

### 3. 화학 분야의 발전

#### 가. 화학 분야 발전의 개요

화학은 기초학문 분야이지만 산업으로 응용과 밀접한 관련을 맺고 있다. 19세기 후반부터 염료합성과 의약품의 제조로부터 각종 화학제품에 대한 기초연구와 이를 산업화하는 연구가 서구 선진국들을 중심으로 이루어졌다. 우리나라는 이러한 세계적 추세와는 동떨어져 일제하에서 국내에 화학이라는 학문 분과 자체가 없었다고 해도 과언이 아니다. 해방 후 일제하에서 일본 유학 후 귀국한 소수의 학자들이 대학에 자리를 잡아 대학의 화학 교육이 시작되었지만 학문적 연구는 1960년대 후반까지 거의 없었다. 1960년대에 연구기관으로 한국과학기술연구소, 대학원 수준

교육기관으로 한국과학원이 설립되어 선구 선진국의 박사급 유학생이 귀국하여 교수로 자리를 잡았다. 우리나라 중화학 공업을 육성하기 위하여 이 두 기관에 화학 분야와 응용화학 분야는 중요한 부서가 되었고 초기의 화학 분야 산업뿐 아니라 학문적 발전의 기반이 되었다.

1976년에는 정부 출연 연구기관으로 한국화학연구소가 설립되어 농의약품 및 재료화학 연구를 중심으로 화학 관련 응용연구의 중심 기관이 되었다. 1977년 과학기술분야의 대학 연구를 지원하는 한국과학재단이 과학기술처 산하에 설립되어 화학 분야 국내 대학원의 연구 활동이 시작되었다. 그리고 1970년대 후반부터는 외국의 대학원 유학을 마치고 귀국하는 학자들이 대학에 자리 잡으면서 대학에서 연구가 활성화되기 시작하였다. 이후 1981년 교육부 산하의 한국학술진흥재단이 설립되어 대학원 연구 활동을 지원하여 화학 분야의 고급 인력 육성과 연구 활동을 더욱 활성화하는 계기가 마련되었다. 그러나 과제당 연구비 규모나 KAIST를 제외한 대학의 연구장비와 대학원 학생 수 부족 등 전반적으로 연구 환경이 열악하여 대학에서 1980년대 후반까지도 연구다운 연구를 수행하지 못하였다.

1990년 시작된 한국과학재단의 우수 연구센터 사업은 대학 연구를 활성화하는데 주요 계기가 된 사업이다. 이 사업은 일반적인 사업의 과제당 연구비가 연 500만 원 정도 수준으로 1~2년 간 지원하던 당시로서는 20여명 정도의 교수로 구성된 연구집단에 연 10억 원 정도를 9년 동안 지원하는 사업으로 각계의 주목을 받았다. 이 사업을 통해 한국과학재단은 1인당 연구비가 일반 과제에 비하여 열 배정도의 금액을 지원하는 집단 연구가 활성화되는 방향으로 연구 환경을 획기적으로 개선하는데 기여하였다. 사업의 성과도 일반적인 과제보다 월등한 결과를 보였는데, 연구 성과의 SCI 인용 논문 발표 통계를 보면 사업단 소속 학자의 1인당 평균 발표 논문 수가 소속되지 않은 국내학자 발표 논문 수의 7배 정도에 이른다. 1995년까지 1990년 1개, 1991년 2개, 1995년 1개로 과학 분야 총 20개중 4개가 화학 분야에서 선정되었다(한국과학재단, 1998). 1990년대 초부터 시작된 정부 지원 연구비의 획기적인 증가는 과제당 대규모 연구비를 지원하는 사업들이 다수 생기면서 국내 화학연구의 활성화를 가져오게 되었다. 2010년대에 들어오면서 기초과학에 지원하는 가장 큰 사업은 기초과학연구원(IBS)사업으로 한 개 사업단에 평균 연 80~100억 원을 최장 9년간 지원하는 사업이다. 2017년 현재 총 29개 사업단 중 화학 분야 관련 사업단이 9개 선정되어 사업이 진행 중이다.<sup>6)</sup>

1990년대 이후 연구 결과의 질적 평가가 강화되기 시작하였는데 SCI 인용 논문을 중심으로 연구 성과를 판단하고, 특히 Science, Nature 등 높은 인용지수를 보이는 학술지에 발표하는 논문들은 언론을 통해 보도되고 있다. 화학 분야에서는 학술잡지 JACS(미국화학회지)와

Angewante Chemie(독일화학회연관 Wiley-VCH발행지)가 가장 많이 인용되는 우수한 잡지로 인정하는데 우리나라 화학자들도 1990년대 이후 상당수의 논문을 이 학술지들에 발표하고 있다.<sup>7)</sup>

화학 분야의 학술활동은 대한화학회를 중심으로 진행되고 있다. 2017년 현재 매년 회비를 납부하는 회원수가 7000여명이고 1년 예산이 24억 원 정도로 국내 최대 학회 중의 하나이다. 소식지로 매달 『화학세계』가 발간되며, 학술지로 SCI 등재 영문지 *Bulletin of the Korean Chemical Society(BKCS)*, 화학종합학술지인 『대한화학회지(JKCS)』, 그리고 해외학회 또는 출판사와 공동으로 *Chemistry, an Asian Journal* 과 *Physical Chemistry Chemical Physics*를 매월 또는 격월로 발간하고 있다(대한화학회, 1999). 매년 봄과 가을에 총회와 학술발표회를 개최하는데 2017년 봄에는 4월 19~21일, 119회 총회 및 학술발표회가 일산 KINTEX에서 개최되었는데, 등록 인원이 2500여 명이었고 발표 논문이 1400편에 달하고 있다.<sup>8)</sup> 대한화학회 이외에 한국고분자학회, 한국공업화학회, 한국세라믹학회, 한국화학공학회 등 화학의 여러 분야의 학술활동을 지원하고 있는데 이 학회들이 모여 한국화학관련학회연합회를 1999년에 창립하여 공동 학술활동을 지원하고 있다.<sup>9)</sup>

#### 나. 화학 발전의 시대별 전개

근대화의 물결이 들어오기 시작하던 20세기 초 설립되기 시작한 서구식 고등 교육기관은 이공계 인력을 육성하려는 노력이 있었다. 하지만 1910년 이후 일제하에서는 식민지의 이공기 술인력 육성을 억제하여 대학졸업 수준의 이공계 인력의 배출은 거의 없었다. 그나마 한반도 출신의 이공계 박사가 화학 분야에서 두 사람이 있었다. 교토제국대학 이학부 화학과의 이태규 박사와 공학부 응용화학과의 이승기 박사로서 두 분 다 학위 후에 교수로도 재직하다가 해방 후 귀국하였다. 이 두 분은 한국 화학 연구의 선구자로서 이태규 박사는 1931년 촉매연구로 이학박사학위 취득 후, 1937년 조선인으로서 유일하게 제국대학 화학과 조교수로 임명되어 미국 프린스턴에 연구원으로 유학한 후 일본에 처음으로 양자화학을 소개하였으며 1943년 교토대 교수가 되었다. 해방 후 귀국하여 서울대학교 이공학부장이 되어 우리나라 이공학 분야의 토대를 만들었고 화학 분야의 후배 교수들을 양성하였다(대한화학회 편저, 2008). 이승기 교수는 최초로 비날론이라는 나일론과 유사한 합성섬유 합성에 성공하여 1939년 공학박사를 취득한 후 역시 교수로 임명되었고, 해방 후 서울대학교에 잠시 근무한 후 한국전쟁당시 월북하여 북한 과학계를 대표하는 상징적 인물이 되었다.

1950년대와 1960년대에는 미국과 유럽에 일부 교수들을 포함하여 대학원 과정을 위한 유학이 시작되었고 박사학위를 마친 후 귀국하여 한국 화학계를 이끄는 학자들이 되었다. 그러나 국내의 연구 환경이 열악하여 대학에서는 연구보다는 후진 양성을 하였다. 화학 분야는 70년대 이후 본격적인 해외 유학시대가 된다. 화학 분야는 해외 우수 대학에 국비 유학 또는 현지 장학생으로 많은 학생들이 유학하고 1970년대 후반부터 대부분이 귀국하여 정부 연구소와 대학에 자리 잡게 된다. 이후 대학의 교수는 거의 전부가 해외 유학파로 채워지게 되었고, 이러한 전통은 아직도 유지되면서 특히 소위 상위권 대학은 대학교수 중 80%이상이 해외 박사학위 소지자로 구성이 되어 있다. 국내 대학원 수준 학위배출은 1970년대 초에 대학원 교육만을 위한 교육기관으로 설립되어 군 면제의 특혜가 주어진 KAIST를 중심으로 시작되었다. 그리고 1980년대 후반까지도 대학원은 석사학위를 중심으로 구성되었다. 1990년대 이후 연구비 규모가 커지고 연구 환경이 전반적으로 개선되면서 국내 대학에서도 박사학위 배출이 획기적으로 늘어나기 시작하였다. 특히 1999년 교육부에서 시작한 BK 21 사업은 세계적 수준의 연구중심대학과 지역 우수 대학을 육성하기 위한 프로젝트로 현재 3단계가 진행되고 있는데 대학원 연구 활성화에 기여하였다.<sup>10)</sup>

<표 1-24> 화학 세부 분야별 정부 연구비와 과제 수(2006년~2009년)

(단위: 억 원, 건)

년도 (구)과학기술표준 (중분류)	2006		2007		2008		2009		합계	
	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수
물리화학	47	45	74	86	83	102	123	113	326	346
유기화학	72	73	79	107	104	112	161	133	415	425
무기화학	86	49	107	83	88	81	181	93	463	306
분석화학	100	36	60	38	69	39	29	30	257	143
고분자화학	56	55	43	63	72	78	135	82	306	278
생화학	13	17	43	26	24	28	50	30	130	101
광화학	5	9	2	5	12	9	58	15	77	38
전기화학	6	10	42	30	22	17	43	26	114	83
융합화학	34	24	50	29	85	65	139	69	306	187
달리 분류되지 않는 화학	110	130	91	70	83	44	44	19	327	263
화학 Total	529	448	591	537	642	575	963	610	2,721	2,170

자료: NTIS 자료

화학은 전통적으로 물리화학, 유기화학, 무기화학, 분석화학의 4개 분야를 중심으로 대학 교육이 이루어져 왔다. 연구가 활성화되면서 산업계의 응용과 관련되는 의약화학, 고분자화학, 생화학, 재료화학 분야의 연구 논문이 발표되었다. 국내에서도 1990년대 말 이후 화학 분야에서도 세계적 수준의 연구가 발표되었는데 특히 1990년대 초부터 선진국을 중심으로 시작된 나노과학 연구에 국내 과학자들도 좋은 연구결과를 발표하기 시작하였다. <표 1-24>는 2006년부터 2009년까지 과학기술표준 분류체계에 의하여 화학 세부 분야별 정부연구비와 과제 수 현황을 보여주고 있다.

<표 1-25> 한국연구재단 사업들의 화학분야 지원 과제수와 연구비(2010년~2016년)

(단위 : 건 / 백만원)

구분	2010년		2011년		2012년		2013년		2014년		2015년		2016년	
	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비
리더연구	9 (1.6%)	7,854 (13.3%)	9 (1.5%)	7,757 (12.2%)	11 (1.9%)	8,277 (13.5%)	8 (1.4%)	6,607 (11.6%)	9 (1.5%)	7,374 (12.8%)	11 (2.0%)	8,497 (14.8%)	11 (2.0%)	8,423 (14.6%)
중견연구	107 (19.4%)	14,809 (25.0%)	118 (19.6%)	15,738 (24.8%)	118 (20.1%)	15,483 (25.3%)	125 (21.7%)	15,400 (27.0%)	124 (20.9%)	15,531 (27.0%)	131 (23.6%)	15,784 (27.4%)	147 (26.7%)	18,151 (31.5%)
신진연구	74 (13.4%)	3,768 (6.4%)	95 (15.8%)	5,203 (8.2%)	96 (16.3%)	5,687 (9.3%)	92 (16.0%)	5,763 (10.1%)	88 (14.8%)	5,404 (9.4%)	96 (17.3%)	5,386 (9.4%)	90 (16.4%)	5,334 (9.2%)
이공학 개인기초	319 (57.9%)	17,048 (28.8%)	337 (55.9%)	17,369 (27.4%)	318 (54.1%)	16,272 (26.6%)	285 (49.5%)	13,675 (24.0%)	303 (51.1%)	13,202 (22.9%)	248 (44.6%)	12,108 (21.0%)	234 (42.5%)	11,764 (20.4%)
학문후속세대	18 (3.3%)	539 (0.9%)	13 (2.2%)	542 (0.9%)	17 (2.9%)	747 (1.2%)	39 (6.8%)	2,010 (3.5%)	39 (6.6%)	2,108 (3.7%)	39 (7.0%)	2,155 (3.7%)	37 (6.7%)	1,945 (3.4%)
전략공모	7 (1.3%)	2,970 (5.0%)	12 (2.0%)	4,304 (6.8%)	11 (1.9%)	3,770 (6.2%)	11 (1.9%)	3,340 (5.9%)	14 (2.4%)	3,957 (6.9%)	16 (2.9%)	4,590 (8.0%)	18 (3.3%)	4,879 (8.5%)
선도연구센터	6 (1.1%)	6,308 (10.7%)	6 (1.0%)	6,199 (9.8%)	4 (0.7%)	4,127 (6.7%)	4 (0.7%)	3,977 (7.0%)	4 (0.7%)	3,918 (6.8%)	3 (0.5%)	3,186 (5.5%)	2 (0.4%)	2,060 (3.6%)
기초연구실	2 (0.4%)	990 (1.7%)	3 (0.5%)	1,420 (2.2%)	4 (0.7%)	1,995 (3.3%)	4 (0.7%)	2,075 (3.6%)	4 (0.7%)	2,002 (3.5%)	4 (0.7%)	1,776 (3.1%)	4 (0.7%)	1,850 (3.2%)
글로벌연구실	4 (0.7%)	1,784 (3.0%)	4 (0.7%)	1,626 (2.6%)	3 (0.5%)	1,278 (2.1%)	4 (0.7%)	1,740 (3.0%)	4 (0.7%)	1,598 (2.8%)	4 (0.7%)	1,803 (3.1%)	5 (0.9%)	2,137 (3.7%)
대학중점 연구소	5 (0.9%)	3,156 (5.3%)	6 (1.0%)	3,204 (5.1%)	6 (1.0%)	3,600 (5.9%)	4 (0.7%)	2,485 (4.4%)	4 (0.7%)	2,486 (4.3%)	4 (0.7%)	2,261 (3.9%)	2 (0.4%)	1,127 (2.0%)
<b>총합계</b>	<b>551</b>	<b>59,226</b>	<b>603</b>	<b>63,363</b>	<b>588</b>	<b>61,236</b>	<b>576</b>	<b>57,073</b>	<b>593</b>	<b>57,579</b>	<b>556</b>	<b>57,545</b>	<b>550</b>	<b>57,671</b>

자료: NTIS 자료

개인과 소규모 집단을 지원하는 목적 기초연구 지원 사업의 경우 1995년도 총 연구비 277억 원중 화학 분야에 총 36억 원을 지원하였다. 2015년도에는 이에 해당하는 연구비가 485억 원으로 20년 동안 10배 이상의 증가를 보였다. <표 1-25>는 최근 한국연구재단의 사업을 통하여 지원되는 화학 분야의 과제 수와 연구비 통계를 보여준다. 국내 학자들이 발표하는

논문의 질적 수준을 판단할 수 있는 피인용 상위 논문실적 비교분석 결과를 보면 상위 1%내의 논문 점유율이 2.6%로 학문 세부 분야의 세계 순위에서 12위로 7위인 재료과학 다음으로 가장 높은 순위이다. 재료과학의 상당부분도 화학자가 발표한 논문이 포함되었기 때문에 세부학문 분야의 상대적 수준은 화학 분야가 국내에서 가장 높다고 추정할 수 있다.

또한 2000년~2010년 사이에 발표한 논문 중 주저자가 한국인으로 피인용수가 가장 많은 논문도 1, 2위가 화학 분야로서 포항공대 김기문 교수(*Nature*, 2000, 피인용수 1656회), KAIST 유룡 교수(*Nature*, 2001, 피인용수 947회)이다. <표 1-26>은 분야별 상위 논문수를 나타낸 것으로 제1저자 논문으로 보면 화학이 타 분야에 비하여 압도적으로 많은 것을 알 수 있다(한국연구재단, 2011).

<표 1-26> 한국의 분야별 피인용 상위 1%, 0.1%, 0.01% 논문수(2000년~2010년)

분야	전체 저자 논문			제1저자 논문		
	1%	0.1%	0.01%	1%	0.1%	0.01%
화학	307	20	3	235	14	1
물리학	281	26	5	126	5	
공학	247	11	1	203	7	1
재료과학	218	16	4	165	7	1
임상의학	161	19	3	64	3	

자료: 한국연구재단 (2011), 주요국의 피인용 상위 1% 논문실적 비교분석 보고서, p.104

#### 다. 우리나라 화학의 미래 전망

화학 분야는 학술활동 면에서 지난 50년 동안 상당한 발전이 있었다. 그러나 세계적 수준과 비교해 볼 때 아직도 최고 수준의 학문적 성과를 보이지 못하고 있다. 기초학문 분야에서는 최초 또는 최고 수준 이외의 연구는 인정을 받지 못하는 상황이기도 아직 국내 학자로서 국제적 수준, 즉 노벨상 수상 또는 그에 버금가는 학자는 없다고 할 수 있다. 이웃 일본의 경우는 총 22명의 노벨 과학상 수상자가 나왔고 화학 분야에서는 7명인데 2000년 이후 6명이 수상하여 최근 미국 다음으로 많은 수상자를 배출하고 있다.

학문적 미래는 앞으로 무엇을 어떻게 하느냐에 달려있다. 어떻게든 기초학문을 육성하기 위한 과거의 여러 문제점을 개선하기 위한 노력이 있어야 할 것이기에 화학뿐 아니라 모든 학문 분야에 거의 동일하게 적용되어야 할 것이다. 화학 분야만의 특성으로는 실험과 실습이

매우 중요한 기초학문 분야이기 때문에 미래의 화학자를 육성하는데 실험과 실습 위주의 교육이 필요하고, 연구를 위한 실험장비의 개발과 제공에 대하여 국가적으로 지속적인 관심과 지원이 필요하다.

무엇을 연구하는가는 최고 수준의 학자를 육성하는데 매우 중요하다. 지난 50년간을 뒤돌아보면 화학을 포함하여 거의 모든 분야의 연구 주제는 선진국 모방하기라고 볼 수 있다. 산업적 연구라면 모방된 제품이라도 싼 값에 팔 수 있기 때문에 국가 경제에 도움이 될 것이고, 빠르게 잘 모방하는 우리나라의 추격형 전략은 상당한 성공을 거둬서 경제규모가 세계 10위권에 접근한 나라가 되었다. 그러나 기초 과학 학문에서는 그러한 전략은 통하지 않는다. 그렇기 때문에 노벨 과학상 수상자가 한명도 없는 것이다. 이웃 일본의 기초 과학의 성과의 요인은 기초 과학의 학문적 역사가 우리보다 훨씬 길다는 것 이외에 다른 학자가 전혀 연구하지 않았던 연구 분야에 초기부터 뛰어들어 상당히 기간 동안 지속적인 연구를 통하여 결국은 그 분야를 개척한 선구자로 인정받게 되어 노벨 과학상을 수상하게 된 것이다. 현재 우리나라 화학자들이 나노화학, 재료화학 등에서 우수한 연구 결과를 발표하고 있지만 거의 대부분 추격자(Fast Follower)로서 머물고 있다. 따라서 젊은 화학자들이 과감하게 새로운 연구 분야에 진출을 유도하는 정책과 상당기간동안 지속적인 연구를 할 수 있도록 지원하는 정책이 필요하다.