

생체재료의 연구개발 및 산업화 현황

정영근 · 김경자 · 최 균

요업기술원

1. 서 론

의료산업을 의약, 의료기기를 중심으로 한 진단, 치료 및 진료산업이라고 한다면, 이것을 둘러싸고 있는 지원재료 분야는 여기에 대응하는 여러 종류의 재료, 시스템, 기기·기구라고 할 수 있다. 의료산업 시장 자체는 의료산업의 의학적 기술, 특히 바이오산업의 중핵산업으로써 그 전개가 기대되고, 매우 급속한 진전이 이루어지고 있기 때문에, 이것에 대응하는 지원산업도 끊임없이 연구, 기술개발이 요구되고 있다. 이러한 분야는 의료산업을 지원하는 소위 "의료산업 추종형"의 성격을 나타내는 것이지만, 그 반면에 의료산업을 적극적으로 이끌어 나가거나, 의료기술 그 자체의 수준을 향상시키는 신소재, 첨단기술 등의 개발에 의한 기능재료, 새로운 시스템 제공의 측면도 있다. 이와 같은 양면성을 갖는 의료지원산업은 크게 나누어서 생체재료와 보조재료로 나눌 수 있다. 또한 생체재료는 생체용 재료와 인공장기나 치과 재료와 같은 생체기능을 대체하는 재료인 생체기능 재료가 있다. 보조재료로는 위생을 중심으로 여러 종류가 있지만, 넓은 의미로는 병원 등의 의료 시스템을 구성, 지원하는 병원시설재료 및 주변재료까지 포함한다.

생체재료에 있어서 가장 중요한 요소는 생체 적합성이다. 생체 적합성이 떨어지는 인공재료가 인체 내로 삽입되면 알레르기, 염증, 혈전, 면역, 발암 등의 부정적인 인체반응이 흔히 일어나게 된다. 따라서 각 물질마다 인체에서의 반응 메커니즘이나 그 예후에 대해서는 계속 연구가 진행 중이며 속속 그 특성들이 밝혀지고 있다. 이러한 성과를 바탕으로 지금 사용되고 있는 재료들의 문제점을 해결하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 따라서 본 고에서는 폴리머, 세라믹, 금속재료 등을 이용한 생체재료의 연구개발

및 산업화현황에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 국내외 연구개발 현황

2.1. 국내의 연구개발 현황

생체장기 복원 개발 기술을 위시한 생명공학분야에 대한 관심은 어느 때 보다는 높다. 특히 인간수명의 연장이라는 관심과 함께 질병이나 사고에 의해 고장난 장기를 부품식으로 교체할 수 있다는 점에서 타 기술과는 차별성을 갖는다고 할 수 있다. 생체하이브리드 재료를 이용한 인공장기분야의 연구는 연구기간이 길고 투자에 대한 회수가 길다는 특성으로 인하여 우리나라에서는 국가적으로 주도되어 고분자 재료를 이용한 인공혈관, 인공심장을 중심으로 1990년대 초반부터 G7사업으로 수행되기 시작하였다.

그러나 고분자 재료가 갖는 한계점으로 인하여 세포와 고분자 재료를 결합하는 본 제안방식이 시도된 것이 구미선진 각 국에서는 10년, 국내에서는 3년밖에 되지 않았다. 그러나 R&D의 방향이 점차 미래 지향적 원천요소기술을 확보하는 방향으로 전개되고 있으므로 국내의 정부출연기관과 대학교, 기업체 연구소의 연구개발 투자가 더욱 가시화할 것으로 예측된다. 현재는 과기부의 Biotech 2000과 보건복지부의 조직공학중점사업 분야에서 2~3년 전부터 동 분야에 대한 연구가 대학과 출연연구기관을 중심으로 연구되고 있다. 생체재료로서의 이용가능성을 판가름하는 의사체액을 사용한 실험은 아직 거의 전무한 상태로 최근에 들어서야 in vitro 실험이 실시되고 있으며, 일부 다공성 인산칼슘계 세라믹스에 대한 동물실험이 서울대 의대 등에서 진행되고 있다.

국내에서 현재까지 발표된 생체재료관련 논문, 그 중에서도 특히 경골 대체제 분야의 연구결과는 대부분이 고결정성 아파타이트 합성에 관한 논문 발표이

었다. 또한, 그 수도 미약하여 과거 20년간 수 십건 정도가 국내학술지에 발표되어 있는 상황이며 국제적인 논문으로의 게재는 최근에 들어서야 이루어지기 시작하고 있다. 즉, 지금까지의 연구는 단편적인 지식의 습득, 외국 연구결과와 모방 수준에서 벗어나지 못하였고 그 결과, 폭넓고 깊이 있는 연구는 거의 진행될 바 없었다. 이런 이유는 재생의공학이란 분야의 특성상 본격적인 연구개발을 위해서는 재료공학 뿐만 아니라 재료가공기술, 임상의학, 정형외과학 등의 여러 분야의 적절한 네트워크 구성이 선행되어야만 하고 장기간에 걸친 임상결과와 축적이 필수적인데도 지금까지는 그런 조직구성이 현실적으로 어려웠기 때문이다.

한편, 얼마 되지 않은 연구 개발도 실제 제품의 개발까지 연결되지 못한 것이 대부분이었는데 이 역시, 생체재료의 특성상, 제품의 개발과 판매를 위해서는 오랜 임상 실험결과와 축적이 필요하고 미국의 FDA와 같은 국제 공인기관의 인증을 거쳐야만 환자에게 직접 적용할 수 있기 때문이다. 따라서 국내에서 개발이 성공하였다고 해도 이를 제품화하는데는 많은 시간과 예산이 필요하며 이로 인해 국내 기업들이 생산에 적극적으로 참여하지 못하였다. 따라서 국가 정책적으로 체계적이고 지속적인 지원을 통해 먼저 충분한 연구인력을 확보하고 이를 제품화하는데도 정부 주도의 지원이 더 한층 요구되는 분야라고 판단된다.

2.2. 선진국의 연구개발 현황

1970년대 초반에 미국의 Hench 등에 의해 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ 계 Bioglass[®]가 생체뼈와 직접 결합한다는 것이 보고된 이후, 여러 종류의 유리, 결정화 유리, 아파타이트를 비롯한 인산칼슘계 세라믹스 등의 생체 적합성과 생체 내로의 이식 후 거동에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

산화물계인 알루미늄이나 지르코니아의 연구는 재료적 측면에서 볼 때 이 재료가 생체 뼈에 이식되었을 때의 경계면 변화, 장기적 안정성 및 세라믹스의 강도변화 등에 관한 연구가 진행되었으며 그 외에 인 성장화와 탄성을 조절을 위한 나노화, HIP 소결, 또한 초정밀 가공기술 개발 등이 최근의 핫 이슈이다. 또한 의학적 측면에서는 인공 고관절의 이식 후의 생체열화 현상, 마모분의 영향, 인공관절의 loosening

등에 관한 연구가 진행 중이다.

생체활성 재료로써는 수산아파타이트, 결정화유리 등의 인공뼈 수복재, 아파타이트 코팅, 새로운 조성의 bone cement의 개발, biomimetic법에 의한 복합화 등에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히, 각종 인산칼슘 혹은 생체유리를 이용한 생체활성시멘트의 개발과 이미 개발된 재료에 대해 골다공증의 치료 등과 같은 새로운 응용 방법의 연구가 집중적으로 수행되고 있다.

미국과 일본을 비롯한 선진국에서는 알루미늄, 지르코니아, 글라스 등 몇 가지 세라믹스 재료에 관해서는 이미 제품 개발단계가 끝난 상태로, 실용화되어 임상에서 사용되고 있다. 현재는 이들 재료에 대해 임상사용 시의 문제점을 관찰 중이며 그 결과를 제품개발에 feedback시켜 보다 안전하고 이용하기 쉽게 하기 위한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다.

최근에는 뼈 및 연골조직과 생체재료와의 경계에서의 변화를 직접 전자현미경 등으로 관찰하거나, in vitro 조직 배양 시에 나타나는 인공 체액과 재료의 계면에서의 morphology 변화 문제 등, 새로운 시도를 통하여 생체재료의 biology를 이해하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 이전부터 사용되어 온 수산아파타이트의 연구에서는 화학적인 조성을 변화시켰을 때, 주위 뼈와 결합특성이 어떻게 변화하는가 등에 관한 연구가 진행되고 있는데 예를 들면, 생체 뼈의 조성인 탄산아파타이트의 생물학적 특성, 생체 재료와 뼈와의 경계 면에서 나타나는 조직학적 변화가 하나씩 밝혀져 가고 있다.

생체유리의 임상응용, 각종 생체활성 세라믹스로 코팅한 금속재료, 콜라겐과의 복합화에 의한 유무기 복합재료 개발 등에 관한 기초 연구 및 임상실험 등에 관한 논문이 계속 발표되고 있다. 그 중에서도 수산아파타이트 및 생체유리 등의 세라믹스의 생체친화성을 응용하여 세라믹스와 금속 혹은 유기재료 간의 하이브리드화 연구가 최근에 큰 주목을 받고 있으며 그 화학적, 물리적 및 생물학적 특성 분석과 응용에 관한 연구가 폭넓게 진행 중이다. 티타늄 금속 임플란트 위에 생체 활성을 갖는 생체 유리를 코팅하면 금속과 유리 사이에 Ti-Si 계의 화합물이 형성되면서 두 재료간의 결합을 촉진시킨다. 이렇게 만들어진 하이브리드 치관 재료는 생체 활성을 갖기 때문에 턱뼈에 용이하게 고정될 수 있다.

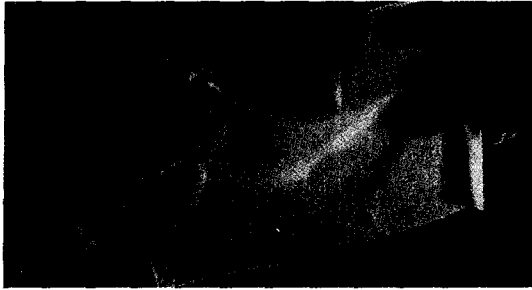


그림 1. 조직 공학적으로 제조되어 미국 FDA에서 판매 승인된 인공피부

인공장기의 근본적인 문제는 이들 재료가 갖는 근본적인 한계 즉, 생체적합성 및 어느 특정부분의 손상된 장기나 조직의 생체기능성이 결여되어 있기 때문이다. 이에 따라서 장기(예를 들어, 간장, 췌장, 내분비계 장기, 면역계 장기)의 특정기능을 담당하는 세포 또는 단백질 등을, 세라믹스 재료나 분해 또는 비분해성 고분자에 결합, 고정화 및 배양하여 원하는 조직 또는 장기의 성능을 좀더 고급화·기능화하여 생체요소를 흉내내는 하이브리드화를 추구하고 있다.

최근 이들의 세포 조직 공학적인 인공장기의 대표적인 것으로는 1998년 5월에 미국 FDA에서 판매 승인된 인공피부 "Aprigraf[®]" 및 Dermagraft[®](그림 1) 로써 당뇨병원성 피부궤양 치료로 사용되도록 고안되었다. 이는 생후 2~3일이 지난 유아의 활제한 피부로부터 피부세포를 분리하여 생물반응기를 사용하여 대량 배양한 후 생분해성 고분자에 파종한 것이다. 또한 1997년 8월 FDA가 판매 승인한 "Carticell[®]"은 벤처형태의 기업인 Genzyme Tissue Repair 사가 개발한 무릎수리용 인공연골로써 환자에게 채취한 연골세포를 체외에서 대량 배양 후, 인공적 체외 기질에 파종하여 외과적으로 무릎 속으로 다시 수혈 이식하게 되어 있다. 이들의 세포 조직 공학적인 인공장기의 개발에 있어서 필수적인 요소가 생분해성 고분자를 다공성 지지체의 장기형태로 제조하는 것인데 그림 2에는 유화동결건조법에 의한 PLGA 공중합체를 튜브형태의 것으로 제조한 것으로써 혈관, 요도관, 식도, 소장, 대장 등의 튜브형태의 장기에 적용할 수 있다.

대표적인 생체 하이브리드 재료의 하나인 현재의 PMMA 뼈 시멘트의 결점은 중합 시 다량의 기포가 생성되어 기계적 물성을 저하시키는 요인이 되고, 중

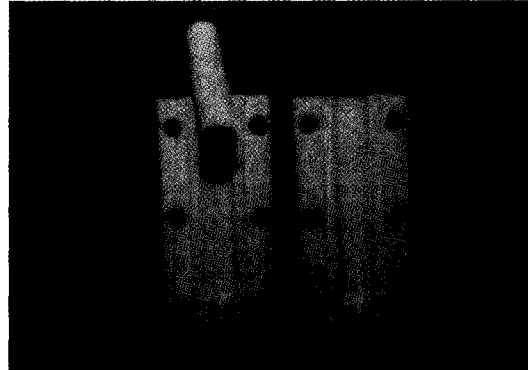


그림 2. 유화동결 건조방법에 의한 PLGA 생분해성 고분자의 튜브형태의 것으로서 혈관, 요도관, 식도, 소장, 대장 등의 튜브형태의 장기 형성에 적용될 수 있음.

합반응 시에 중합열이 발생하여 인근에 있는 뼈와 근육세포들이 죽는 경우가 생기는 것, 그리고 미반응 MMA 단량체가 흘러나와서 인근 세포들에 악영향을 미치는 것 등이다. 또한 시멘트/뼈, 그리고 시멘트/삽입물의 계면에 혈거위짐이 발생하여 심각한 문제가 생기는 경우도 있다. 이들 문제점을 해결하기 위하여 뼈 시멘트 자체의 기계적 성질의 증진을 Kevlar나 탄소섬유로 복합재료로 만들어서 해결하려 시도하고 있으며, N-카바졸과 트리뷰틸보레인을 혼합하여 경화온도를 조절하여 중합온도를 낮추려고 시도하였다. 삽입물과 뼈시멘트 간의 혈거위짐은 문제에 있어서는 "PMMA precoating" 이라는 기술이 개발되어 삽입물/뼈시멘트 계면 간의 문제는 많이 해결되었고, 시멘트/뼈와 시멘트/UHMWPE 계면 간의 문제는 표면처리 및 용매를 이용한 방법으로 해결하려고 시도 중이다.

생체 뼈는 콜라겐 섬유를 따라 아파타이트 육각판상 입자들의 c축이 평행하게 정렬되어 있는 전형적인 유/무기 하이브리드 나노복합체이다. 따라서 골 결손부를 대체하기 위하여 이와 같은 유/무기 하이브리드 재료를 합성하기 위한 노력이 경주되고 있는데 그 방법으로는 생체와 같은 조성의 의사체액 안에서 콜라겐 섬유 위에 HAp를 석출시키는 생체모방 기법이 있고 단순히 유기재료와 HAp와 같은 무기재료를 blending하는 방법, 그 외에 고분자의 표면에 생체활성 세라믹스를 유도시키는 표면수식법이 있다. 이런 유/무기 하이브리드 복합재료의 대표적인 예가 그림 3에 표시된 HAPEX라고 불리는 재료로 만들어진 이

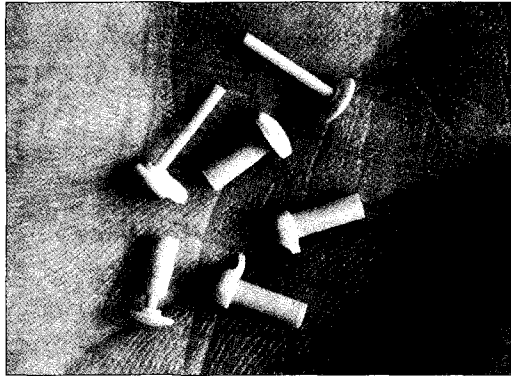


그림 3. Smith & Nephew 사에서 시판 중인 HAPEX로 제조된 이소골용 임플란트제.

소골용 임플란트제이다. 이 재료는 고밀도 폴리에틸렌에 HAp 분말을 혼합하여 가압성형한 것으로 Smith & Nephew 사에서 시판 중이다. 이렇게 제작된 유/무기 하이브리드 복합체의 경우 아직 제조단가가 비싸고 대량 생산이 어려우며 기계적 강도가 생체 뼈에 못 미치는 단점이 해결되지 않고 있으나 생체 적합성이 뛰어나 거의 부작용이 없고 최근에는 기계적 강도도 상당히 개선되어 차세대 임플란트 재료로써 각광을 받고 있다.

3. 산업 현황

3.1. 국내산업의 현황

근골격계 의료산업의 국내시장 규모는 약 3,000억 원에 이를 것으로 추정되는데 의료용구 협동조합의 자료에 따르면 1997년 인공관절 및 정형외과용 기기 시장이 약 1,500억원, 대체조직 시장이 1,000억원, 재활관련 시장이 500억원 정도로 추정되고 있다. 이와 같이 근골격계 시장 뿐만 아니라 생체 전반의 국내 시장은 부가가치가 높고 시장 규모도 큰 분야를 찾아 급속히 변화되고 있는 추세로써 이를 연구개발하려는 국내 관련 업체도 증가하고 있다. 그러나, 아직 마케팅 전략의 부재 및 국제 수준에 걸맞은 제조 공정의 미비 등으로 국내 시장 점유 및 수출에 어려운 상황이다. 따라서, 현재 국내에서 소모되고 있는 생체재료는 거의 대부분 수입에 의존하고 있으며, 그 수입량을 표 1에 나타내었다.

3.2. 선진국의 산업현황

근골격계관련 의료산업의 세계시장 규모는 1996년에 약 10조원에 이를 것으로 추정되며, 이중에 미국 시장은 세계 전체시장의 약 40%를 점하고 있다. 의료기기 분야가 4조원, 대체조직 분야가 4조원 그리고

표 1. 국내 생체재료 관련 수입규모

(단위:천불)

(CS-code)	연도	1995	1996	1997	1998	1999	2000.5.
		수량 (kg)	319	843	1,355	947	2,734
피부 및 뼈 (3001-90-1000)	금액 (US\$)	798	1,458	1,622	1,547	2,854	1,748
치과용 시멘트 (3006-40-1000)	수량 (kg)	13,862	20,002	24,410	18,413	22,742	14,424
	금액 (US\$)	2,340	2,060	2,109	1,462	1,935	1,100
치과용 충전제 (3006-40-2000)	수량 (kg)	60,471	71,124	84,856	75,484	88,749	42,613
	금액 (US\$)	5,121	5,818	7,478	6,893	8,539	3,784
뼈형성용시멘트 (3006-40-3000)	수량 (kg)	3,358	3,498	5,139	5,240	11,594	3,899
	금액 (US\$)	568	622	716	690	1,062	475
인조관절 (9021-11-0000)	수량 (kg)	65,089	14,774	18,501	19,438	22,598	12,655
	금액 (US\$)	19,222	20,932	25,938	23,927	24,649	13,637
의치 (9021-21-0000)	수량 (kg)	9,635	9,393	12,140	11,853	10,265	4,743
	금액 (US\$)	2,526	2,358	2,590	1,522	2,030	1,136
총 계	전년대비증가율 (%)		+10.87	+12.17	-11.01	+11.39	+12.79
	금액	30,575	33,248	40,454	36,042	41,069	21,880 (52,512)

재활기 분야는 시장이 약 2조원 정도로 분석되며 시장의 규모는 연 10-15% 정도씩 증가하고 있는 추세이다. 세계적인 주요기업들의 M&A를 통하여 다국적화 및 세계 시장의 독점현상도 나타나고 있다. 선진국의 몇몇 주요 기업의 세계 시장 점유율은 90% 이상으로 거의 독점하고 있다고 보아도 과언이 아니다.

이러한 추세를 유지하기 위하여 기술의 이전을 극도로 회피하고 있으며, 또한 미국은 국가가 정책적으로 외국산의 유입을 저지하기 위하여 FDA 등의 규범을 강화하고 있는 실정이다.

미국, 독일에서는 금속 인공관절 생산이 활발하며 일본에서는 생체활성 유리를 이용한 골이식재가 대표적인 제품들이다. 이들 제품은 전세계에 수출되어 세계 시장의 대부분을 차지하고 있으며 지난 수십년간 생산되면서 제조공정의 개선과 신소재 개발 및 표면 개질을 통한 생체친화성 향상, 새로운 용도의 인공골 개발이 진행되어 왔으므로 후발 경쟁 업체의 시장 확보가 그만큼 어려운 현실이다.

우리 나라를 비롯한 동양권 시장의 급속한 팽창은 선진국 기업의 시장 확장 계획과 맞물려 기업들이 직접 외국에 지사를 설치하거나 생산기지를 건설하는 적극적인 형태로 나타나기도 하며, 외국에서 유사한 제품의 상품화가 이뤄지면 자국 제품을 덤핑하는 마케팅전략을 펼치기도 하여 시장점유를 유지하려고 노력하고 있다. 또는 국내의 중소기업을 인수 또는 합병하여 국내의 시장을 계속적으로 독점하려는 시도가 있으며, 국내에서 제품개발을 저지하는 노력도 병행하고 있는 실정이다. 또 현재 미국내 산업의 흐름을 보면 몇 년 후 우리나라의 산업구조를 짐작할 수 있는데, 미국의 Silicon Valley의 벤처 산업의 동향이 정보통신에서 생명과학, 의료산업으로 인적자원이나 자금이 옮겨가고 있다. 또 세계적으로 노령의 인구가 해마다 증가함에 따라 생체재료 관련분야의 세계 시장은 계속 팽창해 간다고 볼 수 있다.

선진국의 기술우위 선점 및 세계 시장 독점은 국가정책의 조기 수립과 일관되고 지속적인 연구지원에 기인한다. 의료산업을 21세기 기간 산업으로 예측

표 2. 미국 생체재료 관련 시장규모

응용예/연도	1986			1996		
	숫자	비용	백만불	숫자	비용	백만불
고관절	300,000	600	180	400,000	700	280
슬관절	150,000	400	20	200,000	500	100
관절, 팔꿈치, 어깨	50,000	500	25	700,000	600	420
손가락	400,000	50	20	600,000	100	60
고정된 고정판	1,000,000	50	50	1,200,000	60	72
치아	300,000	500	150	1,500,000	250	375
용선촉진	200,000	20	4	1,000,000	50	50
용선보수	100,000	20	2	2,000,000	40	80
보철	250,000	10	2.5	15,000,000	20	300
눈동자	400,000	100	40	500,000	120	60
종이	1,000,000	400	400	1,500,000	750	1,125
달팽이관	30,000	150	4.5	35,000	200	7
봉합	500	10,000	5	10,000	10,000	100
안면복원	17,500,000	2	35	18,000,000	2	36
고막	6,000	200	1.2	10,000	250	5
심장박동 조절기	300,000	30	9	500,000	50	25
심장판막	190,000	1,500	285	200,000	2,000	400
인공동맥	40,000	2,000	80	60,000	2,500	150
심실수축보조기	250,000	200	50	500,000	250	125
우회혈관	100	7,500	0.75	500	10,000	5
미국			1,403.95			3,775
세계전체			3,509.87			9,437

표 3. 일본 생체재료관련 시장규모

(단위: 백만엔)

응용제품	1990	1995	2000	2005	2010
인공피부	-	-	120	130	130
인공근육	-	-	-	-	-
인공인대	-	-	1,500	2,500	3,000
인공건	-	-	-	-	-
인공고관절	6,000	7,200	8,700	10,000	18,000
인공슬관절	5,300	6,500	7,600	8,000	15,000
인공관절	13	23	32	40	75
인공연골	-	-	-	-	-
인공골	600	1,700	2,500	3,500	4,000
인공혈관	1,080	1,280	1,500	1,800	2,100
인공심장	80	480	700	1,500	3,000
인공식도	-	-	-	-	-
인공기관	-	-	-	-	-
경피단자	-	600	600	4,250	5,000
외과영역계	13,073	17,233	23,252	31,780	50,305
치과					
인공치근	1,000	1,140	2,160	6,400	7,500
치조골충진재	175	260	350	500	600
치과영역계	1,175	1,400	2,510	6,900	8,100
합계	14,248	18,633	25,762	38,620	58,405

한 선진국들은 적절한 기술개발 정책과 함께 관련된 제반 인프라의 구축을 통하여 이미 그 터전을 확실히 닦아놓았다. 미국의 경우, 대통령 직속기구로 의료산업에 관한 전담기구를 편성하였고, 일본에서는 Silver 산업에 대한 장기적인 기술 및 자금지원을 정부가 주도하였으며, 조직공학의 미래를 예측하고 과감한 투자를 아끼지 않았던 주요 선진국들의 기술 정책이 현재의 세계시장 독과점이라는 결과를 낳은 것으로 생각된다.

의료용구 분야의 시장을 살펴보면, 이 분야의 주도국인 미국의 경우 1996년 총 매출은 37억불이었고, 일본의 1995년 총 매출은 3,000억원 규모이었다. 1995년의 일본에서의 의료용구의 시장의 세부내역을 보면 흉부심장 및 혈관 외과계:702억원, 정형외과계:725억원, 인공 신장 등 인공 장기계:1317억원, 뇌 외과계:38억원, 그 외:175억원으로 합계 3000억원이었다. 표 2, 3에 대표적인 생체재료 응용제품의 일본과 미국의 생체재료 시장을 나타내었다.

3.3. 선진국의 해당산업 지원정책 현황

생체재료분야에 대한 선진 국가들의 지원현황을 표 4에 나타내었다. 영국에서는 Medlink라는 과제명으로 1,500만파운드, 스위스에서는 약 200만스위스프랑이 투자되고 있는 것으로 나타났다. 일본의 경우에는 문부성에서는 BIO 모사재료 프로세싱의 개발, 후생성에서는 조직공학에 의한 재생조직화의 기반기술(1997~2001), 과기청에서는 QOL을 지향한 생체 융화재료의 신창출(1997~2001), 통산성에서는 생체 경조직 대체 무기계 융합재료의 제조기술에 대한 연구 등의 프로그램으로 지원되고 있다. 특히 통산성에서는 세라믹 생체재료 분야에 대한 투자가 많은 것으로 나타났다.

일본은 21세기 정보통신과 생명공학 에너지 등 중요 산업분야의 기술패권 장악을 위해 추진할 '산업기술전략'을 세우고 적극 지원에 나서고 있다. 일본 통산성이 민관 합동기구인 '국가산업기술전략검토회'의 제언을 토대로 작성한 이 전략은 13개 산업

표 4. 선진 각국에 있어서의 생체재료 연구상황

국별	연구내용 및 예산		
	지원기관	연구내용	예산액
일본	문부성	- BIO 미메틱재료 프로세싱의 개발(미래개척학술연구추진사업)	10억엔('97-'01)
	후생성	- 조직공학에 의한 재생조직화의 기반기술	'97-'01
	과기청	- QOL을 지향한 생체용화재료의 신창출에 대한 연구 (과학진흥비 총합)	15억엔('97-'01년)
	통산성	- 생체 경조직 대체 무기계 융합재료의 제조기술에 대한 연구	4억엔('00-'04년)
		- 3차원 세포조직 모듈 공학	4억엔('00-'04년)
		- 생체용 Fine Ceramics 표준화	3억엔('99-'01년)
	- 다공성 생체용 Fine Ceramics의 개발	1.5억엔(2000년)	
	- 생체활성 금속재료의 개발	1억엔(1999년)	
미국	NIH		3,400만\$
영국	후생성	-MedLINK	1500만파운드
스위스			200만스위스프랑

분야의 41개 기술전략을 선정하고, 기술개발을 돕는 정부지원제도를 전면 재검토하는 등 제도차원의 개혁도 추진한다는 내용을 담고 있다. 특히 이 전략은 구미(歐美) 각 국과의 치열한 경쟁에서 어떻게 이기고 중요 핵심기술을 선점할 것인가에 중점을 두고 있다.

통산성은 산업기술전략을 크게 단기, 중기, 장기의 세단계로 나누고 있다. 우선 2005년까지 단기전략으로는 △인공혈관 인공피부 인공관절의 제조기술을 개발하고 △가정용 연료전지발전시스템을 실용화하며 △세제없이 때가 빠지는 섬유를 개발한다는 등의 목표가 제시됐다. 2010년까지 중기전략으로는 △개인별 유전자정보를 이용한 치료기술을 실현하고 △현재보다 처리속도가 100배 빠른 초당 1000억비트 이상의 초고속 인터넷을 보급하며 △사용자의 의도를 헤아리는 인공지능 컴퓨터를 개발하고 △자연에너지에 의한 고효율 전력공급 기술을 실용화하기로 했다.

2010년 이후의 장기전략은 휘발유 2l로 100km를 달리고 배기가스 배출량은 현재의 10분의 1에 불과한 자동차나 품질이 나빠지면 스스로 탐지해 자기 복구하는 생체형 재료 등을 개발한다는 목표를 세웠다. 이를 위해 통산성은 젊은 연구인력을 대거 확충하고 산학 연구기금을 융통성 있게 운용하는 방안도 마련했다. 통산성은 이 방안을 산하 자문기관인 산업기술심의회에 보고한 후 2001회계연도(내년 4월 시작)중 예산에 반영할 계획이라고 한다. 일본은 1998년 오부치 게이조(小淵惠三)총리가 취임한 이후 민관 합동으로 '밀레니엄 프로젝트', '산업재생법안', '21

세기 일본의 구상' 등 경쟁력 회복을 위한 작업을 활발히 벌이고 있다.

4. 맺음말

정보통신과 함께 21세기 고부가가치 산업으로 각광받는 바이오 관련 산업에서 선진국과의 격차가 더 이상 벌어지기 전에 연구개발의 집중이 이루어져야 하며 국내에서도 재료공학, 기계공학, 생명공학, 의료임상기술, 산업계 간에 상호 협력 연구가 원만히 진행되어야 할 것이다. 선진국에서는 이미 인간유전자지도 완성과 복제기술 등 월등히 앞선 생명공학 기술을 바탕으로 인공장기 연구가 수행되어 멀지 않아 인간이 마음대로 인공장기를 조립하는 시대가 올 것으로 예상하고 있다.

인공장기를 비롯한 바이오 산업은 그 무한한 부가가치로 인해 시장성이 좋지만 경쟁제품에 비해 월등한 성능과 안정성을 인정받아야 만이 살아남을 수 있으므로 대표적인 기술집약 산업이다. 보건복지부와 과학기술처, 산업자원부 등의 정책방향에서도 바이오 산업에 대한 집중 투자와 지원을 확인할 수 있고 최근 국내에서 일고 있는 벤처기업 붐을 볼 때 국내 바이오산업의 미래는 밝다고 할 수 있다.

2001년도 차세대 신기술개발사업의 하나로써 요업기술원이 총괄기관인 "생체하이브리드 재료의 개발 및 응용연구"는 그 대표적인 예가 될 수 있으며, 국가로부터의 체계적이고 장기적인 이러한 지원이 국

내 생체재료 제조업체가 세계시장에 진출할 수 있는
될 것이다.

참고문헌

1. R. P. Lanza, R. Langer and W. L. Chick (Eds.), Principles of Tissue Engineering, Academic Press, New York, 1996
2. A. Atala, D. J. Mooney, J. P. Vacanti and R. Langer (Eds.), Synthetic Biodegradable Polymer Scaffolds, Birkhauser, Boston, 1996
3. J. J. Yoo and I. W. Lee, Tissue Engineering : Concepts and Applications, Korea Med. Pub., 1998.
4. A. Osaka, et al. : "Bioceramics, Vol. 8," Ed. by J. Wilson, Elsevier.
5. F. Miyaji, et al. : "Bioceramics, Vol. 7," Ed. by O. H. Andersson, Butterworth- Heinemann Ltd., London, 1994
6. H. Ohgushi, et al. : "Porous ceramics for intra-articular depression fracture in Biomaterials and Bioengineering Handbook," Marcel Dekker Inc. NY, Ed. by D. L. Wise, 1999
7. D. E. Day, et al. : "An Introduction to Bioceramics," Ed. by L. L. Hench, World Scientific, Singapore, 1993
8. The Medical Device Market Today (edited by Tracy A. Schaaf, 1999)
9. "한국 바이오산업 연감," 데이코 산업연구소, 2000
10. D. F. Williams : "The Williams Dictionary of Biomaterials," Liverpool University Press, UK, 1999
11. "特輯: 生 組織を作るための新素材," マテリアルインテグレーション, 13巻, 2 (2000)
12. "화인세라믹스 산업의 장래전망," 1998년 일본 통산성 화인세라믹스 산업간담회 보고서
13. "특집: 바이오세라믹," 세라미스트, 3권, 3호 (2000)