

## 바이오칩 연구동향과 대응방안

### A Trend of Studies on Biochip Technologies and Policy Options for Korea

현 병 환\*, 김 필 증\*\*

#### 〈目 次〉

- I. 서론
- II. 국내외 기술개발 동향
- III. 시장 현황
- IV. 정부의 정책방향 및 대응방안

#### Abstract

Biochip, that is a fusion of BT/IT/NT, is the fundamental technology of bio-engineering in Post-genome Era. It is not only the tool to analyze the huge bio-informations but also the technology necessary for screening of new medicine and medical examination. Except some technological fields, biochip area has a good chance of occupying advantageous position in the world technology community by early aggressive investment, because a new access to this technology is possible without a past imitation process.

This study is to analyze the trend of development of domestic and foreign biochip technology and its current market status. Finally it presents some suggestions for the government policy considering the possibility of its development in Korea.

\* 한국생명공학연구원(KRIBB) 연구정책실장 (bhhyun@kribb.re.kr)

\*\* 한국생명공학연구원(KRIBB) 연구정책실 (kpjtrade@kribb.re.kr)

## 1. 서론

생명공학기술은 정보통신기술, 나노기술, 신소재와 함께 새로운 기술-경제 패러다임의 핵심기술로서 상호 결합 발전해 가고 있으며 앞으로 21세기 산업사회 발전을 주도해 나갈 것이다. 특히, 2003년 인간게놈지도의 완성과 함께 Genome, Proteome 등의 첨단 생명공학 연구의 결실로 천문학적 수의 생물학적 정보를 얻게 되었다. 또한 Post-genome 시대에는 이러한 방대한 양의 생물정보들을 초고속·고감도로 분석·탐색·활용할 수 있는 새로운 패러다임의 기술이 요구되었으며, 이러한 요구에 부응하기 위하여 개발되고 있는 차세대 미래기술이 BT/IT/NT의 대표적 융합 기술인 바이오칩 기술이다.

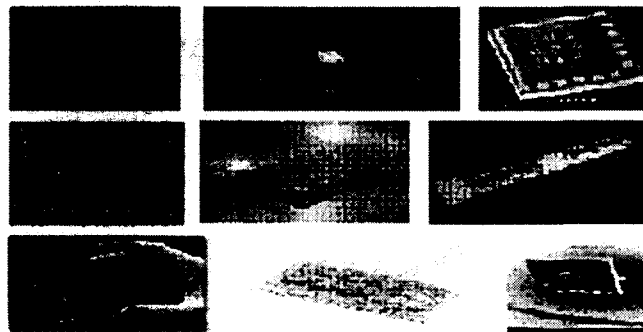
바이오칩 기술이란 생물학적 활성을 갖고 있는 생체분자를 고체상태의 소형박막에 고밀도로 부착, 반도체칩 형태로 제작하여 생명현상의 규명, 신약 스크리닝, 질병의 조기진단 등에 활용되는 기술을 말한다.

좁은 의미에서의 바이오칩 기술은 유전자 분석의 첨단기술로 인정되고 있는 DNA 마이크로어레이

(microarray) 기술을 의미하고, 넓은 의미로는 생체물질과 기존의 물리, 화학 및 광학적 신호변환기를 조합한 바이오센서(biosensor), DNA 탐침이 내장된 DNA 마이크로어레이, 효소나 항체/항원 등과 같은 단백질이 사용된 단백질 칩(protein chip), 동물과 식물 세포를 이용한 셀 칩(cell chip), 신경세포를 직접 사용한 뉴런 칩(neuron chip)과 생체삽입용 칩, 그리고 시료의 전처리, 생화학 반응, 검출 및 자료해석 기능까지 소형 집적화 되어 자동 분석기능을 갖는 LOC(Lab-on-a Chip) 등으로 분류되는 생명공학과 전자공학 간의 경계에서 전개되는 Bioelectronics의 연구 산물로 정의 될 수 있다(<그림 1> 참조).

바이오칩은 생물에서 유래된 효소, 단백질, 항체, DNA, 미생물, 동식물 세포 및 기관, 그리고 신경세포 등과 같은 생체 유기물과 반도체 같은 무기물을 조합하여 기존의 반도체칩 형태로 만든 혼성 소자(hybrid device)이며, 사용 용도나 응용분야에 따라 정의가 달라질 수 있지만 기본적으로 생체분자의 고유한 기능을 이용하고 생체의 기능을 모방한 인위적인 소자이다. 따라서 전기적 신호처리가 가능하거나 전기적 신호를 유발할 수 있는 장치의 개념을 가지고 있다.

<그림 1> 각종 바이오칩의 예



\*자료 : ETRI 2001, ETRI정보조사 분석팀

바이오칩 기술이 중요한 이유는 사회적 측면으로는 Post-genome 시대의 도래로 바이오 정보를 이용한 새로운 보건의료기술의 개발이 선진국을 중심으로 활성화되고 있으며, 경제수준이 향상됨에 따라 건강에 대한 관심이 증가하고 보다 나은 질의 삶을 영위하고자 하는 욕구가 커짐에 따라 급속한 고령화 사회를 대비한 의료비용의 저감 및 양질의 의료시혜 확대가 요구되고 있다는 점이다.

기술적 측면의 바이오칩 기술은 생물, 전자, 물리, 화학 등 다양한 학제간의 융합을 필요로 하며 우리나라의 강점기술인 전자기술을 생명공학에 접목시켜 시너지를 극대화 할 수 있는 기술이다.

또한 바이오칩 기술은 Post-genome 시대에 생명공학 분야의 가장 근간이 되는 기술로서 방대한 양의 생물정보를 해석하는 생명공학 연구 툴(tool)뿐만 아니라 초고속 신약 스크리닝, 질병진단 등에 반드시 필요한 기술이며, 일부 기술들을 제외하고, 기존 기술의 모방 과정을 거치지 않는 새로운 접근방식이 가능하므로 초기 과감한 투자에 의해서 기술적 우위를 선점할 수 있는 장점이 있다.

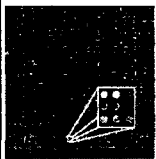

본 고에서는 이상과 같은 파급효과가 예상되는 바이오칩기술의 국내외 기술개발 동향과 시장현황을 분석하여 우리나라의 개발 가능성을 검토하고 이에 대한 정부의 정책방향에 대한 의견을 제시하고자 한다.

## II. 국내외 기술개발동향

선진국의 동향을 보면 미국의 경우 세계 최선두 국가의 위치를 유지하기 위해 바이오칩 관련 개발기술의 산업화를 가속화하기 위해 세계 최대 규모의 보건의료 및 기초 생명과학 분야에 대한 투자 지원비율을 확대하고 있으며, 인간 유전체 해독의 2단계 작업인 질병치료와 신약개발에 연구 역량을 집중하고 있다. 또한 보건의료 이외 분야에 대한 상대적인 약점을 인식하고, 타 응용기반에 지원을 확대하기 위해 노력하고 있다.

프랑스는 세포치료, 유전자치료, 약물유전학, 바이오칩 등에 집중적인 투자를 하고 있으며, 독일은 최근 3년간 유전자 연구에 8억 7천만 마르크(약 5천억

〈표 1〉 차세대 바이오칩의 예시

종류		특징 및 기능	비고
바이오 어레이칩	단백질칩	단백질 또는 펩타이드가 고집적으로 배열되어 초고속 신약 스크리닝, 진단, 프로테오믹스 연구 등에 사용됨	
	세포칩/ 당쇄칩/ 압타머칩 등	세포, 당쇄, 압타머 등의 생체분자가 고집적으로 배열되어 초고속 신약 스크리닝, 진단, omics 연구 등에 사용됨	
바이오 플루이드칩		바이오와 마이크로·나노 플루이드스 기술을 융합하여 초고속 신약 스크리닝, 초소형 진단시스템 등에 사용됨	

원)의 투자를 내용으로 한 ‘유전자산업발전계획’을 발표하고(2001.2), 기존의 바이오 집적지와 구 동독의 기술기반을 새로운 경쟁력의 요소로 결합하여 범국가적 바이오산업의 진흥을 추진 중에 있다. 영국의 경우 국가 주도의 생물산업 집중 육성, DNA 발견 등 생명공학에 대한 우수한 과학기반을 토대 주도권 확보를 위해 노력하고 있다. 이와같이 유럽은 유럽 중심의 공동 연구개발과 국가별 산업화 연계를 강화하고 있다.

미국의 Affymetrix사는 컴퓨터 칩을 만들기 위해 사용하는 photolithography 기술을 사용하여 수십만 개의 다른 염기들을 하나의 유리 기판 위에 직접 합성하여 DNA칩을 제작하는 데 성공하였다. 이 기술은 20세기를 대표하는 컴퓨터 산업과 21세기를 대표할 생명공학 산업과의 절묘한 결합이라 할 수 있다. 또한 HP, Hitachi사 등 기존의 거대 전자업체들이 기존의 반도체 사업을 바탕으로 바이오칩 검출, 분석기술개발을 전개하고 있다.

초기의 바이오칩 연구개발은 Genome 연구의 영향으로 DNA칩이 주도해 왔으나 Post genome 시대의 도래에 따라 단백질칩, 세포칩, 메타볼롬칩, 당쇄칩 등 차세대 바이오칩 개발을 위해 치열한 경쟁을 하고 있다.

향후 바이오칩 분야의 경쟁 확대에 대비하여 고밀도칩, 단일분자 감지법, 나노미세가공 및 나노-바이오 인터페이스 기술, 초미세량의 시료 전처리 기술 등을 개발하고 있다.

바이오칩 관련 해외 주요 기업으로는 Agilent Technologies, Affymetrix, Nanogen, Zymix, Ciphergen Biosystems 등이 있다.

우리나라의 경우 생물정보학을 활용한 유전자칩의 국내시장은 발아기 단계이며, 대학실험실 및 연구소

중심으로 개별적인 정보를 구축하고 있는 상태이다. 현재 벤처기업을 중심으로 프로토타입의 유전자칩 및 단백질칩이 제조 판매되고 있으며 바이오칩에 대한 관심은 선진국과 비슷한 시기에 시작되었으나 연구개발을 위한 조직 구성 및 지원 등의 기반이 취약하여 선진국의 개발동향을 탐색하는 단계에 있다.

바이오칩에 대한 연구는 LG, 삼성 등의 대기업과 마크로젠, 프로테오젠 등의 벤처기업 및 한국생명공학연구원, KAIST, 서울대, 포항공대 등에서 바이오칩을 개발하고 있다.

2000년부터 과기부의 21세기 프론티어 사업의 일환으로 인간유전체기능연구사업에서는 간암, 위암 DNA 칩 보급 사업을, 그리고 지능형 마이크로시스템 연구 사업에서는 MEMS 기술을 근간으로 한 LabChip 개발이 진행 중이며 대부분의 국내 바이오칩 연구는 DNA칩과 진단용 마이크로플루이딕스 칩을 개발하는데 역점을 두고 있다.

향후 신약개발의 가장 핵심기술인 차세대 초고속 신약 스크리닝(HTS) 바이오어레이칩 기술은 현재 초보 단계에 있으며 분야별 기술개발 조직 및 향후 연구개발을 위한 투자 계획 또한 미비한 실정이므로 반도체, 전자 등의 국내 강점 기술 분야의 역량을 생명공학, 나노기술 등과 접목하여 독자적인 차세대 초고속 신약 스크리닝(HTS) 바이오어레이칩기술 개발에 집중 투자할 경우 타 분야에 비해 바이오칩 분야의 국가 경쟁력 확보가 수월할 것으로 예상된다.

### III. 시장 현황

전 세계의 바이오칩 산업은 무한한 잠재력을 지니고 있는 분야로 이제 유아기에 벗어나 성장기에 이르

512 바이오칩 연구동향과 대응방안

고 있다. 주요 시장에 대한 개괄적인 윤곽이 드러났고, 여러 개의 연구개발 프로젝트가 진행중에 있으며, 개발된 제품들이 시장에 출시되고 있는 상황이다.

또한 전 세계적으로 매우 광범위하게 시장을 형성하고 있는 바이오칩 산업에 대해 그 시장 규모를 파악하는 것은 쉬운 일이 아니다. 시장 발전속도가 예측할 수 없을 정도로 빠르게 진행되고 있어 전문 시장조사 기관들의 시장 예측자료도 상당한 차이를 보이는 것이 현실이다 <그림 2 참조>.

현재 바이오칩의 세계시장 규모는 5억 달러로 추정되고 있으며, 연 30%의 성장률을 보이고 있어, 2005년에는 33억 달러 이상으로 시장규모가 성장할 것으로 전망되며, 일부에서는 2005년에 100억 달러 이상의 시장 형성을 예측할 정도로 바이오칩 분야는 그 시장성을 인정받고 있다.

현재 바이오칩 시장의 대부분은 DNA칩이 차지하고 있으나, 점차 단백질칩과 Lab-on-a-Chip 제품의 비

중이 높아져, 2010년이면 이들 제품이 주종을 이룰 것으로 예상하고 있다.

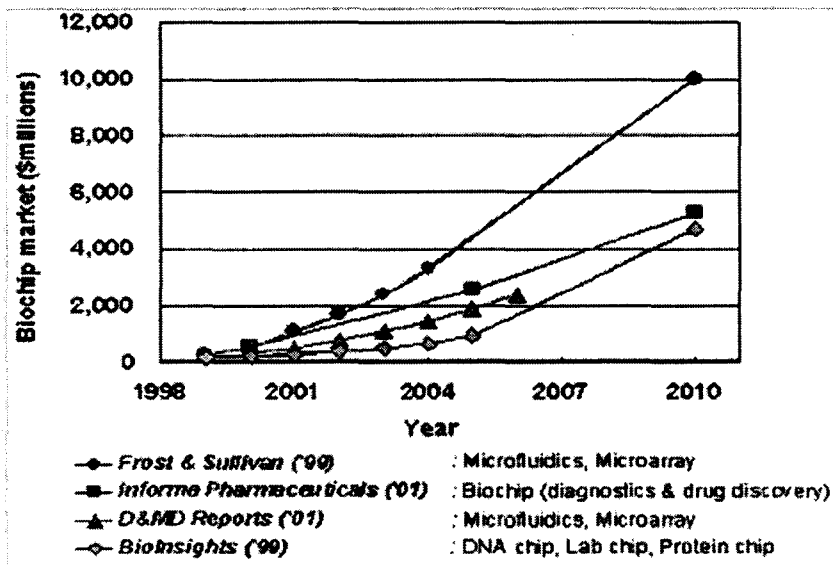
또한 현재 판매되고 있는 바이오칩은 연구개발용이 대부분으로, 진단용 바이오칩은 아직 사업화 초기 단계이며, 향후 5년 후에는 진단용 바이오칩 시장이 연구개발용 바이오칩 시장을 능가할 것으로 보인다.

전 세계의 바이오칩 산업은 여러 회사의 제품이 시장에 출시되는 성장기에 돌입하고 있다.

미국 시장의 경우 전 세계 바이오산업을 주도하고 있는 미국의 2001년도 바이오칩 시장은 약 10억 2,740만 달러의 매출을 기록하였으며, 2006년까지 연평균 7.7%의 성장률을 기록하면서 14억 5,250만 달러 규모가 될 전망이다.

바이오칩 종류별로 살펴보면, 2001년 단백질 마이크로어레이가 3억 2,440만 달러로 시장의 31.6%를 점유하여 수위를 차지하였고, 그 뒤를 DNA 마이크로어레이가 2억 640만 달러로 20.1%, LOC가 약 2억 달러

<그림 2> 바이오칩에 대한 각 기관들의 시장예측



\* 자료 : 전자부품연구원, Bio Chip의 산업동향 (03, 6)

로 19.5%, 비드어레이(bead array)가 1억 9,530만 달러로 19% 그리고 면역어레이(Immunoarray)가 1억 달러로 9.8%를 점유한 것으로 나타났다.

2006년까지 LOC와 면역어레이 시장이 각각 연평균 10.3%와 17.6%로 빠르게 성장하여 점유율 판도에 약간의 변화를 가져올 전망이고, 단백질 마이크로어레이는 11억 달러 규모로 전망되는 Proteomics 시장에서 3억 6,000만 달러로 그렇게 커다란 부분을 차지하지는 않지만 지속적으로 영향력을 행사할 전망이며, LOC는 3억 2,660만 달러로 DNA 마이크로어레이 시장을 추월할 것으로 보인다(<표 2> 참조).

국내 시장을 살펴보면 2002년 현재 국내 바이오산업은 약 1조 7,000억원의 시장 규모를 형성하고 수출 7억 달러, 고용 7,000명, 업체 450여개, 세계 시장점유율 1.4% 등에 이른 것으로 발표되었다.

2002년도 국내 DNA 칩 시장에서는 다이아칩, 디지털 지노믹스, 지노텍, 바이오씨에스, 마크로젠, 바이오니아, 굿젠, 바이오메드랩, 제노프라, 에스제이하이테크, 네오딘, 디스진, 그리고 파마코제네칩스 등 내실 있는 DNA칩 전문업체가 연구개발 및 상용화를 추진하여

약 500억 원대의 시장 규모를 형성할 전망이다.

또한, 그 동안 국내의 DNA 칩 분석장비 시장은 Affymetrix나 Agilent Technologies 등 외국 장비업체들의 수억 원대 장비가 석권을 해왔지만 최근 국내 장비업체들의 약진이 두드러지고 있다.

지난 2000년 미국 하버드대학 연구팀이 수천 개의 단백질을 미세 배열한 단백질 칩을 처음 개발한 이후 국내에서도 최근 몇 년 사이에 단백질칩을 연구개발하는 민간 연구소들이 잇따라 생겨나면서 삼성전자, LG전자 등 대기업 외에 프로테오젠, 에스디, 유진사 이언스 및 제네티카 등 10여개 벤처기업들이 질병 진단이나 식품 검사용 단백질 칩을 개발하고 있다.

한편, 국내 순수 의료용 바이오센서 뿐 아니라 Post-Genome과 나노기술 연구 활성화로 연구용 바이오센서의 수요가 급증하게 됨에 따라 바이오센서 시장이 매년 50% 이상의 성장률을 기록하며 2003년에 100억원, 2005년에는 300억원 규모의 시장을 형성할 것으로 전망하고 있다.

<표 2> 미국의 바이오칩 시장전망(2000~2006)

구분/연도	2000	2001	2006	연평균 성장률(%) (2001~2006)
LOC	194.8	200.5	326.6	10.3
면역어레이	95.4	100.8	226.3	17.6
단백질 마이크로 어레이	255.9	324.4	360.0	2.1
비드어레이	148.7	195.3	240.3	4.2
DNA 마이크로 어레이	110.2	206.4	299.3	7.7
합 계	805.0	1,027.4	1,452.5	7.2

자료: BBC, 2002 (ETRI 정보조사분석팀)

### Ⅳ. 정부의 정책방향 및 대응방안

최근 과학·기술혁신 패러다임이 ‘산업화사회형’에서 ‘지식기반사회형’으로 전환됨에 따라 정부역할의 변화가 요구되어 정부는 기술혁신 중심의 R&D 투자를 강화하고 있다. 이를 기반으로 한 정부의 R&D 투자방향은 Post 반도체 등 미래전략기술 투자 확대 및 BIT, NIT 등 융합신기술개발의 기반 구축 및 지원 등 기술혁신을 통한 독자적인 초일류 신기술 및 신 성장

산업의 창출과 함께 창의적인 혁신역량 강화를 위한 기초과학·연구투자를 확대할 방침을 내세우고 있다.

정부는 소득 2만불 달성을 위한 국가전략의 일환으로 차세대 10대 성장동력을 공표한 이후 9개 부처에서 134개 기술을 차세대 성장동력 후보로 발표하여 부처간 조정과정을 거쳐 '03년 8월 차세대 10대 성장동력을 최종선정 했으며 차세대 10대 성장동력 중의 하나로 바이오 의약 및 바이오 장기 분야에서 세부과제로 바이오칩 분야를 선정하였다.

지금까지 정부 차원에서 바이오벤처 육성에 관심을

〈표 3〉 바이오칩 기술

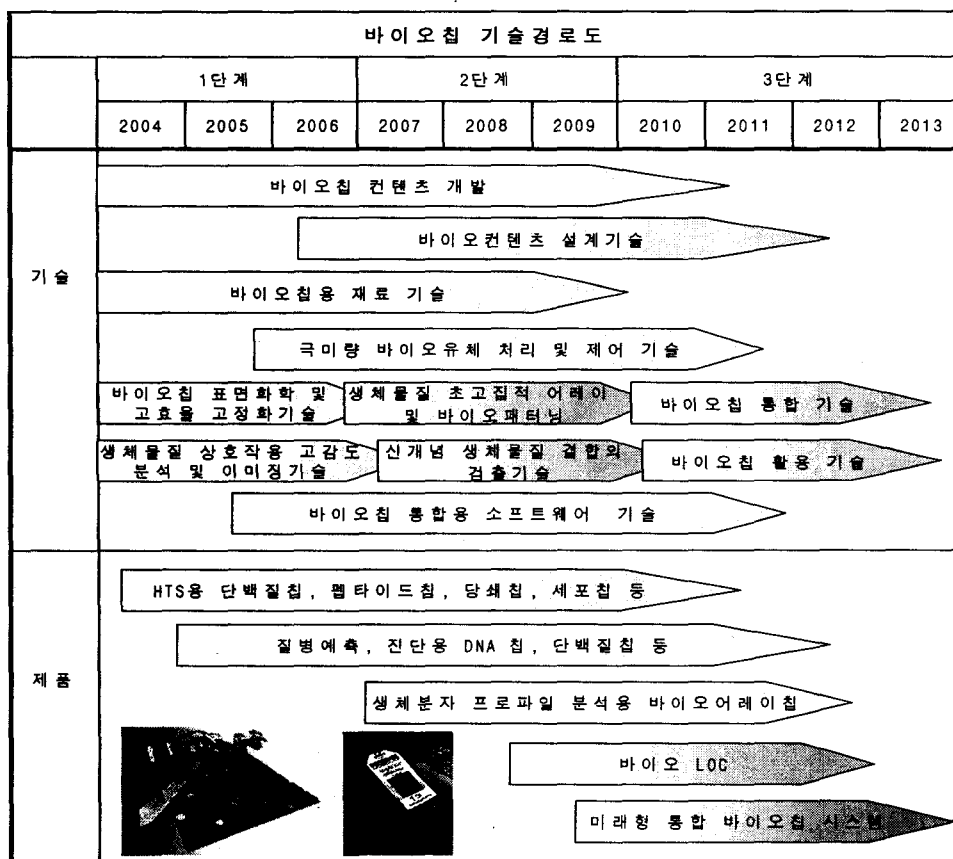
기 술	역할분담안	
칩용 바이오컨텐츠(수용체, 당쇄, 대사체 등) 개발기술	과기부	
칩 기반 바이오 분석 툴 기술		
생체물질의 표면화학기술 및 초고집적 고정화기술		
생체물질 상호작용 검출기술		
생체분자의 조작 및 단백질 공학기술		
바이오칩용 생체분자 및 수용체 개발기술		
극미량 유체처리기술		
항체를 이용한 신호증폭기술		
극미량 농도 검출기술		
생분자간 hybrid 검출기술		
표면에서의 생체분자 구조 분석기술		
신호처리 및 초고감도 분석기술		산자부
바이오칩 센싱/시그널 분석/Microfluidices를 이용한 칩 제작기술		
초고집적 바이오칩 상용화 기술		
초고집적 바이오칩 제작 및 표준화 기술		
광학 및 전자소자기술		
하드웨어 가공 및 제작기술		
진단용 바이오칩 임상해석기술		
바이오칩 시스템 개발기술 및 양산기술		

가지고 정책을 추진하고 있는 부처는 과학기술부, 산업자원부, 보건복지부, 해양수산부, 농림부, 환경부, 교육인적자원부, 그리고 정보통신부까지 총 8개에 달한다. 이들 부처는 경쟁적으로 바이오산업 육성책을 마련하고 있으나 바이오 벤처기업들은 이런 정책의 실효성에 의문을 제기하고 있는 실정이다. 여러 부처에서 바이오 벤처를 육성하려다 보니 비슷한 분야에 중복 투자하는 경우가 많고, 저명한 일부 연구자에게 자금이 집중되는 경향이 있으며, 가시적인 인기 분야에만 투자가 집중되고 장기적인 투자가 필요한 비인기 분야를 소홀히 하는 기형적인 형태로 발전하고 있다.

이 같은 문제에 대해 최근 정부에서도 심각성을 인

식하고 종합적이고 장기적인 지원 방안을 마련하고 있는데, 이러한 방안의 일환으로 정부에서는 2010년까지 2,500억 원을 투입하여 국내 시장 규모 15조 원, 수출 65억 달러, 세계 시장 점유율 10%, 고용 창출 7만 명, 바이오 업체 1,500개 등을 달성해 우리나라를 세계 7위권의 바이오산업 강국으로 육성한다는 목표를 세우고 대통령이 주재하는 ‘바이오전략회의’를 신설하고 BT와 IT 융합분야의 발전을 위한 ‘BIT 산업화지원센터’를 구축하기로 하였다. 또한 바이오칩 등 미래 핵심기술을 선정해 집중 투자하고 대덕밸리에 외국 BT 전문기업의 집적지 조성도 추진하기로 하였다.

〈그림 3〉 기술로드맵(Technology Road Map)



자료: 차세대 성장동력 추진계획 공청회, 생명보건분야 (03.11)



차세대 성장동력의 중심이 되는 핵심기술인 바이오 칩 기술개발을 위한 추진전략으로 독자적 바이오컨텐츠 기술개발을 위해 출연(연), 대학 등 생명과학 관련 연구그룹이 보유한 다양한 생물자원 콘텐츠를 적극적으로 활용해야 한다.

또한 정부는 DNA와 Protein chip의 콘텐츠인 각 질병의 유전정보 및 유용자원에 대한 DB 등의 확보를 통해 공용으로 활용할 수 있는 센터를 구축하고 기업은 이를 탑재한 고부가가치의 차별화된 바이오칩 제조 공정 개발에 주력하되 핵심적인 IT기술의 확보를 위해 대학과의 연계 및 IT기업과의 제휴를 통한 부족

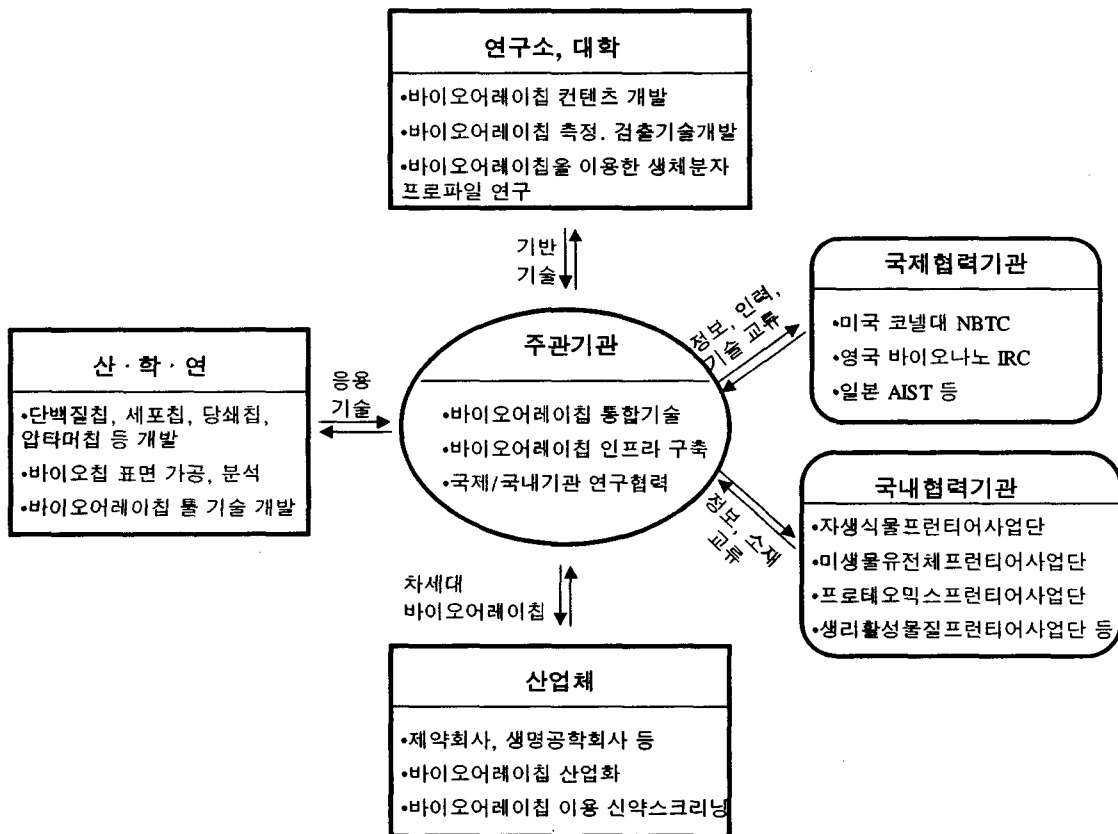
기술의 상호보완에 주력해 나가야한다.

한국의 바이오칩 산업이 발전하기 위해서는 산·학·연의 협력체제의 체계적인 정비와 함께 다음과 같은 전략적인 제휴가 필요하다.

첫째, 핵심기술을 보유한 벤처는 이들 기술의 라이선싱을 통해 연구개발비용을 충당하는 한편, 대기업은 자사의 기술을 바탕으로 필요한 요소기술들을 벤처로부터 도입하여 상품화에 초점을 맞추어야 한다.

둘째, 산업계와 학계간의 연구 커뮤니티와의 전략적 제휴로 기술적인 성과를 거두었을 경우 공동으로 특허권을 획득하거나 기술을 도입하는 것도 양자를

〈그림 4〉 추진체계



자료: 차세대 성장동력 추진 계획 공청회, 생명보건분야(03.11)

위해 바람직하며, 미국의 경우와 같이 대학이나 연구소에 기술이전사무소가 있어 대학이 개발하는 원천기술이 산업계로 이전되는 시스템을 구축하는 것도 필요하다.

셋째, 바이오칩 제작업체와 제약회사간의 전략적 제휴로 제약회사는 R&D의 시간을 절약하고, 바이오칩 제작자인 벤처의 입장에서는 R&D비용을 확보하는 등 두 업체와의 연구의 효율성을 높인다는 점에서 상호 간에 협력이 필요하다.

반도체, 전자 등의 국내 강점 기술 분야의 역량을 생명공학, 나노기술 등과 접목하여 독자적인 차세대 바이오어레이칩 기술개발에 집중 투자할 경우 차세대 바이오칩의 경우 타 분야에 비해 세계시장을 주도할 수 있는 독자적인 기술 확보가 가능하고 차세대 바이오칩 분야에 있어서는 세계최고의 기술 선진국이 될 수 있을 것이다.

바이오칩 자체 미국시장 규모는 2004년 16억불에서 2009년에는 약 47억불로 매년 43% 정도의 고 성장이 예측되며 바이오칩 통합시스템의 세계시장규모는 2001년 10.3억불에서 매년 약 65% 내외 성장하여 2004년 34억불, 2012년 900억불로 예측되는데 이와같이 세계시장의 성장가능성은 무궁무진한 반면에 이 기술은 선진국에서도 기술 태동기에 있으므로 시장진입 장벽이 비교적 낮다. 따라서 기존 기술의 모방 과정을 거치지 않는 새로운 접근방식에 의한 독창적인 기술개발을 노력할 경우 세계시장 선점 가능성이 매우 높다.

바이오 핵심 연구분야인 신약개발을 위한 초고속 신약 스크리닝(HTS)의 주요 툴로 사용될 수 있으므로 신약산업의 시장성(6천 2백억불, 2006년)을 고려하면 천문학적인 부가적 시장가치를 지니고 있다. 즉 초고속 신약 스크리닝(HTS)용 차세대 바이오어레이

칩의 성공적인 기술개발은 신약강국 진입을 가능하게 할 것이다.

마지막으로 특허권은 타 분야와 비교하여 생명공학 분야의 경우 가장 중요한 경영자원이라 할 수 있다. 국내바이오칩 관련 사업과 연구소는 적극적으로 관련 기술 역량을 확보하고 핵심기술을 개발하여 빠르게 변화하는 기술환경에 효과적으로 대처해 국내외에 특허권을 확보하고 이를 무기로 하여 효율적인 경영전략을 수립해야 한다.

### 〈참고문헌〉

1. 과학기술부, 「차세대성장동력 추진계획 공청회」, 생명보전분야 2003. 11.
2. 박유근, 「바이오칩의 국내외 현황과 전망」 삼성종합기술원, 2001. 5
3. IT 전략품목 조사분석 IT정보센터 정보조사분석팀, 「전 세계 바이오칩 시장동향」, ETRI, 2002. 12.
4. ETRI, 「Bioelectronics 기술/시장 보고서」, 2001. 12.
5. 전자부품연구원, 「Bio Chip의 산업 동향」, 2003. 06
6. 전자신문, “DNA칩 분석장비 시장에 토종 바람 솔솔”, 2002. 7. 3.
7. 한국경제, “DNA칩’ 500억 국내시장 각축”, 2002. 1. 28.
8. BioInsight, *Protein Biochips On the Threshold of Success*, 2002. 3.