

## 과학기술지식의 속성과 기술혁신

홍정진( hjj9721@chollian.net)  
고려대학교과학학협동과정  
과학관리학 전공(박사과정 수료)  
Tel: (02) 3290-1357  
Fax: (02) 926-6167

### 국문요약:

전통적 혁신 이론에서 과학과 기술은 공공재와 지식으로 다루어지며, 이러한 관점은 선형 혁신 모델과 기술 결정론을 자연스럽게 도출시킨다. 그러나 과학과 기술을 새롭게 규정하는 신혁신 이론에서는 기술의 사회적 형성을 강조하며, 선형 모델에서 탈피하여 혁신과정의 상호작용, 네트워크, 시스템 측면을 포섭하고 있다.

### 영문요약:

Science and technology are regarded as public goods and knowledge in traditional innovation theory. Also, linear innovation model and technological determinism are derived from its theory. This is changed, however, in new innovation theory. Social shaping of technology is emphasized and interaction, network, system characters of innovation process are involved in its theory.

### Key words:

science and technology knowledge, technological determinism, social shaping of technology, new innovation theory

## I. 시작하며<sup>1)</sup>

과학기술이 인류역사의 발전에 끼친 영향만큼이나 과학기술의 발전에 있어 기술 혁신이 차지하고 있는 의미는 크다. 기술혁신을 바라보는 관점은 과학지식과 기술 지식을 어떻게 규정하느냐에 따라 그 패러다임을 달리하며, 그 결과 상이한 혁신이론에 기반한 과학기술정책 역시 차이를 보일 수 밖에 없다. 여기서는 과학지식과 기술지식의 전통적인 견해와 새로운 견해를 비교하고 이와 더불어 각각의 관점에서 파생된 혁신모델을 살펴보기로 한다.

## II. 전통적 기술혁신 이론

### 1. 과학과 기술지식에 대한 전통적 관점

#### 1) 공공재로서의 과학<sup>2)</sup>

경제학에서는 과학지식을 공공재로 취급하는데, 그것은 과학지식이 비배제성(non-excludability)과 비경합성(non-rivalry)을 지니는 재화<sup>3)</sup>이기 때문이다.

만일, 어떤 재화에 대한 한 사람의 이용(소비)이 다른 잠재적 이용자(소비자)로 하여금 동일한 재화의 이용(소비)을 막는다면 그 재화는 배제(혹은 전유)된 것이며, 그렇지 않으면 그 재화는 비배제(비전유)된 것이다. 예를 들어, 'DNA는 이중 나선 구조이다' 라는 과학지식을 어떤 사람이 이용해도, 이로 인해 다른 사람이 이 지식에 대한 이용이 방해되지 않으므로 과학지식은 비배제성(비전유성)을 갖는다. 그러나 일부 경제학자는 과학지식을 준공공재(quasi-public goods)로 파악하는데<sup>4)</sup>, 그 이유는 명시적 지식에 비해 암묵적 지식의 경우 전유도(degree of

---

1) 이 글을 작성하는데 도움을 준 과학관리 세미나팀원과 특히 인터넷 검색을 통해 세미나 자료를 공급해준 박진서 학형께 감사 드립니다.

2) 이 부분은 칼롱(Callon, 1994 a)의 일부를 전제한 것임.

3) '재화 goods'라는 측면에서 과학지식은 유통, 교환, 상업적 거래, 절도가 가능한 물리적 성질을 갖는다. 경제학자는 '지식 knowledge'와 '정보 information'를 구별하여 과학지식의 물리적 성질을 강조한다. 즉, 지식중에서 유통, 교환 가능한 형태만을 정보라 부른다. 정보로 변환될 수 없는 지식은 거래될 수 없기 때문에 경제학자는 관심을 두지 않는다. 그리고 정보로 변환 가능한 지식은 그 형태에 관계없이 - 다시말해, '명시적 explicit' 지식과 '암묵적 tacit' 지식 모두 - 재화로 간주한다. 텍스트, 과학자, 표본, 측정 기구는 어느 것이나 교환, 절도, 은닉, 대여가 가능하다.

appropriability)가 높기 때문이다. 이는 달리 말해, 과학지식의 성격을 명시지보다는 암묵지에 가까운 것으로 이해한 것이다.

공공재의 두번째 특성은 비경합성이다. A와 B가 재화의 이용을 놓고 경쟁할 때 그 재화는 경합한다고 말해지며, 재화가 생산되고 나서 A와 B가 재화의 이용을 놓고 경쟁하지 않을 때, 그 재화는 비경합 한다고 말해진다. 전자의 예로는 ‘당신은 물고기를 먹을 수 있다. 나도 먹을 수 있다. 그러나 우리 둘 다는 먹을 수 없다’가 될 수 있고, 후자는 ‘나는 다른 사람의 이용을 감소시키지 않고 소프트웨어를 이용할 수 있다’를 예로 들 수 있다.

경제적 관점에서 비경합성은 재화의 생산비용이 고정되어 있음을 의미한다. 재화가 일단 생산되면 그것과 동일한 재화의 생산비용은 존재하지 않기 때문에 계속적인 투자는 필요 없어진다. 이 특성은 명시적 지식뿐만 아니라 인적 숙련과 같은 암묵적 지식에도 그대로 적용된다. 한 전문가의 숙련과 테크닉을 이용하는 것은 동일한 시간에 동일한 숙련과 테크닉을 지닌 다른 전문가의 이용을 방해하지는 못한다.

이외로 거론할 수 있는 과학지식의 특성으로는 내구재(durable goods)적 속성이다. 과학지식을 사용해도 과학지식은 망가지거나 훼손되지 않는다. 오히려 과학지식은 더 많이 사용될수록 그 가치가 증가한다. 불확실성(uncertainty) 또한 과학지식의 중요한 특성인데, 이로 인해 생산자는 과학지식의 결과와 이용도를 예측할 수 없는 상태에서 자원을 투입하게 된다.

이러한 과학지식의 특성으로 인해 시장경제에서는 과학지식 생산의 과소 투자가 발생하게 되고 이를 보정하기 위해 정부가 개입하는 것은 정당화된다.

## 2) 지식으로서의 기술<sup>5)</sup>

신고전학과 경제이론에서는 기업을 수익률에 기초하여 제품 생산을 결정하고, 알려진 모든 생산 기술 방식을 이용하여 이윤을 극대화하는 합리적 주체로 가정한다. 여기에서의 기술은 지식과 동일시되어, 기업은 비교적 신속하고 저렴한 방식을 통해 기술(곧, 지식)에 접근할 수 있다. 기술변화도 변화된 환경조건에 응답하여 외생적으로 주어진 최적의 신기술을 즉각적으로 적용시킨 자연스러운 과정으로 설명한다. 이러한 접근 방식에 따르면, 경제적 효율성은 경제전반과 기업차원에서의 유연성의 확보, 즉 자유시장, 진·출입 장벽 제거, 기업내의 변화 저

---

4) 일반적으로 경제이론에서 과학지식은 전유가 완전히 불가능한 공공재로 바라본다.

5) 이 부분은 스미스(Smith, 1995)의 일부를 전제한 것임.

해 장벽 제거, 기업간 경쟁 압력 증가 등과 같은 정책적 수단에 달려 있다.

이는 신고전학파에서 기술지식을 다음과 같이 가정하고 있는 것에 근거한다. 첫째, 기술지식은 공유적이다. 다시 말해, 지식은 기업과 산업 전반에 걸쳐 폭넓게 이용될 수 있다. 둘째, 기술지식은 부호화(codification) 되어 있다. 다시 말해, 기술지식은 명시화되거나 여타 형식을 통해 완전히 이용 가능한 형태로 전달된다. 셋째, 기술지식의 접근에는 비용이 소모되지 않는다. 다시 말해, 전달비용은 무시될 수 있으며 지식을 생산에 이용하는데 비용장벽이 존재하지 않는다. 넷째, 기술지식은 맥락 비의존적(context-independent)이다. 다시 말해, 지식을 생산능력으로 변환시키는데 모든 기업은 똑같은 역량을 가지고 있다.

이외로, 기술지식은 과학지식과 마찬가지로 불확실성, 비전유성 그리고 불가분성(indivisibility: 과학지식은 그 생산에 앞서, 반드시 최소한의 규모를 필요로 하며 이러한 최소규모는 생산 비율과 무관하다) 등의 특성을 지니고 있다.

기술을 이처럼 지식과 동일시한 접근 방식은 기술지식을 기초과학 지식과 동등한 것, 정확히는 응용과학의 한 형태라고 간주하는 입장에 서있다. 이 입장은, 경제성장에 기여하는 기술지식의 증대를 위해서는 기초과학의 지원을 강조하는 혁신의 선형모델을 유도한다.

## 2. 선형모델과 기술결정론

선형모델은 혁신과정을 ‘연구 → 개발 → 생산 → 판매’의 단계를 거쳐 이루어지는 일방향적·자동적 과정으로 묘사한 모델이다. 클라크(Norman Clark, 1995)는 선형모델의 특징을 네가지로 지적한다. 먼저, 이 모델에서는 혁신에 수반되는 ‘시간’과 ‘불확실성’을 2축으로 하여 구성된 상태공간(state space)을 가정하고 있다. 시간 축은 선행단계가 완료된 후에야만 후속단계가 시작된다는 것을, 불확실성 축은 단계를 밟아 나갈수록 경제적 이익은 구체화된다는 것을 전제한다. 둘째, 단계별 재정지원에 대한 규범적 판단(normative judgement)이 존재한다. 연구 단계는 상업적 가치가 없는 공공재적 성격이 강하므로 국가에서 대규모의 자금을 지원해야 하며, 개발 단계는 경제적 목적이 강하므로 민간기업에서 투자가 행해져야 한다는 것이다. 셋째, 단계별 평가 방식에 대한 규범적 판단이 존재한다. 초기 단계의 평가는 과학자에게, 시장에 근접할수록 관련 이해 당사자에게 맡겨져야 한다. 끝으로 시장에 가까워지는 단계일수록, 즉 기초연구에서 멀어질수록 다분야(interdisciplinary)의 활동 참여가 요구된다.

스미스(Keith Smith, 1994)는 선형모델이 함축하고 있는 의미를 크게 두가지로 파악하는데, 우선 신기술의 근원으로써 연구(특히, 기초과학연구)를 지나치게 강조한

다는 점이다. 이 모델에서는 혁신의 제약요인으로 'R&D의 과소 공급'을 1차적인 요인으로 꼽는다. 따라서, 정부개입의 정당성은 과소 R&D를 유발하는 전유성과 위험 등에서 찾을 수 있으며 정부정책의 기본 임무는 정부가 R&D를 직접 수행하거나 민간영역에 연구개발 유인체계를 부여하여 사회적으로 적절한 양의 R&D를 확보하는 것이다. 실제로, 대부분의 국가에서 시행하고 있는 과학기술정책은 연구 보조금 지급, 세금공제, 연구 인프라 구축 등의 R&D 지원 수단으로 이루어져 있다.

다음으로, 선형모델은 혁신을 순전히 기술적 행위로서 간주하는 기술관료적 관점(technocratic view)에 의거한다는 것이다. 기술관료적 관점은 혁신의 본질을 기계 및 기구류의 구축으로 파악한다. 즉, 혁신을 경영·관리·조정·학습·협상 등의 연속적인 사회적 과정으로 보기보다는 일회적인 생산 행위로 간주한다. 따라서, 사용자의 니즈 탐색, 기술능력 획득, 신제품 개발 관리, 재무관리 등과 같은 '비 R&D 과정'은 무시된다.

선형모델은 실제현상을 설명하는데 많은 한계를 노정하고 있다. R&D에 대한 자원투입이 기술개발의 성공으로 이어진다는 가정은 맞지 않고 있다. 뿐만 아니라 영국, 구소련, 인도 등은 견실한 과학기반을 지니고 있음에도 산업적 성과는 보잘 것 없는데 비해 기초과학 투자가 부실한 동아시아 국가는 급속하게 성장하는 현상은 설명될 수 없다.

이럼에도, 이 모델은 과학 의존성이 심한 기술과 급격한 기술변화를 설명하는데는 일정 정도의 타당성을 갖는다. 그러나, 무엇보다도 선형적 관점의 중요성은 새로운 혁신이론 연구가 활발히 진행중인 오늘날에도 정책결정자의 정책형성 사고에 상당히 강력하게 자리잡고 있는 점이라 하겠다.

선형모델은 기술 자체의 내적논리를 상정하고 기술변화를 암흑상자(black box)로 취급한 측면에서 기술결정론과 그 맥을 같이 하고 있다. 기술결정론에 의하면, 사회의 발전은 기술의 진보를 바탕으로 하고 기술의 진보는 다시 과학의 발전에 기반하고 있다. 기술은 사회와 무관한 독립변수로서 경제와 사회 전반에 결정적인 영향(impact)을 미친다. 사회과학자에게 기술은 주어진 것, 당연한 것으로 인식되어 기술의 사회적 영향을 평가하는 작업을 수행할 뿐이다.<sup>6)</sup>

이 이론에 의하면 동일한 기술을 도입한 모든 사회는 동일한 변화가 초래되어야 한다. 그러나 실제로는 해당사회의 가치, 전통, 사회구조, 정치세력, 경제적 조건 등

---

6) 클라인과 로젠버그(Kline and Rosenberg, 1986)는 암흑상자 내부에서 실제로 진행되는 상황에 대해서는 관심을 두지 않고 상자에 투입되는 변수와 산출결과를 가지고 혁신을 다루어 온 경제학자들과, 상자 내부에서 일어나는 기술적 과정에만 몰두하여 생산품의 사용 여부를 좌우하는 시장의 힘과 적응 조건을 야기하는 제도적 효과를 너무 무시한 기술자들의 그간의 행태를 함께 비판한다.

에 의해 그 효과가 달리 나타난다. 기술결정론을 비판하는 입장을 견지하는 학자들은 기술을 기술의 내적논리로 파악하지 않고, 사회적 제조건에 의해 양식(pattern)화 되는 사회적 생산물(social product)로 이해한다. 이에 대한 세부 논의는 뒤에서 언급되는 기술의 사회적 형성론에서 다룬다.

### III. 새로운 기술혁신이론의 근거

#### 1. 과학과 기술지식에 대한 변화된 관점

##### 1) 과학은 공공재인가?

과학은 일종의 물(物, thing)로 간주할 수 있다. 정확히는 상호보완적인 물의 일체라 할 수 있다. 과학은 과학이 기입되는 다양한 매질을 벗어나서는 존재하지 못한다. 과학 사회학의 연구에 따르면 정보는 논문, 서적뿐만 아니라 특허, 프로포절, 보조금, 보고서 등에 - 좀 더 일반적으로는 기입(inscription)이라고 부르는 것에 - 부호화 되어 있다. 그러므로, 과학 사회학에서는 기구, 물질, 숙련, 테크닉 등의 구체적 복합체(specific complex)를 강조한다.<sup>8)</sup>

이를 분명히 드러내기 위해, 대표적인 명시적 지식인 부호화된 언명(codified statement)을 예로 들어보자. 과학 사회학자는 독립된 언명과 이론은 무가치하다고 본다. 수천부의 논문과 서적을 복사하여 비행기로 지구 저편으로 뿌릴 수 있으며, 혹은 숙련된 학생과 정교한 기구를 지구 이편으로 보낼 수도 있다. 그러나 이 모든 것들이 동일한 시간에 한 장소에 모이지 않는다면 이러한 수고는 시간 낭비일 뿐이다. 아무도 논문과 서적에 관심을 두지 않을 것이며, 숙련은 적용 대상을 찾을 수 없고 정교한 기구는 상자속에 파묻혀 있을 것이다.

갈롱은 이를 '언명(혹은 숙련, 기구)의 본래적 무용 논제 thesis of the intrinsic inutility of statement(or skill, instrument)'라고 지칭한다. 갈롱에 따르면 콜린스(Collins, 1992)의 유명한 '실험자의 회귀 experimenters' regress' 논의<sup>9)</sup>도 복제 (duplication)의 불가능성을 입증한 것이라기 보다는 '숙련과 기구

---

7) 이 부분은 갈롱(Callon, 1994a)의 일부를 전제한 것임.

8) 이론적 언명을 빨간색으로 인간, 도구, 숙련, 특허, 보조금 등 기타 모든 기입을 초록색으로 표시했다고 가정하고 화성인이 과학이라는 혹성을 관찰한다고 상정할 때, 화성인은 매우 이따금씩 빨간색의 흔적이 나타나는 엄청나게 광대한 초록색의 바다를 보게 될 것이라며, 갈롱은 과학지식의 상보성(complementarity)과 과학지식을 표출하는 매질의 다양성(multiplicity)을 강조한다.

의 복제작업이 이루어지지 않으면, 부여된 언명에서 어떠한 의미를 찾는 것도 불가능하다' 라는 것을 성공적으로 보인 연구라 말한다.

경제적 관점에서 갈롱의 주장이 갖는 함축은 무엇인가? 사유재는 경합재이기 때문에 나와 당신은 똑같은 시간에 똑같은 포니 자동차를 이용할 수 없다. 그러나 공공재는 비경합재이기 때문에 나와 당신은 똑같은 시간에 똑같은 과학지식을 이용하여 방정식을 풀 수 있다. 경제학자는 이를 'A가 언명 E를 이용한다면, 언명 E는 또한 B가 이용한다는 사실에 의해 훼손되지 않는다'라고 표현한다. 이것은 사실이다. 단 A가 이용하는 언명 E와, B가 이용하는 언명 E는 마치 세계 무역 센터의 쌍둥이 빌딩중 각기 하나의 빌딩인 것처럼, 서로 비슷하기는 하나 동일한 언명은 아니기 때문에 이것은 사실이 된다. 자동차를 과학지식과 같은 비경합재로 가정한다면, 나의 이용이 당신의 이용을 저해하지 않는다. 그것은 내가 이용하는 포니 자동차의 번호는 1111이고 당신이 이용하는 포니 자동차의 번호는 1112이기 때문이다. A가 이용하는 언명과 B가 이용하는 언명은, 내가 이용하는 포니 자동차와 당신이 이용하는 포니 자동차가 비슷한 만큼이나 비슷할 뿐 동일한 것은 아니다.

다시 말해, 다른 2가지 상황에서 사용되는 2개의 유사한 언명은 그 이용과 실행에 특정 투자를 미리 전제하는 서로 상이한 2개의 재화로 간주된다. 따라서, 과학지식은 부호화된 언명에서조차도 비경합재로 이해될 수는 없다.

과학지식의 비배제적 정도는 앞에서 본 것처럼 지식의 형태, 즉 지식생산자의 선택에 달려있다. 명시적 지식은 전유도가 낮은 반면 암묵적 지식은 그 반대이다. 또한, (비)전유성은 '언명의 본래적 무용성'을 고려할 때 맥락 의존성을 매우 심하게 나타낸다. 흥미롭게도, 과학자의 실질적 행태는 자신이 창출한 과학지식을 전유 - 즉, 자신이 쓴 논문을 동료 과학자가 읽는 것을 방해하는 것- 하기보다는 비전유 - 즉, 동료 과학자에게 자신이 쓴 논문을 읽어야만 한다고 확신시키는 것- 시키려고 노력한다.

과학지식의 내구적 속성은 단지 막대한 투자를 소모하는 경우에 한해서 유지되는 속성이다. 1999년 한국에서  $f=ma$  법칙이 유용하기 위해서는, 엄청난 책이

---

9) 이 개념은 콜린스가 '중력과 실험' 논쟁에 참여한 물리학자를 면접조사하여 도출한 것으로, 실험물리학자인 웨버(Weber)가 상당량의 중력파를 탐지하였다는 주장을 검증하기 위해서는 다른 물리학자들은 우선 더 좋은 중력파 탐지기를 만들어서 그 결과를 검토해야 한다. 그러나 탐지기를 만들어서 중력파를 측정해보고 맞는 결과를 얻기까지는 제대로 된 탐지기를 만들었는지를 알 수가 없다. 그러나 무엇이 맞는 결과인지를 알기까지는 어떤 탐지기가 제대로 된 탐지기인가를 알 수가 없다. 이러한 일련의 과정은 무한히 반복될 수밖에 없고, 이를 콜린스는 '실험자의 회귀'라고 불렀다.

출판되고 팔리고 교사는 학생에게 억지로 이 정보를 집어넣고 연구소와 기업이 생기고 연구자에게 교육비용이 지불된 결과이다. 또한, 과학지식 생산의 불확실성으로 인해 과소 투자가 일어나는 것은 아니다. 혁신활동에는 본디 어느 정도의 불확실성은 불가피하게 나타나며 더욱이 기술의 불확실성은 시장의 불확실성에 비하면 미비하다.

결론적으로, 과학지식은 경제이론에서 정의한 대로 공공재가 아니다. 과학의 사유적 혹은 공공적 속성은 과학지식 본래의 특성이 아닌 것이다. 그것은 적절한 행위자와 투자가 전략적으로 구성(configuration)된 결과물이다.<sup>10)</sup>

## 2) 기술은 지식인가

기술을 지식과 동일시한 신고전학파의 주장은 타당한가? 과연, 기술이란 무엇인가? 스미스(Smith, 1994)는 기술을 다음과 같이 규정한다. 첫째, 기술은 생산과 관련된 지식을 의미한다. 이 지식의 범위는 추상적 과학지식에서 공학적·조작적 노-하우, 숙련에 이르기까지 폭넓다. 둘째, 기술은 조직을 의미한다. 개별적 행위와 생산 그리고 공공영역의 활동을 상호 통합하는 관리 및 조정 시스템도 기술에 포함된다. 셋째, 기술은 테크닉을 의미한다. 기계, 기구, 도구와 이것들의 운용 과정과 규칙 그리고 보수, 유지, 훈련과 같은 부수적 활동도 기술이라 간주된다. 넷째, 무엇보다도 기술은 사회적 틀(social framework) 내에서 존재하고 생산된다. 기술의 발전과 확산 그리고 교육과 문화를 통해 기술 운용에 요구되는 숙련의 개발은 사회 시스템 내의 정치 경제적 선택에 의해 한정된다. 따라서 사회적 가치와 의사결정은 기술발달 경로에 영향을 미치며, 상이한 사회 문화적 구조로 인해 각 사회는 기술성과의 차이를 보인다.

또한, 위에서 기술의 첫 번째 의미로 규정한 생산 관련 지식도 구체성(specificity)을 기준으로 3가지 영역으로 구분된다.(Smith, 1995) 먼저, 일반적인 과학 수준의 지식이다. 이 수준의 지식은 명시적이고 부호화 되어 있으므로 광범위한 가용성을 갖는다. 다음으로는, 산업 수준의 지식이다. 전기공학, 재료공학, 약학과 같은 응용과학 분야에서 부호화 되어 있는 공유적 지식을 말한다. 끝으로, 기업 수준의 지식이다. 이 수준에서의 지식은 개인과 그룹에 특이적인 숙련 형태로 발현되는 비공식적, 암묵적, 국소적 특징을 갖는다. 지식의 특이적인 특징은 기술적인 측면보다는 사회적인 측면에서 유래한다. 즉 기술과정은 숙련, 생산

---

10) 이 논문의 핵심은 과학을 공공재로 취급해야 한다는 것이다. 그러나 그 근거를 비배제성과 비경합성에서 찾는 것이 아니라 과학은 다양성과 유연성의 근원이라는 것에서 찾는다.



루트, 기구 사용, 트레이닝, 관리 체계 등과 통합되어 있다.

그리고, 기업의 지식 기반도 다음 5가지 측면에서 신고전학파에서 상정하고 있는 것과는 큰 차이를 보이고 있다. 첫째, 기업의 지식기반은 특화(differentiation)와 중층적(multi-layer) 성격을 갖는다. 기업이 창출하는 기술지식은 상이한 지식 형태(명시적 과학지식, 체화된 지식 등)가 상보적으로 작용하여 개발되는 다측면적인 과정을 거친다. 둘째, 기업의 지식기반은 아주 높은 특이성을 보인다. 기업 지식은 기업의 소수 핵심기술을 중심으로 구성된다. 셋째, 기업의 지식기반은 누적적(cumulative) 성격을 지닌다. 기업 지식은 값비싼 탐색과정, 학습, 적응과정을 거쳐 개발된다. 이는 기술지식이 경로 의존적(path dependent)임을 의미한다. 넷째, 기업의 지식기반은 내부적인 체계성(internal systemic)을 갖는다. 이질적인 여러 활동(기술·시장 기획의 포착, 설계, 훈련, 시제품 개발 등)이 관여하는 혁신행위는 기업에 의해 이들 활동이 집적되고 상호 조정된다. 다섯째, 기업의 지식기반은 기업 외부와 상호작용(interaction)한다. 혁신은 제도와의 상호작용을 통한 상호학습과정과 지식교환을 통해 일어난다.

## 2. 기술의 사회 형성론(SST: Social Shaping of Technology)

기술결정론에서는 기술변화의 결과 혹은 영향에만 초점을 맞추는 반면, SST에서는 기술의 내용에 초점을 맞춘다.(Williams and Edge, 1996) 즉, 기술의 설계와 실행이 기술적 요소뿐만 아니라, 사회적·경제적·조직적·문화적·정치적 요소에 의해 어떻게 형식화되어 가는지를 연구한다. 이러한 관점에서, 기술이 시장 수요에 반응하여 쉽게 출현한다는 ‘사회 결정론’도 더불어 비판하고 있다.

SST의 핵심 개념은 개별 인공물의 설계와 시스템 그리고 혁신의 방향(궤적)에는 본질적으로 선택(choice)이 - 반드시 의식적인 선택이 아닐지라도- 내재하고 있다는 것이다. 신기술이 발생하고 실행되는 매단계마다 상이한 기술 옵션들간의 선택이 작용하며, 기술적 고려 이외에 일련의 ‘사회적’ 요인이 이들 옵션간의 선택에 영향을 미친다. 따라서, 기술변화를 사회적 과정으로 이해한다.

SST에서는 혁신을 첫째, 모순적이며 불확실한 과정으로 본다. 혁신은 단지 합리적인 기술적 문제 해결(problem-solving) 과정에 국한되어 있지 않다. 그것은 아직 실현되지 않은 개념(비전) 주위로 자원과 기술 경험을 지닌 이해관계(공급자, 기술자, 잠재적 이용자, 자금지원자, 통제자 등)를 동원하여 동맹(alliance)을 구축하는 경제적 정치적 과정(economic and political process)도 포함되어 있다. 둘째, 혁신은 불완전한 지식과 제한된 합리성을 특징으로 한다. 기술개발의 성공은 단지 자금의 문제 혹은 기발한 기술적 해결책을 확보하는 것이 문제가 아니다. 성공을 위해서는

상이한 지향점과 지식 기반을 지닌 여러 행위자를 가담(enroll) 시키고 이들간의 원활한 정보 흐름을 보장하는 것이 관건이다. 셋째, 혁신과정을 거치면서 기술의 변형(transformation)이 반드시 일어난다. 기술확산에 대한 전통적인 견해에서는 기술을 고정체로 취급하여, 상이한 맥락에서도 변형없이 단순히 전달된다고 간주한다. 넷째, 혁신은 연속적인 되먹임(feed-back)이 되풀이되는 과정이다. 특히, 실행(implementation)은 혁신을 야기시키는 중요 지점이다. 혁신(innovation)이라는 말은 혁신의 실행 측면을 특히 강조한 것으로 투쟁을 통한 학습(learning by struggling)을 묘사하는데 쓰인다. 다섯째, 실행의 강조는 전통적인 공급 측면의 강조와는 반대로 혁신에서의 이용자와 공급자-이용자의 상호작용에 중요성을 부여한다.

#### IV. 혁신에 대한 몇 가지 새로운 접근방식

##### 1. 사슬연결 모델(Chain-Linked Model)

클라인과 로젠버그(Kline and Rosenberg, 1986)가 제시한 이 모델은(그림 1) 혁신과정의 상호작용과 되먹임을 상징하고 있다는 점에서 선형모델과 가장 큰 차이를 보인다. 선형모델이 기술과 시장의 양극단에 치우쳐 혁신을 파악한 반면, 여기에서는 기술과 시장의 중첩(coupling)이 성공적인 혁신의 관건이라고 파악한다. 이렇게 혁신의 성공을 담보하는 기술과 경제의 상호 연관관계는 특히, 사용자로부터의 되먹임 신호를 통해 역동적으로 형성된다.

이들은 사슬연결 모델의 특징을 세가지로 언급한다. 첫째, 연구에서 판매로 이어지는 과정에서 되먹임 경로가 존재한다. 되먹임이 없는 일방향적인 과정은 최초로 발현된 혁신성고가 최적화되어 나타난다는 가상세계를 가정하고 있다. 그러나, 현실 세계는 불충분한 정보와 높은 불확실성 그리고 오류가능한 인간으로 구성되어 있기 때문에 지속적인 평가와 시행착오를 겪으며 혁신성고는 최적화된다. 따라서 되먹임 경로는 혁신을 묘사하는데 필수적인 요소가 된다. 둘째, 기술혁신의 핵심적인 과정은 과학이 아니라 설계(design)에 기반하고 있다. 되먹임이 존재하므로 설계는 기술혁신의 출발점이며, 재설계(redesign)는 궁극적으로 성공을 결정하는 요인이 된다. 셋째, 점진적 기술혁신(incremental innovation)을 포착할 수 있다. 역사상 출현한 대부분의 혁신을 보면 최초의 사용 가능성보다는 발명에 따르는 지속적인 개선이 경제적으로 더욱 중요하였는데, 이에 대한 설명이 가능하다.

또한, 이들의 연구는 혁신은 매우 복잡한 과정을 통해 일어난다는 것, 학습의 중요성을 부각시켰다는 것 그리고 기존 혁신이론에 반대하여 대안적인 이론 토대를

구축시켜 주었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. (Coombs, Saviotti and Walsh, 1987) 사슬연결 모델로부터 이끌어 낼 수 있는 성공적인 혁신 전략을 꼽으면 기초연구에 모든 자원을 투자하지 않는 것, 엔지니어링 활동에서 수행하는 연구(예를 들어, 발명, 분해, 설계, 생산)를 지원하는 것 등을 들 수 있다.

## 2. 기술-경제 네트워크 (TEN: Techno-Economic Network)

TEN은 깔롱의 행위자-연결망 이론(ANT: Actor-Network Theory)의 이해를 전제로 한다. (Green *et al.*, 1998) ANT는 상호 독립적으로 존재할 수 없는 행위자와 구조(맥락)의 결합을 기저로 깔고 있다. 네트워크는 이를 구성하는 행위자 없이는 존재할 수 없으며, 인간 및 비인간의 다양한 연결관계와 독립하여 행위자가 존재할 수도 없다. 기존의 네트워크에 새로운 행위자가 가담(enroll)하면 마치 연못에 잔물결이 퍼지는 동심원의 모습과 마찬가지로 네트워크의 이익을 외부로 확장시킨다. 각 행위자는 서로를 끌어당기며, 각 행위자의 행위는 서로의 행위에 기반하고 있다. 그리하여 상이한 이해를 지닌 개별주체 모두는 공통의 목적을 성취하면서 동시에 각기 개별적인 목표를 실현한다. 이러한 가담과정을 ANT에서는 'intéressement' 라고 부른다.

ANT에서 특히 중요한 것은 번역(translation)에 대한 개념이다. 이것은 두 행위자 혹은 매개물간의 관계를 규정하는 것이다. 즉, 하나는 다른 하나를 규정하면서 그것에게 이익, 계획, 욕구, 전략 등을 부여하게 되면, 이익, 계획, 욕구, 전략 등은 매개물에 기입(inscription) 된다. 예를 들어, 한 행위자가 과학논문의 저자이고 다른 행위자는 논문이 대상으로 하는 독자라면 앞의 행위자(저자)는 대상 독자를 규정하며, 독자에게 흥미를 줄 수 있게 논문을 쓰게 됨에 따라 논문(매개물)상에 그러한 규정이 기입되게 된다.

TEN에서 고려하는 혁신 단위는 기업, 연구소 혹은 소비자가 아니라 이들 상이한 행위자간에 존재하는 상호조정(co-ordination)된 연결 시스템이다. 상이한 목적, 계획, 이익을 지닌 행위자들로 구성된 네트워크는 행위자의 다양성과 이질성이 커질수록 상호작용의 크기 또한 증대한다. 이러한 상호작용은 그 자신의 내적논리를 가지고 있으며 이 내적논리에 의해, 단계가 분명히 규정되어 있고 순차적 순서로 구성된 선형모델은 부정된다. 깔롱은 TEN을 재화와 용역의 설계, 개발, 생산, 확산 과정에 집단적으로 참여하는 상이한 행위자들(예를 들어 정부 연구소, 기술연구소, 기업, 재무조직, 이용자, 공공기관 등)의 상호조정된 일체(co-ordinated set)로서 정의한다.(Callon, 1994b)

TEN은 생산물의 유형과 유통되는 매개물의 유형에 따라 몇가지의 극점(pole)을 상정하는데 먼저, 매개물은 다음과 같이 네가지로 분류된다. 첫째, 비체화된 정보(disembodied information) 또는 기타 문서류(서적, 기사, 특허, 노트, 디스켓, 서신 등) 둘째, 기술적 인공물(과학기구, 기계, 로봇, 소비재 등) 셋째, 인간과 인간의 숙련(지식, 체화된 노-하우 등) 넷째, 온갖 종류의 금전(예를들어, 재정적 신용 등)이다.

금전을 예로 하여 TEN을 살펴보자. 벤처 캐피탈에 의해 자금이 지원된 연구는 프로그램의 형태를 취한다. 즉, 여기서 프로그램은 재정적 지원 행위의 대응물(counterpart)이다. 이러한 프로그램은 지원된 자금이 번역된 것이라 하겠다. 중요한 점은, 특정 매개물과 매개물이 창출하는 네트워크는 상호 동등하다는 점이다. 그러므로, TEN을 기술하는 첫단계는 이들 매개물을 분석하는 것에서 시작된다.

그림 2에서 보듯이 TEN에서 상정하고 있는 3가지 주요 극점은 과학극점(Science Pole)과 기술극점(Technology Pole) 그리고 시장극점(Market Pole)이다. 이외로, S와 T가 겹치는 이전극점 ST(Transfer Pole ST), T와 M이 겹치는 개발극점 TM(Development Pole TM), 2가지가 더 있다.

TEN은 혁신의 기술적인 측면과 사회 경제적인 측면을 동시에 포섭하려는 모델이다. 즉 매개물(intermediary, 금전, 계약 등)에 관한 경제적 관념과, 상호관계에 의해 규정되는 행위자(actor)에 관한 사회적 관념을 결부시켜 특정 혁신의 출현과 안정화를 기술하고 있다.

### 3. 혁신 시스템(Systems of Innovation)

기술혁신의 출현 과정은 극도로 복잡하다. 과학, 기술, 학습, 생산, 정책, 수요 등의 요인이 상호작용하고 되먹임 되어 신기술이 나타난다. 혁신과정을 기술하고 이해하려면, 반드시 혁신에 영향을 미치고 혁신을 형성하는 모든 중요한 요인을 설명해야만 한다. 혁신 시스템 접근은 이러한 것을 목적으로 한다.(Edquist, 1997)

혁신 시스템 이론은 아직도 만들어지고 있는데, 상호작용 학습이론(interactive learning theory)과 진화이론(evolutionary theory)이 이론의 발전에 큰 영향을 미쳤다. 혁신의 근원으로 교육과 R&D를 꼽는다. 그러나 대부분의 경우, 혁신은 일상적인 경제활동 내에 배태된 다양한 학습과정의 결과이다. 그러므로 생산자의 효율성을 증가시키는 수행을 통한 학습(learning by doing), 사용의 효율성을 증진시키는 사용을 통한 학습(learning by using), 사용자와 생산자의 상호작용 효율성을 증진시키는 상호작용을 통한 학습(learning by interaction)이 혁신의 핵심을 이룬다. 이윤 극대화를 추구하는 기업 모델로 혁신을 조망하는 것은 혁신을 왜곡하게 된다.

예를 들어 R&D와 혁신과정에 연루된 대다수의 행위자와 조직은 이윤 추구 동기를 우선으로 하지 않는다. 정부조직, 대학·공공연구소와 같은 비이윤 추구 조직도 혁신에 많은 영향을 미치며 법 규정, 규칙, 규범도 조직의 혁신 경향과 가능성을 크게 좌우한다. 기업처럼, 비영리조직과 영리조직 또한 학습과 혁신을 추구하면서 복잡한 방식으로 서로 상호작용한다. 기술변화를 이윤 극대화의 결과로 이해하는 것을 대신하여, 벨슨과 윈터는 진화과정으로 이해한다. 진화이론에 따르면, 기술변화는 개방적이고 경로 의존적인 과정이며, 기술적 문제에 대한 최적의 해답은 알 수 없다. 진화모델을 통해 드러난 혁신과정의 불규칙적, 시간소모적 성격은 진화이론이 신고전학과 이론보다 혁신을 더욱 현실적으로 이해하고 있음을 말해준다.

전통적인 혁신연구에서는 R&D 시스템 내로 투입되는 자원에 관심을 갖는 반면, 혁신 시스템은 전체적(holistic)인 접근방식을 취한다. 혁신시스템에는 혁신에 영향을 미치는 경제적 요소와 더불어 제도적, 조직적, 사회적, 정치적 요소가 포함된다. 이러한 측면에서 혁신 시스템의 접근방식은 또한 다제적(interdisciplinary)이다. 전체적이고 다제적인 접근방식은 혁신의 역동성을 이해하는데 필수적인 도구이다. 혁신은 시스템내의 요소(element) 뿐만 아니라 요소들간의 관계(relation)에 의해 결정된다. 그러므로 혁신 시스템에서는 요소들을 밝힘과 동시에 요소들간의 관계를 분석하고 있다.

이상과 같은 특징을 갖는 혁신 시스템은 혁신과 제도와의 관계와 이로부터 나타나는 학습의 문제에서 출발하고 있다. 혁신을 둘러싼 제반 구성요소들의 학습이 혁신의 원천이며 이로부터 학습효과가 창출되어 혁신으로 이르게 하는 제도적 구성이 강조된다. 그러므로, 각 행위자들간의 연결 혹은 상호작용의 부족과 학습저하로 발생하는 시스템 실패(system failure)를 치유하기 위한 측면에서의 정책적 개입은 허용하고 있다.

## V. 맺으며

지난 20여년간 과학기술환경은 급격히 변화하였다. 기존 과학기술 분야의 팽창과 더불어 신과학분야, 신기술이 빈번히 출몰하였다. 국가간 상호의존성이 증가하면서 국제경쟁도 치열해졌다. 이와 더불어, 과학 기술사, 기술변화의 경제학, R&D 및 혁신관리, 과학 기술 사회학 등에서 도출된 성과에 힘입어 혁신에 대한 연구가 급속도로 팽창하였다.

여기에서는 과학과 기술지식의 변화된 속성을 바탕으로 새로운 혁신이론에 대하여 간략하게 언급하였다. 그러나, 지적되는 주요 한계로는 첫째, 산업별, 기업별로

세분화되고 있는 혁신연구를 거론하지 못하였다. 과거의 경쟁력이 거시경제에 기반하였다면 현재의 경쟁력은 미시경제적 측면에서 발견된다. 각 산업과 기업은 접하고 있는 환경이 저마다 다르기 때문에 혁신전략 역시 차이가 있을 수 밖에 없다. 그러므로 세분화된 혁신이론에 대한 연구가 시급히 요구된다. 둘째, 혁신을 측정할 수 있는 지표(indicator)에 대한 언급이 부족하였다. 현대의 혁신이론은 상호작용과 역동성을 특징으로 한다. 이러한 특징은 기존의 지표로는 측정하기 어려우므로 기존 지표를 새롭게 해석함과 동시에 새로운 지표의 개발이 요구된다. 셋째, 현대의 혁신이론에서 파생된 정책 수단에 대한 논의가 없었다. 전통적 혁신이론에 근거한 정책은 기술추동, 수요견인이라는 제한된 수단을 활용하였으나, 이제 혁신을 다른 관점에서 바라보게 되면서 구사할 수 있는 정책의 범위는 넓어졌다. 그러나, 이에 대해서는 언급하지 못하였다.

카라코스타스(Caracostas, 1998)는 다음과 같은 질문을 제기하며 두가지로 대답하고 있다. ‘선형 혁신모델은 죽었는가? Was the linear model of innovation dead?’

먼저, ‘그렇다’ 라고 할 수 있다. 그것은 정책결정자가 신혁신이론에 영향을 받아 시스템 실패와 같은 새로운 문제에 관심을 갖기 때문이다. 신혁신이론에 의해 과학, 기술, 혁신과 같은 사회적 과정이 이들이 배태하고 있는 맥락과 어떻게 영향을 주고 받는지를 알 수 있게 되었다. 기술의 고착(lock-in) 효과에 대한 경계, 정책수단의 다양화(예를 들어 구성적 기술영향평가와 사용자를 고려한 정책 설계 등), 개방적·독창적인 정책 프레임워크의 제공 등은 신혁신이론의 성과라 하겠다.

다음으로, ‘아니다’ 라고 할 수 있다. 신혁신이론은 아직까지 선형모델의 지배를 붕괴시킬 만큼 강력한 것이 못된다. 제도와 조직은 새로운 접근방식에 저항할 수 있을 정도로 굳건한 인식적 모델과 역사를 가지고 있다. 제도적 고착 (institutional lock-in)에서 파생되는 위험이 신이론의 수용에서 비롯되는 위험보다는 적으며, 정책결정자의 제한된 합리성(bounded rationality)은 사회의 복잡성으로 보아 극히 자연스러운 일이기 때문이다.

이제 결론을 대신하여 질문의 방향을 나와 당신에게 돌려보자. 나와 당신은 이 질문에 어떻게 대답하겠는가?

## VI. 참고문헌

Callon, M., "Is Science a Public Good? Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 March 1993", *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 19, No. 4, 1994 a , pp. 395-425

Callon, M., "Techno-Economic Networks and Science and Technology Policy", *Science Technology Industry Review*, No. 14, OECD, 1994 b, pp. 59-117

Caracostas, P., "Towards Systemic Policy at the European Level: Five Key Challenges for the Future", *Science Technology Industry Review*, No. 22, OECD, 1998, pp. 307-321

Clark, N., "Interactive Nature of Knowledge Systems: Some Implications for the Third World", *Science and Public Policy*, Vol. 22, No. 2, 1995, pp. 249-258

Collins, H., *Changing Order: Replications and Induction in Scientific Practice*(2nd ed.), Chicago: University of Chicago Press. 1992.

Coombs, R., Saviotti, P. and V. Walsh, *Economics and Technological Change*, Rowman & Littlefield Publishers. 1987.

Edquist, C., "Systems of Innovation Approaches - Their Emergence and Characteristic", in Charles Edquist, eds., *Systems of Innovation Approaches - Technologies, Institutions and Organization*, London: Pinter Publishers. 1997.

Green, K., Hull, R., Walsh, V. and A. McMeekin, *The Construction of the Techno-Economic: Networks vs Paradigms*, CRIC Discussion Paper No. 17, 1998.

Kline, S. J, and N. Rosenberg, "An Overview of Innovation", in R. Landau and N. Rosenberg, eds., *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, D.C.: National Academy Press., pp. 275-305, 1986.

Smith, K., *New Direction in Research and Technology Policy: Identifying the Key Issues*, STEP report 94-1. 1994.

Smith, K., "Interactions in Knowledge Systems: Foundations, Policy Implications and Empirical Methods", *Science Technology Industry Review*, No. 16, OECD, 1995, pp. 69-102

Williams, R., and D. Edge, "The Social Shaping of Technology", *Research Policy*, Vol. 25, 1996, pp. 865-899