조직 공학용 고분자 미세 유체 네트워크

다공질의 생분해성 고분자는 조직 공학에 필요한 지지체로 사용될 수 있는데, 고분자 지지체에서 세포가 지지체의 형태로 성장되면서 고분자는 생분해하게 된다. 하지만, 실제 조직은 혈관에서 피의 공급에 의해 유지되고, 세포 종류에 따라서 특별한 공간적 배열을 가져야 하기에 지금까지의 연구결과는 이상적이라고는 하기 어려웠다. 영국 Charles Stark Draper 연구소의 Borenstein 연구팀은 정확한 위치에 세포를 성장시키거나 혈관 시스템을 공급하기 위한 생분해성 고분자로 만들어진 3차원의 미세 유체 네트워크를 사용하는 방법을 발표하였다(*Adv. Mater.,* **16**, 2007 (2004)). Poly(lactic-*co*-glycolide) (PLGA) 필름에 2 μm 너비의 홈을 각인한 후, 블록에 부착시켜 정확한 채널의 네트워크를 형성시켰다. 연구팀은 고무 주형으로 용액상이 아닌 용융된 PLGA에 패터닝을 형성시키는 새로운 방법을 사용하였고, 고분자의 열적 분해를 최소화하며 필름을 단단히 부착시켰다. 개발된 미세 패턴 네트워크는 약물 전달체와 이식용 의료 장치나 지지체에 응용될 수 있을 것으로 보인다.

(*Nature*, Jan. 6, 2005)

마이크로 젤 함유 다층 필름을 이용한 약물 전달

조지아공대의 Lyon 연구팀은 매일 반복해야 하는 약물의 주사나 복용을 대신할 약물 전달용 필름을 개발하였다(*Biomacromolecules,* **5**, 1940 (2004)). 필름은 체내 이식이 가능하며, 온도 변화에 따라 약물을 방출한다. 연구팀은 인슐린이 포함된 마이크로 젤 과 고분자로 다층 필름을 제조하여, 열에 의하여 인슐린을 방출시킬 수 있었으며, 필름은 한 달 이상 약물 전달에 이상이 없다고 하였다. 마이크로 젤은 열 감응성인 가교된 poly(*N*-isoprophylacylamide)로 구성되어 있으며, 임계 온도 이하에서는 물에 의해 팽창되고, 이상에서는 수축하여 약물을 방출하게 된다. 마이크로 젤 함유 다층 필름은 교대 적층에 의해서 제조되었고, 방출되는 인슐린의 양은 필름의 층수를 달리하여 조절할 수 있음을 보였다.

(*MRS Bulletin*, Jan., 2005)

무정형의 생분해성 형상 기억 고분자 개발

일시적인 형태를 형성하다가 열이 가해지면 다시 원래의 형태로 돌아가는 형상 기억 고분자 덕택에 장차 안과 수술이 더욱 편리해질 것이다. 독일 화학연구소의 Lendlein 연구팀은 무정형의 생분해성 형상 기억 고분자를 개발하였다(*Angew. Chem. Int. Ed.,* **44**, 1188 (2005)). 연구팀은 개발한 폴리에스터-우레탄으로 형상 기억 이식체의 제조가 가능할 것으로 기대하고 있다. 개발된 고분자는 일시적으로 압축되어 매우 작게 절개한 부분으로 쉽게 삽입된 후, 몸속에는 의학적으로 필요한 형태로 되돌아가게 된다. 또한, 개발된 고분자는 완전한 무정형이기에 이전에 보고 된 결정성의 생분해성 형상 기억 고분자들 보다 가수분해가 용이하다. 특히, 연구팀은 개발된 고분자가 투명하기 때문에 안과 치료 목적으로 적절할 것으로 보고하였다.

(*C&EN,* Feb. 14, 2005)

자성 무기물 나노튜브 제조

탄소 나노튜브는 광범위한 응용성 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 반면, 자성을 갖는 무기물로 나노튜브를 제조하면 다양한 응용에 사용될 수 있다. 최근 많은 연구그룹에서 자성 나노튜브 제조 연구를 진행하고 있는데, 남캘리포니아대학의 Zhou 연구팀은 단결정의 Fe_3O_4 나노튜브를 처음으로 제조하였다(*J. Am. Chem. Soc.,* **127**, 6 (2005)). 연구팀은 3 단계 공정으로 나노튜브를 제조하였는데, 우선 MgO 나노선을 형성시킨 후, Fe_3O_4 층을 펄스 레이저로 증착시켜 MgO/Fe_3O_4의 core-shell 나노선을 제조하였고, 증착방법은 최근 별도로 발표하였다(*Nano Lett.,* **4**, 151 (2004)). 마지막 단계에서 내부의 MgO core를 ammonium sulfate 용액으로 제거하여 지름이 30 nm인 Fe_3O_4 나노튜브를 제조하였다. 자성 나노튜브는 나노유체통로나 정보저장장치에 응용이 가능하다.

(*C&EN*, Jan. 3., 2005)

이중벽 탄소 나노튜브 종이

단일벽과 다중벽 탄소 나노튜브에 비하여 주목은 덜 받고 있지만, 이중벽 탄소 나노튜브는 아주 우수

한 기계적 성질, 열 전도성 및 구조적 안정성을 가지고 있다. 하지만 순도와 결정성이 높은 이중벽 탄소 나노튜브의 제조가 쉽지 않아 연구의 어려움이 있었다. 일본 신슈대학의 Endo 연구팀은 고순도의 이중벽 탄소 나노튜브를 제조하는 공정을 개발하여 발표하였다(*Nature.,* **433**, 476 (2005)). 연구팀은 탄소 나노튜브를 종이 비행기를 접을 만큼 충분히 유연한 종이형태로 제조하여, 장차 나노튜브 케이블이나 전자장치와 같은 첨단산업에 사용이 가능할 것으로 기대하고 있다. 화학 증착법으로 이중벽 탄소 나노튜브를 제조하였는데, 단일벽 탄소 나노튜브에 비하여 이중벽 탄소 나노튜브 형성이 선호되는 Mo 촉매를 사용하였으며, HCl 처리와 산화 과정을 거쳐 이중벽 탄소 나노튜브를 정제하였다. 미국 Tailored Materials사의 부사장인 Hassen은 신슈대학 연구팀의 결과는 단일벽 탄소 나노튜브, 비정질 탄소, 촉매 등의 불순물을 효과적으로 제거하여 균일한 지름을 갖는 고순도의 이중벽 탄소 나노튜브를 제조하는 기술을 개발한 것이라고 말하였다.

(*C&EN,* Feb. 7, 2005)

나노입자 함유 비선형 광학 고분자 필름

금속 나노입자를 함유한 고분자 또는 졸-젤 필름은 비선형 광학 재료로 사용이 가능하다. 통상적으로 이미 합성된 나노입자가 혼합된 용액으로부터 필름을 제조하는 방법을 사용한다. 인도 Hyderabad 대학의 Radhakrishnan 연구팀은 고분자 매트릭스 내에 금속 나노입자를 직접 환원시켜 합성하는 방법으로 비선형 광학 필름을 제조하였다(*Chem. Mater.,* **17**, 9 (2005)). 연구팀은 환경 친화적인 물질만을 사용하였는데, 은 나노입자를 poly(vinyl alcohol)(PVA) 필름에 직접 합성하였다. 매트릭스 물질로 사용된 PVA는 silver nitrate의 환원제 역할과 은 나노입자를 매트릭스 내에 균일하게 고정시키는 역할을 하였다. 나노입자 크기는 silver nitrate 농도와 열처리 온도로 조절하였다. 연구팀은 제조된 필름에서 비선형 광학 특성을 측정하였으며, 사용된 방법은 다른 종류의 금속-고분자 또는 반도체-고분자에도 적용이 가능할 것으로 기대하였다.

(*MRS Bulletin,* Feb., 2005)

광자기 고분자 복합체 개발

광자기 메모리는 현재 상용화되어있다. 하지만, 콜로라도 주립대학의 Elliott 연구팀은 미약한 자기장에서 광에 대한 반응이 변화하는 재료의 개발을 발표하였다(*Chem. Mater.,* **17**, 941 (2005)). 연구팀은 자기 특성과 광을 결합하여 자기적으로 저장된 매체의 데이터를 광학적으로 판독할 수 있는 것을 제안하였다. 전자주개그룹-흡광그룹-전자받개그룹으로 이루어진 삼중 분자에서 흡광그룹에 빛이 조사되면, 전자주개그룹과 전자받개그룹 간에 전하가 이동하게 된다. 이때 전자받개그룹에 전하가 유지되는 시간은 약한 자기장에 의하여 변하게 되고, 이것을 감지신호로 사용이 가능하다. 하지만, 이러한 현상은 삼중 분자가 용액 상에 있을 때만 일어나기 때문에, 이를 광자기 저장에 실현하기 위해서는 고체상태의 재료가 필요하다. Elliott 연구팀은 이러한 문제를 풀기 위해서 삼중 분자의 수용액 방울을 고분자 매트릭스에 도입하여 고정시켰다. 즉, 중합이 가능한 유기 용매에 분산된 역마이셀 내부에 방울을 형성시킨 후, 용매를 가교시킴으로써 삼중 분자의 광학적 특성을 유지시키면서 단단하고 투명한 고분자를 제조하였다. 개발된 고분자 복합체에서 레이저 광과 그다지 크지 않은 자기장으로 전하가 유지되는 시간을 변화시킬 수 있었다.

(*Nature*, Feb. 24, 2005)

유기 형광 염료-실리카 하이브리드 나노입자 합성

미세 입자와 세포를 형광 현미경으로 관찰하는 것은 재료공학과 세포 생물학에서 핵심적인 분석기술이다. 이를 위하여 새로운 형광 염료와 반도체 양자점을 합성하거나 기능화하는 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 많은 형광 염료의 경우 photo bleaching에 의하여 밝기가 떨어지며, 양자점의 경우는 응집을 막아줄 층이 필요하고 합성도 쉽지 않다. 코넬대학의 Wiesner 연구팀은 유기 형광 염료가 공유 결합된 실리카 선구체를 졸-젤 방법으로 유기 형광 염료 core가 실리카 shell로 둘러싸인 지름이 20~30 nm 입자인 하이브리드 나노입자를 합성하였다(*Nano Lett.,* **5**, 113 (2005)). 실리카 shell이 용매로부터 염료 부분을 보호하면서 광 안정성이 좋아져 밝기가 30배 증가되었다. 합성된 실리카 나노입자는 비슷한 크기의 양자점 보다는 밝지는 않았으나 silane coupling 방법으로 쉽게 기능성을 부여할 수 있는 장점이 있다.

(*Science,* Jan. 7, 2005)

단일 분자 백색 OLED

백색 유기발광소자(OLED)는 복잡한 다층막 공정이 필요하므로, 백색광의 순도는 여러 가지 요인에 의존하게 된다. 이태리 국립나노기술연구소의 Mazzeo 연구팀은 oiligothiophene 화합물의 단일 분자만을 사용하여 백색 OLED를 제조하였다(*Adv. Mater.,* **17**, 34 (2005)). Oiligothiophene 화합물은 용액 상에서는 파란색-녹색 발광을 나타내는 반면에 고체상에서 이합체를 형성하여 적색-이동 발광도 나타내게 된다. 전기발광에서 oiligothiophene 화합물의 적색-이동 발광의 강한 피크가 파란색-녹색 발광과 겹쳐지면서 백색 발광이 되었는데, 다층 OLED와 비슷한 정도의 밝기를 나타내었다.

(*Science,* Feb. 11, 2005)

<서울대학교 화학부 손병혁>