

신규 생분해성 폴리에스터 이오노머의 합성과 체외 생체 적합성에 관한 연구



임승순

1972. 2	한양대학교 섬유공학과(공학사)
1975. 3	Tokyo Institute of Technology 유기재료공학과(공학석사)
1978. 3	Tokyo Institute of Technology 유기재료공학과(공학박사)
1978. 4~1982.4	한국화학연구소 선임연구원
1982. 5~현재	한양대학교 조교수, 부교수, 교수
2004. 8~현재	한양대학교 공과대학장

최근 페플라스틱에 의한 환경오염 문제의 해결책 중 하나로 환경분해성 지방족 폴리에스터에 많은 관심이 모아지고 있으나, 저융점과 낮은 역학적 물성 때문에 실제 상품화에는 많은 어려움이 있다. 이를 해결하기 위한 노력으로 블렌드 또는 공중합에 의하여 적절한 생분해성 속도를 갖는 다양한 지방족 폴리에스터가 연구, 제조되고 있다. 그러나 이 또한 상기의 문제점을 해결하기에는 어려움이 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하고자 주사슬사에 수소결합 혹은 이온결합과 같은 2차적인 상호작용을 도입하여 상기의 문제점을 해결하고자 하였다.

본 연구에서는 dimethyl 5-sulfoisophthalate sodium salt(DMSI)의 존재하에서 succinic acid와 1,4-butane diol의 축중합에 의하여 poly(butylene succinate)-based ionomer(PBSi)를 합성하였다.^{1,2} 이오노머란 주사슬에 보통 10~15% 이하의 작은 양의 이온그룹을 함유하는 고분자를 의미한다. 이러한 이온그룹들은 이온결합에 의하여 자발적인 이온 집합체(클러스터)를 형성하여 고분자의 기계적, 열적성질 등 물리적인 성질의 향상을 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 폴리에스터 이오노머의 경우 무정형 이오노머만큼은 아니지만, 유리전이온도의 변화와 TEM 이미지에서 알 수 있듯이 효과적으로 이온 클러스터를 형성함을 확인하였다(그림 1, 2).

이러한 이온클러스터는 고분자의 결정화 거동에도 많은 영향을 미치는데 결정화 동역학과 실시간 방사광 실험에 의하여 분석하였다.^{3,4} 단지 5 몰% 이하의 작은 양의 이온그룹의 도입이 fold surface energy를 상대적으로 크게 감소시켰으며(표 1), 이는 사슬들의 결정화가 이온 응집체들에 의해 유동성이 제한된 사슬들로 인하여 용이하지 않았음을 나타냈다. 게다가 이온 응집체의 존재가 결정화를 향한 사슬의 확산 정도에 영향을 끼침으로써 가열 중에 발생하는 재결정화 현상을 효과적으로 지연시킴을 확인 할 수 있었다(그림 3).

생분해성 플라스틱과 필름 등의 용도 이외에 scaffold와 같은 biomaterial로서의 생체적합성을 조사하기 위하여 분해 산물을 이용한 indirect contact assay와 고분자 필름 위에서 직접 세포를 배양하여 생체적합성을 판단하는 direct contact assay를 통하여 실험을 수행하였으며 세포의 물질대사능력을 판단하기 위하여 MMT assay를 병행하였다.⁴ 결과적으로 부산물에서의 세포증식속도는 생체적합성이 우수한 비교군과 대비할 때 다소 낮았지만 고분자 필름위에서의 세포의 증식속도와 MMT assay 결과는 비교군과 유사한 결과를 얻었다. 주목할만한 결과중의 하나로서 PBSi 필름 위에서의 세포의 퍼짐 현상은 비교군과 비교할 때에 상당히 우수하였으

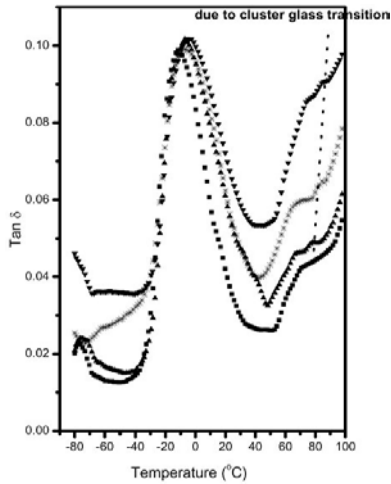


그림 1. PBSi의 온도에 따른 $\tan \delta$ 변화. PBS(■); PBSi-1(▲); PBSi-3(*); PBSi-5(▼).

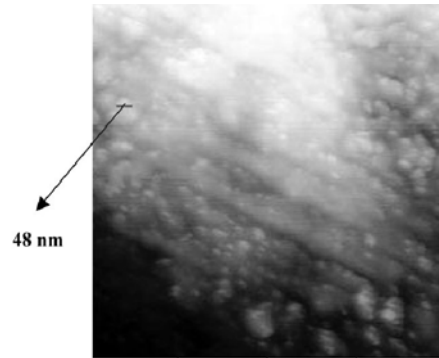


그림 2. PBSi-3의 AFM 사진.

표 1. Louritzen-Hoffman 2차 기핵 이론을 통한 parameter.

Sample code	$K_g \times 10^5 [K^2]$	$\sigma\sigma_e [J^2m^{-4}]$
PBS	1.06	1073×10^{-6}
PBSi-3	0.60	625×10^{-6}
PBSi-5	0.50	528×10^{-6}

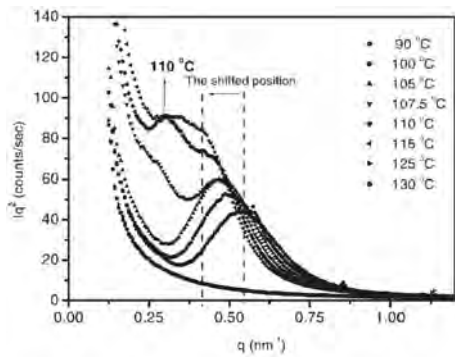
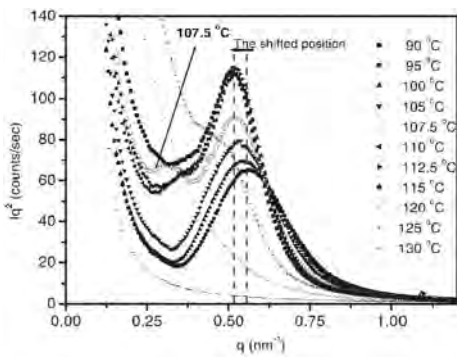


그림 3. 85도에서 30분간 등온결정화 후 분당 5도로 승온시키면서 얻은 SAXS 곡선.

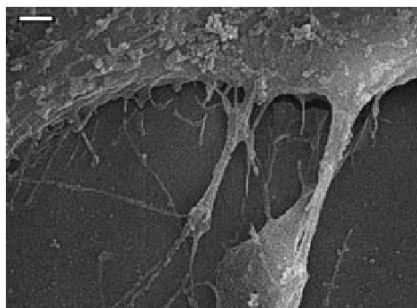


그림 4. PBSi-3 필름 위에서 활성화된 human dermal fibroblast의 Filopodial growth(scale bar: 1 μm).

며 세포의 filopodial과 같은 adhesion protein이 활성화 되어 있음을 알 수 있었다(**그림 4**). 결과적으로 폴리에스터 이오노머 표면의 독특한 topology와 친수적 특성은 세포와의 상호작용에 크게 영향을 끼쳤으며 bio-material로서의 잠재적 가능성을 나타내었다.

참고문헌

1. S. I. Han, S. S. Im, and D. K. Kim, *Polymer*, **44**, 7165 (2003).
2. S. I. Han, Y. T. Yoo, D. K. Kim, and S. S. Im, *Macromol. Biosci.*, **4**, 199 (2004).
3. S. I. Han, W. D. Lee, D. K. Kim, and S. S. Im, *Macromol. Rapid Commun.*, **25**, 753 (2004).
4. S. I. Han, S. W. Kang, B. S. Kim, and S. S. Im, *Adv. Funct. Mater.*, **15**, 367 (2005).