

기술혁신전략과 한국의 항공기 산업



황진영¹⁾

서론

500MD 헬리콥터 국산화 사업이 시작된 1978년을 우리나라 항공기 제조산업의 기점으로 볼 때 벌써 20여년이 다가오고 있다. 그동안 우리나라의 항공기산업은 외형적으로 매출액이 7,800억원, 수출이 1,800억원에 이르는 동시에 내용적으로도 항공기의 창정비 및 단순 기계가공 및 조립수준에서 창공-91, 복합재 쌍발항공기 등 소형 민간항공기와 KTX-1(기본 훈련기)의 개발 및 시험비행에 성공하

는 등 많은 발전을 이루어 왔다. 작년에는 그동안 부설 연구기관의 위치에 머물러 있던 한국항공우주연구소(1989년 설립)가 독립 정부 출연연구기관으로 출범하고 항공 우주산업개발 촉진법상의 성능 및 품질검사 전문기관 지정('92년)에 이어 금년에는 항공법에 의한 형식증명을 위한 검증업무를 수행하는 형식증명 전문 검사 기관으로 공식 지정 받는 등 국가차원의 항공기산업 육성을 위한 외형적 모양새도 아울러 갖추게 되었다.

이러한 외형적 발전에도 불구하고 우리나라 항공기산업에 대한 우려의 목소리가 산업계 내부 뿐 아니라 국가 경쟁력 차원에서 언론지상에 제기되고 있는 것이 또한 현실이기도 하다. 안으로 들여다보면, 연간 20억달러에 달하는 항공기 수입과 비록 서너개 기종의 항공기 개발과 시험비행에 성공하였다고는 하나 아직까지 상업화의 길은 멀고 시범용(Demonstration

용) 항공기의 개발에 머물러 있다. 좁은 국토면적과 더불어 소량 다품종 형태(Fragmented)로 발생하는 국내수요만으로는 기존의 생산 시설과 인력을 유지하기에도 어려운 실정이고, 해외 수요개척을 위한 노력은 냉엄한 국제적 기업경쟁 환경속에서 설자리를 잃어가고 있는 실정이다. 더욱이 그동안 우리나라 산업의 국제경쟁력 확보의 중요한 자산이었던 양질의 풍부한 저임노동력 역시, 80년대 후반이후 급격한 임금상승으로 비교우위를 확보하기 어려운 입장에 있어 선진항공국의 단순 하청 생산만으로는 수익성 확보가 곤란한 실정에 있기도 하다.

이같은 국내 항공기산업의 현실을 자동차산업과 비교할 때 그 모습은 어떻게 나타날까? 우리나라 최초로 새나라자동차가 근대적 조립방식을 도입한 1962년을 자동차산업의 기점이라 할 때, 14년만에 1976년 현대자동차의 국내최초 고

1) 한국 항공우주 연구소 정책연구실 선임연구원, 현재 휴직후 영국 Sussex대학 SPRU(Science Policy Reserch Unit)에서 기술정책 분야의 박사학위 과정에서 있음.
2) 고유모델이란 비록 해외에서 설계를 도입했다 하더라도, 외국에서 생산, 시판된 일이 없는 새로운설계의 차형을 의미함. 이에대해 독자모델은 차량 모델의 설계와 주요 핵심부품의 개발을 독자적으로 수행했을 때를 말함.

유모델²⁾인 ‘포니’ 개발, 22년만인 1984년과 86년 캐나다와 미국 수출, 1994년 순수 독자개발모델인 ‘엑센트’ 개발을 달성하는 등 30여 년만에 세계 자동차생산 5위, 수출 8위의 비약적 발전을 이루었다.

다행이도 지금까지는 자동차산업과 비교적 유사한 발전패턴을 보여주고 있는지는 모른다. 즉, 항공 91개발시점(1992년)을 환산해 볼 때, 500MD사업 착수이후 14년으로 우연히도 포니개발 시점과 동일한 시차를 보여주기 때문이다. 그러나 과연 향후 7-8년이내에 국내 독자모델의 해외수출이 가능할지, 항공기 제조산업 30여년이 되는 2010년 경에는 우리나라 항공기산업이 세계속에서 어떤 위치를 점하게 될지는 국내 산업체의 노력과 정부출연연구소 그리고 정부의 역할이 적절히 이루어졌느냐에 달려 있을 것으로 생각된다. 이를 위해서는 과학 기술정책에 대한 체계적 이해와 적용이 필요하다 하겠다.

여기에서는 그동안의 논의가 지나치게 항공기산업내에서만 전개되어 옴에 따라 일반적인 기술혁신에 대한 이해와 타산업에 대한 정확한 이해가 결여된채 자가당착적인 주장만 전개해온 것은 아닐까 하는 자기비판적 관점에서 기술혁신과 관련된 학문적 제이론을 Catch-up모델과 연결지어 소개하고 마지막으로 국내 항공기산업의

현실에 비추어 봄으로써 보다 객관적 정책방향을 함께 생각하는 장이 되었으면 한다. 구체적으로 제2장에서는 과학, 기술, 그리고 기술혁신의 개념과 속성을 간략히 소개하고, 제3장에서는 후발공업국의 기술혁신은 어떻게 이루어져 왔는지, 그리고 한국의 산업발전은 어떻게 평가받고 있는지를 외국 학자의 관점에서 소개하고자 한다.

제4장에서는 기술의 변화패턴이 산업별로는 어떻게 다른지, 기술경쟁력 확보를 위한 요소는 어디에 있는지를 산업별로 대비해 보고, 최근 새롭게 이론화되고 있는 Complex Product System산업의 속성은 어떤 것인지를 소개하고자 한다. 마지막 제 5장에서는 항공기산업의 기술혁신을 위한 국가 기술혁신체제(National System of Innovation)는 어떠한지, 그리고 앞에서 살펴본 기술혁신이론에 비추어 본 한국 항공기산업의 모습은 무엇이며 앞으로 나아가 할 방향은 무엇인지를 논의해 보고자 한다.

과학, 기술 그리고 기술혁신

과학과 기술에 대한 정의는 사람에 따라 다양하게 사용될 수 있으며 어떤 의미에서는 이러한 개념적 논의가 어떤 의미를 지닐까에 대해 회의하는 경우도 있을 수 있다. 그

러나 명확한 개념의 정립과 논의는 우리가 막연하게 상식적으로 알고 있는 지식을 보다 체계적이고 명확하게 파악하는 데 기여한다는 점에서 그 중요성이 있다.

사전적 의미의 **과학(Science)**은 “관찰과 실험을 통해 물리적현상과 자연의 세계 및 사회의 행위와 구조를 연구하는 것”으로, 경제적 기술적 응용을 목적으로 하지 않고 자연현상 및 사회행위의 객관적 법칙을 탐구하는 즉, “Know-why”에 해당 하는 것이고, **기술(Technology)**은 과학적 원리나 법칙을 인간생활이나 생산에 직접 유효하게 적용하는 실용적 목적을 갖는 즉, “Know-how”에 해당한다. 그리고 과학적 지식은 기술이라는 과정을 거침으로써 경제발전에 기여하게 된다.

기술정책 혹은 과학기술정책은 이러한 새로운 과학적 지식 혹은 기술의 개발을 촉진하거나, 기존의 기술에 대한 확산을 효율적으로 지원하는데 집중하고 있다. 특히 기술적으로 낙후되어 있는 후발산업국의 경우에는 새로운 지식의 발견과 같은 기초과학 기술 개발보다는 응용연구와 제품개발에 집중하게 되는 것이 보다 일반적인 현상이라 할수 있다. 이러한 요인은 과학과 기술 그리고 경제발전간의 상관관계가 단순하지 않다는 데 있다. 실제로 러시아, 중국과 같은 구공산

권국가와 인도와 같은 경우, 기초 과학이 크게 발전되어 있으나, 이것이 산업적 기술과 연계되지 못할 때, 국가 경제 혹은 해당 국가 기업의 경쟁력에는 아무런 역할을 하지 못하고 있음을 알 수 있다.

여기에서는 과학, 기술 그리고 기술혁신에 대해 다루고자 하며, 그 중에서도 기술혁신에 관한 논의를 핵심적 위치에 놓고 있다. 그 이유는 자연법칙이나 원리의 탐구보다는 보다 현실적 문제해결에 초점을 두고 기업이나 국가의 경쟁력 강화를 위한 방향을 제시하고자 하기 때문이다. 물론 근본적으로 기업의 경쟁력은 국가의 과학기술력이라는 토양을 그 바탕에 두고 있다는 것 또한 당연한 사실이라 하겠다.

여기에서의 기술혁신(Innovation)이란, “과학과 기술을 최초로 새로운 방식으로 적용한 것으로서 상업적 성공을 거둔것”으로 OECD(1992)는 정의하고 있다. 즉, 순수연구에서 새로운 개념, 원리, 법칙등을 찾아내는 발견(Discovery), 새롭고 개선된 디자인, 상품, 공정 혹은 시스템을 위한 아이디어를 창조하는 발명(Invention)과 구별되는 것으로 새

로운 제품, 공정, 고안, 시스템등이 처음으로 **상업적으로 사용 또는 거래되는 것**을 말하며, 발명이 기술적 의미라면, 기술혁신은 경제적 개념, 즉 신기술의 상업화를 말한다.

이는 역으로 과학적 발견이나 발명이 바로 상업적 가치(기술혁신)를 가지는 것은 아니라는 것을 나타내 주는 의미이기도 하다. 실제로 최초로 전기를 생산한 것은 1708년이지만 이것이 상업적으로 활용되기까지는 92년이 경과된 1800년이었으며, 사진기술의 경우도 발명후 111년이 경과된 1838년에야 상업화를 이루는 등, 많은 경우에 있어 발명이 기술혁신에 연결되기까지의 기간은 종종 발명자의 생애를 초월한다(Mensch, 1979). 비록 현대사회에 접어들면서 기술적 발명이 기술혁신으로 이어지는 기간이 단축되고 있는 경향을 나타내고는 있으나, 앞서의 예에서와 같이 과학적 지식이 발명으로 연결되고 발명이 다시 기술혁신으로 연계되는 것이 단시간에 기계적으로 이루어 지는 것이 아니라는 것을 보여주고 있다. 또한 자전거 기술자였던 라이트형제에 의한 인류 최초의 동력비행과 같이 경험에 바탕

을 둔 제품기술의 출현이후 과학기술이 이를 뒤받침함으로써 비약적 발전을 이루는 예도 많이 있다.

기술혁신은 기술혁신의 대상에 따라, 다시 새로운 제품이나 서비스의 혁신인 **제품기술혁신(Product Innovation)**과 이러한 제품의 제조방식이나 서비스의 전달 방식의 혁신인 **공정기술혁신(Process Innovation)**으로 구별되며, 기술혁신의 정도에 따라 **급진적 기술혁신(Radical Innovation)**, **점진적 기술혁신(Incremental Innovation)**으로 구별하기도 한다.³⁾ 특히 그동안의 주요 기술혁신의 관심사는 비교적 급진적 제품기술혁신에 비중을 두어왔다면, 20세기 후반 일본의 경제적 성공은 혁명적 이거나 획기적인 새로운 개념의 혁신이라기 보다는 점진적 기술혁신에 의해 주도된 것이라는 점에서 중요한 의미를 갖고 있다. 즉, 기술혁신은 일회성의 획기적 사건으로 완결되는 것이 아니라, 급진적 혁신의 결과인 초기 제품(또는 공정)을 그 후 일련의 보완적 개선에 의해 성능, 가격등의 제반 측면에서 지속적으로 개량해 나가는 진화적과정으로 이해되어야 한다는 것이다. 다시말해

3) 이러한 분류는 학자에 따라 달리 세분되기도 함.

즉, Freeman(1971)은 'systemic', 'major', 'minor', 'incremental', 'unrecorded'의 5단계로 분류하기도 한다.

라디오나 녹음기의 최초의 상업화를 급진적 제품기술혁신으로 정의한다면, 기존의 제품을 축소하거나 성능을 향상시킨 워크맨(Workman) 및 그 후속모델들은 점진적 제품기술혁신으로, 그리고 일본의 자동차산업과 같이 유연생산방식(Flexible manufacturing system) 및 효율적 물류 시스템(JIT)의 도입과 같은 효율성 향상을 통한 생산원가 절감은 공정기술혁신의 예에 해당된다.

그러면 이러한 기술혁신의 동기와 방향은 무엇인가에 대한 이해는 정부정책의 중요한 과제중 하나이다. 그동안의 전통적 해석은 기초연구(Basic research)→ 응용연구(Applied research)→ 개발연구(Development)→ 상업화(Commercialisation)라는 기술에 바탕을 둔 순차적인 인과관계를 주장하는 **기술 추동 이론(Technology Push)**과 기술변화의 방향은 시장에 있다는, 즉, 수요, 가격, 비용, 이윤기회등의 시장여건 변화가 기업에 투자유인동기를 제공함으로써 기술혁신이 이루어진다는, **수요견인(Demand Pull)** 이론으로 크게 구별될 수 있는데, 정책적 측면에서 전자를 중요시할 때, 기술혁신의 촉진을 위한 주요점은 연구개발등 기초과학기술개발에 우위를 두게되며, 후자를 중시할때에는 시장수요의 촉진등 기

술외적인 요인에서 기술혁신전략을 수립하게된다.

그러나 실제로는 현대의 기술혁신이 매우 복잡한 양상을 띠고 있기 때문에 이러한 단선적 선형모델로는 현실을 잘 설명해 주지 못하고, 이보다는 연구개발활동, 현재 존재하고 있는 과학기술 지식, 잠재적인 시장, 그리고 현재 존재하고 있는 시장간의 지속적인 상호작용과 피드백 과정의 결과라는 Kline and Rosenberg(1986)가 제시한 **체인-링크 모델(Chain-linked model)**이 설득력을 얻어가고 있다. 또한 기술혁신의 정도나 기술개발과정에 따라서는 초기의 획기적(Breakthrough)인 기술혁신은 과학적 지식에 의해(Technology-Push), 그리고 그후의 점진적 기술혁신은 시장수요(Demand-pull)에 의해 촉진된다고 주장한다(Freeman, 1994). 기술혁신을 달성하기 위한 기술능력의 배양과정을 기술 축적(Technological Accumulation)이라고 정의할 때, Bell and Pavitt(1984)는 기술축적의 대표적인 5가지 특징에 대하여 주장하였는데, 첫째 결코 공식적 연구개발만이 효율적 기술 축적을 위해 투입되는 핵심적 활동이라고 할 수 없다는 것이다. **시행과 착오 그리고 경험**이야말로 기술향상의 중심이라는 주장이다. 물론 기본적 제

품개발능력이야 필수적이라 할 수 있겠지만, 그 경우라 할 지라도 연구개발 활동만으로 그칠수는 없고, 시제품(Prototype) 개발이나 파일럿 플랜트등의 건설과 시험을 통해 개발된 제품의 성능을 확인해야 하며, 대량생산을 위한 생산 공정의 개발과 운용과정에서의 작업개선등 실로 광범위한 일련의 작업과 경험을 통해 완성되며, 또 여기에서 얻은 기술적 경험과 지식은 또다른 제품이나 공정개발을 위해 활용된다는 점이다.

두 번째로, 기술축적에 관련되는 기술은 많은 경우 문서화될수 없는 **묵묵의(Tacit)**인 것이어서, 단순히 기계나 설계도면, 혹은 기술 도입을 통해서 확보될 수 있는 것이 아니며, 대부분의 경우 기술은 사람이나 조직에 체화(Embedded)되어 있다고 주장한다. 또한 기술은 **특수적(Specific)**인 성격을 지니고 있어 특정 산업이나 특정제품 및 공정에 국한되기 때문에 쉽게 다른 분야로 활용되기에는 한계를 가진다는 것이다. 즉, 섬유산업에서 획득된 기술이 PC산업에 바로 사용될 수는 없으며, 산업 및 제품기술이 점점 복잡해짐에 따라 유사한 제품간에도 이러한 특수성이 점점 심화되는 경향에 있다.

세 번째로, 기술혁신의 중심적 역할은 생산 활동이 이루어지는 기

업이며, 네 번째로 기술혁신은 기업 내부뿐 아니라 하청 공급자(Supplier), 그리고 사용자(User)인 고객의 경험을 통한 지식을 재흡수 반영함으로써 기술이 축적되고 확산된다. 따라서 기술축적은 기업내부의 노력이외에도 관련 기업간 연계 및 네트워크의 형성을 통해 기술축적이 확산되며, 심지어 비공식적 접촉과 reverse engineering등을 통해 경쟁기업으로 부터도 기술을 배우게 된다. 항공기산업의 경우에는 생산된 항공기의 사용자인 항공운송사나 수요군의 경험과 요구를 깊이 인식해야 함을 의미한다.

다섯 번째로 기술의 축적은 **누적적**이라고 주장하고 있다. 즉, 특정 기업이나 국가의 현재의 기술능력은 하루아침에 형성된 것이 아니라, 과거의 학습(Learning)에 바탕을 두고 있는 **기술궤적(Trajectory)**을 따라 형성된 것으로 주장한다. 기술의 누적성은 신기술의 개발과 활용에 관련된 제반 학습과정의 중요성을 크게 부각시켜 주는데, 이러한 학습과정에는 실행을 통한 학습(Learning by doing), 사용을 통한 학습(Learning by using), 상호작용을 통한 학습(Learning by interacting)등이 포함된다. 이러한 지식의 성장과정을 마치 처음 눈덩이가 만들어져 굴러가는 과정

에서 점점 확산되고 가속도를 낸다는 **'눈덩이 효과'**로 설명되기도 한다.

또한, 기업내부의 부서(디자인, 개발, 생산, 판매등)간 상호연계와 교류를 통한 학습은 기술혁신의 성공여부를 판단하는 결정적요인이다. Baba(1985)는 설계, 개발, 생산, 판매부서간의 연계와 Communication의 중요성을 일본과 미국의 전자산업체간 비교분석을 통해 부각하였는데, 미국업체의 경우 R&D부서인력이 생산공장과의 유리되어 있음을 지적하고, 일본의 개발전략은 "공장을 실험실로 사용하는것"이고 이것이 일본전자산업체의 경쟁력의 원천이라고 주장한다.

또한 기술혁신의 패턴은 모든 산업과 제품에 동일하게 적용될 수는 없으며, 기술 및 산업의 속성에 따라 달리 이해되어야 한다. 특히 Pavitt(1984)은 1945년부터 1979년까지 사이에 영국에서 발생한 2,000여개의 주요 기술혁신과 혁신기업에 대한 자료로부터 혁신의 패턴에 따라 산업을 공급자지배(supplier-dominated)산업, 규모집약적(scale-intensive)산업, 전문공급자(specialised suppliers)산업, 정보집약적(information-intensive)산업 그리고 과학기반(science-based)산업으로 분류하고, 각 산업군별 기술혁신의 속성

(nature), 기술의 원천(source), 기술개발방향 그리고 기업의 기술개발전략의 차이를 보여주고 있다. 또한 Utterback(1993)은 조립산업과 비조립산업간의 차이를, 그리고 Hobday(1995)는 대량생산산업과 주문형 소량생산(Batch production)산업간의 차이를 부각하고 있다.

이러한 기술혁신과 우리나라와 같은 신흥공업국과는 어떠한 연관관계를 갖고 있을까? 이에 대해 기술혁신과 기술확산(Diffusion)은 구별되어야 하며, 기술혁신은 비록 최근들어 한국등 일부 신흥공업국의 활동이 주목되고는 있으나 기본적으로 선진국내에 집중되어 있으며, 후발국의 경우에는 주로 국제간 기술이전을 통한 기술확산의 과정으로 구분하기도 한다. 그러나 특정국가나 특정기업에 제품이나 공정이 새로이 도입되고 상업화된다는 관점에서는 동일한 기술변화(Technical change)로 볼 수 있을 것이다. 다만, **기술학습(Technology learning)**이라는 과정과 해당국가의 특수성(기초과학 기술 수준, 사회간접자본, 교육수준, 부존자원 및 정부정책등)에 대한 이해가 요구된다고 하겠다. 이와 관련한 논의는 다음회에서 살펴보기로 한다.