

# 미국의 기초연구

- 기초연구를 통한 번영 -

2004. 8

한 국 과 학 재 단

# 목 차

<b>머리말</b> .....	<b>iii</b>
<hr/>	
제 1장	
<b>연구결과 요약 및 정책제안</b> .....	<b>1</b>
연구결과 요약 .....	3
정책제안 요약 .....	5
<hr/>	
제 2장	
<b>기초연구의 기여</b> .....	<b>8</b>
기초연구의 효과.....	8
기초연구가 경제에 미치는 영향.....	14
민간부문 기술혁신에 중요한 공공지원 기초연구.....	17
기초연구가 미래에 미치는 영향.....	19
<hr/>	
제 3장	
<b>미국 기초연구 시스템의 진화</b> .....	<b>21</b>
오늘날의 미국 기초연구기관.....	22
개별연구자들의 귀중한 가치.....	38
국제 관점에서의 미국의 기초연구 .....	41
결론 .....	43
<hr/>	
제 4장	
<b>미국의 리더십 유지: 경제개발위원회의 제안</b> .....	<b>44</b>
기초연구 자원 분배시스템의 향상 .....	44
미래 기초연구를 수행할 능력을 보존함.....	54
상품시장과 관련된 대학연구의 원칙 .....	62
미국 기초연구에 있어 국제적인 도전과 기회.....	64
결론 .....	66

부록 1

---

**기초연구자원 개요** ..... 69

부록 2

---

**대학의 특허 지침** ..... 78

    캘리포니아 대학의 특허정책 ..... 78

    코넬대학의 특허정책 ..... 81

---

**사례연구** ..... 86

    Merck & Co.의 AIDS 연구 ..... 86

    콜롬비아 대학과 VIMRx 제약회사 ..... 90

    Pfizer의 기술혁신 ..... 91

    PROCTER & GAMBLE의 유전공학화된 효소개발 ..... 93

    하버드 대학의 MBB(Mind/Brain/Behavior) 연구 ..... 95

    IBM RESEARCH ..... 97

    BBN과 DARPA ..... 98

**경제개발위원회(CED) 소개** ..... 103

# 머리말

미국은 연구개발(R&D) 투자 및 과학기술 성과 측면에서 전 세계적인 리더쉽을 유지하고 있으며, 혁신에 기초한 지식기반경제의 선도적 역할을 수행하고 있다. 미국은 경제협력개발기구(OECD) 전체 연구개발 투자의 44%를 점유하고 있으며, 세계 2위의 연구개발투자국인 일본의 3배, 그리고 미국을 제외한 G7 국가들의 전체보다 많은 연구개발비를 투자하고 있다.

과학기술의 양적인 성과에서도 전 세계 SCI 논문의 33.7%(‘03년)를 차지하고 있으며, 과학기술의 영향력 측면에서도 조사대상인 47개의 과학기술 분야 중 35개 부문에서 1위, 9개 부문에서 2위를 기록하고(영국 HEFC, 1998), SCI 학술지의 피인용 횟수에 의한 영향력 산정(re-based impact : RBI)에서도 스위스(1.59)에 이어 세계 2위(1.41)를 나타내고 있다(Nature, 2004)

이 보고서는 이와 같이 질적이고 양적인 측면 모두에서 세계적 리더쉽을 나타내고 있는 미국의 기초연구에 대한 보고서이다. 동 보고서는 오늘날 미국의 경제성장과 국가경쟁력, 그리고 전 세계적인 과학기술 리더쉽은 1) 기초연구에 대한 지속적인 투자확대, 2) 투자를 가장 효율적으로 배분하고 지원하는 경쟁에 기초한 평가체제(peer review), 3) 개인의 창의적인 아이디어와 개별연구자에 대한 존중, 4) 연구중심대학의 탁월성에 기초하고 있다고 기술하고 있다.

특히, 동 보고서는 미국립과학재단(NSF)과 같은 국가기초연구지원기관이나 기초연구수행의 핵심기관인 대학과 같은 기초연구 관련 기관에서 기초연구의 중요성을 제시한 것이 아니고, 미국 내 산업체의 싱크탱크 역할을 수행하고, 경제발전 정책방안을 제시하고 있는 기관(Committee for Economic Development : CED)에서 발간되었다는 점에서 우리에게 시사하는 바가 매우 크다.

이는 기초연구에서의 탁월성과 우위를 확보하는 것이 경제발전 및 국가경쟁력 향상에 핵심요소라는 것을 경제계가 인정한 것이며, Pavitt(2001) 교수의 지적과 같이 기초연구의 경제사회적 유용성에 대한 문제제기와 압력은 산업체 보다는 공적재원의 책임성과 효과성을 토대로 단기적인 성과를 요구하는, 기초연구 유익의 궤적의 복잡성을 이해하지 못하거나 또는 이해하려고 하지 않는, 정부관료에게서 온다는 것을 생각나게 한다.

이외에도 동 보고서는 사회보장비용의 급격한 증가 등과 같은 인구통계학적 위협에 의한 미래 기초연구재원 확보의 어려움, 급증하는 산학협력 과정에서 준수되어야 할 기본원칙, 기초연구 수행의 핵심요소인 박사 후 연구자들에 대한 문제, 외국 과학자들에게 의존하는 미국 연구인력의 구조적 문제, 그리고 연구개발의 국제협력 문제에 이르기 까지 다양한 시각에서 미국의 기초연구사업을 분석하고 있다. 동 보고서는 비록 우리와는 과학기술 배경과 문화가 다른 미국의 기초연구에 관한 보고서이지만 기초연구사업의 선진화를 통하여 과학기술 선진국을 꿈꾸는 우리에게도 시사하는 바가 매우 클 것이다.

동 보고서의 발간 시점(1998년)이 9. 11 테러 이전이어서 9. 11 이후 미국 과학정책의 변화, 특히 외국의 연구 인력에 대한 규제 등에 대한 언급이 없지만 미국이 다가오는 시대에 있어서도 잠재적인 과학기술 리더쉽의 상실(Science, 1999)을 방지하고, 새롭게 부상하는 외부(EU)의 도전(Science, 2003)에서도 과학기술의 세계적인 리더쉽을 유지하기 위한 다양한 정책 제안들은 우리에게도 매우 유용할 것이다.

## 제 1장

# 연구결과 요약 및 정책제안

미국 과학자들이 왜 그렇게 많은 노벨상을 수상하였는지에 대한 질문에 대해, 스웨덴 한림원의 사무총장을 지낸 한 인사는, “이유는 단순하다. 어느 나라도 미국 만큼 연구에 많은 투자를 하지 않는다.” 라고 답변하였다. 실제로 기초연구에 대한 미국의 지속적인 투자는 현격한 성공을 거두어 왔으며, 미국사회에 새로운 지식 창출 뿐 만 아니라 경제성장의 실제적인 이득과 시민복지의 향상을 이루어냈다.

그러나, 우리 경제개발위원회(CED, Committee for Economic Development)는 미국 기초연구의 성공이 단순한 투자 문제는 아니라는 견해를 가지고 있다. 우리가 이번 보고서에서 주장하는 것처럼, 이러한 성공은 오히려 미국의 독특한 기초연구 사업 조직에 기인한다. 미국 조직은 경쟁에 의한 아이디어의 우수성과 하향식(Top-Down)을 뛰어넘는 기업가적 경쟁에 의한 의사결정으로 연구의 질적 수준(Quality)과 효과(Efficiency)를 보장하고 있다.

우리는 산업체가 특정한 상품을 목표로 한 연구개발투자에 초점을 맞추고 있는 것처럼, 기초연구를 지원함에 있어서도 정부가 통합적인 역할을 유지하는 것이 필수적이라고 믿는다. 기초연구에 대한 투자로부터 얻어진 지금까지의 수 많은 경제적 이익은 납세자의 세금이 상당히 효과적으로 사용되고 있음을 보여주고 있다. 최근 미국의 기초연구 투자를 증대하려는 민주당, 공화 양당의 법안제출에 우리는 고무되어 있다. 그러나, 오늘날의 정치적 지원을 당연한 것으로 생각할 수 없다. 특히, 미래에는 한정된 자원문제가 제기될 수 밖에 없기 때문에 더욱 그렇다. 기초연구에 있어서 미국의 탁월성은 진정 국가적 보물이다. 따라서, 기초연구사업 지원자들은 그것을 방어하기 위한 노력을 해야 한다.

학술기관, 정부연구소, 민간기업 및 비영리연구기관에서 수행되는 기초연구는 미국의 기술 및 경제적 리더십에 대해 측정할 수 없는 지적, 기술적 기반을 제공해주고 있다. 약학, 국방, 전기, 항공 등 다양한 산업은 정부지원에 의해 촉발된 기초연구에 의존하고 있다.

기초연구결과를 기능적으로 응용하여 전환하는 것은 미국의 독특한 기업가 정신이 되어왔다. 소규모 벤처기업에서 대규모 다국적 기업에 이르기까지, 미국은 새로운 지식을 실용적이고 효용성 있는 상품으로 전환하는데 뛰어난 역량을 보여왔다.

기초연구는 실용적인 효과를 고려하지 않고 상아탑에서 수행된다는 그릇된 인식이 있다. 하지만, 미국은 이와는 반대로 연구결과의 응용에 대해 깊은 관심을 갖고 기초지식을 추구하고 있다.

미국 기업은 새로운 지식이 어느 곳에서 발생하든지 간에 그것을 자본화하는데 뛰어난 역량을 발휘하고 있다. 기업과 같이 미국의 기초연구기관 또한 세계 경제, 정치, 과학의 변화에 맞추어 지속적으로 변화해야 하며, 사회의 합리적인 기대를 인식해야 한다.

기초연구활동은 목적의 우선순위 및 균형, 정부지원의 계속성, 새로운 지식의 전파, 국방관련분야 연구에서 대규모 투자를 가능케 했던 냉전논리의 붕괴 등의 문제에 직면해 있으며, 동시에 기초연구 수행기관은 소속 연구자들의 질적 수준 유지, 지속적으로 증가하는 연구비용의 해결, 기업체와 대학간에 확대되는 산학협력 등 복잡한 문제에 직면해 있다.

이 보고서의 목적은 첫째, 기초연구의 사례와 기초연구의 사회에 대한 유익을 설명하고, 둘째, 정책입안자 및 집행자에게 정책 대안을 제시하는데 있다. 우리는 대학에 기반을 둔 연구의 강점과 탁월성의 전통을 인정한다. 그러나, 투자대비 성과 및 기대효과 대비 결과물을 측정하려는 지속적인 노력 또한 필요하다. 이는 동료평가의 확대 및 연구비 확보에 대한 경쟁의 확대를 의미한다. 우리는 연구과제의 탁월성을 평가하지 않는 정치적 목적의 연구비 지원을 중단할 것을 요구하며, 이미 본래의 목적을 달성했거나 상실해 버린 기초연구기관의 진로에 대해 우려를 표명한다.<sup>1</sup> 이와 관련하여 우리는 정부가 직접적으로 기술개발 및 상업화를 지원하는 경향에 대해 깊은 관심과 우려를 나타낸다. 소수의 예를 제외하고, 이는 명백히 민간 부분의 역할이다.

우리는 미래의 우수한 과학자를 확보하기 위한 K-12 교육을 강화하고 개선하는데 중점을 두고 있으며, 기초연구에 대한 투자가 지속적인 인구통계학적 압력에 의해 약화되지 않도록 정부예산 지출통제 활동의 중요성을 주장한다.<sup>2</sup>

우리는 장기적인 시각으로 기초연구사업을 보고자 한다. 비록 몇몇 탁월한 과학적 업적들은 즉각적으로 응용되기도 하지만, 일반적으로 기초연구의 결과는 매우

---

<sup>1</sup> 이들 연구소들은 본래의 연구목적이 사라졌지만 존립기반을 유지하고 연구비 확보를 위해 여러 형태로 연구목적을 변형해 나가고 있음

<sup>2</sup> 한정되어 있는 정부예산이 인구의 증가, 노인인구의 증가 및 이로 인해 과생되는 사회 문제 해결을 위한 사회복지예산의 대폭증액 등으로 사용될 경우 기초연구 예산이 감축될 수 있음

늦게 실현된다. 또한, 뛰어난 업적으로 관명되었던 기초연구가 처음에는 그다지 기대되지 않았었던 것들도 있다. 예를들어, 1970년대 암과의 전쟁으로 추진된 바이러스 연구는 의도했건 의도하지 않았건 1990년대 AIDS의 치료에 매우 중요한 효과를 가져왔다.

21세기 의학, 환경, 사회 및 군사적인 문제는 오직 건설하고 생산적인 기초연구 시스템에 의해서 해결될 수 있다. 우리 경제개발위원회(CED)는 기초연구의 탁월성을 유지하는 것이 미국의 지속적인 번영과 세계적 리더쉽 유지에 필수적이라고 믿는다.

## 연구결과 요약

1. 과학 및 공학에서 기초연구는 미국 경제성장에 상당한 기여를 하여왔으며, 기초연구 투자에 대한 경제적 효과는 매우 높다. 이외에 기초연구 투자로부터 얻어지는 국가 이익은 민간기업체가 얻는 것보다 실제적으로 훨씬 높다. 왜냐하면 기초지식의 진보는 장기간에 걸쳐 실질적 경제효과를 산출하는 혁신과정에서 광범위하게 전파되고 탐구되는 경향이 있기 때문이다.
2. 주요 연구중심대학에서 수행되는 기초연구는 전형적으로 인근지역의 경제활동과 연계되어 있다. 예를 들어, 메사추세츠에는 550억불 이상의 세계적 판매망을 갖고있는 1,000개 이상의 MIT 관련 회사들이 있다. 캘리포니아의 실리콘밸리 그리고 노스캐롤라이나의 Research Triangle에도 유사한 현상이 전개되고 있다.
3. 정부는 오랫동안 기초연구의 가장 중요한 지원자가 되어왔다. 기초연구에 대한 정부의 연구비 지원은 기초연구의 절대규모 및 비중에서 민간기업을 훨씬 추월하고 있다. 정부가 매년 연구활동에 지원하는 약 630억불 가운데 180억불은 기초연구분야에 지원되는 반면 기업체에서 사용되는 전체연구비 1,330억불중에서 단지 80억불만이 기초연구에 투자된다. 그러나, 장기적으로 정부연구비 지원은 곧 진행될 인구통계학적 압력에 의한 예산 변경에 의해 어렵게 될 전망이다.
4. 정부에 의해 지원되고 있는 기초연구는 민간기업혁신에 중요하다. 비록 민간기업도 기초연구를 수행하지만, 이들 연구는 기본적으로 신상품개발을 목표로 하며 광범위한 응용연구 범위 내에서 간격을 좁히고 틈새를 메우려는 것이다. 산업체는 혁신적인 제품과 서비스의 개발을 위해 비영리 및 공공부문의 기초연구



에 의해 제공된 지적기반에 의존한다. 최근의 한 연구보고서에 따르면 산업체 특허에 인용된 연구논문의 73%는 정부에서 지원한 연구로부터 나왔다는 것을 보여준다.

5. 미국의 과학은 상아탑에서 수행되지 않는다. 심지어 이론물리, 첨단재료 및 분자생물학의 근본적 문제를 탐구하는 기초연구자들조차 그들의 작업이 새로운 칩의 개발, 다양한 종류의 비행기 혹은 암 치료약 개발에 관련될 것이라는 기대를 갖고 연구를 하고 있다.
6. 정부 연구비지원은 기본적으로 연구기관으로 분배되는 것이 아니며 연구비 확보를 위해 경쟁하는 연구자 개인에게 주어진다. 이들 개별 연구자들은 미국 기초연구 산업의 골격이며 미국 기초연구시스템의 필수적인 강점은 왕성하고 경쟁적인 동료평가 과정에 의한 연구비 배분이다.
7. 기초연구를 수행하는 가장 중요한 미국의 기관은 200개에 달하는 연구중심대학이다. 이들 기관은 고도의 경쟁을 통한 연구비 배분, 탁월성의 전통, 고도로 훈련된 박사후 연수 및 대학원생 등의 특징을 가지고 있다. 광범위하고 제한되지 않는 연구결과에 대한 전과는 대학에 기반을 둔 미국 사회의 기초연구에 대한 광범위한 효과에 매우 중요하다.
8. 1980년의 Bayh-Dole 법안은 명확히 정부연구비 수혜자가 정부지원을 통하여 이루어낸 발명에 대한 소유권을 유지하도록 하고 있다. 이 법안으로 대학의 특허 취득을 촉진시키고, 기초연구기관의 산업체로의 기술이전을 촉진시켰다. 결과적으로 산업체는 점차 대학에 기반을 둔 연구자들과의 협력 및 후원에 결부되고 있다. 어떤 분야는 상대적으로 Bayh-Dole 법안과 관련이 적은 경우도 있으며, 반면에 생명공학 산업은 동 법안의 주요한 수혜자가 되고 있다.
9. 대학과 산업체간의 관계가 효과적으로 관리될 때 연구기관과 산업체 양자 모두는 이득을 얻을 수 있으며, 사회는 효율적인 기술이전으로부터 유용한 상품을 수확할 수 있다. 그러나 우리 경제개발위원회(CED)는 이들 관계가 대학의 기본적인 사명인, 기초연구를 보호하는 기본지침에 따라 수행되어야 한다고 믿는다.
10. 정부의 우선 순위는 변화하고 있다. 냉전의 종료와 함께 기초연구에 대한 미국방성의 요구는 변화하고 있다. 결과적으로 대규모 정부연구소 시스템의 고유업무는 변화하고 있으며 어느 의미에서는 사라지고 있다. 정부연구소는 계속적으로 국방, 보건, 에너지 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 그러나, 에너

지부(Department of Energy) 소속 연구소 등의 몇몇 연구소는 이미 달성되거나 고유업무와 관련없는 업무를 수정하려 하지않고 있으며, 또한 연구실적 및 연구능력에 기초한 동료평가(전문가평가) 과정에 노출되지 않으려 하고 있다.

11. 부족한 초·중등 과학교육 과정으로 인해 젊고 우수한 미래 과학자 양성이 위협 받고 있다. 이는 또한 기초연구로 진출하려는 여성 및 소수민족의 역량을 저하하는 결과를 낳고 있다. 더욱이 기초연구에 대한 지속적인 사회적 지원은 강력한 기초연구시스템의 효과를 인정하는 선거권자에 의존한다.
12. 다른 국가들이 그들의 경제분야 강화를 형성해 나갈수록 그들은 또한 필수적으로 기초연구능력 제고에 투자할 것이다. 비록 미국이 새로운 지식의 창출에 있어서 지속적으로 세계를 리드하고 있지만, 다른 나라들은 과거 보다 더욱 기초연구에 투자하고 있다. 그러나, 우리는 이러한 경향에 대해서 두려워할 것은 없다. 기초연구가 자유롭게 전세계에 전파되고 미국이 지속적으로 새로운 지식을 응용하여 자본화하는 한, 기초연구의 전세계적 팽창은 미국경제 및 사회에 큰 규모로 이익이 될 것이다.

## 정책제안 요약

1. 의회 및 행정부의 정책담당자들은 사회에서 필요로하는 기초연구에 대해 충분히 반영하여 국가 우선순위를 세워야 한다. 과학자들이 이러한 정보를 제공하는 일에 중요한 역할을 하고 있지만, 우선순위에 대한 결정은 책임있고, 선거로 선출된 정치 지도자들에 의해 결정되어진다.
2. 기초연구에 대한 정부지원은 지속적으로 재원과 목적을 다양화해야 한다. 중앙 통제를 하거나 특정 단일 연구영역에 재원을 집중하는 것은 지양되어야 한다.
3. 정책담당자에 의해 설정된 일반적인 우선순위 내에서, 모든 정부기관 및 연구기관에 정부 기초연구비를 배분하는 기본 메커니즘은 동료평가를 통해 결정된 과학적 업적을 기초로 해야 한다. 일반적으로 연구비 지원은 기관에 지급되는 것이 아니라 연구자 개인에게 지급되어야 한다. 기초연구에 대한 정치적 배분은 부족한 재원을 사용하는데 있어 비생산적이다.

4. 기초연구산업이 번영하기 위해서는 정부의 연구비 지원이 필수적이기 때문에 장기적인 정부예산에 대한 전망이 필요하다. 기초연구는 향후 수 십년간 정부예산에 있어서 높은 우선순위에 놓여져야 한다. 이를 위해, 향후 수 년내에 이루어질 인구통계학적 압력으로 인해 폭발적으로 성장하게 될 정부 프로그램에 대한 개혁이 요구된다.
5. 정부의 기초연구비 수혜 기관 중 가장 생산적인 결과를 나타내는 것은 국립 연구중심대학들이다. 그들의 리더쉽과 생산성은 정부지원을 받는 다른 기관들에 대한 지속적인 지침이 되어야 한다.
6. 개별 연구자들은 점차적으로 연구비 지원을 신청하는데 있어 복잡한 요구사항들로부터 부담을 덜어야 한다. 연구비 지원 메커니즘은 연구자들이 장기적인 연구비 확보를 위한 경쟁을 가능토록 운영되어야 하며, 연구지원기관으로부터 행정적 부담이 감소되어야 한다.
7. 연구비 지원기관은 점차적으로 간접비를 줄이고 이를 연구기관에 부담하려 하고 있다. 우리는 간접비를 결정하는데 있어 단순성과 공정성을 확증하기 위해 간접비 결정 시스템의 개혁을 요구한다.
8. 경제개발위원회(CED)는 의회와 행정부에 에너지부의 연구소들의 기본기능을 명확히 결정하고 어떠한 기능이 재조정될 필요가 있는지 결정할 것을 요구한다. 국가 지정연구소 활동과 주요기능은 전문가에 의해 평가된 과학적 업적 및 효과적인 관리구조와 통찰에 의해 정당화 되어야 한다.
9. 극소수의 예외를 제외하고, 정부는 기술개발 및 상품화에 직접적으로 연구비 지원을 하지 않아야 한다. 이는 민간 기업체에 적당한 기능이다. 일반적으로 그러한 예외는 국방기술과 같은 명백히 정부의 기능인 부문에서 발생한다.
10. 정부는 에너지 관련 대규모 실험시설 및 허블 우주망원경 등과 같이 많은 과학자들에 의해 광범위하게 사용되는 대규모 연구기반시설을 제공하는데 있어 지속적으로 주요한 역할을 담당해야 한다.
11. 초·중등학교(K-12)의 수학 및 과학 학업성취를 제고해야 한다. 수학 및 과학의 학습능력을 향상시키기 위해 우리는 교사의 지식 및 기술 향상을 위한 국가표준 및 정책의 채택, 그리고 교과과정, 시설 및 교보재를 향상시킬 것을 주장한다.

12. 대학원생 교육은 연구중심대학의 필수적인 역할이다. 정부는 대학원생 교육에 우선순위를 두어야 하며, 장학금 및 교육비지원을 증가시켜야 한다. 연구중심대학은 박사학위를 취득하는데 있어 요구되는 시간과 비용을 감소시키는 방안을 모색하여야 한다. 대다수의 박사학위 소지자들이 소속대학 연구인력으로 남아 있지 않기 때문에 대학원은 그들의 학생들이 학교 외부에서 취업을 준비하도록 교육프로그램 및 상담체계를 제공해주어야 한다.
13. 산학 관계 및 대학의 특허권은 사회에 최대한 이익을 주는 방향으로 유도되어야 한다. 대학 기초연구에 의해 창출된 지식은 자유롭게 전파되어야 되는 것이 일반적인 원칙이다. 그러나, 새로운 지식이 상업적인 가능성이 있는 경우에는 특허 혹은 라이선싱 등이 적당하다. 그러나, 이러한 기술이전활동이 대학의 기본적인 사명인 교육과 연구를 희석시키거나 약화시키지 않아야 한다.
14. 미국은 국제협력과 기초연구의 국제화로부터 이득을 얻도록 노력해야 한다. 결론적으로 공공 및 민간 정책은 미국이 과학자들이 거주하고 연구하는데 매력적인 장소가 되도록 해야 한다. 미국의 이민정책은 외국 과학자가 조연자, 공동연구자, 혹은 방문연구자로서 활동하기 위해 단기방문 뿐 아니라 장기적이고 영구적인 비자를 취득하는데 좀더 자유로워져야 한다.

## 제 2장

# 기초연구의 기여

미국의 기초연구는 국가의 가장 큰 자산중의 하나이다. 기초연구로부터 도출된 기초과학 및 공학의 진보는 기술변화 및 혁신을 위한 강력한 경제적 성과와 함께 미국시민이 향유하는 경제번영과 사회진보에 무한한 기여를 하고 있다. 기초과학 및 공학분야의 성취는 또한 경제, 사회, 정치 및 군사 부문을 선도하는 미국의 역할에 무한한 기여를 하여 역사적으로 독특한 평화와 안정의 시대를 맞이하게 되었다. 기초연구에 대한 미국의 의지를 강화하고 유지하며 기초연구에서 사용된 재원의 생산성을 향상시키는 것은 명백히 국가 이익에 부합하는 일이다.

미래의 경제적 번영 또한 현재의 기초연구에 대한 노력에 좌우될 것이다. 실제로, 이러한 기초연구는 미래에 대한 무한한 희망을 제공할 것이다. 암과 AIDS 치유, 자연 및 인공자원의 활용, 지구온난화 현상과 같은 뜻하지 않게 발생하는 환경문제에 대한 해독제 대다수의 사회문제에 대한 해결책 등의 새로운 기회를 탐구하는 열쇠는 오늘날의 기초연구로부터 도출된 근본적인 과학적 통찰력에 달려있다.

정책담당자와 대중이 기초과학의 효과를 이해하는 것이 중요하다. 이들 효과에 대한 인식이 없다면, 국가적인 기초연구 수행에 어려움이 있을 것이며, 미래에 기초연구에서 미국이 세계를 선도하기 어려울 것이다.

## 기초연구의 효과

기초연구는 미국의 전체 연구개발의 15%만을 차지하고 있지만, 그것은 기술, 삶의 질, 생활 방식 등을 향상시키는데 중요한 요소가 되었다. 비 과학자들에게 기초연구의 기여는 연구와 발견, 그리고 혁신간의 복잡한 과정 때문에 명백하지 않을 수도 있다. 그 과정이 복잡한 이유 중 하나는 기초연구로부터 도출된 기본지식은 넓게 공유되며 종종 그러한 발견에 관여하지 않은 과학자 및 기업가들에 의해서도 탐구되기 때문이다. 더욱이, 기초연구에 의한 새로운 발견의 잠재적 가치는 최초 발견자에게조차 즉각적으로 명백하지 않을 수 있으며, 따라서 종종 기초연구와 관련된 혁신은 최초 발견이후 수 십년 후에 발생할 수도 있다. 대조적으로 응용연구와

## 연구 및 과학적 발견 과정의 특징

### 전통적인 개념

과학자 및 연구개발 후원자들은 전통적으로 연구개발활동을 기초, 응용, 개발 연구로 구분하였다. 특정한 연구를 배타적으로 한 분야로 구분한다는 것은 어려운 일이지만, 정부에 의해 출판되는 연구개발 활동에 대한 자료는 계속적으로 이 구분에 의해 분류되고 있다. 이들 세 분야는 아래와 같다.

- 기초연구는 기초과학 및 공학 지식을 증진하기 위해 수행되는 실험적이고 이론적인 연구를 말한다. 이 지식은 종종 연속적인 기초 및 응용연구에 활용되기도 한다. 비록 기초연구는 사전에 어떤 특정한 목적없이 수행되지만, 다수의 기초연구는 연구후원자의 관심 분야에 대한 새로운 과학·공학적 지식을 창출하는 방향으로 진행된다.
- 응용연구는 새로운 제품을 만들거나 기존 제품과 공정을 향상시키는데 활용될 수 있는 새로운 지식을 창출하기 위해 기초 혹은 여타 응용연구로부터 얻어낸 연구결과를 활용한다.
- 개발연구는 기초 및 응용연구로부터 창출된 지식과 실질적인 경험적인 지식을 활용하여, 새로운 혁신적인 제품 혹은 공정을 창출하거나 기존의 제품 및 공정을 지속적으로 개선하는데 활용한다.

### 과학적 발견 과정과 연구성격에 대한 또 다른 정의

기초, 응용, 개발 연구간의 전통적인 구분과 경계에도 불구하고 연구개발과정 및 혁신과정에 있어 최상의 정의는 기초로부터 시작해서 응용연구로 진행되고 개발연구로 끝나는 선형모델이라고 결론짓는 것은 잘못일 수 있다. 과학적인 발견과 혁신은 종종 선형으로 발생하지 않는다.

(계속)

개별 사례분석에 따르면 기술진보는 분야간 상호작용을 거쳐서 발생하는데 이러한 과정에서 획기적 과학적 발견이 기초연구 전후에서 발생한다. 기초연구가 이해되기 전에 나타났던 수 많은 기술진보의 예가 있다. (13쪽의 Xerography 참고) 이러한 상호작용에 의한 과학적 발견과 혁신과정은 Feedback 고리를 포함하는 Chain Link 혹은 Continuous 모델로써 표현되는데, 선형모델보다 더욱 연구개발 과정에 대한 특징을 잘 설명해 준다.

예를 들어, 연구와 연구결과의 효과간의 시간은 구분의 한 유용한 기준이다. 기초연구로부터 파생된 새로운 지식이 결과물에 영향을 주기까지는 종종 10년 혹은 20년의 장시간이 걸리는 경우가 많다. 그러나, 또한 기초연구와 기술혁신간의 시간차이가 매우 짧은 경우도 있다. 게다가, 많은 기업이 최근에 이러한 단축을 목적으로 한 연구과정에 대한 개혁을 제도화하고 있다. 기초연구와 응용연구와의 또다른 구분은 그 연구결과가 다른 것과 나누어지는 정도에 기초된다. 기초지식은 광범위하게 공유되는 경향이 있다. 왜냐하면 대부분의 상품과 달리, 다른 사람에 의한 사용이 그 과학적 발견을 한 사람에 대한 가용성을 감소시키지 않기 때문이다.(Box 2 참조) 대조적으로 응용연구 결과의 전파는 그 연구를 지원한 기업의 이익이 증대될 수 있도록 특허나 비밀에 의해 제한된다.

### **기초연구는 목적지향적이지 않으며 관리할 수 없다는 가정에 대하여**

아마도 개인적인 과학적 발견들은 종종 기대하지 않은 효과들이 있고 과학발견과정 그 자체는 본질적으로 복잡하기 때문에 때때로 기초연구는 목표지향적일 수 없으며 효과적으로 관리될 수 없다고 가정되기도 한다. 그러나, 실제로 기초연구를 포함한 R&D 투자는 주의깊게 관리될 수 있으며 특정한 목적을 성취하도록 관리되어야 한다. 한 기관이나 개인은 특정한 배경아래 그 연구투자가 가치있는 결과를 창조하도록 할 목적을 갖고 기초연구에 대한 투자를 한다. 대학에서 연구는 학생교육과 경제, 환경, 보건 혹은 국가안보에 영향을 줄 수 있는 지식분야에 기여한다. 정부연구소들은 보건, 에너지, 국방, 농업 등등의 특정한 정부 임무를 배경으로 존재한다. 연구목표와 적용이 명확한 산업연구에서도 이것은 똑같다. 기초연구를 포함한 모든 연구관리는 그 기관의 고유임무에 특별한 연구투자로부터 창조될 수 있는 가치를 극대화하는 것을 목표로 하고 있다.

(계속)

이러한 원리를 실행하는 것은 그 기관과 기관내 개인들이 가치가 무엇인지 그리고 그 가치를 증대시키기 위해 무엇이 행해져야 하는지에 대한 명확한 이해를 개발시키도록 할 것을 요구한다. 기초와 응용연구에 있어 연구영역의 선택은 이러한 가치에 대한 이해를 반영한다. 진행과 성공에 대한 실제적인 측정은 이러한 가치배경에서 개발되며 연구과정에 영향을 준다. 간략히 말해서, 연구과정의 여러단계 - 분야간 연구비 배분, 특정부문에 대한 연구비 지원결정 그리고 연구 진행 및 결과에 대한 측정 등 -에서 기초연구에 영향을 끼치면서 연구자들 및 다른 관련자들을 포함한 일련의 과정이 만들어 진다.

상품화간에는 단지 몇 개월 혹은 몇 년 밖에 소요되지 않기도 한다(기초, 응용, 개발 연구의 정의는 Box 1 참조). 결과적으로 응용연구의 결과는 신상품 혹은 제품의 향상에서 그리고 연구를 지원한 기업체의 제품 공정과정에서 쉽게 관찰된다. 물론, 기초, 응용 및 개발연구 모두 경제에 대단히 중요한 요소이다. 그러나, 기초연구는 아래에서 설명하는 것처럼 대부분의 기술변화의 기초가 된다.

비록 신기술의 개발에서 기초연구의 중요한 역할이 종종 쉽게 관측되기도 하지만 신약 개발을 목적으로 수행된 생의학 연구의 경우에서 처럼 기초연구와 새로운 혹은 향상된 상품 및 서비스 사이의 관계는 매우 복잡하고 간접적이다. 과거의 주요 사례에 대한 검증은 기초연구가 많은 혁명적 기술혁신의 기본이 되어 왔다는 것을 증명해준다.

#### · Lasers

Lasers는 수많은 과학자들에 의한 기초연구의 산물이다. Albert Einstein은 1917년에 “stimulated emissions” 이론을 처음으로 인지하였다. 콜롬비아 대학의 Charles Townes은 1958년에 마이크로웨이브 Beam 창출 방법을 발견하였으며, Bell연구소의 Townes와 Arthur Schawlow은 stimulated emission이 어떻게 단파장과 함께 작동하는가에 대한 이론을 출간하였다. Theodore Maiman은 1960년에 Bell 연구소에서 최초의 레이저를 만듦으로써, 오늘날 레이저는 외과수술, 통신, 프린터, 정밀기계 및 기타 장비를 포함하여 광범위하게 활용되고 있다.

#### · X-rays

X-rays는 1895년에 William Roentgen가 cathode ray를 실험하고 있을 때 우연하게 발견되었다. 그때 이후로 많은 과학.공학자들은 다양한 형태의 X-rays 사용을 개발하였다. 가장 잘 알려진 사용은 의학분야이다. 최근에 X-rays의 가치는 물리학자 A.M Cormack의 수학적 기여에 의해 더욱 더 증가되었다(그는 이러한 기여로 노벨상을 수상하였음). Cormack의 작업은 의료 진료에 혁명을 일으킨



CAT(Computerrized Axial Tomography) 발전에 기여하였다. 오늘날 CAT는 3차원 X-ray를 산출한다 X-rays는 또한 물질의 내적 강도 측정 및 전자미소회로 조립에도 사용된다. X-rays는 또한 공항 수하물 탐색과 같은 보안시스템에도 적용된다.

#### · Semiconductor

반도체는 1886년 독일 화학자 Clemens Winkler에 의해 발견되었으나 오랫동안 실험실의 흥미로운 발견 이상의 관심을 받지 못하였다. 2차 세계대전전 레이더 장비에 약간의 적용이 있었지만 광범위하게 사용된 것은 1948년 트랜지스터의 등장 이후 부터이다. 그 이후로 반도체는 전기.전자 분야에 혁명을 일으켰다. 소형 전자회로는 소형 라디오, 텔레비전, 전화, 항공기 운항 보조장치, 진료장치 등 현재 모든 전자제품에 사용되고 있다. 트랜지스터는 미국인 물리학자들 Walter Brattain, John Bardeen과 William Shockley에 의해 Bell 연구소에서 개발되었다. 트랜지스터가 진공관을 대신한것처럼, 마이크로 프로세서와 통합회로(integrated circuits)는 트랜지스터를 대체하였다.

#### · Global Positioning System(GPS)

GPS의 출현은 원자구조에 대한 이론적 연구와 원자시계 제작에 힘입은 바 크다. 2차 세계대전전에 시작된 원자시계에 대한 작업은 처음에는 중력의 영향에 대해 흥미있는 연구자들에 의해 수행되었다. 이들 연구자들이 위치에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있는 GPS에 대한 자신들의 기여를 기대하지 않았다는 것은 명백하다. GPS는 교통운송에서 대단한 영향을 끼쳤으며 그 경제적 영향은 더욱 빠르게 성장할 것으로 기대된다.

#### · HIV 질병 및 AIDS 치료

특별히 병의 진행을 느리게 하는 HIV 억제제의 영향은 면역학 및 생화학 분야를 포함한 몇몇 분야에서 10년이상의 공공 및 민간부분의 연구비 지원에서 비롯되었다. NIH에서의 연구는 HIV 감염에 대한 원인과 AIDS로 이끄는 HIV에 의한 느리지만 지속적인 면역체계의 파괴에 대해 설명하였을 뿐 아니라 HIV의 분자구조를 규명하도록 하였다. 학술단체 및 비영리 연구소에 의해 수행되는 연구는 면역 및 중앙신경시스템을 통하여 수많은 바이러스를 복제하고 씨앗을 뿌리는 HIV의 능력을 설명하고 있다. 몇몇 제약회사에 의해 수행된 연구는 HIV 일생주기에서 HIV 효소의 역할에 관한 근본적인 지식인 HIV의 3차원 구조 및 바이러스 저항의 출현 메커니즘에 기여했으며 결과적으로 인체에서 바이러스의 수를 줄이고 바이러스의 복제를 방지하는 HIV 억제제의 출현에 대한 가능성으로 이끌었다.

#### · Xerography

1938년 Chester Carlson에 의해 발명된 Xerography는 정보처리에 있어 중대한 영향을 끼쳤으나 그 영향은 4반세기 정도 연기되었다. Carlson의 발견이 상업화되기까지는 기술, 기초과학 및 공학의 상당한 발전이 필요하였기 때문이다. Battelle Memorial Institute의 민간 연구소의 연구는 Carlson의 발견이후 20년 이상동안 Haloid-Xerox 복사기의 기초를 제공하였다. Xerox는 1947년에 인증을 획득하고 제품향상을 위해 Xerox 원천기술과의 간격을 메꾸고 그래픽 과정 기술을 진보시키기 위해 많은 수의 과학기술자를 모이게 하였다. Xerox는 기초 및 응용연구를 지원하고 학제간 많은 과학기술자를 포함하여 현대적인 고성능 복사기로 이끄는 기술진보를 발생하게 하였다.

#### · Internet

BBN과 다른 기관들이 1969년에 인터넷의 선두주자인 ARPANET을 설립할 때 그것의 기본목적은 국가를 넘어서 과학공학자들이 아이디어와 정보를 나눌 수 있게 한 것 이었다. 그러나 그러한 노력은 1세기 이상의 기초연구 및 발견 효과를 가져왔다. Network 장비의 규모, 속도, 가능성 그리고 비용효과는 초기에 전자 소형모형, 특히 1850년대의 논리회로의 발전에 그 뿌리를 두고있는 디지털 전자에 기반을 두고 있다. 초기회로는 다양하고 복잡한 형태의 전자로 통제되는 스위치 즉 완전하게 자동화된 전화교환기의 핵심은 Strowger step-by-step 스위치를 가지고 세워졌다. 트랜지스터의 발명은 오랫동안 방치된 채 운영할 수 있게 하였으며 상대적으로 저렴한 컴퓨터의 강력한 망에 의존하는 경제적인 스위치를 가능하게 하였다. 이들 스위치 요소들간 연계는 정보이론에서의 기초연구결과에 의존한다. 1940년대에 Bell 연구소에의 Claude Shannon 과학자는 회로를 바꾸는 행태를 분석하는 수단을 제시하였다. Shannon의 작업은 1848년에 George Boole에 의해 개발된 상징논리 시스템과 밀접하게 관련되어 있으며 이는 Boolean 대수학으로 알려지었다. 오늘날의 과학·공학자들은 그들이 계속적으로 놀라운 속도를 가진 인터넷을 향상시키고자 할 때 아직까지도 이 개발에 의존하고 있다.

이외에도 기초연구의 경제적이고 사회적인 효과가 우리 사회에 널리 퍼져 있다는 것을 설명하기 위해 수백의 사례들이 인용될 수 있다. 위에 소개된 혁신사례들과 기타 다른 많은 사례들은 다음과 같은 기술진보의 특징을 나타내고 있다.

1. 기초연구의 효과는 크고 넓게 확산되며, 종종 기대치 않게 발생된다.
2. 일반적으로 새로운 과학적 발견과 기술진보의 뒤에는 기초과학의 풍부한 역사를 갖고 있으며 종종 다른 연구자의 작업을 세워주거나 확대시킨다.
3. 기술진보는 종종 여러 분야의 발견을 종합하여 발생되기도 한다(위의 예에서 보

는 것처럼, X-ray, 수학, 그리고 컴퓨터 기술은 CAT scans을 개발하기 위해 결합된다).

4. 기초연구로부터 발생하는 지식은 넓게 확산되고 다른 분야의 연구자들에 의해 사용되는 경향이 있다.
5. 심지어 응용연구나 개발연구도 새로운 기초 발견을 촉진할 수 있다.
  - 기초연구 사용을 위한 새로운 도구나 장비를 개발함으로써 인해
  - 응용연구자들은 빈번하게 그들의 실용적 목적을 성취하기 위해 요구되는 기본지식에 대한 간격을 메꾸기 위해 기초연구를 다시 수행하기도 한다.
  - 개발연구자들은 종종 자연에 대한 우리의 기초지식을 추가하는 응용연구의 과정에서 새로운 발견을 하기도 한다.

발견과 혁신 과정에 대한 좀더 많은 관찰을 위해서는 Box 1을 참조.

## 기초연구가 경제에 미치는 영향

과학 및 공학에 있어 기초연구는 미국 경제의 성장에 중요한 역할을 했다. 개별적인 사례연구는 기초연구로부터 도출된 발견과 혁신이 국가적으로 수많은 노동자를 고용하는 신상품과 신산업의 출현으로 이끌었다는 것을 보여준다. 물론, 기초연구로부터 발생하는 기술변화는 종종 기존 산업에 종사하는 노동자를 임시적으로 대체하기도 한다. 그리고 기초연구는 경제성장을 설명하는 노동인력교육, 자본축적 등의 몇몇 요소 중 단지 하나에 불과하다. 따라서, 국가경제성장에 대한 연구비용의 순 영향을 측정하는 것은 지난 40년간에 걸쳐 진행된 경제성장에 대한 복잡한 모델 등을 사용해야 한다는 것을 의미한다. 이러한 연구결과에 따르면 기초연구는 2차대전 이후 수십년 동안 연간 생산성 향상의 12~25%를 점유한다는 것을 보여주고 있다. 이것은 기초연구의 축적된 영향이 매우 크다는 것을 의미한다. 더욱이 최근의 경제성장에 대한 새로운 견해는 연구개발이 매우 커다란 경제효과를 지니고 있음을 제시하고 있다.

기초연구는 이렇게 경제성장에 매우 중요한 기여를 하고 있다. 기초연구가 이렇게 중요한 한 이유는 기초지식의 진보는 넓게 확산되고 다른 과학자들에 의해 확대된 발견을 유도하고 장기간에 걸쳐 사회에 무한한 경제적 효과를 산출하는 경향이 있기 때문이다. 또한 앞에서 언급한 것처럼, 응용 및 개발연구활동의 진보는 종종 앞서서 이루어진 기초연구로부터 도출된 기초과학 및 공학의 발전에 상당히 의존한다.

## 기초연구투자 회수율

기초연구의 생산성과 연구개발의 영향을 측정하는 또 다른 접근방법은 개별 회사나 산업체에 의해서 만들어진 연구개발 투자에 대한 내부 회수율을 측정하는 것이다. 이러한 방법으로 수행된 많은 연구조사는 연구개발의 경제효과에 대한 확고한 증거를 제공한다. 회수율 조사는 연구개발비를 지원하는 산업체에 의해 경험된 생산성의 증가와 다른 산업체의 생산성을 향상시킨 부수효과를 측정하는 것이다. 비록 예상 회수율의 범위가 상당히 넓지만 그 조사에 따르면 민간기업의 평균 회수율은 연간 20~30%로 다른 투자 보다 상당히 높게 관련되어 있으며, 증권시장 투자에 대한 회수율 보다 약 2배정도 많다. 더욱이 연구개발 투자에 대한 사회적 회수율은 실질적으로 민간기업 보다 훨씬 높다. 기초연구에 대한 사회적 회수율은 추가적인 발견과 다양한 분야에서의 응용으로 이끄는 기초지식의 광범위한 전파에 기인하기 때문이다.

기초연구 투자에 대한 민간부문과 사회부문 회수율의 차이는 종종 시장실패(Market Failure)로써 표현되는데 기초연구에 대한 공공지원 및 연구비 증가를 고무시키는 세금정책을 정당화 시키는 중요한 요인이다(Box 2 참조). 기업의 연구개발 투자는 예상되는 기대효과에 의해 추진된다. 전체적으로 사회에 대한 이익을 극대화하기 위한 최적의 정부 투자전략은 민간부문의 회수율을 초과하여 사회적인 연구개발 투자 회수율을 제공하는 것이다.

비록 기초연구투자는 상식적으로 고도의 위험부담이 있는 것으로 간주되고 있지만 이것은 공공부문에서 보다는 민간부문의 기초연구를 잘 표현하고 있다. 개인기업은 투자의 정당성을 확보하기 위해 일정한 기간에 최소수준의 이익을 확보해야 한다. 기초연구 결과는 종종 결과물과 시간에 있어서 예견할 수 없고 광범위하게 확산되기 때문에 기업수준에서 적당한 투자효과를 확보하는 것은 어려우며 계속적으로 위험부담을 감수해야 한다. 그러나 정부의 입장에서는 기초연구에 있어 투자 대비 효과는 그것이 연구자 이권 대학이권 혹은 연구기관이권 투자를 정당화하기 위해서 민간기업체와 같은 형태를 취할 필요는 없다. 오히려, 그 기초연구결과가 광범위하게 확산되고 많은 다른 개별 연구자와 기관에 의해 사용되며 정부의 연구개발 투자로부터 공공의 유익이 존재하는 한 그러한 위험부담은 민간기업 보다는 훨씬 더 작아진다.

나아가, 정부가 추진하는 기초연구 투자 프로그램은 어떤 개별 기업이 추진하는 것 보다 훨씬 더 다양하다. 결과적으로 성공하든 실패하든 대학에서 실시하는 정부 지원 프로젝트와 연관된 위험요소는 단일 기업에서 있을 수 있는 위험부담 보다는 훨씬 적다.

## 지역경제에 대한 효과

주요 연구중심대학 혹은 다른 공공기관이나 민간 연구소에서 수행하는 기초연구는 종종 대학이 위치해 있는 지역의 경제에 상당한 간접적 영향을 끼친다. 예를 들어, BankBoston에 의한 연구조사에 따르면 MIT에서 수행한 연구는 수많은 지식기반 회사들이 밀집되어 있는 Greater Boston 경제에 큰 영향을 끼친다. 지금 메사츄세츠에는 약 530억불의 세계적 판매고를 기록하며 1천개 이상의 MIT 관련 회사들이 있는 것으로 추정된다. 이들 회사에는 약 125,000명의 노동자들이 고용되어 있으며 세계적으로는 약 353,000명이 있다. 물론, 캘리포니아의 실리콘벨리나 노스캐롤라이나의 리서치 트라이앵글도 주요연구중심대학으로부터 비슷한 효과를 얻고 있다.

### BOX 2

#### 왜 정부는 기초연구를 지원하는가?

연방정부는 기초연구의 가장 중요한 연구비 제공자이다. 무엇이 이러한 역할을 설명하는가? 두가지 일반적인 설명이 있다. 첫째는 정부자체의 필요에 의한 것, 둘째는 경제와 사회에 적당하게 반응하지 못하는 개인시장의 무능력에 의한 것 등이다. 첫째로 정부는 단순히 연구과실을 획득하기 위해 기초 및 연구개발을 지원한다. 정부가 행정업무를 수행하기 위해 연필 등을 구입하는 것처럼 정부는 또한 정부기관의 임무를 지원하기 위해 연구를 수행한다. 이러한 의미에서 국방성(DOD) 좀더 잘 완비된 방어체계를 구축하기 위한 지식을 생산하기 위해 물리학과 컴퓨터 과학에 대한 연구를 지원한다. 일반적으로 이러한 설명은

기초연구 보다는 응용 개발활동에 좀더 강력하게 적용된다. 이러한 것은 정부 연구비가 기초연구비 지원보다 개발연구비에 더욱 많은 이유를 설명하기도 한다. 즉, 단기적이고 잘 정의된 지원 필요성이 있는 연구부분이 장기적이고 덜 정의된 분야보다 우선지원을 받는다는 것이다.

(계속)

그러나 두번째 좀 더 광범위하게 왜 정부가 기초연구의 주요 지원자인 이유가 있다. 이러한 설명은 협소하게 정의된 다양한 정부기관의 필요를 넘어선다. 우리가 이번 장을 통해서 토론하는 것처럼 기초연구는 결과적으로 미국에 해야될 수 없는 사회적, 경제적 이득을 남겼다. 기초연구효과가 그렇게 넓게 깨닫게 되었다는 바로 그 사실은 그 연구지원에 있어 중앙정부의 역할을 설명한다.

경제적인 시각에서 기초연구로부터 비롯되는 지식은 공공재(public good)이다. 개별 소유물(private goods)과는 달리 공공재는 다른 이의 사용을 줄이는 것 없이 동시에 수많은 개인들에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어 과학공식에 대한 한 사람의 사용은 다른 사람의 사용을 배척하지는 않으며 더욱이 그 공식의 효용을 감소시키지 않는다. 이러한 일반적인 특징은 많은 의미를 갖는데 그 가장 중요한 것 중의 하나는 공공재에 대한 사적인 소유권은 어려울 뿐만 아니라 경제적으로도 비효율적이라는 것이다.

개인이나 혹은 기업은 과학적인 공식으로부터 쉽게 이득을 거둘 수 없기 때문에(혹은 기초연구로부터 다른 잠정적인 결과), 이들 민간시장의 요소들은 사회적 관점에 기초하여 투자해야 하는 기초연구활동에 덜 투자하는 경향이 있다. 결과적으로, 기초연구에 있어 민간투자수준과 사회이익을 극대화하는 수준사이에는 차이가 발생한다. 경제학자들은 이러한 것을 시장에서의 실패(market failure)라고 규정하여 이러한 간격을 채우고 기초연구의 적극적인 외부적 성격을 탐구하기 위해 정부개입을 필요한 것으로 지적한다. Pfizer 제약회사의 연구활동에 대한 사례조사는 연구개발에 있어 민간지원 부분과 공공지원 부분과의 차이를 나타낸다. 산업체와 대학 모두는 기술혁신과정에서 각자 중요하지만 서로 다른 역할을 수행한다. 산업체는 약품개발을 위한 응용적인 과정에서 기초연구 결과물을 통합하는데 초점을 맞춘다. 이러한 개발사업은 대학의 기초연구결과를 공개하는 속성과는 상당히 다르다.

## 민간부문 기술혁신에 중요한 공공지원 기초연구

제 3장에서 기술된 것처럼, 대학은 기초연구의 가장 큰 수행자 이지만 기초연구는 또한 정부연구소, 산업체 연구실, 그리고 다른 비영리 민간기관에서 수행되기도 한다. 이번 장의 앞에서 언급된 몇가지 사례는 기술진보를 촉발시키는 기초연구가 민간기업에서 운영하는 연구소에서도 수행되었음을 보여주고 있다. 그럼에도 불구하고

하고 초기 수십년간 산업혁신의 경험적 증거에 따르면 시장에서 많은 중요한 신상품과 공정과정의 혁신들은 학술적인 연구 없이는 발생될 수 없었음을 보여준다. 오늘날, 산업체는 많은 분야에서 계속적으로 기초연구를 수행하고 있다(산업체의 기초연구지원에 관해서는 부록 1 참조). 그러나 첨예한 경쟁과 재정적 압력은 많은 회사들이 단기 응용 및 개발연구에 더욱 많은 중점을 두도록 하였으며 따라서, 기본적으로 대학에 기반을 둔 정부지원 기초연구는 민간기업의 산업기술에 더욱 중요하게 되었다.

산업혁신 과정에서 공공지원연구에 대한 중요성은 최근에 미국 산업체에서 발간된 특허의 인용률에 기초한 1997년 조사보고서에서 확증된다. 미국 특허법에서는 특허의 앞부분은 그 특허가 향상시킨 중요한 사전기술에 대해 보고하게 되어있다. 이 보고서는 1987년부터 1988년 그리고 1993년부터 1994년까지 발급된 397,660개 특허의 앞부분에 있는 430,226개의 인용을 조사하였다. 이 분석에 따르면 산업체 특허에 인용된 연구논문의 73%는 정부가 지원하는 대학과 정부 및 기타 연구기관에서 일하는 과학자들에 의한 공공부문연구임을 보여주고 있다. 인용된 부분 중 단지 27%만 산업체 연구자들에 의한 것이었다. 더욱이 두 기간간의 인용비교는 정부지원연구에 대한 민간기술의 의존이 더욱 심화되었음을 보여준다.

비록, 대학에서 수행된 많은 연구가 과학 및 공학의 기본지식을 진보시키도록 의도되었지만 그러한 연구는 빈번하게 매우 실용적인 적용을 갖는다. 실제로, 최근에 연구중심대학에서 종사하는 많은 재능있는 과학자들은 기업체와의 협력연구에 참여하고 있으며, 따라서 그들 연구의 많은 부분이 상업적으로 가치있는 목적으로 직접 수행되어 가고 있다. 더욱이, 주요연구중심대학은 신기술을 획득하기 위한 기업활동을 돕기위해 일하는 매우 활동적인 기술이전처(Technology Transfer Officer)를 갖고 있다. 제 3장에서 기술된 것처럼 연구중심대학이 상업기술을 유발시키는 기초연구의 많은 부분을 수행하지만, 그들은 또한 미래의 과학자와 기술자를 훈련시킴으로 사회에 많은 이익을 주고 있다. 실제로 미래의 연구자에 대한 교육훈련은 미래의 기초연구를 위해 대학이 할 수 있는 가장 중요한 것이다. 기초연구의 특징 때문에 정부는 기초연구의 가장 기본적인 지원자이다(Box 2 참조). 기초연구에 대한 정부의 연구비 지원은 자유시장 경제체제에서는 불필요하며, 기술혁신은 주로 기존 기술에 의존하기 때문에 기초연구비 감소가 경제에 별다른 효과를 나타내지 않을 것이라는 일부 논평가들의 신사고에 대해서 우리 경제개발위원회(CED)는 명백히 반대한다. 위에서 기술되었던 특허 인용과 관련한 증거는 이러한 신사고가 중대하게 결함이 있다는 것을 나타낸다. 산업기술발전은 대학이나 또는 다른 곳에서 수행된 정부지원기초연구에 상당히 의존하고 있다.

## 기초연구가 미래에 미치는 영향

기초연구는 금세기를 통하여 우리 경제 및 사회에 대단히 중요한 역할을 하였다. 그러나 다음 세기는 어떠한가? 기초연구는 미래 우리 사회 많은 분야에서 커다란 보답을 가져올 것인가? 그에 대한 대답은 확실히 “그렇다”라고 우리는 믿는다. 다가오는 시대에 우리 경제와 사회가 직면할 도전과 기회는 다양하고 풍부하다. 이러한 때에 우리가 유익을 얻기 위해서는 기초과학지식의 진보가 필수적이다.

예를 들어 컴퓨터와 정보기술이 점차적으로 고도화될수록 미래진보에 대한 우리의 기대는 기초지식의 진보가 없이는 실현되지 않을 것이다. 학습컴퓨터(computer that learns)에 대한 희망은 단순히 점증적인 기술향상이 아닌 컴퓨터 분야 뿐 아니라 DNA 연구의 중대한 과학적 진보를 요구한다.

DNA 연구 자체는 인류 보건 및 복지의 모든 측면에서 커다란 약속을 지니고 있다. 유전자 지도에 대한 현재 연구부터 지도 자체에 대한 이해 그리고 유전자간 연계에 대한 중요성은 수 십년 동안 과학자들을 사로잡은 무한한 도전이다.

기초연구는 또한 오늘날 우리를 괴롭히는 사회문제를 확인하고 정의하는데 매우 중요하다. 예를 들어, 지구온난화 현상에 대한 현재의 논쟁은 이 분야에 대한 우리의 무지를 대변한다. 과학의 진보와 함께 우리는 정치적 논쟁을 뛰어넘어 과학적으로 문제를 정의하고 해결책을 모색할 수 있으며 이러한 것들은 기초연구로부터 가능할 것이다.

물론, 미래의 과학적 진보에 대한 전망은 오늘날 우리에게 상당히 알려지지 않았으며 많은 경우에 거의 이해하기 어렵다. 현재 이론적으로 존재하는 아이디어가 현실화 된다면 기존의 존재방식은 새롭게 정의될 것이다.

나노기술(Nanotechnology)은 단지 뚜렷한 하나의 예이다. 시스템적으로 세포를 관리하는 능력은 수 많은 방법으로 무한히 자연을 복제할 수 있는 과학적 환상의 세계에서 살 가능성을 제공할 수 있다. 기초연구 자체는 세포공학이 현실이기 보다는 환상임을 증명할 수 도 있다. 그러나 그러한 잠재가능성을 조사하는 것은 과학 진보의 본질과 그것과 관련된 무한한 미지의 부분을 강조하는 것이다.

기초연구에 있어 잠재적 성과 목록은 끝이 없다. 그러나 미래의 기회와 도전을 고려하면서 기초연구를 생각하는 한 방법은 기초연구를 저렴한 비용의 보험으로 생



각하는 것이다. 현재의 기초연구는 매우 중대한 장기적 경제 및 사회 이익을 창조하기 위해 GDP의 0.5% 미만을 사용하고 있다. 우리는 단지 우리의 앞에 놓여 있는 것들 중 가장 작은 부분만을 이해하고 있다. 그러나 미지의 기회를 자본화하고 미지의 재앙을 피하기 위한 가장 큰 희망은 다가올 수 십년 동안 이들 미지의 것에 대한 답을 충족시킬 과학지식에 투자하는 것이다.

## 제 3장

# 미국 기초연구 시스템의 진화

이 나라에서 기초연구사업 성공의 대부분은 미국연구시스템의 독특한 특징에 기인한다. 연구를 수행하는 미국의 방법은 연구기관들의 융통성 및 이질성, 연구비 확보를 위한 무한경쟁, 그리고 개별연구자들의 상호의존성 및 창의성에 의해 특징 지워진다. 어떤 다른 것보다 미국 기초연구의 우수성은 개별 연구자들의 탁월성에 기초하고 있다. 한 관찰자의 말에 의하면, 미국과학자들은 국가의 보물이다. 더욱이 기초연구의 경제적 영향은 기초연구에 의해 야기되는 기술변화 및 혁신 그리고 상업적 필요에 대한 미국 경제의 반응을 반영한다.

미국 기초연구시스템의 역동적인 특징은 특별히 전체 연구개발시스템이 실제적인 변화를 겪고 있는 지금 명백하다. 이러한 최근의 변화의 물결의 특징은 다음과 같다.

- **점증하는 경쟁적 압력 때문에 많은 기업이 그들의 연구활동관리와 연구개발 투자의 향상을 위한 조치를 취하고 있다.** 첫째로, 이것은 기업이 좀더 적절하고 일정한 보답을 산출하는 응용 및 개발 활동에 더욱 큰 강조를 두고 있다는 것에서, 둘째로, 상품시장을 겨냥하여 연구개발 시간을 좀더 줄이려는 경쟁적인 노력에서, 셋째로, 산업체연구실의 축소를 포함하여 연구개발 비용을 줄이려는 활동에서 알 수가 있다.
- **정부의 우선순위가 변화하고 있다.** 첫째로, 국방관련예산의 급격한 삭감을 초래한 냉전종식은 전통적으로 미 국방성에 의해 지원되는 영역의 기초연구를 불이익 분야로 놓이게 했고 반면에 특정 민간부문 특히 보건에 관한 연구비 지원을 계속적으로 급성장하게 하였다. 둘째로, 노령층의 증가에 따라 이에 관련된 예산대책을 정부차원에서 적절히 하지 못할 경우 기초연구에 대한 정부의 투자를 감축하게 할 수도 있을 것이다. 셋째로, 고조되는 국제경쟁에 대한 관심과 함께 정부는 상업기술을 촉진하기 위해 정부와 기업에 의한 협력연구비를 증대시켰다. 이것은 미래의 기초연구 재원을 위협하는 변화이다.
- **현대기술은 연구활동 자체에 급속한 변화를 가져왔다.** 정보기술혁명은 급속한 기술이전과 한 연구자가 다른 연구자의 발견을 돕는 기회를 증가시키고 있다. 이러한 경향은 특별히 최초 연구자가 완성하는데 몇 년이 걸린 작업에 대한 급속한 복제를 가능케 하는 분야에서 더욱 중요하다.

- 많은 경우에 대학연구는 더욱 더 기업체적 성격을 띠어가고 있다. 1980년대에 제정된 정부법률은 경제발전을 용이하게 하기 위해 정부에 의해 지원된 연구에 대하여 대학이 그 특허권을 소유하게 했으며 기업은 대학에 대한 연구비 지원을 증가시키고 있다. 이러한 경향은 특별히 기초연구를 매우 빠르게 상업화로 전환시키는 생명공학산업의 능력에 의해 설명된다.
- 대학과 기업, 기업과 정부 등 기초연구 기관간 협동연구와 분야간 협력연구가 증가되었다. 연구 장비 등으로 인한 급속히 증가하는 연구비용은 기관간 협력을 위한 중요한 동기가 되고 있다. 분야간 협력연구는 탐구되는 문제의 본질과 복잡성에 의해 추진되기도 한다. 국제연구협력은 비용분담의 필요성, 특히 고에너지물리(High Energy Physics) 및 우주 탐사 등의 대규모 자본시설을 요구하는 프로젝트에서 많이 추진되고 있다.
- 기초연구분야를 포함하여 외국의 연구개발 활동이 최근에 강화되었다. 최근 수 십년전에는 연구개발에 전혀 투자하지 않았던 개도국 등의 국가들이 기초연구 등의 연구개발비를 증가시키고 있다. 이러한 경향은 지식의 급속한 확산과, 숙련된 노동자들이 풍부하며 전문기술을 보유한 나라에서 연구활동을 수행하려는 다국적 회사들의 경향에 의해 더욱 강화되고 있다. 이러한 해외고용의 기회증대는 미국에서 거주하려는 과학자 수를 감소시키고 있다.

이번 장에서는 미국연구시스템의 전과경향 뿐 아니라 동 시스템을 성공으로 이끌었던 미국연구시스템의 질적인 측면에 대하여 기술하고자 한다. 연구기관의 구조, 인력기반, 연구비지원시스템 그리고 마지막으로 다가오는 시대에 전세계적 관점에서 미국연구시스템이 지향하는 바에 대하여 기술하고자 한다.

## 오늘날의 미국 기초연구기관

현재의 기초연구기관 구조는 대체로 2차대전 이후 그리고 냉전시대를 통하여 기초연구재원을 어디에 어떻게 배분할 것인가에 대하여 정부와 산업체의 결정에 의하여 만들어진 산물이다(Box 3 참조). 지난 1930년대 이후 미국기초연구산업의 중요한 특징 중 하나는 다른 연구비 재원과는 달리 상대적으로 정부 연구비지원의 우세이다. 물론 산업체와 다른 재원도 비록 소규모였지만 또한 기초연구를 지원하는데 중요한 역할을 수행한 것은 사실이다.(부록 1 참조). 그러나 연구비 재원만으로는

미국기초연구의 우수성을 설명할 수는 없다. 이 재원들이 누구에게 어떻게 분배되었는가는 상당히 중요한 문제이다. 미국은 어떤 다른 나라보다도 기초연구비를 분배하는데 있어서 전문가 평가를 통한 경쟁적인 메커니즘에 의존한다. 개별연구자들에게 대한 경쟁적인 동료평가에 의해 지원되는 연구비 시스템은 미국 기초연구시스템의 상징이다. 이러한 분배 메커니즘에서 성공한 기초연구기관은 냉전시대 이후 연구의 질에 대한 표준을 세웠다. 한편, 중앙 집중적이며 하향식(Top-Down) 관리로 특징되는 분위기에서 성장한 연구기관들은 긴축예산시대를 맞이하여 자신들의 비용효과를 정당화시키기 위해 분주하고 있다.

### BOX 3

## 기초연구 시스템 진화의 역사

정부와 대기업, 주정부, 국공립/사립대학, 중소기업, 민간 비영리 연구소 등에서 지원되고 수행되는 세계수준의 연구를 가진 오늘날 미국의 기초연구시스템은 한 세기전 유아기부터 오랜시간을 거쳐 형성되었다. 금세기 초반, 과학적인 질문은 대체로 유럽지역에서 제기되는 문제였다. 그 당시, 미국은 개인발명가 또는 그들의 가정에서 새로운 상품이나 기술과정을 발견하는 총명한 비 과학자로 알려졌다지만 기초과학에 대한 통찰은 없는 상태였다.

현재 미국의 기초연구사업은 크고 다양한 상품기업의 출현과 1차 세계대전의 과학기술적 요구와 함께 모양새를 갖추기 시작했다. 기술혁신 추진과정에서 기업들의 전문적인 연구추진은 과학, 공학자들의 몫이 되었고(가장 중요하게는 화학, 정유, 전자기계), 내부연구소를 설립하거나 독립적인 연구소와 계약을 하였다. 비록 몇몇 대학은 지방 및 지역경제요구와 관련된 다른 중요한 분야연구를 지원하였지만 이 기간동안 정부지원연구는 주로 농업부문에 속한 것이었다.

2차 세계대전은 미국연구에 있어 전환점이 되는 시기였다. 전쟁후에도 계속 진행될 과학기술에 대한 공공의 열정을 창조하였고 군사목적에 집중된 기초연구

(계속)

를 수행토록 하였다. 전쟁동안 번성했던 공공연구비지원 시스템을 성문화하였다. 이러한 시스템하에서 기초연구는 정부에 의해서 연구비가 지원되고 대학, 정부연구소 및 민간기업에서 수행되었다.

공공연구에 대한 Vannevar Bush의 전쟁후 청사진은 미국립과학재단(NSF)의 설립을 가져왔으며 또한 과학적 탁월성에 기초하여 모든 과학분야에 대한 연방 정부예산을 분배하는 시스템을 가져오게 하였다. 연구에 투자되는 대부분의 연방재원은 연방기관을 통하여 분배되었고 되고 있다. 연방정부는 무기체계와 우주기술에서의 우수성을 성취하기 위한 연구에 집중적으로 투자하였다.

또한 이 기간동안 보건연구에 대한 연방정부의 투자는 급성장하였고 국가의 과학적 전문성을 주요질병에 초점을 맞추려는 정책을 시행하였다. 명백하게 이 기간동안 기초연구에 대한 정부의 연구비 지원은 상당히 목적지향적이었다.

NSF에 의한 것이든 혹은 다른 연방기관에 의한 연구비가 지원되었든 공적으로 지원되는 기초연구는 개별연구자 연구로 특징되었다. 문제를 제기하고 그 문제를 풀기위한 가장 좋은 해법을 고안하는 것은 개별 연구자들이었다. NSF 연구비지원의 경우에 이 과정은 현저하게 연구자로부터 시작되는 형태였다. 그러나 기관 고유임무의 작은 부분에서조차 기초연구는 연구지원자나 혹은 연구결과물의 최종 사용자들의 목적지향적인 관리에 의해 추진되지 않고 과학자들의 전문성에 의해 대부분 추진되었다.

공공지원 연구시스템이 형태를 갖추어 갈수록 많은 대규모 기업체들은 그들 자신의 기초연구활동을 확장하였다. 냉전시대는 또한 유례없는 경제활동을 기록하였고 이 기간동안 많은 회사들은 왕성한 시장활동을 할 수 있었다. AT&T, Xerox, General Electric, Eastman Kodak과 같은 회사들은 이러한 시장활동으로부터 획득된 재원을 몇몇 국가의 주요 기초연구실험실 활동을 지원하는데 사용하였다. 실제로, 산업체 연구실에서의 연구활동은 탁월한 과학적 업적을 성취하게 하였고 수많은 노벨상을 수상하도록 했다.

냉전의 종식은 미국 기초연구의 전환점을 만들었다. 1990년대에 2차대전후 수많은 기초연구를 지속하게 했던 연방연구실은 불확실한 미래에 직면하게 되었다. 대학도 또한 연방 연구비지원의 예상되는 삭감에 대비하여 긴축재정을 준비하였다. 기업체들과 세계시장이 점차적으로 심각한 경쟁에 직면하면서 기업체들의 연구활동은 단기연구로 옮겨가기 시작했던 것이다.

## 산업체

### *산업체에 의해 수행되는 기초연구*

산업체는 미국 전체 연구개발활동에 있어 가장 큰 연구비 지원자이다. 그러나 기초연구에 대한 산업체의 참여는 상대적으로 별로 중요하지 않다. 산업체에 의해 수행되는 기초연구는 상품개발 및 이에 관련하여 요구되는 분야와 정부지원 연구간의 차이를 메우는 연구에 초점이 맞추어져 있다. 물론 국방분야 등 산업체 기초연구의 일부분이 정부를 위해 수행되기도 한다.

기초연구에 대한 산업체 지원경비는 부문별로 상당히 다르다. 약학과 같은 분야는 새로운 상품과 새로운 공정과정을 위해 장기적인 기초연구투자에 상당히 의존한다. 반면에 다른 분야는 기초연구에 별로 투자하지 않는다. 산업체는 대다수의 국가 기초연구투자는 공공부문으로 남겨놓은 채 연구개발비 분배에 있어 단기적인 개발활동에 많은 강조를 두고 있다.

산업체 기초연구와 대학에서 주로 수행되는 정부지원 기초연구간에는 투자규모 이상의 차이가 있다. 기업체의 기초연구와 대학에서의 기초연구는 둘 다 새롭고 근본적인 과학적 이해를 성취할 수 있지만 그러나 그들은 서로 다른 동기와 서로 다른 목표로 특징지워질 수 있다. 대학연구자가 깊은 과학적 중요성에 대한 질문을 제기하고 이에 답하며 자연현상을 설명하는 힘을 갖고 지식과 이론을 발생시키려고 시도하는 반면, 산업연구자들은 새로운 상품 개발을 촉진하기 위해 기대되는 기술 개발에 필요되는 이해를 구하기 위한 목적을 갖고 있다. 대학연구자들이 중요한 발견을 하였을 때 그들과 그들의 동료는 즉각적으로 이 발견을 확인하고 증폭시키기 위하여 비슷한 라인을 따라 그들의 노력을 증가시킨다. 더욱이 대학연구자들은 본래적으로 가장 흥미있는 문제에 대한 새로운 노력을 집중시킨다. 일단 기업체 연구자들이 새로운 발견을 하면 그들은 상품개발을 위해 풀어야 되는 다음 단계의 문제를 공략한다.

### *기초연구의 파트너 및 협력자로써의 산업체*

산업체가 국가기초연구의 중요한 부분을 수행하고 있지만 점차적으로 기업들은 대학의 기초연구를 지원하고, 개별 연구자들과 협력하는 것이 유용하다는 것을 발견하고 있다. 비록 정부의 연구비 지원에 비하면 상대적으로 적지만 기업체의 대학에 대한 직접적 연구비 지원은 1980년에 전체 대학연구비중 4%에서 1996년에는 7%로 확대되었다(부록1 참조). 이러한 확대의 대부분은 기초연구발견이 새로운 상품으로 빠르게 전환되는 생명의학 분야에서 발생하고 있다.

연구비 지원에 대한 산업체의 의도는 부분적으로는 정부의 연구비 수혜자들이 연구과정에서 발생한 발명들에 대한 소유권을 보유토록 한 1980년의 Baby-Dole 법안에 의해 촉진되었다. 실제적으로 이것은 산업체 지원자가 지원하고 있는 연구에 대한 소유권 뿐 아니라 정부지원에 의해 만들어진 초기 발견들에 대한 추가적인 권리를 인정함을 의미한다. 그래서 기업의 연구비지원은 지적소유권에 대한 연계적 권리를 주장할 수 있고, 어떤 경우에 이들 권리는 기업이 새로운 상품개발에 대한 자체의 연구개발을 추진하기에 충분한 토대를 제공해 줄 수 있다.

미국의 주요 연구중심대학에서 이루어지는 기업과 대학 기술이전 센터간 연구계약에는 다음과 같은 특징이 있다.

- 기업은 연구계획을 수행하는 연구자의 동의 대가로 특정량의 연구비를 제공한다.
- 기업은 협약의 첫번째 권리인 새로운 발명들을 사용할 권리를 갖는다.
- 기업은 협약기간동안 대학에 의해서 출원되는 특허신청을 지원함에 동의한다.
- 기업은 연구결과 공개전에 컨퍼런스 발표나 논문기고와 같은 서면 혹은 구두발표에 의한 특허가능성을 검토할 기회를 갖는다.

이것은 어떤 소유권의 가치에 대한 지원자와 대학의 이해를 보존하면서 연구결과를 자유롭게 전파하는 대학의 권리와 필요를 유지한다.

대학의 역할에 대한 적당한 안전장치를 갖는다면 기초연구에 대한 산업체의 지원은 양측 모두에게 이익을 가져올 수 있다. 산업체의 연구비 지원은 중대한 혁신을 촉진시킬 수 있는 분야에서 가장 창조적인 마음을 소유한 일부 사람들에게 허용된다. 기업은 또한 중요한 신상품의 기초일 수 있는 기술혁신과 관련 특허권을 인정할 수 있다. 실제로, 생명공학 산업은 대학에서 인가를 취득한 기술과 관련하여 새로운 회사의 형성에 뿌리를 두고 있다.

대학은 소속 연구자들이 정부지원연구비를 보충하고 기업체로부터 추가적인 지원을 받을 수 있도록 허락함으로써 인해 이익을 얻는다. 많은 연구자들에게, 이러한 추가적인 지원은 그들 실험실의 생산성을 유지하는데 기여한다. 추가로, 기업이 대학에서 취득된 기술을 성공적인 상품이나 서비스로 변환하면 대학은 로열티를 받기도 한다. 또한 잘 관리된 연구협력의 경우 보이지 않는 또 다른 이익은 산업체와 대학 연구소간 개별연구원들간의 지적협력의 가치이다.

#### *대학연구결과의 공개적인 전파로부터 이익 얻는 산업체*

산학연구협력의 중요성이 점증하고 있다는 사실이 대학의 기초연구가 산업과 경제 이익의 주요 채널이라는 사실을 감소시키지는 않는다. 사용에 대한 제약이나 사

용자들의 수에 관계없이 새로운 지식의 자유로운 전파. 대학연구의 사회에 대한 주요 이익은, 그 연구가 정부지원을 받았든, 연구비지원 재단의 지원을 받았든, 혹은 기업의 지원을 받았든 그리고 그 연구가 특허로 이끌 것이든 아니든 관계없이, 새로운 지식의 자유롭고도 공개적인 전파로부터 기인된다. 실제로 대부분의 주요연구 중심대학의 기술이전계약은 이러한 이유 때문에 기업으로부터 지원된 연구결과 공개를 단기간만 연기하도록 계획되어있다.

앞장에서 토의된 것처럼, 특허자료에 대한 최근의 분석에 따르면 대학연구결과와 전파는 상업화된 특허에서 볼 수 있는 것처럼 상당한 양의 새로운 지식을 생산하고 있음을 보여주고 있다. 또한, 출판 혹은 컨퍼런스나 비공식적인 통로를 통한 대학연구의 공개는 산업혁신에 매우 중요하다는 증거가 있다.

기초연구의 자유로운 전파는 단지 대학에서만 이루어지지 않는다. Merck사에서 AIDS 연구에 대한 사례는 많은 기업들이 얼마나 그리고 왜 자신들의 기초연구활동으로부터 도출된 지식의 공개적인 전파를 승인하는지를 보여준다. Merck사의 사례가 제시하는 것처럼, 연구결과물에 대한 소유권을 설정하는 것에 대하여 어떠한 법적 장애물이 없을 때조차도 Merck 같은 회사들은 좀더 연구결과 전파에 대해 좀더 자유로운 접근을 허용하는 것이 사회와 또한 그들 자신들에게도 훨씬 더욱 큰 이득을 생산한다는 것을 발견하였다. 산업체 연구원들은 또한 대학의 동료 연구자들처럼, 가능할때마다 평가과정을 거친 저널을 통하여 공개적으로 자신들의 연구내용을 전파하는 특권에 의해 더욱 동기부여가 된다. 출판을 통하여 발생하는 이익은 우수한 과학자들이 그 회사로 몰려들게 하고 그리고 그 회사의 연구가치를 증가시켜 궁극적으로 회사의 상품판매 증가를 이룩하여 회사에 이득을 준다는 것이다.

## 대학

미국의 기초연구에서 가장 중요한 기관은 의심할 바 없이 연구중심대학이다. 연구중심대학 시스템은 2차 대전후 대규모적이고 지속적인 정부지원을 통하여 국가의 가장 큰 기초연구 수행자가 되었다. 그러나 그 시스템의 진실한 성공은 다음사항에 기초되어 있다.

1. 연구기관 자체보다는 대학의 개별 연구자를 돕는 독특한 구조
2. 대학의 연구수행 및 대학원생을 훈련시키는 이중적 역할
3. 경쟁을 통한 연구비 지원
4. 연구중심대학의 융통성과 다양성



우리가 이번 장의 후반부 및 앞에서 기술한 것처럼, 대학 연구시스템의 성공은 최근 기업이윤에 상당부분 기여했으며 시장에서 대학과 소속 연구자들의 새로운 역할과 도전을 유도하였다.

### *개별 연구자들에 대한 대학의 지원*

대학 연구활동의 중심은 고도로 숙련된 개별 연구자들이다(개별 연구자들의 중요 가치 참조 27p 참조). 전형적으로 임기제의 연구인력과 대학연구자들은 그들의 연구수행을 위해 봉급, 연구시설 및 연구 보조자 등의 대학지원 및 외부 연구비 지원에 의존한다. 대학의 연구환경은 소속 과학자들이 그들 연구 프로젝트의 본질을 규정하고, 외부 지원을 구하며, 연구자와 연구지원기관에 적당한 방법으로 연구를 수행하는데 있어 상당한 자율성을 보장하고 있다. 일반적으로 대학연구의 질은 수많은 개별 대학연구자들이 범국가적으로 외부적인 연구비지원을 구하는 경쟁적인 과정을 통하여 이루어 진다. 물론, 대학내 부서장 및 학장 그리고 대학 행정가들은 대학 연구프로젝트의 질을 형성하고 확증하는데 중요한 역할을 한다. 이와 관련하여 소속 과학자들을 고용하는데 있어 취해지는 평가는 특별히 중요하다.

대학의 연구에 대한 정부의 지원경향에서 볼 수 있는 것처럼(부록 1 참조), 대학의 과학자들은 종종 많은 연구기관에 연구비지원을 요청한다. 왜냐하면, 이들 연구의 기본특성은 정부기관이 부여받은 다양한 임무를 지원할 수 있기 때문이다(예를 들어, 동일한 신청서가 NSF, DOE 혹은 NIH에 제출될 수 있다). 연구비지원에 대한 다양한 경로는 신청자들에게 연구비 수혜 기회를 증가시켰고, 각 기관의 변화하는 우선순위 및 예산 변동에도 불구하고 새로운 지식의 흐름을 유지시켰다(연구비 지원기관의 지원형태에 관한 자료는 부록1 참조). 연구비지원기관의 다양성은 하나의 연구비지원 구조 아래에서 가능할 수 있는 것 이상의 다양한 연구조사와 접근방법을 가능하게 하였다.

대학의 교육적인 기능은 이들 대학에 기초연구에 있어 특별한 이득을 주었다. 과학 및 공학에 있어 교육훈련의 통합된 부분으로서, 대학원생들은 대학소속 과학자들의 연구조원으로써 대학연구실에 고용된다. 연구중심대학에 있어 대학원생들은 기술적으로 효율성이 있으며, 첨단연구분야에 매우 친숙하고 고도로 동기부여되어 있다. 그들의 박사 논문 및 연구자로서의 그들의 미래는 전문가 평가를 통해 게재되는 저널에 출판될 가치가 있는 연구를 수행함으로써 인해서 얼마나 중대한 지적 기여를 하느냐에 달려있다. 실제로, 기초적인 발견으로 이끄는 실험실의 연구는 전형적으로 대학원생 및 박사후 연구원들에 의해 수행된다.

그림 1. 대학 총 연구비 및 정부 지원 연구비 순위 (1995년)

Total Research Expenditures		Federally Financed Research	
(dollars in thousands)			
<i>Total, all institutions</i>	\$21,654,220	<i>Total, all institutions</i>	\$12,884,158
1 University of Michigan	\$443,070	1 University of Washington	\$291,284
2 U WI Madison	\$403,541	2 U CA San Diego	\$284,445
3 University of Washington	\$289,160	3 University of Michigan	\$275,956
4 MA Institute of Tech 1/	\$370,800	4 MA Institute of Tech 1/	\$273,543
5 Texas A&M University	\$362,539	5 Stanford University	\$273,157
6 U CA San Diego	\$357,333	6 Johns Hopkins Univ 2/	\$259,049
7 Cornell University 1/	\$343,786	7 U WI Madison	\$299,381
8 University of Minnesota	\$336,524	8 U CA San Francisco	\$224,271
9 Johns Hopkins Univ 2/	\$331,387	9 Cornell University 1/	\$207,391
10 Pennsylvania State U	\$330,881	10 Columbia University	\$206,495
<i>Total, top 10 institutions</i>	\$3,669,321	<i>Total, top 10 institutions</i>	\$2,524,972
11 U CA San Francisco	\$329,742	11 Harvard University	\$203,965
12 Stanford University	\$318,871	12 U CA Los Angeles	\$201,773
13 U CA Los Angeles	\$303,668	13 U of Pennsylvania	\$200,895
14 University of Arizona	\$292,351	14 University of Minnesota	\$194,819
15 U CA Berkeley 1/	\$291,200	15 Pennsylvania State U	\$187,481
16 Harvard University	\$276,422	16 Yale University	\$174,868
17 U of Pennsylvania	\$272,393	17 University of Colorado	\$168,674
18 University of Colorado	\$249,695	18 University of Arizona	\$168,791
19 Ohio State University	\$246,287	19 U of Southern California	\$163,606
20 U of Illinois Urbana	\$246,174	20 U CA Berkeley 1/	\$157,826
21 Columbia University	\$244,991	21 U of NC Chapel Hill	\$156,626
22 U CA Davis	\$244,116	22 Duke University	\$148,526
23 Yale University	\$231,819	23 Washington University	\$146,921
24 U TX Austin	\$228,676	24 University of Pittsburgh	\$144,457
25 U of Southern California	\$222,159	25 U TX Austin	\$143,939
<i>Total, top 25 institutions</i>	\$7,667,885	<i>Total, top 25 institutions</i>	\$5,089,169

1/ These data do not include research expenditures at university-associated federally-funded R&D centers.

2/ Johns Hopkins University data do not include Applied Physics Lab, with \$447 million in total R&D expenditures.

NOTE: Because of rounding, data may not add to totals.

SOURCE: National Science Foundation, Science Resource Studies Division, Survey of Scientific and Engineering Expenditures at Universities and Colleges, FY 1995 (data available at [www.nsf.gov](http://www.nsf.gov)).

### 연구중심대학의 다양성

미국에서 수행되는 대학연구의 거의 모두는(96%)약 200여개의 공.사립 연구기관에 집중되어 있다(표 1참조). 25개의 대학이 미국내 3,600개의 고등교육기관에 대한 전체연구비용의 35%를 점유한다. 이들 상위 25개의 수혜기관은 정부 연구비지원의 39%를 차지한다. 상위 100개 기관은 전체 정부 지원의 78%를 차지한다. 이는 지난 40여년에 걸친 미국내 대학시스템의 팽창이 그렇게 균형적이지 않음을 나타내고 있다.

비록 전체 연구재원의 분포가 급격하게 변화되지는 않았지만 많은 학술연구기관들은 지난 25년전 보다 오늘날 더 많이 정부의 연구비 지원을 받고 있다(1971년에 567개 기관에서 1993년 875개 기관으로 증가). 이러한 증가의 대부분은 인문대학, 2년제 지역대학, 그리고 다른 기술전문학교 등과 같은 비박사학위과정 대학의 증가 때문이다.

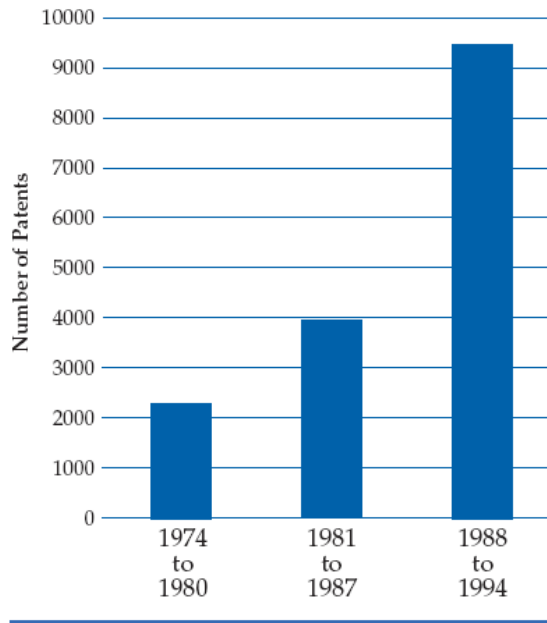
연구중심대학의 명성과 연구기관으로서의 그들의 집단적 영향은 연구 생산성, 명성 그리고 소속과학자들이 수령하는 연구비와 그들이 연구실에 고용하는 학생들의 총체적인 역량에 달려있다. 개별 과학자들은 이 대학에서 저 대학으로 이동하기 때문에 그들의 연구 활동에 의한 재정적이고 교육적인 이득은 그들과 함께 움직인다. 그 결과로 각 기관들 사이에는 질과 규모에 있어 차이가 발생하고 정부 연구비 수혜를 받는 연구중심대학의 순위는 변화하게 된다. 개별 연구자들에 의한 정부연구비 확보 경쟁은 그들을 고용하는 학술기관에 비슷한 경쟁 효과를 갖는다. 지식의 생산자 및 전파자로서 우수한 과학자들을 고용하는 것은 대학들의 큰 관심 사항이 되고 있다.

### 연구중심대학과 시장

두가지 중요한 경향이 미래의 연구중심대학의 형태를 형성하는데 기여하고 있으며 양자는 대학연구를 시장에 좀더 가깝도록 유도하고 있다. 첫째는 산업체에 의해 상업화되는 발명에 대해 재정적인 보답을 거두는 대학과 학술연구기관의 능력이며 다른 하나는 점증하는 산학연계의 경향 및 그러한 협력을 좀더 장기적인 연구비지원으로 발전시키는 연구기관에 대한 중요성이 증가하고 있다는 경향이다.

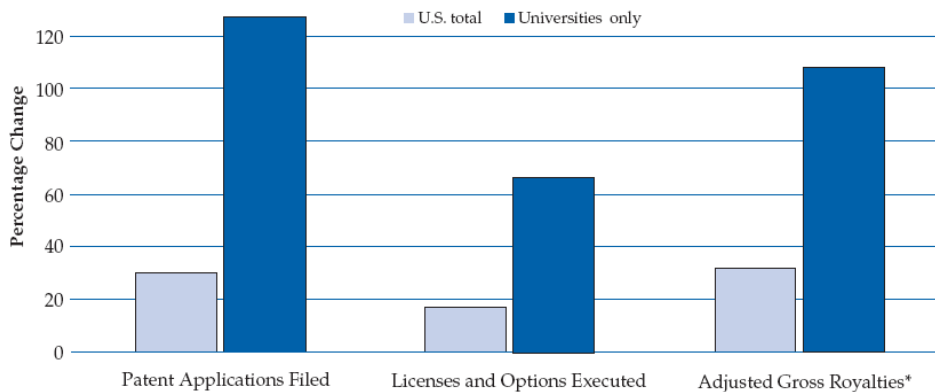
거의 20여년 동안 대학(그리고 정부지원연구 수행자)이 특허를 출원하고 상업적 목적을 위해 유용한 발명을 산업체로 이전하는 것을 촉진하는 것이 정부의 정책이 되어왔다. 앞에서 언급한 것처럼, 이러한 정책에 관련된 주요법률은 대학연구에 있어 새시대로 이끌었던 1980년의 Bayh-Dole 법령 이었다. 그림 2와 그림 3은 이러한 변화의 정도를 보여주고 있다. Bayh-Dole 법령의 영향에 대한 평가는 학술기관에서 제기된 특허의 수인데 이것은 1974년의 249건에서 1994년 1761건으로 증가되었다.

그림 2. 대학의 미국 특허수



SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Table 5-42.

그림 3. 특허활동의 미국 총 성장률 대비 미국 대학의 성장률 (1991-1995)



\*Adjusted gross royalties are gross royalties minus royalties paid to other institutions.  
SOURCE: Association of University Technology Managers, *Licensing Survey FY 1991-95*, (ATUM, 1997).

그러나, 기술의 상업화에 있어 대학의 관여는 전체 대학연구에 있어 아직 적은 부분이며 산업체의 전체 R&D에 있어서도 적은 부분을 차지하고 있다. 예를 들어 1994년 미특허청에 기재된 대학의 특허 출원수는 그해 특허출원된 전체 특허의 1% 미만이었다. 대학에 대한 산업체의 점증하는 연구비지원에도 불구하고 산업체는 전체 대학연구지원증 단지 7%에 머물고 있다.

대학연구의 개방적인 특성은 단지 정부만이 아닌 다양한 곳으로부터 연구비 지원을 가능하게 하였다. 그럼에도 불구하고 산업체 연구비지원의 속성과 대학연구의 특허 효과는 정부지원연구에서는 제기되지 않는 문제를 제기하였다. 이들 문제제기 사항은 아래와 같다.

- 연구결과의 개방적인 전파를 제한함
- 연구비를 지원하는 산업체의 이익과 필요를 충족시키는 방향으로의 대학연구 경향의 재정립
- 연구자 개인의 경제적 이익과 학술기관, 대학 및 사회의 전반적인 이익과의 충돌
- 소속과학자들의 고용 및 승진 고려시 기초연구생산력 및 교육성과 보다는 산업체 연구비 지원 확보 능력 및 특허권 사용료(royalty) 발생 능력과 같은 평가기준의 적용

대부분의 연구중심대학은 이러한 문제에 직면한 정책과 지침을 개발하여 이 지침을 소속 연구인력과 직원 및 대학원생들에게 전파하여왔다(부록 2). 그럼에도 불구하고 연구비지원에 깊이 연루된 대학들은 그들의 산업 파트너의 요구에 부응하여야만 한다. 또한, 대학들은 새로운 기관인 대학의 기술이전사무소(Office of Technology Transfer)의 관료주의를 극복해야 한다. 대학의 행정가들은 소속연구인력과 지원인력의 잠재적인 갈등도 고민하여야 한다.

### *대학연구결과의 특허*

대학의 연구결과는 주로 정부 연구비 지원에 의해서 만들어지기 때문에 대학들은 그러한 발명으로부터 사회적인 이득을 극대화하기 위한 특별한 책임을 갖는다. 이러한 책임은 그러한 발명을 자유롭게 전파할 필요를 넘어서 그러한 발명이 상업화되는 방법에 까지 확대된다. 왜냐하면 특허는 그 속성상 사용에 있어서 제한을 의미하기 때문이다.

그러한 결정이 만들어지는 명확한 공식은 없지만 많은 우수연구중심대학들은 기술인증 결정을 만들기 위한 평가기준으로 공공이익을 상세하게 증명해야 하는 기술이전 정책을 갖고 있다(부록 2). 일반적으로, 대학이 일단 발견에 대한 특허 보호를 신청한다면, 그 대학은 그 기술이 배타적 인지 혹은 비 배타적인 기초에 의해 기술을 상업화할 것인지를 결정해야 한다.

새로운 치료법, 새로운 전자장비 혹은 새로운 의료장비 같이 탁월한 상품이나 서비스로 변형될 수 있는 연구결과는 일반적으로 배타적 인증을 위해 적당한 것으로

여겨진다. 이러한 경우에 특허보호와 배타적 인증서의 보호는 새 상품을 만드는데 있어서 시간, 돈 그리고 자원을 투자한 회사를 위한 필수적인 인센티브 인 것이다. 사회는 이러한 약속을 만드는 산업체의 의도로부터 이익을 얻으며 새로운 상품을 시장으로 옮겨온다.

한편, 여러 회사에서 새로운 상품을 만드는데 유용하게 이용되는 연구 도구로써 널리 이용되는 새로운 지식은 상업적인 면에서 합리적인 조건으로 이용할 수 있도록 비 배타적 인증서를 통하여 상업화 된다. 가장 걸출한 예는 유전인자를 통합하는 기초기술을 생산한 스텐포드 대학과 켈리포니아 대학에 인증된 Cohen-Boyer 특허이다. 이들 특허가 출원된 이후 두 대학은 유전공학 연구에 종사하는 모든 회사들이 이 기술을 사용하는 것이 가능하도록 \$10,000에서 시작하는 최소한의 연간 사용료만을 지불하도록 비 배타적 인증을 만들었다. 이러한 관대한 사용조건은 산업체에 심한 부담을 주지 않았을 뿐 아니라 1997년에 두 대학에 \$38.5백만의 사용수입을 발생하게 하였다. 게다가 기초연구기관은 사용료를 지불함 없이 그러한 방법을 사용할 수 있게 하였다.

상품과 도구 사이의 구별은 필요하다. 특별히, 유전인자결합(Gene splicing)과 같은 주요한 업적에 기초한 주요한 연구도구는 추가적인 기초 및 응용 발견을 추구하는데 있어서는 필수적일 수 있다. 그러한 분야로의 진입에 과도한 장애물이 놓여진다면 새롭고도 주요한 연구결과의 출현을 방해할 것이다. Cohen 교수와 Boyer 교수에 의한 발견을 상업화함에 있어서 스텐포드 대학과 샌프란시스코 켈리포니아 대학의 정책은 광범위하게 사용되는 도구(Tool)나 과정(Process)을 소유한 다른 대학들에게도 그와 같은 연구성과물에 대해서는 비배타적으로 사용하게 하고, 사용조건을 합리화하며 기초연구자들이 비용을 지불하지 않고 기술을 사용토록 하게 하였다. 이러한 접근은 사회와 대학 모두의 이득을 최적화 한다.

#### *대학연구에 대한 산업체 연구비 지원의 영향*

점증하는 산학협력연구 관계에 대한 증거는 관심을 야기시킬 수 있는 명분을 제공할 수 있다. 대학 연구에 대한 산업체 지원의 영향에 대한 최근의 연구에 따르면, 산업체의 지원은 연구결과를 공개하는데 있어 매우 큰 제약이 있으며, 본질상 기초연구가 아닌 연구에 좀더 관련되어 있다. 이것은 산업체가 대학연구 방향을 응용과 개발연구 쪽으로 전환시키고 있다는 것을 말하지는 않는다. 오히려, 산업체는 그들의 필요에 적합한 대학연구프로젝트를 구한다. 이러한 연구형태는 전형적으로 정부 연구비 지원을 통하여 수행되는 연구와는 달리 본질상 기초분야가 아닐 수 있다. 그러나, 산업체 지원이 실질적으로 증가하고 있음에도 불구하고 대학의 연구가 기초과학 및 공학연구로부터 변화하고 있다는 명백한 증거는 없다.

위에서 기술된 것처럼 산업체 연구비 지원의 특성은 연구결과 전파의 제약을 담고 있고 본질상 기초분야가 아니기 때문에, 대학연구에 있어서 산업체와 정부의 연구비 지원을 상호 교환할 수 있다고 생각하는 것은 그릇된 것이다. 일반적으로 정부와 산업체간 연구비 지원에 있어 중대한 변화는 대학연구의 성격과 연구결과 전파에 영향을 미친다.

개인적으로 회사에 소속되어 이득을 보는 대학연구자들에게는 이로 인한 첨예한 이해충돌이 있을 수 있다. 소속연구자들은 자신들이 아래의 활동을 통하여 자신들의 재무상황을 향상시킬 수 있을 것이라 생각하는데, 이것은

- 자신들의 연구성과물에 대한 특허사용료의 수령
- 기업체에 연구관련 자문
- 신생기업체 소유권 참여 등이 있다.

많은 경우에, 이들 잠재적인 갈등은 대학, 소속연구자 그리고 회사의 이익으로 해결되어 왔다. 그럼에도 불구하고 이들 관계는 빠르게 진화하고 있으며 새로운 선례가 매년 설립되고 있다. 대학들은 그들의 기초교육과 기초연구를 방어하는데 열성적이다.

콜롬비아 대학의 예에서 제시되는 것처럼, 우수한 연구중심대학은 산학연구관계의 복잡한 본성을 잘 알고 있다. 이러한 경우에 실질적이고 잠재적인 이득은 모든 관련자들에게 명백하다. 콜롬비아 대학은 민간기업(VIMRx 제약회사)으로부터 연구비 지원을 받고 있는데 이 회사는 새로운 상품으로 전환 할 수 있는 잠재적인 지식에 접근할 수 있고, 대학과 기업간의 직접관계로 인해 사회는 좀 더 빠른 기술혁신 과정에 의한 이득을 얻을 수 있다. 또한 콜롬비아 대학의 관계자들에 인식된 잠재적인 부정적 효과는 기초연구결과 전파에 있어 전통적인 개방성이 위협받는다라는 사실과, 한 회사와의 관계로 인한 관계의 협소성 그리고 콜롬비아 대학 연구프로그램의 전반적인 균형에 영향을 줄 수 있다는 것이다. 이상의 예에서 보는 것처럼, VIMRx 제약회사와 콜롬비아 대학의 관계는 이득, 비용 그리고 시장에서 연구중심대학의 새로운 역할에 대해 알려지지 않은 사항들을 제시한다.

## 정부연구소

비록 많은 정부 연구개발이 기초연구가 아니고, 계약이나 연구비 지원에 기초하여 정부 외곽에서 수행되지만, 정부는 정부연구소를 통하여 기초연구를 직접 수행

한다. 예를 들어, 1995년에 정부연구소들은 27억달러, 정부기초연구비의 약 20%를 수행하였다(부록 1). 역사적으로 정부연구소는 기초연구를 위한 매우 중요한 기관이 되어 왔으며, 보건이나 핵물리와 같은 다양한 분야에서 매우 중요한 과학적 발견과 과학적 통찰력을 발생시켰다.

정부연구소의 관리구조는 다양하다. 몇몇 연구소는 정부에 의해 직접 관리되기도 하고(NIH, NIST, 미지질연구소 등), 반면에 몇몇 연구소는 대학이나 비영리조직을 통하여 사립 혹은 비영리단체에 의해 정부를 위해 운영되기도 한다(예를 들어 Los Alamos, Oak Ridge, the Jet Propulsion Lab. 등). 정부에 의해 지원되는 700개의 연구소중에는 에너지부(DOE)에 의해 관리되는 이른바 국가지정연구소(National Lab.)들이 있는데 이들은 주로 에너지 및 국방에 관한 연구를 기본목표로 하고 있다. 이들 연구소들은 기초, 응용 및 개발연구와 실제적인 연구개발 예산을 수행한다.

냉전종식후, 에너지부(DOE) 국가연구소들은 새로운 변화에 직면하게 되었다. 이들 연구소들은 민간기술수요 및 미국산업체의 국제경쟁력과 관계된 목표 등의 새로운 연구개발 목표를 설정함으로써 기존의 사라지는 연구목표를 대체하려 하였다. 예를 들어, Intel, Motorola 및 Advanced Micro Devices사는 자외선 기술을 사용하는 컴퓨터 칩을 개발하기 위해 3개의 국가지정연구소와 상업적인 연구 파트너십을 발표하였다.

비평가들은 국가지정연구소들의 그러한 노력은 정부의 세금을 축내는 것이며 에너지부에 의해 관리되는 연구소들의 수와 규모는 더 이상 정당화 될 수 없다고 주장하고 있다. 위의 컴퓨터 칩 파트너십의 경우에도 동 프로젝트에 대한 외국회사의 참여 가능성으로 외국회사에 대한 미정부의 보조금 지원에 대한 잠재적 가능성 때문에 심한 비판을 받고 있다. 이러한 비판은 국가경쟁력이라는 주제 아래 이들 사업추진을 정당화 하려는 관련기관들의 정치적인 문제에 접하면 더욱 증폭된다.

많은 국가지정연구소들의 문제는 단지 그들의 기관목표에 한정되지 않는다. 기초 연구를 수행하는 모든 기관중에서 에너지부 국가 연구소들은 융통성과 비용효과 면에 있어서 낙후되었고 또한 과도하게 중앙집권적이며, 비효과적인 자원 분배시스템인 것으로 알려져 있다. 실제로, 국가지정연구소들에 대한 미래의 대안에 관해 에너지부 장관에게 자문역할을 하는 임무가 주어진 1995년 Galvin Task Force에 있어서 이들 연구소들의 관리방식에 대한 개혁은 주요 관심사항 이었다.

탈중앙집권식 및 대학연구를 특징짓는 경쟁적인 투자지향적 모델과는 달리 국가지정연구소에서의 연구지원행정은 중앙집권화 되어있고, Top-Down(에너지부 내부



및 국회로부터의)과 외부에서의 전문가평가 시스템이 결여되어 있다. Galvin Task Force팀 보고서에 따르면 에너지부 국가연구소들은 미미한 경쟁을 거쳐 선정된 개별연구자 프로젝트를 지원하는 반면, 그들 연구소의 연구문화는 물리적, 지적 고립과 연구비 지원에 대한 권리감각에 의해 영향을 받고 있음을 나타내고 있다.

이러한 제반 문제에도 불구하고 연구소들은 물리적 및 인력 측면에서 상당한 자원을 갖고 있다. 전형적으로 대학연구를 특징짓는 개별연구자들의 작업과는 달리 국가지정연구소에 수행되는 기초연구는 종종 수년에 걸쳐 상당한 자원을 투입하는 대규모 프로젝트 방식으로 수행된다. 이들 연구소에 대한 비평가 및 지원가들은 똑같이 이들 대규모 재원을 투입하는 방법에 대한 문제를 갖고 논쟁중이다. 이러한 문제는 최근에 수많은 정부연구소평가위원회(blue-ribbon committees)를 결성하는 계기가 되었다. 불행하게도 이들 시도중에 어느 것도 의미있는 구조조정을 바탕으로 정치적으로 가시적인 동조를 획득하지는 못했다.

그림 4. 국가 연구소의 정부 연구개발예산

	Fiscal Year 1995 (Dollars in Thousands)
<b>Total National Labs</b>	<b>\$3,012,548</b>
Idaho National Engineering Lab	\$77,745
Oak Ridge National Laboratory	\$288,332
Sandia National Laboratories	\$654,472
Argonne National Laboratory	\$252,879
Brookhaven National Laboratory	\$216,094
Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory	\$170,870
Lawrence Livermore National Lab	\$500,622
Los Alamos National Laboratory	\$102,278
Pacific Northwest National Laboratory	\$208,529

SOURCE: National Science Foundation, *Survey of Federal Funds for R&D: FY 1995, 1996, 1997*, (data available at [www.nsf.gov](http://www.nsf.gov)).

## 비영리단체

### 비영리연구기관에서의 기초연구

비록 비영리연구기관은 미국내 기초연구의 7%만을 차지하고 있지만, 이들 연구기관들은(대학이 아닌) 상당한 양의 기초연구를 수행한다. 어떤 경우에는 그들은 대학에 기초한 기초연구의 일반적인 모델과는 다른 독특한 대안을 제시하기도 한다

많은 비영리연구기관은 대학과 공식적인 관계를 유지하는 대학 부설기관이지만 독립성을 유지하고 있다. MIT의 부설기관인 Whitehead Institute for Biomedical Research는 아주 대표적인 예이다.

비영리기관은 때때로 개인연구자에게 주로 대학에서 수행되는 기초연구에 대한 매력적인 대안을 제시한다. 두가지 가장 주목할 만한 예는 Howard Hughes Medical Institute(HHMI) 및 Scripps Research Institute 인데 HHMI는 관대하고 안정적인 재정지원과 재원증가를 위해 연구 외적으로 소모해야하는 시간을 요구하지 않는 연구환경에 의해 이끌리는 과학자들에게 훌륭한 기회를 제공한다. HHMI 연구소들은 전국의 연구중심대학에 위치해 있는데 이들 대학들은 HHMI연구소와 공동연구자로서 활동하고 있다. HHMI 연구소는 이들 대학내에 연구시설을 유지하고 연구원들과 모든 필요한 지원인력(연구조원 및 기술자들을 포함한)을 고용한다. HHMI에 의해 고용된 과학자들은 5년에서 7년의 조건으로 임용되며 엄격한 평가를 통하여 재임용 될 수 있다. 이러한 조건은 대학의 과학자들이 정부 및 기타 다른 연구비를 통해 지원받아 수행할 수 있는 것 보다 훨씬 더 장기적이고 안정적인 지원기간을 나타내고 있다.

Scripps는 La Jolla, California에 자체 연구캠퍼스를 갖고 있으며 안정적이고 조건이 좋은 재정지원을 통하여 뛰어난 과학자들을 유치하고, 연구자들에게 연구비 모금 활동으로부터 벗어나서 연구실에서 최대한의 시간을 보내도록 제공하고 있다. Scripps는 비록 산업체 및 자선단체를 통하여 연구비 모금을 적극적으로 추진하고 있지만 국가의 연구중심대학과 같이 Scripps는 연구비의 대부분을 정부의 지원에 의존하고 있다. 학술연구모델과는 달리 Scripps는 소속연구자들과 실험실 분야를 별도로 구분하지 않고 학제간 협력과 협동을 강조한다.

Scripps 같은 기관들은 또한 대학원생들을 위해 대학내 훈련과정모델의 한 측면에 대한 흥미있는 대안을 제시한다. Scripps는 다양한 연구분야에서 대학원생 수준의 훈련을 제공한다. 그러나 대학생들을 교육하지는 않는다. 연구와 교육에 관한 논쟁이 대학 캠퍼스내에서 계속되면서 기초연구와 대학원생 교육은 결합시키지만 대학생 교육은 제외하는 이러한 대안모델은 소속과학자들과 대학원생들에게 매우 매력적이 될 수 있다.

## 비영리분야의 기초연구 지원

확실히, HHMI는 기초의학연구에 대단히 중요하다. 이것은 단순히 HHMI의 독특한 행정 및 실행 구조 때문만은 아니고 그 기관이 연구수행기관에 가져오는 상당한 재정적 자원 때문이기도 하다. 실제로 비영리 자선 분야는 항상 연구비 지원에 있어 중요한 재원이 되어 왔다. HHMI는 상대적으로 최근에 활동한 기관이다. Rockefeller 재단과 Carnegie 기관은 금세기를 걸쳐 그러한 자선적 지원의 중요한 재원이 되어왔다.

연구비 지원에 있어서 재단은 정부에 비하면 상대적으로 매우 적은 부분이지만 뚜렷한 이득을 제공할 수 있는데 이러한 사실은 재단들이 자신들의 재원을 좀더 효과적으로 사용하도록 하고있기 때문이다. 예를 들어, 재단은 프로젝트를 지원함에 있어 정부보다 좀더 빨리 조치를 취할 수 있다는 것이다. 이같은 방법으로 그들은 종료되려고 하는 중요한 프로젝트를 위한 연구비 지원을 유지토록 하는 연구비지원의 가교로써 활동할 수 있다. 재단은 또한 학제간 연구를 지원함에 있어 정부보다 더욱 진보적일 수 있다.

## 개별연구자들의 귀중한 가치

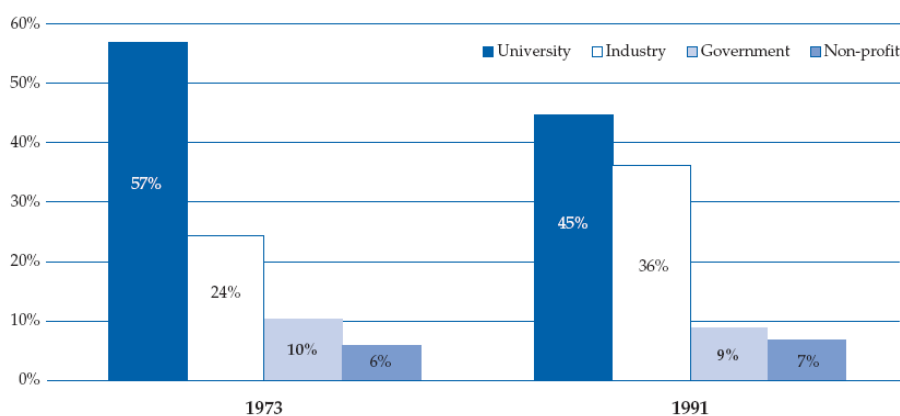
부록 1에서 토의된 것처럼, 미국에서의 기초연구는 소비된 달러(연구비)만 갖고는 적절하게 표현되지 않는다. 또한 그것은 기초연구를 수행하는 기관에 의해서 만으로도 특징지을 수 없다. 실제로 연구수행기관의 핵심은 그 연구를 수행하는 사람들에게 있다. 실제로 과학공학 및 위대한 발견의 역사는 개별과학자들의 역사이다. James Watson, Jonas Salk, Linus Pauling의 이름은 종종 그들의 발견보다도 더욱 쉽게 인식되고 있다. 미국기초연구 시스템의 성공은 그러한 창조적 인물들을 고무시키고 교육과 훈련 그리고 고용을 통하여 신진과학자 양성을 확보하는 능력에 있다.

초반부에 토론된 것처럼, 미국의 기초연구 시스템의 강점은 연구중심대학에서의 연구와 대학원생 교육과의 공생관계이다. 대학 과학자들은 대학원생에게서 고도로 숙련되고 의욕적인 인력 Pool을 제공받는다. 동시에 대학원생들이 대학연구실에서 받는 경험과 훈련은 재능있는 미래의 과학자를 양성하는데 기여한다. 미래의 과학자를 훈련시키는 대학의 교육기능은 연구기능 그 자체만큼 기초연구의 미래에 중요

하다.

연구중심대학에서 훈련받은 신진과학도들은 대학, 정부 혹은 산업분야에서 직업을 갖는다. 절대적인 수에 있어서 전 부문에서 고용이 증대되고 있고 표 5에서 제시하는 것처럼 과학자 및 공학자들이 산업체에 고용되는 비율은 점점 증가되고 있다. 산업체에 고용된 과학자들은 기초연구를 산업체에 이전하는데 있어 중요한 매개체이다. 회사에서 기초연구가 수행되지 않을 때조차도 회사 자체의 기초연구전문성은 종종 필요하다. 산업체 과학자들은 회사 외부에서 수행되는 기초연구를 회사 내부의 사용을 위해 그것을 증명하고 해석하는데 중요한 역할을 한다.

그림 5. 박사급 과학자와 공학자의 인력분포



NOTE: Percentages do not total 100 percent due to non-response and omission of the non-university education sector.  
 SOURCE: *Reshaping Graduate Education of Scientists and Engineers*, Committee on Science, Engineering and Public Policy, (Washington, DC: National Academy Press, 1995).

우리 기초연구시스템의 성공의 대부분은 개인의 자율성을 추구하는 대학의 연구자 특히 신진과학자들의 능력에 달려있다. 대학의 연구환경은 과학자의 독립성과 창조성을 고양시키는데 이러한 것은 다른 조직에서는 발견하기 어렵다. 이러한 환경은 특별히 연구경력 초기에 발전의 기회를 갖는 신진과학도들에게 매우 중요하다. 이러한 환경은 계층제적인 조직에서는 매우 드문 일이다. 요약하면 대학연구환경은 연공서열에 관련없이 재능을 인정하고 촉진할 수 있다. 결론적으로 대학으로의 신진연구인력의 이동은 기초연구수행에 있어 매우 중요하다는 것이다.

그러나, 신진과학자 및 공학자들의 인력공급상황을 보면 기초연구를 위한 인력기반구축의 미래는 긍정적이지 않다는 징후가 있다. 미래의 기초연구를 수행하는 인력의 평가를 위해, 우리는 모든 단계에서 현재 교육시스템의 조건과 질을 평가해야 한다.

1. 과학 과목에 있어 K-12 학생들의 낮은 성취는 지금까지 잘 보고되어 있다. 최

근의 조사에 따르면 고등학교 상급 학생들의 43%가 낮은 수준의 과학지식을 갖고 있다는 것을 보여준다. 게다가 국제적인 조사자료에 따르면 과학 및 수학에 있어 상위권 학생들도 외국의 학생들에 비하여 상대적으로 낮은 수준으로 나타나고 있다. 과학 및 수학 그리고 모든 분야에서 이들의 낮은 성취도는 향후 과학적인 훈련 및 고용으로부터 미국학생들을 배제시킬 뿐 만 아니라 또한 대학에 추가적인 교육을 제공하도록 하는 추가 부담을 제공해 주고 있다. 나아가 이러한 상황은 대학으로 하여금 좀더 지적인 학습을 하지 못하도록 하게 하고 있다.

2. 대학생 수준에서 과학 및 공학 학위의 분포는 지난 삼십년 동안 감소되어 왔다. 점차적으로 많은 총명한 학생들이 대학생 동안 과학에 관련된 분야를 선택하지 않고 있다.
3. 우수한 과학/공학자들의 중요한 공급원인, 외국학생들은 점차 줄어들고 있으며 미래에도 그다지 낙관적이지 않다. 다른 외국이 자신들의 기초연구능력을 개발해 갈수록 미국에서 훈련받고 미국에 남아있는 외국학생들의 공급은 외국에서 수행되는 기초연구가 활발하지 않았던 초기 몇십년간에 미치지 못하고 있다.
4. 대학원생 교육에 대한 현재의 시스템은 신진 박사 인력의 고용문제를 야기시켰고 미래에 대학원생 프로그램에 들어가는 학생들의 수와 질적인 면에 좋지않은 영향을 끼칠 수 있다.
  - 과학분야에 있어 박사학위 취득기간은 1962년에 5.4년으로부터 1993년에 7.12년으로 길어졌다.
  - 신진박사들이 박사후 연수 및 임시 고용에 종사하는 수는 또한 증가하고 있는데 이런 현상은 기초연구에 있어 매우 중요한 그들의 초기 고용이 점차적으로 불안정한 상태에 있다는 것을 나타낸다.
  - 교육훈련과 직업 상담에 있어서 적당한 유동성 없이 신진박사들은 대학원생 프로그램으로부터 매우 좁고 학술적인 직업시장으로 몰린다. 학술연구에 있어 직업교육은 이학/공학 박사들의 질적인면을 위해 매우 중요한 반면, 학생들에게 졸업에 대한 추가적인 선택권을 제공하는 추가적인 훈련은 또한 매우 중요하다.
5. 마지막으로, 과학자/공학자를 위한 대학의 고용환경은 연구비 증액 활동 및 연구실 바깥에서 소비하는 시간에 의해 제한 받는다.

이러한 모든 문제는 앞으로의 잠재적인 문제점을 지적한다. 그러나 이러한 문제들은 전세계 어느나라 보다도 기초연구를 계속적으로 잘 수행하고 있는 미국의 교

육체계 안에서 발생하였다는 것을 재확인할 가치가 있다. 다음장에서 토론할 것처럼 우리가 지금까지 제기하였던 모든 사항은, 그 조그만 문제가 큰 문제가 되기전에, 지금 현재에 제시되어 해결되어야 한다.

## 국제 관점에서의 미국의 기초연구

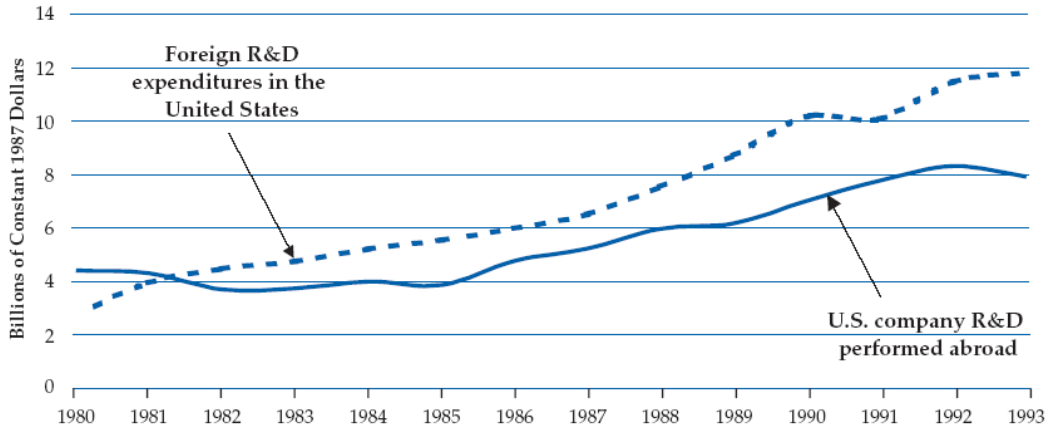
20세기는 미국으로 하여금 새로운 지식을 발생하는데 있어 전세계에서 주도적인 위치에 이르게 하였다. 기술혁신에 있어 미국의 세계적 리더쉽은 세계무대에서 미국 경제 성공의 원인과 결과로써 간주된다. 그러나 다른 국가들이 그들의 기술혁신 능력을 개발해 갈 수록 미국은 다양한 과학/경제 분야에서 점점 더 독보적인 위치를 상실하게 될 것이다.

최근의 경향은 새로운 지식의 발생에 있어서 미국이 계속적으로 세계적 리더쉽을 지니고 있지만 다른 나라들이 과거보다는 더욱 기여하고 있다는 것을 나타내고 있다. 세계의 모든 과학기술 출판에 있어 미국이 차지하는 부분은 계속적으로 그 어느 나라 보다도 더욱 크지만 최근에 이르러 그 비중은 1981년의 36%에서 1993년에 34%로 감소하였다. 이러한 감소의 대부분은 일본의 점증적인 증가에 기인한다.

그러나 이러한 경향을 미국에 대한 위협으로 보는 것은 잘못된 것이다. 왜냐하면 기초연구 활동이 전세계적으로 성장하고 전세계적으로 새로운 지식의 축적량이 증가할 수록 모든 나라들은 혜택을 받기 때문이다. 더욱이 다른 외국은 기초연구에 있어 우리의 협력자이다. 정보기술의 급속한 진보에 의해 촉진된 국가간 연구협력은 점차적으로 증가되는 현상이며 대규모 기초연구를 수행하는데 있어 점차 중요한 메커니즘이 되어가고 있다. 그림 6~8은 이러한 경향의 세가지 측면을 보여주고 있다.

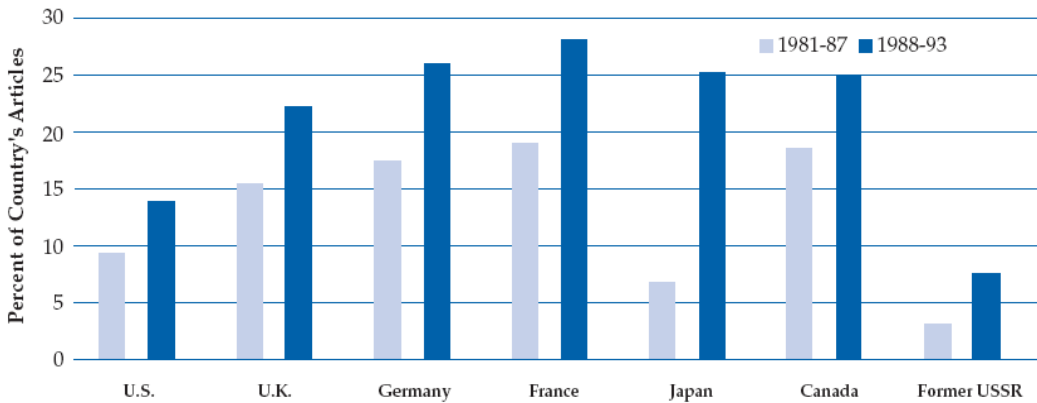
- 그림 6이 제시하는 것처럼, 미국에서 수행된 외국의 연구개발비용은 1980년대 이후 급격하게 증가하였다. 또한 미국 회사가 외국에서 수행한 연구개발은 비록 적은 폭이지만 증가하였다.
- 국가 전체의 과학논문 기고에 있어서 모든 첨단 산업국과의 국제공동연구에 의한 논문도 증가하였다(그림 7).
- 마지막으로, 미국 교육기관에서 수학하는 외국학생들의 수는 1980년 이후 75% 증가하였다. 비록 전체 대학원생 비율에 있어 그들의 비중은 감소하였지만 수에 있어서는 약간의 증가가 있었다(그림 8).

그림 6. 증가하는 연구개발 투자



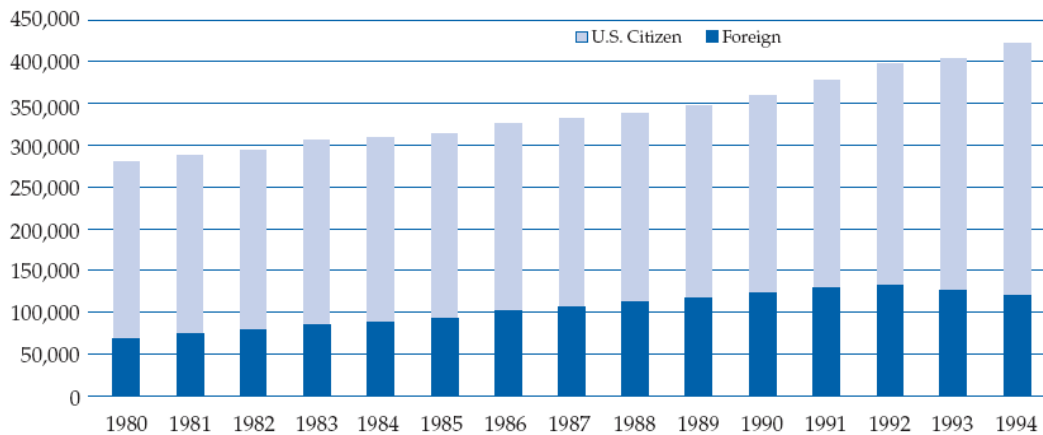
SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators*, 1996. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).

그림 7. 국가별 국제 공저 논문



SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Table 5-34.

그림 8. 미국 대학 과학·공학 분야 전일제 외국 및 미국 대학원생



SOURCE: National Science Foundation/SRS, *Survey of Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering* (data available at [www.nsf.gov](http://www.nsf.gov)), Table B-5.

몇몇 관찰자들은 미국이 점증하는 전 세계 경제와 과학계에 대한 연구투자에 있어 효과를 거둘 능력에 대해 문제를 제기 하고 있다. 예를 들어 졸업하자마자 미국을 떠나는 외국인 대학원생들이 증가하는 현상은 일부 분야에서는 문제를 촉발시키고 있다. 그러나 미국에서 훈련받은 외국인 학생들이 그들 자신의 나라로 귀국하는 상황이 미국 경제에 손실인지 여부는 명확하지 않다. 어쨌든 미국 연구중심대학의 가치의 대부분은 대학원생들에 의해 수행된 작업에 기인한다. 나아가 미국 산업체는 해외에서 수행된 연구로부터 혜택을 받는다.

## 결론

미국의 기초연구는 지난 50년 동안 가장 성공한 사례중의 하나라는 사실은 의심할 바 없다. 실제로, 이번 장에서 기술된 기초연구사업은 강력하고 효과적이다. 그러나 다음 50년에 걸쳐 이러한 기초연구를 유지하고 강화하기 위해서는 해결해야 할 문제들이 있다. 정부의 정책결정자들이 기초연구를 위해 기금을 어떻게 분배할 것인가에서부터 개별연구자들이 연구비모금 및 기업가의 요구와 함께 그들의 연구 및 교육 책임을 어떻게 균형을 맞출 것인가에 까지, 이들 문제제기는 기초연구와 관련된 정책결정자 및 기업가를 위한 의제로 채택되며 다음 장에서 토의될 것이다.



## 제 4장

# 미국의 리더십 유지: 경제개발위원회의 제안

20세기 미국을 정의하는데 도움을 주었던 뚜렷한 과학적 진보는 적지 않은 부분에서 기초연구사업의 독특한 특징 때문이다. 제 2장과 3장은 정부의 연구비지원(Public Funding), 탁월성 기준의 자원분배, 연구중심대학의 중심역할, 개별연구자들에 대한 중시, 미래 과학/공학자들에 대한 건전한 교육체계 등 미국의 기초연구 성공의 요소와 그들이 어떻게 오늘날 우리가 향유하는 사회경제적 혜택에 기여했는가를 기술하였다. 그러나, 이들 각 요소들에는 미래의 기초연구가 과거의 성공에서 기대되는 만큼을 충족시키려 한다면 해결되어야 할 사항들이 있다. 이번 장에서 우리는 아래에 제시된 문제에 대한 정책대안을 제시하면서 우리의 기초연구시스템에 대한 새로운 도전을 기술하고자 한다.

- 기초연구를 위해 재원이 분배되는 방법에 대한 문제
- 미래 기초연구를 위해 필요한 재원을 확보하는 문제
- 우수한 과학자를 기초연구시스템에 유지시키는 과제
- 대학과 시장간의 상호작용으로 인해 발생하는 잠재적 갈등과 문제
- 점증하는 전세계적 차원의 국제협력활동과 연구사업에 있어 미국 기초연구가 직면한 도전

## 기초연구 자원 분배시스템의 향상

적당한 수준의 기초연구 재원을 확보하는 것에 추가하여 정책입안자는 효과적인 분배시스템을 통하여 이들 재원의 잠재력을 극대화하기 위한 방안을 추진해야 하는데 현재의 기초연구 분배시스템은 소비적이고 비효율적인 측면이 있다. 현재 분배시스템의 결점은 두 가지 면에서 제기되는데, 첫 번째는 연구비 지원기관으로부터 연구자에게로 연구비가 분배되는데 있어서 그것이 동료평가(전문가평가)에 기초하여 경쟁적인 시스템을 거쳐서 지급되었는지, 그리고 그 연구비가 연구자의 소속기관 보다는 개별 연구자에게 지급되었는지와 둘째는 의회에서 연구지원기관으로의 기금을 배분하는 과정에서 제기된다.

## 연구비 지원에 있어 연구의 질(Quality)을 확증하는 메커니즘

기초연구가 어떤 생산과정과 같다면 효과적인 자원분배는 상대적으로 직접적인 문제가 될 것이다. 자원은 산출에 대한 측정을 통하여 계산된 것처럼 최고의 생산성을 나타내는 노력으로 모아질 것이다. 그러나 제 2장에서 기술된 것처럼, 일반적으로 기초연구의 결과와 생산성을 측정하는 것은 개인적인 기초연구 과제를 제외하고는 지극히 어려운 문제이다.

지난 몇 년간에 걸쳐 정부기관은 각종 법령에 따라 정부지원 과제에 대한 결과 및 생산성을 측정하려고 시도해왔다. 가장 최근의 시도는 의회에 의해 추진된 GPRA 법이다. GPRA는 점증하는 세금에 대한 공적 책임성을 나타내는 수단으로 모든 정부기관이 추진하는 프로그램의 영향을 측정하고 평가하는 성과계획을 제출토록 하고 있다. 정부의 책임성을 증가시키는 노력은 칭찬할 만하며 정부지원 기초연구도 예외가 되어서는 아니된다. 그럼에도 불구하고 GPRA는 평가측정을 위해 하나의 잣대로 모든 기준을 삼아서는 안된다. 그러한 접근은 기초연구 프로그램에는 작동되지 않고 최악의 상황에는 양적인 수행기준의 강요는 프로젝트 수행을 단기화하고 연구범위를 연구결과가 예측될 수 있는 분야로만 제한함으로써 기초연구 기반을 무너지게 할 것이다.

기초연구 결과를 측정하는 것은 기업체에는 별다른 문제가 되지 않는다. IBM의 사례는 이러한 회사들의 노력 즉, 자체 연구 결과를 수량화하는 노력, 예를 들어 출원된 특허의 수, IBM연구자들이 외부에서 수상한 상의 수 그리고 그해에 주요 연구결과에 대한 자체 평가 등을 나타내고 있다.

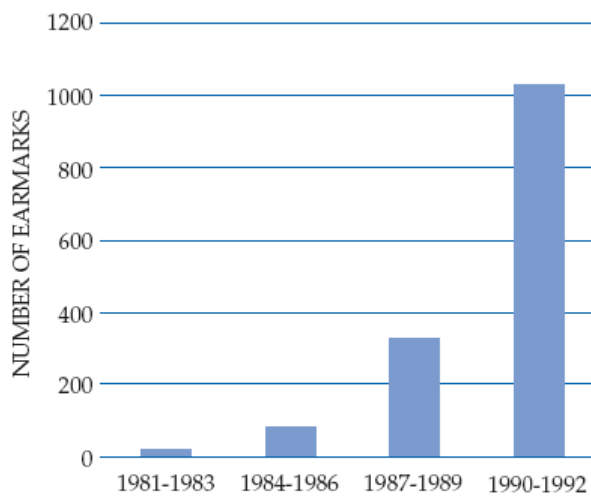
의미있고 실제적인 성과측정의 부재로 우리는 효과적으로 자원을 분배하는 다른 수단에 의존해야하는데 우리가 믿기에 가장 좋은 대안은 동료평가(전문가평가)에 의한 경쟁시스템이다.

개별연구자들에 대해 동료평가에 의한 연구비 지원은 프로젝트의 질을 확증한다. 몇몇 비판자들은 동료평가는 연구비 수여에 있어 현상유지를 선호하기 때문에 "old boy" Network을 조장한다고 비판한다. 그러나 우리는 어떤 더 나은 메커니즘을 알지 못한다.

연구비를 가장 비효율적으로 사용하게 하는 것은 의회가 용도를 지정하는 것이다 (Congressional earmarking). 이들 활동에 대한 최근 연구조사는 최근에 이러한 형태의 학술연구가 눈에 띄게 증가하였다는 것이다.

그림 9는 1981에서 1992년 동안 지정연구 수의 증가를 보여주고 있다. 지난 10여년에 걸쳐, 지정학술연구는 수천만 달러에서 수억달러로 증가하였다. 그러한 지정연구는 빈번하게 좁은 이익이나 혹은 지역경제발전과 같은 지역인들 에게만 호의적인 것일 수 있다. 연구의 타당성을 결정하기 위해 타 과제들과 경쟁하면서 동료평가과정을 생략하는 지정연구는 특정집단의 환심을 얻기위한 일종의 pork-barrel 형태이다. 그러한 형태는 정부 연구비로 지원되는 기초연구사업에서는 인정되지 않아야 한다.

그림 9. 지정 학술과제 수의 성장률



SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1993*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1993), p.139.

물론, 개별연구자들에게 동료평가된 연구비 지원을 통한 자원 배분이 기초연구사업의 모든 필요를 충족시키지는 않는다. 예를 들어, 이른바 거대과학(Big Science)이라고 일컬어지는 대규모 프로젝트에 대해서는 공공투자를 할 필요성이 인정되어 왔다. 역사적으로 프린스턴 대학의 융합원자로(Fusion reactor), 역사적인 Voyager 위성 사업, 그리고 NSF의 심해 Drilling 프로젝트 같은 것들은 기초연구에 매우 중요한 것으로 판명되었으며 상대적으로 작은 개별 연구자의 연구비에 의해 추진될 수 없다. 이와 같이 그 연구 프로젝트의 본질과 규모가 개별연구자 연구비에 위한 연구가 비실용적일 경우에는 개별 연구자 보다는 기관에 대한 직접 지원이 적당하다.

불행하게도 대규모 조직과 지역경제 위기 때문에 거대과학(Big Science)을 위한 연구비 지원은 종종 정치적인 목적에 희생이 되기도 한다. 또한, 종종 이러한 거대과학(Big Science)은 예산삭감이나 프로젝트의 성격에 영향을 행사하려는 외부의 시도에 의해 위협받기도 한다. 이러한 거대과학(Big Science)과 기관연구비 지원에

서 필요한 투자가 전문가 그룹에 의해 결정된 과학적 연구성과에 기초하여 추진될 수 있도록, 그리고 국가목표와 우선순위에 입각하여 추진될 수 있도록 하는 것은 정책결정자들의 책임이다.

나아가, 기관연구비를 통하여 거대과학(Big Science)을 위한 재원을 배분하는 것은 단순히 연구자들에게 그들의 작업을 하기 위한 작업도구를 제공함으로써 해서 특정분야의 연구를 가능하게 만드는데 필요한 연구기반에 투자하는 것을 의미한다는 것을 강조하는 것이 중요하다. 이들 도구에 대한 투자로부터 추진하는 과학연구사업은 개별연구자 프로젝트들이 하는 것과 같은 똑같은 경쟁과 전문가 평가를 거쳐 수행되어야 한다.

요약하면, 모든 정부기관 및 연구기관에 정부기초연구기금을 배분하는 기본 메카니즘은 동료평가를 거쳐서 결정된 과학적 탁월성과 개인 및 프로젝트 지원에 기초되어야 한다. 기초연구에 있어 특정금액을 정치적인 목적으로 할당하는 것은 부족한 재원을 비생산적으로 사용하는 것이며 중지되어야 한다. 거대과학(Big Science)에 대한 필요는 과학적 질(탁월성)을 희생하지 않고 충족되어질 수 있다. 그러나, 이러한 것은 정책 결정자들의 동기나 전문 과학자들의 투입에 상당히 의존한다.

## 모든 기초연구분야에 적당한 재원 확충

동료평가는 정부기관에서부터 개별 연구 프로젝트까지 연구비 재원을 배분함에 있어 연구의 질(탁월성)을 보증하기 위한 방향으로 진행하여 왔다. 그러나, 연구비 지원 흐름의 초기 즉, 의회로부터 정부기관으로의 기초연구기금의 배분시에는 연구의 질을 보증하는 어떠한 메카니즘도 없다. 기초연구에서 광범위한 우선 순위를 책정하는 것은 의회와 행정부의 정책결정자들의 영역이다. 그리고 이것은 정책토론의 결과이어야 한다. 과학자들은 그러한 토론이 충분한 정보를 바탕으로 토론된 것이라는 것을 입증하기 위해 활동하는 중요한 역할을 해야 한다. 그러나 궁극적으로 이들 결정들은 우리가 선출한 지도자들에 의해 만들어진다.

확실히, 특정목적에 위해 할당하는 금액의 상승이 예시하는 것처럼, 기초연구에 대한 공공 연구비 지원에 있어 우선순위가 설정되는 방법에 대해서는 향상되어야 할 여지가 있다. 의회는 세입세출예산 심의과정에서 기초연구의 질을 입증하기 위해 많은 방법으로 활동할 수 있다. 우리는 의회가 기초연구와 다양한 연구사업 사이에서 균형을 유지하고, 점차적으로 중요한 학제간 연구가 의회 예산심의자들과 행정부내에서 똑같이 훨씬 나은 취급을 받도록 해야 한다고 주장한다.

### 기초연구사업 목표의 균형

현재 보건 부문은 기초연구에 대한 정부지원의 다른 모든 부분을 압도하고 있다. 비록 우리는 그러한 목표가 대체적으로 사회의 필요성을 반영하면서 우선 순위화 되어야 하는데 동의하지만 우리는 또한 덜 인기있는 연구영역에 대한 무시는 매우 위험하고 어리석은 일이라고 생각한다. 보건 관련 연구는 컴퓨터 과학, 사회 행태과학, 수학 그리고 물리학의 발전으로부터 측량 할 수 없이 많은 혜택을 얻었다. 그러나 이들 분야는 정부지원 연구비의 대부분을 비보건 분야로부터 받는다. 특별히, 오랫동안 국방분야연구사업은 중요하고 어떤 경우에는 최고의 연구비 지원 분야였다. 그러나 냉전종식 이후 연구비 지원의 감소는 몇몇 기초연구 분야에서 부정적인 결과를 초래하였다.

보건과학이 명백하게 다른 분야의 발전에 따른 응용으로부터 혜택을 입어왔지만 다양한 비보건과학 분야의 연구는 마찬가지로 생의학 연구에 의해 촉진되어왔다. 덧붙여, 생명과학의 필요는 화학, 재료, 공학 및 정보기술과 같은 다른 분야에서 더 발전된 연구를 요구하게 되었다. 이러한 관찰은 기초연구와 연속적인 개발은 다양한 과학과 공학분야간 발생하는 상호과정이라는 개념을 뒷받침한다. 이 모든 분야는 점차적으로 증가하는 다양한 학제간 환경에서의 적당한 지원을 요구할 것이다.

각 기관의 임무는 많은 과학분야에 의존한다. 궁극적으로 어떤 개별 분야에서의 진보는 다른 분야가 취약하다면 지속되지 않을 것이다. **과학분야의 연구비 지원에 있어 적당한 균형을 성취하기 위해서는 예산배분자들이 특정한 과학분야에서의 연구비 지원에 대한 영향에 대해 밀접한 관심을 기울일 필요가 있다.** 몇몇 분야들에 대한 연구사업이 정부예산에서 낮은 우선순위가 되고(냉전종식후 국방분야같은) 혹은 의회가 기초연구와 관련된 주요 프로그램에서 구조개혁을 추진할 때는 과학분야에 대한 직접적이거나 간접적인 영향이 평가되어야 하고 이들 분야들은 기관 고유 목표와 기초연구의 필요와 일치된 방법으로 행해져야 한다. 종종, 이것은 기초연구지원을 여러 NSF 같은 기관에서는 좀더 우선순위를 갖도록 하는 반면 국방분야와 같은 분야에서는 우선순위를 낮추도록 하는 것을 의미한다.

### 목표의 다양성

NSF는 오랫동안 과학 및 공학 전분야에서 탁월성에 기초하여 연구비를 지원하면서 정부차원에서 독립적인 기관으로 동료평가에 의한 기초연구과제 지원의 모델이 되어왔다. 그럼에도 불구하고 지난 반세기동안 과학진보의 많은 부분이 국방성과 미국립보건원에 의한 기초연구비 지원에 의해 이루어져 왔다.

따라서, NSF의 기초분야에서의 노력을 선호하여 다른 연구지원기관의 목표에 기초한 기초연구지원을 포기하도록 하는 노력은 궁극적으로 기초연구를 위한 공공지원연구비를 감소하게 할 것이며 연구비지원에 대한 다양한 접근의 가치를 약화시키게 할 것이다. 기초연구에 대한 정부지원은 어떤 특정부문에서 중앙통제나 집중에 의한 노력에 집착하지 않고 다양한 기관에서 지원이 되어야 한다. 이 다양한 모델이 정치적으로 가장 가용하며 또한 예측할 수 없는 기초연구결과의 본질에도 가장 적합하다. 그러므로, 우리는 과학부(Department of Science)의 설립에 대한 요구나 혹은 NSF가 정부의 모든 기초연구지원을 포함해야 한다는 요구를 지지하지 않는다.

### *학제간 연구*

모든 정부기초연구지원사업은 오늘날 대부분의 기초연구에 필수적인 학제간 연구를 인정할 뿐 아니라 연구비 지원 결정에 있어서 그러한 접근을 격려하고 유도해야 한다. 부록의 사례 연구에 따르면 과학적 탐구에 대한 학제간 접근은 오늘날 많은 연구영역에서 필수적이며 기업과 대학사회에서 똑같이 성공적으로 적용된다는 것을 명백하게 보여준다

고유임무들간에 균형을 확증하는 것은 충분하지 않다. 점차적으로 연구비를 지원하는 목적들간에 그리고 학제간 수행해야만 하는 연구를 인정하는 것은 중요하다. 전통적인 과학분류 밖으로 분류되는 연구과제신청은 전통적으로 분야지향적인 연구비 지원구조와 편협한 동료평가에 의해 배척되어서는 않된다. 이것은 연구지원기관의 담당자나 의회의 예산 배분가들에게 적용되는 것처럼 똑같이 대학이나 평가자들에게도 적용 되어져야 하는 규율이다. 이들 경우에 탁월성을 평가하는 것은 훨씬 더 많은 노력을 요구한다. 그러나, 그러한 노력은 이루어져야 한다. 대학은 정부지원기관의 지침에서 독립된 대학수준의 사업추진을 통하여 협동연구를 촉진해야 한다. 하바드의 Mind/Brain/Behavior 프로그램은 그러한 사업추진의 예를 보여준다 (사례연구 참조).

## 미국 기초연구중심에 있는 연구중심대학

### *연구중심대학의 중심적 역할*

우리 경제개발위원회(CED)는 정부기초연구비를 가장 생산적으로 사용하는 방법은 국가의 연구중심대학을 통한 것이라고 믿는다. 첨단기초연구를 수행하는데 있어서 대학의 탁월한 연구성과는 개인 연구자의 중심역할과 연구비 지원에 있어 광범위한 경쟁원리를 고려하면 그리 놀랄 일이 아니다.

연구중심대학이 절대적인 미국의 기초연구사업 기관이 될 가치가 있는 또 다른 이유는 대학연구에 대한 정부지원은 대학원생들의 훈련을 지원함으로써 미래의 건전한 과학공학 발전을 기대할 수 있기 때문이다. 내일의 과학.공학자들이 오늘날 가장 첨단 연구에 직접 참여를 통하여 현재의 대학연구실에서 가장 가능한 훈련을 받는다. 이런 종류의 훈련에 관해서는 어떤 대안도 없다. 연구중심대학에 대한 지원감소는 미래의 기초연구사업 기반을 심각하게 약화시킬 것이다.

### *대학연구에 있어 정부연구비지원 행정의 문제와 해결*

비록 대학 기초연구에 대한 정부연구비 지원은 매우 성공적이지만 연구비 지원과정에서 개인연구자 및 대학과 관련하여 해결되어야 할 몇 가지 문제점이 있다.

많은 대학내 연구자들간 경쟁적인 연구비지원 구조는 개인연구자들에게 있어 매우 부담을 주고 있고 신진과학자들이 학술연구경력을 추구하는데 방해가 되어 왔다. 개인 연구자들에 있어 행정부담은 1) 단기간의 연구비지원<sup>3</sup>, 2) 연구비 신청에서 낮은 선정율, 3) 과제 신청과 연구비 수혜 시점간의 오랜 기간, 4) 개인 연구자들의 외부지원에 대한 과도한 의존 및 연구비의 부족 등이다. 이들 문제들을 줄이기 위해 우리는 연구비지원기관과 대학들이 연구비지원신청과정에서 자신들의 요구를 검토하고 행정부담을 경감시키는 쪽에 주목하여 지원시스템을 검토하도록 요구한다. 연구비지원기관은 탁월한 과학자들에게 장기적인 연구비 지원을 제공하고, 젊은 신진과학자에게 자신들의 연구경력을 촉진하도록 충분한 재원을 제공하고 연구비 수혜 기회를 잃어버린 기존연구자들이 장기적이고 생산적인 연구 노력을 포기하지 않도록 하는 방법을 탐구해야 한다.

Howard Hughes Medical Institute, Scripps Research Institute(제 3장 참고)와 같은 기관들은 이런 노력을 하는 연구비지원기관과 대학들에 대한 한 예를 제공한다. 특별히, 우리는 연구지원기관들이 기초연구비 지원기간을 연장하는 것을 고려하도록 요구한다. 연구비를 위한 계속적인 신청과 재신청의 과정은 대학연구에서 연구경력을 고려하는 신진과학도들에게는 매우 실망스런 효과를 갖고 있다. 장기적이고 안정적인 연구비 지원기간은 이러한 문제를 경감시킬 것이다.

많은 연구비지원 기관들은 연구비지원 과정에서 이미 행정적인 부담을 축소하는 과정을 시작했으며 일정부분 진전을 이루었다. 예를들어, 몇몇 지원기관은 전자지원 신청을 가능케 하였다. 그러나 대부분의 행정적인 부담은 정부연구비지원 과정에

---

<sup>3</sup> 이것은 연구프로젝트를 지속시키기 위해 연구비 신청을 반복적으로 준비하고 재제출을 요구한다

있어 비효율적인 간접비 시스템에 기인한다. 대학연구자들에 대한 정부연구비지원 은 직접경비, 대학에 의해 발생하는 간접비 시스템을 포함한다. 대학의 관점에서 보면 연구실(PLANT), 장비 그리고 개인연구비를 집행하고 대학내 연구사업을 지탱할 인력과 관련된 대규모 비용이 있다. 대학의 수업료 수입과 교육목적으로 받는 다른 기금은 엄격하게 그 목적에만 한정하게 되어있다. 간접비 지원이 없다면 대학은 기초연구사업을 수행할 필요한 수준의 재원이나 동기부여를 갖지 않을 것이다.

그러나 간접비에 대한 정부 보상제도를 설립함에 있어서 현재의 시스템은 대학과 정부간에 갈등관계를 초래하고 있다. 몇몇 전문가에 따르면 현재의 과정은 과도한 비용이 들고 시간소모적이며 효과적인 비용체계를 왜곡시킨다. 이러한 왜곡과 많은 불필요한 규제부담을 제거하기 위해서는 이들 전문가들은 연구비지원과 관련된 간접비율이 일정한 표준율이나 혹은 비슷한 부류의 대학들에게는 평균간접비율이 책정될 것을 제안하고 있다. 그러한 표준율은 각각의 부류내에서 몇몇 대학에서의 경비를 조사함으로써 해서 정기적인 기준에 따라 결정될 것이다. 그러한 과정은 상당부분 대학의 회계 및 감사비용을 감소시킬 것이다. 그것은 또한 정부의 영향력을 최소화시키는 일 일 것이다. 대학은 낮은 수준의 보상율을 요구하는 정부의 압력 때문에 처음부터 과도하게 많은 것을 요구하기도 한다. 실제로 대학들은 최근에 정부 연구비 지원기관들이 점차적으로 적당한 간접비를 지급하지 않으려고 함에 따라 대학들의 간접비 요구는 상향조정되었다고 강력하게 주장하여 왔다. 마지막으로 표준율은 대학에 간접비를 제거하려는 강력한 동기부여를 제공해주고 있는데 이는 대학들이 표준율 아래의 비용을 받음으로부터 이득을 얻을 수 있을 것이기 때문이다.

CED가 믿기는 간접비 보상율에 대한 표준은 원칙적으로 이익을 주고 있고 연구비 지원기관들과 대학들이 경험에 기초하여 그것을 탐구하도록 촉진하고 있다. 비슷한 대학들에 대한 결정은 여러 요소들간에 다양성을 설명해야 하는 어려운 작업이다. 일반적으로 간접비 보상에 대한 개혁은 명백하고 단순한 원칙에 의해 이루어져야 된다.

### *너무나 많은 연구중심대학?*

몇몇 관측자들은 오늘날 정부연구비지원을 요구하는 연구중심대학의 수에 관심을 갖고 있다(제3장 참고). 이러한 수가 증가할 수록 기초연구재원은 더욱 적게 분배 되고 또한 덜 효과적인 방법으로 사용될 것이다. 비록 우리는 연구비지원에 자격이 있는 연구중심대학의 숫자를 고정하거나 더욱이 연구비 지원 자격이 있는 특정대학의 리스트를 고정하는 것을 지지하지는 않지만 그러한 가능성은 인정하고 있다. 역사적인 경험에 비추어 보건대 누가 발견을 하고 어디에서 발견이 발생할 것인가를 예견하는 것은 매우 어려운 일이다. 나아가, 우리의 마음에 그러한 고정은 미국 대학연구시스템의 성공을 결정하여온 융통성과 경쟁의 원칙들을 침해하는 것이다.



경제개발위원회(CED)가 믿기는 동료평가의 현재 메카니즘을 강화하고 기관차원에서 보다는 프로젝트와 연구자 수준으로 연구비를 배분함으로써 적당한 수의 연구중심대학이 가장 잘 결정될 것이다. 과학적 탁월성에 기초한 연구비 지원에 대한 경쟁은 궁극적으로 대학들간에 알곡과 쭉정이를 분리할 것이다. 능력있는 연구자를 유치하지 못하는 대학들은 정부연구비 지원을 통한 연구프로그램을 지원받을 수 없을 것이다. 기관에 관계없이 연구자들에 대한 경쟁은 그 경쟁이 어디에 근거되었든지 탁월한 능력에 대한 접근을 확증해준다.

불행하게도 동료평가시스템 밖에서 연구비를 지원받는 대학연구는 이렇게 중요한 경쟁과정을 거치지 않는다. 특정과제나 분야에 대해 정치적으로 연구비를 할당하는 것은 대학을 지원하거나 혹은 어떤 다른 연구기관을 지원하는데 있어 적당한 연구비지원 메카니즘이 아니다. 이렇게 정치적으로 지정되어 지원된 대학연구는 동료평가의 표준을 충족시키지 않을 것이며 정치적 수단에 의해 지정된 연구중심대학 수의 증가는 우리의 기초연구사업의 질을 저하시킬 것이다.

마지막으로, 비록 우리는 연구중심대학의 수를 제한하며 하향식(Top-Down)식 접근을 지지하지는 않지만 우리는 또한 미국에 있는 모든 대학이 정부연구비 지원을 추구하는 권한과 의무를 느껴야 한다고 믿지는 않는다. 연구비에 대한 경쟁은 기초연구사업을 위해서는 건전하다. 이러한 경쟁을 하는 것이 개별대학에 있어 항상 최고의 유익을 주는 것만은 아니다. 특별히, 학교는 그 운영과정에서 그들의 교육 목적을 무시하지 않아야 한다. 많은 기관들에게 있어 연구기능의 추구는 기초연구사업에 뿐 아니라 우리 경제사회에 필수적인 대학생들에 대한 교육을 대가로 찾아온다.

#### *미약한 연구중심대학에 대한 대안*

비록 경제개발위원회(CED)는 다양한 기관과 다양한 연구영역을 통하여 기초연구비를 지원하는 것을 지지하지만 우리는 몇몇 연구비 지원기관들이 기초연구를 지원하면서 이루었던 성공의 정도에 문제를 제기한다. 우리가 믿기는 연구지원기관들이 탁월성에 기초한 경쟁적인 연구비 배분 시스템을 제거하면 할수록 그 기관들이 지원하는 과학적 성과는 더욱 빈약해질 것이다. 농업부에 의해 지원되는 연구의 질은 이러한 이유로 인해서 통증을 앓고 있다. 실제로 농업부 연구비의 단지 5.4%만이 국가적인 경쟁시스템을 통하여 연구비가 지원된다. 농업관련 연구에 있어서 공공투자자에 대한 연구성과를 미래에 향상시키려 한다면 이러한 비율은 실제적으로 증가되어야 한다.

에너지부의 국가지정연구실은 부분적으로는 탁월성을 결정하는데 있어서 부적절한 메카니즘 때문에 그리고 또한 에너지부의 변화하는 기관임무 때문에 불확실한 미래에 직면해 있다. 냉전종식을 국가지정연구실의 임무의 정당성이 끝난 것으로 고려 하는 것은 실수일 것이다. 이들 연구소에서 수행하는 연구중에는 아직도 매우 강력한 국방 및 에너지 연구 목표가 남아있다. 그러나 행정부와 의회의 압력에 의해 많은 국가지정연구실들이 자신들의 연구비 반 이상을 상업적인 상품개발에 힘을 쏟으며 민군겸용기술을 추구하고 있다. 비록 국가지정연구실과 산업체와의 협력관계가 기술개발과 상업화에서 특정산업의 산업경쟁력 향상에 봉사하기도 하지만 그들이 항상 국가와 세금납세자의 이익에 봉사하지는 않는다. 이번 장에서 우리가 주장하는 것처럼 국가경쟁력 향상을 목적으로 민간기술을 지원하는 것은 정당화될 수 없는 정부의 임무이며 그것이 기초연구에 대한 정부의 투자를 대치하도록 허락되어서는 **않된다**. 나아가, 제 3장에서 기술된 인텔사의 예는 그러한 협력관계는 회사들 사이에서 특정회사 봐주기 및 외국 회사들에 대한 정부의 간접적인 연구비 지원 등에 관한 문제를 제기시키면서 임무에 대한 정당성이 약화될 때 발생된다는 사실을 나타내고 있다.

동시에 국가지정연구실은 계속적으로 국가 기초연구사업의 무한한 잠재적인 재원을 대표한다. 특히 대규모의 과학적인 탐구가 요구되는 분야에서, 우리는 **의회와 행정부가 그 연구실들의 임무에 대해 명확한 결정을 만들고 임무와 기능이 재조정되도록 평가할 것을 요구한다**.

Galvin 위원회의 정책제안은 이러한 작업의 출발점으로 봉사해야 한다. 연구실 자신들은 훌륭한 연구자들이 모집되고 연구실의 임무가 성취될 수 있도록 하는 조치를 취하는데 자유로울 수 있도록 해야 한다. 특별히, 대규모 과학연구를 포함하여 국가지정연구실에서 수행하는 연구의 많은 부분이, 우리 기초연구사업의 가장 훌륭한 면을 특징짓는 경쟁적이고 탁월성에 기초한 동료평가 시스템으로 수행되어져야 한다.

과학적인 탁월성과 임무 정당성을 넘어서 이들 국가지정연구실의 비용효과는 다른 기초연구기관에서 수행하는 유사한 연구보다 많은 비용이 들어서는 **않된다**. 결론적으로 국가지정연구실에서 수행되는 연구프로젝트는 에너지부와 의회에서부터 시작되는 다단계의 세세한 관리로부터 자유로워야 한다.

요약하면, 국가지정연구실이 기초연구에서 계속적으로 생산적인 역할을 계속하려면 그 역할은 강력한 임무, 외부로부터 전문가평가에 의한 과학적 탁월성에 대한 결정, 그리고 효과적인 관리 및 통찰력 있는 구조에 기초하여 정당화 되어야 한다.

## 미래 기초연구를 수행할 능력을 보존함.

기초연구를 수행할 미래 능력은 오늘날 장기적인 계획을 요구한다. 불행하게도 오늘날 기초연구사업에 대한 두 가지 위협은 정치지도자 및 정책 결정자 들로부터 별 다른 관심을 받지 못한다는 것이다.

하나는 기초연구에 대한 재원이다. 오늘날 잉여 예산에 대한 장미빛 시나리오를 갖고 정부예산 환경은 과학계에 결정적으로 낙관적인 태도를 창출하였다. 이러한 환경에서 기초연구비 지원에 대한 위협을 이야기 한다는 것은 아주 어리석지 않다면 매우 이상한일로 여겨질 것이다. 그러나 다음 몇 년간 혹은 향후 몇 십년의 기초연구에 대한 안정적이고 적당한 지원은 보장되어 있지 않다.

오늘날 장기적인 계획을 요구하는 두 번째 영역은 기초연구를 수행하는 인력을 지속적으로 유지하는 일에 있다. 기초연구를 위한 교육과 고용 라인을 유지하는 것은 또한 모든 학생들과 사회의 과학기술 능력을 제기하는 것을 의미한다. 이러한 노력은 우리 시민들이 점차적으로 복잡해지고 지식화된 직장에서 좀더 잘 새로운 지식 순환과정을 탐구할 수 있게 하고 또한 기초연구에 대한 중요성이 사회진보와 연계되지 않는 사회에 의해 잃어 버리지 않도록 해야 한다는 점에서 중요하다.

## 기초연구를 위한 적당한 재원을 확보함.

이번 장에서는 우리가 기초연구재원을 좀더 생산적으로 사용할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 그러나 이들 제안중 어느것도 공공부문으로 부터가 아닌 부문에서 연구비를 지원해야 하는 것으로 여겨지지 않아야 한다. 제 2장에서 기술된 것처럼 기초연구에 대한 투자로부터 얻어지는 이득은 금세기 만으로도 엄청나다. 이런 수준의 이득을 얻기 위해서는 기초연구에 대한 적당하고 지속적인 연구비지원이 계속적으로 국가적인 우선순위가 되어야 한다.

이러한 마음을 갖고, 우리는 미래의 기초연구에 대한 재원수준을 감소시키려는 경향에 대해 깊은 우려를 표한다. 행정부와 의회 모두 향후 몇 년에 걸쳐 실질적으로 기초연구비 지원을 증가하려는 의도라고 말을 하고 있다. 그러나 이들 증가들이 어떻게 구체화 될 것이며 그들이 지속될 것인가가 문제로 남는다. 경제회복과 담배 법안으로부터 얻어진 행운은 확실히 기초연구비지원에 환영할 만한 것이다. 그러나 이러한 것들이 미래의 연구비 지원에 대한 위협이 되는 정치적이고 예산적인 불균형을 제거하지는 않는다.

## 기초연구에 대한 민간부문의 역할을 인정함.

기초연구에 있어 더욱 더 작은 정부의 역할을 지지하는 옹호자들은 이리 분야에 서 정부의 노력은 더 이상 필요하지 않다는 증거로써 점차적으로 증가하는 민간부 문의 개발연구비를 지적한다. 산업체가 더욱더 그리할수록 그러한 주장은 더욱더 강력해지며 정부는 더욱더 기초연구 지원에 관한 일을 할 수 가 없다. 그러나 전체 연구개발비에서의 민간의 소비는 기초연구비에 대한 소비와 혼동되지 않아야 하며 또한 산업체의 기초연구는 정부지원 기초연구와 혼동되지 않아야 된다. 제 3장과 Pfizer 사례가 지적하는 것처럼 비록 연구개발혁신망은 기초와 응용연구 사이에서 복잡한 상호관계를 갖고 있지만 기초연구와 전반적인 연구개발에서 민간역할과 정부역할은 뚜렷이 구별된다(Box 2).

요약하면 산업체는 계속적으로 기초연구의 중요한 영역을 지원하고 연구를 수행할 것이다. 그러나, 이러한 산업체의 역할이 기초연구를 지원하는데 있어서 정부의 더욱 더 큰 역할을 대신하는 것으로 간주되어서는 않된다. 몇몇 정치지도자들과 일반적인 대중들에게 만연되어 있는 이러한 경향과 그릇된 인식을 보면서 우리는 경제계가 정치지도자들과 미국의 대중들이 기초연구에 대한 정부의 지속적인 지원에 대한 중요 성을 이해할 수 있도록 대화를 시작하도록 요구한다.

## 다양한 요구 가운데 기초연구 선택

### *법령에 의한 고정예산(entitlement)의 위협에 직면*

단기적인 연구비지원 증가를 위한 강력한 정치적 지원에도 불구하고 기초연구에 대한 지원은 노인 인구에 대한 예산비용 때문에 향후 몇 년에 걸쳐 확실히 보장되어 있지는 않다. 정부예산 중 가변적으로 변동시킬 수 있는 예산은 사회보장이나 의료□보건 사업 혹은 빈민구제와 같이 법령에 의해 시행토록 되어 있는 복지 프로그램의 급격한 확장에 의해 점점 축소되어 가고 있으며 기초연구는 이러한 축소되어 가고 있는 가변적인 예산을 두고 예산확보를 위해 상호 경쟁하는 정부사업중의 하나이다. 경제활성화로부터 얻어지는 상당한 세수증대는 예산에 있어서 이러한 구조적인 취약성을 보완하지는 못한다. 우리가 이런 문제를 다루기 위해 오랫동안 기다리면 기다릴수록 이 문제는 더욱더 악화될 것이다. 실제로 이러한 고정예산(entitlement spending)이 베이비 붐 세대가 은퇴하기전에 통제가 되지 않는다면 우리는 궁극적으로 기초연구예산에 대한 심각한 삭감에 직면할 것이다. 경제개발위원회(CED)가 최근 몇 년에 걸쳐 빈번하게 주장해 왔던 것처럼 우리의 정치지도력

은 사회복지 예산에 대한 점증하는 예산부담 문제를 해결해야 한다. 그렇지 않으면 정부예산은 기초연구에 대한 투자를 포함한 정부의 가장 중요한 활동을 위한 여지가 없어질 것이다.

### *민간기술에 대한 정부 연구비 지원*

기초연구가 정부예산에서 직면하고 있는 문제중의 하나는 응용 및 개발연구에 대한 연구비 지원인데 그러한 연구중의 많은 부분은 국가 방위를 위한 무기시스템기술개발과 같이 다양한 기관고유임무에서의 목표를 달성하기 위한 것들이다. 최근에 추진하고 있는 중요사업은 응용연구와 민간기술 개발에 대한 특정한 영역에서 정부 연구비를 증가함으로써 해서 미국산업의 국제경쟁력을 향상시키는 것이다. 상무부의 The Advanced Technology Program은 이러한 추진사업의 산물이다.

경제개발위원회(CED)는 국가경쟁력 프로그램이 기초연구가 받는 정부지원과 똑같이 강력한 요구를 받아야 한다 라고 믿지 않는다. 제 2장에서 우리는 기초연구에 대한 정부지원의 강력한 사례를 표현했다. 종종 국가 경쟁프로그램의 지지자들이 그들 자신들의 사례를 만들기 위해 기초연구사업에서와 같은 동일한 언어 즉, 전략적 주요분야에 대한 정부의 연구비 지원은 민간부문에서 불충분한 수준의 연구비 지원을 보완하기 위해 필요하다는 주장을 사용하지만 우리는 그러한 사례가 확산과는 거리가 멀다는 것을 발견한다. 정말로 이런 종류의 프로그램에 대한 정부의 지원은 공공 연구비 지원 가치가 없는 연구를 지원하는 것에 지나지 않으며 선택받은 몇몇 산업체에 납세자 세금을 지원하는 것에 지나지 않는다.

극소수의 예외를 제외하고 정부는 우리가 민간부문이라고 생각하는 기술개발 및 상품화에 직접적으로 연구비를 지원하지 않아야 한다고 생각한다. 그러한 몇 가지 예외는 연구비 지원이 국방부문에서 보는 것처럼 명백히 국가에서 획득해야 할 부문과 국가적으로는 필요하지만 시장의 관점에서 보면 명백히 실패(Market Failure)인 경우에 적용된다.

마지막으로 경제개발위원회(CED)는 산업체에서 발생하는 기초연구활동에 민감해서 이중적인 사업추진을 피해야 한다. 정부의 연구비 중복은 연구사업이 특정질병에 목표되었을 때 처럼 과도하게 포장되었거나 과제에 대한 동료평가 과정을 거치지 않았을 때 발생하기 쉽다.

## 교육과 고용관계 유지

기초연구비 지원에 더하여, 장기적인 기초연구 능력에 대한 두 번째 위협은 새로운 지식을 탐구하는데 있어 숙련된 노동력인 미래의 과학자들과 기초과학의 중요성을 인정하고 기초과학의 진보를 지원하는 기초과학에 대한 충분한 이해를 가진 시민들 사이에서의 연결통로를 유지하는 우리의 능력이다.

미국은 어느 순간에라도 과학자와 공학자가 고갈되는 위협에는 있지 않을 것이다. 결국 그들은 국가 노동력의 일부분만 구성한다. 132백만명의 미국노동력 중에서 단지 542,000명만이 박사급 과학자와 공학자들이다. 그러나 고도로 숙련된 기초연구 노동력에 대한 필요성과 K-12 수학/과학교육 및 대학수준에서의 과학에 대한 흥미 사이에는 점증하는 상당한 불일치가 있다. 나아가 대학에서 기초연구고용에 대한 바람은 대학기술이전사무국의 요구뿐 아니라 정부연구비를 신청하고 조건을 상치시키는데 소요되는 상당한 양의 시간 때문에 점차적으로 파괴되어가고 있다. 이러한 현상은 점차적으로 기초연구사업에 투신하려는 미국학생들의 기반을 몰락시킬 것이다.

이들 경향은 또한 여성들과 소수민족을 기초연구영역으로 이끄려는 현재 진행중인 도전을 악화시키고 있다. 과학공학 분야에서 이들 그룹에 대한 심각하게 낮은 대표성은 기초연구사업에 지대한 영향을 끼치는데 부분적으로는 전문가평가과정 몇몇 연구자와 연구과제에 대하여 편향적이게 하는데 기여하기도 한다. **대학과 관계기관 그리고 과학관련 단체에 의해 좀더 다양한 연구사업이 우선순위로써 자리매김 되어지고 있다. 우리는 이러한 목표를 지지하고 이들 기관들이 그러한 목표실현을 서두르도록 요구한다.**

마지막으로 우리는 또한 과학적 발견으로부터 점차적으로 고립되어지는 사회에 깊은 관심을 갖고 있다. 상당한 정도까지 이러한 고립은 과학 자체에 의해 추진된다. 잘 교육받은 시민은 모든 지식영역에서 대강의 지식을 갖는다고 기대할 수 있었던 시대는 오래전에 이미 가버렸다. 그러나 특별히 우리가 관심을 갖는 고립은 과학적인 방법과 원칙에 대한 이해와 수용의 부족을 포함한다. 그것은 또한 기본적으로 대중의 지원에 의존하는 사업인 기초연구에 대한 공공지원을 약화시킨다. 만약 사회가 과학에 대하여 열정적이지 않고 단순히 무관심하다면 의회내에서 연구지원에 대한 건은 훨씬 더 어려울 것이다.

이 모든 관심에 기초하여 우리는 미래 과학자를 위하고 궁극적으로 그들을 지원하는 대중을 위해, 과학교육과 고용관계 그리고 일반적인 과학교육을 강화하는 다음과 같은 제안을 하고자 한다.

## K-12 수준의 수학 및 과학교육 향상

교육향상에 대한 일련의 정책보고서에서 경제개발위원회(CED) 위원들은 학업성취, 특히 과학 및 수학에서의 성과를 향상시키기 위해 광범위한 전략연구를 수행해왔다. 이러한 작업은 몇몇 독립된 분야에서 종합적이고 조정적인 변화를 요구한다.

- 국가의 수학 및 과학 성과표준을 설정하고 이들 기준에 따라 성과수준을 측정
- 교육훈련과 인센티브를 통하여 교사들의 지식과 기술을 증진시킴
- 교실에서의 기술사용 확대나 실험실의 공간과 같은 연구기반에 대한 투자확대를 포함하면서도 또한 이 부분에만 한정되지 않는 교과과정과 교육방법에 대한 개선

우리는 모든 핵심과목, 특히 수학과 과학에서 국가적 차원의 높은 성취목표를 강력히 지지한다. 그러나 이들 핵심과목에서 국가적 표준을 획득하는데 내재적인 어려움이 있기 때문에, 우리는 교사들과 행정가들이 적극적으로 그리고 계속적으로 새로운 지식과 효과적이고 혁신적인 수업형태에 대한 연구와 정보를 추구하고 학생들의 학업성과 표준을 향상시키는 방향으로 그들 학교의 목표를 재정립하도록 요구한다.

향상된 학습은 향상된 지도가 없이는 발생할 수 없다. 그러므로 우리 학교들은 계속적으로 더욱 질 높은 수학 및 과학 교사들을 유치하고 지원할 필요가 있다. 특별히, 중.고등학교 수준에서 이 목적을 달성하기 위한 전략은 다음과 같다.

- 교사들이 대학에서 교육받는 방법을 향상시킴. 이것은 교사들이 기술사용과 프로젝트에 기초한 학습을 교과과정으로 통합하는 방법을 요구하며 또한 중.고등학교에서 가르치기로 계획한 교사들에 대해 수학과 과학 전공을 요구한다.
- 중.고등학교 과학 및 수학 교사들이 그들의 과목에서 요구하는 인증표준을 높이는 것과 초등학교 교사들이 이들 과목에서 실제적인 과목이수를 하도록 하는 것을 요구한다.
- 우수한 과학, 수학 교사를 모집하기 위하여 서로 다른 임금지불과 같은 인센티브제를 고용한다.
- 산업계의 경험있는 과학자 및 수학자들이, 교사임용전의 불필요한 시간을 소모함 없이 교직을 시작할 수 있도록 허락하는 대안적인 형태를 발전시킨다.
- 교사들에게 산업현장의 수학, 과학 및 기술을 소개하는 하계인턴십을 지도할 수 있는 과학.공학자들을 산업계나 관련 조직들이 고용하도록 격려한다. 이들 조직들은 또한 그들 조직의 과학.공학자들이 교사와 학생들이 기술 및 과학관련 분야의 지식변화를 따라 잡을 수 있도록 내부교육과정 및 평생(졸업후)교육과정에 가능할 수 있도록 기회를 제공해야 한다.(참고 Box. 4)

## 전문 연구기관과 학교간 협약을 체결

워싱턴의 카네기 기관과 뉴욕 과학아카데미는 미국의 K-12 수학 및 과학교육의 결점을 제시하는데 있어 매우 활동적이다. 그들의 전략은 수학과 과학교육은 의미가 있어야 하고 그 교육은 학생들의 흥미를 유발시키기에 충분해야 한다는 것이다.

Dr. Maxine Singer의 리더쉽 아래 카네기 기관은 5년 시한의 카네기 과학교육원을 출범시켰다. 지금 4년차에 동 교육원은 콜롬비아구(the District of Columbia)의 교사들(현재까지 350명)에게 기초적인 과학 및 수학 개념에 대해 집중훈련을 제공하였다. 동 교육원은 교사들에게 재교육을 시도하고 있다. 일반적으로 교사들의 전형적인 훈련과정에는 과학 및 수학에서 충분한 기반을 쌓을 수 있도록 제공하지 못하고 있다.

동 교육원은 교사들의 지식을 실제로 증가시키는 것이 매우 중요하다고 인식한다. 동 교육원의 여름학교는 반복적인 답변과 암기보다는 과학적 실험과 질문에 기초한 교육법을 강조한다. 이 여름학교에 참가하는 교사들은 후에 그들이 학생들에게 전수할 같은 실험과 학습에 종사한다.

뉴욕 과학아카데미는 뉴욕시내 학교학생들을 위해 여름 인턴쉽 프로그램을 운영한다. 그 프로그램은 학생들이 대학교, 정부, 산업체의 연구소에서 전문과학자들과 함께 일하도록 한다. 인턴쉽의 요소를 정의하는 것은 교육자와 학생간의 관계인데 이러한 관계를 통하여 학생들은 과학자의 눈을 통하여 과학연구세계에 대한 접근을 한다. 학생들은 또한 강연과 워크샵 그리고 토론키룹에 참여하는데 이 모든 것은 학생들에게 연구실 경험으로부터 추출된 지식을 흡수하도록 돕는다. 인턴쉽 프로그램은 연구보고서로 끝을 맺는다.

이들 두 사업은 과학교육에 환영할만한 기여를 하였다. 또한 이 두 프로그램은 연구계와 지역내 학교 시스템간의 연계를 발전시키는데 있어서 조직적인 중개자의 중요성을 나타내고 있다. 교사들이나 혹은 학생들을 돕는 개별 과학자들의 1대 1 노력은 칭찬할 만 하다. 그러나 이러한 노력이 결실을 맺기 위해서는 중개역할을 하는 조직의 활동이 필요하다. 우리는 이러한 노력에 가장 적합한 후보자는 공공 임무와 상당한 융통성과 자율성을 갖고 있는 카네기 기관과 뉴욕의 과학 아카데미 같은 기관이라고 생각한다. 물론, 모든 도시가 과학증진에 초점을 맞춘 연구지원재단을 갖고 있지는 않다. 바로 이것이 우리가 대학이 이러한 역할을 하도록 요구하는 이유이다.



마지막으로, 학생들이 과학과 수학을 배우는데 있어서 적극적이어야 한다는 것은 중요하다. 컴퓨터와 인터넷을 포함하여 현재 유용한 상호학습기술과 더불어 향상된 교육방법은 효과적으로 학생들의 학습성과에 동기부여 할 수 있고 학습향상을 촉진시킬 수 있다. 이와 관련하여 시설기반구축 향상을 위한 실제적인 투자는 또한 매우 중요하다. 많은 학교들이 과학교육을 지원할 어떠한 실험장비도 갖고 있지 않다.

학생들이 학습에 적극적으로 참여하고 과학관련 직업에 흥미를 갖기 위해 그들은 연구계와 상호접촉할 기회를 가져야 한다. 산업계와 대학 그리고 학교는 서로 협력하여 더욱 많은 전문 과학자들이 자발적으로 교실수업과 실험실습, 현장방문등에 참여할 수 있도록 해야한다. 이들 지원자들은 학습지도력을 향상시키고, 학생들에게 수학 및 과학교육이 미래의 직업에 미치는 유익을 알려주고, 오늘날 수학 및 과학의 역할을 전달하도록 한다. 이와 같은 적극성은 교사와 학생들에게 교실을 넘어서 과감히 기초연구의 본질을 탐구할 기회를 제공하기도 한다(참고 Box 4). 고품질의 비디오와 영상물은 이러한 목적을 도울 수 있으며 또한, 개인간 상호작용을 허용하지 않을 수 있는 지역적, 시간적, 재원의 제약을 극복할 수 있다.

#### *대학원 교육의 향상*

아마도 대학원 수준의 과학교육은 기초연구의 교육통로중에서 가장 중요한 부분일 것이다. 16년간이나 걸린 과학교육은 대학졸업생이 대학원에서 그들의 과학교육을 완성하려고 결정하는가 그렇지 않은가에 따라 계속될 수도 있고 혹은 과학외에 다른 분야로 전환될 수도 있다. 기초과학분야에 자신들의 미래를 정하는 사람들에게 있어서 과학.공학자로서 그들의 영향은 상당부분 대학원교육에 달려있다.

우수한 과학교육은 기초연구에 대한 직접적인 경험과 과학적인 문제제기에 기반을 둔다. 대학원생들이 직접적인 연구프로젝트에 접근을 갖는 것은 필수적이다. 그래서, 대학원생들에 대한 교육은 그들의 연구프로그램을 고려함에 있어서, 특히 연구의 본질에 관한 고려를 함에 있어서, 대학과 교수진을 위한 최고의 기준이 되어야 한다.

정부는 연구중심대학에서 장학금과 교육훈련 연구비를 증가시킴으로써 해서 대학원생 교육을 우선순위에 두도록 도와줄 수 있다. 학생들에게 직접적으로 지원되는 연구비 대 간접적으로 연구프로젝트비를 위해 지원되는 연구비는 명백히 특정 연구프로젝트에 대한 요구보다는 학생들의 교육훈련에 우선순위를 놓는다.

대학원 교육과정에서 학위취득에 대한 오랜 시간은 또 다른 관심사이다. 비록 잘 이해되지 않는 부분이지만, 학위를 취득하는데 소요되는 시간의 정도는 그 분야의 복잡성을 반영하고 그러한 장기간의 시간은 좀더 지식적이고 생산적인 대학원생을 배출한다. 그러나 학위취득이 늦게되는 것이 학생대 교수비율, 교수들의 연구를 도와주는데 소비된 과도한 시간 혹은 안정적인 연구비를 확보하는데 있어서 어려움에 기인한다면 이는 바람직하지 않은 일이다. 우리는 연구중심대학이 학위취득시간을 빠르게 하고 대학원생들의 재정과 시간적인 부담을 감소시키려는 노력으로 솔직하고 자기비판적인 시각으로 대학원교육훈련 프로그램을 검토하도록 요구한다. 과학 및 공학교육에 관련된 정부기관들에 의한 대학원교육을 위한 많은 투자는 이러한 부담을 감소시키는 중요한 역할을 수행 할 수 있다.

대학교의 연구인력 고용은 기초연구의 핵심부분이며 앞으로도 계속 핵심적인 역할을 할 것이다. 박사학위 과학자 및 공학자 수의 증가는, 개별적인 선택이든 혹은 대학교에서의 대안의 부족 때문이든, 민간부분과 다른 비학술 분야에서 그 역할을 찾고 있다. 학교교육에서 민간부분 고용으로의 이전을 촉진하기 위하여, 대학원들은 대학교 밖에서 취업을 준비하는 학생들을 위한 더욱 다양한 교육프로그램을 제공해야 한다.

팀 및 학제간 작업은 핵심분야에 대한 훈련과 분리할 필요는 없다. 실제로, 화이자 제약회사, 하바드대의 사례들은 모두 다제간 그리고 다양한 기능을 포함하는 프로젝트 팀이 그것이 민간부문 이든 혹은 대학연구 분야이든 관계없이 많은 기초연구분야에서 점차적으로 성공을 위한 중요한 조건이 되고 있다는 것을 보여주고 있다. 동시에 대학의 연구행정가들은 현재의 분야중심의 연구비지원시스템에 비추어 보건대 학제간 혹은 팀에 의해 추진되는 연구를 위한 적당한 연구비 지원시스템이 있는지 문제를 제기하고 있다. 경제개발위원회(CED)는 연구비지원기관들이 연구프로젝트에서 좀더 많은 팀 연구와 학제간 연구를 지원하도록 주장한다.

경제개발위원회(CED)는 최근의 몇가지 보고서들이 여기서 토론되고 있는 대학원 교육훈련에 대한 의견을 개진하고 과학,공학분야에서 대학원 교육에 대한 개혁이 진행중인 사실에 주목한다. 미국립과학재단과 같은 기관들은 미국내 학계와 관련기관에서 만들어지는 추천사항에 반응하고 있다. 대학들 또한 과학,공학분야 대학원 교육의 개혁에 참여하고 있다.

## 대학에서의 신진과학도 고용

비록 기초연구인력 공급라인을 유지함에 있어서 민간부문의 고용은 중요한 역할이지만, 과학자·공학자들에 대한 대학에서의 고용은 연구지원사업의 건전한 육성에 매우 중요한 요소로 남아있다. 연구중심대학에서 전임연구인력 위치에서 떠나려는 경향, 연구수행시 박사후 연수자들에 대한 의존의 증가 및 임시고용은 기초연구사업에 바람직한 현상은 아니다. 이러한 현상들은 기초연구사업에 필요한 장기적이고 열정적인 훈련을 시작하는 오늘날의 대학 및 대학원생들에게 그릇된 신호를 보낸다. 신진연구자로 유도되는 박사후 연수과정에 대한 바람직하지 않은 이러한 이야기는 장래 과학·공학자가 될 인력들을 기초연구사업으로부터 이탈시키게 하기 쉽다. 신진연구자들을 임시고용으로부터 안정적인 고용으로 확정시키는 것은 모든 연구중심대학의 우선순위가 되어야 한다.

이번장에서 사전에 대학연구에 대한 행정부의 연구비지원 문제점을 토의한 것처럼, 대학에서의 연구인력고용은 대규모의 행정부담과 연구비 증가 부담을 동반한다. 연구중심대학과 대학을 지원하는 정부기관은 대학 연구인력의 근무환경을, 연구비를 증가시키는 데 소비되는 시간을 줄이면서, 좀더 안정적이고 좀더 생산적으로 만드는 방법을 탐구해야 한다.

## 상품시장과 관련된 대학연구의 원칙

미국내 연구중심대학은 이론적이고 실험적인 과학분야에서 탁월성을 유지하면서 항상 실용적인 문제에 관심을 집중하고 있다. 대학에서 산업체로의 지식과 새로운 기술이전은 미국에 대단한 경제적 이익을 주고 있다. 그러나 대학은 연구결과물에 대한 공개와 광범위한 정보전파로 정의되는 공적인 임무를 유지하면서도 기초연구의 경제적 가치를 증가시키려 추구할 때는 타당한 노선을 견지해야 한다. 이번 장 초기에서 지적된것처럼 이러한 균형있는 행동은 연구자들이 공공연구비를 획득하는데 직면하는 문제들에 의해 더욱 어렵게 된다. 경제개발위원회(CED)가 믿기는 대학, 산업체 그리고 정부는 기초연구에서의 관계를 추구할 때 다음 원칙들을 고수해야 한다.

1. 대학연구로부터 산업체 혁신 그리고 사회로의 유익에 대한 기본통로는 넓고 공개적인 연구저널, 컨퍼런스 그리고 대학원생 교육에 의한 지식전파를 통해서 이루어진다. 대학연구에서 파생되는 새로운 지식은 공개적으로, 계속적으로 전파되

어져야 한다. 미래 연구가 빈번하게 의존하는 새로운 연구결과물에 대한 출판은 특허준비 혹은 연구비지원기관과의 협약에 따르는 요구사항에 의해서 가능하면 단기간에 한해서만 연기되어야 한다.

2. 대학연구 발명에 대한 특허권 추구, 산학협력 활동 그리고 상업적 개발을 위한 지적재산권에 대한 인증 등은 새롭고도 중요한 연구를 촉발시킬 수 있고 산업체로 새로운 기술이전을 촉진시킬 수 있으며 궁극적으로는 사회에 커다란 유익을 제공할 수 있을 것이다. 그러므로 이러한 파트너십과 인증활동은 촉진 되어져야 한다.
3. 이러한 관계는 대학, 대학의 연구인력 그리고 관련 협력산업체들 사이에서 갈등을 야기시킬 수 있다. 대학은 기술이전 및 산업체와의 관계를 위한 정책과 절차를 계속적으로 개발하고 향상시킬 수 있도록 강력하게 지원되어야 하지만 또한 기초교육 및 연구에 대한 임무가 희석되거나 타협되어서는 안된다.
4. 대학들이 연구결과를 널리 유용하게 하도록 하는 필요성에 더하여, 이들 기관들은 또한 사회에 유익이 되도록 기술 협약 방안을 생각할 책임도 가진다. 일반적인 지도원리는 더욱 진보된 연구를 수행하는데 있어 대학기술이전시스템이 이를 방해하지 않도록 해야한다는 것이다. 일반적인 원칙으로써는 우수한 상품으로 변할 수 있는 연구진보는 남들이 관여할 수 없는 특허개발에 적당하다. 한편 많은 연구자들이 새로운 지식을 창조하기 위한 도구로 기여할 수 있는 기술은 상업적으로 합리적인 조건에 의해 많은 사람들이 이용할 수 있도록 해야 한다. 산업체는 이러한 구분을 인정하고 존중하여야 한다.
5. 미국 기초연구사업의 성공은 계속적으로 기초연구의 특허발명품의 사용에 의존한다. 일반적으로, 특허소지자의 권리가 그 소유주가 대학이든 산업체이든 더욱 진보된 기초연구를 제한하는 방법으로 강화하지 않도록 한다면 유익이 될 것이다. 특별히 기초연구 수행을 위한 도구에 대해 모든 관련자가 접근하는 것은 정부연구비 지원이 최초의 발견을 지원했던 경우에 있어 매우 중요하다. 연구도구가 또한 연구상품일 때 생명화학 연구분야에서 처럼 관련당사자들은 우선적으로 연구도구에 대한 광범위한 사용을 방해하지 않고, 둘째로 시장에서 상품의 사용을 허용해야 한다. 산업체와 대학은 새로운 기초연구활동을 위해 특허된 발명에 대해 최소한의 제한만을 할 수 있도록 해야한다.
6. 주요연구중심대학은 그들의 연구에 대한 공적인 책임을 존중하는 정책을 개발시켜왔다. 이들 정책은 대학의 활력소인 연구인력의 중점적인 목적, 가치 그리고

도덕성을 유지하는데 특별히 중요하다. 특별히, 산업체의 이익이 고용과 보상 그리고 승진에 대한 대학의 중요한 결정에 영향을 끼치지 않아야 한다. 미국에서 기초연구의 지속적인 강제는 기초연구자로서 자신의 에너지를 헌신하며 자신들의 능력과 연구기여에 의해서 평가되는 연구인력의 능력과 또한 신진과학도를 교육하는데 있어서의 그들의 성공여부에 달려있다. 상업적인 성공은 그다음의 문제이다.

7. 마지막으로, 대학연구에 대한 민간부문의 연구비지원과 특허사용료를 통해 지원된 연구들은 대학이나 정부기관에 의해 정부연구비지원에 대한 대용품으로 간주되지 않아야 한다. 사기업체의 목표와 목적은 공적인 목적과 다르며 대학연구의 성격을 한정하도록 허용되지 않아야 한다. 궁극적으로 대학에서 기초연구를 유지하는 유일한 길은 그것이 지난 반세기동안 특징지워진 것처럼 정부의 연구비 지원을 통한 연구지원인 것이다.

## 미국 기초연구에 있어 국제적인 도전과 기회

세계경제에서 기초연구에 대한 약속을 유지함.

많은 나라들이 연구투자를 증가하면서 전세계적으로 기초연구활동이 증가하고 있다. 동시에 기초연구로부터 발생된 새로운 지식은 정보기술의 급격한 발전에 힘입어 예전보다 훨씬 더 쉽게 전세계적으로 이동하고 있다. 또한 정보의 이동은 경제 세계화의 지속적인 진보에 의해 촉진되고 있다.

이러한 경향은 점차적으로 증가하는 국제경제에 있어 미국의 기초연구사업 활성화에 대한 몇 가지 문제를 제기한다. 실제로 몇몇 논자들은 미국 기초연구 결과들이 현재 자유롭고 빠르게 다른 국가로 혹은 미국내 외국 자회사들에게 이동하고 있기 때문에 미국 납세자들이 기초연구에 대한 세금을 지불하지 않아야 한다고 주장한다. 그들은 미국이 다른 국가들의 기초연구로부터 이득을 취하거나 혹은 외국이 미국의 새로운 지식에 접근하는 것을 제한하여야 한다고 주장한다. CED가 강력하게 밀기는 기초연구에 있어 미국의 신지식 발견에 대한 외국의 탈취에 대한 두려움으로부터 외국의 미국 연구결과에 대한 접근을 감소시키거나 제한하고자 하는 것은 잘못된 것이며 미국기초연구를 지원하는데 있어 미국정부가 수행하는 중심역할을 감소시킬 수도 있다.

우리도 다른 국가들이 미국의 기초연구로부터 이득을 취하고 있다는 것을 인정한다. 어떤 경우에 있어 미국 회사들은 혁신적인 기술을 상업화하는데 느려왔다. 그러나 이것은 미국의 기술개발에 대한 정확한 판단이 아니며 이는 또한 기초연구사업의 실패를 의미하는 것도 아니다.

미국의 기초연구로부터 외국이 이익을 얻는 것이 미국의 손실이지는 않다. 초기 기초연구를 수행하는 것은 미국을 지불없이 이익을 얻으려는 다른 국가(free-loaders)들 보다 더 빨리 연구결과로부터 이익을 취하도록 해준다. 미국이 기초연구에 대한 노력을 감소시킨다면 미국은 이러한 첫 번째 연구수행자(first-mover)로써의 이익을 놓치게 될 것이다. 또한, 새로운 지식에 대한 공개된 환경을 촉진함으로써 미국은 다른 나라의 기초연구결과를 나눌 수 있고 나아가 그들 국가들 보다 더 빨리 이들 연구결과물로부터 이익을 얻을 수 있다.

마지막으로 미국대학에서의 강력한 기초연구사업은 미국의 첨단산업을 굳건하게 유지하게 하며 외국 회사들을 미국 영토 안으로 유치하게 한다. 미국내 연구중심대학의 과학.공학자들은 무한한 국제적 전략 이익을 얻을 수 있다.

요약하면 전세계적으로 더욱더 많은 기초연구활동은 모든 국가들에게 커다란 이익을 주며 과학의 진보를 위한 무한한 기회를 제공할 것이다. 민족주의적 태도와 정책은 이러한 진보에 역기능적이며 전세계적인 기초연구사업에 어떠한 생산적인 효과도 미치지 않는다. 따라서 기초지식과 전세계적인 기초연구결과의 자유로운 흐름을 확장하는데 있어 미국이 주도권을 잡는 것은 상당히 중요한 일이다.

## 세계적인 지적소유권

경제개발위원회(CED)는 기초연구로부터 발생된 비소유적 지식에 대한 국제적 파급효과를 부정적인 것으로 인식하지는 않지만 미국이나 혹은 전세계적인 기술혁신에 대한 다른 나라에서의 취약한 지적소유권의 영향에 대해 깊은 관심을 갖고 있다. 미국 특허법은 본질적으로 소유적인 과학적 발견이나 기술혁신에 대한 회사의 권리를 보호하여 이 나라에서 혁신적인 활동을 촉진하는데 커다란 역할을 하고 있다. 점차적으로 많은 국가들이 연구투자를 증대하고 있는 전세계적인 환경에서 지적소유권에 대해 똑같은 규칙을 적용하는 것이 모든 국가들의 이익이다. 다른 국가에서 발생한 지적소유권을 해적질 하는 것은 궁극적으로 기초연구로부터 상업적인 개발을 하는 모든 수준의 혁신적인 활동을 해치게 된다.

## 국제협력 추구

몇몇 과학영역은 너무 많은 연구비와 위험이 있어 단일국가에 의해 단독적으로 수행될 수 없다. 그러나 그러한 연구의 궁극적인 효과 때문에 그러한 프로젝트는 연구비지원, 기관협력 그리고 과학자와 연구결과의 분배에 있어 국제협력을 추진할 가치가 있다. 그러한 프로젝트에 있어 국가간 불신은 오늘날 전세계 과학의 현실을 무시한다. 이미 상당한 양의 과학정보가 출판, 컨퍼런스 그리고 인터넷과 여러 형태의 정보기술을 통하여 전세계로 자유롭게 흘러가고 있다. 대규모 프로젝트를 협력함으로써 미국과 다른 나라는 국가수준에서 지탱할 수 없는 프로젝트의 세계화를 확장시킨다. 경제개발위원회(CED)가 믿기는 미국은 과학기술의 진보를 최적화하기 위해 거대과학에서의 국제협력을 추진해야 한다.

## 미국내 외국과학자 지원

점차적으로 증가하는 전세계 과학계에 있어서 외국과학자에 대한 미국의 교육훈련은 국제적인 연구협력에 있어 또하나의 환영할 만한 일이다. 미국 대학과 미국의 과학기술 프로그램에 있어 외국인의 참여는 미국 연구사업과 경제에 이익을 안겨준다. 외국학생들은 대학연구에 참여를 통하여 미국기초연구에 기여한다. 미국연구중심대학 시스템의 능력을 보건대 이들 외국학생들이 높은 잠재력을 갖고 있는 미국학생들의 성장에 장애물이 되거나 압도하고 있지는 않다. 많은 외국학생들이 전문적인 과학.공학자로 미국에 남아있기를 선택할 것이다.

외국학생들의 미국 기초연구에 대한 직접적인 참여는 외국 경제가 좀더 지식화되어 갈수록 미래에는 감소할 것이다. 이러한 경향에 미국이 어떻게 대처해야 하는가 하는 것은 미국의 기초연구사업의 미래에 매우 중요하다. 경제개발위원회(CED)는 미국이 외국학생들을 유치하는데 계속적으로 노력해야 할 것으로 믿는다. 미국의 이민정책은 영주권을 통하여 외국과학자들이 미국내에서 살고 일하는 것을 허용하도록 더욱 자유로워져야 한다. 또한 이민정책은 외국과학자가 연구협력에 있어 조연자 및 참여자로서 일시적으로 미국을 방문하는 것을 촉진해야 한다.

## 결론

우리는 뚜렷한 과학적 발견과 기술혁신의 와중에 있다. 이들 과학적 발견과정에 종사하는 사람들에게 그들이 자신들의 특정한 분야의 미래에 대해 무엇을 생각하는

가 그리고 그 대답이 오늘날 우리에게 이해할 수 없는 과학기술혁신에 대한 가설을 갖으면서 얼마나 긍정적인가를 물어보라. 이러한 낙관주의에 혁신적인 상품을 만들고 눈이 부실정도로 시장에 새로운 기술을 옮겨오는 현재의 경제호황의 영향을 더해라. 이러한 경향은 미래에 대해 거의 경계없는 열정적인 분위기를 창조한다.

이러한 환경에서 기초연구사업에 대해 조심스런 언급을 하는 것은 결코 쉽지 않은 작업이다. 확실히 우리는 저 수평선위의 재앙을 예견하지는 않는다. 미국은 금세기에서 이룬것처럼 앞으로도 기초연구투자를 통하여 많은 과급효과를 얻을 것이다.

그러나 오늘날 제기되는 문제들이 점검되지 않고 남겨진다면 미래의 연구사업에 잠재적인 위협이 될 것이다. 이러한 의미에서 이 보고서에서 우리가 제안하는 동료 평가를 통한 경쟁적인 시스템의 강조, 적당한 연구재원을 유지하는 것, 교육 및 고용 연결통로의 부족을 시정하는 것 등의 개혁들은 단순한 제안 이상이다. 이들 분야에서의 문제는 우리가 미국 기초연구로부터 기대하는 산출물의 양과 질을 부식할 잠재력을 갖고 있다.

이러한 질문들은 해답을 요구한다. 확실히, 국가지정연구실을 개혁하는 것이 정치적으로 어렵다면 K-12 교육 개혁은 더욱 어렵다. 정책입안자들과 시민대표자들을 위한 주요열쇠는 미래의 잠재력에 그들의 초점을 유지하는 것이다. 완전한 능력으로 작동하는 기초연구사업으로부터 얻어지는 과급효과는 무한하며 정치적인 의지부족 때문에 기초연구사업을 효과적으로 운영할 수 없기에는 기초연구사업의 효과가 너무 크다.





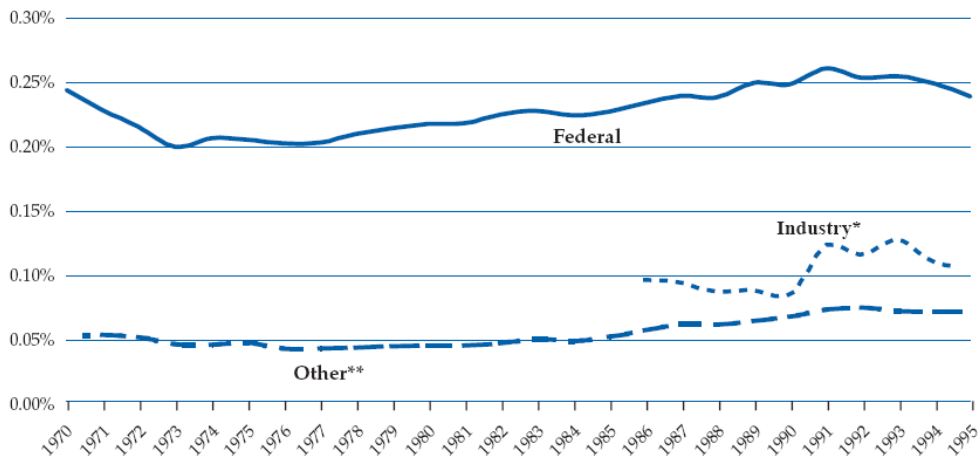
## 부록 1

# 기초연구자원 개요

미국은 2차 세계 대전이후 기초연구에 끊임없이 투자함으로써 성공적 성과를 거두었다. 연구활동에 쓰여진 달러와 과학자 수를 조사한 바에 따르면, 미국 총 연구개발(R&D)과 기초연구가 지난 50년 동안 상당히 확대된 것으로 나타났다(부록 BOX 1 참고).

그러나, 최근 냉전 종식 이후 우선순위와 임무가 재조정되면서 국내 총 생산(GDP) 대비 기초연구비 투자가 줄어들고 있다. 그림 1에서와 같이, 현재 국내 총 생산(GDP)대비 정부기초연구비는 1970년대와 비슷한 수준을 유지하고 있지만, 산업체의 기초연구에 대한 지원은 지난 10년 동안 소규모의 상승에 그쳐 아직도 정부기초연구비 지원 규모보다 작다. 또한, 산업체의 기초연구에 대한 지원 증가율은 1990년대 들어 상당히 줄어들었다.

부록 그림 1. 미국 정부, 기업, 기타 기관의 GDP 대비 기초연구 투자비중



\*Industry data prior to 1986 are not comparable to post-1989 data.

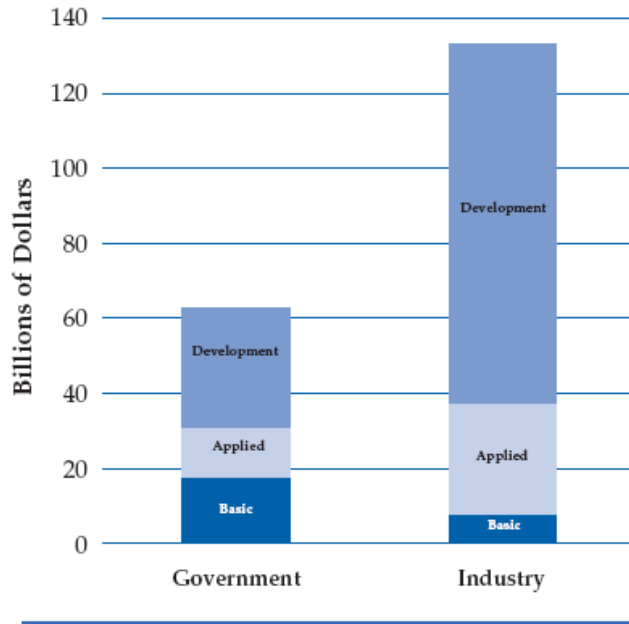
\*\*Includes universities' and colleges' own funds, state/local government funds to universities and colleges, and funds from other non-profits.

SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Tables 4-1 and 4-5.

산업체와 정부의 총 연구개발(R&D)규모에 기초연구가 차지하는 비중은 그리 크지 않다. 또한, 산업체는 총 연구개발(R&D)에 정부보다 더 많은 투자를 하고 있지만, 기초연구에는 정부보다 훨씬 적은 비용을 투자하고 있다(부록 그림 2). 실제로, 산업개발에 투자하는 비용이 산업체와 정부가 다른 분야의 연구에 투자하는 비용보다 훨씬 많다. 정부는 매년 연구개발비 약 630억 달러 중 177억 달러를 기초연구

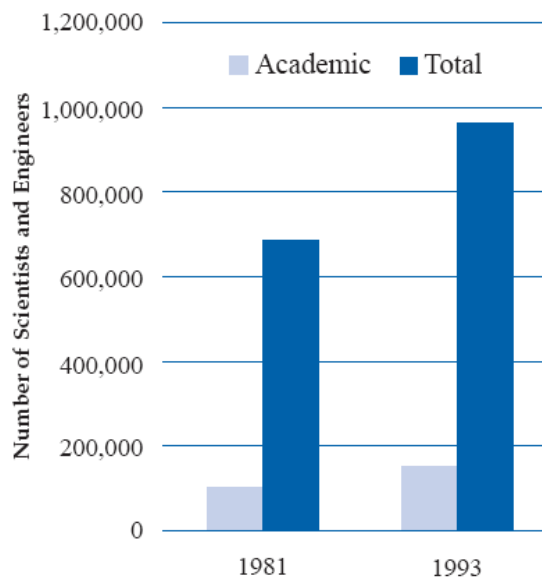
에 투자하는 반면, 산업체는 매년 연구개발비 1,330억 달러 중 겨우 80억 달러를 기초연구에 투자하고 있다.

부록 그림 2. 정부 및 기업의 기초, 응용, 개발 연구비 (1997)



NOTE: Data are preliminary for this year.

부록 그림 3. 미국 과학·공학 연구개발 총 인력 대비 대학 인력



NOTE: Data for academic employment represent doctoral scientists and engineers. Other data represent all scientists and engineers.

## 부록 BOX 1

### 연구비(달러) 대비 그 외 투입 부문

기초연구 활동을 측정할 때에는, 재정적인 자원뿐만 아니라, 과학에 투입된 노동량과 자본을 함께 고려해야 한다. 즉, 연구비(달러)는 연구활동이나 앞에서 언급한 투입요소들을 일괄적으로 표현하고 있지만, 이러한 비용은 과학자 및 공학자의 노동력에 대한 댓가를 지불하고 연구장비를 사들이는데 사용되기 때문이다. 그렇다면 연구비의 증가 혹은 감소가 연구자수 또는 연구장비수의 변동을 반영하는가? 아니면, 표준 경비 측정 방법으로 이러한 연구 투입요소에 대한 경비(연구활동 실제 경비)를 측정할 수 없는 것인가?

실제로, 연구투입량은 연구개발에 소비된 달러와 거의 일치하는 것으로 나타났다. 1981년부터 1993년까지의 기간동안 총 연구개발비(R&D)는 인플레이션을 고려한 달러로 환산하였을 때, 40%정도 증가하였고, 연구활동에 참여한 과학자 및 공학자의 수도 40%가 증가하였다(부록 그림 3).

거시경제관점에서 연구경비를 조사한 바에 따르면, 일부 형태의 연구가 다른 경제활동보다 상대적으로 더 비싸다고 나타났다. 예를 들어, 1992년 대학 연구비용(인력, 장비, 시설에 대한 비용)이 일반적인 다른 경제 활동에서 요구하는 가격보다 10% 더 빨리 증가하였다. 이와 반면, 산업 연구에 대한 비용은 다른 경제활동에서 요구하는 가격보다 약간 더 느리게 증가하였으며, 비 제조업 연구 개발비용 증가는 더욱 더딘 것으로 나타났다.

## 기초연구 지원에 있어 정부의 역할

정부는 2차 세계대전 이후 기초연구를 위한 가장 중요한 재원으로서, 정부의 지원은 꾸준히 안정적으로 성장하여 왔다. 그러나, 경제 성장에 비하여 기초연구에 대한 정부의 지원은 현상만 유지해 왔으며, 앞으로 더욱 줄어들 것으로 보인다.

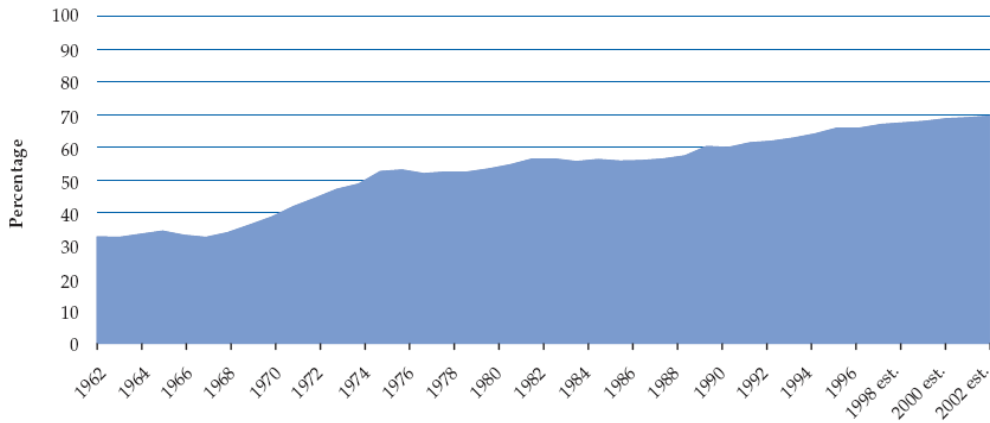
정부예산에서 기초연구가 차지하는 비중은 우주 프로그램을 시행했던 1960년대에 최고조에 달했으며(부록 그림 4), 그 이후 지난 20년 동안 정부 예산의 1%정도를 약간 상회하는 수준에 머무르고 있다. 또한, 사회보장프로그램의 급격한 성장으로, 기초연구 및 연구개발의 중요성의 전망은 더욱 어둡다(부록 그림 5).

부록 그림 4. 총 미국 정부 예산 대비 기초연구비 비중



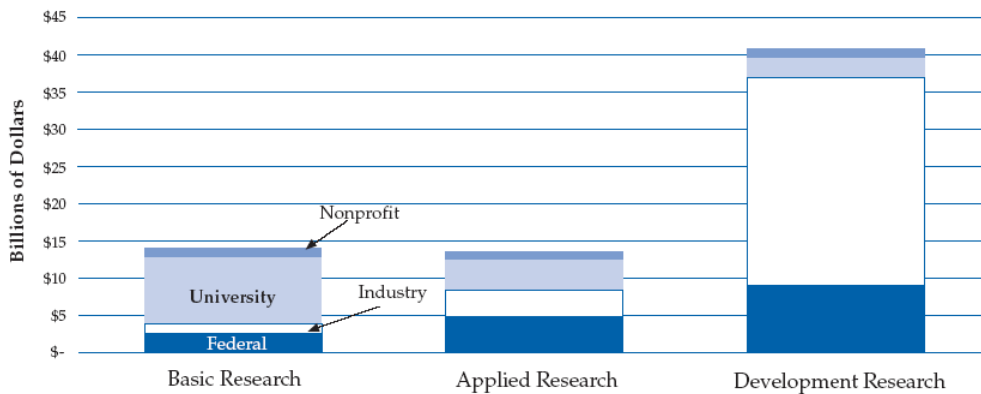
SOURCE: Science Resource Studies Division, NSF (data available at www.nsf.gov); Budget of the United States Government, FY 1998.

부록 그림 5. 총 미국 정부 예산 대비 법정 요구 예산 및 이자비용 비중



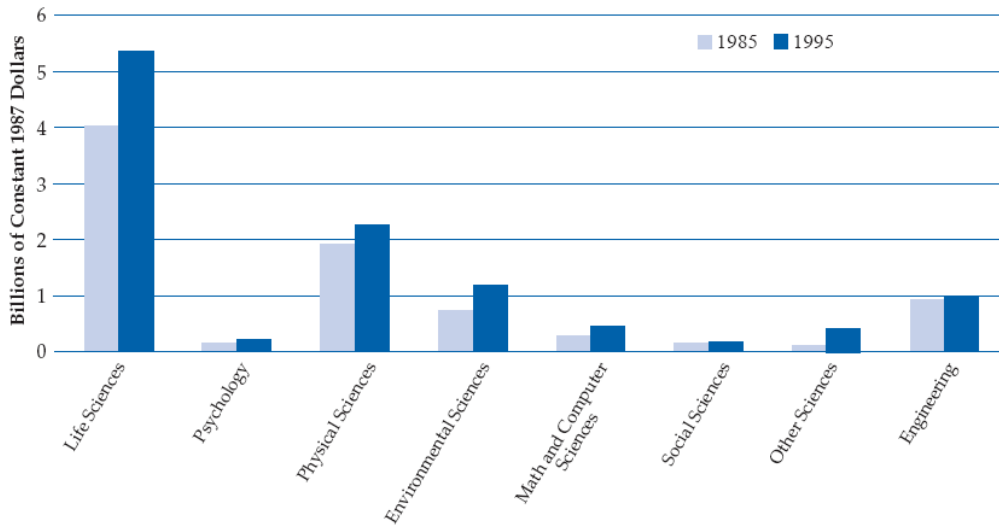
SOURCE: Budget of the U.S. Government, FY 1999, historical tables, (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office).

부록 그림 6. 성격별 및 수행주체별 정부 연구개발



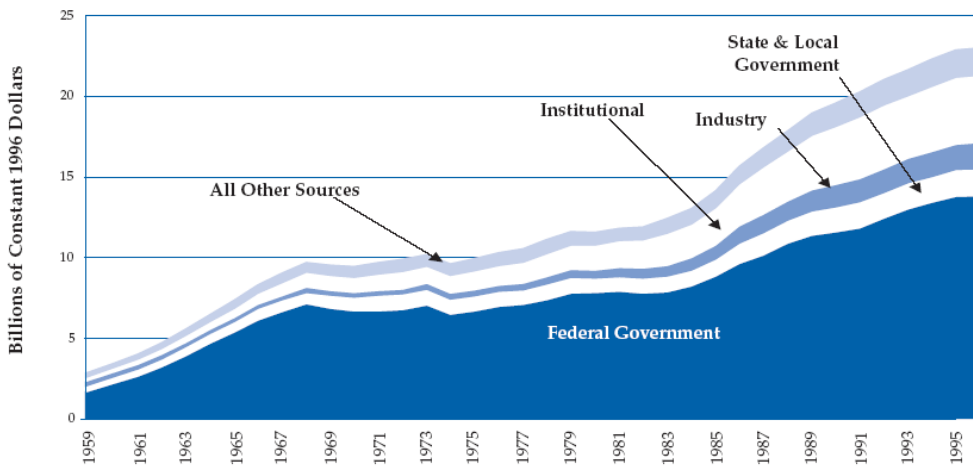
SOURCE: National Science Board, Science & Engineering Indicators—1996, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Table 4-18.

부록 그림 7. 분야별 기초연구 정부예산



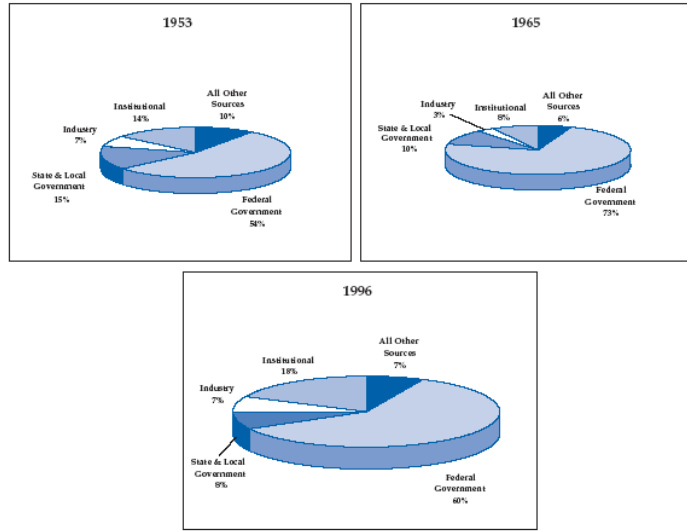
SOURCES: Science Resources Division, National Science Foundation, *Federal Funds for Research and Development, Detailed Historical Tables: Fiscal Years 1956-95*, NSF 95-319 (Bethesda, Md.: Quantum Research Corp., 1995), and SRS, *Federal Funds for Research and Development: Fiscal Years 1993, 1994, and 1995* (Arlington, Va.: NSF, forthcoming).

부록 그림 8. 재원별 대학의 연구 비용



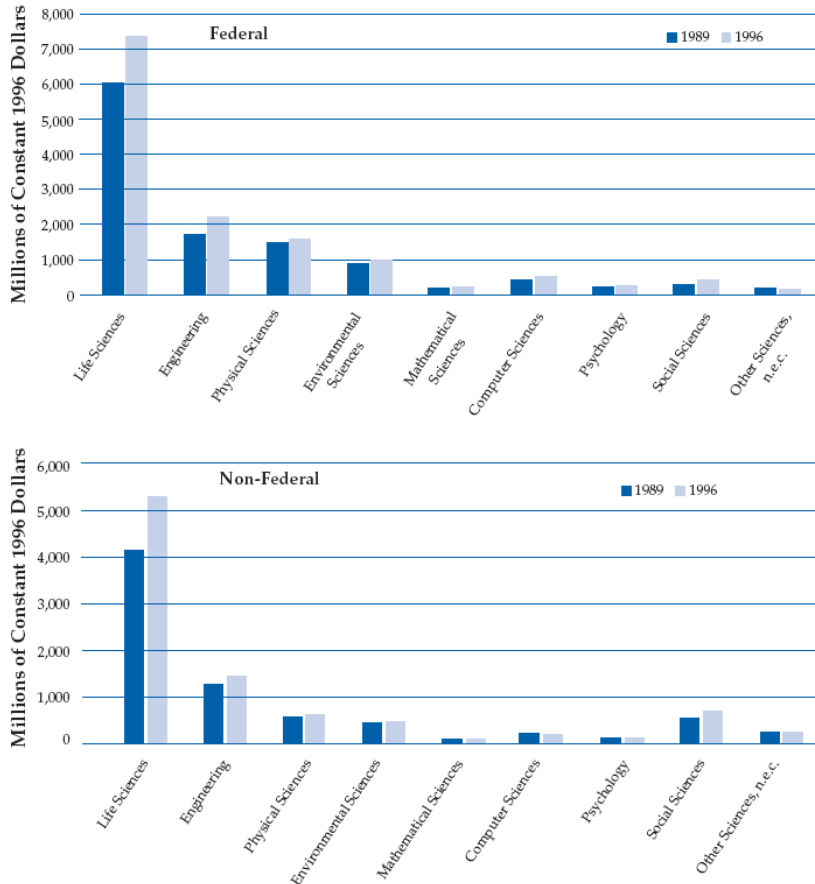
SOURCE: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, *Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges*, Fiscal Year 1996.

부록 그림 9. 대학 연구의 재원



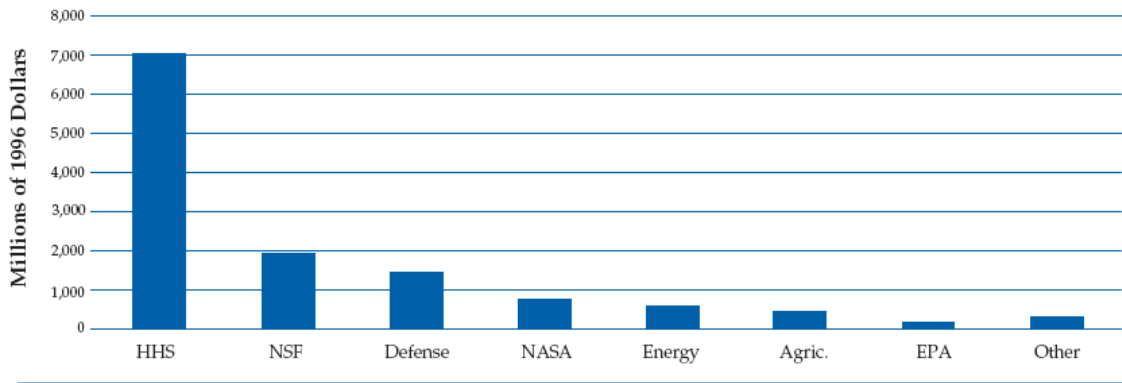
SOURCE: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, *Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges*, Fiscal Year 1996.

부록 그림 10. 대학 연구 분야별 정부 및 기타 기관의 재원



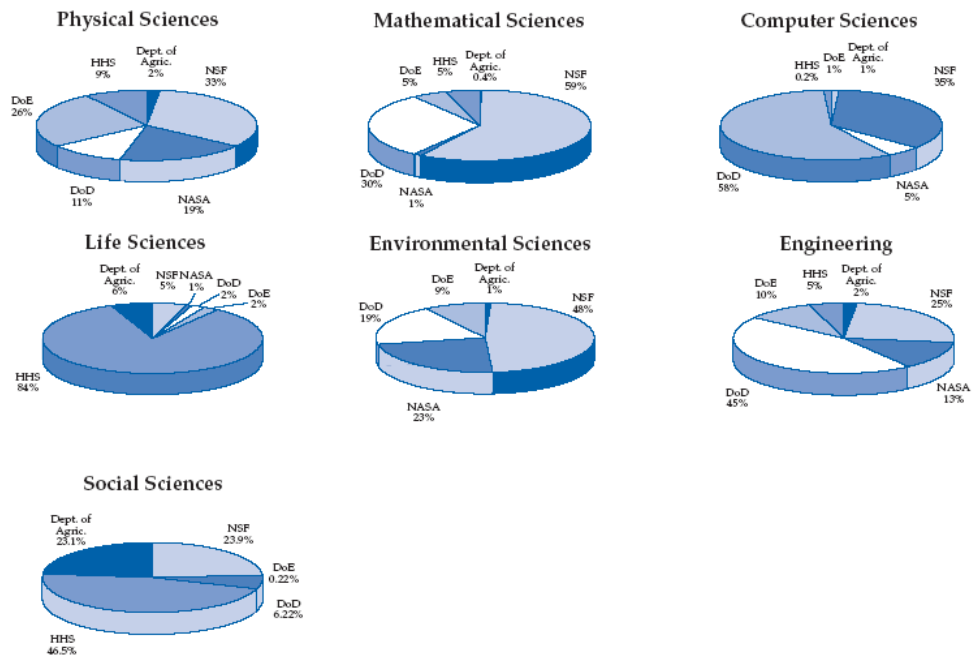
SOURCE: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, *Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges*, Fiscal Year 1996.

부록 그림 11. 기관별 대학 지원 연구개발비 (1996)



SOURCE: AAAS Report XXII: Research and Development FY 1998, Intersociety Working Group, (AAAS: Washington, DC), Table I-9.

부록 그림 12. 주요 기관 및 분야별 대학의 정부 연구지원 예산 (1993-1995 평균)



SOURCE: National Science Board, Science & Engineering Indicators—1996, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Table 5-11.

그러나, 더욱 충격적인 것은 장기적인 연구비 지원 전망이다. 베이비 붐 시대에 태어났던 많은 시민들이 은퇴함으로써, 사회보장 및 보전에 대한 정부의 예산이 전례없이 늘어나게 되었고 현재의 정책하에서는, 2002년까지 정부예산의 70%가 사회보장 프로그램에 쓰여질 것으로 보인다. 참고로 연구개발에 대한 투자가 최 정점을 달했던 1960년 중반에는, 사회보장 예산이 정부예산의 1/3수준이었다. 이러한 상황 대로라면, 기초연구비는 확실히 감소할 것으로 보인다.



대부분의 정부연구개발 예산은 산업체가 수행하는 개발연구로 쓰이고 있다(부록 그림 6). 이와 반대로, 정부연구개발 예산 중 상대적으로 적은 부분을 차지하고 있는 기초연구비는 주로 대학에 쓰이고 있고, 산업체와 비영리기관에는 극소부분이 투입되고 있다. 또한, NIH(National Institutes of Health)실험실이나 에너지부 국가 지정연구소(Department of energy's "national labs")가 수행하는 정부기초연구비도 총 정부연구개발 예산에 비하여 작다.

정부에서 지원한 대부분의 기초연구비는 연구기관의 임무를 지원한다. 이러한 의미에서, 기초연구는 일반적으로 지식의 진보를 넘어서 특정한 목적을 지향하지 않는 전형적인 기초연구 형태와는 일치하지 않는다. 실제로, 국방부, 에너지부 및 NIH에서 지원하는 기초연구는 특정 목표를 갖고 있다. 단지 NSF가 기관의 기초연구에 15%정도를 지원하고 있으며 주로 과학 및 공학 분야에 투자하고 있다.

기초연구에 대한 정부지원은 학문 분야간에 동일하지 않다. 부록 그림 7에서와 같이, 생명과학에 대한 정부 기초연구 지원 규모는 다른 분야에 비하여 훨씬 크다. 실제로, 생명과학에 대한 지원은 다른 분야를 모두 합한 것과 동일하다. 이러한 학문 분야별 지원에 차이를 두는 것은 보건과 관련된 분야, 특히 암과 AIDS와 같은 연구 분야에 일반 시민들이 우선순위를 두고 있기 때문이다. 그러나, 보건연구 분야 안과 밖의 많은 우수한 과학자들이 주장하는 것처럼, 의학 분야의 걸출한 과학적 업적은 생명과학뿐만 아니라, 수학, 물리, 컴퓨터, 과학 및 사회과학 분야에서 수행된 연구결과를 바탕으로 이루어진 것이다.

학제간 연구의 중요성은 민간부문의 경험에서 입증된다. 다음 몇 가지 사례와 같이, 성공적인 기초연구 결과는 독단으로 이루어지지 않는다. Merck사는 기초연구의 불확실성 때문에 다차원적으로 AIDS연구를 할 수 밖에 없었고, Procter & Gamble의 경우도 특정영역에서 혁신을 이루기 위하여, 회사의 핵심기초연구 활동인 화학 분야와 다른 생명과학 분야의 연구를 지원하는 광범위한 학제간 협력을 이루었다.

## 대학 연구재원 개요

정부와 민간의 대학연구에 대한 지원은 1959년 30억 달러에서 1996년 220억 달러(1996년 경상비 기준 : 그림 8)로 지난 40년 동안 급격하게 증가하였다. 부록 그림 8에서와 같이, 산업체와 기관의 지원 비율이 1965년 3%에서 1996년 7%로 급격히 증가하였지만, 이러한 성장은 주로 정부지원금의 증가로 촉진되었다.

특히, 대학의 보건연구("생명과학")는 정부 및 사회에서 우선으로 지원함으로써, 정부와 비정부기관의 재원 중 가장 많은 부분을 차지하였다(그림10). 1989년과 1996년 사이 모든 분야에 지원액은 약간 증가하였으며, 가장 적게는 수확분야가 이 기간동안 1.5% 증가율을 보였고, 가장 크게는 사회과학 분야가 연 7%의 평균 성장률을 보였다. 생명과학연구분야의 증가율은 다른 분야를 크게 능가하여 3%였는데, 이는 초기에 높은 지원액 때문이다.

비록 NIH가 대학연구의 거의 대부분을 지원하고 있지만(그림 11에서 "HHS"), 다른 기관들은 생명과학분야외의 다른 학문분야의 지원에 더욱 힘쓰고 있다(그림12). 예를 들어, 컴퓨터 과학분야 연구는 정부연구비의 58%를 국방부로부터 지원받고 있으며, NSF(National Science Foundation)은 물리, 수학 및 환경과학을 지원하는 가장 큰 연구비 지원기관이다.

비록 간접적이지만, 또 다른 중요한 대학 연구의 정부연구비 재원은 의료 서비스 세금이다. 대학병원은 국민의료보장(Medicare) 및 저 소득자 의료보조(Medicaid)와 같은 각종 의료 혜택의 중요한 제공자이다. 그 결과, 이러한 두 프로그램의 운영으로 들어오는 보조금으로 대학병원의 보건 연구뿐만 아니라 대학의 다른 분야의 연구를 간접적으로 지원하고 있다. 그러나, 국민의료보장(Medicare)과 저 소득자 의료보조(Medicaid)에 대한 엄격한 통제 때문에, 앞으로 이러한 대학으로의 간접적인 지원이 감소할 것으로 예상된다.

## 부록 2

# 대학의 특허 지침

부록 2에서는 대학의 특허정책에 대해 캘리포니아 대학(University of California)과 코넬 대학(Cornell University)의 사례를 제시한다. 이들 두 대학은 연구의 부산물로 연구결과의 상업화와 특허 가능성에 대해 인정하고 있지만, 그들 대학의 연구에 대한 기본적인 의도가 지식의 추구임을 밝히고 있다.

두 대학의 정책은 특허수입의 분배면에서 서로 상이하다. 하지만, 특허 수입에 대한 분배방식은 두 대학 모두 그 연구자와 연구자 소속부서 연구실에 특허수입의 일정 부분을 보상하는 구조로 되어 있다. 이러한 방식으로 연구 결과물에 의해 파생된 수입의 일부가 연구활동으로 재투자된다.

이러한 정책의 일반적인 특징은 잠재적으로 특허가 가능한 발명(Potentially-patentable inventions)을 연구자가 대학에 공개토록 하는 것이다. 그러면 대학은 그 발명에 대해서 특허를 추진할 것인지 아닌지를 결정한다. 몇몇 대학은 연구자가 연구 결과물을 곧바로 공개토록 하고 있어, 사실상 대학의 지적소유권을 포기하는 경우도 있다. 그러나, 대부분의 대학은 연구자가 먼저 대학에 연구결과물을 공개하도록 하고, 이에 따른 재정적인 보상을 하는 정책을 시행하고 있다.

## 캘리포니아 대학의 특허정책

### I. 서언

지적소유권을 관리함에 있어서 관련된 모든 당사자들에게 공평한 방법으로 연구자들의 발견과 발명에 관한 특허시스템을 이용하고 연구진 및 대학의 관련 인력들을 고무시키고 돕는 것이 캘리포니아 대학 총장의 의도이다.

캘리포니아 대학은 대학연구결과의 광범위한 이용을 과학자들 뿐 아니라 일반 대중의 공공이익을 위해서도 고려할 필요가 있고 바람직하다는 것을 인식하고 있으며 또한 혁신적인 연구결과를 실제로 응용하는 특허시스템의 중요성을 인정한다.

대학내에서 혁신적인 연구결과는 비록 그 연구가 새로운 지식을 얻고자 하는 기본적인 목적으로 수행되었을 지라도 종종 성공적인 연구 부산물로 특허발명으로 이끌 수 있다.

아래의 캘리포니아 대학의 특허정책은 대학연구에 대한 광범위한 공공이익을 고무시키고, 관련자 모두의 상대적인 권리를 평가하고 결정하며, 특허 신청과 인가 그리고 로열티의 공평한 배분을 위해, 또한 더욱 나은 연구 및 교육 지원 그리고 발명과 관련된 수입의 사용을 제공하기 위해, 마지막으로 대학이 권리를 갖을 때 특허문제에 관한 일정한 절차를 제공하기 위해 채택되었다.

## II. 정책 내용

- A. 대학 연구시설을 이용하지 않는 연구결과물을 제외하고는 발명과 특허를 대학에 위임하는 협약은 대학에 고용되지는 않았지만 대학의 연구시설을 사용하는 사람들과 대학을 통하여 연구비나 연구협약을 받는 모든 사람들에게 의무적으로 적용될 것이다. 이 협약으로부터의 예외는 이 예외가 대학의 정책과 배치되지 않고 이러한 예외에 위해서 대학의 사명이 좀더 잘 수행될 수 있을 경우에 한해서 인정될 수 있다.
- B. 발명과 특허를 대학측에 위임하는데 동의한 개인들은 대학의 기술이전국이나 공식적인 인증사무국에 잠재적으로 특허가능한 발명에 대해 즉각적으로 그리고 충실히 보고해야 한다. 이들은 또한 그러한 발명에 대한 소유권이 대학교나 혹은 일정한 상황하에서 대학교에 의해 지정된 제 3자에 의해 보유될 것이라는 것을 확증시키기 위해 발명 평가, 특허실행 혹은 특허보호 및 유사한 재산권의 추진과정에서 필요할 수도 있는 조치들을 실행해야 한다. 그러한 상황은 연구비 지원, 계약 혹은 외부조직과 맺은 다른 협약에 의해 야기되는 대학의 특허 의무가 있는 상황을 의미한다. 외부의 연구후원자에 대한 의무가 없을 시, 대학은 아래와 같은 상황에서 발명가에게 특허권을 제공할 수 있다.
- 1) 대학이 특허신청을 추진하지 않기로 결정했을 때,
  - 2) 그 발명을 발전시키기 위한 추가적인 연구나 개발이 대학 지원이나 시설을 사용하여 수행되지 않았을 때 발명자에게 특허권을 줄 수 있다.
- C. 외부조직과 맺은 협약이나 연구비지원 혹은 계약에 상응한 대학의 의무에 근거하여 대학은 매년 발명가, 발명가의 상속인 및 계승자들에게 대학이 얻은 순 로열티 수입의 35%를 지불한다. 추가로 순 로열티중 15%는 그 발명가의 캠퍼스

나 연구실에 연구관련 목적으로 분배될 것이다. 순 로열티는 특허비, 특허보존 및 관련 재산권, 유지비, 특허인증 및 관련 재산권 그리고 다른 법에 의해 요구되거나 필요 할 수 있는 경비, 세금 등을 제외한 총 로열티 및 비용이라고 정의 할 수 있다.

둘 혹은 그 이상의 발명가가 있을 시에는 사전에 발명가들이 그러한 몫의 분배에 대해 다른 분배원칙에 동의하지 않은 한 각 발명가는 발명가의 로열티 몫을 똑같이 분배할 것이다.

로열티에 대한 발명가 몫의 배분은 아래 Section II D에서 제공된 예외를 제외하고는 6월 30일에 끝나는 전 회계년도 동안 받은 양으로부터 매년 11월에 집행될 것이다. 특허와 관련하여 법적 쟁의가 진행되거나 특허를 방어하기 위한 어떤 행위가 진행중일 경우는 그 문제가 해결될 때까지 로열티 분배를 철회하거나 로열티를 압류할 수 있다.

- D. 에너지부(DOE) 실험실은 대학총장의 승인하에 별개의 로열티 분배 공식을 세울 수 있다. 에너지부(DOE) 실험실 로열티의 발명가 몫에 대한 배분은 9월 30일에 끝나는 전회계년도 동안 받은 수입중 매년 2월에 지급된다.
- E. 인가 거래에 있어 대학이 받은 수입은 주식이나 혹은 어떠한 형태이든 관련자간 이해할 수 있는 공평한 정책에 의해 분배될 것이다.
- F. 특허로부터 발생하는 대학 순수익의 분배에 있어 첫째로 고려해야 할 것은 연구 지원에 대한 것이다.

### III. 특허책임과 행정관리

- A. Regent's Standing Order에 의하여 대학 총장은 캘리포니아 대학이 어떤식으로든 연관되어 있는 특허와 관련한 모든 문제에 대한 책임을 진다. 이 특허 정책은 이러한 책임을 실행하기 위한 것이며 총장은 어느때 라도 발명자에게 지급되는 로열티의 배분률을 포함하여 이 특허정책의 내용을 변경할 수 있다.
- B. 총장은 그러한 문제에 대하여 재무담당(Business and Finance) 부총장에 의해 주도되는 기술이전자문위원회(Technology Transfer Advisory Committee : TTAC)의 자문을 받는다. 동 위원회 위원은 감독관(the Provost)과 학사담당 부

총장, 기술이전국장, 각 캠퍼스 대표자들 및 에너지부(DOE) 연구실, 학계원로(Academic Senate), 농업/자연자원부, 감사실(the Office of General Counsel)의 대표로 구성된다. 동 위원회의 역할은

1. 특허, 인쇄권, 상표권 및 가시적인 연구개발품을 포함한 지적소유권 문제에 대한 대학정책을 검토하고 제안하며,
2. 프로그램 목적에 따라 지속적인 정책 응용과 효과적인 진행을 확증하기 위한 지적소유권의 행정관리를 검토하고,
3. 총장의 요청에 따른 관련 문제에 대해 자문하는 것을 목적으로 한다.

C. 재무 담당 부총장은 다음 사항을 포함하여 특허정책 실행을 책임진다.

1. 과학적 발명과 발견에 대해 과학적 탁월성과 실용성 뿐 아니라 특허가능성을 평가함.
2. 대학이 보유한 특허 혹은 유사한 재산권을 평가하고 그러한 재산권에 관해 협력기관들과 협약을 협의한다.
3. 대학이 보유한 특허 및 유사 재산권에 관해 다른 기관들과 인허가 협약을 협의한다.
4. 로열티와 경비를 수집하고 적당한 분배를 조정한다.
5. 계약이나 기타 다른 형태의 협약으로 인해 전체 연구지원이든 부분적인 지원이든 협력기관의 연구비 지원에 의해서 발생한 특허출원이 가능한 과학적 발명이나 발견에 대해 예상되는 권리에 대해 협력기관과 협약을 추진하고 또는 특허권의 분배에 관해 정부기관과 협의하는 대학 직원을 지원한다.
6. Section II. A.에서 요구된 것처럼 발명 및 특허를 대학에 위임하는 협약사항에 대한 예외를 인정하는 행위
7. 특허, 인쇄 및 상품권 그리고 가시적인 연구결과물을 포함하여 지적재산권에 관한 대학정책의 예외를 인정하는 행위

## 코넬대학의 특허정책

아래 정책은 1995년 5월 26일에 코넬대학 이사회의 집행위원회에서 의결된 것으로 1995년 7월 1일부터 효력이 발생되었다.

### A. 일반개요

코넬대 이사회는, 과학적 발명과 발견의 상업적 중요성은 대학소속 연구자 및 학생

들에 의해 수행된 연구의 자연스런 확장일 수 있음을 인정하고 그러한 연구로부터 공공이익을 확보할 뿐 아니라 그러한 연구를 위한 대학의 연구능력 향상을 확보할 수 있기를 기대하면서 다음과 같은 특허정책을 제정한다.

1. 코넬대학의 연구수행 기본 목적은 사회 이익과 사용을 위한 지식의 추구이다.
2. 대학은 소속 연구인력의 기초, 응용 연구 사업을 위해 이익이나 혹은 기타 목적을 위해 운영되는 정부기관, 민간재단, 회사로부터의 재정적인 지원에 의존한다. 대학연구가 실질적인 공적지원을 받고 있기 때문에 어떠한 특허권이라도 공공이익과 일치하여 관리되어야 한다는 것을 확증하는 것은 대학의 의무요 책임이다.
3. 상업적 이익에 대한 새로운 아이디어와 발견은 종종 대학연구의 결과이며 코넬대학은 일반적인 정책으로 대학 소속 연구인력의 연구활동으로 부터 나오는 아이디어와 과학적 발견에 대해서는 필요하고 바람직하다고 여겨진다면 특허 보호를 추구하고 있다.
4. 대학연구로부터 발생하는 과학적 발명과 과학적 발견에 대해 공공이용을 제한하는 것, 그러한 연구의 과실을 교육목적을 위해 출판하는 행위, 그리고 발명가와 대학 양자의 기여를 인정하는 공평하고 공정한 로열티 분배의 성취 등은 일관성 있는 특허정책의 운영에 의해 가장 잘 확증 될 수 있다는 것이 대학의 판단이다.

## B. 대학연구

이러한 특허정책 목적을 위한 대학연구는 발명가가 대학으로의 고용과정에서 수행되거나 혹은 대학 자원을 이용하는 과정에서 수행되는 모든 연구를 포함하는 것으로 정의할 수 있을 것이다.

## C. 과학적 발명의 공개

인지된 과학적 발명은 즉각적으로 서면에 의해 코넬 연구재단에 공개되어야 한다.

## D. 발명에 대한 소유권

1. 대학연구수행 결과로 취득한 모든 특허가능한 과학적 발명은 대학 소유가 될 것이다. 발명가는 특허와 관련된 모든 과정에서 대학에 협력하고 도와주어야 하며 그것으로부터 결과하는 특허를 코넬 연구재단으로 위임해야 한다.
2. 대학의 자원을 사용함 없이 개인적으로 만들어진 과학적 발명에 기초한 특허는 개별발명가에게 귀속된다.

3. D. 1에 상응한 발명에 있어 대학이 소유권을 갖고 1년 이내에 특허신청을 하지 못하고 또한 과학적 발명을 공개한 이후 6개월 이내에 특허 추구에 대한 긍정적인 결정을 만들지 못한 경우에는 요구에 따라 발명가에게 귀속될 것이다.

#### E. 로열티 분배

1. D. 1에 상응하여 대학이 소유하는 특허의 경우에는 발명가의 노력과 기여를 인정하여 전체 순 로열티 수익이 다음과 같이 분배될 것이다.
  - 100,000달러까지는 50%
  - 100,000달러를 초과하는 로열티 수입의 25%
 공동발명가는 발명가에게 할당된 순 로열티 수입의 몫을 나눌 것이다. 발명을 생산할 목적으로 고용된 사람들은 그 발명과 관련한 순 로열티 수입을 배분받을 권리를 갖지 않는다.
2. 코넬연구재단은 지적소유권 문제와 관련하여 대학에서 부담하는 서비스비용을 충당하고 특허와 관련된 비용을 충당하기 위해 순 로열티 수입의 35%를 취할 것이다. 코넬연구재단의 사전 적자는 이 몫을 사용하여 보전될 것이다.
3. 순 로열티 수입은 과학적 발명에 의한 특허로부터 발생하는 직접비용을 제외하고 대학에 의해 수입되어진 총 로열티를 의미한다.
4. 순 로열티 수입의 나머지 잔액은 60%를 상호 협의된 방법으로 발명가의 연구 예산, 소속부서 및 대학기관에 분배하고 40%는 일반적인 연구목적을 위해 대학으로 분배될 것이다.
5. 소속부서에서 발생한 과학적 발명의 대가로 부서에 분배되는 순 로열티 수입이 당해연도 그 부서에 할당된 연구비의 20%를 초과할 때는, 코넬 연구재단으로부터 받은 초과분은 그 부서를 위한 기부금으로 처리될 것이다. 한번에 지급되는(lump sum) 로열티가 위에서 정의된 것처럼 주어진 해에 과도한 로열티 수입의 발생에 기여할 경우에 코넬 연구재단은 소속기관에 대한 그러한 일괄지급을 이자와 함께 3년에 걸쳐 분배할 수 있다.
6. 과학적 발명의 경우 순 로열티에 대한 해결할 수 없는 분쟁은 연구담당 부총장에 의해 결정될 것이다.

#### F. 인허가정책

대학연구로부터 발생하는 과학적 발명을 공공이익을 위해 상품화 시키는 것은 일반적인 대학의 정책이다. 코넬연구재단은 정부지원연구에 적용할 수 있는 법과 일치하여 특허나 발명과 관련하여 합리적인 기간동안 배타적인 기초에 의거하여 인허가를 줄 수 있다.



## G. 특허조항의 포기

특허정책 조항의 포기는 단지 예외적이고 어쩔 수 없는 상황에서만 아래에 기술된 절차에 따라 행해질 것이다. 이 특허정책 조항에 대한 포기 요구는 코넬연구재단 이사장과 특허자문위원회로의 이송을 위해 연구담당 부총장에게 제출될 것이다. 그러한 요구는 포기하도록 요구받은 특허정책 조항에 대한 입증과 그 포기가 대학과 공익의 교육목적과 일치하다는 충분한 설명이 있어야 한다.

코넬대학은 일부 후원자들이 대학의 특허정책과 다른 협약이나 연구비지원 형태로 후원하기를 바란다는 것을 인식하고 있다. 이러한 상황 아래에서 후원자에 의해 지원되는 연구에 종사하는 대학연구인력이 특허조항과 관련한 일부 조항을 포기하는 것 과 같은 내용을 고려할 수 있다.

특허자문위원회는 각각의 조항 포기를 검토하고 검토보고서 및 제안서를 최종 결정을 하는 연구담당 부총장에게 제출한다. 순 로열티 수입의 배분과 관련한 특허정책 조항의 포기는 추가적으로 해당 과학적 발명이 발생한 소속기관의 학장이나 소장의 인정을 요구한다.

## H. 유예

여기에서 규정하고 있는 특허정책과 일치하지 않는 정부의 다른 법과 규정에 근거하여 수행하는 연구를 방해하지 않도록 그러한 연구수행과 상충하는 특허정책 조항은 정부의 법과 규정으로 대체되고 적용될 것이다.

## I. 특허관리청

코넬연구재단은 특허관리청을 통하여 과학적 발명의 특허가능성 심사, 특허취득 및 관리, 그리고 그러한 특허에 대한 인허가와 관련하여 서비스와 조언 등의 활동을 수행한다.

## J. 특허협약

이 특허정책 조항과 일치한 특허권 배분을 용이하게 하기 위하여 대학 연구 각 참여자는 과학적 발명이나 발견의 특허권을 대학으로 위임하기 위해 대학이나 대학이 지정한 자와 협력하는데 동의해야 한다. 이러한 요구는 특허출원에 대한 기대가 극단적으로 어려운 제한된 경우에서만 연구담당 부총장에 의해서 포기될 수 있다.

## K. 특허자문위원회

연구담당 부총장은 직원대표자위원회의 연구정책위원회와 협의한 후에 코넬연구재단 이사들의 승인에 의거하여 특허자문위원회를 설립하고 위원을 임명할 수 있다. 동 위원회는 아래 사항에 대해 연구담당 부총장에게 조언하고 제안하는 기능을 수행한다.

1. 특허정책 수행을 위한 지침과 절차
2. 특허정책에 대한 제안된 수정내용
3. 특허정책에 있어 개별적인 예외를 인정함.
4. 특별한 과학적 발명에 대한 대학의 소유권
5. 기타 연구담당 부총장이 적당하다고 여기는 문제에 대한 협의

연구담당 부총장은 코넬연구재단 이사들과 코넬대 총장에게 특허정책과 관련하여 중요한 문제에 대하여 보고해야 한다.

## Notes

1. 대학 사무실 공간이나 도서관 이용은 대학자원 사용으로 간주되지 않는다.
2. 여기 포함된 분배 조항은 기존의 발명가 및 미래의 발명가들에게 적용된다. E.1 에 포함된 분배표는 그 발명특허가 존재하는 동안 획득된 모든 순 로열티 수입에 축적되어 적용될 것이다.
3. 직접경비는 특정 과학적 발명에 대한 특허보호를 획득하기 위한 비용과 그 발명과 관련하여 모든 마케팅 그리고 인허가 비용을 포함한다.

---

## 사례연구

회사와 기관들이 기초연구를 고용하고 수행하는 방법과 기술혁신 과정에서 기초연구의 역할에 대한 우리의 이해를 깊게 하기 위해, 경제개발위원회(CED)는 회사들과 대학들에게 그들 조직에서 기초연구에 대한 대표적인 예를 제공하도록 요구했다. 금번 보고서에서 이번 장은 일련의 사례연구로써 수집된 이러한 답변에 대한 모음이다. 우리는 이들 자료가 우리의 주장을 명확하게 해주고 각 보고서마다 매우 큰 흥미를 갖고 읽혀질 수 있을 것이다. 그리고 이들은 또한 정책제안(Policy Statement)에 포함된 연구결과들을 재강화하도록 해줄 것이다.

### Merck & Co.의 AIDS 연구

미국의 제약 산업은 다른 국가의 제약산업 보다 훨씬 많은 구급(life-saving) 의약의 발견에 의해 세계적 리더십을 달성하였다. 과거 20년 동안 발견되고 세계에 소개된 모든 중요 의약의 반이 미국의 회사에서 나왔다. 이렇게 중요한 산업의 미국 진영에서 Merck는 오랫동안 혁신의 최전선에 있었다.

이러한 수행기록을 염두에 두면 미국이 어떻게 과학기술 기반을 유지하고 강화하는지에 관한 가이드라인으로서 Merck의 성공적인 연구 프로그램 중 하나를 보는데 도움이 될 것이다. 이러한 관점에서 HIV 감염과 AIDS의 치료를 위한 회사의 새로운 프로테아제(단백질 분해 효소) 길항제인 Crixivan의 발견과 개발에서 Merck 연구소의 최근 경험이 특히 유용할 것이다.

Merck는 1986년에 이 작업을 시작하였고 3년 후 이 바이러스가 AIDS의 원인임을 밝혔다. NIH 등지의 과학자들은 중대한 진보를 이룩하였으나 아직 이 바이러스와 질병에 대해 모르는 부분이 많으며 많은 연구가 더 필요하다. 다음 10년동안 Merck의 과학자들은 두가지 지식의 증진을 도울 것이다. 그들은 대학의 연구자들이 기초연구로 구별하는 연구를 수행하였다. 이들 연구는 명백한 개발 연구와 밀접하게 관련되었다. 모든 Merck의 연구는 기초연구이거나 중병에 대한 유용한 치료법의 개발을 직접적으로 지향하고 있는 응용 연구였다.

이와 대조적으로 Merck가 70년대 중반에 혈중 콜레스테롤을 낮추기 위한 길항제의 개발을 목표로 연구를 시작하였을 때, 연구실에서는 30년에 걸친 기초연구를 바탕으로 지질 생합성법을 구축하였다. 대부분의 연구는 NIH나 미국과 해외의 연구 대학에서 수행되었으며 극히 일부의 연구만이 응용으로 분류될 수 있다. 일차적인 목표는 현실적이거나 효과적인 치료법이 아니고 기초 생화학적 프로세스에 대한 이해를 하는 것이다. 그러한 특별 프로그램과 성과는 미국이 제약 혁신의 선도적 역할을 하도록 한 공공기관과 비수익 및 수익 기관들 사이에 협력적 상호작용의 뛰어난 예를 제공한다.

그러나, AIDS의 경우에는 전염성이 너무 심각해서 공공복지기관이 너무나도 정확하고 깊게 관여하고 있어서 Merck는 기초연구의 확고한 기반이 세워지기 훨씬 전에 주요 다목적 연구 프로그램을 시작하였다. Merck는 Merck 실험실이나 NIH와 대학의 과학자들이 어떤 접근방식이 성공할 것인지에 대해 어느 정도의 확실성이 있는 예측을 할 수 없기 때문에 몇 가지 직면한 문제를 공략했다.

Merck는 몇 년동안 HIV 감염에 대항할 백신을 개발하려고 시도했다. 이 회사는 바이러스와 세포 생물학 연구가 B형간염에 대한 세계 최초의 DNA 재조합 백신을 성공적으로 생산했다는 사실과 Merck가 그들에게 특별한 전문기술을 가져다 줄 수 있는 생물공학 회사와 파트너가 될 수 있다는 사실에 고무되었다. 이들 회사 중 하나인 Repligen은 바이러스 표면 상의 V3 고리를 발견했으며 Merck의 과학자들은 바이러스의 이 부위를 이용하여 백신제작을 시도하였다. 회사는 또한 HIV 감염에 대항할 수단으로 단일클론 항체의 이용을 시험하였다. 이러한 접근방식은 모두 실패하였다. 예를들어 1990년에 Merck의 백신연구자들이 발견한 건 초기 바이러스 감염이 일어나는 기전은 이해하기 어렵다는 것 등이다. 비전문가의 용어로 그들은 어둠속에서 더듬고 있었다.

오늘날 Merck는 Merck 연구소와 다른 연구자들이 최근 5-6년 동안 수행한 HIV 백신 분야에서 기초연구를 구축하고 있다. Merck의 과학자들은 몇 가지 새로운 방향과 조사를 위한 기술을 가지고 있다. 바이러스와 감염과정에 대한 지식이 증가함에 따라 그들은 어떤 방식이 성공하고 실패할지에 대해 점점 더 명확히 알 수 있게 되었다. 따라서 Merck의 바이러스와 세포 생물학 연구는 백신 프로그램에 다시 집중할 수 있었다. 그러나 HIV 감염의 면역학과 HIV 백신학에 대한 기초연구의 부적합한 기반 때문에 지난 몇 년을 안전하고 효과적인 백신을 개발하기 위해 노력하면서 소모하였다.

다행스럽게도 같은 기간 동안 Merck와 다른 회사들은 성공적인 HIV 치료를 위한 몇 가지 다른 경로를 발굴해 왔다. 주요 대상은 바이러스가 그 RNA를 전 바이러스성 DNA로 전사하는 과정에 관여하는 효소였는데 이것은 숙주세포의 유전물질에 융합된다. 이들 중 하나는 역 전사효소로 바이러스 복제의 첫 번째 단계를 조절한다. AZT(zidovudine)는 자연적인 뉴클레오시드를 억제하여 HIV의 생주기(life cycle)를 저해하는 화합물의 하나이다. 그러나 AZT의 부작용, 상대적으로 낮은 항바이러스성, 약물에 대한 내성을 부여하는 바이러스의 변성 능력등으로 인하여 Merck의 과학자들은 보다 더 효과적인 비 뉴클레오시드 계열 역전사 억제제를 찾기 시작했다.

Merck는 2년간 23,000 가지의 화합물을 검사하여 몇가지 비 뉴클레오시드 계열 억제제를 발견했다. 그러나 초기 임상 시험단계에서 나타났듯이 바이러스는 이들 약물에서도 거의 AZT에서 만큼이나 성공적으로 변이되었다.

Merck는 HIV 연구 중 단백질 분해효소에 초점을 맞춘 세 번째 부류에도 박차를 가하였다. 몇 년전 정부 지원의 암 연구에서 닭의 종양과 관계된 바이러스의 확산에 관여하는 단백질 분해효소의 역할을 분석한 논문이 발표되었다. 그러한 연구에 친숙한 Merck의 과학자들은 HIV의 복제에 단백질 분해효소가 중요한 역할을 할 것으로 기대한다. 그러나 Merck 연구소의 Nancy Kohl 박사와 연구진들이 단백질 분해효소가 HIV의 복제에 핵심적인 역할을 하는 것을 실험으로 증명한 이후 단백질 분해효소가 좋은 연구대상이 된다는 것은 확실해졌다. 이들은 기초연구의 전통에 따라 논문을 "Proceedings of the National Academy of Science"에 발표하였다. 이후 Merck와 NIH의 연구자들은 단백질 분해효소의 결정구조를 확인했다. 이 연구는 경쟁자들에 대해 가치있는 독점정보로 고려되었으나 이 회사의 과학자들은 신속하게 이 결과들을 다른 사람들이 이용할 수 있도록 하였다.

이러한 작업이 진행됨에 따라 MRL 연구자들은 질병의 이해와 치료에 대해 또 다른 핵심적 기여를 하였다. 그들은 HIV turn-over의 분석을 수행하였고 Merck의 비 뉴클레오시드 길항제의 일종에 관한 연구에 근거하여 HIV의 감염성이 매우 높고 연속적인 과정이라는 것을 예측하였다. Aron Diamond AIDS 연구센터의 David Ho, NIH의 Tony Fauci, Alabama-Birmingham 대학의 Xiping Wei 등에 의한 일련의 연구는 바이러스가 높은 비율로 복제되고 다년간에 걸쳐 이들을 검사할 수 있는 면역시스템의 능력을 퇴화시키는 것을 증명하였다. 궁극적으로 환자는 점차 AIDS로 진행된다.

Crixivan 이전에 모든 반-레트로바이러스 치료는 혈장 바이러스 수준의 일시적 감소만을 증재함으로 인해 그 효용성이 제한되었다. Merck와 다른 제약회사, NIH

및 대학 소속 과학자들의 연구에 의해 저항력 있는 변종 바이러스가 궁극적으로 선택되기 때문에 이들 치료가 실패한 것이 알려졌다. Merck의 Jon Condra와 연구진의 연구에서는 다른 과학자들이 비교적 적당한 항바이러스 치료의 존재 하에 감염의 진행과 저항성의 증대에 대한 새로운 개념을 향해 나아가는 것을 지적했다. Crixivan에 대한 바이러스의 저항성에 대한 Merck의 연구에 의해 저항성이 다중 변성의 시기에 걸쳐 지속적인 축적을 필요로 하며 저항성에 대해 매우 높은 유전적 장벽이 존재한다는 것이 밝혀졌다. 복제의 진행을 억제하면 바이러스가 저항력을 생성하기 위해 필요한 변성을 진행하지 않는 것 같다. 성공적인 항바이러스 치료는 순환되는 바이러스의 RNA 수준을 이용 가능한 검사법의 검출한계 이하로 감소시켜야 하는 것을 알았다. 이러한 직관은 이제 보편적으로 인정되며 3중 조합 치료에서 AZT, 3TC와 함께 Crixivan을 사용한 환자에게 기대한 수준의 감소가 달성되었다.

HIV/AIDS 연구를 위한 다른 강력한 대상이 있는가? 그렇다. 과학자들은 숙주세포에서 HIV 유전체가 통합 기능을 수행하는 integrase 효소를 목표로 하는 네 번째 공격 방식을 개발한 것 같다. 이는 감염성 세포로부터 HIV를 차단하는 또 다른 수단이 된다. 하지만 최근까지 integrase 효소에 대해 알려진 것이 거의 없다. 초기 기초연구로 집속된 부가적 연구력은 효과적인 HIV 치료의 추구라는 측면을 가속화할 수 있다. 기초 백신연구에서도 그렇다. Merck와 같은 회사는 오솔길을 피할 수 있었으며 1980년대에 기초연구 재정이 확장되었다면 다른 목표에 그 재원을 집중할 수 있었을 것이다.

바이러스와 질병에 대한 기초 지식이 초기에 결여되었기는 하지만 Merck는 지난 십년간 학습하고 성취한 것에 대해 상당히 만족할 수 있다. Merck는 Crixivan의 개발을 가장 자랑스럽게 여긴다. 상당히 우아한 화학, 뛰어난 공정 연구와 공학의 좋은 도구와 제조분과의 확고한 노력이 없이는 Merck가 임상시험을 완료하고 절박하게 치료를 필요로 하는 많은 환자를 치료하기 위한 이 복잡한 분자를 충분히 제조할 수 없었을 것이다. Merck는 모든 다른 HIV 치료에 지친 환자를 위한 온정적 사용 프로그램을 조직했다. 이것은 FDA와 다른 세계적 조정 기관이 판매를 위해 Crixivan을 승인하기 이전 일년 동안 행해졌다.

현재 여러 해 동안 Merck가 신약을 개발했다고 말하기에 충분할 것이며 다른 이들이 기초와 응용, 원천과 개발 등의 범주로 나누는 연구들 사이에서 가시적 경계나 확실한 질적 차별은 없다. 회사의 관점에서 이는 모두 사회에 봉사하는 좋은 의 과학이었으며 이는 한 세기에 걸친 Merck의 핵심 사명이었다.

## 콜롬비아 대학과 VIMRx 제약회사

1996년에 콜롬비아 대학의 연구경비는 232백만달러에 달하였고 그것의 대부분은(약 194백만달러) 정부 및 계약으로부터 발생한 것이었다. 그러나 최근에 콜롬비아 대학에서 점차 커가고 있는 부분의 연구는 산업체에 의한 직접적인 연구비 지원, 즉 공동연구와 같은 산업체와의 협력연구이다.

콜롬비아 혁신 기업(Columbia Innovation Enterprise : CIE)은 지적소유권을 평가하고 인증하는 활동, 기술이전을 촉진시키는 활동, 연구개발에 대한 민간부분 연구비 지원을 증가시키는 활동에 종사하는 연구소를 통하여 콜롬비아 대학은 산업체와 새로운 형태의 협력을 탐색하고 있다. 1997년 봄, 콜롬비아 대학과 VIMRx 제약회사는 성공하면 콜롬비아와 다른 지역에서 비슷한 협력관계 모델을 형성할 수 있는 협력연구에 대한 협약을 체결하였다.

이 협약조건아래 콜롬비아 대학이 10%의 지분을 소유하고 있는 VIMRx의 자회사는 콜롬비아대 게놈센터(Genome Center)에서 개발된 기술에 대한 독점적인 허가권을 소유하였으며 그 대가로 VIMRx 자회사는 5년간에 걸쳐 동 센터에 30백만달러를 제공하도록 할 것이다. 콜롬비아대 게놈센터는 인간게놈과 선정된 모델 유기물에 대한 유전자지도, 연결관계, 유전자 발견, 그리고 기술개발에 종사하는 연구소이다. 유전자 구조에 대한 구조에 대한 새로운 기술과 정보의 폭발은 유전적으로 기초된 많은 질병과 연계되어 우수한 인간 유전인자에 대한 검색을 가능케 하였다. 콜롬비아대 게놈센터에서 일하는 연구자들은 암, 알츠마이어 질병 등 과 관련된 특정 유전인자를 찾는 연구활동의 선두에 있다. VIMRx 회사는 개인의 유전적 화학물질에서 병을 유발시키는 단서를 제어함으로써 해서 병을 치료하고 예방하는 기술개발에 종사하는 개발단계의 회사이다. 그 협약에 대해 양자는 첨단연구결과를 상업화할 수 있는 상품으로의 전환을 허용할 새로운 약정으로 잠재적인 이득을 취할 것으로 생각된다. VIMRx는 그 자체로는 수행하기에 기대할 수 없는 세계수준의 연구를 접할 수 있고 반면에 콜롬비아대는 상당한 양의 연구비 추가지원을 받게 되었다. 이 협약은 5년동안 지속될 것이며 그 후에 콜롬비아대와 VIMRx의 상호 동의에 따라 그 협약이 지속될지에 대한 결정이 이루어 질 것이다.

한편, 이와 같은 산학협력연구 사례는 대학/산업체간의 상호작용에 관해 여러 가지 문제점을 제기한다.

- 대학연구센터가 광범위한 산업체 연구프로그램에 참여하는 것이 개인연구프로젝트의 목적지향적 프로그램보다 더욱 더 회사의 상업적인 이득으로 이끄는 결과를 초래할 것인가?
- 연구결과의 상업화 추진 및 그 과정에 의해 대학연구센터에서 수행된 연구의 성격이나 혹은 본질이 변화되는가?
- 연구결과의 상업화에 따른 소유권 요구로부터 전통적으로 대학연구결과를 공개해왔던 경향에 변화가 있을 것인가?
- 이와 같은 산학협약은 다른 회사가 비슷한 방법으로 산학협력을 추진하는 것을 고무시킬 것인가 혹은 대학과 특정회사 사이의 독점협약에 따라서 다른 회사들이 참여하는 것을 좀더 어렵게 할 것인가?

## Pfizer의 기술혁신

화이자사는 인간의 건강과 삶을 향상시키기 위해 기술혁신에 종사하는 보건관련 회사이다. Norvasc(긴장해소용), Zolofit(우울증치료용), Zithromax(박테리아감염대비용) 그리고 Diflucan(곰팡이 감염대비용)과 같은 Pfizer사의 약품은 전세계적으로 수백만의 환자들에게 큰 도움을 주고 있다. 이들 약품들은 이전에 제공되었던 치료제보다 훨씬 향상된 약효를 추가하여 환자들의 질병을 치료하는데 큰 역할을 하고 있다. 그러나 아직도 더 안전하고 더 효과적이며 그리고 좀더 편리한 약품과 치료제가 요구되고 있는 것이 사실이다. 이러한 약품과 치료제의 부족은 결과적으로 조기사망, 삶의 질의 저하 그리고 비싼 경제적인 비용을 야기시키고 있다. 인구의 노령화와 점증하는 비용부담은 훨씬 더 새롭고 효과적인 해결책을 요구하고 있다. 이러한 요구들은 기초 생명의학의 급속한 발전에 기초하여 질병을 진단하고 치유하고 예방하는 신기술에 의해 해결되어져 갈 것이다.

## Pfizer의 기초생명의학 연구에 대한 도전

최근 생명의학의 진보는 대학과 의학센터, 연구소 그리고 정부실험실에서 수행되는 기초생의학 연구에 기반을 두고 있다. 생명의학에 대한 연구는 질병과정에 대한 이해 증진에 초점이 맞추어져 왔다. 질병이 어떻게 그리고 왜 발생하는가에 대한 필수적인 질문을 제기하는 과정에서 그러한 연구는 생물학적 기능에 대한 기초적인 과학적 통찰력을 제공해 준다. 기초연구는 또한 결과적으로 추가적인 연구를 수행하기 위한 필수적인 도구나 기술의 역할을 하기도 한다. 즉 이들 연구들은 최초 연구자(original researcher)에 의해 기대되지 않았던 방법으로 연속적으로 결합하고 응용되어 완전히 새로운 과학적 조사와 기술개발의 길을 열어놓는다.



인간게놈프로젝트(Human Genome Project)는 그러한 연구의 한 사례다. 1990년에 전체 인간유전인자 지도 작성을 목표로 하여 미국립보건원(NIH)에 의해 시작된 이러한 연구는 분자세포생물학, 유전학, 미생물학, 컴퓨터과학, 그리고 로봇공학과 같이 본질적으로 서로 다른 분야에서의 초기연구 및 기초적인 진보에 의해 가능해졌다. 서로 다른 분야에서의 이러한 연구노력은 궁극적으로 생물학의 주요인자들인 단백질의 생성을 통제하는 유전인자의 구조, 기능 및 상호작용을 구명함으로써 해서 신체기능 및 질병과정에 대한 훨씬 나은 이해를 제공할 것이다. 그것은 또한 보건 및 질병지식에 대한 점증하는 복잡성을 조명해줄 것이다.

## Pfizer의 반응

화이자사는 다양한 분야에서의 신기술들의 통합을 시도함으로써 해서 기초과학의 진보에 기여해 왔으며 동시에 학술연구자들과의 상호작용을 촉진하여왔다. 1997년에 신약발견과 개발에 약 20억달러를 투자함으로써 해서 화이자사는 환자들이 필요로 하는 좋은 치료제를 발견하고 개발하는데 기초연구결과와 신기술을 통합하려 시도하였다. 이것은 장기적이고 위험부담이 있으며 적극적으로 관리되어야 하는 고비용적인 기술혁신과정을 대표하고 있다.

기초생명의학연구가 화이자사에 어떤 역할을 하였는가. ? 가장 중요한 것은 신약발견과 개발과정을 증진시키는 사고를 촉진하고 아이디어를 발생시키는 역할을 수행하였다는 것이다. 화이자사는 사전에 수행된 기초연구로부터 도출된 모든 새로운 실험실 도구와 기술들을 화이자사의 약을 개발하는 노력으로 통합하였던 것이다. 이러한 과정에서 중심적인 역할을 대표하였던 화이자사 과학자들은 기초연구를 수행하였을 뿐 아니라 지금 새로운 개발을 좀더 빠르고 효과적으로 추진할 수 있도록 학제간 프로젝트를 수행하고 있다. 화이자사는 재정적 지원에 의한 연구협력 및 기초연구 수행을 위한 연구비 지원과 같은 다양한 수단을 통하여 대학연구를 지원할 뿐 아니라 또한 대학의학센터와 협력하여 의약 개발과정에서 대규모의 임상실험을 수행한다.

화이자사의 혁신적 방법과 전략은 근본적으로 신약발견과 개발 과정을 창조하기 위해 기초연구결과들과 기술적 도구들을 통합시키는 것이었다. 화이자사는 유전자정보를 의약개발에 통합시킨 개척자가 되었다. 기초연구로부터 도출된 기술들을 통합하기 위해 화이자사는 다양한 형태의 중소기업과 대학연구자들과의 초기단계 협력에 초점을 맞추어 왔다. 화이자사의 전체 연구협력 수는 270개에 이르고 화이자사를 기초연구를 이해하고 촉진시키는 위치로 부상시켰다. 이러한 접근은 사전에 선정된 개발분야에 한정하지 않고 기대하지 않은 새로운 분야에 대한 예측하지 않

은 연구부산물에 대한 이익을 주면서 화이자사에게 과학이 줄 수 있는 새로운 방향과 기회를 추구할 수 있는 유연성을 주었다. 화이자사는 이러한 협력적인 노력을 연구개발 혁신망(Web of R&D Innovation)으로 표현하고 있다. 화이자사는 1996년에 2천만번의 실험을 수행하여 18개의 신약가능성이 있는 물질을 생산하였다.

화이자사는 지금 100개 이상의 연구프로젝트로 역사 이래 어느 시기보다 많은 프로젝트를 보유하고 있다. 이들 성과중 많은 부분이 부분적으로는 기초생명의학연구로부터 발생하였다. 최종결과는 조만간 환자들에게 가용한 더 많고 혁신적인 신약으로 나타날 것이다.

### 주요 최종요점

화이자사의 사례에서 확인할 수 있는 몇 가지 주요 교훈은 아래와 같다.

- 보건과 삶의 질을 향상시키고 환자들의 요구를 충족시키는 중요한 약품을 생산하기 위해서는 기술혁신이 필수적이다
- 기초생명의학연구는 질병에 대한 근본적인 통찰력을 제공하고, 새로운 기술도구와 기술을 개발하여 혁신적 보건환경을 제공하는데 있어 중요한 역할을 수행한다.
- 기초생명의학의 연구결과는 종종 예측치 않고 기대하지 않았던 방법으로 창의적으로 적용되어 의약품의 혁신에 기여한다.
- 신약개발 과정은 새로운 기술과 다차원적인 팀 접근. 그리고 기초연구결과를 통합시키는 과정이 요구되며, 산업체와 대학 각자는 이러한 과정에서 중요하지만 다른 역할을 수행한다
- 기초생명의학연구는 현재의 가능성을 깨닫고 궁극적으로 미래 기술혁신 기반을 형성시킬 새로운 기술분야를 창조하기 위해 모든 분야로부터의 지속적인 지원을 필요로 한다.

### PROCTER & GAMBLE의 유전공학화된 효소개발

미국과 영국에서 세제 향상을 위하여 종합세제에서 효소가 처음으로 사용된 것은 30년전으로 거슬러 올라간다. 풀, 피, 기름과 같이 제거하기 어려운 많은 때들은 그들의 크기가 줄어들 때 좀더 쉽게 제거되는 매우 큰 분자세포들로 구성되어 있다. 단백질분해(proteases) 등의 방법은 이들 때들을 제거하는데 매우 효과적이다.

효소는 1960년에 세제로써 성공적으로 소개되었다. 이러한 성과는 세탁상품의 전반적인 청결력을 향상시키기는 하였으나 흡입과 관련한 알레르기 반응에 대한 새로운 문제를 유발시켰다. 나아가 이러한 문제는 효소에 대한 좀더 광범위한 사용 등에 조심스런 접근을 하게 만들었고 마침내, 1974년에 세제산업은 자발적으로 그 산업이 안전함을 확신할 수 있을 때까지 시장으로부터 모든 효소를 철수시키게 하였다. 이러한 조치는 흡입과 관련한 알레르기 반응 문제를 해결하는 효소포함 분자가 개발되고 나서야 재소개 되었다.

1970년대 늦게, 새로운 생명과학기술이 출현하였고 과학자들은 Procter&Gamble사가 효과적이고 안전하게 소비자 상품에서 전문적이고 탐구적인 생명기술을 개발할 수 있을 것이라고 확신하였다. Procter&Gamble사는 유명대학의 주요 학과로부터 능력있는 인재들을 모집하여 소규모의 생명기술 그룹을 만들었다.

초기부터 Procter&Gamble는 기초과학 발견물의 상업화는 경험있는 산업체 협력자가 있어야 함을 인식하였다. Procter&Gamble는 공동개발을 제안하기 위해 두 개의 유명회사인 덴마크의 Novo와 미국의 Genecor를 선정하였다. Genecor는 분자 세포 모델링과 유전자 이식에 있어서의 첨단기술을 보유하고 있었으며 Novo는 발효규모(fermentation scale-up)에 있어 가장 진보적이었다. Genecor(소규모로 시작한 생명기술 회사)는 매우 열성적이었으며 Procter&Gamble는 처음에 그들과 함께 작업했다. Novo는 초기 상품 성공이 그들의 효소업에 영향을 갖기 시작하자 관심을 갖게 되었다. Procter&Gamble가 그들의 생명과학 전문성에 대해서는 잘 알려져 있지 않았으나 대규모 양적으로 시장성공을 하면서 신기술을 상품으로 상업화하는 것에 대해서는 인정되었다.

거의 십여년 동안 Procter&Gamble는 가장 가능성 있는 효소의 유전자 구성을 제작하기 위해 DNA 기술을 사용하도록 요구하는 생명과학에 대한 기초이해를 개발하는 협력연구를 수행하였다. 이것은 좀더 효과적이고 유전적으로 공학화된 효소 개발을 가능하게 하였고 이들 물질에 대한 얼마간의 유용한 산업적 경험을 얻도록 하였다.

P&G사는 기초연구조직과 상품개발그룹과의 효과적인 연계를 통하여 성공적이고 안정적으로 전세계에서 사용하고 있는 세제를 개발하게 되었던 것이다.

Procter & Gamble사는 수년동안 기초연구에 대한 접근을 전략화하면서 효과적인 지침을 개발하였다.

첫째, 많은 발견이 전적으로 Procter & Gamble사 자신의 연구실내에서 발생하였

지만 P&G사는 어떠한 연구조직도 자신 스스로 모든 과학적 발견을 만들 완전한 능력을 갖고 있지 않다는 것을 인식하고 있었다.

둘째, 새로이 등장하는 중요한 관련 기술이 나타날 때, 의식적으로 내부 전문성을 창조하고 강력한 핵심기술을 설립하라. 외부전문기술을 이전시키기 위한 핵심내부 전문성은 필수적이다.

셋째, 가장 중요한 사업의 문제를 공격하기 위해서 회사의 선도기술을 이용하라. 이것은 기술과 사업전략의 연계를 의미한다.

마지막으로, 기술을 상업화하라. 새로운 기술진보를 우수한 상품으로 연결시키는 것이 중요하다. 위대한 과학은 그것이 새로운 상업적인 기회를 초래할 때에 효과적이라는 것이다.

## 하버드 대학의 MBB(Mind/Brain/Behavior) 연구

### 차이를 만드는 지식

Mind/Brain/Behaviour(MBB)는 인간의 사고, 감정 그리고 행태를 야기시키는 생물학과 문화의 복잡한 상호작용을 조사하는 하버드 대학 차원에서의 사업이다. 우리의 뇌가 유사하다면 왜 인간은 서로 다른가? 언제 그리고 왜 인간은 합리적으로 행동하는가? 시간이 지남에 따라 뇌는 어떻게 변하는가? 문화와 뇌는 어떻게 상호 작용하는가?

하버드의 우수한 연구인력간의 협력연구사업인 MBB는 하버드 총장인 Neil Rudenstine 시절인 1992년에 4개의 다른 내부사업과 함께 추진되었다. MBB는 우리 사회와 관련된 주제를 탐구함에 있어서 다양한 분야로부터 전문가를 포함한다. MBB는 공공정책 전문가, 법률가, 신학자, 물리학자, 인류학자, 역사가, 철학자 그리고 조직 연구자들이 혁신적이고 대학 외부의 기관 커뮤니티에 차이를 만들도록 디자인된 프로젝트를 개발하고 신경과학 및 심리학 분야에서 실험실의 연구자들과 힘을 결합할 수 있도록 한다.

## 연구자교류와 실무그룹

MBB의 학제간 작업은 대학내 35명의 학자들로 구성된 연구자교류(Faculty Fellowship)에 뿌리를 두고 있다. 그러한 교류는 생물학과 문화의 복잡한 상호작용에 초점을 맞춘 일련의 세미나와 토론을 위해 1년에 6번 모임을 갖는다. 그 연구자 모임은 효과적인 협동을 하는데 가장 큰 장애물은 오해라는 것을 발견하였다. 따라서, 각 학자들은 토론시에 해당분야의 독특한 가정, 특수용어 그리고 문제 접근 방법 등을 가지고 왔다. 이들 토론은 각 연구자들이 새로운 아이디어를 발생시킴에 있어서 관점과 방법론적인 접근을 교환할 수 있게 해 주었다. 교류회에서의 이러한 상호작용을 통하여 연구진들은 단일 분야에서 효과적으로 관리하지 못하는 학제간 조사를 위한 특별한 주제를 식별할 수 있었다. 실무그룹이라 불리우는 좀더 소규모의 협력그룹은 이들 주제에 대해 초점을 맞춘 연구를 할 수 있도록 구성되었다. 각 실무그룹은 교류회 위원들에 의해 관리되며 하버드 커뮤니티 내□외부의 광범위한 분야를 포함한다. 실무그룹 주제는 3개의 커다란 범주중 하나로 분류된다 : 이성과 감정, 학습과 발전 그리고 건강과 질병.

MBB는 이미 실무그룹으로부터 구체적인 결과를 보아왔다. 예를들어 “사회문화적 세계에서의 뇌”라는 실무그룹은 치료에 있어 플라시보 효과에 대한 이정표적인 컨퍼런스와 관련 서적을 생산하였다. “약과 중독” 그룹은 최근에 미국의 약품정책에 있어서의 최근 논점에 대해 고위 정부 관료에게 브리핑하였고 “초기 뇌 개발” 그룹은 읽기 어려움(READING DIFFICULTIES)을 위한 뇌 기초에 관해 국가 회의를 계획하고 있다.

## 연구와 교육

MBB 위원회는 혁신적이고, 학제적인 연구를 지원하고 있다. 소속 과학자들과 학생, 그리고 MBB에서 일하고 있는 박사 후 연구원들은 연구위원회에 신청서를 제출하도록 요구받고 있다. 최근에 지원받고 있는 프로젝트들은 다음과 같다. 시각인식과 정신과정 간의 관계, 그리고 걱정과 두려움의 신경생물학적 기원 등이 포함된다.

소속과학자들은 또한 대학 인가 프로그램을 만들었다. 그 프로그램은 생물학, 컴퓨터 과학, 과학사, 심리학 등 대학내 4개의 학과에서 주관하고 있다. 이 프로그램은 모든 학과에서 공통인 MBB 과정과 학제간 세미나, 그리고 연구논문을 통합하였다. MBB에 의해 고안된 혁신적인 새로운 과정은 “인간행태와 뇌 개발”, “신경과학의 철학”, “도덕의 생물학” 및 기억과 상상“ 등이 있다.

## 구조와 지도력

MBB는 심리학자와 과학사학자로 구성된 공동이사들과 타학과 과학자들로 구성된 운영위원회에 의해 운영된다. 이사들은 MBB의 연구와 교육 우선순위를 정하고 운영위원회와 대학의 provost와 상의하여 프로그램의 활동을 관찰한다.

MBB는 야심찬 실험이다. 루덴스텐 총장의 비전에 맞추어 MBB는 우리 모두의 일인 복잡한 문제를 해결하기 위해 여러 분야의 과학자들을 통합하여 대학 외부의 생활과 연결시키려 시도하고 있다.

## IBM RESEARCH

IBM의 연구기능은 미국 내의 3개 연구실과 베이징(beijing), 하이파(haifa), 도쿄(tokyo), 쥘리치(zurich)의 4개 국제 연구실로 구성된다. 이들 연구인력은 약 2000명의 이공계 전문가로, 대부분 Ph.D 학위 소지자들이다. 이들의 연구분야는 IT 거의 전 분야를 망라할 만큼 회사의 기대에 부응하여 매우 넓다. 뿐만아니라 IBM COMPANY의 사업적 필요에 의한 일로서, 선택적인 신기술과 사업에 필요한 기술에 우선하는 과학적 이해를 제공하는 기초연구 분야에서 연구를 수행하기도 한다. 이러한 연구비 지원의 대부분은 다양한 IBM 상품과 판매 조직에서부터 나오는 것으로 회사본부에서 지원한다. 연구비의 극히 일부는 정부 계약에 의한 외부 자금과 경우에 따라서 외부수입원으로부터 공급된다.

이러한 연구는 회사의 기본적인 역할은 유지하면서 기회와 책임 모두를 갖고 조직적으로는 IBM사의 개발기능으로부터 독립되게 된다. 이러한 독립은 새로운 기술과 그에 대한 적용, 기초 연구의 수행 및 독립적인 기술적 조언을 모회사인 IBM의 생산그룹이 맡고 있는 현재와 미래의 상품 방향성에 제시하고자 실험적으로 연구할 수 있는 역할이 허가된다. 이러한 독립성은 IBM 회사에 공헌하고 알려진 가치의 책임을 지적재산의 창조, IBM 생산라인에 빠른 도입을 위한 리더쉽 기술의 생산 및 개발, 세계적 수준의 과학기술로의 대중적 인식을 통한 IBM사의 기술적 이미지 강화, 생산과 영업 그룹이 그들의 사업전략을 창조할 수 있도록 가이드라인을 제시하고 자극할 수 있는 미래에 대한 기술적 관점 창조 등을 통하여 성취한다. 우리 IBM사의 목표를 달성하기 위해 회사 내부적으로 30개가 넘는 조직에서 연구가 진행되고 있다.

성공적인 연구 조직은 적절한 프로그램이 정의 되고 이러한 프로그램들이 연구로서, 그리고 결과가 회사의 나머지 부분으로부터 투자대상이 될 수 있는 가치로 변환되는데 효과적이어야 한다.

연구계획단계는 IT 산업의 미래 경향을 분석하기 위한 연례회의(annual exercise)와 함께 시작한다. 비록 소형화, 선회속도 및 저장용량의 증가 등 기본적인 기술경향에 초점을 맞추게 되지만, IBM이 존재하는 가까운 미래 이내에 대외적 환경을 정의하기 위한 사회적, 사업적 경향도 분석되게 된다. IBM과학과 탐구 프로그램이 종종 IT산업의 변화를 야기하더라도 연구는 주요 변화의 상당수가 IBM 외부의 연구실이나 회사에서 나온다는 것을 확실히 인지하므로, 우리는 우리의 전문성이 대외적인 과학 기술사회와 조화를 이룰 것을 기대한다. 미래의 더 명확한 관점을 위한 필요(특히 기초 기술 이외의 방면에서)는 장기간 시장 계획의 소규모 전문가 그룹을 설립하는 연구에 있어서의 동기를 제공했다. 이러한 미래에 대한 관점을 이용하여, IBM사의 기술 전략가들은 예상되는 경향 뿐 아니라 IBM의 생산라인에서 기술적 리더쉽을 공급하기 위해 서로 협력하는 IBM 자회사들의 최근 요구를 고려하여 연간 계획을 준비한다.

연간계획을 생산함으로서, 기업경영진이 연구개발(research)의 성공을 추적하고 모니터링하는 것이 IBM사에 그 가치를 전달하면서 존재하게 된다. 매년 말 각 부서장이 연간 실적을 비평하기 위해 모인다. 이 리뷰(review)는 결과의 전달은 물론 협력 관계가 IBM사의 다른 분야에서 필요로하는 기술과 방향을 전달하는데 성공한 정도(전략의 설정, 사람들간의 관계 등), 연간 미국에 등록된 특허의 수, IBM 연구자들에 의해 받게 되는 외부의 상이나 다른 승인(노벨상, 국가메달, 연구비 등), 연간 자산에 있어서의 중요한 결과 등 IBM에 영향을 주는 것 뿐 아니라 과학이라는 큰 영역까지에서 숙고한 IBM내 다른 부서에 의한 평가를 포함한다. 이러한 측정은 최종 결과가 연구인력의 보수로 바뀌는 것만큼, 경영과 비경영 개별 연구 모두에서 중요하게 받아들여진다. 가장 중요한 것은, 이러한 연구행위의 철저한 재평가(review)가 IBM 연구개발이 얼마나 잘 회사에 기여하였는가에 대한 피드백(feedback)의 훌륭한 자료가 된다는 것이다.

## BBN과 DARPA

정부의 가장 중요한 역할 두가지는 경제적인 안정을 유지하고 안보를 지키는 것이다. 오래전부터 창의적 혁신 기술개발이 새로운 역량을 발굴, 산업과 일자리 창출

에 기여한다라고 알려져 오고 있는데 학문 중에는 컴퓨터공학 분야가 정부부처 중에는 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)에서 이러한 현상이 두드러지고 있다.

원래 ARPA(Advanced Research Projects Agency)은 1957년 소련의 인공위성 발사 직후 미래 기술을 이끌어가는 리더로서의 위치를 다지기위한 미국의 즉각적인 대처 방안으로 아이젠하워 정부에 의해 신설되었다. 그러나, 수년간에 걸쳐 ARPA는 위험도가 높더라도 고부가 가치(high-risk, high-pay-off)의 장기 기초연구로 관심을 전환하여 왔다. ARPA는 미국의 우수대학, 공공/민간 연구소로부터 과학자들을 끌어모아 그들의 새로운 아이디어를 실험토록 함으로써 미국에서 가장 저명한 과학자들로 이루어진 집단을 설립했다.

30년 이상동안 BBN Technology는 ARPA의 주축이자 혁신을 이끌어가는 주체(인터넷의 선구자)로서 ARPA와 오랫동안 좋은 관계를 유지해왔다. 네트워크의 개발 시점인 1960년대 후반부만 하더라도 ARPA 소속 과학자들은 서로 다른 지역에서 서로 다른 OS(Operating Systems)로 운영되는 다른 컴퓨터를 사용하고 있었다. ARPA는 이러한 컴퓨터를 전기적으로 연결함으로써 다른 연구소에 있는 연구자들과 쉽게 결과를 공유할 수 있으리라 생각했다. 그래서 ARPA는 패킷교환방식(데이터 전송방식의 하나로서 자료를 작고 일정한 단위길이로 나누어서 전송하는 방식)에 기초를 둔 실험적 네트워크 설립을 요구했다.

DARPA가 패킷교환방식 개발에 대한 제안요청서를 보냈을때, BBN은 프로그램 테스트, 성능 체크, 충돌 핸들 방법, 컴퓨터 및 회선 불량 복구방법, 패킷의 큐잉과 전송지연을 다루는 계산, 수식, 테이블 등에 관한 광범위하고 상세한 설명으로 응답했다.

BBN이 개발자로 선정되자 BBN의 공학자들은 통합네트워크를 구축하는 소프트웨어를 설계했다. 그들은 프로그램들 사이의 충돌을 없애고자 프로그램간의 상호작용에 관해 연구했다. 그리고, 그들은 모든 컴포넌트가 원활히 작동하여 많은 사용자들이 시스템의 복잡성을 미처 깨닫지 못하는 시스템을 개발하였다. 1970년대 초반 BBN은 최초로 패킷교환방식 네트워크를 성공적으로 개발, 급속도로 확산시켰다.

ARPANET의 설계 및 실현을 위한 최초의 목표는 좀더 심오한 실현 기술이 요구되는 프로토콜과 분산컴퓨팅 기술에 대한 새로운 관심을 야기시켰다. 1975년까지 DARPA 내에서의 프로토콜에 대한 조사결과 나중에 인터넷이라고 불리게 되는 네트워크내의 네트워크라는 개념을 이끌어 냈다. 그리고 전세계적인 네트워크의 연결을 위해 TCP/IP도 개발되었다. 동시에 DARPA, BBN 및 각 대학 전산연구소는



분산항공교통관제와 병원 통합의료기록관리 등과 같은 응용프로그램에서 컴퓨터간의 통신능력이 미치는 영향을 조사하기 시작했다. 그리고 이러한 통신전달을 수행할 새로운 운영소프트웨어가 필요하게 되었다. 이러한 분야에서의 초기연구결과는 요구되는 응용프로그램개발이 매우 복잡하고 어렵다는 것이었다. 그래서 두 분류로 나누어 개발에 착수했다. 하나는 E-메일, TELNET, FTP와 같이 제한된 분야에서 즉각 이용 가능한 직접응용 프로그램을 개발하는 쪽으로, 반면 다른 하나는 광범위하게 사용될 수 있는 일반적 목적의 응용프로그램 개발에 초점을 두었다. 후자의 연구는 미들웨어라는 새로운 분야를 창출하게 되었는데, 미들웨어라고 불린 이유는 광범위한 사용을 위한 풍부하고 단순한 네트워크 환경을 제공하기 위해 네트워크와 응용프로그램사이에 위치되었기 때문이다.

DARPA의 지속적인 지원 및 시험적인 방법을 채택함으로써, BBN은 1970년대말 2가지 세대의 미들웨어를 개발, 시험 및 평가하였다. 첫 번째 작품은 메시지 전달 패러다임에 근거한 동종시스템간의 환경에서 분산컴퓨팅에 대한 해법을 제공하였다. 두 번째 작품은 좀 더 일반적이며, 이종시스템간의 환경에서 부가적인 해법을 제공하는 역할을 하였다. 이러한 기술적인 시험을 상당히 성공적이었음에도 불구하고 이를 경제적으로 컴퓨터 기술기반에 적용실적은 미미한 편이었다.

실제 그 당시 컴퓨터 환경은 소량대형컴퓨터 시스템에서 대량소형컴퓨터 시스템으로 전환되고 있었으며, 기술력의 혁신으로 값싼 시스템의 구입이 가능하게 되었다. 네트워크 또한 이서넷과 같은 기술의 개발로 소량대형 네트워크체계에서 다량소형, 근거리 관리 네트워크로 변화되었다. 더욱이 어셈블리어에서 C, LISP 등 고급언어로의 프로그래밍 환경변화는 더욱더 복잡하게 요구되는 응용프로그램의 개념화 및 개발이 가능하게 하였다. 신기술의 적용은 과거의 구형컴퓨터 체계를 대체할 수 있을 것이라는 확신이 생기게 되었다. 미들웨어 또한 다양한 컴퓨터 기술의 진보에 따라 크기 및 범위에 보조를 맞추어 개발이 필요하게 되었다.

결과적으로 1981년 시작된 BBN의 3세대 미들웨어시스템 크로너스는 분산객체 컴퓨팅기술에 기반하고 있다. 이러한 접근은 급격히 변화하는 컴퓨팅 환경과 완전히 다른 컴퓨터간의 환경에서 회사들이 복잡하고 분산화된 응용프로그램을 개발할 수 있도록 해 주었다. 다양한 종류의 신형컴퓨터 및 통신기술에도 신속히 적용될 수 있는 군용목적의 환경 또한 개발되었다. BBN의 미들웨어에 대한 기술이 성숙되자 분산, 객체기반, 미들웨어개발을 위한 예산지원이 AFRL(Air Force Rome Lab)으로 전환되었다. 1980년대 중반까지, BBN 기술자들은 정부프로젝트를 평가하고 사용할 수 있는 미들웨어시스템 크로너스의 개발에 치중하였다. 이러한 연구는 기술을 좀 더 세밀하게 개발하고 응용프로그램개발자들이 사용함에 있어 이해하

기 쉽도록 하는데 기여하였다. 1980년대말, 미해군 및 DARPA를 위한 BBN 응용 프로그램 개발자들에 의해 제기된 운용상 문제점에 대해 미해군의 샌디에고 연구개발센터는 기술시험을 위하여 공군과 합류했다.

이러한 시도는 미들웨어기반 개발 프로젝트와 비교했을때 완전한 성공을 거두었으며, 새로운 네트워크기반 능력은 적은 비용으로도 빠르고 효과적으로 자리잡았다. BBN의 분산 응용프로그램개발자들은 CASES, TARGET, 및 DART등과 같은 시스템을 배치하고자 하는 미국방성 계약자 및 운용요원들과 같이 연구했고, 분산 명령-통제 응용프로그램을 위한 운용적 문제점에 집중할 수 있었다. 이들은 다양한 시험평가를 거치며, 미국방성 계약자, 대학의 공학자, 프로그래머, 그리고 시스템매니저들에게 새로운 기술을 사용할 수 있도록 훈련 시켰다. 그 결과 미국방성 및 DARPA 계약자들이 더욱더 발전된 개념의 시스템을 요구할 수 있는 기반을 제공했다. 대학교와 기업의 연구소들은 자신들의 연구결과와 합성을 통해 미들웨어의 확장 및 정교한 발전을 꾀할 수 있었다. 분산 응용컴퓨팅에 있어서의 이러한 성공은 더 대형의 프로젝트를 가능하게 하였고, 군사적 측면에서는 전세계적인 지휘통제작전을 좀 더 응집력있고 빠른 응답을 기대할 수 있게 되었다.

1990년대의 시작과 함께, 크로너스와 같은 시스템은 중소기업 뿐만 아니라 DIGITAL, IBM, SUN MICROSYSTEM, MICROSOFT와 같은 대기업에 이르기까지 사용하는 상용제품으로 나타나게 되었다. 하지만 대기업을 위한 시스템과 중소기업을 위한 이 두가지 시스템은 완전히 달랐기 때문에 두 시스템간의 상호운용은 극히 어려웠다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 분산객체기술 개발자들과 사용자들이 산업표준화를 위한 모임을 결성했다. 그들은 OMG(Object Management Group)를 결성하여 CORBA(Common Object Request Broker Architecture)를 설립했다. 그들의 이러한 노력은 많은 개발자들과 운용자들에게 대단한 관심을 모았다. 그리고 크로너스는 CORBA 표준으로 채택되었으며, 크로버스라는 새로운 이름으로 명명되었다.

이러한 크로버스의 개발로 미들웨어 기술은 인터넷을 포함한 분산네트워크의 발달에 아주 중요한 역할을 담당했다. 실제, World Wide Web은 미들웨어의 특수 형태이다. World Wide Web 개발 이전에는 많은 사람들이 제한적인 컴퓨팅에 있어서 미들웨어와 분산 응용프로그램의 유용성을 보아왔다. 이제는, 인터넷의 대중화로 미들웨어는 매우 복잡한 환경을 단순화시키고 효과적으로 관리하는 하나의 수단으로서 훨씬 더 중요하게 되었다. Web 뿐만아니라 DCOM, CORBA와 견줄만한 미들웨어 자체 브랜드이자 미들웨어 해법을 제공하는 매우 전문화된 기술의 산물인 Java도 있다.

오늘날, 미들웨어는 BBN과 DARPA의 오랜 관계의 산물로서 나타나는 무수한 성공들 가운데 하나이다. 이는 기초에서 응용연구개발로의 전환이 항상 명확한 경계를 가지는 것은 아님을 보여주는 좋은 예이다. 이러한 현상은 여러 분야에서 나타나지만 특히 인위적이고 관념적인 특성을 가진 시스템을 가진 컴퓨터공학에서 두드러진다. 실제 미들웨어와 같은 혁신기술은 기초와 응용연구를 동시에 포함하고 있다. 초기 연구는 아이디어와 개념에 대한 기능적인 관계를 추구한다라는 관점에서 기초연구이며 후에 시험, 평가, 그리고 개선단계는 명백한 응용연구인데 왜냐하면 그러한 단계에서 사용과 사용자를 정의하고 실질적인 응용 분야를 확립하기 때문이다. 이는 잠재능력의 개발과 실제로 보급되기 전 새로운 개념의 실행가능성을 보여줄 목적으로 지원되는 DARPA 프로그램에서 종종 나타난다.

## 경제개발위원회(CED) 소개

지난 50여년 이상 동안 경제 및 공공정책 형성에 지대한 영향을 끼쳐온 경제개발위원회(The Committee for Economic Development : CED)는 250여명의 경제계 주요 인사 및 교육자들로 구성된 독립적인 연구 및 정책조직이다. CED는 비영리, 비당파, 비정치적인 성격을 지니고 있으며, 높은 고용율과 합리적으로 안정된 물가로 지속적인 경제성장을 유지하고, 생산성과 삶의 표준을 향상시키며, 모든 시민들에게 동등한 기회를 부여하고 삶의 질을 향상시키는 정책을 제안함을 그 설립목적으로 하고 있다.

CED의 모든 정책제안서는 연구정책위원회(The Research and Policy Committee)의 승인을 받아야 하며, 동 정책위원회는 정관의 규정에 의거 운영되는데, 정관은 모든 정책연구는 철저히 객관적이어야 하며, 특정한 정치 및 경제그룹의 관점에서가 아니라 일반적인 복지 향상의 관점에서 접근해야 한다고 기술하고 있다. 정책위원회는 저명한 사회과학자로 구성된 연구자문위원회 및 소수의 상근 전문위원들의 도움을 받고 있다.

일반적으로 CED의 작업은 경제계와 산업계, 그리고 다양한 분야의 재단 및 개인에 의해 지원받고 있는데 CED는 이러한 경제계와 학계의 협력을 통하여 공공 및 경제정책에 지침으로 삼을 만한 정책제안 및 연구자료들을 개발시키려 노력하고 있다. CED의 이러한 자료들은 종종 대학의 경제학, 정책학 및 관리과정의 교과서로 사용되기도 하며, 때로는 신문과 잡지 및 논평가들에 의해 주요 토론의제로 고려되기도 한다. 또한 CED의 자료들은 미국의 경제시스템에 대한 폭넓은 이해를 증진시키기 위해 해외에 배포되기도 한다.

CED는 경제계 주요 인사들이 일반 대중의 복지향상에 대하여 그들의 의견을 건설적으로 제시하는 것이 자본주의 시장경제체제가 성공적으로 기능하는데 필수적인 국가사회의 신뢰를 획득하고 유지하는 것이라고 믿고 있다.

본 자료에 수록된 모든 내용과 관련하여 의문사항이 있거나, 또는 수정·보완이 필요가 있는 경우 한국과학재단 조사분석팀으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국과학재단 조사분석팀

팀장 이한진 (hjlee@kosef.re.kr)

조영돈 (ydcho@kosef.re.kr)

TEL: (042) 869-6252, FAX: (042) 869-6253