일반총설 (고분자 교육강좌 시리즈(Ⅳ))

미국의 고분자 관련 학과 및 학교 소개

김 원 호

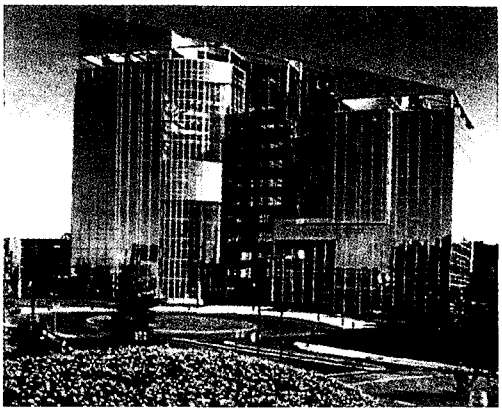
1. 서 론

대학원과정에서 고분자 학과가 개설되어 우수한 교육과정과 뛰어난 연구업적을 내고 있는 4개 대학, 6개 대학원 program의 간단한 개요와 입학조건, 박사과정(커리큘럼), 교수진 등을 소개한다. 여기에 소개된 6개 대학원 program 외에도 우수한 교육 program을 가진 대학이 있을 수 있음을 주지하시기 바랍니다.

유학을 간 학생의 입장에서 가장 중요한 문제는 학위를 취득하는 문제일 것이고, 이 과정에서의 걸림돌은 Qualifying Exam과 학회지에 투고할 만한 실험 data의 확보일 것이다. Qualifying Exam은 Cumulative Exam type과 Qualifying Exam type이 있는데 Cumulative Exam type이, 장기간에 걸쳐 시험을 실시하므로, 부담이 훨씬 적다. Engineering 학과는 Qualifying Exam을 치르는데 공학적 기초지식을 요구하고 1-2일 만에 많은 과목의 시험을 치르기 때문에 부담이 많은 편이다. 좋은 실험 data를 확보하기 위해서는 본인이 그 실험의 내용, 배경, 실험 방법을 잘 이해해야 하는 것이 필수적이므로 너무 심한 전공의 변경은 바람직하지 않다. 예를 들면, 합성하던 사람이 processing을 전공으로 한다거나, 그 반대의 경우이다.

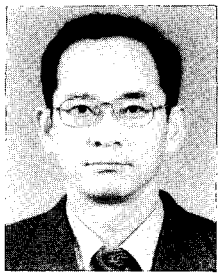
대부분의 대학이 Online Application체제를 구축하고 있으며 지원에 필요한 서류는 모든 학교가 유사하게 요구하고 있다. Core course외 추가 course, 또는 교수 개개인의 연구분야 등 보다 상세한 사항은 첨부된 홈페이지를 방문하면 상세히 알 수 있다.

2. Department of Polymer Science (DPS) : www.polymer.uakron.edu



2.1 학과소개

DPS는 1991년에 완공된 Goodyear Polymer Center에 위치하고 있으며 50개의 research lab.과



김원호

1979	부산대학교 화학기계공학과 (공학사)
1979~1986	국방과학연구소 연구원
1988	U. of Connecticut, Dept. of Chem. Eng. (M.S.)
1992	U. of Akron, Dept. of Polymer Eng. (Ph. D.)
1993~1994	삼성종합기술원 (화학연구소) 수석연구원 대우
1994~현재	부산대학교 화학공학과 부교수

Introduction to Polymer Education in U.S.A.

부산대학교 화학공학과(Wonho Kim, Department of Chemical Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea)

3개의 teaching lab.을 가지고 있다. 교수 수 19명, 150여명의 full time 학생과 40여명의 part time 학생이 재학중이며, 50% 정도는 외국인 학생이다. 학과에서 60여명의 full time 학생에게 장학금을 지급하고 있으며, 80여명의 학생에게는 교수 연구비에서 장학금을 지급하고 있다.

교육 내용과 연구 분야는 polymer synthesis, polymer physical chemistry, polymer physics, mechanical behavior and technology of polymers, and many of their applications이다.

외국학생에 대한 application 마감은 매년 3월 1일까지 이며, 보다 일찍 지원하는 것을 권장한다. 화학, 물리, 공학 분야의 배경을 가진 학생들이 지원가능하며, 학점 2.75/4.0 이상을 요구한다.

2.2 필요한 지원 서류

- Completed application for graduate school, plus application fee
- Official transcripts from all colleges or university attended
- GRE scores are recommended
- Two or three letters of recommendation from professor or employer(supervisor)
- Personal statement regarding past experience and possible research interests
- Application for financial assistance, research assistantship(US citizen or permanent resident)
- International students: TOEFL(>550), affidavit of financial support

2.3 박사과정

대학원 과정에서 course work 36 학점과 Ph. D. research credit를 합계하여 84학점을 이수하여야 한다.

아래의 core course(2 credit each)에서 최소 18학점을 이수하여야 한다 :

4 credits of polymer chemistry courses: Polymer Concept(2), Synthesis and Chemical Behavior of Polymers(2), Condensation Polymerization (2), Free Radical Reaction in Polymer Science(2), Ionic and Monomer Insertion Reaction(2)

4 credits of polymer physical chemistry courses : Polymer Structure and Characterization(2), Polymer Thermodynamics(2)

4 credits of polymer physical properties courses : Physical Properties of Polymers I(2), Physical Properties of Polymers II(2)

4 credits of polymer engineering and technology courses : Polymer Technology I (2), Polymer Technology II(2), Polymer Technology III(2),

3 credits of polymer science lab. : Polymer Science Laboratory(3)

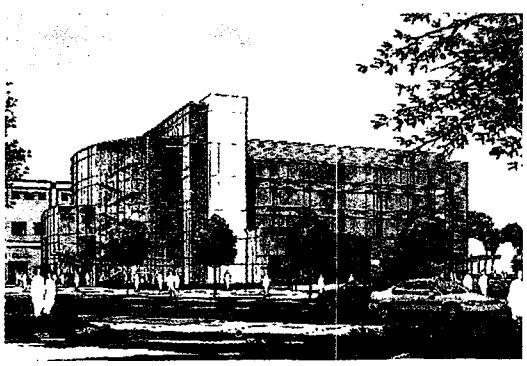
매달 실시되는 Cumulative Exam에서 8회 이상 pass하여야 한다.

졸업하기 위해서는 외국어 시험을 pass하여야 한다.

2.4 교수진

- **William J. Brittain**, Professor, Department Chair
- **Gustavo Carri**, Assistant Professor
- **Stephen Z. D. Cheng**, Trustee's Professor
- **Scott Collins**, Professor
- **Ali Dhinojwala**, Assistant Professor
- **Mark D. Foster**, Professor
- **Purushottam D. Gujrati**, Professor of Physics and Polymer Science
- **Gary R. Hamed**, Professor
- **Frank W. Harris**, Distinguished Professor of Polymer Science and Biomedical Engineering, Director of the Maurice Morton Institute of Polymer Science
- **H. James Harwood**, Professor of Polymer Science and Chemistry
- **Frank N. Kelly**, Professor, Dean of the College of Polymer Science and Engineering
- **Joseph P. Kennedy**, Distinguished Professor of Polymer Science and Chemistry
- **Wayne L. Mattice**, Alex Schulman Professor and Ohio Eminent Scholar
- **Coleen Pugh**, Associate Professor
- **Roderic P. Quirk**, Distinguished Professor, Kumho Professor
- **Darrell H. Reneker**, Professor
- **Alexei P. Sokolov**, Assistant Professor
- **Ernst D. von Meerwall**, Professor of Polymer Science and Distinguished Professor of Chemistry and Physics, Associate Dean, College of Polymer Science & Polymer Engineering
- **Shi-Qing Wang**, Professor

3. Department of Polymer Engineering: www.poly-eng.uakron.edu



3.1 학과소개

교수 수 10명이며, full time 대학원생 65 여명이 장학금을 받고 있다. 공학, 화학, 물리학 분야의 졸업생이 지원 가능하며, GPA 3.0 이상을 요구한다. 공학사 또는 공학석사 학위가 없으면 학부 공학관련 4개 과목을 2학기에 걸쳐서 수강하여야 한다. GRE 점수는 반드시 필요하다. 기타 지원 서류는 U. of Akron의 DPS와 유사.

교육 내용과 연구 분야는 polymer processing, solid state structure/morphology and properties of polymers as related to process history, engineering analysis and design이다.

3.2 박사과정

입학 후 3학기 이내에 Qualifying Exam을 pass하여야 한다. Exam 내용은 수강한 과목들과 basic undergraduate topics를 포함한다. 즉, 시험범위가 매우 광범위하다.

대학원 과정에서 course work 48학점과 Ph. D. research credit 48학점을 합계하여 96학점을 이수하여야 한다. Course work을 90% 가량 이수하였을 때, research proposal에 대한 Candidacy Exam을 pass하여야 한다.

박사논문에 대한 oral defence를 pass하여야 한다.

Core course는 아래와 같다:

Structural Characterization of Polymers with Electromagnetic Radiation(2), Rheology of Polymeric Fluids(3), Analysis and Design of Polymer Processing Operations I (3), Engineering Properties of Solid Polymers(2), Polymeric Materials Engineering Science(2)

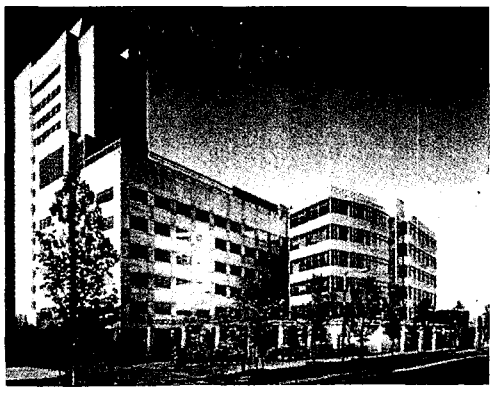
졸업하기 위해서는 외국어 시험을 pass하여야 한다.

3.3 교수진

- **Mukerrem Cakmak**, Professor
- **Alan N. Gent**, Dr. Harold A. Morton Professor Emeritus
- **Chang Dae(Paul) Han**, Benjamin Franklin Goodrich Professor
- **Avraam I. Isayev**, Professor
- **Sadhan C. Jana**, Assistant Professor
- **Thein Kyu**, Professor
- **Arkadii I. Leonov**, Professor
- **Xyonsuku Min**, Associate Professor
- **Nobuyuki Nakajima**, Professor Emeritus
- **Erol Sancaktar**, Professor
- **Roudolph J. Scavuzzo, Jr.**, Professor and Interim Chair
- **James L. White**, Professor, Director of the Institute of Polymer Engineering

4. University of Massachusetts Amherst : www.pse.umass.edu

-Polymer Science and Engineering Department(PSE)-



4.1 학과소개

UMASS 고분자 학과는 세계에서 가장 큰 교육 센타 중 1개를 보유하고 있다. 30년 동안, 350여명의 박사를 배출하였으며, 합성, 물성, 공학 등의 고분자 관련 전 분야를 포괄하고 있다. U. S. News and

World Report의 평가에 의하면 미국 내 Polymer Chemistry program의 최상위로 평가되었다.

교수 수는 14명이며, 80-100명의 박사과정 학생 재학(이중 30%는 외국인 학생)중이고, 이 중 2/3정도의 학생은 학부 졸업 후 바로 진학한 경우이다. 이는, 고분자 분야의 특별한 경험이 없어도 박사과정을 수행하는데는 어려움이 없음을 반영한다. Cumulative Exam system을 운용하고 있다.

박사학위 취득 과정에서 대표적인 난관 2개는 Comprehensive Exam과 Doctoral Thesis이며, 소요되는 기간은 4~5년 정도이다. 입학은 가을학기에만 허용되며, 2월1일이 deadline이고, GRE test 결과를 요구한다.

4.2 박사과정

입학 후, 첫 1/2학기의 core course는 다음과 같다.

Fall Core Courses: Polymer Characterization Lab., Polymer Synthesis Lab., Introduction to Polymer Engineering, Introduction to Synthetic Polymer Chemistry, Physical Chemistry of Polymers I

Spring Core Courses: Organic Polymerization Reactions, Advanced Polymer Engineering, Physical Chemistry of Polymers II, Morphology of Polymers

Comprehensive Exam은 Cumulative Exam과 특정 Topic에 대한 oral defence로 구성되어 있다. 모든 1학년 학생은, 2학기 시작할 때부터, 2달에 1번씩 개최되는 Cumulative Exam(2시간, closed book, 필기시험)을 보아야 한다. 10회 시험 중 5회 pass이면 Comprehensive Exam 중 Cumulative Exam은 완료된 것으로 한다. 박사 논문 토픽과는 다른 폴리머 분야의 특정 토픽을 선정하여 그에 대한 proposal을 제시하고, oral defence를 하여야 한다. 이 시험에서 실패하면, 1번 더 기회가 주어진다.

박사 논문 research topic에 대한 thesis prospectus를 제출하여야 한다. 여기에는 research project에 대한 objectives, research strategy, and science significance를 담고 있어야 한다. Prospectus는 thesis committee 앞에서 oral defence해야 한다.

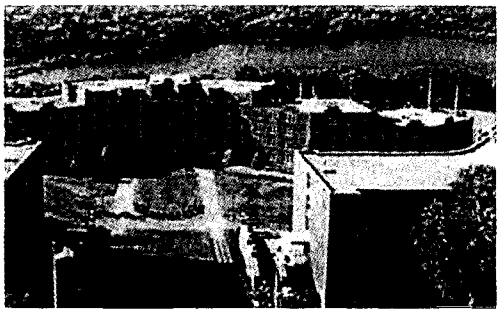
이상의 모든 것들을 pass하고, 박사 논문용 실험이 어느 정도 완료되면, 박사 과정 학생은 박사 논문 최종 심사 3-9개월 전에 "Data Review"를 thesis committee에 요구하여 연구 결과와 결론을 설명하여야 하며, 이때 committee는 적절치 못한 실험결과가 있을 경우에 추가 실험이나 새로운 연구 방향을 제시할 수 있다. Data Review Meeting이 성공적으로 끝나면, 박사과정 학생은 논문 작성에 들어갈 수 있다. 최종 논문은 oral defence해야 한다.

4.3 교수진

- **E. Bryan Coughlin**, Assistant Professor
- **Richard J. Farris**, Distinguished University Professor and Department Head of Polymer Science and Engineering
- **Samuel P. Gido**, Associate Professor
- **David A. Hoagland**, Associate Professor
- **Shaw Ling Hsu**, Professor
- **Frank E. Karaz**, Silvio O. Conte Distinguished Professor
- **Alan J. Lesser**, Associate professor
- **William J. MacKnight**, Wilmer D. Barret Distinguished Professor
- **Thomas K. McCarthy**, Professor
- **Murugappan Muthukumar**, Professor
- **Jacques Penelle**, Associate Professor
- **Thomas P. Russel**, Professor, Director of Material Research Science and Engineering Center
- **Klaus Achmidt-Rohr**, Associate Professor
- **Helmut H. Strey**, Assistant Professor

5. University of Massachusetts Lowell: www.eng.uml.edu/Dept/Plastics/

-Department of Plastics Engineering-



5.1 학과소개

플라스틱 공학 관련 분야의 교육내용이 독보적이다. 교수 수는 13명이며, 연구비 300만불/년 정도이다. 플라스틱 공학과의 Doctor of Engineering program

은 플라스틱 산업체의 technical management position으로의 진출, 정부기관의 요직으로의 진출, 대학교수로의 진출을 위하여 특별히 설계된 프로그램이다. 따라서, 이 프로그램은 튼튼한 이론과 기술적인 연구지식을 갖춘 *decision-making engineer*를 양성하는데 목적이 있다.

5.2 박사과정

플라스틱 공학과 학부출신이 아닌 지원자는 동 교육과정을 보완할 수 있는 선수과목을 수강하여야 한다. 예를 들면 materials, design, processing, mathematics, computer science, and management 등의 분야이다. 선수과목과 대학원 1년차 과목을 듣고 난 후, 학생은 플라스틱 공학의 기초실력을 평가하는 Qualifying Exam을 치러야 하며, pass하면 degree candidate가 될 수 있다. 그런 다음, 남은 course work, seminar, internship, dissertation, and oral defence of the research를 마쳐야 한다. Qualifying Exam은 engineering fundamentals, processing, design, properties, and materials 분야에 대한 시험인데 일년에 2번(1월과 5월) 실시된다. 실패하면 1번 더 기회가 있다. Qualifying Exam pass 후, dissertation proposal을 제출하고, defence 하여야 한다.

학위 과정에서 요구되는 course는 아래와 같다 :

Mechanical Behavior of Polymers(3), Polymer Structure, Properties and Applications(3), Plastics Processing Theory I/II(6), Plastics Product Design(3), Analytical Method(3), Numerical Methods in Plastics Processing(3), Computer Aided Engineering and Design(6), Plastics Seminar(3), Engineering Elective(3), Engineering Management Courses(9), Doctoral Research Dissertation(21)// Total 63

5.3 필요한 지원 서류

Online application form을 제출한 후 아래의 서류들을 제출하여야만 application procedure가 진행된다.

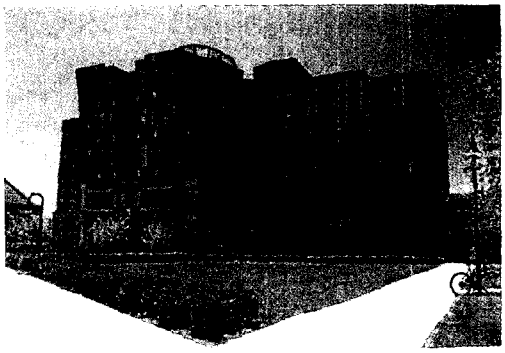
- Signature verification form
- $ 35 application fee
- Official transcripts from all colleges or university attended
- Three letters of recommendation from professors or employer(supervisor)
- Statement of purpose
- Official test score reports of GRE
- International students: Official test score reports of TOEFL
- Declaration of finance

5.4 교수진

- **Stephen A. Orroth**, *Executive Officer*
- **Stephen P. McCarthy**, Director of IPI
- **Carol Barry**
- **Rudolph D. Deanin**
- **Steven J. Grossman**
- **Fang S. Lai**
- **Robert E. Nunn**
- **Nick R. Scott**
- **Amad Tayebi**
- **Aldo M. Crugnola**
- **Stephen Burke driscoll**
- **Jan-Chan Huang**
- **Robert A. Malloy**
- **Stephen P. Patrie**
- **Ross G. Stacer**

6. Case Western Reserve University : dione.scl.cwru.edu/cse/emac/

-Department of Macromolecular Science-



6.1 학과소개

Department of Macromolecular Science는 Kent Hale Smith Building에 위치하고 있으며, 11명의 정교수, 2명의 조교수를 포함한 13명의 교수와 20여명의 post-doctor, 8명의 administrative staff, 2명의 technical staff으로 구성되어 있다. 81명의 대학원생이 등록하고 있으며, 연구비는 450만불(98-99 년도)정도이다. 학과에는 5개의 center가

있는데 다음과 같다 : Advanced Liquid Crystalline Optical Materials, Centers for Applied Polymer Research, NSF Center for Molecular and Microstructure of Composites, Edison Polymer Innovation Corporation, Macromolecular Modeling of Polymer Center.

6.2 박사과정

대학원 규정에 따르면, 하위 과정의 성적이 상위 1/3에 들어야 입학할 수 있다. 박사과정은 36학점의 course work(15학점의 core course가 포함됨, 석사학위 소지자는 18학점만 이수하면 됨), 18학점의 Ph. D. thesis를 요구한다.

Core courses는 Macromolecular Synthesis(3), Physical Chemistry of Macromolecular(3), Macromolecular Physics(3), Polymer Engineering (3), Characterization of Macromolecules(3)로 구성된다.

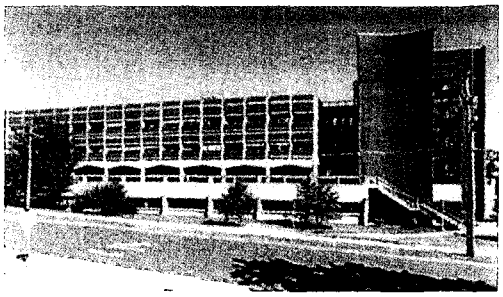
박사과정 중에 written Qualifying Exam과 research Qualifying(oral proposal) Exam을 통과하여야 한다. 박사과정에 입학 후, 석사학위 소지자는 18개월 이내에 written Qualifying Exam을 통과하여야 한다(학사학위 소지자는 24개월 이내). 2번까지 시험을 치를 수 있는 기회가 주어진다. Polymer Synthesis, Polymer Physical Chemistry, Polymer Physics, Applied Polymer Science, Seminar(지난 학기)의 5개 분야에서 4문제가 주어지고, 다른 과목에서 2문제가 주어진다. 박사과정에 입학 후, 석사학위 소지자는 24개월 이내에 Research Qualifying Exam(written research proposal과 oral defence로 구성됨)을 통과하여야 한다(학사학위 소지자는 30개월 이내). 2번까지 시험을 치를 수 있는 기회가 주어진다. Research Qualifying Exam에서는 논문 테마의 originality, 연구 수행의 질적인 면과 독립성을 주로 평가함.

6.3 교수진

- **Eric Baer**, The Herbert Henry Dow Professor of Science and Engineering
- **John Blackwell**, F. Alex Nason Professor
- **Anne Hiltner**, Professor
- **Steven D. Hudson**, Associate Professor
- **Hatsuo Ishida**, Professor
- **Alex M. Jamieson**, Professor and Chairman
- **Jack L. Koenig**, The Donnel Institute Professor
- **Jerome B. Lando**, Professor
- **Morton Litt**, Professor
- **Ica Manas-Zloczower**, Professor
- **Sergei nazarenko**, Assistant Professor
- **Charles E. Rogers**, Emeritus Professor
- **Stuart Rowan**, Assistant Professor
- **Robert Simha**, Emeritus Professor
- **Shi-Qing Wang**, Professor

7. University of Connecticut : www.ims.uconn.edu/polymer/

-Polymer Program, Institute of Material Science-



7.1 학과소개

UConn의 polymer program은 IMS(Institute of Material Science)내의 학과간 협동과정으로 여러 가지 전공을 통합하여 개설되었다. 따라서 학과간 경계를 넘어선 공동연구가 활발하며, biomaterials, electronic and photonic polymers, adhesives, coatings and polymer blends 분야에 대한 연구를 수행하고 있다. Program director는 C. Sooky P. Sung, Ph. D.이다. 270여명의 졸업생을 배출하였고, 화학, 화학공학, 물리, 생물 분야를 전공한 13명의 교수진으로 구성되어 있으며, 연구비는 300만불/년을 확보하고 있다.

7.2 박사과정

Science, Engineering 혹은 Mathematics 분야의 학사, 석사학위 소지자가 지원할 수 있으며, 반드시 GRE 성적을 제출하여야 하고, 외국인 학생의 경우는 TOEFL 성적이 550점 이상이어야 한다.

유사 프로그램을 가진 다른 대학들과는 달리, polymer program에 입학하는 학생들에게 자체적으로 조성된 기금에서 첫 1년간 장학금을 지원한다.

이는 research를 시작하기 전에 core course에 집중할 수 있도록 하는 특별한 배려이다. Full time 박사과정 학생은 거의 모두 장학금을 지급받고 있다. 장학금을 받으면 생활비가 지급되고, 수업료 면제, 건강보험의 혜택을 받을 수 있다.

박사과정 졸업을 위해서는 Fundamentals of Polymer Synthesis, Physical Chemistry, Analysis and Characterization, and Solid State Structure and Properties 과목을 포함한 30학점 이상을 이수하여야 하고, 1학년 말에 Comprehensive Exam을 통과하여야 하며, 졸업 전까지 research dissertation을 완료하여야 한다. General Exam은 written portion과 oral portion으로 구성되어 있다. Written Exam은 1학년 중에 6과목의 core course를 완료하는 시점에 실시된다. Written Exam 후, 9개월 이내에, Oral Exam을 pass해야 한다.

Core course는 아래와 같다.

Polymer Synthesis(3), Polymer Physical Chemistry(3), Polymer Characterization I (3), Polymer Characterization II(3), Polymer Physics(3), Polymer Properties(3)

7.3 교수진

- **James P. Bell**, Professor of Chemical Engineering
- **Kenneth E. Gonsalves**, Professor of Chemistry
- **Patrick T. Mather**, Assistant Professor of Chemical Engineering
- **Fotios Papadimitrakopoulos**, Associate Professor of Chemistry
- **Danial A. Scola**, IMS Research Professor
- **Thomas A. P. Seery**, Assistant Professor of Chemistry
- **Montgomery T. Shaw**, Distinguished Professor of Engineering, Professor of Chemical Engineering
- **Gregory A. Sotzing**, Assistant Professor of Chemistry
- **C. Sooky P. Sung**, Professor of Chemistry
- **Marcel Utz**, Assistant Professor of Physics
- **Robert A. Weiss**, A.T. DiBenedetto Distinguished Professor of Engineering, Professor of Chemical Engineering

8. 결 언

이상에서 중요 4개 대학의 6개 프로그램을 살펴보았다. 나름대로, 개설한 프로그램에서, 교육과 연구 분야의 세계 최고를 추구하고 있다. Synthesis에 비중을 둔 program도 있고, characterization에 비중을 둔 program도 있다. 또한, processing에 비중을 둔 program도 있고, 실무에 비중을 둔 program도 있다. 이러한 program의 선정은 본인의 취향을 고려하여 선정하여야 하겠지만, 유학의 최종 목적은 학위 취득에 있으므로, 어떤 program이 자신의 background와 잘 일치하는지 파악하는 것이 매우 중요하다.

여기에 언급되지 않은 대학에도 고분자 분야의 뛰어난 연구를 수행하고 있는 교수들이 많을 것이므로, 특정 연구분야를 전공으로 하고자 하는 사람들은 관련 자료를 참고하기 바란다.

8.1 관련대학의 홈페이지

1. University of Akron
   Department of Polymer Science: www.polymer.uakron.edu
   Department of Polymer Engineering: www.poly-eng.uakron.edu
2. University of Massachusetts Amherst: www.pse.umass.edu
3. University of Massachusetts Lowell: www.eng.uml.edu/Dept/Plastics/
4. Case Western reserve University: dione.scl.cwru.edu/cse/emac/
5. University of Connecticut: www.ims.uconn.edu/polymer/