

## 동태적 기술수준 측정 방법에 대한 이론적 접근 : 차세대성장동력 기술의 사례분석\*

A theoretical approach and its application for a dynamic method of estimating and analyzing science and technology levels : case application to ten core technologies for the next generation growth engine

박병무(Pyengmu Bark)\*\*

### 목 차

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| I. 서론                | IV. 새로운 측정방법에 대한 이론적 접근 |
| II. 현행 기술수준 측정방법과 사례 | V. 가상적 측정 결과            |
| III. 현행 방법의 한계       | VI. 결론                  |

### 국 문 요 약

과학기술 수준을 정확히 측정·분석하기 위해서는 우리 기술수준과 비교대상의 위치, 그리고 해당 기술의 이론적인 상한 수준을 우선 전제해야만 한다. 그리고 각각의 기술변화 정도를 파악하는 것이 추가적으로 필요하다. 우리나라 및 비교대상에 대한 동태적 측면이 고려되어 현재의 위치와 함께 과정과 경로도 중요시 되어야 한다. 이를 위해서 이 연구는 기술발전 단계와 성장곡선 개념을 활용하는 방안을 제시한다. 이론적 및 가상적 사례 적용 결과, 우리나라 기술수준의 향상은 뚜렷하게 보이고 있으나 같은 기간에 지속적으로 변화하고 있는 세계최고기술 수준과는 여전히 격차가 존재하는 것으로 추정된다. 추정 결과가 사실이라고 가정할 경우, 우리나라 기술의 실질적인 추격의 가능성은 그리 크지 않은 것으로 보인다. 특히, 바이오신약·장기 분야와 지능형로봇 분야의 경우에는 세계최고기술 수준과의 격차기간이 더욱 벌어지고 있는 것으로 추정되어 해당 분야에 대한 실질적이고, 심층적인 검토 및 분석이 시급히 요구된다. 이 연구는 기술수준 측정과 분석을 성장곡선 유형의 추정을 통해 위상분석과 변화과정을 파악하여 궁극적인 추격의 가능성을 제시한다. 이론적 타당성과 현실적 적용성에 대한 검증을 위해 향후 구체적인 사례분석이 필요하다.

핵심어 : 기술 경쟁력, 기술수준, 기술수준 측정 방법, 동태적 접근, 성장곡선, 차세대성장동력 기술

\* 이 논문은 한국과학기술정책연구원(STEPI)의 '과학기술혁신정책 및 이론 관련 연구과제 지원' (2007년도)을 통해 작성되었다.

\*\* 부경대학교 공과대학 시스템경영공학과 교수, barkpm@pknu.ac.kr, 051-620-1557

## ABSTRACT

To estimate and analyze an interested science and technology level in any case requires three basic informations: (1) relative positions of our technology level, (2) other relevant technology level of the world best country holding the state of the art technology, and (3) its theoretical or practical maximum level within a certain period of time. Further, additional information from analyzing its respective rate of technology changes is necessary. It seems that most previous empirical or case studies on technology level have not considered third and fourth informations seriously, and thus critically have missed important findings from a dynamic point of view on the matter. A dynamic approach considering types of development processes and paths as well as current position needs an application of a concept of technology development stages and respective growth curves. This paper proposes a new method of approach and application by implementing relatively simple types of the growth curve(S-curve) such as logistic and Gomperts curves and applying estimation results of these curves to ten core technologies of the growth engines for the next future generation in Korea. The study implies that Korean science and technology level in general clearly gets higher as it approaches to a recent time of period, but relative technology gap from the world best in terms of catching-up period does not get better or narrower in case of at least part of the concerned technologies such as bio new drugs and human organs, and intelligence robots. The possibility does exist that some of our concerned technologies shooting for the next future generation may not come to the world highest level in the near future. The purpose of this study is to propose possibilities of catching-up, if any, by estimating its relevant type of growth pattern by way of measuring and analyzing technology level and by analyzing the technology development process through a position analysis. At this stage this study tries to introduce a new theoretical approach of estimating technology level and its application to existing case study results(data) from Korea Institute of Science and Technology Planning and Evaluation(KISTEP) and Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planing(ITEP), for years of 2004 and 2006 respectively. The study has some limitations in terms of accuracy of measuring(estimating) a relevant growth curve to a particular technology, feasibility of applying estimated results, accessing and analyzing panel experts opinions. Hence, it is recommended that further study would follow soon enough to verify practical applicability and possible expansion of the study results.

Key words : technology competitiveness, technology level, measuring and analyzing technology level, dynamic approach, growth curve, next generation growth engine technology

## I. 서 론

국가간 경제성장의 차이는 기술모방의 내용과 범주의 차이와 관련이 있다(Maddison, 1979; Abramovitz, 1979). 기술 후발국의 무료승차(free ride) 개념이 기본적인 전제인 추격이론(catching-up theory)은 기술의 확산 과정에 치중한 것이 특징이다. 기술격차이론(technology gap theory)은 국가적 기술혁신의 활동에 따른 효과를 감안하여 추격이론의 약점을 보완한다(Krugman, 1979). 국가간 상이한 기술수준, 기술개발 방향, 제도적 특성 및 국제적인 구조적 불균형 등과 같은 국가간 경쟁 측면을 감안해야 함을 주장한다(박병무 외, 1991;pp.6-7). 이 두 이론은 최근 활발하게 진행되는 기술수준 측정과 분석의 필요성에 대한 개념적·이론적 배경을 제공한다.

과학기술에 토대를 둔 지식기반 경제·사회는 점점 일반화되고 있으며 앞으로 더욱 그려할 것으로 전망된다<sup>1)</sup>. 과학기술의 경쟁력이 국가경쟁력과 직결되어 있음을 시사한 대표적인 연구 중의 하나는 미국의 민간경쟁력위원회(the Council on Competitiveness)에서 여러 형태로 발간하는 경쟁력 관련 보고서들이다<sup>2)</sup>. 우리나라의 과학기술의 경쟁력에 대한 1차적인 측정과 분석은 과학기술기본법에 근거를 두고 있다<sup>3)</sup>. 동법 제 14조 ②항은 “과학기술의 발전을 촉진하기 위하여 국가적으로 중요한 핵심기술에 대한 기술수준을 평가하고 해당 기술수준의 향상을 위한 시책을 세워 추진하여야 한다”는 기술수준 평가에 관한 조항을 두어서 기술수준 평가 활동에 대한 국가 차원에서의 의지를 공식적으로 나타내고 있다<sup>4)</sup>.

기술수준 측정 및 분석에 관한 대표적인 해외 사례연구로는 OSTP(1995), WTEC(1989), JRI & NISTEP(2000) 등이 있으나 이들은 기술 자체의 수준을 측정하기 보다는 기술경쟁력의 측정에 초점을 맞추고 있으며 적용 방법은 본 논문에서 논의하려는 선진권 대비 우리 수준의 비교와 같은 구체적 방법이 아니다. 최문정 외(2005) 및 한국산업기술평가원

<sup>1)</sup> 우리나라의 경우, 참여정부 초기에 “과학기술 중심사회 구축”을 주요 국정과제 중의 하나로 추진했던 것이 좋은 예이다. 각 나라는 미래 과학기술에 대한 예측을 국가정책 차원에서 수시로 시행하는 것이 일반화되어 있다. 그 중 영국, 일본, 그리고 우리나라의 경우에는 단순한 기술예측(forecasting of technology)에서 벗어나 미래 사회의 수요와 변화에 대응하는 기술예측(foresighting of technology)을 시행하고 있다. 또한 일반적인 미래전망 보고서들의 내용들에는 과학기술과 직접 관련이 있는 주제들이 상당히 많이 차지하고 있다.

<sup>2)</sup> 미국시민의 생활수준을 향상시키기 위하여 세계시장에서의 미국의 경쟁력 강화와 지도력 확보 방안을 강구 할 목적으로 1986년에 설립함([www.compete.org](http://www.compete.org) 참조.).

<sup>3)</sup> 과학기술기본법은 과학기술의 발전을 위한 종합적인 시책을 세우고 추진하기 위하여 2001년에 제정되었다.

<sup>4)</sup> 본 논문에서는 기술수준 ‘평가’는 기술수준 ‘측정 및 분석’과 같은 의미로 간주하고 이후 ‘측정 및 분석’으로 통일하여 표현한다.

(2006)에 의하면 국내에서 최근 가장 일반적으로 사용되고 있는 기술수준 측정 방법은 비교상대국(주로 세계최고기술 보유국 혹은 선진기술 보유국) 대비 분석과 비교상대국 수준과의 격차 분석이다<sup>5)</sup>. 김인호 외(1999), 박병무 외(2004), 이상엽 외(2006) 및 ITEP(2006) 등이 이 방법을 대표적으로 사용하였다. 대비분석은 선진국 수준을 100으로 기준하며, 격차분석은 시간개념인 년단위(年單位)로 표현하는 것이 일반적이다. 경우에 따라서는 측정 대상인 기술의 발전단계 위치를 함께 물어보는 형식을 취하고 있다.

기술추격과 기술격차의 개념은 본질적으로 동태적이다. 즉, 현재의 위치는 어디이며, 목표대상과의 격차는 어느 정도인가, 그리고 지금의 기술변화의 정도 혹은 속도는 어떠한가를 파악하는 것이다. 또한 비교대상의 정확한 상대적 위치와 변화속도를 파악하는 것이 중요하다. 이 논문은 선진기술과 우리기술의 위상을 입체적으로 비교·분석하고, 비교정태(comparative statics) 혹은 동태적(dynamics) 측정을 위한 이론적 개념과 기법개발을 모색하는 계기를 마련하는 것이 목적이다<sup>6)</sup>. 과학기술 수준 측정 방법론의 현행 적용 사례에 대해 먼저 이론적인 문제점 중심으로 논의를 한다. 이어 논문에서 지적하는 문제점을 보완할 수 있는 이론적인 개념과 시험적인 방법론을 제안한다. 가상적 측정에서는 우리나라 10대 차세대 성장동력 기술 분야에 대한 사례분석 결과들을 토대로 비교·분석하여 이 논문에서 제안하고자 하는 새로운 접근방법에 대한 가능성을 논의한다<sup>7)</sup>. 마지막으로, 제안하는 이론적 개념 방안의 적용 가능성과 개선방안, 한계점 등에 대해서 정리한다.

## II. 현행 기술수준 측정방법과 사례

〈표1〉은 앞에서 논의한 대표적 국내 사례연구를 정리·비교한 것이다. 전문가 집단의 설문응답 의견을 취합한 정성적 방법이라는 것과 해외최고기술 수준을 기준으로 국내의

5) 기술수준 측정 및 분석에 관한 국내외 사례연구들에 대한 전반적인 논의와 비교검토, 그리고 분류 등은 최문정 외(2004) 및 한국산업기술평가원(2006)을 참조하면 된다. 한국산업기술평가원(Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning: ITEP)은 이후 ITEP이라 함.

6) 정태(statics), 비교정태(comparative statics) 및 동태(dynamics) 개념에 대한 자세한 설명은 Chiang(1984), p.36, p.127 및 p.435를 참조하면 된다.

7) 향후 5~10년을 대비한 성장동력 및 신산업 육성의 필요성에 따라 정부는 2003년 8월 디지털TV·방송, 디스플레이, 지능형로봇, 미래형자동차, 차세대반도체, 차세대이동통신, 지능형홈네트워크, 디지털콘텐츠·SW솔루션, 차세대전지 및 바이오신약·장기 등 10대 분야를 선정·발표하였다. 산업자원부, 정보통신부, 과학기술부 등 관련부처가 미래유망기술 134개를 우선 선정하고 시장성, 전략성, 기술변화, 경쟁력 확보 가능성, 경제·산업 파급효과 등의 기준으로 부처간 의견조율과 국내외 전문가들의 의견을 종합하여 선정하였다.

기술수준의 정도를 점수 및 격차년도로 표현한 것이 공통점이다. 김인호 외(1999)와 ITEP(2006)의 경우에는 부수적으로 해당기술의 발전단계를 함께 분석한 것이 특징이다. 전자의 경우에는 해외최고기술의 수준과 국내최고기술의 수준에 대한 단계를 각각 분석하였으며, 취합된 단계별 정도를 5점 척도로 정량화하였다. 후자의 경우에는 국내의 기술수준의 단계별 정도만을 파악하는 데 그쳤다. 박병무 외(2004)의 분석시점은 2003년에 국한되어 있다. 나머지 세 경우는 두 시점 이상으로 비교·분석하였다.

김인호 외(1999)는 정보·전자·통신, 기계·설비, 소재·공정, 생명·보건·의료, 에너지·자원·원자력, 환경·지구과학, 그리고 건설·토목 등 7개 대분야, 32개 중분야, 170개 소분야 및 752개 세분류에 대한 기술수준을 분석하였다. 1994년과 1999년의 결과를 비교·제시하여 두 시점간의 결과를 광범위하게 비교한 최초의 사례연구로 꼽힌다. 이 사례연구는 각 기술 분야의 발전단계와 기술격차 년도에 대한 분석결과도 제시하였다. ITEP(2006)은 기계소재, 전기전자, 정보통신, 섬유화학 등 4개 대분야, 44개 중분야, 352개 소분야 및 874개 핵심산업기술의 수준에 대한 분석을 시행하였다. 특히, 44개 중분야까지의 경우에는 1992년, 1999년, 2002년, 그리고 2006년 4개 시점에 걸쳐서 추세분석을 시도하여 비교·제시하였다. 이 연구는 2006년도의 기술수준 측정 및 분석의 경우에는 정성적인 자료를 활용하여 산업기술 수준을 조사함과 동시에 정량적인 자료를 활용한 분석방법론을 적용하여 산업기술수준 종합지수(CIITL;Composite Indicator of Industrial Technology Level)를 제시한 것이 특징이다. 종합지수의 도출은 해당 변수들의 정규분포 표준화와 주성분요인방법을 통해 이루어졌다. 이 연구의 가장 큰 의미는 우리나라의 해당 산업기술 수준의 시계열적 변화를 4개 시점(1992년, 1999년, 2002년 및 2006년)에서 관측하였다는 점이다.

이상엽 외(2006)은 21개 미래국가유망기술에 대한 수준과 기술격차 년도를 현재인 2005년(현재)과 5년 후 미래인 2010년, 두 시점에 걸쳐서 결과를 비교·제시하였다. 앞의 두 사례연구는 측정 및 분석의 시점이 과거 및 현재에 국한되어 있는 반면, 이 사례연구는 현재와 미래(5년 후)를 측정한 것이 차이점이다. 또한 현재 시점에서의 기술격차 년도와 미래 시점에서의 기술격차 년도를 동시에 제시하여 선진 비교대상 기술과의 상대적 기술의 변화 혹은 발전 추이를 함께 감안한 것이 특징이다. 그 외 이전(以前)의 다수 사례연구들도 선진수준 대비와 격차년도, 그리고 순위 등의 방법으로 수준 측정 및 분석내용을 표현하는 것이 가장 일반적이다.

시계열적으로 분석을 하는 경우에는 두 비교시점 이상의 비교정태분석(比較靜態分析)도 가능할 수 있다. 두 시점의 측정 결과를 상대적으로 비교하게 되면 기술수준의 격차 범위

의 변화, 격차년도의 변화, 순위의 변화 등의 정도 여부를 통해 해당 기술의 발전 상황을 판가름할 수 있으며, 일정한 가정 하에서 변화의 구체적인 형태를 추정할 수도 있다. 이 경우, 해당 기술의 특정시점에서의 위상분석도 가능할 수 있다.

그러나 기존 사례연구들의 경우, 측정 시점에서의 대상 기술의 수준에 대한 표현은 매우 제한적이고 상대적이다. 즉, 해당 시점에서의 세계최고기술 수준을 100으로 하였을 때의 우리의 기술수준은 어느 정도인가를 표현한다. 또 다른 시점에서의 경우에도 접근 및 표현 방식이 같다. 그러나 매 시점에서의 100이라는 세계최고기술 수준은 절대적 표현이 아니라 상대적 표현에 불과하다. 매 시점 상대적으로 표현한 우리의 수준을 그대로 비교하는 것은 어떤 의미가 있는가를 명확하게 이해할 필요가 있다<sup>8)</sup>. 기존 사례분석의 경우 비교 대상인 기술의 수준에 대한 비교 시점에서의 정확한 위상 파악과 지속적인 변화를 표현하는 방법이 결여되어 있다. 다만, 김인호 외(1999)의 경우는 이를 극복하기 위한 방안으로 기술 보유주체의 기술수준의 단계를 파악하였으나 이 단계들의 위상변화에 대한 동태적 연구를 시도하지는 않았다.

〈표1〉 상대비교 기술수준 측정·분석 국내 사례연구 비교

사례연구	측정대상	방법론	비고
김인호 외 (1999)	7개 분야 32개 중분류 170개 소분류 752개 세분류	-해외·국내 최고기술 발전단계 -세계최고기술과의 비교 (격차년도, %)	기술명은 핵심기술 STEPI(1995)의 결과와 비교 (1994, 1999년)
박병무 외 (2004)	국가기술지도(NTRM) 99개 핵심기술 488개 기술영역	-세계최고기술수준 대비 -기술격차 년도	2003년 차세대성장동력 기술수준 (10대 산업, 80개 기술)
이상엽 외 (2006)	21개 미래 국가유망기술	-세계최고기술수준 대비 -기술격차년도	2005, 2010년
ITEP (2006)	4개 대분류 44개 중분류 352개 소분류 874개 핵심산업기술	-최고 산업기술보유국 대비 -기술격차추세 및 격차년도 -국내기술의 발전단계(일부)	1992, 1999, 2002, 2006년 10대 차세대성장동력 기술 수준

출처: 이 연구.

8) 예를 들면, 1900년 선진수준을 100이라 할 때 우리의 수준이 60이며 2000년 선진수준을 100이라 할 때 우리의 수준이 80이라면 60과 80이라는 값의 의미를 직접 비교하는 것은 실질적으로 불가능하며 또한 의미가 없다. 다만, 선진수준에 더욱 근접하고 있다는 시사점을 받을 뿐이다. 그러나 선진수준에 근접한다는 것과 근접하기 때문에 추격 혹은 추월의 가능성성이 더욱 커진다라는 것은 전혀 별개의 사항이다.

### III. 현행 방법의 한계

#### 1. 한계에 대한 논의

국내외 사례연구에서 활용한 최근까지의 과학기술 수준 측정 방법과 측정 결과의 표현에는 몇 가지 한계가 존재한다. 과학기술이란 자연과학·응용과학·공학 및 생산기술을 일괄해서 논하거나 취급할 때 쓰는 총칭으로서 과학과 기술의 합성어이며 범위가 일반적이고 넓다<sup>9)</sup>. 따라서 대상 기술의 수준 측정이 가능한 정도의 세분화가 우선 필요하다<sup>10)</sup>. 그러나 실제로는 해당기술 범위에서의 수준을 측정 및 분석하는 데에 있어서 전문가의 정성적인 의견청취에 의존하는 어려움이 존재한다. 가능한 한 관련 기술 범위나 분야에 해당하는 핵심기술이나 원천기술의 기능적·기술적 모수 접근을 통한 수준 측정이 이루어지도록 하는 지속적인 노력이 필요하다(Cozzens et al., 2005:p.4)<sup>11)</sup>.

기술 자체의 수준을 의미하는 것인지 기술과 연관된 산출물의 어떤 수준을 의미하는 것인지 또는 관련된 정책이나 전반적 의미의 지원 내용과 역량 등을 포함한 경쟁력을 의미하는지를 명확히 해야 한다. 연구개발을 둘러싼 이전·이후의 다양한 활동이나 단계가 존재하기 때문이다. 보유한 기술의 수준과 그 기술과 관련된 제품의 생산과 판매 등의 능력은 서로 연관이 없을 수도 있다. 실제의 세계에서는 자체적인 기술개발, 개발된 기술의 도입을 통한 기술의 보완 및 완성, 최종제품의 분해(re-engineering)를 통한 개발된 기술 및 제조방법의 이해·습득·체화 등 관련된 여러 형태의 연구개발 활동이 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 가능한 한 기능적 모수 접근을 통한 측정이 이루어져야 한다. 부

<sup>9)</sup> 과학의 정의, 기술의 정의, 과학과 기술의 차이점에 대한 논의는 Pavitt(1991), Brooks(1994), Allen(1977) 및 Cozzens et al.(2005)을 참조하면 된다.

<sup>10)</sup> 최문정 외(2005)는 기술수준 분석대상은 국가, 산업이나 기업, 기술 또는 제품이 될 수 있다고 주장한다. 그러나 이 주장도 본질적으로는 기술자체에 대한 수준을 측정해야 함을 부정하지 못한다.

<sup>11)</sup> 최문정 외(2005)는 김인호 외(1999), 정근하 외(2001) 등에서 극히 제한적인 일부 핵심제품의 경우 기능변수와 기술변수를 복합화하여 단일지표로 만드는 점수제 모형(Gordon모형)을 사용한 경우가 있음을 주장한다. 여기서 기능변수란 제품의 기능적 성능을 평가하기 위한 가장 대표적인 변수를 말하며, 기술변수란 제품의 기능적 성능을 결정하는 요소기술의 수준을 평가하는 변수를 의미한다. 그러나 이러한 논의 자체는 이미 기술과 제품의 정의에 대한 혼란이 존재하는 것이어서 기술 자체의 수준에 대한 측정과 분석과는 상당한 거리가 있다고 할 수 있다. 경우에 따라서 '제품기술', '산업기술' 등의 표현을 쓸 수 있으나 이런 경우에는 기술, 제품, 산업에 대한 정의를 정확하게 내려야 하며, 특히 설문이나 인터뷰에 응답하는 (기술 측면의) 전문가들에게 혼동을 주어서는 안 된다. 이 논문에서 강조하는 것은 어떤 범위나 분야의 과학기술이든 해당 과학기술은 반드시 기능적 혹은 기술적 측면에서 핵심·원천적인 특성을 보유하고 있다는 것이다. 해당 과학기술의 수준에 대한 측정과 분석은 일차적으로 여기서부터 이루어져야 한다.

특이 정성적인 접근에 의존하는 경우라고 하면 전문가 패널로 하여금 해당 기술의 기능적 모수의 대리적 특성(proxy value)에 초점을 맞춘 정성적 판단을 의뢰하여야 한다.

글로벌 경쟁에서는 과학기술에 관한 한 어떤 의미이든 핵심·원천기술의 개발과 보유 능력이 매우 중요하다. 따라서 과학기술 수준 측정에 있어서 가장 중요한 것은 대상 기술의 핵심·원천에 해당하는 내용이다. 과학의 측면이 강한 경우에는 창의적인 아이디어에 토대를 둔 원천적이고 핵심적인 무형의 지식 형태이며, 기술·공학의 측면이 강한 경우에는 유형의 산출물 제작이 가능한 핵심적이거나 원천적인 기능의 형태이다. 특허의 내용이나 양도 좋은 판단 기준이지만, 기능적인 모수의 내용이나 수준을 기준으로 판단하는 방법도 유용하다. 최근에는 특허의 내용이나 양보다는 이에 앞선 단계인 연구계획서와 논문의 창출로 원천·핵심의 정도를 판단하려는 움직임이 강하다(윤문섭·이우형(2003), 윤문섭·안규정(2003), Cozzens et al.(2005)). 이러한 논의의 초점은 궁극적으로 측정의 대상이 구체적으로 기술인지 아니면 아이디어인지 등을 구분할 수 있어야 하며, 실제로 이를 구분 해야 한다는 점이다.

다음으로 논의할 수 있는 기준 방법의 한계는 세계최고기술 수준대비(100 기준) 우리나라의 수준을 표현하는 문제이다. 예들 들면, 한국의 수준이 75인 경우 최고기술 수준과의 격차인 25의 의미는 구체적으로 어떠한 것인지에 대한 논의가 필요하다. 〈표2〉에서처럼 이상엽 외(2006)과 ITEP(2006)이 제시하는 수준에 대한 기준 혹은 의미는 서로 동일하다고 판단하기 어렵다. 전자의 경우 '50'은 '연구개발능력을 일부 보유하고 있다' 와 '최고 기술 수준에 도달할 연구개발 능력이 있다' 의 중간에 해당하나, 후자의 경우에는 '50'이면 '아주 낮은 수준' 인 것으로 정의를 한다. 기술발전 단계에 대한 제안내용은 더욱 혼란스럽다. 〈표3〉의 경우 ITEP에서 제시하는 단계에 대한 정의는 기술을 토대로 한 제품의 시장진입과 기술의 상용화 수준까지 포함하는 것으로 되어 있다. 더욱이 기술의 상용화 단계를 거쳐 시장진입 단계로 들어가는 것이 일반적인 과정이라고 볼 때, 도입기와 성장기에 대한 정의 자체가 잘못된 것으로 보인다. 무엇보다도 엄밀한 의미에서 기술의 발전 단계와 제품의 발전 단계는 전혀 별개의 내용이라고 보아야 한다. 설성수 외(2007)가 〈표3〉에서 정리한 기술혁신의 단계별 정의는 현실적으로 합리적이라고 할 수 있다. 그러나 이 경우에는 기술 자체의 발전이 아닌 포괄적 의미의 기술혁신 발전과정이라는 한계가 있다.

선진국의 현재 최고보유기술(the state of the art technology)은 해당 기술의 수명주기 스펙트럼(life-cycle spectrum) 상의 위치는 어디이며 그 경우 한국의 경우는 어디에 위치하고 있는가에 대한 비교논의가 필요하다. 경우에 따라서는 비교대상 주체들의 보유기술의 패러다임이 전혀 다를 수도 있다. 추가로 고려해야 할 사항은 측정·분석의 비교 대상인

선진국의 기술 수준이나 우리의 기술 수준이 일반적으로 모두 지속적으로 변화한다는 점이다. 만약, 현재 선진국 대비 수준이 75인 우리의 기술발전 속도가 선진국의 속도에 비해 상대적으로 느리다면 향후 어떠한 결과를 예상할 수 있을지에 대해서도 논의할 수 있어야 한다.

기술수준의 정도를 나타내는 다른 방법 중의 하나인 기술격차 년도의 의미에 대한 해석도 논의의 대상이다. 기술격차가 '1년'이라고 할 경우, 이것의 정확한 의미는 무엇인가? '1년 후에는 선진국 수준에 도달할 것이다'라는 표현을 어떤 의미로 해석 할 것인가? 이 경우, 함께 변화해 가는 과정에서 1년이 지나면 수준이 같아진다는 것인지 아니면 1년 후에는 평가 시점인 현재의 100 수준으로 정의한 선진국의 기술 수준에 도달한다는 것인지에 대한 명확한 해석이 필요하다. 실제의 사례분석 결과, 선진기술 수준(100 기준) 대비 우리나라의 기술수준 자체는 값이 향상되지만 정작 기술격차 기간은 더 넓어지는 경우도 있음을 발견하였다<sup>12)</sup>. 후자의 경우라고 한다면 1년 후 선진국의 기술 수준은 어디에 가 있을 것인가에 대한 답을 추가로 고려해야만 한다. 이상엽 외(2006)는 부분적으로 이에 대한 해답을 제시하고 있으나, 기술수준의 정확한 위치에 대한 논의는 없다.

〈표2〉 기술수준 정의 비교

출처	점수	비 고
이상엽 외(2006)	100점 만점	100 최고 기술 수준
		80~ 최고 기술 수준에 대등하거나 근접하다
		60~ 최고 기술 수준에 도달할 연구개발 능력이 있다
		40~ 연구개발능력을 일부 보유하고 있다
		20~ 일부 기반은 있으나 연구개발능력이 불확실하다
		20이하 연구개발능력이 없거나 매우 취약하다
ITEP(2006)	100점 만점	90점 <sup>+</sup> 아주 높은 수준
		80점 <sup>+</sup> 높은 수준
		70점 <sup>+</sup> 중간 수준
		60점 <sup>+</sup> 낮은 수준
		50점 <sup>+</sup> 아주 낮은 수준

출처: 이 연구

<sup>12)</sup> 이 논문 <표8>의 지능형로봇, 지능형홈네트워크, 바이오신약장기 분야 등이 예이다.

〈표3〉 기술의 발전단계에 대한 정의 비교

출처	발전단계	비 고
ITEP(2006)	개발기	개발기: 기술이 개발되고 있는 단계
	도입기	도입기: 기술이 개발되어 시장에 처음 진입하는 단계
	성장기	성장기: 신기술이 본격적으로 상용화되는 단계
	성숙기	성숙기: 어느 정도 기술의 우수성을 인정받아 다양하게 기술이 응용되는 단계
	쇠퇴기	쇠퇴기: 기술의 우수성이 떨어져 그 가치가 하락하는 단계
설성수 외 (2007)*	회임기	회임기: 잠복기
	도입기(구축기1)	도입기: 핵심제품 폭발적 성장
	성장기(구축기2)	성장기: 새로운 하부구조 빠른 구축
	확장기(전개기1)	확장기: 혁신과 시장잠재력 완전한 확장
	성숙기(전개기2)	성숙기: 초기제품 성숙과 포화

\*Perez(2002)에서 따 옴.

출처: 이 연구.

## 2. 기존방법의 한계에 대한 극복방안

기존 사례연구들의 핵심적 한계는 이들의 방법론상의 이론적인 개념이 1차원적이고 선형적인 정태적 관점에 토대를 두고 있으며 비교대상과의 수준에 대한 표현은 정태적 관점에서 상대적으로 표현되었다는 것이다. 비교 시점별로 상대수준을 100을 기준으로 한 경우 우리의 수준은 얼마인가를 답하는 것이지만, 가장 중요한 상대수준 100의 각각 시점에서의 절대적 위치에 대한 논의가 모든 사례분석에서 제외되어 있다. 이원영(2001)은 기술경쟁력의 측정과 분석을 위해서는 정태적 측면 뿐 아니라 동태적 측면이 고려되어야 함을 주장한다. 즉, 현재의 위치와 함께 과정과 경로도 중요시 되어야 함을 제안한다. 최문정 외(2005)는 기존의 연구에서는 기술수준이 현재 어느 수준에 있느냐는 것에 초점을 두고 기술수준 측정 및 분석을 진행하였음을 지적한다. 우리나라와 비교 대상국의 기술이 어떤 속도로, 어느 방향으로 변화하고 있는가와 관련된 동적인 분석과 핵심기술이 기술발전 단계에서 현재 어느 위치에 도달해 있는지에 대한 분석이 이루어져야 함을 주장한다. 동적 분석 및 기술발전 단계의 파악은 기술수준을 분석하는 데 중요한 정보를 제공하기 때문에 향후 과학기술 수준 측정 및 분석 시에는 이 두 가지 요소를 고려할 필요가 있음을 강조

한다. 이것을 위해서는 우리기술 수준의 상대적 크기, 격차년도와 함께 비교대상 기술의 기술발전 단계 상의 위치 혹은 기술수명주기상의 위상을 동시에 파악하는 것이 절대적으로 필요하다. 이러한 요건을 충족하는 사례연구는 제한적이기는 하나 김인호 외(1999)가 유일하다.

이러한 한계점을 보완할 수 있는 방안이 기술발전 단계와 성장곡선(growth curve) 개념을 활용해 1차원적 기술진보와 다차원적 기술진보(break-through)를 포괄하는 개념을 정립하는 것이다(Freeman and Soete, 1997). 이 경우 비교되는 기술들의 시점별 위상분석과 시점간의 변화상황 등을 파악할 수 있다<sup>13)</sup>. 동태적 상황에서의 기술추격(catch-up in moving situations)을 가능하게 하는 기술개발의 속도 개념을 추가적으로 시도하는 것이다. 다음 장에서는 성장곡선에 대해 논의하고, 이를 통해 과학기술 수준의 새로운 측정 방안에 대한 가능성을 알아본다.

## IV. 새로운 측정방법에 대한 이론적 접근

### 1. 개요

과학기술 수준을 측정 및 분석하는 새로운 방법으로 성장곡선(growth curve) 개념을 활용할 수 있다(박용태, 2006). 성장곡선은 새로운 기술이 개발된 후, 수명주기(life cycle)를 따라 어떤 양상으로 기술적 성능이 개선되고 발전하는지를 보여주는 곡선이다. 일명 S-곡선(S-curve)이라고도 부르며, 확산이론(diffusion theory)에서의 로지스틱 모형(logistic model)에서 처음 제시되었다. 성장곡선이 처음으로 개발된 기술이 진보하는 양상을 나타내는 데 반해, 대체곡선은 새로 개발된 신기술이 이미 시장을 지배하고 있던 기존의 기술을 어떻게 대체해 가는지를 보여주는 곡선이다. 성장곡선과 대체곡선은 과학기술의 단기 및 중장기 변화 양상과 직결되어 있다. 본 연구에서는 와해성 기술(disruptive technology)이나 혁신의 과정도 대체곡선에 포함할 수 있다고 가정한다. 성장곡선은 단기적인 관점에서는 같은 기술의 성장 혹은 발전 경로를 궤적으로 나타내는 것이라고 볼 수 있다. 대체곡선은 중장기적 관점에서 같은 기능이지만 차원이 달라지는, 즉 패러다임이 달라지는 기술의 변화 양상에 대한 궤적을 나타내는 것이라고 볼 수 있다. 대체곡선을 일종의 포락곡선(包

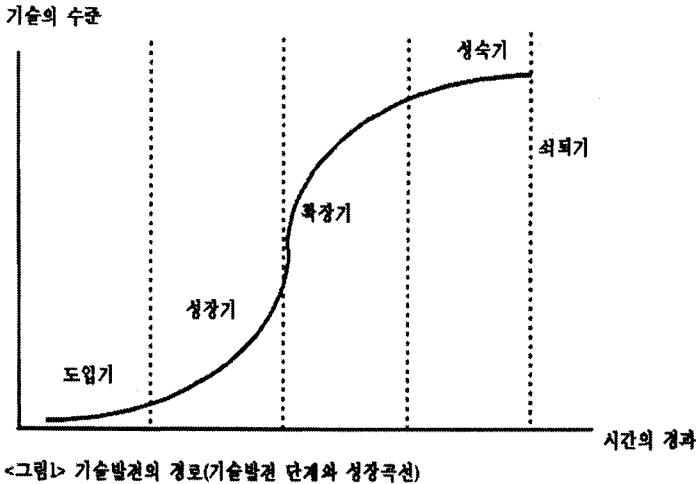
<sup>13)</sup> 시점별 상대적 위상분석은 성장곡선 상의 위치 파악으로 가능하며 시점간의 변화상황은 변화율 추산으로 가능하다. 이렇게 되면, 변화의 속도와 방향, 그리고 과정을 파악할 수 있다.

絡曲線, envelope curve)으로 그리면 성장곡선의 형태를 갖게 된다. 앞에서 논의한 것처럼 기술의 발전단계를 기술발전 형태의 일종의 불연속적(discrete)인 표현이라고 한다면 성장곡선은 연속적(continuous)인 표현이라고 할 수 있다.

〈그림1〉은 기술발전 단계와 성장곡선의 관계를 나타낸다. 기술의 발전은 처음에는 도입기를 거쳐 성장기에 도달한다. 도입기에는 기술의 발전이나 진보 속도가 매우 완만하나, 성장기까지는 점진적으로 그 속도가 매우 빨라진다. 성장곡선의 변곡점을 지나면서부터는 기술의 개발은 더욱 성숙단계에 확장적으로 접근하나 진보 속도는 성장기에 비해 느려진다. 성숙기에 이르면 기술수준 자체는 거의 정점에 이르지만 기술의 진보 속도는 매우 완만해지고, 이후 쇠퇴하기 시작한다<sup>14)</sup>. 단기적 관점에서 보면 성숙기나 쇠퇴기에 다다른 특정 기술이 새로운 패러다임의 출현으로 신기술이 창출되는 경우 새로운 성장곡선을 따르는 일종의 대체곡선을 생각해야 하나, 이 논문에서 가정한 것처럼 이런 경우까지 모두 포함하는 의미의 포괄적 성장곡선을 논하기로 한다. 기술의 발전 단계와 기술의 수준과의 관계는 대부분 그 기술의 발전이 그리는 궤적에 의해 결정될 것이다. 즉, 성장곡선의 구체적 형태에 의해 기술 수준의 값들이 결정된다고 할 수 있다. 특히, 〈그림1〉에서처럼 성장기의 끝부분에 이르는 변곡점까지의 경과시간과 그 때의 기술수준은 성장곡선의 구체적 형태와 밀접한 관계에 있다.

여기서 다시 강조할 것은 대상 기술의 범위나 수준이 일정한 것이 아니므로 대상 기술의 속성을 가급적 원천·핵심 기술 차원에서 접근해야 하며, 시장진입이나 산업발전과는 가급적 기능·기술 모수적 차원에서 분리해서 분석을 해야 한다는 점이다(〈표3〉 참조). 기술 자체의 수준을 측정하고 분석하는 것이지 기술관련 제품의 시장성이나 기술정책과 지원 등의 내용을 포함하는 전반적 의미의 경쟁력을 분석하는 것이 아니기 때문이다. 아주 높은 수준의 기술력을 보유한다는 것이 곧 시장경쟁력을 보유한다는 것과 동일한 내용은 아니다. 특히, 기술 전문가들의 정성적 혹은 정량적(기능·기술 모수적 차원에서) 의견들은 가급적 기술 자체에 대한 의견으로 국한될 필요성이 크다. 시장진입 가능성이나 산업경쟁력과 같은 차원의 내용은 기술수준 측정과는 분리해서 시장 상황에 밝은 전문가(market oriented experts)들의 정성적인 의견을 수렴하면서 접근할 필요가 있다.

<sup>14)</sup> 김인호 외(1999), IIEP(2006)은 기술발전의 단계를 '개발기→도입기→성장기→성숙기→쇠퇴기'로 구분하여 정의하는 데 이것은 Freeman & Soete(1997)의 'development→introduction→growth→maturity→decline'과 동일한 구분이다. Freeman & Soete(1997)는 단계별 해당기술의 정의를 emerging technology→leading edge technology→prevalent technology→dated technology→obsolete technology로 각각 구분하였다.



## 2. 성장곡선에 대한 논의

과학기술 수준 측정에 대한 성장곡선의 활용을 이해하기 위해서는 우선 성장곡선에 대한 수식과 이에 의한 곡선의 모양에 대한 실질적인 논의가 필요하다. 시간의 범주를 나타내는 x축은 기술의 수명을 이해하는 데에 도움이 되며, 기술의 나이도 혹은 깊이인 기술 수준은 y축에 표현이 된다. 또한 과학기술의 일차원적인 진보 혹은 다차원적인 패러다임의 변화에 따른 성장곡선의 이동(shift)은 단기와 중장기 곡선의 혼합에 다른 전반적인 논의에 의해 가능하다.

어떤 특정한 과학기술이 발전할 수 있는 이론적 상한 수준 혹은 실질적인 한계를  $L$ 이라고 하자<sup>15)</sup>. 향후 과학기술이 발전하는 비율(혹은 속도)은 현재까지 발전한 누적 값(현재의 과학 기술 수준)과 아직 이론적 한계치까지 발전하지 못하고 남은 값(절대적 한계 수준과의 격차)의 곱에 비례한다고 가정한다(박용태, 2006:pp.97-8). 현재의 기술수준을  $Y(t)$ , 이론적인 상한 수준과의 격차를  $L-Y(t)$ 이라고 하면 이러한 상황을  $dY(t)/dt = K \cdot Y(t)[L - Y(t)]$ 로 표현할 수 있다. 여기서  $K$ 는 상수이다. 이 미분방정식을 풀면  $Y(t) = \frac{L}{1 + a \cdot e^{-\beta \cdot t}}$  인 로지스틱 함수(logistic function)가 도출된다. 단,  $a, \beta$  는 모수이다. 여기서  $a$ 의 값은

<sup>15)</sup> 실제적인 적용 단계에서는  $L$ 값의 추정에 대해서는 특히 기술분야 전문가의 의견을 수렴·검토하는 과정이 반드시 필요하다. 특히, 가능 혹은 기술모수적 값을 추정할 수 없는 경우에는 임의의 대리값(proxy value)으로 대체해야 하므로 전문가의 의견수렴에 대한 통계적 처리 절차가 반드시 수반되어야 한다. 이론적 상한 혹은 실질적인 한계 수준을 추정하지 않은 것은 기존의 사례연구나 분석의 결정적 문제점임을 본 연구는 지적한다.

변곡점에 도달하는 시간,  $\beta$ 의 값은 곡선의 기울기를 나타낸다. 즉,  $a$ 값은 곡선의 모양과 위치를 결정하기 때문에 측정하려는 기술수준의 정도(크기)에 영향을 준다. 그리고  $\beta$ 값은 기술변화의 속도(기술진보의 변화율)에 영향을 준다. 로지스틱 함수로 표현되는 성장곡선은 가운데 변곡점을 기준으로 좌우 대칭을 이루는 특징이 있다. 로지스틱 함수에 의한 모형의 기술발전 유형 추정이 부정확한 경우 곱퍼츠 함수(Gompertz function)를 적용하여 보완할 수도 있다<sup>16)</sup>. 이 함수의 기본형태는  $Y(t) = L e^{-b^{-t}}$ 이다. 곱퍼츠 함수는 로지스틱 함수와는 달리 변곡점을 중심으로 비대칭이다.

기술수준의 측정과 분석을 위한 관점에서는 두 함수의 기본적인 차이점은 〈표4〉에서 보는 바와 같이 각각의 일차미분 결과에 달려 있다. 종합적인 기술변화의 속도(혹은 비율)는 두 함수의 경우 일차미분의 값으로 표현된다. 로지스틱 함수를 이용한 모형의 적용은 현재의 기술수준과 이론적인 기술발전의 상한 수준과의 격차인 ( $L-Y$ ), 그리고 곱퍼츠 함수를 이용하는 경우에는 상한 수준과 현재 수준과의 비율인 ( $L/Y$ )에 의해 핵심적인 차이가 나타날 수 있다. 결론적으로 기술수준 측정·분석은 대상기술의 발전경로 형태와 이론적인 상한 수준, 그리고 현재의 수준을 파악하는 것이 기본적으로 필요하다.

기존 사례연구들의 전문가 의견 취합에 대한 정량적 방법은 실제로는 특정시점에서의 비교대상을 임의로 100이라고 기준을 할 경우 우리의 수준은 어떠한가를 표현하는 것에 불과하다. 다른 시점에서의 비교의 경우에도 마찬가지 방식으로 답을 얻지만, 문제는 다른 시점에서의 비교대상 수준인 임의의 100이라는 값은 앞에서의 100이라는 값과는 전혀 무관한 상대적인 숫자에 불과하다는 점이다.

〈표4〉 성장곡선을 이용한 기술수준 측정의 비교

함수의 형태	1차미분 결과	기술의 변화율 결정요인	특성 (변곡점 중심)
로지스틱	$\frac{\beta Y(L-Y)}{L}$	( $L-Y$ ):정상수준과의 격차	대칭
곱퍼츠	$-bkY\ln\frac{Y}{L}$	( $Y/L$ ):정상수준과 현재수준과의 비율	비대칭

출처: 박용태(2006), p.98을 보완하였음.

16) 현실적으로는 곱퍼츠 함수의 변형인 피셔와 프라이(Fisher and Pry) 함수 등 여러 형태의 함수가 적용될 수 있다 (박용태, 2006). 본 논문에서는 기술수준의 평가를 위한 새로운 방법론 개발에 있어서 이론적 개념 및 적용 가능성 을 모색하는 것이 목적이기 때문에 가장 일반적인 로지스틱 함수와 곱퍼츠 함수에 대한 논의에 국한한다.

예를 들면, 우리의 수준이 각각 75, 85라고 하면 각 시점을 중심으로 비교대상 수준에 어느 정도 근접하였는가를 의미하는 것 외에는 아무런 정보를 주지 못한다. 여기에 기술격차 년도에 대한 정보를 추가하는 경우, 우리 기술수준의 변화 속도를 간접적으로 추정할 수는 있으나, 기본적으로 기술수명주기에 있어서의 위상을 파악하는 것은 불가능하다. 그 이유는 이론적 혹은 실질적인 한계  $L\text{값}$ 에 대한 정보가 없기 때문이다. 따라서  $L\text{값}$ 을 추정할 수 있는 방안이 포함되어야 한다. 그러기 위해서는 연구개발단계에 대한 추가 정보를 얻든지,  $L\text{값}$ 의 절대수준을 파악해야만 기술의 동태적 분석이 가능하다.

이러한 관점에서 다음 장에서는 김인호 외(1999)의 결과 중 일부 주요 기술 분야의 기술수준 값을 사례적으로 활용하여 로지스틱 함수 및 곱퍼즈 함수를 추정한다<sup>17)</sup>. 추정한 함수를 통하여 해당 기술에 대한 우리나라와 선진최고기술 수준의 위치 및 변화를 실제 사례분석의 결과를 통해 시뮬레이션한다. 이론적 상한 수준( $L\text{값}$ )과 두 점의 위치 설정이 가능해야 모수추정(estimate of parameters)이 가능하기 때문에 1999년 시점에서의 세계최고기술 수준과 우리나라 기술 수준의 발전단계와 격차년도, 그리고 발전단계의 상한 값인 5를 적용하여 모수추정을 시도한다. 다음 추정된 모수값을 이용하여 함수형태에 따른 우리나라, 세계최고 및 이론적 상한 수준을 세계최고 기술수준 100을 기준으로 각각 환산하여 점수화하고 성장곡선 상의 위상을 파악한다.

## V. 가상적 측정결과

### 1. 두 함수의 추정결과

실험적 추정을 위해 김인호 외(1999)에서 발표한 소분류별 기술 중 8개 기술의 수준 측정 관련 내용을 정리하였다(〈표5〉 참조). 여기서 소개하는 8개 기술은 2000년대 중반 국가에서 범정부 차원에서 추진하기 시작한 차세대 성장동력 10대 산업의 모태가 될 수 있는 기술이다. 이동통신 기술은 디지털TV·방송, 차세대 이동통신, 지능형홈네트워크 기술로 확산되는 기술이다. 표시소자 기술은 디스플레이 기술, 자동화 기술은 지능형로봇 기술,

<sup>17)</sup> 여기서는 이후의 시뮬레이션 전개를 위해 1999년에 측정된 다음의 8개 기술을 중심으로 논의한다: 이동통신 기술, 표시소자 기술, 자동화 기술, 자동차 기술, 반도체 기술, 시스템소프트웨어 기술, 특수기능소재, 생체활성 검정 및 생체물질구조 분석 기술. 이 기술들은 2000년대 중반 이후 정부가 추진하는 10대 차세대 성장동력 기술의 모태가 되기 때문이다.

그리고 자동차 기술은 미래형 자동차 기술로 연결이 된다. 반도체 기술은 차세대 반도체 기술, 시스템 소프트웨어 기술은 디지털컨텐츠·SW솔루션 기술, 특수기능 소재 기술은 차세대 전자 기술로 연결이 된다. 그리고 세포공학 기술은 바이오신약·장기 기술로 연결된다<sup>18)</sup>. 즉, 〈표5〉의 기술들은 1999년 현재 우리나라에서 보유한 주요 기술로서 이들을 토대로 차세대 관련 기술들에 대한 기술개발 전략을 추진하게 된다.

〈표5〉 소분류별 8개 주요 기술 수준(1999년)

기술명	국내 수준		발전단계 <sup>3)</sup>		
	수준 <sup>1)</sup>	격차 <sup>2)</sup>	세계최고기술	국내기술	
이동통신	77.0	1.6	성장기	3.3	성장기
표시소자	73.3	2.0	성장기	2.5	도입기
자동화	68.2	2.7	성장기	3.3	도입기
자동차	71.4	3.5	성장기	3.5	도입기
반도체	69.6	2.7	성장기	2.9	도입기
시스템소프트웨어	65.8	2.8	성장기	3.4	도입기
특수기능소재	77.8	3.9	성숙기	3.5	성장기
세포공학	72.2	2.9	성장기	2.9	도입기

주1) 세계 최고수준을 100으로 기준했을 때 우리나라의 수준(%).

주2) 현재 우리나라의 기술수준이 선진국의 현 기술수준에 도달할 수 있는 기간(년).

주3) 발전단계는 개발기→도입기→성장기→성숙기→쇠퇴기이며, 각각 1-5의 수치를 부여하여 통계 처리한 것임. 발전단계와 이에 상응하는 정량적 수치는 김인호 외(1999)에서 그대로 인용함.

출처: 김인호 외(1999).

<sup>18)</sup> 소개한 기술 외에도 많은 관련 기술들이 핵심, 원천, 주변, 기반 및 요소 등의 기술로서 존재한다. 이 논문에서는 실험적 자료가 가용하며 가장 직접적으로 연결이 되는 8개 기술에 국한하여 논의를 하기로 한다.

〈표6〉 성장곡선의 모수 추정 결과

기술분야	로지스틱		곰퍼츠	
	$\alpha$	$\beta$	b	k
이동통신	.7857	.2638	.5798	.2082
표시소자	1.3810	.1614	.8675	.1723
자동화	1.0833	.2753	.7340	.2107
자동차	1.0000	.2421	.6931	.1898
반도체	1.3810	.2391	.8675	.1723
시스템소프트웨어	1.5000	.4140	.9163	.3091
특수기능소재	1.0000	.2173	.6931	.1704
세포공학	1.7778	.3097	1.0217	.2169

출처: 이 논문

〈표6〉은 8개 주요기술별 성장곡선의 모수를 추정한 결과이다. 변곡점에 도달하는 시간에 영향을 주는  $\alpha$ 와 b, 그리고 곡선의 기울기에 영향을 주는  $\beta$ 와 k의 추정 값들은 두 함수의 경우 일관된 것으로 나타난다. 다만, 로지스틱 함수의 경우에는 변곡점을 중심으로 좌우대칭의 특성이 있는 반면 곰퍼츠 함수의 경우에는 그렇지 않기 때문에 모수추정의 절대 값들은 크기가 다르게 나타난다.

추정된 모수의 값들을 각각 적용하여 1999년 현재 세계최고기술의 수준을 100으로 하였을 경우 우리나라의 경우와 이론적인 상한 값을 시뮬레이션한 결과가 〈표7〉이다. 다만, 기술발전 단계 상 이론적인 상한 값, 그리고 우리나라와 세계최고기술 수준의 값, 기술격차 기간(년)을 공통으로 적용하였기 때문에 로지스틱 함수와 곰퍼츠 함수의 1999년도 적용 값은 같은 결과가 나온다. 그러나 두 함수의 특성이 다르기 때문에 1999년 시점에서의 1차미분 값인 기술변화율은 각각 다르게 추정된다.

이론적인 상한 값이 가장 높은 기술은 표시소자 기술로서 세계최고기술 수준(100)의 두 배인 200이다. 즉, 1999년 현재 세계최고기술의 수준은 이론적인 상한 수준의 절반 수준에 불과하다. 우리나라의 수준은 84에 불과한 것으로 추정되었다. 이론적인 상한 값이 가장 낮은 기술은 자동차 기술과 특수소재기능 기술로 143에 이른다. 세계최고기술 수준(100)의 약 1.5배이다. 우리나라의 수준은 모두 71에 불과하여 절반 수준인 것으로 추정되었다. 전체적으로 이론적인 상한 수준의 범위는 세계최고기술 수준의 1.4~2.0배에 해당한다. 표시소자 기술의 경우가 2.0배, 반도체와 세포공학 기술의 경우가 1.7배에 해당한다.

〈표7〉 소분류별 8개 주요 기술 수준(1999년)의 시뮬레이션 결과

기술분야	우리나라		세계최고		이론적 상한값(L) <sup>1)</sup>
	수준 <sup>1)</sup>	변화율 <sup>2)</sup>	수준 <sup>1)</sup>	변화율 <sup>2)</sup>	
이동통신	84.9(+7.85)	9.850 5.940	100	8.970 5.017	151.5
표시소자	84.0(+10.70)	7.863 7.092	100	8.069 6.746	200.0
자동화	72.7(+4.53)	10.412 8.256	100	9.361 6.427	151.5
자동차	71.4(+.03)	8.646 6.515	100	7.263 4.693	142.9
반도체	72.4(+2.81)	10.042 9.392	100	10.042 8.144	172.4
시스템소프트웨어	58.8(-6.98)	14.612 15.264	100	13.248 10.922	147.1
특수기능소재	71.4(-6.37)	7.759 5.847	100	6.518 4.212	142.9
세포공학	62.1(-10.13)	12.303 14.094	100	13.008 12.069	172.4

주1: 1999년 세계최고기술 수준을 100으로 기준하였을 경우의 우리나라 및 이론적 상한 값(L)의 추정결과임. 괄호 안은 김인호 외(1999)의 실제 분석결과와의 오차(+는 추정 값이 큰 경우이며, -는 작은 경우)임. 8개 기술의 오차비율 범위는 0.000~0.059이며, 평균 오차율은 0.038임.

주2: 기술변화율은 1999년 시점에서의 1차미분 값을 적용한 것임. 각각 위의 경우는 로지스틱 함수, 아래는 곱퍼츠 함수를 적용한 것임. 단, 스케일은 세계최고기술 수준을 100으로 기준한 경우임.

출처: 〈표3〉, 〈표5〉 및 〈표6〉.

나머지 이동통신, 자동화, 자동차, 시스템소프트웨어 및 특수기능소재 기술의 경우는 1.5 배이다. 우리나라 기술 수준과 이론적 상한 수준과의 비교는 이동통신 기술이 1.8배로 가장 낮은 경우이며, 세포공학 기술은 2.8배로 가장 높은 경우이다. 시스템소프트웨어 기술이 2.5배, 반도체 및 표시소자 기술이 2.4배, 자동화, 자동차 및 특수기능소재가 2.0배이다.

세계최고기술과 우리나라 기술의 각각의 변화 정도는 상대적인 위치(위상) 파악과 함께 중요한 분석 내용이 되어야 한다. 여기서 중요한 가정은 세계최고 기술이나 우리나라의 기술이나 모두 이론적인 상한 수준을 향해 지속적으로 움직이고 있다는 것이다. 따라서 각각의 경우 기술의 변화속도(율)를 추정하는 것이 매우 중요하다. 최소한 추격이 가능한지를 가늠할 수 있는 근거가 되기 때문이다. 이 경우, 이미 논의한 바와 같이 로지스틱 함수에 의한 추정과 곱퍼츠 함수에 의한 추정의 내용이 상당한 차이를 보이는 경우가 있음을 발견하였다.

로지스틱 함수의 추정 결과를 적용한 경우에는 표시소자 기술과 세포공학 기술의 경우 세계최고기술의 변화율이 각각 8.069, 13.008인 반면 우리나라 기술의 변화율은 각각 7.863, 12.303으로 우리의 변화율이 상대적으로 낮은 것으로 나타난다. 반도체 기술의 경우에는 세계최고기술과 우리나라의 기술의 변화율이 같은 정도인 10.042인 것으로 나타난다. 이 세 가지 기술의 경우 공통적인 특성은 세계최고기술의 수준이 이론적인 상한 수준에 비해 매우 낮아 로지스틱 함수형태의 성장곡선 상으로는 변곡점에 있거나 변곡점에서 아주 근접한 위치에 존재함과 동시에 우리나라의 기술 수준은 아직 변곡점에도 이르지 못하고 있는 현상을 보이고 있다는 점이다. 그러나 곱퍼츠 함수의 추정결과를 적용하는 경우에는 우리나라 기술의 변화율이 세계최고기술의 변화율보다 모두 큰 것으로 나타난다. 표시소자 기술과 세포공학 기술의 경우, 우리나라 기술의 변화율은 각각 7.092, 14.094인 반면 세계최고기술의 변화율은 각각 6.746, 12.069로 나타난다. 로지스틱 함수 추정의 경우 같은 변화율을 보인 반도체 기술의 경우에도 우리나라의 기술 변화율은 9.392로 세계최고기술의 변화율인 8.144보다 크게 나타난다<sup>19)</sup>.

## 2. 차세대 성장동력 기술 수준에 대한 논의

차세대 성장동력 기술관련 기술수준 측정·분석에 관한 사례연구는 박병무 외(2004)와 ITEP(2006)이 있다. 이들은 차세대 성장동력 산업과 연관이 깊은 10대 기술에 대한 기술수준 측정·분석을 각각 2003년과 2006년을 시점으로 별도로 시행하였다<sup>20)</sup>. 분석대상인 10대 기술은 범정부 차원에서 추진하는 관계로 두 연구의 경우 동일한 대상이다. 그러나 두 연구의 한계는 2003년 및 2006년 각각의 시점을 기준으로 해당년도의 세계최고 기술수준을 100으로 보았을 경우의 우리나라의 기술의 상대적인 수준과 기술의 격차를 극복하는 데 소요되는 시간(기술격차 기간)만을 제시하는 데에 그쳤다는 것이다. 즉, 세계최고 기술의 수준이 해당기술의 기술수명주기(혹은 성장궤도나 발전단계)상 어디에 위치하는지에 대한 분석이 없다(〈표8〉 참조). 두 사례연구를 비교하면 자료의 일관성에 다소 문제가 있

<sup>19)</sup> 개별 기술들의 경우, 어떤 성장곡선의 유형이 상대적으로 더 적합한지에 대한 결론을 이 논문에서 구체적으로 내리기에는 과거의 통계자료들이 부족한 실정이다. 다만, 추정된 성장유형에 의한 기술변화의 정도를 상대적으로 파악하는 데에 도움을 줄 수 있다.

<sup>20)</sup> 박병무 외(2004)는 2003년에 해당 기술분야별 산·학·연 전문가로부터 1,067건의 응답을 얻어 분석하였다. ITEP(2006)은 2006년에 5,033명의 각계 전문가로부터 응답을 얻어 분석하였다. 응답의 건수가 다른 것은 실제적인 세부 기술 분야의 종류와 범위가 상이하고 분석을 시행한 시점과 기관이 다르기 때문이다.

기는 하나 최소한 해당 기술들의 2003년부터 2006년 사이의 변화의 정도를 살펴볼 수는 있다.

두 가지 특징이 대조적으로 발견된다. 하나는 우리나라의 기술수준이 선진기술 수준에 상대적으로 더욱 근접해 가고 있다는 것이다. 박병무 외(2004)의 경우 우리나라 기술수준의 범위는 선진 수준대비 61.2(바이오신약·장기) ~ 74.9(디지털TV·방송)이었으나 ITEP(2006)의 경우에는 71.1(바이오신약·장기) ~ 85.9(디지털TV·방송)로 전체적으로 향상(shift)된 것으로 나타난다. 선진권의 기술수준이 2003년도 수준에 그대로 머물러 있거나 혹은 계속 향상되었다고 전제한다면 우리나라의 기술수준은 상대적·절대적으로 모두 향상되었다고 추정할 수 있다.

다른 하나는 기술격차 기간(년)의 변화에 있어서는 다양한 양상을 보이고 있다는 점이다. 우리나라 기술의 절대 수준의 향상은 일반적으로 기술수준 격차가 좁아지고 있음을 간접적으로 시사한다. 그러나 실제로는 기술격차의 기간(년)이 감소하는 경우는 6개 분야에만 해당하며 그나마 디스플레이 분야의 1.1년을 제외하면 거의가 반년 정도의 기간만이 감소한 것으로 나타난다. 격차의 기간이 오히려 증가하는 경우가 4개 분야나 된다. 이 중 바이오신약·장기는 1.7년, 지능형로봇은 1.3년이나 3년 사이에 상대적으로 격차가 벌어지고 있다.

이 두 가지 발견으로 볼 때, 차세대 성장동력 기술 분야의 우리나라 기술 수준의 변화는 절대 수준을 기준으로는 발전은 하고 있으나 같은 기간에 마찬가지로 발전하고 있는 선진수준과 상대적으로 비교해 볼 경우 여전히 추격의 실마리가 보이지 않고 있다고 분석이 된다. 앞에서 지적한 것처럼 지능형로봇이나 바이오신약·장기 분야의 경우에는 기술격차의 기간이 무려 1년 이상이나 상대적으로 더욱 벌어지고 있다. 반면 디스플레이 분야는 1.1년이 감소하였으며, 차세대전지 분야는 0.7년이 감소하였다. 그 외의 분야에서는 격차의 변화정도는 미미하다고 할 수 있다. 전체적으로 ITEP(2006)의 기술격차의 기간은 3.0년 ~ 6.5년으로 박병무 외(2004)의 3.1년 ~ 5.4년에 비해 오히려 벌어지고 있어 두 사례분석 결과가 모두 신뢰할 수 있다면 해당 분야들의 경우 선진기술 수준을 추격하는 것은 실질적으로는 더욱 어려워지고 있는 양상을 보이고 있다.

〈표8〉 10대 차세대 성장동력 기술 수준 비교

분야	박병무 외(2004)		ITEP(2006)		변화정도 <sup>3)</sup>		핵심기술 <sup>4)</sup>
	수준 <sup>1)</sup>	격차 <sup>2)</sup>	수준 <sup>1)</sup>	격차 <sup>2)</sup>	수준	격차	
디지털TV·방송	74.9	3.1	85.9	3.0	+11.0	-0.1	이동통신
디스플레이	73.9	4.4	78.3	3.3	+4.4	-1.1	표시소자
지능형로봇	70.5	4.2	76.5	5.5	+6.0	+1.3	자동화
미래형자동차	69.8	5.2	75.6	4.9	+5.8	-0.3	자동차
차세대반도체	71.5	4.3	75.8	3.9	+4.3	-0.4	반도체
차세대이동통신	72.3	3.4	82.6	3.2	+10.3	-0.2	이동통신
지능형홈네트워크	69.9	3.4	79.0	3.8	+10.0	+0.4	이동통신
디지털컨텐츠·SW솔루션	69.6	3.7	79.0	3.8	+9.4	+0.1	시스템소프트웨어
차세대전지	64.8	5.4	74.3	4.7	+9.5	-0.7	특수기능소재
바이오신약·장기	61.2	4.8	71.1	6.5	+9.9	+1.7	세포공학

주1: 해당년도(2003년 및 2006년)의 세계최고기술 수준을 100으로 기준한 것임.

주2: 해당년도 세계최고기술 수준에 도달할 때까지의 기간(년)임.

주3: 수준의 경우 '+'는 2003년에서 2006년 사이에 해당 세계최고기술 수준에 더욱 근접함을 의미할 수 있음. 격차의 경우 '+'는 2003년에서 2006년 사이에 격차년수가 더욱 벌어지고 있음을, '-'는 반대로 좁혀지고 있음을 의미함.

주4: 〈표5〉, 〈표7〉 참조.

출처: 박병무 외(2004), ITEP(2006) 및 이 연구.

### 3. 차세대 성장동력 기술의 가상적 성장곡선

〈표7〉과 〈표8〉의 내용을 토대로 차세대 성장동력 기술의 변화 정도와 가상적 성장유형을 제시한 것이 〈표9〉이다. 차세대 성장동력 기술의 성장유형을 직접 추정할 수 있는 통계적 자료가 존재하지 않기 때문에 〈표7〉의 결과를 활용하여 차세대 성장동력 기술의 핵심기술이라고 할 수 있는 8개 세부기술 분야(1999년 존재)의 성장유형을 토대로 이들을 가상적으로 추정한다<sup>21)</sup>.

<sup>21)</sup> 김인호 외(1999)의 경우처럼 우리나라와 세계최고 기술의 기술발전 단계를 모두 파악한다면 직접 추정이 가능할 수 있다(본 논문 각주16 참조). 우리나라 및 세계최고 기술, 그리고 이론적인 상한 수준을 파악할 수 있다면 차세대 성장동력 기술 분야별 성장곡선 유형과 위상을 파악할 수 있을 것이다. 이 경우 신뢰도와 정확도를 확보하기 위해서 관련분야 기술전문가들의 의견수렴을 통계적으로 처리할 필요가 있다.

바이오신약·장기의 경우 핵심기술인 세포공학 기술의 수준은 세계최고 수준을 100으로 보았을 때 62.1에 불과하였다. 기술의 변화율은 로지스틱 함수 추정의 경우에는 세계최고 기술이 우리보다 5.7% 정도 더 빠르나, 곱퍼츠 함수 추정의 경우에는 우리가 16.8% 정도 더 빠른 것으로 상반된 분석결과가 도출되었다. 2004년과 2006년 사이 기술격차 기간은 1.7년이 더 늘어난 것으로 볼 때, 로지스틱 함수의 추정이 보다 적합할 것으로 판단된다. 기술격차 기간이 1.3년 늘어난 지능형로봇 분야의 핵심기술인 자동화 기술의 수준은 72.7 이었다. 기술의 변화율은 로지스틱 함수 추정의 경우에는 우리기술이 상대적으로 11.2%, 곱퍼츠 함수 추정의 경우에는 28.5% 정도 더 빠른 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 핵심기술인 자동화 기술의 1999년 이후의 발전 양상 및 내용과 지능형로봇기술의 발전 사이에는 추가로 고려해야 하는 사항이 존재함을 시사한다. 우리의 기술 변화율의 속도가 상대적으로 더 빠름에도 불구하고 실제로는 기술격차의 기간이 더욱 벌어지고 있기 때문이다.

디스플레이 분야(2006년)의 핵심기술인 표시소자 기술의 경우에는 로지스틱 함수 추정에 의한 기술변화율은 세계최고기술이 우리보다 2.6% 정도 상대적으로 더 빠른 것으로 나타나, 곱퍼츠 함수 추정에 의한 경우는 반대로 우리가 5.1% 정도 더 빠른 것으로 분석된다. ITEP(2006)의 측정 결과를 볼 때, 표시소자의 기술발전 형태는 로지스틱 함수보다는 곱퍼츠 함수에 더욱 가까울 것으로 추정할 수 있다. 차세대전지의 경우에는 기술격차의 기간이 0.7년 정도 감소한 것으로 보아 로지스틱 함수보다는 곱퍼츠 함수의 성장유형에 가까운 것으로 보인다. 그 외, 디지털TV·방송, 미래형자동차, 차세대이동통신, 지능형홈네트워크, 디지털컨텐츠·SW솔루션 분야는 기술격차 기간의 변화정도가 매우 미미한 경우들로서 기술의 변화율이 상대적으로 낮은 로지스틱 함수 성장유형에 가까울 것으로 추정된다. 다만, 차세대반도체 분야의 경우에는 두 추정 함수에 의한 기술변화율이 차이가 크지 않으며 변화정도는 0.4년에 불과하여 두 유형이 다 가능할 것으로 추정하였다.

〈표9〉 10대 차세대 성장동력 기술의 가상적 성장곡선

분야	변화정도 <sup>1)</sup>	김인호 외(1999)			성장유형 <sup>4)</sup>	
		핵심기술 <sup>2)</sup>	기술변화율 정도 <sup>3)</sup>			
			로지스틱	콤팩트		
디지털TV·방송	-0.1	이동통신	+.098	+.184	로지스틱	
디스플레이	-1.1	표시소자	-.026	+.051	콤팩트	
지능형로봇	+1.3	자동화	+.112	+.285	?	
미래형자동차	-0.3	자동차	+.190	+.388	로지스틱	
차세대반도체	-0.4	반도체	.000	+.153	로지스틱/콤팩트	
차세대이동통신	-0.2	이동통신	+.098	+.184	로지스틱	
지능형홈네트워크	+0.4	이동통신	+.098	+.184	로지스틱	
디지털컨텐츠·SW솔루션	+0.1	시스템소프트웨어	+.103	+.397	로지스틱	
차세대전지	-0.7	특수기능소재	+.190	+.388	콤팩트	
바이오신약·장기	+1.7	세포공학	-.057	+.168	로지스틱	

주1: 박병무 외(2004)와 ITEP(2006) 결과에 대한 해당 세계최고기술 수준과의 격차(년) 변화 정도를 말함. ‘+’는 더욱 벌어지고 있음을, ‘-’는 반대로 좁혀지고 있음을 의미함.

주2: 차세대 성장동력 분야의 핵심기술을 의미함.

주3: 김인호 외(1999)에 의해 측정·분석된 결과를 토대로 이 연구에서 시뮬레이션하였음. 우리나라의 기술변화율이 세계최고기술의 변화율보다 상대적으로 빠르면 ‘+’, 반대이면 ‘-’임. 우리 기술의 변화율과 세계최고기술의 변화율 사이의 상대적 비율을 나타냄.

주4: 성장유형은 차세대 성장동력 분야의 변화정도와 핵심기술(1999년)의 기술변화율 정도를 감안하여 추정한 것임. 지능형로봇 분야는 성장유형의 추정이 불확실함.

출처: 박병무 외(2004), ITEP(2006), 이 연구의 〈표7〉, 〈표8〉.

#### 4. 주요 성장동력 기술의 위상분석

〈그림2〉부터 〈그림11〉까지는 각각 해당 기술 분야의 추정 성장곡선 유형을 활용하여 기술 수준의 위치를 가상적으로 파악한 것이다. 위치의 파악을 위해서 박병무 외(2004)와 ITEP(2006) 분석 결과의 각각 해당 년도 시점에서의 기술격차 기간과 기술격차 수준을 통해 기술의 변화율을 산정하여 유형추정 성장곡선 상에서 동일한 기술 변화율을 보이는 지점을 찾은 것이다. 이 방법은 기술 변화율을 근거로 한 위상분석은 가능하다는 장점이 있다. 그러나 앞서 지적한 것처럼 박병무 외(2004)와 ITEP(2006)의 사례분석 연구가 각각 별개

의 연구이었다는 점과 이들의 결과는 특히 선진기술의 상대적 수준에 대한 논의와 이론적 상한 수준에 대한 논의가 두 경우 모두 이루어지지 않았다. 이 연구에서는 기술변화율에 의한 위상분석과 파악이 상대적으로 더 중요하다는 가정 아래 논의를 전개한다<sup>22)</sup>.

〈그림2〉와 〈그림3〉은 차세대반도체 분야의 경우 1999년의 반도체 기술의 성장유형이 각각 로지스틱, 곱퍼츠 함수의 형태를 취한다는 추정 아래 차세대반도체 분야의 경우 같은 유형을 따른다면 성장곡선 상 어디에 위치하고 있을 것인가에 대한 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. 우선 로지스틱 함수 추정의 경우에는 ITEP(2006)이 추정한 우리의 기술 수준은 적어도 박병무 외(2004)가 분석한 세계최고 수준보다는 더 높아지는 것으로 나타난다. 그러나 곱퍼츠 함수 추정의 경우에는 ITEP(2006)의 우리의 수준이 박병무 외(2004)의 세계최고 수준보다도 낮은 것으로 나타난다. 어떤 유형이 더 적합한 것인가에 대한 결론은 관련 분야의 전문가들의 구체적인 의견을 추가로 분석을 해야만 한다.

〈그림4〉는 로지스틱 함수로 추정한 디스플레이 분야의 성장유형과 이에 따른 박병무 외(2004)와 ITEP(2006)의 기술 수준의 위상비교이다. 가장 특이한 경우로서 우리의 수준이나 세계최고 수준이나 ITEP(2006)의 결과는 박병무 외(2004)의 결과에 비해 기술수준의 진보가 역행하는 모습을 시사한다. 이에 대한 것은 우선적으로는 각 해당년도의 자료의 출처가 다르기 때문인 것으로 보이기도 하나, 보다 근본적인 것은 디스플레이 분야의 경우에는 보다 더 실제적으로 기술시장에서의 해당 기술의 발전과 수준이 급속하게 근접해 가고 있음을 간접적으로 시사하고 있다고 보인다. 즉, 지금의 기술 패러다임 기준으로는 성숙기 수준에 거의 다다른 현상이 나타나고 있는 것으로 추측된다. 이 경우에는 기술 관련 전문가들의 의견은 물론 특히 민간부문의 기술 및 시장 전문가들의 보다 구체적인 의견을 청취·분석할 필요가 있다.

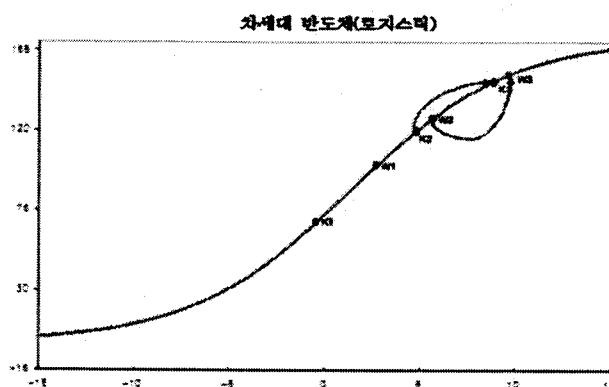
〈그림5〉는 디지털컨텐츠·SW솔루션 분야로서 로지스틱 함수의 추정결과이다. 우리 수준과 세계최고 수준이 모두 지속적으로 이론적 상한 수준을 향해 움직이고 있다. 다만, 우리의 수준이 세계최고 수준에 비해 상대적으로 상당한 격차가 존재함을 인식할 수 있다.

〈그림6〉은 바이오신약·장기 분야의 경우로서 〈그림5〉의 경우와 매우 유사한 형태를 보인다. 〈그림7〉의 디지털TV·방송의 경우에는 ITEP(2006)이 추정한 우리의 기술수준이 박병무 외(2004)가 추정한 세계최고 수준을 넘어 선 것으로 추정되며 추격이 가속화되고 있는 것으로 보인다. 〈그림8〉의 미래형자동차의 경우에는 디지털컨텐츠, 바이오신약·장기 분야의 경우와 유사한 유형을 보인다. 〈그림9〉의 차세대이동통신, 〈그림11〉의 홈네트워크

<sup>22)</sup> 이 가상적 분석의 한계는 일단 박병무 외(2004), ITEP(2006)의 기술수준 분석 결과의 출처와 이를 위한 의견을 제시한 전문가 그룹이 일치하지 않는다는 것에 있다. 하지만 대상 분야는 동일하며, 3년간의 격차를 둔 두 사례분석의 결과를 활용한다는 데에 제한적이긴 하나 이론적인 측면에서 의미가 있다.

분야는 앞의 경우와 유사하나 다만 격차가 근접해 가고 있다.

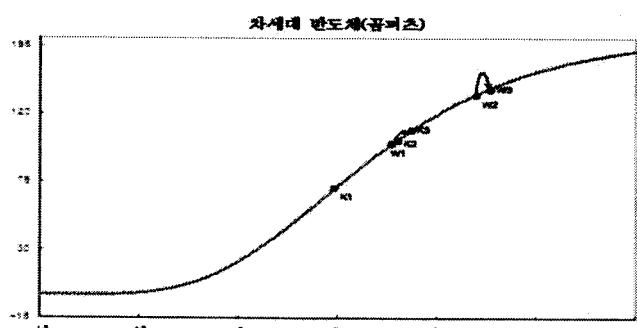
〈그림10〉의 차세대전지 분야의 경우에는 우리 수준과 세계최고 수준이 이론적인 상한 수준에서 가장 많이 떨어져 있는 것으로 추정되며, 우리 수준과 세계최고 수준과의 격차에 있어서도 차이가 큰 것으로 나타난다. 우리의 수준은 변곡점에도 아직 도달하지 않은 정도이며 세계최고 수준은 이제 변곡점을 지나 확장하는 단계에 접어드는 것으로 추정된다.



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 반도체 기술수준, K2, W2은 박병무 외(2004)의 차세대반도체 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 차세대반도체 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

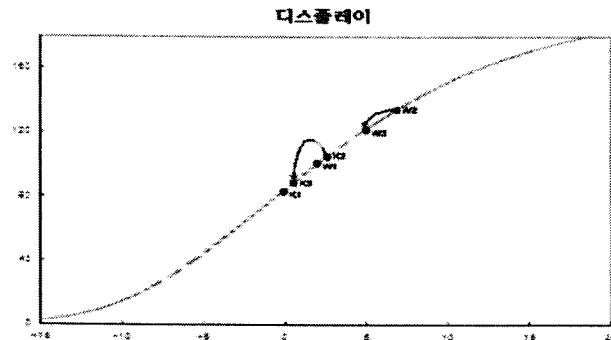
〈그림2〉 차세대반도체(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 반도체 기술수준, K2, W2은 박병무 외(2004)의 차세대반도체 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 차세대반도체 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

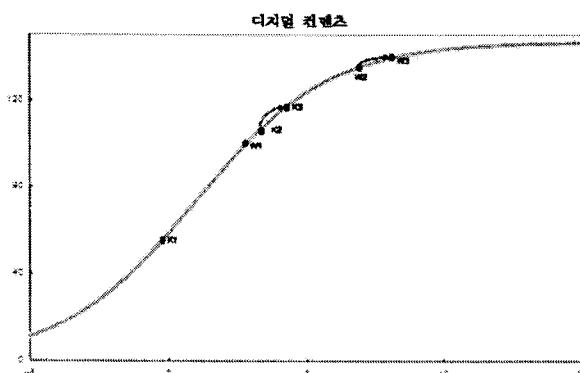
〈그림3〉 차세대반도체(곰퍼츠)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 표시소자 기술수준, K2, W2은 박병무 외 (2004)의 디스플레이 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 디스플레이 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술 변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

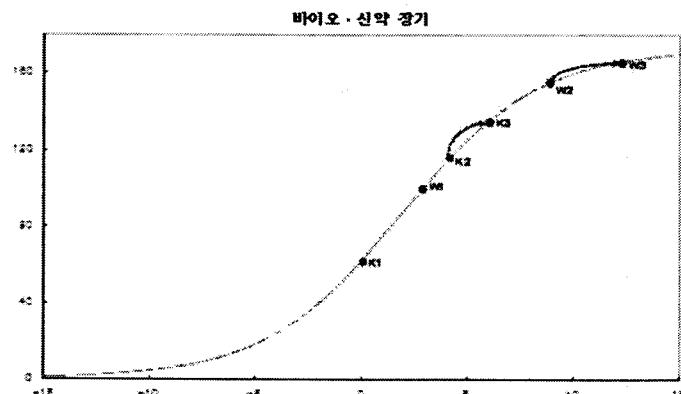
〈그림4〉 디스플레이(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 시스템소프트웨어 기술수준, K2, W2은 박병무 외(2004)의 디지털컨텐츠·SW솔루션 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 디지털컨텐츠·SW솔루션 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

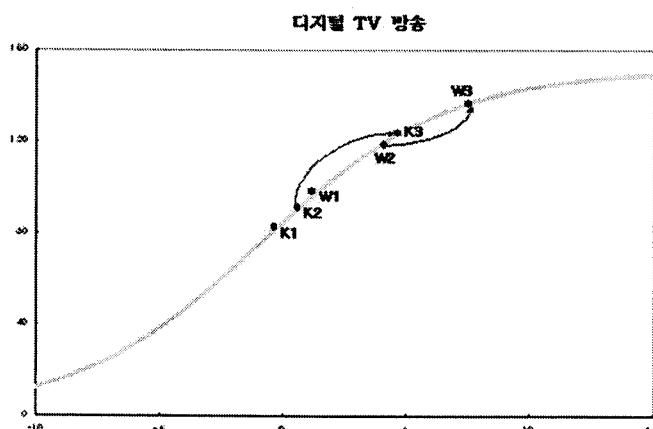
〈그림5〉 디지털컨텐츠·SW솔루션(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 세포공학 기술수준, K2, W2은 박병무 외 (2004)의 바이오신약·장기 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 바이오신약·장기 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

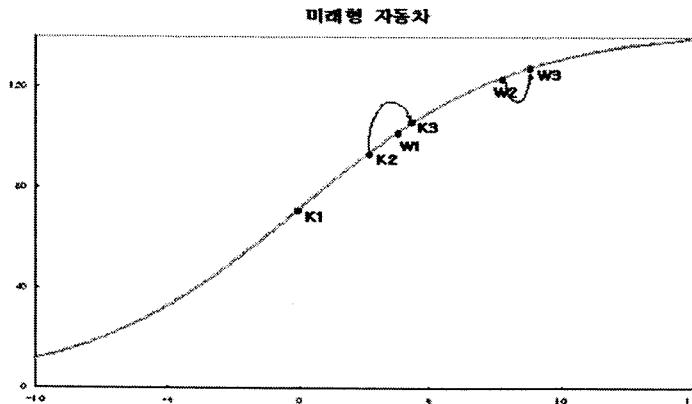
〈그림6〉 바이오신약·장기(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 이동통신 기술수준, K2, W2은 박병무 외 (2004)의 디지털TV·방송 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 디지털TV·방송 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

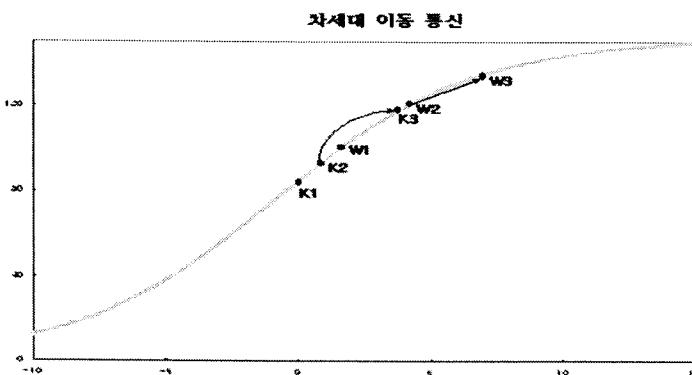
〈그림7〉 디지털TV·방송(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 자동차 기술수준, K2, W2은 박병무 외 (2004)의 미래형자동차 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 미래형자동차 기술수준임. K1, W1 은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화를 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

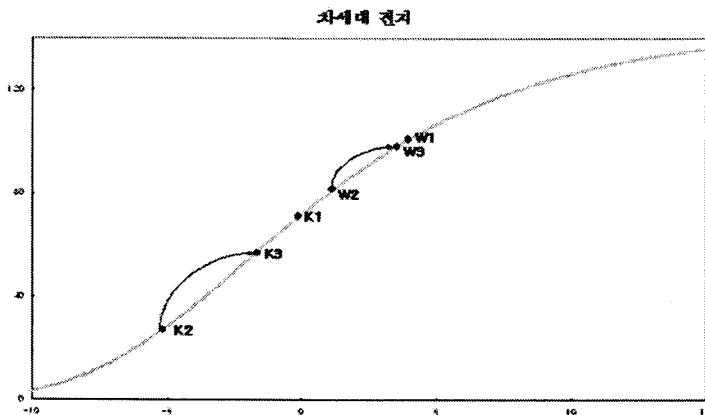
〈그림8〉 미래형 자동차(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 이동통신 기술수준, K2, W2은 박병무 외 (2004)의 차세대이동통신 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 차세대이동통신 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에 서 기술변화를 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

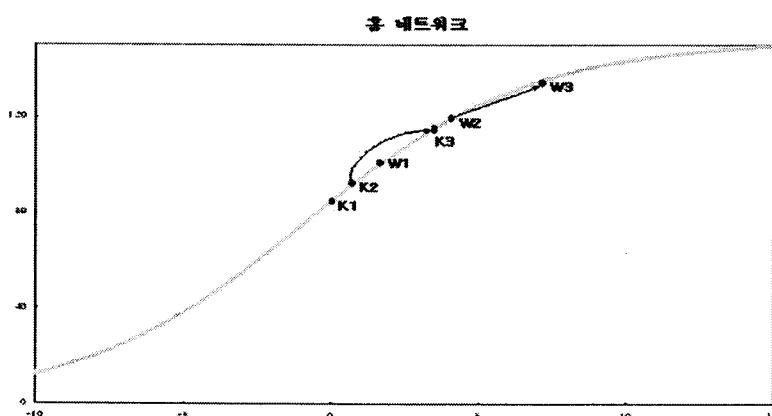
〈그림9〉 차세대 이동 통신(로지스틱)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 특수기능소재 기술수준, K2, W2은 박병무 외(2004)의 차세대전지 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 차세대전지 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술 변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

〈그림10〉 차세대 전지(곰퍼츠)



주: K1, W1은 김인호 외(1999)의 우리나라 및 세계최고 이동통신 기술수준, K2, W2은 박병무 외(2004)의 지능형홈네트워크 기술수준, K3, W3은 ITEP(2006)의 지능형홈네트워크 기술수준임. K1, W1은 〈표5〉, 〈표6〉 및 〈표7〉을 통해 추정하였으며, K2, W2; K3, W3는 〈표8〉 및 〈표9〉에서 기술변화율 중심으로 플롯하였음. K1, W1과의 직접적인 비교는 의미가 없음.

출처: 이 연구.

〈그림11〉 지능형홈네트워크(로지스틱)

## VI. 결 론

과학기술 수준을 파악한다는 것은 우리의 위치와 비교상대의 위치, 그리고 이론적인 상한 수준을 우선적으로 전제해야만 한다. 그리고 각각의 기술의 변화의 정도를 파악하는 것이 추가적으로 중요하다. 그래야만 궁극적으로 추격이 가능한 것인가를 추정할 수 있다. 우리나라에서 최근까지 가장 일반적으로 시행하고 있는 기술수준 측정 및 분석 관련 방법론은 근본적으로 네 가지 문제점이 있다. 하나는 특정시점을 중심으로 비교대상(주로 세계 최고기술)의 수준을 100으로 한 우리의 수준 측정은 실질적으로 큰 의미가 있다고 볼 수 없다. 둘은 특정 시점에서 100 수준인 비교대상의 실질적인 기술수준에 대한 논의가 없다. 셋은 수준측정의 대상, 전문가 선정, 구체적인 방법론 등에 있어서 시계열 자료가 구축되어 있지 않다. 넷은 측정 대상인 과학기술 분야의 기술수명 혹은 기술발전 단계와 선진수준 100 기준의 기술수준의 값과의 연계 노력이 전혀 없다는 것이다. 그럼에도 불구하고 기술의 변화에 관한 측정 노력은 기술격차 기간의 측정을 통해 꾸준히 진행이 되어 온 것은 바람직한 일이다. 다만, 특정 기술의 끝 단계, 즉 이론적인 상한 수준과 그 수준에 도달할 때까지의 소요기간 등에 관한 본질적인 논의가 없었던 것은 아쉬운 일이다.

국가 차원의 과학기술 수준 측정에는 현재로서는 몇 가지 한계가 있다. 우선 관련 기술에 해당하는 핵심·원천기술의 기능적·기술적 모두 접근을 통한 수준 측정이 지속적으로 시도되어야 한다. 부득이 정성적인 접근에 의존하는 경우라고 하면 전문가 패널로 하여금 해당 기술의 기능적 모두의 대리적 특성에 초점을 맞춘 정성적 판단을 의뢰하여야 한다. 선진국의 현재 최고보유기술은 해당 기술의 矢命週期 스펙트럼 상의 위치는 어디이며, 그 경우 한국의 경우는 어디에 위치하고 있는가에 대한 비교논의가 필요하다. 기술격차 년도의 의미에 대한 해석도 논의의 대상이다. 기술격차가 '1년'이라고 할 경우, 1년 후 선진국의 기술 수준은 어디에 가 있을 것인가에 대한 답을 추가로 고려해야만 한다.

기존 사례연구들의 핵심적인 한계는 방법론상의 이론적인 개념은 1차원적이고 선형적인 정태적 관점에 토대를 두고 있다는 점이다. 시점별로 상대수준을 100을 기준으로 한 경우, 가장 중요한 상대수준 100의 절대적 위치에 대한 논의가 거의 대부분의 사례분석에서 제외되어 있다. 뿐만 아니라 비교상대의 상대적인 기술상의 움직임(기술변화의 절대적 및 상대적 정도)에 대한 논의가 없었던 것도 아쉬운 점이다. 우리나라 및 비교대상에 대한 정태적 측면 뿐 아니라 동태적 측면이 고려되어 현재의 위치와 함께 과정과 경로도 중요시 되어야 한다. 이를 위해서는 기술발전 단계와 성장곡선 개념을 활용해야 한다.

이 연구에서는 이러한 조건을 가상적으로 충족할 수 있는 유일한 사례분석인 김인호 외

(1999)에서 차세대 성장동력 기술 분야와 직접적으로 연계가 가능할 것으로 추정하는 8개 세분야 기술을 통해 로지스틱 함수 및 곱퍼즈 함수의 추정과 이를 통한 시뮬레이션 결과를 일차적으로 논의하였다. 이를 토대로 차세대 성장동력 10대 기술분야의 사례분석인 박 병무 외(2004) 및 ITEP(2006)의 결과를 활용하여 성장곡선의 추정을 통한 유형파악과 기술변화의 정도를 곡선상의 위상분석을 통해 시도하여 보았다.

대부분의 경우, 2006년까지 우리나라의 절대적인 기술 수준의 향상은 뚜렷하게 보이고 있으나 같은 기간에 지속적으로 변화하고 있는 세계최고기술 수준과는 여전히 격차가 존재할 뿐 아니라 실질적인 추격의 가능성은 그리 크지 않은 상황인 것으로 보인다. 다만, 디스플레이 분야의 경우에는 최근으로 올수록 기술격차의 기간 범위가 점차로 줄어들고 있다. 반면, 바이오신약·장기와 지능형로봇 분야의 경우에는 우리의 기술 수준이 꾸준히 향상되고는 있으나 세계최고기술 수준과의 격차기간은 더욱 벌어져 가고 있다. 세 분야에 대한 이론적인 추정과 실제 사례분석 결과와의 상반된 결과에 대해서는 보다 심층적으로 관련 분야의 기술전문가 및 시장 전문가의 의견을 반영할 필요가 있으며, 상이한 두 분석 기관(KISTEP, ITEP)의 결과에 대한 심층검토 및 실질적인 보완대책도 마련이 되어야 한다. 아울러 본 연구에서 제안하는 이론적인 방법론의 실질적인 적용 가능성과 의미에 대한 관련 분야 전문가들의 의견을 수렴하는 것도 중요하다.

이 논문이 기여하는 것은 크게 다음 두 가지이다. 첫째, 기술수준의 측정과 분석에 있어서 개념접근을 동태적 관점으로 시도한 것이다. 성장곡선 유형의 추정을 통해 우리의 수준과 세계최고 수준, 그리고 이론적인 상한 수준을 동시에 위상비교함과 동시에 변화의 정도나 형태를 파악하여 궁극적인 추격의 가능성을 제시한다. 둘째, 추정 성장곡선의 활용을 통한 수준 측정 및 분석의 결과에 대한 가능성과 합리성이 인정된다면, 이로 인한 결과의 도출은 우리나라 차세대 성장동력 분야의 기술발전 노력에 새로운 문제점을 제기하고 있다. 즉, 기술의 절대적 수준 향상과 함께 우리가 염두에 두어야 할 것은 세계최고기술과의 격차의 정도는 어떻게 변하고 있으며, 그 기술의 이론적인 상한 수준에 도달하기 전까지 추격은 과연 가능한 것인가이다. 그렇지 않다면 그 이유와 배경, 그리고 해결점은 무엇인가에 대한 깊이있는 연구와 이를 토대로 한 전략제시가 있어야 한다.

본 논문의 한계는 지적한 바와 같이 기술수준의 측정과 분석에 있어서 새로운 접근방법을 이론적 관점에서 가상적 사례작용까지 소개하였다는 점이다. 기술의 발전 과정을 제한된 성장유형으로 분류하는 것이 현실적으로 가능하며 또한 의미가 있을 것인가에 대한 보다 구체적인 논의는 실질적인 사례작용 단계에서 검토 및 확인이 되어야 할 것이다. 이 단계에서 관련 기술분야의 전문가들의 수렴된 의견이 통계적으로 유의미하게 처리되는 과정이 포함되어야 한다.

## 참고문헌

- 김인호·정근하·홍순기 외 12명, 1999, 『우리나라의 주요 과학기술 수준조사』, 한국과학기술기획평가원.
- 박병무·김영우·정태윤, 1991, 『거시경제 예측모형과 기술혁신』, 정책연구 91-02, 과학기술정책연구소.
- 박병무·정근하·이상엽·최문정·서혜원, 2004, 『2003년도 기술수준평가보고서』, 과학기술부·한국과학기술기획평가원.
- 박용태, 2006, 『차세대 기술혁신을 위한 기술지식경영』, 생능출판사.
- 설성수·박정민·조성복, 2007, 『바이오 기술과 산업: 미래를 위한 선택』, 도서출판 글누리.
- 윤문섭·이우형, 2003, 『IT 및 BT 분야의 기술수준 평가 및 정책적 시사점: 미국특허의 인용도 분석』, 연구보고 2002-13, 과학기술정책연구원.
- 윤문섭·안규정, 2003, 『우리나라의 과학수준 및 구조의 특징: SCI 논문분석을 중심으로』, 연구보고 2002-14, 과학기술정책연구원.
- 이상엽·이장재·최문정·정근하·박병원 외 6명, 2006, 『2005년도 기술수준평가보고서』, 종합조정2006-23, 과학기술부·한국과학기술기획평가원.
- 이원영, 2001, “국가 기술경쟁력 평가의 방법론과 응용,” 『과학기술정책』, 5/6합본호, pp.53-63.
- 정근하·김인호·한성구·길부종·박형근·박수동, 2001, 『우리나라의 주요 유망제품에 대한 핵심요소 기술수준평가에 관한 연구』, 한국과학기술기획평가원.
- 최문정·정근하·이상엽·서혜원, 2005, “우리나라 중장기 전략기술의 수준평가에 관한 연구,” 『기술혁신학회지』, 제8권2호, pp.651-677.
- 한국과학기술정책관리연구소(STEPI), 1995, 『국제협력기술 조사연구』.
- 한국산업기술평가원(ITEP), 2006, 『2006년 산업기술수준조사·분석』.
- 홍순기, 1986, 『기술수준 평가 및 지표개발에 관한 연구(I)』, 과학기술처.
- Abramovitz, M., 1979, "Rapid growth potential and its realization: the experience of capitalist economies in the post war period," in E. Malinvaud (ed.), "Economic Growth and Resources," London: Macmillan.
- Allen, T., 1977, *Managing the flow of technology*, MIT Press.

- Brooks, H, 1994, "The Relationship between Science and Technology" *Research Policy*, 23(5), pp.477-486.
- Chiang, Alpha C., 1984, *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, Third edition, McGraw-Hill Book Company.
- Cozzens, S., S. Gatchair, K.S. Kim, G. Ordóñez, and A. Porter, 2005, *Emerging Technologies: Quantitative Identification and Measurement*, A Report Prepared for The Korea Institute of Science and Technology Information, Technology Policy and Assessment Center, School of Public Policy, Georgia Institute of Technology, October 29, 2005..
- Freeman, C., and L. Soete, 1997, *The Economics of Industrial Innovations*, Cambridge Mass: The MIT Press.
- Japan Research Institute and National Institute of Science and Technology(JRI & NISTEP), 2000, 『연구개발 수준에 관한 조사』, Japan.
- Krugman, P., 1979, "A model of Innovation, technology transfer and the world distribution of income," *Journal of Political Economy*, Vol.87, pp.253-66.
- Maddison, M., 1979, "Long-run dynamics of productivity growth," *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review* Vol.128, pp.1-73.
- Office of Science and Technology Policy(OSTP), 1995, *National Critical Technologies Report*, U.S.A.
- Perez, Carlota, 2002, "Technological Revolutions and Techno-economic Paradigm as Framework for Designing Industrial Policy", Presentations for a Ministry of Economic Affairs and PRAXIS Workshop, *How are ICT and Biotechnology Related? Policy Implications for Estonia*, 27 September, 2002.
- World Technology Evaluation Center(WTEC), Since 1989, *WTEC Panel Report*, U.S.A.
- [www.compete.org](http://www.compete.org)

---

#### 박병무

미국 버지니아 주립대학교(버지니아테크)에서 경제학 박사학위를 취득하고 현재 부경대학교 공과대학 시스템경영공학과 교수로 재직하고 있다. 연구분야는 연구개발투자분석, 연구개발기획·평가, 기술혁신정책, 기술경제 등이다.