

科學技術의 21세기 모임 主題

“창의력계발을 위한 動機부여가 重要”

— 科學技術혁신의 人間的·社會的요인

金 環 東

〈서울大教授·社會學〉

◇ 과학기술변동의 성격

근대적인 과학이 성립된 이후의 기술변동은 과학적 이론의 전개과정과 밀접한 연관 아래 일어났다. 획기적인 科學의 발견이 없이 技術上的 주요 혁신이 거의 불가능해진 것만큼 기술혁신은 과학적 연구의 기법과 자료를 제공함으로써 이론적인 수준의 진전을 촉진시키는데 기여하였다. 오늘날 그 둘은 떼어 놓을 수 없는 하나의 현상으로 탈바꿈하기에 이르렀다.

물론 현실적으로는 기술과 전혀 무관하게 이루어지는 순수 학문적 관심에 입각한 과학적 연구가 있는가 하면, 학문적인 호기심과는 동떨어진 영리적 목적의 생산활동을 주목적으로 추구하는 기술혁신도 있다. 그리고 이 두 범주의 극단적 유형사이에는 순수와 응용, 기초와 관용이 다양하게 조합을 이루는 유형들이 있을 것이다. 다만, 과학적 기술이 고도화 할수록 그 범주들간의 경계선이 불분명해지는 추세로 나아가는 듯하다.

이러한 경향이 왜 중요한가는 곧 다시 논의하겠지만, 한데 얽힌 과학기술의 변동이 드러내는

특징을 우선 살펴보면, 기이하게도 그것은 누적적·진화적 전개와 단절적·혁명적 혁신의 반복으로 규정할 수 있는 그런 성질의 것임을 알게 된다.

분명히 과학기술의 변천은 상당기간에 걸친 이론적 가설의 검증과정을 거치면서 그때까지 쌓아온 업적의 적립에 힘입어 전개한다. 그리하여 하나의 正常科學으로 사회(과학자공동체)가 용납하는 경지에까지 도달하기도 한다. 그러나 正常科學의 규범에 '도전하는 새로운 패러다임들이 속출하고, 일련의 경쟁을 겪으면서 그중 한 패러다임이 기존의 정상과학을 대치하는 새로운 정상과학으로 군림하기도 한다.

이러한 科學技術變動論은 어디까지나 일반론이고, 우리나라와 같이 과학기술발달의 역사에 뒤늦게 시발한 사회의 변화에 대한 이해는 다른 접근이 추가로 필요하다. 그것은 넓은 뜻으로 文化接變(acculturation)현상으로 이를 파악하는 관점이다. 둘 이상의 사회가 만나 서로 문화적인 영향을 미치면서 변화하는 과정을 이룬다. 여기에는 문화의 전파와 수용, 차용과 변형의 변증법적 역학이 작용한다. 그러므로, 대외적인 상호작용

용 과정인 문화접변이 펼쳐지면서 대내적으로는 누적적 진화와 단절적 혁신의 순환도 일어나는 복합적 과정이 뒤늦은 사회에서 볼 수 있는 과학기술변동의 특성인 셈이다.

요컨대, 과학기술의 변동은 스스로 개발하든 다른 데서 꾸워오든 간에 일정한 지식의 축적이 필수적인 동시에 획기적인 혁신에는 창의력의 발휘가 또한 불가결이다.

◇ 과학기술변동의 선택성

그것이 문화접변에 의한 외래문화의 수용이든 혹은 문화내부에 자생적으로 일어나는 변동이든, 사회문화의 변동에는 두 가지 선택성의 원리가 작용한다. 하나는 문화적 선택성이요, 다른 하나는 정치적 선택성이다.

文化的 選擇性이란, 어떤 새로운 요소가 문화속에 나타날 때 기존의 문화는 거기에 대하여 선택적인 반응을 한다는 원리이다. 새로운 것이 밖에서 들어온 것이든 안에서 자생한 것이든 간에, 기존문화는 그에 저항하거나, 소극적으로 방치하거나, 아니면 적극적으로 이를 받아들여지게 된다. 그와 같은 반응의 원천은 문화속의 종교적 신념, 새로움과 변화에 대한 태도, 가치의식, 규범적 문화, 생활관습등이다. 이런 것들이 비교적 유연성이 있고 새것에 대하여 개방적이며 무엇이든 용납할 준비태세가 되어 있으면 혁신이 성공할 확률은 클 것이다. 그러나 믿음이나 의식이 경직되고 外部나 새로움에 대하여 폐쇄성이 강한 문화는 그만큼 혁신이 어렵다. 한편, 그러한 문화적 선택성을 배경으로 하고, 한 사회는 외래요소나 내부적 혁신을 수용, 목인, 거부하는 결정을 정치적인 맥락에서도 내리게 된다. 이때는 사회의 여러 부문들과 이익집단들의 이해관심을 고려하면서, 그들이 지니는 상대적인 힘의 역학에 의하여, 어떤 변화는 촉진시키고 다른 하나는 목인하며 또 어떤 다른 변동이나 혁신은 억제하는 선택성의 원리가 작용한다.

그런데 문화적 선택성은 인간의 의도적 개입이 소극적이고 이에 존재하는 문화적 성향과 준

비태세가 이를 左右하는데 비하여 정치적 선택성에는 인간요소의 간여가 적극적으로 나타난다. 사실 현대사회의 변동이 드러내는 특징중 하나는 인간의 개입이 뚜렷한 의식적, 계획적 변동이 지배적이 되고 있다. 그렇다고 해서 모든 변화가 반드시 의도하고 계획한대로 전개하지는 않는다.

과학기술의 개발이란 이런 맥락에서 인간이 의식적으로 과학기술의 변동을 촉진시키고자 하는 과정으로 이해한다. 그것을 추진하는 데 있어서 수요나 공급 중 어느 쪽에 역점을 두는가에 따라 정책적 혹은 전략적 모형이 달라진다.

만일 과학기술 개발을 위한 연구개발을 새로운 발명과 새로운 시장 창출의 촉매로서 중시한다면, 이는 공급쪽을 강조하는 일종의 「發見 추진」모형이다. 반면에, 충족시켜야 할 기존의 시장과 특정욕구에다 역점을 두는 것이 「需要牽引」모형이다.

기술변동의 일반이론중에서도 사회적 수요론은 사회에 특정한 수요 내지 욕구가 존재하면 그것을 충족시키고자 하는 과학기술의 변화가 하나의 자연스러운 반응인양 간주한다. 하지만 사회적 수요가 있다고 해서 과학기술 혁신이 반드시 자동적으로 일어나지는 않는다. 수요가 있다해도 그 사회의 문화적 준비태세가 결여되면 변화는 성사하지 못한다. 이 문화적 준비태세란 사람들의 의식과 의지를 비롯하여 일정한 과학기술의 변동 내지 혁신이 일어나기에 충분한 지식의 축적과 자원의 예비를 뜻한다.

연구개발은 바로 이와 같은 문화적 준비태세의 한 표현이다. 거기에 정치적 선택에 의한 정책적 의지가 가미된 것이 바로 「發見 推進」모형이다. 그런데, 대체로 과학기술 선진국들에서는 이미 연구개발이 과학기술개발의 불가결한 요소로 통합된 하나의 체계가 작동하면서 과학기술 혁신은 계속 일어난다. 두말할 나위없이, 거기에에도 인간이 개입하고 있지만, 그 체계는 거의 자동적으로 움직이리 만큼 사람들은 연구개발을 당연시하는 수준에까지 이른 셈이다.

한 걸음 더 나아가 좀더 앞선 사회에서는 연

구개발이 촉매가 되어 과학기술 혁신을 성사시키면 그것은 다시 새로운 시장과 욕구를 창출함으로써 스스로의 사회적 수요가 생기는 데 기여하는 상황도 나타날 수 있다. 그러니까, 뒤늦은 사회의 한 가지 취약점은 이러한 순환고리의 짜임새가 느슨하여 수요와 공급 사이의 괴리가 아직도 상당히 남아 있다는 사실이다. 그 까닭은 우선 과학기술 개발의 사회적 수요가 영성하거나 허약하기 때문이고, 다른 한편으로는 문화적 준비태세가 미비하기 때문이다. 생활수준이 일반적으로 낮은 사회에서 고도의 과학기술 혁신이 쏟아내는 생산품을 수용할 능력도 부족하지만, 그 욕구수준 자체도 아직은 저급한 편이기 때문에 과학기술 개발의 수요가 역시 미흡할 수밖에 없다.

이런 까닭에 이 순환고리에 인간의 간여가 요청되는 것이다. 생활수준을 높여야겠다는 욕구와 의지가 발동하는 동기지움(motivation)이 긴요하고, 그리하여 생기는 수요를 채우고자 새로운 발명과 새로운 시장을 자극하는 촉매(R & D)에 더 많은 자원을 투입해야 할 것이다. 그리고 연구개발은 단순히 물질적인 자원의 문제가 아니고 인간의 문제로까지 연결된다. 과학기술의 개발은 결국 사회문화의 뒷받침을 받는 인간의 개입으로 가능해진다.

◇ 과학기술변동과 인간요소

여기서 人間要素란 ① 과학기술 변동을 결정하는 지위에 있는 사람들, 즉 정치·관료집단. ② 과학기술 변동에 직접 참여하는 사람들, 주로 과학기술분야 종사자와 전문인력. ③ 과학기술 변동의 결실을 이용하는 사람들, 특히 기업부문과 일반국민, 이렇게 분류해서 고찰해 볼 수 있다.

• 政策決定者 : 과학기술관계 정책을 입안, 결정, 집행하는 데에 관여하는 정치·관료집단도 여러 범주들이 있겠지만, 편의상 뭉뚱그려서 정책결정자라 규정하기로 한다. 그랬을 때, 이들은 과학기술 개발에 모두 긍정적인 태도를 지니고

그에 적극적으로 기여하고자 하며 실제로 거기에 도움이 되고 있는가 하는 근본적인 자문을 던져 볼 수 있다. 비록 태도나 노력면에서는 적극성을 띤다 하더라도, 그들이 현실적으로 내리는 결정이 과연 실질적으로 과학기술 혁신에 얼마만큼 긍정적인 효과를 가져올 그런 성질의 것인가는 쟁점으로 남을 수 있다.

여기서 핵심적인 것은 그들의 자질, 전문적 소양은 물론 안목이 어떤 것인가 하는 데 있다. 우리 사회가 필요로 하는 장단기적인 과학기술발전의 성격에 대하여 국제적인 맥락과 국내적 여건의 정확한 이해에 입각한 판단을 가지고 정책결정에 임하는가, 특정 정책과제의 선택에 있어서 어떠한 특정 계급, 부문 또는 집단의 이해관심에 집중적으로 편향하지는 않는가, 혹은 흔히 보듯이 당장의 실적 위주로 하지는 않는가, 또한 우리 사회의 문화적 준비태세에 관한 충분한 의견과 이해를 가지고 정책결정에 임하는가, 이런 질문들을 스스로 던져 보고 성찰할 필요가 있을 것이다.

• 科學技術者 : 과학기술분야에 종사하는 이들에게도 문제점은 있을 것이다. 첫째, 물론 육성 훈련 배경과 연구훈련을 포함하는 자질의 문제이다. 이에 관해서는 전문가 공동체가 판가름할 터이므로 더이상 언급하지 않겠다.

둘째, 자질의 우월성을 평가하는 기준에 있어서 우리 사회가 지니고 있는 묘한 文化的 奇癖이 있다. 어느 전문분야이든지 우수한 사람이면 반드시 높은 지위(보통 「長」자리)를 차지해야 한다는 이른바 지위지향성이다. 이 성향으로 말미암아 연구개발에 전념해야 할 인재가 실력을 키우고 그 것을 발휘할 기회가 제약된다.

세째, 이와 관련하여 과학자와 기술자 사이의 지위격차를 두는 것도 우리 문화의 한 특질이다. 「學」字는 괜찮지만 「技」字는 지위나 위광이 저급하다고 보고, 따라서 일한 만큼의 사회·경제적 보상이 다르지 않는다고 생각하므로 기술·기능직은 기피하는 현상이 생긴다.

네째, 학자들 사이에는 기초와 실용, 순수의

응용학문에 대한 경색된 인식이 있다. 과거 崇文主義 文化와도 관련이 있지만, 학문의 순수성에 대한 청교도적 폐쇄성과 교직에 대한 편견으로 말미암아 교수직과 연구직, 대학과 연구소의 불필요한 구분·차등의식을 고집하는 성향이 있다.

다섯째, 비슷한 맥락에서 산학협동이 자주 강조되고 있지만, 거기에도 한계가 있다. 인력과 자원의 일방통행적 교류가 문제이다. 기업은 대학에 재정적 지원만 하고 대학은 연구결과만 보고하는 형식에 그친다면, 기업의 인적 자원이 대학의 교육연구에 기여할 기회가 봉쇄되고, 대학의 학생들이 기업에 가서 현장훈련을 받고 교수가 연구활동을 할 수 없는 제한된 산학협동이라 하겠다. 특히 중요한 부분은 대학에서 기업이나 정부의 전문가들에게 교육과 연구에 동참할 수 있는 제도적 문호를 닫고 있다는 점이다.

● 需要者 : 과학기술혁신은 열매를 이용해야 하는 수요자는 정부, 기업, 그리고 일반국민을 모두 포함한다. 그러나 상황에 따라서는 이들이 동시에 공급쪽에 설 때도 있다. 특히 정부와 기업은 과학기술조달을 지원하거나 그것을 직접 추진하는 당사자가 되기도 하고, 국민은 과학기술자를 공급하는 주체이기도 하다. 다만, 여기에서는 이용자로서의 정부는 방위산업 등의 특수 부문을 제외하면 큰 비중을 차지하지 않는다고 보고, 주로 기업과 국민에 한정시켜 생각해 보기로 한다.

첫째, 기업은 과학기술개발의 혜택을 기업적 목표인 이윤과 연결시키려 할 것이 당연하다. 그러나 이때 두 가지 고려를 잊지 말았으면 하는 것이다. 하나는 과학기술개발을 위한 투자를 주로 「사람」중심으로 하자는 것이다. 이것은 비단 기업내의 연구인력을 두고 하는 말이 아니고, 학교교육이라는 기업의적인 맥락에서부터 인적 자원을 양성하고 연구활동을 진작시키는 일에 집중 투자하는 의지와 안목이 필요하다.

다음은, 학교기술의 개발과 이윤의 연계고리에 다 소비자 즉, 국민일반의 복리라는 요소를 첨가 하여야 그 고리가 완벽하다는 점을 강조하고자

한다. 자본주의 경제체제가 그 강점에도 불구하고 계속 신랄한 비판의 표적이 되는 까닭은 바로 그와 같은 인간주의적 요소를 자칫 결여하기 쉽기 때문임을 깊이 인식하고 과학기술개발의 계획·추진 및 활용에 임할 것이다.

둘째로, 국민일반의 문제도 두가지 차원에서 살펴 보기로 한다. 먼저, 국민의 과학기술과 그 정책 및 그와 직접 간접으로 관련있는 기구·조직체들에 대한 인식에 문제가 있다. 이것은 일종의 문화적 준비태세라고 볼 수 있는 현상인데, 국민이 일반적으로 이 방면에 무지하거나 무관심하다는 연구조사 결과가 최근에 나왔다. 그 뿐 아니라 앞에서 지적한대로, 과학자 특히 기술자에 대한 의식도 바람직스러운 수준에 미치지 못한다는 점 또한 상기할 필요가 있다. 사람들이 과학기술 계통의 전문가들을 높이 평가하지 않고 그 분야의 활동이나 주체를 잘 이해하지 못한 채 무관심한 상태로 간다면 궁극에 가서는 과학기술 개발의 의의 자체가 반감되고 혁신의 개연성에도 영향이 있다.

다음, 이와 관련해서, 과학기술 개발의 수요자인 국민이 그 결실을 제대로 이해하지도 못하고 활용할 태세가 되어 있지 않으며, 그에 대한 태도가 부정적이거나 소극적이라면 이 또한 하나의 저해요인이 된다. 이른바 기습이라는 것은 생활관습의 일부가 되어 일상적으로 그에 습관되어 있지 못하면 아무리 훌륭한 발명품이나 아무리 보기 좋은 상품이라 해도 가치가 희석되고 마는 것이다.

위에서 과학기술 변동의 인간요소를 공급과 수요의 양측면에서 검토해 보았거니와 그러한 차원이 아닌 데서 제기해 마땅한 인간적 배려가 있다. 다름 아니라 과학기술 혁신 또는 개발의 인간적 결과 혹은 혁신과 개발의 결과가 지니는 인간적 합의도 깊이 고려해야 한다는 점이다.

이 글은 지난 8월26일 조선히텔에서 있었던 「제2회 과학기술의 21세기 모임」에서 발표된 것이다. <편집자>

정책결정에 관여하는 이들은 흔히, 가령 경제 성장과 같은 당연시되는 국가적 목표를 내세워 과학기술 개발을 그 수단으로 보고 목적-수단의 기능적 합리성만 충족되면 맹목적으로 이를 추진하는 성향이 있다. 기업도 이윤극대화의 목표와 관련 기능적 합리성에 고착될 수 있다 그 과정에서 놓치기 쉬운 것이 바로 그렇게 채택한 과학기술 개발 과제에의 인간적 함축이다.

과학기술 전문가들은 또 과학과 테크놀러지의 가치중립성을 앞세워 그 결과에 대한 윤리적 책임 문제를 비켜가려고 할 수 있다. 하지만, 궁극적으로 모든 과학적 연구와 기술개발은 인간의 복리를 증진시키고자 하는 데 뜻이 있다는 명제만은 간단히 간과하지 말아야 할 것이다.

◇ 창의력을 키우는 사회·문화

우리가 21세기를 내다 보면서 과학기술의 발전을 생각할 때 중심되는 요인은 아무래도 인간의 창의성이 아닐까 싶다. 다가오는 世紀는 기술혁신이 주도하며, 그중에서도 소프트웨어 기술이 핵심이 되는 시대라고들 한다. 그 소프트웨어 문화란 내용적으로는 바로 인간중심의 문화이며,

그것을 지속적으로 개발시키는 원동력도 인간의 창의력이다.

소프트웨어 문화는 거의 무한의 가능성을 기약하는 과학기술 문명의 극치라고도 하겠는데, 그것이 꽃피도록 하자면 독창적인 아이디어의 개화가 전제될 수 밖에 없다. 문제는 그와 같은 인간의 창의성이 어떤 사회의 생맥락 속에서 생기고 꽃피는가 하는 데 있다.

그것은 우선 권위주의적 사회조직원리와는 상극이요, 폐쇄적인 문화와 경직된 사회구조 속에서는 생활화될 수 없다. 그 같은 사회·문화적 환경에서라도 적절한 유인을 제공함으로써 동기 지움까지는 가능하겠지만, 창의력의 발휘는 동기 지움만으로는 불가능하다. 유년기부터의 사회화와 교육환경이 그것을 관장하는 성질의 것이어야 함은 물론이고, 복합적인 사회문화의 맥락이 모두 유연하고 개방적인 분위기를 자아낼 수 있어야 한다. 문화 자체가 소프트화하는 방향으로 나아갈 것이 필요하다.

이런 점에서, 소프트웨어 기술의 발전과 확산이 그와 같은 문화의 유연성을 조장하는 데 기여하게 될지도 모른다. 중국에 가서는 그것도 인간의 선택이기 때문이다.

IBM의 21세기 칩 製造技術

IBM 연구자들은 최근 컴퓨터 칩을 만드는 최후의 공정이 라고 밝혀질지 모르는 기술을 보여 주었다. IBM의 시스템은 이론적으로는 폭이 4분의 1 미크론보다 더 가는 선의 집적회로를 가진 실리콘 웨이퍼를 인쇄할 수 있다. 그런데 사람의 머리카락 하나의 직경은 70~100

미크론이다. 1백만 비트의 데이터를 저장하는 최신 메가비트 기억칩은 1미크론을 약간 밀도는 선을 갖고 있다. 이것은 광으로 인쇄하지만 광파는 반 미크론의 선도 그릴 수 있다.

반도체 메이커들은 1990년대 중반까지 6천4백만 비트를 단일 칩에 다져 넣겠다는 목표를 달성하려면 새로운 세대의 칩제조장비를 필요로 하게 된다. 그런데 IBM외부의 연구자들은 X선은 21세기의 칩에 필요한 초점세 선을 만들 수 있

다는 것을 이미 입증했었다. 그러나 IBM은 회로선과 트랜지스터를 정교하게 배열하면서 X선으로 칩이 기능을 발휘하게 만든 것은 처음이라고 말하고 있다.

이 기술의 열쇠는 적절한 위치에서 40미크론이내에 실리콘 웨이퍼를 거치할 수 있는 정밀로봇이다. 이렇게 거치된 뒤 현미경이 웨이퍼 위의 특별整合 표지를 찾아내고 초정밀 제어 시스템이 웨이퍼가 제자리로 들어 설 때까지 이동시킨다.