

정책연구 2016-4

중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

K○STEC 한중과학기술협력센터

주 의

1. 이 보고서는 한중과학기술협력센터의 위탁을 받아 중국과학원 상하이고등 연구원 외 상하이시 과학기술위원회, 상하이 대외과학기술교류센터, 상하이 신에너지과기성과전환산업촉진센터에서 수행한 연구과제의 최종 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 한중과학기술협력센터에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 아니됩니다.

목 차

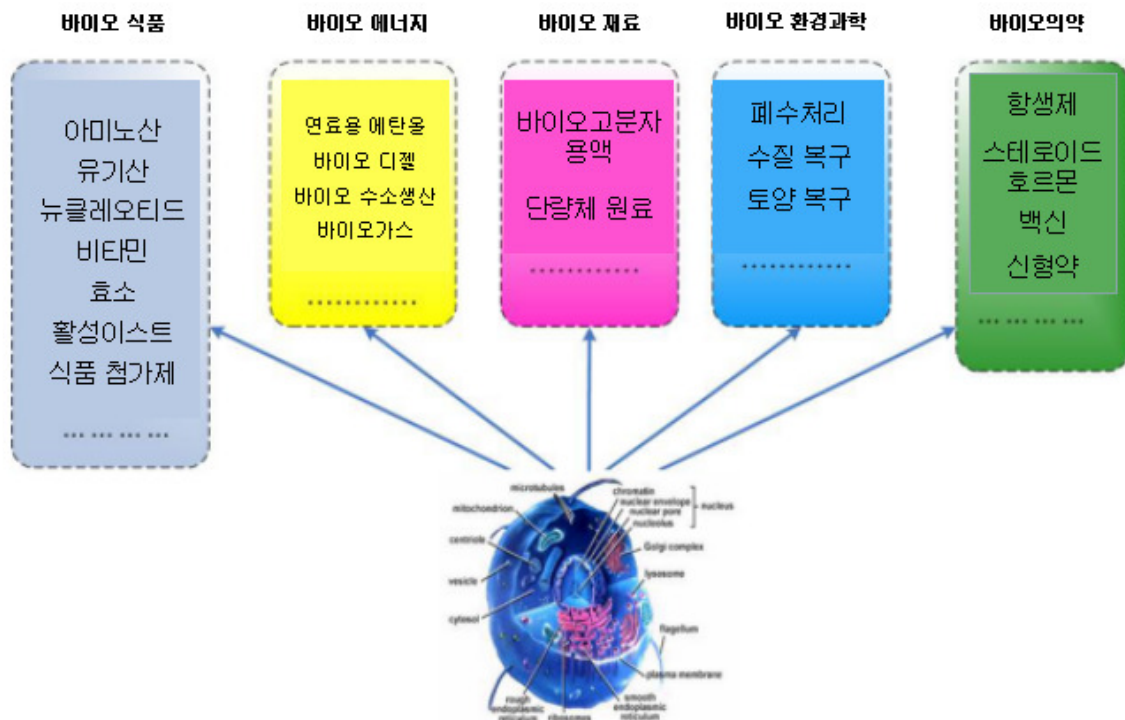
제1장 바이오산업 소개	1
제1절 바이오산업의 개념과 범위	1
제2절 바이오산업의 중국 내 위상	3
제2장 국가 바이오산업 정책	4
제1절 정책 제정과 실행 원칙	4
제2절 바이오산업 계획	4
제3장 상하이시 바이오산업 정책	11
제1절 상하이시 정부 정책	11
제2절 중국과학원 푸둥(浦东)과학기술단지	15
제3절 중국과학원 상하이 생명과학연구원	24
제4절 상하이 뇌과학 연구기관	31
제4장 대표적 바이오산업	35
제1절 연료용 에탄올	35
제2절 바이오 재료	38
제5장 중국 바이오산업의 발전 현황	44
제1절 전반적 발전 현황	44
제2절 중국 지역별 바이오산업의 발전 현황	44
제3절 중국 바이오산업의 혁신능력 취약	45
제4절 중국 바이오산업의 생산과잉 현상	46
제5절 중국 바이오산업의 지식재산권 분쟁 사례	47
제6장 한·중 바이오산업 협력 제안	49
제1절 협력기관 신설을 통해 한·중 바이오산업의 협력 촉진	49
제2절 한·중 바이오산업 공동실험실 구축	49

제1장 바이오산업 소개

제1절 바이오산업의 개념과 범위

바이오산업이란 하나의 총괄적인 개념으로 바이오 식품, 바이오 의약, 바이오 재료, 바이오 에너지, 바이오 환경과학, 바이오 농약 등 영역을 포함하고 있다. 하지만 각 영역 사이에는 명확한 경계선이 없고 일부 생산과정은 동시에 여러 가지 영역에 포함될 수도 있다. 바이오산업이란 생물체(일반적으로 미생물) 및 그 세포, 서브셀(subcell)과 단백질 등 세포 구조(Cyto-architecture)를 이용하여 제품을 생산하는 것으로, 사회에 공급하는 상품과 서비스의 총칭이다.

바이오산업에 포함된 각 영역의 사회적 위상은 차이가 있다. 경제적 시각으로 보면 바이오 식품과 바이오 의약 영역의 발전이 비교적 완전하고, 그 제품 역시 일상생활 속에서 쉽게 접근할 수 있기에 사회경제에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 바이오 재료, 바이오 에너지, 바이오 환경과학 등은 신흥 바이오산업으로 현대 사회의 중요한 기반으로 될 전망이다.



[그림 1-1] 바이오산업 범위

■ 2_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

1. 바이오 식품

바이오 식품은 오랜 역사를 지니고 있다. 이는 인류사회 발전에서 가장 오랫동안 사용된 바이오기술이다. 수천년 전부터 고대 인류는 벌써 발효빵, 술주조와 소스 제조 등 기술들을 사용하고 천연 미생물을 이용하여 식품가공을 하였다. 이러한 전통적인 분야와 달리, 현대 바이오 식품은 주로 아미노산, 유기산, 뉴클레오티드, 비타민, 효소, 활성이스트 및 식품 첨가제 등을 가리킨다.

2. 바이오 의약

바이오 의약이란 미생물학, 생물학, 의학, 생화학 등 연구 성과와 방법들을 활용하여 생물체, 생체조직, 세포, 체액 등을 원료로 예방, 진단과 치료에 사용할 수 있는 제품들을 제조하는 것이다. 바이오 의약은 현대 산업의 발전과 동반한 분야이다. 페니실린(Penicillin)의 발견과 배양기술의 개발은 현대 바이오 의약 분야 발전의 증거이다. 바이오 의약 분야는 주로 항생제, 스테로이드 호르몬, 백신, 신형 약물 등 제품들을 포함하고 있다.

3. 바이오 재료

바이오 재료란 응용 생물학적 제법(Bioprocess)를 이용하여 고분자재료, 단량체(monomer) 등 산업재료들을 생산하는 것을 가리킨다. 석유산업의 발전은 인류사회에 기능이 다양한 각종 재료, 고무, 플라스틱, 나일론 등을 제공하였다. 하지만 석유로부터 오는 고분자재료는 분해하기 어렵고 대량으로 사용하면 환경 오염을 유발할 수도 있다. 응용 생물학적 제법으로 생산한 재료 혹은 바이오 원료로 생산한 고분자재료는 분해가 비교적 쉽게 진행된다. 현재 발전이 비교적 성숙된 바이오 재료로는 폴리락트산(PLA: Polylactic acid), PHA(polyhydroxyalkanoates) 등 고분자재료 및 1,3-프로판디올, 1,4-부탄디올, 숙신산(Succinic acid), 카다베린(Cadaverine) 등 고분자 단량체가 있다. 동시에 에탄올, 부탄올 등을 용매로 한 화학품도 바이오 재료에 포함된다.

4. 바이오 에너지

바이오 에너지는 바이오매스 에너지로도 불리운다. 이는 바이오매스 원료로부터 오는 재생 가능한 에너지를 가리킨다. 이용률과 가공 정도에 따라 바이오매스 에너지는 초급 바이오 연료와 고급 바이오 연료로 나뉜다. 고급 바이오 연료는 에너지량이 더 많고 응용범위가 더 넓어서 기존 바이오 에너지 발전의 주요원료이다. 주로 연료용 에탄올, 바이오 디젤, 바이오 수소 생산과 바이오 가스 등 제품을 포함한다.

5. 바이오 환경과학

바이오 환경과학은 바이오기술을 이용하여 생태환경을 다스리고 보호하는 산업이다. 바이오 환경과학 기술은 주로 미생물의 촉매작용과 대사과정을 이용하여 환경오염 문제를 해결한다. 바이오 환경과학은 주로 폐수 처리, 강, 호수 및 토양 복원 등 산업을 포함한다.

제2절 바이오산업의 중국 내 위상

중국 정부는 바이오산업을 전략적 신흥산업으로 지정하였다. 중대 첨단 과학기술을 토대로 하는 전략적 신흥산업은 미래 과학기술과 산업발전의 새로운 방향을 대표하고, 현대 지식경제, 순환경제, 저탄소경제 발전의 추세를 나타내고 있으며, 아직은 성장 초기 단계이지만 미래의 발전 잠재력은 거대하다. 또한 사회경제 발전에 선도적 역할을 할 수 있는 산업이기도 하다.

여기서 가리키는 바이오산업은 전통적 바이오산업과 달리 분자생물학에 기반하고 현대 바이오기술을 이용한 신형 바이오 제품과 신형 생산방법들을 가리킨다. 1953년, 제임스 왓슨(James Dewey Watson)과 프란시스 크릭(Francis Harry Compton Crick)이 DNA 더블 헬릭스(DNA double helix)의 구조를 발견하면서 분자생물학 시대가 열렸고 분자를 대상으로 유전 연구가 진행되었다. 분자생물학 유전자증폭기술 및 유전자 접합기술, 유전자 발현기술의 발전에 따라 20세기 말과 21세기 초에 바이오기술은 기존 첨단기술 중 발전이 가장 빠른 영역 중의 하나로 되었다. 생명과학, 바이오기술 및 관련 영역의 논문 수는 이미 글로벌 자연과학 논문의 50% 이상에 달하였다.

유전체학, 단백질체학(Proteomics) 및 줄기세포 등 첨단 바이오기술의 발전은 인류로 하여금 생명체에 대한 많은 새로운 지식들을 습득하게 하였다. 의학바이오 기술은 인류 건강 수준과 생활의 질을 향상시킬 것이다. 농업 바이오기술은 농산품 산량과 품질을 대폭 향상시키는 반면 농업 생산 원가를 감소시킬 것이다. 산업 바이오기술은 ‘녹색제조업’의 발전을 촉진할 것이며 오염 폐기물의 배출과 생산원가를 감소시킬 것이다. 그리고 바이오매스 에너지의 발전은 에너지 결핍 문제를 해결해 줄 것이며 환경 바이오기술은 환경오염을 다스리고 생태환경의 개선에 큰 역할을 하게 될 것이다. 또한 바이오기술은 국가안전 보장과 바이오 테러 방지에서 크게 기여하게 될 전망이다. 생명과학과 바이오기술 관련 연구는 이미 과학연구의 주도적 위치에 놓여있다.

제2장 국가 바이오산업 정책

제1절 정책 제정과 실행 원칙

중국 당국은 지난 30여년 동안 바이오산업의 발전을 추진해 왔다. 중국 바이오산업 정책의 발표와 실행은 정부로부터 톱다운 형식으로 추진되지만 정책의 형성은 기층의 실제 수요에 인한 것이다. 정책 제정의 과정을 보면, 지방 기업과 연구소의 전문가들이 먼저 과기부, 국가 발전개혁위원회, 농업부, 석유화학공업연합회, 경공업총회 등 부처에서 공동으로 구성한 전문가위원회 등 컨설팅기구에 제안한 후, 관련 토의를 거쳐 과기부 등 주관부처에서 국무원에 전달해 심의를 받음 다음 국무원에서 중앙계획을 형성하고 발표하게 된다. 정책이 발표된 후 각 기능부처와 위원회에서 구체적인 실행정책들을 제정하고 지방정부 역시 국무원과 부처위원회의 정책에 근거하여 지방 맞춤형의 실행 세칙을 제정한다.

국가발전개혁위원회는 국무원의 허가를 받아 국가 바이오산업 발전 전문가 컨설팅위원회를 설립하였고 2008년 8월 5일에 베이징(北京)에서 국가 바이오산업 발전 전문가 컨설팅위원회 설립대회를 개최하였다. 해당 위원회는 중국 바이오산업의 고위 컨설팅기구이다.

제2절 바이오산업 계획

중국 경제의 고속 발전은 20세기 80년대의 개혁개방으로부터 시작하였다. 특히 2001년 중국이 WTO에 가입하면서부터 빠른 속도로 발전하게 되었다. 중국 정부 역시 신형 산업의 발전을 추진할 수 있는 자금과 능력을 구비하게 되었다. 중국 정부가 바이오산업의 발전에 맞춰 전문적 정책을 제정하기 시작한 것도 10년 전부터이다.

1. 『국가 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』

2006년 2월 9일, 중국 국무원에서는 『국가 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』(国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年))을 발표하였다. 본 『계획』에서 중국은 경제대국이긴 하지만 경제강국은 아니라고 강조하면서 그 원인은 바로 혁신능력이 취약한 것이라고 분석하였다. 또한 중국 경제의 성장은 에너지 자원의 소모에만 의존하였기에 환경오염이 심각하고 경제구조가 비합리적이며 농업기반이 취약하고 첨단기술 산업과 현대 서비스업의 발전이 침체되고 있으며 독자적 혁신능력도 부족하고 기업의 핵심 경쟁력도 취약하다고 보았다. 이에 중국은 독자적 혁신능력을 향상시켜 경제구조 조정, 성장

방식 전환, 국가 경쟁력 향상에 노력을 기울여야 한다고 명시하였다. 중국은 과학기술의 발전을 추진하여 선진국과의 차이를 좁힐 예정이다.

바이오기술과 바이오산업은 기초과학과 응용산업의 관계이다. 중국 정부의 바이오산업 관련 계획은 바이오기술과 상호 보완작용을 한다. 본 『계획』에서는 바이오기술, 정보기술, 신재료기술, 첨단제조기술, 첨단 에너지기술, 해양기술, 레이저기술과 우주항공기술을 과학기술 발전의 8대 첨단기술로 지정하였다.

바이오기술에는 바이오마커 발견 기술, 동식물 품종과 약물분자 설계기술, 유전자조작과 단백질공정기술, 줄기세포 기반의 인체조직공정기술과 차세대 산업 바이오기술 등 5가지가 포함된다. 이는 의학, 농업과 바이오산업 관련 기초연구와 연관되어 있다. 본 『계획』은 향후 10년 동안의 중국 바이오산업의 발전에 가이드 역할을 하게 될 것이다.

2. 『바이오산업 발전 ‘11차5개년’ 계획』

중국의 국민경제 발전 계획은 5년을 한 주기로 하고 있고 명칭은 『중화인민공화국 국민경제와 사회발전 5년 계획 강요』이다. 주로 국가의 중대 건설 프로젝트, 생산력 분포와 국민경제 중요 비율 관계 등에 관하여 계획하고 국민경제 발전에 대하여 목표와 방향을 제시한다. 중국 정부는 『국가 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』에 근거하여 ‘11차5개년’ 계획의 여러 가지 영역에 대하여 구체적인 계획을 하였다. 2007년 4월 8일, 국무원에서는 국가 발전개혁위원회에서 편집한 『바이오산업 발전 ‘11차5개년’ 계획』을 전달하였다.

본 『계획』에서는 중국이 바이오산업을 시급히 발전시켜야 하는 필요성을 지적하였고 바이오산업을 발전시키는 전략적 의의에 대하여 언급하였다. 본 『계획』은 국제적으로 바이오기술의 발전은 이미 대규모 산업화 단계에 진입하였고 바이오 과학기술의 중대 발전은 새로운 산업혁명을 불러일으키고 있다고 밝혔다.

본 『계획』에서는 또한 바이오산업은 바이오 의약의 발전에도 유리하고 국가의 의료수준을 향상시킬 것이고 새로운 품종, 바이오 농약, 바이오 비료 등 면에서 농업의 발전을 추진할 것이며 바이오 에너지와 바이오베이스 재료(biobased materials) 등 면에서의 발전은 국가 산업 구조를 변화하는데 유리하고 친환경 생산 공정을 추진하는데 유리하며 폐기물의 배출을 감소하여 지속가능한 발전을 유지할 수 있다고 보았다.

본 『계획』에서 제시한 임무는 산업규모를 키우는 동시에 독자적 혁신 능력을 향상시키는 것이다. 8가지 전문 프로젝트의 실행을 핵심으로 하는데, 백신과 진단시약 전문프로젝트, 혁신 약물 전문프로젝트, 현대화 중약 전문프로젝트, 바이오 의학공정 전문프로젝트, 바이오 육종 전문프로젝트, 농업용 녹색 바이오제품 전문프로젝트, 바이오 에너지 전문프로젝트, 바이오베이스 재료 전문프로젝트 등이 포함되어 있다.

■ 6_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

본 『계획』은 상기 프로젝트의 실행 관련 인재, 자금, 세금, 시장 환경 등 계획도 제정하였다.

3. 『바이오산업 발전 추진 정책』

2009년 6월, 국무원에서 발표한 『바이오산업 발전 추진 정책』은 『바이오산업 발전 '11차5개년' 계획』에 관하여 정책적으로 구체화한 것이다. 『바이오산업 발전 추진 정책』에서 지정한 현대화 바이오산업 중점 발전 영역으로는 바이오 의약, 바이오 농업, 바이오 에너지, 바이오 제조와 바이오 환경과학 등이다. 또한 이러한 영역의 구체적인 제품에 대하여 소개하면서 『바이오산업 발전 '11차5개년' 계획』 중 인재, 자금, 세금, 시장 환경 등에 대한 세부 정책들을 함께 발표하였다.

세금에 관하여 『바이오산업 발전 추진 정책』에서는 다음과 같이 규정하였다. 바이오기업이 새로운 기술, 공정, 제품을 개발하기 위하여 연구·개발 비용이 발생하였으나 무형자산을 형성하지 않아 당기손익에 기입하지 않은 경우, 규정에 따라 특혜를 주고 또 연구·개발 비용의 50%에 따른 특혜를 준다. 무형자산을 형성한 기업에 대하여 무형자산 자본금의 150%를 상각한다. 첨단기술 기업으로 인정받은 바이오기업에 대하여 세법 규정에 따라 감면하여 15%의 세율에 따라 기업소득세를 징수한다.

4. 『국무원, 전략적 신흥산업의 육성과 발전 가속화 관련 결정』과 『'12차5개년' 국가 전략적 신흥산업 발전계획』

바이오 제조산업 발전 로드맵		
시간	2015년	2020년
발전 목표	바이오 제조기술 능력 대폭 향상, 바이오베이스 제품이 공업용 화학품 중에서의 비중 대폭 향상. PLA(poly-lactic acid), PBS(polybutylene succinate) 등 유기 화공원료와 공업용 바이오재료의 종류가 10만 톤급 규모화 생산을 실현. 새로운 바이오 공정이 염색, 펄핑(pulping), 표백, 디본딩(debonding) 등 공정에서 규모화 응용, 폐기물 배출과 에너지 소모 총량의 대량 감소.	바이오 화공제품, 바이오베이스 재료와 바이오 공정의 규모화 발전 능력 구비, 바이오베이스 제품이 공업용 화학품에서의 비율이 12%까지 도달. 바이오 발효산업가치와 기술이 국제 첨단 수준 도달. 화공, 염색, 펄핑, 제혁(tanning) 등 영역 생산의 30%는 바이오 공정 이용. 폐기물 배출과 에너지 소모 총량의 대폭 감소
중요	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술 개발: 첨단 바이오 제조 과학기술의 연구와 개발을 지원, 미생물 	

바이오 제조산업 발전 로드맵		
시간	2015년	2020년
사건	<p>자원센터와 유전자 데이터베이스 완비. 바이오베이스 원재료의 규모화 생산 공정, 비곡물 원료의 전환, 바이오 합성 기술, 엔지니어링 박테리아(engineering bacteria) 개발 등 핵심기술의 발전. 화학공정, 경공업, 직물업(textile industries) 등 영역에 적용할 수 있는 생분석(Bioanalysis) 생산공정을 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 산업화: 에너지 식물 등 바이오매스 원료의 규모화 생산기지를 설립. 신형 엔지니어링 박테리아, 신형 효소, 아미노산, 올리고당(oligosaccharide)과 바이오베이스 재료, 바이오매스 섬유, 비곡물 발효, 녹색 바이오 공정 등의 산업화 시범 및 응용 • 혁신 능력 배양: 공업용 미생물 균종 자원 데이터베이스 구축. 현대화 발효 공정기술, 바이오 정유(Biorefinery), 바이오 가공과 인공 균종 설계, 개발과 공정화 능력을 향상. 엔지니어링 박테리아 생태안전 평가기술 플랫폼 구축. 발효 등 영역의 산업기술 혁신연맹의 발전을 추진. 	
중요 정책	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오베이스 제품 인증 메커니즘과 재정 보조, 세금 특혜 등 정책을 제정 	

2010년 10월 10일, 국무원은 『국무원, 전략적 신흥산업의 육성과 발전 가속화 관련 결정』을 발표하였고 처음으로 에너지 절약과 환경보호, 차세대 정보기술, 바이오산업, 첨단 장비 제조업, 신에너지산업, 신재료산업과 신에너지 자동차 등 7가지 산업을 전략적 신흥산업으로 지정하였다. 이어 2012년 7월 9일, 국무원은 『‘12차5개년’ 국가 전략적 신흥산업 발전계획』을 제정하였고 전략적 신흥산업으로서의 바이오산업에 대하여 자세한 설명을 하였다. 바이오산업은 주로 바이오베이스 재료 배양, 바이오 화학과 공정 산업 발전, 현대화 발효 산업 강화를 중점으로 하고 있다. 또한 효소 공정, 발효공정 기술과 장비 혁신을 크게 추진하고 있다. 비곡물 원료와 섬유소 전환 핵심기술을 발전시키고 바이오에탄올(Bioethanol), 바이오닉 산(bionic acid), 바이오디젤(biodiesel) 등 바이오베이스 유기 화학 공정용 원재료들을 발전시키고 바이오 플라스틱, 바이오 섬유 등 바이오재료의 산업화를 추진한다. 녹색 바이오공정이 화학공정, 펄프, 염색, 제혁 등 영역의 핵심 공정부분에서의 응용 시범을 추진하고 엔지니어링 미생물과 친환경 발효기술의 응용을 추진한다. 그리고 새로운 발효제품의 글로벌 경쟁력을 향상시키도록 한다. 본 『‘12차5개년’ 국가 전략적 신흥산업 발전계획』에서는 바이오산업의 발전 루트맵을 제시하였다.

5. 『‘12차5개년’ 바이오기술 발전계획』

2011년 1월, 과기부는 『‘12차5개년’ 바이오기술 발전계획』을 발표하였는데, 여기에는 바이오기술 발전에 관한 자세한 실행계획이 포함되어 있다. 『‘12차5개년’ 바이오기술 발전계획』은 기초연구, 응용연구와 산업화 등 여러 영역에도 자세한 실행조치들을 제시하였다. 그 중 중점 계획에는 미래 기초연구, 핵심기술, 중대 제품과 기술 시스템, 혁신 능력 구축 등 내용을 포함하고 있다.

생명과학과 바이오기술의 발전에 존재하는 중대과학문제에 대한 기초연구는 주로 973계획이 실행하고 바이오기술과 산업 발전 중의 핵심 첨단기술과 기반성 핵심기술은 주로 863계획이 지원한다. 그리고 바이오기술 성과전환, 응용과 산업화 개발시범은 주로 국가 과학기술 지원계획에서 지원하고 바이오기술 발전에 관련되는 글로벌, 다부문간, 다국적 중대기술문제와 집성기술 시범은 주로 국가 과학기술 중대 전문프로젝트에서 지원한다. 또한 시장 메커니즘을 통하여 사회적 역량을 집결해 공동으로 추진하도록 한다.

중국 정부는 바이오기술 발전을 전격 추진하는데 그 중 하나가 바로 바이오기술을 선도로 바이오산업이 21세기 경제 발전의 새로운 성장 포인트로 발전하도록 하는 것이다. 바이오기술은 현재 대규모 생산화의 단계에 진입하고 있다. 바이오 의약, 바이오 농업도 성숙되어 가고 있고 바이오 제조, 바이오 에너지, 바이오 환경과학 등도 빠르게 발전하고 있다. 글로벌 바이오산업의 판매액은 5년 1배속으로 증가하고 있고 연간 증가율은 30%에 달한다. 이는 세계 경제 증가율의 10배이다. 현재 바이오산업은 이미 증가율이 가장 빠른 경제 영역으로 되었다. 2009년 중국 바이오산업 가치는 1.4조 위안에 달하였는데 그 중 의약산업 가치는 1.0381조 위안이었고 바이오 농업은 약 1.2천억 위안, 바이오 제조는 약 1.8천억 위안, 바이오 에너지는 약 280억 위안이였다. 그 다음해인 2010년 중국 바이오산업의 가치는 1.5조 위안에 달하였다.

바이오기술 발전계획은 자금보장과 인재보장을 떠날 수 없다. 그리하여 본 계획에서는 과기부의 전문프로젝트 자금 외에 전국의 자원과 인력파워를 강화하여야 한다고 지적하였다. 멀티 투자 메커니즘을 구축하여 사회적 자금이 바이오기술 영역의 창업에 투자할 수 있도록 인도한다. 또한 산학연의 결합을 독려하고 기업과 대학교, 과학연구소의 협력으로 바이오기술 성과전환을 하도록 독려하며 기존의 국가공정실험실, 국가공정기술 연구센터 등을 개조하거나 새로 설립하여 과학연구 성과의 공정화와 계통적인 집성능력을 향상한다. 해외 기관들이 중국에 연구개발센터를 설립하는 것을 독려한다. 지식재산권 제도를 완비하고 양호한 독려제도를 형성하며 지식, 기술, 성과, 특허 등으로 주식을 취득하는 방식을 허용하여 연구와 혁신에 적극 참여하도록 한다. 그리고 지역과 글로벌의 협력을 확대하고 국외의 우수한 기술과 인재 자원을 충분히 이용하도록 한다.

6. 『바이오산업 발전계획』

2012년 12월 29일, 국무원은 『바이오산업 발전계획』을 공표하였다. 본 계획은 ‘12차5개년’ 『바이오산업 발전계획』이기도 하다. 본 계획은 기업을 주체로 하였고 중국 바이오산업의 발전에 대하여 단계적 목표를 제정하였다. 2015년까지 중국 바이오산업은 자기만의 특색을 지닌 산업발전 능력을 구비하고 사회경제의 발전에 대한 기여가 증가하며 글로벌 산업 경쟁에서 유리한 위치를 차지하도록 한다. 2020년까지 바이오산업은 국민 경제 핵심 산업으로 발전하여야 한다.

그 목표로

1) 더욱 합리적인 구조를 형성한다. 전반적 바이오산업 중점 영역을 발전시키고 뉴포맷(New format)의 건강한 성장으로 산업구조의 최적화를 이룬다. 또한 글로벌 경쟁력을 갖춘 대기업과 혁신능력을 갖춘 중소기업들을 육성하고 자신만의 특색과 글로벌 영향력을 동시에 갖춘 산업클러스타와 우위 산업사슬을 형성한다.

2) 혁신 능력을 향상시킨다. 국제적 첨단 수준을 보유한 산업기술 혁신시스템 프레임을 형성하고 기업의 연구개발 투입이 수익액에서 차지하는 비율이 향상하여야 한다. 또한 핵심기술이 대폭 발전되고 해외에 수출한 특허 건수가 증가하여야 하고 독자적 지식재산권을 지닌 혁신제품들의 넓은 범위에서의 응용을 추진하여야 한다.

3) 규모와 질의 대폭 향상을 도모한다. 2013~2015년, 바이오산업 가치의 연간 증가 속도는 20% 이상을 유지하였다. 2015년, GDP 중 바이오산업 증가치가 차지하는 비중은 2010년 대비 1배 증가하였고 그 산업 증가치도 향상되었다.

4) 발전환경을 개선한다. 비교적 완비한 바이오 신제품, 신기술의 시장 진입, 가격 형성, 시장 감독관리 등 관리시스템을 형성하고 혁신 수요자와 공급자에 대한 더블 독려정책 시스템을 구축하며 공공 서비스, 바이오 안전보장과 산업 통계 등 서비스 시스템을 완비한다.

5) 사회적 이익을 창출한다. 바이오기술과 바이오 제품의 대량 응용과 바이오산업이 인체 건강 개선과 양식과 에너지 안전 보장, 녹색 성장 추진, 생태환경 개선, 일자리 창출 등 면에서의 영향력을 강화한다.

7. 『국가 중대 과학기술 인프라 건설 중·장기 계획(2012~2030년)』

바이오산업과 바이오기술은 밀접히 연관되어 있는 산업응용과 기초연구의 관계이고 바이오산업의 발전과도 상호 연관되어 있다. 중국은 바이오기술 관련 인프라 건설에도 계획을 추진하였다.

2013년 2월 23일, 국무원에서는 『국가 중대 과학기술 인프라 건설 중·장기 계획(2012~2030년)』를 발표하였다. 그 중, 생명과학 영역의 기초 건설은 주로 생명체 탐구와

■ 10_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

인류 건강 해결, 농업의 지속가능한 발전 등 중대 과학기술 문제들을 목표로 하고 있다. 생명체 시스템 운동규칙의 해석, 생물학과 의학 기초연구의 임상 응용전환, 생식질(germplasm) 자원의 보호와 개발 및 현대화 육종 등에 대하여 대형 장치를 핵심하고 각종 기기들을 집성한 종합연구시설을 건설하도록 한다. 그리고 규모화 데이터 자원을 핵심으로 한 공공서비스시설을 완비하고 생명과학으로 하여금 거시적 및 미시적 2가지 차원에서 발전하는 한편 또한 통합되는 방향으로 나아가며 인체 건강, 의료 혜택과 바이오 육종 중의 중대 과학기술 난제들을 해결하도록 한다.

현대화 의학 영역에서는 의학연구 중개시설을 건설하고 분자, 세포, 조직, 개체 등을 통하여 계통적으로 인류 질병의 발생, 발전과 전이·호전의 규칙을 규명하고, 바이오의학 기초연구의 성과를 임상진료기술로 전환한다.

농업 영역에서 국가 농업바이오 안전과학센터를 설립하고 외래 위험생물, 농작물 파괴 특이성 생물과 유전자 변이 생물로부터 보호할 수 있는 혁신이론, 방법과 새로운 예방기술 연구를 추진한다. 동물모델 연구시설을 건설하고 표현형(phenotype)과 유전자형(genotype)의 관계, 유전정보의 고선속(high-flux) 취득과 공정적 전환, 세포와 동물 모델의 개발과 응용 등 연구들을 지원하도록 한다. 농작물 생식질 표현형과 유전자형, 동물 질병, 농업 미생물 등 연구 시설을 건설하여 중국 농업바이오기술과 산업의 지속적인 발전 및 생물 다양성 보호에 도움을 준다.

생명과학 첨단 영역에서 고선속, 고정밀, 규모화의 단백질 조제와 정화, 구조 분석, 기능 연구 등을 진행할 수 있는 단백질 과학 연구시설을 건설한다. 시스템 생물학 연구시설 및 합성생물학 연구시설 건설에 대한 사전연구를 진행한다. 복합 시스템 차원에서 생물체의 구조, 행위, 제어 메커니즘 등에 대하여 이해하고 바이오 시스템의 운동규칙, 균열·복원과 생명디자인 등 과학적 문제들을 종합적으로 분석한다.

생명과학 기초연구 영역에서 대형 이미징과 정밀적인 고효율 분석연구 시설을 건설하여 생물학의 실시간 연구와 다차원적 검측, 분석, 합성 등 기술 개발에 대한 수요를 충족시키도록 한다. 바이오 정보센터 구축에 대한 사전연구를 진행하고 생명과학 연구에 과학적 데이터, 생식질 자원, 실험 샘플과 재료 등 기초지원을 제공한다.

제3장 상하이시 바이오산업 정책

제1절 상하이시 정부 정책

상하이시(上海市)는 중국 개혁개방의 선도 도시이고 중국의 경제적 중심이기도 하다. 상하이시 정부는 바이오산업의 발전, 특히 신형 바이오산업의 발전을 중요시한다.

1. 『상하이시 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』

국무원의 『국가 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』에 기반하여 상하이시는 자신의 구역특징에 근거하여 『상하이시 중·장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020년)』을 제정하였다. 상하이시의 해당 계획은 상하이시 과학기술과 산업발전에 전반적인 지도 역할을 한다. 중국은 면적이 크기에 지역 간의 발전 격차도 아주 크다. 상하이시는 중국 최대 도시로 경제와 사회 발전 수준이 높다. 그러므로 상하이시의 계획은 중앙정부의 관련 계획보다 많이 선진적이다. 본 계획의 전반적 목표는 상하이시가 지식사회로 부상하는 것이다. 상하이시가 지식사회가 되려면 혁신적인 사회 환경의 형성, 과학기술 투입과 생산의 동반 성장, 경제구조의 조정 등을 실현하여야 한다.

본 계획에서 제기한 상하이 중·장기 과학연구의 주요임무는 생명과학, 재료과학과 공정, 물질과학과 정보, 우주항공과 지질학, 융합과학 등 5가지 중점영역에 대하여 23개의 주제들을 우선으로 연구하도록 한다. 그리고 생명과학과 재료과학 등 영역에서 세계 과학기술의 최정상에 설 수 있도록 노력하고 나노, 바이오, 정보, 인지과학 등 학과에서의 교차와 융합을 추진하여 새로운 학과 우위를 형성한다.

생명과학은 본 계획에서 가장 중요한 중점영역이다. 바이오 복합시스템, 단백질 기능과 구조 등 면에서의 중대 발전을 통하여 바이오 의약 산업에 든든한 기반을 제공한다. 주로 7가지 우선 발전 주체를 포함하는데 바이오 복합시스템 구조와 활동 과정, 단백질의 구조와 기능, 줄기세포와 재생의학, 생식과 발육, 중요 질병의 발병 메커니즘과 바이오 모델, 화학 유전체학과 신약의 발견, 농업생물의 유전 제어와 분자 개량 등이 포함되어 있다.

한마디로 상하이시 바이오산업의 발전 중점은 바이오 의약 영역이다.

2. 『상하이시 바이오 의약 산업 발전 행동계획』

바이오 의약 산업은 상하이시의 특색 산업이다. 상하이시 정부는 바이오 의약 산업의 발전

■ 12_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

을 추진하기 위하여 『상하이시 바이오 의약 산업 발전 행동계획』(2009~2012년)』과 (2014~2017년)을 잇달아 발표하였다.

2008년 통계에 의하면, 바이오 의약 생산 기업은 410개, 전 영역의 경제 총량은 1,034.6천억 위안으로 15.8% 증가하였다. 그 중, 제조업 산업 총생산가치는 437.3억 위안으로 15.6% 증가하였다. 의약품 판매수입은 547.3억 위안으로 14.9%, 아웃소싱 서비스산업의 수입은 50억 위안으로 28.2% 증가하였다. 화학약학산업의 총생산가치는 전체 경제 총량의 44.7%를, 의료기기는 19.4%를, 바이오 제품은 10.2%를, 중약은 8.1%를, 기타는 17.6%를 차지한다. 그리고 세프트리악손 나트륨(Ceftriaxone sodium) 등 연간 판매액이 1억 위안을 넘긴 45개의 제품들을 출시하였다.

(2009~2012년) 계획에 의하면, 상하이시 각 지역은 6개의 산업기지를 건설한다. 즉 푸둥 장장(浦东张江)-저우강(周康), 민항(闵行)과 쉬후이(徐汇)에 바이오 의약품 연구개발과 임상 서비스 아웃소싱 산업기지를 건설하고 핑샨(奉贤), 진산(金山), 칭푸(青浦)에 바이오 의약 산업기지를 건설한다. 이러한 기지들의 작용은 관련 산업들을 집결하고 지역의 우위를 형성하는 것이다.

(2009~2012년) 계획에서 제시한 상하이 바이오 의약 산업 발전을 추진하는 중점 임무: 바이오 의약 제조업을 중점적으로 발전, 의약 상품화를 확대, 바이오 의약 아웃소싱 서비스산업을 육성, 독자적 혁신능력의 향상 등이다. 상하이시의 바이오 의약 산업은 내실있는 산업으로 중국 내외 국제시장을 목표로 한다.

(2009~2012년) 계획은 이미 완성되었다. 새로운 (2014~2017년) 계획에서 지적하기를 『상하이시 바이오 의약 산업 발전 행동계획(2009~2012년)』의 실행을 통하여 상하이 바이오 의약 산업의 규모는 점차 확대할 것이고 그 산업구조는 더욱 합리적으로 변할 것이며 대기업과 중견기업의 성장과 혁신능력의 강화, 정책의 최적화 등을 이룩할 것이다. 2012년, 전체 상하이시 바이오 의약 산업의 경제 총량은 2,104.13억 위안으로 2008년의 2배를 기록하였다. 그 중, 제조업의 수입은 835.97억 위안으로 84.07%, 마케팅 판매수입은 1,117.46억 위안으로 1.2배 증가했으며 연구·개발 아웃소싱 서비스 수입은 150.7억 위안으로 2배 증가하였다. 6개 산업기지의 제조업의 수입은 600억 위안을 초과하였는데 이는 전 상하이시 동일 영역 수입의 80%이상을 차지한다. 또한 전 상하이시의 새로 투자한 바이오 의약 프로젝트의 80% 이상이 이 6개 기지에 집중되어 있다. 그 산업 집결 효과는 날로 뚜렷해지고 있다.

(2014~2017년) 계획은 (2009~2012년) 계획의 연장으로 큰 변화는 없었다. (2014~2017년) 계획 중, 상하이시 바이오 의약 산업의 중점 임무는 바이오 의약 제조업의 대거 발전, 의약 상품화의 확대, 바이오 의약 연개발 아웃소싱 서비스산업의 발전 추진, 기업 발전 중점 지원, 브랜드 제품 육성, 지속적인 혁신능력의 향상 등이다.

3. 『상하이시 ‘12차5개년’ 바이오 의약 산업 인재계획』

본 계획에서 지적하기를, 바이오 의약 산업은 생명건강에 관련되는 중요한 산업으로 네트워크 경제 다음으로 경제성장이 빠른 또 하나의 영역이라고 하였다. 『상하이 ‘12차5개년’ 바이오 의약 산업 발전계획』에서는 “상하이시를 아시아-태평양 바이오 의약 혁신제품 제조중심, 상업화 중심, 연개발 중심으로 구축하여야 한다” 고 제안하였다. 이어 따라 바이오 의약 산업 인력그룹의 육성도 필수가 되었다. 『상하이시 ‘12차5개년’ 바이오 의약 산업 인재계획』은 상하이시 바이오 의약 산업의 발전에 필요한 고급 인력의 유치와 육성 등에 관한 정책들을 제시하였다.

4. 『상하이시 바이오 의약 산업 발전 추진 정책』

상하이시 정부는 각각 2009년과 2014년에 본 정책을 발표하였다. 본 정책은 『상하이시 바이오 의약 산업 발전 행동계획』(2014~2017년)의 실행을 구체화 하기 위하여 제정된 것이다. 기재된 내용의 대부분은 바이오 의약 산업기지 건설에 관한 것이고, 일부는 새로운 제품 관리에 관한 것이다.

5. 『지식재산권 응용과 보호 강화를 기반으로 한 과학기술 혁신센터 건설 실행 의견』

본 의견은 바이오 의학 산업 관련 내용은 아니지만 상하이시 바이오 의약의 지식재산권 보호에 추진역할을 할수 있다.

본 의견 중 바이오산업에 대한 중요한 조항은 11조와 12조의 내용이다.

제11조 지식재산권 자원의 집결 추진

상하이시가 아시아-태평양 지역에서 지식재산권 중심도시로 성장하는 것을 추진한다. 그리고 국가 지식재산권 주관 부처와의 협력 메커니즘을 강화하고 더욱 많은 지식재산권 중대 프로젝트들이 상하이시에 자리잡을 수 있도록 노력한다. 또한 WIPO과 협력하여 상하이 지식재산권 국제 포럼, 지식재산권 학원 등 프로젝트를 완성하고 WIPO가 상하이에 “지식재산권 기여상” 설립을 지원하여 지식재산권 보호, 응용, 인재 육성 등 면에서의 협력을 추진하고 상하이를 아시아-태평양 지역의 지식재산권 심사, 지식재산권 분쟁 중재와 소송의 우선 선택지역으로 건설한다.

제12조 지식재산권 영역의 개혁 본격화

상하이 지식재산권 법원의 다지역 지식재산권 사건 심사 메커니즘을 구축하도록 한다. 상하이 FTA 실험구역과 푸둥신취(浦东新区)의 우선 가동을 지원하며 특허, 상표, 저작권 등 지식재산권 행정관리와 법률 시스템을 완비하고 경험을 누적하고 시범과 유도 작용을 하도록 한다. 또한 상하이시에 국가 지식재산권-특허청 PCT 특허심사 센터를 설립하도록 한다. 국가

■ 14_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

의 전반적 계획에 따라 지식재산권 영역의 개혁을 심화한다.

이 두가지 조항은 상하이 지식재산권 심사와 법률적 보호를 진행할 수 있는 센터로 만들 수 있고 바이오산업을 포함한 전반적 산업의 발전을 추진할 수 있다.

6. 『중국(상하이) 자유무역시범지대(Shanghai Pilot Free Trade Zone)와 상하이 장강(張江) 국가 독자적 혁신시범구의 연합 발전 추진 계획서』

상하이 FTA는 중국 정부가 개혁개방 과정에서 추진하는 또 하나의 새로운 실험사업이다. 장강(張江) 첨단과학기술단지는 바이오의약과 정보기술 산업을 중심으로 한다. 본 계획서의 정책들은 상하이시 바이오 의약 산업의 발전에도 중요한 역할을 한다.

그 중, 비교적 중요한 내용들은 다음과 같다.

혁신 약물 출시 허가 보유자 시행 제도를 추진한다. CFDA 약품심사센터 상하이 지사를 장강 시범구에 설립하여 혁신 약물 임상실험 평가제도 개혁을 시행한다. 연구개발 혁신을 장려하고 자원을 통합하며 출시 허가과 생산 허가를 분리한 혁신 약물의 출시 인허가 제도를 시행하도록 한다. 또한 CMO 등의 새로운 패턴의 발전을 지원하고 계약서 기반 생산 약품 품질 책임제도를 발전시키고 계약서 기반 약품 생산 리스크 지원기금제도를 구축한다.

7. 『과학기술 성과 이전 추진 실행 의견』

중국 기업과 연구개발기구 사이의 협력에 관하여 이미 앞 내용에서 서술하였다. 중국에서 과학기술과 산업의 결합을 저해하는 다른 하나의 정책적 문제는 지식재산권 전환 중의 이익 배분 문제이다. 중국의 과학연구기관들은 대부분 국가 소속으로 그 지식재산권 역시 국가의 것이다. 이로써 산생되는 이익도 당연히 국가 소유이다. 그러므로 기초과학연구기관은 지식재산권 이전에 어려움이 있을 수 밖에 없다. 과학기술 성과 전환을 추진하기 위하여 국가와 지방정부는 최근에 관련 정책들을 제정하였다.

2014년 11월, 재정부, 과기부와 국가 지식재산권국에서는 연합으로 국가 독자적 혁신시범구, 허우뺩(合芜蚌) 독자적 혁신종합시험구역에 ‘중앙 사업기관의 과학기술 성과 사용, 처리와 수익관리 개혁 시험구역’ 을 설립하였다. 그리고 중국 내 20개 기관을 대상으로 시행하였다. 시행 중, 과학기술 영역 종사자들의 수입은 그들의 노력과 정비례하게 되었고 과학기술 성과 이전 혹은 타인이 응용하여 수익이 발생하여도 비율에 따라 배분하고 그 장려금도 대폭 향상하였다. 이로 인하여 시험적인 요소에 강한 중국과학원 상하이 약물연구소는 2015년에 총 15개의 신약 연구개발 성과 이전에 성공하였고 그 계약금액은 8억 위안을 넘었는데 이는 그전 5년 동안의 성과 전환 총액에 해당한다.

2015년 11월에 상하이시는 『과학기술 성과 이전 추진 실행 의견』 을 발표하였는데, 주로

‘중앙 사업기관의 과학기술 성과 사용, 처리와 수익관리 개혁 시험구역’의 주요 내용들을 포함하였다.

그 내용은 주로 다음과 같다.

1) 대학교, 과학연구소 등은 자체로 과학기술 성과 이전, 허가, 주식 투자 등 방식을 결정할 수 있고 과학기술 성과 이전 활동을 추진할 수 있다.

4) 대학교, 과학연구소에서 직무 과학기술성과 전환을 실행할 경우, 관련법에 따르거나 성과 보유자, 이전자 등과 협상해서 장려와 보상 금액, 방식 등을 결정하여야 한다. 이러한 과정을 거치지 않은 경우, 관계자에 성과 이전 수익의 70% 이상을 배분하여야 한다.

이러한 정책의 발표는 과학기술 성과 이전 권리를 기층 연구개발기구에 주었고 개인과 그룹의 수익에 대해서도 명확히 하였다. 이로써 기층 연구개발기구의 연구자들의 열정을 유발하였고 그 효과는 드러나고 있다.

제2절 중국과학원 푸둥(浦东)과학기술단지

중국과학원 상하이 푸둥과학기술단지는 장장 첨단과학기술단지의 남쪽에 위치하여 있다. 2008년 9월 26일, 중국과학원과 상하이시 인민정부는 『중국과학원과 상하이시의 협력 강화에 관한 협의』를 체결하였고 공동으로 중국과학원 상하이 푸둥과학기술단지를 설립하여 중국과학원의 과학기술 혁신기지의 건설과 상하이 ‘과학기술로 도시 번영 도모’ 전략과 ‘핵심장장’ 전략의 결합을 추진하도록 하였다. 푸둥과학기술단지의 건설은 빠른 속도로 진행되고 있다. 현재 본 단지에 입주 성공한 기관으로는 상하이 고등연구원, 상하이 약물연구소, 국가단백질센터, 상하이 과학기술대학과 상하이광원(Shanghai Synchrotron Radiation Facility) 등이다.

푸둥과학기술단지는 중국과학원이 상하이에서 진행하는 신형 전략적 연구기지이다. 푸둥과학기술단지는 과학의 혁신, 기술혁신과 시스템 집성, 성과의 이전과 산업화를 목표로 하고 있다. 그리고 전통적 패턴을 떠나 교차적이고 집성적이며 오픈된 과학기술 혁신플랫폼을 구축하고자 한다. 또한 시스템과 메커니즘의 혁신을 도모하고 과학기술 혁신 가치 고리를 잇고 국가의 전략적 수요와 구역 경제의 발전에 노력을 기울이고 있다. 교차-집성 혁신과 성과 이전과 전환은 그 발전 특징이다.

푸둥과학기술단지, 상하이 약물연구소, 국가 단백질 과학센터와 상하이광원 등 기관에서 주로 기초연구를 진행하고 상하이 과학기술대학은 인재 육성을, 상하이 고등연구원은 주로 시스템 집성과 성과이전을 담당한다. 이러한 기관들은 독립적으로 운영되면서 서로 협력하기도 한다.

1. 중국과학원 상하이 고등연구원

중국과학원 상하이 고등연구원은 중국과학원과 상하이시 인민정부에서 공동으로 설립한 과학연구기관으로 중국과학원상하이 푸둥과학기술단지에 위치하여 있다. 상하이 고등연구원은 독창적인 혁신과 집성 혁신 연구를 진행하고, 중국 내외 연구개발기관, 대학, 기업과의 협력을 강화하며 중국내외 우수 학자들을 모아 중국의 전략적 신흥산업을 발전시켜 기술의 선구자로 거듭나며 과학기술 성과의 이전을 추진한다. 그리고 과학기술-경제, 과학기술-교육, 과학기술-금융, 과학기술-문화의 4가지 결합을 실현하고 글로벌 경쟁력을 보유한 연산, 학·용 일체화의 다학문 교차 특성의 종합적 과학교육기관으로 부상하는 것을 목표로 하고 있다. 그리하여 국가와 지역 경제의 성장방식 전환에 관련된 기술적 기반과 컨설팅 지원을 제공한다.

중국과학원 상하이 고등연구원에서 추진하는 바이오산업의 발전 관련 연구는 주로 바이오정유, 첨단의료기기 및 줄기세포 등 3가지이다.

바이오 정유실험실은 주로 생분석법으로 화학 약품을 제조하고 바이오 에너지, 농업과 생물학적 오염처리 등 관련 연구를 진행한다.

실험실 주요 연구자들은:

하오젠(郝健) 박사, 연구원으로 칭화대학 화학공정학부를 졸업하였다. 2007~2008년 UCL(University College London)에서 박사후 학위 취득하였다. 주로 생분석법으로 화학 약품을 제조하는 연구를 진행하는데 그중에서도 특히 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae*)으로 화학 약품을 생산하는 연구를 전공하고 있다. 그리하여 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae*)에 적용할 수 있는 유전자재조합기술을 개발하였고 이 기술을 이용하여 폐렴간균 1,3-PD (1,3-propanediol) 합성 오페론(operon) 중의 조절 메커니즘과 2,3-부탄디올 (2,3-butanediol)의 3가지 입체 이성체의 합성 메커니즘을 발견하였다. 또 기질(substrate)의 전환비율을 증가하고 균주 생산량을 증가하는 방법을 개발하였다. 그리고 폐렴간균으로 (2R,3R)-부탄디올, 아세토인(Acetoin), 글루콘산(Gluconic acid), 2-케토글루콘산(2-ketogluconic acid), 크실론산(Xylonic acid), Dimethylpyruvic acid 등 화학 약품들을 생산하는 방법도 개발하였다.

스지핑(史吉平) 박사, 연구원으로 중국농업과학원을 졸업하였다. 주로 바이오 에너지 관련 연구를 진행한다. 카사바(cassava), 옥수수 껍질, 대나무 가수분해물 등 비곡물 원료로 부탄올을 생산하는 기술과 투석증발(pervaporation)로 부탄올을 분리하는 기술을 개발하였다. 또한 부탄올이 엔진에 사용할 수 있는 여부에 관하여 연구를 진행하기도 하였다.

순준송(孙俊松) 박사, 연구원으로 독일 마부르크대학(Philipps-Universität Marburg)을 졸업하였다. 주로 농업과 생물학적 오염처리 관련 연구를 진행한다. 가축분뇨 감량, 가축사육 폐수의 생물학적 처리 등에서 많은 기술을 개발하였고 대규모 실험을 진행하였다.

중국과학원 상하이 고등연구원 바이오 정유실험실은 이미 한국생명공학연구원과 MOU를 체결하였고 쌍방은 생분석법으로 화학 약품과 바이오 에너지 생산을 위한 협력 연구를 진행하였으며 공동학술세미나를 수회 개최하였다.

고급 의학이미징기술 연구센터와 상하이 유나이티드 이미징(United Imaging) 의료유한회사, 고급 의학이미징기술 연구센터는 중국 정부의 특별 지원을 받고 있는 연구센터이다. 현재 중국 고급 의료기기는 주로 GE사, 지멘스사 등 글로벌 대기업에서 생산한 것으로 중국 국민들이 부담하는 의료비용이 높을 수밖에 없다. 중국 내 의료비용 원가를 낮추기 위하여 중국 정부는 독자적으로 국산 고급 의료기기를 연구개발하기를 바라고 있다.

주요 연구자들은:

첸첸(陈群) 박사. 첸첸 교수는 1993년 미국에서 박사 학위를 취득한 후부터 줄곧 의학이미징 영역에서 연구를 진행하였다. 그 연구방향은 주로 MRI 신기술의 개발이다. 특히 첨단영역에서의 자기공명(Magnetic resonance)이 심, 폐 중대질병에 대한 기능성 평가의 첨단영역에서의 응용 연구개발이다. 첸첸 교수는 MRI 시스템의 하드웨어에 관하여 많은 성과들을 이룩하였고 자기공명 시스템의 전반적 구조, 물리적 원리, 임상 응용, 이미징 알고리즘(imaging algorithms), 시그널과 이미징 후처리에 대하여 깊은 이해를 갖고 있고 미래형 연구를 진행하고 있다.

유나이티드 이미징 의료유한회사와 중국과학원 상하이 고등연구원은 협력관계이다. 중국과학원 상하이 고등연구원의 고급 의학이미징기술 연구센터는 주로 상하이 유나이티드 이미징 의료유한회사에 서비스를 제공하고 있다.

진단 영역에서 유나이티드 이미징은 독자적으로 풀라인 고급 의료영상 제품을 연구개발하였다. CT, MI, MR, X-ray 등 제품을 포함하고 있다.

치료 영역에서 유나이티드 이미징은 자회사의 훌륭한 이미징기술 연구개발 실력을 이용하여 독자적으로 고급 RT기기를 개발하여 실시간 고해상도 RT기술을 제공하였다. 이로써 미세병변 정밀치료, 비병변 조직 저손상을 실현하여 의료 수준을 향상시킬 수 있다.

의료정보화 영역에서 유나이티드 이미징은 지역 의료자원 분포가 불균형한 현상에 대하여 혁신적인 의료정보화 해결방법(HSW)을 제공하였다. 지역 인터넷을 통하여 원격 진단, 원격 훈련과 보수유지를 진행하고 의료자원을 효율적으로 통합하며 치료 효과를 향상시키고 의료 범위를 확대하였다.

상하이 유나이티드 이미징 의료유한회사는 중국 정부의 지원을 받고 있다. 유나이티드 이미징의 제품들은 글로벌 브랜드와 비교할 때, 원가가 평균 30%정도 낮고 개별 제품의 가격은 절반 정도 낮다. 현재 유나이티드 이미징의 제품들은 이미 중국 내 병원에 보급되어 사용하고 있다.

줄기세포와 나노미터 의학 연구센터와 동방병원. 중국과학원 상하이 고등연구원의 줄기세포

■ 18_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

포와 나노미터 의학 연구센터는 줄기세포 연구, 나노미터 기술과 바이오의학의 결합을 임상 의료에 적용하고 있다. 그리고 현재 주로 통지대학(同濟大學) 부속병원인 동방병원과 협력하여 그 연구를 진행하고 있다.

상하이 고등연구원-동방병원의 ‘줄기세포공정 전환 의학센터’는 2012년 11월에 설립되었고, 줄기세포 연구 성과를 가장 짧은 시간에 성공적으로 임상 질병의 치료에 응용하도록 하는 것이 목표이다. 상하이 내 여러 줄기세포 첨단과학기술회사에서 총 5,600만 위안의 금액을 투자하여 공동으로 줄기세포공정 전환 의학센터를 설립하였다. 본 센터에는 세포 제조와 GMP플랫폼, 줄기세포 저장 플랫폼, 줄기세포 약물 선별 플랫폼, 세포 3D프린팅 조직공정 플랫폼, 세포 제품 안전평가와 질량 제어 플랫폼 등 5개 플랫폼이 구축되어 있다. 동 센터는 이미 심장 줄기세포(Cardiac Stem Cells)를 심부전에 적용하고, 줄기세포로 파킨슨병(Parkinson)을 치료하는 등 임상 연구 프로젝트들을 준비하고 있다.

주요 연구자들은:

장비오(姜标) 박사, 연구원, 중국과학원 상하이 고등연구원 부원장, 주로 동방병원과의 협력 사업을 총괄하고 있다. 비대칭 합성 반응 방법 연구를 전공으로 하고 있는데 비대칭 Pauson-Khand 반응 방법 연구, 신형 키랄 리간드(chiral ligands)의 설계, 합성 및 비대칭 반응 중에서의 응용, 말단 알킨이 카보닐기 및 폴리이미드에 대한 비대칭 합성반응 연구를 포함하고 있다. 또한 이러한 연구결과들을 항에이즈 약물의 합성에 응용하였으며 이것을 기초로 하여 처음으로 독자적 지식재산권을 지닌 새로운 항에이즈 화합물을 합성하였다. 유사한 분자구조를 지닌 화합물 데이터베이스를 구축하여 새로운 항에이즈 약물을 연구함으로써 중국의 항에이즈 신약 개발에 기여하였다.

2. 중국과학원 상하이 약물연구소

중국과학원 상하이 약물연구소는 중국의 유명한 약물연구기관이다. 상하이 약물연구소는 글로벌 생명과학 발전의 첨단영역 및 약물 연구의 중요 과학문제들을 핵심으로 혁신 약물 기초와 응용기초 연구를 진행하고 새로운 약물 연구 이론, 방법과 기술들을 발전시킨다. 약성 종양, 심뇌혈관 질환, 신경계통 질환, 대사성 질환, 자아면역질환 및 감염성 질환 등에 대한 신약 개발을 중점적으로 추진하고 현대화 중약의 연구개발을 강화한다. 상하이 약물연구소는 현재 4개의 국가 연구센터를 보유하고 있다. 각각 신약 연구 국가 중점실험실, 국가 신약 선별센터, 중약 표준화 국가 공정실험실, 국가 화합물 샘플 라이브러리(Sample Library) 등이다.

상하이 약물연구소는 1932년에 설립되었고 지금까지 모두 100여종의 신약을 연구·설계·개발·생산하였는데 그 중 대부분은 중국 내외에 어느정도의 영향력을 지닌 혁신 약물들이다. 말라리아 치료제로 사용되는 아르테메터(Artemether)는 국제적 승인을 최초로 받은

중국 혁신 신약이다. 납중독 등 중금속 중독 치료제로 사용되는 석시머(Succimer)는 해외 회사에서 최초로 복제한 중국 신약이다. 항종양 신약인 Sobuzoxane(MST-16)은 중국과 해외 회사에서 최초로 협력하여 성공적으로 개발 및 국제 시장에 진출시킨 약물이다. 최근에는 단삼살비아놀레이트(Salvianolate) 등 많은 현대화 중약 신약의 연구개발에 성공하였다. 항악성종양, 항심뇌혈관 질환, 항자아면역질환과 항감염질환 등 신약들의 임상연구가 시작되었다.

상하이 약물연구소는 관련 정책의 지원 하에 2015년에 총 15개의 신약 연구개발 성과를 성공적으로 이전하였고 그 계약금액은 8억 위안을 넘겼는데, 이는 그 전 5년 동안의 성과 전환 금액과 같은 규모이다.

상하이 약물연구소는 현재 835명의 직원이 있는데, 그중 중국과학원, 중국공정원 원사 6명, ‘만인계획’ 입선자 2명, ‘천인계획’ 입선자 6명, 973계획 수석과학자 6명, 중국과학원 ‘백인계획’ 입선자 34명, 상하이시 리더형 인재 13명 등 우수인력이 포함되어 있다.

상하이 약물연구소 장화량(蒋华良) 소장은 리더십이 강하고 863계획, 973계획과 국가기금위원회 중대연구계획 전문가팀의 멤버로 장기적으로 활약하고 있다. 장화량 소장은 또한 우수한 전략적 과학자로 과기부, 기금위원회와 중국과학원의 여러 전략적 연구임무들을 담당하기도 하였다. 그 관련 성과는 『국가 중·장기 발전계획』, 기금위원회 중대연구계획과 중국과학원 혁신 2020계획에 포함되었다.

장화량 소장은 약학 기초연구와 신약의 연구개발에 장기적으로 종사하여 왔다. 그는 생물학, 화학과 계산과학 등 학과의 융합연구를 통하여 독창적인 약물 연구의 새로운 전력과 방법, 선도적 화합물의 발견과 최적화, 약물 표적 제어 메커니즘 등 연구를 진행하였다. 그는 일부 바이오마커 발견과 약물 설계의 새로운 방법들을 발전시켜 이 영역에서의 중국의 연구 수준을 세계 선진수준으로 향상시켰다. 소장은 또한 화합물의 약물 효과를 예측할 수 있는 이론적 계산방법을 발전시켜 약물 설계 영역의 난제들을 해결하였다. 그는 중요한 마커 발견에 있어 수십 개의 새로운 구조 유형의 선도화합물들을 발견하였는데, 그 중 하나인 항발기부전 후보약물로 이미 임상실험 단계에 진입하였고, II형 당뇨병 등 질병의 후보 신약이 임상 전 연구 단계에 있다.

3. 국가 단백질 과학센터(상하이)

국가 단백질 과학센터(상하이)는 과학연구와 서비스 플랫폼을 동시에 보유한 연구기관이다. 국가 단백질 과학센터는 총 7억 위안을 투자하여 3년(2010. 12. 26~2013. 12. 26) 동안 건설한 것으로, 상하이 생명과학연구원이 프로젝트 법인으로 되어 있다. 국가 단백질 과학센터(상하이)는 상하이 생명과학연구원 소속 생물화학세포연구소에서 관리를 한다.

국가 단백질 과학센터(상하이)의 운영 취지는 글로벌 경쟁력을 갖춘 단백질 과학연구 시설

을 구축해 세계 일류의 단백질 과학시설 플랫폼을 형성함으로써 중국 내외 과학연구자들의 효율적인 실험 플랫폼 및 고품질의 과학연구 시설에 대한 수요를 충족시킬 수 있도록 하는 것이다. 현재 동 센터는 이미 중국 단백질 과학과 기술의 중요한 혁신기지가 되었고, 상하이 광원, 상하이 고등연구원, 신약혁신 제조 연구개발 기지, 상하이 과학기술대학 등과 중국과학원 푸둥과학기술단지에서 국가급 과학기술 인프라와 연구클러스터를 형성하였다.

동 센터는 생명과학 영역의 최초의 종합적 국가 중대과학기술 인프라로서 대형 과학기기와 첨단기술을 핵심으로 규모화 및 체계화의 기술설비 시스템이다. 또한 서로 다른 공간 해상도와 시간 해상도(temporal resolution)에 대한 연구기술설비를 보유하고 있다. 각급 정부의 지원과 관심하에 단백질 시설은 이미 시운영 단계에 진입하였고 전반적으로 오픈하였다.

동 센터는 단백질 시설이 효율적으로 운영되는 것을 보장하는 동시에 단백질 과학연구도 진행한다. 그 연구내용에는 유전정보 해독과 보호, 막투과 연구, 논코딩 RNA(Non coding RNA) 및 대분자 화합물 첨단기술 개발 등 영역을 모두 포함하고 있다. 현재 동 센터는 이미 국가 '천인계획' 인재와 국가 '선진 천인계획', 중국과학원 '백인계획' 인재들로 구성된 과학기술팀을 형성하였고, 국가 중대과학연구계획과 상하이시 중점 프로젝트 등 연구들을 추진중이다.

대형 과학기술 인프라와 기초과학 연구의 기지로서 동 센터는 단백질 시설에 의존하여 클라이언트에게 지속적이고 안정적인 서비스를 제공하기 위해 노력을 기울이고 있다. 또한 첨단기술 연구와 개발, 전환의 기지이자 글로벌 과학기술 혁신 시스템의 중요한 구성부분으로서 의학, 바이오 에너지, 바이오 재료 등 신형 바이오기술 산업의 발전을 촉진할 예정이다.

4. 상하이 과학기술대학

상하이 과학기술대학(ShanghaiTech University)은 푸둥 과학기술단지 내 고수준의 학술 연구 및 교육기관이다. 이 대학은 연구자들의 종신재직제도(Tenure System)를 도입하고, 글로벌 경영 이념으로 연구형 대학을 육성하고 있다. 이 학교는 대학원생 교육을 주로 하고 있고 학부생은 비교적 적다. 하지만 교육자원이 풍부하고 학부생에 대한 교육도 최고급으로 진행하고 있다.

상하이 과학기술대학은 2013년 9월 30일에 교육부의 허가를 받고 정식으로 설립되었다. 이 대학은 국가 사회경제의 발전전략을 추진하고 과학기술 혁신 창업 인재들을 육성하고 과학기술 해결법을 제시하고 싱크탱크 등 작용을 하고 있다. 그들은 규모가 작지만 수준이 높은 글로벌 연구형 및 혁신형 대학을 구축하고자 노력하고 있다.

상하이 과학기술대학은 공대를 핵심으로 하여 물질과학과 과학기술 학원, 생명과학과 기술학원, 정보과학과 기술학원, 창업과 관리학원 등 4개 학원을 설립하였고 대학원 형식으로 운영하고 학부는 없다. 면역화학연구소와 iHuman연구소도 상하이 과학기술대학에 소속하여

있지만 상하이 과학기술대학보다 먼저 설립되었기에 운영과 관리에서 비교적 독립적이다.

생명과학과 기술학원. 상하이 과학기술대학 생명과학과 기술학원은 중국과학원 상하이 지역 생명과학 영역의 우수인재와 글로벌 일류의 연구 설비들과 장장 지역의 다학문적 연구 파워와 바이오의학 연구개발 우위에 힘입어 하이레벨의 글로벌 연구형 학원을 건설할 예정이다. 이 학원은 수학, 과학연구, 전환 연동의 발전 패턴을 구축하여 미래 생명과학 발전에 힘이 될 수 있는 고급 연구인재, 바이오기술 영역의 빠른 확장에 적응할 수 있는 우수한 창업 인재와 건강의학 수요를 충족할 수 있는 신형 기술인재들을 육성할 예정이다. 이 학원은 생명과학의 핫이슈와 첨단 영역의 수요에 따라 다학문 사이의 교차를 독려하고 기초연구와 응용 연구 통합의 전환형 연구패턴을 강조하며 수업과 과학연구의 융합을 추진할 예정이다. 현재 단백질 과학과 바이오 기술, 시스템 생물학과 전환의학, 줄기세포 생물학과 재생의학, 정량 생물학과 분자 이미징, 생물화학과 혁신 약물 등 면에서 수업과 과학연구를 추진중이다.

면역화학 연구소. 상하이 과학기술대학 면역화학연구소는 2012년 10월 12일에 설립되었다. 생명과학 연구 중의 일부 핵심문제 해결을 지향해 면역화학 중심의 항체 약물 연구 분야 세계 일류의 연구소로 부상하는 것이 목표이다. 상하이 면역화학연구소는 상하이 과학기술대학 소속으로 이사회에서 관리하고 소장이 총괄하고 있다. 그 멤버는 항체 연구 영역의 선구자와 노벨 화학상을 수상한 세계 유명 과학자들이다. 면역화학연구소는 현재 분자생물 기본 인지와 설계 영역에서 세계 일류수준의 연구기관으로 부상하기 위해 노력하고 있다. 연구소는 항체 설계, 항체 화학, 기능 선별, 구조생물화학, 세포생물학, 줄기세포 생물학, 항체공정과 항체구조 등 8개 핵심 실험실을 보유하고 있다. 이로써 중요한 신형 항체 발견부터 모든 과정을 거쳐 최종적으로 약물로 전환되는 연구개발 과정을 실현할 수 있다. 연구자는 과제의 선정에 대하여 비교적 많은 주도권을 가지고 있다. 또한 연구소는 독자적 지식재산권을 형성한 치료성 항체의 연구개발과 상업화 능력 형성을 계획하고 있고, 글로벌 협력을 강화하며 국내외 관련 기업들에게 기술적 지원과 서비스를 제공하도록 한다. 또한 연구소는 연구자들에게 고품질의 교육을 제공하여 선행 과학연구를 추진할 수 있도록 여건을 제공한다.

면역화학연구소의 창시자는 Richard A. Lerner인데 그는 주로 항체 설계 연구를 진행하였다. 현재 그는 The Scripps Research Institute에서도 직책을 맡고 있다. 면역화학연구소의 관련 업무들을 진행하기는 하나 상하이에 장기적으로 거주하지는 않는다.

면역화학연구소 장비오(姜标) 상임부소장은 중국과학원 상하이 고등연구원의 부원장을 겸임하고 있다. 그는 주로 항체화학 관련 연구에 종사한다.

iHuman 연구소. iHuman 연구소는 상하이 과학기술대학 소속의 하이레벨 글로벌 연구기관으로 2012년 11월 20일에 정식으로 설립되었다. iHuman 연구소는 노벨상 수상자를 포함한 글로벌 유명한 학자들과 세계 최고 연구소 표준으로 건설된 연구소이다. 연구소는 인류 중대 질병 관련 G 단백질 연결 수용체(GPCR, G-protein-coupled receptor)와 인체 세포 신호전

달의 중요한 생물학 문제와 약물 발견 연구에 초점을 맞추고 있다. 그리고 유명한 글로벌 학술연구기관, 대형 약물 연구개발기업과 전략적 연맹을 맺어 하이레벨의 산·학·연 일체화 연구를 추진하고 있다. 연구소는 세계적인 연구소로 성장해 원천적이고 높은 수준의 인체 세포 신호전달 연구센터를 건설하는 것이 목표이다. 연구소의 글로벌화를 유지하기 위하여 인체 세포 신호전달 연구에 종사하는 유명한 해외 학자들을 초청하여 글로벌 연구그룹을 형성하도록 하였다. 이들은 iHuman연구소에서 약물화학, 세포생물학, 항체, 컴퓨터화학(computational chemistry), 세포 이미징, 구조생물학, 시스템생물학과 전환의학 과제팀을 구성하였다. 연구소는 서로 다른 학과간의 융합 연구를 추진하였다. iHuman연구소의 핵심은 기초연구이고 중요임무는 연구성과의 전환 연구이다. 연구방향은 인체 세포와 세포 사이의 연결은 직접적인 접촉 외에도 체내에서 분비하는 일부 정보분자(informational molecule)를 통하여 조절을 진행한다. 세포는 세포막 혹은 GPCR을 통하여 세포 외 정보분자의 자극을 감지하고 복잡한 세포 내 신호 전달시스템을 거쳐 전환되어 그 생물학적 기능에 영향을 준다. 이러한 과정을 세포 신호전달(cellular signal transduction)이라고 부른다. 병적 상태(pathological status)에서 세포 신호전달 경로 중, 단일 또는 여러 부분에 이상이 있어 세포 대사 및 기능 장애 또는 성장 발육 이상(암, 심혈관 질병, 노년 퇴행성 질병과 당뇨병 등)을 유발할 수 있다. 여러 가지 연구방법들을 통합하여 인류 세포 신호전달 과정에서의 기초와 응용 연구에 적용한다. 세포 표면 수용체(예하면 GPCRs 및 관련 세포내 단백질)는 인체 내 세포와 세포 사이의 연결 및 세포와 미세 환경 사이의 교류를 책임지고 여러 가지 생리적 활동에 참여한다. 이러한 세포 신호 수용체는 인체의 생리적 반응을 조절하고 많은 병적 상태와 질병을 대항하는 이상적 목표로 되었다. 또한 인류 진화에 대한 인식을 깊이 하는 핵심 요소가 되었다.

지난 10년 동안 과학자들은 완전한 인류 유전자지도(genome map)를 제작하였고 이로 인해 인체 세포의 각 구성부분에 대한 이해를 깊이 하는데 큰 성과를 거두었다. 기존의 모든 데이터들을 통합하여 분자와 세포 레벨에서 인체 세포 신호전달 시스템의 활동 규칙을 연구하는 새로운 시대에 진입하였는다. 이 분야 연구는 다양한 학과를 필요로 하고 차세대 과학에 큰 흥미를 가지는 과학자들이 팀워크를 통하여 실현하여야 하는데, 이것이 바로 iHuman연구소의 기회이다. iHuman연구소의 목표는 인체 세포 신호 네트워크 및 그 연관성을 통하여 인류 자신의 비밀을 밝혀내고 생명과학의 발전을 위하여 기여하는 것이다.

Raymond Stevens는 iHuman연구소의 창시자이자 현임 소장이다. 그는 주로 분자구조생물학과 약물 발견 영역의 연구를 진행한다. Raymond Stevens는 유명한 글로벌 구조생물학자로 미국 남캘리포니아 대학교(University of Southern California)의 교수이기도 하다. 최근 국제 저널인 Science와 Nature에 20여 편의 연구논문을 발표하였다. 하지만 Raymond Stevens는 장기적으로 미국에 거주하고 있다.

5. SSRF(Shanghai Synchrotron Radiation Facility)

SSRF는 Jonoon그룹의 3세대 고성능 방사능 가속기(Synchrotron radiation light source)로 영어명칭은 Shanghai Synchrotron Radiation Facility이다. 이는 현재 중국에서 가장 큰 거대과학 장치와 거대과학 플랫폼이다. SSRF의 방사에너지는 세계 4위(1위: 일본 SPring-8, 2위: 미국 APS, 3위: 유럽 ESRF)이고 성능은 같은 유형의 3세대 방사능 가속기를 초과한다. 이는 현재 건설하고 있거나 설계하고 있는 방사능 가속기 중 성능이 가장 훌륭한 방사설비 중 하나이다.

싱크로트론 방사(synchrotron radiation)란 빛의 속도로 운동하는 전자가 자기장에서 곡선 운동을 하면서 운동방향이 변화되어 생성되는 전자기방사(electromagnetic radiation)를 가리키는데 그 본질은 우리가 일상 속에서 접촉할 수 있는 가시광선이나 X광선과 같이 모두 전자기방사이다. 이는 1947년 싱크로트론에서 발견되었기에 싱크로트론 방사로 명명하였다. 싱크로트론 방사로 인한 에너지 손실은 고에너지가속기(high energy accelerator)의 에너지 향상을 저해하기에 싱크로트론 방사는 초기 고에너지 물리에서 배제하여야 하는 요소이기도 하였다. 그 후, 사람들은 점차 싱크로트론 방사가 일반 광원과 비교할 수 없는 우수한 성능(고지향성, 넓은 스펙트럼 범위, 높은 광자속 등)을 지니고 있다는 것을 발견하였고 70년대부터 선진국에서는 싱크로트론 방사 응용연구를 시작하였다. 그 탁월한 성능은 과학연구와 응용연구에 밝은 전망을 가져다 주었다. 그리하여 거의 모든 고에너지 전자가속기(High energy electron accelerator)에 싱크로트론 방사기지를 구축하였다.

방사능 가속기는 생명과 의학 영역에서 널리 응용되고 있다. 싱크로트론 방사 X선 회절법(X-ray diffraction method)은 현재 생물대분자의 구조를 측정하는 가장 유력한 수단으로 생명현상과 생물과정을 연구하는 훌륭한 도구이다. 영국 과학자 J. Walker과 미국 과학자 R. Mackinnon는 싱크로트론 방사로 생물분자의 구조와 기능을 연구하여 큰 성과를 거두었고, 1997년과 2003년에 노벨 화학상을 수상하기도 하였다. 바이러스 구조 연구 및 바이러스와 반응할 수 있는 인체 내 생물분자의 구조 연구는 바이러스의 발병 메커니즘과 과정을 발견시키는데 아주 중요하다. 이러한 구조정보들을 이용하여 약물을 설계하고 합성, 선별하면 신약 연구와 개발에 대한 속도를 향상시킬 수 있다. 이러한 방법들을 이용하여 해외에서는 이미 에이즈 치료 약물을 성공적으로 개발하였다. 이 약물은 에이즈로 인한 사망률을 감소하는데 뛰어난 효과를 보여주고 있다. 2003년 중국에 SARS가 나타난 후, 중국과학자들은 싱크로트론 방사를 이용하여 SARS 바이러스의 메인 프로테이나제(Proteinase)의 구조를 측정하였고 SARS바이러스 치료제의 연구개발에 중요한 정보를 제공하였다. 싱크로트론 방사는 질병 진단에서도 중요한 응용전망을 보여주고 있다. 심혈관 질환은 인류 생명을 위협하는 주요 질병 중 하나로 돌발사망을 일으킬 수 있다. 싱크로트론 X선 이미징 기술을 이용하여 안전하고

화상도가 높은 심혈관 이미지를 만들 수 있다. 이는 심혈관 질환의 초기 진단에 안전하고 빠른 진단방법을 제공하였다. 종양 진단에 있어 싱크로트론의 고해상도 특징을 이용하여 아주 작은 종양도 발견할 수 있다. 그러므로 초기 진단을 통하여 종양 치료율을 증가시킬 수 있다.

제3절 중국과학원 상하이 생명과학연구원

중국과학원 상하이 생명과학연구원은 1999년 7월 3일에 중국과학원 소속의 상하이 생물화학연구소, 상하이 세포생물학 연구소, 상하이 생리연구소, 상하이 뇌연구소, 상하이 약물연구소, 상하이 식물생리연구소, 상하이 곤충연구소와 상하이 생물공정연구센터 등 8개 생명과학 연구기관을 통합하여 설립된 연구기관이다.

상하이 생명과학연구원에는 생물화학과 세포생물학연구소, 신경과학연구소, 상하이 약물연구소, 식물생리생태연구소, 건강과학연구소, 영양과학연구소, 상하이 파스퇴르(Pasteur)연구소, 계산생물학연구소, 상하이 식물역경생물학연구센터, 중국과학원 제2군외대학 중개의학연구원 등 10개 연구기관이 있다. 그 중 상하이 약물연구소와 상하이 파스퇴르연구소는 독립법인 연구기관이다.

상하이 약물연구소는 상기 내용에서 소개했듯이 푸둥과학기술단지에 위치하여 있다. 본장에서는 주로 뇌과학과 신약 혁신제작 관련 기타 연구기관들을 소개할 것이다.

1. 생물화학과 세포생물학 연구소

생물화학과 세포생물학 연구소는 2000년 5월에 중국과학원 소속 상하이 생물화학연구소와 원 중국과학원 상하이 세포생물학 연구소를 통합하여 설립한 것이다. 생물화학과 세포생물학 연구소는 PI제를 실행한다. 현재 75명의 연구팀장과 500여 명의 직원, 600여 명의 석박사생을 포함한 대규모 연구소이다.

이 연구소의 연구영역은 주로 유전자 조작, RNA, 후성유전학(epigenetics), 단백질 과학, 세포 신호전달, 세포와 줄기세포 생물학, 암과 기타 중대 질병 메커니즘 등 5대 첨단 영역을 포함한다. 이 연구소는 중국 생명과학 영역에서 과학연구 실력과 영향력이 가장 큰 국립 연구기관 중 하나이다. 이 연구소는 소 인슐린 인공합성에 성공하였고 관상용 물고기의 인공번식 등 글로벌 영향력을 지닌 독창적인 성과들을 거두었다. 생물화학과 세포생물학 연구소는 중국 생물화학과 분자생물학회, 중국 세포생물학학회, 상하이 생물화학과 분자생물학학회, 상하이 세포생물학학회의 회원 기관이기도 하다. 이 연구소에서 발간하는 저널로는 Cell Research, Acta Biochimica et Biophysica Sinica, Journal of Molecular Cell Biology 등 영문저널과 『생명 화학』, 『중국 세포생물학 학보』 등 중국어 저널들이 있다.

생물화학과 세포생물학 연구소는 국가 단백질과학센터(상하이), 분자생물학 국가 중점실

험실, 세포생물학 국가 중점실험실, 상하이시 분자과학 중점실험실(, 중국과학원 시스템생물학 중점실험실 등 기관들을 포함하고 있다.

분자생물학 국가 중점실험실은 중국이 생명과학 연구 영역에서 설립한 첫 번째 중점 실험실이다. 국가계획위원회와 중국과학원은 1984년에 전문가들과 토의하여 생물화학연구소에 분자생물학 국가 중점실험실을 설립하기로 하였다. 그리고 1987년에 정식으로 오픈하였다. 분자생물학 국가 중점실험실은 혁신 기초연구에 초점을 맞추고 분자생물학 영역에서 “유전자 기능 및 조작” 을 핵심으로 구조생물학과 세포생물학 등 관련 영역으로 범위를 넓혀간다. 그리고 “유전자 기능과 단백질 과학” 과 “유전자 기능 후성유전자 조작” 이라는 2가지 연구 주제로 연구를 진행한다. 최종 목표는 새로운 약물 표적과 약물 전구물질(prodrug)을 발견하여 인구와 건강 수요를 충족시키고 기초연구 수준을 글로벌 상위 수준으로 끌어올리는 것이다.

대표 연구자: 리린(李林)

리린 연구원은 분자생물학 국가 중점실험실의 책임자이다. 그는 2004~2009년 생물화학 과 세포생물학 연구소의 소장이었고 2008~2013년 중국과학원 상하이 생명과학연구원 부원장이었으며 2013년부터 원장으로 부임하게 되었다. 리린 연구원은 효소의 촉매작용과 조절 작용 메커니즘, 세포 신호전달의 분자 메커니즘 등 영역에서 많은 성과를 이룩하였다. Wnt 신호전달에 의한 단백질 상호 작용 네트워크 및 조절 분자 메커니즘 연구를 통하여 새로운 분자, 새로운 메커니즘 및 새로운 기능을 발견하여 배아 발육, 암 발생 등 과정에서의 Wnt 신호의 생물학적 기능을 해석하였다.

세포생물학 국가 중점실험실은 세포 활동에서의 신호 네트워크 및 작용 메커니즘을 주요 연구 방향으로 하여 세포의 증식, 분화(differentiation), 소멸(Apoptosis), 운동 등 기본 생명활동 및 분자 조절 네트워크의 구성, 상호 관계, 조절 메커니즘 및 질병과의 관계 등을 해석한다. 실험실은 “세포 행위와 운명의 결정”, “줄기세포와 개체 발육” 2가지 주제로 연구를 진행한다. 첫 번째 주제의 핵심은 세포 활동의 보편적 규칙 및 질병과의 관계이고 두 번째 주제는 줄기세포를 주요 연구대상으로 하여 줄기세포의 특수성에 대하여 체외와 체내 발육 과정에서의 활동 규칙을 규명하고 조직공학(tissue engineering), 재생의학 영역에서 응용하고자 한다. 이로써 중국이 관련 영역에서의 독자적 혁신 능력을 향상시키고 질병 진단, 신약의 혁신 제조, 재생 의학과 중개의학을 발전시키고자 한다.

대표 연구자: 주쉐량(朱学良)

주쉐량 연구원은 세포생물학 국가 중점실험실의 현 책임자이다. 그의 연구 영역은 주로 세포주기와 유사분열(mitosis)이다. 세포의 생명활동은 일련의 경로를 통하여 조절하는데 이러한 경로들은 일체가 되어 서로 제약하고 서로 보완하는 조절 네트워크를 형성하고 있다. 그는 분자세포생물학 등 수단으로 단백질-단백질 사이의 상호 관계에 대한 연구를 통하여 세포주

기 조절, 특히 유사분열 주절에서의 중요한 분자의 작용 메커니즘을 해석하고자 하였다.

상하이시 분자과학 중점실험실은 2005년 12월에 시공되어 2008년 상반기에 정식으로 설립되었다. 본 실험실은 주로 남성 생식기 건강 관련 기초연구들을 진행하는데 그 연구방향은 남성 생식기 질환 등 남성 특유 중대질병의 분자기초로 연구 포인트는 정자의 발생과 성숙된 후성유전자에 대한 연구이다.

대표 연구자: 첸더구이(陈德桂)

첸더구이 연구원은 상하이시 분자과학 중점실험실의 책임자로 연구방향은 후성유전자 및 후성유전자와 암, 배아줄기세포와의 관계이다. 주로 1) 바이오정보학과 결합하여 고선속 선별방법으로 새로운 탈메틸화 효소(histone demethylase)를 발견하는 것, 2) 녹아웃 생쥐(Knockout mice)와 배아줄기세포 분화모델로 탈메틸화 효소의 생물학 기능을 연구하여 그들이 암의 발생과 전이, 배아줄기세포의 성능유지와 분화에 대한 관계를 규명하고 암 진단방법과 치료 표적을 찾는 것, 3) 고선속 선별방법과 약화학(pharmacochemistry)법으로 암 치료 약물을 선별하고 개발하는 것이다.

중국과학원 시스템생물학 중점실험실의 연구방향은 모델생물(model organism)과 세포 모델 등 연구시스템에 관하여 규모화 및 고정밀의 신형 단백질 멀티 계량적 기법(quantitative technique)과 단백질 수정에 대한 계량적 기법을 발전시키고 서로 다른 차원에서의 단백질 행위의 상호 영향과 작용 메커니즘을 연구한다. 동시에 단백질체학(proteomics)과 메타보노믹스(metabonomics)의 연구기술과 방법을 통합하여 바이오정보학에 기존의 각종 '오믹스' (omics) 플랫폼의 데이터 통합기술을 개발한다. 그리하여 기능 유전체학, 단백질체학, 메타보노믹스 사이의 데이터들을 연결시켜 모델생물과 세포 모델의 단백질 발현 조절 메커니즘을 계통적으로 연구하고 단백질 행위와 전사 조절 패턴 사이의 상호작용을 연구한다. 계산생물학과 바이오정보학을 결합하여 독창적인 이론과 계산방법을 발전시킨다. 그리고 모델생물과 세포 등 기능 시스템의 정량통합연구에 응용하여 모델생물과 세포 기능 등 시스템의 네트워크 조절 모델을 구축하고 각종 단백질과 유전자 및 기타 생물분자로 형성된 생물의 복잡한 네트워크 구조, 행동 역학 이론(behavioral dynamics)과 기능을 제시하도록 한다.

중국 국민의 건강을 해치는 당뇨병 등 중대 대사성질환에 대하여 연구를 진행하고 완비하도록 한다. 특히 단일 유전자 질환의 세포와 동물 모델 연구를 중심으로 한다. 모델생물, 질병 동물 모델과 세포 모델을 연구재료로 하여 전형적인 분자세포생물학 방법과 단백질체학, 기능 유전체학을 통합하여 계통적이고 규모화적인 정성 실험(qualitative experiment)과 정량 실험 연구를 펼친다. 특히 메타보노믹스에 기반한 유전자 기능과 단백질 기능에 대한 연구를 핵심으로 진행한다. 정상적인 생리상태와 병리적 상태에서의 세포 대사 경로와 조절 네트워크의 구조, 메커니즘을 분석한다. 복잡한 시스템의 역학 분석에 사용되는 새로운 계산생물

학 방법들을 발전시키고 관련 수학, 계산과학을 결합시켜 실험결과에 대하여 분석하고 모델링을 구축한다. 시스템생물학에 기반한 인슐린 결핍과 인슐린 저항(Insulin resistance) 등으로 인한 대사성질환의 발생과 진행의 수학적 모델을 구축하고 단일 유전자 대사성질환의 발생과 발전 메커니즘의 수학적 모델링을 중점적으로 펼친다.

대표 연구자: 우자루이(吴家睿)

우자루이 연구원은 시스템생물학 중점실험실의 현 책임자이자 중국과학원 상하이 고등연구원의 부원장이기도 하다. 그는 주로 복잡한 생명 시스템의 연구를 진행하고 있다. 그는 세포내에 하나의 세포의 증식, 분화 등 활동을 조절하는 네트워크가 존재한다고 발표하였었다. II형 당뇨병인 GK 쥐를 모델로 하여 시스템생물학 연구방법을 이용하여 당뇨병의 발생 과정에서의 분자 진화 네트워크에 대하여 연구를 진행하였고 많은 중요한 성과들을 취득하였다.

2. 중국과학원 신경연구소

신경연구소는 1999년 11월 27일 중국과학원에 의하여 설립되었다. 현재 신경연구소에는 32개의 연구팀이 있다. 연구소는 매년 2~3개의 연구팀을 증설하는 속도로 새로운 연구팀장을 모집할 것이고 2020년에는 총 50개 연구팀을 운영할 예정이다.

신경연구소는 신경과학 기초연구의 각 영역, 분자, 세포와 발육신경 생물학, 발육신경생물학(developmental neurobiology), 시스템과 계산뇌과학(computational neuroscience), 인지과 행위 신경과학 등 관련 연구를 추진한다. 뇌의 구조와 기능은 인류가 세계를 알아가고 자아를 알아가는 최종 도전과정이 된다. 신경과학은 21세기 연구가 가장 활발한 첨단 기초학과가 될 것이다. 지난 수십 년 동안 선진국의 신경과학 연구는 빠른 발전을 이룩하였지만 중국의 연구는 해외와 큰 격차를 보이고 있다. 상하이에 설립된 신경연구소는 중국 신경과학자들이 자국 내 연구를 통해 글로벌 신경과학자들과 경쟁할 수 있는 새로운 기회를 마련해 줄 것이다.

신경연구소의 주요 연구방향:

신경시스템의 발육 : 신경계통의 형성은 신경세포(neuron)의 운명 결정, 형태 발현(morphogenesis), 시냅스 형성(Synapse Formation)과 전정(pruning) 등 중요한 과정들을 포함한다. 이 연구방향에서는 주로 유전과 환경 요소가 상기 과정에 대한 조절 작용에 대하여 연구하고 신경계통 발육의 분자 메커니즘을 제시하는 것이다. 신경세포 운명 결정에서 신경줄기세포·네스틴(Nestin)의 성장, 교세포가 서로 다른 유형의 신경세포로 분화하는 메커니즘 등을 연구한다. 대뇌피질 발육과 신경회로 형성에서 축삭돌기(Axon)의 성장유도, 수상돌기(dendrite)의 형성, 시냅스의 형성과 전정, 감각체험(sense experience)이 기능성 신경회로의 구축에 대한 조절작용 등을 연구한다. 신경계통 조절 메커니즘에서 신경전달물질(neurotransmitter) 표현형 결정에 대한 조절 메커니즘, 이온 통로가 생장, 발육, 노화 등

과정에서의 조절 메커니즘 등을 연구한다. 신경회로 형성 및 가소성에 대한 깊은 연구를 통하여 발육 신경계통 질환의 발병 메커니즘에 대한 이해를 깊이하고 새로운 약물과 치료 수단의 연구와 개발에 이론적 근거를 제공한다.

신경정보처리 : 대뇌가 내부 및 외부 정보에 대한 감지와 처리는 동물 생존의 전제 조건 중 하나이다. 각종 감각 정보는 감각계통을 통하여 접수되고 전달되며 처리된다. 그리하여 대뇌 특정 구역에서 통합되어 그에 대응하는 행위를 하는 것이다. 동 연구의 방향은 여러 모델동물을 대상으로 접촉, 신경세포, 신경회로 등 서로 다른 수준에서 감지와 행위의 신경 메커니즘을 연구하는 것이다. 그 연구방향은 주로 1) 시각, 후각, 미각, 청각, 가려운 감각(itch sensation), 신체 감각 등 감각계통정보의 가공과 통합 메커니즘, 2) 신경회로 구조와 기능의 가소성 신경정보처리에서의 작용, 3) 학습기억, 선택, 패턴 식별, 본능적 행위의 신경 메커니즘과 신경조절계통의 기능 등을 포함한다.

신경질환 메커니즘 : 학습기억의 손상은 인류 신경계통질환의 중요한 특징 중 하나로 지적 발달장애, 신경퇴행성 질환, 뇌졸중, 뇌전증(epilepsy) 등을 포함한다. 기존 연구에서는 뇌졸중과 뇌전증은 모두 글루타민산염(Glutamate)을 매개체로 한 시냅스 전달의 과도한 활성화로 인한 현상이라는 것을 발견하였다. 동시에 글루타민산염의 흥분성 신경독성은 신경세포 시냅스 가소성의 변화를 초래하고 최종적으로 기억기능에도 영향을 줄 수 있다. 이들은 주로 발육이상 과정에서의 시냅스 가소성, 뇌전증, 뇌졸중을 모델로 하여 글루타민산염을 매개체로 한 시냅스 전달의 과도한 활성화의 조절 메커니즘, 현대 분자생물학으로 만성통증의 신경세포, 신경회로 메커니즘을 해석, AD 메커니즘과 예방치료 방법 등에 대한 연구를 추진하고 있다. 전기생리학(Electrophysiology), 광유전학(photogenetics), 세포분자생물학 등을 이용하여 비정상적 정서(우울증 등)의 신경회로 및 분자 메커니즘을 연구한다.

3. 건강과학연구소

건강과학연구소는 1999년에 중국과학원 상하이 생명과학연구원, 상하이 교통대학 의학원에서 공동으로 설립한 것이다. 초기 명칭은 건강과학센터였으나 2005년에 건강과학연구소로 개명되었다. 건강과학연구소는 중국과학원 줄기세포 생물학 중점실험실을 보유하고 있다. 2012년 3월 31일까지 본 연구소의 연구팀은 모두 27팀, 직원수는 348명이었다.

건강과학연구소의 핵심 기능은 바이오의학 중개연구를 진행하는 것이다. 줄기세포 연구와 응용, 면역 및 중대질병 연구, 종양에 대한 새로운 예방과 치료방법 등 중요한 영역들에 초점을 맞추고 있다. 그리고 줄기세포 약물의 연구와 개발, 질병의 메타보노믹스 연구, 종양 개체화 진료, 면역 미세환경과 만성질환의 발생과 발전, 심장 발육과 심근 회복 등 5가지 중점 방향으로 나아가고 있다. 연구소는 과학기술 혁신 능력의 향상을 핵심으로 하고 임상 치료에서의 핵심적 문제들을 해결하는 것을 발전 방향으로 하며 생물학 기초연구와 임상-의학이

밀접히 연결된 바이오의학 전환연구를 추진하여 중국 자국의 특색을 지닌 동시에 글로벌 첨단 수준인 바이오의학 중개연구 시스템과 복합형 고급인재들의 육성 메커니즘을 구축하고자 한다.

건강연구소의 연구는 3가지 방향을 포함하고 있다.

줄기세포의 연구와 응용, 줄기세포의 분화 조절부터 시작하여 성체줄기세포, iP(Induced pluripotent stem cells)와 배아줄기세포, 다능성(pluripotency), 분화 메커니즘과 면역 조절 등 기본 생물학 특징들을 연구하여 줄기세포 임상 응용에서의 중대 문제들을 해결하도록 한다. 그리고 줄기세포 관련 중대질병의 발생 메커니즘에 대한 연구들을 강화하고 줄기세포로 조직의 재생과 면역조절 및 종양의 발생 등 문제들을 해결하도록 하며 자가면역질환(Autoimmune diseases), 중증 간장질환, 심혈관 질환, 당뇨병, 파킨슨병 및 골격 결함 등 관련 질병 치료에 대한 연구를 진행한다.

면역과 중대 질병 연구, 자가면역질환, 종양 및 장기이식 거부반응 등 중대 질병의 면역 조절과 면역 관련 질병의 발병 메커니즘을 연구한다. 자가반응성 T세포(auto-reactive T cell), 염증인자 등 자가면역질환 중에서의 작용 메커니즘을 연구한다. 또한 새로운 면역조절 경로와 방법들을 찾고 새로운 면역학적조정(immunologic intervention) 수단을 발전시키며 신형 약물이 작용할 수 있는 치료 표적을 찾는다. 조혈모세포(hemopoietic stem cell) 이식 후 대숙주성 이식편병(GVH disease)과 장기의 면역관용(immunologic tolerance) 유도에 대한 새로운 치료방법을 연구·개발을 한다.

종양의 새로운 예방과 치료방법 연구, 중국의 보편적인 종양에 대하여 그 종양 발병 관련 유전요소와 종양 발생, 발전 과정과 연관되는 미세환경, 분자 메커니즘, 신호전달 네트워크 등을 연구하고 예방과 치료의 새로운 표적, 혁신 치료방법을 찾도록 한다. 조직의 줄기세포 증식, 분화와 면역조절에 개입하는 등의 수단으로 종양의 발생을 억제한다. 종양 줄기세포와 종양 기질세포(stromal cell)가 종양 발생과 전이 중에서의 작용 메커니즘을 연구하고 임상 예방치료 방법을 찾도록 한다.

4. 영양과학연구소

중국과학원 상하이 생명과학연구원 영양과학연구소는 2003년 12월 15일에 설립되었다. 현재 영양과학연구소에는 130명의 직원과 165명의 대학원생이 있다. 설립된 후 영양과학연구소는 영양과 건강, 식품안전 연구 영역에 초점을 맞추고 "중국 인구 영양, 유전과 대사 특징", "영양과 대사의 핵심적 조절 포인트와 네트워크", "대사 관련 질환의 발병 메커니즘 및 초기 영양 개입과 방법" 등 3가지 핵심 발전 영역에 대하여 기초적, 전략적, 미래적 연구를 진행하였고 큰 발전을 이룩하였다. 그리하여 점차 학과 구조가 합리적이고 혁신적이며 글로벌 수준의 과학연구 인력그룹을 형성하였고 중국 영양과학연구 영역의 우수한 연구팀을 육성하였다.

현재 연구방향은 주로 3가지가 있다.

1) 영양과 대사 관련 질병 연구: 분자, 세포, 동물, 임상과 개체군에서의 시스템적인 연구를 통하여 환경 요소(영양 생활방식 등)와 유전자의 상호 작용이 인체 건강 및 만성질환의 발생과 발전에 대한 영향과 관련 메커니즘을 규명한다. 분자와 신호통로가 당지질(glycolipid) 대사에 대한 조절 메커니즘 및 영양 관련 질병의 발생과 발전 중에서의 작용을 탐구한다. 그리고 중국 인구의 유전과 대사 특징에 부합하는 합리적인 영양 수요, 초기 진단의 생체표지자(biomarker) 및 그에 대응되는 진단 표준을 찾는다. 예방을 핵심으로 하는 새로운 영양 개입 방법을 제정하고 임상과 위험 집단의 선별, 예측과 개입에 시범을 제공하고 국가에서 관련 영양건강정책을 제정하는데 과학적 근거를 제공하였다.

2) 식품안전연구: 중국 식품안전에 영향을 주는 주요 요소들에 대하여 식품 소재의 건강을 위협하는 독성과 유독물질, 대사경로 연구, 식품 안전 검측기술 연구 등을 추진해서 국가 식품 리스크 평가 및 관련 표준의 제정에 과학적 근거를 제공한다. 중국 식품 중의 전형적인 오염물질과 새로운 식품 소재, 자원에 대하여 오믹스, 분자세포생물학 등 방법과 새로운 독성시험(In vitro toxicology) 기술을 종합적으로 응용하여 독성 물질의 독성작용 경로를 탐색하고 복용량-반응 관계를 나타낼 수 있는 접촉성, 효과성 생체표지자를 검증하도록 한다. 그리고 전통적 동물 독성학 모델을 기초로 하여 체외 실험 모델에 기반한 새로운 독성 테스트 기술을 발전시킨다. 유독 및 유해 물질이 독성을 일으킬 때의 신호통로와 작용 메커니즘을 해석한다. 유독물질 검측/분석 기술을 발전시킨다. 특히 샘플 전처리기술 및 실시간 현장 검측기술에 대한 연구를 발전시키도록 한다.

3) 전환의학연구: 영양과 건강산업의 혁신을 추진하기 위하여 후저우(湖州)시 정부와 함께 중국과학원 상하이 생명과학연구원 후저우 영양과 건강산업 혁신센터를 설립하였다. 이 센터는 장강 삼각주 지역과 중국 전역의 식품, 의약과 건강기술 산업의 발전에 기술 혁신 서비스와 성관전환 플랫폼을 제공하고 영양과 건강, 식품 안전, 바이오의약, 임상 검사 등 연구도 진행한다. 그리고 영양과학연구소와 후저우시 정부는 영양과 건강, 바이오의약기술 영역의 산업화 연구와 기술 전환을 공동목표로 하여 연구개발 기관의 설립을 추진한다. 또한 기초 과학연구와 임상 자원의 통합을 추진하기 위하여 영양과학연구소와 제2군의대학 제1부속병원(长海병원)은 각자의 우세를 발휘하여 중개의학연구센터를 설립하였다. 이 센터는 주로 영양 관련 악성 종양과 대사성질환 등 중국에서의 발병률이 높고 위해성이 큰 만성질환들을 연구한다. 그리고 임상수요를 연구방향으로 하여 중개의학을 발전시키는 과정에서 서로를 보완하고 연구소와 병원의 윈-윈 결과를 이룩하도록 하고 만성질환의 진단, 치료 등에서 과학적인 방법과 수단들을 연구하고 전환의학연구를 추진하도록 한다.

제4절 상하이 뇌과학 연구기관

뇌는 인체에서 가장 복잡한 기관이다. 뇌 관련 연구는 21세기 과학 발전의 핵심 방향 중 하나이다. 현재 선진국에서는 모두 뇌과학 연구를 시작하였고 관련 연구계획을 제정하였다.

2012년 여름, 6명의 미국 과학자들은 “인류 대뇌활동 맵(Brain Activity Map, BAM)” 이라는 계획을 제안하였고 이는 오바마 정부의 큰 관심을 받았으며 수정을 거쳐 미국 국가 차원에서의 거대과학 계획으로 되었다. 2013년 4월, 버락 오바마 미국 대통령은 2014년 정부 재정예산 중 1억불을 인류 대뇌 비밀을 파헤칠 BAM 연구계획에 지원하기로 하였다. 2013년 1월, 유럽연맹에서는 기간이 10년인 “인류 대뇌 계획” 을 가동하기로 하였다. 그들은 뇌의 시뮬레이션을 기초로 정보기술과 생명과학을 결합하고 많은 바이오의학 데이터들을 통합하여 시뮬레이션을 진행함으로써 뇌를 이해하고 뇌질환들을 치료하며 뉴로모픽 컴퓨팅(Neuromorphic computing) 등 3가지 영역에서 성과를 이룩할 예정이다. 일본은 2014년 10월에 뇌과학 연구계획을 발표하였고 주로 정신질환과 신경질환의 진단과 치료방법을 연구하였다.

중국의 뇌과학 연구는 현재 베이징과 상하이에 집중되어 있다. 연구의 난이도가 높기에 뇌과학 연구는 보통 여러 기관에서 연합으로 연구하고 있다. 2015년 9월 베이징 과학기술위원회에서는 “뇌과학 연구” 전문 프로젝트 세미나를 개최하였고 『베이징시 과학기술위원회 “뇌과학 연구” 전문 프로젝트 실행계획서』를 발표하였다. 상하이의 뇌과학 연구는 주로 2개의 연합체가 있다. 그들은 각각 중국과학원 상하이 뇌과학과 지능공학 혁신센터(The Center for Excellence in Brain Science and Intelligence Technology, CEBSIT)와 푸단(复旦)대학 뇌과학연구원(The Institutes of Brain Science, IOBS)이다.

1. 중국과학원 상하이 뇌과학과 지능공학 혁신센터

중국과학원 뇌과학과 지능공학 혁신센터는 중국과학원에서 “CAS Pioneer Initiative” 계획에 근거하여 뇌과학과 지능공학 영역에 설립한 혁신센터이다.

뇌과학과 지능공학 혁신센터는 “다방면 투자, 공유 구축, 전반적 조절” 을 원칙으로 건설하고 운영한다. 지원기관은 상하이생명과학연구원 신경과학연구소와 자동화연구소이고, 협력기관은 쿤밍(昆明) 동물연구소, 중국과학기술대학, 생물물리연구소, 선전(深圳) 첨단연구원, 우한(武汉) 바이러스연구소, 유전과 발육연구소, 심리연구소, 영양과학연구소, 우한 물리수학연구소, 화동(华东)이공대학, 산둥(山东)대학, 제3군의대학, 국가 나노미터센터, 계산과학연구소, 허페이(合肥)물질연구원, 상하이마이크로시스템(microsystem)과 정보기술연구소, 우한광전국가실험실, 고에너지물리연구소, 수저우(苏州) 나노미터연구소, 반도체연구소, 수저우 의학공정기술연구소, iFLYTEK, Max Planck 컴퓨팅연구소, 중국과학원대학 등이다.

뇌과학과 지능공학 혁신센터의 연구는 5개 영역을 포함한다. 1) 뇌 인지기능 회로 기초, 2) 뇌질환 메커니즘과 진단 개입, 3) 새로운 뇌연구 기술, 4) 뇌유사 모델링과 지능정보처리, 5) 뇌유사 기기와 시스템 등이다.

영역 1: 뇌 인지기능의 기초연구

이 영역에서는 감각인지, 학습과 기억, 주의력과 선택, 인식과 언어 등 인지기능들에 대하여 마이크로 관점(뇌 구역)과 마이크로 관점(회로, 세포)에서 완전하게 해석하는 것을 목표로 한다. 주로 관련 부분과 신경 장거리회로의 구조, 인지과정에서의 관련 전기활동의 역동적 변화와 정보처리 메커니즘, 회로구조와 기능의 가소성 등에 대한 해석을 포함한다.

영역 2: 뇌질환 메커니즘 연구와 초기 진단방법의 연구개발

이 영역에서는 주로 유년기 발육과정에서의 뇌질환(자폐증과 지적 장애 등), 중청년기 정신질환(우울증과 중독 등), 노년기 신경퇴행성질환(Alzheimer's disease and Parkinson's disease)의 발병 메커니즘을 연구한다. 질병 관련 유전기초, 신호전달경로, 생체표지자와 새로운 치료표적 등을 포함한다. 그리고 상기 3가지 연령별 뇌질환을 진단할 수 있는 간단하고 신뢰할 수 있는 초기진단지표를 구축하는데 분자 표지인자(molecular marker), 뇌 이미지와 인지기능의 정량지표 등을 포함한다. 약물의 연구개발, 생리적, 물리적 개입 치료에 사용될 수 있는 유전자 조작 원숭이와 클론원숭이 모델을 구축한다.

영역 3: 새로운 뇌연구 기술의 연구개발

이 영역의 연구 중점은 주로 신경세포 유형 감별과 표기, 신경회로 정향추적기술, 마이크로 뇌 이미징 네트워크 연구기술, 마이크로 뇌 네트워크와 시냅스 연구기술, 높은 공간해상도의 생체 전기생리와 전기화학 기록기술, 신경 활동과 유전자 조작기술, 뇌 인지와 뇌질환 연구에 사용되는 유전자 조작 원숭이 모델, 뇌연구 물리기기의 연구개발, 새로운 빅데이터 정보학의 기술과 이론의 구축을 포함한다.

영역 4: 뇌유사 모델과 지능정보처리

이 영역은 주로 AI를 대상으로 신경계통의 구조와 기능의 특징 및 가소성을 통해 뇌유사 멀티 신경 네트워크 계산 모델, 뇌유사 지능정보처리 이론과 방법을 구축한다. 뇌 네트워크에 대한 데이터 분석을 통하여 기능과 구조 가소성의 멀티 뇌 신경 네트워크 계산 모델을 구축한다. 이것을 혁신 원천으로 하여 AI 다모드 계산, 언어와 지식처리 등 지능정보처리 이론과 방법을 만들고 글로벌 지능정보처리 및 뇌유사 지능의 연구와 발전을 선도한다.

영역 5: 뇌유사 기기와 시스템

이 영역은 뇌과학 연구성과들을 참조하여 고성능 및 저소모의 신경 유사 칩과 기기들을 연구개발한다. 그리고 뇌유사 계산 모델에 기반한 스마트로봇을 연구개발하고 인간과 로봇의 협동적인 스마트 성장환경을 형성한다. 그리고 차세대 정보기술의 기반이 되는 신형 신경 계산기기들을 발전시키고 뇌유사 스마트로봇을 제작하며, 스마트하고 상호작용할 수 있는 환경

을 구성하고 인간과 로봇의 협동적이고 지능적인 발전과 응용을 추진한다.

대표 연구자: 푸무밍(蒲慕明)

푸무밍 연구원은 중국과학원 뇌과학과 지능공학 혁신센터의 책임자이자 중국과학원 상하이 생명과학연구원 신경과학연구소의 소장이기도 하다. 미국계 중국인인 그는 현재 중국과학원 외국인 원사(member of Chinese Academy of Science (foreign member))이고 미국과학원 원사(US National Academy of Sciences and Academia Sinica)이다. 그는 주로 신경회로의 가소성(Plasticity of neural circuits), 장기적 기억의 시냅스 축적 메커니즘(Synaptic structural mechanism for storing long-term memory), 고급 인지기능의 회로기초(Neural circuit basis of higher cognitive functions in primates) 등 연구를 진행한다.

중국과학원은 중국에서 글로벌화 수준이 높은 기관이다. 중국과학원은 소장 책임제로 소장이 연구소의 최고 책임자이다. 푸무밍 연구원은 해외 국적의 신분으로 로컬연구소의 소장으로 임명받아 중국과학원의 오픈마인드를 충분히 보여줄 수 있다.

2. 푸단(复旦)대학 뇌과학 연구원

뇌과학 연구원은 전체 푸단대학의 신경과학 실질적 연구기관이다. 뇌과학 연구원은 2006년 4월에 설립되었고 뇌과학 협력혁신센터는 2012년 9월에 설립되었다. 이 센터는 푸단대학이 주요 책임자로 저장(浙江)대학, 화중(华中)과학기술대학, 통지(同濟)대학, 상하이 교통대학 등 기관들과 협력하여 설립한 것으로, 이는 푸단대학에서 최초로 설립한 협력혁신센터이다. 뇌과학 협력혁신센터는 뇌과학 연구원의 지원으로 운영된다.

뇌과학 연구원의 연구방향:

- 1) 신경 활동의 기본 과정(Basic processes of neural activity)
 - (1) 신경 신호전달과 시냅스 전달
 - (2) 감각정보처리 및 관련 메커니즘
 - (3) 신경계통의 기능 발육, 재생과 가소성
- 2) 뇌의 고급 기능(Higher functions of brain)
 - (1) 학습기억 세포와 분자 메커니즘
 - (2) 수면 각성 조절과 SRBD(Sleep Related Breathing Disorder)의 분자와 중추 메커니즘
 - (3) 뇌의 복잡한 인지 활동의 기능 이미징 연구
- 3) 신경계통의 중요한 질환 메커니즘과 예방, 치료(Mechanisms, prevention and cure of major neurological diseases)
 - (1) 급성 신경 손상과 신경퇴행성질환의 메커니즘 및 예방과 치료 연구
 - (2) 뇌전증 등 뇌질환의 발생 메커니즘 및 예방과 치료 연구

■ 34_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

- (3) 특수감각장애의 기능 회복
- (4) 침술치료의 신경생물학 기초

대표 연구자: 양시웅리(杨雄里), 마란(马兰)

푸단대학 뇌과학 연구원 제1기 원장인 양시웅리 연구원은 중국과학원 원사이기도 한다. 그는 1963~2000년에 중국과학원 상하이 생리연구소에서 연구를 진행하였고 1988~1999년에 중국과학원 상하이 생리연구소 소장 직을 맡았다. 그는 오래동안 신경과학 연구를 진행하여 왔는데 주로 망막신경 메커니즘의 연구를 진행하였다.

마란 연구원은 푸단대학 뇌과학 연구원의 현 책임자로 1990년에 미국 노스캐롤라이나대학교(University of North Carolina)의 박사학위를 취득하였고 연구방향은 분자신경약리학이다. 분자생물학과 생물화학, 세포생물학, 행동 약리학(behavioral pharmacology), 유전학 등 기술을 응용하여 학습기억과 약물 중독 메커니즘을 연구하고 관련 약물의 새로운 표적을 제시한다.

3. 화둥(华东)사범대학 유전체학 교육부 중점실험실

뇌기능 유전체학 교육부 중점실험실은 화둥사범대학에서 책임지고설립하고 관리하는 성(省)급 연구기관이다. 본 실험실은 신경생물학자이자 분자생물학자, 그리고 화둥사범대학의 졸업생인 중국 화교 첸취(钱卓) 박사가 제안하여 2002년 1월에 정식으로 설립된 것이다. 2002년 10월 “뇌기능 유전체학”은 211공정의 중점프로젝트로 선정되었다.

뇌기능 유전체학 교육부 중점실험실은 신경생물학, 인지신경과학 관련 연구도 진행한다. 이 실험실은 후기유전체 시대(post-genomic era)를 위한 연구를 하고 유전자 공정을 통하여 유전자를 삽입하거나 유전자를 차단한 모델 동물을 구축하고 분자, 신경 시냅스, 신경세포 네트워크, 인지행동학 등 차원에서 통합적 연구를 펼쳐 대뇌의 인지행동 메커니즘 및 대뇌정보코딩의 기본 원리를 제시한다. 그리고 여러 종류의 정확한 인류 뇌질환의 동물 모델을 구축하고 그 발병 메커니즘을 해석하도록 하고 중대 의학적 가치가 있는 유전자 약물 표적을 발견하고 검증하도록 한다. 중점실험실은 분자-신경세포 코딩-뇌인지의 통합적 연구를 통해 전통적인 단일 차원에서의 연구수단을 변화시켰고 중국이 글로벌 뇌과학 및 인지과학 영역 연구에서 자신의 자리를 찾아갈 수 있도록 하였다.

유전체학 교육부 중점실험실의 주요 연구방향은:

- 1) 기능유전자와 뇌질환
- 2) 학습기억 신경 메커니즘
- 3) 감각인지 메커니즘과 조절
- 4) 뇌 네트워크와 인지 컴퓨팅

제4장 대표적 바이오산업

제1절 연료용 에탄올

2015년 11월 30일, 프랑스 파리에서 열린 UNCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)에서 시진핑(习近平) 국가 주석이 지난 수십년 동안 중국의 경제는 빠른 속도로 발전해 왔고 국민들의 생활에도 많은 변화가 일어났지만 자원 환경 면에서는 큰 대가를 지불하였다고 언급하였다. 중국은 『국가 자주적 기여』에서 2030년 쯤 이산화탄소의 배출량 최소치를 실현하고 GDP 대 이산화탄소의 배출량을 2005년보다 60%~65% 감소하며, 비화석 에너지가 1차 에너지 소비에서 차지하는 비중을 20%정도로 향상시킬 것을 계획하고 있다. 『국가 중장기 과학과 기술 발전계획 강요(2006~2020)』에서는 에너지의 지속 가능한 발전을 국가 중대 전략적 수요 관련 기초연구에 포함시켰다.

바이오 에너지는 지속 가능한 에너지로 이산화탄소 배출량을 감소하고 화석 에너지 소비량을 감소하는데 중요한 작용을 한다. 현재 바이오 에너지 중 발전이 상대적으로 성숙된 것은 주로 연료용 에탄올과 바이오 디젤이다.

1. 연료용 에탄올의 성질

연료용 에탄올이란 무수에틸알코올(absolute ethanol)을 가리키는 것으로 가솔린에 첨가하여 가솔린의 질량을 개선시킬 수 있다. 중국에서는 보통 10%의 에탄올을 가솔린에 첨가하는데 에탄올을 첨가한 가솔린을 E10 가솔린이라고 부른다. 연료용 에탄올로 가솔린 조연제인 MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)를 대체할 수도 있다. E10 가솔린을 사용하면 산소 함량을 3.5%까지 도달시켜 가솔린 중의 연소할 수 없는 부분도 충분히 연소할 수 있다. 더불어 옥탄가(octane number)와 가솔린의 내폭성도 향상시킬 수 있다. E10 가솔린이 자동차에서 충분히 연소되므로 폐기 배출량도 30%이상 감소될 수 있고 PM2.5 배출량도 최고로 60%정도 감소할 수 있다.

2. 연료용 에탄올 생산기업

연료용 에탄올 관련 정책. 2002년 3월, 국가 개혁과 발전위원회를 포함한 8개 정부기관에서는 『차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험계획』과 『차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험 관련 실행원칙』을 제정하였고 허난성 텐관그룹집단(河南省天冠集团公司)과 헤이룽장성

진위그룹집단(黑龙江省金玉集团公司)에서 연료용 에탄올의 생산을 진행하도록 하였다. 그리고 허난성 Zhengzhou(郑州市)를 포함한 5개 도시에서 연료용 에탄올의 사용 실험을 진행하기로 하였다. 그 실험주기는 12개월이고 2003년 6월 30일에 마감하도록 하였다.

연료용 에탄올의 생산원가로 인하여 『차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험계획』에서는 세금 정책에 대하여 명확한 규정을 하였다. (1) 상기 두 회사의 연료용 에탄올 생산의 5% 소비세를 감면한다. (2) 상기 두 회사의 부가가치세에 대하여 먼저 징수하고 다시 돌려주도록 한다. (3) 상기 두 회사에서 사용하는 숙성곡물에 대하여 정책적 지원을 한다. (4) 차량 에탄올 첨가 가솔린의 판매가격은 동일 등급의 일반 가솔린과 같아야 한다. (5) 상기 정책들을 실행한 후, 두 회사에서 적자가 발생하였을 경우 국가에서 보조금을 지불하도록 한다.

첫 번째 실험이 끝나고 전반적 상황을 볼 때, 차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험은 예상 목표에 도달하였다. 국가 발전과 개혁위원회를 포함한 8개 국가기관은 중국의 부분 지역에서 차량 에탄올 첨가 가솔린의 실험을 진행하여 그 범위를 확대하기로 하였다. 그리고 『차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험계획』과 『차량 에탄올 첨가 가솔린의 사용 실험 관련 실행 원칙』을 공표하고 헤이룽장(黑龙江), 지린(吉林), 허난(河南), 안후이(安徽) 등 4개 성에서 연료용 에탄올 실험을 진행하기로 하였고 생산 기업은 4개로 증가하였다. 그들의 연료용 에탄올 생산량은 허난성 텐관회사는 30만톤(원료: 밀), 지린 연료용 에탄올회사는 30만톤(원료: 옥수수), 안후이 평원(丰原)생물화학회사는 32만톤(원료: 옥수수), 헤이룽장 화룬(华润)회사는 10만톤(원료: 옥수수)이었다.

세금 정책에서는 또한 연료용 에탄올의 정산가격에 대하여 명확히 하였다. 동일 등급의 90# 가솔린의 공장도 가격(factory price)에 따라 전환계수(conversion coefficient) 0.9111을 승하면 바로 연료용 에탄올의 정산가격이었다.

관련 실험 지역에서는 모두 지역별 정책을 제정하여 구체적으로 실행하고 있다.

2014년, 연료용 에탄올의 소비량은 228만톤에 달하였고 전 중국 내 11개 성에서 에탄올 첨가 가솔린의 사용을 보급하였다. 에탄올 첨가 가솔린의 판매량은 2,280만톤으로 이는 전 중국 내 가솔린 소비량의 22.5%를 차지하였다.

현재 중국의 연료용 에탄올 생산 주요 기업은 다음과 같다.

	기업 명칭	2012년	2013년	공급 구역
1	허난 텐관그룹집단 유한회사	65	69.5	허난, 허베이(河北), 후베이(湖北)
2	지린 연료용 에탄올 유한회사	57	58	지린, 료우닝(辽宁)
3	중량(中粮)	50	53	안후이, 산둥(山东),

	기업 명칭	2012년	2013년	공급 구역
	생물화학(안후이) 주식유한회사			장수(江苏), 허베이
4	중량 생물화학 에너지(자오둥, 肇东) 유한회사	26.5	27	헤이룽장
5	광시(广西) 중량 바이오매스 에너지 유한회사	7.96	8	광시
6	중싱(中兴) 에너지(네이멍구, 内蒙古) 유한회사	-	3	네이멍구
7	산둥 룽리(龙力) 생물과학기술 주식유한회사	-	3.2	산둥
	합계	206.5	221.7	

3. 연료용 에탄올 산업의 현황과 전망

연료용 에탄올의 실험은 친환경과 에너지의 지속 발전 가능성 면에서는 성공하였다고 볼 수 있다. 하지만 연료용 에탄올은 국가의 대량 자금 지원에 의존하고 있다. 기업에 대한 재정적 지원은 정부에게 일종의 부담이고 식량의 소비는 중국의 식량안전을 위배하는 것이다. 중앙재정은 현재 식량을 원료로 하는 연료용 에탄올에 대한 지원을 감소하고 있다. 이미 지원을 하기로 한 식량을 원료로 한 바이오 연료용 에탄올에 대하여 지원 표준은 2012년의 500위안/톤, 2013년의 300위안/톤, 2014년의 200위안/톤, 2015년의 100위안/톤이었고 2016년 이후로는 지원을 하지 않는다.

반면, 섬유소를 원료로 한 2세대 바이오 에탄올은 아직도 정부의 전폭 지원을 받고 있다. 산둥 룽리바이오회사의 바이오 연료용 에탄올에 대한 2014년 정부의 지원 예산은 3,806만 위안이었고 회사에서 획득한 자금은 2012년, 2013년과 2014년 제1분기의 섬유 연료용 에탄올에 대한 보조금이었다. 그 지원 표준은 800위안/톤이었다.

최근 1~2년 동안, 글로벌 경제 부진으로 인하여 글로벌 원유 가격도 하락하기 시작하였다. 이는 연료용 에탄올과 바이오 디젤 등을 포함한 신에너지 산업의 발전에 직접적인 영향을 미치고 있다.

제2절 바이오 재료

바이오 재료는 현재 바이오산업 발전의 중요한 방향 중 하나이다. 폴리락트산(PLA, Polylactic acid)는 인체에서 생분해(biodegradation)되는 특성을 가지고 있고 인체와의 생체적합성(compatibility)도 우수하다. 현재 폴리락트산은 이미 인공골격, 봉합선 등의 재료로 의료영역에서 사용되고 있다. PHB(polyhydroxybutyrate)와 PHA(polyhydroxyalkanoate) 등은 박테리아로 생산한 플라스틱으로 생분해성을 지니고 있어 석유 플라스틱을 대체하는 실험들을 진행하고 있다. 카다베린(pentamethylene diamine)은 이염기산(diprotic acid)과 중합(polymerization)반응을 거쳐 나일론을 생산할 수 있다. 본사가 상하이 장장 첨단과학기술단지에 위치하여 있는 상하이 카이싸이(凱賽) 바이오과학기술 유한회사에서는 이미 생분석법으로 카다베린과 롱체인디카르복실산(Long chain dicarboxylic acid) 생산기술의 개발에 성공하였고 상업용 바이오 나일론을 생산하기 시작하였고 타이룬(泰伦)이라고 명명하였다.

1,3-프로판디올은 폴리에스터(polyester)를 생산하는 원료로 이염기산과 반응하여 폴리에스터를 생성할 수 있다. 생분석법으로 생산한 1,3-프로판디올은 전형적인 생분석으로 생산한 화학품이다.

1. 1,3-프로판디올이란

1,3-프로판디올은 중요한 화학공업 원료로 용액, 부동액(antifreeze) 혹은 보호제(protective agent), 정밀 화학공업 원료 및 신형 폴리에스터와 폴리우레탄(Polyurethane)의 단위체로 사용할 수 있다. 1,3-프로판디올과 PBT(olybutylene Terephthalate)가 합성하여 생성한 신형 폴리에스터 재료인 PTT(Popylene terephthalate), PET(Polyethylene terephthalate), PBT(Polybutylene terephthalate)는 많은 우수한 특성들을 지니고 있다. 나일론의 변형 회복, 자외선 저항성, 낮은 정전기성 등 많은 특징들과 생분해성을 그 예로 들 수 있다.

1,3-프로판디올은 가소제, 세제, 방부제, 유화제의 합성에도 사용할 수 있고 또한 화장품, 프린트 토너, 청정제, 안정제와 연료용 전지에도 첨가하여 제품의 성능을 향상시킬 수도 있다. 의약과 유기합성의 중간체인 1,3-프로판디올은 식품, 화장품, 제약 등 영역에서도 사용이 가능하다. 1,3-프로판디올은 에틸렌 글리콜(ethylene glycol), 1,4-부탄디올(1,4-butanediol)과 네오펜틸글라이콜(Neopentyl Glycol) 등 중간체를 대체하여 사용되기도 한다.

2. 생분석법을 이용한 1,3-프로판디올의 생산

1,3-프로판디올은 화학법을 통하여 생산할 수도 있지만, 생분석법으로 생산하는 것이 환경과 경제에 모두 유리하다. 생분석법으로 1,3-프로판디올을 생산하는 방법은 듀퐁(DuPont)회사에서 개발한 것으로 포도당 혹은 전분 등 탄수화물 원료를 발효시켜 먼저 글리세롤을 제조한 후, 단일 미생물과의 접촉을 통하여 적합한 발효조건에서 1,3-프로판디올을 생성하는 것이다.

(1) 글리세롤의 1,3-프로판디올 생성

글리세롤을 이용하여 1,3-프로판디올을 생성하는 것은 바이오디젤의 발전과 중요한 연관이 있다. 바이오디젤은 그리스(grease)를 원료로 하여 에스테르교환반응(transesterification)을 거쳐 생성되는데 그 부산물이 바로 글리세롤이다. 1톤의 바이오디젤을 생성할 때 0.1톤의 글리세롤이 생성된다. 이렇게 대량으로 생성된 글리세롤의 처리도 큰 문제로 되었다. 하지만 글리세롤을 이용하여 1,3-프로판디올을 생산하는 것은 그 난제를 해결하는 좋은 방법으로 되었다. 글리세롤의 전환은 무산소상태에서 진행되는 것으로 자연계의 원시적 균주를 이용하여 글리세롤을 1,3-프로판디올로 전환할 수 있다. 그 중, 연구를 비교적 많이 진행한 균주는 클렙시엘라(Klebsiella), 사이트로박터 프렌디(Citrobacter freundii)와 클로스트리디움 부티리쿰(Clostridium butyricum) 이 3가지이다.

(2) 포도당의 1,3-프로판디올 생성

포도당을 기질로 하여 유전공학 박테리아를 이용하여 1,3-프로판디올을 생산한다. 당의 전환비율과 산물의 질량, 농도는 비교적 낮다. 듀퐁회사에서는 혼합균주로 1,3-프로판디올을 생산한다. 즉, 글리세롤 생산 균주를 이용하여 포도당을 글리세롤로 전환한 후 1,3-프로판디올 생산 균주를 이용하여 1,3-프로판디올을 생성한다. 하지만 이 두 가지 균주의 배양조건이 다르기에 그 과정 조절에 일정한 어려움이 있었다. 듀퐁회사는 제넨코(Genencor)회사와 협력하여 유전자 재조합 기술을 이용하여 대장균에 맥주효모균(Saccharomyces cerevisiae)에 존재하는 포도당을 글리세롤로 전환할 수 있는 유전자를 삽입하였고 또한 사이트로박터 프렌디와 클렙시엘라에 존재하는 글리세롤을 1,3-프로판디올로 전환하는 유전자도 삽입하여 엔지니어링 박테리아(engineering bacteria)를 생성하였다. 그리하여 포도당을 기질로 하여 1,3-프로판디올을 원스텝으로 생산할 수 있는 발효공정을 개발하였다.

3. 글로벌 1,3-프로판디올 산업의 발전현황

듀퐁회사, 에보닉 데굴사(Evonik Degussa)와 로열 더치 셸 그룹(Royal Dutch/Shell Group of Companies) 이 3회사에서 1,3-프로판디올의 전체 글로벌 시장을 독점하고 있다. 1,3-프로판디올의 생산량 증가에 따라 그 가격은 하락하고 있다. 1991년, 1,3-프로판디올의 전세계 생산량은 100톤으로 그 가격은 3만불/톤이었다. 1997년 그 생산량은 1.2만톤으로 증가하였고 가격은 3,000~5,000불/톤으로 하락하였다. 2003년의 전세계 생산량은 8.6만톤이

었는데 그 중, 셸 그룹은 7.5만톤, 듀폰회사는 1.1만톤이었다. 현재 가장 큰 1,3-프로판디올 시장은 아메리카 지역이고 그 다음으로는 아시아-태평양 지역, 3위로는 유럽, 중동과 아프리카 지역이다. 아시아-태평양은 현재 1,3-프로판디올 시장의 발전 속도가 가장 빠른 지역이다. 국가적 차원에서 미국은 현재 가장 큰 1,3-프로판디올 시장이다. PTT의 수요가 증가함에 따라 1,3-프로판디올에 대한 수요도 확대되고 있다. 그리하여 많은 국가들에서는 1,3-프로판디올 제조기술을 개발하고 완비하기에 힘쓰고 있다.

(1) 에보니크 데겟사(Evonik Degussa), 에보니크산업그룹 소속으로 높은 이익의 특수 화학공업제품을 중점 업무로 한 다국적 기업이다. 그 운영을 책임진 부서는 12개이다. 특수 기술은 구조 중간체, 주문합성 촉매, C4 화학품, 건식실리카(Fumed Silica)와 실레인(silane), 고급 충전재(filler metal)와 안료(pigment) 등 5개 부서와 연관이 있다. 그리고 소비재 해결 방법은 고흡수성수지(SAP, Super absorbent polymers), 유지보수 및 표면화학물질, 사료 첨가제 등 3개 부서에서 책임지고 특수 재료는 코팅원료 및 색풀(pigment paste), 고성능 폴리머, 메타크릴알데히드(methacrylaldehyde), 아크릴산에스테르(acrylic ester) 등 4개 부서가 업무를 주관한다.

에보니크 데겟사 제품의 종류는 아주 많다. 주로 카본블랙(carbon black), 실란 커플링 에이전트 (Silane Coupling Agent), 아미노산, 우레탄폼 (urethane foam) 첨가제, 폴리에스터 수지(polyester resin), 색풀, 착색시스템, 고성능 플라스틱 등 제품이 있고 그들의 소비자들은 중국 및 전체 아시아에 분포되어 있다. 에보니크 데겟사는 아크롤레인(acrolein)을 원료로 하여 1,3-프로판디올을 생산하는 방법도 개발하였다.

(2) 셸 그룹, 로열 더치 셸 그룹은 세계적으로 두 번째로 큰 석유회사로 영국에서 등기하였고 본사는 네덜란드 헤이그에 위치하여 있다. 이는 네덜란드의 로열석유와 영국의 셸 무역유한회사가 합병하여 현재의 로열 더치 셸 그룹으로 된 것이다. 네덜란드의 로열석유는 1890년에 설립된 회사로 그 시기 가장 큰 석유회사인 미국의 스탠더드오일(Standard Oil Co.)과 경쟁하기 위하여 1907년에 영국의 셸 무역유한회사와 합병하였다. 현재의 셸 그룹은 5대 핵심 업무가 있는데 각각 탐사와 생산, 천연가스와 전기, 가스화, 화학공업과 재생 가능한 에너지 등이다. 셸 그룹은 전 세계적으로 140여개의 국가와 지역에 지사를 설립하였거나 업무가 있다.

셸 그룹은 1999년부터 시작하여 1,3-프로판디올 생산장치에 투 스텝 프로세스(Two step process)를 적용하기 시작하였다. 즉 에폭시에탄(epoxyethane)과 합성가스(syngas)를 이용하여 3-HPA(3-Hydroxypropionaldehyde)를 생성한 후 다시 1,3-프로판디올을 생성하는 것이다. 이 방법으로 생산한 1,3-프로판디올의 순도는 99.36%(wt) 이상이고 수득률(yield)은 85%~90%에 달한다. 하지만 셸 그룹은 2008년에 이 시장을 떠났다.

(3) 듀폰회사, 듀폰회사는 과학연구를 기초로 하는 글로벌 기업으로 인류가 식품과 영양,

건강관리, 의류, 홈페니싱(home furnishing) 및 건축, 전자와 교통 등 생활 영역의 품질에 대한 과학적인 해결방법을 제공하고 있다. 듀폰회사는 1802년에 설립되었고 전 세계적으로 70개 국가에서 운영되고 있으며 79,000여명의 직원이 있다.

듀폰회사에서 생분석법으로 1,3-프로판디올을 생산하는 기술 경로는 주로 5가지가 있다. ① 탈수효소(anhydrase) 등 유전자 단일 엔지니어링 박테리아, ② 효모와 박테리아의 혼합 발효, ③ 효모와 박테리아를 이용한 투 스텝 발효법, ④ 글리세롤-3-인산탈수효소(glycerol-3-phosphate dehydrogenase), 글리세롤-3-인산 효소 유전자 단일 엔지니어링 박테리아, ⑤ 포스포에놀피루브산(PEP, phosphoenolpyruvic acid)--포도당--인산전달효소(phosphotransferase) 시스템의 내생유전자(endogenous gene) 조절과 ptsH 유전자의 개입에 대한 단일 엔지니어링 박테리아. 그 중 발효정도가 가장 훌륭한 것은 활성화 탈수효소, 탈수효소 활성화 요소 등 유전자의 엔지니어링 박테리아이다. 듀폰회사는 특허 신청을 통하여 관련 기술과 공정에 대하여 엄격한 보호를 실행하였고 이로써 기술을 독점하게 되었다.

4. 중국 1,3-프로판디올 산업의 발전현황

1,3-프로판디올의 규모화 생산기술은 주로 듀폰회사, 에보니크 데긋사, 셸 그룹 등에서 보유하고 있다. 독자적 지식재산권을 가진 1,3-프로판디올 산업화기술의 결핍은 중국 PTT산업의 발전을 제약하는 난제가 되었다.

중국은 2002년부터 1,3-프로판디올의 산업화생산을 시작하였다. 첫 번째 생산기업은 산둥밍싱(山东铭兴) 화학공업유한회사로 화학합성법을 이용하여 생산하였는데 그 규모는 천 톤급이었다. 그리고 소수의 공장에서는 phenyl glycidate가 수소화알루미늄리튬(lithium aluminium hydride)에 의하여 환원되어 1,3-포르판디올 시제를 생산하기도 하였다. 하지만 대부분 공업회사에서 사용하는 1,3-프로판디올은 여전히 해외에서 수입한 것이다. 중국 내 대다수의 과학연구기관에서는 1,3-프로판디올을 구매하여 PTT 및 다운스트림 제품(down-stream product)의 개발에 사용한다.

다수의 연구기관에서도 1,3-프로판디올의 규모화 생산 관련 연구·개발을 진행하고 있다. 중국 시노펙(SINOPEC) 상하이 석유화학연구소는 수화작용(Hydration)으로 아크로레인(acrolein)에 수소를 첨가하는 중간실험 장치를 구축하였고 헤이룽장 석유화학연구소에서는 연간 생산량이 50톤에 달하는 수화작용으로 아크로레인에 수소를 첨가하여 1,3-프로판디올을 생산하는 중간실험 장치를 건설하였다. 그리고 칭화대학(清华大学)과 성홍(盛虹)그룹에서 연합으로 개발한 1,3-프로판디올 생산 프로젝트는 우장(吴江)에서 가동되었다. 이로써 1,3-프로판디올 생산기술의 독점현상이 끝나게 되었고 중국은 전 세계적으로 두 번째로 완전한 1,3-프로판디올 산업사슬을 보유하게 된 국가로 되었다.

(1) 성흥그룹, 성흥그룹(Holding Group)은 국가급 혁신형 첨단기술산업그룹으로 1992년에 설립되었고 그 본사는 수저우(苏州) 성저(盛泽)에 위치하여 있다. 현재 성흥그룹은 이미 석유화학, 방직, 에너지, 부동산, 호텔 등 5대 산업 플레이트(plate)를 형성하였고 그 산하에는 연구개발, 생산, 투자, 무역, 서비스 등 20여개 회사가 있다.

2008년 성흥그룹 기술팀은 PTT 자체의 물리, 화학적 특성에 근거하여 전문적 설계를 진행하여 세계 최초의 전문적인 PTT 형상기억섬유 생산라인을 성공적으로 건설하였다. 2011년 성흥그룹은 독자적 지식재산권을 보유한 3만톤/년 PTT 연속중합장치의 개발에 중국 최초로 성공하였다. 2013년 칭화대학과의 협력을 통하여 생물발효법으로 PDO를 제조하는 기술의 산업화에서 큰 발전을 취득하였고 마이오매스 PDO 제조, PTT 폴리에스터 합성, PTT 차별화 방직, PTT 면직 재료염색기술과 산업화 원스텝 집성라인을 형성하였고 전 세계 두 번째로 완전한 PDO-PTT-PTT 섬유 산업사슬을 보유한 기업으로 되었다.

(2) 화메이(华美) 바이오재료유한회사, 장자강 메이징룽(张家港 美景荣) 화학공업유한회사와 화메이 바이오재료유한회사는 장강 하류의 장수성(江苏省) 장자강시 보세구역에 위치하여 있다. 이들은 SBCVC(SB China Capital)와 장자강시 징룽(景荣)화학공업유한회사에서 공동으로 설립한 회사로 연간 생산량이 6.5만톤에 달하는 1,3-프로판디올과 2,3-부탄디올(2,3-Butanediol)의 생산공장을 보유하고 있다.

이 회사의 연구팀은 과기부 '12차5개년' 계획기간의 863 중대 프로젝트를 실행하였고 여러 특허기술을 발명하였다. 또한 미생물을 이용하여 글리세롤을 1,3-프로판디올로 전환하여 글리세롤을 원료의 생분석법으로 1,3-프로판디올을 생산하는 산업화장치를 세계 최초로 구축하였다. 이 회사는 20여년간의 폴리에스터 영역의 경험을 가지고 있고 여러 발명특허들을 보유하고 있으며 중국에서 처음으로 연간 생산량이 3만톤에 달하는 PTT 생산라인을 구축하였으며 폴리에스터의 합성기술에 많은 경험을 추적하였다.

5. 중국 1,3-프로판디올 대표연구자

중국의 특허 및 발명자 랭킹과 SCI논문 발표상황, 중국 1,3-프로판디올 제조기술 영역의 유명한 전문가 리스트에는 칭화대학의 류더화(刘德华) 교수와 따론펬(大连) 이공대학의 시우즈룽(修志龙) 교수도 포함되어 있다.

류더화, 남, 1986년 칭화대학 화학공정 응용화학과 학사 학위 보유, 1991년 칭화대학 화학공정 박사 학위 보유. 국가 생화학공정기술연구센터(베이징)의 부센터장이었고 중국과학원 화학야금연구소 생화학공정연구부서의 부책임자였다. 1999년 5월, 칭화대학 화학공정 응용화학연구소 소장, 교수, 대학원생 지도교수로 임명되었다. 연구영역은 주로 재생 가능한 자원의 이용, 바이오 에너지 공정, 발효공정과 기술, 생물반응기 등을 포함한다.

류더화 교수는 국가급 프로젝트, '863', '973', '국가 중점 산업실험' 및 '국가

첨단기술 산업화 시범공정' 프로젝트에 참여하였고 책임자로 활동하기도 하였다. 그가 프로젝트 책임자였던 "생분석법 공액반응으로 바이오디젤과 1,3-프로판디올을 생산하는 응용 기초연구"는 2006년 중국 석유와 화학공업협회(CPCIF, China Petroleum and Chemical Industry Federation) 과학기술 발전상 1등상을 수상하였다. 류더화 교수 연구팀에서 개발한 바이오디젤 부산물인 글리세롤을 발효시켜 1,3-프로판디올을 생산하는 산업화 프로젝트는 장수 성흥그룹의 산업화 기초가 되었다.

시우즈룽, 남, 파렌이공대학 교수, 1987년 칭화대학 화학공정 학사 학위 보유. 시우즈룽 교수의 연구방향은 ① 바이오매스 에너지: 화학법 혹은 리파아제(lipase)를 이용하여 바이오디젤을 제조하고 중약 찌꺼기로 에탄올을 제조한다. 그 외에도 미생물연료전지, 바이오 수소 제조 등이 있다. ② 바이오베이스 화학품: 바이오디젤과 1,3-프로판디올 연합 생산 공정, 생물적 변환으로 1,3-프로판디올, 2,3-부탄디올, 아세톤, 부탄올 등을 제조한다. 그리고 균종 플라즈마(plasma)의 돌연변이 유발, 분자 정향 진화, 제품의 분리와 추출 등이 있다. ③ 천연약물: 펩티드 혹은 고리형 펩티드의 화학적 합성, 히루딘(hirudin)의 화학수식, 살비아논산 B(salvianolic acid B)의 추출공정, 생물적 변환으로 레스베라트롤(resveratrol)과 디오스신(dioscin)을 제조한다. ④ 컴퓨터생명공학과 바이오시스템공학: 분자로 사이클로덱스트린(Cyclodextrin)과 중약 성분의 상호 작용, 히루딘의 PEG수식, 고리형 펩티드의 구조, 효소 촉매작용 메커니즘, 단백질 혹은 효소와 아글리콘(aglycone) 또는 약물 사이의 작용을 모델링하고 미생물 대사공정, 생물적 변환 역할, 생물적 변환 과정의 최적화와 분석 등을 포함한다.

6. 한중 1,3-프로판디올 협력 전망

한국생명공학연구원의 김철호(Kim Chul Ho) 연구원을 대표로 한국 과학자들도 생분석법으로 1,3-프로판디올을 생산하는 과학적 연구와 산업화 개발을 진행하고 있다. 한국 시장이 1,3-프로판디올에 대한 수요는 중국 시장과 차이가 있다. 중국은 1,3-프로판디올을 주로 PTT의 합성원료로 사용하지만 한국은 주로 화장품의 원료로 사용하고 있다.

김철호 연구원은 이미 중국과학원 상하이 고등연구원의 하우젠(郝健) 연구원과 폐렴간균으로 화학품을 생산하는 관련 연구를 협력하여 진행하고 있다. 폐렴간균은 1,3-프로판디올을 생산하는 우량한 균주이다. 김철호 연구원과 하우젠 연구원은 생분석법으로 1,3-프로판디올을 생산하는 관련 연구를 협력으로 진행할 예정이며 한국과 중국의 1,3-프로판디올의 산업화 생산에 적극 참여할 것이라고 밝혔다.

제5장 중국 바이오산업의 발전 현황

제1절 전반적 발전 현황

‘11차5개년’, ‘12차5개년’ 계획은 이미 끝났고 그 주요 목표들은 이미 실현되었다. 최근 10년 동안 중국은 바이오산업에서 큰 발전을 이룩하였다. 일부 바이오과학기술 중대 인프라가 구축되었고 치료용 백신과 항체, 세포 치료, 유전자 변형 농작물 육종, 바이오 에너지 농작물 재배 등 핵심적 기술도 크게 발전하였다. 그리고 고병원성 인플루엔자백신, 분자진단 시제, 슈퍼 벼, PLA 등 혁신 제품도 보급, 응용되고 있다. 산업화 프로젝트도 대폭 증가되었고 시장 용자, 외자 이용과 글로벌 협력에서도 발전을 가져왔다. 바이오산업의 생산액은 연간 22.9%의 속도로 성장하고 있고 2011년에는 2조 위안에 달하였다. 바이오의약, 바이오농업, 바이오 제조, 바이오 에너지 등 산업은 규모화를 이루어가고 있고 연간 판매액이 100억 위안을 넘는 대기업과 연간 판매액이 10억 위안을 넘는 브랜드도 나타나고 있다. 중국은 바이오기술의 연구개발과 산업 육성, 시장 응용 등 면에서 이미 어느정도의 기반을 갖추게 되었다.

제2절 중국 지역별 바이오산업의 발전 현황

바이오산업기업의 분포의 특징을 보면, 대량 제품, 즉 에탄올, 아미노산, 효소 등 산업은 생산 원가에서 원료 및 에너지가 차지하는 비중이 비교적 크다. 이러한 기업들은 주로 원료, 에너지 및 기후 우세가 있는 지역에 분포되어 있다. 중국 북방(화북, 동북 및 서북 지역) 지역에는 옥수수 등 바이오산업 원료의 주요 생산구역으로 원료 가치 우세가 있다. 네이멍구, 간수(甘肅), 닝샤(宁夏) 등 지역은 석탄 등 연료가 많으므로 에너지 우세가 있다. 바이오산업의 생산과정은 모두 에너지 방출 과정이므로 온도가 비교적 낮은 지역이 기후 냉각 원가가 낮다. 그러므로 중국의 바이오 대량 제품의 생산기업들은 대다수가 중국 북방에 분포되어 있다.

의약품들은 부가가치가 높고 첨단기술을 필요로 하므로 주로 장강삼각주 등 경제와 사회가 비교적 발전한 지역에 위치하여 있다.

지린성의 옥수수 가공 전환을 특징으로 한 바이오 화학공정산업의 규모, 연구개발 능력과 기업의 위상 등은 현재 중국 선진수준이다. 2012년 지린 바이오의약 산업의 생산액은 1,550억 위안으로 34.7% 성장하였고 현재 창춘(長春) 바이오의약 기지, 통화(通化) 의약성을 건설하고 있다. 옌벤(延邊), 바이산(白山) 등 지역에 “의약 백억 위안 구역” 을 구축중이다.

네이멍구 지역은 바이오 제약, 현대 몽골중약, 바이오 백신과 바이오 육종의 발전을 장려하고 생물발효기술의 연구개발 및 산업화를 강화하며 옥수수를 원료로 하는 바이오제품 종합이용 산업사슬을 형성하도록 한다.

제3절 중국 바이오산업의 혁신능력 취약

현재 중국 바이오산업의 규모는 아주 크다. 많은 제품들이 글로벌 총생산량에서 차지하는 비중도 크다. 글루콘산나트륨(Sodium Gluconate), 비타민 C, 이소비타민 C(isovitamin C), 코엔자임Q10(coenzyme Q10), 구연산(citric acid), 젖산, 글루탐산(glutamic acid), 라이신(lysine), 페니실린 등 수많은 제품들 중 국제적 생산능력(International capacity)을 나타내는 몇가지는 중국에 있다. 그리고 이러한 제품들의 생산기술 역시 글로벌 선두에서 달리고 있다. 중국 기업은 국제적으로 기술을 획득한 후 이러한 기술들을 마스터하고 글로벌 이상 수준으로 향상시킬 수 있어야 한다. 하지만 중국은 신형 바이오제품에서 여전히 많이 부족하고 독창적인 혁신이 결핍하다.

과학과 기술의 정량적 지수로 볼 때, 중국 과학자들이 발표한 SCI 논문수는 이미 글로벌 2위를 차지하고 있고 중국의 특허 신청량은 이미 글로벌 1위이다. 하지만 바이오산업을 포함한 중국 산업은 글로벌 대기업들과 비교할 때 선명한 차이점이 있다. 중국에서 기업들은 주로 제품 생산만을 하므로 독창적인 연구개발 능력이 취약하다. 중국의 과학기술 우위는 주로 대학교와 연구기관에 집중되어 있다. 하지만 글로벌 대기업들을 보면, 모두 소속 연구개발기관이 있고 이러한 기관의 수준은 대학교와 과학연구기관의 수준보다 높다. 이는 중국 기업의 독창적인 혁신 능력이 결핍한 하나의 근본적 원인이다. 현재 중국 정부는 산학연의 연결을 대거 추진하고 있다. 기업은 이러한 협력관계로부터 기술적 지원을 제공받을 수 있다. 하지만 이러한 협력관계에는 아직도 많은 결함들이 존재하여 기업과 과학연구기관들을 완벽하게 결합시킬 수 없다. 그 주요 원인은 정책, 메커니즘, 문화적 전통 등과 연관이 있다. 이를 해결하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다.

1) 지역적 문제

바이오산업 기업이 중국에서의 분포 범위는 비교적 넓다. 많은 대기업들은 중소도시에 분포되어 있다. 하지만 독창적인 혁신 관련 대학교와 과학연구기관들은 주로 대·중 도시에 분포하여 있다. 그러므로 중소도시에 있는 기업에 연구개발기관을 설립한다는 것은 어려운 일이다.

2) 인재 문제

중국에서 과학연구에 종사하는 고급 인재들은 보편적으로 대학교와 과학연구기관에서 근무하고 있고 기업의 과학연구 인원들의 차원은 전반적으로 비교적 낮은 편이다. 지역적 문제

는 인재 문제를 초래하게 된 원인 중 하나이다. 높은 차원의 인재들은 대다수가 대·중 도시에서 취직을 한다.

중국의 호구제도 및 관련 교육과 주택 등 정책들도 유동인원에 대하여 제한작용을 한다. 고급 인재들이 중소도시의 기업에 취직하게 되면 많은 우려가 생기게 될 것이다.

3) 투자 문제

중국의 대부분 바이오산업 기업들은 그 역사가 비교적 짧다. 그 발전과정 중, 대부분은 적은 자금으로 독창적인 기술을 획득하여 제품을 생산하는 방식이었다. 하지만 독창적인 혁신에는 대량의 자금이 소요되고 이익창출 주기가 비교적 길다. 기업들은 이러한 독창적인 혁신에 투자할 수 있는 자금이 없거나 아주 제한적이다.

4) 기업 메커니즘과 문화적 문제

중국의 기업문화 특징 중 하나가 바로 보수적이라는 것이다. 기업의 기술 인원들은 에너지 소모 감소 등 면에서 기술을 발전시킬 수는 있으나 획기적인 혁신은 허용되지 않고 있다. 그것은 기업의 정상적인 생산에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

중국 국유 기업은 그 관리시스템이 비교적 틀에 박혀 있고 기업 지도자들은 독창적인 혁신 시도를 환영하지 않는다. 우선 독창적인 혁신은 대량의 자금을 필요로 하지만 그 이익창출은 수년간이 지나야만 실현할 수 있다. 하지만 국유 기업의 지도자들의 임기는 일정 기간만이다. 자신의 임기 내에 대규모적인 혁신투자를 하는 것은 일종의 리스크이고 자신의 임기 내에는 이익창출을 하기 힘들기 때문이다. 그러므로 이러한 리스크는 국유 기업 지도자 개인에게는 손실이 이득보다 크다.

중국의 민간기업들은 최근 10~20년 사이에 빠르게 발전되고 있다. 하지만 이러한 빠른 발전은 기술의 발전에 의한 것이 아니라 중국의 전반적 경제와 글로벌 연결로 인한 것이다. 민간기업 경영자들 대부분은 자금의 운영과 국가 공무원들과의 관계 관리에만 신경을 쓰고 있고 혁신이 기업 발전 기여에 대한 인지도는 아주 낮다.

5) 법률과 정책 문제

바이오제품은 제품으로는 생산기술을 전혀 알 수가 없으므로 그 생산기술을 보호하려면 어렵다. 하지만 기계나 전자제품들은 시장판매 제품으로부터 주요 생산기술을 알 수 있으므로 특허 등에 대하여 쉽게 보호를 할 수 있다.

제4절 중국 바이오산업의 생산과잉 현상

중국이 많은 바이오산업의 생산능력이 국제적으로 절대적 우위를 보유하고 있다는 것은 이미 앞장에서 소개하였다. 이는 중국의 바이오산업, 특히 바이오산업의 대품종 제품에서는 보편적인 현상이다. 그렇다면 이러한 현상의 근원은 어디에 있을까.

자금 면의 원인은 여기서 서술하지 않도록 한다. 하나의 중요한 원인은 바이오산업기술의 비밀유지가 어렵다는 것이다. 바이오산업기술은 주로 균주와 생산 공정 두 가지를 포함한다. 생산기업의 기술 인원 및 생산자들 모두가 회사의 기술을 마스터하고 있다. 만약 모 기업 기술의 이익창출이 많다면 다른 한 회사에서는 이 회사에서 몇 명의 기술 인원 혹은 생산자들을 스카웃하면 바로 하나의 바이오기술을 획득하게 되고 그 원가 또한 아주 낮다. 이는 중국에서 바이오기술 산업이 빠른 속도로 확산되는 현상을 초래하게 된다.

이렇듯 바이오기술 산업이 빠르게 확산된 결과, 중국 바이오제품의 생산과잉 현상이 나타나게 되었다. 그리하여 많은 바이오산업 기술들은 중국 기업이 마스터하기만 하면 제품 생산과잉으로 인하여 가격이 급격히 하락하게 된다.

제5절 중국 바이오산업의 지식재산권 분쟁 사례

일본의 아지노모토(ajinomoto)와 중국 창춘의 다청(大成) 생화학공정유한회사의 라이신 관련 특허분쟁 사례이다.

일본 아지노모토는 다청 생화학회사에서 자신들의 권리를 침해하였다고 생각하나 증거를 확보하기 어려웠다. 증거를 확보하기 위하여 아지노모토에서는 국제 최고의 투자은행에 의탁하여 다청 생화학회사에 협력, 투자, 심지어 라이신 관련 업무를 매입하겠다는 의향을 밝혔다. 그 후, 아지노모토는 고찰을 명의로 여러 명의 기술과 생산 책임자들을 창춘에 위치하여 있는 다청 생화학회사에 파견하였고 증거를 찾고자 하였다. 그리고 뒤이어 유럽과 미국에서 소송을 제기하였다. 그 결과, 아지노모토는 유럽에서 승소하였지만 미국에서는 패소하였다.

다청 생화학회사는 이번 소송에서 법률, 명예 면에서 크나큰 대가를 치렀고 변호사 비용도 만만치 않았다. 이러한 사례는 바이오산업 기술의 지식재산권에 대한 보호제도는 아직 불완전하다는 것을 설명한다.

화베이(华北)제약과 장산(江山)제약의 비타민 C 생산 균주에 관한 경제스파이 사건.

다청 생화학은 민간기업이지만 아래 사례는 대형 국유기업에서 발생한 사건이다. 화베이제약과 장산제약의 비타민 C 생산 균주에 관한 경제스파이 사건은 “글로벌 역사에서의 10대 유명한 산업 스파이 사건” 이라고 불리기도 한다. 장산제약은 화베이제약 산하 위이얼강(维尔康)약업은 모두 중국에서 비타민 C를 생산하는 중요한 기업이다. 생분석법으로 비타민 C를 생산하는 것은 중국 소수의 독창적인 기술로 중국과학원 베이징 미생물연구소에서 20세기 70년대에 개발한 것이다. 이 기술은 중국의 몇몇 기업에서 산업화 운영을 거친 후, 각자 독립적으로 균종 성능 향상을 진행하게 되었다. 장산제약은 20세기 90년대에 유전자 돌연변이기술을 통하여 일련의 비타민 C 대량 생산의 전구체(precursor)인 글론산(gulonic acid) 균주를 획득하였고 산업화 생산에서 우세를 지니게 되었다. 위이얼강약업은 이러한 비타민

■ 48_중국 바이오산업 발전 연구과제 보고서

C 대량 생산 균주를 얻기 위하여 경제스파이를 장산제약에 파견하였다. 1999년부터 4명의 스파이는 장산제약의 4개 제조공장에 잠입하였는데 VC 생산과정 중의 추출, 발효, 전환 등 4가지 프로세스에 대응한다. 2001년 5, 6월에 장산제약은 기술절취 상황을 눈치채게 되었다. 위이얼캉약업이 절취한 기술로 장산제약을 뒤쫓아 오기 시작하였기 때문이다. 장산제약이 위치한 장수(江苏) 경찰 측은 탕하이칭(唐清海), 마우레이(毛雷) 등 5명을 체포하였고 온라인으로 두 명의 위이얼캉 관련 계획자들에 대한 지명 수배를 하였으나 아직까지 체포하지 못했다. 사건은 해결되었으나 위이얼캉제약은 진정한 징벌을 받지 않았다. 위이얼캉제약은 1,000톤의 비타민 C를 대가로 장산제약과 이번 사건을 마무리 하였다.

이 사건은 중국 국유 대기업이 지식재산권 면에서의 각성 및 정부가 바이오산업 지식재산권 관리 면에서 아직도 많은 문제가 존재한다는 것을 말해주고 있다.

제6장 한중 바이오산업 협력 제안

제1절 협력기관 신설을 통해 한중 바이오산업의 협력 촉진

한국과 중국은 지리적으로 가깝게 위치하여 있다. 그리하여 한국과 중국은 인적 교류와 화물 수송 등에서의 교통 원가가 비교적 낮다. 한국과 중국은 역사적으로도 관계가 우호적이었다. 현재 한국 정부와 중국 정부의 관계 역시 우호적이고 양국 간 협력도 많다. 이러한 역사와 정치적 기초는 한국과 중국 간의 바이오산업의 협력에 초석이 된다.

한국은 20세기 80년대부터 경제가 빠르게 성장하였고 선진국 반열에 진입하였다. 중국은 경제총량은 비교적 많으나 전반적 발전 수준은 한국보다 낮다. 중국은 시장이 크고 제조업이 발달하였다. 하지만 중국 제조업 기술은 비교적 낮은 차원이다. 특히 바이오산업의 경우 높은 차원의 기술을 가진 기업들이 비교적 적다. 이러한 양국의 차이는 바이오산업 영역에서의 협력에 많은 기회들을 제공한다.

한중과학기술협력센터는 한국과 중국의 과학기술협력을 이어주는 교량으로 한중 과학기술 협력에 많은 기여를 하였다. 한중과학기술협력센터는 종합적인 서비스기관으로 한중 과학기술 협력을 위한 많은 서비스들을 제공한다. 본 보고서에서는 한중과학기술협력센터의 지도하에 비법인단체인 한중바이오산업협력 기관을 설립하여 “한중 바이오산업 공동실험실” 이라고 명명할 것을 제안한다. 이 공동실험실은 개방된 기관으로 한중과학기술협력센터와 함께 양국이 바이오산업 관련 영역에서의 협력을 추진할 수 있다.

제2절 한중 바이오산업 공동실험실 구축

중국에는 베이징, 상하이, 톈진, 충칭(重慶) 등 4개의 직할시가 있다. 직할시는 경제와 정치 면에서 가장 중요한 도시이다. 한중과학기술협력센터는 중국의 정치적 중심지인 베이징에 위치하여 있어 중국 당국과의 접촉과 교류가 편리하다. 상하이는 중국의 경제적 중심지의 하나로 중국 바이오산업이 비교적 발달한 지역이다. 또한 상하이에서는 글로벌 영향력을 지닌 과학기술혁신센터를 구축하고 있다. 한중 바이오산업 공동실험실을 상하이에 설립하게 되면 상하이가 지역, 경제, 과학기술 면에서의 우세를 발휘하여 한중 바이오산업의 협력에 더욱 훌륭한 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

1. 상하이의 지역경제 중에서의 파급효과

개혁개방 이후 중국 경제는 빠른 속도로 발전하였고 도시화도 큰 발전을 이룩하였다. 또한 중국의 도시권 구축 사업도 점차 가시화되어 가고 있다. 현재 장강삼각주, 주장삼각주(珠三角)와 발해만(Bohai-Rim) 지역은 이미 중국에서 가장 중요한 3대 도시권이 되었다.

장강삼각주는 동해와 맞닿았고 중국에서 가장 큰 하류인 장강은 장강삼각주와 내륙 내지 세계를 연결시키는 중요한 고리 역할을 한다. 장강삼각주 도시권은 중국 내에서 도시화 수준이 가장 높고 도시가 가장 많이 밀집되었으며 경제 발전 수준이 가장 높은 지역이다. 이 도시권은 상하이로 중심으로 하고 난징(南京), 항저우(杭州), 허페이(合肥)를 서브 중심으로 한다. 도시권 리스트: 상하이, 장수 난징, 수저우(苏州), 우시(无锡), 창저우(常州), 쉬이저우(徐州), 쩐장(镇江), 양저우(扬州), 난통(南通), 타이저우(泰州), 화이안(淮安), 옌청(盐城), 랴원강(连云港), 수첸(宿迁), 저장(浙江) 항저우(杭州), 닝버(宁波), 자싱(嘉兴), 후저우(湖州), 사오싱(绍兴), 타이저우(台州), 진화(金华), 윈저우(温州), 리수이(丽水), 취저우(衢州), 저우산(舟山), 안후이(安徽) 허페이, 우후(芜湖), 추저우(滁州), 마안산(马鞍山), 화이난(淮南) 등이다. 그 면적은 21만 평방킬로미터로 중국 총 면적의 2.2%를 차지하고 총인구의 11% 정도를 차지한다. 2015년 장강삼각주 도시권의 GDP는 13.55만억 위안으로 전국의 20%를 차지하였다.

상하이는 장강삼각주의 중심도시로 장강삼각주의 경제발전을 선도하고 있는데, 주요 경제 지표들이 안정적으로 중국 1위를 유지하고 있다. 상하이는 지역경제 발전에서 핵심작용을 하고 지역경제의 협동적인 발전을 촉진한다. 1) 상하이는 중요한 중계무역(intermediary trade) 항구로 주변 지역에 막대한 물류 기반을 제공한다. 2) 양호한 투자환경은 지역에서 이용할 수 있는 외부 자금의 확대를 추진한다. 3) 시장 자원의 배치를 완비하여 주변지역 경제의 지속적인 발전에 중요한 선도작용을 한다.

상하이는 해당지역의 산업 고도화 발전을 촉진함과 동시에 장강삼각주 지역에 첨단기술, 인재 등의 영입에 좋은 기회를 제공하였다. 특히 상하이의 대형 항공기, 신에너지 자동차, 원자력 발전과 마이크로 전자칩 등 국가 중대프로젝트는 주변 도시의 관련 산업의 발전도 견인하고 있다. 상하이 자유무역구는 일부 해외 벤처캐피탈의 주목을 받아 장강삼각주 지역의 혁신발전에도 도움을 주고 있다. 이러한 벤처캐피탈과 인재의 집결은 상하이시의 무역서비스 능력 향상과 첨단기술산업 서비스 혁신에도 도움이 된다.

2. 상하이 과학기술혁신센터 구축

상하이의 특수한 위상은 중국 최초의 과학기술혁신센터 도시건설 사업 유치에 성공하게 하였다. 중국 정부는 상하이를 과학기술혁신 구동형 발전전략의 시범도시 발전시켜 글로벌 영향력을 보유한 과학기술 혁신센터로 건설할 예정이다. 상하이 과학기술혁신센터의 건설은 주로 메타니즘 개혁에 의하여 추진되는 것이다.

상하이 과학기술혁신센터 건설의 단계적 목표는:

3년 동안의 체계적인 혁신개혁 실험을 통해 장기적으로 유효한 혁신발전 메커니즘을 구축한다. 그리고 과학기술 금융 혁신, 인재 유치, 과학기술성과 전환, 지식재산권, 국유지분기업, 개방적인 혁신 등 면에서 중대한 혁신개혁 성과를 이룩해서 중국 전역에 보급시킬 수 있는 혁신개혁 경험을 축적할 예정이다. 또한 과학기술성과 산업화 메커니즘 취약을 보완하고 투융자 체제를 보완해서 이익 배분을 합리적으로 하며, 혁신인재 제도를 보완한다. R&D경비의 지출이 상하이시 GDP에서 차지하는 비율을 3.7% 이상으로 향상시키고, 최적화의 산업구조를 형성며, 전략적 신흥산업 부가가치의 GDP 비중을 18%로 향상시킬 예정이다. 또한 장장 국가자주혁신시범구를 글로벌 첨단과학기술단지로 발전시킬 예정이다.

전반적인 혁신개혁 실험을 통해 2020년까지 글로벌 영향력을 보유한 과학기술혁신센터로서의 기본 프레임 체계를 형성할 예정이다. 그리고 과학기술혁신센터 도시로서의 경제파급능력을 형성하고 장강삼각주와 장강경제밴드의 혁신발전을 촉진해서 중국이 혁신형 국가 반열에 진입할 수 있는 기반을 마련할 예정이다.

2030년까지 글로벌 영향력을 지닌 과학기술혁신센터의 핵심기능을 형성하고 중국이 글로벌 경제과학기술 협력과 경쟁에 참여할 때 필요한 허브역할을 할 예정이다.

상하이 과학기술혁신센터 건설의 주요 임무:

(1) 상하이 장장 종합적 국가 과학센터를 설립한다. (2) 핵심 기반기술의 연구개발과 전환 플랫폼을 구축한다. (3) 산업 발전을 촉진하는 전략적 중대프로젝트와 기초공정을 추진한다. (4) 장장 국가자주혁신시범구의 건설을 추진하고 민간 창업을 장려한다.

하지만 상기 임무를 완성하려면 메커니즘의 개혁도 필요하다.

(1) 혁신 규칙에 부합하는 정부관리제도를 제정한다. (2) 시장을 지향하는 과학기술성과 전환 메커니즘을 구축한다. (3) 시장 혁신 동력을 유발할 수 있는 수익배분 제도를 구축한다. (4) 기업을 주체로 한 혁신투자제도를 완비한다. (5) 활성화된 혁신인재 발전제도를 구축한다. (6) 다국적 융합의 개방적 협력을 추진한다. (7) 실험성의 프로젝트를 추진한다.

상하이 과학기술혁신센터의 건설은 국가적 차원의 법률과 부합되지 않는 부분이 있다. 따라서 국무원에서는 2016년 4월 19일에 푸둥지역의 11개 행정법규와 국무원 문서에서 규정한 행정심사 등 사항에 대해 일부 조정을 결정하였다. 일부 접근 기준을 완화하고 중간 또는 최종 점검과 관리를 강화하기로 하였다. 상하이시 국가 과학기술혁신센터 사업이 본격화됨에 따라 이례 국가 차원의 법률과 법규도 조정될 것으로 예상된다.

3. 상하이시 바이오산업의 우위

상하이시 바이오의약산업의 전략적 목표(2012~2015)는 상하이를 아시아-태평양 지역의 바이오의약 혁신제품생산센터, 상업센터와 연구개발 센터로 건설하여 해당 분야의 경제 총량

을 2,500억 위안으로 향상시키는 것이다. 그 중 제조업은 1천억 위안, 상업은 1,300억 위안, 연구개발 아웃소싱은 200억 위안이다. 그리고 연간 생산량이 2억 위안 이상인 혁신형 기업 150개를 지원하고, 판매액 1억 위안 이상인 첨단기술제품 150종을 지원한다. 과학기술 혁신 면에서 국가 중대 전문프로젝트와 다양한 프로젝트를 추진해 상하이 바이오의약 혁신능력을 중국 선두수준으로 유지시키다. 또한 리더형 인재들을 육성하여 상하이의 국가 프로젝트 점 유율을 20%로 끌어 올리고, 3년간 혁신약물 생산허가증 50개를 확보하며, 특허출원량을 3,000개 이상에 도달시킬 예정이다.

[표 6-1] 2015년 상하이 바이오의약 산업의 전략적 목표

지수	유닛	2007년	2008년	2009년	2012년	2015년
경제 총량	억 위안	909.8	1034.6	1215.06	2000	2500
제조업	억 위안	394.6	437.3	498.65	850	1000
상업	억 위안	476.2	547.3	652.17	1000	1300
연구개발 아웃소싱	억 위안	39	50	64.24	150	200

상하이시 바이오의약 혁신인재 발전현황: 2009년까지 상하이시의 규모이상 바이오의약 기 업 640여개, 대중형 기업의 연구기관 169개, 바이오의약 산업 종사자 15만 1천명으로 집계되 었다. 바이오의약 제조기업은 2004년까지 고용인력 7만 3천명을 보유하고었는데, 이중 전문 인력이 1만 8천명 포함되어 있었다. 2009년에는 바이오의약 제조기업의 고용인력은 9만 4 백명, 전문인력은 2만 1천명으로 증가하였다.

[표 6-2] 2009년 규모이상 기업 고용인력 통계표

기업 유형	기업 수/개	고용인력 수/만명
생산제조 기업	480	9.04
바이오의약 유통도매 기업	128	2.1
서비스 아웃소싱 기업	32	3.96
합계	642	15.1

현재 상하이 바이오의약 제조기업 중의 과학기술인력은 1만 3천여명(연구개발인력 8,200 명, 중고급 직책 인력 4,100명)이고, 관련 연구기관의 바이오의약 연구인력은 6천 여명(연구 개발 인력 3,892명, 중고급 직책 인력 2,927명)이다. 그리고 규모이상 연구개발 아웃소싱 기 업 32개 중, 과학연구에 종사하는 인력은 2만 6천명이다. 상하이 바이오의약 산업의 인력규 모는 갈수록 많아지고 지고 있고, 그 수준도 지속적으로 향상되고 있다.

4. 중국과학원 상하이 고등연구원의 우위

"글로벌 과학기술 혁신센터" 계획은 상하이시가 자유무역구 다음으로 중점적으로 건설하고 있는 또 하나의 도시 네임카드이다. 장장 첨단과학기술단지인 상하이시가 과학기술 혁신센터를 건설하는 중점 구역이다. 중국과학원 상하이 고등연구원(SARI) 역시 상하이시 푸둥신취 장장 첨단과학기술단지 내에 위치하여 있다. 글로벌 과학기술 혁신센터 사무실은 중국과학원 상하이 고등연구원의 자매기관인 상하이 과학기술대학에 설립할 예정이다.

SARI는 개방적이고 융합적인 연구기관이다. 중국과학원의 다른 연구소들과 달리 SARI의 연구방향은 바이오, 에너지, 정보, 재료 및 화학공정 등 여러 학과를 포함한다.

SARI는 이미 한국생명공학연구원(KRIBB), 한국과학기술연구원(KIST) 등과 양호한 협력 관계를 구축하였다. KRIBB의 김철호 연구원은 2015년과 2016년에 SARI를 방문하였는데 그 기간은 각각 3개월, 2개월이었다. 그 기간 동안 바이오 정유에 관련하여 협력 연구를 진행하였다. 2015년 12월 3일~5일, SARI와 KRIBB는 공동으로 "Korea-China Joint Workshop on Nano-Bio Technology for Industrial Application" 학술세미나를 개최하였다. 한국 14개 기관의 19명 대표와 중국 18개 기관의 71명 대표가 세미나에 참석하였다. 18명의 전문가가 세미나에서 학술보고를 하였다. 2016년 5월 13일, 한국산업기술진흥협회에서 주관한 "제11기 전국 연구소장협의회 해외 조사연구" 사업을 통해 한국을 대표하는 25명의 연구소장들이 중국과학원 상하이 고등연구원을 방문하였고 SMIC(Semiconductor Manufacturing International Corporation)도 참관하였다. 또한 2015년에 KIST 등 여러 연구기관과 회사에서 온 대표팀도 중국과학원 상하이 고등연구원을 방문하였다. KIST의 이석 연구원은 최근에 SARI를 방문하여 3개월 동안 KIST와 SARI 사이의 협력을 추진하는 업무를 진행할 예정이다. SARI는 이미 한중 과학기술 교류의 중요한 지원기관으로 되었다.

따라서 본 보고서는 상하이시와 SARI의 중국 내 특수 위상에 기반하여 "한중 바이오산업 공동실험실"을 SARI에 설립하고, SARI, KRIBB와 KIST 등 기관에서 구체적인 운영을 담당할 것을 제안한다.