네덜란드 과학기술체제의 구조와 성과

1. 머리말

네덜란드의 과학기술체제는 대외지향적인 성격을 갖고 있을 뿐 아니라, 높은 질적 수준과 생산성을 보유하고 있는 것으로 인정된다. 2000년 IMD의 세계경쟁력보고서에서는 네덜란드의 과학기술경쟁력을 미국(1위), 일본(2위), 독일(4위), 프랑스(7위) 등 주요 기술선진국들에 이어 세계 8위로 평가하고 있다(IMD, 2000). 또한 네덜란드에서 이루어지는 연구의 수준과 성과가 세계적으로 탁월하다는 사실은 국내외의 많은 평가자들이 인정하고 있다.

네덜란드는 다양한 학문분야에서 세계 정상급의 수준을 유지하고 있는데, 특히 지구 및 환경과학, 화학공학, 물리학, 수의학, 농학 등의 분야에서 네덜란드 논문과 저서의 인용빈도가 매우 높게 나타나고 있다. 인용빈도를 평가기준으로 할 때 Leiden, Amsterdam, Utrecht와 같은 네덜란드 대학들은 유럽 전역에서 상위 10위권 안에 포함된다.

이와 함께 매년 네덜란드응용과학연구기구(TNO)와 대학에 지원되고 있는 국제자금의 규모 및 빠른 증가율은 네덜란드 연구성과의 수준과 생산성이 얼마나 높은가를 객관적으로 입증할 수 있는 지표가 되고 있다. 논의의 대상을 유럽만으로 한정할 때 네덜란드는 어떤 연구분야에 대해서도 최고 수준의 경쟁력을 갖고 있으며, EU의 제4차 Framework 프로그램에서 네덜란드는 전체 회원국들의 평균보다 훨씬 많은 예산을 배분받았다.

네덜란드의 연구생산성은 다른 국가들에 비해 높으며, 연구원 1인당 과학출판물 수는 세계평균을 훨씬 상회하고 있다. 연구원 1인당 특허 수에서 네덜란드는 스위스 다음으로 유럽 전역에서 2위를 기록하고 있는데, 특히 전자, 화학, 식품산업에서 활동하고 있는 대기업들에 특허의 대부분이 집중되어 있다. 네덜란드는 과학분야의 중요성을 기준으로 평가할 때 세계 8위 안에 해당하는 국가이다.

한편 네덜란드는 연구개발을 위해 매년 약 150억 길더의 자금을 투자하고 있다. 이 가운데 약 140억 길더가 네덜란드 국내에서 사용되는데, 이는 네덜란드 국내총생산의 2%를 약간 상회하는 규모이다. 국내총생산 대비 연구개발투자의 비율 면에서 네덜란드는 EU 회원국 가운데 5위에 불과하지만, 과학기술의 성과 측면에서는 세계적으로 탁월한 실적을 거두고 있는 국가이다.

이 글에서는 네덜란드 과학기술체제의 구조와 특성, 과학기술자원의 투입 현황 및 과학기술성과를 검토함으로써, 한국의 과학기술체제 발전을 위해 유용한 교훈과 시사점을 도출하는데 기본적인 목적을 둔다.

2. 과학기술체제의 구조와 특성

가. 과학기술체제의 구조

네덜란드의 과학기술체제는 연구개발활동을 직접 수행하는 부문과 자금제공 등을 통해 이를 지원하는 부문의 두 가지로 크게 구분될 수 있다. 또한 이들 자금지원기관과 연구수행기관 이외에도 네덜란드의 과학기술체제에는 중간단계 조직들이 존재하고 있다는 점이 특징적이다.

(1) 자금지원기관(Financiers)

네덜란드에서 연구개발의 수행을 위해 투자되는 자금은 주로 정부와 민간부문에 의해 지원된다. 그러나 최근 정부와 민간부문 외에 공익단체 및 국외로부터 유입되는 자금의 규모가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 네덜란드 국내에서 정부가 지원하는 연구개발자금의 규모를 민간부문이 지원하는 자금규모와 비교하면, 민간부문 쪽이 더 크다. 정부가 지원하는 연구개발자금은 대부분 교육문화과학부가 부담하고 있는데, 전체 자금지원의 60% 이상을 차지하고 있다. 이 자금의 대부분은 "자금의 1차 공급(first flow of funds)" 또는 "직접자금지원(direct funding)"의 형태로 대학들에게 직접 공급된다. 이밖에 경제부(15%)와 농업, 자연관리 및 수산부(9%)가 주요한 자금지원기관이며, 나머지(15%)는 정부의 여타 부처들이 공동으로 지원한다.

(2) 중간조직(Intermediary Organizations)

네덜란드에서는 연구개발을 위해 정부가 지원하는 자금이라 하더라도 전액이 정부로부터 연구수행기관으로 직접 전달되지 않는다. 정부예산 가운데 일정 부분은 몇몇 중간단계의 조직들을 경유해서 간접적으로 연구수행기관에 분배되는데, 이를 "자금의 2차 공급(second flow of funds)" 또는 "간접자금지원(indirect funding)"이라고 표현한다. 교육문화과학부 산하의 중간조직으로서는 네덜란드과학연구기구(NWO)와 왕립네덜란드학술원(KNAW)의 두 기관이 대표적이다. NWO는 정부자금을 대학 단위로 수행되는 연구프로젝트에 배분하는 역할을 담당하며, 상대적으로 KNAW는 대학에서 활동하고 있는 개별 연구인력들에게 자금을 지원하는 기능을 수행한다. 그밖에 여타 정부부처들도 각자 산하에 중간조직들을 운영하고 있다.

(3) 연구수행기관(Research Institutions)

네덜란드의 연구개발활동은 다양한 연구기관들에 의해 수행되고 있는데, 이들을 크게 세 영역으로 구분할 수 있다. 첫째는 대학이고, 둘째는 공공 및 준공공연구기관들이며, 셋째가 민간부문의 연구소들이다.

공공 및 준공공연구기관의 범주에는 네덜란드응용과학연구기구(TNO)를 비롯해서 대형기술연구소(LTI's), 농업연구기관들, NWO와 KNAW 산하의 연구소들 및 전쟁문서연구소(RIOD)와 국립보건환경원(RIVM) 등의 정부기구들, 그리고 의학과 사회과학 분야에 종사하는 연구기관들이 광범위하게 포함된다.

한편 아직까지 네덜란드의 민간부문에서 수행되고 있는 연구개발활동의 대부분은 Philips, Unilever, Shell, DSM 및 Akzo Nobel의 이른바 5대 다국적기업에 의해 주도되고 있으며(약 45%), 이들 이외에 중소기업에서 수행하고 있는 연구개발이 차지하는 중요성이 점차 확대되고 있는 추세이다. 그밖에 연구개발투자의 일부분은 네덜란드 외부에 위치하고 있는 연구기관 혹은 외국기업에 제공되고 있다.

나. 과학기술체제의 전반적 성격

네덜란드는 현대화된 시장경제체제와 함께 잘 발달된 과학기술체제를 갖추고 있는 국가이다. 네덜란드의 과학기술체제는 정부와 민간부문을 망라해서 모든 분야에 존재하는 연구수행기관 및 지원기관들 사이에 긴밀한 협력네트워크를 구축하고 있다. 이와 함께 네덜란드는 Philips(전자), Unilever(식품), Shell, Akzo Novel, DSM(이상 화학)과 같이 과학기술을 기반으로 하고 있는 세계적인 다국적기업들의 본사가 위치하고 있다.

네덜란드 정부는 국내 과학기술체제의 기능과 중요성을 충분히 인식하고 있으며, 과학연구와 기술개발을 담당하는 조직과 관련 기관들에게 상당한 규모의 자금을 지원하고 있다. 또한 네덜란드의 과학기반은 잘 발달된 공공부문 연구시스템 및 관련 고등교육시스템을 포함하고 있다. 과학기술성과의 한 측면인 과학적 지식의 생산을 평가기준으로 할 때 네덜란드의 과학기술체제는 OECD 회원국 가운데 9위를 기록하고 있는데, 이는 과학기술활동이 활발한 것으로 인정받고 있는 스웨덴, 스페인, 호주 등과 대등한 수준이다.

그러나 지난 여러 해 동안 네덜란드에서 기초연구에 투자되는 자금의 규모는 현저하게 감소했으며, 앞으로도 예산삭감이 지속될 것으로 전망되고 있다. 또한 국가 연구개발투자의 부담주체별 비중 추이를 살펴보면, 정부의 비중이 꾸준히 감소하고 대신 해외 및 기타 부문으로부터의 자금유입 규모가 크게 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 그 결과 대학 및 공공연구기관들은 재정확보를 위해 계약연구에 의존하는 빈도가 잦아지고 있으며, 이에 따라 이들이 수행하는 연구의 성격 또한 한층 응용연구 위주로 치우치고 있다. 네덜란드 산업계의 연구개발능력은 OECD 내의 다른 중소국가들에 비해 취약한 것으로 평가되고 있는데, 이는 주요 다국적기업들의 연구개발투자가 계속 감소하는 추세를 보이고 있음에도 불구하고 여타 기업들의 연구개발투자가 이를 상쇄할 만큼 증가하고 있지 못한 현실에 기인한다.

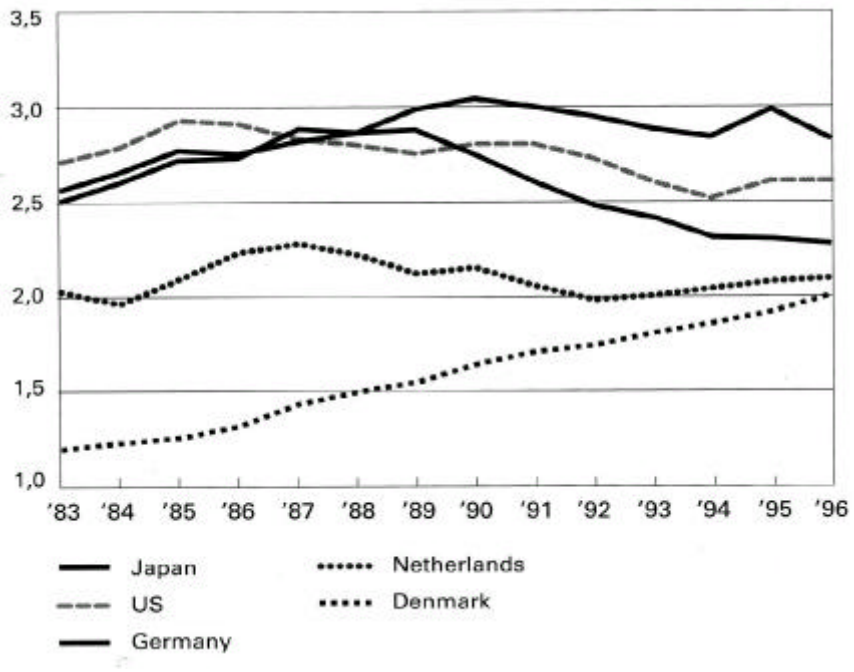
네덜란드와 같은 중소규모 국가의 과학기술활동은 다른 유럽국가들과의 협력관계 지속 및 세계적인 과학기술활동 추이의 모니터링과 참여를 배제하고서는 유지될 수 없다. 특히 네덜란드는 과학분야의 세계화 수준이 높은 것으로 인정받고 있는데, 이는 외국학자들과의 공저로 발표된 연구논문 수가 월등하게 많다는 사실을 통해 입증된다. 네덜란드 연구논문들의 과학적 영향력이 높게 나타나는 이유 또한 이같은 국제적인 공저논문이 많다는 측면에 기인한 바 크다. 그러나 최근에는 이같은 공저논문의 발표 역시 더 이상의 증가를 보이지 못하고 있다. 이와 함께 지난 10여 년 동안 빠른 증가세를 지속했던 유수 과학기술저널에의 발표논문 수가 최근에는 약간씩 감소하고 있어, 네덜란드 과학기술계의 우려를 자아내고 있다. 또한 공공부문 연구원 1인당 논문 수로 측정한 논문발표의 생산성은 여타 유럽국가들과 비교할 때 평균 수준을 유지하고 있을 뿐이다.

이밖에 네덜란드는 과학기술분야의 특허활동을 활발히 수행하고 있다. 민간부문의 연구개발인력 1인당 유럽특허를 평가기준으로 할 때 네덜란드는 스위스에 이어 유럽 2위의 국가이며, 특히 농업과 식품, 전자분야에 세계적인 첨단수준의 특허들이 집중되어 있다.

다. 혁신능력의 위치와 특성

국내총생산 대비 연구개발투자의 비율을 비교할 때 네덜란드는 세계적으로 선두주자는 아니지만, 최근 몇 년 동안 다른 국가들과의 상대적 격차를 많이 줄여가고 있다(<그림 1> 참조). 그러나 민간부문 연구개발활동의 구체적인 내용을 살펴보면 몇몇 다국적기업들을 제외한 나머지 대다수 기업들의 연구개발투자는 평균적으로 낮은 수준에 머물러 있으며, 또한 전체 기업들 가운데 연구개발 전담부서를 보유하고 있는 기업 수도 적은 편이다.

<그림 1> 주요국 연구개발집약도의 추이 비교(1983 '96년)

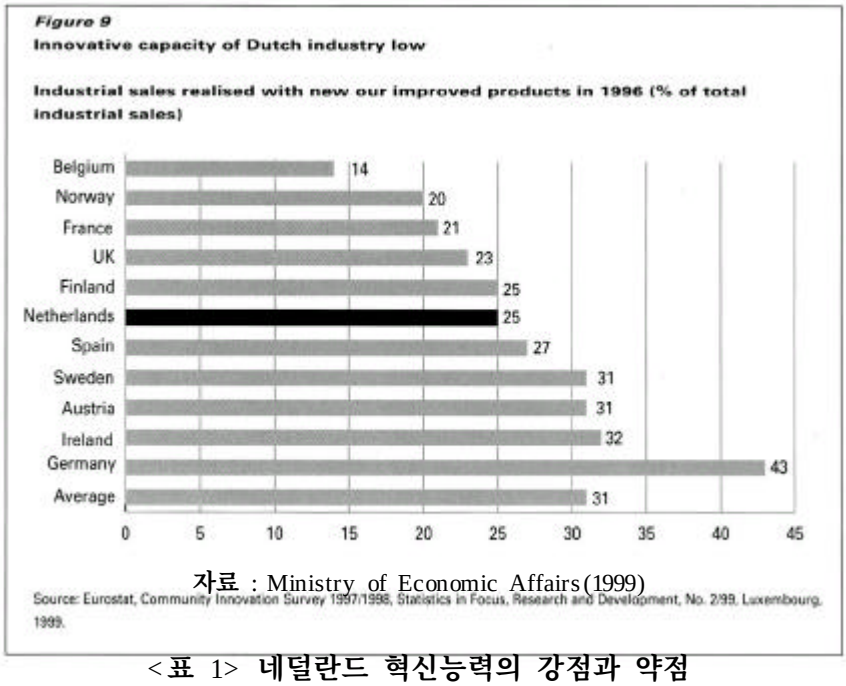


자료 : Ministry of Economic Affairs(1999)

연구 자체는 물론 기술혁신의 전체 과정 가운데 첫 번째 단계일 뿐이며, 보다 중요한 관심사는 혁신을 실행한 연구를 통해 얻어진 지식이 시장에서 효과적으로 사용될 수 있을 것인가에 있다. 국제적인 기준에 따르면 네덜란드의 혁신능력은 약한 편에 속한다. 확실히 네덜란드는 지식을 적용해서 새로운 제품이나 서비스를 개발하는 측면에 있어서는 세계적인 선도국들에 비해 수준이 뒤처지는 것으로 인정되고 있다.

네덜란드 산업계는 유럽 내에서도 혁신능력에 대해 평균적인 점수를 얻고 있을 뿐이며, 특히 네덜란드 산업계의 매출액에서 차지하는 신제품 비중은 EU 평균에도 미치지 못하고 있다(<그림 2> 참조). 또한 네덜란드의 전기공학, 기계제조 및 운송산업의 혁신능력은 유럽 안에서도 상대적으로 낮은 수준에 머물고 있다. 네덜란드는 획기적인 혁신능력을 필요로 하는 급진적인 제품혁신(radical product innovation) 분야에서 좋은 성과를 보여주지 못하고 있다. <표 1>은 네덜란드 혁신능력의 강점과 약점을 비교하고 있다.

<그림 2> 주요국의 매출액 대비 신제품의 비중 비교



자료 : Ministry of Economic Affairs(1999)

<표 1> 네덜란드 혁신능력의 강점과 약점

구 분	항 목
강 점	- 공공부문 연구개발
보 통	- 연구원 수 - 공공부문 지식인프라의 매력도 - 혁신적 기업의 비율 - 혁신 관련 투자(연구개발 제외)
약 점	- 연구와 시장의 근접성 - 연구개발 수행 기업의 비율 - 민간부문 연구개발 - 매출액 대비 혁신적 제품의 비중

자료 : Ministry of Economic Affairs(1999)

3. 과학기술자원의 투입 현황

가. 연구개발인력

네덜란드는 국내총생산의 약 1.2%를 고등교육을 위해 투자하고 있는데, 이는 네덜란드가 전체 교육에 투자하는 정부예산의 약 1/3에 해당하는 규모이다. 현재 네덜란드의 전체 성인인구 가운데 대학교육을 받은 인구의 비중은 약 21%이며, 성인노동력 1,000명 가운데 약 10.9명[1]이 연구개발활동에 관여하고 있다.

1980년대 및 1990년대 초반의 기간 동안 네덜란드에서는 고등교육부문에 진학하는 학생 수가 크게 증가했으며, 특히 인문과학과 사회과학을 전공하는 학생 수의 증가가 두드러졌다. 더욱이 이 기간 동안 전체 학생에서 차지하는 여학생들의 비중이 높아짐에 따라 이같은 경향이 심화되었다.

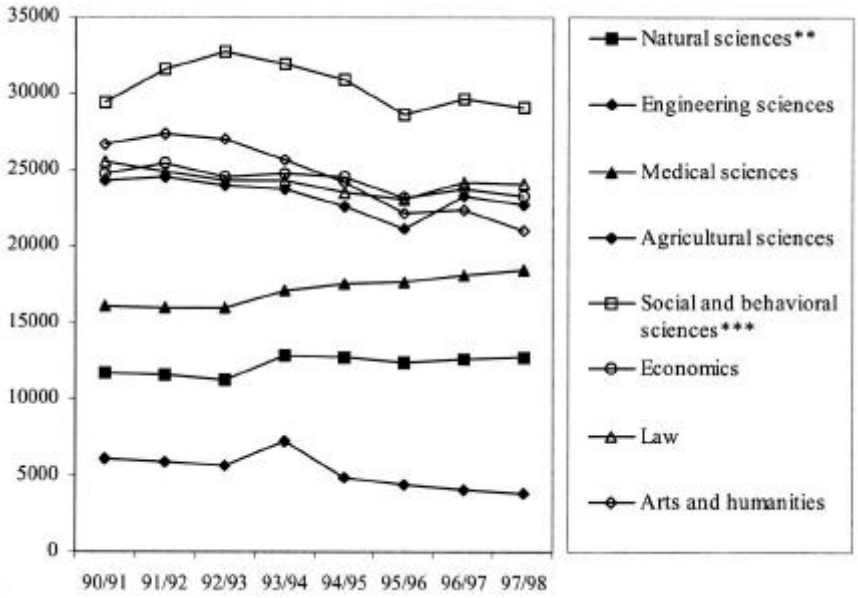
1990년대 후반에는 1990년대 초반에 비해 대학입학생이 약 20% 감소했는데, 인문과학과 사회과학분야의 감소가 가장 두드러지며, 공학분야에서도 마찬가지 현상이 일어나고 있다. 아직까지 가장 높은 비중을 차지하고 있는 전공분야는 사회과학이며(<그림 3> 참조), 한때 30%나

1) 이는 OECD 회원국 전체 평균 비율과 같은 수준이며, 유럽국가 중에서는 덴마크 및 노르웨이와 대등한 비율이다.

감소했던 공학분야의 신입생이 최근에는 약간씩 증가하고 있다.

최근 네덜란드의 경제성장이 지속됨에 따라 많은 분야에서 숙련전문인력에 대한 수요가 급증하고 있다. 이에 따라 1990년대 중반 이후 대학졸업자의 실업률은 크게 감소했으며, 현재는 5% 미만에 머물고 있는 실정이다. 많은 경우 숙련전문인력에 대한 수요가 대학교육을 마치고 배출되는 졸업생의 공급을 초과하고 있는데, 특히 공학이나 경제학 및 경영학 전공자들은 대학 졸업과 동시에 원하는 직장에 손쉽게 취업할 수 있다.

<그림 3> 네덜란드의 분야별 대학입학생 추이(단위 : 명)



자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

또한 박사학위 졸업생들도 낮은 실업률로 인한 혜택을 보고 있는데, 현재 공학분야 박사학위 졸업생의 약 40%와 자연과학분야 박사학위 졸업생의 1/4 정도가 산업계에 취업하고 있다. 1990년대 초반과 중반에는 자연과학 및 공학분야에서 대학원생의 감소 현상이 두드러졌으나, 최근 몇 해 동안에는 이같은 추세가 역전되어 약간씩이나마 증가하고 있는 것으로 나타난다. 그럼에도 불구하고 50세 이상의 종신계약 연구원이 대학 전체 연구인력의 1/3을 넘는 고령화 현상이 전혀 해소되지 않고 있으며, 이에 따라 새로 배출되는 박사학위 졸업생들의 안정적인 직업 확보가 불투명하다는 문제점은 여전히 해결되지 않고 있다.

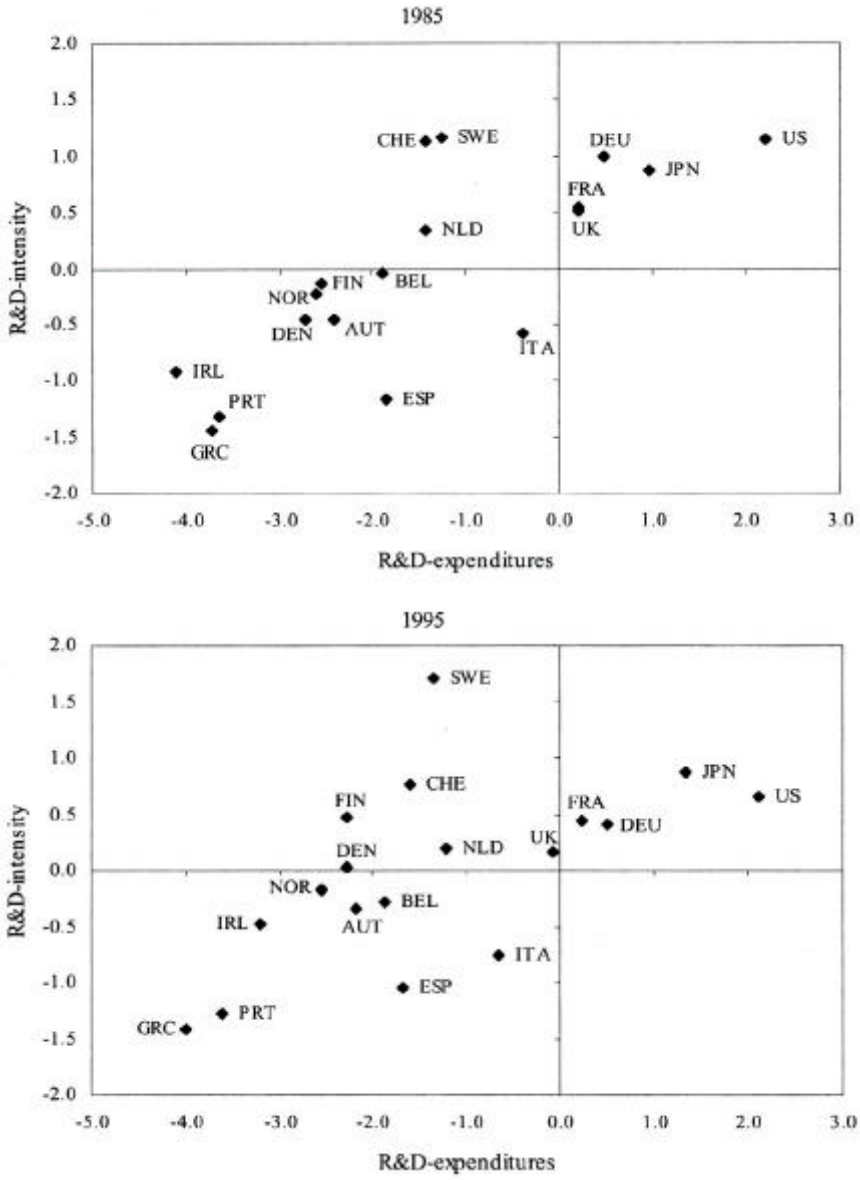
나. 연구개발투자

(1) 국가 연구개발투자

네덜란드의 국가 연구개발투자는 1997년 현재 약 150억 길더로서, 국내총생산 대비 2%를 약간 초과하는 수준이다. 1990년대 초반 이래 국내총생산 대비 연구개발투자의 비율은 2% 내외에서 안정적으로 유지되고 있다. 이 가운데 산업계 연구개발투자가 차지하는 비중이 가장 크고 증가율도 빨라서 1997년 현재 국내총생산 대비 1%를 넘고 있으며, 상대적으로 고등교육부문과 정부부문의 연구개발투자는 완만한 증가율을 보임으로써 국내총생산에서 차지하는 비율이 약간씩 감소하고 있다.

<그림 4>는 국제비교를 위해 1985년 및 1995년의 연구개발투자 규모와 연구개발집약도를 기준으로 해서 OECD 18개 회원국들을 선도, 중간, 후진의 3개 그룹으로 분류한 것이다. 연구개발투자 규모도 크고 연구개발집약도도 높은 선도그룹에는 미국, 일본, 프랑스, 독일, 영국의 5개국이 포함되어 있는데, 시간의 경과에 따라 유럽 3국이 미국과 일본에 비해 더 뒤떨어지고 있는 것으로 나타나고 있다. 이들 국가들의 연구개발투자 가운데 평균 60% 이상을 산업계가 부담하고 있으며, 상대적으로 정부가 지원하는 몫은 약 1/3 정도이다[2].

<그림 4> 주요국의 연구개발투자 및 연구개발집약도 비교



자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

한편 네덜란드는 중소규모의 여타 유럽국가들(오스트리아, 벨기에, 덴마크, 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 스위스)로 구성된 중간그룹에 포함된다. 이들 국가들은 규모의 한계 때문에 선도그룹에

2) 일본의 경우 정부의 지원 비중이 가장 높아서 40%에 이르고 있으며, 반면에 독일은 산업계의 부담 비중이 가장 많은 70%에 이르고 있다.

비해 연구개발투자의 절대규모는 작지만, 연구개발집약도는 선도그룹과 유사하거나 그 이상으로 나타나고 있다. 네덜란드의 연구개발집약도는 중간그룹에서 평균 이상이며, 연구개발투자 규모는 가장 높은 편이다. 그러나 1985년과 1995년을 비교해 보면, 스웨덴과 핀란드의 연구개발집약도는 향상된 반면 상대적으로 네덜란드의 연구개발집약도는 악화되었음을 확인할 수 있다.

중간그룹의 국가들 역시 산업계가 전체 연구개발투자의 56%를 부담하는 한편 정부는 36%를 지원하고 있어, 선도그룹과 유사한 행태를 보여주고 있다. 스위스, 벨기에, 스웨덴은 산업계의 부담 비율이 높고(60% 이상), 상대적으로 오스트리아, 노르웨이, 네덜란드는 정부의 지원 비율이 높은(40% 이상) 것으로 나타나고 있다.

마지막으로 후진그룹에 속한 국가들은 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 포르투갈과 스페인으로, 상대적으로 연구개발집약도도 낮고 연구개발투자 규모도 작다. 다만 이탈리아는 상대적으로 큰 국가 규모 때문에 그룹 내에서 예외적으로 연구개발투자의 규모가 비교적 크고, 산업계와 정부의 부담 비율도 거의 같게 나타나고 있다. 한편 그룹 내의 여타 국가들은 큰 차이를 보이고 있는데, 포르투갈과 그리스는 산업계의 부담 비율이 20%에 불과한 대신 정부지원에 많이 의존하고 있으며, 상대적으로 아일랜드는 산업계의 부담 비율이 약 70%에 이르고 있어 거의 중간그룹 국가들과 유사한 구조를 보유한 것으로 평가된다.

네덜란드 국가 연구개발투자의 부담주체별 비중 추이를 살펴보면, 1990년대 초반에는 정부(49%)와 산업계(47%)가 거의 비슷한 규모의 투자를 부담하면서 전체 연구개발투자의 95% 이상을 점유했었으나(1992년), 이후 정부의 부담 비중이 꾸준히 감소하면서 1997년에는 40% 미만으로까지 떨어졌고 상대적으로 산업계의 비중은 1990년대 중반 이후 45% 이상에서 안정적으로 유지됨으로써 산업계가 주도적인 위치를 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 1990년대 중반 이후부터 해외부문이 부담하는 비중이 급속히 증가함으로써 1997년에는 12% 수준을 넘어섰다는 사실이 특징적이다.

한편 연구개발투자의 사용주체별 비중 추이를 살펴보면, 가장 활발한 연구개발활동을 수행하고 있는 산업계의 비중이 지속적으로 증가함에 따라 1992년의 49% 수준에서 1997년에는 54%를 넘어섰다. 상대적으로 고등교육부문과 정부부문의 비중은 소폭의 감소를 겪고 있다.

<표 2>는 1990년과 1995년을 대상으로 국가 연구개발투자의 흐름구조를 하나의 표로 묶어 나타낸 것이다. 이 기간 동안 사용주체별 분배구조에는 별로 큰 변화가 나타나지 않았다. 즉 산업계가 연구개발투자의 50% 이상을, 정부(및 공공연구소)가 약 20%를, 그리고 고등교육부문에서 30%를 사용하는 형태가 대체로 유지되어 왔다. 그러나 부담주체별 구조에는 상당한 변화가 나타났다. 산업계의 경우 1995년에 전체 연구개발투자의 48%를 부담했는데, 이는 1990년에 비해 2%가 감소한 수치이다. 또한 정부의 부담 비율은 1995년 42%로서 1990년에 비해 6%가 감소했다. 이같은 감소는 1990년 2억 2,300만 길더(전체 연구개발투자의 2%)였던 해외부문의 부담 규모가 1995년 12억 3,500만 길더(전체 연구개발투자의 9%)로 연평균 40%씩 증가함에 따라 보충되었다.

<표 2> 연구개발투자 흐름구조의 추이(단위: 백만 길더)

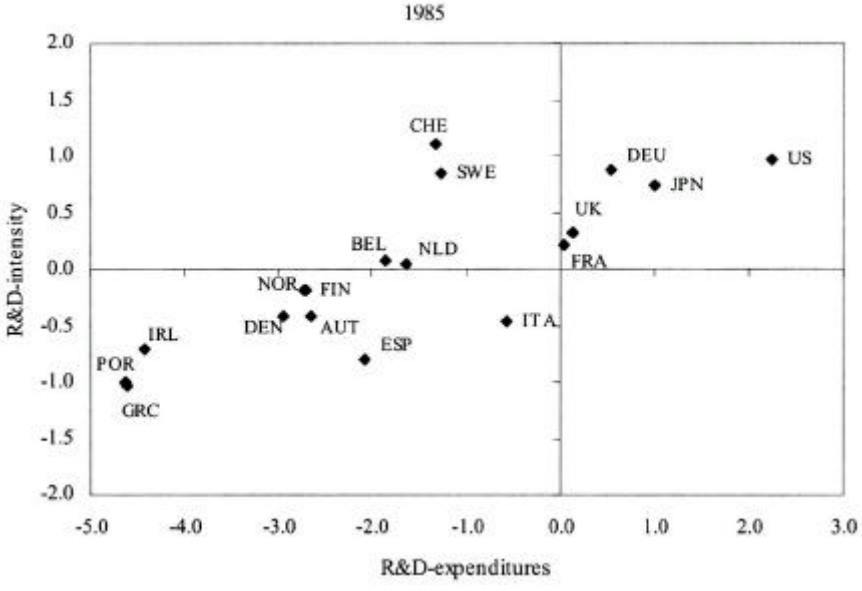
1990년	To performing sector:				
	Business enterprise	Govern-ment	Higher education	Non-profit	Total
Funding from:					
Business enterprise	5001	285	27	27	5340
Government	698	1513	3002	156	5369
- State	698	1513	177	156	2544
- University funds	0	0	2825	0	2825
Abroad	151	36	11	25	223
Other	23	61	71	21	176
Total	5873	1895	3111	229	11108
1995년	To performing sector:				
	Business enterprise	Govern-ment	Higher education	Non-profit	Total
Funding from:					
Business enterprise	5537	399	155	13	6104
Government	454	1763	3285	97	5599
- State	454	1763	260	97	2574
- University funds	0	0	3025	0	3025
Abroad	913	180	133	9	1235
Other	10	54	240	10	314
Total	6914	2396	3813	129	13252

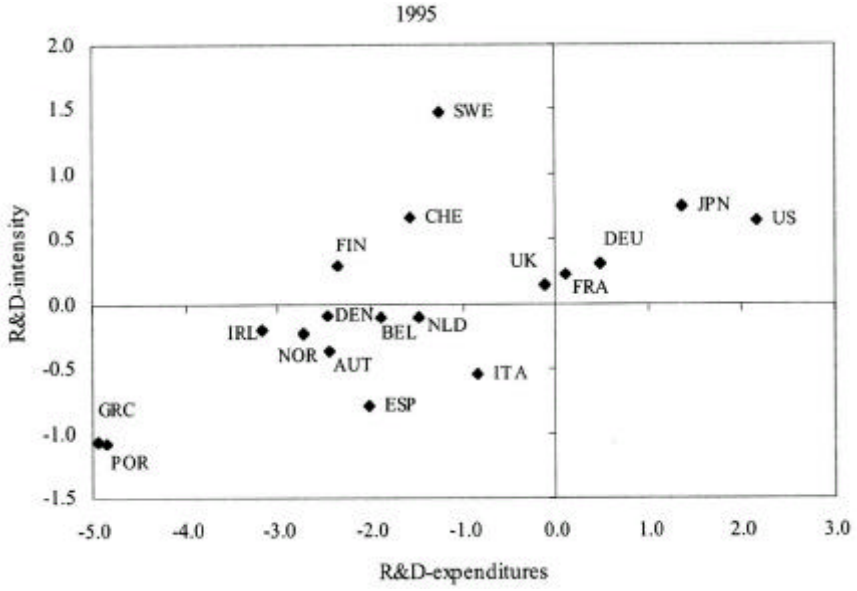
자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

(2) **산업계 연구개발투자**

1995년 네덜란드의 산업계는 연구개발투자의 절대규모와 연구개발집약도, 두 가지 기준 모두에서 다른 OECD 회원국들에 비해 평균 이하의 성적에 머물렀다(<그림 5> 참조). **1985년에는 산업계의 연구개발집약도가 평균 수준 이상을 기록했었으나, 1995년에는 여타 국가들의 연구개발집약도가 높아진 반면 네덜란드의 연구개발집약도는 감소함으로써 결과적으로 평균 수준 밑으로 떨어진 것이다. 이같이 연구개발투자 면에서 상대적으로 네덜란드 산업계의 지위가 취약하다는 사실은, 네덜란드 경제가 과학적 지식과 경제성과를 연계시키는 능력에 있어서 약점을 갖고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있다.**

<그림 5> **주요국의 산업계 연구개발투자 및 연구개발집약도 비교**



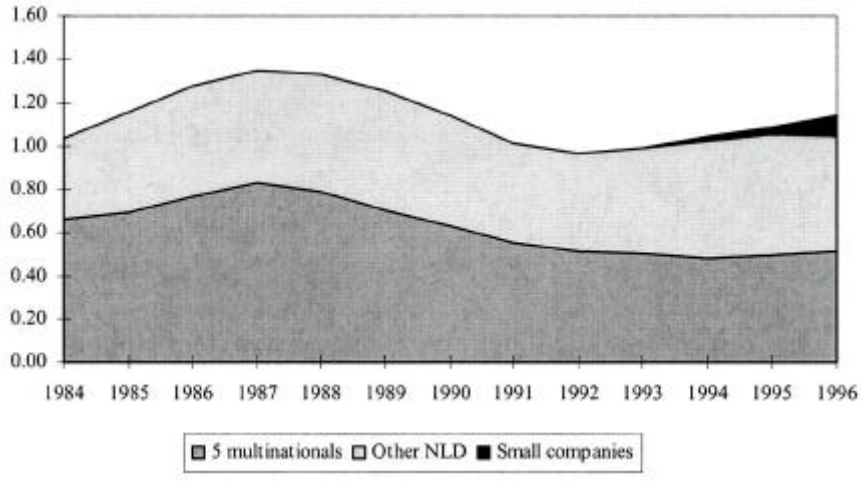


자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

산업계 내에서는 5대 다국적기업의 중요성이 감소하고 있다. Akzo Nobel, DSM, Philips, Shell, Unilever**의 5대 다국적기업은 1985년에 산업계 연구개발투자의** 60% **이상을 점유했었으나,** 1995**년에는** 50% **이하를 부담하는데 그쳤다(<그림** 6> **참조). 상대적으로 중소기업들의 연구개발투자 부담 비중이 증가하고 있는데, 특히 종업원 규모** 50**명 이상** 99**명 이하의 기업과** 100 **명 이상** 199**명 이하의 기업들이 차지하는 비중이** 1990**년과** 1995**년 사이에 크게 증가하고 있다 (<그림** 7> **참조). 한편 산업계 연구개발투자의 분야별 비중 추이를 살펴보면, 기타 제조업과 전기/전자, 그리고 비제조업의 비중이 대부분을 차지하고 있다.**

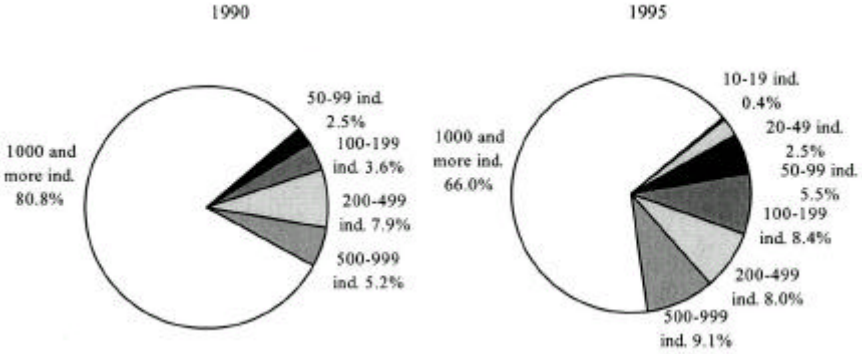
또한 산업계 연구개발투자의 부담주체별 비중 추이를 살펴보면 산업계의 자체 부담 비율이 가장 높아서 1990**년대 초반에는** 90%**에 이르렀고, 이후 지속적인 감소에도 불구하고 아직도** 3/4 **이상을 차지하고 있는 것으로 나타난다. 즉 산업계 연구개발투자의 경우에도 국가 연구개발투자의 경우와 마찬가지로 정부의 부담 비중은 지속적으로 감소하고, 상대적으로 해외부문의 부담 비중이 빠르게 높아지고 있음을 확인할 수 있다.**

<그림 6> 5대 다국적기업의 연구개발투자 비중 추이



자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

<그림 7> 종업원 규모별 산업계 연구개발투자의 비중 추이



자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

한편 네덜란드 산업계는 고등교육부문의 연구개발활동을 위한 자금부담에 있어서는 상대적으로 인색한 편이다. 즉 네덜란드 산업계는 고등교육부문 연구개발투자의 약 4%를 지원할 뿐이며, 이같은 비율은 앞서 구분했던 중간그룹 가운데에서 평균 미만에 해당한다. 산업계가 대학의 연구개발활동을 적극적으로 지원하지 않는다는 것은, 네덜란드에서 대학과 산업계 사이의 상호연계가 여타 국가들에 비해 상대적으로 약할 것이라는 추측을 야기한다. 상대적으로 네덜란드 산업계는 비영리부문과의 상호연계에 치중하고 있는 것으로 나타난다. 즉 네덜란드는 아일랜드와 함께 산업계가 비영리부문 연구개발투자의 16% 이상을 부담하고 있는 2대 OECD 회원국이다.

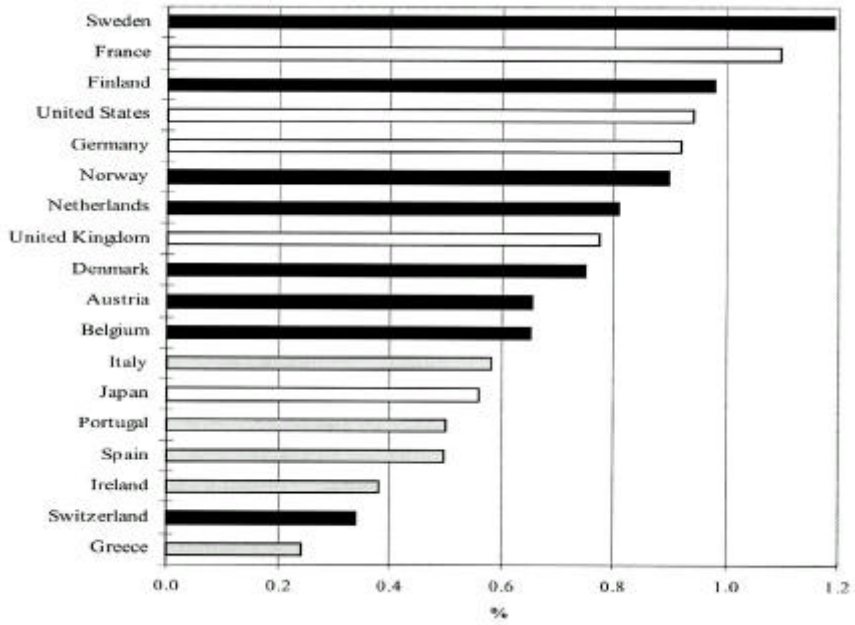
다. 연구개발예산

네덜란드 정부의 연구개발예산은 1999년 현재 64억 1,500만 길더로서, 이 가운데 국방분야 연구개발예산의 비중이 3.1%, 그리고 민수 분야 연구개발예산의 비중이 96.9%이다. 민수 연구개발예산의 목적별 비중을 살펴보면, 1999년 현재 대학지원이 가장 많은 45.6%를 차지하고 있고, 그 다음이 경제개발(24.4%)과 보건/환경(11.5%)이다. 1990년대 초반에 비해 대학지원의 비중은 지속적으로 증가한 반면, 기초연구에 투자되는 예산의 비중이 완만하나마 꾸준히 감소하고 있음이 특징적이다. 한편 1999년 현재 연구개발예산의 부처별 배분구조를 살펴보면, 교육문화과학부가 가장 많은 60% 이상을 차지하고 있고, 그 다음이 경제부(17%)이며, 기타 부처들에 나머지 20%가 배분되고 있다.

여타 OECD 회원국들과 비교했을 때 네덜란드 정부의 국내총생산 대비 연구개발예산의 비중은 높은 편에 속한다(<그림 8> 참조). 즉 일본을 제외한 선도그룹 국가들 및 스칸디나비아 국가들과 함께 네덜란드가 상대적으로 상위권 국가에 포함되어 있는 것이다[3]. 그러나 이 비중은 시간이 지남에 따라 감소하고 있다. 1985년부터 1996년의 기간 동안 대부분의 OECD 회원국에서는 이 비중이 높아졌으나, 네덜란드에서는 1985년의 0.92%에서 1996년에는 0.81%로 현저하게 감소했다.

3) 국가들 사이에 나타나는 비중 차이는 부분적으로는 제도적인 구조의 차이에 기인하는데, 예를 들어 스위스나 벨기에와 같은 연방국가의 경우 중앙정부 규모가 상대적으로 작기 때문에 연구개발예산의 규모도 작아지게 된다.

<그림 8> 국내총생산 대비 연구개발예산 비중의 비교(단위 : %)



자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

이같은 감소가 가장 큰 영향을 미친 분야는 고등교육부문이다. 지난 10년 동안 고등교육부문의 실질 연구개발투자는 2% 증가했는데, 정부 부담비중은 같은 기간 동안 63%에서 56%로 감소했다. 이는 결국 다른 부담주체의 역할이 그만큼 증가했음을 의미한다. NWO를 통한 정부의 지원 비중은 1996년에 17%로 약간 감소했을 뿐이나, 상대적으로 산업계, 공익단체, 국내외 공공기관 등으로부터의 계약연구를 통한 자금조달 비중은 1986년의 22%에서 1996년에는 27%로 증가했다.

4. 과학기술성과

가. 과학지식의 생산과 전문화

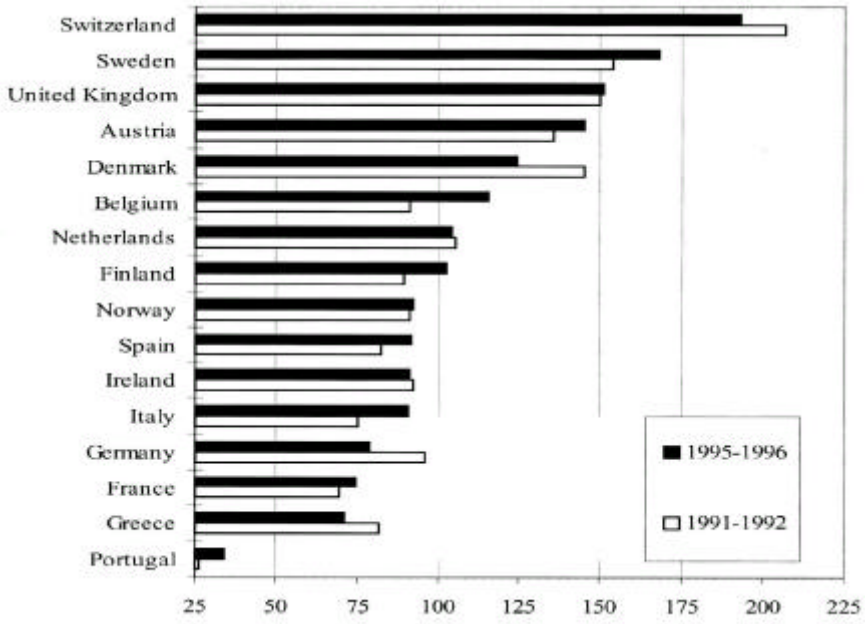
국제적으로 유수한 과학기술저널에 게재된 연구논문의 숫자는 개별 국가들의 과학성과 및 연구능력을 비교하는데 유용한 척도가 된다. 네덜란드의 연구원들은 세계 연구논문의 약 2%를 생산하고 있으며, 네덜란드는 세계적인 과학지식 생산국가들 가운데 9위의 지위를 차지하고 있다. 지난 10년 동안 네덜란드의 국제적인 연구논문 생산은 50%나 증가했는데, 이는 네덜란드 연구의 국제화 진전, 정부에 의한 효율 제고, 대학 연구인력의 증가 등 세 가지 요인이 함께 작용한 결과로 평가되고 있다. 그러나 최근 외국학자와의 공저 연구논문이 감소 기미를 보이고 있다는 사실이 우려를 자아내고 있으며, 이와 함께 전체 연구논문 생산도 1995년 이후 0.5% 감소한 것으로 나타나고 있다.

이같은 감소 추세가 나타난 가장 큰 이유로는 1994년 이후 대학 연구인력이 4%나 감소했다는 사실이 지적되고 있다. 이밖에 또 다른 이유로 유력하게 거론되는 것은 최근 기초과학에 종사하는 연구인력이 감소했다는 사실이다. 연구논문 생산의 증가는 규모가 작거나 Maastricht 대학처럼 최근에 설립된 대학일수록 높게 나타나고 있다. 그러나 연구인력의 감소와 논문생산

증가율의 저하 현상으로 미루어 볼 때, 네덜란드의 대학연구시스템은 이제 그 확장 및 성과 면에서 정체 내지는 감소단계에 접어든 것으로 판단된다.

특히 이같은 최근의 변화는 공공부문 연구원 1인당 논문 수에 잘 반영되어 있는데(<그림 9> 참조), 네덜란드의 논문발표 생산성은 유럽 평균보다 약간 높은 수준에 불과한 것으로 나타났다. 또한 상대적 생산성은 전체 유럽의 성적과 비교할 때 지난 5년 동안 안정된 상태를 유지하고 있지만, 스웨덴이나 핀란드처럼 네덜란드와 비슷한 과학적 역량을 갖고 있는 국가와 비교하면 감소하고 있음이 드러난다.

<그림 9> 주요국의 과학적 생산성(Scientific Productivity) 비교

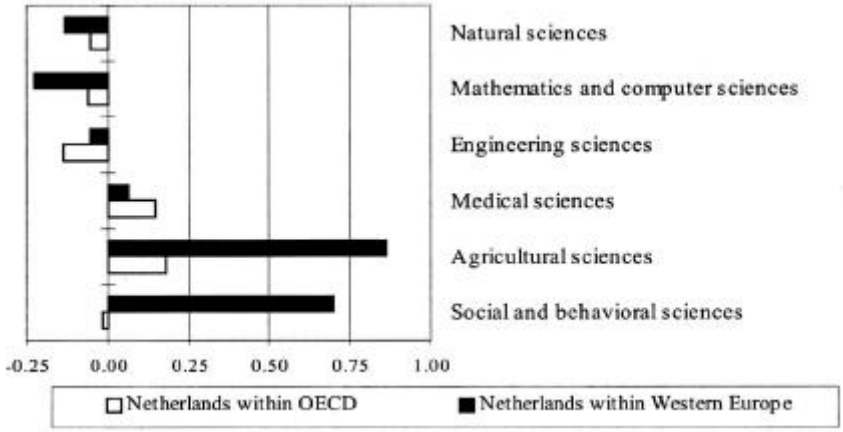


주 : 1991 '92년과 1995 '96년의 과학적 생산성은 각각 1989 '90년과 1993 '94년에 공공부문에서 활동하고 있는 연구인력 1인당 평균 연구논문 수로 정의함.

자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

네덜란드는 다양한 과학적 능력을 보유하고 있으며, 광범위한 과학영역에 걸쳐 높은 수준의 연구를 수행하고 있다. 여러 과학분야와 학문을 대상으로 한 연구논문 수를 분석한 결과, 네덜란드는 농업과 사회과학분야에 특히 전문화되어 있으며, 의학분야의 전문화 수준도 높은 것으로 나타났다(<그림 10> 참조). 한편 네덜란드의 연구원들은 보건과학, 치과학, 경제학, 심리학, 교육과학 및 화학공학 등의 분야에서 높은 실적을 보여주고 있으며, 상대적으로 자연과학과 공학, 특히 전자와 재료공학분야에서는 상당한 정도로 전문화의 퇴보(de-specialization)가 진행되고 있는 것으로 지적되고 있다.

<그림 10> 네덜란드의 분야별 과학적 전문화(Scientific Specialization)



주 : 과학적 전문화는 각 분야별 OECD 및 유럽국가들의 전체 연구논문 수에서 차지하는 네덜란드의 비중으로 정의함.

자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

나. 과학적 영향력

국제적인 연구논문에 인용된 횟수는 피인용 논문의 과학적 영향력을 비교하는 유용한 척도이다. 이같은 피인용 횟수의 분석결과에 따르면, 네덜란드의 연구논문들이 세계적으로 자주 인용되고 있다. 네덜란드의 인용영향력 점수는 세계 평균보다 약 20% 이상 높게 나타나며, 이는 네덜란드가 연구논문들이 가장 많이 인용되는 국가들 가운데 하나임을 의미한다. 더욱이 이같은 논문의 대부분이 유수한 국제저널에 게재되고 있어, 네덜란드의 연구능력과 성과의 우수성을 입증하고 있다. 네덜란드의 연구분야 가운데 특히 과학적 영향력이 큰 분야는 물리학, 지구 및 환경과학, 화학공학, 농업과학과 수의학 등으로 나타나고 있다.

다. 과학적 협력

중소국가들이나 개발도상국의 경우 국내에 포괄적이고 높은 수준의 과학기반이 결여되어 있기 때문에, 과학분야에서의 국제협력은 매우 중요한 의미를 갖는다. 네덜란드와 같은 국가들은 외국에서 보완적인 지식과 전문가를 확보하기 위해 노력하는 한편, 양자간 과학협정이나 국제적인 연구개발네트워크에 적극적으로 참여하려는 경향을 보인다. 다른 국가 연구자와의 공저 형식으로 발간한 논문 수는 이같은 국제협력이 얼마나 성공할 수 있는지에 대한 실증적인 증거가 된다. 네덜란드 연구논문의 약 30%가 이같은 형식의 범주에 포함되며, 이는 다른 유럽국가들에 비해 상대적으로 높은 수준이다.

라. 기술적 성과와 전문화

특허는 기술적 성과와 상대적인 기술전문화 정도의 두 가지를 동시에 표시하는 척도로 사용되고 있다. 네덜란드의 특허출원건수를 살펴보면, 국내출원 가운데 외국인출원의 비중이 95% 이상으로 압도적이며, 이와 함께 최근 국외출원이 급격히 증가함에 따라 1995년 이후 국내출원 건수를 초과했다는 사실이 특징적이다(<표 3> 참조).

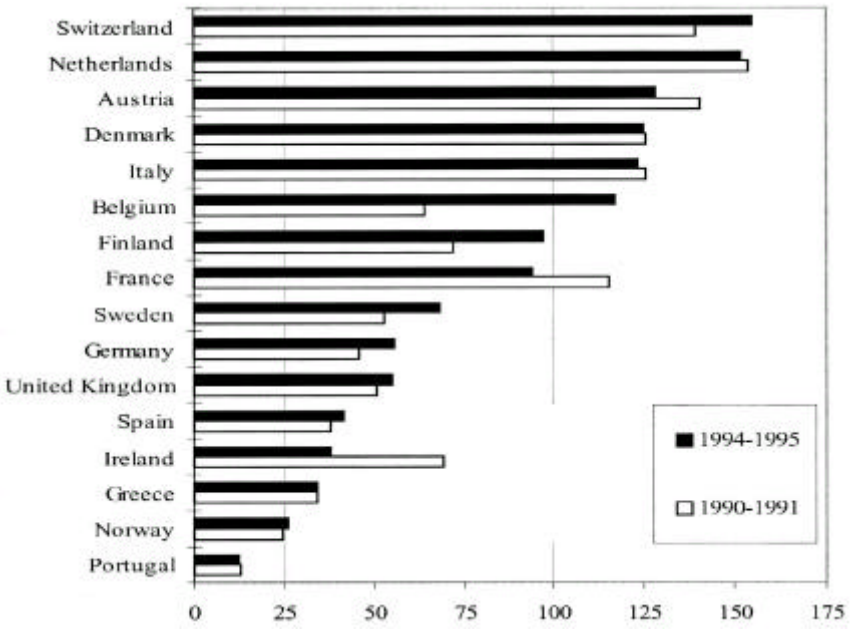
네덜란드는 유럽특허청에 등록된 특허 가운데 약 2%를 차지하고 있는데, 이는 유럽국가들의 평균 수준이다. 그러나 1인당 특허를 기준으로 했을 때는 성적이 훨씬 좋아지는데, 네덜란드는 민간부문의 연구원 1인당 특허 수를 기준으로 할 때 스위스 다음으로 2위를 기록하고 있다(<그림 11> 참조). 이같이 상대적으로 많은 특허생산과 관련 기술전문화는 네덜란드의 5대 다국적기업과 그들이 속한 산업분야의 특허전략에 의해 상당한 영향을 받고 있다. 특히 네덜란드에서 기술전문화 정도가 높은 분야는 식품 및 농업기술, 전자 및 전자부품기술, 화학기술 등이다.

<표 3> 특허출원건수의 추이(단위 : 건)

연 도	국내출원	내국인출원	외국인출원	국외출원
1990	49,989	2,646	47,343	26,351
1991	46,397	1,696	44,701	29,423
1992	49,376	1,859	47,517	33,745
1993	50,439	1,837	48,602	38,870
1994	53,817	1,836	51,981	52,922
1995	57,586	2,229	55,357	62,906
1996	64,423	2,465	61,958	83,987
1997	87,913	2,511	85,402	107,335

자료 : OECD(1999), OECD(2000)

<그림 11> 주요국의 기술적 생산성(Technological Productivity) 비교



주 : 1991 '92년과 1995 '96년의 기술적 생산성은 각각 1989 '90년과 1993 '94년에 민간부문에서 활동하고 있는 연구인력 1인당 평균 유럽특허 수로 정의함.

자료 : Netherlands Observatory of Science and Technology(1998)

5. 맺음말

네덜란드는 일찍부터 적극적인 세계화 전략을 추구함으로써 무역을 통해 국부를 축적한 국가이다. 17세기에 이미 "해가 지지 않는 나라" 대영제국에 앞서 세계를 제패했던 역사를 가지고 있으며, 현재도 유럽의 관문이자 물류중심지로서의 위치를 확고하게 지키고 있다. 특히 네덜란

드가 유럽의 북서해안과 서유럽의 3대 주요 강어귀에 위치하고 있다는 지정학적 위치가 항상 네덜란드 경제발전의 주요한 요인으로서 지적되어 왔다. 즉 이같은 지정학적 요인 때문에 네덜란드 경제는 항상 대외지향적이었으며, 여러 세기에 걸쳐 교통 및 대외무역의 요충지가 되어왔던 것이다.

네덜란드는 부존자원이 거의 없는 국가이기 때문에, 지식의 개발 및 증대를 위해 특히 많은 노력을 기울이고 있다. 현재 약 80,000명 이상의 연구개발인력이 산업계와 대학, 공공연구기관 등에서 연구개발활동에 종사하고 있으며, 이들은 매년 EU에서 발행되는 과학 관련 간행물의 7%, 그리고 특허 가운데 6%를 산출하고 있다. 국가 전체로 본 연구개발투자의 규모는 연간 150억 길더(1997년 기준)로서 국내총생산의 2%를 상회하고 있는데, 이 가운데 50%는 산업계가 부담하고 나머지는 대학과 공공연구기관들이 절반씩 부담하고 있다. 또한 네덜란드에서는 약 5,000여개의 기업들이 제품 및 공정혁신을 위해 자체 연구개발활동을 수행하고 있는데, Philips, Shell, DSM, Akzo Nobel, Unilever의 이른바 5대 다국적기업들이 이같은 산업계 연구개발의 대부분을 주도하고 있다.

전반적으로 네덜란드는 과학기술자원의 규모에 비해 과학기술성과가 비교적 우수하며, 연구개발활동이 활발하게 수행되고 있는 국가로 평가받고 있다. 이같은 성과의 배경으로는 성실·근면한 국민성, 오랜 과학전통, 높은 기술지식 수준 및 고급인력, 정치적 안정, 적은 국방비 부담 등 네덜란드가 갖고 있는 제반 긍정적 요인들과 함께 네덜란드의 과학기술체제를 구성하고 있는 주체들인 정부·대학·공공연구소 및 산업계가 명확한 역할분담을 통해 산업계 주도의 연구개발환경을 조성함으로써 한정된 과학기술자원의 적절한 배분에 성공했다는 측면에 주목하게 된다.

한편 이상의 논의를 통해 우리가 얻을 수 있는 교훈 및 시사점은 다음과 같다. 첫째, 네덜란드의 과학기술체제는 기본적으로 대외지향적인 성격을 갖추고 있으며, 다양한 분야에서 높은 수준의 세계화를 실현하고 있다는 점이다. 이는 날로 글로벌화 정도가 심해지고 있는 세계 과학기술활동의 최근 추세에 비추어, 국내에서 이루어지는 과학기술활동만으로는 획득할 수 없는 여러 분야에서의 보완적 자산을 보다 용이하게 확보함으로써 국내 과학기술체제의 약점을 효과적으로 극복할 수 있음을 의미한다.

둘째, 정부가 추진하는 과학기술정책의 목표와 방향이 분명하게 "산업계 자체의 기술혁신능력을 증대"시키는데 초점을 맞추고 있다는 점이다. 즉 기술혁신의 궁극적인 주체는 어디까지나 기업이며, 정부는 이를 보조하고 지원함으로써 부족한 부분을 채워주는 기능을 담당하는 것으로 양자 사이에 역할분담의 선이 그어져 있다는 것이다. 이같은 역할분담은 네덜란드 산업계 내에서 자체적으로 연구개발을 수행할 능력이 부족한 중소기업들로 하여금 무리하게 자체 연구개발에 매달리기보다는 네덜란드 과학기술체제 안에 다양하게 존재하고 있는 공공 및 준공공연구기관들의 능력을 활용해서 기술적 수요를 충족시키도록 함으로써, 과학기술체제 전체의 자원낭비를 억제하고 효율성을 제고시키는 효과를 거두고 있는 것으로 평가된다.

셋째, 연립정권이라는 취약성과 함께 정부구조 면에서도 과학정책과 기술정책을 담당하는 부처가 2원화되어 있음에도 불구하고, 과학기술정책의 기조와 틀에 있어서 전체적인 일관성이 잘 유지되고 있다는 점이다. 이는 연립정권의 출범 초기에 참여정당 사이에 이루어지는 향후 정책의 기조와 틀에 대한 합의가 잘 지켜질 뿐만 아니라, 집권기간 동안 추진될 과학기술정책의 목표와 추진방향을 구체적으로 담은 백서를 발간하고 이를 엄격하게 지킴으로써 정책의 투명성과 일관성을 동시에 확보하고 있기 때문이다[4].

넷째, 기술확산 및 이를 위한 네트워크의 중요성을 강조하고 있다는 점이다. 네덜란드의 과학

기술정책은 더욱 많은 지식과 기술이 과학기술체제를 구성하고 있는 다양한 주체들 사이에 확산될 수 있도록 하는데 정책의 초점을 두고 있으며, 대기업과 중소기업, 대학과 기업, 공공연구기관과 기업, 대학과 공공연구기관 사이의 연계를 강화하는데 주력하고 있다. 또한 다양한 정책수단의 수립과 집행에 있어서 중앙정부와 지방정부의 정책수단 사이에 일관성 및 연계가 유지되어야 함을 특히 강조하고 있음이 주목된다.

다섯째, 특히 최근 들어 과학기술인력의 중요성을 인식한 정책의 모색 움직임이 두드러지고 있다는 점이다. 우수하고 혁신적인 젊은 연구인력들을 과학기술계에 지속적으로 유입시키기 위한 인센티브 제공 및 지위향상 방안이 다양하게 모색되고 있으며, 이와 함께 과학인력 뿐만이 아니라 산업계가 필요로 하는 숙련인력 공급확대의 중요성도 함께 강조되고 있다. 이는 네덜란드 과학기술계, 특히 대학의 과학기술인력 고령화 문제가 계속 악화되고 있다는 현실에 기인한 현상으로서, 이같이 문제가 심각해지기 전에 과학기술인력의 국가적인 수급전망 관련 조사연구를 꾸준히 실시함과 아울러 과학기술인력의 지위향상을 위한 노력이 평소에 이루어져야 함을 강하게 시사하고 있다.

여섯째, 특히 한국의 입장에서는 네덜란드로부터의 직접투자 유치확대와 함께 기존 진출기업들로 하여금 한국에서의 연구개발기능을 확충하도록 유도함으로써, 장기적으로는 네덜란드 기업들의 동아시아 연구개발거점을 유치하는 전략을 모색할 필요성이 있는 것으로 지적된다. 이는 네덜란드가 미국, 일본에 이어 한국에 대한 직접투자 규모 면에서 이미 3위에 해당하는 국가인 데다가, 최근 세계 연구개발활동의 조류에 의하면 국내에 진출한 외국기업의 현지 연구개발활동이야말로 가장 효과적이고 직접적인 기술이전 및 확산경로로 간주되고 있기 때문이다.

<참고문헌>

Institute for Management Development(2000), The World Competitiveness Yearbook 2000, Lausanne.

Ministry of Economic Affairs(1999), Scope for Industrial Innovation, The Hague.

Ministry of Education, Culture and Science(1999), Nothing Ventured, Nothing Gained; Science Budget 2000, The Hague.

Netherlands Observatory of Science and Technology(1998), 1998 Science and Technology Indicators-English Summary, Leiden University and Maastricht University.

OECD(2000), Main Science and Technology Indicators, Paris.

OECD(1999), Main Science and Technology Indicators, Paris.

4) 결과적으로 이같은 정책의 투명성과 일관성은 과학기술체제 내의 주요 구성주체들이 각종 의사결정과정에서 접하게 되는 불필요한 불확실성을 크게 감소시킴으로써, 네덜란드 과학기술체제의 전반적인 효율성 및 경쟁력 제고에 기여하고 있다.