アメリカの高分子科学研究の動向と日本への期待

岡本 善之

高分子科学は他の基礎科学、有機、無機、物理、分析化学の学問に比べて浅い歴史です。アメリカでの高分子科学の教育と研究は2004年1月号の「高分子」に書きましたように、1940年にHerman F. Mark教授がPolytechnic Institute of Brooklynの化学科に有機化学の教授として招聘されてその6年後に正式にPolymer Research Instituteが設立され、アメリカで初めての高分子関係のM.S.とPh.D.の大学院コースがスタートしました。また一方、その当時は有機化学の伝統のあるイリノイ大学のC. S. Marvel教授が高分子の合成の研究を活発に進めておられ、これらの研究室で研究の指導を受けた人々がアメリカの大学、研究所、産業界において高分子の教育、研究に従事し、その後20年あまりでアメリカの高分子科学は飛躍的に進展をいたしました。しかし、当時、高分子は応用的な要素が多くあり、伝統のありますアメリカの大学、たとえばアイビーリーグなどの大学では、背景となる化学の分野、有機、無機、物理、分析などを学んでおれば、卒業後には適当に高分子の研究ができるとの考えにより高分子関係の教授をもった化学科はほとんどありませんでした。一部の化学工学科では物性関係研究が進められておりました。日本はアメリカに10~15年ばかり遅れて高分子の教育、研究が始められました。国公立大学で教授、講座を増す要素もありましたが、理学部、工学部に高分子化学科が設立され、ある国立大学の理学部の高分子学科には合成、バイオ、物性、構造を専門とする教授、助教授を含め10名以上もおられます。このような高分子学科はアメリカにはなく、世界の大学でもまれかと思えます。この30年あまりには日本の高分子の学問、技術の素晴らしい飛躍は、私ども対岸におる者として驚きでもありました。高分子学会の主催する毎月の行事、年会発表、高分子の各分野で日本は世界を、量、質ともにリードしている感があります。

高分子関係で一番良く読まれているジャーナルであるアメリカ化学会出版の*Macromolecules*誌で発表された論文数について最近の2カ月半を見ますと(表1)、日本はアメ

リカに続いて多くの論文があります。また、その他の高分子関係の雑誌、特許を入れると、ここ数年、日本は世界で一番多くの論文を発表しています。アメリカの大学、研究所、工業界の高分子関係のみのR&Dのデータが手許にありませんが、*Chemical Engineering News* (July 2004) Facts and Figuresによりますと、アメリカ大手化学会社26社のR&Dの出費は、2001年は\$4,798(単位はMillion)、2002年は\$4,408、2003年は\$4,412、これに対して日本の化学会社大手12社のR&Dはそれぞれ\$3,408、\$3,466、\$3,343となっており、アメリカに対して決して少なくありません。ただし、アメリカの製薬会社のR&Dの出費は、日本に比べてはるかに大きい額です。アメリカで高分子科学に関係ある研究を支持する公共機関として、National Science Foundation (NSF)、National Institute of Health (NIH)、National Aeronautics and Space Administration (NASA)、Military Departments (Army, Navy, Air Force, etc.)があります。軍関係の研究には重点的に大きい研究費が出ますが、高分子の基礎研究を多数支持しているのはNSFであり、この研究費申請を作成することはいへんですが、選考も厳しく、私の聞いておりますところとしては、応募の25%程度しか研究費を得ることができません。1年間の研究費は、平均\$90,000から\$150,000で、3年間継続します。現在、150ばかりのProjectが支援されております。アメリカの大学では、この研究費に対してOverhead charge(経常費、研究費総額の20から30%)を支払うことが要求され、機関によって異なりますが、大学院の研究に従事している学生には給料ならびに授業料を支払うため、1年間の一人の人件費として\$20,000から\$40,000、またポスドクの研究員には、給料のほかにFringe Benefit(家族を含めた健康保険の支払いなど)として給料の20から40%が加算されます。このように分析いたしますと、日本の大学、研究所の高分子関係の研究費もアメリカに比べて決して少なくありません。

世界をリードしている日本の高分子が今までどおり今後とも知的、技術的に高度な発展を維持し、世界に貢献していけるでしょうか。ここ数年、アジア、とくに中国、韓国、シンガポールなどの高分子関係の研究成果は目覚しく、このままですと10年あまりでアジア諸国に追いあげられる傾向にあります。現在のアメリカの学生は、個人の力を遺憾なく発揮でき、一人で独立してやっていけるような職業に憧れをもち、優秀な学生は、医学、経済、法律、芸術と

OKAMOTO, Yoshiyuki Polytechnic University (6-Metrotech Center Brooklyn, NY 11210, USA)・Research Professor, 1973年より現職。1957年Ph.D. Purdue University。専門は有機化学反応機構、希土類ならびにフッ素を含む高分子化合物の合成と応用。

Current USA Polymer Education and Research Situation

表 1 *Macromolecules* 誌で発表された論文数

	6/1 (11 号)	6/15 (12 号)	6/29 (13 号)	7/13 (14 号)	7/27 (15 号)
アメリカ	16	16	16	14	16
日本	9	8	12	9	8
カナダ	2	0	6	2	0
ドイツ	2	4	4	0	0
英国	1	2	3	2	0
フランス	4	4	3	1	2
ベルギー	2	0	2	2	0
中国	2	2	1	3	2
台湾	2	1	1	1	2
ロシア	1	0	1	0	0
ギリシャ	1	0	1	0	0
オーストリア	0	2	1	0	2
アルゼンチン	0	0	1	1	1
イタリア	0	3	0	1	2
インド	1	0	0	1	0
韓国	2	1	0	1	7
メキシコ	1	0	0	1	0
スペイン	0	1	0	2	2
オランダ	0	4	0	0	3

このような分野に集中する傾向が見られます。結果としては、理工学系の学生、大学院生、ポスドクは卒業後に割に職場が見つかりやすく、かつ給料のよい高分子関係に、ハングリー精神に富んだ外国人、とくにアジア系、東欧系の人々が多く入って参ります。その中には、優秀な人材がおり、アメリカの学会や業界で活躍されております。前記の *Macromolecules* 誌のアメリカから発表された論文の中でも、中国系の研究者が指導者の立場として数多く発表されております。3年前の9月11日にニューヨークで起こったテロ事件後、アメリカの移民局はアメリカへの入国を制限しております。US Schools Losing Foreign Talent; There is definite decline in the number of foreign graduate students who choose to study in the U.S. (Chemical and Engineering News, April 5, 2004) とアメリカの大学教授がこぼしております。

日本も数多くの外国人が政府留学生やポスドクで高分子関係の研究に従事しておりますが、ドクターを得た後、1～2年ほど日本の大学、研究機関で過ごした後、カナダならびにアメリカに職を求めて参ります。私どものところにも、日本で教育を受けた人々が働いており、ポスドクへの職の問い合わせが多くあります。来られた人々の多くはアメリカに永住し、アメリカの高分子の発展に寄与しております。このように、アメリカは他の国に比べてハングリー

精神をもった若者がまだ集まって参ります。これは移民の国 United States of America の強みでもあります。若い人には憧れと希望をもたせる必要があると思います。日本の大学も会社もずいぶん流動性が良くなって参りましたが、まだまだアメリカとは比較にならないものがあります。日本は人間関係を重んじ、“和の精神”のいい面が今日まで発展して参りましたが、現在のように国際化社会、技術も目覚ましく移り変わっていく中、高分子科学における創造はますます生命科学、環境、産業からの要求や期待のもとで進んでいく方向になると思います。その意味においても、今後の日本の高分子を担う若い研究者、技術者は異分野にも自由奔放に入っていける広い知識と情熱とともに、多様性も必要であるかと思ひます。

日本の大学では、学部と大学院が同じ大学である学生が大部分であり、学部4年、修士2年、博士3年と、9年間も同じ環境におり、同じ先生と付き合っております。学部、大学院と研究をやっていると、その道の専門家になり、研究も進み、論文も多く出せます。これは指導教官にとって都合が良いと思いますが、各大学はそれぞれ特徴、環境があり、少なくとも学部と大学院は別のところで学んだほうが良いかと思ひます。もちろん、日本では通学、住居などの問題もあると思いますが、アメリカの大学院生のほとんど(95%以上)が学部と大学院は別のところで、また修士コースと博士コースも別の大学で取る人が多くおります。私の知人で、学部を終えてから船員となり、また英語の教師などのアルバイトをしながら世界を回って1,2年を過ごし、その後大学院に入学、現在は高分子関係の教授になっておられる人もおります。

日本の大学院の入学も難しい学科試験を止めるか、もっと簡単にして面接に重点をおいて入学させてはどうかと思ひます。また、年齢に関係なく本当に優秀な創造性をもった若者がいれば、ポスドクか助手から独立させる人事が良いのではないかと思います。これらの問題は、日本の高分子学科に限ったものではなく、一般科学も同じだと思います。しかし、日本の高分子学会は他の学会に比べて懐の深いところがあり、日本の高分子学会が先がけて日本の教育、研究制度を改革の方に進んでいけばいかがでしょうか。今後も日本の高分子の研究成果が質量ともに世界をリードし、貢献していかれること、日本の高分子科学の研究者の中からも白川教授について多くのノーベル賞受賞者が出てくれることを念願いたしております。