the capital of Poland. There I grew up, went to schools, and at the age of eighteen started my studies in the chemistry department of Warsaw Polytechnic (Warsaw Polytechnic Institute) graduating with a title of Chemical Engineer in 1932. About that time my father, a businessman representing some metallurgic factories, underwent surgery from which he never recovered. The time was bad, it was the depression of the thirties, and it was very hard to get a job. Eventually, I got a poorly paid job in a small pharmaceutical factory. My duty was to produce pharmacopoeia pure inorganic salts. At that time, in the fall of 1933, I married my present wife who was then a student in Warsaw University.

In 1935, due to the influence of my father-in-law, Hilary Frenkel, who was an active and devoted Zionist, we secured a permit to emigrate to what was known then as Palestine, a British mandate territory. We left together: my parents-in-law, my wife and I. The economic situation in Palestine was also bad. There were many professional people, doctors, scientists, etc., who left Nazi Germany where they were persecuted, and they all were looking for employment. Therefore, it was nearly impossible to get a position in my field. After three months of fruitless search for any position, I got, with the help of my father-in-law, the privilege to work in the organic laboratory of The Hebrew University in Jerusalem as an unpaid volunteer. This allowed me to practice my profession as a chemist. The university was in the process of creation, we just started the chemistry department and a year later we got the first chemistry under-graduates. I was engaged in teaching the students, supervising their organic laboratory, and working on the synthesis of some organo-arsenic derivatives which interested the head of the organic laboratory, Professor M. Weizmann. The latter work gained me a Ph. D degree, which I got in 1942. To earn money I was working as a night watchman, guarding the university with a rifle since we were in the midst of riots by Arabs, who attempted to burn the Jewish settlements.

真を見ることができて幸せでした。10年前に受けた手術の失敗により体調が回復せず、それがもとで心臓発作を起こし、帰らぬ人となったのです。まだ56歳でした。母と妹達がワルシャワに残されてしまいました。一方、妻は両親とテルアビブに住んでいました。私の守衛の給料では、二人が食べていくことができなかったからです。1年半後、私はやはり給料は安いながらも、やっと大学で安定した職を得て、妻子をエルサレムに呼び寄せることができました。この時ほど幸せな気分になったことはありませんでした。その頃化学科にフォアコシュ教授が赴任してきました。フォアコシュ教授は優れた物理化学者でそれまで英国ケンブリッジ大学のエリック・リディール教授のグループで研究をしていた人です。私は物理化学にたいへん関心があったのですが、この教授のグループに入ることができなかったため、やむなく有機化学グループで研究を続けました。

1942年、ロンメル元帥率いるドイツ軍が北アメリカに上陸すると、イギリス軍はさまざまな物品の不足に苦しむようになりました。というのは、イタリアとドイツに制海権を取られていたため、本国から船で物を送ることができなくなったからです。私は産業活動に乗り出して小さな工場をいくつか建て、必要物資を生産しました。一生懸命働いたこともあって稼ぎもよくなり、産業活動のためにエジプトやバイルートへ行ったりしました。終戦時には貯金がずいぶんできていたので、イギリスの著名な大学へ行って、物理化学を研究してみようということになりました。フォアコシュ教授はマンチェスター大学のマイケル・ボラニー教授のところへ行くよう勧めてくれましたが、これはたいへんな幸運でした。これで私の人生が変わったのです。

マイケル・ボラニーは最も刺激的な化学者で、同年代の物理化学者の中で最も才能に恵まれていたといってもいいでしょう。私は何と奨学金もない大学院生として受け入れられたのです。結局、私は英語をほとんど話せない外国人であり、イギリスのこの恐ろしい戦争ですっかり疲弊していたのです。マンチェスターに着いたのは1945年の秋。私は36歳になっていました。ボラニーが私の研究課題として示してくれたのは、数年前に彼がバトラーとともに考案した熱分解法を使って、ヨウ化ベンジルのC-I結合解離エネルギーを測定することでした。

数か月研究に励んだのち、私はこの方法では思いどおりの結果が得られないという結論に達し、トルエンのC-H結合解離エネルギーを研究したほうがいいのかと話してみました。ボラニーは私の提案した方法がうまくいくかどうか疑問に思ったようでしたが、「やってごらんなさい」と言ってくれました。この方法は非常にうまくいき、その成果を見てボラニーは俄然乗り気になりました。数か月のうちに私はト

In 1936 my son was born and one month later my father passed away. He was happy to see the photograph of the baby which looked like him. A heart attack killed him at the age of 56, the result of the unsuccessful surgery performed 10 years earlier from which he never recovered. My mother was left with my sisters in Warsaw. My wife lived with her parents in Tel-Aviv, my night watchman's salary was not sufficient to feed us both. One and a half years later I got a permanent, still low paid, position in the university that permitted me to bring my wife and son to Jerusalem. I felt very rich! The department was joined at that time by Professor L. Farkas, a prominent physical chemist who worked previously at Cambridge University, England in a group under Professor Eric Rideal. Physical chemistry interested me most, but no position was available in his group and I had to continue in the organic chemistry group.

In 1942, as Rommel's army landed in North Africa, the British army was in need of various products which could not be shipped from England because the sea was under Italian and German control. I got into industrial activity building small factories producing the required supplies. I was working very hard but paid well. My industrial activity brought me to Egypt and later to Beirut. At the end of the war I had enough money saved to allow me to go to a prominent English University and start a scientific career in the field of physical chemistry. Professor Farkas advised me to apply to Professor Michael Polanyi at the University of Manchester, England. This was my greatest luck; it changed my life.

Michael Polanyi was the most inspiring scientist, perhaps the most gifted physical chemist of his generation. I was accepted as a graduate student with no scholarship! After all I was a foreigner, hardly speaking any English, and England was economically exhausted after this terrible war. I arrived in Manchester in the fall of 1945 at the age of 36. Polanyi suggested as the subject of my research the determination of the C-I bond dissociation energy of benzyl iodide using a pyrolytic method developed few years earlier by him and Buttler.

After a few months of hard work I came to the conclusion that this method would not lead to the desired results and suggested instead to investigate the C-H bond dissociation energy of toluene. Polanyi doubted whether the approach I proposed would work, but said "try it." This turned out to be a most successful study and as the results appeared Polanyi got enthusiastic. Within a few months I determined the C-H bond dissociation energy of toluene and proved that the $\text{PhCH}_2\text{-H}$ bond is weaker than the Ph-CH_3 bond, contrary to the belief of those days. I extended this study to the determination of the C-H bond dissociation energies of the xylenes, in an attempt to study the effect of substituents on the

ルエンのC-H結合解離エネルギーを測定し、 $\text{phCH}_2\text{-H}$ 結合が ph-CH_3 結合よりも弱いことを証明したのです。これは当時の一般的見解を覆すものでした。さらに研究を進めてキシレンのC-H結合解離エネルギーの測定も行い、置換基が結合解離エネルギーに及ぼす影響の研究を試みました。イギリスへ渡って8か月が過ぎた頃、私は博士論文に値する研究をしたと言われ（規則により1947年に博士号を取得しました）、この時にポラニーは、栄誉あるICI特別研究員の職を提供してくれたのです。そこで私は妻と二人の子供（1942年に娘が生まれた）をイギリスへ呼びました。当時は本当に恵まれた時期でしたが、貯金は底をつきかけていました。

トルエンとキシレンのC-H結合解離エネルギーの研究結果を発表する準備ができ、私はポラニーのところへ論文の原稿を持っていきました。彼は注意深く目を通し、何か所か直したほうがいいと指摘し、その理由を説明してくれました。論文を打ち直して見せにいくと、ポラニーはまた訂正してくれました。打ち直しと訂正をさらに4回繰り返したのち、やっとポラニーから、これで発表してもいいだろうという言葉もらったのです。「どの雑誌に発表しましょうか」と尋ねますと、ポラニーは答えました。「あなたの論文なのだからあなたが発表すればいいですよ」。私は今でも、ポラニーとの共同論文がないことを残念に思っています。その後、私は大きな研究所に移り、大学院生達の助けを借りて研究を進めました。私は非常に効果的な結合解離エネルギー測定技術を考案し（この技術はのちにトルエン担体法と呼ばれるようになりました）、多くの多原子有機化合物に応用しました。

1947年、ファラデー協会の戦後第1回会議がオックスフォードで開かれ、この国際的会議で、私は初めて二つの論文を発表しました。一つはトルエンとキシレンのC-H結合解離に関するもので、もう一つは興味深いキノイド炭化水素、パラキシレンの組成とそのポリパラキシレンへの重合に関するものです。この炭化水素については理論化学者がすでに論じていましたが、まだつくられていませんでした。私はそれをパラキシレンの熱分解によって生成して、その構成を証明し、非常に変わった性質とその重合を徹底的に研究したのです。どちらの論文も好評で、その後アメリカの著名な化学者が何名か私の研究室にやって来ました。その中で、プリンストン大学大学院委員長のヒュー・テイラー教授と、高分子化学の創始者ハーマン・マーク氏が、私を高分子化学者だと判断してくれました。私が新しいモノマーと、その慣例にとらわれない重合を発見したからです。実はその時、私はポリマーや重合についてはあまりよく知らなかったのです。私はテイラー教授から、アメリカへ来て大学や産業研究機関で巡回講演をしないかと持ちかけられました。これは実に興味をそそる話

bond dissociation energy. Eight months after my arrival to England I was told that I did enough work for my Ph. D thesis (the degree I got in 1947 due to the regulations), and at that time Polanyi offered me the prestigious ICI fellowship. I then brought to England my wife and two children, my daughter having been born in 1942. It was the utmost time, my savings were nearly exhausted.

The results of the studies of C-H bond dissociation energy in toluene and the xylenes were prepared for publication. I brought the draft of the paper to Polanyi. He carefully went over it, explaining why he proposed some changes. The paper was retyped and Polanyi improved it again. The retyping and further corrections continued four times, and eventually Polanyi said that the final draft could be sent for publication. I asked to what journal should we send it. Polanyi replied "it is your paper you are publishing it." I still regret that I have no papers jointly with Polanyi. Subsequently, I got a larger laboratory and graduate students to help in my research. I developed a most prolific technique for determination of bond dissociation energies, referred to later as the toluene carrier technique, and applied it to many polyatomic organic compounds.

In 1947, the first postwar meeting of the Faraday Society took place in Oxford. It was an international meeting and I presented for the first time two papers: one on the C-H bond dissociation in toluene and the xylenes, the other on the formation of an intriguing quinonoid hydrocarbon, p-xylylene, and its polymerization to poly-paraxylylene. This hydrocarbon was anticipated by the theoretical chemists but never produced before. I got it as a product of pyrolysis of p-xylylene, proved its structure, and thoroughly investigated its most unusual properties and its polymerization. Both papers were well received and subsequently several distinguished American scientists visited me in my laboratory. Amongst them were Hugh Taylor, the dean of the Graduate School in Princeton University, and Herman Mark, a pioneer in polymer chemistry, who decided that I was a polymer chemist since I had discovered a new monomer and its unconventional polymerization. In fact, I did not know much about polymers and polymerization at that time. Professor Taylor asked whether I would like to visit America and go on a lecture tour of American Universities and Industrial Research Laboratories. This suggestion was attractive and Professor Taylor promised to organize such a tour.

The invitation came in 1950. Professor Taylor organized a most extensive tour taking me through virtually all the United States and Canada. I lectured in 45 Universities and Research Laboratories. It was an exciting experience, enjoyable and very educational, lasting for four months. During that visit Dr. Mark invited me to Brooklyn Polytechnic Institute and then to the Gordon Research

で、テイラー教授は講演日程を組むと約束してくれました。

招待状は1950年に届きました。テイラー教授は実に広範囲にわたる巡回講演を組み、私はアメリカのほぼ全域とカナダを回ることになりました。そして45か所の大学と研究所で講演したのですが、4か月にわたるこの巡回講演は刺激的で、楽しく、実にためになる経験でした。この間、マーク博士は私をブルックリン・ポリテクニクとゴードン・ポリマー学会に招待してくれました。そこで私は多くの一流高分子化学者に会い、この分野の状況について多くを学びとったのです。

そうこうするうち、石油カーボンや石油化学製品で知られる、ある石油会社の理事だったキント博士の協力を得て、私はパラキシリレンとそのポリマーの特許を申請しました。さらに私は石油カーボン会社の顧問となり、そこでパラキシリレンの研究を続けました。意味深いことに、この問題に関して私が最初に発表したパラキシリレン研究が2週間で完成したのに対し、その商業的応用のための開発研究には、10年以上かかったのです。この開発研究はユニオン・カーバイド社のW・F・ゴーラム博士によって成し遂げられ、生成物は今、パリレンという名前で売られています。

1951年、私は再びアメリカを訪れました。アメリカ化学協会の第75回記念総会に招かれたのです。この2回目の訪問の間に、シラキュースのニューヨーク州立大学で当時学部長をしていたエドウィン・ジャー教授から、物理化学と高分子化学の教授にならないかという話がありました。この話は魅力的でやりがいのあるものでした。躍進中のニューヨーク州立大学(SUNY)に化学科をつくるのです。私は了解し、マンチェスターでの仕事を仕上げるまで1年待つてほしいと伝えました。当時7人の大学院生を受け持っていたからです。

私は1952年の秋に、家族と3人のマンチェスターの教え子連れてシラキュースへ行きました。それからの3か月間はフル操業でした。私は全米科学財団をはじめ、いくつかの政府機関から研究費用の援助を受けました。そして、結合解離エネルギーの研究を補完するため、基礎化学研究を行うとともに、同僚のビビアン・スタネットとの共同で、高分子膜による気体・蒸気の浸透研究を進めました。この浸透研究の最も興味深い成果は、浸透弁膜の開発でした。浸透弁膜というのは、水蒸気のある方向へす早く通すけれども、反対方向にはゆっくりとしか通さない膜のことです。また、この時私は、芳香族化合物、オレフィン化合物、アセチレン化合物など、メチル親和力によるさまざまな化合物に、少量のラジカルを付加した場合の速度定数を測定するための効果的方法を考え出しました。この研究はケージ反応など、関連問題の研究にもつながりました。

Conference on Polymers. I met there most of the leading polymer chemists and learned much about the state of this field.

In the meantime, with the help of Dr. Kind, a director of a petroleum concern known as Petrocarbon and Petrochemicals, I applied for a patent on paraxylylene and its polymers. I became also a consultant to Petrocarbon Co. and the development work on paraxylylene was continued there. Significantly, the work on paraxylylene described in my first publication on this subject was completed in two weeks, whereas the development work that led to its commercial application took more than 10 years. It was successfully accomplished by Dr. W.F. Gorham of Union Carbide and the product is marketed now under the name of Parylene.

In 1951 I was invited again to the United States by the American Chemical Society for their 75th Jubilee Meeting. During the second visit I got an offer from Professor Edwin Jahn, then Dean of New York State College in Syracuse, N.Y., to be the Professor of Physical and Polymer Chemistry. The offer was attractive and challenging—to build a chemistry department in the newly developing State University of New York (SUNY). I accepted it, saying it would take me a year to wind up my work in Manchester. I had at that time seven graduate students.

I came to Syracuse in the fall of 1952 and brought with me my family and three of my Manchester students. Within three months we were in full swing. I got support for our studies from the National Science Foundation and a few other government institutions. The work on bond dissociation energies was supplemented by studies of radical chemistry and simultaneously by the investigation of permeation of gases and vapors through polymeric films, an investigation carried out jointly with my colleague Vivian Stannett. The most interesting outcome of the permeation work was the development of the permeation valve, films permeating water vapor rapidly in one direction but slowly in the other one. At that time I developed also a prolific method for determining the rate constants of the addition of small radicals to a variety of aromatic, olefinic and acetylenic compounds referred to as methyl affinities. This work led also to studies of cage reactions and related problems.

In this period I had a postdoc, my former student Charles Leigh, working in Brookhaven National Laboratory on C-C bond dissociation of ethylene using radioactive tracers. I was coming to Brookhaven once a month to supervise the progress of his work. On one of these visits I met Professor Samuel Weissman. Charles and I had just published a paper on methyl affinity of aromatic hydrocarbons and Sam told me that he read it with interest because our data correlated with his on the electron affinity of these hydrocarbons. I asked how he measured

この頃、私は博士通過を終了したかつての教え子、チャールズ・リーを指導していました。リーはブルックヘブン国立研究所で、放射性トレーサーを使ってエチレンのC-C結合解離を研究しており、私は月に1回、研究の進み具合を見るためにブルックヘブンへ通っていました。ある時、そこでサミュエル・ワイスマン教授に出会ったのです。私はちょうど芳香族炭化水素のメチル親和力に関する論文を発表した直後で、サムはこう言いました。「あなたの論文を興味深く読ませてもらいました。あなたの方のデータは炭化水素の電子親和力に関する私の研究結果と関連するものですからね」と。そこで私は、どうやって電子親和力を測定しているのかを尋ねてみました。サムは、「ナフタレンのラジカルアニオンとフェナントレンを、フェナントレンのラジカルアニオンとナフタレンに付加するなどして、芳香族のラジカルアニオンと電子移動反応を研究している」と説明してくれました。この話を聞いて、私はあることを思いました。それは、スチレンに電子を移動させることによって、ある種の物質をつくれるのではないか、ということでした。その物質とは、一方の末端でラジカル重合を起こし、同時にもう一方の末端でアニオン重合を生じさせるという、これまでにない現象を引き起こすものです。そこで、スチレンへの電子移動について研究しているのかどうか尋ねると、簡単な答えが返ってきました。「研究するまでもありません。重合するに決まっていますよ」。さらに、この問題を調べてみてもかまわないかと尋ねると、サムは了解してくれたので、私は二人の教え子、モーシェ・レヴィとラルフ・ミルコヴィッチとともに、この反応の研究を開始しました。その結果、第一級スチレンのラジカルアニオンが二量化してアニオン二量体となり、この二つのアニオンの末端で停止反応や連鎖移動のないアニオン重合が起こるという結論に達しました。こうして、リビングポリマーが生まれたのです。この結果は私が考えていたとおりのもので、1956年に発表したリビングポリマーに関する最初の論文の中で、私はその概略を説明しました。この論文は大きな関心を集め、世界中の数多くの研究所が、リビングポリマーの研究と、それを応用して思いどおりの構成を有するポリマーを合成する研究を始めました。

その後、私達の研究は三つの方向へ発展しました。一つはブロックポリマーや機能性ポリマーの生成など、リビングポリマーの合成能力の証明、次にリビングポリマーの重合に関する速度論研究、そして電子移動反応の研究です。速度論研究によって、これらの反応においてイオンやイオン対が果たす役割を評価することができました。

この研究を始めて以来、数多くの仲間がこの分野の発展に貢献してくれました。名前をすべてここであげることはできませんが、研究当初に貢献した人々を数名ご紹介

electron affinities. He explained that they study aromatic radical anions and the electron transfer processes, such as: radical anion of naphthalene + phenanthrene giving radical anion of phenanthrene + naphthalene. As he talked it occurred to me that an electron transfer to styrene should produce a species that would initiate a radical polymerization from one of its ends, and simultaneously anionic polymerization from the other end, an unusual phenomenon. I asked Sam whether he investigated electron transfer to styrene. His answer was brief; "It's no use, it polymerises." I asked whether he would mind my looking into this problem, and having his consent I started the investigation of this reaction with two of my students, Moshe Levy and Ralf Milkovich. We concluded that the primary styrene radical anions dimerize into dimeric dianions and the two anionic ends initiate anionic polymerization free of termination and chain transfer. Thus, living polymers were born. The ramifications of this discovery were obvious to me and I outlined them in the first paper on living polymers published in 1956. Our papers aroused great interest and many laboratories all over the world started to work on living polymers and their application to synthesis of polymers with controlled architecture.

Our subsequent work developed in three directions: demonstration of the synthetic potential of living polymers, i.e., preparation of block-polymers and functional polymers, study of the kinetics of polymerization of living polymers, and investigation of electron-transfer processes.

Since the start of these studies, many of my associates have contributed to the development of this field. I cannot name all of them, only a few who were amongst the early contributors. Dr. David Richards, known to us as Rick, was the first to produce in my laboratory the interesting block polymers of the hydrophobic polystyrene and hydrophilic polyethylene oxide. His work included also the studies of functionalization of the end-groups of living polymers. Later, on his own, Rick pioneered in developing the methods of conversion of the active end-groups of the growing polymers to allow the modification of the mechanism of propagation, say, from an anionic to a cationic or radical mode of growth. His most promising career was terminated by his untimely death. Johan Smid, Battacharyya and Chi-Long Lee were the first to recognize the role of ions and ion-pairs in anionic polymerization. This work performed in Syracuse was paralleled by the independent studies of Professor G.V. Schulz in Mainz, Germany, who published his results shortly after the appearance of our own reports. At that time Johan Smid was my closest co-worker. He gained a well-deserved reputation for his own original studies of contact and solvent separated ion-pairs accomplished

しましょう。まず、私達にはリックの愛称で知られているデービッド・リチャーズ博士ですが、彼は、私の研究室で初めて疎水性ポリエチレンと疎水性酸化ポリエチレンを使って興味あるブロックポリマーをつくった人です。リビングポリマーの末端基の官能化の研究も行っております。のちに、リックは一人で成長中のポリマーの活性末端基の変換方法の開発を始めました。これは、成長のメカニズムを変えるもので、つまり、アニオン成長からカチオン成長などラジカルな成長方法への変更です。ところが、将来有望だったリックは若くして他界してしまいました。ジョハン・スミッド、バツチャリヤ、チー・ロン・リーらは、アニオン重合におけるイオンとイオン対の役割を初めて見つけた人達です。シラキウスで行われたこの研究は、ドイツ、マインツのG・V・シュルツ教授の単独研究と時を同じくしました。私達が発表した直後にシュルツ教授も研究結果を発表しております。当時、私はジョハン・スミッドと協力して共同研究をしていました。私が教えていた学生で、今は米国ロサンゼルス南カリフォルニア大学で教授をしているテオ・ホーゲンエッシュとの共同で、スミッドは接触イオン対と溶剤分離イオン対の創造的な研究を行い名声を高めました。シラキウスにいたジョハンは教授に昇格して、高分子化学の世界で実りの多い貢献をしております。両基ともクラウンが連鎖に結ばれたポリマーの合成やこれらの今までにない素材を触媒として応用したことなどはジョハンの研究成果の一例であります。チー・ロンはダウ・コーニング社に移籍し、ポリシロキサンのリビングポリマー化を開発しました。彼は、この会社で今は高い地位についております。

私達の研究では、日本人の仲間の貢献により革新的な成果も生まれております。名古屋大学から引退されたアサミ・リュウゾウ教授は、同位体標識を使ってアニオン二量体の溶解研究を行い、電子移動による重合の開始について一部を解明していただきました。シマ・ミキコ教授は、アニオン重合で交差成長について広範囲な研究をされた最初の方です。マツダ・ミノル教授は、逆プロセスを調査して電子移動による重合の開始を研究されました。シノハラ・マコト博士は、アニオン重合の速度に影響を与える一部の溶媒化合物の驚異的なアクションを明らかにし、定量的な結果を出しております。シモムラ・タカトシ博士は、アニオン成長反応に起こるネガティブな活性エネルギーを明らかにすることで、この反応における溶剤分離イオン対の役割を発見しました。シマダ・キヨシ博士は、ポリマー連鎖の末端基のあいだに起こる電子移動が与える連鎖強度への影響を明らかにしました。A・ヤマギシ教授は、二酸化リチウムによる開始剤とリビング・ポリスチレンとの反応挙動を分析し、リチウムの対イオンにより起こる共重合について凝集効果を明確にしました。時間に限りがありますの

jointly with another of my students, Theo Hogen-Esch, presently a professor in the University of Southern California in Los Angeles, USA. Johan, who stayed in Syracuse and was elevated to the rank of professor, is contributing prolifically to polymer chemistry. The synthesis of polymers having crown ether groups attached to their chain and the interesting application of these novel materials as catalysts exemplify some of his many achievements. Chi-Long moved to Dow-Corning Co. and developed there the living polymerization of polysiloxanes. He holds presently a prestigious position in that company.

Many innovations in our studies result from the contributions of my Japanese associates. Professor Ryuzo Asami, now retired from Nagoya University, helped to unravel some aspects of the electron-transfer initiation of polymerization by studying the dissociation of the dimeric dianions using isotope labeling.

Professor Mikiko Shima was the first to carry out extensive studies of crosspropagation in anionic polymerization. The work of Professor Minoru Matsuda contributed to the studies of initiation of polymerization by electron-transfer through his investigation of the reverse process. Dr. Makoto Shinohara demonstrated the striking action of some solvating agents on the rate of anionic polymerization and accounted quantitatively for the results. Dr. Takatoshi Shimomura revealed the role of solvent separated ion-pairs in the anionic propagation by demonstrating the negative activation energy of some of these processes. Dr. Kiyoshi Shimada showed how an electron transfer between the end-groups of polymer chains reflects its rigidity. Professor A. Yamagishi resolved the behaviour of di-lithiated initiators in their interaction with living polystyrene, and clarified the effect of aggregation on some co-polymerizations proceeding with lithium counter-ions. The time limitation prevents me from discussing the work of my other Japanese students, and I apologize to them for this regrettable omission.

However, the truly exponential growth of the field of living polymers is due to the original contributions of many researchers throughout the world. Their work led not only to new products and novel techniques but also to the extension of the living polymerization process to other modes of propagation than the anionic one utilized in the early studies. Indeed, six years after the discovery of the first living polymers it was demonstrated that the cationic ring-opening polymerization of heterocyclic monomers may also proceed as a living propagation. Some new features of this reaction were observed in the course of its study. The simultaneous participation of ionic and covalent species in these processes was recognized first by Professor Takeo Saegusa and this idea was fruitfully expanded by the extensive work of my former associate Professor Stanislaw Penczek.

で、この他日本の私の教え子諸君の研究活動についてお話することができませんが、ご了承ください。

とにかく、リビングポリマーの分野は、世界中の多くの研究者が独創的な貢献をしたおかげで誠に多大な成長を遂げたのであります。研究によって新製品や新技術が誕生しただけでなく、リビングポリマーのプロセスに関しては、当初の研究に利用されたアニオン重合以外の他の成長プロセスへと発展しております。事実、リビングポリマーが初めて発見されてから6年ほどして、複素環式モノマーのカチオン開環重合も一つのリビング成長となるであろうと考えられました。その後の研究で、この反応にさらに新たな機能が認められました。このプロセスでイオン種と共有種が同時に参加することをサエグサ・タケオ教授が発見し、このアイデアをもとに、私の同僚だったスタニスロウ・ペンチェック教授の広範囲な研究で実りある成果を上げております。

その後、リビングポリマーの新種が発表されました。オーウェン・ウェブスター博士が率いるデュポン・チームが開発した基移動重合、リチャード・グラップ教授の環状ジオレフィンのメタセシスによるリビング重合化法、イノウエ教授が発表した配置重合などは当分野でみごとな成果を上げた例です。

そして、ヒガシムラ・トシノブ教授はサワモト・ミツオ博士との共同で研究を拡張し、ここ10年ほどでビニール・エーテルのカチオン重合を開発しております。ジョセフ・ケネディー教授は独自の幅広い研究で、 BCl_3 または TiCl_4 で活性化したエステル、またはエーテルで開始するイソブタンのカチオン重合で同じようなりビング特性を発表しております。

この分野で未来の開発を予想することはできませんが、ツルタ・テイジ教授の有機金属複合体の研究は期待されており、意義のあるものです。こうした複合体は、重合の開始と成長を可能にするだけでなく、立体化学を効果的に制御するものです。

以上のお話からもご理解いただけたと思いますが、私が高分子化学の世界に入ったのも、リビングポリマーが発見されたのも予期せぬ出来事の結果でした。確かに私はラッキーでした。ただ、重要なことが一つあります。それは、一生懸命に頑張れば頑張るほど、ラッキーになる、ということです。これは、特に若い方々に覚えておいてもらいたいことです。それから、もう一つ重要なことがあります。予期せぬ出来事は頻繁に起こります。予期せぬ出来事は、記録してその意味を理解することが重要です。そこで、問題が生じます。予期せぬ出来事を調査すべきか、放っておくべきか、それとも、気に留めておくだけにして予定通りのそれまでの研究を続けるか、こうしたことを決めるのは、とても難しいことです。予期せぬ出来事をすべて追いかけるの

New kinds of living polymers were reported in the following years. The group-transfer polymerization developed by the DuPont team headed by Dr. Owen Webster, the discovery of living polymerization proceeding by metathesis of cyclic di-olefines pioneered by Professor Richard Grubb, and the co-ordination polymerization reported by Professor Inoue, are the most spectacular additions to this field.

Finally, the cationic polymerization of vinyl ethers was developed in the last decade by Professor Toshinobu Higashimura, who expanded his studies in cooperation with his associate Dr. Mitsuo Sawamoto. The independent extensive studies of Professor Joseph Kennedy demonstrated a similar living character of the cationic polymerization of isobutene when initiated by esters or ethers activated by BCl_3 or TiCl_4 .

One cannot predict the future developments in this field, but the promising studies of organo-metallic complexes by Professor Teiji Tsuruta are significant. Such complexes are able not only to initiate and propagate a polymerization, but they also govern efficiently their stereochemistry.

As you may see from this story, my introduction to polymer chemistry and the discovery of living polymers were results of unexpected events. Undoubtedly I was lucky. However, here is a point deserving stressing. The harder one works the more luck one gets. This should be remembered especially by young people. Another point is worth emphasis. Unexpected events happen quite often. It is important to note them and to realize their significance. Then there is another problem. Should we investigate the unexpected phenomenon or should we leave it, perhaps keep it in mind, and continue with our previously planned work. This decision is crucial. To follow every unexpected event may lead to chase of wild geese. One may spend time and effort on an insignificant problem. On the other hand, a gold mine may be missed by not pursuing the new opening. There are no rules that guide one's decision. It helps to understand the phenomenon and to use one's intelligence and intuition. These problems are general. They are encountered in ordinary life as well as in research and their proper judgement is often vital.

は野生のガンを追いかけるのと同じで、無駄な努力に終わります。時間と努力はもっと重要な問題に使うべきです。しかし、新たな通路を見つけたのにそれを放っておくのは、金山を見逃すことになるのかもしれませんが。決定を下すためのガイドとなるような規則也没有。現象を理解し、知性と直観に頼るほかありません。これは一般的な問題です。研究に限らず、常日頃の生活でも生じる問題で、そこでなされる決定が極めて重要なこともあります。

稲盛財団1991——第7回京都賞と助成金

発 行 1993年4月30日

発 行 所 財団法人稲盛財団

京都市下京区四条通室町東入函谷鉦町87番地 〒600

電話〔075〕255-2688

製 作 榊ウオーク

印刷・製本 大日本印刷株式会社

ISBN4-900663-07-7 C0000