

GOVP1200833742  
631 ㄴ293ㄴ

631  
L293L

# 농림 융합기술 (IT, BT, NT) 개발사업 기획연구

농림수산식품부  
농림기술관리센터



# 요 약 문

## I. 연구의 개요

### 1. 연구의 배경 및 필요성

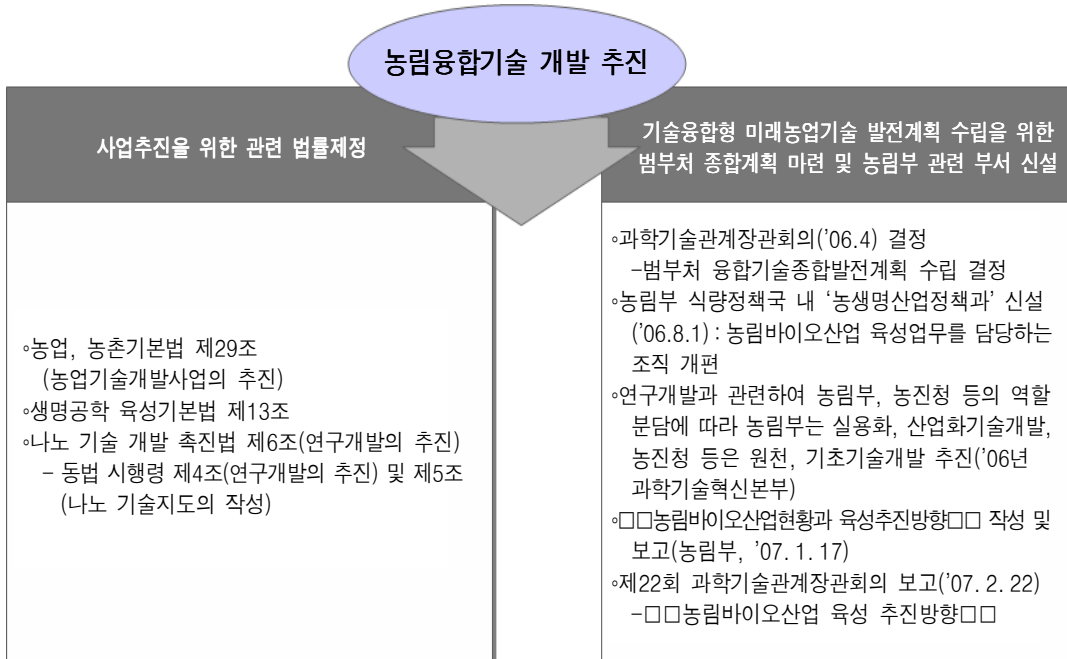
#### 가. 연구의 배경

- (1) 농업의 대내외 환경 변화에 적극 대처하기 위한 기술 경쟁력 확보
- (2) 차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 신 기술간 융합이 주도할 것으로 예측
- (3) 컨버전스 조류에 대응

#### 나. 연구의 필요성

- (1) 미래성장 동력 확보를 위한 고부가 가치 농산업 기술 창출 필요
- (2) 새 정부의 비전 - 융합기술 신사업 창출
- (3) 융합기술에 대한 범 정부적인 대응방안 수립

## 2. 추진경위

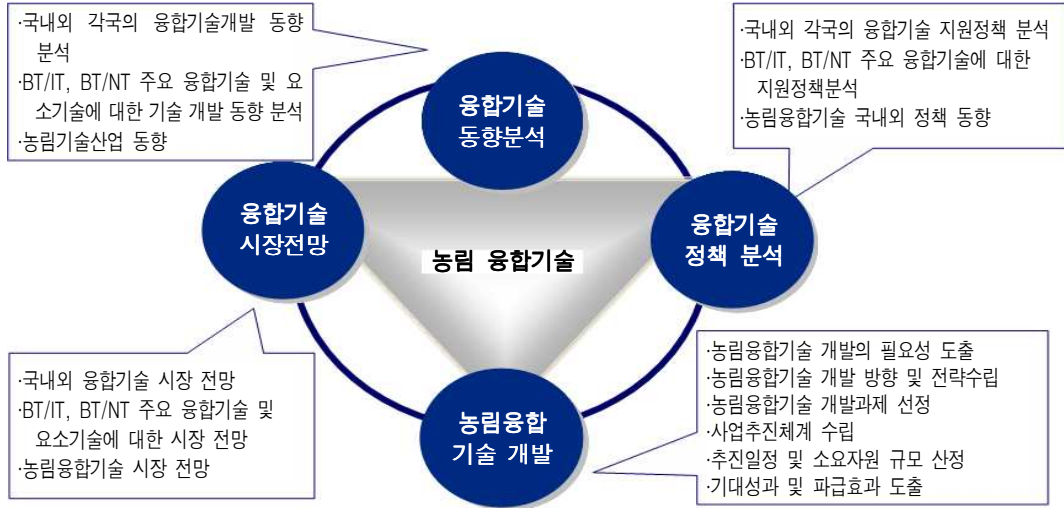


## 3. 연구의 목적 및 범위

### 가. 연구의 목적

- 국내외 IT, BT, NT 기술 및 산업에 대한 현황 및 동향과 관련 정책·사례를 분석하여 전략적인 농림분야 융합기술을 도출하고, 융합기술을 개발 할 수 있는 효과적인 추진전략 및 추진체계와 성공적인 사업화 방안을 도출 하고자 함

## 나. 연구의 범위

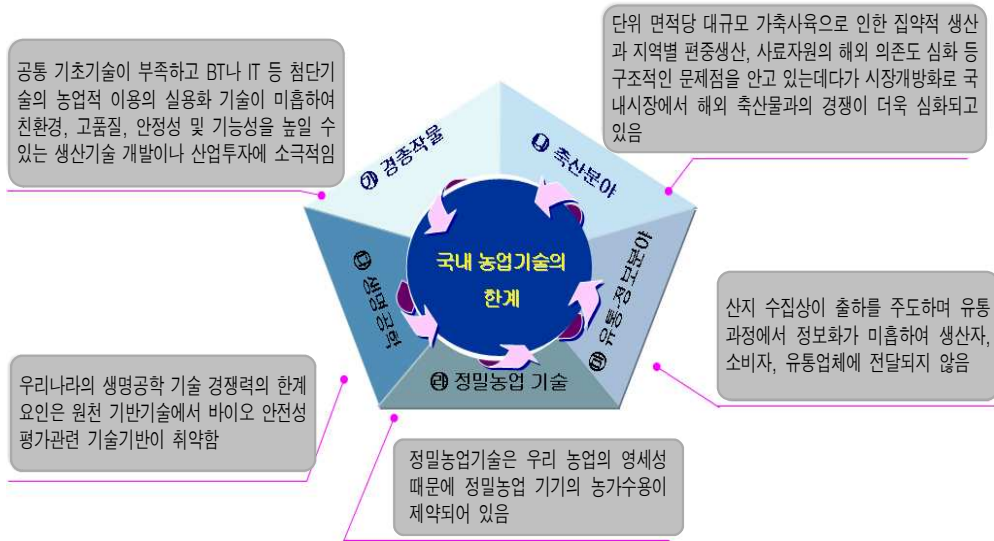


## II. 농산업의 대내외여건변화 및 농림 기술·산업 동향

### 1. 국내외 농산업의 환경변화와 농업기술의 한계

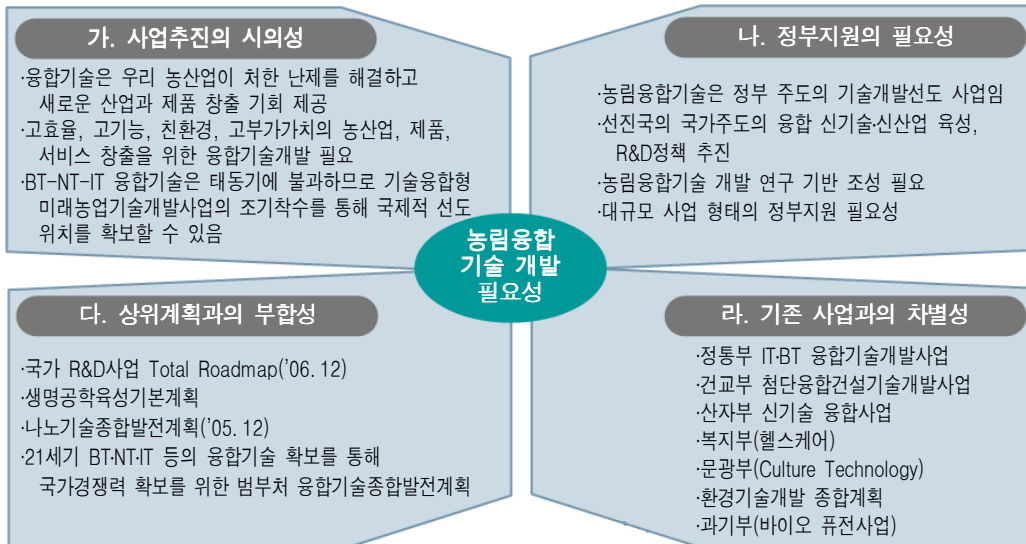
㉞ 산업환경의 변화	㉟ 기술적 환경변화
<ul style="list-style-type: none"> <li>·세계 주요 농업 수출 대국에게 우리 농산물 시장 전면 개방</li> <li>·산업화 이후 농산업의 변화와 구조전환에 실패로 정체기 상태</li> <li>·세계화, 개방화로 인한 농업의 글로벌 경쟁력 필요</li> <li>·글로벌 경쟁력 미확보시 농산업의 큰 위기 봉착 예상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 기술간 융합이 진전되어 각 기술과 영역의 구분을 초월한 기술 혁신이 가속화 될 것으로 전망됨</li> <li>·Nano-Technology와 Bio Technology는 21세기 국가 성장 동력 산업 분야임. 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 NT를 IT, BT와 더불어 21세기 중점 개발 기술 분야로 선정하여 국가 차원에서 집중 지원함</li> <li>·주요 선진국에서는 융합기술을 통한 농업의 경쟁력을 강화하기 위해 새로운 국가적 발전 계획을 강구하고 있음. 현재 BT-NT-IT 융합기술 개발은 미국이 선도하고 있으며, 일본 유럽 등도 국가적 노력을 경주하고 있음.</li> </ul>
㉡ 사회/문화적 환경변화	㉢ 제도적 환경변화
<ul style="list-style-type: none"> <li>·농어촌 인구의 고령화와 탈농어업 현상이 매년 심화되고 있고 심각한 수준임</li> <li>-60세 이상의 노년 경영주가 전체 농가의 61.2%(2007년 통계청)</li> <li>·소득증가로 인한 삶의 질적인 향상은 건강에 대한 관심과 웰빙(Well-being) 바람을 일으켰고 이로 인한 농산물 소비의 패턴이나 관심사에도 변화가 생김</li> <li>-과거 생산자 중심의 농업이 소비자 중심으로 변화고 있음</li> <li>-현재 식품소비 측면에서 유기농 식품에 수요가 빠른 증가 추세를 보이고 있음</li> <li>-국민의 식품안전에 대한 요구도 갈수록 고조되고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·미국은 BT관련 융합분야인 바이오인포매틱스, 나노-바이오 디바이스, 바이오 센서 등을 집중 지원하고 있으며, NT, BT, IT 및 인지 기술을 융합한 NBIC 기술을 삶의 질을 향상시킬 수 있는 기술로 인식하고 수억불을 투자할 계획임</li> <li>·2002~2004년 기간 동안 BT-NT 융합기술에 대한 우리 정부의 연구비 투자는 연 100억원 내외로 전체 나노 기술 분야 연구비의 5% 정도에 해당하였으나, 2005년 이후 급격한 증가 추세에 있음</li> </ul>

## 2. 국내 농업기술의 한계



## III. 농림융합기술 개발의 필요성 및 성공사례

### 1. 농림융합기술 개발의 필요성



## 2. 농림융합기술 개발을 통한 사업성공 사례

### 가. 농림바이오소자

- 유전자 검출 키트인 UniPrimer Kit 및 DNA-Chip 을 이용한 질병 유전자 마커와 관련한 연구용역, 분석서비스 제공(서린바이오)

### 나. 농림나노공정 및 나노소재

- 나노베타 CS-1 및 약용버섯의 기능성 천연물소재에서 나노추출 기술 연구(하나바이오텍)

### 다. 나노식품

- 당근과 토마토에 풍부한 오렌지 색깔을 띠는 카로티노이드라는 식품첨가물의 나노 버전의 제품을 개발(BASF)
- 마가린, 아이스크림, 버터 등 콜로이드 상에 사용되는 영양전달캡슐 개발(Nestle)
- 식품분자의 향미와 향기를 유지하는 나노폴리머 캡슐 개발(LNK Chemsolutions)

## IV. 농림융합기술 개발 투자방향 및 목표

### 1. 농림융합기술개발 투자방향

#### 가. 첨단 농림융합기술 개발

- BT, IT, NT 등 최근 급속히 발전하는 첨단 기술간의 결합으로 기존 농업기술 개발의 한계를 극복하고 새로운 기술 분야를 창출할 수 있음

#### 나. 융합기술을 통한 미래형 고부가가치산업 육성

- 융합기술을 이용한 친환경, 고효율성 지능형 생산체계 확립
- 융합기술을 활용한 고부가가치 신제품·신소재 개발

- 고품질 안전 농산물 생산이력관리 및 유통 시스템 개발

#### 다. 농림융합기술의 실용화, 상품화, 사업화

- 농산업의 생산, 가공 및 유통 현장에서 유용하게 적용할 수 있는 현장중심의 기술을 개발함
- 실험실 단위에서 이루어지는 검출, 검사, 계측이 아닌 농산업 현장에서 적용 가능한 휴대용 검출 및 센싱 장치를 개발함.

## 2. 농림융합기술 개발과제 선정

### 가. 농림바이오융합기술 과제

- 식품안전 바이오 센서 개발
- 환경바이오 센서 개발
- DNA database 구축 및 정보 활용을 통한 농축산물 원산지 검증기술 개발
- 국가 식품 계놈 프로젝트
- 농작업용 휴대용 컴퓨터 또는 웨어러블 초소형 PC 개발
- 농작용 로봇 개발

### 나. 농림나노융합기술 과제

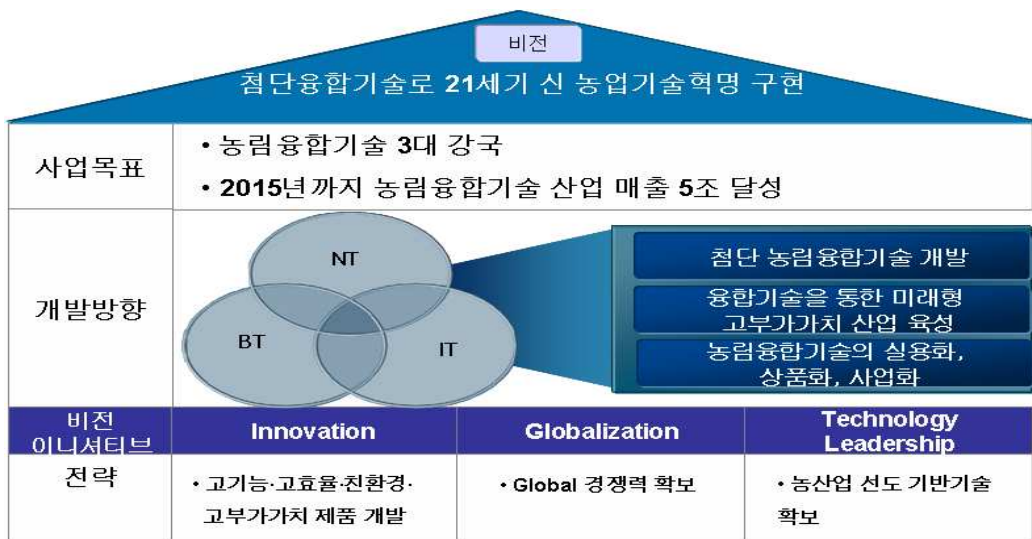
- 지능형 병충해 방제시스템을 위한 바이오 나노소재개발
- 농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술
- 식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노 생산가공기술
- 고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술



- 농·축산물의 식품의 안정성 평가 융합기술
- 가축 및 작물의 병행 진단 및 관리용 시스템 개발

### 3. 농림융합기술 개발사업의 목표 및 내용

#### 가. 사업의 비전과 목표

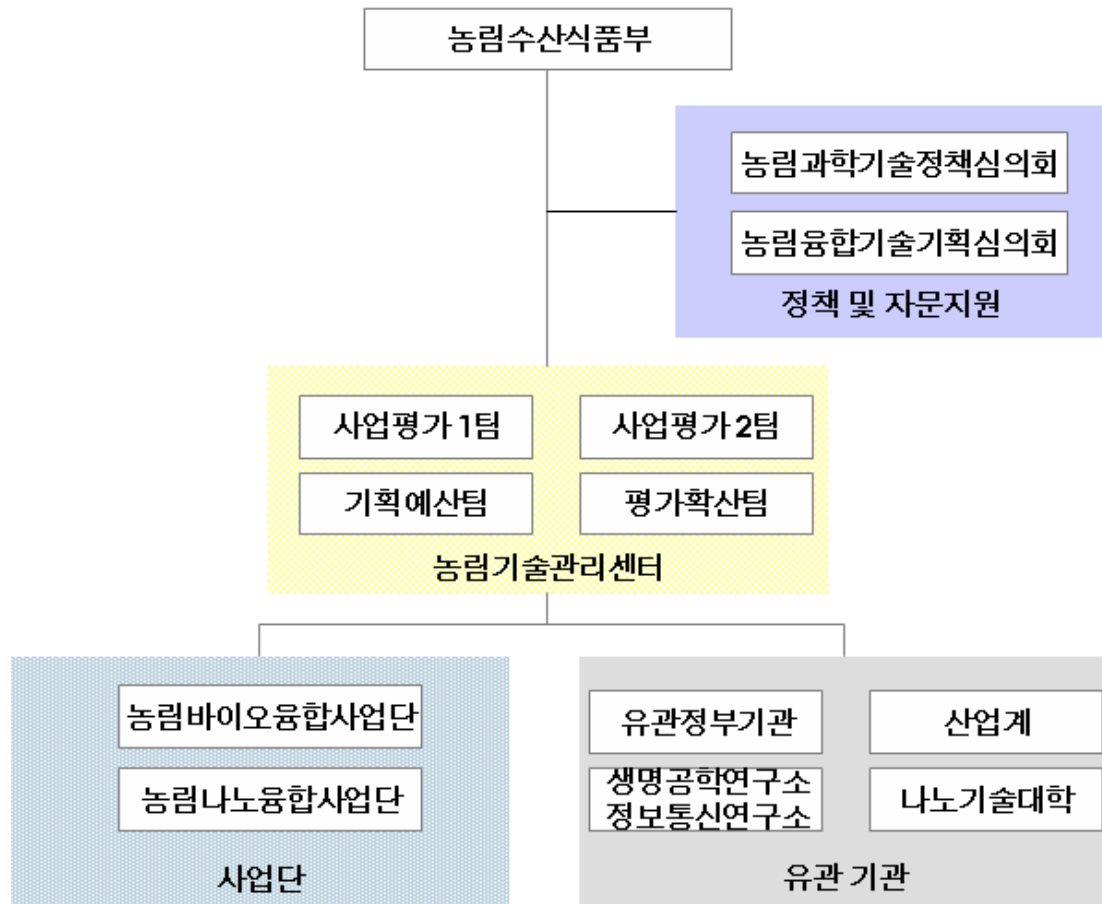


#### 나. 개발 내용

- 사업기간 : (2009)년 ~ (2013)년
- 총사업비 : 400억원('07년까지 기투자액 : - 억원)
- 지원형태 : 국고보조
- 지원조건 : 국고 80%(민간 20%)
- 사업시행주체 : 농림수산식품부
- 사업관리기관 : 농림기술관리센터(ARPC)

## V. 사업추진계획 및 소요자원

### 1. 추진체계



## 2. 추진전략과 방법

추진 내용	추진 주체	추진 전략	추진 방법
기본계획 수립	농림수산식품부	·사업의 목표 및 로드맵 작성	·전문가 활용
사업수행 기관선발	농림수산식품부	·전문연구관리기관의 선발	·사업 시행 주체의 적절성 평가
사업시행 계획수립	농림기술관리 센터	·구체적 사업 시행 계획 작성	·전문가 활용
사업시행 선발	농림기술관리 센터	·공모를 통한 사업시행기관 선발	·전문가를 활용한 사업 계획 평가, 공개 발표, 및 현장 평가
사업시행	전문연구기관	·산·학·연 공동연구 ·다학제간 협동 연구 ·국제협력 및 기술 교류 ·연구성과 홍보 및 교육	·기업, 대학, 연구소가 주축이 되어서 연구 개발을 수행 ·융합기술 관련 학문 분야간 통합 사업단 구성 ·국제 심포지움 개최 ·연구성과 홍보 매체 제작 및 강연회 개최
진도관리	농림기술관리 센터	·연차평가, 단계평가 실시 후 계속 지원 여부 결정	·연차 및 단계별 평가 보고서 제출 및 전문가를 활용한 공개심사
최종 평가 및 사후관리	농림기술관리 센터	·목표달성도, 산업화, 기술이전 등 실적 평가 후 미비 시 제재	·보고서 제출 및 전문가를 활용한 공개 심사

## 3. 추진로드맵

### 가. 농림바이오융합기술 로드맵

추진 단계 구분		1단계(융합기)			2단계(실용화 및 사업화)	
년도		2009	2010	2011	2012	2013
과제	농산품/식품의 안정성 고속 측정 시스템 농산품/식품의 안정성 모니터링 시스템 한우 육량·육질 조기선발용 DNA Kit 산업화 기술 개발	식품/농수산물 고속평가 기술 확보	식품/농수산물 안전성모니터링 시스템 구성 기술 확보	감염성 질환 인지 고속검지 기술 확보	식품/농수산물인지 상시 모니터링 시스템 패키징 기술	현장적용 및 실용화
		DNA 마커의 적용 및 개발	마커를 이용한 DNA Kit 개발	사업화		사업화
		다중 생화학 물질 센서 어레이 신호 처리/분석 및 칩 제작 기술	센서 칩 SOC 제작기술	현장적용		
	농축산 감염성 질환 검사 키트 및 시스템 농축산 감염성 인자 모니터링 시스템	센서 신호 네트워크 기술	센서용 무선통신 칩 제작기술	현장적용		
		생화학 인지 상시 모니터링 시스템 구성 기술 확보	생화학 인지 상시 모니터링 시스템 패키징 기술	실용화		
	주요 농축산물에 대한 DB화 하여 원산지 검증기술 개발 주요 농수산물에 대한 유전자 분석 및 DB 구축	유전자 감식정보 DB 설정 및 개체 식별 마커 시스템 적용	DNA 개체정보 연계 및 DB 표준설계와 정보 활용	진단 Kit 개발 및 실용화		
		유전자 감식정보 DB 설정	DNA 개체정보 연계 및 DB 표준설계와 정보 활용			
	농작업용 휴대용 컴퓨터 또는 웨어러블 초소형 PC 개발	액추에이터 소형화, 평판화, 유연화	인터페이스의 소형화, 평판화, 유연화	초소형, 고성능, 전지 개발		
		센서의 소형화, 평판화, 유연화	네트워크 부품의 소형화, 평판화, 유연화	현장적용 및 실용화		
	농작업 로봇 개발	진계 및 바이오 센서 설계	진계 및 바이오 센서 제작·제거기술 개발	현장적용		
구동기 설계		구동기 제작	실용화			

나. 농림나노융합기술 로드맵

추진 단계 구분		1단계(융합기)			2단계(실용화 및 사업화)		
년도		2009	2010	2011	2012	2013	
과제	고품질 농 축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	고효율 조적배양 기술	기능성 평가지표 물질 탐색	나노 바이오 센서화	대량생산 및 실용화	휴대용 장치 상품화	
		DNA 바코드 개발	육질 평가지표 물질 탐색	생체 주입형 나노칩 개발	이력관리 IT 기술 개발	상품화	
	식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산기공기술	미세분극 기술개발	기능성소재의 나노캡슐화	미세 식품소재의 기능성 평가	안정성 평가 및 실용화	나노 캡슐을 이용한 식품개발	
		우주식품 개발을 위한 식품가공 기술개발	나노 캡슐의 체내전달 평가	우주식품 개발을 위한 식품가공 기술개발	상품화 개발		
	농 축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	유·무기물 나노센싱 기술	극미량 단위 중금속 검출기술	나노디바이스 개발	휴대용 극미량 검출장치 개발	현장적용 및 실용화	
		미세잔류환경호르몬 검출기술	가축질병 지표 탐색	가축질병 항체 고정 단백질칩	가축사육관리 지표 탐색	고속 집적분석용 나노디바이스	현장적용 및 실용화
	가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	작물 위해병원균 검출 기술	작물 살충제용 서방성 소재개발	서방성소재의 나노 제형화	해충인식 지능형 방제소재	지능형 방제소재의 성능평가	현장적용 및 실용화
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 바이오나노소재 개발	선역적 나노방제시스템 설계	미생물 농약의 나노 캡슐화	중합 방제시스템 구축을 위한 기술 개발	미생물 농약의 나노캡슐의 현장적용 및 실용화			
농 축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	선선도 향상 나노코팅기술개발	농축산물로부터 유용고분자 물질 추출기술	저장성 향상 나노코팅기술	생분해 나노합성 포장재 개발	현장적용 및 실용화	상품화	
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	선역적 투과 나노필름 개발	비료 및 농약의 나노에멀전화	비료 농약의 친환경 고효율화	현장적용 및 평가	현장적용 및 상품화	상품화	
	농산폐기물 나노바이오 처리공정	토양오염 지표탐색 및 검출기술	고집적 나노바이오칩 개발	휴대용 장치개발 및 상품화			
	고효율 나노바이오 필터 개발	농산폐기물 나노바이오 처리공정	나노바이오 반응기 설계및응용	실용화			
	고효율 나노바이오 필터 개발	축사현장 적용 시스템 개발	현장적용 및 실용화				

4. 소요예산

○ 13개 대과제 당 연간 약 6억원 지원

○ 실용화 및 사업화기인 2단계의 비중을 높여 단계별로 연구비의 상향 조정 검토

(단위: 억원)

	1단계			2단계		계
	2009	2010	2011	2012	2013	
정부	53.4	53.4	53.4	80	80	320
민간	13.3	13.3	13.3	20	20	80
계	66.7	66.7	66.7	100	100	400

## VI. 기대성과 및 파급효과

### 1. 과학기술적 파급효과

#### 가. 나노바이오 센싱 기술·나노 지능형 전달 처리 시스템·나노소재로 인한 국내 농·축산물 및 식품의 안전성 향상

- 나노바이오 센싱 기술은 나노크기의 새로운 센서를 화학적, 물리적, 생물학적 측정 장치를 접목하여 식품 안전진단용 센서로 활용함으로써 극소량의 식품내의 위해물질, 환경호르몬, 독성 물질, 중금속, 화학적 부패, 바이러스 등을 신속히 감지 함으로써 식품의 국내의 농·축산물 및 식품에 대한 안전성을 강화할 수 있음

#### 나. 나노소재 활용을 통한 환경보호

- 나노비료·나노살충제·나노 방제 시스템 이용을 통해 일반 비료나 살충제 사용을 획기적으로 감축시켜 토양 및 농산품의 오염을 최소화 하고 환경 친화적인 소재 사용을 통해 환경보존 및 생활환경의 질을 향상 시킬 수 있음

#### 다. 기술 융합형 농업기술 확보로 농산업의 국제 경쟁력을 제고 할 수 있는 능력 확보

- DNA를 이용한 바코드 등 바이오분자를 이용한 정보처리 및 저장 기술에 관한 기반 및 응용기술 확보
- 초미세 바이오 물질 검출 및 제어를 위한 농업현장용 기술 확보
- 바이오테크놀로지를 이용한 농업 및 식품 응용기술 확보
- 나노 전분, 나노살충제 등 바이오테크놀로지를 이용한 농업 및 임업 기술 확보
- 고품종 작물의 효율적 개발 기술 확보

### 2. 경제사회적 파급효과

- 나노바이오기술 관련 세계시장 규모가 급격하게 증가할 것으로 전망되고 있으며(아래 표 참조) 기술융합형 미래농업기술의 선점 및 배타적 확보를 통해 세계시장에 능동적으로 대처

사업내용	관련 제품 시장명	세계시장규모		나노 융합기술의 시장점유율 전망 (2015년 기준, %)
		2005년 (억원)	2020년 (억원)	
고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	작물 기능성 평가용 나노 바이오 센서	0	15,000	45
	생체 주입형 육질 평가 나노 시스템	0	2,000	40
식품 및 천연자원의 고부가 가치화를 위한 나노생산기 공기술	나노입자 식품	0	30,000	30
	나노화장품	10,000	40,000	70
농·축산물 및 식품의 안전 성 평가 융합기술	잔류 환경 호르몬 검출용 나 노 디바이스	200	2,500	15
	위해물질의 모니터링을 위 한 나노 바이오센싱 기술	100	1,500	10
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	작물 병원균 검출용 나노 진단 키트	10	2,000	25
지능형 병해충 防除 시스템 을 위한 나노소재 개발	표적지향성 나노 劑形	100	5,000	50
	미생물 농약 나노 캡슐화	100	7,000	45
농·축산물 및 식품의 보 존·유통과 관련된 융합기 술	신선도 및 저장성 향상용 필름	1,000	45,000	30
농업 환경 오염 측정 및 제 어를 위한 융합기술	토양 오염 측정용 나노 바이오칩	0	1,000	35
	축산악취 제거용 고효율 나노 바이오필터	2,000	56,000	40

### 3. 경제적 파급효과

- 기회 비용과 인플레이션을 고려한 연간 할인율을 7.5%로 가정하고 400억 원을 연간 일정 금액으로 투자하여 2015년에 목표 점유율을 달성할 경우 기대되는 매출의 현재 가치는 약 3조1,153억 원임을 알 수 있음 (현재 시장 점유율은 1%이기 때문에 투자하지 않을 경우 추가 매출이 4,518억이 발생하는 것으로 가정함)

투자 기대 매출	비투자 기대 매출	투자 효과
35,671억 원	- 4,518억 원	31,153 억 원

# 목 차

제1장 연구의 개요 .....	1
1. 연구의 배경 및 필요성 .....	1
가. 연구의 배경 .....	1
나. 연구의 필요성 .....	2
2. 추진경위 .....	4
3. 연구의 목적 및 범위 .....	5
가. 연구의 목적 .....	5
나. 연구의 범위 .....	6
3. 연구방법론 .....	7
제2장 융합기술의 개요 및 특성 .....	8
1. IT·BT·NT 융합기술의 개요 .....	8
가. 융합기술의 개념 .....	8
나. 융합기술의 정의 .....	8
다. 융합기술의 특징 .....	9
라. 융합기술의 유형 .....	10
마. 주요 선진국의 정의 및 범위 .....	12
바. 국내 융합기술의 정의 및 범위 .....	12
2. 바이오 기술의 융합 .....	13
가. BT·IT 융합기술의 개념 .....	14
나. BT·IT 융합기술 핵심기술 분야 .....	19
다. BT·NT 융합기술의 개념 .....	24
라. BT·NT 융합기술 핵심 분야 .....	27
3. 농림융합기술의 정의 .....	28
4. 농림융합기술의 범위 .....	29
제3장 융합기술 동향 .....	31
1. 국외 융합기술 동향 .....	31
가. IT·BT·NT 융합기술 세계 동향 .....	31
나. BT·IT 융합기술 각국 동향 .....	33
다. BT·IT 융합기술 분야별 기술개발 동향 .....	35
라. 해외 주요 기업의 BT·IT 기술 개발 동향 .....	39
마. BT·NT 융합기술 세계 동향 .....	40

바. BT·NT 융합기술 분야별 기술개발 동향 .....	40
2. 국내 융합기술 현황 .....	44
가. IT·BT·NT 융합기술 국내 동향 .....	44
나. BT·IT 융합기술 국내 동향 .....	45
다. BT·IT 융합기술 특허 동향 .....	46
라. BT·NT 융합기술 국내 동향 .....	47
마. BT·NT 융합기술 특허 동향 .....	49
바. BT·IT, BT·NT 융합 전반적 기술 수준 .....	50
3. 농산업의 대내외여건변화 및 기술산업 동향 .....	52
가. 국내외 농산업의 환경변화와 농업기술의 한계 .....	52
나. 국내외 기술산업 동향 .....	57
제4장 융합기술 시장 전망 .....	68
1. IT·BT·NT 융합기술 시장 동향 및 전망 .....	68
2. 바이오 융합기술 시장동향 및 전망 .....	68
가. BT·IT 융합기술 시장 동향 및 전망 .....	69
나. BT·NT 융합기술 시장 동향 및 전망 .....	72
3. 농림융합기술 시장 전망 .....	77
가. 농업/식품 시장 .....	77
나. 농림 바이오 융합기술 시장 .....	78
다. 농림나노 시장 .....	79
라. 나노식품 시장 .....	80
제5장 융합기술 정책 동향 .....	82
1. 국외 융합기술 정책 동향 .....	82
가. IT·BT·NT 융합기술 국외 정책 동향 .....	82
나. BT·IT 융합기술 국외 정책 동향 .....	84
다. BT·NT 융합기술 국외 정책 동향 .....	85
2. 국내 융합기술 정책 동향 .....	86
가. IT·BT·NT 융합기술 국내 정책 동향 .....	86
나. BT·IT 융합기술 국내 정책 동향 .....	90
다. BT·NT 융합기술 국내 정책 동향 .....	90
3. 농림융합기술 국내외 정책동향 .....	94
가. 미국 정책동향 .....	94
나. 국내 정책동향 .....	95



제6장 농림융합기술 개발의 필요성 및 성공사례 .....	96
1. 농림융합기술 개발의 필요성 .....	96
가. 사업추진의 시의성 .....	96
나. 정부지원의 필요성 .....	98
다. 상위계획과의 부합성 .....	100
라. 기존 사업과의 차별성 .....	101
마. 역량분석 .....	106
바. 사업추진상의 위험요인과 대응방안 .....	108
2. 농림융합기술 개발을 통한 사업성공 사례 및 시사점 .....	109
가. 농림바이오 소자 .....	109
나. 농림나노공정 및 나노소재 .....	110
다. 나노식품 .....	110
제7장 농림융합기술개발 투자방향 및 목표 .....	111
1. 농림융합기술개발 투자 방향 .....	111
가. 첨단 농림융합기술 개발 .....	111
나. 융합기술을 통한 미래형 고부가가치산업 육성 .....	111
다. 농림융합기술의 실용화, 상품화, 사업화 .....	111
2. 농림융합기술 개발과제 선정 .....	112
가. 농림바이오융합 기술 과제 .....	112
나. 농림나노융합 기술 과제 .....	114
3. 농림융합기술 개발의 목표 및 내용 .....	118
가. 사업의 비전과 목표 .....	118
나. 개발 내용 .....	120
다. 특기사항 .....	122
제8장 사업추진계획 및 소요자원 .....	124
1. 농림융합기술 개발 추진체계 .....	124
가. 농림수산식품부 .....	125
나. 농림기술관리센터 .....	125
다. 사업단 .....	125
라. 농림과학기술정책심의회 및 농림융합기술기획위원회 .....	125
마. 유관기관 .....	125
2. 추진 전략과 방법 .....	126
가. 추진전략 .....	126
나. 전문 인력 양성 .....	127
다. 연구방법 .....	127

3. 추진일정 .....	129
가. 농림바이오융합기술 로드맵 .....	130
나. 농림나노융합기술 로드맵 .....	131
4. 평가계획 .....	132
가. 기획단계 .....	132
나. 연구개발 단계 .....	133
다. 사업화 단계 .....	135
5. 소요자원의 규모와 확보방안 .....	137
가. 소요예산 .....	137
나. 소요인력 .....	138
제9장 기대성과 및 파급효과 .....	139
1. 과학기술적 파급효과 .....	139
2. 경제사회적 파급효과 .....	142
가. 예상 세계시장 규모와 점유율 .....	144
나. BT·NT·IT 융합관련 전문 인력 양성 .....	145
다. 경제적 파급효과 .....	145
참고문헌 .....	148

# 표 목 차

<표 1- 1> 연구방법론 .....	7
<표 2- 1> 융합기술의 정의 .....	9
<표 2- 2> 기술복합화 Vs 기술융합 .....	10
<표 2- 3> 융합기술의 유형 .....	11
<표 2- 4> BT·IT 융합 관련 개념 .....	15
<표 2- 5> 신약 후보물질 발굴 비교 .....	16
<표 2- 6> 융합기술 국내외 경쟁력 분석 .....	17
<표 2- 7> BT·IT 융합 기술의 분류 .....	18
<표 2- 8> BT·IT 융합 기술의 분류에 따른 세부 내용 .....	18
<표 2- 9> 주요 바이오 센서 .....	21
<표 2-10> 바이오 인포매틱스 기술분야 .....	21
<표 3- 1> 해외 주요 IT 기업의 BT진출현황 .....	39
<표 3- 2> 주요 국가별 BT·IT 융합기술 개발 동향 .....	40
<표 3- 3> 나노바이오센서 연구 동향 .....	42
<표 3- 4> 부처별 융합기술관련 사업추진 현황 .....	44
<표 3- 5> 부처별 BT·IT 융합기술개발 추진 현황 .....	46
<표 3- 6> BT·IT 분야별 개발현황 및 기술수준 .....	50
<표 3- 7> 나노바이오 국내외 기술현황 및 최고기술 국가 대비 기술수준 .....	51
<표 3- 8> 국내외 농산업의 환경변화 분석 .....	52
<표 3- 9> 농업/식품 테스트 분야의 대표적인 검출기법 및 예 .....	59
<표 3-10> 세계바이오산업 시장현황 및 전망 .....	59
<표 3-11> 일본의 농림수산·식품분야의 융합기술 관련 미래예측 과제 .....	66
<표 4- 1> 세계 바이오 융합시장 규모 .....	69
<표 4- 2> 국내 바이오 융합산업 주요제품 및 시장규모 .....	69
<표 4- 3> 바이오 센서/칩 연도별 시장 전망 .....	70
<표 4- 4> 바이오칩의 세계시장 전망 .....	70
<표 4- 5> 바이오센서의 세계 시장 전망 .....	70
<표 4- 6> Microfluidics-based 바이오칩 소모품과 기기류에 대한 전세계 예상시장규모 .....	74
<표 4- 7> 마이크로플루이딕스 관련 바이오칩 및 관련기기의 추정 시장 규모 .....	74
<표 4- 8> Microarray-based 바이오칩 소모품과 기기류에 대한 전세계 예상시장규모 .....	75

<표 4- 9> 마이크로어레이 관련 바이오칩 및 응용분야별 추정 시장 규모 .....	75
<표 4-10> 나노바이오 응용기술의 시장 규모 예측 .....	76
<표 4-11> 생물농업/식품 시장기준 시장 성장 전망 .....	77
<표 4-12> 식품 테스트용 바이오센서 시장규모 .....	77
<표 4-13> 식품용 바이오센서의 지역별 시장현황 .....	78
<표 4-14> 2015년 바이오융합사업 시장구조 .....	87
<표 4-15> 검사방법별 식품미생물검사 시장규모 .....	80
<표 4-16> 분야별 나노식품 산업 세계시장 규모 .....	81
<표 5- 1> 참여정부의 과학기술 기본계획 .....	87
<표 5- 2> 행정계획·전략 .....	89
<표 5- 3> 나노바이오 부처별 연구비 현황 .....	91
<표 5- 4> 나노바이오 분야별 지원현황 .....	92
<표 5- 5> 나노바이오 연구 기관별 연구비 현황 .....	93
<표 5- 6> 나노바이오 연구 성격별 연구비 현황 .....	93
<표 6- 1> 농산업 융합기술 분야 SWOT 분석 .....	106
<표 6- 2> 농산업 융합기술 국내외 기술 개발 현황 및 기술력 비교 .....	107
<표 7- 1> 주요 단계별 추진 목표 .....	120
<표 7- 2> 농림융합기술 사업내용 및 사업 목표 .....	121
<표 8- 1> 추진내용에 따른 추진전략 및 추진방법 .....	127
<표 8- 2> 사업 추진일정 .....	129
<표 8- 3> 농림바이오융합기술 로드맵 .....	130
<표 8- 4> 농림나노융합기술 로드맵 .....	131
<표 8- 5> 소요예산 .....	137
<표 8- 6> 소요인력 .....	138
<표 9- 1> 농산업 융합기술의 과학기술적 주요 성과계획 .....	139
<표 9- 2> 선진국 대비 국내 농산업 융합기술의 수준의 향상 기대치 .....	140
<표 9- 3> 나노바이오 핵심기술별 시장전망 .....	143
<표 9- 4> 농림융합기술 시장규모와 점유율 .....	144
<표 9- 5> 농림융합기술 전문 인력 양성 방안 .....	145
<표 9- 6> 바이오 융합 시장기준 현황 .....	145
<표 9- 7> NPV에 의한 경제적 과급효과 .....	146
<표 9- 8> 본사업을 통해 기대되는 투자효과 .....	147

# 그림 목 차

<그림 1-1> 정보시대에서 융합시대로의 변화 .....	2
<그림 1-2> 농림융합기술 개발 추진경위 .....	5
<그림 1-3> 농림융합기술 개발사업 연구범위 .....	6
<그림 2-1> 융합기술의 개념 .....	8
<그림 2-2> 융합기술의 패러다임 변화 .....	10
<그림 2-3> 융합기술의 유형, 영역 및 기술 분류 .....	12
<그림 2-4> 바이오 인포매틱스 응용 분야 .....	22
<그림 2-5> 농림융합기술의 범위 .....	29
<그림 3-1> 국내 BIT 융합기술 특허 동향 .....	47
<그림 3-2> 국내 BNT 융합기술 특허 동향 .....	50
<그림 3-3> 분야별 농업기술의 한계 .....	56
<그림 3-4> 세계바이오산업 응용분야별 분포 현황 .....	59
<그림 3-5> 농림나노바이오 융합 미래예측 기술 .....	62
<그림 4-1> 세계 바이오융합산업 시장규모 .....	68
<그림 4-2> 세계 바이오 인포매틱스 시장전망 .....	71
<그림 4-3> 세계 바이오인식산업 전망 .....	71
<그림 4-4> 전세계 기술별 생체인식시스템 시장전망 .....	72
<그림 4-5> 2003년도 국내 생체바이오 시장의 구성 .....	72
<그림 4-6> 국내바이오인식 시장전망 .....	72
<그림 4-7> 나노바이오 관련 세계 시장 규모 .....	73
<그림 6-1> 농림융합기술 개발의 필요성 .....	96
<그림 7-1> 한국의 나노바이오 기술 분야의 전망 .....	117
<그림 7-2> 농림융합기술 사업 비전과 목표 .....	118
<그림 8-1> 농림융합기술 개발 추진체계 .....	124
<그림 8-2> 연구체계 .....	128
<그림 8-3> 평가단계 및 지표 .....	132

## 제1장 연구의 개요

### 1. 연구의 배경 및 필요성

#### 가. 연구의 배경

##### (1) 농업의 대내외 환경 변화에 적극 대처하기 위한 기술 경쟁력 확보

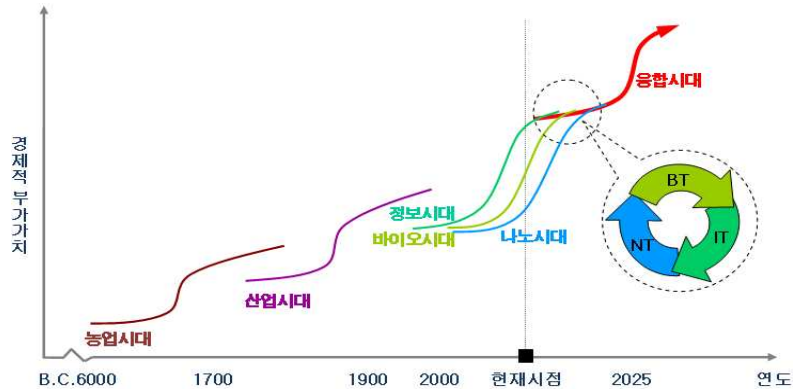
- FTA(Free Trade Agreement) 협상, WTO(World Trade Organization) 체제, DDA(Doha Development Agenda), 쌀 개방 협상 추진 등으로 시장개방이 가속화되고 있으며 이러한 여건 하에서 우리 농업과 농촌의 건실한 발전과 경쟁력 제고를 위해서는 무엇보다 기술의 혁신을 통한 국내 농산업의 체질 개선이 시급함
- FTA 체결에 따라 해외시장 개척의 기회를 창출하기 위한 수출 전략형 기술 도출이 요구됨
- 우리 농업은 산업화 이후 지속적인 침체기와 맞고 있는 가운데 농림 산업의 성장력을 확보하기 위해서는 기술융합형 미래선도 농업기술에 대한 연구 및 기술 개발이 대두됨

##### (2) 차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 신 기술간 융합이 주도할 것으로 예측

- 바이오기술, 나노기술, 부품소재기술, 정보기술 등 16개 미래 유망 주요기술제시('06 미국랜드연구소 “세계 기술혁명보고서 2020”)
  - 바이오기술은 향후 새로운 기술혁명을 주도할 수 있는 분야로서 사회전반에 파급효과가 크고
  - 나노기술은 분자, 원자 수준의 조작 및 제어를 통해 다양한 응용분야에서 기술혁신을 주도할 수 있는 핵심 기술로 부상할 것으로 예상됨
- 첨단 기술간의 융합화의 가속화에 따라 BT와 IT간 결합한 생물정보학, BT와 NT가 결합한 나노바이오 등의 융합기술은 지속적으로 확대 발전할 것으로 전망됨
- 융합기술은 궁극적으로 산업간 서비스간의 경계를 넘어 새로운 산업의 패러다임을 제공하여 경제, 산업, 기술 전반에 걸쳐 획기적인 변화와 가치를 제공할 것으로 전망됨

- 융합기술은 의료, 건강, 안전, 에너지, 환경 분야 등 미래의 사회적, 경제적, 기술적 문제를 해결 할 수 있는 혁신적 기술을 제공할 것으로 전망됨(자료: 과학기술부, 융합기술 종합발전 기본계획, 2007)

<그림 1-1> 정보시대에서 융합시대로의 변화



- 각국 정부와 기업들은 미래 신 성장동력의 모멘텀을 확보하기 위해 융합기술 개발에 매진하고 있으며, 21세기 디지털 컨버전스 시대에 국가 경쟁력 제고를 위해 범 부처 차원의 융합기술 종합발전 기본계획 수립에 상응하는 농림 융합기술 개발 사업이 절실함

### (3) 컨버전스 조류에 대응

- 현재, 기존 아날로그 제품 및 서비스에 대한 디지털화, 네트워크화, IT화가 진행되면서 기기, 서비스, 산업 간의 융합이 진전되고 있음
- 향후 유비쿼터스 지능화 사회로 발전하면서 IT, BT, NT간의 융합기술이 핵심기술로 활용되며, IT 및 NT는 PUSH로 BT는 PULL 기능 수행
  - 유전자 및 인체의 정보의 수집, 관리, 저장, 분석을 하는 BT를 위해서는 NT가 필요하며, NT를 구현하기 위해서는 IT의 기반기술이 요구됨
  - 차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 어느 한 영역에 국한되지 않은 영역간 융합(Fusion)이 일어날 것으로 전망됨

### 나. 연구의 필요성

#### (1) 미래성장 동력 확보를 위한 고부가 가치 농산업 기술 창출 필요

- 시장 개방화와 농산업의 성장 정체를 극복하고 새로운 성장 동력을 창출하기 위해서

는 과거의 패러다임과는 다른 방식의 산업발전과 기술혁신을 추구해야 함. 새로운 미래 성장 동력은 미래 신기술에 기반한 새로운 제품, 소재, 기술 등을 개발·육성하는 차원에서 접근할 필요가 있음

- 20세기 말, 바이오기술의 급격한 부상으로 농업과학이 혁명적인 진화를 거듭하고 있으며 21세기 접어들면서 나노기술에 대한 다른 어떤 기술 보다 큰 관심과 기대의 대상이 되고 있음
- 급속한 기술 발전에 따른 신기술 분야의 상승적인 결합 및 이종 기술간의 융합을 통하여 다양한 제품/서비스 창출 및 고부가가치 신제품·신소재 개발이 가능하여 미래 농업의 신사업 창출 환경이 조성됨
- 융합기술의 개발은 현재와 미래의 농산업 분야의 주요 현안인 구제역, 조류독감, 농약, 항생제, 바이러스 등에 대한 진단, 치료, 방제 부분에서의 획기적인 해결 방안을 제공해 것으로 전망됨
- 이러한 바이오 기술의 급격한 부상과 나노기술의 발전에 따라 신기술 융합을 통한 미래 농산품 제품 개발 최적기라 할 수 있음
- 현재 융합기술은 태동기로 미국과 유럽 등 기술 선진국가와 기술격차가 크지 않으며, 세계최고 수준의 IT 기반기술을 활용하면 미래형 고부가가치 제품·서비스 및 산업으로 발전시킬 수 있을 것으로 전망됨

## (2) 새 정부의 비전 - 융합기술 신사업 창출

- IT, BT, NT, ET, 등 첨단 분야 연구개발을 계속 지원해나가겠지만 최종 목표는 다양한 분야의 융합기술이 창출되고, 응용돼 신산업이 탄생하는 것임. 이를 위해 융합 산업에 대해서는 항상 문을 열어두고, 적극적인 지원을 해나가겠다며, 융합기술을 기반으로 하는 신산업 창출을 대한 강한 기대감을 표명함(출처 : 대통령인수위 민동필 팀장, 공학한림원 강연 2008)
- 새 정부 국정과제로 선정
  - I. 활기찬 시장경제 (49개 국정과제)
    - 【 핵심과제 】
    - . 6. 신성장동력 중장기 비전제시 및 융합신기술·산업창출



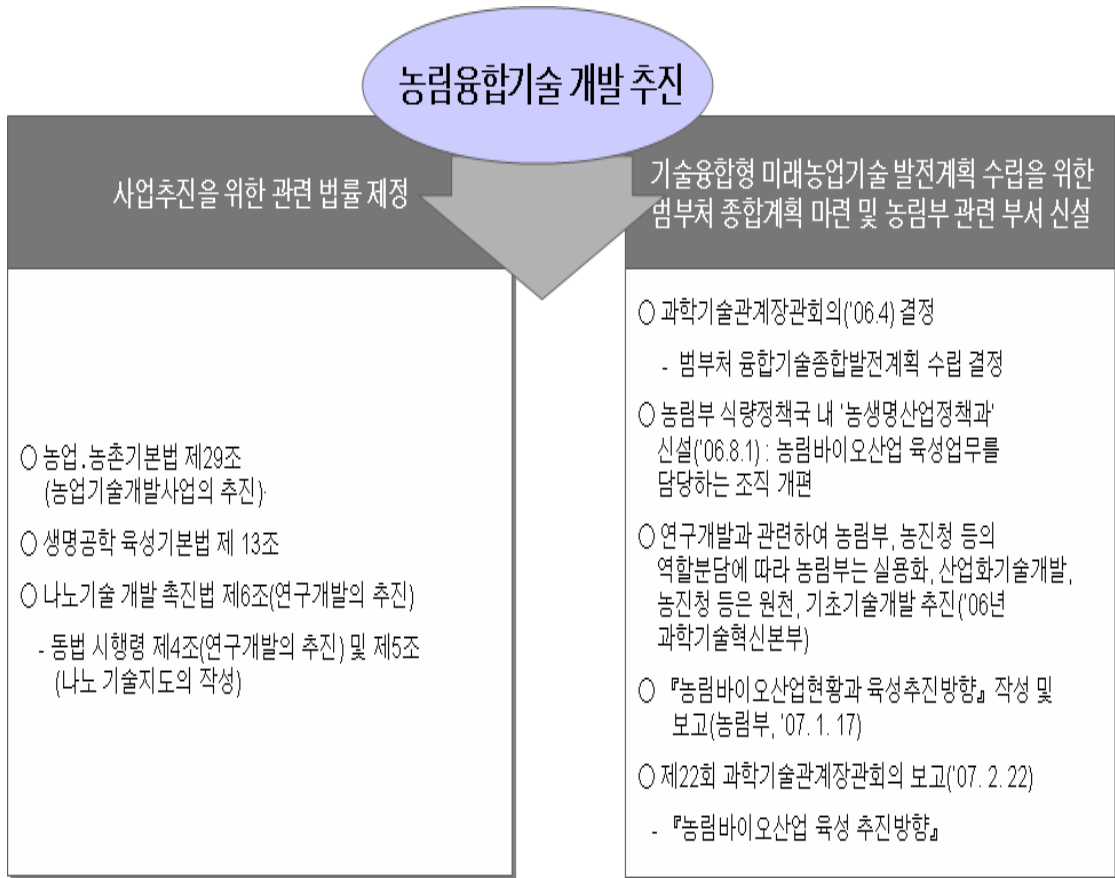
### (3) 융합기술에 대한 범 정부적인 대응방안 수립

- 융합기술 강국 실현을 통한 국가경쟁력 제고 및 미래 성장 동력 창출을 목표로 한 국가융합기술 발전 기본방침 제정(2007.4)
  - 기본방침 1. 범부처적 조정·지원 시스템 구축
  - 기본방침 2. 창조적 융합기술 전문 인력 양성
  - 기본방침 3. 개방형 공동협력연구 강화
  - 기본방침 4. 원천융합기술 조기 확보
  - 기본방침 5. 첨단 융합신산업 창출
  - 기본방침 6. 윤리적·사회적 수용성 제고
  
- 중점 추진영역 및 주요 융합기술 선정
  - 12개 융합기술 예측(‘2030 과학기술 예측’)
  - 15개 융합기술 최종 예시(Total Roadmap)
  
- 국가 R&D사업 Total Roadmap(‘06.12)
  - 농수산물 고부가가치 가공 및 생산기술(특성화기술 33개에 포함)
  - 나노바이오 소재, 바이오칩·센서기술, 농림축산물 자원개발 및 관리기술(특성화후보기술 57개에 포함)

## 2. 추진경위

- 농림융합기술 개발 추진경위는 사업추진을 위한 관련 법률 제정 및 기술융합형 미래 농업기술 발전계획 수립을 위한 범부처 종합계획 마련 및 농림수산물식품부 관련 부서 신설에 의함

<그림 1-2> 농림융합기술 개발 추진경위



### 3. 연구의 목적 및 범위

#### 가. 연구의 목적

국내의 IT, BT, NT 기술 및 산업에 대한 현황 및 동향과 관련 정책·사례를 분석하여 전략적인 농림분야 융합기술을 도출하고, 융합기술을 개발 할 수 있는 효과적인 추진전략 및 추진체계와 성공적인 사업화 방안을 도출 하고자 함

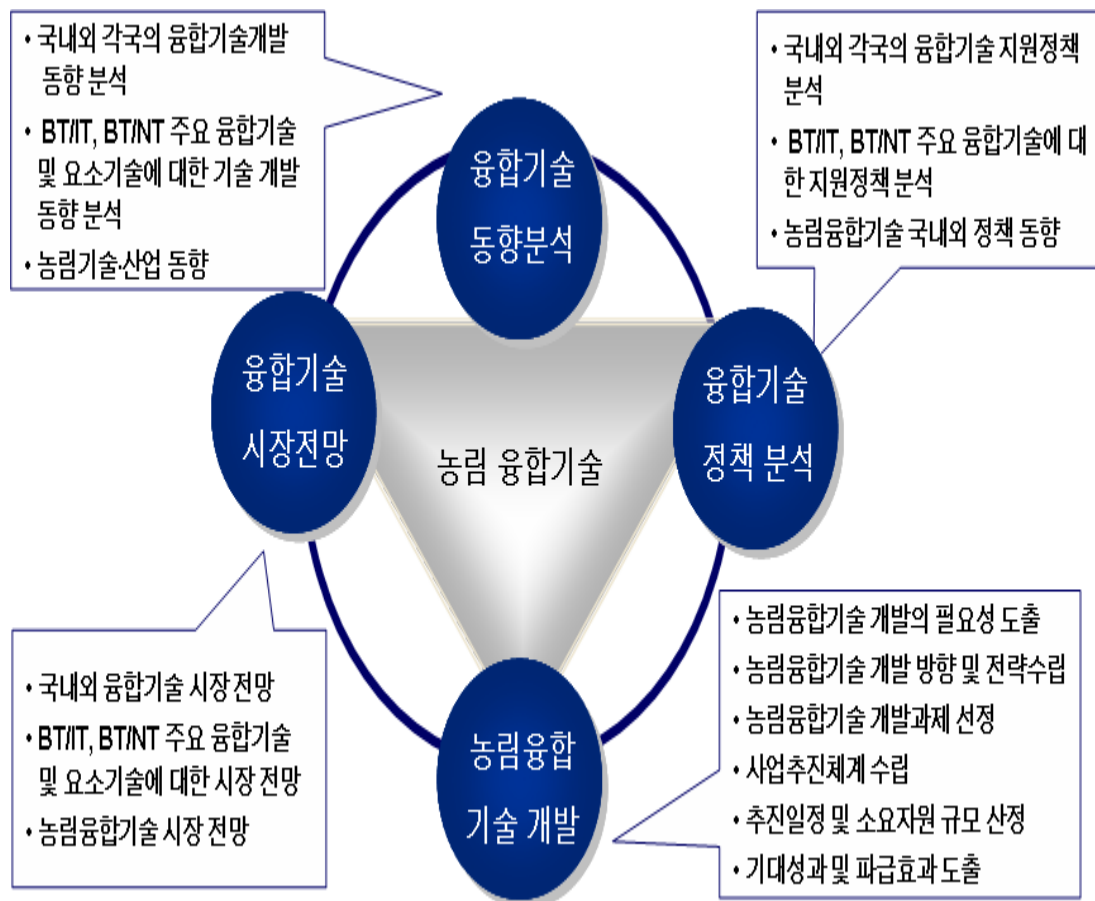
- 기존의 농업 기술로서는 해결하기 힘든 농산업 분야에 BT, NT, IT가 융합된 첨단기술을 농산업 분야 적용하여 차세대 성장엔진 모델로 삼아 지속가능한 기술 융합형 미래선도 기술 사업 창출을 통해 고효율, 고기능, 친환경, 고부가가치의 농산업을 육성하여 국내 농산업을 체질개선 및 국제 경쟁력을 강화함

- 지속 가능한 미래 선도 농산업의 실용화, 상품화, 사업화를 위한 추진방향 및 추진전략 수립
- BT, NT, IT의 첨단 농림융합 기술 선정
- 농림 융합기술의 성공적인 사업화 방안 수립

나. 연구의 범위

- 융합기술 동향, 융합기술 정책, 융합기술 시장의 3가지 영역을 통합적으로 검토를 통해 지속 가능한 농림융합 기술 개발 방안을 수립함

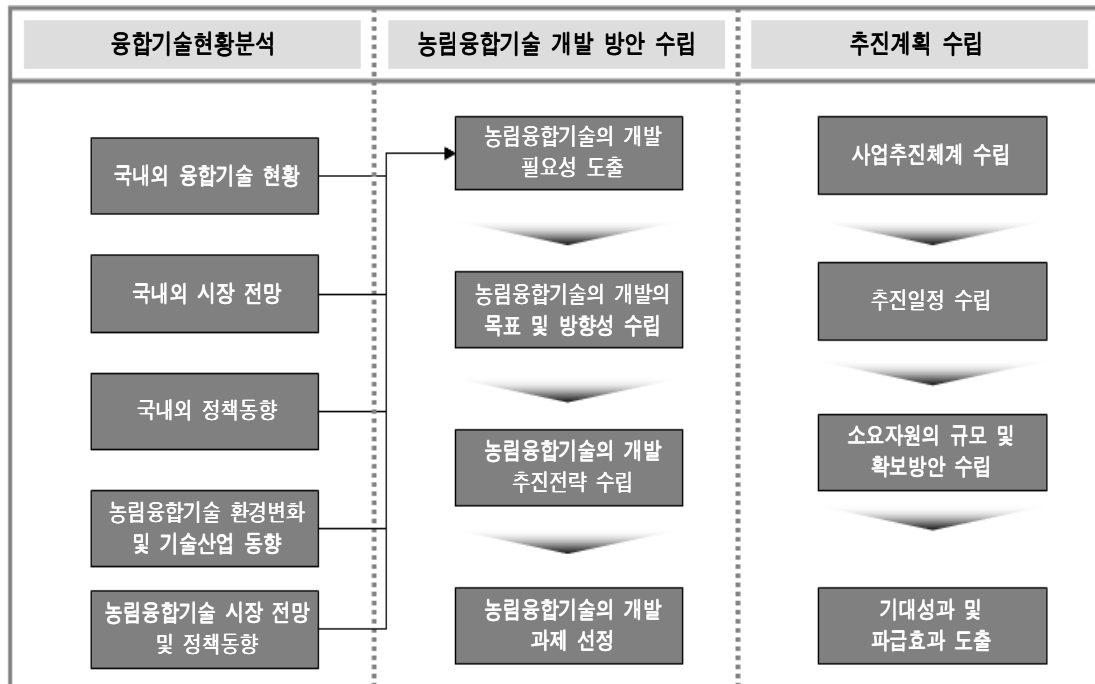
<그림 1-3> 농림융합기술 개발 사업 연구 범위



### 3. 연구 방법론

농림융합기술 개발 사업에 관한 연구는 1단계 융합기술 현황분석, 2단계 농림융합기술 개발 방안 수립, 3단계 농림융합기술 사업화 방안 수립 3단계로 수행됨

<표 1-1> 연구방법론



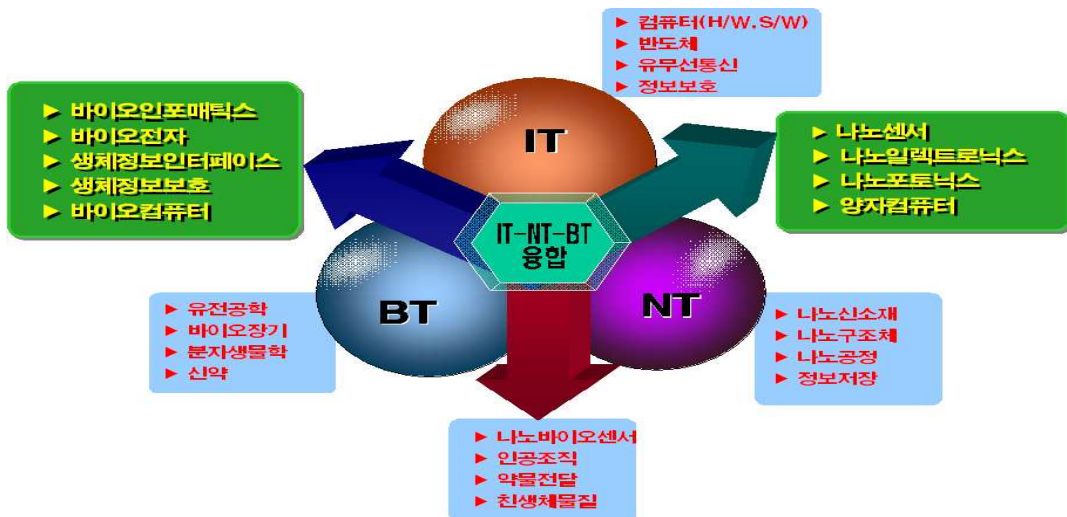
## 제2장 융합기술의 개요 및 특성

### 1. IT·BT·NT 융합기술의 개요

#### 가. 융합기술의 개념

- 융합기술은 미래 경제·사회적 이슈 해결을 위해 다양한 학제 및 이종 기술간의 결합을 통해 확보되는 혁신 기술을 말함
- IT, BT, NT 등 최근 급속히 발전하는 신기술 분야에서의 상승적인 결합(Synergistic Combination)으로 이종기술간 융합을 통해 신제품이나 새로운 서비스를 창출하거나 기존 제품의 성능을 향상시키는 기술로서, 그동안 해결이 어려웠던 과학적, 기술적 한계를 극복하여 기존 경제 및 사회에 혁명적 변화를 불러올 신기술을 이룸
  - 1980~1990년대에 시작된 컴퓨터와 통신 기술혁명과 2000년대 시작한 IT, BT, NT 혁명 등 2개 분야의 신기술 곡선(S-curve)이 중첩되는 영역에서 발생

<그림 2-1> 융합기술의 개념



(자료: 정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005)

#### 나. 융합기술의 정의

- 융합기술은 최근에 등장한 개념으로 <표 2-1>과 같이 문헌에 따라 다양하게 정의되고 있음

- 융합목적은 국가경쟁력 강화와 사회공헌을 위하여 신기술, 공학, 기초과학 등의 학문 분야를 결합하여 학문 분야간의 영역 파괴를 통해 기존 영역의 한계를 극복하거나 신기술 분야에서 상승적 결합을 이끌어내는 기술임
- 융합기술은 개별기술 또는 단위기술과 대칭되는 기술로, 2개 이상의 기술이나 학문 영역이 결합되거나 혼합되는 것이며 학문은 인문과학·사회과학·자연과학·공학·인지과학·정신심리학 등을 포괄하는 광의의 개념임

<표 2-1> 융합기술의 정의

출 처	개 념
미상	미래의 국가의 공공목적과 국가경쟁력을 강화할 수 있도록 국민 경제상 중요한 첨단 원천 과학기술이나 학문분야를 두 개 이상 결합하여(개별·단위기술이 아님) 분야간 영역이 파괴되거나 기술수렴(Technology Convergence)등을 통해서 기존영역의 한계를 극복하거나 새로운 기술·학문의 형성 및 창출 등이 가능한 기술·학문 분야 등을 포괄하는 개념
Robert T. Balmer's definition of Converging Technologies	is the marriage of new technologies with the various engineering and liberal arts' disciplines to produce end products that will benefits society(Balmer is Dean of engineering and Professor of Mechanical Engineering at Union College in Schenectady, New York) *liberal arts : 교양 과목; cf. seven liberal arts: (중세의)자유 7과목(문법, 논리학, 수사학, 산수, 기하, 천문, 음악으로 구성된 중고등 교육과정의 기초 과목)
전자신문(2003.08.07), 세계는 지금 '융합기술'전쟁(1)	IT·BT·NT 등 최근 급속히 발전하는 신기술 분야의 상승적인 결합 (Synergistic Combination)으로 가까운 장래에 인간활동에 가장 큰 영향을 미치게 될 기술
전자신문(2003.08.07), 세계는 지금 '융합기술'전쟁(1): Pankhurst 박사	단순히 다른 분야의 연구자들이 모여 각자가 가져온 조각을 맞추는 퍼즐 게임이 아니라 하나의 얼음 조각처럼 모든 부분이 한 덩어리로 만들어진 기술(분리된 조각으로 맞춰진 퍼즐은 조그만 진동에도 쉽게 파괴)
kidbs.itfind.cokr:8888/WZIN/jugidong/1059/105904.htm	기술 분야간의 영역파괴 또는 기술수렴(Technology Convergence)을 통해서 새롭게 형성된 기술분야
Converging Technologies For Improving Human Performance(NSF, June 2002)	급속히 발전하고 있는 네 가지(NBIC)** 주요 과학기술 영역의 시너지적 통합 ** 나노 과학과 나노 기술; BT: 유전 공학을 포함하는 생명공학과 생명의 학 기술, IT: 발전된 연산력(Computing)과 통신을 포함하는 정보 기술; CGT: 인지신경과학을 포함하는 인지과학 기술

(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004)

#### 다. 융합기술의 특징

- 융합기술은 서로 다른 분야의 공동연구인 「복수학제 연구」보다 진일보한 개념으로, 공통의 목표를 해결하기 위해 다른 기술들 간의 화학적 결합을 뜻하는 「학제간 연구」

를 통해 도출

- 융합기술은 미래사회의 수요와 경제 및 시장의 원리에 따라 개별 요소기술들의 물리적 결합에 의한 「기술복합화」 보다는 화학적 결합에 의한 「기술융합화」에 의해 자발적으로 발생

<표 2-2> 기술복합화(Technological Convergence) Vs 기술융합(Technological Fusion)

기술복합화(Convergence)	기술융합(Fusion)
기존 제품/서비스의 고도화	신기술 개발
A+B=B' 또는 A+B=AB	A+B=C
향상성	혁신성, 독창성
기존시장의 유지 및 확대	새로운 시장 형성
개선기술(Improving Tech.)	태동기술(Emerging Tech.)

(자료: 정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005)

- 융합기술은 현재 활발히 진행되고 있는 「동종기술간 융합」을 넘어 보다 혁신적이고 미래의 파급효과가 큰 「이종기술간 융합」으로 변화하는 추세

<그림 2-2> 융합기술의 패러다임 변화



(자료: 과학기술부, 융합기술 종합발전 기본계획, 2007)

- 융합기술은 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 신산업의 발원지이며, 무한한 가치창출이 보장되는 제품·서비스 시장의 Blue Ocean 영역임

라. 융합기술의 유형

- 융합기술의 형태는 다양하나 <표 2-3>과 같이 BIT(Bio- Information Technology), NBT(Nano-Bio Technology), NIT(Nano-Information Technology), TXT(Tradition - X Technology : X는 IBSENC)가 주로 논의되고 있음

- 이러한 개념 정의는 현재까지 구현된 융합기술의 개발특성을 잘 표현하고 있지만 미래에 구현 될 모든 형태의 융합기술을 다 반영한 것이 아님. 기술간의 융합형태는 2개 기술간의 우열관계가 있으면 불균형적 결합이고 2개 기술이 동등한 관계에서 융합이 된다면 균형적 결합으로 볼 수 있음

<표 2-3> 융합기술의 유형

구 분	출 처	유 형
BIT(Bio - Information Technology)	홍정기(2003), Bio-IT산업의 전망과 과제, LG주간경제: 30	i) 생물정보학(Bioinformatics) 등 BT의 IT 인프라 분야, BT와 IT의 실제 융합분야를 통칭하는 넓은 의미, ii) 후자(BT와 IT의 실제 융합분야)
	<a href="http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/jugidong/1073/107304.htm">http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/jugidong/1073/107304.htm</a>	i) BT 산업(바이오 산업)이 IT(정보통신기술)을 통해 BT산업의 한계를 돌파하기 위해 생성되는 신산업으로 바이오 애플리케이션 시스템의 주요 기반 기술(산업)로 IT(산업)가 응용되는 것 ii) 정보통신 시스템이 인체 관련 기술 및 정보를 흡수하여 인간 친화적인 정보통신시스템(IT 시스템)을 만들어 내는 것
	기술영향평가위원회·한국과학기술평가원(2004), NBIT융합기술이 과학기술·사회문화·산업경제에 미칠 영향	정보 기술을 활용한 바이오정보의 신속한 추출 및 축적과 관련되는 바이오 인포매틱스 기술분야와 바이오기술을 IT분야의 제품개발에 접목한 바이오일렉트로닉스 기술분야
	산업자원부(2002. 05), 바이오산업 정책 추진방향: 과학기술부(2003.05. 01), 신기술융합사업 추진계획; 한국정보산업연합회(2002), IT와 5T 및 전통기술과의 융합	IT 기술을 기반으로 생명현상과 관련된 생물정보콘텐츠를 개발 공유하고 서비스를 제공하기 위한 기초 및 응용 기술(예: 생물정보학이나 생체소자기술 등)
NBT(Nano-Bio Technology)	기술영향평가위원회·한국과학기술기획평가원(2004), NBIT 융합기술이 과학기술·사회문화·산업경제에 미칠 영향	나노기술의 원리와 기법들을 바이오시스템에 적용하여 세포나 분자수준에서 다룰 수 있도록 하거나, 기존 생체시스템의 원리를 이용하여 새로운 구조를 갖는 나노소재·시스템의 제조가 가능할 수 있도록 해주는 융합기술 분야
	과학기술부(2003.05.01), 신기술융합사업 추진계획	NT 또는 BT 분야의 고도로 발전된 기술을 채용하여 상호 기술발전의 문제점을 극복하거나 새로운 기술 분야를 창출하는 기술
	<a href="http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/jugidong/1073/107304.htm">http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/jugidong/1073/107304.htm</a>	정보통신 시스템의 초소형화, 초고속화, 저소비 전력화, 고성능화를 이루기 위해 정보저장, 정보처리, 정보전송, 정보표시 등 각 정보통신 시스템 분야의 기반기술의 일부 또는 전부가 NT(나노기술)로 대체되면서 성립되는 기술(산업)
	기술영향평가위원회·한국과학기술기획평가원(2004), NBIT 융합기술이 과학기술·사회문화·산업경제에 미칠 영향, 과학기술부(2003.05.01), 신기술융합사업 추진계획	기반적 성격이 강한 나노기술과 시스템적 성격이 강한 정보통신 기술이 접목되어 반도체, 생명공학, 환경, 정보통신 등의 여러 분야에 활용될 수 있는 신개념의 기술
TXT(Tradition - X Technology) *X는 IBSENC	-	종래의 전통 기술에 비교적 최근에 등장한 신 기술을 접목하여 고부가가치를 창출하는 기술
	이장재(2002), 신기술 개발을 위한 예산투자 방향설정과 제도개선 방안, 기획예산처:211-224(요약)	- TT:IT 융합기술 : Telematics 기술(자동차+IT), 환경·보건·안전통합관리체계(석유화학+IT) - TT:BT 융합기술 : 안전한 단백질 양산기술 개발(식품산업 + BT), 바이오 디젤(석유화학 + BT), 플라스틱 대체 대마(大麻)섬유개발(섬유산업+BT) - TT:NT 융합기술: 탄소나노튜브기술로 초고성능 트랜지스터 개발(반도체+NT), 초저가 나노탄소재료 대량 제조기술 개발(재료+NT), 미국의 신기능 섬유제품(섬유+NT) - TT:ET 융합기술 : 고성능 수소차 기술(자동차+ET)

(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004)



마. 주요 선진국의 정의 및 범위

(1) 미국

- 미국은 인간의 수행 능력을 향상시킬 수 있는 NT, BT, IT, CS(Cognitive Science, 인지과학)의 4가지 첨단기술 간에 이루어지는 상승적 결합으로 정의함(NBIC, 2002)

(2) 유럽연합(EU)

- 2020년 유럽사회가 중장기적으로 해결해야 할 공통의 목표 달성을 위해 서로에게 가능성을 열어주는 기술 및 지식체계로 정의함(CTEKS, 2004)
- 융합 대상 범위를 IT, NT, BT, CS의 가능성을 열어주는 기술과 지식체계로 정의하고 이에 환경과학, 시스템이론, 사회과학, 인문학까지 포함하여 융합 대상 기술로 정의함

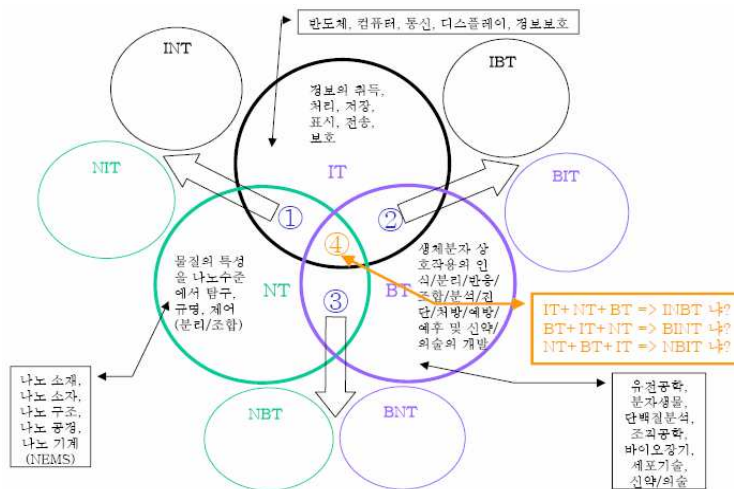
바. 국내 융합기술의 정의 및 범위

(1) 정의

- IT, BT, NT 등의 첨단 신기술간 상승적 결합을 통해 미래 사회 및 국가 공통의 목표 달성을 위한 과학기술적 한계를 극복함으로써 경제와 사회의 변화를 주도하는 기술

(2) 범위

<그림 2-3> 융합기술의 유형, 영역 및 기술 분류



(자료: 차원용, 바이오기술(BT) 기반의 IT와 NT 융합 유형 및 발전 방향에 관한 연구, 2006 ~ 2007)

- <그림 2-3>과 같이 IT, BT, NT 융합 유형에 따라 4개 영역에서 7가지의 융합기술이 창출 될 수 있음
- ①번 영역에서는 NT 산업을 중심으로 IT가 융합되는 NIT 융합기술과 IT 산업을 기반으로 NT가 융합되는 INT 융합기술의 유형으로 창출됨
- ②번 영역에서는 IT 산업을 중심으로 BT가 융합되는 IBT 융합기술과 BT 산업을 기반으로 IT가 융합되는 BIT 융합기술의 유형으로 창출됨
- ③번 영역에서는 NT 산업을 중심으로 BT가 융합되는 NBT 융합기술과 BT 산업을 기반으로 NT가 융합되는 BNT 융합기술의 유형으로 창출됨
- IT, BT, NT 기술이 모두 융합되는 ④번 영역은 융합기술의 최종 발전 방향과 목표로 IT를 중심으로 NT와 BT가 융합되면 INBT 융합기술이 되고, BT를 중심으로 IT와 NT가 융합되면 BINT, NT를 중심으로 BI와 IT가 융합되면 NBIT 융합기술로 분류될 수 있음
- 요소기술은
  - IT에서 컴퓨터(하드웨어, 소프트웨어), 반도체, 유·무선통신, 정보보호 등
  - BT에서는 유전공학, 바이오장기, 분자생물학, 신약 등
  - NT에서는 나노신소재, 나노구조재, 나노공정, 정보저장 등이 있음

## 2. 바이오 기술의 융합(BT+IT+NT)

- 고령화의 가속화 등의 사회구조 변화와 소득 증대에 따른 건강과 개인 소비자의 삶의 질 향상에 대한 가치부여 확대와 개도국과 저개발국을 중심으로 한 식량문제 대응 등이 바이오 경제의 도래 및 바이오 산업 성장으로 생명공학 분야의 기술 진전이 필요함
- 바이오 기술 분야 융합은 광범위한 산업 파급효과와 새로운 산업과 제품 창출에 기여함
  - BT와 IT의 융합이 가속화 되면서 IT가 BT의 고도화를 촉진하고, 고도화된 BT는 NT 혁신을 견인함
- 바이오기술 융합 분야에서 질병의 측정 및 진단기술 영역이 현재까지 기술 개발이 가장 활발하며 향후 시장 창출 가능성이 큰 분야로 전망됨

- 미국의 경우도 BT, IT 융합기술의 특허 58.8%와 BT, NT 융합기술의 특허의 42.1%가 측정 및 진단 분야에 집중됨(과학기술부, 바이오기술 융합의 현황과 과제, 2007)
- 바이오기술 융합은 질병의 측정과 진단기술에 있어 개인 맞춤형, 특정질환 표적지향형 기술 개발을 가속화 하여 의료분야 기술 혁명에 기여할 것임
  - 나노기술의 발달에 따른 단분자의 정밀도로 바이오 물질을 감지 할 수 있는 진단 소자들의 개발을 통해 암·당뇨병과 같은 난치병의 조기 진단에 획기적인 전기를 마련 할 수 있음
- 한국은 세계 최고 수준의 반도체 공정기술 및 IT 산업을 바탕으로 바이오칩 및 바이오 센서 관련 기술 개발에 강점을 보유함

## 가. BT·IT 융합기술의 개념

### (1) 바이오기술(BT)의 정보기술(IT)과의 만남

- 바이오기술(BT)은 생물 특유의 기능인 유전·증식·대사 등을 물질의 생산이나 검출 등에 이용하는 기술로서, 초기에는 생명체의 구조와 기능을 모방하여 공학적 기계생산 또는 그 공정을 응용해서 물질을 생산하는 데서 비롯됨
- 1960년대까지는 미생물을 이용한 발효공업과 같은 식품·조미료·알콜 생산의 산업적 공정 및 생산과 의약품을 개발하는 분야였으나 1970년대부터 생체의 기능조절을 공학에 응용하려는 시도가 도입되었음
- 1970년대 후반 이후 바이오기술은 대상과 영역이 급속히 확대되어 생물공학의 전성기로 진입하였고 이 시기를 기점으로 종래의 미생물공학은 주로 유전공학으로 발전되었으며 그 외에도 발생공학세포공학 등과 같이 새로운 분야가 개척되었음
- 인간게놈프로젝트가 완성된 2000년대부터 바이오기술은 새로운 전기를 맞이하였다. 또한 관찰에 기반한 실험과학에서 추론에 기반한 정보과학으로 패러다임의 전환을 가져 왔음
- 바이오기술의 새로운 패러다임 전환은 인간게놈프로젝트와 더불어 IT와의 기술융합이 함께 맞물려 진행됨
- 다양한 융합기술 중에서도 BT·IT의 융합기술 분야가 기술의 부가가치 및 경제적·

사회적 파급효과가 지대해 향후 10년을 좌우할 핵심 요소 기술로 전망 됨(자료: IEEE Fellows, 1038명 응답, IEEE Spectrum Magazine, 2004)

(2) BT·IT 융합기술의 정의

- 바이오기술과 정보기술이 결합된 기술로, 바이오기술의 생물학적인 원리와 특성을 활용하여 IT 제품이나 서비스(하드웨어, 소프트웨어, 응용분야 등)를 창출하는 것을 말함
- BT·IT 융합기술은 아주 넓은 의미로 「생명공학(BT) 기술과 정보기술(IT)이 결합 내지는 융합되는 모든 기술」로 정의할 수 있으며 협의의 BT·IT 융합기술은 「IT 기술을 기반으로 생명현상과 관련된 생물 정보 콘텐츠를 개발 공유하고 서비스를 제공하기 위한 기초 및 응용 기술을 말하며 이를 BIT」라 정의함
- BT와 IT의 융합은 바이오 디지털 컨버전스, BIT, Bio-IT 등 다양한 용어가 사용되고 있으며, 아직까지 정확한 개념이 정립되지 않아서 연구목적 및 정책방향에 따라 조금씩 상이한 의미로 사용되고 있음

<표 2-4> BT·IT 융합 관련 개념

개념 구분	출처	개념 정의
BT·IT 융합기술 (BIT)	국가과학기술자문회의, 2001	IT를 기반으로 생명현상과 관련된 생물정보 콘텐츠를 개발 공유하고 서비스를 제공하기 위한 기초 및 응용 기술을 말함
IT/BT 융합산업	김연배, 2002	IT산업을 정의하는 주요 구성 요소 중 적어도 하나 이상과 관련된 산업 또는 기술 부문이 BT 또는 산업부문과 다양한 형태의 기술적 경제적 융합을 통해 새로운 시장을 창출하는 산업이라고 할 수 있음
Bio-IT산업	홍정기, 2003	일부에서는 생물정보학 등 BT의 IT인프라 분야와 BT와 IT의 실제 융합분야를 통칭하는 넓은 의미로 사용하나, 다른 일부는 후자에 국한하여 Bio-IT를 정의하기도 함
BIT	강계원, 2002	정보통신기술과 생명공학기술의 융합으로, BIT로 대두되는 유전체 및 생물정보시스템, 생체분자 상호작용 네트워크를 통한 생명체의 이해를 높이며 한편으로는 바이오 전자소자, 바이오 지능시스템, 바이오 컴퓨터, 바이오 전자기계 시스템 등과 같은 새로운 영역의 기술이 한단계 진전될 것임. 이 밖에도 바이오칩, DNA칩, 바이오센서, 지능형 반도체, 생체정보단말기 등 두 기술의 융합이 필요한 분야는 무한히 많음
IT/BT 융합	정보통신부, 2006	기존 정보통신기술을 생명체 현상(BT)과 접목하여, 생물학적인 원리와 특성을 활용한 새로운 IT제품/서비스를 창출하는 기술

### (3) BT·IT 융합기술 개발의 필요성

- 바이오산업의 경쟁력과 기술력이 BIT 기술에 좌우되기 때문에 국내의 바이오산업 발전을 가속화 하기 위해서는 BIT 융합기술에 대한 집중 육성이 필요함. BT와 IT의 융합은 상업화에 가정 근접해 있고 산업 파급효과도 지대할 것으로 예상됨
- 생명공학과 정보통신이라는 두 가지의 강력한 추진력은 서로 융합되어 폭발적인 성장을 창조할 것이며 BIT 융합을 통해 건강 서비스뿐만 아니라 자가진단, 선진 건강 기술 분야에서 새로운 직업을 창출 할 것으로 전망함(자료: 엘빈 토플러, 21세기 세계경제와 그 안에서 한국의 위상에 관한 보고서)
- BIT 자체로도 큰 시장 잠재력을 보유하고 있지만, BIT를 활용하여 생성된 생물정보 콘텐츠는 BT 시장 규모의 수십배를 능가하는 초 부가가치를 창출할 수 있고 BT 산업이 성장함에 따라 슈퍼컴퓨터나 DNA 분석기 등의 하드웨어적인 IT 시장 확대에도 기여함
- BT 산업의 성패는 가능한 최단 기간 내에 제품이나 기술 개발에 의해 좌우되는데 BIT 기술의 도움 없이는 시간 및 가격 경쟁력을 확보 할 수 없음. 생명공학 연구의 패러다임이 물질기반 연구에서 정보기술을 활용한 지식기반 연구로 변환되고 있으며, 실질적으로 생물정보 DB의 폭발적인 증가로 인해 신속하고 효율적인 연구 개발을 위해서는 BIT의 기술이 요구됨

<표 2-5> 신약 후보물질 발굴 비교

구 분	전통방법	BT-IT 융합기술 활용시
성공확률	1/1만~1/10만	1/10~1/100
평균개발기간	10~15년	5~7년
개발비용	100~1,200억원	10~30억원

(자료: 한국생명공학연구원, 생명(연)-전자통신(연) 연구교류 협정체결 보도자료, 2002)

- BT-IT 융합기술은 기술 수명 주기상 도입기로 <표 2-6>과 같이 외국과의 기술 격차가 다른 융합기술에 비해 적고 BIT 산업을 활성화 할 수 있는 적절한 산업구조를 가지고 있으므로 지금부터 체계적으로 육성한다면 경쟁 우위를 확보 할 수 있을 것임
- BIT 산업은 설비 및 인력 등의 초기 투자비용이 적고 반도체 산업의 자본회전률(1.3)보다 6배 이상(8.0) 높은 고부가가치 두뇌 집약 산업임(McKinsey사, 2001)

<표 2-6> 융합기술 국내외 경쟁력 분석

분야	기술명	단계	기술수준
BT-IT	바이오센서칩	도입기	70%
	바이오 인포매틱스	도입기	80%
	바이오컴퓨터	발아기	65%
	생체인식/보호	도입기	80%
	휴먼인터페이스	도입기	75%
BT-NT	나노바이오센서	발아기	65%
	약물전달	발아기	60%
IT-NT	나노일렉트로닉스	성장기(메모리) 도입기(SoC)	80%
	나노포토닉스	도입기	70%
	나노센서/MEMS	도입기	70%
	양자컴퓨터	발아기	50%

(자료: 융합기술 기획위원회-정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005)

- IBM, 컴팩, Hitachi 등 세계 유수의 IT 기업과 삼성전자, LG화학, SK등 국내 대기 업체들이 BIT 기술 개발을 전략적으로 추진 추세로 기업들이 BIT의 중요성과 필요성을 공감하고 있음을 보여줌

(4) BT·IT 융합기술 분류

- BT IT의 요소기술은 <표 2-7>과 같이 바이오 전자소자, 바이오 인포매틱스, 바이오 정보 인식기술, 휴먼 인터페이스 등 4개 분야로 분류됨
- BT와 IT 융합의 목적과 활용에 따라 BT를 위한 IT는 크게 바이오 인포매틱스와 바이오전자소자로, BT에 의한 IT는 바이오 정보 인식기술과 휴먼인터페이스로 나뉘어지며, 이와 같은 분류는 기존 IT와 BT 융합기술의 분류와 차이가 있음
- 기존 IT/BT 융합기술은 결합대상과 결합주체 등에 따라 크게 세가지로 구분되어지는데, 이는 바이오칩, 바이오센서, 바이오생체신호처리, 바이오 인포매틱스, 생체영상 처리기술 등을 포함하는 바이오정보처리기술과 바이오칩/센서의 바이오정보 인식기술 그리고 획득된 바이오정보를 송수신하는 바이오 정보 송수신기술임
- <표 2-7>의 구분은 기술의 성공을 결정하는 핵심기술의 무게 중심이 IT에 있는지, 아니면, BT에 있는지를 구분하고 바이오정보의 감지와 처리라는 기준에 따라서 기존 IT/BT 융합기술을 새로이 체계화하고 분류한 것임

<표 2-7> BT·IT 융합 기술의 분류

대분류	중분류	세분류	활용영역
진단(BT를 위한 IT): 대부분 물리적 융합	바이오 전자소자	전기화학센서 광학센서 마이크로어레이칩 랩온어칩	건강 및 의료·의학 영역
	바이오 인포매틱스	바이오 정보분석 S/W 바이오 정보관리 S/W 의료유전자정보분석 S/W 디지털 셀기술	
커뮤니케이션(BT에 의한 IT):대부분 화학 적 융합	바이오 정보인식기술	바이오정보 감지 바이오정보 처리	교육서비스, 보안, 로봇 등 다양한 활용 영역
	휴먼 인터페이스	뇌-컴퓨터 인터페이스 정서(감성) 인터페이스 생체신호 인터페이스	

(자료: 융합기술기획 위원회, 2005, 재구성)

<표 2-8> BT·IT 융합 기술 분류에 따른 세부 내용

중분류	세분류	기술 내용
바이오 전자소자	전기화학센서	생체 신호를 전기적 신호로 검출하는 센서
	광학센서	생체정보를 광학적 신호로 검출하는 센서
	마이크로 어레이칩	DNA, 단백질, 세포, 신경 등과 같은 생체 물질을 반도체와 같은 무기물 위에 조합하여 기존의 반도체칩 형태 장치
	랩온어칩	센서 어레이와 혈액과 같은 생체 샘플을 처리하고 가공할 수 있는 유체 제어 기술, MEMS 기술이 칩 상에서 모두 결합되어 이루어지는 장치
바이오 인포매틱스	바이오 정보분석 S/W	신약 발견 및 개발을 지원하기 위하여 바이오 데이터를 분석하여 고부가가치 정보를 생성하는 소프트웨어 기술
	바이오 정보관리 S/W	분산된 대용량의 바이오 데이터를 효율적으로 검색하고 관리하는 S/W 기술
	의료유전자 정보분석 S/W	질병과 약물 반응의 유전적 요인을 추출하고 검색하는 S/W 기술
	디지털 셀기술	세포 내의 유전자, 단백질 및 각종 화합물의 시공간적 기작을 컴퓨터로 모델링하고 시뮬레이션하는 기술
바이오정보 인식기술	바이오정보 감지	바이오 물질의 특성 추출
	바이오정보 처리	바이오 정보관리 및 바이오 키 생성
휴먼 인터페이스	뇌-컴퓨터 인터페이스	뇌파를 이용한 컴퓨터 인터페이스
	정서(감성) 인터페이스	생체정보를 이용한 정서(감성) 인식 및 표현
	생체신호인터페이스	생체신호를 이용한 인체정보의 획득, 처리, 인식

(자료: ETRI: IT-BT 융합기술기획보고서(초안), 2006)

## 나. BT·IT 융합기술 핵심기술 분야

### (1) 바이오 전자소자

- 바이오 전자소자는 생물에서 유래한 효소 단백질, 항체, DNA(유전자), 미생물, 동식물세포, 신경세포 등과 같은 생체 유기물과 반도체와 같은 무기물을 조합하여 기존의 반도체칩형태로 만든 소자임. 바이오 전자소자는 생물, 전자, 물리, 화학 등 다양한 학제간의 융합이 필요로 하며, 우리나라의 강점인 전자기술을 생명공학에 접목시켜 시너지를 극대화 할 수 있는 기술임.

(자료: 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006)

- 바이오 전자소자의 개발은 신약개발 및 질병 진단 비용의 획기적인 절감과 개발기간의 단축을 통해 급진전되고 있는 고령화 사회에 대비한 의료비 절감 및 양질의 서비스를 제공해 줄 것으로 기대함
- 바이오 전자소자의 대표적인 기술은 바이오칩과 바이오센서임

### ㉞ 바이오칩

- 바이오 전자소자의 대표적인 바이오칩은 BT-IT 융합 분야에서 시장 규모가 가장 크고 다양한 분야에 응용이 시도되는 분야로 첨단 생명공학 연구의 결실로 천문학적인 생물학 정보를 취득함에 따라 이러한 생물정보를 검색, 저장, 분석 할 수 있는 새로운 패러다임의 기술이 요구되었으며, 이러한 시대적 요구에 대응하기 위해 개발되고 있는 것이 바이오칩임
- 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 혼성소자(hybrid device)이며, 사용 용도나 응용분야에 따라 정의가 달라질 수 있지만 기본적으로 생체분자의 고유한 기능을 이용하고 생체의 기능을 모방한 인위적인 소자임(윤문섭 외, 2003)
- 앞서 정의내린 바이오칩 기술은 좁은 의미에서 유전자 분석의 첨단기술로 인정되고 있는 DNA 마이크로어레이(microarray) 기술을 의미함. 또한 넓은 의미로는 생체물질과 기존의 물리, 화학 및 광학적 신호변환기를 조합한 바이오센서(biosensor), DNA 탐침이 내장된 DNA 마이크로어레이, 효소나 항체/항원 등과 같은 단백질이 사용된 단백질칩(Protein chip), 동물과 식물 세포를 이용한 셀칩(cell chip), 신경세포를 직접 사용한 뉴로칩(neurochip)과 생체 삽입용칩, 신속하고 경제적인 조직검사를



위한 조직 마이크로어레이칩(tissue microarray chip), 그리고 시료의 전처리, 생화학 반응, 검출 및 자료해석 기능까지 소형 집적화 되어 자동 분석기능을 갖는 LOC(Lab-on-a-chip)등으로 분류되는 생물공학과 전자공학 간의 경계에서 전개되는 바이오일렉트로닉스 (Bioelectronics)의 연구 산물로 정의될 수 있음(윤문섭 외, 2003)

- 바이오칩은 크게 마이크로어레이(microarray)와 마이크로 플루이딕스(Microfluidics) 칩으로 나눌 수 있음
- 마이크로어레이는 수천 혹은 수만 개 이상의 DNA나 단백질 등을 일정 간격으로 배열하여 붙이고, 분석 대상 물질을 처리하여 그 결합 양상을 분석할 수 있는 바이오 칩을 지칭하며 DNA칩(DNA chip), 단백질칩(Protein chip)등이 대표적임. 비교적 널리 알려진 DNA에 칩에 비하여 단백질칩은 대부분의 생명 현상이 단백질 수준에서 일어난다는 사실을 감안할 때 그 이용가치가 훨씬 높은 바이오칩임. 그러나 DNA와는 달리, 효소, 항체, 수용체 등 필요한 단백질의 확보가 어렵고 변성되거나 깨지기 쉬운 단백질의 특성으로 인하여 단백질칩의 개발과 상용화는 DNA칩에 다소 뒤진 실정임(자료: 과학기술자문회의, 국제경쟁력 강화를 위한 BT·IT 융합 추진전략, 2001)
- 마이크로 어레이칩은 제약업체에서 대규모 유전자 발현 분석을 활용하여 신약 개발 도구나 질환 진단용으로 주로 사용되며 단백질칩은 질병이 주로 단백질 단위에서 많이 진행이 되기 때문에 질병진단, 신약 발굴, 검증 및 후보 물질 탐색, 환경 모니터링 등에 활용됨
- 한편 마이크로 플루이딕스칩은 ‘Lab-on-a-Chip’이라 불리기도 하는데 미량의 분석 대상 물질을 흘려보내면서 칩에 집적되어 있는 각종 생물분자 혹은 센서와 반응하는 양상을 분석할 수 있는 바이오칩으로 최근에는 분석물질의 분리, 합성, 정량분석 등이 가능한 칩도 개발 중에 있음(자료: 과학기술자문회의, 국제경쟁력 강화를 위한 BT·IT 융합 추진전략, 2001)

#### ㉞ 바이오센서

- 바이오센서란 화학물질과 선택적 반응·수용하는 생체감지물질(receptor)와 그 정보를 전기정보로 교환하여 검출이 가능하게 하는 신호 변환기(transducer)의 두 부분으로 구성되어 있는 장치이며 생체감지물질로는 특성 물질과 선택적으로 반응 및 결합할 수 있는 효소, 항체, 항원, 렉틴, 호르몬 수용체 등이 쓰임. <표 2-9>에 보다 자세한 내용을 기술하였음.(자료: 한국과학기술정보연구원, 단일벽 탄소나노튜브의 바이오센서로의 응용, 2005)

<표 2-9> 주요 바이오센서

생체분자식별소자	신호변환기	바이오센서
효소 항체 호르몬 수용체 미생물 동물세포·조직 식물세포·조직	전극 트랜스듀서 thermistor 광소자	산소센서 미생물센서 면역센서 세포센서 조직센서

(자료: 한국과학기술정보연구원, 단일벽 탄소나노튜브의 바이오센서로의 응용, 2005)

- 바이오센서는 의료, 환경, 식품, 군사, 산업 및 연구용 등 다양한 분야에 적용이 가능함
  - 의료용 : 가장 많이 응용이 되는 분야로 80%를 차지하는 혈당 측정용 글루코스 센서와 젖산, 콜레스테롤, 요소 등의 다양한 생체물질 분석 및 진단에 활용함
  - 환경용 : 폐수의 BOD, 중금속, 농약 등의 측정 및 환경 모니터링에 응용
  - 식품용 : 식품의 잔류농약, 항생제, 병원균 등의 식품 안정성 분석에 응용
  - 산업용 : 제약, 화학, 석유화학 등의 공정에서 화학물질의 분석에 응용

(2) 바이오 인포매틱스

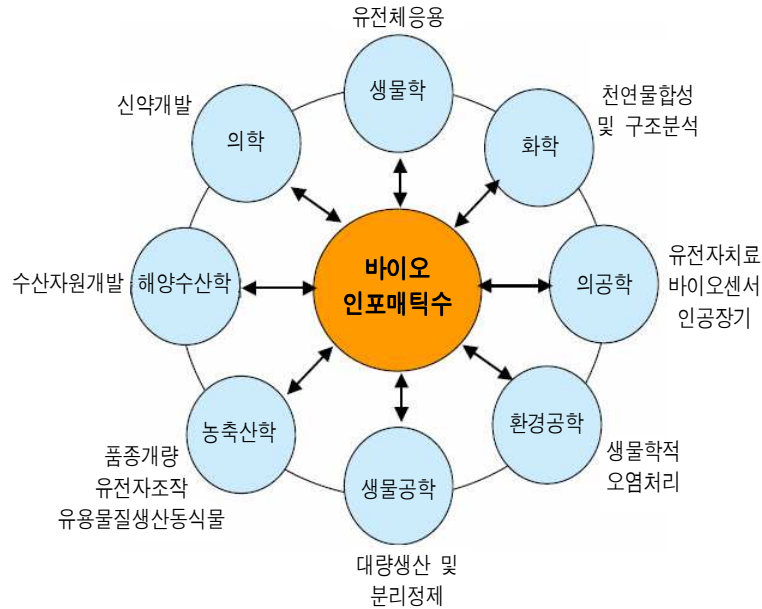
- 바이오 인포매틱스는 생물학적 대용량의 정보를 IT기반의 컴퓨터와 통계적인 방법을 이용하여 수집, 관리, 저장, 분석하는 정보기술로 정의 할 수 있으며 유전자, 단백질 구조나 단백질 서열 데이터베이스의 구조나 기능에 대해 컴퓨터를 활용하여 비교 분석하는 것이 바이오 인포매틱스의 주된 기능임
- 바이오 인포매틱스 기술 분야는 <표 2-10>와 같이 바이오 데이터 처리 기술, 바이오 데이터 마이닝 기술, 바이오 데이터 통합 관리 기술, 바이오 인포매틱스 응용서비스 지원 기술로 분류 할 수 있음

<표 2-10> 바이오 인포매틱스 기술분야

기술명	내용
바이오 데이터 처리 기술	이미지, 신호, 패턴 등 다양한 생물학적 기기로부터 데이터를 획득하여 분석이 용이한 형태로 변환하고 시각화하는 기술
바이오 데이터 마이닝 기술	수집된 생물학적 데이터를 분석하고 가공하여 내재된 패턴을 찾아내어 유용한 정보를 생성하는 기술
바이오 데이터 통합 관리 기술	분산되어 있는 데이터들을 상호 연결하여 데이터베이스를 구성하고 데이터를 저장, 관리, 통합검색을 제공하는 기술
바이오 인포매틱스 응용서비스 지원 기술	통합 관리하는 생물학적 데이터를 다양한 응용분야에 적용하는 기술

- 바이오 인포매틱스의 응용분야는 <그림 2-4>와 같이 농축산학, 생물학, 의학, 해양수산학, 생물공학 등의 다양한 분야에 활용할 수 있음

<그림 2-4> 바이오 인포매틱스 응용 분야



(자료: 정보산업 민간백서, 2004)

### (3) 바이오 정보인식기술

- 바이오정보는 얼굴, 홍채, 지문 등과 같이 사용자의 본인확인을 위해 사용되는 신체 일부의 이미지 정보를 의미하며 바이오인식정보는 특정 인식기술을 활용하여 신체 일부의 이미지 특징을 분석을 통해 도출되는 값(Template)을 의미함
- 바이오 정보인식기술은 생체로부터 도출되는 각종 정보를 획득하기 위한 기술을 말하며, 종류는 측정대상물질, 센서 매트릭스 및 신호 변환기의 종류에 따라 매우 다양함. 일반적으로 바이오 정보인식기술은 바이오 물질의 고유성의 식별, 패턴화된 영상의 추출 및 변조처리, 바이오 정보를 이용한 개인인식 및 인증의 바이오정보 측정과 이를 처리하는 기술이 존재하여 바이오 정보인식기술은 생체정보 보호기술이라고도 할 수 있음(자료: 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006)
- 바이오 정보인식기술은 개인의 생체정보를 이용한다는 측면에서 사용자의 거부감과 정보 유출시 프라이버시 침해가 문제가 해결과제로 남아 있음

- 입력된 지문 정보와 비교해 사용자의 신원확인을 하는 지문인식 기술은 바이오 정보인식기술 중에 가장 보편화 된 기술이나 센서에 대한 추가적인 연구가 필요하며,
- 홍채인식기술은 미국, 캐나다, 영국, 네덜란드 등 선진국의 공항에서 입국심사에 이용하고 있으나 고비용 센서와 사용자의 거부감, 이용의 불편함이 문제가 되고 있음
- 얼굴인식은 얼굴 혈관에서 발생하는 열을 적외선 카메라로 촬영 후 디지털 정보로 변환해 저장, 관리하는 방법이 연구되고 있으며
- 음성인식은 다른 생체인식에 비해 인식률은 낮으나 비용이 저렴한 장점이 있음
- 손등의 정맥인식은 하드웨어 구성이 복잡하고 소형화 불가능하나 지문에 비해 사용자의 거부감이 덜하며 지문이나 손가락이 없는 사람도 사용할 수 있음

#### (4) 휴먼 인터페이스

- 휴먼 인터페이스(Human Interface) 기술은 뇌파, 안전도, 심전도, 근전도, 맥파, 호흡 신호, 혈압, 체온, 액션 영상초음파 영상 등 다양한 형태의 생체정보의 처리, 분석, 인식을 통하여 새로운 정보통신 서비스를 가능하게 하는 인터페이스임. 21세기 유비쿼터스 환경에서 각종 센서를 통한 생체정보의 수집이 가능해지고 이에 대한 분석, 처리, 인식하기 위해서 또한 유비쿼터스 헬스케어 등 21세기 새로운 정보통신 응용 서비스를 가능하게 하기 위해서는 생체정보 인터페이스 기술이 필요함.(자료: 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006)
- 휴먼 인터페이스 기술은 컴퓨터를 비롯한 기계와 그 사용자인 인간과의 인터페이스 기술을 통칭하는 말로서 기계에 사용자의 의도를 전달하는 모든 입력 수단과 기계가 사용자에게 제공하게 되는 정보나 서비스 등 모든 출력 수단을 의미함
- 인간의 생각만으로 컴퓨터를 작동시킬 수 있는 새로운 개념의 뇌-컴퓨터 인터페이스에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있음. 사람의 정신 활동 상태에 따라 다르게 나타나는 뇌 신경세포의 전기적 활동을 두뇌의 표면에서 측정할 때 매우 작은 전위 신호인 뇌파신호(Electroencephalogram, EEG)를 이용하여 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain-Computer Interface) 기술을 구현하려는 연구가 많이 이루어지고 있음
- 정서/감성 인터페이스는 컴퓨터에게 인간의 정서나 감성을 인지하고 학습과 적응을 통해 인간의 감성을 처리 할 수 있도록 한 자율 행위 시스템 기술이고 기술요소로는 감성 인식 기술과 감성 추론 및 표현기술이 있음.
  - 감성 인식 기술은 표정, 동작, 억양 등을 수집할 수 있는 시청각 능력이 필요하며 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 웨어러블 컴퓨터를 활용하면 인간의 체온, 심장 박동 수를 쉽게 인식하여 감성 인식 능력을 높일 수 있음.
  - 감성 추론 및 표현기술은 감성을 인식하고 감성 발생 상황에 대한 추론을 하여 감

성 상태를 인지하고 표현하는 기술임

- 생체신호 인터페이스는 생체 신호를 이용하여 생체정보를 감지하여 처리·인식하는 인터페이스 기술로 선진국에서도 최근에는 생체 신호 인터페이스 기술을 활용한 의료나 가상현실(VR) 분야의 산업화 및 실용화를 위해 적극적으로 투자를 시도하고 있음

## 다. BT·NT 융합기술의 개념

### (1) BT·NT 융합기술의 정의

- BT·NT 융합기술은
  - i) 나노기술의 원리와 기법들을 바이오시스템에 적용하여 세포나 분자 수준에서 다룰 수 있도록 하거나
  - ii) 기존 생체시스템의 원리를 이용하여 새로운 구조를 갖는 나노소재, 시스템의 제조가 가능할 수 있도록 해주는 융합기술 분야
  - iii) NT 또는 BT 분야의 고도로 발전된 기술을 채용하여 상호 기술발전의 문제점을 극복하거나 새로운 기술 분야를 창출하는 기술 등 그 유형이 다양함  
(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안)
- NBT는 생명체를 구성하는 바이오 물질을 나노미터(nm) 크기의 수준에서 조작, 분석하고 제어할 수 있는 기술들과 생명체 또는 바이오 물질의 구조 및 상호작용을 모사하여 이를 기반으로 새로운 나노소자·시스템을 개발하는 생체모사 나노기술들을 포함함(자료: 기술영향평가위원회·한국과학기술기획평가원, NBIT 융합기술이 과학기술·사회문화·산업경제에 미칠 영향, 2004)

### (2) BT·NT 융합기술의 범위 및 세부 분류

과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006 보고서의 BT·NT 융합기술의 범위 및 세부 분류체계는 다음과 같음

- 검지 및 정제 기술
  - 나노구조를 이용한 바이오 이미징 기술 : 나노입자, (복합)외부장 등을 이용한 microscopy 및 spectroscopy(tomography 포함), 나노 입자를 MRI 조형제로 사용하는 기술 등
  - 나노 구조를 이용한 검지 기술 : 나노튜브, 선, 점(입자), 면, 케티레버 등을 이용한 검지기술

- 나노 바이오 칩 기술 : DNA, 단백질, Cell칩에 활용하는 나노표면(bio/organic/inorganic) 및 구조체 기술 등
  - 나노 바이오 검지 및 분리 시스템 기술 : BioMEMS/NEMS 등 시스템화 기술, 바이오 유체 역할, 나노 구조를 이용한 바이오 물질 분리 및 정제 기술, 나노 구조를 이용한 바이오 물질 필터 등
- 치료 및 임플란트 기술
- 나노 약물 전달 기술 : DDS(베시클, 입자, 고분자 등), implant 약물전달 소자 등
  - 나노 구조체를 이용한 치료기술 : 나노입자를 이용한 선택적 세포 제거 기술, 세포 및 조직 복구 기술, 나노 구조를 이용한 조직 성장 등
  - 나노바이오 임플란트 기술 : 생체적합 의료기, 나노 스케일 인공장기(stent, 혈관, 뼈, 각막 등) 등
- 나노바이오 정보기술
- 나노바이오 전자 기술 : biomolecular electronics, protein 회로 등
  - 나노바이오 정보처리 및 저장 기술 : DNA computing 등
- 나노바이오 에너지기술
- 나노바이오 에너지 변환 기술 : photosynthesis, ATPase, protein motors 등
  - 나노바이오 에너지 활용 기술 : biomolecule-based actuator, engines, battery, 나노 바이오 로봇 등
- 나노바이오 극한제어 및 분석기술
- 단위 생체구조 분석기술 : 단일 DNA, 단일 단백질, 단일 세포대상 spectroscopy
  - 단위 생체구조 제어기술 : 단일 DNA, 단일 단백질, 단일 세포, 단일 생체모방 유기체 제어 기술
  - 나노바이오 생체모방 고차구조 제어기술 : 바이오 superstructure 모방제어, biomineralization, 바이오 및 무기물질의 융합구조 제작 기술
- 나노바이어 생필품 기술
- 나노바이오 화장품 : 노화 방지용 나노 캡슐 등
  - 나노바이오 생필품 : 은나노 세탁기 등
- 나노바이오 농림 기술
- 나노바이오 농업 기술 : 나노 살충제, 작물 유전자 탐색 및 database화, 농작물 바이러스병 조기 정밀 진단, 가축 질병 바이러스 감별, 인수공통 질병 진단 및 예방 치료제 등

- 나노바이오 임업 기술 : 수목 생장 모니터일 센서, 나노 살충제, 방충제 및 향균제 등
- 나노바이오 수산 기술
  - 나노바이오 수산 기술 : 호르몬 및 항생제의 나노 전달체, 나노센서를 이용한 수산 물의 안정성 모니터링 등
- 전략 분야용 종합 나노 바이오 기술
  - 암 정복용 종합 나노바이오 기술 : 나노 기술을 이용한 암 진단, 암세포 이미징, 선택적인 항암제 전달 기술 등
- 나노바이오 안정성, 영향 평가 및 표준화 기술
  - 성능·안정성 평가 기술 : 나노기술 의료기기(DNAchip, 바이오센서, 기능성 나노재료)의 성능(Performance) 평가 기술, 나노기술 의료기기의 안정성(Safety) 평가 기술, 나노기술 의료기기의 임상적 유용성(Clinical Usability) 평가 기술 등
  - 환경 및 인체 영향 평가 기술 : 나노물질의 생태영향, 인체위해도 평가(Risk Assessment) 기술개발 등
  - 표준화 기술 : 나노기술 의료기기의 국제표준화 기술, 나노기술 의료기기의 기준 규격 개발 등

### (3) BT·IT 융합기술 개발의 필요성

- 나노-바이오 융합 기술은 기존의 사용 물질을 나노 스케일로 보완, 대체를 통해 응용기술 분야에 활용을 통하여 기능성을 혁신적으로 향상시켜 고부가가치 제품의 창출에 크게 기여할 것임. 직접적으로는 제약산업, 연구 및 의료용 분석기기 관련 분야와 바이오산업과 바이오 기술 전반에 걸쳐 시너지 제공 및 발전에 지대한 기여를 할 것으로 전망됨
- 소득증가에 따른 삶의 질과 건강에 대한 관심으로 제약 산업은 고부가가치 유망사업으로 촉망 받고 있으나 신약 개발을 위해서는 10년 정도의 장기간의 시간과 막대한 비용이 투입되고도 성공확률은 매우 희박한 산업적 특성이 있음. 조합화학이라는 신약개발 도구에 Lab on a Chip 기술을 적용하는 나노-바이오 융합기술은 제약 산업의 고위험 산업적 특성을 완화 할 수 있을 것으로 기대함
- 세포 관련 나노환경과 나노 스케일 물질을 활용을 통한 세포 조직 연구 등 NBT 기술은 바이오 공학 기술에 필수적인 요소임.

## 라. BT·NT 융합기술 핵심 분야

### (1) 나노생체분석

- 나노생체분석은 단일세포 및 단분자 분석이 가능한 기술을 의미하며 단일 세포 각각의 기능 및 분화 및 세포 내에서의 생물분자의 변화의 측정을 통한 생화학적 인 메커니즘 규명과 이를 이용한 센서 개발 및 질병 발생 등의 진단 시스템에서의 응용이라 할 수 있음. 단 분자 나노 생체분석 기술은 특별한 증폭 과정 없이 극소량의 표적 생물분자를 정확히 검출해 낼 수 있는 기술임.(자료: 한국생명공학연구원 바이오 나노연구센터, 나노바이오 테크놀로지, 2006)

### (2) 나노바이오칩/센서

#### ㉠ 나노바이오칩

- 나노바이오칩은 바이오칩에 나노기술이 접목된 것으로 나노기술과 생명공학기술을 결합하여 극미량의 혈액이나 노, 타액 등과 같은 실질적인 생체시료로 여러 유전자, 단백질, 세포 및 다양한 대사물질을 칩 상에서 여러 센서와 다양한 전처리 기능으로 직접 감하여 보다 빠르고 정확한 질병 진단을 가능케 함. 바이오칩은 크게 단순히 생물분자를 기관위에 정렬시키는 마이크로 어레이(Microarray)칩과 기관위에 형성된 미세한 유로를 통해 미량의 시료를 흘려보내면서 모든 분석과정을 수행하게 하는 마이크로 플루이딕스(Microfluidics) 칩으로 분류할 수 있음.(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003)

#### ㉡ 나노바이오센서

- 나노바이오센서는 나노기술의 적용에 의해 성능이 개선되거나 나노 구조체를 활용한 바이오센서로서 기존 바이오센서의 한계를 극복하여 단일세포 및 단분자 분석, 현장 진단, 자택진단. 실시간 진단이 가능하게 하는 바이오센서임. 나노바이오센서는 각종 생리활성 물질 및 화학물질을 분석, 측정, 진단, 검출 등을 수행할 수 있고 기계적, 전기적 변형을 감지할 수 있어 광범위한 분야에 적용될 수 있음(자료: 전자부품연구원, 나노바이오센션 기술로드맵, 2004)

### (3) 나노생체소재

#### ㉢ 나노 인공감각

- 미국, 호주, 유럽 등에서 기존의 전극기술과 집적회로 기술 등을 이용하여 인공감각



시스템을 개발하여 손상된 인체의 감각 및 중추신경계의 기능을 보완하고 치료하는 목적으로 활용하고 있음.(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003)

#### ㉞ 나노생체 모방소개

- 생체물질을 나노 Scale에 기본적 메카니즘을 이론, 실험적인 이해를 바탕으로 생체와 잘 조합되는 새로운 물질과 생체의 독특한 성질을 이용할 수 있는 새로운 물질을 개발하는 기술로 생명현상에 대한 원천적인 통찰력을 제시하고 이를 모방하여 질병 정복의 근본적인 해결책을 제시할 뿐만 아니라 독특한 성격을 갖고 있는 여러 가지의 생물학적인 소재와 유사한 새로운 물질을 창출하여 그것을 인용하는 사외 전반에 커다란 파급효과를 가져다 줄 새로운 기술임(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003)

#### ㉟ 나노약물전달 시스템

- 나노기술을 약물전달 기술에 응용한 기술로서 약물전달 효과가 높으면서도 부작용을 줄이고, 치료시 환자의 불편함을 최소한으로 줄 일 수 있는 첨단기술로 경제적 및 사회적으로도 큰 파급효과를 가져올 수 있음. 나노기술은 약물의 단점을 보완해 줄 수 있는 최첨단 기술 분야임에도 불구하고 기초연구 및 제품 개발 사례가 부족한 상태이고 나노기술에 대한 인식부족과 기초연구 부족이 문제로 꼽히고 있음. 앞으로 개발될 나노 약물전달 기술은 먼저 개발 되었던 신약의 단점을 보완해 줄 수 있으며 약물 복용 시 부작용 및 복용 시 복잡하거나 고통을 수반하지 않고 치료기간을 최소화 할 있는 나노약물전달 기술 개발이 전망됨(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003)

### 3. 농림융합기술의 정의

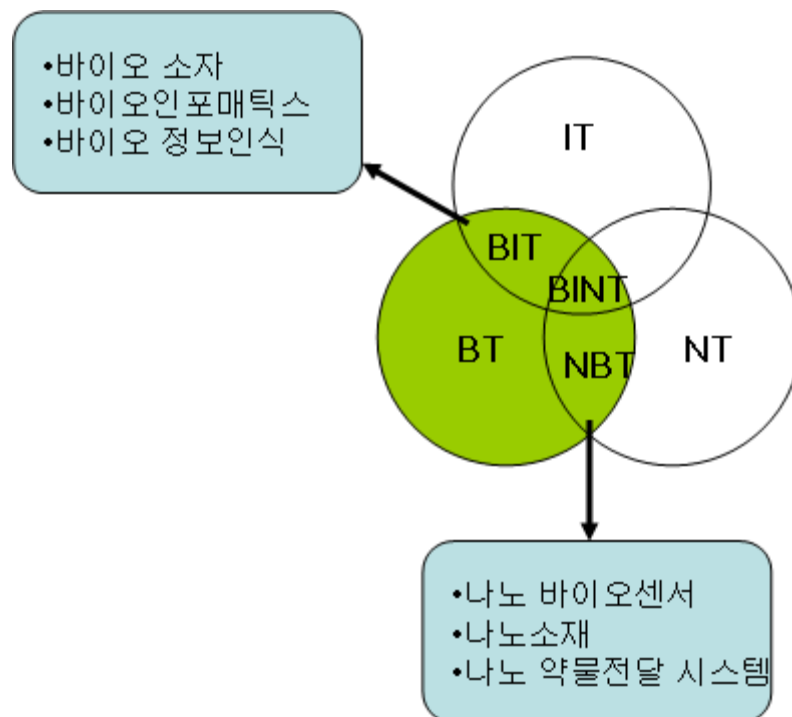
- 농림융합기술(Agricultural Fusion Technology)은 농림 분야를 대상으로 IT, BT, NT 등의 주요기반 기술의 결합이나 융합을 통해 새로운 사업이나 제품 및 서비스를 창출하거나 기존 영역의 한계를 극복 또는 기존 제품의 성능을 획기적으로 개선하는 기술을 지칭함
- 농림융합기술은 기본적으로 농림기술과 가장 밀접한 관계를 가지는 BT 기술을 중심으로 NT와 IT가 융합되는 형태의 기술이 기반이 되며, 이를 통해 기존 농림업 분야의 현안과 이슈를 근본적으로 해결할 수 있는 신 농림첨단기술 분야임

- 농림융합기술 유형은 크게 BT를 중심으로 나노의 미세분야 적용능력이 융합되는 NBT 융합기술과 BT를 중심으로 IT의 컴퓨터 활용 및 하드웨어 요소기술들과 융합되는 BIT 융합기술의 유형 중심으로 전개됨
- BIT 융합기술은 포스트 게놈 이행에 따라 생물정보 활용 인프라 구축 및 연구영역 확대에 기여할 것으로 전망되며 BNT 융합기술은 나노기술 발전에 따른 첨단 신소재 개발 및 제어기술에 관한 연구 확산에 기여할 것으로 기대됨

#### 4. 농림융합기술의 범위

- 농림융합기술에 대한 범위는 농림 융합기술과 관련성이 높은 BT를 기반으로 IT가 융합되는 BIT 영역, NT가 융합되는 BNT 영역이 주된 영역이며, 최종적으로 IT, BT, NT 기술이 융합되는 BINT 영역이 포함됨

<그림 2-5> 농림융합기술의 범위



- 농림융합기술의 요소기술은
  - BIT 영역에서는 바이오 인포매틱스, 바이오 전자, 바이오 정보 인식 기술
  - NBT 영역에서는 나노바이오 센서, 나노소재, 나노 약물전달 시스템 임

- 농림융합기술의 세부범위는 BT의 주요 영역인 Red Bio, Green Bio, White Bio 중 농업과 식품에 관련한 Green Bio를 중심으로 융합기술을 추진함
  - Red Bio(Health Care): 질병진단과 치료 등 건강복지관련 분야로 IT 기술 및 나노 기술이 적용되어 기존 질병 진단방법을 개선하고, 새로운 치료제를 효율적으로 개발할 수 있는 기술 및 산업 배경임
  - Green Bio(Food Bio & Agriculture) : 기능성 식품과 농업관련 분야로 융합기술을 활용하여 각종 기능을 부가한 기능성 식품과 식품 및 환경 유해인자 탐색기술 및 산업배경
  - White Bio(Industry & Environment) : 환경과 에너지관련 분야로 유전체 분석기술과 바이오 인포매틱스 등을 활용하여 고부가가치 제품과 석유대체 무한 자원개발 및 생산 분야임(자료: 산업자원부, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합 분야, 2007)

## 제3장 융합기술 동향

### 1. 국외 융합기술 동향

#### 가. IT·BT·NT 융합기술 세계 동향

##### (1) 미국

- 「인간수행능력 향상을 위한 융합기술(NBIC, 2002)」 전략 마련
  - 미국과학재단(NSF) 주도로 미래 과학 기술은 Nano, Bio, Info, Cogno의 4개 핵심축이 초기단계부터 수렴, 융합되어 연구되고 응용되어야 한다는 “NBIC Converging Technology” 틀을 새롭게 도출
  - 인지능력, 의사소통능력, 건강과 신체능력 등 인간의 수행 능력 향상을 위한 융합기술의 장기적 공헌을 강조
  - 대표적인 융합기술 사례로 새로운 소자시스템 개발, 나노스케일 세포연구, 유비쿼터스 시스템 통합, 지능시스템 연구 등을 제시
- NBIC 전략을 통해 융합기술의 지속적인 발전을 위한 개인, 교육계, 정부, 민간기업 등에 권고사항 제시
  - 개인 연구자들은 다른 분야 연구자들과의 협동연구가 필수적이며 융합기술 개발에 따른 위험을 감수해야 함
  - 융합기술 관점에서 이공계 연구 및 교육 들을 재구성하기 위한 주요 교과과정 개혁이 필요
  - 민간 기업들은 다른 기관과의 파트너십을 구축해야 하며, 융합기술 관련 인력개발을 강화해야 함
  - 정부는 연구기관 간 협동과 다학제간 연구를 활성화하고, 융합기술의 윤리적·사회적 영향에 대한 연구지원과 모니터링을 실시해야 함
- NSF 등에서 연간 1,300억불을 투입하는 등 연방정부 연구개발 투자계획에서 융합기술 관련 예산을 중점 편성

##### (2) 유럽연합(EU)

- 「지식사회건설을 위한 융합기술 발전전략(CTEKS, 2004)」 마련
  - 미국의 NBIC 전략에 자극을 받아 NBIC에 환경과학, 사회과학, 인문학 뿐만 아니라

윤리적 규제 장치를 포함한 전략 수립

- 융합기술의 연구영역으로 건강, 교육, 정보통신, 환경, 에너지 등 5개를 설정하고 대표적인 융합기술 사례로 자연어 처리, 비만치료, 지능형 주거환경 등을 위한 융합기술 제시
- CTEKS 전략을 통해 기술개발, 연구환경 조성, 사회적·윤리적 책임강화 등 융합기술 발전을 위한 가이드라인 제시
  - EC(EU집행위)는 융합연구 커뮤니티를 위해 WiCC<sup>1)</sup> 이니셔티브를 실행하며, 융합기술 기획시 조정역할을 수행하는 WiCC 사무국 설립
  - EC는 Framework Program(FP) 내에 융합기술 부문의 투자확대와 회원국들의 융합기술예측 및 기술개발 촉진을 장려
  - 융합기술 관련 정책이나 프로그램 기획 시 학제간 협력을 강화하고 융합기술 발전에 사회과학과 인문학의 참여를 권고
  - 융합기술 연구의 실시간 모니터링과 평가를 강화하고 지식재산권 문제를 국제적인 수준에서 취급할 필요
  - 유럽 연구계획의 윤리적 검토를 위한 의무규정을 융합기술의 윤리적 사회적 검토 부문을 포함하여 확대
- 범 유럽 차원에서 추진하는 FP7(2007~2013)에서 융합기술 개발을 확대하고 학제간 연구개발 추진 강화
  - 건강, 나노기술, 신소재 등의 분야에 116억2,000만 유로 투입 계획

### (3) 일본

- IT, BT, NT 등 신기술융합혁신을 통해 7대 신성장 산업을 집중 지원하는 「신산업 창조전략(2004년)」 마련
  - 연료전지, 정보가전, 로봇, 콘텐츠, 헬스케어, 환경에너지, 비즈니스지원서비스
- 미래형 주력산업 및 지원서비스분야 뿐만 아니라 이들 산업의 발전과 지방경제 활성화와 연계를 강조
  - 첨단신사업(바이오·의료, IT산업 등) 성장
  - 제조업 신사업 전개 및 지역서비스산업 혁신
  - 식품산업의 고부가가치화
  - 인재육성, 지적재산보호, 연구개발 등 14개 정책과제 제시

---

1) Widening the Circles of Convergence : 융합기술 관련 EC의 주요 활동

- 4대 중점분야(IT, BT, NT, ET) 중 단기간에 실용화가 가능한 기술 위주의 개발 전략인 'focus21' 수립 (2004년)
  - 개별 부처 차원에서 신기술 융합분야에 예산을 집중적으로 투입한 대표적인 지원 사업임
  - 바이오-IT 융합기기 개발 프로젝트, 나노바이오 기술 프로젝트 등을 중점 추진

#### 나. BT·IT 융합기술 각국 동향

- IT기술의 발달로 화합물 구조, 물성, 합성법, 특성 등의 화학적 정보와 단백질 구조, 기능, 정제법, 특성, 약효시험기술, 시험결과 등의 생물학적 정보를 수집, 관리, 저장 및 분석하는 기술이 빠르게 발전하고 있음
  - 생물체로부터 얻어지는 유전자 및 일반정보를 수집, 저장, 가공, 분석하여 생체현상을 예측하는 생물정보학(Bioinformatics)이 각광을 받고 있음
- 다양한 생물체 정보를 분석하기 위한 바이오칩의 경우, 요소기술인 이미지 분석과 이를 활용한 데이터 마이닝 기술에 대한 개발이 추진되고 있으며 바이오칩 생산과 관련하여서는 칩 디자인 기술이 활발하게 진전되고 있음
  - 바이오칩 표면기술, 검출 및 해석기술, 데이터처리 시스템 및 방법 등의 기술개발이 활발하게 이루어짐
  - 효소, 신호물질, 표면 당단백질 등 관련 콘텐츠의 개발과 진단을 위한 바이오칩 응용기술 개발상의 다양한 성과 시현

#### (1) 미국

- NBIC 융합기술 발전 전략 등을 통해서 융합기술 관련 R&D 예산을 중점 편성하고 있음 (Human & Health 서비스 예산은 2005년 293억 달러)
- 세계 DNA Bank를 총괄 관리, 운영하는 미국 국립생물공학정보센터(NCBI)를 중심으로 TIGR(The Institute for Genomic Research), TAIR(The Arabidopsis Information Resource) 등의 IT/BT 전문 연구기관이 있으며, 방대한 데이터를 생산, 연구하는 대학 및 연구기관이 다수 있어서 BT·IT 융합기술 발전을 자연스럽게 주도하고 있음
- 유전체 관련 연구기관으로 국립인간게놈연구소(NHGRI), 국립암연구소(NCI), 스탠포드대학, 워싱턴대학 등 세계적인 유전체 연구기관마다 독자적인 BT·IT 연구팀을 보유하고 있음
- 국립과학재단(NSF), 국방부 서비스 연구조직(DoD SRO), 국립보건연구원(NIH), 항공

우주국(NASA) 등의 국가연구기관에서는 바이오센서, 랩온어칩(lab-on-a-chip), 바이오 인포매틱스 등의 연구 과제를 수행

- IBM에서는 정보기반의학(Information Based Medicine)을 표방하여 의학분야에 IT를 지원하는 사업전략을 구상함

## (2) 유럽연합(EU)

- EU는 국가별 별도 프로그램 외에 EUP7 프로그램을 통하여 BT·IT 융합기술 분야인 스마트 바이오센서, 건강정보관리시스템 구축 등의 연구개발을 지원하고 있으며, 경쟁력 있는 바이오 클러스터와 연계하여 다학제적 연구를 통하여 융합기술을 개발하고 있음
- IT 기반에 식량산업 접목한 Bioecosystem을 도입하여 농산업을 육성하고 있음
- 영국의 경우 Sanger Center를 중심으로 인간게놈을 비롯한 많은 생물의 유전체 연구의 결과 미국 국립생물공학정보센터와 동일한 수준의 유럽분자생물실험실(European Molecular Biology Laboratory)을 운영하고 있음
- 독일은 DKFZ, 막스플랑크 연구소 등에서 BIT 전문 인력을 다수 육성하여 유전체 발전에 큰 기여를 하고 있음
- 스위스를 중심으로 단백질 서열 정보센터인 EXPASY(Expert Protein Analysis System)을 운영

## (3) 일본

- 경제산업성과 후생노동성, 문부과학성, 농림수산성 등 각 부처에서 바이오센서, 바이오 인포매틱스 등 IT와 BT 융합기술 국제 경쟁력 확보를 위하여 Protein 3000('02 ~ '06), 창조과학기술추진사업(ERATO) 등 프로그램을 통해 연구개발을 지원
- NIG를 중심으로 유전체 연구를 대단위로 하고 있으며, 미국 국립생물공학정보센터와 DNA 정보관리를 위해 DDBJ(DNA Data Bank of Japan)을 운영
- 미국이나 유럽의 경쟁을 피하고 일본 고유의 연구개발 모델인 cDNA 관련 연구와 이에 필요한 IT/BT 융합분야 연구개발에 정보와 민간이 컨소시엄을 형성하여 큰 성과를 보임

#### (4) 중국

- 선진국을 답습하기 보다는 독자적인 연구모델 개발에 주력하여 천연물을 이용한 신약 물질 개발 및 새우 유전체학과 같은 독자적인 연구 분야 도출
- 세계 최대 농작물인 벼에 대한 유전체 연구 및 관련 BIT분야 중심으로 융합기술을 적극적으로 육성하고 있음

#### 다. BT·IT 융합기술 분야별 기술개발 동향

##### (1) 바이오 전자소자

##### ㉠ 바이오칩

- 세계적으로 바이오칩 관련하여서는 Incyte사가 관련특허를 가장 많이 보유하고 있으며, 국내는 2000년대 초반부터 시작되어 관련 특허가 해마다 급증하는 추세이며 삼성전자, LG전자를 비롯한 민간 기업들과 국립암센터, 포항공대를 비롯한 대학과 연구기관에서 기술개발을 진행중임. 전세계적인 랩온어칩 특허는 Caliper Life Sciences, Nanostream 등 기업에서 관련특허를 많이 보유하고 있으며 국내의 랩온어칩 연구는 관련특허건수를 고려할 때 매우 초기단계이며 현재 포항공대에 소속된 한종훈이 관련 해외특허를 가장 많이 보유하고 있으며 LG전자, 서울대, ETRI, 삼성전자 등에서 관련 특허를 보유하고 있음(자료: 생명공학정책연구센터 BT 기술동향 보고서 바이오칩, 바이오센서 및 바이오 MEMS, 2005)
- 전세계적인 바이오칩 관련 연구는 2000년대 이후 포스트 게놈 연구로 그 개념이 정립되면서 활발한 연구 활동이 이루어지는 분야이며 미국 스탠포드대의 Brown, P.O.가 가장 많은 논문을 발표함. 우리나라의 바이오칩 관련 연구 활동은 세계적인 추세와 거의 동시기인 2000년대 초반부터 시작되어 관련논문이 해마다 급증하는 추세이며, 한양대, 서울대, 카톨릭대를 비롯한 대학과 원자력 병원, KRIBB등 연구기관에서 수행중임. 랩온어칩 연구는 1990년대 중반이후 활발한 연구가 진행되기 시작했으며 2000년 이후 논문발표가 급속하게 증가되는 추세로, 덴마크, 이탈리아, 네덜란드를 비롯한 유럽에서 강세를 나타내고 있으며 우리나라의 랩온어칩 연구는 2000년대 이후부터 매우 빠른 속도로 관련 연구개발이 진행되고 있으나 논문수는 매우 적은 편이고 서울대 교수이며 Digital Bio Technology의 CEO인 장준근 박사팀과 포항공대 권태현 교수팀에서 관련 연구를 수행중임(자료: 생명공학정책연구센터 BT 기술동향 보고서 바이오칩, 바이오센서 및 바이오 MEMS, 2005)



## ㉠ 바이오센서

- 바이오센서 관련 특허는 1980년대부터 나오기 시작하였으며 관련 기술개발은 일본의 전자회사들에서 주도하고 있으며 국내의 바이오센서 연구는 세계동향보다 10년 뒤늦은 1990년대 중반부터 시작되었으나 I-Sens, LG전자, All Medicus를 비롯한 민간기업과 KAIST, 경북대 등의 대학에서 관련 기술개발을 활발히 진행 중임(자료: 생명공학정책연구센터 BT 기술동향 보고서 바이오칩, 바이오센서 및 바이오 MEMS, 2005)
- 전세계적인 바이오센서 관련논문은 1980년대부터 나오기 시작하였으며 관련 연구는 미국이외에도 스웨덴, 이탈리아를 비롯한 유럽에서 주도하는 상황임. 국내의 바이오센서 연구는 광주 과기원 구만복 교수팀을 비롯하여 KAIST 김학성 교수팀 등이 활발한 연구를 수행하고 있음(자료: 생명공학정책연구센터 BT 기술동향 보고서 바이오칩, 바이오센서 및 바이오 MEMS, 2005)

## (2) 바이오 인포매틱스

- 선진국에서는 21세기 차세대 기술로서 바이오 인포매틱스의 중요성을 일찍부터 인식하고 방대한 양의 게놈 정보 및 유전자 정보를 체계적으로 수집, 관리하기 위한 기술개발에 노력하고 있으며, 미국은 생물정보를 국가 자원으로 인식하고 국립보건원 산하 국립생물정보센터에서 GenBank, OMIM, MMDB, UniGene 등의 바이오 DB 관리, 게놈 데이터 분석을 위한 소프트웨어 도구 개발, 생물학/의학/약학에 이르는 각종 문헌정보 데이터베이스를 제공하고 있음. 일본은 “밀리니엄 프로젝트” 전체 예산 1조 2060원에서 절반인 6400억원을 게놈 연구 사업에 집중 배정하여 3만개의 인간 기능 유전자를 밝히고 이 결과를 이용한 신약 개발의 목표를 가지고 바이오 인포매틱스 기술을 개발하고 있음. 유럽은 유럽분자 생물학 연구소 산하의 생물정보연구원을 통해 바이오 인포매틱스 기술들을 개발하고 있으며, 각종 생체 정보를 서비스하고 있음. 또한, 프레임워크 프로그램(FWP), 유레카(EUREKA)등의 관련 프로젝트를 통해 고급 바이오 인포매틱스 기술들을 개발하고 있음.(자료: 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003)
- 국내기술 바이오 인포매틱스 동향은 BT에 대한 높은 관심으로 과기부, 산자부, 보건복지부 등에서 개발을 수행 중으로 과기부는 국내 자생 동식물의 유전체 데이터베이스 구축을 위한 기술, 보건복지부는 의료진단을 위한 기술, 산자부는 산업화 할 수 있는 바이오 생물체에 관련된 기술 개발에 노력하고 있음. 현재 국내에서 개발된 대부분의 바이오 인포매틱스 기술은 생체기능 예측보다는 대부분 바이오 데이터 구축이나 특정 목적에 한정된 바이오 데이터 처리에 있음. 생체기능 예측을 위한 바이오

인포매틱스 S/W 개발은 막대한 초기 연구개발비가 필요하며, 단기적 시장 형성이 어렵기 때문에 국내업체의 연구개발이 미미한 수준으로 현재는 소수의 바이오 인포매틱스 벤처(10여개 정도)를 중심으로 소규모적이고 산발적으로 일부 분야에 한정되어 개발되고 있어서 바이오 인포매틱스 산업 전반에 대한 개발이 없는 실정임.(자료: 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003)

### (3) 바이오 정보인식 기술

#### ㉞ 바이오정보 감지 기술

- 미국 등에서는 소량의 혈액이나 체액만으로도 단백질, DNA, 면역반응, 세포 등의 생체정보를 총체적으로 감지하여 건강상태와 질병을 진단할 수 있는 마이크로 어레이 칩을 약 20여 회사가 개발하고 있으며, 수동적 감지에서 한 걸음 나아가 인체 오감 정보의 정량화를 위한 미세 전자 코, 전자 혀, 촉각센서와 실리콘 망막, 마이크로 달팽이관 등 신체기능 보조 센서도 개발하고 있으며, 수족, 관절 환자의 치료 및 재활을 위한 미세 신경자극 칩 등을 연구중임. 미국, EU 경우 반도체 기술을 이용한 생체 미소기전집적시스템(Bio-MEMS)에 의한 마이크로 시스템 기술이 미래 의료, 생명, 환경 분야의 핵심기술이라는 인식하에 DARPA의 Microflume 및 Bioflip 프로젝트와 Europractice를 중심으로 연구비 투자를 확대하고 있음. 이는 열러가지 센서들을 회로와 함께 집적하거나 센서와 액추에이터를 한 칩으로 통합하여 초소형, 고감도를 달성하려 하는 것으로, Lab On a chip, Micro-TAS(Micro-Total Analysis System)의 개념으로 구현되어 휴대용 진단기 및 생체 인식기의 핵심기술로 응용됨. (자료: ETRI, 바이오 정보통신기술 연구 동향, 2001)

#### ㉟ 바이오정보 처리 기술

- 바이오정보 처리 기술 분야는 선진국의 경우 일찍이 기술개발 연구가 활성화되어 연구결과를 제품화 기술로 연결시키고 있으며, 대부분의 의료 기기 산업체의 경우 부속 연구소를 통하여 연구와 제품 개발을 병행하고 있음. 또한 연구, 개발, 이용, 개선 응용 등 일련의 과정이 의학계, 공학계 및 산업계간의 유기적인 협력관계를 통하여 진행되고 있음. 미국의 연구비 투자는 평균 매출액의 6.7%로 타 산업에 비하여 약 2배에 해당하며, 유럽 및 일본은 5%이고 세계 의료 기기 산업의 연구비 투자율은 평균 5.9%임. 대표 연구기관으로는 미 MIT의 Alex d'Arbeloff 연구소를 꼽을 수 있으며 센서, Mobility assistance, Health monitoring system 및 Home automation system 개발을 목표로 연구를 수행하고 있음. 또한 미국의 경우 산업에서는 많은 회사들이 휴대 가능한 건강모니터링 시스템(휴대용 심전도계, 호흡기능 분석기, 전자청진기, 임산부 모니터링 시스템 기기, 건강 모니터링 기기 등)에 대한 개발연구를 수행 중에 있음.(자료: ETRI, 바이오 정보통신기술 연구 동향, 2001)

#### (4) 휴먼 인터페이스

##### ㉔ 뇌-컴퓨터 인터페이스

- 특정한 뇌파의 관찰을 통해 간질 진단 등 임상에서 중요한 역할을 해온 뇌파는 최근 들어 그 응용 범위가 뇌파 바이오피드백, 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface), 감성공학 등으로 확대되고 있으며 .최근 선진국들에서는 뇌-컴퓨터 인터페이스 시스템 개발을 신경계의 손상에 의한 장애의 재활 또는 기능 회복에 대한 연구들이 이루어지고 있음. 국내는 과학기술 연구소, 여러 대학교의 의용공학과와 전자공학과 등에서 신경전류 추적법에 의한 Brain Functional Imaging, Human Brain Cortical Electric Current Source Localization from the Surface Laplacian of a Visual and Motor Event Related Potential 등에 대한 연구와 논문 발표가 이루어져 있으나 아직 이론적인 실험단계로 생각하며 장애인 등의 수요자에게 실용할 수 있는 단계인 임상의학적인 측면과 기계공학, 전자공학을 종합화 시키려는 시도가 이루어지지 못하고 있는 것으로 판단하고 있음(자료: 정보통신부, 뇌파 기반의 차세대 휴먼 인터페이스 개발에 관한 연구, 2003)

##### ㉕ 정서/감성 인터페이스

- 정서/감성 인터페이스는 MIT 미디어랩에서 사용자의 감성상태를 가상 환경 속에서 표현하는 감정표현 아바타와 안경 형태의 검출기로 EMG 신호를 측정하여 나타내는 장치 등을 개발하였고, IBM에서는 BlueEyes project로 카메라를 통해 얼굴을 인식하여 감성상태를 파악하는 기술과 GSA(General Somatic Activity), GSR(손가락 끝의 땀 분비 정도 측정 지수)를 이용한 감성상태 파악하는 감성 마우스, 안구 추적으로 마우스의 포인팅 역할을 수행하는 magic pointing에 대한 연구를 수행하였음. 일본 이화연구소(Riken) 산하 뇌 과학 종합 연구소에서는 감정 상태에 따른 뇌파(EEG), 뇌자도(MEG)의 변화를 관찰하여 각 감정 상태를 구별하는 연구를 수행하였음. 국내 Brain21에서는 컴퓨터 사용자의 마우스에 센서를 부착하여 사용자의 생리신호를 입력 받아 이로부터 감성 상태를 분석하는 기술 개발을 수행하였으며, 한국표준과학연구원에서는 생체신호를 통해 인간의 오감을 정량적으로 평가하고, 감성측정평가 시뮬레이터 개발 및 DB를 구축하여 감성이 제품 및 환경응용 기술개발을 목적으로 하는 감성공학 사업을 수행하였음.(자료, 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006)

##### ㉖ 생체신호 인터페이스

- 생체신호 인터페이스는 NTT 휴먼인터페이스 미디어랩과 런던대에서 근전도를 이용

한 포인팅 디바이스에 대한 연구를 수행하였음. 세계적인 재활장비 전문업체인 일본 오토북 나부코서는 생체신호에 반응하는 초보단계 인공지능 의수와 의족을 상용화하였으며, 국립 첨단산업과학기술연구소(일본)에서는 2개의 첨단 센서에 의해 작동되면서 근육의 근전도(EMG) 신호를 이용하여 사람의 손 모양을 그대로 모방해 움직임(EOG) 또는 머리 움직임을 이용하여 커서 이동, 작곡, 휠체어 제어 등을 하기 위한 기술을 개발하였음. 미국 조지아 공대에서는 전도성 섬유를 이용한 직조물에서의 정보전달을 위한 'Mother Board' 개념의 정보 전달 셔츠를 개발, 생체신호의 감지 및 측정 신호의 전송이 용이한 스마트셔츠를 개발하였음. 국내에서는 KAIST 주관으로 지능형 인간-로봇 상호작용 기술 개발, 6D Visual Serving에 의한 상호작용 장치 및 생체신호(EEG, EMG, EOG)에 의한 상호작용 장치개발 등을 수행하고 있으며, ETRI에서는 착용형 생체신호 실시간 모니터링 시스템인 바이오셔츠를 개발하였음(자료, 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006)

라. 해외 주요 기업의 BT·IT 기술 개발 동향

<표 3-1> 해외 주요 IT 기업의 BT진출현황

기업	사업내용
Motorola	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Life Science 분야에 새로운 제품을 시도하기 위해 기존 역량 활용 극대화</li> <li>- DNA Chip 사업, CMS 인수, Oligo Chip 매출 예상</li> <li>- Glass Chip 및 BioMEMS를 이용한 Silicon Based Chip 개발</li> <li>- Compugen 사와 제휴</li> <li>- SNP Consortium에 참여</li> </ul>
HP (Agilent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Affymetrix, Basetta와 전략적 제휴, DNA Chip Scanner 개발</li> <li>- Health care 부문: DNA chip, Lab Chip, Bioanalyser 포함(10억 달러 매출)</li> </ul>
IBM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Life Science사업부 신설: 3년간 BT/IT 융합사업에 1억 달러 투자('00)</li> <li>- 바이오 벤처업체들에 대한 출자로 관련기술 획득 노력</li> <li>- 제약 및 생명공학업체들의 신약개발에 수퍼컴과 DB, 최신 S/W를 활용할 수 있도록 도와주는 전문 컨설팅 회사 설립 추진</li> <li>- Discovery link(제약, BT, 농업 등의 관련 산업에 대한 IT Solution)</li> <li>- Blue Gene(생물학전용 초고속 수퍼컴), Bio-dictionary(Protein Dictionary)</li> <li>- 초고속컴퓨터(5,000개 CPU)를 유전자 발현분석용으로 NuTec Sciences에 공급</li> <li>- Incyte Genomics사와 제휴</li> </ul>
Hitachi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Life Science사업부 설립, Bio-informatics 사업전개</li> <li>- 유전자/단백질 정보 분석 서비스 및 Microarray Spotter, Reader 시판</li> <li>- BioMEMS 및 Nano 기술연구와 DNA Chip 연구소 운영(지분 1/3소유)</li> <li>- Aginomoto사와 게놈창약에 공동대처하기 위해 제휴</li> </ul>
NEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bio-informatics 연구(뇌의 인식기능, 시각정보처리, Bio-molecular simulation system, Computer-aided protein design)</li> </ul>
Compaq	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단백질 구조해석을 위해 초당 100조회 연산처리가 가능한 초고속 컴퓨팅개발</li> <li>- Celera Genomics 사와 제휴</li> </ul>
Corning	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소재, 표면과학, 광학기술을 결합하여 DNA chip 시장 진입('00)</li> <li>- 05년까지 리딩 기업 목표로 여러 컨텐츠 기업과 협력 모색 중</li> <li>- Massively Parallel Manner로 고속, 고용량의 슬라이드 글라스 칩 개발 중</li> </ul>

(자료: ETRI, 차세대 신 성장동력, IT-BT-NT 융합기술혁명, 2006)

- 해외 민간기업 차원에서 정보통신기업의 바이오산업으로의 진출이 두드러지고 있는데, IT 기업이 주로 진출하는 분야는 수퍼컴, 서버, S/W 등 R&D 인프라, DB network등을 총괄하는 정보인프라 분야와 바이오 칩 관련 장비 분야임(자료: ETRI, 차세대 신 성장동력, IT-BT-NT 융합기술혁명, 2006)

마. BT·NT 융합기술 세계 동향

- BT·NT 융합기술 분야의 주요 국가별 기술 동향은 <표3-2>와 같음

<표 3-2> 주요국가별 BT·NT 융합기술 개발 동향

국가	기술명(사업주체)	단계	수행과제명(수행기관/사업규모)	최종목표
미국	나노바이오 센서	도입기	NNI 주도의 나노바이오 소재, 나노 바이오센서, 나노공정 등의 분야의 과제 수행	나노 바이오 기술 및 인력 인프라 구축
	약물전달	도입기	NNI 예산의 23%	무독성 항암제
유럽	-장기간 다학제적 연구를 통한 생명현상이해, 공정기술 개발 및 연구툴 개발 - 나노바이오 기술 - 나노미터 수준의 공학 기술 - 소자 제어 및 조작	도입기	나노기술, 나노과학 및 지식기반의 다기능 소재, 신공정 기술 및 소자 개발(EU FP6 : 2002'2006./EUR 1,429 million)	지식 기반의 좀 더 환경 친화적인 기술을 위한 과학적 기반 창출
일본	나노바이오 센서	도입기	MEXT, METI 주도로 기초연구, 유전자기술, 장기응용, 단기응용의 4개 분야로 나누어 NT 기반의 바이오 기술 개발	나노 바이오 기술 및 인력 인프라 구축
	약물전달	도입기	후생노동성(나노 메디슨 약물 전달)	무독성 항암제

(자료: 정보통신부 정보통신연구진흥원, IT융합 기술로드맵, 2007)

바. BT·NT 융합기술 분야별 기술개발 동향

(1) 나노생체분석

- 생체분석은 생물학의 일부분으로 오래전부터 존재해왔지만 나노 생체분석은 최근에 개발된 나노 테크놀로지를 기초로 초보적인 단계에 있음. 현재까지는 다분자 검출기술에 대한 연구가 중심으로 연구되고 있으며, 단일분자검출 분야에서는 기초 연구만이 이루어지고 있음. 단일분자를 검출하기 위한 나노 바이오 물질의 거동 분석과 형광 물질에 의한 전기 화학적인 기본 메커니즘에 대한 기초적인 연구가 진행 중이고, 실질적인 적용에 대한 연구로 SPM을 이용한 분석에 관한 연구가 있다. 아직은 시작 단계에 있지만 고분해능을 가지는 SPM(scanning probe microscopy)중 광학적인 특

성을 동시에 관찰할 수 있는 NSOM(near-field scanning optical microscopy)을 이용하면 분자 수준까지의 생체분석이 가능하며, 형광 및 발광의 특성이 있는 물질을 이용한 단백질-단백질 상호작용 및 다른 생체 분자 간(단백질-리간드, 항원-항체 등)의 상호 작용력에 대한 연구가 활발히 수행되고 있음(자료: 한국생명공학연구원 바이오나노연구센터, 나노바이오테크놀로지, 2006)

○ 최근 10년간 나노테크놀로지 장을 연 스캐닝 탐침 현미경 (scanning probe microscopy; SPM)이 강력한 생체분석의 도구로 사용되고 있음. 특히 원자힘(atomic force microscopy AFM) 현미경은 생리학적 조건에 가까운 환경에서 실시간으로 살아있는 세포생물학 연구를 가능하게 해 주었음. 해상도의 제한으로 광학 현미경으로는 불가능했던 살아있는 세포의 나노미터 수준의 세부구조, 세포 내 구조물, 생체 분자 등을 원자힘 현미경은 관찰 또는 변형을 가능하게 해주며, 1980년대 초에 나온 스캐닝 터널링 현미경 (scanning tunneling microscopy; STM)의 터널링 전류를 대신하여 탐침과 표면 샘플의 반데르발스(van der Waals) 힘을 이용하여 만들어진 원자현미경은 그 뒤에 많은 다른 종류의 원자현미경(MFM, LFM, FMM, EFM, SCM, EC-SPM, NSOM, SThM 등) 개발의 계기가 되었음(자료: 한국생명공학연구원 바이오나노연구센터, 나노바이오테크놀로지, 2006)

○ 최근에는 AFM을 활용하여 표면 높낮이를 측정하는 수준을 넘어 force-distance curve를 측정하는 force spectroscopy 기술이 개발되고 있음. 광학 현미경은 시료의 본래 상태로 볼 수 있어 살아있는 세포를 직접 관찰할 수 있으나, 분해능은 가시광 영역에서 200 nm 정도로 분자수준의 관찰은 불가능하였음. 지난 20년간 분해능 향상을 위한 많은 노력이 수행했음. Interference 및 structured light 방법을 사용하여 100 nm 까지 분해능 향상되었으며, 비선형 방법을 사용하여 30 nm까지 내려왔음. NSOM(near-field scanning optical microscopy)은 지름 20~200 nm aperture를 통하여 빛을 비추면서 표면에서 10~50 nm 거리에서 스캔하기 때문에 렌즈를 사용한 경우의 분해능 한계를 극복할 수 있음. 최근에 1초당 100개의 이미지를 얻을 수 있는 초고속 스캔 기술, dendritic cell 표면 단백자를 수용액 상에서의 측정, 무공(apertureless) 근접장 기술을 이용하여 분해능을 10 nm 이하로 향상시키는 기술 등이 개발되고 있음. (자료: 한국생명공학연구원 바이오나노연구센터, 나노바이오테크놀로지, 2006)

## (2) 나노바이오칩/센서

### ㉔ 바이오칩, 바이오센서

○ 바이오칩과 바이오센서 기술은 바이ורי셉터와 신호변환 기술의 결합 측면에서 유사성이 있으며 향후 나노기술의 접목에 대한 필요성이 널리 인지되어 있음

㉔ 나노바이오칩

- 나노바이오칩은 바이오칩 표면과 표지물질 활용으로 크게 분류할 수 있으며
  - 바이오칩 표면 활용 기술은 국소표면 플라즈몬(localized surface plasmon) 현상을 이용하는 것이 대표적이며 Nath & Chilkoti는 금 나노입자 표면에 streptavidin 단백질을 정량할 수 있음을 보고하였음.(Nath & Chilkoti, Anal. Chem. 2002)
  - 나노입자의 표지물질 활용기술은 흡광, 형광, 라만 등 다양한 측정 방식에 이용할 수 있음
  
- 향후 바이오칩에 금속 나노입자 및 퀀텀 닷 나노입자를 활용하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행 될 것으로 전망됨

㉕ 나노바이오센서

- 최근의 나노바이오센서 연구동향은 <표 3-3>와 같음

<표 3-3> 나노바이오센서 연구 동향

소속기관	연구자	연구결과	비고
Harvard University	Charles Lieber	직경 10 nm인 실리콘 전선 표면에 질병관련 단백질을 검출할 수 있는 분자를 코팅하여 혈액 중에 존재하는 단백질이 실리콘 전선 상에 붙게 되면 실리콘전선의 전도도 변화를 유발해서 전기적 신호로서 단백질을 검출할 수 있는 새로운 연구를 진행	prostatic cancer 검출용 nanoscale silicon wire
Northwestern University	Chad A. Mirkin	전극간의 간격이 20 μm에 불과한 실리콘 표면에 DNA 프로브를 붙여놓고, 시료용액 중의 DNA와 혼성화(hybridization)된 때 금 나노입자를 미리 붙여준 신호 프로브를 사용하고, silver 용액을 이용하여 두 전극간에 전류가 흐를 수 있는 경로를 형성시킨 DNA 검출용 나노센서를 개발중	Dip-Pen nano-lithography를 이용하여 단백질을 패터닝
Cornell University (미국)	Harold Craighead	전기장을 인가할 수 있는 직경 50 nm 인 나노채널과 photodetector를 구현시킨 마이크로칩을 이용하여 특정 DNA sequencing을 수행할 수 있는 DNA pipeline 개발	nanofluids를 이용하여 DNA control
University of Washington (미국)	Buddy D. Ratner	mica 상부에 단백질을 올려놓고, 단백질의 분자인 식부위를 disaccharide 분자로 코팅한 후 플라즈마 처리로 폴리머박막을 형성시킨 다음 mica와 단백질을 제거하면 albumin, immunoglobulin G, lysozyme, ribonuclease, streptavidin 등의 단백질을 선택적으로 인식할 수 있는 나노구조체를 imprinting 할 수 있다는 연구결과를 보고함	단백질 인식용 나노구조체 제조용 molecular imprinting 기술
Cornell University (미국)	Christine Keating	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> membrane 상에 형성된 pore에 금속이온을 전기도금시켜 길이 6.5μm, 직경 500nm 인 nanobarcode를 구현. 세가지 종류의 금속이온을 도입하면 80,000가지의 barcode pattern을 얻을 수 있어 수 만종의 시료를 동시에 분석할 수 있는 solution-array 개념을 창출	바이오물질 분석용 label로 사용할 수 있는 nanobarcode기술
Stanford University (미국)	Hongjie Dai	single-walled carbon nanotubes (CNT)를 이용하여 CNT 표면에서 분자흡착에 의한 화학반응결과 CNT의 저항변화를 유발해 낼 수 있는 고감도 소형의 화학/바이오 센서 개발	nanotube-based chemical and biochemical sensors

(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)

### (3) 나노생체소재 분야

#### ㉞ 나노 인공감각

- 선진국에서는 인공시각, 심뇌자극 등을 연구 개발하는 단계이고, 현재는 체외와 체내 시스템이 따로 존재하나 미래에는 체재 일체형 인공감각 시스템이 선보일 예정임. 나노기술을 이용한 인공감각 기반기술은 세계적으로도 아직 시작 단계에 있는 신 개척 분야로서 최근 미국, 독일 등의 선진국가 중심으로 그 중요성을 인식하고 있음. (자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003)

#### ㉟ 생체유래 나노소재

- 생명체의 세포내외로의 물질운동을 주관하는 분자모터를 나노 스케일화하여 물질이동 접목하려는 나노 생체소재화 하려는 연구가 활발함

#### ㊱ 나노소재 활용

- 약물전달시스템 개발에서 나노기술의 활용 증가
    - 약물을 체내에 효율적으로 전달하기 위한 물질 및 기구인 ‘약물전달 시스템(Drug Delivery System, 이하 DDS)을 개발하기 위해 고분자 나노수송체 제조기술, 지질 나노 수송체 제조기술, 생체인식 유도체 기술 등이 연구되고 있음
    - 고분자 나노 수송체는 반경 50~500nm의 나노 입자로 뇌,척수, 암세포 치료에 활용 됨
    - 지질 나노 수송체 기술은 세포막 성분을 지닌 지질을 활용하여 나노수송체를 제조 하는 기술로 세포내 약제의 효율적 전달 및 신생혈과 생성 억제를 위해 사용 됨
    - 생체인식 유도체 기술은 항체, 효소, 펩타이드, 당쇄등을 약물이나 수송체와 결합 하여 생체내에서 인식되도록 함
  - 특정 세포, 조직, 장기에 직접적으로 약물을 전달하는 표적 지향성 약물 전달 기술이 개발되고 있음
  - 생체인식 유도 기술과 약물투입 경로 개발분야에 많은 연구가 이루어지고 있음 (자료: 산업연구원, 바이오산업의 2020 비전과 전략, 2007)
- 나노기술을 활용한 약물전달법은 시장성 측면에서 매우 밝은 분야이며, 특히 유전자 치료 분야에서 나노파티클(nanoparticle)을 이용한 다양한 시도가 이루어지고 있음
- Hood 등의 Science 논문에서는 DNA 골격(backbone)이 phosphate group의 존재로 인하여 음전하로 하전되는 점을 이용하여 표면이 양전하로 하전된 나노 입자를 제



작하고 여기에 특정 단백질을 발현하는 plamid DNA를 부착시켜 암세포 성장의 억제제를 시도함.(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

## 2. 국내 융합기술 현황

### 가. IT·BT·NT 융합기술 국내 동향

- 부처별 융합기술개발 정책이 활발하게 추진되고 있으나 미래사회 수요를 반영한 독자적인 관련 사업이 추진되고 있지 못한 실정임
  - 교육부는 다학제적 융합형 인력양성, 과기부는 NT, BT를 중심으로 IT기술을 접목하는 미래 원천융합기술, 정통부는 IT기반 융합기술, 산자부는 디지털 컨버전스 등의 융합기술 추진을 계획 중임
  - 산업관련 부처에서는 주력산업의 경쟁력 제고를 위해서 인간 중심의 IT, BT, NT 등 첨단기술의 접목을 통한 융·복합화를 꾀하고 있음

<표 3-4> 부처별 융합기술관련 사업추진현황

부처	중점분야	사업추진현황	단계
과기부	NT-BT-IT	○ 미래융합기술 혁신을 통한 기술고도화 및 신시장 창출 - 창의적인 개인연구 및 집단 연구를 통한 융합형 인재 양성 - 예시 : 바이오기술개발사업(바이오퓨전사업)	도입기
문광부	CT기반	○ CT 융합기술로 실현하는 감성파워 코리아 추진 - 감동, 체험, 향유 지향의 문화 콘텐츠 환경 조성	도입기
산자부	IT-NT	○ 신사업 육성을 위한 부품소재발전방안 수립 심의·확정 - 2015년 전자수출 3,000억불, 세계 3강 실현 - 예시 : 신기술 융합사업	도입기
정통부	IT-BT-NT	○ IT기반 융합 부품소재 육성계획 수립 심의·확정 - 미래 융합 원천기술 개발에 주력하여 2015년 세계 융합기술 3대 선진국 도약 - 예시 : IT원천기술개발사업	도입기
복지부	BT-IT-NT	○ 헬스케어 관련 융합 부분	도입기
환경부	IT-BT-NT-ET	○ 환경기술(ET)은 전자, 생물, 소재 등 다양한 분야의 기술이 접목된 다학제적인 특성을 나타내므로 기술의 분류범위에 따라 다양한 융합 추진	도입기
건교부	건설기반	○ 건설+IT, NT, RT, ET : 신기술을 건설 교통 분야에 융합 추진 - 예시 : 첨단융합건설기술개발사업	도입기
해수부	IT-BT-NT-ET-MT	○ MT(해양학, 지구물리학, 화학 뿐만 아니라 전기공학, 전자공학, 조선공학, 토목공학 등이 기술이 융합된 다학제적 과학기술)와 IT, BT, ET, NT 등 핵심 단위 기술들과 융합 추진	도입기

(자료: 과학기술부, 융합기술 종합 발전 기본계획, 2007)

- 부처별 정확한 역할범위가 설정되어 있지 않고, 부처별 관련 산업 및 영역에 대한 해석과 요구가 매우 포괄적이어서 중복 투자가 발생 또는 우려되어 범부처적인 협의·조정이 필요
  - 유비쿼터스 헬스케어(u-헬스케어) 사업의 경우 기술 확보 보다는 서비스 주도권 확보를 위한 부처간/연구수행주체(관계기관) 간 과도한 경쟁 및 중복 투자 존재

#### 나. BT·IT 융합기술 국내 동향

- 국내 BT·IT 융합기술 육성 R&D 전략은 2001년 국가과학기술자문회의의 ‘생물산업 경쟁력 제고를 위한 BT·IT 융합 추진전략’이 제언되면서 본격화 됨
- BT와 IT 융합기술에 대한 관심도에 비해 실질적인 연구나 기술개발의 성과는 저조함
- 생물 정보 DB 구축이 미흡하고 관련 소프트웨어 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정임
  - 국내 공개 DB는 2개 해외 공개 DB는 500개로 1/250에 불과(자료: 국가과학기술자문회의, 국제 경쟁력 강화를 위한 BT·IT 융합 추진전략, 2001)
- 국가 프로젝트는 과학기술부와 정보통신부를 중심으로 2006년 기준 12개 연구사업에 약 1,337억원의 예산규모로 진행 중이지만, 정보통신부가 IMT2000 기금을 바탕으로 2001년에 대규모로 시작한 연구사업은 아직 투자에 비해 생산성이 미약하고 실적적 연구 서비스가 많지 않으며, 산업자원부가 차세대 신기술사업으로 추진하고 있는 바이오컴퓨터 분야 기술 수준은 이제 싹을 틔우고 있는 초보적 단계여서 보다 적극적인 투자가 필요함(자료: 정보통신정책연구원, IT기반 미래국가발전전략 연구 총괄보고서, 2006)
- 각 부처별로 기존 IT와 BT분야의 R&D 프로그램과 연계하여 소규모 프로젝트를 추진 중에 있음

<표 3-5> 부처별 BT·IT 융합기술개발 추진 현황

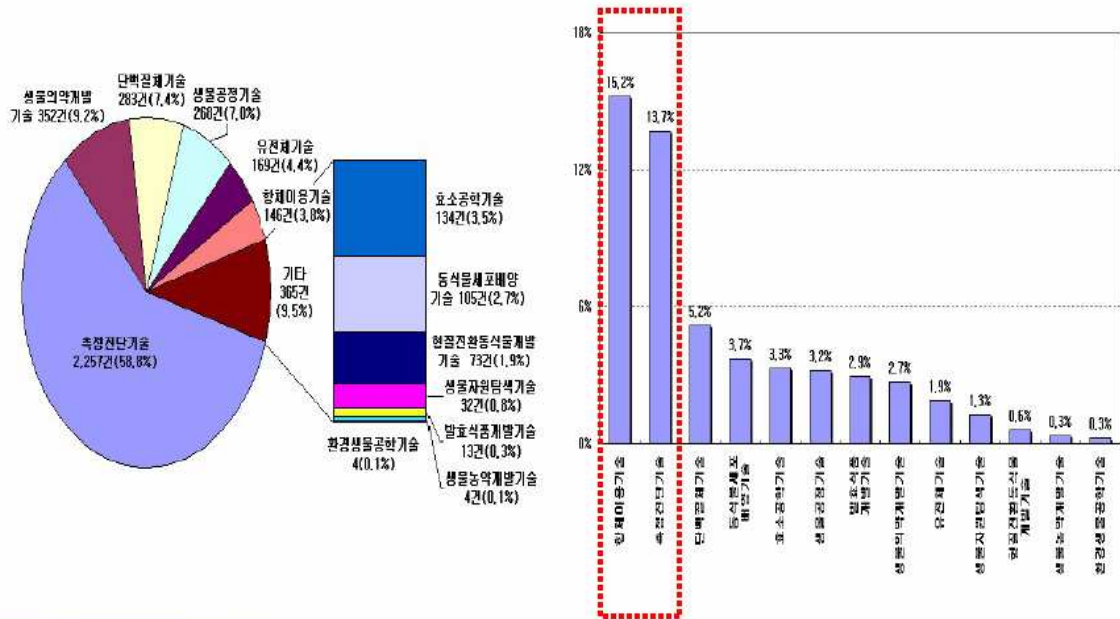
구분	사업 또는 정책	추진내용	예산 ('06, 억원)
과기부	바이오퓨전사업('03)	생명현상에 대한 시스템적 네트워크 및 유전체 정보 분석을 통한 질병치료예방 기반 조성	148
	국가핵심연구센터(NCRC)사업	미래지향적 융합기술 분야에서 지식과 경쟁력을 창출할 수 있는 연구센터 조성	108
교육부	BK21사업(2단계)	- 전국단위 우수대학원 육성 - 지역 우수대학원 육성	170 36
정통부	IT융합기술장기발전전략('05) - 오감통신도우미(IT/NT) - 건강환경도우미(IT/BT) - 융합원천기술	융합기술 개발을 통한 정보통신분야 지속적인 성장을 이루고자 육성전략 수립, 총 사업비 4,230억원 예상	390
	융합기술인프라 확충	- IT기반 융합기술 분야 지원을 위한 기반 구축 - 총사업비 700억원 예상	35
	산업화 촉진	벤처기업사업화지원 등, 총사업비 477억원 예상	45
산자부	BIT로드맵 개바 추진('02.5)	BIT 로드맵을 통한 투자분야 선정	-
	바이오산업경쟁력강화 전략 회의('02.6)	주요내용은 BIT 산업화 지원센터 구축, 바이오 칩 등 핵심기술개발	-
	신기술 융합	NBT, NIT, BIT 등 융합신기술 지원	55
	디지털산업기반 구축 -디지털융합신산업기술개발 -BIT융합기술산업화지원기반구축(BIT, BNT, INT 등)	디지털기술의 컨버전스, 이종기술간의 융합화 지역특화산업과 연계하여 산학연 공동 BIT 파운드리 서비스시설 등	250
건교부	첨단융합건설기술개발사업	건설기술에 IT, NT 등 첨단기술을 융합하여 고부가가치의 차세대 건설 기술 개발	100
환경부	미래원천기술개발사업	ET-IT·BT·NT 등 신기술 융합기술 환경 부하를 획기적으로 줄일 수 있는 신개념의 환경기술 등 발굴 지원	-

(자료: 융합기술기획위원회, 2005)

다. BT·IT 융합기술 특허 동향

- 국내의 BIT 융합기술은 <그림 3-1>과 같이 항체이용기술과 측정진단기술 중심으로 특허를 취득하고 있음

<그림 3-1> 국내 BIT 융합기술 특허 동향



(자료: 한국특허정보원, 기술별 생명공학 특허동향, 2005)

라. BT·NT 융합기술 국내 동향

- 나노-바이오 융합기술 분야는 현재 바이오기술개발 사업과 나노기술개발 사업내에서 국부적으로 추진되고 있음. 국내 연구기관의 나노-바이오 융합기술분야의 연구는 KAIST, 서울대, 포항공대 등의 대학과 삼성종합기술원 및 벤처기업 등에 의해 추진되고 있으며 주로 DNA 분리 및 추출기와 단백질 칩, Lab-on-a-chip 개발이 주류를 이루고 있음(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

(1) 나노생체분석

- 생체분석은 아직 초보적인 단계로 다분자 검출기술이 중점적으로 연구되고 있으며 단일분자 검출분야는 기초적인 연구를 진행하는 실정임
- 2003년부터 한국표준과학연구원 주도의 나노바이오 융합사업으로 시행중인 '나노 바이오 측정제어기술개발사업'중에서 '단일세포 및 단일분자 측정 및 제어조작 연구'가 진행 중이며 그외, 서울대, 포항공대, 한국과학기술원 등에서 연구가 진행되고 있으나 단일-단백질 분자의 실시간 검출 및 단백질 분간의 상호작용 연구에 뚜렷한 성과를 내지 못하고 있음.

## (2) 나노바이오칩/센서

- 많은 연구기관에서 단백질칩 진단시스템 개발에 관심을 가지고 있으며, 현재 형광물질을 이용하는 DNA칩 시스템을 활용하여 면역칩을 제작하는 단계에 있으며 단백질 어레이(protein array) 보다는 단백질 상호작용분석에 집중되어 있음
- 최근에는 SPR에 대한 높은 관심으로 인해 한국 생명공학연구원, 한국전자통신연구원, 강원대 등에서 SPR 기술을 활용한 단백질칩을 연구 개발중임

## ㉞ 나노바이오칩(Array)

- DNA 마이크로어레이 기술은 1990년 후반부터 활발한 연구와 기술개발로 신약개발, 생명공학, 진단분야에서 중요한 기술로 정착되어가고 있지만 실제 병원이나 산업체에서 사용할 수 있는 실용화는 미미하고 주로 연구용으로 많이 사용되고 있음. 일부 기업이나 정부출연연구소에서 유전체 염기서열 분석이 완성된 인간, 벼, 코리네 박테리아, 대장균 등을 대상으로 자체적인 DNA 마이크로어레이 제작기술을 개발하였음. 검출 및 분석 기술분야는 국내 독자적 기술 개발 필요성에도 불구하고 아직 국외 기술에 대한 의존도가 높음.
- DNA 마이크로어레이 기술을 이용한 진단키트 개발, 유전자 발현 분석 및 변이 검출, 병원균 검출에 대한 활발한 연구가 진행되고 있으며 cDNA 혹은 올리고 칩, 칩 스캐너, 어레이어 등에 대한 상용화 제품이 출시되고 있음.

## ㉟ 나노바이오센서

- 일차원 나노구조(나노선, 나노튜브)를 이용한 나노바이오센서 기술 분야는 현재 개발 초기 단계로 산업화까지는 상당한 시일이 소요 될 것으로 전망됨. 일차원 나노구조를 제조, 판매하는 회사는 일부 있으나 이를 응용하여 화학/바이오센서를 장착한 제품은 아직 출시되지 않았고, 탄소나 튜브의 제조 및 관련 제조 장비를 만드는 기술들이 현재 산업화 진행중임

## (3) 나노생체소재

- 나노구조체 합성, 벌크 나노소재, 나노소재분야에서는 국내 기술발전에 힘입어 개발 능력면에서 상당한 수준에 도달한 상태이나 생체소재에 대한 실제 나노소재로 개발은 아직 시도조차 못하고 있으며 바이오나노 및 표면 나노 소재분야는 선진국과 많은 격차가 있음. 국내에서는 생체재료를 이용한 나노소재 및 소자산업 대부분이 바

이오/센서 산업에 국한되어 있고 바이오센서 시장에서 200여개 업체가 장비, 소프트웨어, 시약을 생산하고 있음

#### ㉔ 인공근육

- 대학교의 연구팀을 중심으로 나노크기의 섬유 겔과 나노섬유를 통해 프로토타입 구동기를 개발하여 생체모방 시스템을 이용하여 초소형 로봇들을 개발하였음. 일부 대학에서는 인공 안근육을 구성하여 인공안구 모형을 제작하였음

#### ㉕ 생체전달막

- 연세대 정효일 교수팀에서 actin polymerization을 liposome내에서 유도시켜 막의 돌출부를 형성하는 기술과 포항공대에서 인체에 무해하고 특정세포를 결합하는 리포솜을 개발하는 등 약물전달을 위한 생체전달막의 합성 및 제작 연구를 수행 중이며, 고려대에서는 immunosensor를 개발하기도 하였음(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

#### ㉖ 바이오단백질 소재

- 국내 몇 개 대학에서 나노바이오 약물전달시스템, 나노센서, Molecular biomechanics에 대한 연구를 수행중이나 그 기반이 취약함. 또한 신기능 나노바이오 소재의 개발에 대한 인식의 저변이 넓지 않지만 나노 FRET 센서가 개발되었고 단백질에 대한 분자공학 기반은 갖추고 있음

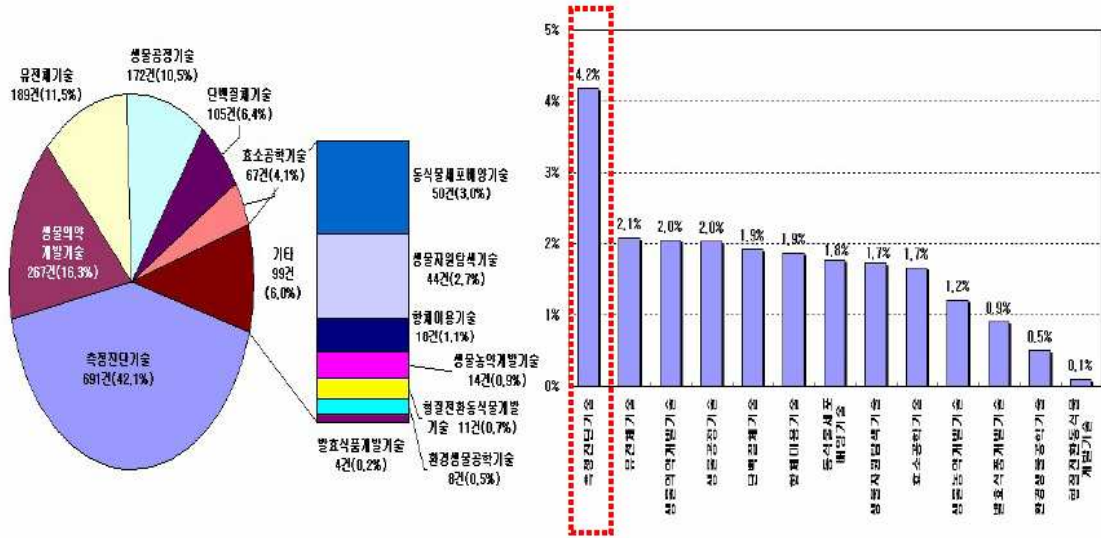
#### ㉗ 약물전달 기술

- 약물전달 기술은 고기능화 나노크기 입자화에 주력하고 있으며 나노수송체, 나노입자 제조 기술 개발과 함께, 나노크기의 약물 저장소와 마이크로 칩을 활용하여 제어방출과 지속방출이 가능토록 개발되고 있음

#### 마. BT·NT 융합기술 특허 동향

- 국내의 BNT 융합기술은 <그림 3-2>와 같이 측정진단기술 중심으로 특허를 취득하고 있음

<그림 3-2> 국내 BNT 융합기술 특허 동향



(자료: 한국특허정보원, 기술별 생명공학 특허동향, 2005)

바. BT·IT, BT·NT 융합 전반적 기술 수준

- 국가 나노랩이 과학기술부 지원하에 설립되어 바이오나노 소자 개발 환경이 구축되었고 과학기술부 주도 바이오퉴크 개발사업에 나노바이오 연구분야 지원이 활발함
- 다수의 부처에서 바이오센서 및 바이오칩에 대한 활발한 지원을 통해 기술 수준이 지속적으로 향상되고 있으나 전체적인 나노바이오 분야의 선진국 대비 국내의 기술력은 미흡함

<표 3-6> BT·IT 융합기술 분야별 개발현황 및 기술수준

구분	단계	국내 주요 연구분야	기술격차	기술수준
바이오 전자소자	도입기	- 휴대용 바이오 소자 - 바이오센서용 반도체	4년	70%
바이오 인포매틱스	도입기	- 유전체 해석/활용 - 생물정보 데이터베이스 구축기술 - 생물정보 분석 프로그램 제작기술 - 생체 정보 관리기술	5년	45%
휴먼 인터페이스	도입기	- 생체정보처리 기술 - 생체신호 변환 기술 - 생체이미징 기술	5년	60%

(자료: 과학기술부, 제2차 생명공학육성기본계획 수립을 위한 기획연구, 2007 재구성)

<표 3-7> 나노바이오 국내외 기술 현황 및 최고기술 국가 대비 기술수준

기술 분류 (중분류)	국외 기술 현황	국내 개발 현황	최고기술 국가 대비수준
검지 및 정제	·주요연구: 나노입자 조영제, 나노선 센서, 나노 바이오칩, 나노입자 이용한 정밀 진단 기술 Lab-On-Chip, 등. ·산업화: 성장기, 일부기술 상용화, 다수의 벤처 기업 창업.	·주요연구: 나노입자 조영제, 나노선 센서, 나노 바이오칩, Lab-On-Chip, 등 나노바이오 분야 중 가장 활발한 연구 ·산업화: 도입기, 일부기술은 상용화가 가능성을 보이거나, 국외 연구자들이 보유한 원천 기술이 주요 걸림돌	71
치료 및 임플란트	·주요연구: 나노구조를 이용한 선택적 약물전달, 나노조직공학, 등 ·산업화: 도입기, 나노구조를 이용한 조직공학 기술은 상용화에 근접. 미국 FDA 인가를 위한 노력 및 투자가 수행되고 있음.	·주요연구: 나노 약물전달. 인공장기 및 조직. 국내연구환경의 특수성을 살린 줄기세포 조직공학이 활발히 진행 중. ·산업화: 도입기. 임상테스트 및 미국 FDA 인가를 위한 노력 및 투자가 필요한 단계임.	60
정보	·주요연구: 바이오전자학, DNA Computing등. ·산업화: 원천기술 개발 단계. 특히 바이오전자학은 바이오센서 및 분자 전자학과 연결되어서 활발한 연구 진행 중.	·주요연구: 바이오 전자학, DNA Computing, 등 ·산업화: 원천기술 개발단계.	42
에너지	·주요연구: 바이오 Fuel Cell, 단백질 모터, 광합성, 생체친화적인 에너지원 개발 등. ·산업화: 원천기술 개발 단계. 미국에서는 주로 국방과학기술차원에서 개발지원.	·주요연구: 단백질 모터, 광합성, 등 ·산업화: 원천기술 개발 단계.	34
극한제어 및 분석	·주요연구: 단분자 분광학, 단분자 탐침 검지 기술, 단일 세포제어, 바이오구조모방 기술, 등 ·산업화: 도입기, 바이오구조모방, biomineralization등 일부기술은 상용화 가능성을 보이고 있음. 특히 BioAFM 등 관련된 연구용 측정장비는 이미 다수 상품화.	·주요연구: 단분자 분광학, 줄기세포 제어 기술, 단분자 탐침 기술, 등 ·산업화: 도입기, SPM을 이용한 측정장비는 상품화.	73
생필품	·주요연구: 나노구조표면을 이용한 극한 소수성 섬유, 나노구조화된 식품, 등. ·산업화: 성장기, 다수기술 상용화,	·주요연구: 은나노관련 제품, 나노구조화된 식품, 등 ·산업화: 성장기, 다수 상용화	72
농림	·주요연구: 나노살충제, 등 ·산업화: 도입기.	·주요연구: 나노전분, 동물체 면역기술 ·산업화: 도입기	52
수산	·산업화: 원천 기술 개발 단계	·산업화: 원천 기술 개발 단계	40
암정복	·주요연구: 암진단, 암세포의 선택적치료, 등 미국에서는 나노기술 중 전략 연구분야. ·산업화: 도입기, 많은 국가들이 국민보건 등의 이유로 암정복나노기술을 전략연구 분야로 삼고 있기에 빠른 발전이 예상됨.	·주요연구: 암세포 이미징, 선택적 약물전달 기술, 등 ·산업화: 도입기, 대학, 연구소, 및 국립암센터 등에서 활발히 연구 기획 시작 단계.	60
안전성, 영향 평가 및 표준화	·주요연구: 나노구조의 독성연구, 나노제품 평가 기술, 나노기술의 표준화. ·개발단계: 많은 국가들이 자국에 유리한 나노기술 표준을 전세계적으로 적용하기위한 노력을 기울이고 있음. 예를들어 일본은 나노유리 등 자국 주력산업분야 관련 나노기술에 대한 표준화 작업 진행 중	·주요연구: 나노구조의 독성연구, 나노제품 평가 기술, 나노기술의 표준화. ·개발단계: 식약청, 기술 표준원등에서 나노기술 표준화를 위한 작업 진행중.	42

(자료: 농림기술관리센터, 기술융합형 미래농업기술 개발 사업, 2007)



### 3. 농산업을 대내외여건변화 및 농림 기술·산업 동향

#### 가. 국내외 농산업을 환경변화와 농업기술의 한계

##### (1) 국내외 농산업을 환경변화

<표 3-8> 국내외 농산업을 환경변화 분석

㉗ 산업환경의 변화	㉘ 기술적 환경변화
<ul style="list-style-type: none"> <li>·세계 주요 농업 수출 대국에게 우리 농산물 시장 전면 개방</li> <li>·산업화 이후 농산업을 변화와 구조전환에 실패로 정체기 상태</li> <li>·세계화, 개방화로 인한 농업의 글로벌 경쟁력 필요</li> <li>·글로벌 경쟁력 미확보시 농산업을 큰 위기 봉착 예상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 기술간 융합이 진전되어 각 기술과 영역의 구분을 초월한 기술 혁신이 가속화 될 것으로 전망됨</li> <li>·Nano-Technology와 Bio Technology는 21세기 국가 성장 동력 산업 분야임. 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 NT를 IT, BT와 더불어 21세기 중점 개발 기술 분야로 선정하여 국가 차원에서 집중 지원함</li> <li>·주요 선진국에서는 융합기술을 통한 농업의 경쟁력을 강화하기 위해 새로운 국가적 발전 계획을 강구하고 있음. 현재 BT-NT-IT 융합기술 개발은 미국이 선도하고 있으며, 일본 유럽 등도 국가적 노력을 경주하고 있음.</li> </ul>
㉙ 사회/문화적 환경변화	㉚ 제도적 환경변화
<ul style="list-style-type: none"> <li>·농어촌 인구의 고령화와 탈농어업 현상이 매년 심화되고 있고 심각한 수준임</li> <li>-60세 이상의 노년 경영주가 전체 농가의 61.2%(2007년 통계청)</li> <li>·소득증가로 인한 삶의 질적인 향상은 건강에 대한 관심과 웰빙(Well-being) 바람을 일으켰고 이로 인한 농산물 소비의 패턴이나 관심사에도 변화가 생김</li> <li>-과거 생산자 중심의 농업이 소비자 중심으로 변화고 있음</li> <li>-현재 식품소비 측면에서 유기농 식품에 수요가 빠른 증가 추세를 보이고 있음</li> <li>-국민의 식품안전에 대한 요구도 갈수록 고조되고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·미국은 BT관련 융합분야인 바이오인포매틱스, 나노-바이오 디바이스, 바이오 센서 등을 집중 지원하고 있으며, NT, BT, IT 및 인지기술을 융합한 NBIC 기술을 삶의 질을 향상시킬 수 있는 기술로 인식하고 수억불을 투자할 계획임</li> <li>·2002~2004년 기간 동안 BT-NT 융합기술에 대한 우리 정부의 연구비 투자는 연 100억원 내외로 전체 나노 기술 분야 연구비의 5% 정도에 해당하였으나, 2005년 이후 급격한 증가 추세에 있음</li> </ul>

#### ㉗ 산업환경의 변화

- 농산업을 둘러싼 새로운 농업 환경에 도전을 받고 있음. 특히 자유무역협정, WTO 체제 출범 등 세계화와 개방화로 인하여 농업 보조금 감축, 관세 및 비관세 장벽이 철폐 되는 등 농업의 글로벌 경쟁력이 어느때보다 강조되고 있음
- 국회 비준을 대기중인 한-미 자유무역협정과 현재 협상을 진행중인 EU, 캐나다, 인도, 멕시코와 향후 협상이 예상되는 호주, 뉴질랜드, 중국, 일본, 아르헨티나, 브라질 등과 자유무역협정을 추진하게 될 경우 세계 주요 농업 수출 대국에게 우리 농식품 시장을 전면적으로 개방하게 됨.
- 농업은 1960년대 이후 급격하게 진행된 산업화, 개방화, 세계화, 지식정보화 등 새로운 사회경제 패러다임에 능동적인 대응 미흡으로 농산업을 변화와 구조전환에 실패하여 정체기에 머물고 있음.

- 현재와 같이 개방화와 농촌의 고령화가 급속하게 진전되는 상황에서 글로벌 경쟁력을 빠른 시일 내에 확보하지 못할 경우 강력한 보호의 틀 속에 안주했던 한국농산업을 큰 위기에 봉착할 수 있음

#### ㉔ 기술적 환경 변화

- 차세대 기술혁명은 IT, BT, NT 기술간 융합이 진전되어 각 기술과 영역의 구분을 초월한 기술 혁신이 가속화 될 것으로 전망됨
  - 바이오센서, 칩, 바이오 인포매틱스, 휴먼인터페이스, 바이오 나노 센서, 칩, 바이오 나노소재 등 IT, BT, NT 최신 기술을 융합하여 고효율, 고기능, 친환경, 고부가가치의 미래 농산품 제품개발의 적기라 할 수 있음
- Nano-Technology와 BioTechnology는 21세기 국가 성장 동력 산업 분야임. 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 NT를 IT, BT와 더불어 21세기 중점 개발 기술 분야로 선정하여 국가 차원에서 집중 지원함.
  - NT와 Green BT, IT 관련된 기술을 융합하여 작물, 가축, 식품, 천연자원, 자연환경, 토양 분야 등에 적용하기 위한 관련 학문과의 통합적이고 체계적인 연구와 전문 인력 양성이 필요함
- 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 포함한 세계 각국은 21세기 중점 개발 기술 분야로 IT, BT, NT 융합기술을 선정하고 기술 경쟁의 우위 확보를 위해 융합기술의 원천 및 기반기술 선점을 위한 노력을 경주하고 있음
  - 바이오융합기술은 컴퓨터 활용기술, 하드웨어 요소기술 등과 같은 정보기술(IT)과 미세 분야 기술인 나노기술(NT)과의 결합을 통해 헬스케어(Health Care) 산업, 농업 및 식품바이오(Agro-Food-Bio) 산업, 산업바이오(Industrial Bio) 분야에서 새로운 제품 및 산업을 창출하고 기존 분야의 효율을 향상시키고자 하는 미래기술을 지칭함
- 주요 선진국에서는 융합기술을 통한 농업의 경쟁력을 강화하기 위해 새로운 국가적 발전계획을 강구하고 있음. 현재 BT-NT-IT 융합기술 개발은 미국이 선도하고 있으며, 일본 유럽 등도 국가적 노력을 경주하고 있음.
- 미국은
  - 유망한 미래 농산업 분야의 융합기술로 농산물 생산, 공정, 유통 안전성을 강화를 위한 나노센서, 유통추적용 나노소재, 스마트센싱/추적/보고/원거리콘트롤 통합 시스템 등을 선정 - USDA, 2003
  - 2003년에 USDA는 농업 및 식품 분야의 BT-NT 융합기술 연구개발에 연간 3,630만 달러를 투자하기로 함

- 기초 연구, 산학협동 연구, 농업 및 식품관련 BT-NT 전문연구센터 설립, 농업 BT-NT 융합 기술분야 인력양성 사업, BT-NT 연구관련 기자재 구입비 지원 함

○ 일본은

- 미국의 국가나노기술개발전략 (NNI)에 대한 대응전략으로 2002년에 N-Plan21을 수립하여 6.5억불의 예산지원을 나노기술 연구에 투자하기 시작
- 문부성 주관으로 2002년-2007년 동안 “Next Nanoscale Chemistry & Biology Initiative”의 6대 과제 중 나노바이오센서 연구를 계속 지원하고 있음

○ EU는

- Frame Program을 통해 2002년부터 13억 유로를 연합유럽 국가로부터 지원받아 활발한 나노기술 개발 프로젝트를 진행하고 있음.

㊤ **사회/문화적 환경 변화**

○ 농어촌 인구의 고령화와 탈농어업 현상이 매년 심화되고 있고 심각한 수준임

- 통계청의 ‘농·어업 기본통계조사 결과’에 따르면, 2007년 기준으로 전국 농가수는 1백23만가구이고 농가인구는 3백2십7만4천명으로 1년 동안 1만4천가구(1.1%), 3만 82명(0.9%)이 감소했고, 10년 전에 비하면 농가수는 무려 20만8천가구(17%)나 감소한 것으로 나타났음. 특히 농업 경영주의 연령층은 60대가 33%(40만8천4백명)로 가장 많은 비중을 차지했고, 70대 이상도 28%(34만5천2백명)나 되는 등 60세 이상의 노년 경영주가 전체 농가의 61.2%가량을 차지하는 한편, 그 비율도 매년 꾸준히 증가하고 있어 농가의 고령화가 매우 심각한 수준인 것으로 나타났음

○ 소득 증가로 인한 삶의 질적인 향상은 건강에 대한 관심과 웰빙(well-being) 바람을 일으켰고 이로 인한 농산품 소비의 패턴이나 관심사에도 변화가 생김.

- 과거 생산자 중심의 농업이 소비자 중심으로 변하고 있음
- 현재 식품소비 측면에서 유기농식품에 수요가 빠른 증가 추세를 보이고 있음
- 국민의 식품안전에 대한 요구도 갈수록 고조되고 있음.
  - 국민 건강을 위해 수입되는 농·축산물의 샘플 검사가 아닌 효율적인 현장 적용 가능한 전수검사가 필요함

㊤ **제도적 환경 변화**

○ 미국, 일본, EU 등 세계 각국은 IT, BT, NT 등 신기술간의 융합분야를 미래에 중점 추진해야할 고부가가치 첨단기술로 인식하여 육성 전략을 준비하고 본격적인 개발을 추진하고 있음. 미국은 BT 관련 융합분야인 바이오 인포매틱스, 나노-바이오 디바이

스, 바이오 센서 등을 집중 지원하고 있으며, NT, BT, IT 및 인지기술을 융합한 NBIC 기술을 삶의 질을 향상시킬 수 있는 기술로 인식하고 수억불을 투자할 계획임 (자료: 과학기술부, 신기술 융합사업 추진계획, 2003)

- 일본은 기존의 횡단형 연구개발을 통한 새로운 가치 및 시스템의 창출을 위해 융합 신기술 개발을 추진 중
  - 이분야 교류촉진사업 : 미래의 산업, 사회, 복지 등과 세계를 선도할 혁신적인 과학 기술을 창출하기 위해 기존의 연구조직분야의 틀을 벗어난 독창적 발상을 적극적으로 육성
  - 개방적 융합연구추진제도 : 1998년부터 시작한 사업으로 산학연의 2~3개 기관으로 구성해 단독 연구기관이 수행하기 어려운 학제간 연구 추진
  - 선도적 연구추진 : 자연과학과 인문사회과학을 종합한 선도적 연구 분야로 2002년도 과제로 '횡단적 과학에 의한 유비쿼터스 정보사회 연구' 추진(자료: 과학기술부, 신기술 융합사업 추진계획, 2003)
- 2002-2004년 기간 동안 BT-NT 융합기술에 대한 우리 정부의 연구비 투자는 연 100 억원 내외로 전체 나노기술 분야 연구비의 5% 정도에 해당하였으나, 2005년 이후 급격한 증가 추세에 있음
  - 초기에는 국내 인프라 확충에 중점을 두어 전체 연구비에 대한 나노바이오 연구 투자가 상대적으로 적었으나, 점차 응용 및 산업화 가능성이 높은 바이오분야에 대한 관심이 고조됨
  - BT-NT 농산업 기술은, 선진국에서도 최근에야 적극적인 연구가 시작되는 분야이기 때문에 그동안 정부 투자가 적었던 것으로 판단됨
  - 향후 농산업에 대한 BT-NT 융합기술의 창의적 개발 및 선점은 세계 농산업을 리드할 수 있는 기회가 될 수 있음

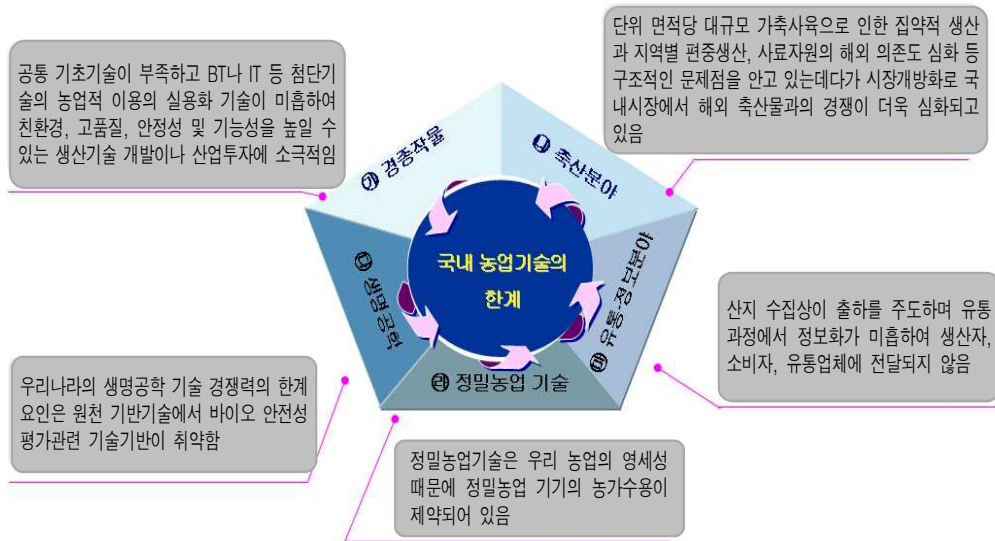
## (2) 국내 농업기술의 한계

- 각 분야별 농업기술의 한계상황은

### ㉞ 경종작물

- 경종작물은 그동안 비료, 농약, 에너지의 고투입과 이에 적응하는 품종개량에 의하여 생산성 향상이 이루어짐. 그러나 자연 생태계의 안전성 저하, 환경오염 부하로 자연 생태계의 지속성을 이룰 수 있는 친환경적 농업 생산기술을 개발하여 수익성과 지속성을 동시에 추구하여야 하나 주요 경종작물의 생산기반이 취약하여 생산비 절감 기술 개발에 한계가 있음. 특히 공통 기초기술이 부족하고 BT나 IT 등 첨단기술의 농업적 이용의 실용화 기술이 미흡하여 친환경, 고품질, 안전성 및 기능성을 높일 수 있는 생산기술 개발이나 산업투자에 소극적임

<그림 3-3> 분야별 농업기술의 한계



#### ㉠ 축산분야

- 기술적 한계요인은 우리나라 축산은 단위 면적당 대규모 가축사육으로 인한 집약적 생산과 지역별 편중생산, 사료자원의 해외 의존도 심화 등 구조적인 문제점을 안고 있는데다가 시장개방화로 국내시장에서 해외 축산물과의 경쟁이 더욱 심화되고 있음. 또한 가축분뇨 처리문제, 악취로 인한 민원발생 등 환경문제로 축산 사육여건은 점차 어려워지고 있음. 축산부문은 영세성과 낮은 시장점유율로 축산 선진국과 경쟁이 어려움. 따라서 산업화 기술수준과 마케팅 기술 및 전략의 부재가 축산기술의 한계요인으로 작용하고 있음. 앞으로 축산기술은 고부가가치 유전자 확보, 기능성 축산물 생산, 면역 증강 물질생산 등 유전공학 기술이나 생명공학 기술의 발전이 뒷받침되어야 함.

#### ㉡ 생명공학

- 생명공학분야는 원천 기반기술과 실용화 기술이 있는데, 우리나라의 생명공학 기술 경쟁력의 한계요인은 원천 기반기술에서 바이오 안전성 평가관련 기술기반이 취약함. (자료: 한국농촌경제연구원, 농업기술발전의 장기전망, 2007)

#### ㉢ 정밀농업 기술

- 정밀농업기술은 우리 농업의 영세성 때문에 정밀농업 기기의 농가수용이 제약되어 있음. 그러나 GIS, GPS를 이용한 인공지능 트랙터, 수확량 모니터링 시스템, 변량시

비 등에 의한 친환경 정밀생물 생산 기계화에 의하여 토양과 환경오염을 감소하기 때문에 토양조사, 정밀기기 등에 대한 비용의 국가지원 등 제도적 뒷받침이 필요함.

#### ㉞ 유통·정보 분야

- 유통·정보 분야는 산지부문에서 품목별 생산자가 조직화가 이루어지지 않아 산지 수집상이 출하를 주도하며 유통과정에서 정보화가 미흡하여 생산자, 소비자, 유통업체에 전달되지 않음. 농산물 유통주체들이 공통으로 사용하여 간편한 업무처리와 거래의 투명성을 높이기 위하여 EDI(Electric Data Interchange)체계가 구축되어야 함. 또한 농산물 물류를 효율적으로 수행하여 물류비 절감을 위한 종합물류 정보망 구축 등 정보시스템이 필요함. 농업지식의 부분적 DB화 Data Warehouse 시스템 구축과 인터넷 조건 분리지역을 위하여 위성 인터넷 및 인프라가 구축되어야 함.(자료: 한국 농촌경제연구원, 농업기술발전의 장기전망, 2007)

#### 나. 국내외 기술·산업 동향

##### (1) 해외 농림융합기술 동향

- 농림업분야와 관련하여 미국, 일본, EU 등 주요 선진국에서는 NT를 IT, BT와 더불어 21세기 중점 개발 기술 분야로 선정하고 이들의 융합기술을 통한 농업의 경쟁력을 강화하기 위해 새로운 국가적 발전계획을 강구하고 있음
- 2003년 미국 농업부(Department of Agriculture) 보고서(Nanoscale science and engineering for agriculture and food)에서 제시한 농산업 융합기술 분야로 농산물 생산, 공정, 유통 안전성을 강화를 위한 나노센서, 유통추적용 나노소자, 스마트 센싱/추적/보고/원거리제어 통합 시스템 등을 예로 들고 있음
- 일본의 경우 미국의 국가나노기술개발전략 (NNI)에 대한 대응전략으로 N-Plan21을 수립한 바 있으며, 문무성 주관으로 2002년-2007년 동안 "Next Nanoscale Chemistry & Biology Initiative"의 6대 과제 중 나노바이오센서 연구를 지원하고 있음
- EU의 경우 소득 2만 내지 3.5만 불 시대의 바이오 성장동력으로 Food-Agro-Nano-Bio의 융합기술 사업에 투자 중임
  - 식량산업을 정보(식물생리정보)기반 IT 등 Bioeco system을 도입하여 농산업을 전략적으로 육성

(2) 농림바이오 산업 및 바이오산업 동향

㉔ 농림바이오 산업(자료: 농림수산식품부, 농림바이오산업 육성 추진방향(안), 2007)

- 농림바이오 생산규모('05)는 1조 3,365억원으로 바이오산업 국내 생산규모의 48%를 차지
  - 이 중 65%인 8,708억원 수출, 국내판매는 35%인 4,657억원
- 농림바이오 판매규모('05)는 6,408억원으로 바이오산업 국내 판매규모의 27.5%를 차지
  - 이 중 4,657억원이 국내생산(73%), 수입은 1,751억원 규모
- 관련 기업 수는 250여개로 국내 바이오 기업의 39%, 종사인력은 5,000여명 추정
- 13년간('94~'06) 농림 분야 투자는 5,556억원으로 정부 총투자 4조 3천억원의 13% 수준에 불과
  - '06년에는 정부총투자 8,021억원 중 농림분야는 1,166억원 투입
  - 농림기술개발과제(69억원), 농업생물자원기술개발사업(260억원), 바이오그린 21사업(349억원), 바이오신약생산연구사업(32억원) 등

㉕ 농업/식품 테스트 분야(자료: 한국나노바이오시스템연구조합, BIT 등 IT 기반 융합 기술개발 및 산업화 전략 분석, 2002)

- 식품검사를 위한 대표적 방법인 병원성 세균의 측정기술은 대량 검체를 신속하고 간편하고 검사할 수 있는 효소면역 분석법에 의한 검사방법이 주류를 이룸
- 병원성 세균이 내는 독소나 특정 단백질에 대한 항체를 생산하여 검사하는 방법으로 타 균주와의 교차반응이 적고 민감도가 우수
- 외국의 많은 진단시약 전문회사들이 효소면역 기술을 이용한 ELISA kit나 면역크로마토그래피법을 이용한 rapid 검사 kit를 개발하여 시판 중에 있음
- 식품 검사에는 신선도의 유지를 위해 빠른 검사 시간이 중요함
- BioMEMS는 빠르고 정확한 검사를 제공할 수 있는 좋은 방안으로, 세계 각국에서 앞 다투어 기술개발에 나서고 있음
- 현재 시판되고 있는 병원성 미생물 검출 kit의 종류는 <표 3-8>과 같음

<표 3-9> 농업/식품 테스트 분야의 대표적인 검출기법 및 예

유전자, 효소면역, 생화학적 원리	PCR 기법
- Qualicon, Gene-Trak, Hardy Diagnostics, BioControl, Difco, Neigen, Oxoid 등 - 칩 당 대략적인 가격 대는 5~10\$ 선	- Dupont Qualicon, Takara, Cepheid 등 - 식품 내 미생물 추출 후 12시간 이상 배양, 시료 샘플링 후 PCR 생성물을 분석하는 각각의 단계를 거쳐야 하는 단점이 있음

(자료: 한국나노바이오시스템연구조합, BIT 등 IT 기반 융합기술개발 및 산업화 전략 분석, 2002)

- 국내는 식품검사를 위한 기술자체는 현재 개발되어 있지 않지만 BioMEMS 기술 기반은 다소 확보되어 있음

㊤ 바이오산업

- 바이오산업은 2000년 이후 2010까지 연평균 11%의 높은 성장률로 체적을 키워 나가고 있음. 바이오기술(BT)의 융합화 및 산업화 진전에 의한 응용범위의 확대로 2011년부터 2015년까지 연평균 15%로 그 성장추세가 더욱 빨라질 것으로 전망하고 있음.

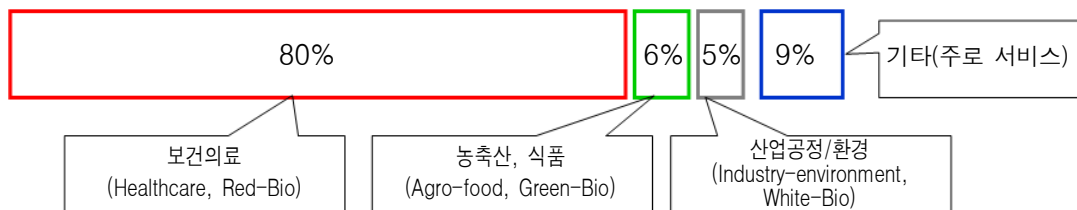
<표 3-10> 세계바이오산업 시장현황 및 전망, 2000~2015년

세계시장규모(억 달러)				연평균 성장률(%)		
2000년	2005년	2010년	2015년	2000~2005	2005~2010	2010~2015
540	910	1,540	3,090	11.0	13.0	12.3

(자료: 정보통신정책연구원, 바이오 디지털 융합기술과 새로운 비즈니스 전망, 2007)

- OECD에서 주요 13개국을 대상으로 조사한 결과에 따르면, 바이오산업 중 보건의료(Healthcare, Red 바이오) 분야가 80%, 농축산·식품(Agro-food, Green 바이오) 분야가 6%, 산업공정·환경(Industry-environmental, White 바이오) 분야가 5%, 기타(주로 서비스)가 9%를 차지하여 바이오산업 내에서 보건의료 분야로의 바이오 기술(BT) 활용이 주도적인 위치를 차지하는 것으로 나타남

<그림 3-4> 세계바이오산업 응용분야별 분포 현황



(자료: OECD, OECD Biotechnology Statistics, 2006~2007)



- 국내 바이오산업에서의 시장규모도 지난 10년간 연 29%의 고도성장을 보였음
  - 국내시장 규모 : ('94)1,700억원 → ('05)2조 7,714억원(연평균 29%)
  - 분야별로는 바이오식품(41%)과 의약(40%)이 대부분을 차지하고 있으며, 화학(7%), 환경(5%) 순 (자료: 서울대학교 농업생명과학 대학 바이오시스템·소재학부 조성인 교수)

### (3) 농림나노 산업 및 나노 산업 동향

#### ㉔ 농림나노 산업

- 미국의 농림 나노기술은 새로운 기술로서 미래의 식량 생산 시스템에 혁신적인 역할을 담당할 것으로 전망함. 구체적으로 나노기술을 이용하여 식량안보를 확고히 하며, 질병통제 시스템 개발, 분자 및 세포 생물학 이용의 확대, 병원균을 감지하기 위한 새로운 물질개발, 환경보호, 그리고 새로운 나노기술을 일반 대중에게 홍보하기 위한 교육제도 개선 등이 있음
  - 나노기술을 이용한 나노센서를 개발하여 병원균이나 부패식품 등을 신속하고 정확하게 감지하여 식량생산단계부터 가공처리 및 운송과정 중 식품안전을 확고히 할 수 있는 기술을 개발함
  - 새로 개발된 나노기기는 식량의 운송과정을 추적하여 식품의 생산에서 소비자에게 이르기까지의 과정을 모니터링 할 수 있는 획기적인 추적시스템을 개발함
  - 식량 생산지로부터 전체 유통과정을 추적하고 원격 조정할 수 있는 지능형 검사시스템을 개발하여 식량생산의 효율과 안정성을 높일 수 있는 새로운 나노기술을 개발함
  - 농산물로부터 생물 고분자를 추출해내거나, 폐기물 처리를 위한 바이오 공정 설계를 위한 나노기술에서 환경적 요인과 농산폐기물에 관한 연구를 수행함  
(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

#### ㉕ 나노 산업(자료: 서울대학교 농업생명과학 대학 바이오시스템·소재학부 조성인교수)

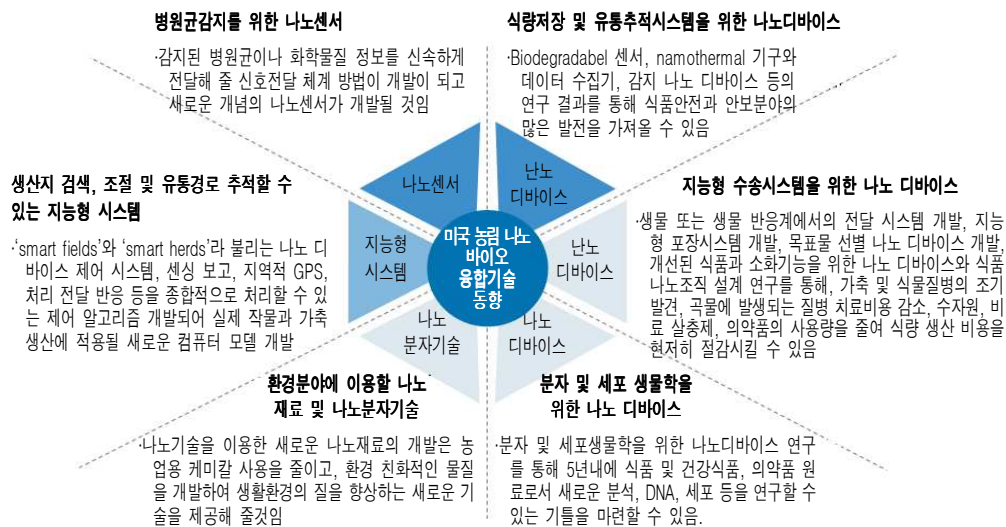
- 미국은 IWGN은 2000년도에 '국가적 나노테크 선도연구(National Nanotechnology Initiative)'를 발족하여 우선적으로 2.7억 달러의 예산을 배정하였고, 2001년도 예산은 그 두 배에 가까운 4.95억 달러로 증액하였으며, 2002년 NNI(National Nanotechnology Initiative) 국가프로젝트를 수립하여 6억달러로 정부지원을 확대함. 2006년 지출액은 13억 달러이며, 2007년도 연방정부 전체에 대한 NNI의 나노기술 연구개발 요구 예산은 13억 달러(약 1조원)임
  - 농업 및 식품 분야의 BT-NT 융합기술 연구개발에 연간 3,630만 달러(290억원) 투자 (USDA,2003)

- 기초연구, 산학협동 연구, 농업 및 식품관련 BT-NT 전문연구센터 설립, 농업 BT-NT 융합 기술 분야 인력양성 사업, BT-NT 연구관련 기자재 구입비 지원 등.
- 미국 나노산업협회는 나노산업기술이 향후 10년간 년30%이상 성장해 세계 시장은 2002년 460억 달러에서 2010년 1조 달러로 성장 할 것으로 전망함
- 일본은 산·학·관이 총체적으로 나노기술 산업화를 위해 노력하고 있음. 특히 장·비·재료·공정기술이 미국에 비해 강점이 있다고 보고 집중 지원함.
- 일본의 정부지원 단체인 신에너지 및 산업기술종합연구기구(NEDO), 산업기술 종합 연구소(AIST)를 중심으로 대기업과 중소 벤처기업을 망라한 총 300개 기업이 나노 기술신산업창조추진협의회(NBCI)를 결성
- 일본은 미국의 국가나노기술개발전략에 대한 대응전략으로 2002년에 N-Plan21을 수립하여 나노기술 연구에 6.5억불 예산 지원.
- 2002년부터 13억 유로를 유럽 연합 국가들로부터 지원 받아 BT, NT 융합기술을 개발하고 있으며, Food-Agro-Nano-Bio 융합기술 중심의 사업을 전개 중임.
- 네덜란드는 8개 대학과 연구소가 연합해 ‘나노네드(NnaoNed)’를 결성하였으며 정부도 나노산업 육성을 위해 오는 2008년까지 2억7500만 유로를 나노네드를 통해 지원할 계획임
- 덴마크는 대학 중심의 나노 기초기술연구를 수행하고 있으며 산·학·연이 한데 모인 ‘아이나노(iNANO)’를 결성하여 첨단 나노기술 연구를 진행 중이며, 특히 복합재료, 나노코팅, 연료전지 등 재료 분야 연구가 활발함
- 우리정부는 지난 2001년 과기부 산자부 공동으로 ‘나노기술종합발전계획’에 이어 2002년 12월에 ‘나노기술촉진법’을, 2003년 6월에는 ‘나노기술 개발 촉진법 시행령’을 제정하며 5대 나노 강대국으로 발돋움할 것을 천명
  - 2010년까지 정부 1,180억 민간 1,850억원, 총 3,030억의 연구비를 나노기술 분야에 투입
  - 추진 방향으로서 경쟁력강화 분야 4대 기술에 사업 당 연100억씩, 경쟁력확보 분야 10대 기술에 사업 당 연 20억씩, 그리고 기반강화 분야 20대 기술에 연10억씩의 연구비를 투자

(4) 농림 융합기술 및 산업동향

- 세계 최고 수준의 IT산업 기술력은 BT분야와 NT분야의 기술개발 속도를 급속히 증가시켰으며, 특히, BT분야에 대한 연구개발 투자는 국내 GDP 증대에 긍정적(+) 효과로 나타나 우리나라 경제성장에 실질적으로 기여하고 있는 것으로 나타남  
(자료: 국가과학기술위원회BT분야 국가연구개발 심층 분석 및 평가에 관한 연구, 2004)
- 나노바이오 융합기술은 생체분자들의 분석 및 나노스케일 조작을 통해 생명현상의 규명 뿐 만 아니라 식량개선, 환경보전, 신약개발, 의약품 독성검사, 고기능성 생리활성 물질 탐색 등 매우 다양하게 적용될 수 있음
- 한국과학기술정보연구원의 ‘미국의 나노생명공학 기술 연구현황’ 2005년도 보고서에 따른 농림 나노 바이오 융합기술 관련한 미래 예측 기술은 <그림 3-5>와 같음

<그림 3-5> 농림나노바이오 융합 미래예측 기술



㉞ 병원균 감지를 위한 나노 센서(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

- 감지된 병원균이나 화학물질 정보를 신속하게 전달해 줄 신호전달 체계 방법이 개발이 되면 향후 5년 이내에
  - 식품 가공 공정에서 발생될 수 있는 병원균, 부패, 특성물질의 감지 확인 및 방지체계가 이루어질 것이며,

- 여러 가지 환경적 변화에서 생산된 농산물의 원격적이고 연속적인 감지가 가능함
- 병원균 및 부패 물질 센서에 있어서 신호를 증폭시키기 위한 핵산 공학 기술을 이용한 측정 장치와 방법이 개발될 것임
- 식품가공 공정에서 발생된 병원균이나 이물질 등을 신속하게 감지하기 위한 실험용 바이오 센서가 개발될 것임
- 병원균, 바이러스, 화학 유해물 등 식량 생산과정에서 발생하는 여러 가지 유해요소를 감지 할 수 있는 보다 신속한 실험용 바이오 센서가 개발될 것임
- 단백질과 유전공학적 방법으로 변형된 물질(GMO)를 신속하게 감지 할 수 있는 실험용 바이오 센서가 개발될 것임

○ 향후 15년 이내에는 다음 6가지 기능을 실현할 수 있는 새로운 나노센서가 개발될 것임

- 동, 식물의 건강상태를 빠르고 실시간으로 분석할 수 있는 나노기술
- 외형적·잠재적 센서시스템을 통한 농업 시스템 내에서의 신속한 반응을 보이는 센서 개발
- 진단, 치료, 질병의 조기발견 및 예방을 위한 보다 개선된 수의학 의료기술 개발
- 식품처리 공정 중 , 병원균이나 바이러스, 화학물질, 단백질 또는 GMO 식품을 감지하기 위한 휴대용 센서 개발
- 일회용 바이오센서 개발
- 소비자 보호를 위한 식품안전과 환경안전을 위한 마켓현장에서 이용될 수 있는 휴대용 소형센서 개발 등 임

㉔ **식량저장 및 유통추적 시스템을 위한 나노 디바이스(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)**

○ biodegradabel 센서, nanothermal 기구와 데이터 수집기, 감지 나노 디바이스 등의 연구 결과를 통해 식품안전과 안보분야의 많은 발전을 가져올 수 있으며, 구체적으로 향후 5년 이내에

- 병원균 감염여부를 현장 검사가 가능한 소형화된 실험기구를 개발함
- 곡물 저장이나 사료 저장 시설에 이용될 소형 모니터링 시스템을 개발함
- 컴퓨터 칩에 내장된 단백질 검색 및 미생물 검사를 위한 소형 실험기구를 개발함

○ 또한, 향후 15년 이내에는

- 저장식품의 온도와 습도 등을 측정하기 위한 biodegradable 센서가 개발되고
- 곡물과 여러 가지 가공 식품의 물리적, 생물학적 인자를 추적할 수 있는 biodegradable 센서를 개발하며
- 핵산 엔지니어링을 이용하여 농산물과 식품계에서 identity preservation을 위한 유

기 또는 무기합성물의 결합에 이용될 나노전자 디바이스가 개발될 것임

㊤ **지능형 수송시스템을 위한 나노 디바이스 개발(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)**

- 생물 또는 생물 반응계에서의 전달 시스템 개발, 지능형 포장시스템 개발, 목표물 선별 나노디바이스 개발, 개선된 식품과 소화기능을 위한 나노 디바이스와 식품나노조직 설계 연구를 통해, 가축 및 식물 질병의 조기발견, 곡물에 발생하는 질병 치료 비용 감소, 수자원, 비료, 살충제, 의약품의 사용량을 줄여 식량 생산 비용을 현저히 절감시킬 수 있음. 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 향후 5년 이내에
  - 비과괴 indicators로서 saliva를 이용하여 가축을 위한 건강 모니터링 나노디바이스를 개발하며,
  - 식물내의 물질대사, 호흡과 미생물 생태계의 변화를 감지함으로써, 토양시스템 보다 복잡하지 않은 수경 식품 생산 시스템 내에서 식물생자에 필요한 문제점을 초기에 발견할 수 있는 비 파괴적 식물 건강 모니터링 시스템을 개발함
- 이와 같은 연구 성과를 기본으로 하여, 향후 15년 이내에는
  - 가축의 건강을 개별적으로 모니터링하고 전염경로를 미리 차단할 수 있는 조기 치료방법을 개발함
  - 질병에 감염된 곡물을 초기에 발견하여 병원균의 확대를 진압하며, 공해를 감소시키고, 경제성을 향상 시키기 위한 보다 효율적인 수자원, 비료 및 살충제 사용방법을 개발함
  - 부가가치가 높은 농업생산물을 위한 DNA와 같은 핵산 전달 시스템과 유전자 조작, 클로닝, 생물 재생산 보조 시스템, 동물백신, 동물 질병제어용 agents에 적용시킬 수 있는 방법을 개발함

㊤ **생산지 검색, 조절 및 유통경로를 추적할 수 있는 지능형 시스템(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)**

- 종합적 지능형시스템은 각각의 기능을 총체적으로 연결하여 효율적인 운영 시스템을 구축하기 위한 신경시스템과 같은 것으로, 작업 조정시스템(원격제어 또는 자동조절 시스템)을 위한 나노기술의 적용을 감지시스템, 보고시스템, 지역 정보화 시스템, 그리고 제어시스템과 같은 여러 기술 상호간의 전자통신 기능을 요구하며, 이러한 정보를 컴퓨터와 연결시킬 수 있고, 이때 제어 알고리즘이 궁극적으로 핵심 분야로 필요하게 됨. 위와 같은 나노지능형 종합 시스템을 개발하기위해 향후 5년간 크게 다음과 같은 기술이 개발될 것임.
  - “smart fields”와 “smart herds”라 불리는 나노디바이스 제어 시스템, 센싱, 보고, 지

역적 GPS, 처리 전달 반응 등을 종합적으로 처리할 수 있는 제어 알고리즘 개발  
- 개발된 알고리즘을 실제 작물과 가축 생산에 적용될 새로운 컴퓨터 모델 개발

- 한편, 계속되는 연구개발을 통하여 앞으로 15년 이내에, 수자원, 비료 및 살충제 사용에 적용된 감지, 지역정보, 보고서 작성 등에 사용될 지능형 원격처리장치가 개발 될 것이며, 전염병 예방차원에서 각각의 가축에서 발생된 질병을 조기 발견하여, 이를 격리하고 치료할 수 있는 ‘지능형 가축질병 통제 시스템(smart herds system)도 개발 될 것임.

㉔ 분자 및 세포 생물학을 위한 나노 디바이스(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

- 분자 및 세포생물학은 농업분야의 농업적 연구에 광범위한 응용분야에 적용되어 왔음. 예를 들면, 농산물의 재활용 기술, 가축 및 식물 교배, 농산폐기물의 에너지 전환 기술, 유용한 부가가치 산물 생산, 퇴비화 기술, 식물 병리학, 질병예방 및 치료기술 개발 등 그 응용범위는 무궁무진함. 분자 및 세포생물학을 위한 나노디바이스 연구가 성공하게 되면 향후 5년 이내에 식품 및 건강식품, 의약품 원료로서 새로운 분석, DNA, 세포 등을 연구할 수 있는 기틀을 마련할 수 있으며, 구체적으로는
  - 산업용 바이오테크놀로지에 이용될 핵산 촉매인 중요 효소와 다른 바이오 분자를 정밀하게 분리하기 위한 나노물질과 나노기기를 제공해 줌
  - 효소를 분쇄하기위한 산업용 polysaccharide를 중심으로 하는 단백질 공학 기술성능을 평가할 수 있는 단일 분자의 성능을 관찰하기위한 보다 새로운 방법을 제공해 줌
- 이와 같은 새로운 나노기술을 개발함으로써 향후 15년 이내에는 동,식물성 식품의 안전성을 검사하고 모니터링 할 수 있는 정밀도 높은 휴대용 계측장비를 개발할 수 있으며, 환경요인과 생산물의 질을 모니터링 할 수 있는 고감도 휴대용 계측장비를 개발하고 식품의 품질과 영양분을 향상시킴으로써 소비자에게 보다 신뢰성 있는 식품을 공급해 줄 수 있는 제도가 정착될 것임.

㉕ 환경 분야에 이용할 나노재료 및 나노분자기술(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

- 나노기술을 이용한 새로운 나노 재료의 개발은 살충제, 비료와 같은 농업용 케미칼 사용을 줄이고, 생산 식품의 부패 방지와 저장기간을 장기화 할 수 있는 환경 친화적인 물질을 개발하여 환경보존 및 생활환경의 질을 높일 수 있는 새로운 기술을 제공해 줌. 따라서 향후 5년 이내에는 다음과 같은 나노 재료기술이 개발될 것임.
  - 농물성 및 식물성 해충과 병원균을 미리 감지할 수 있는 바이오 선택 표면 작용을

이용한 새로운 계측기 개발

- 오랫동안 저장기간을 유지하고, 식품 부패도를 감소시키기 위하여, 식품에서 쉽게 발생될 수 있는 부패를 신속히 감지할 수 있는 지능형 계측기 개발,
- 농업이나 식품시스템에서 사용할 수 있는 새로운 물질을 개발하여 “bottom-up” 기술을 핵산공학기술과 접목시킴

○ 또한 향후 15년 이내에는 다음과 같은 나노 물질을 이용한 기술이 개발될 것임

- 토양내의 해충과 병원균을 감지하여 토양의 생력을 증진시킬 수 있는 가격이 저렴하고 일회성인 마이크로 센서를 개발함
- 식품 생산 공정을 위하여 환경, 식물, 가축으로부터 발생될 수 있는 공해물질, 병원균, bioactive molecules의 치료를 위한 나노 표면 물질 개발
- 식품가공 기계와 바이오 공정기에 사용할 수 있는 anti-fouling 나노표면 처리 물질을 개발함
- 지구상 이산화탄소를 조절하기 위한 나노 표면처리 물질을 개발함
- 수자원과 비료 및 살충제의 효율적 이용, 농업 공해물을 감소시키고, 염분이나 영양분의 축적을 감소시키기 위한 환경조절을 강화함

○ 일본문부과학성의 델파이 조사 방법을 통한 2035년의 과학기술 전망 보고서중 농림수산·식품분야의 융합기술 관련 미래 예측 과제는 <표 6-3>과 같음

<표 3-11> 일본의 농림수산·식품분야의 융합기술 관련 미래 예측 과제

과제	기술적 실현시기	사회적 실현시기
유해화학물질(내분비 교란물질·중금속등)의 사람·작물·가축·생태계에 대한 장기적 영향의 해석에 의한 위험의 관리기술	2015	2024
지역농림업·자원·유기성 폐기물 등의 바이오매스 에너지를 이용한 무방출을 지향하는 저비용의 농림업·농촌의 실현	2014	2022
원격감지기술 등을 이용한 농산물의 수확시기 예측과 삼림 바이오매스량, 실시간의 해양환경정보 등에 관해 모든 기후대와 지형대를 포함한 지구규모의 농림수산자원과 환경의 실용정보를 정기적으로 제공하는 시스템	2014	2023
생육장애와 병충해의 발생, 조류독감등의 감염에 의한 가축의 이상을 조기 탐지하기 위한 축사·양식장 등의 환경정보와 생물정보를 실시간으로 감시하는 감지망	2013	2020
과실을 품질과 숙성도에 따라 선택적으로 수확 및 자동선별하는 작업용 로봇	2012	2018
생선식품의 신선도를 측정하는 가정용 신선도 검사기	2012	2018
농작업 중에도 컴퓨터·인터넷의 상시이용이 가능한 휴대용 컴퓨터(착용식 초소형 PC)를 이용한 생산이력정보의 자동입력체계 및 농약의 사용여부, 병충해대책 등에 관한 항법체계	2011	2015
DNA칩과 분광센서 등의 여러센서로 생산현장에서 식탁까지 식품을 계속 감시해 유해물질의 혼입과 세균오염 등을 방지하는 감지망의 제조기술	2013	2022

(자료 :한국과학기술정보연구원, 일본문부과학성 델파이 조사 2035년의 과학기술, 2005)

- 국내의 나노바이오 농림 기술은 국내의 연구과제가 드문 상태임. 최근 연구과제들의 예로
  - 점막점착성 키토산 나노입자를 이용한 돼지 위축성 비염 예방을 위한 점막 면역 유도체 개발
  - 물리적으로 변성 유도된 나노영역 전분의 식품 소재화 기술 개발
  
- 국내의 나노바이오 수산 기술은 국내의 연구과제가 드문 상태임. 최근 연구과제들의 예로
  - 호르몬 및 항생제의 나노전달체 개발
  - 나노센서를 이용한 수산물의 안전성 모니터링



## 제4장 융합기술 시장 전망

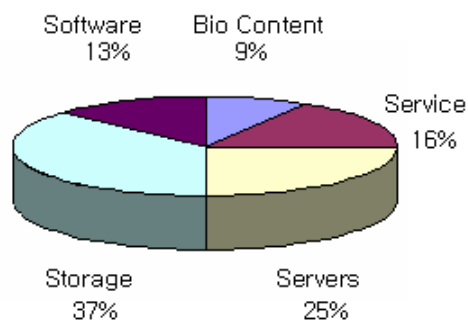
### 1. IT·BT·NT 융합기술 시장 동향 및 전망

- 2010년경 전 세계 융합기술 시장을 약 5,300억 달러규모로 추정하고 있음. 이 시장규모는 IT-NT 융합기술이 기존의 CMOS 시장을 대체 가능하게 될 경우 센서, 나노포토닉스 등을 포함하여 약 4,600억 달러 (MIC 융합기술발전전략보고서 2005), IT-BT의 경우 730억 달러(LG경제연구원)의 규모로 추정함으로써 계산되는 수치임. IT-NT 기술에서의 보수적 시장전망은 2010년 경 약 600억 달러 규모로 예상하고 있음.(Nanomarket 2004). 또 미쓰비시종합연구소는 2010년에 IT-BT가 중심 역할을 할 수 있는 u-헬스시장을 3,800억 달러로 보고 있음(자료: 한국전자통신연구원, IT 컨버전스 산업 현황 및 전망, 2005)

### 2. 바이오 융합기술 시장 동향 및 전망

- 바이오융합산업의 세계 시장규모를 파악하는 것은 어려운 상황으로 그 이유로는 빠르게 성장하고 있는 산업이며, 그 경계가 명확하지 않고 여러 분야에 걸쳐 작용하기 있기 때문임. 이로써 정확한 시장규모를 산출하기 위하여 미래예측 자료를 기반으로 한 IT기반산업과 현재 수집 가능한 시장자료를 기반으로 한 Bio기반 산업을 통해 추정함(자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007)
- IT 기반의 바이오 적용 산업은 컴퓨터의 활용이 필수적이며, 이를 통해 서버장비, 스토리지장비 등의 하드웨어와 분석 툴로써 소프트웨어, 이를 활용한 가상 임상실험, 의료차트서비스, 신약개발 데이터마이닝 서비스 등이 있으며, 2006년 IT기반 바이오 융합산업은 총 31조원으로 추정됨

<그림 4-1> 세계 바이오융합산업 시장규모



(자료: Takeda Pacific, Emerging Bio-IT)

- 바이오기반의 융합제품시장은 주로 진단 및 분석용으로 활용되고 있는 바이오센서와 바이오칩 제품으로 구성되며, 2006년에는 10.4조원의 시장을 형성함

<표 4-1> 세계 바이오 융합시장 규모

구분	시장규모(2006년기준)
바이오센서	8.2조원
바이오칩	2.2조원
합계	10.4조원

(자료: Takeda Pacific, Emerging Bio-IT)

- 국내 바이오 융합산업은 Red Bio, Green Bio, White Bio 분야 중에서 Red Bio위주로 성장해 왔으며, 기타 산업분야는 태동 중에 있음. Red Bio 산업에 있어 국내시장은 바이오센서 등이 활용되는 체외진단시장과 연구용 DNA칩이 위주인 바이오칩 시장으로 형성됨. 총 규모는 3,400억원으로 세계시장 대비 0.8%임.

<표 4-2> 국내 바이오 융합산업 주요제품 및 시장규모

구분	시장규모(2006년기준)
면역바이오센서	2,300억원
혈당측정기	700억원
바이오칩	400억원
합계	3,400억원

(자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007)

#### 가. BT·IT 융합기술 시장 동향 및 전망

- BT, IT 시장규모는 2010년에 약 600억 달러에 이를 것으로 예상됨(자료: 과학기술부, 6대 미래유망기술의 효율적인 육성 방안 연구, 2003)

##### (1) 바이오 센서/칩 시장

- 비즈니스별로 바이오칩, 기구 및 기계, 시약, 소프트웨어, 서비스 등 5가지 분야가 있고 2008년 약 21억 달러에서 2013년 45억 달러로 증가할 것으로 보여 연간 20% 이상의 성장이 예상됨 (자료: 정보통신부, 정보통신연구진흥원, IT융합 기술로드맵, 2007)

<표 4-3> 바이오 센서/칩 연도별 시장 전망

(단위: 억달러)

	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR
국내시장	0.4	0.5	0.61	0.74	0.89	20%
세계시장	14.4	17.3	20.8	24.9	29.8	20%

(자료: 한국과학기술정보연구원, 바이오센서기술동향, 2002 : The freedonia Group. Inc., Industry Study 1854, Biochip. Oct. 2004을 기반으로 연도별 시장치 추정)

○ <표4-4>와 같이 바이오칩은 향후 세계시장 년 평균 성장률이 10.7%로 예상됨 .

<표 4-4> 바이오칩의 세계시장 전망

(단위: 백만달러, %)

	2005	2010	2015	2020	연평균 증가율		
					2005 ~ 2010	2010 ~ 2015	2015 ~ 2020
시장규모 (생산규모)	89.8	158.6	266.4	395.6	12.1	9.6	10.4
부가가치	41.2	71.9	119.6	176.0	11.8	9.4	10.2

(자료: KIET-산업연구원, 바이오산업의 2020 비전과 전략 재구성, 2007)

○ <표4-5>와 같이 바이센서 전체시장은 2005년부터 2010년까지 연평균 10.4% 성장을 통해 145.5억 달러의 시장 규모로 성장될 것으로 전망됨

<표 4-5> 바이오센서의 세계 시장 전망

(단위: 백만달러)

구분	2005	2006	2007	2010	CAGR
의료용	7,370.5	7,846.1	8,348.1	10,000	7.7%
제약연구용	863	1,170.7	1,479.5	2,711	25.2%
군사용	545.9	663.1	688.6	1,500	33.8%
식품용	159.4	177.8	197.9	260	12%
환경용	70.3	74.7	79.1	90	6.7%
합계	9,009.1	9,932.5	10,793.3	14,550	10.4%

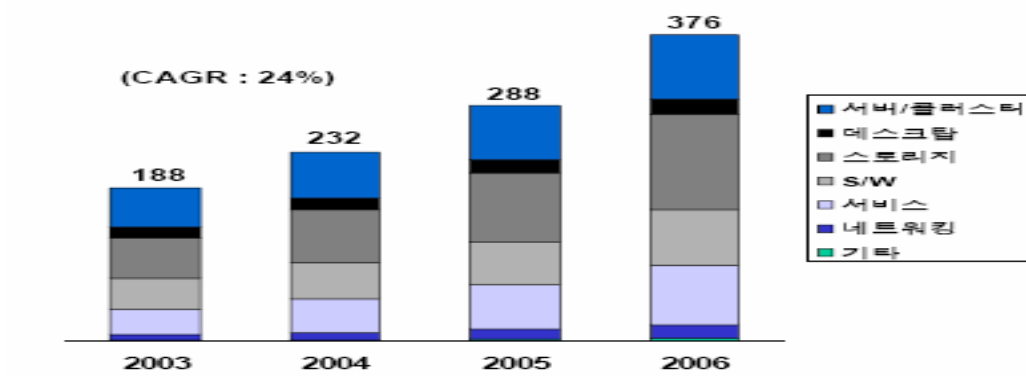
(자료: Fuji-Keizai USA Inc, 바이오센서市長 R&D と常用化動向, 2004)

## (2) 바이오 인포매틱스 시장

○ 바이오 인포매틱스는 genomics, proteomics, chemoinformatics, pharmacogenomics 등의 분야가 있으며 세계적으로 2004년 2.4억달러에서 2009년 3.75억 달러로 증가할 것으로 예상(자료: Navigant consulting, Bioinformatics Analysis : a strategic market outlook)

- 바이오 인포매틱스 시장은 <그림 4-2>와 같이 2003년~2006년까지 연평균 20% 이상의 성장을 통해 2006년 376억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망함

<그림 4-2> 세계 바이오 인포매틱스 시장 전망(단위: 억달러)

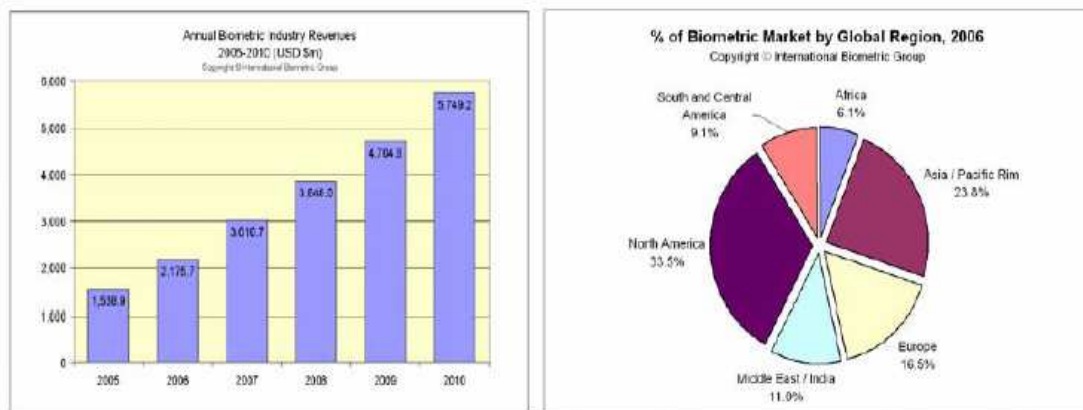


(자료: IDC, 2002)

### (3) 바이오 정보인식기술

- IBG(International Biometric Group) 시장 조사 보고서에 의하면 바이오인식산업의 세계 시장 규모는 2005년 15억 달러에서 매년 30~40% 고성장하여 2010년 57억 달러에 이를 것으로 전망(자료: 한국정보보호진흥원(KISA), 바이오 정보보호 추진방향 연구, 2006)

<그림 4-3> 세계 바이오인식산업 전망

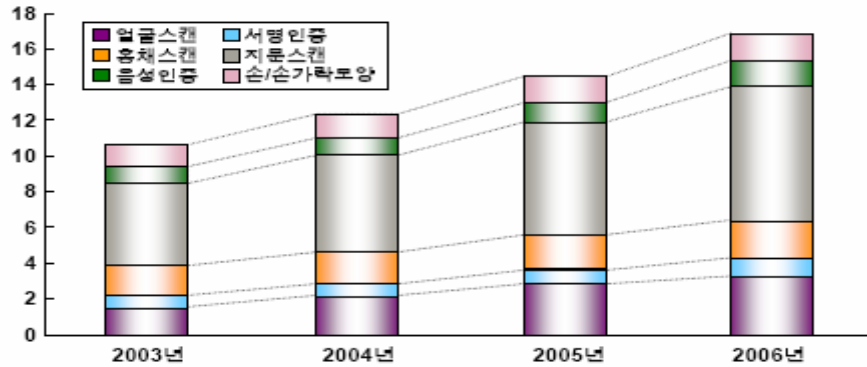


(자료: IBG, 세계 바이오인식산업 전망, 2005)

- 바이오인식 전세계적인 시장은 2006년까지 16억5천만 달러 규모로 성장할 것이며, 이중에서도 지문인식 시장이 바이오 인식 시장을 주도하고, 얼굴인식기술은 미국 정부의 생체인식 여권 정책으로 급 신장할 것으로 전망됨

<그림 4-4> 전세계 기술별 생체인식시스템 시장 전망

(단위: 억달러)



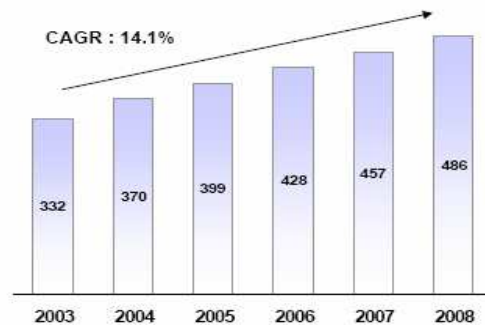
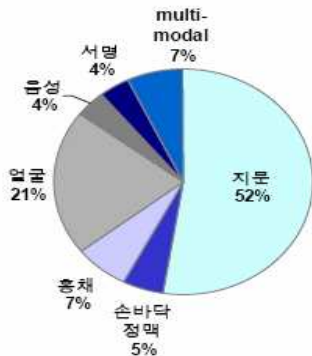
(자료: IDC, ITA 정보조사분석팀, 2002)

- 국내 바이오 인식시장은 세계시장과 같이 지문인식과 얼굴인식 시장이 큰 비율을 차지하고 있고 2003 ~ 2008년까지 연평균 14.1% 성장으로 2008년 486억원의 시장을 형성할 것으로 전망함

<그림 4-5> 2003년도 국내 생체바이오 시장의 구성

<그림 4-6> 국내바이오인식 시장 전망

(단위:억원)



(자료: 정보보호산업협회, 2004)

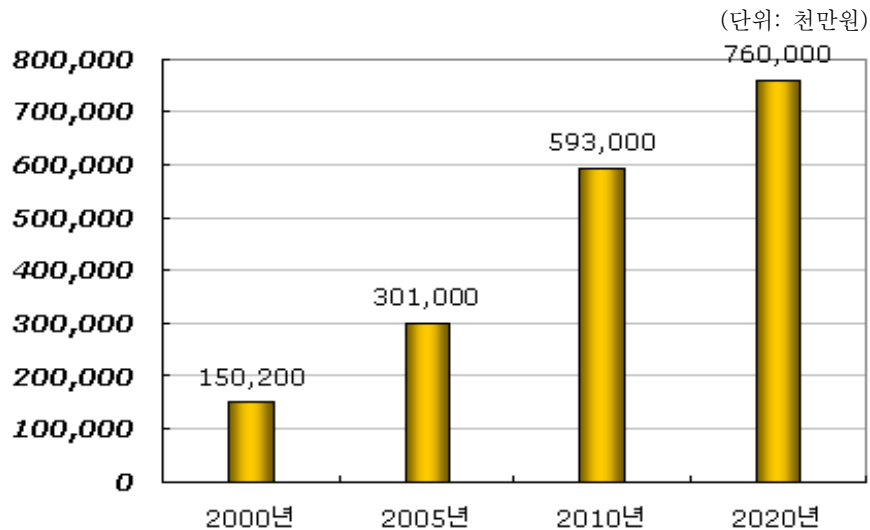
#### 나. BT·NT 융합기술 시장 동향 및 전망

- BT·NT 융합기술 시장은 연구용 분석기기, 휴대용 측정기기, 진단 및 연구용 DNA 칩, 단백질 분석칩 등이 주류를 이루고 있으나 점차 임상 및 진단, 식품, 농업, 환경 모니터링 분야 등으로 확대 응용될 것으로 예상되고 있음. 시장조사기관인 Frost &

Sullivan에서는 나노바이오 기술과 관련한 시장을 2015년경 1,800억 달러에 이를 것으로 전망함. 진단 및 분석용칩 기술의 경우 단백질체학의 연구가 활발해지면서 단백질칩 시장 역시 커지고 있으며 주도적인 업체인 Biacore AB를 중심으로 2006년경 약 7억5000만 달러 규모로 성장할 것으로 전망하고 있음. (자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

- 나노바이오 관련 세계시장 규모는 2000년 15조 200 억원, 2005년 30조 1,000 억원, 2010년에는 59조 3,000 억원, 2020년에는 76조원에 달할 전망이다(자료: 전략경영연구원)

<그림 4-7> 나노바이오 관련 세계 시장 규모



#### (1) 나노 생체분석

- 미국 약물전달 기술 시장전망은 경구 약물투여 방법에 있어 흡입요법(inhalation therapy)과 서방성 주사(sustained release injections)를 통한 약물전달 기술도 향후 미국 약물전달 기술 시장의 성장을 주도하는 중요한 기술로 발전할 것이라는 시장분석자료가 Frost & Sullivan사에 의해 발표 되었음. Frost & Sullivan사에 의하면 미국에서 새로이 출현할 약물전달 기술 시장은 2003년 190억달러, 2007년에는 410억 달러에 이를 것으로 전망함. 향후 주목받을 것으로 전망되는 약물로는 흡입형 인슐린, NESP 부스파 TDS, 비아그라 자이드스(Viagra Zydys), 인슐린 경구 분무기, 경구용 헤파린, 알프로스-TD, 에브라 TDS 등이 있음(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의학공학 기술, 2003)

(2) 나노 바이오칩

- 나노바이오칩 시장은 2004년 미국시장 규모가 2004년 16억불에서 2009년에는 약 47억불로 매년 43% 정도 고성장이 예상되며(자료: The Freedonia Group, 2000), 바이오칩 통합시스템 세계시장규모는 2001년 10.3억불에서 매년 약 65% 내외 성장하여 2004년 34억불, 2012년 약 900억불로 전망됨(자료: Frost & Sullivan, 2001).
- 바이오칩 시장은 2000년에 3억3천만 달러로 규모에서 2006년에는 24억 3천만 달러까지 증가할 것으로 추정하였음. 초기 2002년까지는 연 평균 50%이상의 급 성장률을 보이다가 2006년에는 25%의 성장률로 둔화될 것으로 예측하였음.
- 바이오칩 시장의 한 부분인 microfluidics 시장은 2000년 1천만 달러 규모에서 2006년까지 6억8천만 달러 이상 성장할 것으로 예측함.

<표 4-6> Microfluidics-based 바이오칩 소모품과 기기류에 대한 전세계 예상시장규모

Year	Projected Revenue	Percent Increase
2000	\$10 millions	-
2001	\$48	380%
2002	\$150	213%
2003	\$236	57%
2004	\$349	48%
2005	\$495	42%
2006	\$680	37%

(자료: 특허청, 신기술동향보고서-바이오칩, 2001)

- 마이크로플루이딕스 영역은 <표 4-7>에서와 같이 생화학반응을 위한 시스템(예로서 Cepheid의 PCR 기기, Caliper의 HTS 시스템)이 가장 큰 비중을 차지하고 있고 연평균 성장률도 66%에 달하고 있음. 반면, 전기영동 방식에 의한 분리용 칩(Caliper, Aclara)과 Nanostream의 LC 관련 제품 Miconics 사의 flow cytometry 기반 제품과 같이 분리목적의 소자가 61%를 차지하고 있고, 그 밖에 Gyros사의 시료분리용 소자, Aviva 사의 patch clamp 용 칩과 같은 경우 나머지 영역을 차지하고 있음(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)

<표 4-7> 마이크로 플루이딕스 관련 바이오칩 및 관련기기의 추정 시장 규모

(2002-2006, 단위 US \$ millions)

세부기술	2002년 시장규모	전체 %	2006년 시장규모	전체 %	연평균 성장률
Separations	\$30	53%	\$201	57%	61%
Reactions	\$15	27%	\$113	32%	66%
기타	\$11	20%	\$39	11%	37%
합계	\$56	100%	\$353	100%	58%

(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)

- 마이크로어레이 관련 시장은 2000년 3억 2천만 달러에서 2006년 17억 5천만 달러 이상의 시장이 형성될 것으로 전망함.

<표 4-8> Microarray-based 바이오칩 소모품과 기기류에 대한 전세계 예상시장규모

Year	Projected Revenue	Percent Increase
2000	\$320 millions	-
2001	\$482	51%
2002	\$670	39%
2003	\$905	35%
2004	\$1,172	30%
2005	\$1,455	24%
2006	\$1,750	20%

(자료: 특허청, 신기술동향보고서-바이오칩, 2001)

- 마이크로어레이 영영은 현재 시장의 주를 이루는 gene expression 분야가 2006년에는 16% 성장률을 보이는 반면, 단백질 마이크로어레이의 경우 98% 높은 성장률을 보일 것으로 예측하고 있음(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003)

<표 4-9> 마이크로어레이 관련 바이오칩 및 응용분야별 추정 시장 규모

(2002-2006, 단 기기류 제외, 단위 US \$ millions)

세부응용 분야	2002년 시장규모	전체 %	2006년 시장규모	전체 %	연평균 성장률
Gene Expression	\$297	86%	\$531	51%	16%
Genotyping	\$25	7%	\$253	24%	78%
Protein	\$12	3%	\$185	18%	98%
기타	\$15	4%	\$78	7%	51%
합계	\$349	100%	\$1,047	100%	32%

(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)

### (3) 나노 생체 소재

#### ㉔ 나노생체모방소재

- 나노생체 모방기술은 아직 연구 개발단계에 있는 기술로 산업화 되어 있는 기술이 미미한 상황이고 산업체의 현황을 논할 만한 통계자료가 거의 없고 있는 자료조차도 주로 나노 산업 전반에 관한 벤처기업 수준의 자료들뿐이므로 벤처기업 중심으로 그 현황을 살펴 볼 수 있음.
- 미국의 경우 나노 기술에 대한 직접적인 벤처 캐피탈 투자는 1999년 전체적으로 1억불 정도였으나 2002년 10억불 정도로 증가하였음



- 나노 기술 관련 제품들이 시장에 본격적으로 진입할 것으로 예상되는 2003년 이후에는 매년 20% 이상의 증가가 예상됨  
(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의학공학 기술, 2003)

#### ㉔ 나노인공 감각

- 인공와우시장은 전 세계적으로 1,000명 중 1명이 선천적 난청으로 태어나며, 성장과정에서 각종 질환 및 사고로 선천적 난청환자와 같은 비율로 후천적 난청환자가 발생함. 우리나라의 경우 약 20만명이(194,000명, 2000년 장애인 실태조사 : 보건복지부) 청각 장애를 겪고 있으며 경제 성장과 개인 소득 증가와 더불어 장애인에 대한 사회적 인식의 변화에 따라 현재는 시장 초기 단계이지만 향후 그 수요는 급속히 증가할 것이 예상됨.
- 전세계 시장 규모는 2001년 기준 약 2억달러 정도의 시장규모를 형성하고 있고, 호주의 Cochlear사가 전세계 시장의 80%를 점유하고 있고 단지 미국에서만 미국의 Clarion사와 50%씩 시장을 양분하고 있으며 매년 약 305%의 성장을 계속하고 있음.
- 인공 시력전달 장치는 독일의 경우 연간 1만 7천명의 새로운 시각 장애 환자들이 발생하고, 이들 중 40%이상이 인공시각전달장치의 적용대상이므로, 매년 7천여명의 시술 대상자가 발생함. 국내의 경우 정확한 통계 자료는 없으나, 인구비례로 계산하면 매년 2천여명의 시술 대상자가 새로이 발생한다고 예측할 수 있음  
(자료: 한국과학기술정보연구원, 나노의학공학 기술, 2003)

#### (4) 기타 나노바이오 응용 기술

- 기타 나노바이오 응용기술 시장규모 예측치는 <표 4-10>과 같음

<표 4-10> 나노바이오 응용기술의 시장 규모 예측

시장분류	시장규모 예측치	출처
Nanoparticles	2005년까지 \$145 million	Business Communication Co.
Nanostructured materials	2010년까지 \$340 billion	National Nanotechnology Initiative
Phamaceutical Manufacturing	2015년까지 \$180 billion	National Nanotechnology Initiative
Chemical catlysts	2010년까지 \$100 billion	National Nanotechnology Initiative
Semiconductors	2015년까지 \$300 billion	National Nanotechnology Initiative
Aerospace products	2010년까지 \$70 billion	National Nanotechnology Initiative
Energy consevation	2010년까지 \$100 billion 절약	National Nanotechnology Initiative
MEMS	2005년까지 \$68.4 million	Cahners' In-Start Group
X-ray contrast reagents	현재 \$3 billion	C Sixty
Microfluidics	2005년까지 \$220 million	World Market Research Center
Microfluidics	2005년까지 \$1.4 billion	Credit Suisse First Boston
Total Labchip market	2005년까지 \$1.2 billion	UBS Warbug
Point of care diagnostics	2005년까지 \$1.1 billion	Merrill Lynch
DNA microarrays	2005년까지 \$500 million	World Market Research Center

(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)

### 3. 농림융합기술 시장 전망

#### 가. 농업/식품 시장

- 산업이 발전하고 소득이 증가함에 따라 건강에 대한 관심 증대와 기술이 발전함에 따라 기기가 소형화 되고 휴대의 편의성 증대로 인해 식품 뿐만 아니라 환경 분야에도 상시 검사가 가능하게 되어 다양한 분야에 응용이 되어 새로운 시장을 창출할 것으로 전망됨.

<표 4-11> 생물농업/식품 시장기준 시장 성장 전망

연도	2003년	2008년	2013
시장규모	7,400 백만\$	15,000 백만\$	25,200 백만 \$

(자료: 한국나노바이오시스템연구조합, BIT 등 IT 기반 융합기술개발 및 산업화 전략 분석, 2002)

- 식품용은 식품의 품질에 대한 규제가 강화되어 가고 있고, 값싸고 신뢰도가 높으며 사용하기 편리한 바이오센서가 개발됨에 따라 시장규모도 확대되어 가고 있음
  - 식품산업은 범위가 매우 다양하기 때문에 미생물, 설탕, 식품 변질표시, 잔류물, 오염물질 등 너무 세부적이지 않고 일반적인 부문이 주요 바이오센서의 마케팅 타깃이 될 것으로 보임
- 식품용과 환경용 바이오센서의 경우 2002년에 각각 1억1,200만불 및 5,700억불 규모의 시장에서 2004년에 각각 1억 4200만 달러 및 6600만 달러 시장으로 성장하여 각각 12.7%와 7.4%의 성장률을 기록하였음(자료: 정보통신부, IT융합 기술로드맵, 2007)
- 한편, 식품용 바이오센서는 오염물질 테스트용 센서 시장이 2002년도에 약 4,170만 달러에서 2004년도에 5,340만 달러로 전체 시장에서 약 37.5%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 4-12> 식품 테스트용 바이오센서 시장규모

(단위: 백만달러)

구분	2002	2003	2004
Chemical Contaminants	41.7	47.3	53.4
Food Pathogens	19.4	22.4	25.6
GMO Testing	9.7	10.6	11.4
Chemical Tests of Food Compounds	12.2	13.5	15.0
Spoilage Microbes	20.6	23.7	27.1
기타	8.6	9.3	10.0
합계	112.2	126.8	142.5

(자료: 한국과학기술정보연구원, 바이오센서 시장성장 및 기술개발 방향, 2005)

- 지역별 식품용 바이오센서 지역별 시장은 크게 미국, 유럽, 일본, 기타 지역으로 구분할 수 있으며 시장규모는 <표 4-13>과 같음

<표 4-13> 식품용 바이오센서의 지역별 시장현황

(단위: 백만달러)

구분	2002	2003	2004
미국	44.6	50.4	57.0
유럽	29.4	33.2	37.0
일본	14.1	15.4	16.9
기타	24.1	27.7	31.5
합계	112.2	126.7	142.4

(자료: Fuji-Keizai USA Inc, 바이오센서市長 R&D と常用化動向, 2004)

#### 나. 농림 바이오 융합기술 시장

- 바이오 융합산업 시장은 IT 산업과 나노기술 및 바이오산업이 상호 경쟁하거나 공동의 제품개발 등을 통해서 빠른 속도로 성장하고 있음. 전체 시장은 2015년경 182조원에 달할 것으로 전망되며 이중 그린바이오 식품/농업 분야는 10조원에 달할 것으로 전망됨

< 표 4-14> 2015년 바이오융합산업 시장구조

구분	2015년 시장규모
Red Bio/Health care	62.5 조원
Green Bio/Food & Agriculture	10 조원
White Bio/Industry & Environment	80 조원
합계	152.5 조원

(자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007)

- 2004년 감염성질환 진단 시장은 70억불 규모에서 년 평균 7%이상 증가세를 보이고 있으며, 간편한 센서 형태로 더 빠르고, 편의성을 갖춘 제품에 대한 수요가 높음. 시장 진입 초기 단계로 높은 성장성을 가질 것으로 전망됨(자료: 정보통신부, IT융합기술로드맵, 2007)
- 2005년 세계 미생물 검사 시장규모는 20억불로 추정됨. 빠르고 정확한 제품의 개발로 식품/농수산물/식수에 관련된 미생물의 모니터링으로 새로운 시장이 형성되고 있음. 출하 농산물에 대한 안전성 확보실태를 모니터링하고, 출하단계에서의 속성분석을 확대하여 분석 예산과 시간을 절감할 수 있으며, 신선도 결과를 도매시장대형

물류센터 등에 통보하여 품질에 대한 신뢰도 증가를 통한 시장이 확대되고 있음(자료: 정보통신부, IT융합 기술로드맵, 2007)

- 국내 바이오융합사업은 IT기반 컴퓨터 관련 산업과 Bio 기반 Red Bio, Green Bio, White Bio 시장으로 형성되어 있으며, 2015년 12.4조원 규모의 시장 형성할 것으로 예상됨
  - IT 기반 시장 : 9천억원
  - 의료정보솔루션(5천억원), 신약개발 Tool(3천억원)
  - 바이오기반 시장 : 10.5조원
  - Red Bio(2.1조원) : 바이오칩 및 바이오센서
  - Green Bio(1.3조원) : 바이오키친과 유해인자현장측정기
  - White Bio(7.1조원) : 바이오 연료와 대체원료/바이오폴리머(자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007)
- IT 기반 융합제품의 직접매출은 9천억원 규모이나, 파급되는 신약과 의료서비스를 감안하면 2015년 바이오융합 국내산업의 경제적 가치는 20.4조원에 달함 (자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007)

#### 다. 농림나노 시장

- 농업 및 식품의 나노소재에 관한 시장규모를 예측해 보면, 식품 시장의 전 세계적인 규모는 2004년도에 53조 달러 규모이고, 이 가운데에 나노기술의 접목이 가능한 기능성 식품시장의 2010년도 전세계 예측시장은 1,715억 달러규모로 예측이 됨. 이와 같이 나노기술이 적용될 수 있는 식품의 시장규모는 매우 방대함. 또한 나노소재의 2011년의 전 세계 예측시장규모도 1조 달러가 됨. 나노소재와 연관된 예측 시장 규모 역시 매우 방대하며, 성장 규모도 매우 빠른 성장세를 보이고 있음. (자료: 농림기술관리센터, 미래수요 창출형 농림기술개발 전략연구, 2006)
- 2004년도 Helmut Kaise Consultancy에서 보고한 보고서에 따르면 식품 혹은 식품 공정 분야의 나노기술이 도입되어 창출하는 전 세계 나노식품시장은 26억불이라 하였고 2010년의 예측시장은 204억불로 전망됨.
- 의료 및 농축산 분야에서 질병진단 및 안전성 평가에 사용되는 바이오칩 시장 규모는 2004년 12월 Affimatrix사의 바이오칩이 진단용으로 미국 FDA의 허가를 획득한 이후 연 38% 이상 급격히 성장하여 2010년에는 57억 달러에서 2014년에는 300억 달러의 시장 규모를 형성할 것으로 예측하고 있음. 바이오칩의 시장 분포는 유전자 기능연구 또는 신약 개발과 같은 연구용이 매년 7% 씩 성장하고 질병과 유체물질 진

단 및 early diagnostic 등의 분야가 매우 빠르게 증가하여 매년 117%씩 증가하고, 식품과 농수산물의 안전 monitoring 등의 consumer market 부분이 가장 빠르게 성장하여 년 123 % 씩 시장 규모가 성장할 것으로 예측하고 있음(자료: 농림기술관리센터, 미래수요 창출형 농림기술개발 전략연구, 2006)

- 핵산 바이오엔지니어링 기술 분야는 최근에 기반 기술이 개발되고 있는 최신기술로서 특히 농업/식품 분야에서의 미래 시장 동향을 감지하기가 쉽지 않음. 그러나, 이러한 기술이 농식품 분야의 생산, 가공, 관리, 유통 및 치료, 진단 등 농업 전 분야에 걸쳐 향후 큰 impact를 갖고 적용될 수 있는 분야이기에 농업식품 분야에서의 산업적으로 차지하는 비율은 앞으로도 더욱 커질 것으로 예상됨. 핵산 바이오엔지니어링 기술이 바로 산업화 될 수 있는 식품 미생물 검사의 세계 시장 규모를 아래 <표 4-15>에서 기술하였음. <표 4-15>에서와 같이 2005년 전세계적 식품 미생물 검사시장은 총 8억불에 이르는 것을 알 수 있음

<표 4-15> 검사방법별 식품미생물검사 시장규모

Year	1999			2005	
	Sales(\$ Millions)	Market Share (%)	Growth Per year(%)	Sales(\$ Millions)	Market Share (%)
Media/ID reagents	350	62	5	460	53
ID systems	50	9	5	65	8
Rapid Tests	115	20	19	244	28
ATP Hygiene	50	9	15	95	11
Total	565	100	9	864	100

(자료: Biomedical Research Associate Decision Resources, Inc)

## 라. 나노식품 시장

- 나노 기술은 향후 식품 포장(packaging), 생산(production), 안전(safety), 공정 (processing), 저장(preservation) 등에 폭넓게 적용될 것으로 예상되며, 또한 식품의 유통, 추적이나 제조 장치에도 적용이 가능할 것으로 보임. 나노 기술의 식품 관련 세계 시장의 규모는 <표 4-13>과 같이 2005년 50억불 내외에서 2010년이면 200억불로 성장할 것으로 예상되며, 특히 식품 응용 분야의 시장 규모는 2010년 35억불에서 2015년에 225억불로 크게 성장할 것으로 예상됨

<표 4-16> 분야별 나노식품 산업 세계시장 규모

(단위: 10억불)

	2003	2004	2005	2006	2010	2015
R&D	1.2	1.6	1.9	2.4	8.5	12.5
Design/Tools	0.1	0.4	0.4	0.8	1.4	4.1
Production/Processing	0.6	0.7	0.9	1.3	2.6	6.9
Packaging/Safety	0.3	0.8	1.2	1.4	3.5	7.5
Food Application	0.4	0.6	0.8	1.1	4.4	22.5
Total	2.6	4.1	5.4	7.0	20.4	53.5

(자료: CJ식품연구소 전략기획조사팀, 식품의 신제품 개발 및 기술연구동향-Kaiser Consulting Group, 2005)

## 제5장 융합기술 정책 동향

### 1. 국외 융합기술 정책 동향

#### 가. IT·BT·NT 융합기술 국외 정책 동향

##### (1) 미국

- 미국은 IT와 BT 그리고 NT의 융합에 국가 연구개발(R&D)의 초점을 맞추고 있다. 몇 년 동안 동결됐던 국가 R&D 예산은 융합신산업의 중요성이 커지면서 증액, 2007년 전년도보다 2.5% 증가한 1370억달러로 지원했음. 미국 정부는 융합신산업의 근원이 되는 융합기술의 조기 선점을 위해 융합기술과 기초과학을 균형 있게 육성 하는 지원정책을 추진하고 있음. BT 분야는 신약개발·유전자과학·단백질 과학·질병 역학 등에 집중하고 있다. 또 NT 분야는 IT와 BT가 융합된 나노바이오공학과 바이오 인포매틱스 등을 주로 지원함(자료: 전자신문, [융합신산업을 육성하자](3)해외 주요 국가의 융합신산업 동향, 2006)
- 미국 정부의 융합신산업 발전 정책은 ‘NNI(National Nanotechnology Initiative)’다. 미국국립과학재단(NSF)이 1996년부터 연구한 결과를 바탕으로 1998년에 12개 연방 정부기관이 참여, 국가나노기술개발제안을 대통령에게 보고했음. 클린턴 대통령은 2000년 연두교서를 통해 나노기술을 바이오기술(BT), 정보기술(IT)과 함께 차세대 경쟁력 확보를 위한 핵심기술로 설정, NNI를 선언했음. NNI는 세계적 수준의 연구 유지를 위해 기술개발에 집중 지원하면서 나노기술 연구기반 시설, 인재육성 등의 인프라 구축과 연구개발 결과의 기술사업화 촉진 등을 추진하고 있다. 미국 정부는 이 분야에만 2006년에 10억5000만달러의 예산을 지원하고 있음(자료: 전자신문, [융합신산업을 육성하자](3)해외 주요 국가의 융합신산업 동향, 2006)
- 2002년 국립과학재단과 상무성에서 “Converging Technologies for Improving Human Performance” 발표
  - 융합기술을 “NT, BT, IT, CS\*(NBIC)의 융합을 통해 창출되는 기술” 또는 “NBIC의 융합을 보조하거나 촉진하는 기술”로 규정
- \* Cognitive Science(인지과학)
  - 정부·국가기관과 대학의 전문가들 뿐 아니라 HP, IBM, 보잉사 등 주요 기업들의 참여를 통해 기초연구에서부터 산업화에 이르는 융합기술 발전계획 수립(자료: 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동

향, 2007)

- 2005년 국립과학재단(NSF)에서 “Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations : Converging Technology Society” 발표
  - NSF, NASA, EPA(환경보호청), DOD(국방성), DOE(에너지성) 등에서 융합기술개발 프로젝트를 추진(연간 1,300억불 투자)(자료: 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동향, 2007)
- 20개 융합기술과제 선정(2002년)
  - 건강, 정보, 커뮤니케이션, 엔지니어링 등 다방면에 걸쳐 20개의 융합기술 과제를 선정
  - 선정된 융합기술 과제에 대한 산·학·연 전문가 대상의 설문 조사결과, 인간의 수행능력을 직접적으로 개선시킬 수 있는 기술\*에 대한 편익성이 높게 평가됨
  - \* 신재료(높은 에너지효율, 친환경적 특성)에 의한 기계나 구조물, 쉽게 탈부착 가능한 센서를 통한 개인건강상태 등의 정보획득기술 등(자료: 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동향, 2007)

## (2) EU

- 「지식사회건설을 위한 융합기술 발전전략(CTEKS, 2004)」 마련하였으며, CTEKS 전략을 통해 기술개발, 연구환경 조성, 사회적·윤리적 책임강화 등 융합기술 발전을 위한 가이드라인 제시함. 범 유럽 차원에서 추진하는 FP7(2007 ~ 2013)에서 융합기술 개발을 확대하고 학제간 연구개발 추진 강화하고 건강, 나노기술, 신소재 등의 분야에 116억 2,000만 유로 투입 계획(자료: 과학기술부, 융합기술종합발전기본계획, 2007)

## (3) 영국

- 영국의 Rod Sainsbury 영국 과학부 장관은 ‘나노와 바이오 융합기술은 의료와 환경, 경제 분야에 엄청난 혜택을 가져 올 것’이라며 ‘10년 안에 관련 시장이 1조 달러에 이를 것이라고 예측함. 영국 정부는 2004년부터 향후 6년간 산업체가 융합기술을 개발해 상업화 기회를 활용할 수 있도록 약 1억5000천만 달러를 투자할 것이라고 발표하였음. 이 투자금은 산·학·연 공동연구와 새로운 마이크로 및 나노기술 장비 네트워크 구성에 쓰임.(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004)



#### (4) 일본

- IT, BT, NT 등 신기술융합혁신을 통해 7대 신성장 산업을 집중 지원하는 「신산업창조전략(2004년)」 마련하였으며, 신산업창조전략 관련 예산 873억엔 투입(2005년)함. 4대 중점분야(IT, BT, NT, ET)중 단기간에 실용화가 가능한 기술 위주의 개발 전략인 ‘Focus 21’ 수립 (2004년). 바이오-IT 융합기기 개발 프로젝트, 나노바이오 기술프로젝트 등을 중점 추진하고 있음.(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004)
  
- 미국과 같은 국가수준의 융합기술정책은 없으며, 관련 정책으로 “과학기술연계시책군”을 추진하고 있음
  - 각 부서의 과학기술정책 및 투자의 연계를 통한 효율성 제고가 목표이며, 이 중 융합기술 관련 과제가 포함되어 있음
  - 의료분야에 전자태그 활용, 나노바이오센서 개발 등
  - (자료: 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동향, 2007)
  
- 일본에 있어 융합기술 발전의 가장 큰 장애물은 수직적인 산·학·연·관 시스템
  - 분야간 연계 및 협력에 의해 창출될 수 있는 융합기술의 발전을위해 수평적인 산·학·연·관 시스템 구축 추진(자료: 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동향, 2007)

#### 나. BT·IT 융합기술 국외 정책 동향

- 미국정부는 “생명공학 연방정책에 관한 보고서(1991년 미국 대통령경쟁력 자문회의)”, “21세기 생명공학(1997년 국가과학기술회의)”등에서 생명공학의 중요성을 명확히 하고, 정부주도하에 전략적인 집중투자를 하고 있으며, 일본은 인간게놈 연구는 미국에 뒤졌지만, 실용화를 위한 “포스트 게놈” 연구에서는 뒤지지 않기 위해 대폭적인 투자를 하고 있으며, 과학기술성 등 5개 부처가 합의한 “바이오테크놀로지 산업 창조를 위한 기본방침”을 발표하여 정부에 의한 생명공학연구가 추진되었으며 기본방침은 사람이나 산업유용생물의 게놈해석 가속, 생물자원의 수집, 제공 체제 정비, 바이오 인포매틱스의 연구거점 정비이며, 일본은 200년 5월 “밀레니엄게놈 프로젝트”를 발표하여 사람과 벼의 해석에 주력하고, 1,175억엔의 예산을 투입하여 게놈을 비롯한 12개 분야에 합동연구를 추진하고 있음. 일본은 경제 불황에도 불구하고 2001년 생명공학연구 투자를 2000년에 비해 23%나 증액시켰고, 관련부처가 협동하여 만든 “생명공학산업 창조를 위한 기본방침”을 근간으로 2010년까지 바이오 시장규모를 현재 1조엔에서 25조엔대로 키우고 바이오관련 벤처기업을 1,000개 설립할 계획을

수립했음.(자료: 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003)

## 다. BT·NT 융합기술 국외 정책 동향

### (1) 미국

- 미국은 2001년에 수립한 National Nanotechnology Initiative를 2004년 수정하여 새로운 방향을 정립하고 2015년까지 성취할 10대 연구 개발 목표 설정하였으며 이 중 4개 분야가 BT·IT 융합기술 분야임
    - 3차원 나노스케일 시각화 및 시뮬레이션 기술
    - 선폭 10nm 이하의 집적회로
    - 화학 관련 제품 제조용 신축매
    - **암의 조기 발견, 진단, 완치**
    - 대기, 토양, 수중에 있는 나노입자 제어
    - 첨단소재와 그 생산법
    - **의약품 합성 및 전달 체계**
    - **인공장기 등 나노레벨 융합기술**
    - **인체 순환에 생체 적합하여 지속될 수 있는 개발**
- (자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

- 또한 2006년 NNI의 예산신청서(The National Nanotechnology Initiative-Supplement to the President's FY 2006 Budget)에 나타난 5개 분야의 세부 38개 주요기술 개발 대상 중에서 11개가 바이오와 관련된 나노기술을 포함하고 있음. 즉, 나노기술의 중요한 응용분야로 바이오 분야를 선정했음.(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

### (2) 유럽

- 유럽의 경우, 현재 개별 국가 체제를 유지하면서도 유럽연합이라는 공조체제를 통해 효율적인 나노바이오 기술 개발을 추진하고 있음. 특히, 전통적으로 바이오 분야에서 강한 경쟁력을 보여주었던 독일, 프랑스 등이 강한 기술력을 보여주고 있음. 예를 들어 나노바이오칩, 바이오센서, 나노약물전달 등의 분야에서는 독일의 기술력이 일본을 능가해 미국 다음으로 2위권으로 인정을 받고 있고, 독일, 프랑스만의 논문 발표수를 합하면 미국을 능가하는 것으로 나타났음.(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

- 영국은 질병 유전자 연구, 인터넷을 활용한 데이터 분석, 나노기술과 바이오 엔지니어링 산업에 대한 지원의 3대 핵심분야에 대한 새로운 투자방안을 수립하고 나노바이오 기술을 최우선 지원 분야로 선정하고 기술개발에 박차를 가하고 있음 각 지역 특성에 맞는 나노산업을 육성하고 있음
- 영국은 잉글랜드, 웨일즈, 스코틀랜드, 북아일랜드, 남부잉글랜드, 북부잉글랜드 등이 독자적인 나노산업 유치단을 구성하고 있으며, 애딘버러, 글래스고 대학 등 스코틀랜드에 위치한 대학과 글락소, 스미스클라인, 로체 등 바이오 업체들이 바이오 클러스터 구축을 통해 세계 최고 수준의 산·학·연 개발체제를 가지고 있음

### (3) 아시아지역(일본, 중국,태국)

- 나노 바이오 기술 전문분야를 포괄 로드맵을 통하여 3분야 16영역으로 정리하였음
  - ① 의료검사 분야 : 재생치료, DDS, 미세치료용 나노머신, 바이오센서, 의료검사 진단 디바이스, 생세포 해석 진단, 혈액 혈관 검사 진단
  - ② 환경 에너지 공업 분야 : 환경 센서, 에너지 발생/저장/전송 디바이스/생체 삽입 디바이스의 전원, 생체 재료, 생산 기술, 나노 촉매, 미소 로봇, 나노바이오 전자 디바이스
  - ③ 연구용 검사기기 분야 : 생체내 고분자 나노레벨 가시화 동태 해석, 어레이 표면 분석
 (자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)
- 포괄 로드맵을 검토하여 계측, 디바이스, 의료의 3개 전략 분야를 선정하여 그 산업화 전략을 전략 로드맵으로 정리함
  - ① 계측 : 나노스케일 세포 매핑
  - ② 의료 : 나노 골수 임플란트, 나노 치료, 바이오 인공장기
  - ③ 디바이스 : 나노바이오 구조체의 설계 및 제작기술, Ecological 나노 바이오, Functional 나노 바이오

## 2. 국내 융합기술 정책 동향

### 가. IT·BT·NT 융합기술 국내 정책 동향

#### (1) 정부의 과학기술 기본계획(2003)

- 과학기술 기본계획에서 포함되어 있는 주요 융합기술 정책을 요약하면, 21세기 경제

사회 변혁을 주도할 신기술 등장과 파급 확대, 기술 분야간 융합·복합화 현상에 의한 시너지 효과 증대, 새로운 신사업기술 및 복합·융합 기술 개발에 대한 체계적 기획과 조정기능의 활성화, 지식창출을 위한 학문분야간 융합, 과학기술과 인문·사회과학의 융합을 촉진할 학제적 연구의 기반 확충 등임.(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004)

<표 5-1> 참여정부의 과학기술 기본계획(Key Word: 기술융합)

구분	내용
국내외 과학기술 환경변화 과제(p.28)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 21세기 경제사회 변혁을 주도할 신기술 등장과 파급 확대</li> <li>· 정치, 경제, 사회, 문화 등 영역에서 정보기술(IT), 생명기술(BT), 나노 기술(NT), 환경기술(ET) 등 광범위한 파급효과 예상</li> <li>- 기술분야간 융합·복합화 현상에 의한 시너지 효과 증대</li> <li>· 생체정보처리(IT+BT), 지능형 극미세전자계시스템(IT+BT+재료), 메카트로닉스(IT+기계), 생체친화성재료 기술(IT+재료) 등 다양한 형태의 융합기술 및 복합기술 개발이 진전</li> <li>- 기술변화가 사회에 미치는 영향력 확대</li> <li>· 과학기술 진보가 국가 경제, 사회, 정치시스템 변화의 주요 변화요인으로 대두됨에 따라 기술 진보 요인에 대한 유연하고 신속한 대응 필요</li> </ul>
과학기술 비전 및 정책방향(p.44)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 신사업기술 및 복합·융합 기술 개발에 대한 체계적 기획과 조정기능의 활성화</li> <li>- 성장동력 확충을 위한 연구개발 투자 확대</li> <li>- BIT, NIT, BNT 등 첨단 융합기술 개발로 신산업의 성장동력 창출</li> </ul>
창의적 혁신역량 제고를 위한 기초과학연구 진흥(p.118)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지식창출을 위한 학문분야간 급속한 융합화 추세에 따라 학제간 연구 및 그룹단위의 연구 필요</li> <li>- 학제간 융합을 선도하는 신지식창출형 연구집단 육성</li> </ul>
지식기반사회를 선도할 과학기술 인력 양성(p.137)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술융합화에 따른 복합적 지식을 가진 인력양성을 위해 이공계 대학의 다학제적 학과 및 전공 개설 강화</li> <li>- ‘국가핵심기초연구지원센터 지원사업’을 통한 융합분야 교육과정 개설·운영 및 공동연구 지원</li> <li>- 과학기술과 인문·사회과학의 융합을 촉진할 학제적 연구의 기반 확충</li> <li>- 과학기술의 법적, 윤리적, 사회적 문제들에 대한 과학기술과 인문·사회과학의 학제간 협동연구 과제 발굴 및 연구 지원</li> </ul>
과학기술투자의 확충 및 효율성 제고(p.186)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IT, BT, NT, 융합기술 등 신기술 분야에 대하여 집중적으로 투자</li> </ul>
산업계 기술역량 제고를 위한 민간 기술개발 지원(p.195:P210)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 21세기 사회변화를 주도할 BT, NT등의 유망기술은 과거 전통기술과는 달리 융합·복합화 지능화 및 기술혁신의 가속화, 기술순환주기의 단축, 극한기술의 추구하고 응용범위의 확대 등의 특징을 가지고 발전</li> <li>· 기술기반이 확보되어 있지 않은 상태에서는 이들 기술에 대한 접근 자체가 불가능하며 기술 개발에도 막대한 투자비용이 소요</li> <li>· 기술의 융합·과학의 산업화 등에 대응하여 기업간의 기업부설연구소 등 새로운 유형의 연구조직 형성</li> </ul>
과학기술 생산성 제고를 위한 하부 구조고도화(p.219)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BT, NT, IT 융합기술 등 신기술출현에 대응한 출연(연) 연구장비 확충 및 고도화 지원</li> </ul>

(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안 중에서 ‘참여정부의 과학기술 기본계획 재구성’, 2004)

## (2) 행정계획·전략

- BT·IT 융합추진전략(국가과학기술자문회의)는 BT는 의약, 농업분야 등의 성장에 미치는 효과가 크고 경쟁력을 높이는 미래전략 분야로 IT 지원 없이는 발전이 어렵다고 보고 효율적 추진을 위해 단기적으로 BIT 전담 연구기관을 지정하고, 기술발전 추세에 맞추어 장기적으로 연구기관 신설을 검토하고 있으며, 산업자원부의 BT 전문인력 양성 추진 계획은 대학(원) 교육혁신 및 수요지향적 교육 지원과 학제적 교육과정 신설·확대 지원, 기술융합분야의 교육과정 신설·확대 및 교수 요원·교육 기자재 확충지원을 강조하고 있음.
- 산업자원부의 차세대 성장산업 국제회의에서 IT, BT, NT 등 신기술분야, 신기술간 융합분야에서 새롭게 출시하거나 글로벌 잠재수요와 경쟁우위 확보가능성이 큰 분야를 중심으로 40개 품목 지정하였고, 차세대 성장동력 발전전략에서는 경쟁력이 있는 주력 기간산업에 신기술을 융합 제품군과 신기술 산업내의 신제품, 신기술간 융합분야 등 지역과 연계고리가 형성된 주력 기간사업 또는 미래 유망산업과 융합 가능성을 고려하여 배치하는 전략을 제안함

<표 5-2> 행정계획전략(Key Word : 융합기술, 기술융합, 계획)

출처	내용
국가과학기술자문회의 (2001.11.15) BT·IT 융합추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IT는 자동차, 조선 등 우리의 전통 주력산업과 접목시켜 첨단 고부가가치를 촉진시키는 것이 국가 당면 과제이며</li> <li>- BT는 의약, 농업분야 등의 성장에 미치는 효과가 크고 경쟁력을 높이는 미래전략 분야로 IT 지원 없이는 발전이 어려움</li> <li>- 급속하게 전개되고 있는 지식기반사회의 전환에 대비 두 가지 기술을 응용한 신산업 창출이 시급</li> <li>- 국내 BT 또는 IT분야에 전문 고급인력은 다수 확보하고 있으나, BIT 분야의 전문가는 몇 십명 수준으로 매우 부족한 실정임</li> <li>- 생물정보학 인력양성을 위한 교육프로그램이 일부 대학에서 시작단계에 있으나, 급증하는 미래 수요에는 크게 미흡함</li> <li>- BT와 IT 인력이 동일한 공간에서 연구 수행이 가능하도록 하여 학제간 연구의 시너지 효과 제고</li> <li>- 이를 효율적으로 추진하기 위해 단계적으로 BIT 전담 연구기관을 지정하고, 기술발전 추세에 맞추어 장기적으로 연구기관 신설을 검토</li> <li>- 수요에 비해 부족한 BIT 전문인력 양성을 위해 국가 과학기술 인력정책에 반영하여 추진</li> <li>- 교육기관과 연계하여 신규 전문인력을 양성하고 기존 단기 연수기관을 최대한 활용</li> <li>· BT, IT 전공인력에 대한 전공전환 심화교육 및 학제간 전공 교차 인정 등 교육운영을 개선</li> <li>- 우수한 재외동포 등 해외전문가를 교육현장에서 적극 활용할 수 있도록 재정지원 등 제도적 장치 마련</li> </ul>
산업자원부(2002.05), BT 전문 인력양성 추진 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 질적 공급불균형 원인분석</li> <li>· 산업현장 수요와 대학 교육간의 mismatching</li> <li>· BT산업 발전을 선도할 수 있는 핵심인력 부족</li> <li>· 기술개발과 인프라 조성 등에 비해 인력양성에 대한 인신부족으로 투자 미흡</li> <li>- 대학(원) 교육혁신 및 수요 지향적 교육 지원('03년 예산 신청)</li> <li>· 학제적 교육과정 신설·확대 지원</li> <li>· BIT, BNT, BET 등 기술융합분야의 교육과정 신설·확대 및 교수 요원·교육기자재 확충 지원</li> </ul>
산업자원부(2003.07.25) 차세대 성장산업 국제회의(제4세션: 미래유망 산업분야의 차세대 성장동력)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IT, BT, NT 등 신기술분야, 신기술간 융합분야에서 새롭게 등장하는 제품으로서, 세계 잠재 수요가 크고 경쟁우위 확보가능성이 큰 분야를 중심으로 40개 품목을 선정함</li> <li>- 디지털 기술은 바이오산업, 항공우주산업 발전의 기반이고, 바이오기술은 환경·에너지산업 발전의 바탕이 되는 등 신기술산업의 선순환 환경을 형성</li> <li>- 국내산업의 특성상 발전가능성이 높으며 산업적·경제적 파급효과가 큰 미래주력산업인 디지털전자산업과 미래신기술 산업인 바이오, 환경·에너지, 항공·우주산업을 선정</li> </ul>
산업자원부(2003.07.)차세대 성장동력 발전전략(요약)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주력기간산업군: 현재의 경쟁력을 바탕으로 신기술 접목, 제품 차별화 등을 통해 경쟁우위가 지속 가능한 분야</li> <li>· 경쟁력이 있는 주력 기간산업에 신기술을 융합한 제품군</li> <li>· 세계시장 점유율 1위 산업 및 세계일류 기술 집약 산업의 미래 제품군</li> <li>- 미래 유망산업군: 기술혁신의 신제품으로서, 세계 잠재수요 및 경쟁우위 확보 가능성이 큰 분야</li> <li>· 신기술 산업의 미래 제품군, 신기술 융합 제품군(p.5)</li> <li>- '국가균형발전'과 연계된 차세대 성장동력 클러스터 활성화</li> <li>· 대부분의 주력 기간산업은 이미 지역과 밀접하게 연계되어 있으므로, 주력기간산업과 신기술 융합분야는 기존 지역배치를 고려하여 추진</li> <li>· 신기술 산업내의 신제품, 신기술간 융합 분야 등도 이미 지역과 연계 고리가 형성된 주력 기간사업 또는 미래 유망산업(지역별 특화전략산업)과 융합 가능성을 고려하여 배치 (p.16)</li> </ul>

(자료: 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안 중에서 '부처 Homepage 검색 : 융합기술, 기술융합, 계획', 2004)

## 나. BT·IT 융합기술 국내 정책 동향

- 정보통신부는 2001년 8월 “차세대 성장분야 발전전략”을 수립하여 IT와 BT의 융합 기술개발과 과학기술부등을 중심으로 “BT 산업발전전략(안)”이 수립되어 보다 체계적으로 IT와 BT의 융합기술개발을 위한 계획이 수립되었음(자료 : 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003)
- 산업자원부에서는 2002년 6월 “바이오산업 경쟁력 강화 전략 (Global Bio-Korea Vision 2010)”수립을 통하여 바이오융합기술 등 4개 항목, 11개 기술 분야에 투자를 집중할 것을 결정하였으며, 바이오융합기술 분야 중에서도 부가가치가 높고 조기산업화가 가능한 핵심기술분야로 ① 바이오칩(DNA칩/ 단백질칩/ lab-on-a-chip 등) ② 생물정보학기술(bioinformatics/HW/ SW/ 활성분석 등) ③ 단백질학관련기술(단백질 구조/기능 관계분석 등)을 선정하여 단계적 기술개발을 추진하고 있음.(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)
- 2003년도부터 과학기술부 특정 연구 개발사업으로 융합기술의 개발확대를 추진하면서 “신기술융합사업”을 추진 중임. 추진계획안에 의하면 IT를 기반으로 하는 생명현상과 관련된 생체 콘텐츠의 개발, 공유 및 서비스를 제공하기 위한 핵심원천 및 응용기술을 “BIT 융합기술”로 구분 정의한바 있음.(자료: 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.12.30)
- 보건복지부는 "BioHealth 21" 정책에 따라서 보건, 의료 분야에 중점적인 투자를 하는 가운데 최근에 IT와 BT 기술 융합의 필요성에 따라서 “바이오보건 기술개발사업”, “바이오보건정보기술개발사업(IMT2000)”을 따로 분리하여 투자하고 있음.(자료: 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003)

## 다. BT·NT 융합기술 국내 정책 동향

### (1) 나노 바이오 분야 정부지원 현황

- 2002~2004년 기간 동안 나노-바이오 기술 분야 연구지원은 나노기술 전체지원액의 5% 정도로 매우 미미한 상태이며 나노 펌 등 기반구축 사업에 있어서도 나노-바이오기술을 위한 시설들은 거의 고려되지 않고 있음. 나노-바이오분야내의 기술 중에서도 진단, 치료, 극한제어 기술에 대한 투자가 두드러졌는데, 이는 이 기술들이 의료 및 연구용 측정기술개발과 직접 관련되어 있기 때문으로 판단되며, 반면에 정보, 에너지, 영향평가 및 표준화 등 원천성과 공공성이 강한 분야에는 지원이 매우 적어

나 전무한 상태임. 나노생필품 기술은 정부투자가 미미한 반면, 최근 각광받는 은나노기술 관련 산업으로 오히려 민간분야에의 연구가 활발히 진행되는 것으로 나타남. (자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

(2) 정부지원 연구개발 과제의 정부지원금 현황 분석

- <표 5-3>과 같이 2002~2004년 기간 동안 나노-바이오 기술 분야에의 투자는 꾸준히 증가하는 추세이나, 나노-바이오 전체 분야 총 연구비가 매년 100 억원 내외로, 전체 나노기술 분야 연구비의 5%정도로 매우 미미한 상황임

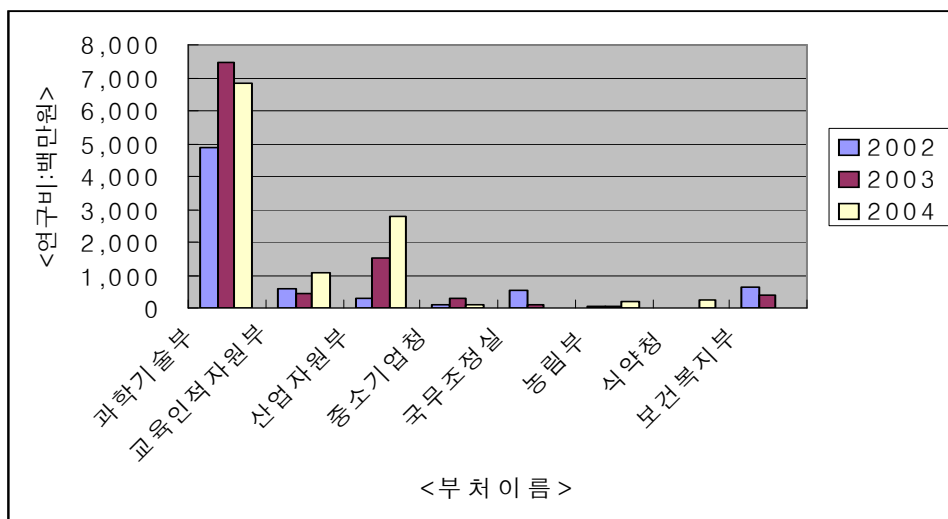
㉞ 부처별 지원 현황

- 나노바이오 기술 관련해서는 과학기술부에 예산이 많이 지원되었고, 다음으로는 산업자원부, 교육인적자원부 순으로 연구비가 지출되었음을 확인 할 수 있음

<표 5-3> 나노바이오 부처별 연구비 현황

(단위: 백만원)

	2002	2003	2004	합계
과학기술부	4,891	7,449	6,850	19,190
교육인적자원부	583	458	1,061	2,102
산업자원부	300	1,490	2,799	4,589
중소기업청	95	278	100	473
국무조정실	520	113	0	633
농림수산식품부	70	70	210	350
식약청	0	0	230	230
보건복지부	649	396	0	1,045
합계	7,108	10,254	11,250	28,612



(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)



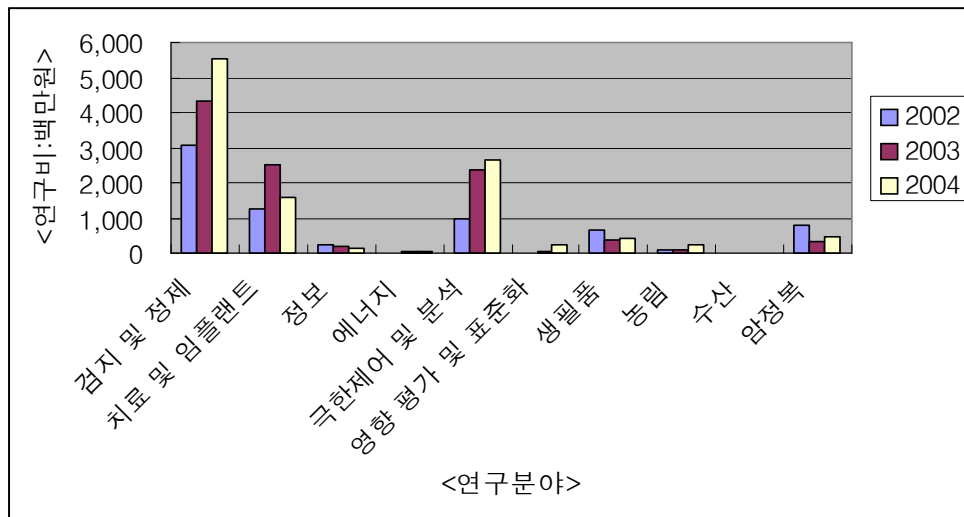
㉔ 연구 분야별 지원 현황

○ 나노바이오 분야 기술 중에서는 진단/치료, 극한제어 기술에 대한 예산지원이 많이 이루어졌고, 정보, 에너지, 영향평가 및 표준화 부분의 투자는 미미하게 이루어졌음

<표 5-4> 나노바이오 분야별 지원현황

(단위: 백만원)

	2002	2003	2004	합계
검지 및 정제	3,080	4,338	5,536	12,954
치료 및 임플란트	1,260	2,494	1,596	5,350
정보	229	185	129	543
에너지	0	24	24	48
극한제어 및 분석	994	2,380	2,655	6,029
영향 평가 및 표준화	0	63	230	293
생필품	663	365	410	1,438
농림	70	70	210	350
수산	0	0	0	0
암정복	812	335	460	1,607
합계	7,108	10,254	11,250	28,612



(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

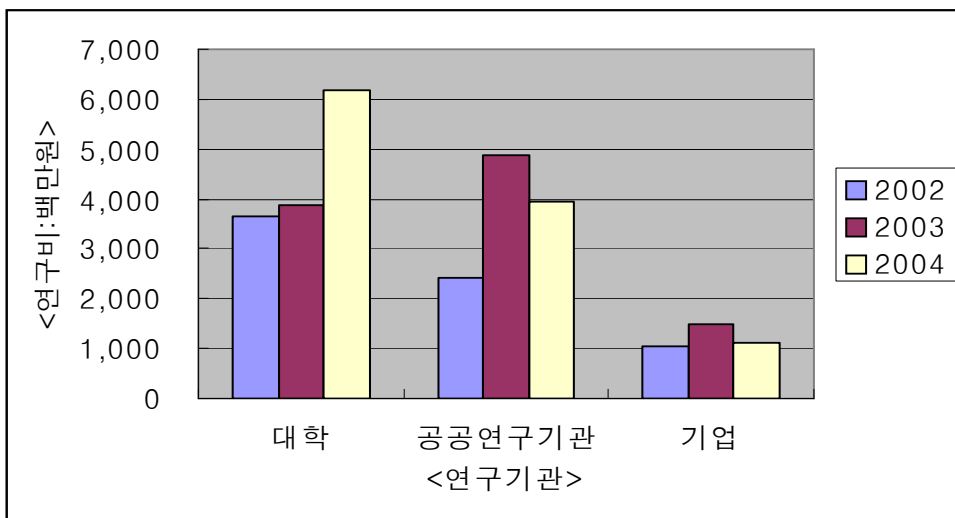
㉕ 연구기관별 지원 현황

○ 나노바이오 연구 기관별 지원은 대학에 가장 많은 예산이 지원이 되었고 연구소가

대학 규모에 버금가는 규모의 예산 지원이 이루어짐. 반면에 기업에 대한 지원은 연구소나 대학에 비해 상당히 적은 금액 규모의 투자가 발생하였음

<표 5-5> 나노바이오 연구기관별 연구비 현황(단위: 백만원)

	2002	2003	2004	합계
대학	3,660	3,883	6,196	13,739
공공연구기관	2,423	4,875	3,949	11,247
기업	1,025	1,496	1,105	3,626
합계	7,108	10,254	11,250	28,612



(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

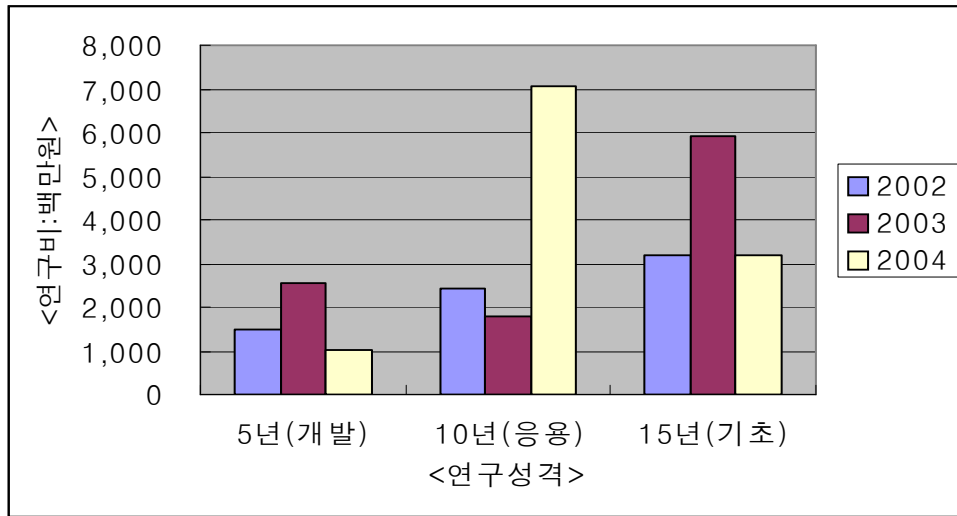
#### ㉞ 연구 성격별 지원 현황

- 2002~2003년에는 기초연구가 연구 지원의 주류를 이루었으나, 2004년 접어들면서 응용 분야의 연구가 두드러지게 증가하고 있음

<표 5-6> 나노바이오 연구성격별 연구비 현황

(단위: 백만원)

	2002	2003	2004	합계
5년(개발)	1,500	2,563	1,003	5,066
10년(응용)	2,416	1,789	7,069	11,274
15년(기초)	3,192	5,902	3,178	12,272
합계	7,108	10,254	11,250	28,612



(자료: 과학기술부, 나노-바이오-융합부품 및 시스템 적용기술, 2006)

### 3. 농림융합기술 국내외 정책동향

#### 가. 미국 정책동향

- 미국의 식품 나노 생명 공학 분야의 연구비 투자 현황은 2003년 2월 기준으로 기초 연구비로 6개 분야의 3개 프로젝트에 \$450만 달러를 투자 할 예정이며, 협동과제로 6개 분야에 2개 프로젝트로 \$420만 달러가 투자될 예정임. 또한 \$200만 달러를 투자하여 전국 4개 지역에 전문연구센터를 설립 할 예정이며 나노 기술연구에 infrastructive로 간접 지원금으로 \$500만 달러가 소요 될 예정임. 그리고 \$260만 달러를 들여 교육 사업에 투자함으로써 조기 연구 집행 예산으로 \$ 3천6백3십만 달러가 소요될 예정임. 구체적으로 기초 연구 분야로는 나노센서, 보존 및 저장 감지, 지능형 약물전달, 지능형 종합 시스템, 분자 및 세포 나노 생물학, 그리고 나노 재료 과학분야에 매년 \$250 만 달러의 연구비가 지원 될 예정임. (자료, 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)
- 미국에서는 식중독으로 인한 경제적 손실이 연간 최대 \$67억 달러에 이르러 정부 차원에서 예방 및 검사 장비 개발을 수행하고 있음. 식품 안전성, 특히 부패를 일으키는 병원균을 감지해내거나 예방하는 문제가 식품 안전에 관한 대통령 특별령으로 선포되면서 미 농무부 농업연구청 (ARS) 러셀연구소에서는 식품안전성연구 프로젝트를 통해 식중독을 일으키는 병원균을 검색하고 제거하기 위해 생산단계에서 소비단계에 이르는 전 과정에 걸쳐 식품 병원균을 예방, 검사하기 위한 연구를 수행하고

있음(자료: USDA, ARS, Russell Research Center, 식품 안전성공학 (Food Safety Engineering), 2004)

- 일반적으로 식품은, 독소를 포함하고 있는 화학물질이지만 자연상태에서 독성물질에 노출될 가능성을 항상 갖고 있기 때문에 ARS에서는 식중독 발생을 사전에 방지하기 위한 연구, 식품 속에 포함될 수 있는 독성 화학물질의 예방, 그리고 병원균을 사전에 감지하여 미리 예방하기 위한 연구를 수행하고 있음. 구체적으로는 마이코톡신(Mycotoxins)과 같은 독성 화학 물질, 약물 및 환경화학 잔여물, 그리고 독성 식물에 관한 광범위한 정보와 기술, 그리고 이에 관련된 정보를 이용하여 공중보건을 극대화할 수 있는 경제적이고 효율적인 연구를 수행하고 있음. 초창기 ARS의 식품 안전성 연구는 미국 내에서 생산되는 농산물로 한정되었으나 근래에는 과일이나 채소류 등의 수입 농산물에 대해서도 연구 범위가 확대되었으며, 특히 수입 농산물의 zoonotic pathogens (자연 상태에서 동물을 매개체로 사람에게 전염될 수 있는 질병, 예를 들면 광우병 등) 에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음(자료: USDA, ARS, Russell Research Center, 식품 안전성공학 (Food Safety Engineering), 2004)
- 미국 국립과학재단이 4,000만 달러의 자금을 들여 시작한 `식물 게놈 프로젝트`와 농무부가 2억 달러를 투입해 추진해 온 `국가 식품 게놈 전략` 등 포유류와 물고기, 곤충, 식물 등의 유전자 분석 프로젝트들이 21세기 초엽에 완성될 전망

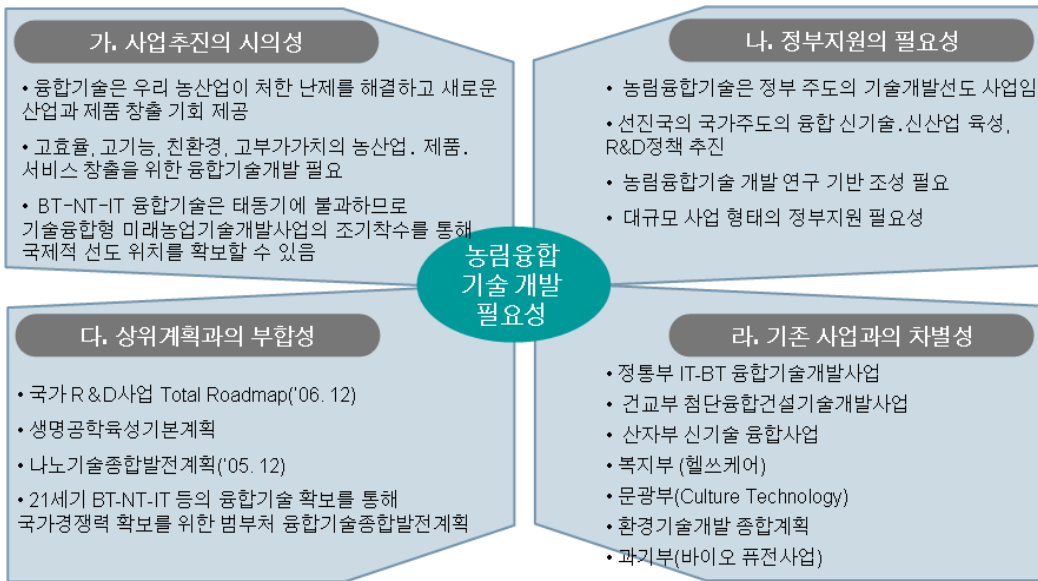
#### 나. 국내 정책동향

- 국내에서는 나노기술 촉진법이 2002년에 정기국회에서 통과된 이래 2004년도 나노기술 총예산규모는 2,733억 원에 이르고 있으며, 나노소재와 관련하여 “나노소재기술개발사업”이라는 프론티어 사업도 진행되고 있으나 농업분야에 적용되는 나노소재에 관한 연구 개발 사업에 대한 투자는 매우 미흡한 현실임
- 나노소재가 미국 일본 유럽 등의 선진국들에서 많은 연구개발비가 투자될 만큼 전체 산업분야에 걸쳐서 커다란 수요 창출이 기대되고 있으나 농업분야의 나노소재는 그 숫자가 전 세계적으로 극히 제한되어 있으며 나노 기술의 응용정도가 매우 초기적인 단계에 머물러 있으며 국내의 농업나노소재 개발에 관한 연구의 규모는 극소수의 벤처기업에서 독자적이면서 비체계적인 방법으로 진행하는 등 아주 취약한 실정임.

## 제6장 농림융합기술 개발의 필요성 및 성공사례

### 1. 농림융합기술 개발의 필요성

<그림 6-1> 농림융합기술 개발의 필요성



#### 가. 사업추진의 시의성

##### (1) 융합기술은 우리 농산업을 처한 난제를 해결하고 새로운 산업과 제품 창출 기회 제공

- 우리경제의 급격한 산업화 이후 우리 농림업은 새로운 도약의 기회를 갖지 못하고, 지난 20여년간 개방화와 고질적 성장둔화 등 여러 측면에서 위기에 직면하고 있음. 21세기 농업경쟁력의 핵심은 과학기술 혁신역량의 확보하는 것이며, 향후 우리나라가 21세기 농림업 및 관련 농산업을 발전을 도모하고 선진농업을 실현하기 위해서는 기존 정책과 기술의 한계를 뛰어넘는 농업기술의 첨단화·과학화가 시급하며, 이러한 기술혁신 주도에 의한 새로운 성장 모델로의 전환이 불가피함.
- 90년대부터 발전한 컴퓨터 및 커뮤니케이션 기술혁명은 2000년대부터 시작한 IT, BT, NT간의 기술융합으로 이어지는 메가트렌드로 21세기 초에 접어들면서 세계는

지금 IT, BT, NT를 중심으로 급속한 기술변화가 일어나고 있으며 기술혁신이 일상적으로 일어남에 따라 이 영향으로 산업에서도 창조적 파괴(creative destruction) 현상이 일상적으로 발생하고 있음.(자료: 과학기술정책연구원, 다분야 기술융합의 혁신 시스템 특성분석, 2005)

- 기술융합과 이에 따른 상승작용으로 기술혁신이 가속화되고 있고 의료, 식량, 농업 등과 결합하여 영역이 확대되어 건강, 식량, 환경, 에너지 등 21세기 인류의 난제를 해결할 것으로 전망됨
- 국가의 부와 성장의 원천이 물질적 자원으로부터 지식·정보·기술 중심으로 전환됨
  - 생명공학, 정보화기술이 각 산업에 접목되어 새로운 산업, 고용 및 부를 창출함과 동시에 발전 속도가 가속화 될 것으로 예상
- 바이오나노, BT-IT 등 기술융합을 통한 미래농업기술은 농산업 분야에서도 고도성장을 견인할 수 있는 고부가가치 신제품·신소재 개발을 가능하게 하여 또 하나의 신산업창출 및 도약의 기회가 될 것임
- 구제역, 조류독감, 농약, 항생제, 바이러스 등 농산업의 현재와 미래에 동시에 안고 있는 위해 요인들을 효과적으로 진단하고 치료하는 것이 융합기술의 개발을 통해 가능함.

(2) 고효율, 고기능, 친환경, 고부가가치의 농산업·제품·서비스 창출을 위한 융합기술개발 필요

- 농업은 작물생산의 효율성 향상, 농산품 공정, 농산품 안정성, 농산품생산에 따른 환경적 영향, 보존 및 유통 등이 주요한 관심사로서, 이러한 전 영역에 효율성 향상 및 품질개선을 통한 농산업 구조개선이 필요함.
  - 나노바이오 센서의 개발을 통해 보다 안전한 생물자원 및 식품의 생산, 가공, 유통 과정을 확보할 수 있음
  - 개체별 또는 집단별로 관리할 수 있는 나노장치의 개발을 통해 생산이력을 효과적으로 관리 할 수 있음
  - 위의 두 기술의 접목을 통해 생산이력을 효과적으로 관리 가능함
- 농산품의 품질향상 및 농산품 유통 신규 소재 발굴을 통해 고부가가치 농산품제품을 창출하는데 있어 융합기술은 매우 유용한 기술영역임
  - 융합기술 활용을 통한 고부가가치 창출을 위해 기능성 식품분야가 정체된 식품산업의 새로운 도약을 일으키고 성장 잠재력이 클 것으로 전망됨

(3) BT-NT-IT 융합기술은 태동기에 불과하므로 기술융합형 미래농업기술개발사업의 조기착수를 통해 국제적 선도 위치를 확보할 수 있음

- 세계 최고의 농업기술을 보유한 미국의 경우, 나노기술의 접목을 통한 농산업 및 식품 분야의 융합기술개발의 필요성을 역설한 workshop이 2002년도에 개최되었으며, 2003년도부터 미국 농무부(USDA) 차원의 융합기술종합발전계획과 같은 본격적인 사업이 NSF(미국 국립과학재단), EPA(미국환경보호청), FDA(식품위약안전청) 등과 함께 체계적인 연구개발 및 인력 양성 사업이 추진되고 있음(미국의 나노생명공학 기술연구현황, 한국과학기술연구정보원, 2005년).
- 현재 BT-NT-IT 융합기술 개발은 미국이 선도하고 있으며, 일본 유럽 등도 국가적 노력을 경주하고 있음. 정부 차원의 융합기술 지원이 시급히 시행되지 않으면 선진국과의 기술격차는 급속히 벌어지게 될 것임.
- 미국은 2000년도에 ‘국가적 나노테크 선도연구(National Nanotechnology Initiative)’를 발족하여 우선적으로 \$270억 달러의 예산을 배정하였고 2001년도예산은 그 두 배에 가까운 \$495억 달러(한화 약 4,456억원)로 증액하였으며 우리나라 과학기술부 2001년도 연구개발 예산인 \$41,000억 달러(4조1000억원)의 무려 11% 차지함

나. 정부지원의 필요성

(1) 농림융합기술은 정부 주도의 기술개발선도 사업임

- ‘농림융합기술 개발사업’은 대표적인 Green Bio 융합기술개발사업으로서 사업이 성공적으로 수행되었을 경우 매우 큰 파급효과를 획득할 수 있으나 기술 개발이 성공하여 사업화 되기까지는 대단위 투자가 이루어져야 하며, 다양한 전문 분야가 유기적으로 연계되어 추진되어야 하는 사업으로 인력 양성이 국가적 차원에서 장려 및 육성되어야 함. 뿐만 아니라 농림융합기술은 기술개발의 장기간 시간소요, 기술의 복잡성, 수익모델의 불확실성 등으로 민간 영역에서는 아직 기술개발 수행을 위한 연구 기반이 확보되어 있지 않기 때문에 정부지원이 절실히 요구되는 사업임. 정부 주도로 기술개발을 선도해야함.
- 2003년 미국 농림수산식품부에 제출된 “Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems” 보고서에 의하면 농업관련 나노기술의 개발을 위한 적정 예산은 연간 3,630만불(한화 360억원)로 산정하고 있음(미국의 나노생명공학 기술연구현황, 한국과학기술연구정보원, 2005년)

- 국내 농업 분야에서는 대기업 및 전문중소기업이 타 산업 분야에 비해 매우 열악한 실정이라서 ‘기술융합형 미래농업기술개발사업’의 경우 민간 주도 사업으로는 소기의 성과를 얻기가 어려울 것으로 판단됨
- 융합기술의 대부분은 아직까지 개발중인 과제로 단기간 내의 성과 창출 기대는 금물이며 무엇보다 연구의 지속성 확보가 중요함 산학 프로젝트 지원, 정부 연구과제 활성화 등을 통해 기업의 연구 의욕을 고취시키고, 일관성 있는 장기적인 꾸준한 투자가 병행되어야 함 융합관련 부문 DB의 통합 관리와 개별기업, 연구소 차원의 투자가 어려운 고가 실험 장비의 공동 이용 등 국가 주도의 이니셔티브형 융복합기술 개발환경을 조성하고, 신기술 융합 연구를 위한 개방형 연구 분위기를 조성하며, IT, BT, NT 등 학제간 연구를 촉진해야 할 것임.(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략,2006)

## (2) 선진국의 국가주도의 융합 신기술·신산업 육성, R&D정책 추진

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서도 융합기술의 성장가능성과 파급효과를 크게 인식하고 융합기술 혁명에 대비하며 융합형 신산업 시장 선점을 위한 정부주도의 R&D정책을 추진하고 있음
- 경쟁력 있는 NBIC융합기술 발전전략 수립(미국, 2002), 지식사회 건설을 위한 융합기술 전략(CTEKS) 수립(EU, 2004)

## (3) 농림융합기술 개발 연구 기반 조성 필요

- 농산업 분야 지속성을 높이고 신산업을 창출하기 위해 바이오나노, BT-IT 등 기술 융합 지원이 시급한 실정이나, 현재까지 융합기술은 초창기 수준임
- 향후 기대되는 부가가치에 비해 정부의 지원도 산발적이고 부분적인 지원에 그치고 있어 연구 및 산업기술의 기반조치 미미한 실정
- 융합기술 분야는 선진국에서도 태동기에 있는 기술이라서 정부와 민간이 역할을 분담해 체계적이고 장기적으로 접근하면 충분한 경쟁력을 가질 수 있음. 정부/민간간 역할분담 조정 측면에서 정부는 국가 과학기술 역량을 강화하고 R&D 효율성을 높여 성과를 극대화함으로써 국부 창출과 국가발전을 선도해야 함, 이를 위해 정부는 원천핵심기술 개발에 주력하고 프로젝트 발주를 통한 초기수요를 창출해야 하며 부처별 융합기술개발계획이 서로 시너지 효과를 주고 연계되면서 민간기업의 연구개발 투자와 연계되어야 함. 기업은 상용화기술 개발 및 수익성 있는 서비스 발굴에 주력



해야 함.(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략,2006)

#### (4) 대규모 사업 형태의 정부지원 필요성

- 기술의 융합은 다양한 학문과 기술이 접목되고 결집되어 시너지가 나타나는 신개념 연구 분야로서, 이에 적합한 지원이 이루어져야 함
- 지금까지 관련된 지원으로 농약, 항생제 바이오센서, 나노 전달체 개발 등을 예로 들 수 있으나, 매우 적은 규모의 연구개발비로 지원되고 있음. 그러나 다학제 인력의 종합적인 결집이 이루어지기 위해서는 대규모 사업지원이 필요하며, 이를 통하여 가치적이며 부가가치성이 높은 결과물이 나올 수 있음

#### 다. 상위계획과의 부합성

##### (1) 국가 R&D사업 Total Roadmap('06. 12)

- 생명분야는 투자비중증가형, 나노분야는 투자비중점증형(국가R&D사업 투자전략)
- 식량주권 확립과 농수축산산업의 산업적 가치창출 증대를 위한 분야에 투자확대(분야별 추진 전략 중 생명)
- 융합기술 경쟁력 강화(국가 R&D사업 추진전략)
- 농수축산물 고부가가치 가공 및 생산기술(특성화기술 33개에 포함)
- 나노바이오 소재, 바이오칩·센서기술, 농림축산물 자원개발 및 관리기술(특성화후보 기술 57개에 각각 포함)

##### (2) 생명공학육성기본계획

- 바이오상품화를 촉진하는 산업화기술개발(농림수산식품부 주관)
- 농축산식품분야(분야별 세부계획에 포함)

##### (3) 나노기술종합발전계획('05. 12)

- 응용기술과 산업화기술개발은 농림수산식품부 등 각부처가 적극참여

- 나노기술개발촉진법 제6조(연구개발의 추진)
  - 동법 시행령 제4조(연구개발의 추진) 및 제5조(나노기술지도의 작성)

(4) 21세기 BT-NT-IT 등의 융합기술 확보를 통해 국가경쟁력 확보를 위한 범부처 융합기술종합발전계획(과학기술관계장관회의, 2006. 4) 수립 결정에 따라 '기술융합형 미래농업기술개발사업'은 상위계획과 부합됨

## 라. 기존 사업과의 차별성

### (1) 정통부 IT-BT 융합기술개발사업

- 2006년부터 IT-BT 융합기술개발사업이 지원되고 있으며, IT기반 융합 부품소재 육성계획('06.5.30) 수립 심의.확정했으며 IT원천기술개발사업('06년 예산: 974억원) 및 IT 융합기술 인프라 구축('06년 예산 :45억원)을 추진 사업목적과 내용이 정보통신용 IT 융합부품 기술의 핵심·기반 기술 개발로 본 제안 사업과 차별성이 있음.
- IT 융합기술 인프라 구축 과제
  - 사업 목적 : 정보통신용 IT 융합부품 기술의 핵심·기반기술 개발을 위한 연구센터의 구축과 연구장비의 공동활용 및 기술지원
  - 지원내용
    - 정보통신용 신기술·신제품 개발을 위한 연구장비 지원
    - IT-BT-NT 융합기술 연구환경 제공 지원
    - Bio-NEMS 모듈기술 연구환경 제공 지원
    - 센서 모듈기술 연구환경 제공 지원
    - 표준 단위공정 및 모듈공정 지원
    - IT SoC 융합 표준 플랫폼 기술 및 연구 지원
    - 융합기술 DB, 공용 IP 및 교육 지원

### (2) 건교부 첨단융합건설기술개발사업

- 건설 + IT, NT, RT, ET 등을 활용한 건설 교통 분야에 융합하여 추진하는 사업으로 첨단융합건설 연구단(Complex) 운영과 건설기술관련 융합으로 본 사업과 차별성이 있음('06년 예산: 100억원)
- 첨단융합건설기술개발사업
  - 사업목적 : 건설 첨단기술 접목분야의 세계 틈새시장을 대상으로 국내 건설기술을

차별화하여 특화기술 개발 및 신규 시장 수요창출이 가능한 미래 건설기술을 집중 개발함으로써 건설기술의 고부가가치 기술로의 변환 도모

- 사업내용 :

1. 첨단융합건설연구단(Complex) 운영
  - 첨단융합기술개발을 위한 기술적, 제도적 지원체계 및 사업전략 수립
  - 첨단선도 기술군 분류 및 국내 건설 분야의 적용성 검토
  - 첨단건설기술 신규 분야에 대한 기획 및 연구 전략 수립
2. 첨단융합기술연구실(Interface) 운영
  - 연구 활동의 주체로서 개별 융합기술 분야 목표 달성을 위한 세부 연구개발 추진
  - 선정된 테마는 융합기술연구실 내에서 핵심요소기술 개발을 위해 2~3개의 세부 연구과제로 분류하여 연구 추진
  - 첨단기술과 건설기술 융합에 필요한 대표적 전문분야의 핵심요소기술 확보
  - 미래 지향적 기술수요와 첨단기술의 접목을 반영한 현실성 있는 연구테마의 선정

### (3) 산자부 신기술 융합사업

- 신산업 육성을 위한 융합 부품소재발전방안('06.5.30) 수립 심의·확정에 따라 IT기반의 융합·부품 소재 육성 목표로 추진하고 있으며 본 사업과의 차별성이 있음('06년 예산: 55억원)
- 신산업 육성을 위한 융합 부품소재발전방안
  - 사업목적 : 디지털기술이 IT, BT, NT 등과 융합되어 거대시장으로 부상하고 있는 융합 신산업 분야의 핵심 부품·소재 기술개발을 선도함으로써 세계 3위의 디지털 강국으로 진입할 수 있는 기반 구축
  - 사업내용 :
    1. 부품·소재 중핵기업 발전대책
      - 부품·소재 중핵기업을 '10년까지 300개 이상 육성토록, 사업화 금융공급 확대, 50대 핵심 소재기술 개발 등 전략적 지원강화
    2. 미래 신산업 육성을 위한 융합 부품·소재 발전방안
      - 2015년까지 원천기술 50건, 사업화 기술 100건, 융합 부품·소재 300건 개발 및 기술이전 등을 통해 다양한 미래 신산업 창출
    3. IT기반 융합 부품·소재 발전계획
      - IT기반 융합 부품·소재 육성을 위한 15대 전략분야 선정, 핵심부품·소재 기술 개발, 초기시장 창출, 사업화 촉진 전략 등 추진

#### (4) 복지부

- BT·IT 중심으로 원하는 국민 모두에게 언제, 어디서나 질 높은 보건의료서비스를 편리하고 효율적으로 제공하고 차세대 의료서비스 산업을 육성하겠다는 비전 아래 헬스케어 관련 융합부분에 사업을 추진하고 있어 본 사업과의 차별성이 있음

#### (5) 문광부

- 감성파워 코리아 추진하여 감동, 체험, 향유 지향의 문화 콘텐츠 환경 조성 등 문화 사업과 IT 기술이 융합하는 CT(Culture Technology) 기반 융합기술로 본 사업과의 차별성이 있음

#### (6) 환경부

- 환경부의 환경기술개발종합계획 IT·BT·NT·ET 중심으로 전자, 생물, 소재 등 다양한 분야의 기술이 접목된 다학제적인 특성을 나타내므로 기술의 분류범위에 따라 다양한 융합 추진중에 있으며 환경보호와 환경 기술 향상을 목표로 한 사업으로 본 사업과의 차별성이 있음
- 환경기술개발종합계획
  - 세부내용은 차세대 핵심·원천기술과 생명(BT)·나노기술(NT) 등과 환경기술(ET)을 접목한 융합기술을 집중적으로 개발하여 국민의 삶의 질을 향상시키고, 수출산업으로 육성하는 한편
  - 대기·수질·폐기물처리기술 등 실용화·상용화를 위한 23개 미래핵심기술의 개발과 고도화 추진
  - 생태계 보전·복원, 환경위해성 평가, 지구환경 보전기술 등 12개 공공기반 핵심 기술 개발 확대
  - 건설, 해양, 에너지 등 6개 환경관련 기술과의 공동개발 추진

#### (7) 과기부

- NT·BT·IT 중심으로 미래 융합기술 혁신을 통한 기술고도화 및 신시장 창출을 목표로 하고 있으며 바이오기술개발사업(바이오퓨전사업)('06년 예산: 148억원)을 추진 중에 있으나 주요 사업내용이 BT 정보관련 연구로 농산업이나 식품 분야인 그린 바이오 관련 융합기술은 전무함
- 바이오 퓨전사업

- 사업목적 : 타기술(정보기술, 나노기술, 물리화학 등)과 생명공학의 융합이라는 생명공학 발전추세를 반영하여 BT와 전통기술 및 타 첨단기술과의 융합분야 지원
  - 주요 사업내용 :
    - 시스템생물학(Systems Biology) 연구
    - 생물정보학 소프트웨어 개발 및 EST 발굴
    - SNP 등 생물정보연구
- 2006년 현재 진행되고 있는 과기부 산하 나노 관련 연구는 나노소자, 나노메카트로닉스, 나노의료용소재, 나노기초원천기술개발 등으로 Red BT(의료의약분야)와 White BT(화학, 재료공학분야)에 관련된 110과제가 수행중이며 Green BT(농산업/식품/자연환경/천연소재 분야) 관련 융합기술 연구는 전무함.

#### (8) 농림수산식품부 농림기술개발사업

- 농림기술개발사업은 현장에서 필요로 하는 단기소규모(과제당 연간 7천만원 수준)·실용화기술과제('06년 650여개) 지원 사업으로서, 융합기술 관련 과제는 거의 없음
- 농림 분야 투자는 13년간('94~'06) 5,556억 원으로 정부 총투자 4조 3천억 원의 13% 수준임
  - '06년에는 정부총투자 8,021억원 중 농림 분야는 1,166억원 투입
  - 농림기술개발사업(69억원)
  - 농업생물자원기술개발사업(260억원)
  - 바이오그린 21사업(349억원)
  - 바이오신약생산연구사업(32억원) 등
- 현재까지 진행되었던 농림분야 관련 사업에서 BT-NT-IT 융합기술 관련 연구과제는 농림기술개발사업 1건(2002년), 바이오그린 21사업 2건(2003년, 2005년)이며 현재 진행 중인 BT-NT-IT 융합기술 연구는 없음.
- 농림수산식품부의 '기술융합형 미래농업기술개발사업'은 범 부처 차원에서 중기계획에 의거 농림수산식품부에서 종합적이고 체계적으로 수립하여 시행하고자 하는 융합기술개발사업으로 원천기술 개발보다는 기 개발된 타 부처의 원천기술을 농산업의 생산, 가공, 유통 분야에 적용하여 농산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있는 고부가가치의 실용화, 상품화, 산업화 기술을 주로 개발함
- 농림수산식품부의 기술융합형 미래농업기술개발 연구는 타부처에서 기개발된 원천기술을 농·축산물, 식품, 작물, 가축, 재배토양, 농업용수, 천연자원 등의 농산업 대상

에 적용하여 고부가가치를 창출하는 현장 적용기술 개발임

- 적용대상이 농산물이기 때문에 기술개발 접근 방법의 차별성이 뚜렷함
  - 예를 들어 콩, 돼지, 소고기 등의 특성을 잘 알아야 정확한 연구 접근 방법 도출가능

#### (9) 농촌진흥청

- 현재까지 진행되었던 농업분야 관련 사업에서 BT-NT 융합기술 관련 연구과제는 농업생명공학기술 개발 사업(3건), 축산연구(1건), 바이오그린21(1건), 농업공학연구(1건)에 투자 규모는 10억원 규모임
- BT-IT 융합기술 관련 연구과제는 농업생명공학정보시스템 구축 사업에 8억원 규모가 투자되었으며 주로 벼와 배추의 유전체 관련 정보를 DB化 하였음
- 기타 융합기술 관련 연구과제로 농작업 자동화·로봇화에 관한 연구로 BT 기술보다는 IT와 제어·기계공학 기술에 의한 농작업의 자동화와 로봇화로 BT기술 기반의 농림융합기술과는 차별됨
- 융합기술 사업의 특성 상 기술개발과 사업화에 대규모 투자와 장기간 소요가 필요한 사업임에도 불구하고, 농업진흥청의 융합기술 연구과제들은 단기간의 소규모 투자에 의한 단위 융합기술 개발이 주류를 이룸
  - 소요연구기간이 평균 2년 미만으로 농업생명공학정보시스템 구축 사업(8억원) 제외 시 사업 규모도 평균 2억원임
- 과제 연구결과로 논문, 특허, 기술료 사업화, 인력 양성 등의 연구 성과가 전무 함.
  - 소규모의 단위기술 개발로는 사업화 등의 가시적인 성과를 조기에 창출하기 어려움

#### (10) 산림청

- 산림청의 연구과제 중 융합기술 관련 과제는 전무한 상태임

마. 역량분석

(1) 농산업 융합기술 분야의 SWOT 분석

<표 6-1> 농산업 융합기술 분야 SWOT 분석

Strength(강점)	Weakness(약점)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 BT 기술(줄기세포, 발효 등)의 급속 성장</li> <li>○ 세계적인 IT 기술력을 바탕으로 타사업과의 연계를 통한 경쟁우위 잠재력 보유</li> <li>○ 바이오연관 기초분야의 전문인력 및 연구인력 풍부</li> <li>○ 바이오 후보물질 기술수출 사례 확대</li> <li>○ 농림바이오분야 특허출원의 획기적 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기초과학 및 기반기술 수준 낮음</li> <li>○ 선진국 수준의 인프라 취약</li> <li>○ 농림바이오분야에 대한 투자우선순위(기대수준)가 낮음</li> <li>○ 입체적 기술분석 및 평가 전문가 부족</li> <li>○ 산학연 공동연구체계의 유기적 및 종합적 지원체계 미비</li> <li>○ BT-NT-IT 융합기술 관련 연구인력 부족</li> </ul>
Opportunity(기회)	Threat(위기)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 범국가적 BT관심 및 국민 수용성 증대</li> <li>○ 건강·기능성·친환경·고품질식품에 대한 관심 고조</li> <li>○ 시장·소비자 기호 다양화 및 신상품수요 증대</li> <li>○ 정부 및 지방자치단체의 산업 육성 의지 높음</li> <li>○ 새로운 BT-NT-IT 융합기술을 바탕으로 하는 블루오션 산업 창출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국, 영국 등 선진국의 BT 집중투자 확대</li> <li>○ 인도, 중국 등 대비 가격경쟁력 취약</li> <li>○ 다국적 기업의 국내시장 진출 및 장악 확대</li> <li>○ 주요 핵심기술의 외국독점 및 관련 장비·SW 수입 의존도가 높음</li> <li>○ 타 부처의 유사분야에 대한 기투자 선점에 따른 정체성 확보 곤란</li> <li>○ WTO, DDA, FTA 체결 등에 의한 농산물 시장 개방에 따른 원료 농수산물 및 가공품의 제품가격 경쟁력 약화</li> </ul>

(2) 농산업 융합기술 분야 국내외 기술력 비교

○ 기술융합형 미래농업기술개발사업과 관련된 연구개발 분야의 국내 기술력을 비교하면 50% 내외 수준

<표 6-2> 농산업 융합기술 국내외 기술 개발 현황 및 기술력 비교

기술 분류 (중분류)	국외 기술 현황	국내 개발 현황	최고기술 국가 대비수준
작물생산 기술	·주요연구: 고품질다수확 품종 개발, GMO 유전자 개발, 종자 개발을 위한 성장 촉진제 개발 등 ·산업화: 성장기, GMO 식량의 산업화 및 수출	·주요연구: 식물 조직배양, 작물 유전체 연구, 등 ·산업화: 도입기. 바이오 나노 기술에 대한 이해 부족으로 미미함	60
농·축산물생 산, 가공, 유통	·주요연구: 농산물 생산, 가공 및 유통경로추적 시스템, 농산물 유통과정 효율화를 위한 나노 시스템 개발, 생체 주입형 육질 평가 시스템개발 등 ·산업화: 도입, 성장기	·주요연구: 농산물 DNA 바코드 기술, 포장기술, RF-ID이용 가축 우량종 관리 기술 등 ·산업화: 도입기. 대기업형 목장을 중심으로 시도되고 있으나 한정적임	50
고기능성 식품	·주요연구: 다양한 영양 전달 시스템 개발, 고효율 흡수를 위한 제형화, 우주식량 개발 등 ·산업화: 성장기	·주요연구: 나노 분쇄기술 개발, 바이오나노 식품화를 위한 나노 소재화 연구 등 ·산업화: 도입기. 일부 기반기술 개발단계	65
바이오검측 및 평가 기술	·주요연구: 식품관련 질병조기 발견 및 자체 통제 가능한 제어시스템 개발, Microfluidics, BioMEMS, 바이오분석, 나노표면제어 등 ·산업화: 성장기. DNA칩에 대한 기술력 확보	·주요연구: Lab on a chip, 바이오칩의 개발 연구 활발, 바이오활성 평가, 환경오염 측정용 센서기술 등. ·산업화: 도입기. 농산업 분야에 대한 연구는 미미함	55
농업환경 기술	·주요연구: 나노바이오 리액터 및 나노필터 개발, 폐기물 처리를 위한 바이오공정 개발, 나노 계측 시스템과 연계 기술 등 ·산업화: 도입기, 성장기	·주요연구: 토양 오염 평가, 미생물 농약 개발, 수질 오염 평가 등 ·산업화: 도입기, 미생물 농약을 제외한 산업화 실적 미미함	45
농산업 나노소재 기술	·주요연구: 지능형 전달시스템 소재, 식품바이오나노구조화 소재, 농산물 추출 소재의 의료 소재화, 농산물 유래 플라스틱의 산업화 연구 ·산업화: 성장기. 2010년까지 30% 대체 플라스틱 산업화 목표	·주요연구: 농약의 바이오나노 제재화, 천연추출물의 바이오나노 소재화, 농산물 유래 소재의 나노 화장품화, 백신개발용 나노소재 등 ·산업화: 도입기. 상용화 예가 있으나 한정적임	45
안전성, 영향 평가 및 표준화	·주요연구: 나노구조의 독성연구, 나노제품 평가 기술, 나노기술의 표준화 ·개발단계: 많은 국가들이 자국에 유리한 나노 기술 표준을 전세계적으로 적용하기위한 노력을 기울이고 있음. 예를들어 일본은 나노유리 등 자국 주력산업분야 관련 나노기술에 대한 표준화 작업 진행 중	·주요연구: 나노구조의 독성연구, 바이오나노제품 평가 기술, 나노기술의 표준화 등 ·개발단계: 식약청, 기술 표준원등에서 나노기술 표준화를 위한 작업 진행중.	45



## 바. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

### (1) 농산업 분야에 기술융합 R&D지원의 부족에 의한 기술낙후

- 지금까지 융합기술과 관련하여 농산업 분야에 대한 정부지원이 거의 전무하여 이 분야 기술수준이 상대적으로 낙후되어 있음
- 기술융합 연구는 의료 분야에 활발한 지원이 이루어지고 있어 국내 융합기술의 발전을 주도해 왔음. 농산업 분야는 의료분야와 비교하여 인체를 다루지 않기 때문에 오히려 쉽게 접근할 수 있으며, 조기에 가시적인 결과가 나올 수 있음.

### (2) 융합기술의 역기능

- IT, BT, NT 융합에 따른 종교적, 도덕적, 윤리적 문제에 대한 대응방안을 시민단체, 종교단체 등과의 긴밀한 협의를 통해 수립해야 함. 개인정보보호를 위한 신뢰성 높은 인프라 구축 및 정보보호기술 개발과 계층간, 세대간, 국가간 격차 심화를 완화시킬 수 있는 방안의 마련이 필요함. 사이버 테러, 생물전, 범죄악용 등에 대한 국제적 공조체제를 수립해야 함(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략, 2006)
- 국제적으로 일부 NGO(ETC group 등)에 의해 제기되고 있는 나노기술의 부정적 평가로 인해 융합기술의 편익에 대해 과소평가되거나 부정될 우려가 있음
  - 나노소재가 인체나 환경에 미치는 영향이 있을 수 있음
  - 인체나 환경에 영향을 미칠 수 있는 바이오나노소재 관련기술은 사업에서 배제

### (3) 관련 법, 제도상의 문제

- 특허출원, 지적재산권 보호를 위한 법체계 구축, 제도개선을 통한 신기술 융합 기반의 마련이 요구되며, 긴급사태 발생 시 신속한 대응을 위해 관련제도의 개선을 추진해야 함. 또한 틀을 융합 시대에 맞게 바뀌어야 하는데, IT-BT-NT 융합기술을 성장동력으로 키우기 위해서는 '유비쿼터스 환경'에 맞춰 규제의 틀을 완전히 바뀌어야 함. 또 신기술의 심사체제와 관련 법규의 정비 등 제도적 인프라 마련에도 적극적으로 나서야 함.(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략, 2006)
- 과학기술관계장관회의(2006. 4)를 통해 범 부처별 융합기술종합발전계획 수립을 결정한 바에 의거 농림수산식품부 차원에서 본 사업계획을 수립하고 있어 관련 법, 제도상의 문제는 없음

#### (4) 재원조달 문제

- 본 사업은 신규 사업에 해당하여 국가과학기술개발사업의 종합적 판단에 의거 추진되어야 하나 사업 중복성에 해당되지 않으며 사업의 시급성이 요구되므로 정부 지원 사업으로 추진된다면 재원조달 문제는 없을 것으로 판단됨

#### (5) 민간기업의 참여확대

- 민간 기업들은 융합기술에 대한 관심은 매우 크나 기술의 난이성과 투자의 장기성으로 투자하는 거의 없는 편이고, 융합기술 개발을 담당할 전문 인력과 양성기관이 부족하여 앞으로의 기술개발에 어려움이 예상됨(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략,2006)
- 융합기술 개발에 기반한 신산업 육성을 위해서는 먼저 정부 측에서 연구개발 예산의 확대와 자금지원, 종합적인 융합기술개발전략의 수립이 필요함

## 2. 농림융합기술 개발을 통한 사업 성공사례 및 시사점

### 가. 농림바이오 소자

#### (1) 서린바이오

- 각종 농,축산물의 품종 및 원산지를 파악 할 수 있는 유전자 검출 키트인 UniPrimer Kit를 생산함
- 질병을 일으키는 여러 병원균 및 미생물을 유전자 검출 방법으로 측정 할 수 있는 DNA 검출 Kit 2종류를 생산함
- 세계적인 DNA-Chip 전문기업인 미국의 Affimatrix 사와 제휴하여 DNA-Chip 을 이용한 질병 유전자 마커와 관련한 연구용역, 분석서비스 및 이와 관련된 교육사업도 진행하고 있음

## 나. 농림나노공정 및 나노소재

### (1) 하나바이오텍(주)

- 버섯으로부터 인체흡수가 용이하게 5미크론(5/1000nm) 크기로 입자를 초미세화하여 기능성 식품 및 고가의 의약품 및 화장품을 생산하여 일부제품(나노베타 CS-1)은 전량 미국으로 수출하고 있으며 일본에서는 한류 열풍을 타고 인기리에 판매되고 있음
- 약용버섯의 기능성 천연물소재의 개발
  - 꽃송이, 잎새, 상항, 노루궁뎅이 등의 유효물질 수용성 나노추출 기술 연구
- 버섯추출물을 이용한 기능성 제품 개발
  - 유효추출물의 식품, 화장품, 의약품 등 기능성 제품화 연구

## 다. 나노식품

### (1) BASF

- 당근과 토마토에 풍부한 오렌지 색깔을 띠는 카로티노이드라는 식품첨가물의 나노 버전의 제품을 개발하였음. 카로티노이드는 기능적으로는 항산화기능을 갖고 있고, 몸에 들어가면 비타민 A로 전환됨. BASF에서 개발한 나노 버전의 합성 카로티노이드는 그 용도가 레몬에이드, 과일 주스, 마가린 등의 첨가물로 사용될 수 있고, 나노 규모로 개발된 이 제품은 몸속에 들어가서 체내 흡수가 잘되며 체내에서의 잔류 수명이 길어진 것 등이 특징임

### (2) Nestle

- 마가린, 아이스크림, 버터 등 콜로이드 상에 사용되는 영양전달캡슐 개발

### (3) LNK Chemsolutions

- 식품분자의 향미와 향기를 유지하는 나노폴리머 캡슐 개발

## 제7장 농림융합기술개발 투자방향 및 목표

### 1. 농림융합기술 개발 투자 방향

#### 가. 첨단 농림융합기술 개발

- BT, IT, NT 등 최근 급속히 발전하는 첨단 기술간의 결합으로 기존 농업기술 개발의 한계를 극복하고 새로운 기술 분야를 창출할 수 있음
- 농업과 BT 및 IT 기술 활용은 genome 및 post genome 연구와 분자생물학 및 생리, 생화학 연구의 연계를 통해 생물기능의 메커니즘을 규명하고 단백질 구조-기능관계의 규명함으로써 농업의 생산성을 제고하고 친환경 고부가가치 산업의 기반을 제공 함
- 농업과 나노기술 또는 NT와 BT 융합기술 활용은 다기능성 농업 소재, 신소재·소재시스템의 나노공정, 친환경 나노 물질 및 자재 개발, 나노전달 시스템으로 응용범위가 과학기술 전체로 확대할 수 있음

#### 나. 융합기술을 통한 미래형 고부가가치산업 육성

- 융합기술을 이용한 친환경, 고효율성 지능형 생산체계 확립
  - 동식물 생체변화 모니터링용 실시간 센서 및 식물체 성장·생리·조절용 기계 개발
  - 천연자원의 산업화 및 식품 소재화를 위한 바이오-나노체 개발
- 융합기술을 활용한 고부가가치 신제품·신소재 개발
  - 나노캡슐 식품소재, 나노 친환경 비료·농약, 생분해성 필름 등
- 고품질 안전 농산물 생산이력관리 및 유통 시스템 개발
  - 유해 물질 검출 및 진단 시스템 개발
  - DNA 패턴을 이용한 농축산물 이력 관리 추적 시스템 개발

#### 다. 농림융합기술의 실용화, 상품화, 사업화

- 농산업의 생산, 가공 및 유통 현장에서 유용하게 적용할 수 있는 현장중심의 기술을 개발함

- 가축이나 유용작물의 사육, 재배 기간 동안 기능성, 유용성, 품질 등을 생체 주입형 또는 부착형 나노센싱 장치를 통해 무선통신으로 자료를 처리하는 개체관리 또는 생산이력관리 등
  - 농·축산물은 공산품과 달리 개체마다 품질과 특성이 다르기 때문에 생산, 가공 및 유통현장에서의 고부가가치 창출을 위한 개체관리(IT)가 가능한 바이오나노 융합기술형 현장 적용 기술개발 등
- 실험실 단위에서 이루어지는 검출, 검사, 계측이 아닌 농산업 현장에서 적용 가능한 휴대용 검출 및 센싱 장치를 개발함.
- 현재 국내 가축 도축장에서 국민 건강위해요소인 잔류항생제, 중금속, 잔류 성장촉진 호르몬 등의 검사는 의심스러운 경우에 한해 몇 마리의 샘플 검사를 실험실에서 실시하는 현실이므로 가축개체별 현장 검사 등
  - 육류의 유통단계에서 신선도, 오염도 등을 유통 현장에서 직접 측정 확인
  - 수입되는 농·축산물의 국민 건강 저해 요소(다이옥신, 잔류 항생제 등)를 검사하기 위해 일부의 샘플검사를 수행하지만 나노 융합기술을 이용한 나노센싱이 가능한 휴대용 검사 장치가 개발된다면 실시간으로 전수 검사 등

## 2. 농림융합기술 개발과제 선정

- 농림융합기술 개발과제는 크게 BT와 IT 기술이 결합한 농림바이오융합 기술과제와 BT와 NT 기술이 결합한 농림나노 융합 기술로 구분하여 선정하였음

### 가. 농림바이오융합 기술 과제

- 농림바이오융합기술은 <표 2-7>과 같이 BT·IT 융합기술의 일반분류 중에서 농림 분야에 활용성이 높은 바이오 전자소자, 바이오 인포매틱스, 바이오 휴먼 인터페이스별로 국내외 기술동향과 시장전망을 참조하여 기술과제들을 도출함

#### (1) 바이오 전자소자(바이오칩/바이오센서)

##### ㉔ 중요성

- 정제 및 진단을 칩속에 집적한 휴대용 진단 기기를 활용하여 현장에서 질병 진단, 치료, 제어, 모니터링에 획기적인 기술변화 가능
- BT·IT 융합기술 분야 중 가장 시장 규모가 크고 그 기술의 활용 영역이 광범위 함

#### ㉞ 응용분야

- 농산품 및 식품의 안정성 검사
- 동식물 질병 진단
- 육류/농산물 품질관리
- 생물공정 계측 및 제어
- 생물생산 시스템

#### ㉞ 기술과제

- 식품안전 바이오 센서 개발
  - 농산품/식품의 안정성 고속 측정 시스템 : 농산품 및 식품에 대한 안정성 검사를 쉽고 간편하게 검사할 수 있는 센서 및 키트 장비 개발
  - 농산품/식품의 안정성 모니터링 시스템 : 농산품 및 식품에 생산, 운반, 유통과정에서의 품질관리 및 안정성에 대한 관리 시스템 개발
  - 한우 육량·육질 조기선발용 DNA Kit 산업화 기술 개발 : 한우 유전체 정보를 활용한 육질관련 DNA chip 및 산업화 시스템 개발
- 환경바이오 센서 개발
  - 농축산 감염성 질환 검사 키트 및 시스템 : 농축산물의 감염성 질환에 대한 검사 키트 및 시스템 개발
  - 농축산 감염성 인자 모니터링 시스템 : 바이러스나 미생물 병원체 등 농축산물의 감염성 인자에 대한 모니터링 시스템 개발

#### (2) 바이오 인포매틱스

#### ㉞ 중요성

- 대량의 생물관련 데이터의 수집 및 저장 서열·구조·기능 분석 및 마이닝을 통해 새로운 공정 및 제품의 개발/개선이 가능함

#### ㉞ 응용분야

- 농축산물의 유전자나 단백질에 대한 데이터베이스 구축 및 정보 활용분석을 통한 생산성 및 품질향상

#### ㉔ 기술과제

- DNA database 구축 및 정보 활용을 통한 농축산물 원산지 검증기술 개발
  - 특정 농축산물에 대한 DNA 정보를 데이터베이스화 하여 원산지에 대한 검증 할 수 있는 시스템 개발
- 국가 식품 계통 프로젝트
  - 주요 농수산물에 대한 유전자 분석 및 데이터베이스 구축

#### (3) 바이오 휴먼 인터페이스

#### ㉕ 중요성

- 농수산 현장에서 바이오 및 생체 정보를 처리, 분석, 인식을 위해서는 기기와의 인터페이스 기술이 필수적임

#### ㉖ 응용분야

- 휴대용 컴퓨터 및 웨어러블 초소형 PC를 통해 농산물 생산이력 정보 및 농작업 정보 입력 및 농작업에 활용

#### ㉔ 기술과제

- 농작업용 휴대용 컴퓨터 또는 웨어러블 초소형 PC 개발
  - 농작업중에도 컴퓨터·인터넷의 상시이용이 가능한 휴대용 컴퓨터(착용식 초소형 PC)를 이용한 생산이력정보의 자동입력체계 및 농약의 사용여부, 병충해대책 등에 관한 항법체계
- 농작업용 로봇 개발
  - 농작물의 품질과 숙성도에 따른 선택적 수확 및 자동선별하는 작업용 로봇

#### 나. 농림나노융합 기술 과제

- 농림 분야에서 나노 응용기술은 아직 체계적으로 분류되어 있지 않으나 향후 유망한 농림나노융합기술 분야인 농업나노소재, 농업나노공정, 농업나노계측 관련 중심으로 국내외 기술동향과 시장전망을 참조하여 기술과제들을 도출함

## (1) 농림나노소재

### ㉞ 중요성

- 입자크기 때문에 일어나는 특성의 변화와 작은 단위의 규모에서 새로이 창출되는 응용성으로 인하여 나노소재에 관한 관심도가 공학, 의학, 생물공학 등에서 매우 증대하고 있음

### ㉞ 응용분야

- 기존 식품소재의 새로운 기능성 발굴 및 나노캡슐 응용을 통한 나노 기능성 식품소재를 발굴할 수 있음
- 나노기술을 응용한 고효율 및 친환경적인 비료 및 농약 개발
- 친환경적 다기능의 나노식품 포장 소재 개발
- 의료용 나노소재 탐색을 위한 농림기술 개발
- 농업자동화 및 기업형 농업화를 위한 나노 부품소재 개발
- 식품원료 및 가축품종추적검사용 마이크로어레이제작을 위한 소재 개발
- 식품의 기능성 평가용 나노소재 개발

### ㉞ 기술과제

- 지능형 병충해 방제시스템을 위한 바이오 나노소재개발
  - 비료와 농약의 나노기술응용은 나노캡슐화 기술 도입 또는 버키볼 암모니아 같은 나노구조물의 도입을 통해 고효율의 비료와 농약을 통해 사용량을 절감하여 보다 친환경적인 병충해 방제 시스템을 개발 할 수 있음
- 농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술
  - 식품의 포장소재에 나노기술을 접목하여 식품의 맛과 보존기간을 연장함



## (2) 농업나노공정

### ㉞ 중요성

- 식품 및 화장품 소재에 사용되는 비타민, 미네랄 등 기타 고기능성 물질들을 산소 차단성이 좋은 생물고분자로 코팅하여 나노크기로 제조하게 되면 체내 이용률의 극대화 및 기능성을 오래 유지할 수 있어 상품의 유통기한을 연장할 수 있는 특징으로 인해 기능성 식품 및 고가품의 화장품 원료로 사용되고 있으며, 이들 물질의 가격은 일반 크기의 물질에 비하여 500~1000 배 정도의 고가로 미국, 일본, 유럽 등 여러 선진국에서 산소에 안전한 나노사이즈의 고기능성 물질 생산에 막대한 연구비를 투자하고 있음.

### ㉞ 응용분야

- 일정한 특성을 갖고 있는 기능성 식품소재의 제조 가능함
- 기능성 식품 및 고가품의 화장품의 원료로 활용

### ㉞ 기술과제

- 식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노 생산가공기술
  - 식품 및 화장품 소재에 사용되는 천연 자원물들을 생물분자로 코팅하고 캡슐화 하여 기능성을 극대화하여 고부가가치제품을 생산함

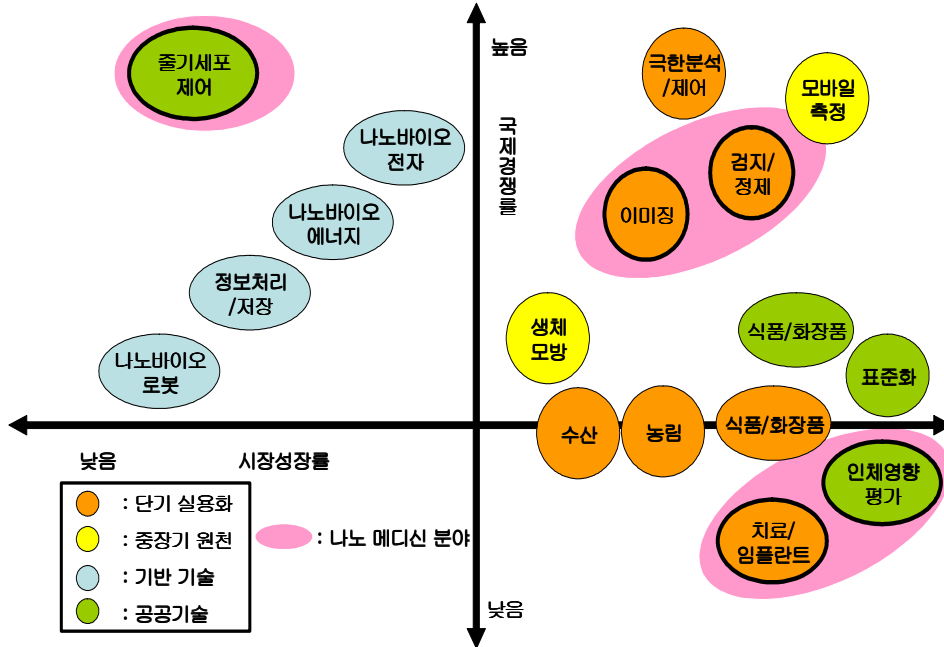
## (3) 농업나노계측

### ㉞ 중요성

- <그림 7-1>에 표시한 한국의 나노바이오 기술 분야의 전망에 분석한 바와 같이 의료분야의 나노바이오분야나 극한 분석과 제어 기술 수준은 선진국과 비교하여 경쟁력을 갖춘 것으로 분석되므로 거의 동일한 기술이 적용되는 “농업나노계측” 기술개발은 수산, 농업, 식품 등의 산업에 경쟁력을 갖춘 나노분석 및 제어 기술을 적용하는 구체적인 적용 기술개발에 대한 집중투자를 통해 단시일 내에 기술 경쟁력을 갖추고 기술 투자에 대한 성과를 거둘 수 있을 것으로 예측됨

<그림 7-1> 한국의 나노바이오 기술 분야의 전망

### 국내 나노바이오 기술 분야의 전망



(자료: 미래수요 창출형 농림기술개발 전략연구, 농림기술관리센터, 2006)

#### ㉔ 응용분야

##### ○ 축산 및 수산분야

- 생산, 유통, 안정성 평가, rapid traceability를 대비한 신속성(예시: 조류독감 등), 축산 동물의 질병 진단 및 치료(예: 우결핵, 돼지 흉막 폐렴), 고품종 축산을 위한 유전자 검출 기술 개발, 동식물을 위한 신약개발을 위한 multi-array형 high throughput screening 기술, 질병 진단 및 monitoring, 고감도 검출 센서, 전염병, 병원균의 존재 여부 판독 장치 등임

##### ○ 농업분야

- 신제품 개발을 위한 multi-array형 high throughput screening 기술, 식물의 질병 조기 진단, 환경 친화적 (environmentally friend farming, sustainable agriculture, precision farming) 등을 위한 monitoring & control system, 무인 방제, 원격 제어, 원격 농경구축을 위한 센서 네트워크 시스템 등임

##### ○ 식품

- 식품 식품안전 monitoring, 소비자 관독을 위한 식품 안전 표시소자, 독성물질 검출, 유통 경로 추적, 안정성 평가, 기능성 신소재 물질의 추출 및 분석 등임

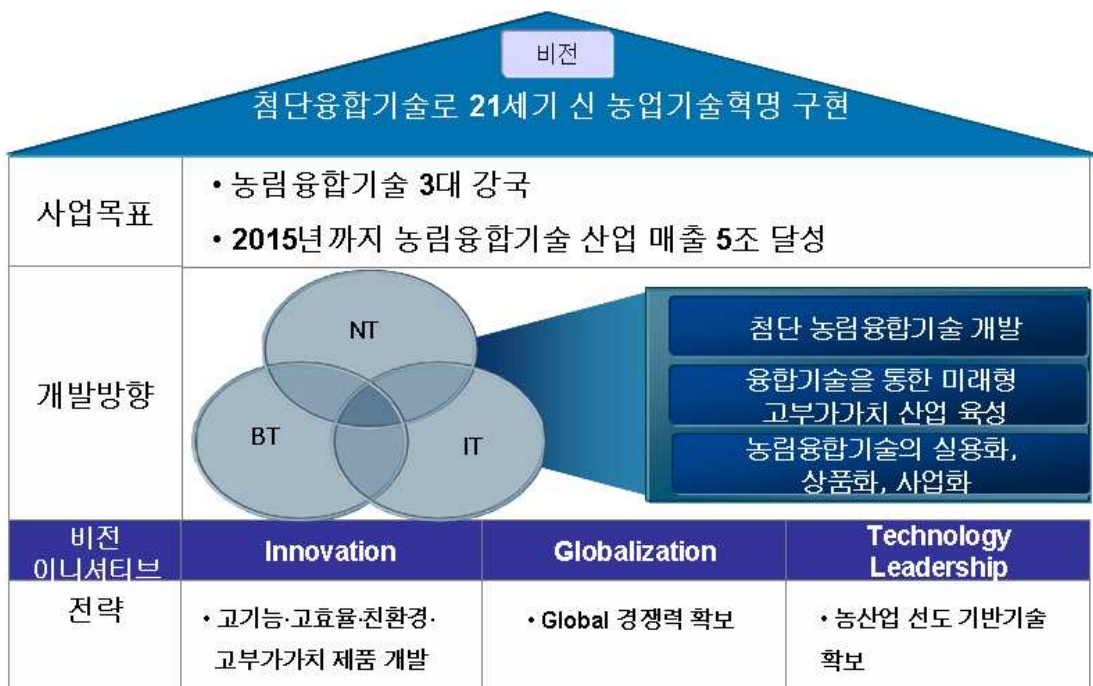
㊤ 기술과제

- 고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술
  - 나노기술을 활용하여 고기능성 친환경의 나노농업소재를 개발하는 기술
- 농·축산물의 식품의 안정성 평가 융합기술
  - 나노바이오 센싱 기술을 활용하여 농·축산물의 검역 및 유해물질 안정성 검사를 휴대용으로 전수검사를 할 수 있는 기술
- 가축 및 작물의 병행 진단 및 관리용 시스템 개발
  - 가축 및 작물의 건강의 개별적으로 관리하고 모니터링 하는 시스템 개발

3. 농림융합기술 개발사업의 목표 및 내용

가. 사업의 비전과 목표

<그림 7-2> 농림융합기술 사업 비전과 목표



### (1) 고기능·고효율·친환경·고부가가치 제품 개발

- 농림융합기술 개발 목표는 농업 개방화 시대에 첨단 융합기술 활용을 통하여 고기능, 고효율, 친환경, 고부가가치의 농산업 창출하거나 기 개발된 기술의 한계를 Breakthrough하여 농업의 국제적 경쟁력을 확보하고 미래의 신 성장 동력을 마련하기 위함
- 바이오기술에 NT, IT 등 타 분야기술을 효율적으로 접목하여, 신개념 농산업 선도기반기술을 개발하며, 이를 통하여 미래 고부가가치 신제품을 창출
- 바이오기술(BT)에 나노기술(NT), 정보기술(IT) 등을 접목하여 농산업의 연구 개발능력을 선진국화하고 전문 인력을 양성하여 미래농산업 분야의 교육, 연구 담당과 산업현장에서의 고부가가치 신제품을 창출하는데 기여하고자 함

### (2) Global 경쟁력 확보

- BT-NT-IT 융합기술 중 향후 10년 이내에 산업화될 가능성이 높은 품목과 관련된 국제기술 경쟁력 확보
  - 농축산업 현장 진단용 나노 바이오칩
  - 환경 유해물질 측정용 나노 바이오센서
  - 나노재료기반 병충해 방제 농약
  - 특수 목적용 기능성 나노식품
  - 농수산물/식품의 안전성 모니터링을 위한 나노센서
  - IT 기술을 이용한 가축 및 작물의 원격 진단 기술

### (3) 농산업 선도 기반기술 확보

- 지속가능한 기술 융합형 미래 선도 농산업 실용화, 상품화, 사업화 기술 개발
  - BT+NT+IT 융합 기반기술은 농산업을 포함한 국가의 新 성장 동력 모델임
  - IT, BT, NT 등의 첨단 융합기술을 전통 농산업에 혁신적으로 적용할 수 있는 구현 기술(Enabling technology)의 개발
  - 소비패턴의 다양화·고급화, 식품안전 등에 대한 소비자의 관심 증가로 전통적인 농업기술로서는 해결할 수 없는 한계 극복
- BT-NT-IT 융합기술 중 향후 15년 이내 산업화될 가능성이 높은 품목과 관련된 기반 기술 확보
  - 가축 및 작물의 질병 관리와 품질 평가용 in vivo 나노 바이오 센서 개발

- 바이오 보안에 이용할 수 있는 바이오 센서 개발
- 가축 및 작물의 질병 치료를 위한 나노약물전달소재
- 유틸리티 식품 생산·유통 관리 시스템 구축
- 고전염성 인수 질병 (조류 독감, 광우병 등) 예측 시스템 구축
- 지능형 수송시스템을 위한 나노 디바이스 개발
- 수입 농산물 및 식품의 실시간 현장 전수 검사용 나노바이오센싱 기술 구축

(4) 이와 같은 목표 달성을 위해 ‘기술융합형 미래농업기술개발 사업’은 다음과 같은 총 3단계(2008-2009, 2010-2012, 2013-2017)로 구성되어 추진함

<표 7-1> 주요 단계별 추진 목표

구분	융합기 (2009 ~ 2011)	실용화상품화기 (2012 ~ 2013)
주요목표	융합기술개발사업의 활성화 및 신기술 연구사업의 활성화	융합기술개발사업의 성장 기술의 실현 및 고도화

#### 나. 개발 내용

- 사업기간 : ( 2009 )년 ~ ( 2013 )년
- 총사업비 : 400억원('07년까지 기투자액 : - 억원)
- 지원형태 : 국고보조
- 지원조건 : 국고 80%(민간 20%)
- 사업시행주체 : 농림수산식품부
- 사업관리기관 : 농림기술관리센터(ARPC)
- 사업의 세부 내용과 범위

<표 7-2> 농림융합기술 사업 내용 및 사업 목표

연구 내용	연구 세부 내용 및 범위	최종 사업 목표
○고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합 기술	- 유용 작물의 고효율 조직배양 제어 기술 개발	실용화
	- 작물 기능성 평가용 나노 바이오 센싱 장치 개발	상품화
	- 농산물 이력관리 DNA 바이오 바코드 IT 기술 개발	상품화 사업화
	- 생체 주입형 축산물 육질 평가 시스템 개발	상품화
○식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 바이오나노생산가공기술	- 식품소재의 미세 분극을 통한 식품 기능성의 향상 기술 개발	실용화
	- 식품 기능성 유용 물질의 체내 전달 조절을 위한 나노 가공 및 나노 캡슐화 기술	상품화
	- 식품나노 가공과 캡슐화를 이용한 미래형 우주식품 개발	상품화 사업화
	- 천연자원의 나노 입자화 및 劑形화를 통한 기능성 식품 소재화 기술	사업화
○농·축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	- 농축산물 안전성 관련 특정 유무기물 나노센싱 디바이스 개발	실용화
	- 극미량 단위 잔류 중금속 검출의 현장검출용 기술 개발	실용화
	- 축산물의 미세 잔류 환경 호르몬 검출용 휴대용 디바이스 개발	상품화
	- 잔류 위해 물질의 모니터링을 위한 바이오센싱 기술	상품화 사업화
○가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 융합 시스템 개발	- 가축질병 스크리닝용 디지털 나노 바이오칩 개발	실용화
	- 가축 사육관리 모니터링을 위한 현장적용형 나노 디바이스 개발	상품화
	- 작물 병원균 검출용 나노 DNA칩 개발	실용화 상품화
○지능형 작물 병해충 防除 시스템을 위한 나노소재 개발	- 작물 살충제와 제초제의 徐防性 나노 劑形화 기술 개발	실용화
	- 표적지향성 지능형 방제제의 나노 劑形화 기술 개발	실용화
	- 선택적 병해충 방제시스템 개발	상품화 사업화
	- 미생물 농약의 나노 캡슐화를 통한 고효율화 기술 개발	상품화 사업화
○농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 바이오나노 융합기술	- 과실 병충해 방지용 나노기공 포장재 개발	상품화
	- 신선도와 저장성 향상을 위한 나노 코팅 기술 개발	실용화
	- 가축과 작물에서 추출한 동·식물성 생분해 합성 포장재 개발	상품화 사업화
○농업 환경 오염의 측정 및 제어를 위한 나노 융합기술	- 장기간 안전한 유통을 위한 특정 유무기물의 선택적 출입이 가능한 바이오나노 필름 개발	상품화
	- 나노에멀션 이용 친환경 고효율 비료·농약 개발	상품화 사업화
	- 작물재배 토양 오염의 현장 측정용 바이오칩 개발	상품화
	- 친환경 농산폐기물 처리를 위한 나노바이오 공정 개발	실용화
- 축산악취 제거용 고효율 나노 바이오필터 개발	상품화 사업화	

## 다. 특기사항

- 생명현상, 자연환경, 농업기자재 등 여러 가지 요인들이 복합적으로 연계되어 있는 농산업의 특성상 기술융합형 미래기술은 어떤 분야보다도 농업 분야에서 가장 실용화에 적합한 사업 분야이며, 동시에 새로운 부가가치 창출을 모색하고 있는 농생명 산업분야에서 가장 절실히 요구되는 사업분야임.
  - ※ BT와 NT·IT의 응용이 가장 빠르게 구체화될 분야로 “농업·식품분야”로 분석 (ARPC, 2006, 한국식품연구원, 2006)
- 농·축산물 생산 및 가공에 관련된 기술은 재배토양, 작물 및 동물 생리, 사육 및 재배 환경, 물리·화학·광학적·전기적 특성, 수확후 숙성 기작, 가공 특성 등의 관련 지식이 기초가 되어야 기 개발된 원천기술의 실용화 적용 연구가 가능함
- 공산품과 달리 농·축산물은 재배 및 사육 과정에서 개체마다의 특성이 다르고 다양한 생물학적 변이가 일어나기 때문에 생산, 재배, 가공, 유통 과정에서 고부가가치 창출을 위해서는 효율적인 개체관리가 필요함
- FTA로 인하여 미래의 농업분야는 저가의 농업원료의 수입으로 인하여 아직까지 기업형의 농업이 이루어지고 있지 못한 국내 농업의 현실을 감안하면, 고부가가치가 있으며, 고도의 기술력을 요구하는 나노기술을 접목하는 기업형의 농업기술이야말로 미래 수요 창출이 이루어지는 현재의 농업분야에서 당면한 문제를 해결하는 대안이 될 것임.
  - ‘기술융합형 미래농업기술개발사업’은 바이오 나노 기반기술을 농산업의 생산, 가공, 유통 분야에 적용하여 농산업의 국제경쟁력을 제고할 수 있는 고부가가치의 실용화, 상품화, 산업화 기술을 주로 개발함

### (1) 나노소재

- 중단기적인 나노소재의 개발 방향은 기존의 농산물, 농업재료, 식품, 식품재료와의 가격인하를 목표로 하기보다는 친환경적이거나 웰빙과 같이 건강을 증진하는 소재개발이 일차적인 키워드가 되어서 비교적 제품화가 빠르며, 제품화에 의하여 얻어지는 수익이 높은 곳에 집중해야 하며, 중장기적인 농업 나노소재의 개발 방향은 농업 나노소재가 다른 산업분야에 핵심적 기술을 제공할 수 있는 소재 발굴에 목표를 두어야 함.

## (2) 나노공정

- 나노기술이 농림 분야에서 산업적 경쟁력을 유지하기 위해서는 무엇보다도 우리나라 농림 분야에 적합하고 효율적인 나노공정기술을 개발하여 보급하는 과제가 가장 시급함.
- 농림나노응용을 위해 요구되는 주요 나노공정은 나노체체공정, 나노분자 제조공정, 나노분자 제조공정, 나노입자 제조공정, 나노분체 제조공정, 나노모델링, 나노분리정제공정, 나노추출공정 등임. 농림 분야는 천연물을 기반으로 하는 산업적 특성을 가지고 있기 때문에 관련 나노 공정기술도 천연물이 일반적으로 가지고 있는 성질을 고려하여 원천기술 및 응용기술이 개발되어야 함

## (3) 나노전달 시스템

- 식품의 안정성과 체내에 영양성분의 흡수 효과를 극대화하기 위한 핵심적인 기술이 나노 식품 전달 시스템 분야이고, 이는 차세대 식품의 핵심 기술로서 궁극적으로 현재의 기술로서 극복하기 어려운 제조 기술과 식품의 유용성, 안정성 확보와 같은 난제를 해결할 수 있게 하는 전망이 밝은 미래 기술로 발전될 것임.
- 나노 농식품 전달 시스템은 아직 미개척 분야로 단순히 농업, 식품 분야에서의 연구만을 요구하는 것이 아니라, 화학, 생물, 의약 분야의 연구 활동을 병행하여야 함. 나노 농식품 전달 시스템은 체계적인 연구 활동과 연구 업적을 얻을 수 있도록 국가적인 차원에서 전폭적인 지원이 있어야 함

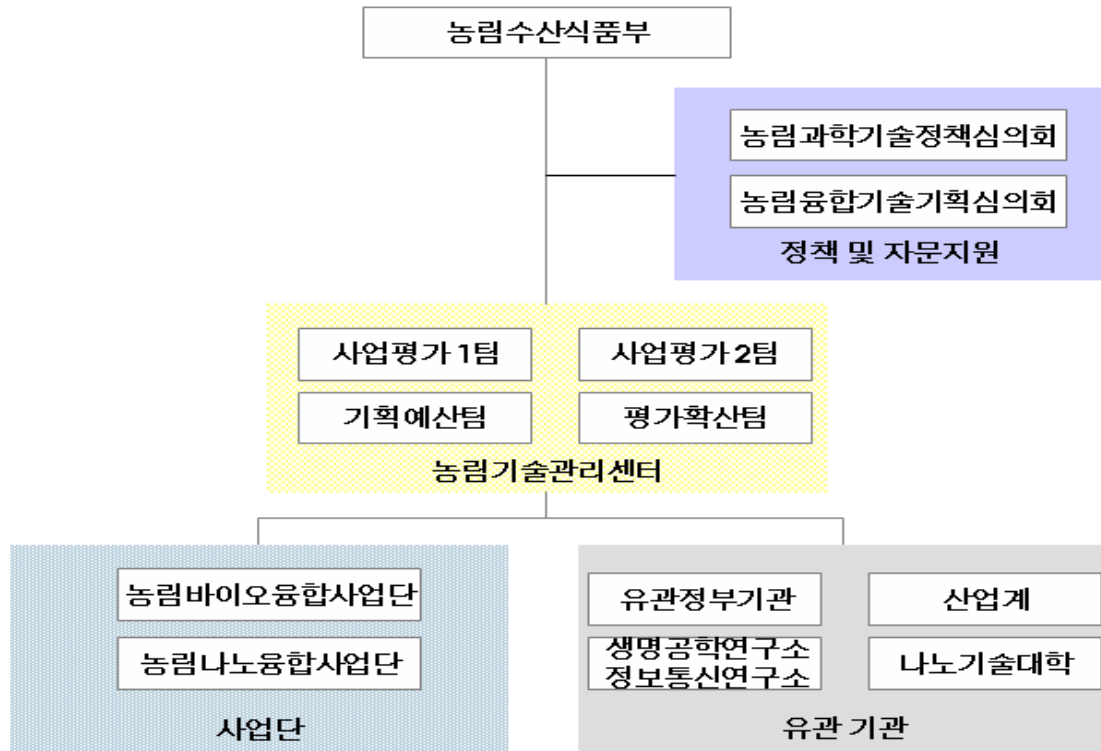


## 제8장 사업추진계획 및 소요자원

### 1. 농림융합기술 개발 추진체계

- 농림 융합 기술은 기술간의 융합성과 연계성이 강하기 때문에 연구기관, 대학교, 산업계, 정부기관간의 연구 네트워크를 형성을 통해 필요한 인력 양성하고 필요장비와 기술들을 공유·전수하여 효율적이고도 체계적인 연구를 진행 할 수 있음
- 농림융합기술 개발 추진체계는 전체 사업 운영을 관리·감독하는 농림수산식품부, 사업 시행계획·선발 및 진도관리·평가를 담당하는 농림기술관리 센터, 정책 및 자문을 지원하는 농림과학기술정책심의회와 농림융합기술기획심의회, 사업을 수행하는 사업단, 공동연구 및 협력지원을 하는 유관기관이 협력하여 과제의 원활한 수행을 도모함

<그림 8-1> 농림융합기술 개발 추진체계



가. 농림수산물식품부

- 기본계획 수립 및 사업운영관리 감독
- 정책수립 및 예산확보

나. 농림기술관리센터

- 사업관리
- 사업시행계획수립, 사업시행선발, 사업평가
- 기술 및 제품별 로드맵을 토대로 단계별 점검·평가 및 사후관리 추진
  - 기술 및 제품별 로드맵을 작성하여 추진하되, 세부실행계획에 따른 점검 강화
  - 단위 기술의 개발진도에 따른 단계를 설정하고, 단계별(2~3년) 평가를 거쳐 후속 지원여부 결정

다. 사업단

- 사업시행 : 공모에 의해 선발된 전문연구기관(대학, 국공립연구소, 정부출연 연구기관, 산업체 등)
  - 바이오기반 융합기술에 강점을 가진 기관을 중심으로 효율적인 연구개발을 추진함
  - 단, 필요한 경우 분야별로 핵심제품영역을 지정하고, 이에 맞는 제품개발 과제를 자유로이 공모하는 자유 응모형 프로그램을 병행하여 추진하는 방안도 검토 가능함

라. 농림과학기술정책심의회 및 농림융합기술기획위원회

- 정책 및 자문을 지원함

마. 유관기관

- 나노, 바이오, 정보기술 등 전문화된 연구기관 등의 산·학·연·관과 공동 연구개발을 추진할 수 있는 연구체계를 구축하여 협동연구 추진함
- 대학은 기초연구를 담당하고 연구기관은 응용연구, 산업계는 기술개발에 주력함

## 2. 기술개발 추진 전략과 방법

### 가. 추진전략

- 선택과 집중의 기술개발 전략이 요구되며 농림융합기술 발전을 고려한 기초연구와 응용연구의 적절한 균형을 유지해야 함. 사업화·상품화가 가능한 연구 과제를 우선적으로 추진함
- 융합 부문 전문 클러스터의 조성 측면에서 연구개발 성과의 체계적 관리와 활용을 위해서는 산업 전반에 걸친 네트워크 강화를 통해 조기 산업화를 촉진하고, 후발 주자로서 미국 등 선진국에 뒤진 산업 내 위상을 따라잡기 위해서는 클러스터 조성이 효과적임. 대학과 국립연구소 등을 중심으로 기초 과학 연구에 강점을 지닌 지역을 클러스터로 지정하여 대학의 스피노프(spin-off) 창업 지원이나 기업들과 연계 강화를 이루고, 클러스터 조성을 통한 산학연 간 네트워크 구축을 통해 기반이 되는 기술 및 인력, 자금, 법률 및 행정 서비스 지원을 강화토록 함.(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략,2006)
- 지금까지 국가적으로 융합연구를 추진하여 온 타분야의 원천기술과 주요 연구결과물을 적극 활용함
- 국제공동연구계획을 수립한 전문연구기관에 의해 국내 연구 취약분야 국제 협력방안 확보하여 지속적으로 선진 기술력을 습득하고 정보·자원 교류를 추진토록 함
  - 국외 연구기반 활용 시 기술 및 정보 지적재산권 관리 방안 사전 마련함
- 사업추진의 효율성 및 투명성 확보를 위해 동일기관이 사업시행에 관한 계획, 집행, 평가를 동시에 관장하는 체계 지양
  - 기술특성상 다양한 전문가그룹(예, 농림융합기술기획위원회)에 의한 기술기획 추진
  - 연구과제의 단계 평가와 진도관리 등을 담당할 타 분야의 전문가를 충분히 확보하여 연구과제 평가의 공정성 확보
- 추진주체별 추진전략 및 추진방법은 <표 8-1>과 같음

<표 8-1> 추진내용에 따른 추진전략 및 추진방법

추진 내용	추진 주체	추진 전략	추진 방법
기본계획 수립	농림수산식품부	·사업의 목표 및 로드맵 작성	·전문가 활용
사업수행 기관선발	농림수산식품부	·전문연구관리기관의 선발	·사업 시행 주체의 적절성 평가
사업시행 계획수립	농림기술관리 센터	·구체적 사업 시행 계획 작성	·전문가 활용
사업시행 선발	농림기술관리 센터	·공모를 통한 사업시행기관 선발	·전문가를 활용한 사업 계획 평가, 공개 발표, 및 현장 평가
사업시행	전문연구기관	·산·학·연 공동연구 ·다학제간 협동 연구 ·국제협력 및 기술 교류 ·연구성과 홍보 및 교육	·기업, 대학, 연구소가 주축이 되어 연구 개발을 수행 ·융합기술 관련 학문 분야간 통합 사업단 구성 ·국제 심포지움 개최 ·연구성과 홍보 매체 제작 및 강연회 개최
진도관리	농림기술관리 센터	·연차평가, 단계평가 실시 후 계속 지원 여부 결정	·연차 및 단계별 평가 보고서 제출 및 전문가를 활용한 공개심사
최종 평가 및 사후관리	농림기술관리 센터	·목표달성도, 산업화, 기술이전 등 실적 평가 후 미비 시 제재	·보고서 제출 및 전문가를 활용한 공개 심사

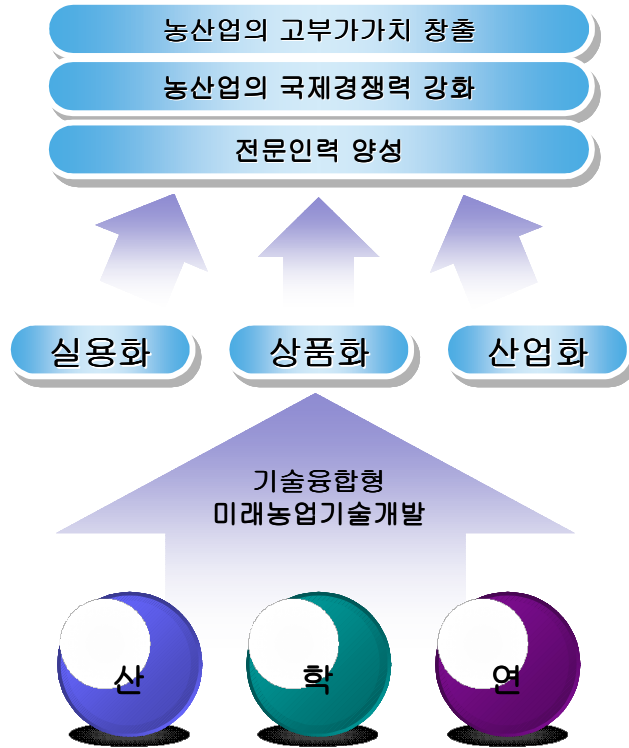
나. 전문인력 양성

- 장기적 인력수급 분석 등을 통해 학제적 지식과 기술을 갖춘 융합기술 전문인력 양성 전략의 수립이 필요하며, IT, BT, NT 등 타 분야 전문기술 및 교차 지식교육을 실시하고, 산·학·연간 다양한 전공자들의 융합기술분야 공동연구를 촉진해야 함. 또 IT와 나노소재의 융합 분야, IT와 BT의 융합 분야 등 학제간 (interdisciplinary) 분야의 인력 육성 및 확보에 보다 관심을 기울여야 할 것임. 산업간 컨버전스가 심화될수록 학제간 분야의 우수한 인력 확보 여부가 기업 경쟁력에 결정적 요소로 작용할 것이기 때문에 IT-BT-NT간 연구 교류를 활성화해야 함.(자료: ETRI, IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성 전략, 2006)

다. 연구방법

- 최종 개발 기술의 목표는 농림융합 기술의 실용화, 상품화 및 산업화를 조기 실현하여 농산업을 고부가가치 창출, 농산업을 국제경쟁력 강화, 전문 인력 양성하는 것임
- 상기 목표를 달성하기 위하여 산·학·연 협동 연구체계 구축

<그림 8-2> 연구체계



### 3. 추진일정

○ 전체 추진일정은 <표 8-2>와 같음

<표 8-2> 사업 추진일정

주요일정	세부일정	추진년도					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
연구세부추진 계획수립		■					
	연구기획위원회 구성	■					
	평가위원회 구성	■					
연구기관의 선정		■					
	연구기관 및 연구과제 공모	■					
	연구기관 및 연구과제 선정	■					
연구사업개시			■	■	■	■	■
	1차 연구		■	■			
	1차 평가			■			
	2차 연구			■	■		
	2차 평가					■	
	3차 연구					■	■
연구사업 최종결과 평가						■	■
	담당 분야별 평가					■	
	평가 보고서 작성					■	
	차기 연구사업에 반영						■

○ 2년 단위로 추진과제들에 대한 평가함에 있어, 1차 평가는 사업달성도를 점검하고 사업우선 순위를 조정하고 2차 평가시 사업 성공 가능성을 중점 평가하고, 평가 결과에 따라 3차 연구에서 사업화 가능 사업에 투자를 집중토록 함

가. 농림바이오융합기술 로드맵

○ 단계별, 연차별 농림바이오융합기술 로드맵은 <표 8-3>과 같음

<표 8-3> 농림바이오융합기술 로드맵

추진 단계 구분		1단계(융합기)			2단계(실용화 및 사업화)		
		2009	2010	2011	2012	2013	
과제	농산물/식품의 안정성 고속 측정 시스템 농산물/식품의 안정성 모니터링 시스템 한우 육량·육질 조기선발용 DNA Kit 산업화 기술 개발	식품/농수산물 고속평가 기술 확보	식품/농수산물 안전성모니터링 시스템 구성 기술 확보	감염성 질환 인지 고속검지 기술 확보	식품/농수산물인지 상시 모니터링 시스템 패키지 기술	현장적용 및 실용화 사업화	
		DNA 마커의 적용 및 개발		마커를 이용한 DNA Kit 개발		사업화	
	농축산 감염성 질환 검사 키트 및 시스템 농축산 감염성 인자 모니터링 시스템	다중 생화학 물질 센서 어레이 신호 처리/분석 및 칩 제작 기술		센서 칩 SOC 제작기술			현장적용
		센서 신호 네트워킹 기술		센서용 무선통신 칩 제작기술			실용화
		생화학 인지 상시 모니터링 시스템 구성 기술 확보		생화학 인지 상시 모니터링 시스템 패키징 기술			
	주요 농축산물에 대한 DB화 하여 원산지 검증기술 개발 주요 농수산물에 대한 유전자 분석 및 DB 구축	유전자 감식정보 DB 설정 및 개체 식별 마커 시스템 적용		DNA 개체정보 연계 및 DB 표준설계와 정보 활용			진단 Kit 개발 및 실용화
			유전자 감식정보 DB 설정		DNA 개체정보 연계 및 DB 표준설계와 정보 활용		
	농작업용 휴대용 컴퓨터 또는 웨어러블 초소형 PC 개발	액추에이터 소형화, 평판화, 유연화		인터페이스의 소형화, 평판화, 유연화			초소형, 고성능 전지 개발
		센서의 소형화, 평판화, 유연화		네트워크 부품의 소형화, 평판화, 유연화			현장적용 및 실용화
농작업 로봇 개발	집게 및 바이오 센서 설계		집게 및 바이오 센서 제작 제어기술 개발			현장적용	
	구동기 설계		구동기 제작			실용화	

나. 농림나노융합기술 로드맵

○ 단계별, 연차별 농림나노융합기술 로드맵은 <표 8-4>와 같음

<표 8-4> 농림나노융합기술 로드맵

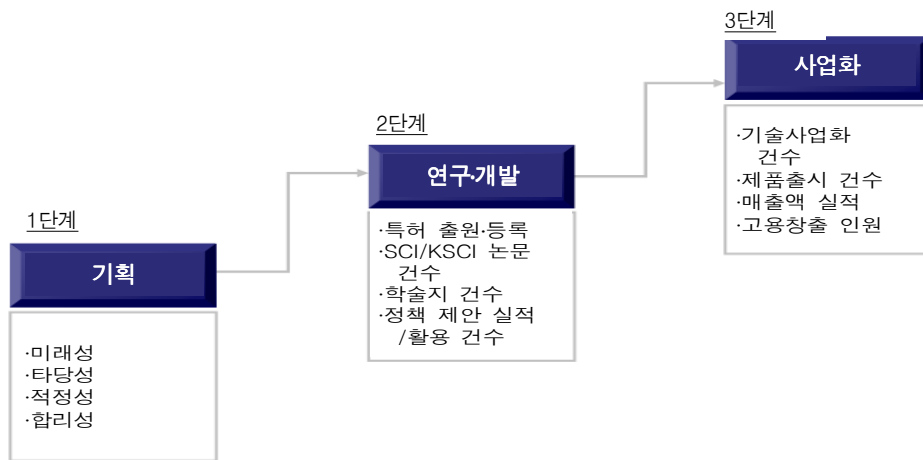
추진 단계 구분		1단계(융합기)			2단계(실용화 및 사업화)	
		2009	2010	2011	2012	2013
과제	고품질 농 축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	고효율 조직배양 기술		대량생산 및 실용화		
		기능성 평가지표 물질 탐색	나노 바이오 센서화		휴대용 장치 상품화	
		DNA 바코드 개발		이력관리 IT 기술 개발		상품화
		육질 평가지표 물질 탐색	생체 주입형 나노칩 개발		상품화	
	식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산가공기술	미세분극 기술개발		미세 식품소재의 기능성 평가	안정성 평가 및 실용화	
		기능성소재의 나노캡슐화	나노 캡슐의 체내전달 평가		나노 캡슐을 이용한 식품개발	
		우주식품 개발을 위한 식품가공 기술개발		상품화 개발		
	농 축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	유 무기물 나노센싱 기술		나노디바이스 개발		현장적용 및 실용화
		극미량 단위 중금속 검출기술	휴대용 극미량 검출장치 개발			
		미세잔류환경호르몬 검출기술				
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	가축질병 지표 탐색		가축질병 항체 고정 단백질칩	상품화		
	가축사육관리 지표 탐색	고속 집적분석용 나노디바이스		현장적용 및 실용화		
	작물 위해병원균 검출 기술		작물 바이러스 검출용 DNA 칩		실용화	
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 바이오나노소재 개발	작물 살충제용 서방성 소재개발		서방성소재의 나노 제형화	상품화		
	해충인식 지능형 방제소재	지능형 방제소재의 성능평가		현장적용 및 실용화		
	선택적 나노방제시스템 설계		종합 방제시스템 구축을 위한 기술 개발		상품화	
	미생물 농약의 나노 캡슐화		미생물 농약의 나노캡슐의 현장적용 및 실용화			
농 축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	신선도 향상 나노코팅기술개발		저장성 향상 나노코팅기술	현장적용 및 실용화		
	농축산물로부터 유용고분자 물질 추출기술		생분해 나노합성 포장재 개발		상품화	
	선택적 투과 나노필름 개발		현장적용 및 평가		상품화	
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	비료 및 농약의 나노에멀전화		비료 농약의 친환경 고효율화		현장적용 및 상품화	
	토양오염 지표탐색 및 검출기술		고집적 나노바이오칩 개발		휴대용 장치개발 및 상품화	
	농산폐기물 나노바이오 처리공정		나노바이오 반응기 설계및응용		실용화	
	고효율 나노바이오 필터 개발		축사현장 적용 시스템 개발		현장적용 및 실용화	



#### 4. 평가계획

- 연구 중심의 연구 이상의 사업화 단계까지 장려하기 위하여 성과 평가의 범위를 확장하고 연구개발 투자 대비 연구개발 생산성을 향상시킬 수 있는 평가체계를 적용함
- 기능성 식품 개발을 위한 평가는 기획 단계, 연구·개발 단계, 사업화 단계로 구분하여 각 단계별 선정된 지표에 따라 실시함

<그림 8-3> 평가계 및 지표



##### 가. 기획단계

- 과제 선정 시 논문·특허 등 연구성과 창출, 기술 사업화 계획 등이 포함된 구체적인 연구성과 활용 계획을 제시
- 연구성과 목표와 활용/확산 계획의 사전 수립을 통해 목표 지향적이고 기술 중심의 연구수행을 유도하고 지표 설정에 반영
- 연구개발 단계별 Gate 설정 및 심사기준 공유
- 성과평가 지표
  - 미래성 : 기술 수요 분석을 기반으로 미래에 가치가 있다고 판단되는가?
  - 타당성 : 정부지원의 타당성이 있는가?
  - 적정성 : 사업목적이 상위계획과 부합되는가?
  - 합리성 : 사업수행 체계가 사업목적을 달성하는데 적합한가?

## 나. 연구·개발 단계

- 단계별 성과목표 점검 및 중간 평가(Gate 심사: Go/Stop 여부 결정)

### (1) 연차 평가

#### ㉔ 연차실적

- 사업단장은 협약에서 정한 당해 연도 연구개발 종료 2개월 전에 연차실적·계획서와 자체평가 의견서를 전문기관에 제출
- 연차평가는 2단계 평가를 원칙으로 제1차 평가(비밀서면평가)는 사업단장이 제출한 서류를 이용하여 “계속”, “조기완료”, “중단”으로 평가하고
- 제1차 평가에서 “조기완료”, “중단”으로 평가된 사업을 포함하여 하위 10%의 사업에 대해서는 사업단장의 보완(소명)자료를 제출받아 제2차 평가(공개발표평가)를 실시하되 “계속”, “조기완료”, “중단(성실, 불성실)”으로 재평가함

#### ㉕ 연차평가 결과조치

- 전문기관의 장은 2차에 걸친 연차평가 결과를 종합하여 최종적으로 “계속”, “조기완료”, “중단(성실, 불성실)”으로 분류하고, 연차평가의 주요결과를 포함한 연차평가 종합보고서를 농림부장관에게 보고
- 연차평가 결과 “계속”으로 평가된 사업에 대하여 전문기관의 장은 사업단장에 연차평가 결과를 통보하고, 평가결과에 대한 보완요구사항 등 차년도 사업시행계획에 대한 검토·확인 후 다년도 협약에 의해 사업수행을 계속하도록 함
- 연차평가 결과 “조기완료”, “중단(성실, 불성실)”으로 평가된 사업에 대하여 전문기관의 장은 평가결과를 사업단장에 통보하며, “중단”으로 평가된 사업은 당해 사업의 중단 등 필요한 조치를 취함

### (2) 2년 단위의 단계별 평가

#### ㉔ 단계 보고서·계획서 제출

- 사업단장은 2차년도 연구개발 종료 2개월 전에 단계보고서·계획서와 자체평가 의견

서를 전문기관에 제출

- 단계보고서·계획서의 제출 및 평가 요령은 연차실적·계획서와 같음

#### ㉠ 단계 평가방법

- 전문기관의 장은 단계평가를 위하여 분야별 전문가 중 필요한 인원을 평가위원으로 위촉
- 평가대상 사업의 참여 연구원, 주관 또는 협동연구기관에 소속된 연구원은 원칙적으로 당해과제의 평가위원이 될 수 없음
- 분야별 평가위원은 사업단장이 제출한 관련서류를 이용하여 공개발표회를 원칙으로 사업의 단계결과를 평가함
- 필요한 경우 서류평가와 더불어 현장을 직접 방문하여 현장실태조사를 통하여 단계 사업결과를 평가할 수 있음
- 단계평가 결과는 “매우우수”, “우수”, “보통”, “불량”, “매우 불량”의 5등급으로 평가하되, 대상과제의 5%이상을 “불량” 및 “매우불량”으로 분류
- 평가 결과 “불량”, “매우 불량”으로 평가된 사업은 사업단장의 소명(보완)자료를 제출받아 공개발표 등을 통하여 재평가함

#### ㉡ 단계평가 결과의 조치

- 전문기관의 장은 단계평가 결과를 자체 검토의견을 첨부하여 농림부장관에게 보고하고 농림부장관은 농림과학기술정책심의회에 상정하여 전문기관의 최종평가결과를 심의토록 함
- 전문기관의 장은 농림부장관으로부터 최종평가 결과를 통보받아 “매우우수”, “우수”, “보통”으로 평가된 사업은 당해 사업성과를 활용토록 하고, “불량”, “매우불량”으로 평가된 사업은 사업의 제재 및 중단 등 필요한 조치를 취함
- 중간수행 결과의 연구계획서 반영 및 성과지표 보정
- 종합연구지원시스템 구축 및 유관 기관의 검색 시스템과의 연계로 실시간 연구성과 수집

- 연구종료 후 일정기간 동안 활용 실적 제출 의무화, 전주기적으로 발생하는 연구 성과의 실시간 시스템 등록 및 DB화 등을 통해 관리
- 성과평가 지표
  - 특허 출원·등록 : KORDI에 입력한 산업재산권 실적 수
  - SCI/KSCI 논문 건수 : SCI급 논문 및 KSCI에 게재된 논문 건수
  - 학술지 건수 : 학술지에 게재된 논문 건수와 논문이 게재된 학술지의 게재년도 IF (학술지 영향력 지수)를 고려하여 논문을 질적으로 평가
  - 정책 제안 실적/활용 건수 : R&D 관련 문제점 및 연구 결과 등을 정책적으로 건의하여 국가적 기능성 식품 개발 방향 설정에 기여한 건수

#### 다. 사업화 단계

- 기술 이전에 따른 기술료 납부 조건 완화 및 유연한 기술료 회수 정책 운영(기술료 전액 일시 납부 등)으로 사업화를 위한 금융 지원 확대
- 사업화 및 기술이전 대상자의 조기 선정 후 연구개발 과정에 참여 및 연구개발 수행자의 사업화 참여 지원을 통해 기술 지원 강화
- 유관 기관 협업을 통한 기업운영 지원 확대, 기술사용 관련 행정업무 간소화를 통해 기술 이전 체계 간소화
- 성과평가 지표
  - 기술사업화 건수 : 기술개발 및 실시를 통한 사업영역 확대(창업 포함)를 의미
  - 제품출시 건수 : 기술사업화를 통하여 출시된 제품 수
  - 매출액 실적 : 기술사업화를 통하여 창출된 매출 금액
  - 고용창출 인원 : 기술사업화를 통하여 고용한 신규인력 인원 수
- 최종평가 실시

#### (1) 최종보고서 초안 제출

- 종료과제의 경우 사업단장은 사업 결과의 최종평가를 위하여 협약종료일 이전까지 최종보고서초안(10부), 자체평가의견서를 그 전자문서와 함께 전문기관의 장에게 제출
- 사업 최종보고서에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 함.
  1. 사업의 개요

2. 국내외의 기술개발현황
3. 사업수행의 내용 및 결과
4. 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도
5. 사업결과의 활용계획
6. 사업과정에서 수집한 해외과학기술정보
7. 주요 연구개발사항이 포함된 요약문

## (2) 최종평가 방법

- 전문기관의 장은 최종평가를 위하여 분야별 전문가 중 필요한 인원을 평가위원으로 위촉
- 분야별 평가위원은 사업단장이 제출한 관련서류를 이용하여 공개발표와 필요시 현장 평가를 실시하여 사업의 최종결과를 평가함
- 최종평가 결과는 “매우우수”, “우수”, “보통”, “불량”, “매우 불량”의 5등급으로 평가 하되, 대상사업의 5%이상을 “불량” 및 “매우불량”으로 분류
- 평가 결과 “불량”, “매우 불량”으로 평가된 사업은 사업단장의 소명(보완)자료를 제출받아 공개발표 등을 통하여 재평가함

## (3) 최종평가 기준

- 사업수행 결과 목표의 달성도
- 사업수행 방법의 타당성
- 사업수행 결과 사업 성과의 충족도
  - 사업성과의 실용화, 상품화, 사업화도
  - 사업성과목표의 달성도
  - 기술개발의 파급효과
  - 전문 인력 양성 효과
- 사업계획서상의 사업내용 이행 여부

(4) 최종평가 결과의 조치

- 전문기관의 장은 최종평가 결과를 자체 검토의견을 첨부하여 농림수산식품부장관에게 보고하고 농림수산식품부장관은 농림과학기술정책심의회에 상정하여 전문기관의 최종평가결과를 심의토록 함
- 전문기관의 장은 농림수산식품부장관으로부터 최종평가 결과를 통보받아 “매우우수”, “우수”, “보통”으로 평가된 사업은 당해 사업성과를 활용토록 하고, “불량”, “매우불량”으로 평가된 사업은 제재 등 필요한 조치를 취함
- 주관연구기관의 장은 최종평가 결과를 반영하여 최종보고서(인쇄본), 사업 활용계획서 및 사업결과보고서 초록과 그 전자문서를 협약종료 후 2개월 이내에 전문기관의 장에게 제출
- 주관연구기관의 장은 연구사업 완료 후 2개월 이내에 최종보고서를 별도로 정한 기관에 배포하고 그 결과를 1개월 이내에 전문기관의 장에게 제출

5. 소요자원의 규모와 확보방안

가 소요예산

- 13개 대과제 당 연간 약 6억원 지원
- 실용화 및 사업화기인 2단계의 비중을 높여 단계별로 연구비의 상향 조정 검토

<표 8-5 > 소요예산

(단위: 억원)

	1단계			2단계		계
	2009	2010	2011	2012	2013	
정부	53.4	53.4	53.4	80	80	320
민간	13.3	13.3	13.3	20	20	80
계	66.7	66.7	66.7	100	100	400

\* 민간 대응자금은 20%로 추정

나. 소요인력

- 모든 연구 개발은 산학(연) 협력 연구 수행하며 13개 대과제당 참여 인력을 적정 배분
- 실용화 및 사업화기인 2단계의 경우 산업인력을 집중적으로 투입 검토

<표 8-6 > 소요인력

(단위: 명)

		1단계			2단계		계
		2009	2010	2011	2012	2013	
농림 바이오 과제	산업체	60	70	80	160	160	530
	대학교	180	180	180	200	200	940
	연구소	80	90	100	130	130	530
농림나노 과제	산업체	60	80	80	130	130	530
	대학교	160	160	160	200	200	880
	연구소	70	80	90	120	120	510
계		610	660	690	940	940	3,840

## 제9장 기대성과 및 파급효과

### 1. 과학기술적 파급효과

○ 농산업 융합기술의 과학기술적 주요 성과계획은 <표 9-1>과 같음

<표 9-1> 농산업 융합기술의 과학기술적 주요 성과계획

항목	산업체 기술 이전(건)	특허 출원(건)		특허 등록(건)		학술지 게재(편)			
		국내	국외	국내	국외	국내		국외	
						SCI	비SCI	SCI	비SCI
고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	4	8	3	4	1	5	10	48	5
식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산가공기술	2	5	2	2	1	3	4	25	3
농·축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	3	7	2	3	1	10	6	35	8
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	3	6	1	2	1	9	4	40	9
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 바이오나노소재 개발	4	9	2	5	2	2	10	50	5
농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	2	4	1	2	0	8	9	22	3
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	3	2	1	2	0	2	15	30	2
계	21	41	12	20	6	39	58	250	35



○ 선진국 대비 국내 농산업 융합기술의 수준의 향상 기대치는 <표 9-2>와 같음

<표 9-2> 선진국 대비 국내 농산업 융합기술의 수준의 향상 기대치

사업 내용	선진국 대비 국내 현재 (2006년) 기술 수준 (%)	목표 달성시(2013년) 기술 수준 (%)
고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	35	90
식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산가공기술	30	85
농·축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	35	85
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	35	85
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 바이오 나노소재 개발	40	95
농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	20	80
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	40	95

(1) 나노바이오 센싱 기술 · 나노 지능형 전달 처리 시스템· 나노소재로 인한 국내 농·축산물 및 식품의 안전성 향상

- 나노바이오 센스 기술은 나노크기의 새로운 센서를 화학적, 물리적, 생물학적 측정 장치를 접목하여 식품 안전진단용 센서로 활용함으로써 극소량의 식품내의 위해물질, 환경호르몬, 독성 물질, 중금속, 화학적 부패, 바이러스 등을 신속히 감지 함으로써 식품의 국내외 농·축산물 및 식품에 대한 안전성을 강화할 수 있음
- 국내 농·축산물의 체계적인 생산, 가공, 유통에서의 안전성 검사를 위한 개체관리로 Well-being 먹거리 보급으로 인한 국민 건강 증진
- 수입 농·축산물과 식품의 신속한 현장적용 전수검사를 통해 국민 건강 위해요소의 효율적 제거 가능
- 나노바이오 약물 전달 시스템은 약물을 가축 내 필요한 감염 부분에만 전달하여 그 효능을 극대화함으로써 필요이상의 항생제 남용에서 오는 부작용을 줄일 수 있고, 최소량의 약물주입으로 최대의 효과를 얻을 수 있음. 지능형 전달 시스템을 농산물 생산을 위한 원격처리 및 모니터링에 응용함으로써 항생제 및 농약사용을 줄여 환경

을 보호하고 효율적인 생산시스템을 개발할 수 있음(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

- 나노 기술을 활용하면 재생과학기술, 농업 및 식품폐기물로부터 에너지 생산 전환, 효소 나노공정처리에 의한 필요한 부산물 생산과 동, 식물 내에서 질병의 예방 및 치료 등과 같은 연구를 통해 개발 할 수 있음. 나노 규모의 특수한 성능을 갖는 나노물질은 병원균이나 부패를 감지하는데 혁신적인 방법을 제시해 줌. 자가 융합과 자가 치료기능을 갖는 새로운 물질이 농업적 응용을 통하여 얻어질 것이며, 자가 치료 용기에 담겨진 식품포장 용기는 식품 미생물 감염을 방지하고 유통기한 중 식품 보존성능을 향상시켜 줄 것임(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)
- 농산물 안전에 관한 품질 확인 과정이나 나노규모의 IP(Identity Preservation)시스템을 이용하면 농산물의 유통과정에서 일어나는 모든 과정을 추적하고 필요한 데이터를 기록 할 수 있는 기능을 갖추어 나노스케일 모니터링 시스템과 연결하여 사용되어진다면 농업 및 식량 시스템에서 품질 및 안정성 더욱 향상시킬 것임.
- 가축의 건강을 개별적으로 모니터링하고 전염경로를 사전에 차단할 수 있는 조기 치료 방법이 개발 될 것이며 질병에 감염된 곡물을 초기에 발견하여 이를 격리하고 치료하여 병원균의 확산을 방지할 수 있는 ‘지능형 가축질병 통제 시스템(smart herds system)도 개발 될 것으로 전망됨(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

(2) 나노소재 활용을 통한 환경보호(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)

- 농산물로부터 고부가가치의 생산물을 생산하는 과정에서 발생하는 환경문제를 보호하는데 나노기술을 이용할 수 있음. 예를 들면, 식물성 기름으로부터 바이오연료 및 biodegradable 산업용 솔벤트로 변환시키기 위한 나노 정제기술은 이미 나노기술개발 분야의 중요한 기술 중의 하나임(자료: 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005)
- 나노비료·나노살충제·나노 방제 시스템 이용을 통해 일반 비료나 살충제 사용을 획기적으로 감축시켜 토양 및 농산품의 오염을 최소화 하고 환경 친화적인 소재 사용을 통해 환경보존 및 생활환경의 질을 향상 시킬 수 있음
- 분자 및 세포 생물학을 접목한 나노 소재로 농산물의 재활용 기술, 농산물 폐기물의

에너지 전환기술, 퇴비화 기술로 응용하여 환경보호에 기여할 것임

- 수확이나 분쇄과정 등 농업생산물 처리를 향상시키고, 바이오 고분자 합성물을 변형시키기 위한 효율적인 방법을 개발 할 수 있음

(3) 기술 융합형 농업기술 확보로 농산업의 국제 경쟁력을 제고 할 수 있는 능력 확보

- 농업응용을 위한 나노바이오칩, Lab-On-Chip등 나노바이오 센서 기술 및 관련 제품 생산기술 확보와 이를 응용한 나노 모니터링과 제어 시스템을 통하여 식량 생산에 있어서 최적의 수확시기를 결정해 줄 수 있음
- DNA를 이용한 바코드 등 바이오분자를 이용한 정보처리 및 저장 기술에 관한 기반 및 응용기술 확보
- 초미세 바이오 물질 검출 및 제어를 위한 농업현장용 기술 확보
- 바이오테크놀로지를 이용한 농업 및 식품 응용기술 확보
- 나노 전분, 나노살충제 등 바이오테크놀로지를 이용한 농업 및 임업 기술 확보
- 고품종 작물의 효율적 개발 기술 확보

## 2. 경제사회적 파급효과

- 나노바이오기술 관련 세계시장 규모가 급격하게 증가할 것으로 전망되고 있으며(아래 표 참조) 기술융합형 미래농업기술의 선점 및 배타적 확보를 통해 세계시장에 능동적으로 대처

<표 9-3> 나노바이오 핵심기술별 시장전망

핵심기술	관련 제품 시장명	세계시장규모		나노기술의 시장점유율 전망 (2015년 기준, %)
		2005년 (억원)	2020년 (억원)	
검지 및 정제	현장 진단용 나노바이오 칩 (Lab-on-a-Chip)	440	236,100	40
	진단용 임플란트 나노바이오센서	-	105,000	10
나노바이오 정보	진단용 나노바이오 전자칩	1000	14,500	30
	나노생체 전자부품	100	4,500	10
	신체삽입용 신경세포-반도체 연결소자	100	4,500	10
나노바이오 극한제어 및 분석	나노 복합현미경	-	15,000	40
	생체모방형 나노바이오 제품	-	150,000	40
	단일분자 DNA 및 단백질 검색기	-	150,000	60
나노바이오 생필품	나노입자 식품	0	30,000	30
	개인 맞춤형 스마트 식품	0	150,000	30
	고농축 나노바이오 식품	0	15,000	30
	나노화장품	10,000	40,000	70
나노바이오 농림	나노구조체를 이용한농약 및 살충제의 캡슐화	0	7,500	50
나노바이오 수산	호르몬 및 항생제의 나노 전달체	0	6,000	40
	나노센서를 이용한 수산물의 안전성 모니터링	100	1,500	10

자료: 과학기술부, 제2차 나노융합발전계획, 2006년

가. 예상 세계시장 규모와 점유율

○ 본 사업으로 개발된 제품의 세계시장 규모 전망치는 <표 9-4>와 같음

<표 9-4> 농림융합기술 시장규모와 점유율

사업내용	관련 제품 시장명	세계시장규모		나노 융합기술의 시장점유율 전망 (2015년 기준, %)
		2005년 (억원)	2020년 (억원)	
고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	작물 기능성 평가용 나노 바이오 센서	0	15,000	45
	생체 주입형 육질 평가 나노 시스템	0	2,000	40
식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산가공기술	나노입자 식품	0	30,000	30
	나노화장품	10,000	40,000	70
농·축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	잔류 환경 호르몬 검출용 나노 디바이스	200	2,500	15
	위해물질의 모니터링을 위한 나노 바이오센싱 기술	100	1,500	10
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	작물 병원균 검출용 나노 진단 키트	10	2,000	25
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 나노소재 개발	표적지향성 나노 劑形	100	5,000	50
	미생물 농약 나노 캡슐화	100	7,000	45
농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	신선도 및 저장성 향상용 필름	1,000	45,000	30
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	토양 오염 측정용 나노 바이오칩	0	1,000	35
	축산악취 제거용 고효율 나노 바이오필터	2,000	56,000	40

(자료:그린 바이오-나노기술 연구회, '제2차 나노융합발전계획, 2006년'을 근거로 추정)

나. BT·NT·IT 융합 관련 전문 인력 양성

- 정부는 2003년 나노기술개발 촉진법과 시행령을 제정하여 나노기술관련 전문 인력 양성을 천명하였음.
- 정부 정책 방향에 부합하는 바이오나노 융합 기술분야 27개 중과제에서 석사 338명, 박사 208명 양성하여 21세기 우리나라 농산업 분야의 국제 경쟁력 제고를 위한 기술 개발 및 교육 담당 인력 배양

<표 9-5> 농림융합기술 전문 인력 양성 방안

본 사업 관련 대 과제 명	중 과제수	석사			박사			합계
		'08-'09	'10-'11	'12-'13	'08-'09	'10-'11	'12-'13	
고품질 농·축산물의 친환경 생산을 위한 융합기술	4	16	20	24	4	12	16	92
식품 및 천연자원의 고부가가치화를 위한 나노생산가공기술	4	8	12	16	4	10	10	60
농·축산물 및 식품의 안전성 평가 융합기술	4	12	16	20	4	10	18	80
가축 및 작물의 병해 진단 및 관리용 시스템 개발	3	12	12	17	2	10	18	71
지능형 병해충 防除 시스템을 위한 바이오나노소재 개발	5	17	16	24	4	12	16	89
농·축산물 및 식품의 보존·유통과 관련된 융합기술	3	12	16	20	2	10	18	78
농업 환경 오염 측정 및 제어를 위한 융합기술	4	12	16	20	4	8	16	76
계	27개	89	108	141	24	72	112	546명
		338명			208명			

다. 경제적 파급효과

<표 9-6> 바이오 융합 시장기준 현황(Green Bio/Food & Agriculture)

2015년 시장규모	목표점유율	목표연도	R&D투자액	투자기간
100,000억 원	13%	2015	400억 원	5년

- <표 9-6>에서 2015년 예상되는 바이오 융합 산업 시장에서 Green Bio/Food & Agriculture의 세계 시장 규모는 10조원으로 연간 7,285억원의 증가가 예상되는 거대 시장으로 성장하고 있음. (자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합 분야, 2007)
- 2015년 Green Bio/Food & Agriculture 바이오 융합 국내시장 규모는 1조3천억이 예상되며 이는 세계 시장 점유율 13%에 해당함.(자료: 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007) 2015년 세계 시장 점유율 13% 달성을 목표로 2013년까지 400억 원의 R&D 투자 예정이며 연간 투자 금액은 80억 원임
- 바이오 융합시장 규모의 연간 증가율을 7,285억원으로 예상하고, 목표점유율이 일정하게 증가한다고 가정할 경우 연간 평균 증가율은
  - 연간증가율=목표증가율/회수기간 이므로 약 1.5%로 산정할 수 있음
- 시장증가율 천억 원, 연간매출액 증가를 2008년부터 1.5%로 2015년까지의 예상 매출액과 투자안 가치평가를 위해 화폐의 시간가치를 고려한 기법 중 대표적인 NPV(Net Present Value) 기법을 적용하여 예상매출액에서 투자액을 뺀 순현재 가치를 계산하면, (비투자시에는 연간 시장 규모의 증가와 관계없이 현재 점유율을 유지한다고 가정)

$$NPV = \sum_{t=2008}^{2015} \frac{NCF_t}{(1+R)^t} \quad (NCF_t=t\text{시점의 매출액, } R=7.5\%)$$

<표 9-7> NPV에 의한 경제적 파급효과

	세계시장규모(억 원)	예상매출액(억 원) A	투자액(억 원) B	NPV(A-B)
2008	49,004	1,225		1,158
2009	56,289	2,252	66.7	2,032
2010	63,574	3,497	66.7	2,968
2011	70,859	4,960	66.7	3,939
2012	78,144	6,642	100	4,924
2013	85,430	8,543	100	5,904
2014	92,715	10,662	-	6,909
2015	100,000	13,000	-	7,836
합계	596,014	50,781	400	35,671

- 기회 비용과 인플레이션을 고려한 연간 할인율을 7.5%로 가정하고 400억 원을 연간 일정 금액으로 투자하여 2015년에 목표 점유율을 달성할 경우 기대되는 매출의 현재 가치는 약 3조1,153억 원임을 알 수 있음(현재 시장 점유율은 1%이기 때문에 투자하지 않을 경우 추가 매출이 4,518억이 발생하는 것으로 가정함)

<표 9-8> 본사업을 통해 기대되는 투자효과

투자 기대 매출	비투자 기대 매출	투자 효과
35,671억 원	- 4,518억 원	31,153 억 원



## 참고문헌

1. 미국랜드연구소, 세계 기술혁명보고서 2020, 2006.
2. 과학기술부, 융합기술 종합발전 기본계획, 2007.
3. 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안, 2004.
4. 정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005.
5. 한국생명공학연구원, 생명(연)-전자통신(연) 연구교류 협정체결 보도자료, 2002.
6. 융합기술 기획위원회-정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005.
7. ETRI: IT-BT 융합기술기획보고서(초안), 2006.
8. 과학기술자문회의, 국제경쟁력 강화를 위한 BT:IT 융합 추진전략, 2001.
9. 한국과학기술정보연구원, 단일벽 탄소나노튜브의 바이오센서로의 응용, 2005.
10. 정보통신정책연구원, 컨버전스 환경에 대비한 과학기술 경쟁력 확보, 2006.
11. 기술영향평가위원회·한국과학기술기획평가원, NBIT 융합기술이 과학기술·사회문화·산업경제에 미칠 영향, 2004.
12. 한국생명공학연구원 바이오나노연구센터, 나노바이오 테크놀로지, 2006.
13. 한국과학기술정보연구원, 나노의공학기술, 2003.
14. 전자부품연구원, 나노바이오센션 기술로드맵, 2004.
15. 산업자원부, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합 분야, 2007.
16. 생명공학정책연구센터 BT 기술동향 보고서 바이오칩, 바이오센서 및 바이오 MEMS, 2005.
17. 한남대학교 경영대학원 이우근, 생물정보(BT-IT 융합)산업의 성장전략, 2003.
18. ETRI, 바이오 정보통신기술 연구 동향, 2001.
19. 정보통신부, 뇌파 기반의 차세대 휴먼 인터페이스 개발에 관한 연구, 2003.
20. ETRI, 차세대 신 성장동력, IT-BT-NT 융합기술혁명, 2006.
21. 정보통신부 정보통신연구진흥원, IT융합 기술로드맵, 2007.
22. 대전전략산업기획단, 대전지역 바이오 융합기술 로드맵, 2003.
23. 산업연구원, 바이오산업의 2020 비전과 전략, 2007.
24. 정보통신정책연구원, IT기반 미래국가발전전략 연구 총괄보고서, 2006.
25. 한국특허정보원, 기술별 생명공학 특허동향, 2005.
26. 과학기술부, 제2차 생명공학육성기본계획 수립을 위한 기획연구, 2007.
27. 농림기술관리센터, 기술융합형 미래농업기술 개발 사업, 2007.
28. 한국농촌경제연구원, 농업기술발전의 장기전망, 2007.
29. 농림수산식품부, 농림바이오산업 육성 추진방향(안), 2007.
30. 정보통신정책연구원, 바이오 디지털 융합기술과 새로운 비즈니스 전망, 2007.
31. OECD, OECD Biotechnology Statistics, 2006 ~ 2007.
32. 한국과학기술정보연구원, 미국의 나노생명공학 기술 연구현황, 2005.
33. 국가과학기술위원회, BT분야 국가연구개발 심층 분석 및 평가에 관한 연구, 2004.

34. 한국과학기술정보연구원, 일본문부과학성 텔파이 조사 2035년의 과학기술, 2005.
35. 한국전자통신연구원, IT 컨버전스 산업 현황 및 전망, 2005.
36. 한국산업기술재단, 5차 산업기술로드맵-바이오 융합분야, 2007.
37. Takeda Pacific, Emerging Bio-IT.
38. 한국과학기술정보연구원, 바이오센서기술동향, 2002 : The freedonia Group. Inc., Industry Study 1854, Biochip. Oct. 2004.
39. KIET-산업연구원, 바이오산업의 2020 비전과 전략, 2007.
40. Fuji-Keizai USA Inc, 바이오센서市長 R&D と常用化動向, 2004.
41. Navigant consulting, Bioinformatics Analysis : a strategic market outlook.
42. 한국정보보호진흥원(KISA), 바이오 정보보호 추진방향 연구, 2006.
43. IBG, 세계 바이오인식산업 전망, 2005.
44. IDC, ITA 정보조사분석팀, 2002.
45. 특허청, 신기술동향보고서-바이오칩, 2001.
46. 한국나노바이오시스템연구조합, BIT 등 IT 기반 융합기술개발 및 산업화 전략 분석, 2002.
47. 정보통신부, IT융합 기술로드맵, 2007.
48. 한국과학기술정보연구원, 바이오센서 시장성장 및 기술개발 방향, 2005.
49. 농림기술관리센터, 미래수요 창출형 농림기술개발 전략연구, 2006.
50. CJ식품연구소 전략기획조사팀, 식품의 신제품 개발 및 기술연구동향-Kaiser Consulting Group, 2005.
51. 전자신문, [융합신산업을 육성하자](3)해외 주요 국가의 융합신산업 동향, 2006.
52. 한국과학기술정보원, 미국·일본의 융합기술(Converging Technologies) 관련 정책 동향, 2007.
53. 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안 중에서 ‘참여정부의 과학기술 기본계획’, 2004.
54. 과학기술부, 신기술 융합에 따른 연구개발 체제 구축방안 중에서 ‘부처 Homepage 검색 : 융합기술, 기술융합, 계획’, 2004.
55. USDA, ARS, Russell Research Center, 식품 안전성공학 (Food Safety Engineering), 2004.
56. 과학기술정책연구원, 다분야 기술융합의 혁신시스템 특성분석, 2005.
57. 과학기술부, 제2차 나노중합발전계획, 2006년.
58. 그린 바이오-나노기술 연구회, 제2차 나노중합발전계획, 2006.

## 농림 융합기술(IT, BT, NT) 개발사업 기획연구

---

찍은날 : 2008. 7

펴낸날 : 2008. 3

발행인 : 김 정 호

펴낸곳 : 농림기술관리센터(ARPC), Tel : 2041-7526

135-860 서울시 강남구 도곡동 943번지 대신증권빌딩 4층

인 쇄 : (주)문원사, Tel : 739-3911 ~ 5

---