

## 국내 화학 학술 발전의 조감 (1980-2005) : 20세기 활성화기를 지나 21세기 도약의 길로<sup>†</sup>

진 정 일\*

### 1. 서론

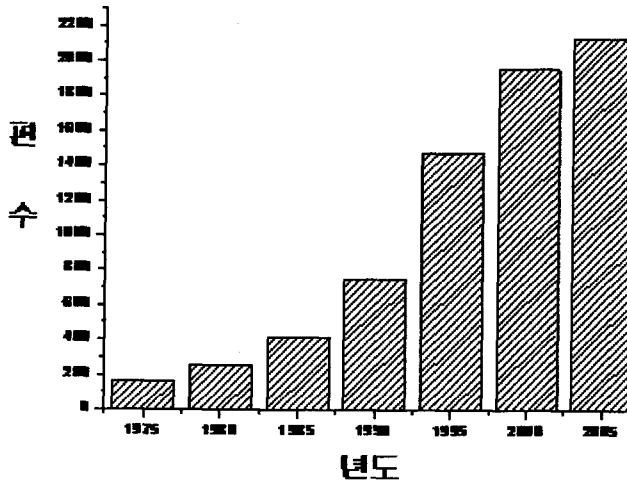
다른 기초과학 분야도 그렇지만 국내 화학분야는 지난 25년간 참으로 눈부신 발전을 이룩해 왔다. 비록 기초과학분야의 연구지원에 대한 정부정책에 많은 불평이 지속되고 있으며, 특히 목적위주의 기초연구에 편중된 정부의 지원 정책이 과학도들의 비판의 대상이 되고 있으나 여러 통계가 우리나라 기초과학의 눈부신 성장을 대변하고 있다. 선택과 집중이라는 연구 지원 정책이 여러 과학자들의 명암을 달리하고 있는 면은 부정할 수 없는 현실이지만 선도 과학자들의 육성·지원이라는 측면에서는 어느 정도 성공하고 있음도 부정할 수 없다.

논의의 중심을 화학에 국한시켜 볼 때 우선 춘계, 추계로 나뉘어 일년에 두 번 개최되는 대한화학회의 춘계, 추계 총회 및 학술발표회에서 발표 (초청강연, 구두발표 및 포스터 발표의 총합계)된 논문 편수를 보면 80년 이후 특히 90년대에 들어서부터 그 증가가 급격함을 볼 수 있다. 1980년에 년 발

<sup>†</sup> 이 글은 대우재단·한국학술협회의(2005), 「대우재단 학술사업 25주년(1980~2005)-대우학술총서의 회고와 전망」에 실렸던 글을 대우재단 및 한국학술협회의의 허락을 받아 수정·재편집한 것임. 본 연구를 지원해 주신 한국학술협회의와 SCI학술지 게재 논문 수 통계를 제공해 주신 한국과학기술원 소민호 선생께 감사드립니다.

\* 고려대학교 화학과 명예교수  
전자우편 : jijin@korea.ac.kr

표수가 258편이었으나 1990년에는 747편, 2000년에는 1952편, 2005년에는 2132편으로 지난 25년간 무려 8배 이상의 증가를 보여주고 있다. 이 같은 양적 증가가 질적 향상을 수반하고 있다는 사실이 더욱 고무적이다(<그림 1>).



<그림 1> 대한화학회 춘·추계 총회시 학술 논문 발표 수

80년 이후 특히 90년대에 들어서부터 그 증가가 급격함을 볼 수 있다. 1980년에 년 발표수가 258편이었으나 1990년에는 747편, 2000년에는 1952편, 2005년에는 2132편으로 지난 25년간 무려 8배 이상의 증가를 보여주고 있다. 이 같은 양적 증가가 질적 향상을 수반하고 있다는 사실이 더욱 고무적이다.

최근 들어 소위 Science Citation Index(SCI) 학술지에 게재되는 한국과학자들의 논문편수가 급속히 증가하고 있으며 그 증가율이 년도에 따라 세계에서 1~3위를 차지하고 있음이 이를 잘 증명하고 있다. <표 1> 에 한국 과

학인 전체가 SCI 학술지에 게재한 논문 통계를 보여주고 있으며 화학 관련 논문의 게재증가도 함께 실었다. 또한 세계적 명성과 권위를 자랑하는 Nature지(Nature Publishing Group, U.K.)와 Science지(American Association for the Advancement of Science, U.S.A.)에 실린 한국과학자들의 논문 수도 근년에 급속히 증가하고 있다. 그러나 이 두 학술지에 실린 전체 논문 수와 비교하면 한국인에 의한 결과가 차지하는 비중이 아직도 미미함을 부정할 수 없다.

그러면 이 같은 기초과학 또는 화학 연구의 활성화를 이끈 주된 원인은 어디서 찾아볼 수 있을까? 이에 대한 답은 여러 각도에서 발견된다. 그 첫째는 1980년도에 한국이 경험한 고도의 경제발전과 과학기술을 중요시하는 풍토에서 찾아 볼 수 있다. 박정희 정권 시절에 시작된 경제개발 5개년 계획의 지속적 추진이 성공적 경제발전의 토대를 마련하게 되었으며, 그 토대 위에서 1980년대의 고도의 경제성장을 이룩할 수 있었다. 공업화에 따른 경제발전은 필연적으로 기술의 중요성이 부각되게 하였으며, 신기술 개발만이 이 나라의 살길이라는 인식이 전 사회에 확산되었다. 이 같은 사회 분위기는 자연적으로 정부의 능동적 연구개발투자를 유인하게 했을 뿐 아니라 산업계에서도 자체의 연구개발 능력의 개선을 서두르게 하였다. 또한 1969년에 설립된 한국과학기술연구원(Korea Institute of Science and Technology; KIST), 1976년에 출범한 한국화학연구원(Korea Research Institute of Chemical Technology; KRICI) 등 정부 출연 연구소의 출현 및 연구활동 또한 학계, 산업계와 더불어 우리나라 화학 연구에 일익을 담당하게 되었다. 그러나 이 같은 이면에 기초과학의 설 자리는 항시 위기를 느끼고 있었다.

과학기술이 경제개발 및 발전의 도구로만 여겨지고 있는 현실에서 기초과학연구는 자연 뒷전으로 밀리게 마련이었고, 이 문제는 기술경쟁력에서 우위를 점유해야 하는 지식기반사회에서 창의적 사고력과 창조성이 강조됨에 따라 점차 개선될 것이 예상된다.

<표 1> 우리나라 화학 관련 SCI 학술지 논문 수

연도	세계 총 논문 수	우리나라 총 논문 수	우리나라 점유율 (%)	화학 분야 논문 수	국내 화학 분야 점유율 (%)	
					세계	국내
1981	448,879	263	0.06	61	0.01	23.2
1982	461,760	306	0.07	75	0.02	24.5
1983	471,019	375	0.08	109	0.02	29.1
1984	470,735	425	0.09	111	0.02	26.1
1985	504,252	566	0.11	155	0.03	27.4
1986	523,234	668	0.13	207	0.04	31.0
1987	520,243	887	0.17	281	0.05	31.7
1988	540,368	1,033	0.19	262	0.05	25.4
1989	560,360	1,350	0.24	346	0.06	25.6
1990	574,967	1,587	0.28	412	0.07	26.0
1991	589,786	1,869	0.32	445	0.08	23.8
1992	626,225	2,402	0.38	552	0.09	23.0
1993	618,399	2,965	0.48	647	0.11	21.8
1994	653,741	3,955	0.61	836	0.13	21.1
1995	684,263	5,379	0.79	967	0.14	18.0
1996	695,013	6,426	0.93	1,179	0.17	18.3
1997	700,718	7,862	1.1	1,374	0.20	17.5
1998	726,784	9,841	1.4	1,347	0.19	13.7
1999	740,552	11,324	1.5	1,590	0.22	14.0
2000	738,617	12,471	1.7	1,719	0.23	13.8
2001	752,322	14,889	2.0	1,873	0.25	12.6
2002	752,287	15,862	2.1	2,179	0.29	13.7
2003	813,832	18,787	2.3	2,313	0.28	12.3
2004	787,677	19,279	2.5	2,243	0.29	11.6

기초과학 특히 대학의 연구활동 지원은 1970년대 초에 시작된 과학기술처 (1967년에 출범)의 연구개발지원사업에서 찾아 볼 수 있으나, 1977년 한국과학재단(Korea Science and Engineering Foundation; KOSEF)이 설립됨에 따라 획기적 전기를 맞이하게 되었다. 그 후 1981년에 설립된 한국학술진흥재단(Korea Science Foundation)도 기초과학지원을 일부 시행해 왔다. 한국과학재단의 기초과학연구지원은 우리나라 기초과학발전사에 주된 동력을 제공하였다고 판단되기 때문에 조금 더 그 기여에 대한 언급이 필요하다. 특히 1990년에 시작한 우수연구센터(Science Research Center (SRC) 및 Engineering Research Center (ERC)) 사업은 대학의 연구활성화에 크게 기여하였다. 지금까지 화학분야에서 선정된 바 있는 SRC는 다음과 같다.

- 유기반응연구센터 (서강대학교, 윤능민, 1990-1999)
- 생리분자과학연구센터 (포항공과대학교, 김동한, 1991-2000)
- 분자과학연구센터 (한국과학기술원 전무식, 정경훈, 1991-2000)
- 분자촉매연구센터 (서울대학교, 서정현, 1995-2004)
- 전자·광 감응분자센터 (고려대학교, 진정일, 1998-2007)
- 분자설계 및 합성연구센터 (한국과학기술원, 김성각, 1999-현재)
- 기능성분자집합체연구센터(포항공과대학교, 박수문, 2000-현재)
- 생활성분자하이브리드연구센터 (연세대학교, 김관수, 2003-현재)
- 지능형나노바이오소재연구센터 (이화여자대학교, 최진호, 2005-현재)

한편 민간지원기관도 빼놓을 수 없는 큰 역할을 하였다. 대우재단이 1980년부터 학술지원사업을 시작하였으며, 특히 기초학문 영역에서 대학원 교재 수준의 단행본 간행을 지원하는 획기적 사업을 수행하여 화학영역에서도 지금까지30여권의 학술총서가 발행되었다(<표 2>). 이는 화학 각 영역에서 앞선 연구자들의 연구활성화 및 대학원 교육에 크게 이바지 하였다. 30여권 중 5권의 저자가 한국과학상 수상자인 점을 보아도 이 사업의 중요성과 기

여도를 웅변하고 있다. 더구나 모든 대학원 수준의 교재가 주로 영어로 쓰여진 외국도서인 점을 볼 때 우수과학자들의 단행본 집필은 자기연구분야를 넓게 성찰해 보는 훌륭한 기회를 제공했다는 점에서 그 의의를 찾아볼 수 있다. 대우재단 이외에 산학협동재단 및 아산재단이 일부 기초연구를 지원하였으나 아산재단의 경우 현재 자연과학연구지원은 중단된 상태이다. 그 밖에 연암재단, 서암재단, 한국고등과학기술재단, 이진희 장학재단(현재 삼성 장학재단) 등이 교수연구지원 및 장학사업 등을 통해 인력양성 및 학술진흥 사업을 행하고 있으며 간접적으로 기초과학진흥에 기여하고 있다.

<표 2> 화학 분야 대우학술총서\*

권번	총서명	저자	년도
5	촉매작용	진종식	1996
8	수소화붕소와 유기붕소 화합물	윤능민	1984
9	항생물질의 전합성	강석구	1983
11	Mucopolysaccharides의 생화학 및 생물리학	박준우	1984
13	프로스타글라딘 합성	김성각	1984
14	천연물화학연구법	우원식	1984
17	고분자에 의한 화학반응	조의환	1993
23	분자궤도이론	이익춘	1985
24	반응속도론	정경훈	1985
34	액정 중합체	진정일	1886
36	단백질 생합성	박인원	1986
45	질량분석학	김명수	1987
47	생체 에너지	주충노	1987
51	생체막	김형만	1988
56	효소반응속도론	서정현	1988
59	분자분광학	소현수	1988

71	비기체 연소합성	여철현	1996
72	크로마토그래피	이대운	1992
75	X-선 결정학	김양	1992
78	고분자의 구조와 형태학	이석현	1992
79	LC에 의한 광학이성질체의 분리	현명호	1992
82	스테로이드 화학	김완주, 김득준	1992
91	생리활성을 가진 C-P화합물	김용준, 강익중	1994
92	생물 유기화학	서정현	1994
94	유기 전이 금속 화합물	윤석승, 이재근, 장인숙, 조남숙	1995
118	생명체의 신호 전이	채래, 김학용, 박문환	1998
119	고체 추진제	노만균	1998
122	인산 이노시틀	정성기, 장영태	1998
123	탄화수소의 산화반응	이규완	1998

\* 민음사 출간

다음 장부터는 지난 25년간 화학계가 이룩한 발전상을 조금 더 분야별로 조감하기로 한다. 단 흔히 사용하는 화학분류법, 다시 말해 물리화학, 유기화학, 무기화학, 분석화학, 생화학, 고분자화학 등으로 분야를 갈라 살펴보지 않고 가장 눈에 띄이는 발전을 이룩한 연구내용분야를 집어 이야기를 전개하려 한다. 따라서 집필자의 편견을 배제할 수 없을 뿐만 아니라, 또 집필자가 화학의 모든 영역을 다루기에는 능력과 정보의 한계를 극복할 수 없었던 점을 미리 밝혀 두고자 한다.

## 2. 이론화학

어느 의미로 화학자는 모두 이론화학을 한다고 말할 수 있다. 실험화학자라해도 결국 실험 결과를 이론적으로 (정성적이거나) 설명하려 들기 때문이

다. 그러나 우리가 이해하고 있는 이론화학자는 그보다 훨씬 물리, 수학 및 계산에 근거하여 화학적 과정이나 현상을 정량적으로 설명하고 예측하려 든다. 특히 근년에는 계산화학의 발전이 눈부시게 발전하여 이론화학의 정량적 측면에 새로운 전기가 마련되고 있다. 그러나 아직도 이론 화학 계에서는 양자역학을 화학에 적극적으로 도입하던 1930-1960년대를 그 전성기로 보는 것이 세계적 시각인 것 같다.

우리나라의 이론화학은 이론화학자의 적은 수와 열악한 연구지원으로 (화학분야 중에서 천대시 (?) 받은 점이 있었다고 느껴진다.) 매우 어려운 여건에서도 꾸준히 성장해 왔다. 해방 후 이 태규, 김순경 등이 국내에서 이론 화학교육에 기여하였으나 연구는 꿈도 꾸지 못하던 사회현실이었으며, 1960년대 들어 Eyring-이태규(미국 Utah)에게서 교육받은 서울대학교의 장세현을 중심으로 액체구조에 관한 이론적 연구가 활발히 이루어졌으며 안운선, 전무식, 박형석 등이 주요 멤버로 이 연구에 참여하여 통계역학적 이론화학 발전에 기여하였다. 이들이 발전시킨 액체 구조론은 당시 '서울학파'라 불릴 정도로 인정을 받기도 했으나 이론적 바탕의 완벽성에서 허점을 극복하지 못한 단점이 있어 보였다. 미국으로 자리를 옮겨 Utah대학 및 Virginia대학에서 연구를 계속하던 전무식<sup>1)2)</sup>은 한국과학기술원으로 귀국해 작고시(2003년)까지 물 및 용액의 통계역학을 꾸준히 연구하였다. 액체 특히 물의 구조에 대한 이론적 이해에는 현재도 한계가 있다. 김순경은 국내에 연구뿌리를 내리지 못한 채 도미하여 미국에서 평생을 보냈으나 이태규는 1970년에 한국과학기술원으로 귀국해 타계(1992년) 할 때 까지 후학을 지도하며 연구를 계속하였다.

1960년대 중반부터 유기화학반응속도론을 연구하던 이익춘(한국원자력연구소, 서울대학교, 인하대학교)은 분자궤도함수론을 이용하여 유기치환반응의 이론적 이해를 위한 연구를 계속하여 많은 논문을 발표해 왔으며 새로이

1) Yoon, B. J.; Jhon, M. S.; Scheraga, H.A. *J. Chem. Phys.* **1990**, *92*, 3748.

2) Lee J. M. and Jhon M. S. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1980**, *1*, 26.



제안한 ‘교차작용상수(cross-interaction constant)<sup>3)4)</sup> 개념은 유기화학반응의 전이상태의 구조를 해석하는 주요한 업적으로 꼽힌다. 이본수, 이해황(인하대) 등이 연구에 많이 참여하였으며, 동아대학의 성대동 및 김왕기(전 전남대) 등도 여러 연구에 참여하고 있다. 이들의 연구활동은 우리나라 전역에 많은 영향을 미쳐왔다. 이익춘은 대우 학술 총서 제 23권 ‘분자궤도이론’을 1985년에 출판한 바 있다. 이익춘팀은 유기화학반응메카니즘에 관해서도 많은 연구를 행하였으며, 이 분야에서 고려대학교의 김태린<sup>5)6)</sup>과 양측을 이루고 있었다.

한편 우리나라에 광 유기화학을 본격적으로 소개하고 도입한 한국과학기술원의 심상철<sup>7)8)</sup>은 국내에서 가장 활발히 연구를 수행하여 다양한 광화학 반응의 메커니즘을 밝히고, 또한 광화학 반응을 이용한 새로운 합성법 연구에서도 세계적 수준에 달하였다. 그 업적으로 심상철은 1990년에 한국과학상을 수상하였다.

훨씬 뒤 1980년대에 들어와서는 서울대, 1990년대에는 한국과학기술원 및 포항공과대학교, 2000년대에는 고려대학교 등에서 이론화학연구가 활기를 띠게 되었다.

서울대의 신국조, 이상엽<sup>9)10)</sup>은 diffusion-influenced reaction에 관한 이론적인 동역학적 연구에서 큰 진전을 보이고 있으며, KAIST의 이윤섭<sup>11)12)</sup>은

- 
- 3) Lee, I. Lee, H. W. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2001**, 22, 732.  
 4) Lee, I. Kim, C. K. Li, H. G. Sohn, C. K.; Kim, C. K. Lee, H. W. Lee, B.-S. J. *Am. Chem. Soc.* **2000**, 122, 11162.  
 5) Kim, T. R.; Lee, K. I.; Pyun, S. Y. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1991**, 12, 301.  
 6) 성낙도 김영재 권기성 김태린 *대한화학회지*, **1991**, 35, 182  
 7) Shim, S. C. *Chem. Commun.* **1996**, 23, 2609.  
 8) Kwon, J. H.; Lee, S. T.; Shim, S. C.; Hoshino, M. J. *Org. Chem.* **1994**, 59, 1108.  
 9) Yang, M. Lee, S. Shin, K. J. *Phys. Rev. Lett.* **1997**, 79, 3783.  
 10) Kim, H. Shin, K. J. *Phys. Rev. Lett.* **1999**, 82, 1578  
 11) Lee, M. Kim, H. Lee, Y. S. Kim, M. S. *Angew. Chem. Intern. Ed.* **2005**, 44, 2929.  
 12) Kim, M. C. Lee, S. Y. Lee, Y. S. *Chem. Phys. Lett.* **1996**, 253, 216.

화학결합에 미치는 spin-orbit 영향을 계산양자화학적 접근을 통해 파해치고 있다. 이 연구진은 순 이론적 MO 계산법의 향상을 위해 스핀-오비트 상호작용을 포함한 상대론적 양자화학계산을 행하고 있다. 포항공대의 김광수<sup>13)</sup><sup>14)</sup>는 분자간 작용력 및 분자몽치계의 구조를 이론 및 계산화학적으로 접근하고 있다. 김광수 등은 특히 양이온-파이작용력의 근원, 파이-파이 상호작용 및 파이-수소 상호작용에 대한 연구를 통해 분자계의 새로운 작용력 규명에 연구력을 집중하고 있다. 2000년대에 들어서서 서울대학교 신석민<sup>15)</sup>의 양자반응 동력학에 대한 이론적 연구 및 고려대 조민행<sup>16)</sup>의 다차원 분광학의 이론적 접근이 세계의 주목을 받기 시작하고 있다.

한국과학재단이 1987년부터 수여하고 있는 한국과학상 수상자 중 현재까지 화학분야의 수상자 10명 중 이론화학분야에서는 포항공과대학의 김광수가 유일한 수상자로, 국내에서 이론화학연구의 힘든 현실을 반영하는 듯 하다.

이 밖에도 부산대학교에서 성균관대로 옮긴 선호성(분자의 전자구조 및 진동구조), 고신대학교의 홍성연(polyconjugated organic polymer의 전자 구조), 인하대 김유항(분자충돌시 수반되는 에너지 이동), 박승철(강원대학교, 성균관대학 분자충돌이론 및 양자역학적 산란 연구), 원광대학교의 이기학(분자와 응축물의 구조에 관한 분자궤도함수론적 연구) 등이 우리나라 이론화학 발전에 기여하고 있다. 전에도 그러하였으나 이론화학자들의 사회진출이 매우 어려운 사정이기 때문에 우수 학생 및 연구 인력이 이론화학을 기피하는 현상이 계속되고 있어 이론화학의 발전에 어려움이 지속될 것이 예상된다. 그러나 근년에 경험하고 있는 재료화학, 생화학 및 분자생물 분야의

---

13) Choi, H. S.; Suh, S. B.; Cho, S. J.; Kim, K. S. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **1998**, *95*, 12094.

14) Lee, H. M. Lee, S. Kim, K. S. *J. Chem. Phys.* **2003**, *119*, 187.

15) Jang, S. Shin, S. Pak, Y. *Phys. Rev. Lett.* **2003**, *91*, 058305-1.

16) Brixner, T. Stenger, J. Vaswani, H. M. Cho, M. Blankenship, R. E. Fleming, G. R. *Nature*, **2005**, *434*, 625.

눈부신 발전에 이론화학자들의 기여가 절실히 요구되고 있는 터이므로, 이미 일부 화학 분야가 그렇듯이 연구 분야의 확장에 따라 우리나라 이론화학도 크게 발전할 수 있으리라 믿는다. 특히 computer를 사용한 simulation 연구는 생체계를 비롯한 복잡한 반응계의 구조 및 반응 경로, 반응선택성, 촉매 역할 등에 관해 전에는 예상치 못했던 이론적 기여를 하고 있어 이 분야의 발전이 특히 기대되는 바 크다.

### 3. 실험물리화학

빛이 화학에서 차지하는 비중은 절대적이다. 빛은 열과 함께 화학반응이 일어나게 하는 동력을 제공하기 때문이다. 물론 전기에너지(전기화학전지), 전자기 에너지(마이크로파) 및 복사에너지(초음파) 등에 의한 화학반응의 개시가 최근에 많은 관심을 끌고 있지만, 역사적 관점이나 실제적 관점에서 볼 때 빛이나 열에 비해 이들이 차지하는 중요성은 상대적으로 미미하다. 한편 빛은 열과 달리 laser의 등장으로 반응계에 원하는 에너지만을 정확하게 주입할 수 있게 할 뿐만 아니라 그 후에 일어나는 각 반응단계에 관한 지식을 분광학적으로 얻게 하는 커다란 분석의 힘을 지니고 있다. 다시 말해 화학자들이 화학구조분석에 사용하던 분광분석법은 단순한 구조분석의 도구를 넘어 이제는 화학반응에 참여하는 분자들 운동의 스냅사진을 찍을 수 있게 되었다. 이 분야를 개척한 과학자는 미국의 A. H. Zewail<sup>17)</sup>(1999년 노벨 화학상 수상) 이다.

Zewail과 공동연구자들은 펨토화학의 시대를 열었으며 그들이 행한 첫 연구는 ICN의 광분해에 관한 펨토초( $10^{-15}$ 초) 동력학 연구였다. 광분해를 308 nm 파장의 60-fs 레이저 펄스로 개시(pumping) 한 후 I과 CN으로 얼마나

17) A. H. Zewail, *Femtochemistry*, Vols. 1 and 2, World Scientific, Singapore, 1996.

빨리 분해하는지를 probe 레이저로 알아내는 소위 pump-probe 실험을 행하였다. 그러나 화학자들은 곧 더 복잡한 화합물에서 각개 화학결합을 선택적으로 들뜨게 하기가 힘들다는 것을 배웠으나—어느 특정 결합이 에너지를 흡수하였더라도 흡수된 에너지가 곧 분자 내에서 재 분배된다.—Fleming Crim(위스컨신대) 과 Zare(스탠포드대) 등은 이를 피할 수 있는 법을 알아내었다. H<sub>2</sub>O와 H원자간의 반응에서 H<sub>2</sub>O 대신 HDO를 사용함으로써 이를 가능케 하였다. 한층 더 나아가 현재는 결합선택성(bond-selectivity)를 능가해 결합의 특정 신축진동만을 들뜨게 하여 어느 방향으로만 반응이 진행하게 하는 진동형 선택성(mode-selectivity)까지 가능케 하고 있다. 이 같은 연구는 지금까지 비교적 추상적으로 보고 있던 전이상태의 실제 구조에 접근하는 획기적 결과를 가능케 하고 있다. 이런 연구에는 현재 Crim, Zare 이외에도 Scott Anderson(Stony Brook의 뉴욕 주립대) 연구진도 크게 기여하고 있다.

우리나라 화학계에서 fs 분광학은 극히 소수 연구집단에서 연구가 진행되어 왔으며, 아마도 한국표준과학연구원에 있었던 김동호(현재는 연세대학교)가 국내에서 fs 분광학을 주 연구 tool로 사용한 화학자라고 판단된다. 김동호<sup>18)</sup>는 포르피린 고리가 여러 개 연속적으로 결합된 구조에서 에너지 이동 및 전달을 분광학적으로 밝힌 우수결과를 얻고 있으며, 이 연구를 확장하여 포르피린-탄소-60 복합체의 photovoltaic cell의 특성에 관한 기초연구 결과를 연속해서 발표하고 있다. 서울대의 김성근, 연세대의 김용록, 한국표준과학원의 정세체가 각자들의 연구 배경을 통해 김동호의 연구에 일부 협력하여 들뜬 상태의 에너지 전달<sup>20)</sup> 및 광 물성<sup>21)</sup>을 밝히는데 기여하고 있

18) Nakamura, Y.; Hwang, I.-W.; Aratani, N.; Ahn, T. K.; Ko, D. M.; Takagi, A.; Kawai, T.; Matsumoto, T.; Kim, D.; Osuka, A. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*(1), 236.

19) Cho, Y.-J.; Ahn, T. K.; Song, H.; Kim, K. S.; Lee, C. Y.; Seo, W. S.; Lee, K.; Kim, S. K.; Kim, D.; Park, J. T. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*(8), 2380.

20) Cho, H. S. Jeong, D. H. Yoon, M.-C. Kim, Y. H. Kim, Y.-R. Kim D. Jeong, S. C. Kim, S. K. Aratani, N. Shinmori, H. Osuka, A. *J. Phys. Chem. A.* **2001**,

다. 포항공대의 주태하<sup>22)23)</sup>는 같은 포르피린계의 ultrafast에너지 이동 및 transient dynamics 연구를 함께 행하였다. 이들의 협동연구는 세계적 수준의 연구결과를 가능케 하고 있으며, 더 훌륭한 연구결과가 기대된다.

이밖에 충남대 윤민중<sup>24)25)</sup> 연구팀은 ps-레이저 시분해 형광분광법 및 fs-레이저 확산순간흡광분광분석법을이용해 각각 광감성 유기화합물의 광유발 분자내 전하이동 동역학에 미치는 미세환경변화효과와 나노다공성 분자체/TiO<sub>2</sub>나노입자/광 증감제 복합체의 광 화학 및 광 물리적 특성(광 촉매 효율 상승)을 구명하고 있다. 충남대 부봉현<sup>26)</sup> 등은 응축계 분자와 클러스터의 들뜸과 이완에 관한 동역학적 연구를 행하고 있으며, 펄스레이저로 타격을 조사할 때 생기는 클러스터의 구조를 양자화학적 방법으로 계산하고 있다. 이 밖에 인하대의 김상규, 최영식이 각각 레이저 및 질량분석을 통한 반응 동력학을 연구하고 있다. 대우재단의 학술총서59권 '분자분광학'(소현수 저, 1988년, 민음사)은 전통적 분자분광학은 잘 다루고 있으나 최첨단 레이저분자분광학이 현재처럼 우리나라에 깊이 파고 들어오기 전에 출간되어 현재로는 레이저 분광학에서 대학원학생 교재수준의 단행본은 찾아볼 수 없다.

포항공대 신승우와 부산대의 임만호 등의 분광학적 연구에 기여, 특히 이들이 최근 연구를 시작한 생물물리에 관한 연구결과를 주목하고 있다. 또한

---

105, 4200.

- 21) Kim, Y. H. Jeong, D. H. Kim, D. Jeoung, S. C. Cho, H. S. Kim S. K. Aratani, N. Osuka, A. J. Am. Chem. Soc. **2001**, 123, 76.
- 22) Yoon, M.-C. Jeong, D. H. Cho, S. Kim, D. Rhee, H. Joo, T. J. Chem. Phys. **2003**, 118, 164.
- 23) Min, C.-K. Joo, T. Yoon, M.-C. Kim, C. M. Hwang, Y. N. Kim, D. Aratani, N. Yoshida, N. Osuka, A. J. Chem. Phys. **2001**, 114, 6750.
- 24) Kim, Y. H.; Cho, D. W.; Yoon, M.; Kim, D. J. Phys. Chem. **1996**, 100, 15670.
- 25) Kim, Y.; Choi, J. R.; Yoon, M.; Furube, A.; Asahi, T.; Masuhara, H. J. Phys. Chem. B. **2001**, 105, 8513.
- 26) Lee, J. K.; Judge, R. H.; Boo, B. H.; Lim, E. C. J. Chem. Phys. **2002**, 116, 8809.

1980-1990년대에 한국과학기술원에서는 정경훈<sup>27)28)</sup>이 기체상 물질의 모드선별적 들뜨기, 동력학적 변화과정 및 입체반응 동력학 등의 연구에서 우리 학계를 이끌고 있었다. 정경훈은 대우 학술총서 제 24권 '반응속도론'(민음사, 1985년)을 집필하였다.

레이저 분광법이 아닌 질량분석분광법을 이용하여 다원자 분자이온의 화학반응을 이해하고 임의로 컨트롤 하려는 연구가 서울대 김명수<sup>29)30)</sup>팀에 의해 진행되어 왔다. 이 연구팀은 질량분석문턱이온화 분광법(mass-analyzed threshold ionization, MATI)을 이용해 특정상태의 이온을 선택적으로 만들 수 있었으며, 진공자외선(VUV) 레이저의 성공적 제작에 덧붙여 제로운동에너지 광전자(zero kinetic energy photoelectron, ZEKE) 분광법의 이용으로 MATI 신호를 크게 증가시킬 수 있었다. 제작된 기기로 형태선택을 통한 반응경로를 조절하여, 형태선택적 광분해 반응을 유도할 수 있음을 보여 세계적인 관심을 끌었다. 특히 후자는 형태에 따라 반응성에 차이가 있음을 보여준 중요한 연구결과를 보고하고 있다. 이는 이론적으로만 예견되었던 것을 실험적으로 보여준 예이다. 김명수는 대우 학술총서 제 45권 '질량분석학'을 저술한 바 있다 (1987년, 민음사).

또 하나의 분광분석법인 소위 표면증강라만산란 (surface-enhanced Raman scattering, SERS) 분광법은 비교적 까다로운 실험방법으로 SERS를 유도하기 위한 기질 (금속 나노입자 및 나노구조물)의 마련과 실험의 재현성에 여러가지 문제가 있었다. 그러나 서울대 김관<sup>31)</sup>연구팀은 SERS 분광법의 최적화에 성공하여 최근들어 그 중요성이 증가되고 있는 표면화학에 기여하고 있으며, SERS 분자탐침제를 이용하여 바이오 센서를 구현하고 표면 극미

27) Yun, S. J.; Jung, K. H.; Kang, W. K.; *J. Phys. Chem.* **1988**, *92*, 5842.

28) Kang, W. K.; Jung, K. W.; Kim, D. C.; Jung, K. H. *J. Chem. Phys.* **1996**, *104*, 5815.

29) Park, S. T.; Kim, S. K.; Kim, M. S. *J. Chem. Phys.* **2001**, *115*, 2492.

30) Park, S. T. Kim, S. K. Kim, M. S. *Nature*, **2002**, *415*, 306.

31) Lee, S. J.; Kim K. *Chem. Commun.* **2003**, 212.

량 분석도 가능함을 보여주었다<sup>32)</sup>. 이 연구팀은 SERS 연구에 덧붙여 새로운 유기-무기 나노복합체의 합성 및 응용에 관한 연구도 진행시키고 있다.

화학에서 핵자기공명 (NMR) 분광법 및 전자스핀 공명 (EPR 또는 ESR) 분광법이 차지하는 중요성은 가치 절대적이라 말할 수 있으나, 우리나라에서는 이 두 방법이 주로 화학구조분석법으로 사용되고 있으며, 분자운동이나 전자기동 및 전달 등을 위한 물리화학적 연구에 이들 연구방법이 활발하게 이용되지 못하였다. 서울대 이조웅<sup>33)</sup>이 1980-1990년에 행한 분자동력학에 관한 NMR 연구가 국내연구를 선도 하였으나 큰 줄기를 형성치 못하였다. 서강대 소현수<sup>34)</sup>는 비슷한 시기에 전자쌍 자기 공명을 이용해 분자내 전자 이동, 무기화합물의 전자구조 및 상자기성 화합물의 NMR 연구를 행하였으며, 최근에는 부경대 강영수<sup>35)</sup>가 광이온화 및 광 유도 전자기동을 전자자기 공명법으로 연구하고 있으며 일부 결과는 나노과학으로 직결되어 관심을 끌고 있다.

실험 물리화학에서 분광학적 방법의 중요성이 계속 증가하고 있으며, 우리나라에서도 화학결합의 본질 및 분자 운동, 단분자 및 다분자 화학반응의 이해를 위해 다양한 분광분석법의 연구 및 이용에 종사하는 화학인의 인구가 최근 급속히 증가하고 있다. 그러나 아직 연구 내용이 단편적인 측면이 있고, 일부 선진국 연구팀의 연구를 뒤쫓거나 그들의 연구내용을 보조하는 내용이 많음을 부정할 수 없다. 또한 장비의 부족으로 연구자들이 폭넓은 연구에 손을 대지 못하고 있는 측면도 아쉬운 점이다. 물론 일부에서는 이런 문제를 극복하기 위해 훌륭한 공동연구를 행하고 있으며, 그 연구 결과가 선도적임을 알 수 있다.

32) Kim, N. H.; Lee, S. J.; Kim, K. *Chem. Commun.* **2003**, 724.

33) Ahn, S.; Lee, J. W.; Chang, S. K.; *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* **1996**, 2, 79.

34) Park, J.; So, H. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1994**, 15, 752.

35) Kang, Y. S.; McManus, H. J. D.; Kevan, L. *J. Phys. Chem. B.* **1999**, 96, 7473.

#### 4. 유기합성

유기합성이 화학의 중심임을 아무도 부정할 수 없을 정도로 유기합성은 화학의 발전을 이끌어 왔으며, 생물화학 및 재료화학의 중요성이 크게 부각되고 있는 현재도 유기합성의 중요성은 오히려 그 자리를 넓히고 있다. <표 3>에 유기합성이 시도할 수 있는 전체영역을 조감하고 있다.

<표 3> 유기합성 조감도



여러 유기합성분야 중 이 절에서는 타깃지향적 합성(target-oriented synthesis) 중 천연물합성과 신 합성법 분야를 주로 다루고자 한다. 설계된 화합물(designed molecules)의 합성에 관한 연구는 각 분야에서 별도로 논의할 계획이다. 현재 대한화학회 회원 중 합성방법론을 연구하고 있다고 자처하는 회원수가 200에 이르며, 천연물 전합성을 연구하고 있다고 자기 분류를 하는 화학자가 100여명이 넘는다. 물론 양 분야에 걸쳐 연구를 진행하고 있는 유기화학자도 상당수이다. 천연물화학과 유기합성연구에 서울대학의 장세희, 이태녕 등이 1960년대에 손을 대고는 있었으나 연구여건이 워낙 열악해 학문적 임팩트는 주지 못하였다.

미국의 Woodward가 헴의 전합성을 1960년대 발표하고 이어서 노벨화학



상을 받으면서 천연물 전합성은 세계적 관심사이자 유기화학자들의 도전 목표가 되었다. 1970년대 및 그 후에 서구에서 교육을 마치고 귀국한 젊은 유기화학자들의 수가 늘고 유기합성 연구가 활기를 띠게 되었다. H. C. Brown(1979년도 노벨화학상 수상)과 미국 Purdue대학에서 수소화붕소 화합물을 이용한 유기합성 연구를 하고 귀국한 서강대 윤능민<sup>36)</sup><sup>37)</sup>이 붕소를 비롯한 금속수소화물의 유기 합성 응용을 지속적으로 연구해 합성시약연구에서 우리나라를 이끌었으며, 많은 젊은 유기화학도들이 새로운 합성 시약 연구에 몰두하게 되었다. 이런 데는 다른 까닭도 있었다. 박사학위과정 프로그램이 한국과학기술원을 제외하고는 매우 미약하여 시간이 많이 소요되는 천연물 전합성 연구가 현실적으로 매우 어려웠으며, 자연 석사과정생 위주의 연구를 수행해야 했으므로 단기적 연구에 더 집중하게 된 면도 중요한 요인이었다.

한국과학기술원의 김용해<sup>38)</sup><sup>39)</sup>와 서울대의 김정태<sup>40)</sup><sup>41)</sup> 각각 헤테로원자화학을 꾸준히 연구하였으며 황화합물의 합성 및 반응에 관한 연구가 돋보인다. 황등 헤테로원자 화합물에는 생리활성물질이 많이 발견되므로 유기합성 화학자들은 자연 이들에 관한 연구에 관심을 갖는다. 같은 맥락에서 인(P)의 화합물도 매우 중요하지만 우리나라에서 인화합물에 관한 연구는 매우 미미하다. 그런 의미에서 포스폰산을 포함하는 올리고 펩티드 합성에 전념한 김용준<sup>42)</sup> (고려대)등의 연구는 특출할 만하다. 그들의 연구가 현재는 이어지고 있지 못하다. 한국과학기술원의 오동영도 인 화합물에 관하여 일부 연구를 행한바 있다. 김용준은 대우 학술총서 제 91권 '생리활성을 가진 C-P 화합물의 화학'(민음사, 1993년)을 강의중 과 집필하였으며, 아마도 국내에서 유기

36) Yoon, N. M.; Lee, H. J.; Ahn, J. H.; Choi, J. *J. Org. Chem.* **1994**, *59*, 4687.

37) Yoon, N. M.; Shon, Y. S.; Ahn, J. H. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1992**, *13*, 199.

38) Kim, H. J.; Kim, Y. H. *Synthesis-Stuttgart*, **1986**, *11*, 970.

39) Yang, S. G.; Lee, D. H.; Kim, Y. H. *Heteroatom Chem.* **1997**, *8*, 435.

40) Lee, H.; Kim, K.; Whang, D.; Kim, K. *J. Org. Chem.* **1994**, *59*, 6179.

41) Kim, B. S.; Kim, K. *J. Org. Chem.* **2000**, *65*, 3690.

42) Hong S. I.; Kim Y.J. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1980**, *1*, 98-101.

인 화합물의 저서로는 유일하다고 판단된다. 한국과학기술원의 김성각<sup>43)44)</sup>은 자유라디칼을 이용한 새로운 유기합성법 개발을 이끌어 세계적 수준의 연구를 수행하고 있다. 김성각의 N-아지디닐 이민의 라디칼고리화와 비닐 에폭시화물의 1,5-수소원자 이동 라디칼 반응 연구는 라디칼 반응의 유기 합성에 새로운 길을 트 결과로 평가 받는다. 김성각은 대우 학술총서 제 13권 '포르스타글라딘 합성'(민음사, 1984년)을 집필하였으며, 1993년에 제 4회 한국과학상을 수상하였다.

유기합성중 키랄성 화합물의 합성은 생리 활성 물질의 개발에 관련하여 매우 중요하지만, 선택적으로 키랄성 화합물의 합성이 용이하지 않아 세계적으로 이 분야는 지속적 관심사로 남아 있다. 그런 점에서 포항공대의 김만주<sup>45)46)</sup>의 연구는 큰 의미를 지닌다. 이 연구진은 라세미화 반응과 입체선택적 반응을 결합시켜 혼합물 상태 기질을 모두 한쪽 광학이성질체로 바꾸는 dynamic kinetic resolution법 중에서 효소(입체 선택적 반응 수행)와 금속(라세미화를 촉진)을 함께 사용하는 효소-금속 캄보반응(enzyme-metal combo reaction)을 이용하여 키랄성 알코올 및 아민 합성에 성공을 보이고 있어 앞으로 더 큰 발전이 기대된다. 김만주에 앞서 성균관대학의 강석구<sup>47)48)</sup>는 regioselection이 수반되는 유기합성법 연구에 매우 생산적이었으나 불행히 50여살 젊은 나이에 세상을 떠나 아쉬움이 앞선다. 강석구는 1990년대에 국내에서 가장 생산적인 유기화학자중의 하나였다. 생리활성 천연물의 전합성에도 관심을 지니고 있던 강석구는 대우 학술총서 제 9권 '항생물질의 전합성'(민음사, 1983년)을 집필하였다. 부산대의 이종건<sup>49)</sup>, 충북

43) Kim, S.; Kee, I. S. Lee, S. *J. Am. Chem. Soc.* **1993**, 113, 9882.

44) Kim, S.; Lim, C. J.; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, 42, 3265.

45) Kim, M. ; Lee, I. S. *Synlett.* **1993**, 10, 767.

46) Lee, J. K. Kim, M.-J. *J. Org. Chem.* **2002**, 67, 6845.

47) Kang, S.-K.; Jung, K.-Y.; Chung, J.-U. Namkoong, E.-Y.; Kim, T.-H. *J. Org. Chem.* **1995**, 60, 4678.

48) Kang, S.-K. *Chem. Commun.* **1998**, 12, 1317.

49) Lee, J. G.; Seo, J. W.; Yoon, U. C.; Kang, K. T. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1995**,

대 강한영<sup>50</sup>), 서강대 강재효<sup>51</sup>), 경북대 심상철<sup>52</sup>) 등이 대학에서 유기합성반응을 꾸준히 연구, 발전시키고 있다.

앞에서도 암시한 바와 같이 천연물의 전합성은 많은 노력과 시간이 필요하며 이 분야에 전념한 유기화학자는 극소수에 지나지 않는다. 그럼에도 불구하고 천연물 전합성을 주요 연구 분야로 정진하고 있는 화학자로 서울대의 이은<sup>53)54)</sup>을 들 수 있다. 이은은 이외에 자유라디칼과 카르베노이드 중간체를 이용한 합성반응에서도 우수한 연구결과를 얻고 있다. 자유라디칼 화학을 합성보다는 유기 화학반응 메커니즘 측면에서 연구한 화학자로 인하대학의 김성수<sup>55)</sup>가 있다. 또한 포항공대의 김병현<sup>56)</sup>도 전합성에서 성공적 연구를 행하고 있다.

탄수화물의 합성 연구에는 그 중요성에 비해 비교적 소수의 유기화학자들이 참여해 왔다. 고려대의 정봉영, 연세대의 김관수<sup>57)</sup> 및 강원대의 이창규<sup>58)</sup>가 대표적 화학자다. 정봉영<sup>59)</sup>은 베타락탐계 항생제 구조 및 천연물 화합물의 전합성을 진행시켜왔다. 김관수는 한국과학재단 지정, 우수센터 '생활성분자 하이브리드'센터 유치에 성공하여(2005년) 우리나라 탄수화물 연구 활

---

16, 371.

- 50) Kang, H. Y.; Pae, A. N.; Cho, Y. S.; Choi, K. I.; Koh, H. Y.; Chung B.Y. *Heterocycles*, **1996**, 43, 2337.
- 51) Kang, J.; Lim, G. J.; Yoon, S. K.; Kim, M. Y. *J. Org. Chem.* **1995**, 60, 564.
- 52) Shim, S. C.; Lee, D. Y.; Jian, L.H.; Kim, T.J.; Cho, S. D. *J. Heterocyclic Chem.* **1995**, 32, 363.
- 53) Lee, E.; Park, C. M.; Yun, J. S. *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, 117, 8017.
- 54) Jeong, E. J.; Kang, E. J.; Sung, L. T.; Hong, S. K.; Lee, E. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, 124, 14655.
- 55) Kim, S. S.; Kim H. R.; Kim, H. B.; Youn S.J.; Kim, C. J. *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, 116(7), 2754.
- 56) Lee, Y. Y. Kim, B. H. *Tetrahedron*, **1996**, 52, 571.
- 57) Kim, K. S.; Lim, J. W.; Joo, Y. H.; Kim, K. T. *J. Carbohydrate Chem.* **1995**, 14, 439.
- 58) Lee, C. K. Kim, E. J.; Han Lee, I.-S. *Carbohydrate Res.* **1993**, 240, 197.
- 59) Chung, B. Y.; Nah, C. S.; Kim, J. Y.; Rhee, H. Y. Cha, C. *Bull. Korean. Chem. Soc.* **1992**, 13, 311.

성화에 기여할 것이 기대된다. 한편 한국생명공학연구원의 이대실도 탄수화물의 합성과 의약학적 연구를 꾸준히 행하고 있다. 서울대 천연물 과학연구소의 우원식은 대우 학술총서 제 14권 '천연물화학 연구법' (민음사, 1984년)을 집필하여 천연물 연구자 및 대학원생들에게 큰 도움을 주었다.

유기화학자로 인하대학의 지대윤<sup>60)61)</sup>은 방사성지표화합물 연구에서 유일하다. 1960년대부터 한국원자력연구소에서 방사성지표화합물 합성 연구가 김유선 팀에서 진행되었으며 박경배 등에 의하여 지금까지도 그 맥이 이어지고 있다. 지대윤은 방사성표지화합물 중에서 영상진단법으로 최근 각광을 받고 있는 단일광자전산화단층촬영(single photon emission computed tomography: SPECT)과 양전자방출단층촬영(positron emission tomography: PET)에 사용 가능한 화합물 합성에 전념하고 있다. 특히 PET에 사용되는 F-18 표지화합물을 이온성액체에서 합성하는 신 기술을 개발하였다. 동시에 SPECT에 사용 가능한 F-123화합물 합성에도 성공하였다.

지금까지 살펴보았듯이 유기합성분야 중에서는 새로운 합성시약 연구에서 여러 연구진이 괄목할만한 연구결과를 얻었으며 국제적 학술지에도 많은 논문이 발표되어 왔다. 이 같은 발전이 지속되면 머지 않아 한국 화학자의 이름이 붙은 '화학반응' 및 '합성시약'이 세계적으로 상용될 날이 오리라 기대된다. 그러나 아직도 근본적 문제를 물고 늘어지는 '커다란' 연구를 기대한다.

## 5. 생유기화학 및 의약화학

우리들이 다루고자 하는 유기화합물 구조의 복잡성은 분자구조 분석술이

---

60) Kim, D. W.; Song, C. E.; Chi, D. Y. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 10278.

61) Lee, B. C.; Paik, J.-Y.; Chi, D. Y.; Lee, K.-H.; Choe, Y. S. *Bioconjugate Chemistry*, **2004**, *15*, 104.

발전함에 따라 더욱 커지는 것 같다. 아마도 화합물 자체의 화학구조를 알아 내는 것에 만족 치 않고 그들이 보여주는 생물활성과 상관관계를 밝힘으로써 생체에서 매우 효과적으로 일어나는 여러가지 화학반응을 더 옹게 밝히고 이해하고자 하는 화학자들의 욕망이 그 동기일 것이다. 더구나 최근에 국내외에서 불고 있는 생물과학의 큰 파동이 이런 화학자들의 욕망을 부채질하고 있는 것도 사실이다.

앞에서 언급하였듯이 이익춘, 김태린 등이 비교적 간단한 유기화학반응의 메커니즘을 밝히는 연구에 앞장서 있을 때 서울대 서정헌<sup>62)63)</sup>은 생체에서 일어나는 효소반응을 간접적으로 이해하고 또 모방하기 위하여 합성인공효소를 설계하고 그들의 작용메카니즘을 밝히는 연구에서 많은 공헌을 해 왔다. 특히 인공펩티데이즈와 인공뉴클레이즈에 관한 연구는 국내에서 뿐만 아니라 국제적으로도 그 우수성을 인정 받고 있으며, 이들 인공효소를 이용하여 신약후보물질탐색에까지 연구하고 있다. 이 연구팀이 설계한 범용성 인공 펩티데이즈는 단백질 기질 표면에 노출된 작용기를 인식하는 결합부위를 고체 지지체에 고정시키고 그 인접위치에 펩티드 결합을 절단하는 촉매 작용기를 부착하는 구조를 지니고 있다. 서정헌 은 대우 학술총서 제 56권 '효소반응속도론'(민음사, 1988년)을 집필한바 있으며 1993년에 한국과학대상을 받은 바 있다. 이는 생물유기화학에 관련된 첫 저술로 꼽힌다. 앞에서 언급한 김만주의 연구도 효소반응과 깊은 관계를 지닌다. 아직 생리 활성과 관계된 연구를 본격적으로 시도하고 있지 못하고 있지만 포항공대 김병현<sup>64)</sup>의 디펩티드 isostere와 구조를 변화시킨 핵산연구에 기대를 걸어본다.

이상에서 본 생유기화학 연구보다 재래식 의약학 연구에는 훨씬 많은 연구자들이 투입되었다. 한국과학기술원과 한국화학연구소에 정밀화학의 일부로 신의약 및 농약 개발을 위해 정부가 1980-1990년대에 적지 않게 투자하

62) Suh, J. *Acc. Chem. Res.* **1992**, 25, 273.

63) Yoo, S. H.; Lee, B. J.; Kim, H.; Suh, J. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, 127, 9593.

64) Kim, S. J.; Bang, E. K.; Kim, B. H. *Nucleic Acid Res. Suppl.* **2003**, 3, 31.

였기 때문이다. 그러나 대부분의 연구가 개발연구에 치우쳤으며, 현재보다 훨씬 시행착오적 연구수행이 많아 경험은 많이 축적되었으나 화학계 전체에 미치는 학문 지식의 창출이라는 관점에서 보면 아쉬운 점이 많다. 정밀화학을 주요 정책 과제로 강력히 추진한 채 영복의 기여가 컸으며, LG화학도 신의약품개발에 많은 투자를 하였다. 물론 현재는 여러 제약 회사들이 많은 연구를 수행하고 있다. 대학, 특히 화학과에서 이 분야 연구를 수행하던 화학인은 그리 많지 않았다. 실험실에서 *invivo* 연구가 힘들며, 더구나 생리활성에 관한 종합적 연구가 거의 불가능하였기 때문이다. 더구나 현재 같은, 분야간 공동연구분위기가 조성되어 있지 못했다.

그런 와중에서 의약화학에 관련되는 기초연구를 포항공대의 김동한<sup>65)</sup>은 미국 제약회사에서 얻은 경험을 토대로 일부 행하려 노력하였으며, 부산대의 김정균<sup>66)</sup>은 1980-1990년대에 왕성히 연구를 수행했으나 의약화학의 핵심에는 접근하지 못하였다. 이런 관점에서 보면 서울대 서세원<sup>67)68)</sup>의 단백질 3차원 연구(X-선 결정학)는 신약 개발에 암시하는바 크다. 서세원 팀은 인체 병원균 단백질, DNA결합 단백질과 암 관련 단백질 구조를 주로 연구하고 있어 그 결과가 신약개발에 응용 될 수 있는 가능성이 엿보인다. 일부 기업체에서도 유사한 연구방법을 취하고 있으며, 현재 포항가속기의 X-선 시설이 이런 연구에 크게 기여하고 있다. 다행히 미국에서 귀국한지 10년도 되지 않는 연세대 정만길<sup>69)</sup>이 생유기화학적 접근을 통해 의약화학의 길을 개척하면서 당뇨병합병증 치료제 및 수면연장/비만 억제제 연구에 괄목할 만한 결과를 얻고 있어, 우리나라의 생유기 의약화학연구 활성화에 크게 기여

65) Ryu, S.-E.; Choi, H.-J.; Kim, D. H.; *J. Am. Chem. Soc.* **1997**, *119*, 38.

66) Kim, J. C.; Lee, Y.-H. *Korean J. Med. Chem.* **1992**, *2*, 64.

67) Kim, Y.; Eom, S. H.; Wang, J.; Lee, D.-S.; Suh, S. W.; Steitz, A.T. *Nature*, **1995**, *376*, 612.

68) Lee, B. I.; Kim, K. H.; Park, S. J.; Eom, S. H.; Song, H. K.; Suh, S. W. *EMBO J.* **2004**, *23*, 2029.

69) Jeong, P.-Y.; Jung, M.; Yim, Y.-H.; Kim, H.; Park, M.; Hong, E.; Lee, W.; Kim, Y. H.; Kim, K.; Paik, Y.-K. *Nature*, **2005**, *433*, 541.

할 것이 기대된다. 이 분야 연구활성화를 위하여는 화학-생물학-의약학 및 농약학자들의 공동연구가 절실히 요구된다.

## 6. 분자인식 및 초분자화학

지난 1980년대부터 화학의 가장 큰 화두로 떠오른 초분자화학<sup>70)71)</sup>의 역사는 1800년대 말로 거슬러 올라가며 주로 생체반응 특히 효소반응메카니즘으로 제안된 분자인식원리에 기초를 두고 있다. 이미 1894년 독일의 Emil Fischer는 소위 'Key and Lock' 모델의 아이디어를 제안하였다. 초분자 구조가 만들어지려면 분자인식을 거쳐 결합(반드시 공유결합일 필요는 없다.)이 이루어지는 자기조립(self-assembly) 형성과정이 필수적이다. 생물체의 세포막 구조는 현재 많이 다루고 있는 초분자과학의 뿌리이며 화학을 생명과학 및 재료과학에 연결시키는 모델을 제공한다. 독일의 Helmut Ringsdorf<sup>72)</sup>는 이를 잘 도식하고 있다(<그림 2>). 초분자 연구와 관련하여 액정은 특별한 위치를 차지한다. 이미 1937년에 Bernal과 Fankuchen<sup>73)</sup>는 담배모자이크 바이러스가 스메틱 혹은 네마틱 액정을 만들고 있다고 보고하였다. 이 보다 앞서 Lehmann<sup>74)</sup>은 근육을 액정과 유사한 생체 계로 생각하였다. 사실 콜레스테릭 액정 계는 모두 초분자구조로 볼 수 있다. 초분자 개념을 통해서 새로운 화학분야를 개척한 공로를 인정받아 불란서의 Jean-Marie Lehn, 미국의 Donald J. Cram과 Charles J. Pederson이 1987년도에 공동으로 노벨 화학상을 수상하였다.

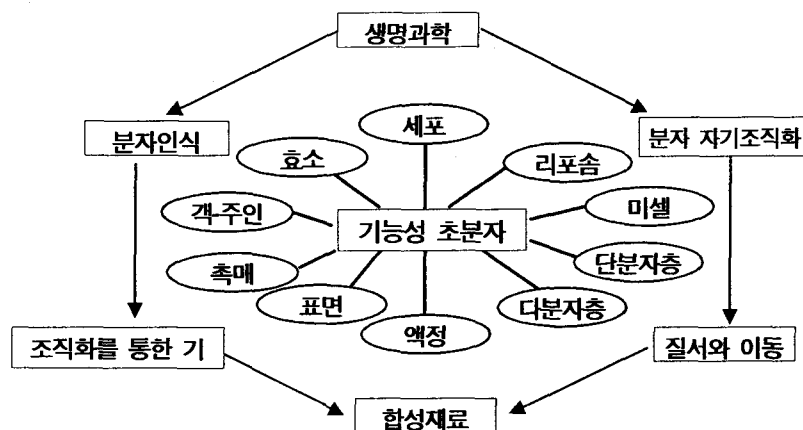
70) Lehn, J.-M. *Supramolecular Chemistry*, VCH, 1995, Weinheim, Germany.

71) Philip. D.; Stoddart, J. F. *Angew. Chem. Int. Ed.* 1996, 35, 1154.

72) Ringsdorf, H.; Schlerb. B.; Venzmer, J. *Angew. Chem. Int. Ed.* 1988, 27, 113.

73) Bernal, J. Fankuchen, I. N. *Nature*, 1937, 139, 923.

74) Lehmann, O. *Die Neue Welt der flüssigen Kristalle*, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig, Germany, 1911.



<그림 2> 생명과학과 화학의 연결

우리나라에서 초분자 구조를 조직적으로 깊이 연구한 화학자로는 연세대 이명수<sup>75)76)</sup>를 꼽아야 하며, 이 연구팀은 1990년대부터 막대구조(주로 방향족유도체)와 유연사슬구조를 지니는 AB형 또는 ABA형 액정성 화합물을 합성하여 그들이 만드는 초분자 구조를 깊이 있게 연구하고 있다. 이 연구팀은 선택적으로 유연사슬 부분이 금속이온과 착물을 형성할 때 이온농도에 따라 초분자 구조가 단계적으로 변하는 재미난 현상도 관찰하였다. 이 연구팀의 연구수준은 현재 세계 선도 그룹 수준으로 인정받고 있으나, 앞으로 이 초구조의 특수 기능과 응용이 뒤따라야 연구 결과가 더욱 돋보이게 되리라 판단된다. 이명수가 액정형성을 모체로 한 초구조 조립계를 연구하고 있는 것과 대조적으로 포항공대의 김기문<sup>77)78)</sup>은 객-주인(guest-host) 인식에

75) Lee, M. Cho, B.-K. Zin, W.-C. *Chem. Rev.* **2001**, *101*, 3869.

76) Lee, M. Oh, N.-K. Lee H. K. Zin, W. C. *Macromolecules*, **1996**, *29*, 5567.

77) Ko, Y. H. Kim, K. Kang, J.-K. Chun, H. Lee, J. W. Sakamoto, S. Yamaguchi, K. Fettinger, J. C. Kim, K. J. *Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 1932.

78) Seo, J.-S. Whang, D. Lee, H. Jun, S. I. Oh, J. Jeon Y. J. Kim, K. *Nature*, **2000**, *404*, 982.



기초한 초분자에 관해 세계적 연구를 수행하고 있다. 특히 바구니 화합물인 쿠커비투릴을 주인 화합물로 사용해 바구니 크기에 따라 객화합물로 크기가 다른 아민 계열 화합물과 선별적으로 복합체를 만듦을 밝히고, 이 자기조립 능력을 이용해 목걸이 모양의 분자 집합체등을 합성할 수 있었다. 쿠커비트릴에 히드록시 같은 작용기 등을 도입해 이 바구니 화합물을 통한 분자 집합체화학을 확장하고 있으며, 나노소자기술에 응용가능성도 보여주고 있다. 김 기문 은 또한 금속-유기물 골격 구조에 근거한 다공성 결정물질의 다양한 구조와 성질에 관해서도 뛰어난 연구를 행하고 있다. 김기문 연구가 세계적으로 우수성을 인정받고 세계적 관심이 커지자 Aldrich Chemical사에서 쿠커비트릴 동족체를 시판하기에 이르렀다.

객-주인 복합체 연구는 우리나라에 크라운에테르 화학이 소개되면서 특히 분석 및 무기화학자들의 관심을 끌게 되었다. 분석화학자들은 특수 금속 이온의 분리법으로, 무기화학자들은 착물화학의 관점에서 연구를 수행하였다. 그러나 이들 연구에서 별다른 독창성을 찾아 볼 수 없었다. 1990년대에 유기화학자로 서울대의 이우영<sup>79)</sup>은 새로운 고리형 주인 화합물을 합성하고 그들의 객-주인 복합체 형성 특성을 연구하여 객-주인 화학의 확장을 이끌기 시작하였으나, 그의 작고로 시작에 불과한 불운을 경험하기도 하였다. 숭실대학교의 백경수<sup>80)</sup>도 분자간 인식 메커니즘을 이해하고 응용하려는 차원에서 객-주인 화합물 연구를 꾸준히 행하고 있다. 이화여대의 박준우<sup>81)82)</sup>는 이기문 보다 앞서 1980년대부터 객-주인 복합체 연구를 시작하였다. 특히 시클로텍스트린을 주인 화합물로, 때로는 그 화학구조를 변형시켜, 선택적 복합물 형성 및 그들의 형광 특성, 산화환원 특성을 구조와 연관시켜 우수한 연구결과를 발표하고 있다. 그는 미셀 계의 특성에 관해서도 깊

79) Lee, W. Y. Park, C. H. Kim, Y. D. J. *Org. Chem.* **1992**, 57, 4074

80) Helgeson, R. C.; Paek, K.; Knobler, C. B.; Maverick, E. F.; Cram, D. J. *J. Am. Chem. Soc.* **1996**, 118, 5590.

81) Park, J. W.; Song, H. J. *J. Phys. Chem.* **1989**, 93, 6454.

82) Park, J. W. Cha, S. Y. Park, K. K. *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* **1991**, 2, 1613.

은 연구를 수행하였다. 시클로텍스트린의 수용성을 이용해 불용성 전도성 고분자 표면을 시클로텍스트린으로 감싸주어 수용성으로 바꾸고, 같은 개념을 시클로텍스트린-C<sub>60</sub>에도 적용 C<sub>60</sub>를 수용성으로 바꾸는 등, 시클로텍스트린을 이용한 초분자 연구를 광주과학기술원의 Geckeler<sup>83)</sup>도 행하고 있다. Geckeler는 시클로텍스트린 대신 다당류 유도체도 연구에 포함시키고 있다. 강원대 표동진<sup>84)</sup>은 시클로텍스트린을 포함하는 로탁산 공중합체를 이용하여 거울상이성질체를 분리할 수 있었다.

국내에서 초분자 연구는 현재 새로운 국면에 접어들고 있다. 현재까지는 여러 가지 흥미 있는 화학구조 및 초분자 구조를 얻었으나 이들 초분자구조 형성을 좌우하는 분자간 인력에서 새로운 발견은 없었다고 해도 과언이 아니기 때문이다. 크라운에테르, 크립탄트, 칼릭사렌, 시클로텍스트린 등 여러 주인 화합물들이 관여하는 분자인식과 그를 통한 초분자형성은 개념상 전혀 새로운 발견이 아니며 단지 타인들이 행하지 않은, 그러나 어느 정도 결과가 예상되는 실험을 행한 결과물이라고 비판할 수 있기 때문이다. 그러나 우리나라의 초분자 연구자들에게서 새로운 연구방향이 관찰되고 있다. 한결 같이 이들 초분자들의 재료화학적 측면과 생물과학적 측면에 관심을 두기 시작했다는 점이다. 따라서 이들의 연구결과는 나노과학, 분자전자학 및 나노생물과학 발전에 밑거름이 될 것이라 믿는다.

## 7. 재료화학

앞에서 초분자 구조물이 재료과학 및 생물과학과 직접 연관된다는 말로

---

83) Samal, S.; Choi, B.-J. Geckeler, K. E. *Chem. Commun.* **2000**, 15, 1373.

84) Bradshaw, J. S.; Chen, Z.; Yi, G.; Rossiter, B. E.; Malik, A.; Pyo, D.; Yun, H.; Black, D. R.; Zimmerman, S. S.; Lee, M. L.; Tong, W.; Dsouza, V. T. *Anal. Chem.* **1995**, 67, 4437.

끝낸바 있다. 학계에서 이런 저런 논의가 있으나 화학의 응용성이 강조되는 연구풍토가 근년에 들어 강화된 것은 논란의 여지가 없다. 이런 현상은 국내의 현실만이 아니며 전 세계적인 추세이다. 선진국도 예외가 아니다. 하물며 최근 발표되는 노벨과학상 발표시에도 과학자들의 공로가 어떤 실용성을 지녔는지를 설명하는 문구가 들어간다. 한 예로 2000년 노벨 화학상 (A. J. Heeger, A. MacDiarmid, H. Shirakawa가 전도성 고분자 연구 공로로 공동 수상) 발표문이 그를 잘 보여 주고 있다. 더구나 근년에 우리들이 경험하고 있는 재료과학과 생명과학의 발전은 과학계 전체의 패러다임을 흔들고 있을 정도이며 소위 정통 또는 순수화학의 의미를 퇴색시키고 있다. 이 같은 현상에 비판적인 화학자도 많으나 빠른 속도로 일어나고 있는 이 같은 변화는 아무도 막을 수 없는 대세가 되었다. 더욱이 근년에 주목 받고 있는 나노과학, 나노-생물 융합과학 등은 화학계에 많은 영향을 주고 있다.

우선 재료화학과의 연관성에서 보면, 유기 고분자화학은 분야의 특성상 흔히 하이텍 재료라고 부르는 advanced materials과 직접적인 관계를 지닌다. 특히 새로운 광학, 전자, 광전자, 비선형 광학 및 홀로그램재료, 이 광자 및 다광자 흡수 재료, 전기발광 고분자, 유기박막트랜지스터, 유연성을 지닌 플라스틱 메모리 및 디스플레이, 전플라스틱 태양전지가 그 대표적 예이다. 정부 및 산업체가 정보전자재료 연구 지원을 강화함에 따라 이 분야 연구자들의 수가 급증하고 있어 이 분야 연구를 활성화 시키고 있다. 소위 기능성 고분자에 관심을 지니는 연구자들이 이 분야에 뛰어들고 있다.

정보전자재료에 관련된 국내 고분자 연구의 시초는 1980년대에 전도성 고분자 연구를 시작한 서울대학의 박영우<sup>85)</sup>(물리), 한국과학기술원의 김정엽<sup>86)87)</sup>, 한국화학연구소의 이서봉<sup>88)</sup>등의 연구에서 찾아 볼 수 있다. 고려대

85) Park, Y. W. Park, C. Lee, Y. S. Yoon, C. O.; Shirakawa, H. Suezaki, Y. Akagi, K. *Solid State Commun.* **1988**, 65, 147.

86) Kim, J. K.; Kim, J. S.; Hong, S. I.; Kim, C. Y. *Polymer(Korea)*, **1988**, 12, 364.

87) Rhee, H. W. Jeon, E. J. Kim, J. S. Kim, C. Y. *Synth. Met.* **1989**, 28, 605.

88) Kang, Y.; Lee, M.-H.; Rhee, S. B. *Synth. Met.* **1992**, 47, 157.

학의 진정일<sup>89)</sup>은 초기에 박영우 와 공동연구를 수행하였다. 박영우는 노벨 화학상 수상자인 Alan J. Heeger 밑에서 박사학위 취득 후 귀국해 이 분야 연구를 한국에 씨뿌리기 시작했으며, 1991년에 한국과학상(물리학)을 수상하였다. 새로운 전도성 고분자 발굴 및 특성연구에 관한 학술발표가 비교적 활발하였으나 창의성에서 특별히 돋보이는 연구는 눈에 띄지 않았다. 한편 미국에서 연구하고 있던 박수문<sup>90)</sup>(현 포항공대)이 전도성 고분자의 전기 화학적 합성 및 전기화학반응에 많은 업적을 쌓았으며 귀국 후에도 심도 있는 연구를 계속하고 있다. 최근의 전기화학과 관련된 연구로 개선된 전기화학적 측정을 위한 전기화학적 임피던스 분광학적방법<sup>92)</sup>을 고안하여 학계의 주시를 받고 있다. 서강대 백운기<sup>93)</sup>와 이후성<sup>94)</sup>도 국내 전도성 고분자 연구 초창기부터 관여하고 있었다.

그러나 1990년에 영국 Cambridge대 연구팀<sup>95)</sup>이 전도성 고분자로 간주되던 poly(p-phenylenevinylene)의 전기발광 특성을 이용한 발광다이오드(LED) 디스플레이 개발 가능성을 보고한 후 전도성 고분자 연구자들이 대거 발광성 고분자 연구로 방향을 돌렸다. 진정일<sup>96)</sup> 및 심홍구<sup>97)</sup>, 김정엽이 연구의 방향을 돌려 고분자발광다이오드(PLED)에 관한 연구를 계속했고, 후에 경상대 권순기<sup>98)</sup>, 부산대 진성호<sup>99)</sup>, 광주과학기술원의 김동유 등이 가세해 지금

- 
- 89) Park, H.; Choi, Y. S.; Park, Y. W.; Park, C. K.; Jin, J.-I.; Kaiser, G.; Roth, S. *Synth. Met.* **1997**, *84*, 965.  
 90) Stilwell, D. E.; Park, S.-M. *J. Electrochem. Soc.* **1998**, *135*, 2254.  
 91) Stilwell D. E.; Park, S.-M. *J. Electrochem. Soc.* **1998**, *136*, 427.  
 92) Park, S.-M.; Yoo, J.-S. *Anal. Chem.* **2003**, *75*, 455A.  
 93) Sung, H. So, H. ; Paik, W.-K. *Electrochem. Acta*, **1994**, *39*, 645.  
 94) Kim, I. W.; Lee, J. Y.; Lee, H. *Synth. Met.* **1996**, *78*, 177.  
 95) Burroughes, J. H. Bradley, D. D. C.; Brown, A. R. Marks, R. N. Mackay, K. Friend, R. H. Burn, P. L. Holmes, A. B. *Nature*, **1990**, *347*, 539.  
 96) CHUNG, S.-J.; JIN, J.-I.; KIM, K.-K. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 551.  
 97) Hwang, D.-H.; Lee, J.-I.; Shim, H.-K.; Hwang, W.-Y.; Kim, J.-J.; Jin, J.-I. *Macromolecules*, **1994**, *27*, 6000.  
 98) An, B.-K. Kim, Y.-H.; Shin, D.-C. ; Park, S. Y.; Yu, H.-S. Kwon, S.-K. *Macromolecules*, **2001**, *34*, 3993.

도 여러 가지 새로운 발광성 고분자를 합성하고 있다. 1990년대에 발광성 연구가 관심의 주요 대상이 되기 전에 polyconjugated polymer들의 비선형 광학적 특성도 여러 연구팀이 관심을 보였으나 이렇다 할 성과 없이 관심이 줄어들었다. 그러나 한양대(전 KIST)의 김낙중<sup>100)</sup>은 holography용 광굴절 물질 연구 쪽으로 방향을 돌려 우리나라에서 이 분야 연구를 선도하고 있다. 박수영(현 서울대) 및 최동훈(현 고려대) 이 연구에 참여 하였으나 현재는 독립적으로 연구를 수행하고 있다. 박수영<sup>101)102)</sup>의 들뜬상태 분자내 수소이동 저분자 및 고분자가 보여주는 독특한 발광특성 연구는 최근 많은 관심을 끌고있으며, 최동훈<sup>103)104)</sup>은 광 배향성 고분자 및 텐드러머 연구를 계속하고 있다. 박수영의 연구는 서울대 장두전이 분광학적 연구지원을 하고 있다. 한국과학기술원의 최삼권<sup>105)106)</sup>이 1980-1990년 대에 metathesis 및 원자단이동중합(group transfer polymerization)법을 이용해 고리화중합을 통해 새로운 결원자단 액정고분자 및 전도성 고분자를 합성하여 국내외에서 이목을 받기 시작했으나 노령과 사망으로 중도에 연구가 단절되어 안타깝다.

원래 액정고분자 개념은 고려대 진정일<sup>107)108)</sup>이 1980년경에 한국에 도입

- 
- 99) Ahn, Y. J.; Kang, G. W.; Lee, C. H.; Yeom, I. S.; Jin, S. H. *Synth. Met.* **2003**, *137*, 1447.
- 100) Song, S.; Lee, S. J.; Cho, B. R.; Shin, D.-H.; Park, K. H.; Lee, C. J.; Kim, N. *Chem. Mater.* **1999**, *11*, 1406.
- 101) Park, S.; Kwon, O.-H.; Kim, S.; Park, S.; Choi, M. G.; Cha, M.; Park, S. Y.; Jang, D. J. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 1070.
- 102) Ryu, S. Y.; Kim, S.; Seo, J.; Kim, Y. -W.; Kwon, O. -H.; Jang, D. -J.; Park, S. Y. *Chem. Commun.* **2004**, (1), 70.
- 103) Cha, S. W.; Choi, D. H.; Jin, J.-I. *Adv. Functional Mater.* **2002**, *12*, 670.
- 104) Zhang, X.-H.; Choi, D.-H.; Ahn, K.-H. *Tetrahedron Lett.* **2005**, *46*, 5273.
- 105) Ryoo, M. S.; Lee, W. C.; Choi, S. W. *Macromolecules*, **1990**, *23*, 3029.
- 106) Jin, S. H.; Kim, S. H.; Cho, H. N.; Choi, S. K. *Macromolecules*, **1991**, *24*, 6050.
- 107) Yun, Y.-K.; Ko, D.-H.; Jin, J.-I.; Kang, Y. S.; Zin, W.-C.; Jo, B.-W. *Macromolecules*, **2000**, *33*, 6653.
- 108) Joo, S.-H.; Yun, Y.-K.; Jin, J.-I.; Kim, D.-C.; Zin, W.-C.; *Macromolecules*, **2000**,

해 지금까지도 이 분야를 선도하고 있으며 그는 연구업적을 인정받아 1991년에 한국과학상을 수상하였고, 대우 학술총서 제 34권 '액정중합체'(민음사, 1986)를 저술하였다. 고분자가 액정상을 만드는 능력을 가질 때 초분자 구조를 만들며, 따라서 정교하게 설계된 액정성 고분자를 합성하고 초분자 형성능력을 검토하는 연구를 인하대 김철화<sup>109)</sup>, 서울대의 장지영<sup>110)</sup>등이 수행하고 있다. 고분자 액정보다 역사가 훨씬 오래된 저분자 액정은 1970년대 한국과학기술원에서 약간의 연구가 있었을 뿐 대학에서는 이에 대한 연구가 활발치 못하였으며, 건국대와 고려대에서 일부 새로운 액정에 관 연구를 진행하고 있을 정도다. 물론 액정에 관한 물리적 연구도 국내에서 일부 진행되고 있다. 액정디스플레이(LCD)가 우리나라의 주요 제품으로 세계시장을 석권하고 있으나 대학에서 이 분야 연구가 매우 취약한 점은 흥미로운 현상이다.

고분자의 생물학적 연구 또는 생고분자 연구는 아직 매우 취약하다. 아주대의 한만정<sup>111)</sup><sup>112)</sup>은 1990년대에 합성 핵산 유사체 합성에 성공하여 많은 관심을 끌었으나 연구가 중단되어 그 중요성이 크게 확장되지 못하였다. 이화여대(전 한국과학기술연구원)의 손연수<sup>113)</sup> 팀의 온도에 민감한 폴리포스파젠의 특성 및 약물전달 연구가 관심을 끌고 있으며, 한국화학연구소의 이해방<sup>114)</sup>은 약물전달 및 신경재생재료개발등 고분자의 생체관련 이용에 국내 연구를 이끌어 왔다. 의료용 고분자에 관한 연구는 한국과학기술연구원(현 광주과학기술원)의 김영하<sup>115)</sup>도 1990년 대부터 꾸준히 진행시켜왔다. 생분해성

33, 6704.

109) Kim, C.; Allcock, H. R. *Macromolecules*, **1987**, *20*, 1726.

110) Chang, J. Y.; Baik, J. H.; Lee, C. B.; Han, M. J.; Hong, S. K. *J. Am. Chem. Soc.* **1997**, *119*, 3197.

111) Han, M. J.; Park, S. M. *Macromolecules*, **1990**, *23*, 5295.

112) Han, M. J.; Lee, C. W.; Kim, K. H.; Lee, S. H. *Macromolecules*, **1992**, *25*, 3528.

113) Sohn, Y. S.; Cho, Y. H.; Baek, H.; Jung, O.-S. *Macromolecules*, **1995**, *28*, 7566.

114) Yuk, S. H. Cho, S. H. Lee, H. B. *Pharm. Res.* **1992**, *9*, 955.

115) Ryu, G.H. Park, S. Kim, M. Han, D. K. Kim, Y. H. Min, B. J. *Biomed. Mat. Res.* **1994**, *28*, 1069.

고분자의 연구도 관심의 대상이었으나 그 중요성에 비해 특기할 만한 연구 내용은 찾아보기 힘들다.

전자공업 대국이 된 우리나라 반도체 공업에 필수적인 고분자 재료로 광감응성고분자(photoresist)가 있다. 그러나 이 분야의 국내 연구는 매우 보잘 것이 없었다. 한국 과학기술연구원의 안광덕<sup>116)</sup>이 그 명맥을 유지했을 뿐 이 분야 연구가 대학에서 수행된 예를 별로 찾을 수 없을 정도이다. 이는 우리나라 고분자 과학 초창기 때부터 심정섭, 홍성일<sup>117)</sup>이 광감성 고분자연구를 이끈 것을 생각하면 의아심이 가는 면이 있다.

안광덕이 한국과학원 조의환<sup>118)119)</sup> 지도하에 시작된 고리화합물의 자유라디칼 고리 열림 중합연구는 세계적으로 새로운 중합법을 개척한 커다란 공헌이었으며, 고분자 기초연구 중 세계적으로 가장 많이 인용되는 연구에 속한다. 조의환은 대구학술총서 제17권 '고분자에 의한 화학반응'(민음사, 1993)을 집필하였다.

다른 각도에서 볼 때 고분자 재료의 특수기능성 중에 선택적 분리 능력은 매우 중요하다. 한양대학(전 한국과학기술원)의 강용수<sup>120)</sup>는 은이온이 포함된 고분자막으로 알켄, 알칸 혼합물에서 알켄을 선택적으로 분리하는 촉진수송개념의 분리막 연구에서 훌륭한 결과를 얻고 있다. 은이온과 알켄이  $\pi$ -착물을 만드는 점에 착안하였다. 실용의 가능성을 보여주는 연구로 주목받고 있다. 같은 대학의 이영무<sup>121)</sup>는 미세 상분리 구조를 지니는 내열성 고분자와 줄-겔 법을 통해 형성된 실리카를 함유하는 유·무기 복합체를 이용해 복합탄소분자체막을 만들어 산소, 질소 등 기체 분리에 우수한 결과를 얻고

116) Ahn, K. D.; Koo, J. S.; Chung, C. M. *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* **1996**, *34*, 183.

117) Kim, D. J.; Jang, S. H.; Hong, S. I. *한국섬유공학회지*, **1998**, *25*, 533.

118) Cho, I.; Ahn, K. D. *J. Polym. Sci. Polym. Letter Ed.* **1977**, *75*, 751.

119) Cho, I.; Ahn, K. D. *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* **1979**, *17*, 3169.

120) Kim, H. S.; Kim, H.; Ahn, B. S.; Ryu, J. H.; Kang, Y. S. *Chem. Commun.* **2000**, 1261.

121) Park, S. B.; Suh, I. Y.; Lee, Y. M. *Chem. Mater.* **2002**, *14*, 3034.

있다. 한편 포항공대의 장태현<sup>122)</sup>은 다른 형태의 분리-분석에 관한 우수한 독창적 연구를 행하였다. 그는 TGIC(temperature gradient interaction chromatography)와 MALD, TOF MS(matrix assisted laser desorption / ionization time of flight mass spectrometry)를 주도로 하여 다양한 불균일 고분자 시료를 분리·분석하고 분리한 시료들 간에 구조적 특성이 얼마나 다를 수 있는가를 보여주었다.

한편 포항공대의 이문호<sup>123)</sup>는 전자재료로 중요한 폴리이미드의 분자배향 조절 및 분석뿐만 아니라 고분자 morphology 분석에 독자적 영역을 개척하고 있다. 한국화학연구원의 최길영<sup>124)</sup>은 다양한 폴리이미드 및 그 유도체 합성으로 유명하다.

한편 저분자 재료는 앞에서 언급한 액정 화합물 이외에 비선형 광학 특성을 지니는 유기 재료, 발광성 염료 및 이 또는 다광자(two or multiphoton) 흡수 화합물에 관한 연구가 일부 활발히 진행되고 있다. 특히 고려대 조봉래<sup>125)</sup>는 분자 배향을 행하지 않아도 2차 비선형 특성을 보이는 새로운 다중극자 화합물에 관한 선도적 연구를 행하고 있으며, 한남대 이광섭<sup>126)</sup>은 주로 이중극자 화합물의 2차 비선형 광학특성 및 이 또는 다광자 흡수 특성 연구에서 뛰어난 결과를 얻고 있다. 다광자 흡수 특성 화합물은 미세 패턴 형성 및 의료 특히 photodynamic therapy의 응용가능성 때문에 세간의 관심을 끌고 있다. 일부 발광성 저분자 연구까지 합치면 현재 전자·광기능성 유기재료에 관한 연구가 국내에서 가장 급속히 확산되고 있는 분야가 아닌

---

122) Park, S.; Cho, D.; Ryu, J.; Kwon, K.; Lee, W.; Chang, T. *Macromolecules*, **2002**, *35*, 5974.

123) Ree M. H.; Chu C. W.; Goldberg M. J. *J. Appl. Phys.* **1994**, *75*, 1410.

124) Hong Y. T.; Jin M.Y.; Suh D. H.; Lee J. H.; Choi K.Y. *Angew. Makromol. Chem.* **1997**, *248*, 105.

125) Lee, W.-H.; Cho, M.; Jeon, S.-J.; Cho, B. R.; *J. Phys. Chem. A*, **2000**, *104*, 11033.

126) Moon, K.-J.; Shim, H.-K.; Lee, K.-S.; Zieba, J.; Prasad, P. N.; *Macromolecules*, **1996**, *29*, 861.



가 싶다.

## 8. 나노화학

요즈음 나노과학이니 나노기술이니 하는 단어보다 더 자주 듣는 말이 과학기술분야에서는 없을 정도로 나노 세상이 되었다. 우리나라에서도 이 분야에 특히 최근 들어 다양한 연구팀이 관여하고 있으며, 세계적 수준의 연구결과를 얻고 있는 연구집단이 증가하고 있어 세간의 이목이 집중되고 있다. 나노 과학의 뿌리는 여러 화학분야에서 찾아볼 수 있다. 나노 크기를 갖는 무기 화합물, 층상 무기물(흑연, 제올라이트, 핵산(DNA, RNA), 덴드리머형 유기 고분자, vesicle(소포체), 바이러스 등 무기, 유기 생체 분자 및 분자 집합체가 대표적 예다. 합성 블록 공중합체 일부가 다양한 모양을 한 나노 크기의 미세상 분리구조를 만든다는 것도 현재처럼 나노과학이 유행하기 전부터 알려져 왔다.

이화여대(전 서울대) 최진호<sup>127)128)</sup>는 1980년대부터 Perovskite의 구조변경에 따른 전자기적 성질의 변화를 철저히 연구하였고, 새로운 초전도체의 발견, 무기/무기 나노하이브리드 및 유기 혹은 생분자/무기 나노하이브리드 까지 연구를 확장시키고 있다. 최진호는 초전도체와 유기물 층성 혼성물 연구업적을 인정받아 1999년 한국과학상을 수상하였다. 최진호는 국내에서 가장 생산적인 화학자에 속한다. 서강대 윤경병<sup>129)130)</sup>은 지난 15년을 제올라이트 관련연구에 전념하였으며, 단층막에서 시작하여 소결정, 또 일부 변

127) Choy, J.-H.; Park, N.-G.; Hwang, S.-J.; Kim, D.-H. *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, *116*, 11564.

128) Choy, J.-H. Kwon, S.-J.; Park, G. S. *Science*, **1998**, *280*, 1859

129) Yoon, K. B. *Chem. Rev.* **1993**, *93*, 321.

130) Lee, J. S.; Lee, Y.-J.; Lee Tae, E.; Park, Y. S.; Yoon, K. B. *Science*, **2003**, *301*, 818.

경시킨 조성의 광학, 전자 및 생물과학적 이용까지 연구를 넓혀가고 있다. 이 분야에서 세계적 선두연구를 진행하고 있다. 최근 연세대의 천진우<sup>131)132)</sup>는 무기 나노 결정의 성장과정을 최대한도로 조종해 다양한 모양을 만드는 연구로 세계적 명성을 쌓아가고 있다. 천진우는 분자설계를 통한 극 미세 나노물질 합성 및 나노-바이오 하이브리드 정보 저장매체 및 소자개발 공로를 인정받아 2002년에 젊은 과학자상을 수상하였다. 제 8회 젊은 과학자상을 2004년에 수상한 한국과학기술원의 최인성<sup>133)</sup>은 짧은 연구경력에도 불구하고 표면유기화학 (자기조합)에 시선을 끄는 연구 결과를 얻고 있다.

금년에 대한민국최고 과학기술인상을 수상한 한국과학기술원의 유훈<sup>134)135)</sup>은 최근 국내 화학자의 연구결과 중 가장 국제적으로 많이 인용되는 연구결과를 발표하고 있으며, 그 중 나노다공성 탄소물질에 관한 연구가 가장 큰 관심을 끌고 있다. 아마도 에너지(수소흡착), 촉매(표면적) 등에 이용가능성이 크기 때문이다. 유훈은 나노다공성 실리카를 주형으로 사용해 그 기공내에서 탄소를 만든 다음 주형을 HF 나 NaOH 로 제거하는 비교적 간단한 방법을 사용한다는 장점이 있다. 이렇게 만든 탄소나노물질은 균일하게 나노미터 크기의 기공을 지닌다.

서울대의 현택환<sup>136)137)</sup>도 유사한 방법(메소 세공체 MCM-48 실리카)을 사용해 다양한 나노 탄소재료를 합성할 수 있었으며, 그밖에 계면활성제-금

---

131) Jun, Y. W.; Lee, S.-M.; Kang, N.-J.; Cheon, J. *J. Am. Chem. Soc.* **2001**, *123*, 5150.

132) Lee, S. M.; Jun, Y.-W.; Cho, S.-N.; Cheon, J. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 11244.

133) Lee, B. S.; Chi, Y. S.; Lee, J. K.; Choi, I. S.; Song, C. E.; Namgoong, S. N.; Lee, S. K. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 480.

134) Ryoo, R.; Joo, S. H.; Jun, S. J. *Phys. Chem. B.* **1999**, *103*, 7743.

135) Joo, S. H.; Choi, S. J.; Oh, I.; Kwak, J.; Liu, Z.; Terasaki, O.; Ryoo, R. *Nature*, **2001**, *412*, 169.

136) Hyeon, T. *Chem. Commun.* **2003**,(8),927.

137) Joo, J.; Yu, T.; Kim, Y. W.; Park, H. M.; Wu, F.; Zhang, J. Z.; Hyeon, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2003**, *125*, 6553.

속전구체 복합체의 열분해, 비수용성 졸-겔법등을 사용하여 나노자성체와 반도체 나노입자를 합성하여 세계적 관심을 끌고 있다. 한편 고려대 박정희<sup>138)</sup>는 자성반도체 나노선 및 금속산화물과 탄소나노튜브등 일차원 나노구조의 합성 및 특성연구에 전념하고 있다. 나노 기공을 가지는 알루미늄나막 또는 이산화규소 입자를 주형으로 사용하여 나노크기의 기능성 고분자를 합성한 연구가 진정일<sup>139)</sup>(고려대)와 장성식<sup>140)</sup>(서울대), 이진규<sup>141)</sup>(서울대) 등에 의해 진행되고 있다.

자성재료 연구에서는 한국표준과학연구원의 허남희<sup>142)</sup>가 거대자기 저항재료 연구에서 우리 화학계를 이끌고 있다. 현재도 그렇지만 미래기술로 자성 재료에 대한 연구의 활성화가 요구된다. 허남희는 1990년대에는 주로 초전도체에 관한 연구를 수행한 바 있다. 한국과학기술원의 박준택<sup>143)</sup><sup>144)</sup>은 탄소-60과 금속간의 연합, 탄소-60과 금속간의 샌드위치 화합물 합성, 금속산화물의 나노입자 및 나노막대 연구에서 꾸준한 업적을 쌓고 있다.

고분자 재료의 나노과학은 나노 복합재료가 가장 큰 관심의 대상이었으며 화학자로는 금오공대의 장진해<sup>145)</sup>가 점토/고분자 복합체 연구를 꾸준히 행하였으며 연세대 김중현<sup>146)</sup>의 고분자 나노입자 제조 중합법 연구도 눈에 뜨인다. 서울대 조원호<sup>147)</sup>는 블록공중합체의 자기 조합에 의한 나노구조형성을 이론 및 실험을 통해 우수한 연구를 조직적으로 수행하고 있다. 경희대

138) Han, D. S.; Park, J.; Rhie, K. W.; Kim, S.; Chang, J. *J. Appl. Phys. Lett.* **2005**, 86, 32506.

139) Kim, K.; Jin, J.-I. *Nano Lett.* **2001**, 1, 631.

140) Jang J.; Bae J. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2004**, 43, 3803.

141) Yoo, W.-C. Lee, J.-K. *Adv. Mater.* **2004**, 16, 1097.

142) Dho, J.; Kim, W. S; Hur, N. H. *Phys. Rev. Lett.* **2002**, 89, 027202.

143) Song, H.; Lee, K.; Lee, C. H.; Park, J. T.; Chang, H. Y.; Choi, M.-G. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, 40, 1500.

144) Lee, K.; Song, H.; Park, J. T. *Acc. Chem. Res.* **2003**, 36, 78.

145) Chang, J. H.; Park, D. K.; Ihn, K. J. *J. Polym. Sci. B, Polym. Phys.* **2001**, 39, 471.

146) Lee, K. N.; Lee, H. J.; Kim, J. H. *Mater. Res. Bull.* **1998**, 37, 197.

147) Ko, M. J.; Kim, S. H.; Jo, W. H. *Macromol. Theory Simul.* **2001**, 10, 381.

(전 한국과학기술원)의 김정안<sup>148)</sup>은 음이온 중합법을 이용한 나노구조물 합성에서 주목받고 있다.

나노과학과 생물과학의 조합은 미래 과학 및 기술개발분야로 세계적 관심이 높다. 우리나라에서 이 분야 연구인력은 양이나 질에서 현재로는 선진국에 비해 매우 열세다. 지난 2004년 12월에 한국과학기술단체총연합회 주최로 필자가 한국표준과학기술원의 문대원 및 서울대 강현의 도움을 받으며 'Surface Science - Where NT and BT Meet' 라는 주제하의 KCIST -2004를 제주도에서 개최한바 있다. 적지 않은 숫자의 국내 연사를 초청하였으나, 초기단계 연구내용의 발표가 주를 이루었으며 성숙단계를 위해서는 더 시간이 필요함을 절실히 느꼈다. 물론 여러 팀에서 훌륭한 창의적 연구를 시작했음은 감지 할 수 있었다. 반드시 나노과학의 범주에 넣을 필요는 없지만, 고려대학의 강상욱<sup>149)</sup>, 고재중<sup>150)</sup>은 metal organic chemical vapour deposition (MOCVD) 선구물질 연구에서 생산적이었으며, 한국 화학연구소의 김윤수<sup>151)</sup><sup>152)</sup>는 출연 연구소라는 어려운 여건에서도 여러 가지 무기박막의 합성 및 특성연구에서 많은 기초연구를 지속한 점이 돋보인다.

무기화학은 전통적으로 촉매화학에서 중요한 자리를 차지해 왔으며, 주요 연구분야로 평가된다. 서강대의 진종식<sup>153)</sup><sup>154)</sup>은 1980-90년대 Ir 및 Rh 화합물의 촉매합성을 깊이 연구하였으며, 초기 비닐알콜의 안정화 현상연구에도 기여하였다. 한국 과학기술원의 도영규<sup>155)</sup><sup>156)</sup>는 올레핀 중합을 위한 균일

148) Kim, J. A. *Macromol. Symp.* **1995**, 95, 303

149) Kang, Y.; Kim, K.-I.; Kang, S.-O.; Ko, J.; Heaton, B. T.; Barkley, J. V. J. *Organomet. Chem.* **1997**, 532, 79.

150) Paek, C.; Kang, S. O.; Ko, J.; Carroll, P. J. *Organometallics*, **1997**, 16, 1503

151) Kim, C. G.; Sung, K.; Chung, T.-M.; Jung, D. Y.; *Chem. Commun.* **2003**, 2068

152) Boo, J.-H.; Yu, K.-S.; Kim, Y.; Yeon, S. H.; Jung, I. N. *Chem. Mater.* **1995**, 7, 694

153) Chin, C. S.; Lee, B.; Kim, S. *Organometallics*, **1993**, 12, 1462.

154) Chin, C. S.; Park, Y. S.; Lee, B. *Catalysis Letters*, **1995**, 31, 239.

155) Kim, Y.; Do, Y.; *J. Organomet. Chem.* **2002**, 655, 186.

156) Kee, M. H.; Kim, S. K., Do, Y. *Organometallics*, **2005**, 24, 3618.

메탈로센 촉매 연구를 수행하여 고분자량의 신디오택틱 폴리스티렌을 합성할 수 있었다. 기타 올레핀 중합 촉매에 관해서도 괄목할 만한 연구 결과를 얻고 있다. 충남대 윤석승<sup>157)</sup>은 무기반응속도론 연구를 이끌었다. 연세대의 전철호<sup>158)</sup>는 유기전이 금속촉매 중 분자인지 개념을 도입해 출발점에서는 균일 촉매이나 반응 종결 후에는 불균일 촉매가 되어 분리를 간편하게 하는 촉매연구를 활발히 진행시키고 있다.

이화여대의 남원우<sup>159)</sup>는 몇 안되는 생무기화학자로 산화효소에 의한 산소 분자활성화 메커니즘과 산소를 전하는 중간체 연구에서 선발적 연구를 행하여 2000년도에 젊은 과학자상을 수상하였다. 성균관대의 유찬모<sup>160)</sup>도 2000년대 들어서 금속촉매에 의한 헤테로 고리화 및 입체선택적 고리화 반응에서 우수한 결과를 보이고 있다. 한편 전남대의 우희권<sup>161)</sup>은 우리나라에서 유일하게  $\alpha$ -결합 메타테시스(metathesis) 반응을 연구하고 있을 뿐 아니라 유기실리콘 화학도 꾸준히 추구하고 있다. 역사적으로 볼 때 우리나라에서 유기규소화합물에 관한 연구는 성균관대의 주완철<sup>162)</sup>과 연세대 김장환<sup>163)</sup>이 1980-90년대에 씨를 뿌렸으며 한국과학기술연구원의 정일남<sup>164)</sup><sup>165)</sup>이 가장 적극적으로 추구하고 있다.

화학적 센서 연구에서는 광운대학의 차근식 · 남학연<sup>166)</sup>팀이 실용성이 큰 연구에 비교적 큰 진전을 보이고 있다. 초기에는 새로운 이온 선택성 전극

- 
- 157) Seo, Y. J.; Yun, S. S.; Choi, K. Y. ; Chin, C. S. *Polyhedron*, **1996**, 15, 2311.  
 158) Jun, C.- H.; *Chem. Soc. Rev.* **2004**, 33, 567.  
 159) Lee, K. A.; Nam, W. J. *Am. Chem. Soc.* **1997**, 119, 1916.  
 160) Yu, C.-M.; Lee, J.-Y.; So, B.; Hong, J. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, 41, 161.  
 161) Woo, H. G.; Heyn, R. H.; Tilley, T. D. *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, 114, 5698.  
 162) Joo, W.-C.; Sohn, H. L.; Hong, J. H.; Kong, Y. K.; Singh, P. *Bull. Korea Chem. Soc.* **1989**, 10, 191.  
 163) Joo, W. C.; Hong J. H.; Choi, S. B.; Son H. E.; Kim, C. H. *J. Organomet. Chem.* **1990**, 391, 27.  
 164) Yoo, B. R.; Jung, I. N. *Adv. Organometal. Chem.* **2004**, 50, 145.  
 165) Cho, Y. J.; Kang, S-H; Han, J. S.; Yoo, B. R.; Jung, I.N. *J. Am. Chem. Soc.* **2001**, 123, 5584.  
 166) Shin, J. H.; Sakong, D. S.; Nam, H.; Cha, G. S. *Anal. Chem.* **1996**, 88, 221.

에 의한 분석에 초점이 맞추어져 있었으나 현재는 눈물 속 당 측정용 바이오 센서 등 나노 바이오 센서에 까지 연구를 확장하고 있어 기대가 크다. 부산대 심윤보<sup>167)</sup>도 바이오 센서 연구에 전념하고 있다. 포항공대 박준원<sup>168)</sup>은 고감도 바이오칩 제작 및 응용 및 생분자간 상호작용력측정(FM), 자기조립단분자막을 이용한 나노 패터닝에 깊이 관여하고 있다. 서울대 김하석<sup>169)</sup><sup>170)</sup>은 전기화학적 방법으로 특수 양이온을 인식하는 전기화학적 분석법을 연구하였다. 미량분석법 개발에는 충남대의 이계호<sup>171)</sup>가 기여하고 있으며 몇 가지 특수 분석법을 개발하였다.

국내 화학자가 에너지 분야의 연구에 전념하고 있는 예가 현재로는 극소수에 지나지 않고 있다. 그러나 고려대의 김강진<sup>172)</sup><sup>173)</sup>은 태양전지 특히 염료증감 태양전지 연구에서 우리나라를 선도하고 있으며 김건<sup>174)</sup>은 연료전지 연구에서 좋은 업적을 쌓고 있다. 앞부분에 포함되었어야 할 서울대 백명현<sup>175)</sup><sup>176)</sup>은 나노초분자재료 및 다공성 고체의 자기조합에서 독창적 연구를 행하고 있다.

이상에서 국내 화학자들이 어떻게 나노 과학기술 분야로 연구를 확장하고

- 
- 167) Rahman, M. A.; Kwon, N. H.; Won, M. S.; Hyun, M. H.; H. Shim, Y. B. *Anal. Chem.* **2004**, 76, 3660.
- 168) Chio, Y.-S.; Yoon, C. W.; Lee, H. D., Park, M.; Park, J. W. *Chem. Commun.* **2004**, 11, 1316.
- 169) Chio, D.; Chung, T.D.; Kang, S.K.; Lee, S. K.; Kim, T.; Chang, S.K. Kim, H. *J. Electroanal. Chem.* **1995**, 387, 133.
- 170) Chung, T. D.; Choi, D.; Kang, S. K.; Lee, S. K.; Chang, S. K.; Kim, H. J. *Electroanal. Chem.* **1995**, 396, 431.
- 171) Lee, G. H. *Bull. Korea Chem. Soc.* **1993**, 14, 275.
- 172) Doh, J. G. Hong, J. S. Vittal, R. Kang, M. G. Park, N.-G.; Kim, K.-J. *Chem. Mater.* **2004**, 16, 493.
- 173) Hong, J. S. Joo, M. Vittal, R. Kim, K.-J. *J. Electrochem. Soc.* **2002** 149(12), E493.
- 174) Ha, H.-W. Jeong, K. H. Yun, N. J. Hong, M. Z. Kim, K. *Electrochimica Acta*, **2005**, 50, 3764
- 175) Lee, E. Y.; Suh, M. P. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2004**, 43, 2798.
- 176) Min, K. S.; Suh, M. P. *Chem. Eur. J.* **2001**, 7, 303.

있는지 기술하려 하였으나 나노 과학기술이 매우 다학제적 특징을 지니고 있어 논의 자체가 조직적이 되지 못한 면이 있었음을 부정할 수 없다. 그러나 얼마나 다양한 연구 배경을 가진 화학자들이 나노 과학기술 분야의 연구를 직접 수행하고 있는지 충분히 전달이 되었다고 믿는다. 분명 여러 연구진의 연구 결과가 세계적인 뿐만 아니라 창의성도 충분히 지니고 있어 시간이 지남에 따라 이 분야에 대한 화학계의 기여가 더욱 커지리라 믿는다. 탄소나노튜브 및 탄소-60에 관한 연구도 여러 화학자들이 진행하고 있으나 물리학자들의 기여가 화학자들의 기여보다 훨씬 더 크다고 판단되어 논의에서 제외시켰다. 이에 따라 일부 우수연구자의 연구 내용이 포함되지 못하였음을 언급해둔다.

## 9. 생화학

단백질, 탄수화물 등 소위 천연물 화학이 생화학의 바탕이 되던 20세기 초에서 DNA 및 RNA로 관심이 모아진 20세기 후반의 생화학은 생물학에 커다란 충격과 변화를 주었다. 생물학적 현상을 분자 수준에서 이해하려는 분자생물학의 탄생과 번성이 의·약학에는 물론 물리학에까지 영향을 미치게 되었으며, 화학, 물리, 생물학의 융합을 가속화시키고 있다. 이에 따라 우리나라의 생화학 연구는 화학, 의·약학 및 생물학계에 별도로 뿌리를 둔 그룹이 서로 별다른 상호대화 없이 성장하던 양상에서 벗어나 생물과학(bioscience)이니 생물기술(biotechnology)이니 하는 분야명 아래 훨씬 더 경쟁, 협력하는 분위기로 변화하고 있으며, 대학에서도 생명과학대학이나 학과가 설치 확대됨에 따라 화학계에서 독립적 생화학 연구는 점차 줄어들고 있는 현실이다.

서울대에서 가르치던 박인원, 고려대 이세영, 한국과학기술원의 김형만 등이 1980-1990년대에 우리나라 생화학계의 윗자리를 차지하고 있었다. 박인

원<sup>177</sup>(178)은 rRNA의 구조결정에 주력하였으며, 이세영<sup>179</sup>(180)은 유전자 발현 및 조절기작 연구에서 우리나라 생화학계를 이끌고 있었다. 김형만<sup>181</sup>(182)은 생체막에 관한 물리생화학 연구에 전념하였다. 박인원은 대우 학술총서 제 36권 '단백질 생합성'(민음사, 1986년)을, 김형만은 제 51권 '생체막'(민음사, 1988년)을 집필하여 각자의 연구분야 활성화에 큰 몫을 하였다. 연세대의 주창노는대우 학술총서 제 47권 '생체에너지'(민음사, 1987년)를 집필하여 생체계의 에너지 과학을 일깨워 주었다.

이들 다음 세대에 속하는 서울대 최명언<sup>183</sup>(184)은 화학계에서 유일하게 신경효소 및 signal transduction 연구를 행하여 화학자의 연구영역이 얼마나 확대될 수 있는가를 보여 주고 있으며, 연세대 김유삼<sup>185</sup>(186)은 효소 화학 연구의 리더로서, 한국 과학상을 수상한 바 있다. 조선대 고문주<sup>187</sup>는 효소 중 산화환원 효소의 구조 및 기능연구에서 우수한 연구를 수행하고 있어 기대가 크다. 한편 한국 외국어대의 하형준<sup>188</sup>은 리파아제 등 효소를 이용한 유기합성을 꾸준히 연구하여 생유기화학의 개척에 기여하고 있다.

유전자 발현 전사기작 및 발현조절체 개발연구에서 한국과학기술원의 강

- 
- 177) Johng, T. N.; Kim, D. S.; Ihm, J.H.; Park, I. W. *J. Biochem. Mol. Biol.* **1992**, *25*, 26  
178) Koh, M. J.; Park, I. W.; Lee K. R. *J. Biochem. Mol. Biol.* **1988**, *21*, 195  
179) Choi, S. Y.; Lee, S. Y. *J. Biochem. Mol. Biol.* **1988**, *21*, 365.  
180) Park, J. W.; Jung, Y. H.; Prak, B. H.; Jeoung, Y.-H.; Lee, S. Y. *J. Biochem. Mol. Biol.* **1996**, *29*, 308  
181) Kim, J.; Kim, H. *Biochim. Biophys. Acta*, **1989**, 983, 1  
182) Yi, G. S.; Choi, B. S.; Kim, H. *Biophys. J.* **1994**, *66*, 1604.  
183) Lee, J. R.; Yang, C.; Choi, M. *Exp. Neurobiol.* **1993**, *2*, 9.  
184) Park, D. H.; Kim, K.- T.; Choi, M.-U.; Samanta, H.; Joh, T. H. *Mol. Brain Res.* **1992**, *c*, 232.  
185) Kim, Y. S.; Kang, S. W. *Biochem. J.* **1994**, *297*, 327.  
186) Kim, Y. S.; Chae, H. Z. *Biochem. J.* **1991**, *273*, 511.  
187) Chen, Z.-W. Koh, M. Van Driessche, G. Van Beeumen, J. J. Bartsch, R. G. Meyer, T. E. Cusanovich, M. A. Mathews, F. S. *Science*, **1994**, *266*, 430.  
188) Ha, H.-J.; Yi, D.-G.; Yoon, K.-N.; Song, C. E. *Bull. Korean Chem. Soc.* **1996**, *17*, 544.



창원<sup>189)</sup>190)은 매우 돋보이며, RNA 중합효소와 전사촉진제간의 상호작용에 관한 분자측면의 연구 및 특정 유전자의 발현을 특이 조절하는 메커니즘 연구가 주된 연구다. 서울대 박종상<sup>191)</sup> 연구도 학계의 관심을 끌고 있으며 단백질 유전자 클로닝, 유전자 발현 등에 연구에서 유전자 치료로 연구를 확대하고 있다. 최근 우리나라의 생명과학 발전을 보면 훨씬 많은 연구업적이 조감되어야 하겠으나 논의의 범위를 한정하려는 필자의 의도 및 이해 부족 때문에 많은 세계적 연구가 언급되지 않았음을 밝혀둔다. 그러나 생물학이 분자과학적 접근을 점점 더 해 갈수록 생화학의 중요성은 더욱 더 커질 것이며 화학자들의 더 큰 기여를 기대할 때가 되었다.

## 10. 결어-21세기 화학의 도전과 비전

이상에서 지난 4반세기 우리나라 화학계가 이룩한 발전상을 조감하여 보았다. 우리나라 과학계 전체를 볼 때 지금으로부터 10여년 전 1994년 소위 SCI 학술지 게재 논문수가 3955편에서 2004년에는 19279편으로 급등해 세계 14위를 마크하는 등 장족의 발전을 하고 있다. 그러나 창의성을 중요시하는 기초과학의 특성이라는 입장에서 볼 때, 특히 화학분야에서 10년(96년-2005년) 간 Nature 및 Science지에 발표된 논문 수가 각각 6편과 5편으로 세계적으로 볼 때 거의 무시할 정도이며 그나마 지난 2년간에 주로 발표된 점은 우리에게 시사하는 바 크다. 물론 2000년 이전에 두 학술지에 국내 화학자의 논문이 실린 예는 Science 및 Nature 지에 각각 한 편이 있었을 따름이다.

189) Lee, S. S.; Kang, C. J. *Biol. Chem.* 1993, 268, 19299.

190) Lee, S. S.; Park, S. K.; Cho, I. H.; Kang, C. *Biochem. Mol. Biol. Int.* 1993, 31, 1017.

191) Kim, S.; Shin, S.; Park, J. *Biochemistry*, 1996, 35, 5418.

이 글에서도 인용된 논문이 대부분 1990년대 중반부터 최근 논문이 주를 이루며, 이는 우리나라 화학이 주로 지난 90년대 중반 이후에 눈부신 발전을 했다는 점을 역설적으로 말해 주기도 한다. 그러나 정부가 과학적 연구에 조직적 투자를 할 목적으로 한국과학재단을 1977년에 발족 시킨 지 30년 밖에 되지 않았다는 점을 생각할 때 국내 과학계가 쌓아온 역사와 업적은 가상할 만하다 하겠다. 더구나 대우 재단이 일찍이 1980년도부터 학술지원 사업을 시작한 것은 미래를 옹기 내다본 판단의 결과였다. 더구나 기초과학의 저술, 특히 대학원 교재 수준의 내용의 집필을 국내 선도적 과학자들에 유도함으로써 그들의 학문적 지식을 정리하게 하고 동료와 후예들이 새로운 연구 분야에 깊이 접할 수 있는 기회와 자료를 제공함으로써 기초과학 활성화에 전기를 시작하였다. 1987년부터 시작된 한국과학상 화학부문 수상자 첫 5명중 4명이 대우 학술총서 집필자였으며 나머지 한 화학자도 집필을 시작하였으나 완료하지는 못하였다. 이 사실 하나만 보아도 대우재단 학술지원 사업의 중요성과 그 효과를 알 수 있다. 한편 최근 들어 여러 새로운 학문 분야가 싹트고 있으며, 우수 젊은 화학자들의 우수한 창의성과 연구업적이 빛나기 시작하고 있으나 대우재단의 학술지원사업이 위축되지 않나 하고 우려되는 바이다.

이제 21세기가 시작된 지도 7년이 지나간다. 과연 우리나라 화학은 어떤 길을 갈 것이며 어떤 길을 가야 하나? 순수과학이라고 부를 수 있는 독립된 영역이 점점 사라지고 다영역에 걸친 새로운 아이디어가 설새 없이 새로 나타나고, 과거에 중요히 여겼던 많은 영역이 과학자들의 관심 밖으로 사라지고 있는 지난 4반세기의 변화는 우리에게 많은 것을 가르치고 있다. 과학자들의 독립된 지적 호기심 추구는 여러 각도에서 방해를 받고 있다. 최근 일어나고 있는 변화는 우리들이 반기든 반기지 않던 관계없이 더 빠른 속도로 과학 전 영역에 퍼지고 있다. 그 변화의 중심에는 관련성(relevance)이 중요시 되는 현대 사회의 과학관에서 찾아볼 수 있다. 물론 화학도 예외가 아니다. 지난 2000년에 영국 Oxford University Press에서 출간한 'The New

Chemistry—A Showcase for Modern Chemistry and Its Applications’ (Nina Hall 편집)의 목차를 살펴보면 변화하는 화학을 잘 읽을 수 있으며, 2003년에 미국의 National Research Council이 출판(National Academics Press, Washington, D. C.)한 ‘Beyond the Molecular Frontier—Challenges for Chemical and Chemical Engineering’은 21세기 화학이 직면할 도전을 잘 요약하고 있다. 미국 NRC 출간물은 Committee on Challenge for the Chemical Sciences in the 21st Century가 마련한 보고서이기도 하다. 또 미국 화학회가 1998년에 출간한 ‘Chemical Research—2000 and Beyond, Challenges and Visions’(Paul Barkan 편집) 또한 화학자들이 미래를 위해 무엇을 해야 하는가를 잘 논의한 글들이 실려있다. 또 Cambridge University Press가 2001년에 출판한 ‘Visions of the Future—Chemistry and Life Science’(J. M. T. Thompson 편집)는 젊은 과학학도들이 보는 미래 해결 문제를 다룬 재미있는 읽을거리며, 다른 각도에서 화학의 미래를 보게 한다.

이들 문헌을 통해서도 위에서 지적한 바와 같이 ‘관련성 (relevance)’이 강조되는, 다시 말해 실용성과 사회적 문제 해결이 더 중요시되는 방향으로 화학의 미래가 설정되고 있음을 보게 된다. 또한 이런 진로에서 필연적으로 재료과학 및 생명과학과의 연계내지 융합이 필요해지며 또한 요구되고 있다. 화학의 ‘순수성’ 유지의 중요성을 강조하는 일부 화학자들은 이런 변화가 화학영역을 점차 좁혀간다는 비관론을 펴고 있으나 필자는 그에 동의하지 않는다. 이런 변화가 오히려 화학과 화학자들에게 더 큰 기회와 도전을 가져오고 있다고 믿기 때문이다. 화학의 발전과 밀거름 없이 융합과학의 발전이 불가능함을 직시할 때 화학자들의 책임은 오히려 더 무거워 질 따름이다. 화학자가 우수하고 창의적일수록 이 같은 변화에 더 많이 기여할 수 있음은 말할 나위가 없다.

끝으로 화학의 앞날은 전적으로 화학자들의 것이며, 화학자들의 선택에 달려있다. 근년에 경험하고 있는 우수한 연구의 양적 팽창에 만족을 느끼기

보다는 창의적 연구로 새로운 학문분야를 세우고 가꾸어 나가는 세계적 선도자의 길을 걷는 화학인을 여기저기서 쉽게 찾을 수 있는 날이 하루속히 오기를 바랄 뿐이다.