

高分子 科學의 衝擊

The Impact of Polymer Science

E.G. Jefferson

런던 王立學會 총재 Lord Todd 卿은 최근의 인터뷰에서 다음과 같이 말하였다. “나는 화학이 성취한 가장 至大한 것은, 아마도, polymerization의 개발이라고 생각하고 싶다. 그것은 日常生活에 가장 큰 영향을 끼쳤다.” 우리는 高分子科學의 歷史를 적어도 1920년대의 高分子物質에 관한 Staudinger의 그 유명한 논문에까지 거슬러 올라갈 수 있다. 보다 최근의 진보는 국제적인 macromolecular symposia의 진척에서 반영되고 있다. 이런 심포지움은 처음에 Herman Mark가 의장이 되어 1948년 Liege에서 열렸다. 5년 후에 스웨덴에서 열린 IUPAC 심포지움에는 제출된 논문이 너무 많아서, 회의는 두 곳으로 나누어져야 했다. 1950년대에는 단백질과 生體高分子(biopolymers)에 관한 글이 최초로 나타났고, 1963년 파리에서는 일찌기 고분자의 電子的物性에 관한 보고가 있었다. 1974년 리오데자네이로에서 Harry Melville 卿은 관망하기를 高分子研究의 여러분야에는 “미래 진보를 위한 無限定한 可能性”이 거기에 있으며, 우리의 최고관심사는 “探究을 위한 올바른 길”을 선택하는데 있을 것이라고 하였다.

제 1차 Macromolecular Symposium 이래로 우리의 科學的 發見과 革新은 여러 갈래의 길을 따라왔다. 그 회의가 있는지 거의 35년 후, 高分子은 運送分野에서 급속을 대체하고 있으며, 증대되는 세계 에너지 保存의 추세에서 輕量化를 가져

오고 연료 절약을 달성하고 있다. 미국에 있어서 人造纖維는 衣類의 65% 이상을 점하고 家具 및 家事用品의 75% 이상을 점하여, 長期使用성과 보다 에너지 効率性的의 관리·유지특성을 부여하고 하다. 우리의 食品流通體系는 포장과 손상 방지를 위하여 전적으로 高分子 製品에 의존하고 있다. 그리고 일반대중이 결코 알지 못하는 여러 분야에서 고분자는 매우 중요하게 사용되어진다: 물의 淨水를 위한 高分子膜; 石油探査와 같은 惡條件에도 견디는 高安定性 高分子; 가정 비메오게임에서 複雜精巧한 컴퓨터에 이르는 電子工業製品에 사용되는 回路基板과 마이크로 칩의 제조에 필요한 고분자.

高分子群中에서 폴리에틸렌, 폴리염화비닐(PVC), 폴리스티렌, 등등은 “完熟된”(matured) 것으로 고려될 수도 있지만, 高分子科學과 工學은 계속하여 新製品, 新工程, 새로운 용도개발을 가져오고 있다. 高分子技術의 특수화와 복잡 정교화된 새로운 용도는 電子, 運送, 醫療分野에서 개발되고 있다. 高分子 研究開發의 多樣性和 重要性을 보여주는 빛가지에 실예에 관하여 살펴보자.

感光性高分子(photopolymers)는 이미 印刷와 電子 분야에서의와 같이 여러 공업분야에 이용되어 技術革命을 일으켰지만, 이것은 단지 표면적인 일부에 지나지 않는다. 듀폰사에서 매우 複雜精巧한 微細電子裝置(microelectronic devices)

譯者註: Edward G. Jefferson 박사는 화학자로 1981년 5월에 Du Pont 사의 회장이 되었다. 원고는 제퍼슨 박사가 매사추세츠 대학교에서 열린 IUPAC Macro 82 회의식에서 행한 대표연설로, Polymer News, 8 (8), pp.258~262(1982)에 실린 글의 일부를 번역하였다. (德)

를 만들기 위하여 다양한 기능을 갖는 감광성 고분자의 개발 가능성을 기대하고 있다.

感光性高分子은 수년간 集積回路(IC) 칩과 印刷回路 제조용 photoresist로서 사용되었는데, 이제 우리는 완료된 회로의 永久的인 부분으로 이용되도록 고안된 특수 감광성 고분자에 대하여 시험하고 있다. 回路層間에 전기연결을 만드는데 이용되었던 구멍을 기계적으로 뚫는 대신 감광성 고분자를 사용할 수 있는 것이 알려졌다. 감광성 고분자는 회로의 영구부품으로 남게 되고, 모든 電氣的, 熱的, 機械的 요구사항을 충족시키게 된다.

아직 실험단계이지만, 이런 特殊 高分子技術은 현재 사용하는 것 보다 고신뢰성, 고정밀성, 고기능성의 부품 장치를 개발 가능하게 하여준다. 이것은 결국에 보다 저렴하고 큰 용량의 컴퓨터, 기계장비, 통신장치의 새로운 시대로 안내한다.

運送分野에서 플라스틱은 30여년간 자동차의 금속 대체품으로 사용되어 왔지만, 현재에 있어서는 모든 형태의 운송분야에 구조물 용도로서 高性能 複合材로서의 교체가 주목을 받는다. 진보된 복합재(advanced composites)는 이미 항공기 산업에서 구조적, 혹은 비구조적인 다양한 용도에 집중적으로 사용되었다. 예를 들면, 보잉사의 새로운 상업여객용 767 제트기에는 構造物 重量의 3% 정도가 진보된 복합재로 생산된다. 이 비행기의 날개 方向舵(34ft×8ft의 크기)는 오늘날 어떤 종류의 비행기에 사용된 것 중에서도 최대 복합재 구조물의 하나이다. 이런 재료의 사용으로 767機의 중량은 1,000 파운드 이상 줄어서, 이 비행기의 使用年限 동안 약 450,000 갤론의 연료를 절약하게 되었다.

軍用機에서 複合材의 사용이 증가되고 있다. 제2세대 레리어 제트기—南大西洋事態 당시 영국군이 사용하였던 것과 유사—에서 진보된 복합재가 비행기 무게의 거의 30%를 구성한다. 이와 대조적으로 1970년대 초기에 제작된 군용 비행기 (F-15기 같은 종류)는 전형적으로 단지 2%만의 복합재를 함유하였다. 8인승의 새로운 상업용 비행기 Lear Fan 2100은 항공기 산업에서

복합재를 사용하는 가장 극적인 예에 속한다. 이 비행기의 구조물은 실질적으로 쥘 복합적이고, 결과적으로 감소된 중량은 연료경비의 50%까지 절감을 가져오게 된다.

고분자 재료의 이러한 사용증대는 전문가에게 다음과 같은 계획을 성안하게끔 되었다. 1990년대 중반에 제작되는 새로운 세대 상업용 비행기에서 그 구조물 중량의 절반이 될만한 양이 진보된 복합재로 구성될 것이다.

우주 섯틀 “콜럼비아”호는 合成材料의 다양한 기능을 보여주었다. 근년에 개발된 고성능 플라스틱, 필름, 섬유외 광범위한 사용이 없이는 그 우주비행이 가능할 수 없었을 것이다. 몇가지 실 예를 들어보면 :

- “Vespel” 폴리이미드부품이 발브의 지대와 집합 설, 生命支持장치에 사용되었다.
- “Kapton” 폴리이미드 필름과 “Teflon” PFA 수지가 도선의 절연에 사용되었다.
- “Teflon” FEP 필름으로 짐 칸(cargo) 개폐문의 안쪽을 덮어서, 궤도 선회중 그문을 열었을 때 강한 태양광을 반사하게 하였다.
- “Kalrez” perfluoroelastomer 부품은 여러가지 流體容器로서 사용되었다.
- “Nomex”와 “Kevlar” 아라미드 섬유는 輕量化와 構造 強化를 위하여 집중적으로 사용되었다.

부연하면 “케블라” 및 다른 非等力性高分子은 관심이 증대되는 분야를 대표한다. 특별한 물성을 나타내는 新素材가 그러하듯이 “케블라” 아라미드 섬유는 응용범위가 확장되고 있다. 深海 探査에 쓰이는 아라미드 섬유 로프는 그 가벼운 무게 때문에 금속 케이블 보다 훨씬 더 긴 길이로 사용 가능하다. 아라미드 섬유는 높은 比強度로 防禦衣類 분야에 큰 시장성을 보인다. 이 섬유는 또한 樹脂의 복합재 강화물로 사용된다.

高分子 研究開發은 保健·食品製造 분야에 눈여겨보는 전보를 가져오고 있다. 우리는 단지 生物 巨大分子(biological macromolecules)— 단백질, 핵산, 생물반응을 지배하는 다른 물질에 관하여 이해하기 시작하였지만, 高次的 特異性 醫藥品 人工臟器, 상당히 개선된 農藥品에 대하여 구체

적인 진척을 예상하게 되었다.

질병치료에 대한 연구는 두가지 길로 진행되고 있다—새 의약품의 發明과 體內 의약품 투여의 개선된 방법 개발. 醫藥의 溶離속도 조절과 患部器管에 의약을 標的化하는 씩스템의 디자인에 고분자과학은 특별히 유용한 것으로 증명되고 있다. 이 새로운 투여방법은 의약에 관여되는 부작용을 상당히 줄일 수 있다.

高分子技術은 균일하게 계량된 양의 의약을 특정한 時間帶에 걸쳐 투여하는 씩스템을 가능하게 만들었다. 市場化에 도달된 이런 씩스템중의 하나는 綠內障(glaucoma)의 치료에 이용된 “Ocusert”가 있다. 치료에서는 에틸렌 비닐아세테이트 공중합체(“Elvax” 수지) 膜으로 포장한 약성분을 눈꺼풀밑에 삽입한다. 치료에 필요한 농도 만큼의 의약이 수주간 일정하게 녹아나와, 때로는 부작용을 유발시키는 자주 반복되는 안약 사용을 불필요하게 만든다. 생물학적 장벽인 피부나 粘膜을 통하여 환부 세포로 침투되는 의약의 속도를 조절하는 유사한 기술이 개발되어졌다.

天然이나 合成의 高分子로 만들어진 生物分解性 移植體(biodegradable implants) 역시 연구되고 있다. 이런 목적으로 검토되고 있는 고분자 물질의 예로는 알부민과 폴리락타이드(poly-lactides), 여러가지 多糖類가 있다. 의약이 이런 고분자로 둘러쌓이거나(encapsulated) 분산되고, 그 고분자물이 體內에서 분해됨에 따라 의약이 서서히 방출된다. 이런 移植體은 오랜 시간에 걸쳐 의약을 분배하는 효과를 보이고, 의약이 방출된 뒤에도 제거할 필요가 없게된다.

高分子醫藥(polymeric drug) 씩스템의 효능은 位置標的化劑(site targeting agents)의 사용으로 증대될 수 있다. 우리는 이미 모노클로날(monoclonal) 抗體로 실험하고 있다—그것은 체내에서 癌이 있는 위치를 찾아내는 능력이 있다. 우리가 모노클로날 항체에 의약을 함유한 폴리머를 결합시킬 수 있다면 우리는 병든 세포를 찾아내는 멧있는 “銀彈丸”(silver bullet)을 창조하게 되고, 그 다음에 의약 調節放出 방식에 의하여 장시간에 걸쳐 의약을 투여 가능하게 된다.

고분자 기술에 있어서 이런 高度의 복잡정교한

적용은 “完熟된” 분야로 표현할 수 없다. 이런 發明과 革新의 속도가 고분자과학의 초기에서처럼 빠르지 못할지라도 그 可能性은 어느 때 보다는 희망적이다. 현재는 高分子研究(polymer research)에 참여하는데 진실로 흥분되는 의욕의 시기이다.

그 가능성을 실현하기 위하여, 우리는 고분자 개척자와 같은 흥미와 재능을 소유한 과학자가 필요하다 또한 우리는 科學的 進歩를 수용하는 분위기와 연구 및 혁신에 있어서 위함을 무릅쓰도록 용기를 주는 분위기를 견지할 필요가 있다. 이런 주제는 그 자체로서 말할 가치가 있지만, 나는 몇년 앞서 고분자 연구와 개발의 진보를 위하여 제3의 요구사항에 초점을 맞추고자 한다: 그것은 산업체와 대학간의 좀더 밀접한 同伴者關係(partnership)가 필요한 것이다.

이런 관계의 설립에 관한 역사를 좀 살펴보자. 프란시스 베이컨의 저서 New Atlantis는 17세기 초에 “Solomon's House”라 불리는 과학자의 理想郷을 기술하였다. 그렇지만 19세기에 이르도록 큰 규모의 기업연구소는 사실상 존재하지 않았다. 그때에는 독일의 새로운 합성염료 산업이 전적으로 실험실적 발견에 의존하여서, 결과적으로 “순수”과학이 기술과 결합되는 새로운 노력이 있게되었다.

첫번째의 주요한 미국기업연구소는 1900년에 General Electric 사에 의해 건립되었다. 듀폰사는 東部研究室을 다음해에 건립하였고, 1903년에 Experimental Station을 건립하였다. Bell Laboratories의 전신은 1912년에 설립되었다.

이런 기업연구소와 학교연구소 사이의 협조는 일찌기 시작되었다. 유럽에서의 기업-학교 관계 증진의 보고에 고무되어 Mellon 가족은 1913년에 Mellon Institute를 설립하여, 지원받은 연구에서의 결과로 생기는 특허는 기업체에 제공하였다. 1920년에 매사추세츠공대(MIT)는 “Technology Plan”을 개발하여 학교에서 개발된 지식이 기업에 이용되도록 고무하였다. 그때 이래로 대학과 기업의 과학자는 계속하여 협조적인 조절 관계를 성장시켜 왔다.

나의 생각으로는 지금이 우리의 관계를 검토

하고, 우선 순위를 고려하고, 어떻게 資源을 가장 잘 善用할 것인가 물어볼 적절한 시기이다. 현재의 상황은 우리에게 새로운 方向으로 나아갈 중요한 기회를 제공하고 있다. 즉 대학과 기업의 과학자 사이에 보다 더 밀접한 상호관계를 지원 장려하도록 동반자 관계를 수립해야 한다.

대학과 기업의 연구실은 국가의 재산이다. 기업의 기술혁신 활동은 과학자와 공학자의 고급교육과 연구를 통해 달성된 기초지식의 진보에 의하여 이루어진다.

우리는 私企業 활동과 시장경제를 통하여 科學과 技術의 이익을 우리 국가에 가져오도록 하였다. 대학의 교육과 연구활동은 기업연구실 및 기업의 성공과 세계 경쟁력을 위해 진요하다. 그 관계가 강하여 서로가 서로의 복리증진을 도모하고, 양자가 이린 相互依存關係의 중요성을 사회 일반에게 전달하는 것이 국가적 관심사이다. 우리는 보다 중요한 분야에 관련되고 있으므로

특별한 책임이 있다. 고분자물은 생활의 기본을 이루고, 또한 우리 주변의 많은 물질의 구조를 형성한다. 우리는 이전보다 더 많이 고분자에 대해 알고 있다. 그렇지만 고분자 개척자의 어깨 위에 올라서서, 우리는 보다 유익하고 생산적인 사회에 기여할 발견과 응용의 기회를 상상할 수 있다.

Neils Bohr는 언젠가 “예측은 매우 어렵다. 특히 미래는”이라고 슬프게 말하였었다. 나역시 고분자 연구가 우리를 어디로 데려가고, 얼마나 빨리 그곳에 도달하게 할지 예측할 수 없다. 그렇지만 지금부터 18년 후인 21세기의 첫번째 IUPAC Macromolecular Symposium에서 참석자들은 오늘날 우리가 상상조차 못하였던 연구분야에 관하여 흥분하며 토론할 것이다. 그리고 또한 나는 다음 세대 고분자 과학자와 공학자가 당신들의 업적을 풍부하고 고무적인 유산으로 되돌아보고 평가할 것이라고 확신합니다.