

## 독일과 프랑스의 고분자교육

홍 중 달 · 원 중 찬 · 이 광 섭

### 1. 서 론

한 국가의 학문체계와 수준은 오랜 역사속에서 서서히 발전하면서 형성되어지는 것이다. 물론 학문발전이 역사성에만 기인하는 것은 아니고, 한 국가의 체계적이고 합리적인 학문의 관리시스템 구축과 지원정책이 보다 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 필자들은 유럽에서 교육을 받았던 인연으로 하여 유럽의 학문체계와 구조에 대하여 개략적으로 이해할 수 있게 되었으며, 그 후에 미국, 일본 등 선진국들의 방문을 통하여 이들 국가들의 교육제도에 대하여 상호 비교해 볼 수 있는 기회들도 있었다. 각 나라들은 그들의 학문적 전통과 사회적 특수성을 바탕으로 독창적인 교육시스템을 개발하여 활용하고 있는 것으로 보였으나, 이들 교육시스템은 학문발전을 위한 구성원들 간의 생산적이고 합리적인 경쟁체제를 구축하고 있다는 공통점이 있었다. 본고에서는 필자

들이 학업을 수행하는 동안 얻은 경험과 최근에 얻은 자료를 바탕으로 독일 및 프랑스를 중심으로 고분자 과학의 교육에 대하여 기술하고자 한다.

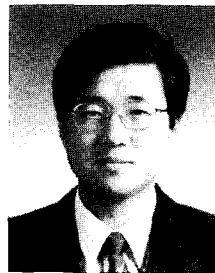
### 2. 독일의 고분자교육

#### 2.1 독일의 교육기관과 연구기관의 특징



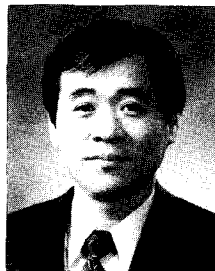
홍중달

1985 독일 Johannes-Gutenberg Univ. Mainz 화학과(학사)  
 1988 독일 Johannes-Gutenberg Univ. Mainz 화학과(석사)  
 1992 독일 Johannes-Gutenberg Univ. Mainz 화학과(박사)  
 1992 일본 신기술사업단 Kunitake 교수의 "Molecular Architecture Project"(객원연구원)  
 1993~ 인천대학교 화학과 부교수  
 현재



원중찬

1986 서울대학교 화학교육과(학사)  
 1994 서울대학교 과학교육과 화학전공(석사)  
 1999 Univ.(Claude Bernard) Lyon 1(박사)  
 1986~ 한국화학연구소 고분자연구부 연구원  
 1995~ 한국화학연구소 화학소재부 선임연구원  
 현재



이광섭

1976 한남대학교 화학과(학사)  
 1980 고려대학교 화학과(석사)  
 1984 독일 Freiburg대 화학과(박사)  
 1985~ 독일 Max-Planck 고분자 연구소(Post-Doc)  
 1990~ 미국 뉴욕주립대 화학과(객원연구원)  
 1991 미 해군연구소 재료화학부(초빙교수)  
 1992~ 한남대학교 고분자공학과 교수  
 현재

#### Polymer Education in Germany and France

인천대학교 화학과(Jong-Dal Hong, Department of Chemistry, Inchon University, Inchon 402-749, Korea)  
 한국화학연구소 화학소재부(Jong Chan Won, Advanced Materials Division, Korea Research Institute for Chemical Technology, 100 Jang-Dong, Taejeon 305-600, Korea)  
 한남대학교 고분자공학과(Kwang-Sup Lee, Department of Polymer Science & Engineering, Hannam University, Taejeon 306-791, Korea)

독일은 유럽국가들 중에서 프랑스, 영국 등과 함께 유구한 학문의 역사와 괄목할 만한 학문적 수준을 지닌 나라로서 현재까지 수상한 102명에 이르는 각종 노벨상 수상자들의 숫자가 이를 잘 대변해 주고 있다. 이 노벨상들은 화학부문에 33명, 물리학에서 30명, 의학에서 22명, 문학 등의 기타분야에서 17명으로 구성되어 있다. 독일의 학문시스템의 특징을 요약하면 대단히 체계적으로 구축되어 있다는 점이며 또한 이들의 관리가 매우 효율적으로 이루어지고 있다는 점이다.

독일에서 학문의 발전과 과학기술을 주관하는 연구기관은 크게 대학, 국립연구소 및 기업연구소로 구분된다. 이들의 기능은 정확하게 구별되지는 않지만, 상호 보완적이고 유기적으로 작용한다고 볼 수 있다. 대학은 교육과 기초학문의 발전을 최우선 과제로 연구활동을 하며, 연구소는 설립 취지에 따라 대학의 시설과 연구능력을 초과하는 내용의 연구활동을 선도적으로 주도하는 일과 기업체에서 요구하는 과제를 수행하는 곳으로 구분된다. 그리고 기업체 연구소들은 제품과 직접적으로 관련되는 응용연구에 주안점을 두고 있다.

먼저 독일내의 대학들에 대하여 언급하면 모든 대학들은 국가재원에 의하여 운영되고 있기 때문에 우리와 같은 사립대학이라는 개념이 거의 없으며(최근에 특수한 분야에서 소수의 사립대학이 생겨나고 있음) 학생들은 등록금을 걱정할 필요가 없다. 예를 들어 Freiburg 대학의 경우 학기당 약 150마르크(한화 약 8만원 정도)의 학생회비를 지불하는 것으로 학생의 등록금 지불의무를 다한다. 이는 앞으로 이들이 사회의 생산적인 일원이 되어 국가에 기여할 수 있는 자질을 교육시키는 것이므로 국가가 모든 교육의 책임을 진다는 개념에 기인한다. 또한 독일내의 모든 대학들은 비슷한 수준을 지니며 평준화되어 있다. 모든 대학들은 전문지식을 전수하고 훈련하기 위한 교육기관이며, 연구활동을 통한 기초학문의 발전을 위한 선도적 기능과 이를 사회에 되돌려주는 사회봉사의 기능을 하게 된다. 따라서 최근에 설립된 대학들을 제외하고는 대부분 시민과 함께 숨 쉴 수 있도록 도심에 분산되어 위치하고 있다.

독일 대학체계의 장점을 살펴보면, 첫째, 개인적으로 돈이 없어도 고등교육을 받을 만한 자질을 갖춘 인재들은 언제나 최고의 교육을 받을 수 있는 기회를 부여받는다. 이는 배출되어진 훌륭한 인재들이 국가 최대의 자원이며 강한 군대이상으로

중요하다는 인식을 배경으로 하는 국가정책이라 볼 수 있다. 둘째, 모든 대학들이 동일한 수준을 유지하고 있기 때문에 일류대학을 가기 위한 지나친 경쟁과 사교육비 지출을 막을 수 있다. 또한 대도시로 유학함으로써 발생하는 인구집중화 현상이나 그로 인한 학부모들의 재정적 부담을 덜어 줄 수 있다. 셋째, 각 지역들이 구성하고 있는 산업구조를 중심으로 대학들의 전문 및 중점 연구영역을 지역내에 있는 대학들에 두고 관리하기 때문에 지방대학의 출신들이 취업과 관련하여 불이익을 당하지 않는다. 따라서 이를 통하여 지역들이 균형있게 발전할 수 있는 기초가 마련될 수 있다. 넷째, 대학 교수들도 굳이 특정대학에 꼭 가야만 자신의 연구를 효율적으로 수행할 수 있다는 제약을 받지 않아도 된다. 독일에서는 동일 대학에서 교수들이 정 교수로 승진될 수 있도록 제도화되어 있으며, 언제나 더 좋은 연구여건을 제공해주는 대학으로 이동이 가능하여 대학간의 인력교류가 활발하다. 이러한 제도의 배경에는 동일한 직장에서 수년동안 같이 근무한 동료교수를 업적한 기준으로 평가할 수 없다는 인간적 한계를 보완해 줄 수 있다. 다섯째, 직업사회에서도 출신대학에 대한 편견에 의한 능력의 평가를 받지 않고, 개개인의 실질적인 능력에 대한 객관적인 평가가 가능하여 구성원들이 최선을 다하는 효율적인 체계의 구축이 가능하다는 점이다. 오늘날과 같이 급속히 발전하는 과학 기술시대에서 진보된 선단의 연구성과를 도출하기 위해서는 몇 사람의 선택되어진 과학자들에 의하여서만 이루어지지 않는다. 과학자들 간의 협력과 지원하는 주위의 모든 연구인력들의 능력이 그에 상응해야 함은 당연하다. 이런 면에서 양질의 교육을 받을 수 있는 권리를 확대 운영하는 방법이 고려되어야 함은 당연한 것이다.

국립연구소들은 그 설립 취지에 따라서 기초연구와 응용연구를 수행하게 된다. 먼저 중요한 역할을 하는 연구소의 종류와 역할을 살펴보고자 한다. 연구소로는 Max-Planck 연구소와 Fraunhofer 연구소가 가장 큰 규모로 알려져 있다. Max-Planck 연구소는 독일을 대표하는 국립연구소로 1948년 2월에 창립되었으며, 현재 전국적으로 79개의 전문연구소들이 학문분야의 지역적 강점과 특성에 따라 설립되어 연구활동을 하고 있다. 각 연구소들은 일반적으로 주요 도시의 대학내에 위치하여, 자연, 사회, 인문과학 등 전 학문 분야의 기초과학 연구를 그 주요 내용으로 하고 있으며, 주요 기능은 대학이 시설

과 인적 자원의 한계로 감당하기 어려운 첨단 연구를 수행한다. 따라서 이들 연구소는 새로운 학문분야를 개발하고, 국가의 학문과 과학기술의 미래를 제시하는 연구의 선도적 기능을 수행한다고 볼 수 있다. 지금까지 80여명의 노벨상 수상자가 이 연구소에서 배출되어 상기의 기능이 확인된다.

Max-Planck 연구소의 운영경비는 전체예산의 95%가 주정부와 중앙정부로부터 지원되는 공적자금으로 충당된다. 필자중 한사람이 Max-Planck 고분자 연구소에서 다년간 연구하면서 얻은 느낌은 넓은 현대적 공간 시설과 최첨단 연구시설들이 잘 갖추어져 있다는 점이다. 일반적으로 Max-Planck 연구소들은 특별히 연구소의 행정만을 맡아하는 소장의 직책을 지닌 사람은 없고, 다만 연구소를 구성하는 수 명의 정교수급 연구책임자인 소장(director)들이 공동으로 연구소를 운영하며, 각자 독립적으로 연구를 수행하여 행정비용을 크게 절약할 수 있는 시스템을 지니고 있다고 볼 수 있다. 연구소를 구성하는 인력은 연구책임자인 소장과 교수가 되기 위한 연구자(Habilitation), 석사과정 및 박사과정 학생, 객원연구원, 실험보조원, 그리고 기타 연구보조원들로 구성되어 있으며, 전체 연구소 구성원들 중에서 영구적인 자리(permanent job)를 보장받고 있는 사람은 전체 구성원의 10% 미만으로 추정된다. 따라서, 연구인력의 교체가 원활히 이루어져 역사가 오래된 미국이나 국내의 국립연구소에서 문제시되는 연구소의 노쇠화를 막을 수 있으며 연구의 활기를 불어 넣을 수 있다. 대부분 연구소의 연구인력은 연구효율을 높일 수 있고 관리가 용이한 200-400명으로 구성되어 있으나, 인문계 연구소는 이보다 적으며 연구분야의 중요성과 업적이 뛰어난 연구소는 이 이상이 되기도 한다. 한 예로 Max-Planck 고분자 연구소의 인원은 600명을 상회하며 6명의 소장들이 일하고 있다. Max-Planck 재단 소속 각 전문연구소들의 연구여건은 세계 최고의 수준이라고 하여도 과언은 아니며 이 연구소의 최첨단 연구시설과 학문의 수준, 그리고 훌륭한 전통은 세계로부터 우수한 연구인력들을 끌어들이는 데 부족함이 없어 일반적으로 대학 정교수급들 중에서 이미 학문적 성공으로 인한 세계적인 유명인사들만이 연구책임자(소장)로 일할 수 있는 영광을 얻을 수 있다.

Fraunhofer 연구소는 국내외에 위치한 약 50여개의 전문연구소로 구성되어 있으며, 주요 기능은 제품개발과 관련되어진 응용연구라고 할 수 있다.

따라서 이 연구소는 기업과 밀접한 관련을 지니고 있으며, 연구비의 대부분을 기업체로부터 수주한 연구과제를 통하여 충당한다. 이 연구소의 기능은 대기업과도 공동연구를 수행하기도 하지만, 주로는 다소 연구시설이 열악한 중소기업들을 지원하는데 더 역점을 두는 것으로 판단된다.

## 2.2 대학의 종류와 역할

독일의 대학은 전통적으로 크게 일반대학교(University)와 공과대학교(Technical University: TU)의 두 종류로 구분된다. 오늘날에는 공과대학들에서도 부분적으로 정신과학, 사회과학 및 의학을 포함시켜 개편함으로써 교육 프로그램이 일반대학과 크게 구분되지 않는다. 다만 아직 존재하는 중요한 차이점은 일반대학에서는 공과대학에서 다루는 전문분야, 즉 기계공학, 건축·토목공학, 전자·전기공학과 같이 우리나라의 공과대학에서 다루고 있는 분야들이 전혀 취급되지 않는다는 것이다. 독일의 잘 알려진 공과대학교로는 Aachen TU, Berlin TU, Munich TU, Karlsruhe TU, Hamburg TU 등이 있다.

독일에서는 전통적으로 Diplom과정이 중요한 교육과정이다. 이 Diplom과정은 다시 Vordiplom과 Hauptdiplom과정으로 구분된다. Vordiplom과정은 학교에 따라서 약간씩 다르지만 4학기에서 5학기 구성되어 있고, Hauptdiplom과정은 3학기 구성되어 있으며, 이 과정 후에 Diplom 종합시험을 치기 위하여 1학기 정도를 준비한다. 그리고 이 시험에서 합격한 학생은 자기 전공 분야를 결정하여 Diplom 논문을 작성해야 하며 일년 이내에 반드시 끝을 내야 한다. Diplom과정을 수료하는 데 걸리는 평균 학기수는 학교나 개인에 따라 큰 차이가 나며 개략적으로 평균 10-16학기 정도가 된다. Mainz 대학과 Freiburg의 경우에는 각각 14.5 및 15.5학기로 우리나라의 석사과정을 합친 교육기간보다 약간 더 소모되는 것으로 알려져 있다.

독일의 고분자 분야는 대부분 화학과에 포함되어 있으며 학업과정은 실험을 중심으로 짜여져 있다. 강의는 아침 8시 15분에 시작하여 10시경에 끝나고, 나머지 시간은 실험실에서 주어진 과제를 해결하여야 한다. 이렇게 하여 학생들은 화학과에서 제공하는 강의, 실험, 세미나 등을 모두 포함하여 주당 약 50시간 이상을 보내게 된다. 실험내용은 첫째 학기에는 일반화학실험, 둘째 학기에는 무기화학실험, 셋째 학기에는 분석화학실험, 넷째 학기에는 물리화학실험, 다섯째 학기에는 유기화학실험을 한다. 물리

실험은 자신이 적절하다고 판단되는 학기에 신청하여 수행하게 된다. 매 학기 제공되는 실험시간에 참여하기 위해서는 지난 학기에서 진행되어진 실험을 반드시 성공적으로 통과하였다는 합격증을 제시하여야 하고, 또한 실험과목에 대한 전 학기 강의에서 시행된 시험에서의 합격증을 제시하여야 가능하다. 이러한 요건을 갖추지 못하면 수강생은 학기를 반복하여 요구되어진 요건을 만족한 후에 다시 신청하여야 한다. 따라서 학생들은 기초지식 습득과정을 학기가 진행되면서 철저하게 점검받게 되며, 또한 Diplom과정에서 전공선택시 그 전공에서 기본적으로 요구되는 장비 사용법과 각종 기초 실험법을 3~4주씩의 과정으로 여러 개의 과목을 수강하여 합격해야 하므로 이렇게 하여 전 과정을 이수한 학생들의 일반적 능력은 대체로 일정 수준 이상임을 믿어도 크게 틀리지 않는다.

### 2.3 고분자 교육

고분자란 학문은 19세기에서 이루어진 천연 고분자, 즉 셀룰로오스, 녹말, 단백질, 고무에 관한 연구 내용을 기초로 20세기에 점차적으로 발전해오다가, 최근에 와서 급격한 변화와 발전이 있었다. 특히 고분자 학문의 개념 정립, 합성과 고분자재료의 물성 연구에 대한 기초를 제공한 독일 Freiburg대학교의 Herman Staudinger교수의 연구업적을 시발점으로 하고 있다. 이러한 그의 선도적인 학문적 업적에 대하여 1953년에 고분자 분야에서 첫번째로 노벨 화학상이 수여되었다. 이어 합성 고분자의 새로운 합성법과 구조에 대한 신 개념들은 화학회사들에 의하여 신속하게 응용되어지고 급속하게 확대되어 새로운 고분자재료의 생산에 크게 기여하였다. 특히 2차 대전 후부터 1960년대로 이어지는 기간에 있었던 기술적, 경제적 대변혁을 통하여 오늘날의 여러 합성재료들이 개발되었다. 이때 전이금속 촉매를 통한 에틸렌의 중합이 Karl Ziegler에 의하여 발견되어지고, Giulio Natta에 의한 올레핀 유도체의 입체화학적으로 조절된 중합의 성공이 기초과학연구에 지대한 기여를 하였다고 생각된다. 그들의 연구결과는 1963년도 화학부문 노벨상의 수여와 함께 혁신적인 기술개발에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

화학적 조성, 분자 배열상 및 구조와 물질특성 사이의 상관관계에 대한 지식은 그 동안 상당히 발전되고 정립되어졌다고 생각되어진다. 고분자 산업재료들은 사용용도에 따라서 어느 한계내에서 적절한 기준을 마련해야 된다. 오늘날의 연구에서는 첨단

고가 소재의 개발이 그 중요한 연구목적이 되고 있다. 고분자재료의 특성은 부분적으로 각각의 중합체 분자의 화학적 구조에 의존한다고 볼 수 있지만, 그러나 더 중요한 점은 거대분자의 구조와 조성, 초분자구조, 그리고 관측계에서 이웃하는 사슬들 혹은 직접적으로 상호 결합되어 있지 않은 분자들 사이의 상호역할이 될 것이다. 또한 고분자의 재활용, 천연 고분자의 활용이나 생분해성 고분자 재료의 개발 등이 대단히 중요한 분야로 부각되고 있다. 위에서 언급한 과제들을 성공적으로 해결하기 위하여서는 다양한 이론적 및 실험적 지식을 잘 활용하는 것이 전제되어야 한다. 고분자화학 분야는 다른 학술분야들과 상당히 유기적으로 연관되어 있다. 즉 유기화학, 무기화학, 물리화학뿐만 아니라 생화학 분야와도 직접적인 상관관계를 지니며 이 분야의 발전은 분자 및 고체물리의 현대적 실험을 수행할 수 있는 다양한 첨단 연구기재의 동반을 전제로 한다.

독일에서 고분자화학이란 과목은 앞서서도 언급하였지만 화학과에서 다루어진다. 화학과는 일반대학과 공과대학에 동일하게 편제되어 있고, 학부 및 석사과정이 구별되지 않는다. Diplom 후에는 일반대학과 공과대학간의 박사과정으로의 이동이 상당히 자유롭다. 고분자화학이라는 학문은 전통적 화학이란 기초위에 형성되어졌으므로, 화학과의 일반 기초 과목들에 대한 충실한 교육을 전제로 해야함은 당연한 것일 것이다. 독일에서 고분자화학의 교육은 화학전공의 한 요소로서 다만 선택되어진 몇 군데의 대학들에서 가능하다. 그 대학 및 연구소들의 이름 및 주소, 그리고 교수들의 연구분야에 대한 간략한 기술 등은 주어진 웹사이트에서 찾을 수 있다.

고분자화학에 대한 강의와 실험은 Vordipolm과정(학교에 따라서 다르나 4~5 전공학기로 구성되어 있음)을 마친 후에 시작된다. 고분자화학을 수강할 수 있는 대학들에서는 일반적으로 선택과목으로서 분류해 놓고 있으며, Diplom시험(졸업시험에 상응함) 과목에 포함되어 있다. 기초교육은 중점적으로 각 대학에서 제공하는 수강계획표에 따라 다르지만 일반적으로 이론 및 실험으로 제공되어지는 고분자 소재의 합성, 특성 및 물리적 고찰방법들을 다루는 강의와 실험 그리고 세미나로 이루어진다. 좀 더 전문적인 교육은 석사와 박사과정에서 이루어진다. 이 과정은 대학이 아닌 연구소들에서도 이루어질 수 있다. 예로서 Deutsche Kunststoff-Institut in Darmstadt, Deutsche Institut fuer Kautschuktechno-

nologie in Hannover, Wollforschungszentrum in Aachen, Max-Planck-Institut fuer Polymerforschung in Mainz, Max-Planck-Institut fuer Kolloid- und Grenzflächenforschung in Golm, Institut fuer Polymerforschung in Dresden, Fraunhofer-Institut fuer Angewandte Polymerforschung in Golm, Forschungsinstitut fuer Pigmente und Lacke in Stuttgart 등을 그 예로 들 수 있다. 이 과정에서는 전문지식을 습득하기 위하여 강의와 세미나에 참여하는 것이 필수적이다. 전공 가능한 전문 분야는 예로서 고분자 재료의 화학과 물리, 유기합성, 화학기술, 물리화학 특히 반응속도론, 콜로이드 화학, 용액물성, 고체와 계면물리, 생체물리, 생체화학, 초분자화학 등을 들 수 있다.

고분자화학의 기초교육 과정에 대하여 전 독일 대학들에서 어떻게 구성되어 있는지에 대하여 기술하는 데는 필자들의 제한된 지식 때문에 어려움이 있다. 따라서 필자들이 경험한 고분자화학과 관련된 전문가들이 가장 많이 집중되어 있는 Mainz대학에서 시행되고 있는 내용을 중심으로 기술하고자 한다. 고분자화학 과목은 화학과에서 선택과목으로 분류되어 있고, 일반기초과목, 즉 일반화학, 무기화학, 분석화학, 물리화학, 유기화학에 대한 강의 및 실험을 성공적으로 수행하여 기초과정(Vordipolm)을 마친 후에 Hauptdipolm 과정에서 과목을 선택하여 들을 수 있다. 우리나라 학제에서는 4학년 1학기 정도에 편성된다고 판단된다.

Mainz대학 화학과에는 고분자합성을 기초로 연구하는 교수는 유기화학연구소(Institut fuer Organische Chemie)에 소속되어 있고, 고분자물리화학 및 물리를 담당하는 교수들은 물리화학연구소(Institut fuer Physikalische Chemie)에 각각 소속되어 있다. 고분자실험은 합성실험이 약 3주, 그리고 고분자 물리화학과 물리가 약 3주로 모두 6주로 구성되어 있다. 고분자실험은 2~3명을 한 조로 편성하고, 각 조별로 실험일정이 주어진다. 우선 고분자 합성과 관련하여 실험제목과 진행일정을 표 1에 한 예로서 수록하였으며 각각의 실험내용을 간략하게 다음과

같이 기술하였다.

· 라디칼중합(R : radical polymerization) : 이들에 걸쳐서 실험을 수행하며, 크게 두 부분으로 나누어져 있다. 한 부분은 methyl methacrylate (MMA)를 AIBN을 개시제로 하여 중합하며, 이 중합과정에서 Trommsdorff 효과(겔 효과)를 익히고 점도측정을 통한 분자량을 확인하는 것이며, 다른 부분은 스티렌을 라디칼 중합하면서 용매인 사염화탄소, 벤젠, 메탄올에 대한 사슬이동상수와 중합도를 확인하는 실험내용을 포함하고 있다.

· 음이온중합법(A : anionic polymerization) : MMA를 개시제 butyllithium를 이용하여 음이온 중합하고, poly(methyl methacrylate)(MMA)의 tacticity를 분석하는 실험을 수행하게 된다.

· 공중합법(Co : copolymerization) : 이 실험에서는 MMA와 2-vinylpyridine의 라디칼 공중합을 수행하고 dilatometer를 이용하여 중합도를 확인한다. 또한 얻어진 공중합체의 공중합 파라미터를 IR-분광광도계 방법을 활용하여 구하는 과정을 배우게 된다.

· 유화중합법(E : emulsion polymerization) : MMA의 유화중합에서는 전체 중합속도 및 표면장력과 중합도와의 상관관계를 측정하고 이해하는 것이다.

· NMR-spectroscopy(NMR) : 이 실험에서는 입체규칙성 고분자의 분석방법을 이해하고 습득하는 것에 중점을 두고 있다. PMMA의 NMR 스펙트럼을 기초로 하여 diade와 triade분석법으로 tacticity의 정량적 분석법을 익히는데 주안점을 두고 있다.

· Mass spectroscopy(MS) : Trichotoxin의 두 이성체 T5I와 T5H의 FAB-Mass spectrum를 기초로 sequence의 차이점을 분석하고, 구조의 차이를 이해하는 데 주안점을 두고 실험하게 된다.

· Ziegler-Natta 촉매 중합(ZN) : 이 실험은 두 분야로 구분되는데 첫째 스티렌을 triisobutylaluminium과  $TiCl_4$ 의 촉매를 사용한 중합을 수행하는 것이며, 둘째 에틸렌을 monochlorodiethylaluminium과  $TiCl_4$ 의 촉매를 사용하는 저압 Ziegler-Natta중합법을 수행하는 것이다.

표 1. 고분자합성 실험내용과 일정에 관한 예

그룹	월	화	수	목	금	월	화	수	목	금	월	화	수	목
1	R	R	ZN	ZN	PK	Co	Co	Co	E	$A_{kin}$	NMR	MS/NMR	A	A
2	Co	Co	Co	R	R	PK	E	ZN	ZN	A	A	NMR	MS/NMR	$A_{kin}$
3	ZN	ZN	A	A	E	R	R	NMR	PK	Co	Co	Co	$A_{kin}$	MS/NMR

표 2. 고분자 물리화학 및 물리의 실험제목과 일정에 대한 예

그룹	월	화	수	목	금	월	화	수	목	금	월	화	수	목
1	Kin	Kin	GPC	GPC	LS	LS	UZ	[ $\eta$ ]	[ $\eta$ ]	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물
2	[ $\eta$ ]	[ $\eta$ ]	Kin	Kin	GPC	GPC	LS	LS	UZ	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물
3	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물	고분자물	OSM	[ $\eta$ ]	[ $\eta$ ]	Kin	Kin	GPC	GPC	LS	LS
						OSM								UZ

· 축합중합법(PK : polycondensation) : Nylon 6,10을 계면 축합중합법으로 합성하여 섬유를 생성시키고, 인장력을 측정하며 편광현미경으로 관측하는 실험을 수행하게 된다.

· 음이온 중합의 반응속도( $A_{kin}$ ) : 스티렌의 음이온중합을 THF에서 counter-ion을 나트륨으로 하여 실온에서 개시제의 농도를 통하여 중합속도를 조사하는 실험을 수행하게 된다. 시간과 중합도의 그래프를 통하여 이온쌍의 성장반응단계에서의 전체 반응속도를 구하며 여기서 얻어진 폴리머의 분자량은 GPC를 통하여 확인하게 된다.

다음으로 고분자 물리화학 및 물리의 실험내용과 일정을 표 2에 종합하였으며, 각각의 실험내용에 대하여 아래에 간략하게 기술하였다.

· Ultracentrifuge(UZ) : 이 실험에서는 원심력을 이용하여 단백질 혼합액으로부터 두 종류의 단백질을 분리하고, 이로부터 혼합비율과 침강계수를 구하는 법을 배우게 된다.

· GPC에 의한 분자량 분포의 확인(GPC) : 라디칼중합의 반응속도론 실험에서 얻어진 폴리스티렌의 분자량분포 및 다분산도를 확인하는 실험이다. 여기서는 다분산도가 알려진 기준물질인 폴리스티렌을 측정하고 그 결과를 합성한 고분자와 비교한다.

· 폴리스티렌의 라디칼 중합속도(Kin) : 라디칼중합의 반응속도에 대한 개시제 농도 및 단량체 농도의 영향에 대하여 밀도계(dilatometer)를 활용하여 측정하고, 강의에서 설명되어진 중합속도식을 입증하는 과정을 연습하게 된다.

· 삼투압법에 의한 분자량 확인(OSM) : 분자량이 균일한 폴리스티렌을 톨루엔에 녹여 4 종류의 농도로 변화시키면서 삼투압을 측정하여 그로부터 분자량을 구하는 실험을 수행하게 된다.

· 광산란법에 의한 분자량의 분석(LS) : 광산란 방법을 활용하여 분자량의 분포가 대단히 좁은 폴리스티렌의 톨루엔과 decalin용액의 분자량, 관성반경과 제2차 삼투압 virial 계수를 확인하는 실험을 수

행하게 된다.

· 점도측정( $[\eta]$ ) : 분자량의 분포가 좁은 두 종류의 폴리스티렌의 톨루엔과 trans-decalin용액을 만들어 세 종류의 농도로 변화시켜 점도를 측정한다. 두 폴리스티렌 중에서 하나의 분자량은 이미 알려져 있는 것을 사용한다. 이 실험을 통하여는 점도측정법을 이용 고분자의 분자량을 확인하는 이론과 실험적 방법을 배우게 된다.

· 유전상수 측정 : 이극성 중합체인 폴리비닐아세테이트를 이용하여 유전상수의 이완과정을 조사하게 된다. 이 실험을 통하여 폴리머의 유리전이온도점을 확인하는 과정을 배우게 된다.

· 열시차분석법 : 이 실험과제에서는 Ziegler-Natta 합성법에 의하여 합성되어진 폴리에틸렌의 녹는점, 녹는점영역, 녹음열의 측정, 동일배열(isotactic) 중합체인 폴리스티렌의 열량 변화특성의 조사, 또는 무정형고분자의 유리전이온도 측정, 그리고 녹는점의 가열속도에 따른 영향에 관한 조사 등을 수행한다.

· 고체상 중합체의 X-선 산란법 : 이 실험에서는 광각 X-선 산란법을 통하여 저밀도 폴리에틸렌의 부분 용융과 실온에서 unit cell의 부피를 측정한다. 또한 얻어진 결정도를 온도의 함수로 나타내고 이를 토론하게 된다.

· 편광현미경 관찰 : 편광현미경을 이용하여 polyethylene oxide의 등은 결정화 과정에서 spherulite의 성장과정을 조사한다. 또한 강하게 인장된 polyethylene terephthalate(PET) 섬유의 사슬 배열상을 조사한다. 그리고 PET필름의 역학적 인장력 측정 실험을 수행하게 된다.

상기 실험내용들은 Dipolm시험 이전에 학생들이 일반적으로 고분자화학을 전공하기 위하여 배워야 하는 실험 내용들이며 Mainz대학에 소속되어 있는 고분자합성, 고분자물리화학, 고분자물리 분야의 교수들이 종합하여 만들어진 것이다. 이 실험과정은 대학과 Max-Planck 고분자연구소의 해당 연구실을

방문하면서 실험을 수행하기 때문에 실험내용의 습득뿐만 아니라 각각의 실험실에서 이루어지고 있는 연구분야 및 내용들을 간접적으로 경험하는 기회가 되어 후에 자신의 박사과정의 연구분야를 선택하는데도 많은 도움이 된다. 이 이후의 고분자 과학자가 되기 위한 전문화 교육은 박사과정에서 이루어지게 된다. 독일 학제의 특징은 의무적으로 참여해야 하는 강의와 실험은 Diplom시험 이전에 완전히 끝나게 되고, 박사과정에서는 우리와 같은 의무화되어 있는 강의는 전혀 없다. 단지 자신이 필요하다고 판단되는 강의와 실험에 아무런 제약 없이 자유롭게 선택하여 참여할 수 있다. 박사 과정에서는 각종 세미나에 참석하면서 자신의 전공실험에만 전념하면 된다. 독일에서는 거의 모든 Diplom을 마친 학생들이 박사과정에 진학하는 것이 통례이다.

### 3. 프랑스의 고분자교육

#### 3.1 프랑스 과학기술분야의 연구개발 현황

프랑스 역시 유럽에서 과학기술을 선도하는 나라로 우주·항공, 정보·통신, 에너지·환경, 기계·재료 및 생물화학 분야에서 세계적인 우위를 점하고 있다. 역사적으로 보면 세계 처음으로 자연과학계 고등교육기관인 에콜폴리테크니크를 창설한 국가이며 특히 현재까지도 기초과학이나 우주, 에너지 등의 분야에서 고도의 독창적인 과학기술을 가진 나라로 TGV, 콩코드기를 실용화시킨 점만을 보아도 과학기술의 수준을 알 수 있다.

오늘날의 프랑스 연구개발(R&D) 체계 및 기본 골격은 1960년대 말에 확립된 R&D체계에 기초를 두고 있으며, 1980년대에 들어서는 국가의 지원뿐만 아니라 기업체의 지원도 증가추세를 나타내기 시작하였다. 예를 들면 공공연구와 기업연구 사이의 접근 및 사고방식의 전환뿐만 아니라 연구원의 신분, 과학기술분야의 공공기관 및 대학의 위치, 박사학위 보조금, 연구장려 면세, 연구기술 분원 설립, 연구 촉진정책의 일관성화, 공공정책 수행기구 확립 등을 들 수 있다. 1992년도의 R&D지원은 국민 총생산의 2.4%(1,700억프랑, 한화 약25조원)를 차지하였으며 이중 국가지원이 51% 이상이나 되었다. 이중 기업에서의 산업적 기술혁신 분야가 총규모의 49%로 가장 비중이 높으며 군사용 R&D가 16%, 기초연구-고등교육이 15.2%, 공공정책지원이 8.5%,

국가의 민간대형기술사업(우주항공, 전자통신, 원자력)이 8.9%이었다. 이처럼 프랑스는 과학기술에 막대한 투자를 하고 있으며 현재도 정부지출연구비 비율이 44%에 이르러 정부주도의 연구개발이 이뤄지고 있다. R&D의 인력 분포를 살펴보면 약 300,000명이 연구기관에 종사하며, 그 중의 약 반인 115,000명이 연구원, 간부, 공과대학을 나온 엔지니어이다. 총 인원의 56%인 164,000명, 그리고 연구원, 간부, 엔지니어의 56%인 65,000명이 기업체 연구소에 종사한다. 민간 공공연구소에 종사하는 인원이 36.7%이며, 연구원, 간부, 엔지니어의 41.2%가 민간 공공 연구소에 있다. 연구인력면에서 살펴보면 국립과학 연구센터(Centre Nationale de la Recherches Scientifiques : CNRS)의 경우 화학분야 종사인력이 10.8%에 이른다.

#### 3.2 연구기관 및 연구현황

프랑스의 과학기술분야에서 재료 분야를 연구하는 연구소들과 수행하는 연구는 다음과 같다.

- ANVAR(Agence National de Valorisation de la Recherche) : 실험실에서 개발한 기술을 산업체에 이전하며 기술개발 혁신을 위한 인력지원 및 재정지원의 역할을 담당하며 전국적으로 25개소의 분소가 있다.

- CEA(Commissariat à l'Energie Atomique) : 핵공업에 필요한 고도의 기술과 연구개발을 하는 공공 연구기관으로 상업용 핵연구와 핵산업에 연관된 기초연구, 원자력의 안정성, 환경오염 방지 등을 연구한다.

- CNRS(Centre Nationale de la Recherches Scientifiques) : 국가차원의 문화, 경제, 사회개발연구와 함께 과학정보의 개발, 연구 결과의 응용 및 평가에 기여하는 임무를 수행하며 각종 과학기술 프로젝트에 참여하고 이 기관은 전국에 분포한다.

- CEREM(Centre d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux) : 핵산업을 지원하기 위한 재료를 전문적으로 연구하는 연구소로 고분자 분야로는 전도성 고분자, 고분자 전해질(리튬 배터리) 등에 대한 연구를 수행하고 있다.

이외에 대학과 연계하여 연구소들에서 많은 연구가 진행되고 있으며 기초소재부터 고기능성 소재까지 광범위한 연구개발을 수행하고 있다. 특히 고분자 분야로는 폴리머 얼로이, 고온 공정용재료, 자성 압전 고분자, 복합재료, 구조적 접착, 다기능성 표면 피복 등의 분야가 활성화되어 있다. 프랑스에서 고

분자 생산의 20%를 점유하는 Rhone-Alpes지역의 도시인 Lyon의 경우를 살펴보면 고분자분야에 160여명의 연구진이 있는 CNRS(Solaize)와 INSA (Institut National des Sciences Appliquees) de Lyon, Lyon 1대학 등에 15개이상의 연구그룹에서 250여명(박사급)의 연구진이 고분자에 대한 연구를 수행하고 있다.

### 3.3 박사준비과정(DEA)을 중심으로한 고분자의 교육방향

다음은 Lyon을 중심으로 한 Rhone-Alpes지방의 INSA de Lyon, Lyon 1대학, Ecole Central de Lyon(ECL), Saint Etienne 대학, Savoie 대학의 DEA 과정 학생들이 수강하는 과목들을 일례로 들은 것으로 DEA 과정은 학년말에 시험이 있으며 우리나라의 석사논문과 같은 논문을 제출하여야 한다. DEA 과정에서는 다음에 언급된 것과 같이 4과목의 공통과목과 선택과목중 2개의 과목, 전문과목중 2개의 과목을 수강하여 통과하여야 한다. 우리나라와 다른 점은 석사과정의 학생들은 대개는 그 지역의 여러학교에 개설되는 과목을 공통적으로 수강한다는 점이다. 이는 전공심화 과정이므로 각 대학교수들이나 그 지역의 고분자 관련 강사들의 전문과목을 쉽게 접할 수 있게 하기 위함이다. 그리고 프랑스의 대학들은 그랑제콜을 제외한 모든 대학이 국립으로써 평준화되어 있고 전문화되어 있어 지방마다 교수 및 연구분야가 달라 고분자 교육의 방향을 일반적으로 언급하기는 상당히 어려움이 있다.

#### 공통과목

- Synthesis and characterization of polymers
- Cohesion and superficial properties of polymers
- Viscoelasticity and rheology
- Mechanical behavior of polymers

#### 선택과목

- Chemistry and thermodynamics of reactive blends
- Chemistry and kinetics of thermoplastics
- Physical chemistry and interfaces and adhesion
- Mechanical behavior of reinforced polymers
- Molecule mobility and structure of polymers
- Flow of Newtonian fluid and pseudo-plastics

#### 특수 과목

- Nonlinear viscoelasticity

- Control of multimaterial flow in extrusion
- Modelization of transport
- Chain polymerization
- New methods of polycondensation
- Industrial catalytic polymerization
- Polymers for electronics and eletrotechnics
- High performance polymer materials
- Polymer materials in dispersion state
- Engineering of interphase/interphase in domain of multimaterials
- Durability of composite materials
- Structure dimensionality in composite materials

박사과정은 3년을 기본으로 하고 있으며 박사과정의 학생들도 지역을 중심으로 개설된 2과목이상의 DEA 과정의 수업을 수강하여야 하며 박사논문의 발표는 심사위원 2인(타지역대학 교수급)이 논문에 대한 평가를 대학에 제출한 후 대학심의위에서 통과하여야 발표를 할 수 있으며 5인 이상의 심사위원이 배석하고 방청객들 앞에서 발표한다.

### 3.4 고분자 재료 분야의 연구

고분자 분야는 프랑스에서 항공·우주, 에너지·환경 분야보다는 정부지원이 우선적이지 못하며 민간 주도형 투자를 통하여 새로운 제품개발에 주력하고 있는 실정이다. 그러나 신소재 및 범용 고분자의 물성 및 응용에 대한 연구는 활발히 진행되고 있어 새로운 재료의 가공기술과 경제성 및 경쟁력을 갖춘 생산공정을 모델화하려는 시도가 적극적인 편이다. 또한 산업구조의 다양화와 함께 복합재료의 개발이나, 표면의 피막화 처리 등을 도입한 기술개발은 관심이 집중되면서 급부상하는 분야 중의 하나이다. 성장 가능성이 큰 재료로는 내열재 및 접착제, 전자산업용 소재, 공업용 플라스틱, 비철 신소재, 복합재료, 고성능 복합재 등을 들 수 있다. 그러나 프랑스의 기술혁신은 이론개발과 실험실적 규모에서는 우수성을 인정받고 있으나 경제성을 고려한 산업화에는 상대적으로 떨어져 있다. 연구수준을 분야별로 살펴보면 다음과 같다.

- 고분자 합금-산업화는 완속단계이나 학문적인 수준에서 하위임
- 구조물용 접착제 개발-산업화는 완속단계에 있으며 학문적인 수준은 상위임
- 고분자 복합체-산업화는 완속단계이나 학문적인 수준에서 하위의 위치에 있고 기술개발면에서는



### 성장단계임

- 기능성재료-산업화는 초기단계이며 학문적인 수준에서 중위임
- 고온공정용 신소재-기술개발정도는 완속단계이며 학문적인 수준에서 상위임
- 신섬유개발-기술개발은 성장단계이나 학문적인 수준에서 하위임
- 압전성/강전성/자성고분자 재료 개발-기술개발은 성장단계이고 산업화는 완속단계에 있으며 학문적인 수준에서 상위임
- 유기고분자의 합성-기술개발은 성장단계이며 학문적인 수준에서 중위임

### 3.5 대학교육과정

대학은 바칼로레아(Baccalauréat) 시험에 합격하면, 연령 제한 없이 학생의 희망에 따라 학교, 학과 등을 마음대로 선택하며 서류전형을 통하여 입학할 수 있다(외국학생들의 편입학의 경우 전형방법이 다양함). 일반적으로 대학교육은 연속적인 3기 과정으로 이루어졌으며, 각 과정을 이수하면 국가학위 혹은 대학학위가 수여된다.

#### 3.5.1 제1기과정(Premier Cycle)

(1) DEUG(Diplome d'Etudes Universitaires Générales)

바칼로레아(대학입시 자격고사) 합격자에게 입학 자격이 주어지며, 기초 교육을 실시한다. 수업 연한은 2년이며, 한국에서의 대학교 1, 2학년에 해당된다. 졸업하면 국가 학위인 DEUG가 수여된다. 매우 다양한 교육이 실시되고, 대학마다 오리엔테이션 교육기간이 포함되어 있다. DEUG는 주로 2기 과정을 준비하기 위한 과정으로 이 DEUG만으로는 전문적인 직업을 갖기가 쉽지 않다.

(2) DEUST(Diplôme d'Etudes Universitaires Scientifiques et Techniques)

단기간(2년)에 전문 직업교육을 시키는 과정으로 우리나라의 전문대학에 해당한다.

#### 3.5.2 제2기과정(2eme Cycle)

DEUG 이후에 2-3년간 보다 높은 수준의 과학 기술, 혹은 일반 교육을 심화시키는 학위 취득을 위한 전문 교육과정이며, 국가 학위인 Licence(1년)와 Maîtrise(1년)이 있다.

##### (1) 리상스(Licence)

DEUG나 DEUST 학위 소지자가 1년간의 과정을 마치면 취득할 수 있는 학위이다. 이 과정에서 전공에 관한 전반적인 내용을 다룬다.

##### (2) 메트리즈(Maîtrise)

리상스 취득 후 입학이 가능하며 수업 연한은 1년이다. 이 과정에서는 특정 교수의 개인 지도를 받으며 전공분야의 전문연구를 하는데, 대부분 과정 이수 시험과 논문이 통과하면 학위를 취득하게 된다.

#### 3.5.3 2년 연속의 직업 교육

학사 및 석사과정이 분리되어 있지 않은 대신 DEUG 이후 2년동안 연속적으로 과정을 마쳐야 학위를 취득하는 특수 과정의 국가학위로서 과학기술 석사(MST), 경영학석사(MSG), 경영전산학석사(MIAGE)가 있다.

#### 3.5.4 3년 연속의 마지스페르(Magistère)

이 과정은 각 방면의 고급 전문 직업인 양성을 위해 1985년에 개설되었다. 수업 연한은 3년이며, DEUG 이후 사회과학, 이공 계열 등 전문분야에 관한 이론 강의 뿐 아니라 기업 연수(6-10주) 등 실질적인 교육과정이 포함된다.

#### 3.5.5 제3기 과정(3eme Cycle)

1년 이상의 고급연구과정(DEA)을 포함하는 높은 수준의 전문과정이다. 입학 자격은 메트리즈, 엔지니어 학위 혹은 이에 상응하는 학위 소지자이다.

(1) Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS)

수업 연한은 1년이며, 전문 직업교육이 목적이고, 기업 연수(3개월)가 필수로 기업으로의 취직이 용이한 학위이다.

##### (2) Diplôme d'Etudes Approfondies(DEA)

전문분야 연구에의 입문과정으로 수업 연한은 1년내지 2년으로 박사 예비과정이라 할 수 있으며, 이 과정은 논문 준비 이전에 학생의 실력을 확고히 하기 위해 만들어졌다. 이 과정 동안 4-5개 과목을 이수하고 논문 주제와 관련된 소논문이나 연구계획서를 학년 말에 발표하여 심사를 통과해야 DEA 학위를 취득한다. 이후 박사(Doctorat) 과정에 등록할 수 있으며 2-4년간 박사 학위를 준비할 수 있다.

##### (3) Institut Universitaire Professionnalis (IUP)

수업 연한이 3년인 장기 기술교육 과정이며, 교육 기간의 1/3은 현장 실습이고 2개 외국어가 필수이다. IUP 1학년 입학 자격은 DEUG나 CPGE의 1년 과정을 마쳤거나 혹은 BAC+1(바칼로레아 합격 후 1년간의 고등교육)을 받았어야 한다. 따라서, IUP에서 1학년을 마치면 DEUG, 2학년은 리상스, 3학년을 졸업하면 메트리즈 학위와 엔지니어-교사 자격을 얻게 된다.

#### (4) 박사과정(Doctorat)

본격적인 박사학위 논문을 준비하는 과정으로 DEA를 우수한 성적으로 졸업한 학생에 한해서 지원할 수 있다. 기본적으로 3-4년 안에 박사학위 논문을 제출하고 난 뒤 Soutenance라는 논문발표회를 가진 뒤 점수를 받고 즉석에서 박사학위가 주어진다.

상기에 열거한 과정이외에도 그랑제꼴이라는 고등교육 제도가 존재한다. 이 제도는 프랑스에만 존재하는 유일한 교육제도로써 전문직의 고급엘리트 양성을 목적으로 실시되는 공립 및 사립의 교육제도이다.

#### 3.5.6 그랑제꼴(Grandes Ecoles)

우리나라의 경우 고등학교 졸업 후, 학생들이 고등교육을 희망할 경우에는 대학으로 진학하게 되지만, 프랑스의 경우는 우리나라 대학 기능의 대학인에꼴 및 그랑제꼴 등에서 이루어지고 있다. 따라서 고등교육을 희망하는 학생들은 장래의 인생 설계 및 자신의 현재 상황에 따라 적절한 곳으로 진학하게 된다. 대학과 그랑제꼴의 차이점은 지원 자격, 선발 방법, 수업 연한, 교육 방법 및 졸업 후의 진로 등 여러면에서 차이가 있어 다음에 기술한다.

그랑제꼴은 3년제 또는 4년제로 운영되므로 졸업하려면 바칼로레아 이후 최소 3년, 보통은 5-6년이 걸리므로 일반대학 졸업생보다 학업 연한이 2-3년 길고 교육수준이 높을 뿐 아니라 실제적인 교육에 치중함으로써 졸업생들은 장차 관공서나 각 기업체의 고급 간부 및 엔지니어로 진출하게 된다. 따라서 우수한 학생들은 자연히 일반대학보다 그랑제꼴을 지망하게 되며, 이러한 학생들을 대상으로 심도있는 교육이 실시됨으로써 프랑스의 영재들은 그랑제꼴을 통하여 배출되는 것이다. 이 그랑제꼴을 통해 프랑스는 소수엘리트가 지배하는 국가체제를 이루고 있으며, 또한 '에나르크'라 불리는 국립행정학교(ENA) 졸업생들이 정계, 관계, 재계, 언론계의 최상부에 포진해 프랑스를 이끌고 간다. 현 대통령인 자크시락과 리오넬조스팽 총리가 에나르크 출신이며 17명의 관료 중 9명이 여기서 공부하였다.

그랑제꼴은 전문교육을 하는 교육 기관으로 학교의 종류가 매우 다양하며, 공립 그랑제꼴은 소속 행정부처가 지명하는 교장이 학교를 운영한다. 정부가 각 학교를 직접 승인하며, 교수진은 주로 교장이 선발한다. 그랑제꼴의 수업은 이론강의보다는 세미나와 현장실습 위주로 진행된다. ENA의 경우는 교육기간 2년 중 정부부처 실무수습이 절반 정도를 차지한다. 그랑제꼴의 입학 자격은 DEUG, DUT, BTS

등의 프랑스 고등교육 학위나 이에 상응하는 외국학위 소지자, 또는 그랑제꼴 준비반(CPGE) 출신이 입학할 수 있다. 공과 계통으로는 Ecole Polytechnique, Ecole Normale Supérieure(ENS), Ecole Nationale Supérieure des Arts et Matière(ENSAM), Institut National des Sciences Appliquées(INSA) 등이 있다.

#### 3.6 장학금

프랑스 외무부에서는 우수한 외국학생들에게 "파퇴르 장학금"을 주고 있으며, 이미 석사학위를 받고 프랑스 고등교육기관(대학, 그랑제꼴, 국립 혹은 사립 연구기관 등)에서 연구를 계속하려는 사람들이 후보가 될 수 있다. 모든 과학기술 분야는 물론, 인문사회 분야도 포함되어 있다. 장학금의 종류는 다음과 같다.

- 단기교육 장학금(6-12개월) : 연장이 불가능한 장학금이며 불어를 구사해야 혜택을 받을 수 있다.

- 박사과정 장학금 : 석사학위를 취득한 우수한 학생에게 프랑스 대학에서 3년간 박사논문을 준비하는데 지원하는 장학금이다(어학이 필수요건은 아님).

- 박사 공동학위제 장학금 : 이 장학금은 한국지도교수 1인과 프랑스 지도교수 1인의 공동 지도하에 양국의 두 대학에서 학위를 취득하는 제도로 이를 위해 두 대학간에 논문 준비를 위한 협정이 체결되어야 주어진다. 현재 KAIST가 INSA de Lyon과 협정을 체결하여 학생을 교류하고 있으며 학생은 3년간 한국과 프랑스에서 번갈아 6개월씩 체류하며 박사논문을 준비하면 된다.

- 박사후 과정 장학금(6-12개월) : 박사학위 취득 후 연구활동을 위하여 부여하는 장학금으로 일반 포스트 닥터 개념의 장학금이다.

이외에도 지역사회 및 대학, 기업에서 주는 장학금 등 많은 종류의 장학금이 있으며 대학 등록금은 년 20만원선이다. 또한 외국인에게도 정부에서 주거비 보조금이 월 15만원 정도 나오므로 학비 및 주거에 따른 비용은 큰 부담이 되지 않는다.

이상에서 프랑스의 고분자교육을 중심으로 한 교육제도와 연구 활동 등에 대하여 살펴보았으나 깊은 내용까지 다루지는 못하였다. 그러나 여기에 기술된 내용을 통하여나마 예술과 과학이 조화된 나라 프랑스에 대한 이해를 넓히는데 도움이 되었으면 한다. 특히 프랑스는 예술과 더불어 수학, 화학 등 기초 과학이 발달한 나라로 유럽에서도 독일과 더불어 과학의 우위를 점하고 있다. 이는 정부의 지원이 밀바탕

이 된 결과로 프랑스의 교육예산은 전체예산의 20% (127조원)에 이른다는 것으로부터도 알 수 있다. 또한 학문적 경험 축적을 위해 또는 연구주제에 따라 대학을 옮기는 것이 일반화되어 있으며 교수들은 특정 분야의 권위자로 평가받는데 비중을 두고 있어 쉽게 자리를 옮길 수 있다. 이 같은 배경에는 대학들이 거의 국립이며 그랑제꼴을 제외하고는 대학의 수준이 크게 구분되지 않기 때문이기도 하다. 또한 프랑스 대학은 한 대학이 모든 학과와 단과대학을 망라하고 있는 경우는 없다. 각 대학마다 특성화되어 원하는 전공을 기준으로 대학과 학과를 결정하면 된다.

#### 4. 맺 음 말

훌륭한 전문가를 양성하기 위한 교육방법과 과정은 다양할 수 있어 한 표본을 제시하기는 대단히 어려운 일이다. 또한 한 국가의 교육제도의 발전은 긴 역사적 배경속에서 서서히 정립되어 온 것이다. 여기서 중요한 사실은 기본 골격이 분명하게 정의되어 있어야 하고, 그 골격은 쉽게 변화시켜서는 안된다는 점이다. 그러나 그 기본골격 구조에 심각한 문제가 포함되어 있을 때는 효율성을 기대하기가 어려우므로 과감히 혁신해야 한다. 우리나라의 경우 국가의 교육예산과 사교육비를 합친 재원이 천문학적인 숫자로 알려져 있으나 교육 투자에 대한 결실을 제대로 얻고 있는가에 대하여는 상당히 의문점을 갖게 한다. 학교를 마치고 집으로 돌아오자마자 학원과 학원으로 전전하는 우리의 아이들을 바라보면서 지출되는 사교육비 문제는 물론이고, 불가피하게 이런 현실을 수용할 수 밖에 없는 개개인의 무력감에 회의감을 느끼지 않을 수 없다. 이와 함께 천문학적인 교육자원이 사용되고 있음에도 불구하고, 오늘날 세계 100권에 들어갈 수 있는 대학이 아직 국내에 없다는 것은 무엇을 시사하고 있는가? 이제 우리도 교육체계에 대한 심도있는 연구를 통하여 이러한 교육

자원의 효율적인 집행과 관리가 가능할 수 있도록 다각적인 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

고분자 교육과 관련하여 우리의 경우 고분자 관련 전문 교수인력들이 전국적으로는 대학간에 혹은 학내에서 인접 학과와 적절한 연계 없이 산만하게 분산되어 있으며, 연구주제별 효율적 연구집단화가 용이하지 않는 체제로 되어 있다는 생각을 해본다. 이는 전문인력의 양성과정에서도 문제로 제기되어 부실한 교육을 제공하는 원인이 될 수 있다. 이러한 문제들은 장기적으로 국가적인 차원에서 고분자 분야의 전문분야별로 지역과 대학들에 재정적 지원을 통한 특성화를 유도하여 관련 전문인력들이 상호 보완적으로 연구협력체제를 형성하는 방향으로 해결되었으면 하는 바람이다.

끝으로 독일 및 프랑스의 고분자 교육에 대한 기술이 필자들의 제한된 경험의 범위내에서 개략적으로 기술되어져 부분적일 수 있고, 또한 오류를 범한 곳도 있을 것으로 생각되어 독자들의 많은 이해를 부탁드립니다. 이 글이 고분자교육 과정에 있는 학생이나 연구자들에 다소나마 도움이 된다면 이로써 위안을 삼고자 한다.

#### 참 고 문 헌

1. 독일화학회 고분자분과, <http://www.gdch.de/fachgrup/macro.htm>.
2. Max-Planck 연구소: <http://www.mpg.de>.
3. Fraunhofer 연구소: <http://www.fraunhofer.de>.
4. 불란서 5대 강점 기술조사 및 협력방안 연구, 과학기술처 (1996).
5. 주한 프랑스대사관, <http://ambassade.france.or.kr>.
6. Ecole Doctorale Matertiaux de Lyon, <http://www.crig.univ-lyon1.fr/livret/cycle3/L3-DEAMATERIAUXPOLYMERS.htm>.
7. Engineering Education in France, <http://www2.cefi.org/GENERAL/PLAQUET.HTM>.
8. 프랑스 교육자료원, <http://www.bref.co.kr>.