

Paul Flory : A Giant Who Excelled in Many Roles

번역 : 조 현 남* · 김 정 엽*

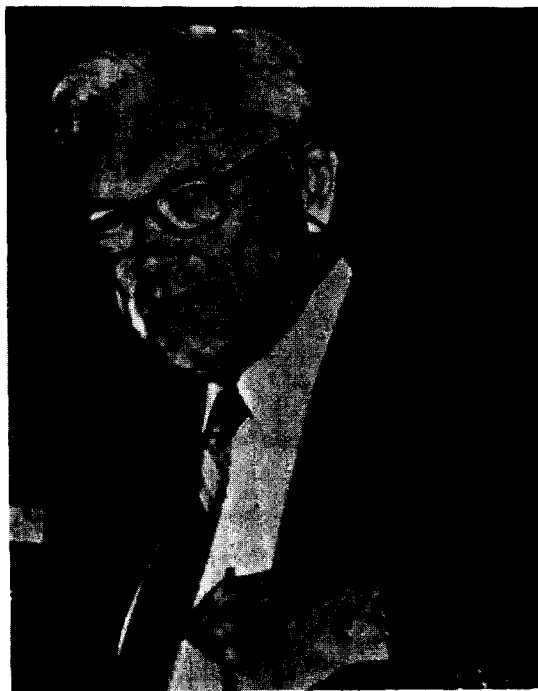
“그의 동료들은 고분자과학의 성형자, 교육자, 고문 그리고 인권투쟁가로서의 노벨수상자의 폭넓은 영향을 높이 평가한다” - Richard J. Seltzer, C & EN Washington -

거대한 미국 삼나무가 쓰러지면 나무의 나이테를 세어서 수세기의 연륜을 알아낼 수 있다. 그와같이 과학계의 거두가 세상을 떠나면 그의 과학계 동료들과 대중속으로 번져나간 영향력의 나이테를 알아봄으로써 그분의 업적과 끼친 영향을 측정할 수 있다.

75세를 일기로 1985년 9월 8일에 갑자기 세상을 떠난(C & EN, 9월 16일자 7페이지) Paul John Flory박사는 그가 좋아했던 삼나무 숲에 둘러 쌓였던 것처럼 과학계에서 고고한 위치를 점유하였었다. Flory박사의 역할은 다양했으며 그중에서 과학자, 교육자, 과학정책입안자, 회사고문, 인권투쟁가, 그리고 자애로운 친구와 동료로서의 역할을 들 수 있다. 또한 그의 동료들이나 옛 학생들이 말했듯이 Flory 박사는 일을 했다면 대단한 열의를 가지고 뛰어난 결과를 위해 노력하였다 :

● “Paul Flory 박사는 현대고분자물리화학을 거의 혼자서 책임질만한 거인이었다” - Harold Scheraga, 코넬대학교 화학과 Todd 교수 -

● “그는 대단한 영감을 주는 스승이었다. 그는 그의 대학원생 및 Postdoc 학생들에게 많은 일을 시키고 또 엄한편이었다. 그는 고분자에 대한 것 뿐만 아니라 연구란 것이 어떤 것인가를 가르쳤다” - Leo Mandelkern, 플로리다 주립대학교 화학과 R.O. Lawton 교수 -



● “그는 고분자과학에 깊이 관여하였다. 그는 명문대학에서 조차 핵심학과에서의 고분자과학이 크게 소외되고 있다고 강하게 느꼈다. 그는 고분자과학에 보다 많은 관심이 주어지길 원했다” - William Spindel, 화학 및 화학기술에 대한 국가연구위원회의 이사회 전무 -

● “IBM회사의 과학자문위원회의 회원으로서 그리고 나중에는 고문으로서 Paul Flory 박사의 자문은 과제의 문제점과 관련한 중요한 문제들에 대해 항상 깊이있는 질문을 해왔다. 회사 내 사업책임자들이 어떤 기술분야에 대한 Paul

* 한국과학기술원 고분자재료연구실 (Hyun Nam Cho and Chung Yup Kim, Polymer Materials Lab., Korea Advanced Institute of Science and Technology, P.O. Box 131, Dongdaemun, Seoul, Korea)

Flory 박사의 평가를 원하는 것은 흔한 일이었다. Paul Flory 박사는 온 종일 전문분야의 발표회에 참석하여 많은 발표내용 중에서 중요한 것을 골라내어서는 고위 경영진이 쉽게 이해할 수 있는 결론과 방향제시를 할 수 있는 능력을 갖추고 있었다” - James Economy, 캘리포니아 산호세 소재 IBM 고분자과학 및 기술 연구소 부장 -

● “그는 인권에 대해 대단한 정열을 갖고 있었으며 소련 과학자 뿐만 아니라 어느 나라의 과학자에게도 관심을 가지고 있었다. 그를 언제나 내편으로 생각할 수 있었다. 그는 인권에 대한 호소를 위해 자신의 보도매체에 대한 인기를 이용하였다. 일반사람들과 보도매체들은 그가 노벨상 수상자였기 때문에 그의 말과 행동에 관심을 보였다. 어느 누구도 그의 위치를 차지할 수 없다. 그의 죽음은 인권에 대한 커다란 상실이다.” - Morris Pripstein 박사, 구명과학자 모임의 의장 -

● “Paul Flory 박사는 자애롭고 자비로운 인간이었다. 그는 생의 감각, 유머감각, 그리고 활력이 넘치는 정신소유자였다. 그는 주변의 일에 대해 관심을 갖고 깊이 걱정하였다. 그는 매사에 정열을 갖고 일했으며 어느 것도 적당히 하지 않았었다” - Ken A. Dill 박사, 샌프란시스코, 캘리포니아대학교 화학·약리화학부 교수 -

Flory 박사는 일리노이주 Sterling에서 1910년 6월 19일에 탄생하였다. 성직자 겸 교육자이신 아버지와 교사인 어머니는 모두 농부가문 출신이었으며 각각 양쪽 가문에서는 처음으로 대학에 다녔다. Flory 박사는 Indiana주에 있는 Manchester대학에 들어간지 3년 후인 1931년에 학사학위를 받았다. Manchester대학은 약 600명의 재학생이 있었고 당시에는 3학년까지만 있었다. 자신에게 영감을 준 선생이라고 훗날에 와서 말한 Carl W. Holl 교수의 영향으로 화학에 깊은 관심을 가지게 되었다. Holl 교수에 의해 용기를 얻은 Flory 박사는 화학에 대

한 훈련이 적고 수학에 대한 기초가 거의 없는 데도 불구하고 Ohio주립대학의 대학원 과정에 등록하였다. 얼마동안 Flory 박사 자신은 “1학년을 수료할 수 있는지 확실치 않았다”고 나중에 말하고 있다.

Flory 박사는 Herrick L. Johnston 교수 지도하에서 질소산화물의 광화학에 대한 논문으로 Ohio주립대학에서 1934년에 물리화학 분야에서 박사학위를 받았다. 묘하게도 그가 학위과정 학생인 동안에 고분자가 무엇인가를 거의 몰랐다고 1982년 미국화학회의 저명한 화학자들의 비디오테이프 시리즈를 위한 면담에서 밝히고 있다. 학창시절에 그는 스티렌을 정제하라는 요청을 받았으며 그것이 쉽게 중합이 일어날 것이라는 경고도 받았다. “나는 그말이 무슨 뜻인가에 대해 막연한 생각밖에 없었다. 그러나 그 일은 성가신 일이었으며 말지 않았어야 할 일이었다. 그게 그 당시 내가 아는 고분자에 대한 지식의 전부였다”.

대공황중에 학교를 마친 Flory 박사는 듀폰사로 부터 일자리를 얻게 되었다. 그는 일자리를 얻었다는 것과 그 중에도 자연과학분야의 일자리를 얻었다는 것 때문에 Ohio주립대학에서 “많은 사람들의 선망의 대상이 되었다”라고 나중에 회고하고 있다. 그리고 나일론과 네오펀을 발명한 Wallace H. Carothers 박사가 이끄는 듀폰의 작은 그룹에 선정된 것도 그에게는 “큰 행운”이었다. 이 연구실에서 일하게 됨으로서 그가 고분자합성과 고분자물질에 대한 관심을 가지게 되었다.

Flory 박사는 듀폰에서 4년을 지냈다. Carothers가 세상을 떠난지 1년이 지난 1938년에 그는 신시내티대학교로 옮겼다. 2차 세계대전의 발발과 함께 합성고무에 대한 연구개발의 급박함 때문에 그는 1940년에 기업으로 돌아와서 3년동안 Standard Oil사(N.J.)의 Esso(현재, Exxon) 연구소에서 일하였고 1943년부터 1948년까지 Good-Year Tire & Rubber사에서 근무하였다. 1948년에 코넬대학교의 화학과 교수

로의 직책을 수락하고 훗날 그의 회고에 의하면 “연구와 학생지도에서 가장 생산적이고 만족할 만한 시기가 시작되었다”. 1956년에 그는 멜론 연구소의 연구부문 책임자로서 피츠버그로 자리를 옮겼다. 그리고 1961년에 Stanford대학에서 일하기 시작하여 1975년 까지 화학과 교수로 그 후는 명예교수로 재직하면서 그가 세상을 떠날 때 까지 계속해서 그 곳에 머물렀었다.

그의 연구활동 기간 중에 자연과학과 화학분야의 거의 모든 중요한 상을 수상하였다. 1974년에 단독으로 노벨화학상을, 국가과학메달을, 미국화학회의 최고상인 Priestley메달을 수상하였다. 그는 화학공업회의 Perkin 메달과 여러 미국화학회 분과의 상을 받기도 하였다. 그는 미국, 영국, 이태리, 서독 및 이스라엘의 연구소와 단체로부터 상과 명예학위도 받았다. 그는 350편이 넘는 연구논문을 발표하였고 2권의 유명한 저서를 출간하고 20여건의 특허를 가지고 있다. 지난해 6월 그의 75주 생신기념에 Stanford대학교 출판사는 294편의 과학논문과 다른 자료들을 포함해서 2,664페이지에 달하는 3 권으로 된 “Paul J. Flory의 발췌 논문집”을 출간하였다.

1934년 Flory박사가 듀폰에서 일을 시작할 때는 근대고분자과학의 초창기였다. Carothers 박사와 Hermann Staudinger 교수는 고분자는 어떤 신비스런 “부분 원자가” 혹은 “2 차적 인력”에 의해서라기 보다는 일반적인 공유결합에 의해 연결된 거대한 분자라고 제안하고 있었다. 그러나 중합기구나 고분자의 물성과 분자구성 그리고 고분자가 gel이 된다면 플라스틱 성질에서 고무상태로 변할 때 무엇이 일어나는 지는 “신비스런 것이었으며 사람들의 호기심을 불러 일으켰었다”라고 Flory 박사는 훗날 회고하였다. 실제로 “많은 화학자들이 고분자에 두려움을 느끼고 있었다”라고 그는 말하였다.

유능한 유기합성 화학자인 Carothers 박사는 Flory박사를 자기 그룹의 물리화학자로 만들었다. Flory 박사는 그의 연구생활에서 다음과 같

은 연구철학에 대한 신념을 Carothers박사로부터 받았다. 즉, 고분자는 복잡하나 아주 철저한 과학적 및 수학적 바탕에서 연구가 가능하다. 저분자 물질일 때와 같이 고분자 물질에도 같은 열역학, 동력학, 통계역학 또는 다른 방법들을 적용할 수 있다. 그래서 고분자화학은 근본적으로 다른 분야의 화학과 다르지 않다. 초기에 Flory 박사가 파악한 한 가지의 간단한 차이란 작은 분자와는 달리 고분자는 크기나 모양 그리고 분자배열 형태의 차이를 통계학적으로 해석할 수 있다는 것이다. 즉 고분자물질의 특성을 이해하기 위해서는 확률 및 통계학을 알아야 한다는 것이었다.

Flory 박사가 고분자에 관해 처음으로 논문을 발표한 것은 1936년이다. 여기서 그는 중합동력학, 메카니즘 및 분자량분포를 다루고 있다. 그 이후 거의 50년에 걸쳐서 그는 “여러가지 고분자과학에 대한 기본적인 개념을 제시해 왔었다”라고 Mandelkern 박사는 말하고 있다. “어느 누구도 그가 한 것 만큼 이 분야에 큰 영향을 끼친 사람은 없다”라고 Michigan 대학의 화학교수이며 연구소 부소장인 Charles Overberger 박사가 덧붙이고 있다. Dartmouth 대학의 화학과 명예교수인 Walter H. Stockmayer 박사는 실제로 “그가 간여를 한 분야에서 발전 및 강화가 되지않은 분야는 없다”라고 말하고 있다.

Flory 박사는 직관적으로 어떤 문제의 과학적 핵심을 이해하고 복잡함을 파헤쳐서 가정을 단순화하고 또 이러한 통찰력을 실험에 의해 증명될 수 있는 수학적 모델로 전환시키는 “특별한 재능”을 지녔다 라고 그의 동료들은 말하고 있다. 이런 방법으로 그는 가끔 복잡한 문제들에 대해 아주 간단한 해답을 찾아낸다. 그의 많은 연구는 실험과 이론이 서로를 활성화시켜 긴밀한 관계를 유지해 가도록 했다(그는 이론과 실험 양면의 업적으로 노벨상을 수상한 몇 안되는 사람 중의 한 사람이다). 또한 그의 업적은 단지 학문적 관심 이상의 것도 자극을 하였다. 즉

플라스틱, 고무, 섬유 그리고 그 이외의 다른 산업에도 크게 영향을 미쳤다.

Flory 박사와 그의 공동연구자 및 학생들이 주로 기여한 분야 중에는 다음과 같은 것이 있다. 즉 고분자에서 분자량 및 분자량분포, 축중합에서의 통계학, 부가중합에서 chain transfer 과정의 역할, 고무탄성이론, 분자간 인력의 특성과 분자형태에 대한 영향, 합성 및 생체고분자에서 희석 및 농축용액의 성질, 상전이와 결정화를 포함한 전반적인 열역학적 문제의 이론적 처리 등을 들 수 있다. 또다른 주요 업적으로는 고분자용액의 열역학, 분자배열 및 유동성질의 중요한 상관성에 관한 연구이다. 이 연구결과로 고분자용액의 이상적인 성질을 나타내는 조건인 유명한 Flory θ (theta) 온도가 유도되었다.

Flory 박사의 대담한 가정과 예견은 가끔 그를 논쟁의 와중에 끌어넣었다고 Arizona 대학의 화학교수이며 1930년대 이래 Flory 박사의 친구인 Carl S. Marvel 박사는 말하고 있다. 이러한 논쟁에서 “Flory 박사가 거의 매번 옳았다”라고 Marvel 교수는 강조한다. 복잡한 문제에 대한 매우 간결한 그의 해답은 자주 분쟁의 원인이 되었다. 덧붙여 그가 세상을 떠나기 바로 전에도 시카고에서 열릴 미국화학회 연례 논문발표회에 발표할 논문을 준비하고 있었는데 그 내용은 외부의 힘에 의하여 늘어난 고무의 변형에 관한 논쟁에서 자신의 의견을 정리한 것이다.

Flory 박사는 연구자로서의 많은 공적 이외에도 화학교육자로서도 깊은 영향을 끼쳤다. 졸업한 그의 학생들과 공동연구를 했던 사람들은 미국과 해외의 학계 및 산업계에서 지도급 위치를 차지하고 있다. 전임 Postdoc인 Mandelkern 박사와 Dill 박사 그리고 Flory 박사가 세상을 떠날 당시의 Postdoc인 Stephen E. Howe 박사들은 모두가 Flory 박사의 연구에 대한 안목이 높고 철저했던 것이 그들에게 큰 영향을 주었다고 찬양하고 있다. 더구나 다른 저명한 과학자와는 달리 Flory 박사는 대개는 기껏해야 6명 내지

8명 정도의 작은 연구팀을 유지했다는 것을 이들은 지적하고 있다. “그는 자기 학생들과 함께 일하기를 좋아 했으며 팀의 연구원들 사이에도 서로 밀접한 관계를 가지기를 바랬다” 라고 Mandelkern 박사는 말하고 있다.

Flory 박사의 2권의 저서 역시 커다란 영향을 주었다. “Principles of Polymer Chemistry”는 1953년에 출간되었는데 “아직도 이분야의 성경”이라고 Mandelkern 박사는 말하고 있으며 이미 12판이나 출판되었다. 1977년 C&EN 잡지사와의 인터뷰에서 Flory 박사는 그 책이 “아마 가장 만족스런 나의 업적”이라고 회고하였었다. 그리고 1969년에 출간된 “Statistical Mechanics of Chain Molecules”는 고학년 학생들을 위한 표준 교과서이다.

국가의 과학정책 입안자로서의 그의 역할에서 Flory 박사는 역시 대담한 열성으로 고분자화학에 대한 교육 및 연구를 활성화 시키려고 노력하였다. 그는 국립과학 학술원의 정책입안심의회 위원이었으며 (1967~70), 고분자화학 국립연구심의위원회 의장직을 (1955~59), 국립연구심의위원회의 화학 및 화학기술 분과위원장 (1966~68)을 역임하였다. 그는 역시 1959~63년에 걸쳐 미국화학회 이사회의 이사였었다.

Flory 박사가 의장으로 있을 당시 국립연구심의위원회 화학분과의 간사였던 Martin A. Paul 씨와 현재 국립연구심의위원회 화학분과의 부장인 Spindel 씨는 미국대학들이 고분자과학에 대해 소홀히 하는 것을 Flory 박사가 심하게 질책하였다고 지적하고 있다. 1982년 국립연구심의위원회의 “과학과 기술에 대한 전망 ; 향후 5년”이란 책자 중에서 Flory 박사가 집필한 “고분자과학”이라는 내용에서 주요 미국 대학교의 화학 및 물리학과에서 고분자 과학에 대한 연구는 5%도 되지 않는다고 그는 지적하였다. 고분자과학은 일반적으로 학부과정에서는 포함되어 있지 않으며 대학원 교육에서도 역시 소홀히 하고 있다. 반면에 일본, 소련 및 서독에서는 고분자 과학에 대해 훨씬 깊은 관심을 기울이고

있다. Flory박사는 고분자화학을 “다중원자가와 연속결합원리의 구체적 예”로서 정규학부과정의 공통 필수과목으로 가르쳐야 한다고 강조하였다.

그가 세상을 떠나기 바로 이틀 전에 Flory박사는 현재 미국화학회의 고분자화학 분과위원장이 Economy박사로 부터 그 분과에서 Flory박사에게 고분자교육상을 수여하기로 결정하였다 라는 말을 들었다. 그 상은 오는 9월 Anaheim에서 열리는 미국화학회 연례 논문발표회에서 고분자교육에 대한 하루 동안의 심포지움을 치루면서 수여될 예정이다. 이 고분자분과는 그 상을 또한 Flory상이라고 부르게 될 것이다. 그리고 Anaheim에서 이 분과는 이틀 동안 고분자과학에 대한 Flory박사의 공헌을 기리기 위해 국제심포지움을 개최할 예정이다.

Flory박사는 또다른 역할 즉, 기업에 대한 자문역할에도 뛰어났다. 그는 1968년 IBM에서 자문역할을 시작하였고 1977년이래 일주일에 이들은 Postdoc학생들과 연구원가 중인 대학에서 일하는 과학자들과 함께 산호세연구실에서 보냈다. John R. Schaeffgen박사의 말에 의하면 그는 또한 과거 30년 동안 1년에 3~4일은 듀폰사에서 고문으로 일하였다. Schaeffgen 박사는 원래 1940년대 Good-Year사의 Flory 박사 연구팀에서 일하였으며 나중에는 듀폰사에서 Flory박사의 창구가 되었다.

1974년 노벨상을 수상한 이래 아마도 Flory박사는 일반대중에게는 과학자로서 보다도 억압받는 외국과학자, 특히 소련과학자들을 위한 인권투쟁가로서 더욱 알려지게 되었다. 실제로 그의 부인인 Emily여사의 말에 의하면 그들 부부는 인권문제에 대해 주의를 환기시키기 위하여 그들의 명성과 노벨수상자가 끌어낼 수 있는 보도매체의 관심을 이용하려고 함께 결심하였다. 그녀는 이러한 행동에 대해 강력히 지지를 했으며 그를 위해 많은 문헌조사를 해주었고 여러 동유럽국가들의 반체제 과학자를 방문할 때 그와 동행하였다. Flory박사는 소련 및 동유럽국

가에 대한 방종을 위해 미국의 소리와 여러번 대담하였다.

Flory박사는 1979~84년에 걸쳐 NAS 인권위원회에서 크게 활약하였다. 그는 역시 1980년 서독 함부르크에서 있는 35개국 과학자토론회 미국대표단의 일원이었으며 그 토론회에서는 헬싱키 협정에 따른 과학교류와 인권문제를 토의하였다. 그러나 그는 대부분의 활동을 두 개의 비상설그룹인 SOS와 Committee of Concerned Scientists를 통해 행하였다. 실제로 그는 NAS, 미국화학회, 그리고 여러 과학단체들이 과학자의 권리를 충분히 옹호하지 않는다고 심하게 비판하였다.

Flory박사는 소련과학자들에 대한 억압에 대응하여 소련과의 과학적협력에의 일시적 중지를 주장한 SOS기구의 선봉장이었다. 그는 미국이나 외국에서 기자회견을 가지고 시위데모에도 참가하며 흔히 억압받는 과학자들을 대신하여 필요한 곳에 편지를 쓰거나 전화도 하였다. 실제로 그의 부인의 말에 따르면 그가 그의 생애에서 쓴 마지막 편지는 소련과학원의 부원장인 Yuri A. Ovchinnikov에게 였는데 여기서 그는 Andrei Sakharov박사와 다른 반체제 과학자들의 운명에 대해 우려를 표명한 것이었다. 그리고 그녀는 Flory박사기념을 위한 기부금을 그가 가장 가까이 하였던 두개의 복지단체인 Committee of Concerned Scientist와 삼나무보호연맹으로 보내기를 원하였다.

Flory박사의 장서와 논문은 4개의 기관에 나누어질 것이라고 그의 부인은 말하고 있다. 즉 과학문헌은 Akron대학교에, 인권에 관한 저술은 Stanford대학교에 있는 전쟁, 혁명 및 평화에 대한 연구를 하는 Hoover연구소에, 원고철은 화학역사센터에, 그리고 전문분야의 언행록은 Manchester대학교에 분산될 것이다.

Mandelkern박사는 최근의 Flory박사의 연구는 주로 세분야로 압축된다고 말한다. 즉 액정, 고무탄성이론, 그리고 그에게 새로운 분야인 계면(고분자에서 결정질과 비결정질 사이의, 또는

두개의 고분자가 용융혼합되었을 때의 계면을 연구하는것)이다. “그는 언제나 자기 분야에서 선구자였다”라고 Stockmayer박사는 말하고 있다. 그리고 명예교수로 있는 지난 8~9년 동안에 Flory박사는 아마도 자신의 경력 중에서 가장 활발하고 생산적인 기간을 가졌을 것이라고 Economy박사는 확신하고 있다. 그는 전혀 나이가 드는것 같이 보이지 않았으며 “그 나이의 절반밖에 안되는 대부분의 사람도 지쳐버리게 할 만한 활동계획”을 유지하였었다. 그는 연구생활 51년에 걸쳐 쓴 총논문 편수의 거의 4분의 1에 해당하는 80여편을 이 기간 중에 발표하였다. 그는 새로운 진로를 탐색하였으며 그리고 앞으로 발표될 15편 이상의 논문이 남아 있다. 더구나 장차 연구과제가 될 것을 기록해

놓은 착상목록만으로도 “평생”과제가 될 것이라고 그의 부인은 말하고 있다.

정작 Economy교수는 Stanford대학교 추모식에서 John F. Kennedy대통령이 죽었을 때의 추도사를 연상케 하는 말로 Flory박사에 대한 그의 치사를 끝내고 있다: “Flory박사가 고령에 의한 영고성쇠의 고뇌도 겪지않고 20세기의 과학계에 남긴 주요한 공헌이 우리 뇌리에 깊이 새겨져 있는 그의 전성기에 우리 결을 떠나는 것은 그로서는 행운이었다”.

(역자 주: 본 기사는 C & EN, December 23, 1985, p. 27~30에서 번역한 것으로 대한화학회의 화학과 공업의 진보지에도 투고하였습니다.)