

경제·인문사회연구회 협동연구총서 09-03-02
기본연구 2009-58-2

[인재대국을 위한 과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구]

미래지식사회의 기술수요 변화와 과학기술분야 핵심인재의 역할

김현호 전주용 신인용

머 리 말

한국 경제는 1960~1980년대의 고도 성장기를 거쳐 IMF 경제위기 이후 저성장기로 들어선 상태이다. 특히 정보통신기술의 발전과 신자유주의의 흐름 속에서 급속한 세계화의 진척과 국경 없는 경쟁사회를 경험하고 있다. 현 시점에 필요한 것은 이와 같은 현상을 수용하기보다는 이러한 결과를 야기한 경제 및 사회 전반의 본질적인 변화 양상을 살펴보고 경제 내부의 구체적인 성장의 운영방식을 재분석하여 효과적인 국가성장체계와 전략을 구축하는 일이다.

이에 본 연구에서는 변화하는 경제사회적 구조변화를 먼저 제시하며 과학기술분야의 기술수요를 전망한다. 그리고 기술변화에 따른 숙련고용의 중요성을 제시하고 정부의 연구개발을 통한 역할의 중요성에 대하여 분석·제시한다. 이를 통해 미래지식사회의 핵심인재의 역할에 대한 거시적인 정부정책의 방향성을 제시한다. 최근 우리 정부에서도 ‘인재대국’을 국정지표로 설정하고, 과학기술분야 핵심인재 양성에 많은 관심과 노력을 기울이고 있으며 주요 국가들 역시 자국의 과학기술역량 확대를 위하여 많은 노력을 펴하고 있다. 따라서 과학기술분야 핵심인재 확보는 변화하는 미래사회에 가장 중요한 역할을 담당할 것이다. 본 연구의 결과가 관련 정책 수립에 있어 유용하게 활용되고, 향후 관련 연구의 밑거름이 되기를 기대한다.

본 연구는 ‘경제·인문사회연구회 미래사회협동연구’인 「인재대국을 위한 과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구」의 4개 하위과제 중 하나로서 과학기술정책연구원이 협력연구기관으로 참여하여 ‘경제·인문사회연구회 미래사회협동연구총서 09-03-02번’으로 추진되었다.

과학기술정책연구원의 김현호 박사를 책임자로 하여 같은 소속의 전주

용 박사와 일본 아세아대학교의 신인용 교수가 참여하여 연구를 수행하였다. 끝으로 본 연구보고서에 수록된 내용은 연구진의 개인 의견임을 밝혀둔다.

2009년 12월

한국직업능력개발원
원장 권대봉

경제·인문사회연구회 미래사회협동연구총서

“인재대국을 위한 과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구”

1. 미래사회협동연구총서 시리즈

협동연구총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
09-03-01	인재대국을 위한 과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구	한국직업능력개발원
09-03-02	미래지식사회의 기술수요 변화와 과학기술분야 핵심인재의 역할	과학기술정책연구원
09-03-03	기업의 과학기술분야 핵심인재 활용과 정책과제	건국대학교
09-03-04	과학기술분야 핵심인재 양성정책 평가와 개선 방향	한국과학기술기획평가원
09-03-05	과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구	한국직업능력개발원

2. 참여연구진

	연구기관	연구책임자	참여연구진
주 관 연구기관	한국직업능력개발원	전재식 부연구위원 (총괄책임자)	백성준 선임연구위원 강경중 연구위원
	과학기술정책연구원	김현호 부연구위원	전주용 연구원
협 력 연구기관	건국대학교	박재민 교수	-
	한국과학기술기획평가원	이정재 연구위원	주혜정 부연구위원, 고용수 부연구위원, 허대녕 부연구위원
	한국교원대학교	-	정기오 교수
	한국에너지기술방재연구원	-	정진엽 원장
	일본 아세아대학교	-	신인용 교수
	중소기업연구원	-	김선우 책임연구원

목 차

요 약

제1장 서론

제1절 연구의 필요성 · 1

제2절 연구의 목적과 구성 · 3

제2장 과학기술분야 환경 변화와 기술수요 전망

제1절 한국 경제성장의 현주소와 새로운 경제환경의 등장 · 7

제2절 과학기술분야 기술수요 전망 · 17

1. 세계화 · 18
2. 고령화 · 19
3. 양극화 · 22
4. 디지털화 · 25
5. 에너지 · 환경 · 27

제3장 기술변화에 따른 숙련고용 변화 양상

제1절 기술변화와 보상이론 · 31

제2절 생산함수를 이용한 기술편향성과 고용효과 · 35

제3절 외생적인 기술변화에 따른 숙련 편향성의 메커니즘 · 40

ii 목차

1. 가속도 이론(Acceleration theory) · 40
2. 설비자본과 숙련의 보완성 · 41
3. Nelson-Phelps 이론 · 43
4. 기술유형별 획득비용 이론 · 45
5. 외생적 기술진보의 한계 · 46

제4절 중간재 다각화를 통한 내생적 기술진보와 숙련고용 · 47

1. 기본모형 · 47
2. 기계 제작자의 기술투자 방향 · 50
3. 생산제약을 고려한 정상상태(steady state)의 숙련편향성 기술변화 · 53
4. 중간재 다각화를 통한 내생적 기술진보의 한계점 · 57

제5절 질적 향상을 통한 성장이론 접근 · 58

제4장 핵심인재가 경제성장에 미친 영향 분석

제1절 핵심기술의 정부개입 모형 · 63

1. 기본 모형 · 64
2. 정부의 최적화 · 64
3. 가계의 최적화 · 66
4. 성장률 비교 · 68

제2절 핵심기술의 발전과 내생적 경제성장 모형 · 69

1. 민간주도의 경제(Decentralized Economy) · 69
2. 정부주도의 경제(Centralized Economy) · 82

제5장 과학기술분야 핵심인재의 역할에 대한 재정립 방향

참고문헌 · 99

[그림목차]

[그림 1-1] 연구의 구성 · 4

[그림 2-1] 한국의 실질경제 성장률 · 9

[그림 2-2] 총자본, 설비자본, 건물자본의 성장률 · 9

[그림 2-3] 한국의 자본성장률과 경제성장률의 관계 · 10

[그림 2-4] 한국의 GDP 대비 총투자 비율 · 11

[그림 2-5] 노동, 숙련 및 미숙련노동이 5년 단위 증가율 · 14

[그림 2-6] 숙련 프리미엄 · 15

[그림 2-7] 총자본, 설비자본, 건물자본 규모 · 17

[그림 3-1] 생산요소 간 대체율에 따른 요소비율, 기술변화, 기술편향성
효과 · 55

[그림 4-1] 수치해석 결과 · 89

【요약】

본 연구에서는 숙련노동의 개념을 통해 과학기술분야 핵심인재에 대한 거시적인 정책적 대안을 도출하고자 한다. 개념적으로 숙련과 미숙련의 구분이 생산성의 차이에 기초하고 있다는 점에서 핵심인재의 도구변수로 동일하게 적용할 수 있을 것이다.

다만, 숙련노동의 개념에 과학기술 연구 인력이 가지고 있는 특성, 즉 기술 또는 지식의 창출과정에 투입되는 공공재적 성격과 그로 인한 정부의 정책적 관리 대상(정책적 육성 및 개입)의 성격을 강조하고자 한다. 이는 기술 및 지식이 부가가치 창출의 원천이 되는 지식기반경제로 이행하면서 전문성을 갖춘 지식 또는 숙련 근로자의 수요는 지속적으로 증가할 것이기 때문이다. 특히 핵심인재를 통해 많은 사람들이 생산성에 영향을 주는 공공재적 성격을 갖는다면 국가 차원에서 기본교육뿐만 아니라 핵심인재의 양성에도 정부의 역할이 수반되어야 할 것이다.

먼저 미래의 기술수요에 대한 전망을 통하여 핵심인재가 담당해야 할 미래사회의 주요 영역을 제시한다. 미래사회의 예측은 불확실성과 가변성의 문제로 인해 대단히 어려운 일이다. 그러나 미래에 대한 기술수요 전망은 향후 우리가 당면하게 될 문제를 해결하기 위해서 필요할 뿐만 아니라 핵심인재의 역할과도 직접적인 연관이 있을 것이다. 이에 미래 과학기술분야 기술수요와 관련하여 미래사회에 대한 주요 5개 분야(세계화, 고령화, 양극화, 디지털화 및 에너지/환경 분야)의 현황과 주요 이슈 및 이에 대응하는 미래 과학기술 수요를 제시한다.

기술변화가 핵심인재에 미치는 영향을 포괄적으로 추론해 보고자 노동시장에 미치는 영향과 고용형태의 숙련 편향적 현상을 살펴본다.

먼저 장기적인 기술변화 현상을 포괄적으로 이해하기 위해 기술변화에 따른 보상이론을 소개하고, 기술변화가 외생적으로 주어진 경우의 숙련 편향성의 이슈와 내생적으로 주어진 경우의 숙련 편향성의 문제 등을 다루었다. 그리고 핵심인재가 경제성장에 미치는 영향을 분석하기 위하여 한국경제의 성장을 개관하고, 핵심인재 양성에 있어 정부개입의 정당성과 핵심인재를 통한 핵심기술의 발전이 장기적인 경제성장에 대한 내생적 성장모형을 제시한다.

결과적으로 지금까지 논의된 기술변화에 따른 핵심인재의 역할과 그에 따른 정책적 방향 설정에 대하여 다음과 같이 일곱 가지로 정리하여 제시한다.

첫째, 기술변화에 따른 긍정적인 고용효과를 얻기 위해서는 일련의 경제시스템의 지속적인 개선이 필수적이다. 기술의 변화가 노동시장(고용, 임금, 실업, 불평등 등)에 미치는 영향은 다수의 경제변수에 장기간에 걸쳐 작용과 반작용으로, 때로는 긍정적 효과가 부정적 효과를 또는 그 반대로 확대 축소되어 간다. 따라서 주어진 경제시스템에서 어느 한 곳이 막혀 있거나 혹은 모든 영향을 한 변수가 흡수해 버리게 되면, 기술의 변화라는 긍정적인 효과는 경제전반에 충분히 전파·반영되지 못하거나 기술변화의 부정적 효과가 충분한 보상효과를 나타낼 수 없을 것이다. 따라서 다음과 같은 일련의 긍정적인 경제시스템의 조성을 통하여 기술변화에 따른 경제시스템의 자율적인 조정과 정화의 역할이 가능하도록 해야 한다. ① 기술전파와 변화수용이 신속한 불완전 경쟁요인 제거 ② 실질적인 순수 투자 유도 ③ 독점지대의 재투자 활성화 ④ 해외시장 진출의 용이성 등이다. 반면에 기술변화에 부정적인 경제 환경으로는 ① 시장의 불완전 경쟁요소 ② 신기술의 노동대체로 인한 구매력 감소 ③ 시장지배력이 강한 산업구조 ④ 독점지대의 사내유보, 그리고 ⑤ 포화상태인 유효수요 등을 들 수 있다. 더불어 기

술변화에 불완전하게 반응하는 경제시스템에 대비하여 기본적인 생활과 구매력 보존을 위한 사회보장제도를 비롯한 재교육 및 훈련 프로그램에 대한 지원이 필요하다. 따라서 정책당국자는 국가 및 산업 전반에 걸친 장기적인 기술변화 현상을 포괄적으로 이해하기 위하여 생산시스템, 경제 내 산업구성, 기술변화의 성격 등 다수 요인들을 전반적으로 이해하고 살피는 것이 필수적이다. 또한 기술변화로 인한 잉여소득의 흐름이 정당하게 분배되는지, 막혀 있는 곳이 어디인지를 판단하는 노력이 필요하다.

둘째, 기술변화는 기술이 체화된 자본의 성격에 따라 좌우된다. 즉 기술의 발전방향은 주어진 기술이 다른 생산요소(노동)와 어느 정도 보완적인 관계인가 또는 대체적인 관계인가에 따라 결정된다. 1970년 이후 기술의 발전은 기술이 체화된 설비자본의 지속적인 가격하락으로 시작되었으며, 이로 인해 설비투자의 수요를 증가시켰고, 설비투자는 미숙련노동이 대체하고 보완적인 숙련노동의 수요를 증대시키면서 숙련노동 집약적인 방향으로 기술이 발전하였다. 이러한 과정은 현재에도 유효하며, 설비자본의 가격이 지속적으로 하락하거나 숙련 편향적 기술 발전이 지속된다면 신규자본이 점차 고도화된 숙련노동(즉, 핵심인재)의 수요를 크게 증가시킬 것이다. 따라서 정부는 자본, 특히 기술이 체화된 자본의 신규투자와 노동 간의 보완성을 파악하여 숙련에 의해 계층화된 노동 및 교육의 공급을 조정해야 하고 미숙련노동 및 (既)숙련노동의 재교육을 활성화시켜서 미숙련의 미숙련 고착화를 방지해야 할 것이다. 다시 말해서, 기술혁신이 비숙련노동자의 일자리 감소를 확대할 가능성이 있으므로 기술교육 확대 등을 통해 비숙련노동자의 숙련도를 높이는 한편 산업계 수요에 맞는 전문·고급인력을 양성할 수 있도록 교육시스템을 지속적으로 개선해 나가야 할 것이다.

셋째, 기술변화의 불확실성과 고학습비용이 노동의 숙련화를 가속시

킨다. 기술의 발전 속도에 따라 시장의 불확실성은 비례하며, 이에 맞추어 노동자에게는 신속한 대처능력과 빠른 적응력이 요구된다. 하지만 미숙련노동계층은 숙련노동에 비해 새로운 기술에 잘 적응하지 못하며 자신의 분야가 대체가 되는 침식효과(erosion effect)를 경험하게 된다. 반면, 새로운 기술에 잘 적응하는 숙련노동계층은 생산성이 향상되고 숙련노동의 프리미엄도 증가할 것이다. 특히 새로운 기술습득이 상대적으로 많이 요구되는 정보통신 부문의 경우, 외환위기 이후 정보통신기술을 중심으로 한 중소벤처부문이 거시적인 고용확대에 큰 역할을 하였으며, 정보통신기술의 임금효과도 긍정적으로 나타났다. 하지만 외환위기 이후 급속히 확대되어 온 정보통신 관련 교육의 실효성은 미미한 것으로 나타나 산업현장에 필요한 숙련을 형성할 수 있도록 하는 교육훈련의 내실화에 대한 점검이 필요하다. 이러한 측면에서 산학협동을 통한 현장실습 교육의 강화와 커리큘럼에 프로젝트 위주의 현장실습 내용을 포함하는 방안을 다양하게 확충하며, 직업훈련의 경우에도 단기과정을 지양하고 현장 전문가를 양성하는 프로그램의 확충이 필요하다. 또한 신기술 도입에 따른 직무 분화가 빠르게 진행되고 있기 때문에 이를 반영한 인력양성 계획을 수립하는 것이 필요하다. 예를 들어 웹 마스터의 경우 웹 기획자, 웹 개발자, 웹 디자이너 등으로 세분화되고 있기 때문에 이를 반영한 교육 프로그램을 적시에 마련하여야 한다. 한편 훈련기회가 사회·경제적으로 열악한 계층들, (실망)실업자나 비정규직 노동자, 중소기업 노동자 등과 같은 이들의 훈련 수요에 훨씬 못 미친다는 점이다. 교육훈련이 정책적 관심을 불렀던 이유가 적극적 노동시장 정책으로서 실업자들과 사양산업 종사자들을 재교육시켜 성장부문에 투입했던 것임을 상기할 때, 이러한 실패는 현존하는 인적자본 격차가 훈련기회의 불평등으로 더욱 확대될 수 있음을 의미하기 때문이다. 따라서 정부는 미래의 기술변화에 따른 기술정

보의 홍보를 강화하여 시장의 불확실성을 최소화하고 기술변화의 학습 비용을 낮추어 실질적인 고용과 관련된 신기술자 양성시스템을 강화해야 할 것이다.

넷째, 노동의 상대적 공급증가가 기술의 변화방향에 크게 영향을 미친다. 기술의 변화는, 숙련노동과 미숙련노동 간의 대체탄력성이 충분히 크다면, 두 생산요소 중 상대적으로 다수의 부존을 가진 요소 편향적으로 발전한다. 이는 숙련노동의 증가가 직접적으로 생산요소의 가격(숙련프리미엄)을 떨어뜨리는 부의 효과가 있으며, 간접적으로 숙련 기술을 발전시켜서 생산요소의 가격을 상승시키는 정의 효과를 동시에 가진다는 점이다. 결국 숙련노동의 상대 공급증가는 간접효과가 직접 효과보다 커서 숙련노동의 임금 프리미엄을 증대시키고 숙련 편향적 기술진보를 가져온다는 것이다. 이러한 접근은 다양한 시기의 기술발전의 특성을 설명할 수 있다. 18세기 말과 19세기 초에 나타난 기술변화가 미숙련 노동자로 편향된 이유와 미국의 지난 60년 동안 기술진보의 방향이 숙련기술의 발전으로 이어진 이유를 설명하고 있다. 산업혁명 이후 대부분의 숙련-대체(skill replacing)기술, 즉 공장 시스템의 출현은 미숙련노동의 상대적 공급이 지속적으로 증가했기 때문이다. 이 시기에 농촌에서 도시로 미숙련 노동자의 대규모 이동이 있었으며, 이로 인해 미숙련노동이 급격히 증가한 것이다. 한편 2차 세계대전 이후 베이비붐의 높은 대학 진학률 등으로 숙련노동이 급격히 증가하였으며, 이는 숙련편향적 기술진보로 이어졌다. 이러한 논리는 한국 경제의 초기성장기(1960~80년대 말)까지의 고도성장이 미숙련노동 집약형 기술발전이었다면, 중간과도기를 거쳐 후기성장기(1990년대 말~현재)는 숙련노동 집약형 기술발전으로 전환된 것이다. 이러한 결과의 이면에는 투자자들이 이윤의 원천을 발견하였고, 이를 이용하여 이윤극대화 행동에 따른 결과라는 점이다.

다섯째, 내생적인 기술의 변화에 따라 자본과 노동 간의 균형을 맞춰야 한다. 경제가 지속적으로 성장하기 위해서는 투자자의 역할이 절대적이다. 왜냐하면 경제성장이 자본의 투입량에 의존한 형태이든 생산성 향상에 의존한 형태이든 상관없이 투자자의 투자를 필요로 하기 때문이다. 시기적으로도 초기 성장기에는 투자의 재원이 필수적이며, 지속적인 성장을 하기 위해서도 어떤 형태든 어떤 방향이든 투자가 지속적으로 이루어져야 하기 때문이다. 그런데 투자가 이루어지지 않는 근본이유는 첫째 투자에 따른 수익을 얻을 수 없다는 점과, 둘째 지속적인 투자가 자본의 수익을 체감시킨다는 점이다. 이를 우리나라의 경제성장 과정에 비추어 보면, 1960~70년대 초기성장기에 노동집약적 산업에 투자를 한 것은 값싼 노동이 풍부하여 미숙련노동 집약적인 기술변화에 투자하여 수익을 올린 것이고, 1990년대 숙련노동적 기술변화를 가져온 것도 다수의 저렴한 숙련노동력으로 투자 대비 높은 수익을 얻을 수 있었기에 가능한 것이었다. 한편 산업의 다각화가 이루어진 이유는 한정된 영역에 지속적인 투자로 인한 수익체감보다는 새롭게 수익을 얻을 수 있는 새로운 기술과 산업에 투자하여 얻을 수 있는 수익 창출이 가능했기 때문이다. 이것은 '대규모의 자본투입과 그에 적용할 수 있는 대규모의 노동투입'이라는 방식만으로는 한국사회의 노동력 구성을 지적 숙련과 기능적 숙련이라는 차원에서 고숙련, 고기능의 인력구성을 갖는 형태로 변화시킬 수 없다는 의미로 해석된다. 노동력의 질을 높이기 위해서는 직업훈련이나 교육뿐만 아니라 산업구조와 기술변화, 생산조직의 변화, 직무의 재설계 등의 관점에서 파악되는 숙련의 수요 측면도 동시에 고려해야 할 필요가 있다. 인력의 문제는 공장과 직무의 재설계 그리고 그와 관련되는 자본-노동관계까지 고려해야 할 문제이다. 따라서 기술의 변화에 따른 자본과 노동에 대한 정책은 자본의 기술 체화가 가속화될수록 노동도 숙련노동자, 핵심인재

에 대한 투자도 가속화되어야 하며, 숙련노동자가 많아질수록 자본의 발전도 노동의 숙련도에 맞추어 균형 있게 발전해야 할 것이다.

여섯째, 국제무역 개방성이 높을수록 상대적 요소부존 집약형 기술 발전을 한다. 기술변화의 방향은 국제무역과 관계가 있다. Heckscher-Ohlin 이론에 의해 국가 간 무역이 상대적 부존자원의 차이에 의해 발생할 경우, 한 국가경제가 무역개방화를 하게 되면 세계가격은 국가별 상대적 요소부존에 의해 결정되고, 풍부한 요소부존 집약적인 재화가 상대적으로 더 비싸진다. 그 결과 높은 기대이윤을 가진 재화의 혁신활동이 높아지고 기술변화 역시 요소부존이 높은 쪽으로 발생한다는 것이다. 이를 인적구성으로 살펴보면, 선진국은 숙련노동이 비숙련노동보다 상대적으로 풍부하며, 개도국은 미숙련노동이 풍부한 국가이다. 결국 지구 전체의 글로벌화가 점차 심화될수록 선진국은 숙련노동이 집약된 제품생산에 특화할 것이고, 개도국은 미숙련노동이 집약된 산업에 특화할 것이다. 우리나라는 무역의존도가 높고 중국을 제외한 미국, 일본, EU 등 선진국들과의 교역량이 꾸준히 늘고 있다. 한편으로 개도국으로부터의 수입은 우리나라에서 숙련노동자의 상대소득을 뚜렷이 증가시키는 방향으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉, 개도국으로부터의 수입 증가는 숙련노동자들의 임금이 총임금에서 차지하는 비율의 연평균증가율을 13%에서 22%까지 설명한다고 분석되었다. 따라서 우리나라를 중심으로 남남 또는 남북 무역의 관계에서 어떠한 품목에 특화를 할 것인지에 따라 장기적인 기술변화의 방향도 함께 결정된다는 점을 인식해야 한다.

일곱째, 기술의 방향성은 정부정책 방향에 의해 좌우된다. 1980년대 미국의 기술 정책은, 첨단 기술 제품을 생산하는 섹터에서 일본의 부각하는 지배력에 대응하기 위해 안전 및 국방에서 경제적 경쟁력으로 (정책의) 우선순위가 빠르게 이동하였다. 이들은 슈퍼터적인 성장모형

내에서 정부가 가장 높은 잠재적 품질 향상을 보이는 (첨단) 제조업 쪽으로 지출을 재배분하는 경우 이들 섹터에서 혁신율의 상승과 숙련된 R&D 노동자에 대한 수요 및 임금에서 순증가로 이어지는 시장규모 효과를 유발할 수 있음을 보인다. 이는 기술발전예 대한 정부의 무한한 역할을 의미하는 것은 아니다. 더구나 기술의 다양화와 세부화가 깊어질수록 정부의 역할은 줄어들고 있다. 하지만 정부의 기술정책은 보다 공익적 차원에 거시적인 방향성과 인재육성에 대한 주도적인 역할을 필요로 한다.

제1장 서론

제1절 연구의 필요성

강경종 외(2008)는 인재의 개념과 관련하여 뛰어난 재주를 가진 사람을 의미하는 ‘인재(人才)’와, 일반적인 인적자원을 의미하는 ‘인재(人材)’를 구분하여 사용한다. 전자는 영재, 수재 등과 같이 뛰어난 능력을 갖춘 사람으로서, 국가, 사회, 조직, 개인 등의 미시적인 효율적 목표달성과 성과창출을 위하여 필요한 가치와 능력 또는 이를 가진 사람을 의미한다. 따라서 국가 및 기업의 구체적인 목표와 성과를 발생시키는 데 핵심적 역할을 하는 소수의 한정된 사람을 가리키는 경향이 있다. 반면 후자는 거시적인 국가차원의 인재정책의 대상이 되는 개념으로, 오늘날 발달된 지식경제 시스템하에서 능력과 품성을 동시에 고려하며, 아직 활용되지 않지만 장차 활용될 가치를 지니고 있는 인적자원(human resource)을 포괄하는 개념이다.¹⁾

1) 또한 인재(人材)는 제도화된 지표에 의하여 그 실체가 가시화되어 특정인에게 귀속되거나 거래될 때 이를 인적자산(human asset)이라 칭하고, 이러한 자산이 일정한 사업에 투자되어 지속적으로 수익을 창출하는 원천이 될 때 이를 인적자본(human capital)

인재의 정의를 핵심인재에 대한 개념으로 구체화시키면 다음과 같다. 먼저 기업의 입장에서 핵심인재는 평균인재에 비하여 차별화된 전문적 기술과 창의적 지식을 활용하여 기존의 제품과 서비스를 혁신할 수 있는 잠재력을 지닌 인재(김현동·송보화, 2009)로 정의한다. Rothwell(2001)은 핵심인재를 미래의 리더이며 현재뿐만 아니라 미래의 탁월한 성과를 달성할 수 있는 조직원으로, 권대봉(2003)은 핵심인재를 조직 내에서 핵심적 지위를 점하고 이를 수행하면서 조직의 미래를 책임지게 될 인재로 정의한다. 이와 같이 기업의 입장에서 바라보는 핵심인재는 전반적으로 기업 조직과 결부하여 뛰어난 능력을 갖춘 사람으로서 ‘인재(人才)’의 개념에 근접한 것이다.²⁾ 한편 국가차원의 핵심인재, 특히 과학기술분야의 핵심인재에 대한 명확한 개념을 살펴보면 정책적 측면보다는 통계적인 목적하에 정의(OECD Frascai Manual)하거나 통상적으로 인식하고 있는 과학기술 연구인력 또는 박사급 과학기술인력 등을 가리키는 것으로 구체화하고 있다.³⁾ 따라서 핵심인재에 대한 개념의 폭(boundary)이 정해지지 않은 가운데 기술변화에 따른 핵심인재의 고용 변화, 핵심인재와 경제성장, 또는 핵심인재에 대한 재정립 방향 설정 등에 대한 연구를 수행하는 데 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 숙련노동의 개념을 통해 핵심인재에 대한 거시적인 정책적 대안을 도출하고자 한다. 개념적으로 숙련과 미숙련의 구분이 생산성의 차이에 기초하고 있다는 점에서 핵심인재의 도구변수(instrumental variable)로 동일하게 적용할 수 있을 것이다. 다만 숙련노동의 개념에 과

이라고 한다. 따라서 인재(人材)는 그 실체의 구체적인 사회·경제적 형태에 따라 단순한 자원에서부터 구체적 자산 또는 동태적 자본 등으로 재설정 가능해진다.

2) 따라서 기업측면에 핵심인재의 육성, 관리체계 및 방법은 조직의 맥락에서 이루어져야 하고, 특히 핵심인재의 개발은 우수한 인재들이 다양한 영역에서 조직의 역동적 기능들을 이해하고, 잠재력을 발휘할 수 있도록 조력하는 것이 필요하게 된다.

3) 강경중 외(2008)는 과학기술 인재정책과 관련한 논의에서 ‘과학기술과 관련된 전문대학 이상의 교육기관(자연, 공학, 의과학)을 졸업하고 과학기술 관련 직종에 종사하고 있는 자’로 과학기술 인재를 정의한다.

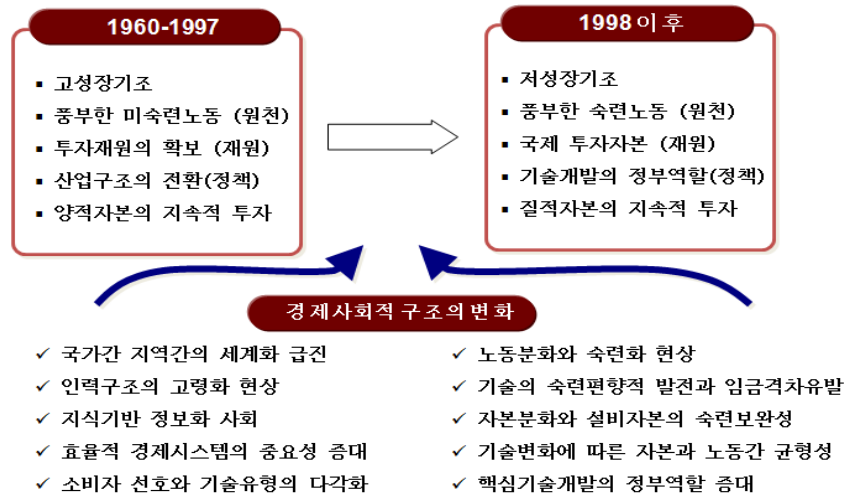
학기술 연구 인력이 가지고 있는 특성, 즉 기술 또는 지식의 창출과정에 투입되는 공공재적 성격과 그로 인한 정부의 정책적 관리 대상(정책적 육성 및 개입)의 성격을 강조하고자 한다.

제2절 연구의 목적 및 구성

산업사회에서 지식기반사회로 사회의 성격이 바뀌면서 (기업의) 핵심 인재 확보가 중요해지고 있다. 육체노동이 주가 되는 산업사회에서는 사람들 간의 생산성 차이가 크지 않았지만, 정신노동이 주가 되는 지식기반 사회에서는 핵심인재와 비핵심인재 간의 생산성의 차이가 매우 크기 때문이라는 것이다. 또한 기술 및 지식이 부가가치 창출의 원천이 되는 지식기반경제로 이행하면서 전문성을 갖춘 지식 또는 숙련 근로자의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 보인다. 특히 핵심인재를 통하여 많은 사람들이 생산성에 영향을 주는 공공재적 성격을 갖는다면 국가차원에서 기본교육뿐만 아니라 핵심인재의 양성에도 정부의 역할이 수반되어야 할 것이다.

본 연구는 한국 경제를 성장의 관점에서 살펴보고 이를 통해 핵심인재에 대한 거시적인 정책적 대안을 도출하고자 한다. 개념적으로 숙련과 미숙련의 구분이 생산성의 차이에 기초하고 있다는 점에서 핵심인재의 도구변수(instrumental variable)로 숙련노동을 사용한다. 한국 경제가 외환 위기를 기준으로 고성장기조에서 저성장기조로 전환되고 있다. 하지만 이러한 현상을 그대로 받아들이기보다는 이러한 결과를 낳게 하는 한국경제 및 사회 전반의 구조적인 변화와 경제 내부의 구체적인 성장의 운영 방식을 재분석하여 새로운 성장체계와 전략을 구축하고자 한다.

[그림 1-1] 연구의 구성



궁극적으로는 값싼 노동력과 양적투자에 기반한 산업사회에서 숙련노동과 질적인 투자를 중시하는 지식기반사회에서의 핵심인재의 중요성을 강조하고 기존의 정부주도하의 산업정책에서 기술과 연구개발을 주도하는 정부의 역할에 중점을 두어 분석하고자 한다.

따라서 본 연구의 구성은 1960~1997년에 대한 한국 경제성장의 모습을 근간으로 외환위기 이후 나타나는 경제·사회구조적인 변화의 양상을 제시하고 이에 따른 경제성장의 세부 메커니즘을 분석하여 한국경제의 제도약 방안을 살펴보고자 한다.

이에 대한 각 장별 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 먼저 과학기술분야 환경 변화에 대한 분석과 기술수요 전망을 실시한다. 한국 경제성장의 현주소에 대한 분석과 미래의 기술수요에 대한 전망을 통하여 핵심인재가 담당해야 할 미래사회의 이슈와 주요 영역을 살펴본다.

제3장에서는 기술변화가 노동시장에 미치는 영향과 고용형태의 숙련편향적 현상을 살펴보고자 한다.

제4장에서는 핵심인재가 경제성장에 미치는 영향을 분석하기 위하여 한국경제의 성장을 개관하고, 핵심인재 양성에 있어 정부개입의 정당성과 핵심인재를 통한 핵심기술 발전의 경우 장기적인 경제성장에 대한 내생적 성장모형을 제시한다.

제5장에서는 지금까지 분석된 사실과 이론에 근거하여 과학기술 핵심인재의 역할에 대한 재정립 방향을 제시하며 마무리짓고자 한다.

제2장 과학기술분야 환경 변화와 기술수요 전망

제1절 한국 경제성장의 현주소와 새로운 경제환경의 등장

최근 들어 한국경제는 과거에 비해 현저히 낮은 경제성장률을 기록하고 있다. 이러한 현상이 일시적인 불황인지 혹은 장기적인 저성장 기조를 나타내는 것인지를 구별하는 일은 경제전망 및 정책결정에 있어 매우 중요한 정보를 제공한다.

경제성장의 요인은 요소투입량의 증가와 생산성의 향상으로 대별된다. 요소투입량의 증가를 중시하는 학자들은 경제성장을 외생적으로 주어진 생산기술하에서 투입요소가 장기 균형수준으로 수렴해가는 이전동학(transitional dynamics)현상으로 파악하고 있다. 요소투입량이 장기 균형수준에 미치지 못하는 경우, 상대적으로 희소한 투입요소의 가격은 높게 형성된다. 특히, 자본이 부족한 경우 이자율이 높아져 자발적으로 왕성한 저축 및 투자가 발생하며, 점차 자본축적이 진행되면서 자본의 상대적 희소성이 해소되고 저축률 및 투자율은 장기 균형수준으로 수렴하게 된다. 반면, 생산성 향상을 중시하는 학자들은 경제성장을 생산성 향상에 따른

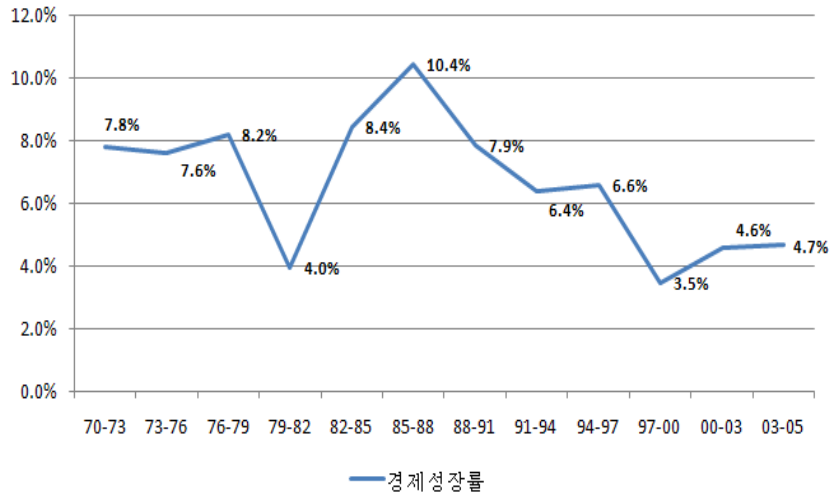
장기 균형 자체의 지속적 이동으로 보고 있다. 신기술 개발이나 인적자본 축적을 통한 생산성의 향상은 자본의 한계생산성을 높여 새로운 투자 기회를 창출한다. 따라서 지속적인 성장을 유지하기 위한 투자와 저축이 이루어지려면 자본의 한계생산성을 시간할인을 이상으로 유지시킬 수 있는 생산성의 향상이 필요한 것으로 알려져 있다.

한국의 경제성장이 대체로 자본투입량의 증가에 의한 것이라면 최근의 저성장 기조는 장기 균형(정상상태)에 접근하면서 나타나는 자연스러운 현상으로 볼 수 있다. 반면 경제성장이 주로 생산성 향상에 기인하는 경우 최근의 저성장 기조는 생산성 향상요인(기술개발과 인적자본 투자 등)의 부진에 따른 것이므로 생산성의 저해요인을 제거하는 것이 일차적인 정책과제가 되어야 할 것이다. 그간의 실증분석들⁴⁾은 한국의 경제성장성에 대해 자본투입량의 증가가 소득향상에 가장 크게 기여하였던 것으로 평가하고 있다. 장용성(2006)에 따르면 우리나라의 1인당 GDP는 1960~2000년 기간 약 10배 이상 증가하였으며, 1인당 자본은 무려 84배, 1인당 노동투입량(취업률)은 약 28%, 총요소생산성(total factor productivity)은 2배가량 증가하였다.

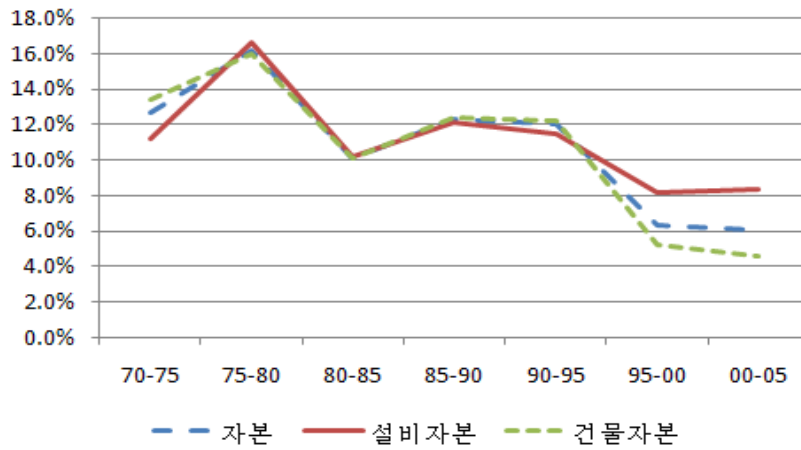
[그림 2-1]에 따르면 한국의 실질 GDP 성장률은 1960년대 후반부터 높아지기 시작하여, 1990년대 초반까지 평균 7% 내외의 비약적인 성장을 보였다. 그러나 1990년대 후반 이후 서서히 감소하여 1960년대 초반 수준인 4% 대로 복귀하는 것을 볼 수 있다. 총자본의 성장률은 1960년대 이전까지 연간 4% 이하의 낮은 수준을 보였으나 1960년대 중반 이후 급격히 상승하여 1970년대와 80년대에는 10% 이상을 꾸준히 보였다. 그러나 1990년대 후반 외환위기 이후 급격히 하락하여 현재는 연간 4%로 역시 1960년대 초반 수준을 보이고 있다.

4) 경제성장성에 관한 실증분석으로, 비교적 최근에 이루어진 성장회귀분석은 장용성(2006) 참조.

[그림 2-1] 한국의 실질 경제성장률



[그림 2-2] 총자본, 설비자본, 건물자본의 성장률

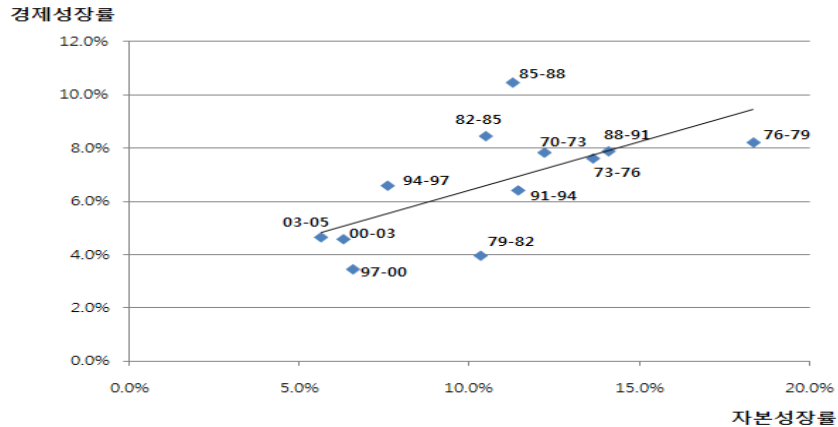


한편 1인당 노동시간은 외환위기 시점을 제외하면 비교적 안정적인 증가를 보이고 있으나 1인당 GDP 성장에 기여한 바는 미약한 것으로 나타

났다. 중요소생산성의 증가율은 1960년대 초반 거의 영(zero)에 가까웠으나 1960년대 후반 이후 2~3% 수준을 꾸준히 보였다. 그리고 1990년대 후반 이후에는 대체로 2% 수준을 나타내고 있다. 이상의 논의를 요약하면 과거에 고성장을 이끈 것은 자본이었고, 최근의 저성장 기조에 큰 원인 중의 하나도 자본투입량의 저하(투자부진)에 있다고 말할 수 있다.

[그림 2-3]은 1970~2005년 사이의 한국의 자본성장률과 경제성장률을 3년 단위 평균치로 강한 정의 선형관계를 나타내고 있으며, 한국과 같이 고도성장을 이룩한 다른 국가들의 성장경로도 우리와 흡사한 것으로 밝혀지고 있다. 따라서 고성장 국가들의 경제성장 과정에서 자본이 핵심적인 역할을 했다는 사실은 생산성을 중시하는 내생적 성장이론보다는 자본축적 과정을 중시하는 신고전학과 성장모형의 수렴경로와 보다 더 합치하는 것으로 보인다.

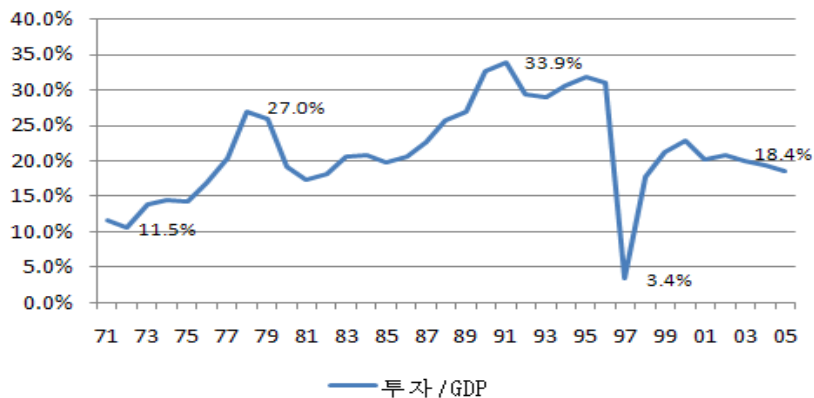
[그림 2-3] 한국의 자본성장률과 경제성장률 관계



그러나 이들 국가의 자본축적 과정은 신고전학과이론이 제시하는 수렴 경로와 반드시 일치하지는 않는다. 신고전학과의 경제성장모형에 따르면 자본축적이 이루어지지 않은 초기 성장단계(장기 균형에서 멀리 떨어진

단계)에서는 자본의 한계생산성이 높기 때문에 투자율이 높게 나타난다. 그리고 자본의 축적과 함께 자본의 한계생산성이 감소하기 때문에 투자율은 감소하게 된다. 그러나 한국을 포함한 아시아의 고성장 국가와 아일랜드 및 포르투갈과 같은 유럽의 고성장 국가의 투자율 경로는 신고전학파의 성장모형이 시사하는 것과는 반대되는 모습을 보이고 있다.

[그림 2-4] 한국의 GDP 대비 총투자의 비율



[그림 2-4]에 제시된 한국의 총투자-GDP비율은 1970년대에 10~20%, 1980년대 30%, 그리고 1990년대에 들어와 34%에 육박하고 있어 투자율은 성장초기에 매우 낮은 수준이었다가 후기로 갈수록 점진적으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 그러나 1990년대 중반 이후 한국의 투자율은 하락하기 시작하여 2000년 20%를 하회하고 있다.

근대 자본주의 형성과정에서 불 때 경제성장의 초기단계에서 투자의 원천은 결국 풍부한 미숙련노동력이었다. 산업혁명을 가능하게 하였던 동인으로 지적되는 것 중 하나는 소위 ‘엔클로저운동(Enclosure Movement)’이다. 즉 이 운동의 결과 많은 농민들이 도시로 이동하여 값싼 노동력을 제공하였고, 이것이 바로 투자를 가능하게 한 이윤의 원천이 되었다. 그리

고 값싸고 풍부한 노동력과 함께 증기기관이나 제철기술의 발명과 같은 몇 가지 핵심적이며 보편적인 기술혁신이 근대 자본주의를 탄생시킨 것으로 평가받고 있다. 한국의 경제성장 경험에 있어서도 성장 초기단계에 대규모 노동력의 이농과 공업화 및 도시화가 있었으며, 이것이 투자를 위한 이윤의 원천이 되었다.

그러나 초기단계에서 투자에 사용될 수 있는 재원의 부족으로 인하여 투자에 제약이 존재하였다. 한국경제의 성장 초기단계에 투자가 이용 가능한 재원에 의해 큰 영향을 받았다는 사실은 저축률과 투자율을 단순 비교해보아도 쉽게 알 수 있다.⁵⁾ 투자율이 저축률을 초과하기 시작한 시기는 해외차입이 가능해진 1960년대 후반으로, 이때부터 투자율이 증가하기 시작하였다. 결국 경제성장의 초기단계에서는 무엇보다 투자재원의 확보가 관건임을 알 수 있다.

경제성장은 필연적으로 산업구조의 변화를 수반한다. 한국의 경우 공업화 및 서비스업화로 대표되는 산업구조의 변화가 비교적 짧은 기간 안에 빠르게 진행되었다. 우리나라 산업의 총생산 구성 비율은 1953년 농업, 광공업, 서비스업이 각각 47.3%, 10.1%, 42.6%였다. 1970년에는 이 비율이 29.2%, 19.6%, 51.2%로, 1990년에는 8.9%, 28.1%, 62.9%로 고도화되었으며, 2004년에는 3.7%, 29.1%, 67.2%를 기록하고 있다. 이러한 산업구조의 변화는 산업별 노동생산성의 변화와 무관하지 않다. 그런데 노동생산성의 변화는 자본축적과 밀접한 관계를 가지며 자본축적은 다시 산업구조의 변화와 따로 떼어 생각할 수 없다. 다시 말해 우리나라의 산업은 경공업 위주에서 1970년대 중반 이후 중공업으로 전환되기 시작하였는데, 당시 중공업으로의 전환을 모색하지 않았다면 한국경제의 성장 동력을 지금까지 유지하기 어려웠을 것이다. 이와 같이 우리나라의 경제성장은 정책적인 산업구조의 전환에 바탕을 두고 있었다. 즉, 우리나라의 경우

5) 1950년대 초반부터 1960년대 초반까지 한국의 투자율은 대체로 저축률과 일치하였으며 이 기간 동안 투자율은 증가하지 않고 대체로 일정하였다.

1960년대 후반부터 1990년대 중반까지 시현된 투자율의 지속적인 증가는 여러 가지 정책적인 유인에 따라 나타났다고 할 수 있다. 이와 같이 한국의 경제성장 경험에 비추어 볼 때, 1960년대 후반부터 1990년대 중반까지 이어진 고도성장은 값싸고 풍부한 노동력과 그간에 축적된 자본량, 그리고 정부주도의 경제정책 등에 기인하였음을 알 수 있다.

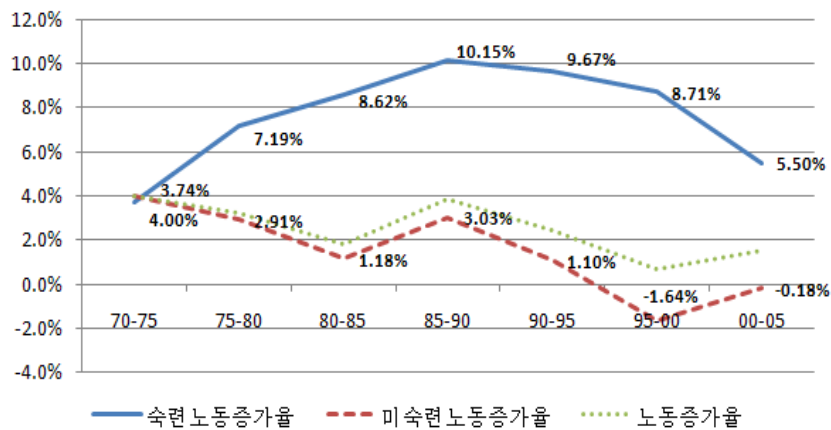
한편 1990년대 후반 이후 최근에 나타나고 있는 저성장 기조의 원인은 무엇인가? 앞서 지적한 대로 한국경제의 과거 고성장의 견인차 역할을 한 것이 자본이었던 것처럼, 최근 나타나고 있는 저성장 기조 역시 투자 부진에 그 원인을 찾을 수 있다. 그리고 새로운 자본이 지속적으로 투자되기 위한 기본적인 사항인 충분한 투자재원과 수익을 담보하는 이윤원천, 그리고 정부의 경제정책 등이 변화되는 경제·사회적 환경을 제대로 수용하고 있는가도 중요한 원인이 될 것이다. 아무리 투자율을 높여 자본 축적을 가속화하고 싶어도 수익을 담보하기 힘든 경제적·사회적 구조라면 물적 투자는 제약을 받을 수밖에 없다. 예를 들어, 신규 자본이 이를 운용할 수 있는 양질의 노동력과, ‘기업할 수 있는 능력(entrepreneurial skill)’을 가진 핵심인력⁶⁾을 필요로 한 경우 인재의 부족은 낮은 자본수익률을 초래할 것이고, 자본에 대한 투자유인 역시 그다지 크지 않아 자본 시장을 개방해도 해외자본이 쉽게 들어오지 않을 것이다. 또한 최근 세계경제의 질서 혹은 환경을 고려할 때 산업구조 변화 등의 정부주도 성장 정책만으로는 지속적인 경제성장을 달성하기 쉽지 않을 전망이다.

외환위기 이후 한국경제에 나타나는 저성장기조의 흐름을 합리적으로 조율하거나 또는 고성장의 기조를 되살리기 위해서는 사전적으로 경제·사회적 환경의 저변에 나타나는 시대적 흐름의 변화를 먼저 읽어야 할

6) 과학기술분야 핵심인재의 정의와 정책적 개념에 대해서는 본 협동연구인 전재식 외(2009), 『과학기술분야 핵심인재 양성 방안 연구』를, 그리고 기업적 관점에서의 핵심인재에 대한 접근은 본 협동연구 중 하나인 박재민·김선우(2009), 『기업의 과학기술분야 핵심인재 활용과 정책과제』를 참조하기 바란다.

것이다. 그에 따라 다수의 거시변수를 통하여 새롭게 등장하는 경제 환경의 특성을 아래와 같이 크게 세 가지로 정리해 보고자 한다.

[그림 2-5] 노동, 숙련 및 미숙련노동의 5년 단위 증가율

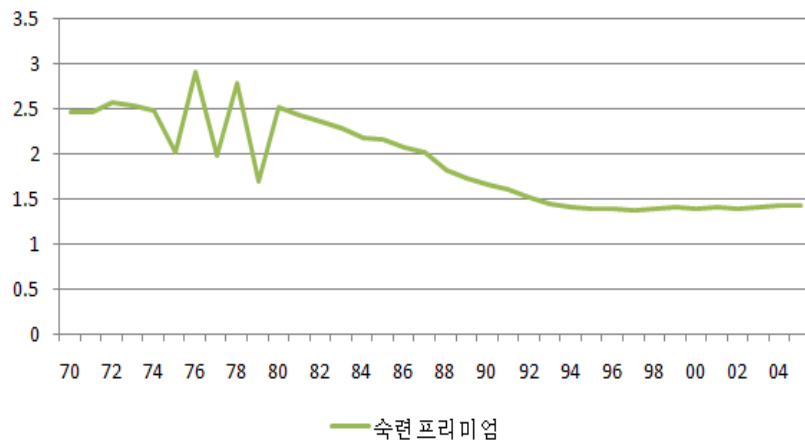


첫째, 한국경제는 전반적으로 노동 증가율이 축소되는 가운데 숙련노동의 상대적 수요에서는 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다. [그림 2-5]는 노동 증가율과, 숙련 및 미숙련 노동의 5년 단위 연평균 증가율을 나타낸다.⁷⁾ 1970~1975년에 미숙련노동의 증가율보다 낮았던 숙련노동은 이후 꾸준히 증가하여 1985~1990년에 연평균 10% 이상 증가세를 보이며 전체노동 및 미숙련노동 보다 빠르게 증가하였다. 이는 1980년대 초반 이후 대학의 입학정원이 급속히 증가하여 노동시장에 대졸자의 노동공급이 지속적으로 증가하였기 때문이다(최강식·정진호, 2003). 미숙련노동은 전체노동의 성장률 추세에 따라 느리게 증가하다가 외환위기 이후에는 마이너스 증가율을 보였다. 1990년대 이후 숙련노동의 증가율 또한 점차 하락

7) 본 데이터는 경제활동인구조사(EAPS)의 1970~2005년 취업자를 사용하였으며, 숙련노동은 신석하(2007)의 연구에 따라 초대졸 이상의 학력을 가진 취업자로 정의하였다.

하고 있으나 이는 전체노동의 증가율이 하락하기 때문이며, 상대적 비율로 보면 숙련노동의 비중이 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다.⁸⁾

[그림 2-6] 숙련프리미엄



둘째, 한국경제는 1990년대 중반 이후 숙련 편향적 기술진보의 경향을 보이고 있다. [그림 2-6]의 숙련프리미엄은 미숙련노동의 월평균 임금 대비 숙련노동의 월평균 임금비율을 나타낸다.⁹⁾ 1970년대 전반에 걸쳐 약 2.5배를 보였던 숙련프리미엄은 이후 서서히 감소하여 1980년대 중반에는 약 2배 수준, 그리고 외환위기를 전후로 2005년까지 약 1.4배의 수준을 유지하고 있다. 이와 같이 숙련노동의 빠른 공급에도 불구하고 1990년대 중반 이후 임금의 격차가 지속되거나 오히려 (미미하지만) 증가하는 현상은 새로운 기술의 발전이 숙련 보완적으로 숙련노동의 수요가 지속적으

8) 전체노동대비 숙련노동과 미숙련노동의 비중을 살펴보면, 1970년대 6%대의 비중을 보이던 숙련노동은 이후 지속적으로 상승하여 2005년에는 약 34%의 비중을 보이고 있다. 특히 노동의 숙련화가 외환위기 이후 더욱 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있다.

9) 본 연구에서는 임금구조 기본통계조사(OWS)의 원자료에 나타난 임금근로자의 월평균 임금을 사용하였다.

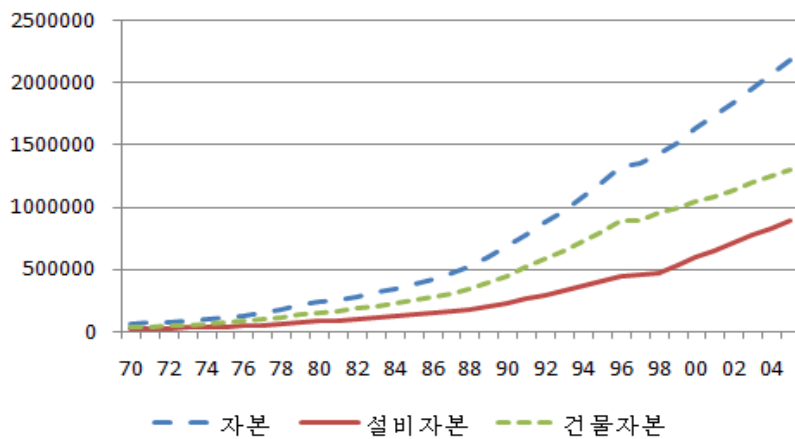
로 높아졌음을 의미한다. 또한 숙련노동의 성별, 경력, 기업규모 등 인적 특성을 통제한 임금의 교육 프리미엄은 1990년대 중반 이후 꾸준한 상승세를 보이고 있다. 최강식·정진호(2003)에 따르면 1990년대 중반까지 대졸자의 상대적인 임금하락(숙련 프리미엄의 하락)은 주로 고학력화에 따른 대졸자의 공급증가에 기인한 것이고, 1990년대 중반 이후 2000년까지 대졸자의 상대적 임금상승(숙련 프리미엄의 상승)은 대졸자에 대한 초과수요에 기인한다고 하였다. 또한 산업구조의 변화에 기인하는 대졸자에 대한 수요증가는 적었고, 모든 산업 내에서 고학력자에 대한 수요증가가 나타난 것으로 판단하여 숙련 편향적 기술진보가 있는 것으로 평가하였다.¹⁰⁾ 더불어 우리나라의 숙련 및 미숙련 노동 간 대체탄력성은 대부분 1보다 큰 것으로 나타났다(전주용, 2009; 신석하, 2007).

셋째, 한국경제는 설비자본의 중요성이 점차 커짐에 따라 건물자본보다(미미하지만) 높은 투자율을 보이고 있다. [그림 2-7]은 우리나라의 전체 자본량을 설비자본과 건물자본으로 구분하여 나타내고 있다. 본 연구에서는 국민계정의 자본재 형태별 총자본형성과 표학길 외(2007)의 자산별 순자본스톡 등을 참조하여 선박, 차량운반구 등의 운송장비와 기계장치, 공구비품 등의 기계류를 설비자본으로 포함하였다. 그리고 건물자본은 건물, 구축물 등의 주거용, 비주거용, 토목건설 등을 포함하여 정리하였다. 따라서 90년대 중반 이전까지 비슷한 추세로 성장하던 설비자본과 건물자본의 투자규모는 1998년 이후 점차 설비자본의 투자비중이 높아지고 있음을 확인할 수 있다. 대개의 경우 건물자본보다는 설비자본에 기술이 체화되는(embodied) 경향이 높으며, 설비는 타산업의 중간재 또는 생산장비로 유통되어 산업간 기술 확산의 경로 역할을 제공한다. 21세기 지식기

10) 그 외에 표준산업분류에 근거하여 사무직, 고기능사무직 등을 숙련근로자로 정의한 허재준 외(2002)에 따르면, 1993-99년 기간 숙련근로자의 비중은 증가하였으며 특히 전기보다는 후기에 그 비중이 더 크게 증가하였고, 숙련노동의 임금비중 역시 후기에 더 많이 증가한 것으로 파악하였다.

반 경제의 대두와 더불어 기술 또는 지식이 부가가치 창출의 원천으로 인식됨에 따라 최근에 나타나고 있는 전략적인 R&D 투자, 그로 인한 기술 또는 지식의 창출, 그리고 확산 등에서 설비자본재의 역할이 중요해질 전망이다.

[그림 2-7] 총자본, 설비자본과 건물자본 규모



제2절 과학기술분야 기술수요 전망

본 절에서는 2007년 과학기술정책연구원(STEPI)이 선정한 미래사회의 5대 주요 이슈-세계화, 고령화, 양극화, 디지털화 및 에너지/환경 분야-를 중심으로 각 분야별 현황, 주요 이슈 및 이에 대응하는 미래 과학기술 수요를 제시하고자 한다.¹¹⁾

11) STEPI(2007)는 국내외 미래전망 관련 서적 및 자료를 문헌 조사하여 메타분석을 통한 키워드 도출, theme map 작성 및 사회연결망분석(Social Network Analysis)의 방법으로 미래 사회의 5대 주요 이슈를 선정하였다.

1. 세계화

세계화는 단순한 경제현상의 변화뿐만 아니라 정치적·사회적 측면에서도 전통적 사회의 모습을 탈바꿈시키고 있다. 먼저 경제적 측면을 살펴보면, 세계시장은 EU, NAFTA, APEC 등과 같이 지역적 통합과 다자간 확대를 지속하고 있으며, 한 시장에서 발생한 문제는 급속히 다른 시장으로 확산되고 있다. 더불어 정보화기술의 발전은 각국의 소비자들이 전 세계시장에 대한 정보를 동시에 접할 수 있게 하였으며, 소비자의 기호나 구매 형태가 점차 동질화되는 현상이 일어나고 있다. 한편 정치·사회적 측면에서는 국제간 갈등을 최소화하고 글로벌 시스템의 원활한 작동을 위하여 UN과 같은 국제기구의 역할이 중요해지고 있으며, 개인 인터넷 사용자의 급격한 증가와 무선 네트워크의 확대, 그리고 해외여행의 확대가 빠르게 진행되고 있다. 특히, 교통의 발달에 따라 지역 간 인력의 이동이 매우 잦아졌으며 미국에 본사를 두고 인도에서는 텔레마케팅을 운영하는 등 공간을 초월한 업무분담이 이루어지고 있다. 우리나라의 경우, 2006년도 세계화지수(GI)는 총 62개국 중 29위로 나타났으며, 인터넷 사용자 영역에서는 2위, 정부정책 수행능력에서는 58위로 평가되었다(STEPI, 2007; 이재찬, 2009).

세계화는 세계적 경제통합의 가속화와 막대한 부를 창출하는 역할을 하였으나 이로 인한 반작용 또한 만만치 않아 정치·경제·사회·환경적 세부 이슈들을 발생시키고 있다. 이를 몇 가지로 제시하면 다음과 같다. 첫째, 세계화로 인해 이익의 균등배분에 대한 문제가 대두되고 있다. 즉 세계 각국은 세계시장에서 경쟁력 보유 여부에 따라 국가 간 불평등의 격차가 점차 확대되는 경향을 보이고 있다는 점이다. 더불어 최근 국가 간 FTA협정이 비관세장벽, 정부조달, 경쟁정책, 투자 등 모든 무역과 투자의 장벽을 완화하는 조치를 포함한 매우 포괄적인 형태를 띠고 있기 때문에 FTA 네트워크에서 소외되는 국가는 역외 국가로서 더 많은 불이

익을 받게 될 가능성이 높다. 둘째, 전 세계적인 네트워크의 확대에 따라 개인정보의 유출 및 도용이 문제화되고 있다. 이에 따라 해커에 의한 인터넷 테러를 비롯한 물리적인 테러 네트워크도 함께 확산되고 있다. 셋째, 인적 교류의 증가로 인해 AIDS, SARS, 조류독감 등 새로운 전염병과 질병이 급속하게 확산될 가능성이 커졌다. 전 세계적으로 감염성 질병으로 인해 사망하는 사람은 전체 사망원인의 30%에 이르는데 항공기를 통한 국제여행의 증가, 국제무역으로 인한 식품 및 가축의 생산과 가공, 조리 등 음식에서 기인한 질병의 위험이 높아지고 있다. 마지막으로 대량 운송수단의 발달과 글로벌 시장을 겨냥한 대규모 제조·설비산업의 발달로 인해 국지적 또는 글로벌 환경오염이 증가하여 지구온난화와 같은 환경문제들을 유발하게 된다(KISTEP, 2005; KIET, 2005).

이에 따라 세계화의 진행과 더불어 발생하는 다양한 문제들을 대처하기 위하여 다음과 같은 과학기술분야의 기술적 대응이 필요하다. 산업적 측면에서는 세계화의 가속화에 보조를 맞추기 위한 교통·물류 기술, 유무선 통신기술의 발전이 더욱 필요하며, 이와 관련된 산업들은 대부분 고기술, 고급인력, 고부가가치 특성을 갖기 때문에 각국 정부의 전략적 육성요구가 되고 있다. 특히 세계화가 진행됨에 따라 IT 기술에 의존하는 정도가 커지고 각종 정보의 정치·경제·산업적 가치가 증가하고 있기 때문에 개인의 사생활 보호를 위해서는 정보 보안기술의 발달이 요구되고 있다. 또한 전염병·질병확산과 국제테러를 방지하기 위해 질병예방 및 극복 기술과 국방 및 테러방지 기술의 개발이 급속도로 중요해지고 있다(STEPI, 2007).

2. 고령화

인구 고령화는 흔히 인구 전체의 연령이 높아지는 현상을 의미하나 명시적으로는 전체인구 중 65세 이상의 고령 혹은 노령 인구의 비율이 높

아지는 현상을 말한다. UN의 분류기준에 따르면, 65세 이상 인구의 비율이 7% 이상일 경우 고령화 사회, 14% 이상일 경우 고령 사회, 그리고 20% 이상일 경우 초고령 사회로 분류한다. 우리나라는 이미 2000년에 고령화 사회에 진입했으며, 고령 사회에는 2019년에, 초고령 사회에는 2026년에 진입할 것으로 예상된다. 이러한 인구구조의 변화를 주도하고 있는 주요 요인은 평균수명의 증가와 출산율의 저하라 할 수 있다. 평균수명의 증가는 의료 등 과학기술 발전의 성과 가운데 하나로 2000년 현재 평균수명은 1971년 62.3세에서 13.6세 증가한 75.9세이며 향후 2020년에는 80.7세로 늘어나고 이후에도 지속적으로 연장될 전망이다. 과거의 평균수명 증대는 유아사망률의 저하에 기인하였던 반면, 오늘날에는 노령인구의 사망률 저하, 즉 사망 연령이 더 높아지고 있는 점이 보다 중요하게 작용하고 있다(심상완, 2002). 한편 출산율의 급격한 하락도 고령화에 크게 기여하고 있는데, 1970년에 4.5명이었던 우리나라의 출산율은 2001년에는 1.3명으로 급속히 하락하였다. 더구나 2004년도 출산율은 1.16명으로 세계적으로 가장 낮은 출산율 그룹에 속하고 있다. 이러한 출산율의 하락은 급속한 경제성장, 여성의 고학력화·경제활동증가 및 혼인연령 상승, 자녀의 양육비 및 교육비 부담증가 등 다양한 요인들에 의해 초래되고 있는 것으로 분석된다(문형표 외, 2005).

고령화로 인한 인구구조의 변화는 여러 가지 경제·사회적 이슈를 야기하고 있다. 특히 노동생산성과 잠재적 성장력, 국가 재정 및 산업구조의 측면에서 많은 변화가 예고되고 있다. 먼저 노동생산성에 대한 인구구조 영향은 노동력의 수요·공급구조에 직접적으로 영향을 미쳐 고용구조의 변화를 촉진하는 역할을 한다(박경숙, 2002). 고령자의 노동공급이 크게 증가되는 반면에, 출산율 하락에 따라 청년노동력은 지속적으로 감소하게 될 것이다. 특히 청년노동력은 새로운 지식과 기술을 공급하는 역할을 수행하므로, 향후 노동력 구성에서 고령층 비중의 지속적 증가는 경제 전반적인 노동생산성에 부정적인 영향을 주게 될 것이다(문형표 외,

2005).¹²⁾ 또한 향후 20년 이후부터는 고령화에 따른 생산가능인구의 상대적 축소 및 저축률 하락에 따른 생산 가능한 자본축적의 감소 등의 효과가 본격적으로 나타나기 시작할 것이며, 이에 따라 다른 조건들이 일정할 경우 고령화는 결국 우리 경제의 잠재적 성장력을 낮추게 될 것이다. 더불어 공적연금의 적자요인 누적 및 부과식으로 이행, 정부이전지출의 지속적 확대 등 제도적 요인들도 이러한 잠재성장률의 하락을 가속화시키게 될 것이다. 급속한 인구구조의 고령화는 국가재정의 수입 및 지출 측면에서도 지대한 영향을 주게 될 것이다. 재원조달에 있어서 고령화에 의한 취업자 수 감소와 경제성장 둔화로 조세 및 사회보장기여금 수입이 지속적으로 감소할 것이다. 반면 재정지출 측면에서는 연금수급자 증가, 노인의료비 및 노인복지비의 상승 등으로 인해 지출증대 압력이 지속적으로 가중될 것이다. 이처럼 인구구조의 고령화는 재정수입 감소와 재정지출증대를 통해 재정적자 및 국가부채의 증가를 초래하고 국민의 조세 및 사회보험료 부담을 가중시키게 될 것이다(문형표 외, 2006). 산업구조의 측면에서 인구구조의 고령화는 서비스의 생산을 촉진하고 공공부문을 확대시킨다. 또한 고령친화적 산업이 발전하여 의료·요양산업 등 서비스업뿐만 아니라 일부 제조업 및 주택·금융 산업 등에도 영향을 미친다(KIET, 2005). 노령인구의 증가와 더불어 노인 질환에 대한 의료·요양서비스는 물론이고 일상생활의 활동에 어려움을 경험하는 노인들에 대한 개호(介護)를 위한 사회적 비용이 크게 증가할 것으로 예상된다. 향후 인

12) 신동균(2005)은 고령화의 진전에 따른 노동생산성의 변화 전망에서, 인구의 고령화가 장기적으로 노동생산성을 다소 낮추는 것으로 추정하였다. 그러나 인구의 저성장이 가져다 줄 노동생산성 증가효과가 고령화의 효과를 압도한다면 전체적으로 노동생산성은 증가할 것으로 전망하고 있다. 고령화에 따른 인구의 저성장과 노동생산성과의 관계를 다루는 기존의 연구와 달리, 인구의 고령화를 인구성장률의 감소라는 양적인 측면과 인구의 고령화라는 질적인 측면으로 구분하고, 각각이 노동생산성에 미치는 영향을 동시에 분석하고 있다. 수치로 보면 다양한 시나리오에 따라 차이는 크지만 향후 고령화의 진전이 극에 달하는 2050-2060년에 이르면 연평균 노동생산성 증가율은 현재의 연평균 증가율의 3배를 상회할 것으로 전망하고 있다.

고령화의 추세에서 특히 보건의료 및 개호서비스에 대한 필요가 큰 80세 이상의 고노령화 인구가 더욱 급속하게 증가할 전망이다. 이는 앞으로 노령인구로 진입할 세대들이 기존의 노인들에 비해 더 많은 자산과 소득에 기초하여 결코 무시할 수 없는 구매력을 행사할 것이며, 이에 따라 주택, 일상용품, 보건의료 및 개호서비스, 관광 및 레저 활동 및 교통 서비스 등 여러 부문에 걸쳐 시장수요의 구성과 판도에 변화를 가져올 것으로 예상된다(심상완, 2002).

과학기술은 성공적 고령화를 가능하게 하는 환경을 구축하는 데 중요한 자원이 될 수 있다. 정보통신기술의 발전, 신소재 및 기계공학기술, 생명의료과학, 라이프스타일과 영양지식의 진보는 보편적으로 보다 많은 사람들에게 건강한 생활과 수명의 연장을 가능하게 할 수 있다. 특히 생물학의 한 분야로 출발한 바이오기술의 급격한 발전과 각종 미세전자기기의 발달은 손상·노화된 장기를 인공으로 만든 장기로 대체 가능하게 만들고 있으며, 주택, 교통수단과 설비 등의 새로운 디자인은 노인들의 이동성을 향상시키고 사회생활활동 및 수명의 연장을 가능하게 할 수 있다. 비록 노인인구의 비중이 증가하더라도 노인들의 독립적 생활능력을 향상시키는 사회적·기술적 조건이 마련된다면, 노인인구의 장애, 의료 혹은 개호에 대한 사회적 부담은 크게 줄어들 수 있을 것이다(심상완, 2002). 더불어 고령인구의 저하된 활동성 및 생산성을 높이고 안전한 생활보장을 위한 각종 로봇기술과 시설물 안전기술 등과 관련된 기술개발의 필요성이 증대될 것이다(STEPI, 2007).

3. 양극화

양극화는 최근 한국사회의 불평등을 표상하는 핵심어로 등장하였으며, 소득을 중심으로 한 경제적 불평등을 포함하여 주거, 교육, 소비, 의식 등 여러 측면의 사회 불평등에 대한 논의의 화두로 부각되어 왔다(장한익,

2006). 양극화는 집단 간 평균소득 격차가 클 경우 갈등이 증폭될 가능성이 있으며, 그렇지 않은 경우라도 집단 내 결속도가 높을 경우 타 집단에 대한 배제의 정도가 높아져 사회갈등을 증폭시킬 가능성이 있다(김용성, 2006). 최희갑(2002)은 Esteban and Ray(1994) 지수와 Wolfson(1994) 지수를 이용하여 외환위기 이후 소득분배 양극화를 분석하였는데, 우리나라의 양극화는 외환위기 이전인 1993년 3/4분기부터 진행되었으며, 외환위기는 양극화를 더욱 심화시킨 것으로 나타났다. 또한 전병유 외(2006)와 신동균 외(2006)는 Esteban and Ray(1994) 지수와 개선된 Esteban, Gardin and Ray(2005) 지수를 사용하여 소득분배 양극화를 살펴보았으며, 이들의 연구에 따르면 소득불평등도에 비하여 양극화 지수가 빠르게 상승하였음을 보이고 있다.

양극화를 심화시키는 주요요인은 신자유주의적인 국가정책, 경제적 세계화, 지식기반 경제의 공고화 등을 들 수 있다. 국가개입 철폐, 규제완화, 구조조정 및 복지지출의 축소와 같은 신자유주의적인 국가정책으로 인해 중산층은 더욱 붕괴되고 빈민층 문제는 더욱 심각하게 된다. 또한 경제적 세계화는 세계적 규모와 경쟁력을 갖춘 다국적 기업들을 더욱 번성하게 함으로써 기업 간, 부문 간의 양극화가 심화되며, 대기업들도 국내 중소기업의 부품보다 값싸고 질 높은 해외부품을 수입하는 글로벌 아웃소싱을 빈번히 활용하기 때문에 국내 중소기업은 침체국면으로 치닫게 된다. 더구나 숙련성과 전문성이 요구되는 지식기반 경제가 자리 잡으면서 지식과 기술을 소유한 노동자와 그렇지 못한 비숙련노동자, 최첨단 산업을 추구하는 기업과 일반기업 간의 양극화 현상이 뚜렷하게 나타난다. 특히, 유무선 통신기술의 발달은 지식자본의 축적에 영향을 미침으로써 국가 간 양극화를 심화시키는 근본요인으로 작용하며 디지털 양극화를 형성하는 데 영향을 주었다. 신공정·신제조 기술, 신소재개발 기술, 로봇개발 기술 등 신기술의 발달 역시 국가 간 산업 경쟁력 차이를 유발하여 국가 간 양극화의 원인을 제공하고 있다(김영화, 2006; STEPI, 2007).

사회 계층 간 양극화에서 시작된 양극화 문제는 비단 사회적 문제를 넘어 국가·지역·산업·기업 간 양극화 등 다양한 형태로 표출되고 있으며, 이로 인해 정치·경제·산업·사회·문화적 측면에서 여러 문제들을 야기하고 있다. 경제적 이슈와 관련해서는 중소기업의 생산성 하락 문제를 들 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 먼저 중소기업 내부적으로는 기술력과 인력 확충을 통하여 자체 역량을 강화시켜야 하며 제도적으로는 고용상의 비정규직, 저임금 등에 대한 제도적 개선과 함께 거시적으로 기업의 활로 개척을 위해 내수시장을 활성화시키고 고용시장 및 부동산 시장을 안정화시켜서 가계 소비를 유도하는 노력이 필요하다. 다음으로 고소득층과 저소득층 간 인적자본 투자 격차로 발생하는 소득양극화로 인한 빈곤의 대물림 현상을 완화하기 위해 교육환경 개선 방안도 재고해야 하며 소수의 부유층에 대한 신(新)빈민층(중산층과 빈민층)이 느끼는 상대적 박탈감 문제도 주요 이슈로 부각되고 있다.

이러한 여러 형태의 양극화 문제에 대응하기 위한 과학기술 차원의 노력은 주로 한 국가 내 산업 간 양극화, 사회적 양극화 및 지역 간 불균형을 줄이기 위한 형태로 나타나고 있다. 사회적 양극화 해소와 관련된 정보통신의 기술로는 장애인 및 노약자 등 소외계층을 위한 유무선통신기술과 로봇기술 등이 개발되고 있다. 지역 간 불균형 성장을 해소하기 위해서는 교통물류 인프라 확충에 관련된 교통물류기술이 개발되고 있으며, 국토의 균형성장을 위한 국토관리·국토균형발전기술 등이 개발되고 있다. 그리고 산업 간 양극화 해소와 관련하여 기존 중화학공업과 전통 식품산업의 고부가가치화를 위해 각각 신공정·신제조기술 및 기능성 식품 기술 개발이 이루어지고 있고, 제약산업과 의료산업의 융합화에 필요한 신약개발·의료기술 개발이 진행되고 있다.

4. 디지털화

아날로그 시대에서 디지털 시대로 급격한 전환과 더불어 정보통신기술은 타 신기술과 융합·발전하여 유비쿼터스¹³⁾ 네트워크 형태로 진화하고 있다. 정보통신기술 자체의 발전은 디지털화의 물적 토대를 구축하는 역할을 수행함과 동시에 타 산업 및 기술로의 전방위적 파급을 위한 주요 매개체로서의 역할도 수행한다. 또한 산업기반기술 분야의 발전도 정보통신기술의 확산을 위한 각종 기계·장비와 관련한 기술적 발전과 더불어 정보통신기술을 수용하여 산업의 고도화를 이루는 주체로서 작용한다. 정보통신기술은 시간과 공간을 축약하여 모든 시간대와 공간의 내용을 개인이 위치한 한 점으로 모으기도 하지만, 역으로 그 개인이 모든 시간대와 공간의 내용에 접근하여 그 내용과 정보를 가질 수 있다. 공간적으로 한 지점에서 머물지 않고 IT네트워크가 미치는 모든 범주에서 다른 사람과 소통하고 다른 기능과 연계되어 일상적인 활동이 이루어진다. 사이버 공간이라 부르는 사고와 해석의 공간이 생겨남으로써 한 사람이 다루어야 하는 엄청난 양의 데이터와 정보가 생겨나고 시간적으로도 과거와 미래의 내용들이 현재의 시점으로 집중된다. 예를 들어, 시간을 두고 순차적으로 이루어지던 다양한 활동들이 IT시스템이나 IT네트워크를 통하여 지속적으로 지식과 정보를 주고받음으로써 동시에 이루어질 수 있게 되었다. 시간적으로나 공간적으로 한 개인이 해석하고 통제하고 참여하는 활동이나 기능이 확대되고 이로 인하여 한 개인이 접하고 다루어야 하는 정보는 기하급수적으로 확대될 것이다(정찬모 외, 2006).

이상과 같이 정보화의 급속한 진전으로 사회 전반의 편의성과 효율성이 크게 향상되었으나 해킹·바이러스, 개인정보 유출사고, 스팸 등 정보

13) 유비쿼터스 기술은 “휴대용기기나 가전제품 등 여러 종류의 기기를 네트워크로 연결시켜 언제 어디서나 이용이 가능하도록 하는 제반 기술 또는 환경”을 말한다(KIET, 2005).

화의 역기능으로 인한 피해도 확산되고 있으며, 특정 기술의 약한 고리에서 발생한 위험이 도미노 현상을 일으켜 전 사회를 위기로 몰아 갈 수 있는 잠재적 가능성도 상존하고 있다. 이러한 정보화의 역기능을 발생시키는 원인은 사회윤리 및 제도의 미성숙, 인터넷의 개방성 및 공개성의 악용, ID와 패스워드의 도용, 문화변질 및 사회통합의 저해 등을 들 수 있다. 또한 세대 간, 지역 간, 계층 간 정보격차 등으로 인해 정보에 대한 소외현상이 발생하고 정보에 대한 상대적 박탈감의 증가는 사회통합을 저해하는 요소로 작용할 우려가 높다(박영우 외, 2001; 황중연, 2009).

이렇게 디지털화가 진행됨에 따라 정치·경제·산업·사회적으로 여러 이슈들이 부상하고 있다. 정치적 영역에서는 고급 정보의 획득과 활용이 군사력과 경제력을 대신하여 권력의 핵심으로 부각되고 있으며, 고급 정보 독점을 위한 국가 간, 사회구성 주체 간 경쟁이 치열해지고 있다. 공공서비스의 효율적인 운용을 위해 네트워크에 기반을 둔 전자정부 시스템의 도입도 이뤄지고 있다. 경제적으로는 반도체, 무선통기기와 같은 신산업의 창출이 적극적으로 이루어지고 있으며 산업 간의 융합화로 생산성이 제고되는 한편 산업 간의 경계가 모호해지면서 인력의 질적 불일치가 발생할 수 있다. 이로 인해 융합화된 산업에 적응할 수 있는 전문 인력에 대한 요구가 증대되는 데 반해 공급은 부족한 형편이다. 한국의 경우 IT산업에 대한 의존도가 높고 우수인재가 일부 IT대기업에 편중되어 있어 산업 간 불균형 성장의 문제도 고려되어야 한다. 사회적으로는 유·무선 통신의 발달에 따라 기존과 차별화된 접속(contact) 사회가 출현하고 온라인 커뮤니티, 네트워크 공동체 등이 발달하게 된다. 그러나 동시에 전자주민증, 전자태그, 위치추적장치, 스마트카드 등 기술의 발달로 인해 소비자의 많은 개인정보가 노출될 가능성이 커지고 있다. 또한 디지털 기술의 변화속도가 빨라지면서 개인 간, 집단 간 적응의 정도에 따라 차이가 발생함으로써 집단 내외의 갈등과 같은 디지털 양극화 문제도 대두되고 있다(KIET, 2005; STEPI, 2007).

디지털화로 인한 과학기술적 대응은 다음과 같이 예상된다. 대용량의 정보를 좀 더 빠르게 전달하고, 공간적 제약 없이 정보에 대한 접근이 가능할 수 있도록 유·무선통신기술이 끊임없이 진화할 것이다. 각종 문서 처리나 정보 저장 등이 디지털로 처리됨에 따라 핵심 정보의 보유 및 접촉가능 여부는 곧 정치·경제적으로 중요한 의미를 가지게 되며, 정부 및 기업 차원에서의 정보보안기술의 개발이 요구되고, 개인의 사생활 보호 차원에서의 정보보안기술도 필요하게 될 것이다. 방송, 통신, 영화, 애니메이션, 게임 등 각종 콘텐츠들을 컴퓨터 및 유무선 통신상에서 구현하기 위해 그 내용과 형식을 디지털화하려는 기술들이 개발되고 있다. 한편 각종 정보통신기술과 관련된 하드웨어들을 좀 더 효율적이고 친환경적으로 생산하기 위한 신공정·신제조 기술들이 지속적으로 개발되며, 최근 나노 기술의 발전은 이를 가속화시킬 전망이다.

5. 에너지·환경

우리나라는 세계 10위의 에너지 소비국이자 세계 5위의 원유수입국이며, 세계 2위의 석탄 및 천연가스 수입국으로 97%가 넘는 에너지를 수입에 의존하고 있다. 한편, 자원수입량 중 해외자원개발을 통한 독자개발수입 비율은 석유 3.1%, 천연가스 3.4% 등 실제적인 개발에 의한 수입은 저조한 상황이다. 우리나라의 에너지 문제는 공급원의 안정적인 확보뿐 아니라 에너지 공급 안정과 관계된 물리적 또는 경제적 요소들을 포괄하는 개념이다. 따라서 에너지 공급체제의 취약성 극복 및 보완, 에너지 공급 단절 시의 위험성 최소화, 원자력 에너지의 안정성 문제 및 폐기물 관리 등이 주요 이슈로 논의되고 있다(KISTEP, 2005).

에너지 소비는 소비의 효율화가 병행됨에도 불구하고 전 세계적으로 증가할 것으로 보이며, 이에 따라 환경문제도 에너지 문제 못지않게 중요한 이슈로 지속적으로 대두될 것이다. 산업혁명 이후 정착된 기존 산업기반

기술은 주로 화석연료를 에너지원으로 활용하기 때문에 각종 환경오염을 유발하고 있으며, 대량생산, 대량소비를 기반으로 하는 생산시스템 때문에 각종 천연자원의 고갈을 앞당기고 있다. 석탄, 석유, 천연가스 등 기존 화석연료는 물품의 생산, 교통, 난방 등에 광범위하게 활용되고 있으며, 이로 인해 국지적인 대기·토양·수질 오염뿐만 아니라, 화석연료의 연소과정 중에 발생하는 이산화탄소로 인해 지구온난화를 가속화시키고 있으며, 지구온난화는 각종 기상이변을 초래하고 있다. 또한 자동차, 철도, 항공, 해운 등의 기존 교통체계에 활용되고 있는 에너지원은 주로 화석연료로서 이들의 운행 자체에 의해 자연생태계를 훼손하고 각종 대기·토양·수질 오염이 발생함은 물론, 사고 시 대규모의 환경오염을 유발하고 있다. 환경과 천연자원 문제의 심화는 산업 부문, 특히 제조업 부문에서 투입 원재료의 상승을 통해 전체적인 원가부담을 증대시킨다. 에너지 자원의 경우 에너지 집약적 산업인 철강, 비금속광물, 석유화학 등에 장기적 비용부담을 가중시키고, 수질 및 대기오염 물질에 대한 규제 강화는 금속, 제련 등 해당 오염집약도가 높은 산업에 큰 영향을 주게 된다. 향후 환경문제와 관련한 가장 큰 위협은 온실가스의 배출 증가로 인한 지구온난화 현상이다. 지구온난화 문제는 경제 전체의 주요 에너지인 화석연료 사용과 수송 부문이 가장 큰 원인으로, 에너지 소비 수준과 구조변화가 지구온난화 문제 해결을 위하여 핵심적인 역할을 수행할 것으로 보인다(KIET, 2005).

에너지 및 환경 문제와 관련하여 주목받고 있는 이슈로는 먼저 에너지의 남북문제, 자원 확보를 위한 국제분쟁 및 환경문제 해결을 위한 국제협력의 증가와 같은 정치적 이슈를 들 수 있다. 에너지의 남북문제는 에너지 대량 소비로 환경문제를 유발하는 국가와 그렇지 않은 국가 사이의 갈등을 말하며 주로 선진국과 개도국의 갈등 양상을 띠고 있다. 자원 확보 측면으로 특히, 석유를 둘러싼 국가 간 분쟁이 증가하고 있으며 교토의정서, 몬트리올의정서와 같은 글로벌 환경문제의 해결을 위한 국제협력의 필요성도 커지고 있다. 경제적 차원에서는 제한된 자원의 효율적 활동

이 기술혁신의 우선순위로 부상하고 있으며, 화석연료 대체를 위한 수소 경제로의 진입이 큰 관심을 받고 있다. 주요 선진국은 국가 전략 사업으로서 수소에너지 개발과 수소경제 진입에 노력하고 있으며, 조기 상용화가 가능한 수소이용 기술로는 연료전지 자동차, 수소자동차 및 전지형 연료전지를 우선순위에 두고 있다. 신재생에너지의 경우 유럽을 중심으로 신재생에너지 이용기술이 발달함에 따라 점차 전체 에너지 믹스에서 차지하는 비중이 증가할 것으로 보인다. 또한 환경 친화적인 제품을 생산하고 환경오염을 줄이는 친환경산업이 급부상하고 있고 기존제품도 강화된 환경기준을 맞추는 방향으로 기술혁신이 진행되고 있다(KIET, 2005; STEPI, 2007).

이에 따라 환경기술의 개발 및 발전과 환경산업의 육성이 요구된다. 환경산업은 기존 전통산업과의 연계로 산업 전반의 환경친화성을 제고하여 전반적인 생산효율성을 향상시킬 것이다. 환경기술은 환경과 경제, 두 가지 가치를 연계시키는 수단으로서 환경산업을 활성화시켜서 고부가가치의 선진화된 산업구조 구축에도 기여하게 된다. 환경관리 패러다임이 사후처리에서 사전예방, 환경복원/재생으로의 변화에 대비하는 새로운 기술 개발이 중요하며 환경기술의 발전 못지않게 과학기술의 환경 친화적 발전도 중요하다. 민간 파트너십에 기초한 환경과학기술개발체제를 구축하여 환경기술혁신의 가장 핵심이 되는 경제주체인 기업이 환경과학기술의 혁신에 능동적으로 참여하도록 할 필요가 있다. 향후 화석연료 사용으로 인한 각종 오염 및 피해를 줄이기 위해 환경오염저감기술, 환경관리시스템기술, 생물보존기술 등이 더욱 개발되어야 하고, 지구온난화로 인한 각종 자연재해 발생을 예측하기 위한 재해예측기술도 필요할 것이다. 또한 기존 화석연료 체계를 좀 더 효율적으로 유지·발전시키기 위해 에너지 탐사기술, 지구·지질탐사기술, 에너지효율화기술 등의 개발이 필요하며, 자원 확보 범위를 넓히기 위해 그 대상도 우주·항공·해양까지 확대될 전망이다.

제3장 기술변화에 따른 숙련고용 변화 양상

본 장에서는 기술변화가 노동시장에 미치는 영향과 그에 따른 고용형태의 숙련 편향적 현상을 살펴보고자 한다. 먼저 장기적인 기술변화 현상을 포괄적으로 이해하기 위해 기술변화에 따른 보상이론을 소개하고, 기술변화가 외생적으로 주어진 경우와 내생적으로 주어진 경우의 숙련 편향성의 문제 등을 다루고자 한다.

제1절 기술변화와 보상이론

슈페터(1961)는 기술혁신의 두 갈래인 제품혁신과 공정혁신의 중요한 차이점을 소개한 바 있다. 그중 고용측면을 살펴보면, 제품혁신은 신제품 출시와 신규시장 개척을 위해 추가적인 고용을 필요로 하는 반면, 대체로 효율성 향상과 비용절감을 목적으로 하는 공정혁신은 고용을 줄이는 방식을 사용한다는 점이다. 예를 들어 최근 수십 년간 정보통신기술(ICT)에 기초한 새로운 패러다임의 출현은 기술 및 관련 조직에 대한 혁신추세를

빠르게 확대하여 왔으며, 이러한 현상은 글로벌 경쟁심화, 비용감소 압력 증대, 그리고 수요부진 등으로 특징지어지는 경제 환경 속에서 발생한 것이었다. 그 결과 대부분의 선진국 기업들은 제품혁신을 통한 새로운 제품 출시 및 신규시장의 개척보다는 비용감소와 효율성 제고를 위한 공정혁신을 전략적으로 사용하였다. 그로 인해 특히 제조업에서 노동을 지속적으로 축소시키는 결과를 가져온 것이다. 이러한 기술변화가 고용이나 실업에 미치는 영향을 올바르게 이해하기 위해서는 일련의 구조적 요인들이 결합하여 나타나는 영향들을 모두 고려해야 한다. 예를 들어, 노동경제학에서 실업의 구조적 요인을 노동시장의 경직성 등에 한정하여 설명하는 것에는 분석의 한계가 있으며, 국가 및 산업 전반에 걸친 장기적인 기술변화 현상을 포괄적으로 이해하기 위하여 생산 시스템, 경제 내 산업 구성, 기술변화의 성격 등 다수의 경제 환경의 요인들을 전반적으로 이해하는 것이 필수적이다. 이에 본 절에서는 먼저 보상이론(compensation theory)¹⁴⁾을 통하여 기술변화에 따른 장기적인 고용효과에 대해 회의적인 견해와 긍정적인 효과를 동시에 살펴보고자 한다.

첫째, 기술변화는 새로운 기계생산을 통해 보상효과를 발생한다. 사용자 산업(B2C)에서 근로자를 대체하는 공정혁신은 자본재 산업(B2B)에서 새로운 기계의 생산을 통하여 신규고용을 창출하게 된다는 것이다. 새로운 공정기술의 도입은 새로운 자본재를 필요로 하며, 이는 어떤 기업을 통해서라도 반드시 생산되어야 하기 때문이다. 그러나 새로운 자본재가 순수한 투자 없이 절약(scrape)을 통해서 도입된다면, 이는 오래된 기계로 구성된 생산라인을 새로운 기계로 대체하는 것에 불과하며 결국 보상효과는 발생하지 않게 된다. 따라서 긍정적인 효과는 자본재 산업에서 급격한 변화의 시기, 수요의 팽창, 그리고 실질적인 순수 투자를 필요로 할 때 보다 효과적이라 할 수 있으며, 반대로 수요가 부진하거나 기술변화가

14) 보상이론이란 한쪽에 편향적으로 투자된 것이 오히려 다른 쪽의 부족분을 채우게 된다는 것이다(Stains, 1980).

점진적인 경우, 노동절약적인 기계를 통해 도입되는 경우에는 효과가 줄어들게 된다.

둘째, 기술변화는 가격하락을 통해 보상효과를 발생한다. 공정혁신은 주로 근로자의 대체를 야기하지만 다른 한편에서는, 단위당 비용 및 가격의 하락을 유도함으로써 수요, 생산, 그리고 고용의 증가를 가져온다는 것이다. 새로운 공정기술의 도입은 대체로 노동생산성의 증가로 연결되며 이는 단위비용의 감소를 가져온다. 따라서 경쟁시장을 가정하는 경우, 비용의 하락은 기존 재화의 가격 하락을 유발하며 이는 재화의 수요 증가와 노동수요의 증가를 가져온다. 이러한 논리는 세이의 법칙(Say's law)에 의존한 것으로 시장이 불완전 경쟁시장이거나 수요의 제약이 발생하는 상황은 고려하고 있지 않다. 따라서 이러한 가정이 충족되지 않는다면, 전체적인 보상효과는 매우 약화될 것이다. 예를 들어 혁신기업이 충분한 시장지배력(market power)을 갖는 경우 단위비용의 감소는 가격의 하락으로 전환되지 않을 것이며, 케인지안(Keynesian)의 주장에 따라 유효수요가 포화상태일 경우에도 가격하락이 수요를 진작시키지 못할 수 있다. 또한 공정혁신으로 인한 근로자 임금의 즉각적인 감소는 가격하락을 촉진시키는 것 이상으로 구매력 감소로 이어질 수 있다.

셋째, 기술변화는 신규투자를 통해 보상효과를 발생한다. 기술진보에 따른 비용절감이 가격하락으로 완전하게 전환되지 않을 경우, 혁신기업은 추가이윤을 축적할 것이고 이러한 이윤은 새로운 투자로 이어져 생산을 증대시키고 결국 새로운 고용을 창출하게 된다는 것이다. 슈페터가 강조한 바와 같이 혁신가(innovator)는 상당한 독점지대(monopoly rent)를 누리며, 이는 새로운 벤처에 재투자되어 더 많은 고용을 창출한다는 것과 상응하는 논리이다. 그러나 이윤은 재투자보다는 유보될 수도 있으며, 이윤을 통한 투자는 실제로 새로운 자본설비의 확충을 통해 더 많은 노동절약적(자본집약적)인 생산기술을 도입하여 고용을 더욱 감소시킬 수도 있다.

넷째, 기술변화는 임금감소를 통해 보상효과를 발생한다. 노동경제학자

들이 제시하는 통상적인 논리는, 기술변화를 통한 실업의 증가와 그에 따른 물가의 하락(Phillips 관계)은 임금을 떨어뜨리고 노동의 한계생산성을 증가시킨다는 점이다. 그 결과 기업은 좀 더 노동집약적인 생산기술을 사용함으로써 고용을 촉진시킨다. 하지만 이러한 논리에 대한 실제 효과는 다음에 제시된 세 가지 측면에서 영향을 받을 수 있다. ① 자본을 노동으로 대체하는 것이 불가능할 수 있다. 경제모형에서 종종 사용되고 있는 유연한 생산함수는 비현실적이며 기술 패러다임 내에서 기술변화에 따른 요소 간 대체는 상당히 경직적으로 나타난다. ② 케인지안의 방식에 따르면, 실질임금의 감소는 유효수요의 감소로 이어져 더 깊은 실업상태에 빠질 수 있다. ③ 실업의 증가가 실질임금에 영향을 줄 정도라면 노동조합의 역할 및 교섭력과 같은 제도적 요인의 영향을 받을 수 있기 때문에 실질적인 보상효과가 약화될 수 있다. 따라서 이러한 메커니즘의 효과성은 기업이 기술적인 제약 없이 자본 집약도를 선택할 수 있을 때, 임금의 감소가 유효수요를 위축시키지 않을 때, 그리고 실업의 증가가 실질임금의 감소를 가져올 때 제대로 발생할 수 있다.

다섯째, 기술변화는 소득증가를 통해 보상효과를 발생한다. 이것은 유효수요의 역할을 강조하는 케인지안의 메커니즘으로 기술변화로 인한 생산성의 증가가 더 높은 임금으로 전환되어 소비를 자극하고 고용의 증가로 이어져 공정혁신으로 인한 초기 고용상실을 보상할 수 있다는 것이다. 물론 경제에 도입된 혁신이 이윤 또는 높은 임금의 형태로 새로운 소득을 유발하고 소비를 증가시키며 이를 통해 유효수요를 증가시킬 수 있다. 하지만, 이러한 논리는 기술변화의 임금감소 효과나 새로운 투자를 통한 방식과 모두 충돌하는 약점을 가진다.

여섯째, 기술변화는 새로운 제품을 통해 보상효과가 발생한다. 이것은 기술변화에 대한 제품혁신의 효과로써 새로운 제품 창출과 상업화의 형식으로 새로운 경제 지부(branch)가 생겨나고 추가적인 고용이 창출되는 보상효과가 존재한다는 것이다. 제품혁신은 두 가지 상이한 방식으로 고

용에 영향을 준다. ① 급진적으로 새로운 소비재의 개발은 새로운 생산설비를 필요로 하고, 그에 따라 더 많은 고용을 유발한다. 이는 엄밀하게 말하면 보상 메커니즘이 아니고 새로운 제품의 도입이 시장에 미치는 직접적인 효과를 나타낸다. ② 새로운 제품이 유발하는 슈퍼터적인 경쟁의 증가는 가격을 하락시키며 이러한 가격하락을 통해 보상효과가 크게 나타날 수 있다. 하지만 제품혁신이 고용에 미치는 긍정적인 효과는 반대로 기존제품의 대체를 통하여 약화될 수 있다.

추가적으로, 기술변화는 공정혁신의 초기 노동절약 효과를 상쇄할 수 있는 잠재적인 새로운 시장동력을 유발할 수 있으며, 공정혁신으로 인한 가격의 하락과 제품혁신의 확산은 국제경쟁력 향상을 가져와 해외시장의 추가적인 수요를 통해 보상효과가 크게 나타날 수 있다.

제2절 생산함수를 이용한 기술편향성과 고용효과

대부분의 논문에서는 기술변화가 노동시장에 미치는 영향이 상호 중립적인 것으로 편의상 가정하고 있다. 하지만 그렇게 유도된 결과에 대한 일반화는 많은 사실들을 왜곡시키며 핵심적인 주제들을 너무 쉽게 누락시키는 결과를 낳게 된다. 사실 대부분의 기술변화는 노동을 포함한 생산요소에 대하여 결코 중립적으로 영향을 미치거나 반응하지 않으며, 서로의 관계(대체, 보완) 속에서 편향(biased)되게 나타날 수밖에 없다. 이에 본 절에서는 사후 논의의 전개를 위하여 생산함수를 이용하여 기술변화에 따른 노동시장의 기술편향성과 고용효과에 대한 이론적 분석을 제시하고자 한다.

한 국가 경제의 총생산함수를 제시할 때, 생산요소로서 노동자는 편의상 숙련(고학력)노동자($S(t)$)와 미숙련(저학력)노동자($L(t)$)로 나누어 제

시하고 이들은 서로 불완전한 대체관계에 있다고 설정한다. 이와 같이 노동자를 숙련에 따라 두 가지로 구분하는 것은, 대체가능한 숙련들이 서로 불완전한 연속체인 현실을 정확하게 반영하지는 못하지만, 분석의 편의상 양분화를 통한 일반화가 효율적이기 때문이다.¹⁵⁾ 모든 노동자들은 위험 중립적이며 시간 t 에 비탄력적으로 노동공급을 하는 것으로 가정한다. 또한 노동시장은 경쟁적이고 $A(t)$ 는 기술지수(technology index)로 경제의 효율성을 나타내며, 고전경제학의 일반가정(정(+))의 한계생산성, Inada conditions 등이 만족된다고 가정한다.

$$(1) Y(t) = F(L(t), S(t); A(t)),$$

기술의 발전($A(t)$ 의 증가)은 크게 생산요소 간의 생산성 향상 (productivity augmenting) 또는 동일한 생산량의 요소절감(factor saving)에 대한 상대적 크기에 따라 다음과 같이 세 가지로 구분할 수 있다.

- 중립적 기술발전(neutral technological progress(TP)):

$$Y = A(t)F(L, S)$$

- 미숙련노동 증가형 기술발전(labor augmenting TP):

$$Y = F(A(t)L, S)$$

- 숙련노동 증가형 기술발전(skilled-labor augmenting TP):

$$Y = F(L, A(t)S)$$

한편 이러한 기술변화가 각 생산요소의 상대적 한계생산성(=경쟁시장하의 상대적 요소수익률)에 미치는 영향은 상대적 크기에 따라 다음과 같이 숙련노동과 미숙련노동에 대한 기술변화의 편향성(bias)으로 구분하

15) 이를 둘 이상으로 구분한다 하더라도 숙련의 차이에 따른 분석의 주된 결과에는 차이가 없다.

여 나타낼 수 있다.

- 미숙련노동 편향적 기술변화 (labor biased technical change):

$$\frac{\partial\left(\frac{\partial F/\partial S}{\partial F/\partial L}\right)}{\partial A} = \frac{\partial\left(\frac{MP_S}{MP_L}\right)}{\partial A} < 0$$

- 숙련노동 편향적 기술변화(skilled-labor biased technical change):

$$\frac{\partial\left(\frac{\partial F/\partial S}{\partial F/\partial L}\right)}{\partial A} = \frac{\partial\left(\frac{MP_S}{MP_L}\right)}{\partial A} > 0$$

이와 같이 기술변화가 생산요소의 생산성 향상에 미치는 영향과 그에 따른 상대적 한계생산성에 미치는 영향은 서로 다른 개념으로, 첫 번째 개념은 기술의 발전방향을 나타내는 것이고 두 번째 개념은 기술발전과 생산요소 간의 상대적 관계(대체 및 보완)의 편향성을 나타내는 것이다. 특히 편향성은 고용 및 임금변화에 직접적으로 영향을 미치는 변수이다. 이와 같이 비슷하면서 상이한 두 용어를 제시하는 이유는, (i) 기간 간의 기술변화를 생산성 향상이라는 객관적인 데이터로 추정하는 것이 불가능(불완전)하기 때문에 활용 가능한 데이터(임금 등)를 이용하여 유도된 형태(reduced form)의 기술변화를 추정해 내기 위함이며, (ii) 기존의 총요소 생산성(total factor productivity)으로 측정하던 방식이 기술변화에 대한 생산요소의 중립성을 가정한 결과이므로 기술과 생산요소의 편향성을 찾는 연구에 한계점을 가지고 있기 때문이다.

이제 미숙련노동과 숙련노동을 생산요소로 하는 CES(constant elasticity of substitution) 생산함수를 통하여 두 개념의 차이를 명확히 하고자 한다.

$$(2) Y(t) = [\gamma(A_L L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma)(A_S S)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}},$$

여기에서 A_L 과 A_S 는 미숙련노동과 숙련노동의 기술(생산성)수준을 나타내고, $\gamma \in (0,1)$ 는 두 요소의 중요도 변수, $\sigma \in (0, \infty)$ 는 두 생산요소의 대체탄력성을 나타낸다. 따라서 기술의 발전방향은 두 생산요소 간의 생산성의 비율 A_S/A_L 로 나타낸다. 한편, 기술변화의 편향성은 식 (2)에서 노동자들의 한계생산성비율을 아래와 같이 구한다.

$$(3) w = \frac{w_S}{w_L} = \frac{\partial F/\partial S}{\partial F/\partial L} = \frac{MP_S}{MP_L} = \frac{1-\gamma}{\gamma} \left(\frac{A_S}{A_L}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{S}{L}\right)^{-\frac{1}{\sigma}}$$

여기에서 요소시장이 경쟁시장이라는 가정 하에 두 노동자 간 한계생산성 비율(MP_S/MP_L)은 상대적 임금비율(w_S/w_L)로 나타낼 수 있고 이것이 바로 미숙련노동자 임금에 대한 숙련노동자의 숙련프리미엄(skill premium)이라고 한다. 이제 식 (3)을 양변에 로그를 취하면,

$$(4) \ln w = \ln\left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right) + \frac{\sigma-1}{\sigma} \ln\left(\frac{A_S}{A_L}\right) - \frac{1}{\sigma} \ln\left(\frac{S}{L}\right)$$

이 된다. 따라서 기술변화의 편향성의 경우 (상대적) 기술변화에 대한 상대적 임금비율의 변화는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$(5) \frac{\partial \ln w}{\partial \ln(A_S/A_L)} = \frac{\sigma-1}{\sigma}$$

즉, 기술변화의 편향성은 기술변화에 대한 숙련프리미엄의 반응을 의미하며, 이는 대체탄력성의 크기에 따라 상이한 결과로 나타난다. 숙련노동자와 미숙련노동자 간의 대체탄력성이 1보다 클 경우($\sigma > 1$), 숙련기술의 (상대적) 향상($\Delta A_S/A_L > 0$)은 숙련노동자의 (상대적) 수요함수를 바깥쪽으로 이동시킴으로써 숙련프리미엄을 증가시킨다. 반대로 $\sigma < 1$ 경우 숙련기술의 (상대적) 발전은 상대 수요곡선을 안쪽으로 이동시키고 숙련프리미엄을 감소시킨다.¹⁶⁾ 한편 식 (4)에서 $\partial \ln w / \partial (S/L) = -1/\sigma < 0$ 으로 나타난 것은 숙련노동자의 비중이 증가할수록 숙련프리미엄은 감소하며, 미숙련노동자의 수가 많아질수록 숙련프리미엄은 증가하는 것을 의미한다. 이것은 생산요소의 통상적인 우하향하는 수요함수, 즉 요소 간의 대체효과를 나타낸다.¹⁷⁾

예를 들어 레온티에프 생산함수(요소 간 고정투입비율, $\sigma \rightarrow 0$)를 가정한 경우, 기술변화의 편향성이 (-)인 것은, 숙련기술(A_S)의 발전이 숙련노동의 생산성 증가로 인한 숙련수요의 증가보다 미숙련노동에 대한 수요증가가 더 크다는 것을 의미한다. 다시 말해 미숙련노동의 수가 주어진 경우, 숙련기술의 증가는 요소 간 고정투입으로 인해 미숙련노동의 초과수요를 유발하고 미숙련노동의 상대임금을 증가시키게 된다는 것이다. 결국 생산요소 간의 대체탄력성의 크기에 따라 대체탄력성이 1보다 크면 기술의 발전방향과 기술의 편향성이 동일한 방향으로 나타나고, 1보다 작으면 서로 반대 방향으로 나타남을 알 수 있다.

16) 여기에서의 수요함수는 미숙련근로자의 수요를 고려한 숙련근로자의 상대적 수요함수를 의미한다.

17) 직관적으로 보았을 때 S/L 의 증가는 상이한 두 가지 대체효과를 유발시킴을 알 수 있다. 첫째, 숙련 및 미숙련 노동자가 동일한 재화를 생산하지만 다른 기능을 수행하는 경우, 숙련노동자의 증가는 기존에 미숙련노동자에 의해 수행되었던 업무를 숙련노동자로 대체한다는 점이다. 둘째, 숙련 및 미숙련노동자가 서로 상이한 재화를 생산하는 경우, 숙련노동자의 증가는 미숙련노동자에 의해 생산된 재화를 숙련노동자에 의해 생산된 재화로 소비대체를 발생한다는 점이다.

이제 식 (4)에 나타난 노동자의 비중과 기술변화의 방향, 그에 따른 숙련 프리미엄의 변화를 종합적으로 분석해 보자. 만약 숙련노동의 공급(S/L)이 증가하면, 모형상 숙련프리미엄(w)은 우하향하는 숙련노동자의 수요곡선을 따라 우측으로 이동할 것이고 (대체탄력성에 상관없이) 떨어지는 것이 명확하다. 하지만, 미국 경제에서 지난 60년간, 특히 지난 30년간 숙련노동자의 공급(S/L)이 빠르게 증가하였으나 이에 상응한 숙련프리미엄(w)의 하락은 존재하지 않았다. 이것은 숙련노동의 상대임금이 하락하는 것을 막아주는 (다양한 형태의) 숙련수요의 증가가 존재하였음을 함축한다. 다시 말해 숙련노동자의 상대적 생산성 $(A_S/A_L)^{(\sigma-1)/\sigma}$ 이 증가하였음을 의미하며, 이는 결국 미국 경제에서 숙련노동의 상대적 공급이 증가하였음에도 숙련프리미엄이 상승한 원인은 (많은 요인 중에) 지난 60년간 숙련 편향적 기술진보가 진행되어 왔음을 반증하는 것이다($\partial \ln w / \partial \ln (A_S/A_L) > 0$).

제3절 외생적인 기술변화에 따른 숙련 편향성의 메커니즘

본 절에서는 기술진보를 자연(nature)으로부터 또는 신이 천재적인 발명자를 통해 인간에 내려준 선물, 즉 외생적으로 주어진 것으로 가정한다. 이러한 외생적 기술변화에 대한 다양한 숙련 편향성의 메커니즘을 제시하고 이를 통해 기술변화와 숙련고용의 행태, 그리고 그에 따른 정책적인 함의를 추론해 내고자 한다.

1. 가속도 이론(Acceleration theory)

가속도이론은 주어진 기술변화에 따른 인재고용의 양상이 두 변수의

보완성(complementarity)에 의해 좌우된다는 것이다. 즉, 외생적으로 주어지는 기술진보가 어떠한 인재에 더 보완적인가에 따라 편향된 기술변화를 가져온다는 점이다. 더구나 기술진보의 속도가 빠르면 빠를수록 보완적인 인재고용의 효과도 빠르게 변화한다고 주장한다. 본 이론의 중심내용은, 특히 1970년대와 80년대에 컴퓨터로 비롯된 IT관련 산업의 기술혁명이 상대적으로 숙련노동에 보완적인 기술이며, 그 결과 급속한 숙련노동의 생산성 증가(skilled-labor augmenting)와 숙련 편향적(skilled-labor biased) 기술발달로 이어졌다는 사실이다. 따라서 지난 30년간 기술 발달에 대한 평가는 기술변화의 자체가 숙련노동에 보완적인 기술의 진보였으며, 그에 따라 숙련기술이 상대적으로 빠르게 성장(A_S/A_L)하였고, 더불어 숙련노동의 프리미엄(skill premium)도 점차 커지게 되었다는 것이다(Krueger, 1993; Berman, Bound and Griliches, 1994; Autor, Katz and Krueger, 1998; Berman, Bound and Machin, 1998).

2. 설비자본과 숙련의 보완성

Krusell et al.(2000)은 설비자본의 지속적인 가격하락이 숙련편향적인 기술진보를 가져왔으며, 설비자본의 가격하락은 기술의 발전방향을 설비자본과 상대적으로 보완성이 높은 숙련 편향적으로 발전시켰다는 것이다. 본 이론은 2차 대전 이후에 설비자본의 가격이 (상대적으로) 지속적인 하락세를 보였으며, 특히 1970년대 이후 그 추세가 더욱 심화되었다는 사실(Griliches, 1969; Greenwood and Yorukoglu, 1997)과 Griliches(1969) 이후 숙련노동이 미숙련노동보다 설비자본에 더 보완적(capital-skill complementary)이라는 실증분석 결과를 이용한 것이다. 이제 Krusell et al.(2000)의 모형을 통해 기술변화의 메커니즘을 보다 상세히 살펴보자.

먼저 자본을 설비자본(K_e)과 건물자본(K_s)으로, 노동은 숙련(S)과 미

숙련노동(L)으로 구분하고 CES 생산함수를 이용하여 각 생산요소에 대한 상이한 대체탄력성을 아래와 같이 부과하였다.¹⁸⁾

$$(6) Y = K_s^\alpha [b_1 L^\mu + (1 - b_1)(b_2 K_e^\lambda + (1 - b_2) S^\lambda)^{\mu/\lambda}]^{(1-\alpha)/\mu}$$

여기에서 $\sigma_1 = 1/(1-\lambda)$ 은 설비자본과 숙련노동과의 대체탄력성을, $\sigma_2 = 1/(1-\mu)$ 는 미숙련노동과 설비자본 또는 미숙련노동과 숙련노동의 동일한 대체탄력성을 나타낸다. 그리고 상대적 탄력도는 $\sigma_1 < \sigma_2$ (또는 $\mu > \lambda$)이 만족되도록 설정한다.

그 결과 가격수용자인 기업의 이윤극대화 행태로부터 다음과 같이 숙련프리미엄의 근사치를 구할 수 있다.

$$(7) \ln\left(\frac{w_S}{w_L}\right) \approx \sigma \ln\left(\frac{A_S}{A_L}\right) - (1-\sigma) \ln\left(\frac{S}{L}\right) + \lambda \frac{\sigma - \rho}{\rho} \left(\frac{K_e}{S}\right)^\rho$$

여기에서 $\sigma = 0.4$ 와 $\rho = -0.49$ 로 추정된다. 따라서 숙련프리미엄은 숙련 기술의 발전($\partial \ln(w_S/w_L)/\partial \ln(A_S/A_L) = \sigma > 0$)이나 설비자본량의 증가에 정비례하여 증가함을 알 수 있다. 한편 숙련노동의 상대적 생산성(A_S/A_L)이 일정하고 숙련노동의 상대적 공급(S/L)이 증가할지라도 설비-숙련노동의 비율(K_e/S)이 빠른 상승 추세를 보인다면 숙련프리미엄이 증가할 수 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 자본과 숙련노동이 생산에서 보완적일 때, 식 (5)와 식 (7)을 비교해 보면, 식 (5)의 숙련 편향적 기술진보에는 (설비)자본축적으로 인한 숙련수요의 증대효과가 많은 부분

18) Krusell et al.(2000)의 생산함수는 Sato(1963)에서 제시하는 2-level CES 함수의 특수한 형태이다(진주용, 2009).

을 설명한다는 것을 알 수 있다.¹⁹⁾

3. Nelson-Phelps 이론

Nelson-Phelps(1996)가 제안한 기술변화와 숙련노동의 관계는 신기술의 도입에 따른 노동 간 흡수능력(absorption capacity)의 차이에 초점을 두고 있다. 숙련노동자의 생산성이 미숙련노동자에 비해 기술변화에 덜 불리하게 영향을 받는다는 점과 새로운 기술사용에 따른 추가적인 숙련 획득비용이 덜 든다는 점에서 숙련노동자가 기술변화에 대해 비교우위(comparative advantage)가 있다고 주장하였다. 이러한 가설에 기초한 다수의 논문들에 따르면, 미국 경제가 1970년대 초부터 기술혁명이 크게 발생하였으며 그 결과 노동 간 생산성의 차이, 소득의 불평등, 그리고 숙련 수요가 급격히 증가한 것으로 나타난다.²⁰⁾

19) 본 접근법은 기술변화의 동인이 설비자본의 상대가격의 하락이며 그것이 외생적으로 주어진 것으로 가정한다. 하지만 설비자본에는 양적인 접근보다는 질적인 요인이 결합되어 있다는 것을 고려해야 할 것이다. 즉 자본, 특히 설비자본에는 기술이 축적되어 있기 때문에, 결국 숙련수요를 결정하는 주요요인은 설비자본-숙련노동 보완성보다는 기술-숙련노동 보완성이라는 점이다. 이는 중립적인 의미에서 숙련노동의 수요를 증가시키는 것은 신자본과 신기술의 조합이라 할 수 있다. 한편 Autor, Katz, and Krueger(1998)는 산업간 숙련노동을 좀 더 세분화할 수 있다면, 좀 더 많은 교육을 받은 숙련노동의 수요는 단순한 설비자본의 영향을 받는 것이 아니라 컴퓨터와 같은 보다 첨단자본의 영향을 받는다는 것을 제시하였다.

20) Greenwood and Yorukoglu(1997)은 숙련프리미엄이 산업혁명 초기부터 증가하기 시작하였음을 보였으며, Bartel and Lichtenberg(1987)는 최근의 IT 혁명을 배경으로 좀 더 고학력의 개인들이 새로운 기술을 이행함에 있어서 비교우위(comparative advantage)를 갖는다는 증거를 제시하였다. 또한 Bartel and Sicherman(1998)은 기술변화율이 높은 산업에서 고숙련 노동자들의 비율이 높게 나타났다. 그 후 Lloyd-Ellis(1999)는 기술의 혁신율과 노동자의 기술 흡수율(단위 시간당 채택할 수 있는 혁신의 최대 개수) 간에 경쟁을 일반균형 모형으로 수용하여 혁신율이 흡수율을 초과하는 시점에서 부족한 노동과 적응 가능한 노동 간의 극심한 경쟁으로 인해 임금 불균형이 발생한다고 하였다. 한편 Galor and Moav(2000)은 새로운 기술발전이 장기 고용된 미숙련자의 분야를 침식시키는 효과(erosion effect)가 존재한다고 하였다. 그 외에 IT 기술의 확산이 적응 가능한 숙련 노동자의 수요를 증가시킨다는 논리는 Galor and Tsiddon(1997), Caselli(1999), Aghion et al.(2002) 등에 의해 다양한 방식으로 정당화되었다.

본 이론의 기본적인 메커니즘을 모형을 통해 살펴보자. 초기에 모든 노동자는 기존섹터에 고용되어 기존기술의 생산함수, $y_0 = A_0 k_0^\alpha l_0^{1-\alpha}$, 를 통해 생산 활동을 하고 경쟁적인 노동시장에 따라 동일한 임금수준을 받는다고 가정한다. 그 후 기술이 발전($A_1 > A_0$)하여 신기술이 도입된 경우, 새로운 생산함수, $y_1 = A_1 k_1^\alpha l_1^{1-\alpha}$,가 등장한다. 노동자들은 신기술에 대한 상이한 학습(적응)비용으로 인해 서로 다른 생산함수에 종사하여 두 개의 섹터가 형성되고 두 섹터 간의 노동의 이동은 불완전해지며 임금도 상이해짐을 가정한다. 한편, 자본은 노동과 달리 좀 더 생산적인 분야로 자유로운 이동이 가능하여 자본에 대한 요소가격은 두 섹터에서 아래와 같이 균등해짐을 가정한다.

$$(8) R_0 = R_1 \Rightarrow \frac{l_0}{k_0} = \left(\frac{A_1}{A_0}\right)^{1/(1-\alpha)} \frac{l_1}{k_1}$$

그 결과 노동시장의 균형은 신기술에 빠르게 적응할 수 있고 더 생산성이 높은 새로운 섹터로 이동할 수 있는, 즉 신기술의 학습비용이 낮고(높은 능력을 가진) 숙련된 노동자 쪽에서 임금의 프리미엄이 발생함을 알 수 있다.

$$(9) w_1 = \left(\frac{A_1}{A_0}\right)^{1/(1-\alpha)} w_0 > w_0$$

이러한 숙련프리미엄은 노동의 이동이 제약적인 반면에 자본의 이동이 완전한 경우에 더욱 커진다는 점이다. 왜냐하면 새로운 기술을 운용하는 섹터로 자본이 흘러가는 것은 새로운 기술의 노동자에게 더 많은 자본을 부여하게 되고, 이것은 이들의 상대임금을 더 증대시키기 때문이다. 이러

한 결과는 새로운 기술의 초기 도입 국면에서 강하게 나타나며 시간이 지남에 따라 새로운 기술을 다루는 방법을 배운 노동자들이 충분히 존재하게 되거나 새로운 기술 자체가 표준화되면 숙련노동의 프리미엄은 점차 상쇄될 수 있다.

4. 기술유형별 획득비용 이론

기술은 원래 특정 유형의 기계와 그 기계를 사용하는 데 필요한 숙련을 가진 노동자 간의 일종의 조합 형태이다. 기술혁명이 새로운 유형의 기계를 도입하는 것이라면, 새로운 유형의 기계는 기존 유형의 기계보다 좀 더 생산적이면서 일련의 기계고유의(machine-specific) 숙련을 추가적으로 요구할 것이다. 이러한 신기계의 숙련 획득을 위한 비용은 노동의 질적 요인에 따라 서로 다르게 나타날 것이다. 만약 기존 설비에서 요구되는 숙련보다 새로운 설비의 숙련획득에 더 많은 비용이 드는 경우 기술변화는 숙련노동 편향적이 될 것이며, 기존 기술과 관련된 숙련보다 새로운 숙련을 더 낮은 비용으로 획득할 수 있다면 기술발전은 탈숙련적(de-skilling)이 될 것이다.²¹⁾

기술혁명이 숙련 편향적인 경우 먼저 학습비용이 낮은 노동자는 새롭고 좀 더 생산적인 기계를 사용하고, 비용이 높은 노동자는 기존기계를 고수할 것이다. 이때 자본은 고학습비용 산업(저숙련노동자 고용산업)에서 자본의 한계생산성이 높은 저학습비용 산업(고숙련노동자 고용산업)으로 흐르게 되고, 결국 자본-노동 비율이 낮은 고학습비용 산업의 노동자는 절대임금의 감소를 경험하고 저학습비용 산업의 노동자는 좀 더 생산적인 기계로 더 높은 자본-노동 비율을 가지면서 임금의 상승을 경험한다. 이러한 소득격차의 지속성 여부는 새로운 숙련을 학습하는 것이 이익

21) 숙련 편향적 기술혁명의 가능한 예로는 증기기관, 발전기, 정보기술 등이고 탈숙련적 기술혁명의 예는 조립라인을 들 수 있다.

이 되는 노동력의 비율이 증가하고, 새로운 기계를 사용하는 비율이 지속적으로 상승하여 경제 전체에 신기술이 점차 확산되어 갈수록 임금격차는 감소할 것이다. 한편, 기술혁명이 탈숙련적인 경우, 많은 노동자들이 새로운 기술을 습득하고(embrace) 이익을 가질 수 있다. 그 결과 경제 전반에 첨단 기술의 사용자는 증가하고 탈숙련 기술혁명이 소득의 불평등을 하락시킨다. 또한 탈숙련 기술혁명은 항상 기존 기술을 완전하고 빠르게 소각(abandon)시키며, 신기술의 확산이 빠르게 이루어진다.

이러한 논리는 1970년 이후 미국의 급격한 소득 격차의 확산 원인이 상당부분 숙련-편향적 기술변화에서 기인하는 것을 설명하고 있으며, 그 중심에 정보기술 혁명이 있음을 명시하고 있다. 이와는 반대로 19세기에 나타난 공장제 분권형 생산방식의 발달은 탈숙련적 기술혁명으로 기인한 것으로 여겨진다.

5. 외생적 기술진보의 한계

지금까지 제시된 외생적 기술진보이론은 다음과 같이 몇 가지 약점을 가지고 있다. 첫째, 기술의 변화가 외생적으로 결정되지 않는다는 점이다. 기술의 변화는 주체 간의 투자와 필요에 의해서 또는 수요와 공급에 의해서 이끌어지는 내생변수의 성격을 가지고 있기 때문이다. 둘째, 최근 30년 사이에 일어났다고 하는 급격한 기술진보(기술혁명)가 실제로 존재하였는가에 대한 의문에서부터 시작한다. 신기술 도입에 대한 학습 및 수용기간으로 인해 총요소생산성(total factor productivity)이 일시적으로 느려진 것이 급격한 기술진보에 의한 결과라는 주장(Greenwood and Yorukoglu, 1997; Hornstein and Krusell, 1996)과 컴퓨터가 이전의 신기술보다 훨씬 덜 급진적인 혁신이 아니라는 평가가 혼재되어 있다. 셋째, 본 기술진보의 이론이 최근(1970년 이후)의 이슈에 한정되어 있다는 점이다. 19세기 초기에 있었던 주요 기술의 변화는 숙련 편향적 기술진보보다

는 기계와 대량생산 공정의 도입으로 인한 공장제 생산체제로 오히려 숙련노동이 대체(skill-replacing)된 기술진보였다는 점이다.²²⁾ 따라서 기술진보가 일어난 시기에 숙련노동의 수요가 항상 증가한다는 이론은 역사적으로 연속성이 부족하다.

제4절 중간재 다각화를 통한 내생적 기술진보와 숙련고용

새로운 성장이론(New growth theory)에 속하는 모형들은 기술진보를 통한 혁신활동의 수준이 내생적으로 결정된다고 기술한다. 이에 본 절에서는 생산자 측면의 일반균형 모형(Acemoglu, 2002)을 이용하여 이윤극대화를 추구하는 기업이 새로운 기술에 대한 투자를 어떠한 방향으로 결정하는지를 내생적 성장모형(endogenous growth theory)으로 제시하고 기술변화에 따른 숙련고용의 변화양상에 대한 정책적 함의를 찾고자 한다.²³⁾

1. 기본모형

본 모형은 Romer(1987, 1990)가 제시한 중간재 상품의 다양성(product variety) 확장을 통한 기술변화 모형을 이용한다. 여기에는 두 개의 상이한 생산요소(S, L)의 조합을 통해 생산된 중간재가 존재하며 이를 최종재

22) 기술유형별 획득비용이론은 19세기의 공장제 형태의 기술발전을 숙련노동 대체의 기술진보로 설명하고 있다. 하지만 그 외의 이론에서는 설명력이 부족하다.

23) 기술변화의 내생성은 이윤동기와 기회가 신기술의 발전과 도입에 중요하다는 의견과 맥을 같이한다. 이에 대한 역사적인 증거는 19세기 후반의 미국의 전차도입(Braudel, 1984)과 전기도입(Nye, 1990) 등이 해당된다.

에 투입하여 생산하는 것으로 나타낸다. 먼저 본 모형에 등장하는 공급자 측면의 등장요인을 살펴보면 다음과 같다.

- 기계 제작자(machine producer): 신기술 개발(A_S, A_L)에 대한 투자방향을 결정하며, 신기술의 비경합성(nonrivalry), 비배제성(nonexcludability)의 특징으로 인해 신기술에 대한 독점적 지위를 부여받는다.
- 중간재 생산자(intermediate producer): 미숙련 노동집약적(unskilled labor intensive)에서 주어진 다양한 기계(N_L)를 이용하여 중간재를 생산(Y_L)하는 섹터와 숙련 노동집약적(skilled-labor intensive)에서 주어진 다양한 기계(N_S)를 이용하여 중간재를 생산(Y_S)으로 섹터가 나누어진다. 섹터별 중간재 시장은 경쟁시장을 가정한다.
- 최종재 생산자(final output producer): 주어진 두 개의 중간재(Y_S, Y_L)를 이용하여 한 종류의 최종재(Y)를 생산하며, 최종재 시장은 경쟁시장을 가정한다.
- 소비자(consumer): 모든 자산을 소유한 자로 매기 최종재 생산량을 소비(C)와 중간재 투자(I) 및 기계제작에 대한 R&D 투자(R)에 분배하여 이를 통해 효용을 극대화한다.

이러한 설정에 따른 구체적인 함수의 형태는 다음과 같다.

- 소비자 이윤함수 및 예산식:

$$U = \int_0^{\infty} \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} e^{-\rho t} dt \quad \text{st.} \quad Y = C + I + R$$

- 최종재 생산함수: $Y = \left(\gamma Y_L^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} + (1-\gamma) Y_S^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

- 중간재 생산함수

- unskilled labor intensive 중간재 생산:

$$Y_L = f(A_L, L) = \frac{1}{1-\beta} \left(\int_0^{N_L} x_L(j)^{1-\beta} dj \right) L^\beta;$$

- skilled-labor intensive 중간재 생산:

$$Y_S = g(A_S, S) = \frac{1}{1-\beta} \left(\int_0^{N_S} x_S(j)^{1-\beta} dj \right) S^\beta;$$

- 중간재 생산의 단위당 생산비용: ψ

소비자는 최종재를 소유하고 있으며 이를 재분배하여 전 기간을 고려한 이윤의 현재가치를 극대화하고자 한다. 최종재는 상기에 제시된 결과와 상응하도록 CES 함수로 설정하였다. 중간재 생산은 두 개의 상이한 섹터에서 보완적인 요소의 집약에 따라 (unskilled) labor intensive 중간재 생산자와 skilled-labor intensive 중간재 생산자로 구분하여 생산한다. 생산된 중간재는 최종재 생산의 중간재로 사용된다. 한편 각 섹터별 기술발전은 기계의 수(N_S, N_L)가 증가함에 따라 결정되는 것으로 나타내며, 새로운 기계의 개발여부(기술변화의 방향, $(\Delta N_S, \Delta N_L)$)는 기계제작자가 두 기계 공급의 생산비용(ψ)에 대한 상대적 수익성에 따라 결정한다. 새로운 기계개발을 위한 기계제작자의 R&D 투자함수는 투자방향에 따라 노동집약적 중간재 기계개발에 투자된 R&D는 R_L , 숙련 노동집약적 중간재 기계개발에 투자된 R&D는 R_S 로 나타낸다.

이를 통한 각 주체들의 이윤함수는 다음과 같다.

- 기계 제작자의 이윤함수:

- 기계 $x_L(j)$ 의 경우:

$$\int_t^\infty \pi^L(t) e^{-r(v-t)} dv \text{ 에서 } \pi^L(t) = (\chi_L(j) - \psi)x_L(j),$$

- 기계 $x_S(j)$ 의 경우:

$$\int_t^\infty \pi^S(t) e^{-r(v-t)} dv \text{ 에서 } \pi^S(t) = (\chi_S(j) - \psi)x_S(j).$$

▪ 중간재 생산자의 이윤함수:

$$\text{- 중간재 } Y_L \text{ 의 경우: } \pi_{Y_L}(t) = p_L Y_L - w_L L - \int_0^{N_L} \chi_L(j) x_L(j) dj,$$

$$\text{- 중간재 } Y_S \text{ 의 경우: } \pi_{Y_S}(t) = p_S Y_S - w_S S - \int_0^{N_S} \chi_S(j) x_S(j) dj.$$

▪ 최종재 생산자 이윤함수: $\pi(t) = Y - p_L Y_L - p_S Y_S$

2. 기계 제작자의 기술투자 방향

중간재와 최종재 시장은 완전경쟁시장을 가정하며 최종재는 numeraire 로 나타낸다. 더불어 본 절에서는 기술발전을 위한 투자방향의 설정을 쉽게 하기 위해 이미 주어진 기술발전의 방향 $\left(\frac{A_S}{A_L} = \frac{N_S}{N_L}\right)$ 은 당분간 고정 (constant)된 것으로 가정하고 그 결과에 따른 투자수익을 먼저 구한 후에 기술의 발전에 따른 투자방향을 재결정하는 것으로 설정한다.

이제 주어진 시장조건과 각 생산자들의 이윤극대화를 통해서 구해지는 시장균형을 제시하면 다음과 같다. 먼저 중간재의 상대가격은

$$(10) \quad p = \frac{p_S}{p_L} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\beta\epsilon/\sigma} \left(\frac{N_S}{N_L}\right)^{-\beta/\sigma} \left(\frac{S}{L}\right)^{-\beta/\sigma}$$

이고, 새로운 기계 제작에 투자방향을 결정하는 독점자의 특정기간(t)의

총이윤은 다음과 같다.

- t기의 미숙련 노동집약적 기계제작자 총이윤: $\pi_L = \beta p_L^{1/\beta} L$,
- t기의 숙련 노동집약적 기계제작자 총이윤: $\pi_S = \beta p_S^{1/\beta} S$.

여기에 기계제작자의 전 기간에 대한 총이윤의 현재가치가 정상상태 (steady state)라는 가정을 추가하면 기술을 발전시키는 기계제작자의 두 가지 선택(미숙련노동 집약적 기계제작, 숙련노동 집약적 기계제작)에 따른 총이윤의 현재가치는 다음과 같이 정리된다.

$$(11) \quad V_L = \frac{\beta p_L^{1/\beta} L}{r}, \quad V_S = \frac{\beta p_S^{1/\beta} S}{r}$$

기계제작자의 두 가지 기술투자 방향에 대한 상대적인 이윤을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$(12) \quad \frac{V_S}{V_L} = p^{1/\beta} \frac{S}{L} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\frac{\epsilon}{\sigma}} \left(\frac{N_S}{N_L} \right)^{-\frac{1}{\sigma}} \left(\frac{S}{L} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$$

여기에서 ϵ 은 두 중간재의 대체탄력성을 나타내고, $\sigma \equiv \epsilon - (\epsilon - 1)(1 - \beta)$ 는 두 생산요소 숙련노동과 미숙련노동의 대체탄력성을 나타낸다. 따라서 기계제작자는 $V_S > V_L$, 즉 새로운 숙련 노동집약적인 기계로 인한 총이윤이 미숙련 노동집약적인 기계로 인한 총이윤보다 클 경우, 신규 기계제작을 위한 투자방향은 숙련 증가형(skill-labor augmenting) 기술이 투자 발전될 것이고, $V_S < V_L$ 이면 미숙련 증가형(labor augmenting) 기술발전에 투자할 것이다.

보다 구체적으로 혁신의 두 유형에 있어서 상대적 수익성(기술투자의 방향)은 가격효과(price effect), $(p_S/p_L)^{1/\beta}$ 과 시장규모효과(market size effect), S/L 에 의해 결정된다.

- 시장규모효과: 신기술(기계) 사용에 대한 시장수요가 많을수록 혁신유발효과가 크다. 즉 신기술(기계) 사용에 보완적인 생산요소가 많으면 많을수록 혁신유발효과가 크다. 따라서 숙련노동 집약적 기계는 숙련노동이 많을수록, 미숙련노동 집약적 기계는 미숙련노동이 많을수록 혁신유발효과가 크고 투자가 많이 이루어질 것이다.
- 가격효과: 신기술(기계) 사용을 통해 생산되는 제품의 시장가격이 높을수록 혁신유발효과가 크다. 즉, 새로운 기계사용을 통해 만들어지는 중간재의 가격이 높을수록 혁신유발효과가 크다.

여기에서 생산요소 간 규모(S/L)에 따라 식 (10)과 같이 가격효과는 음의 효과를 나타내기 때문에, 결과적으로 상대 요소공급 S/L 의 증가는 $\sigma > 1$ 일 때 시장규모효과가 가격효과보다 더 커서 상대 수익성 V_S/V_L 을 증가시키고, $\sigma < 1$ 일 때 시장규모효과가 가격효과보다 작아서 상대 수익성을 감소시킨다. 따라서 두 생산요소(S, L)가 조대체재일 때 시장규모효과가 커서 기술(기계)의 변화(투자)는 좀 더 다수 생산요소로 기술투자가 되고, 조보완재일 때 가격효과가 더 커서 소수의 생산요소로 기술투자방향이 결정된다.

한편 중간재 섹터별 생산에 사용된 요소의 상대가격은 중간재 상품시장이 경쟁적일 때 기업의 최적화 조건을 통해 다음과 같이 제시된다.

$$(13) \quad w = \frac{w_S}{w_L} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\frac{\epsilon}{\sigma}} \left(\frac{N_S}{N_L} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{S}{L} \right)^{-\frac{1}{\sigma}}$$

상대 요소가격 w_S/w_L 은 상대 요소공급 S/L 의 감소함수이며, 이는 통상적인 대체효과를 나타낸다. 소수 요소가 다수 요소로 대체되고, 따라서 한계생산은 낮아진다. 한편 N_S/N_L 이 w_S/w_L 을 증가시킬지 여부는 요소간 대체탄력성 비율, $(\sigma-1)/\sigma$ 에 의존한다. 즉 $\sigma > 1$ 일 때 상대 요소가격은 증가, 즉 숙련 편향적 기술진보가 발생하고 $\sigma < 1$ 일 때는 반대의 효과로 미숙련 편향적 기술진보가 나타낸다.

3. 생산제약을 고려한 정상상태(steady state)의 숙련편향성 기술변화

상기에서 유도한 것은 혁신의 수요측면에 대해 한정하여 분석한 결과이다. 따라서 본 절에서는 수요측면의 결과에 공급측면의 생산제약을 고려하여 기술변화에 대한 보다 일반적인 요소편향성을 살펴보고자 한다. 혁신에 대한 공급측면의 생산제약을 나타내는 혁신비용 또는 혁신가능경계(innovation possibilities frontier)는 상태의존(state dependence)의 정도에 따라 기술변화의 방향에 중요한 영향을 미친다. 여기에서 상태의존이란 현재의 R&D 구성(상태)이 미래 혁신의 상대비용에 어떻게 영향을 미치는지와 관련이 있다. 예를 들어, 아래 식과 같이 R&D는 과학자(S)에 의해 수행된다고 가정하고 혁신공급(기술발전)에 두 부문을 존재하는 경우, 각 부문의 미래의 생산성은 각 부문의 현재의 지식상태에 의존한다는 것이다. 따라서 다양한 상태의존의 정도에 따라 다음과 같이 다양한 설정이 가능해진다.

$$(14) \quad \dot{N}_L = \eta_L N_L^{(1+\delta)/2} N_S^{(1-\delta)/2} S_L, \quad \dot{N}_S = \eta_S N_L^{(1+\delta)/2} N_S^{(1-\delta)/2} S_S$$

여기서 $\delta \leq 1$ 은 상태의존도를 나타낸다. 즉, $\delta = 0$ 일 때 $(\partial \dot{N}_S / \partial S_S) / (\partial \dot{N}_L / \partial S_L) = \eta$ 은 N_S 및 N_L 의 수준과 무관하게 결정되기 때문에 상태의존이 존재하지 않으며, 반대로 $\delta = 1$ 일 때 $(\partial \dot{N}_S / \partial S_S) / (\partial \dot{N}_L / \partial S_L) = \eta N_S / N_L$ 이므로 오늘의 N_L 의 크기는 미래의 미숙련노동(L)에 보완적인 혁신을 저렴하게 하지만 숙련노동(S) 보완적 혁신의 비용에는 영향이 없다. 본 모델을 정상상태(steady state)의 균형점에 대한 기술시장청산 조건을 이용하여 다음과 같이 상대기술을 내생화시킬 수 있다.

$$(15) \quad \frac{N_S}{N_L} = \left(\frac{\eta_S}{\eta_L} \right)^{\frac{\sigma}{1-\delta\sigma}} \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\frac{\epsilon}{1-\delta\sigma}} \left(\frac{S}{L} \right)^{\frac{\sigma-1}{1-\delta\sigma}}$$

여기서 N_S/N_L 은 요소공급의 관계(S/L)에 의존하며, 두 생산요소의 상대적 크기의 변화(S/L)는 두 생산요소의 탄력성(σ)과 상태의존성(δ)에 따라 기술변화의 방향을 바꿀 수 있다. 이제 앞에서 제시한 요소의 상대가격 식 (13)에 기술의 변화를 내생화한 식 (15)를 대입하면 다음과 같은 균형에서의 요소 간 상대가격을 구할 수 있다.

$$(16) \quad \frac{w_S}{w_L} = \left(\frac{\eta_S}{\eta_L} \right)^{\frac{\sigma-1}{1-\delta\sigma}} \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\frac{(1-\delta)\epsilon}{1-\delta\sigma}} \left(\frac{S}{L} \right)^{\frac{\sigma-2+\delta}{1-\delta\sigma}}$$

이와 같은 설정에서는 경제의 동학(dynamic)이 불안정적임을 시사한다.²⁴⁾

24) 특히 $\eta N_S^{\delta} V_S / N_L^{\delta} V_L < 1$ 이면 노동증가형 기술변화($\dot{N}_L > 0$)만이 존재하고 $\eta N_S^{\delta} V_S / N_L^{\delta} V_L > 1$ 이면 숙련노동 증가형 기술변화($\dot{N}_S > 0$)만이 나타난다. 이것은 $\sigma < 1/\delta$ 의 여부에 의존한다. $\sigma < 1/\delta$ 일 때 이행 동학은 균형성장경로로 회귀하지만 반대로 $\sigma > 1/\delta$ 일 때 균형동학은 불안정해지고 한 가지 유형의 R&D만 수행되는 혁신

따라서 본 모형은 $2 - \delta < \sigma < 1/\delta$ 을 만족하는 안정적인 경우로 한정하고 분석의 편의상 상태의존성을 0으로 두고 논의를 지속한다.

[그림 3-1] 생산요소 간 대체율에 따른 요소비율, 기술변화, 기술편향성 효과

Condition	Partial effect	Total effect
$\sigma > 2$		$S/L \xrightarrow{+} N_S/N_L$ $S/L \xrightarrow{+} w_S/w_L$ $N_S/N_L \xrightarrow{+} w_S/w_L$
$1 < \sigma < 2$		$S/L \xrightarrow{+} N_S/N_L$ $S/L \xrightarrow{-} w_S/w_L$ $N_S/N_L \xrightarrow{+} w_S/w_L$
$\sigma < 1$		$S/L \xrightarrow{-} N_S/N_L$ $S/L \xrightarrow{-} w_S/w_L$ $N_S/N_L \xrightarrow{-} w_S/w_L$

앞에서 언급한 바와 같이 기술의 변화가 외생적으로 주어진 경우에는 S/L 비율이 커짐에 따라 생산요소의 가격이 떨어진다. 그럼에도 숙련프리미엄이 증가하는 것은 숙련 편향적 기술진보가 존재한다는 것이다. 그러나 기술변화가 내생적인 경우에는 대체탄력성이 $\sigma > 1$ (상태의존성이 0인 경우)를 만족하면, 숙련노동의 증가의 직접적인 효과는 생산요소의 가격(숙련프리미엄)을 떨어뜨리는 부(-)의 효과가 있으며, 간접적으로 숙련

(corner)을 얻게 된다. 직관적으로는, N_S/N_L 의 증가는 통상적인 가격 및 시장규모효과를 유발할 뿐만 아니라 미래 R&D의 (상대적)비용에도 영향을 미친다. δ 가 매우 높은 경우 후자의 효과가 매우 커짐으로써 불안정한 효과를 유발하게 된다. 이에 본 모형은 $2 - \delta < \sigma < 1/\delta$ 을 만족하는 안정적인 경우로 분석을 한정한다.

기술을 발전시켜서 생산요소의 가격을 상승시키는 정(+)의 효과를 동시에 가진다는 점이다. 따라서 대체탄력성 σ 이 2보다 크면, 숙련노동의 상대공급증가는 간접효과가 직접효과보다 항상 커서 숙련노동의 임금 프리미엄을 증대시키고 항상 숙련 편향적 기술진보를 가져온다.

[그림 3-1]은 요소 간 대체탄력성(σ)의 크기에 따라 생산요소의 상대적 공급(S/L)이 기술변화의 방향(N_S/N_L) 및 생산요소의 상대가격(프리미엄, w_S/w_L)에 미치는 영향을 종합적으로 제시한다. 이러한 접근은 많은 의미를 함축하고 있다. 첫째, 요소 간 대체탄력성이 1보다 크다면, 숙련노동자의 상대공급이 과거 60년 동안 증가함에 따라 기술진보의 방향이 숙련기술의 발전으로 이어졌다는 것을 의미한다. 둘째, 숙련노동자와 미숙련노동자 사이의 대체탄력성이 2보다 크다면, 숙련노동자 수요는 숙련노동자 공급효과를 능가할 만큼 증가하여 경제는 우상향하는 숙련의 상대수요 곡선을 따라 점차적으로 이동하여 숙련프리미엄이 커지는 숙련 편향적 기술진보가 발생할 것이다. 이것은 바로 대학교육에 따른 수익이 과거 반세기 동안 왜 지속적으로 증가하였는지를 설명하고 있다. 셋째, 숙련편향의 기간 간의 진척도(가속도)에 대한 이론 역시 본 모형을 통하여 비롯된다. 이 이론에 따르면, 숙련공급의 급격한 초기증가는 더딘 기술반응으로 인해 처음에는 숙련프리미엄을 감소시킨다. 하지만 시간이 지나면서 기술이 조정을 시작하게 되고 경제는 우상향하는 상대 수요곡선을 따라 이동하면서 대학교육의 프리미엄이 매우 급격한 증가를 야기시킨다는 점이다. 넷째, 본 이론은 현재뿐만 아니라 18세기 말과 19세기 초에 나타난 기술변화가 미숙련 노동자로 편향된 이유에 대해 설명을 제공한다. 산업혁명 이후 대부분의 숙련-대체 기술, 즉 공장 시스템의 출현은 상대 공급의 지속적인 변화와 일치한다. 이 시기에 농촌에서 도시로 미숙련 노동자의 대규모 이동이 있었으며, 이로 인해 미숙련노동의 급격한 증가가 있었다. 이러한 증가는 미숙련 노동자와 함께 사용될 수 있는 기술

을 도입함으로써 기업에게 이윤 기회를 유발시킨다. 결국 숙련-대체 기술에 대한 유인이 미숙련 노동자의 공급 증가에 의해 시작된 것이며, 이는 앞에서 제시한 분석의 틀이 상이한 시대상황에서도 일관되게 해석될 수 있다.

4. 중간재 다각화를 통한 내생적 기술진보의 한계점

중간재 다각화 모형을 이용한 내생적 기술성장의 핵심 내용은, 숙련노동의 증가에 대한 간접적인 (물적)기술변화 효과가 직접적인 요소 간 대체효과보다 크다면(모형상 숙련노동과 미숙련노동 간의 대체탄력성이 2보다 크다면), 경제는 숙련 편향적 기술진보가 발생한다는 것이다. 이러한 논리에는 이윤을 극대화하는 중간재 생산기업이 다수의 생산요소가 존재하는 중간재에 혁신활동을 집중시키고 이를 통하여 중간재의 독점력을 보다 넓힐 수 있기 때문이라는 모형상의 배경이 깔려 있다.

하지만 본 이론은 실증적으로 기술변화와 고용시장의 변화를 모두 담아내기에는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 첫째, 기술의 편향성이 상대적 노동규모에 의해 결정된다고 하였으나, 역사적으로 보면 노동의 질이 크게 향상되는 시기에 기술의 변화가 양적으로 풍부한 노동으로 편향되어 발생했다고 볼 수 있는 실증적 근거가 부족하다(Goldin and Katz, 1999). 둘째, 숙련노동이 증가할지라도 시계열적으로 경제 전체의 노동생산성은 점차 하락하였다는 점이다. 상대적 숙련노동이 증가하면 성장률도 동반 상승해야 하지만 현실 데이터에서는 생산성이 하락한 것이다. 물론 본 모형이 혁신의 방향에 대해서 논하고 혁신의 속도에 대해서는 논하고 있지 않다. 기술의 변화에 따른 경제 내 파급효과 등을 설명하는 데 한계를 가지고 있다. 이를 보완하기 위하여 다음 절에는 질적 향상을 통한 성장이론을 살펴보고자 한다.

제5절 질적 향상을 통한 성장이론 접근

본 절은 질적 향상을 통한 창조적 파괴(constructive destruction)가 가능한 Schumpeterian의 성장모형을 이용하여 경제시스템 전체에 영향을 미치는 보편적 목적하의 기술(General Purpose Technologies, GPT)이 경제 전체에 일정한 기간에 걸쳐 비선형으로 전파(diffusion)되는 현상을 설명한다. 기존의 성장모형은 모든 경제주체들이 동일(homogeneous)하다는 가정하에 기술의 변화에 따른 효과를 분석한다. 그러나 이러한 분석은 서로 상이한(heterogenous) 경제 주체 간의 기술의 변화에 대한 반응이나 효과 등에 대한 차이점을 제시할 수 없는 한계를 지니고 있다. 따라서 본 절에서는 상이한 경제주체 간에 연속적인 혁신(제품의 질적 변화)을 통한 과거혁신의 독점적 지대(혜택)가 대체(파괴)되는 Schumpeterian 성장모형(Aghion-Howitt; 1992, 1998a)을 분석한다. 이를 통해 기술변화에 따른 고용시장의 동태적 행태에 대하여 살펴보고자 한다.

보편적 목적하의 기술(GPT)이란 경제시스템 전체에 광범위하게 영향을 미치는 보편적으로 사용되는 기술을 의미한다(Bresnahan and Trajtenberg, 1995; Helpman, 1998). 예를 들어, 증기기관(steam engine), 발전기(electric dynamo), 레이저, 그리고 최근의 정보기술의 발전 등을 포함할 수 있다. 이러한 GPT의 전파형태는 보통 부수적인 다수의 혁신파장(a wave of secondary innovations)을 통하여 전파되고, 그 결과 각 산업별로 새로운 상품과 공정이 연속적으로 형성되며, 타 산업군에도 비슷한 형태의 GPT 도입을 증대시킨다.

본 모형에 대한 두 가지의 핵심적인 요건은 다음과 같다.

- 새로운 GPT의 실험(experimentation)과 도입(adoption)을 위해서는 숙련노동의 고용이 필수적이다.

- 새로운 GPT의 전파가 오랜 시간이 소요될지라도, 전파과정상에 숙련 집약적인 실험이 단기에 걸쳐서 집중적으로 발생한다.
- 새로운 GPT를 사용하기 위해서는 이를 사용하여 문제해결을 경험해 본 예시기업(template)이 존재하고 그를 만나서 배울 수 있는 조건이 형성되어야 한다.

따라서 새로운 GPT의 등장은 짧은 기간 동안 숙련노동에 대한 수요를 급증시키고, 숙련노동을 통해 GPT의 도입을 위한 실험을 통하여 새로운 GPT가 경제 내부에 전파된다.²⁵⁾ 더불어 한 기업이나 산업이 새로운 기술을 배우기 위해서는 그 모든 것을 하나하나 발견하는 것이 아니라 비슷한 상황의 다른 기업의 경험을 통해 많은 부분을 배운다는 점이다. GPT 생성 초기에는 GPT를 사용하는 기업의 수가 무척 적기 때문에 사회적 학습을 통한 기술전파가 낮은 반면에, 시간이 흐름에 따라 GPT의 경험을 가진 기업이 많을수록 다수의 기업이 보다 쉽게 GPT 도입을 시도할 것이고, 그에 따라 전파속도와 숙련노동의 수요도 증가할 것이다.²⁶⁾

이제 간단한 모형을 통해 살펴보자. 먼저 최종재 생산함수는 다음과 같다.

$$(17) \quad y = \left[\int_0^1 A(i)^\alpha x(i)^\alpha di \right]^{1/\alpha}$$

최종재 생산은 0과 1 사이에 존재하는 모든 중간재 기업들의 생산량의 합으로 나타낸다. 중간재 생산기업의 생산성은 어떤 GPT를 사용하느냐

25) 본 절에서 가정한 두 요건은 시대적 상황에 따라 달리 해석할 수 있다. 본 모형은 기술의 약진을 도입하고자 숙련노동이 필요한 경우를 가정한 것으로 최근의 정보혁명을 통한 기술진보에 합당한 것이며, 과거의 전기발명을 통한 미숙련노동의 대량생산 시기에는 GPT 자체가 숙련노동보다는 값싼 다수의 미숙련노동이 필요한 경우가 된다.

26) 그 외에 모형의 확장을 통하여 GPT의 전파에 영향을 미치는 변수-숙련노동 공급의 증가, 무역자유화, 노동임금 등-를 포함시킬 수 있다.

에 따라, Old GPT를 사용하는 중간재 생산기업의 $A(i) = 1$ 이고, 혁신에 성공하여 New GPT를 사용하는 중간재 생산기업은 $A(i) = \gamma > 1$ 이다. $x(i)$ 는 최종재 생산에 사용되는 중간재의 크기이다. 여기에서 모형의 단순화를 위해 중간재 노동투입과 중간재의 생산이 1:1의 기술로 생산됨을 가정한다. 따라서 $x(i)$ 는 중간재 생산기업 i 의 노동수요를 나타낸다. 전체 노동은 숙련노동과 미숙련노동으로 구성되고, Old GPT를 사용하는 기업에서는 숙련노동과 미숙련노동 간에 무차별하며, 새로운 GPT를 사용하여 실험하고 도입하는 기업에서는 (앞에서 제기된 핵심요건에 따라) 숙련노동을 추가적으로 고용해야 한다. 숙련노동의 공급함수는 $L_s(t) = L - (1-s)L \cdot e^{-\beta t}$ 이며, $s (< 1)$ 는 초기 숙련노동의 비율을, $\beta (> 0)$ 는 숙련습득의 속도를 나타낸다.

중간재 생산기업은 현재 상태에서 어떤 GPT를 사용하느냐에 따라 세 부류로 나눌 수 있다. 첫째는 Old GPT를 사용하는 기업으로 미숙련노동만을 필요로 할 것이고, 둘째는 New GPT를 도입하고자 실험하고 있는 기업으로 생산을 위한 미숙련노동자와 실험을 위한 숙련노동자를 동시에 필요로 한다. 그리고 셋째는 이미 혁신에 성공하여 New GPT를 사용하는 기업으로 숙련노동자만 고용한다. 경제 내 전체 기업은 0과 1 사이에서 균등하게(uniformly) 분포되어 있으며, n_0 는 예시기업을 찾지 못하여 Old GPT를 사용하는 기업 수이며, n_1 은 예시기업을 찾아서 새로운 GPT를 사용하기 위해 실험을 하는 기업 수, n_2 는 이미 혁신에 성공하여 새로운 GPT를 사용하는 기업의 수이다. 따라서 총 기업의 수 조건은 $1 = n_0 + n_1 + n_2$ 가 된다. 현재 n_0 에 있어서 Old GPT를 사용하는 기업이 n_1 을 거쳐서 n_2 로 넘어가기 위해서는 다음과 같은 과정이 필요하다. 먼저 새로운 GPT를 사용하는 예시기업을 만드시 만나서 n_1 으로 넘어가고 숙련노동을 고용하여 실험을 통한 사회학습에 성공하여 n_2 로 넘어가

서 New GPT를 사용할 수 있게 된다. 먼저 Old GPT를 사용하는 기업이 New GPT를 사용하는 예시기업을 만날 확률은 다음과 같다.

$$(18) \lambda(n_2) = \begin{cases} \lambda_0 & \text{if } n_2 \leq \bar{n}, \\ \lambda_0 + \Delta & \text{if } n_2 \geq \bar{n}. \end{cases}$$

그리고 예시기업을 만나 숙련노동을 고용하여 실험에 성공할 확률은 λ_1 이다. 이제 새로운 GPT 습득에 대한 기업들의 동태적 요인을 살펴보면 다음과 같다.

$n_0 \Rightarrow n_0$	$(1 - \lambda(n_2))(1 - n_1 - n_2)$
$n_0 \Rightarrow n_1$	$\lambda(n_2)(1 - n_1 - n_2)$
$n_1 \Rightarrow n_1$	$(1 - \lambda_1)n_1$
$n_1 \Rightarrow n_2$	$\lambda_1 n_1$
$n_2 \Rightarrow n_2$	n_2

이와 같이 이동하며 기간 간 변화율을 구하면,

$$(19) \begin{aligned} \dot{n}_0 &= -\lambda(n_2)(1 - n_1 - n_2), \\ \dot{n}_1 &= \lambda(n_2)(1 - n_1 - n_2) - \lambda_1 n_1, \\ \dot{n}_2 &= \lambda_1 n_1, \end{aligned}$$

로 나타낸다. 여기에서 초기에 모든 기업이 Old GPT만 사용한다고 설정한다($n_0(t=0) = 1$, $n_1(0) = 0$, $n_2(0) = 0$). 시간대별로 New GPT의 전파과정을 살펴보면 n_2 는 logistic curve를 따르고 n_0 는 logistic curve의

역순을 따른다. 반면에 n_1 은 normal 분포와 같이 중간에서 가장 높았다가 점차 n_2 로 옮겨가게 된다.

전과과정에서 노동의 수요는 GPT의 사용에 따라 생산자의 숙련노동의 필요 여부에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다. 먼저 초기과정에는 대부분의 기업이 Old GPT를 사용하기 때문에 숙련노동을 거의 필요로 하지 않는다. 따라서 다수의 숙련노동이 n_0 의 기업군에 고용되고 미숙련노동자와 동일한 임금을 받는다. 결국 전과과정의 초기에는 노동시장이 분리되지 않는다. 하지만 전과 후반부에는 New GPT를 사용하는 기업군이 많아져 숙련노동을 점차 수요하게 되고, 노동시장은 미숙련노동을 필요로 하는 Old GPT를 사용하는 기업군과 숙련노동을 필요로 하는 기업군으로 분리가 된다. 따라서 Old GPT를 사용하는 기업군의 고용된 미숙련 노동자의 임금과 New GPT를 사용하는 기업군의 숙련노동자의 임금이 차이를 나타내기 시작한다. 결국 미숙련 대비 숙련의 상대적 임금비율로 나타내는 숙련프리미엄(skill premium)은 New GPT가 전체에 퍼짐에 따라 급격하게 올라갔다가 떨어지는 것을 알 수가 있다.

본 모형은 기존의 모형에 비해 훨씬 다양한 설명이 가능하다. 우선 경제 내 기술전파에 따른 시계열적 분석이 가능하며 기간별 변수들의 상이한 움직임을 모형에서 보여줄 수 있다. 또한 기술변화에 따른 다양한 노동시장의 영향에 대해서도 보다 유연한 해석도 가능하다. 따라서 특정 노동공급의 증가가 기술변화 방향에 영향을 주는 것뿐만 아니라 기술의 특성이 어떠한 노동을 필요로 하는가에 따라 기술에 대한 노동시장의 영향이 상이하게 나타난다.

제 4 장

핵심인재가 경제성장에 미친 영향 분석

본 장에서는 한국 경제의 새로운 경제·사회적 환경에 대하여 정부의 역할에 대하여 알아보고자 한다. 먼저 (1) 핵심기술에 대한 모형을 통하여 정부 개입의 정당성을 제시하고, (2) 정부가 핵심인재를 활용하여 핵심기술을 개발하는 내생적 성장모형을 통하여 장기적인 경제성장에 어떠한 영향을 주는지 살펴보고자 한다.

제1절 핵심기술의 정부개입 모형

본 절에서는 경제 전체의 효율성에 영향을 미치는 기술개발에 있어서 민간(가계)에 맡겼을 경우와 정부(social planner)가 맡았을 경우의 차이점을 분석하고자 한다. 즉 민간은 한정된 수명으로 인해 유한기간의 최적화를 모색하는 반면, 정부는 무한기간의 최적화를 시행할 것이다. 이러한 고려하는 기간 간의 차이로 말미암아 발생하는 경제성장률의 차이를 살펴보고, 이를 통해 정부주도하에 기술개발의 당위성을 제시하고자 한다.

1. 기본 모형

국가 경제의 전체인구는 L 명이며 편의상 인구증가율은 0이다. 전체인구를 두 부류로 나누어 전체의 $\gamma\%$ 는 기술개발에 종사하고, 나머지 $(1-\gamma)\%$ 는 최종재 생산에 종사한다. 본 모형에는 자본재가 존재하지 않고 생산요소로는 노동만이 존재하며 비탄력적으로 공급한다. 더불어 최종재는 소멸재(perishable good)로 해당 기에 생산된 재화는 그 기에 모두 소비된다고 가정한다. 이에 따른 최종재의 생산함수는 다음과 같다.

$$(20) \quad Y(t) = A(t)(1-\gamma(t))L$$

여기에서 t 는 시점, $Y(t)$ 는 최종재의 생산량, $A(t)$ 는 생산기술을 의미한다. 따라서 최종재의 생산량은 생산기술과 투입된 노동자의 수에 의해 결정된다. 한편 기술의 변화과정은 다음과 같다.

$$(21) \quad \dot{A}(t) = \frac{\gamma(t)}{\mu} LA(t) = \phi\gamma(t)A(t), \quad \phi = L/\mu$$

여기에서 μ 는 상수로 기술의 생산비용으로 해석하고, L 과 μ 가 상수이므로 $\phi = L/\mu$ 으로 나타낸다.

2. 정부의 최적화

정부의 목적함수는 무한기간 생존하는 가계의 효용을 극대화한다.

$$(22) \quad U = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

여기서 $c(t)$ 는 일인당 소비, θ 는 상수, ρ 는 할인요소이다. 그리고 매 기에 생산되는 재화는 해당 기에 전부 소비하므로 일인당 생산량과 일인당 소비량은 동일하다.

$$(23) \quad y(t) = Y(t)/L = A(t)(1 - \gamma(t)) = c(t)$$

정부의 극대화 문제는 매 기에 기술개발과 최종재에 종사할 노동비율 ($\gamma(t)$)을 식 (22)의 효용이 극대화되도록 할당하는 문제이다. 본 문제를 해밀턴연산자(Hamiltonian)로 정리하면 다음과 같다.

$$(24) \quad H = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} e^{-\rho t} + \lambda(A(1-\gamma) - c) + \omega\phi\gamma A$$

최적화의 1차 조건은,

$$(25) \quad \frac{\partial H}{\partial c} = 0 \Rightarrow \lambda = c^{-\theta} e^{-\rho t}$$

$$(26) \quad \dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial A} \Rightarrow \dot{\lambda} = -\lambda(1-\gamma) - \omega\phi\gamma$$

$$(27) \quad \frac{\partial H}{\partial \gamma} = 0 \Rightarrow \lambda = \omega\phi$$

이를 정리하면 소비의 성장률은 다음과 같이 구해진다.

$$(28) \quad \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\phi - \rho}{\theta} = \frac{L - \mu\rho}{\mu\theta}$$

식(20)과 식(23)을 통해 정상상태에서는 $\dot{c}/c = \dot{y}/y = \dot{A}/A$ 이 만족됨을 알 수 있다. 그 결과 정부에 의해 전체인구 중에서 기술개발에 종사하는 인력의 비율은 다음과 같이 결정된다.

$$(29) \quad \gamma = \frac{L - \mu\rho}{L\theta}$$

3. 가계의 최적화

민간(가계)의 최적화 문제에서는 개인의 한정된 수명(mortality)으로 인해 목적함수인 효용함수를 두 기간 중첩세대(Overlapping Generation)모형으로 설정한다. 그래서 이제 연속(countinuous)함수를 이용한 최적화 모형이 아니라 이산(discrete)모형을 고려한다.

$$(30) \quad \frac{c(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + \beta \frac{c(t+1)^{1-\theta} - 1}{1-\theta}$$

기술의 발전은 식 (21)에 대응하여 다음과 같이 설정한다.

$$(31) \quad A(t+1) - A(t) = \frac{\gamma(t)}{\mu} LA(t) = \theta\gamma(t)A(t)$$

그리고 식 (23)에 대응하여 매 기당 일인당 생산량과 소비량을 동일하게 설정한다.

$$(32) \quad \begin{aligned} y(t) &= A(t)(1 - \gamma(t)) = c(t), \\ y(t+1) &= A(t+1)(1 - \gamma(t+1)) = c(t+1) \end{aligned}$$

그 결과, 가계의 최적화 문제는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$(33) \quad \max_{\gamma(t)} \frac{(A(t)(1-\gamma(t)))^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + \beta \frac{(A(t)(\phi\gamma(t)+1))^{1-\theta} - 1}{1-\theta}$$

여기에서 개인은 두 기만 살기 때문에 $t+1$ 에 기술개발에 참여할 동기가 없다. 따라서 $\gamma(t+1)=0$ 가 됨을 쉽게 알 수 있다. 이제 본 식을 $\gamma(t)$ 에 대해서 미분하여 최적화 1계 조건을 정리하면 다음과 같다. 단, 식이 모두 t 기의 식이므로 시간은 생략하기로 한다.

$$(34) \quad ((A(1-\gamma))^{-\theta} A + \beta(A(\phi\gamma+1))^{-\theta} A\phi = 0$$

이를 γ 에 대해서 정리하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$(35) \quad \gamma = \frac{(\beta\phi)^{1/\theta} - 1}{(\beta\phi)^{1/\theta} + \phi}$$

정상상태에서는 $\gamma(t) = \gamma(t+1)$ 이므로 정상상태에서의 경제성장률은 다음과 같이 구해진다.

$$(36) \quad \begin{aligned} \frac{\dot{c}}{c} &= \frac{\dot{y}}{y} = \frac{y(t+1) - y(t)}{y(t)} \\ &= \frac{A(t+1) - A(t)}{A(t)} = \phi\gamma = \phi \left(\frac{(\beta\phi)^{1/\theta} - 1}{(\beta\phi)^{1/\theta} + \phi} \right) \end{aligned}$$

4. 성장률 비교

이제 정부(social planner)의 문제로부터 구한 식 (28)의 성장률 $g_C = (\phi - \rho)/\theta$ 와 민간의 문제로부터 구한 식 (36)의 성장률 $g_D = \phi \left(\frac{(\beta\phi)^{1/\theta} - 1}{(\beta\phi)^{1/\theta} + \phi} \right)$ 의 크기를 서로 비교해 보자. 우선 두 모형 간의 기간 간 할인율을 통일시키기 위해서 $1/\beta - 1 = \rho$ 로 나타내고 해석적인 해를 구하기 위해서 $\theta = 1$ 로 가정한다. 이제 두 성장률을 비교하면,

$$(37) \quad g_C - g_D = \frac{\phi - \rho}{\theta} - \frac{(\beta\phi)^{1/\theta} - 1}{(\beta\phi)^{1/\theta} + \phi} \phi$$

$$= \phi - \frac{1 - \beta}{\beta} - \frac{\beta\phi - 1}{\beta + 1} = \frac{\beta^2 + (1 + \phi)\beta - 1}{\beta(\beta + 1)}$$

이로부터 $\phi = \frac{L}{\mu} > \frac{1 - \beta - \beta^2}{\beta}$ 이 성립하면 $g_C > g_D$ 임을 알 수 있다. 한편 전체 인구 중 기술개발에 종사하는 인구비율은 식 (29)와 (35)를 이용하여 비교해 보면,

$$(38) \quad \gamma_C - \gamma_D = \frac{L - \mu\rho}{L\theta} - \frac{(\beta\phi)^{1/\theta} - 1}{(\beta\phi)^{1/\theta} + \phi}$$

$$= 1 - (1/\phi) \frac{1 - \beta}{\beta} - \frac{\beta\phi - 1}{\beta\phi + \phi} = \frac{\beta^2 + (1 + \phi)\beta - 1}{\beta(\beta + 1)}$$

이므로 성장률의 비교와 동일한 조건하에서 $\gamma_C > \gamma_D$ 인 것을 알 수 있다.

따라서 $\phi = \frac{L}{\mu}$ 가 큰 경우에 정부주도하의 기술개발에 따른 소득이나

소비의 성장률이 높으며 기술개발의 종사자도 많이 할당되는 것을 알 수 있다. 이는 규모효과(scale effect)가 있을수록, 즉 인구의 수가 많을수록 또는 핵심기술로 인한 혜택을 보는 이가 많을수록 다수의 인력을 기술개발에 배당하여 정부주도하의 핵심기술을 개발하는 것이 최적인 것이다.

제2절 핵심기술의 발전과 내생적 경제성장 모형

본 절에는 네 부류의 경제주체가 존재한다. 첫째는 최종재 생산자(the producers of final good)이며, 둘째는 중간재를 연구개발하고 생산하는 중간재기업, 셋째는 모든 자산을 소유하고 이윤을 극대화하는 가계와 넷째는 핵심인력을 통해 핵심기술을 개발하는 정부가 존재한다.

1. 민간주도의 경제(Decentralized Economy)

정부의 역할이 배제되어 핵심기술이 존재하지 않는 민간주도하의 경제 모형을 제시한다.

가. 최종재 생산자

최종재 생산자는 주어진 생산기술과 노동과 다수의 중간재를 이용하여 최종재(final goods)를 생산한다. 최종재의 생산함수는 다음과 같으며, 최종재는 시장에서 단위가격으로 거래된다.

$$(39) \quad Y_i(t) = \frac{A(t)}{1-\beta} \left(\int_0^{N(t)} x_{ij}(t)^{1-\beta} dj \right) L_{1i}(t)^\beta$$

$Y_i(t)$ 는 생산자 i 가 주어진 기간에 생산하는 최종재의 크기를, $A(t)$ 는 생산의 효율성을 나타내는 지수로서 모든 최종재 생산자에게 동일하게 적용되는 기술이며 중간재 생산성에도 영향을 미치는 범용기술이자 핵심기술이다. (x_{ij}, L_{1i}) 는 최종재 i 생산에 투입된 중간재 j 의 투입량과 노동투입량을 나타내며, $N(t)$ 은 중간재의 개수, β 는 $0 < \beta < 1$ 을 만족시킨다. 본 생산함수에는 두 가지의 기술진보가 있다. 하나는 중간재의 확장($N(t)$)을 통한 개별적인(specific) 중간재 종류의 다양화를 통한 기술의 발전(specific purpose technology)이며, 둘째는 핵심기술력의 향상($A(t)$)형태의 보편적인(general) 효율성의 향상의 기술발전(general purpose technology)이다. 따라서 기술수준 $A(t)$ 가 높고, 중간재의 개수 $N(t)$ 와 중간재의 투입량 $x_{ij}(t)$ 또는 노동투입량 $L_{1i}(t)$ 이 많을수록 최종재의 생산량은 많아진다. 논의의 편의상 경제전체 인구의 증가율은 0으로 가정하고 기간 t 에 대한 표기는 제외한다.

본 생산함수는 최종재 생산자의 채택 가능한 두 생산요소 (x_{ij}, L_{1i}) 에 대하여 수확불변(constant returns)을 나타내며 완전경쟁시장을 가정한다. 중간재의 한계생산성은 타 중간재와 독립적으로 결정되기 때문에 새로이 추가되는 중간재(혁신)가 기존 중간재 구입(대체, 진부화)에 영향을 미치지 못하며(independence of marginal products), 개별 중간재가 고전 경제학의 가정(정(+))의 한계생산성, Inada condition)을 만족시킨다면 주어진 기간에 한정된 가격으로 모든 중간재가 모든 최종재 생산에 동일한 규모($x_{ij} = x_i$)로 사용된다고 할 수 있다. 따라서 최종생산량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$(40) \quad Y_i = \frac{A}{1-\beta} N x_i^{1-\beta} L_{1i}^\beta = \frac{A}{1-\beta} (N x_i)^{1-\beta} L_{1i}^\beta N^\beta$$

여기에서 N 과 L_{1i} 의 크기가 주어진 상태에서 총 생산요소의 투입량 x_i 은 수확체감(decreasing returns to scale)을 나타낸 반면, x_i 와 L_{1i} 의 크기가 주어진 상태에서 N 은 수확불변임을 알 수 있다. 이러한 결과는 새로운 중간재의 도입(확장)이 기존 중간재 투자에 대한 수익을 떨어지지 않도록 잡아주는 역할을 함으로 인해 발생하는 이득(benefit)이라 할 수 있다.

본 모형은 단일 섹터(one sector)모형으로 최종 생산자들의 총생산물($Y = \sum_i Y_i$)은 질적으로 동일하며 소비재(C)와 중간재 생산비용(X), 중간재 추가를 위한 R&D 지출($R\&D$)로 완전 대체적으로 사용한다. 중간재는 논의의 편의상 소모재(nondurable good)로 매 기에 빌려서 사용되는 소모품으로 가정한다. 따라서 본 모형에서는 중간재의 크기(N)와 핵심기술(A) 등 두 개의 상태변수(state variable)가 존재한다.

최종재 생산자의 이윤함수는 다음과 같다.

$$(41) \pi_i^F = Y_i - wL_{1i} - \int_0^N \chi_j x_{ij} dj$$

w 는 임금, χ_{ij} 는 중간재 j 의 가격을 나타낸다. 최종재 시장은 완전경쟁 시장을 가정하므로 매 기의 임금 w 와 중간재의 가격 χ_{ij} 는 주어진 것으로 본다. 그에 따른 최종재 생산자의 생산요소에 대한 이윤극대화 1차 조건은 다음과 같다.

$$(42) \frac{\partial Y_i}{\partial x_{ij}} = \chi_j \quad \text{and} \quad \frac{\partial Y_i}{\partial L_{1i}} = w$$

식 (42)는 이윤극대화를 위해서 중간재의 한계생산성과 중간재의 가격이 균등하도록 중간재를 사용해야 하며, 노동의 수요도 노동의 한계생산성과

임금이 균등하게 고용된다는 조건이다. 이를 정리하면 다음과 같다.

$$(43) \quad x_{ij} = x_i = \left(\frac{A}{\chi_j}\right)^{\frac{1}{\beta}} L_{1i}$$

$$(44) \quad w = \frac{\beta A}{1-\beta} \left(\frac{A}{\chi_j}\right)^{\frac{1-\beta}{\beta}} N = \beta \frac{Y_i}{L_{1i}}$$

식 (43)과 (44)에서 모든 중간재는 최종생산자에 동일한 양이 투입되고 ($x_{ij} = x_i$), 중간재의 가격도 서로 같다($\chi_j = \chi$)고 가정한다. 이 가정은 균형에서 결과적으로 성립하게 될 것이다.

나. 핵심기술

식 (39)의 최종재 생산함수에서 경제 전체의 효율성을 나타내는 핵심기술 $A(t)$ 는 다음과 같은 생산함수를 통하여 발전한다.

$$(45) \quad A(t) = \max \left[1, \left(\frac{R_R(t)}{\eta_C N(t)} \right)^{\frac{1}{\phi}} L_2(t) \right]$$

여기에서 $R_R(t)$ 는 핵심기술 연구개발에 투자된 R&D 비용, $L_2(t)$ 는 핵심기술 연구개발에 투자된 핵심인력, η_C 은 투자비용에 대한 상수를, ϕ 는 투자에 대한 핵심기술의 탄력성을 나타내는 상수이다. 따라서 핵심기술은 연구개발에 투자된 R&D 비용($R_R(t)$)이 클수록, 핵심인력 $L_2(t)$ 가 많을수록 높은 핵심기술을 얻을 수 있다. 반면에 Jones의 fishing-out 효과를 고려하여 $N(t)$ 가 클수록 핵심기술개발이 보다 어려워진다고 가정한다.

핵심기술의 개발을 위해서는 연구개발 투자 및 핵심인력의 투입 등 의도적인 노력이 필요하다. 만약 핵심기술을 위한 연구개발의 노력이 전혀 없다면 사회전체의 기본적인 핵심기술은 1로 가정한다. 달리 말하면 어느 수준 이상의 연구개발 투자가 없으면 핵심기술은 태어나지 않으며 어느 수준 이상의 투자노력이 있어야 핵심기술이 1 이상의 값을 가진다는 것이다. 이는 핵심기술이 실제로 보통기술과는 상이하게 많은 투자와 많은 시간이 걸린다는 것을 의미한다.

핵심기술은 공공재적인 특성을 가지고 있기 때문에 시장을 통하여 거래되는 것이 불가능하다. 즉 비배제성과 비경합성을 가지고 있어 어느 누구에 의해서 개발이 되었다면 개발하지 않은 다른 경제주체도 별도의 비용을 지불하지 않고 무임승차로 이용가능하기 때문이다.²⁷⁾ 따라서 분권화경제(decentralized economy)를 다루는 본 절에서는 핵심기술의 연구개발에 대한 사적인 투자가 전혀 이루어지지 않기 때문에 $R_R(t) = 0$, $L_2(t) = 0$ 을 가정한다. 그래서 핵심기술을 $A(t) = 1$ 로 나타내고 경제 전체인구는 모두 최종재 생산에 참여($L = L_1 + L_2 = L_1$)한다. 중앙집권화경제(centralized economy)를 다루게 될 다음에서는 정부가 개발한 핵심기술은 모든 민간 기업에게 무료로 공유되는 것을 가정하며, 정부의 정책에 의해서 $R_R(t)$, $L_2(t)$, $A(t)$ 등이 어떻게 최적화되는지를 분석 비교한다.

다. 중간재 연구기업

임의시점 t 에 중간재에 관련된 총 N 개의 특정목적(specific purpose) 기술이 존재한다. 앞에서 논의한 핵심기술 개발과 마찬가지로 중간재를 추가적으로 늘리기 위해서는 민간 R&D 형태의 의도적인 노력이 필요하

27) 피타고라스 삼각형과 같은 수학기초 등이 여기에 해당될 수 있다.

다. 새롭게 개발된 중간재는 중간재 연구기업이 개발하면 판매에 있어서 영구적인 독점권을 행사할 수 있다고 가정한다. 신규 중간재 개발 기업에게 영구독점권을 주는 이유는 신규 중간재 개발기술의 핵심기술 개발과 동일한 공공재적인 성격을 가지기 때문이며, 이에 대하여 독점권을 인정해 주는 것은 특정 기술개발인 중간재 개발은 민간에게 소유권이 주어지고, 보편적이며 범용적인 핵심기술의 개발은 정부에서 공적 소유권을 가진다는 점이다.

본 연구에서는 신규 중간재를 개발하는 기업이 그 중간재를 생산 판매하는 기업과 편의상 동일한 주체로 설정한다. 중간재를 새로 개발하고 판매해야 하는 중간재 연구기업은 두 단계의 선택과정을 거친다. 첫째는 신규 중간재를 개발할 것인가의 문제이고, 둘째는 최종재 생산자에게 신규 개발한 중간재를 얼마의 가격에 팔 것인가의 문제이다. 논의의 편의상 귀납법(backward induction)으로 중간재가 개발되었다는 가정하에 중간재의 가격을 먼저 구하고 이를 통해 신규 중간재 개발 여부의 조건식을 산출하고자 한다.

특정 j 번째 중간재를 개발 소유한 j 기업의 총이윤의 현재가치는 다음과 같다.

$$(46) \quad V(t) = \int_t^{\infty} \pi_j^I(v) e^{-\bar{r}(t,v)(v-t)} dv$$

여기에서 \bar{r} 는 t 와 v 두 시점 사이의 평균이자율을 의미한다. 논의의 편의상 중간재 j 가 일단 한번 개발방법(blueprint)이 고안되면, 중간재 단위당 생산비용은 $1 - \beta$ 로 가정한다.

따라서 특정 시점(v)의 이윤함수 $\pi_j^I(v)$ 는 다음과 같으며,

$$(47) \pi_j^I(v) = (\chi_j(v) - (1 - \beta))x_j(v)$$

$$(48) x_j = \sum_i x_{ij} = \sum_i \left(\frac{A}{\chi_j}\right)^{1/\beta} L_{1i} = \left(\frac{A}{\chi_j}\right)^{1/\beta} L_1$$

x_j 는 j 번째 중간재에 대한 모든 최종재 생산자들의 수요를 의미한다. j 번째 중간재 생산기업의 이윤함수에는 기간 간의 상태변수(state variable)가 없기 때문에 식 (46)의 이윤의 현재가치 극대화 문제는 다음과 같이 매 기간의 이윤극대화 문제로 단순화할 수 있다.

$$(49) \max_{\chi_j} \pi_j^I(t) = (\chi_j(t) - (1 - \beta)) \left(\frac{A}{\chi_j(t)}\right)^{1/\beta} L_1$$

이윤극대화하는 중간재 기업 j 의 독점 판매가격은

$$(50) \chi_j(t) = \chi = 1 > 1 - \beta$$

이며, $\chi_j(t)$ 는 시간(t)과 중간재 종류(j)에 관계없이 일정하다. 또한 독점 가격은 중간재 생산 시 소모되는 한계비용(평균비용)보다 크다는 것을 알 수 있다. 식 (50)의 중간재 가격을 식 (48)에 넣으면 각 중간재 생산기업의 수요가 도출된다.

$$(51) x_j = A^{1/\beta} L_1 = L$$

본 절에서는 민간주도하의 경제에서는 $A = 1$ 이고 모든 노동이 최종재 생산에 투입되기 때문에 각 중간재 생산기업의 중간재 수요는 총노동량(L)으로 정리된다. 한편 모든 중간재 기업의 수요가 동일하므로 최종재

생산자의 중간재의 총수요는 다음과 같이 각 중간재 기업의 수요에 중간재 수를 곱한 것이 된다.

$$(52) \quad X = Nx_j = NA^{1/\beta}L_1 = NL$$

이제 최종재 생산에 투입된 총 중간재 크기로 총생산량을 구할 수 있다.

$$(53) \quad Y = \frac{A}{1-\beta}Nx_j^{1-\beta}L_1^\beta = \frac{A}{1-\beta}X^{1-\beta}L_1^\beta N^\beta \\ = \frac{A^{1/\beta}}{1-\beta}NL_1 = \frac{NL}{1-\beta}$$

식 (50)에서 구해진 중간재 가격을 이용하여 특정시점의 이윤을 구해보면,

$$(54) \quad \pi_j^I(t) = (1 - (1 - \beta))A^{1/\beta}L_1 = \beta A^{1/\beta}L_1 = \beta L$$

이 되고, 이를 식(46)에 제시된 중간재 기업의 중간재 j 개발에 따른 총 이윤의 현재가치를 정리하면 다음과 같다.

$$(55) \quad V(t) = \beta A^{1-\beta}L_1 \cdot \int_t^\infty e^{-\bar{r}(t,v)(v-t)} dv \\ = \beta L \cdot \int_t^\infty e^{-\bar{r}(t,v)(v-t)} dv$$

지금까지의 논의는 중간재 j 의 개발이 성공적으로 되었음을 가정하고 구한 총이윤이다. 이제는 연구개발에 투자되는 비용을 고려하여

투자의 실행 여부를 결정하는 조건식을 유도해 보자. 중간재 하나를 개발하는 데 소요되는 비용함수를 다음과 같이 정의한다.

$$(56) \nu(t) = \frac{1}{\eta_N} - G(A(t), N(t))$$

여기에서 η_N 는 상수이고 $G(A(t), N(t))$ 는 $\frac{\partial G}{\partial A} > 0, \frac{\partial G}{\partial N} > 0$ 을 만족시키는 함수이다. 즉, 핵심기술이 높을수록, 중간재의 종류가 많아질수록 중간재를 생산하는 데 드는 비용이 낮아진다고 가정한다. 추가적으로 $A=1$ 인 경우, N 의 수준에 상관없이 $G(1, N) = 0$ 라고 가정한다. 이것은 핵심기술의 개발이 없다면, 중간재 수가 증가하더라도 (중간재 연구개발에 대한 경험이 쌓이더라도) 중간재의 연구개발 비용은 영향 받지 않는다는 점이다. 즉 중간재의 연구개발 비용은 중간재의 개발경험보다는 핵심기술에 의해 좌우된다는 것이다. 본 절에서는 정부의 역할이 없는 분권화경제를 다루고 있으므로 $A=1$ 이 되어 중간재 연구개발의 경우 생산에 드는 비용은 $\nu(t) = \nu = \frac{1}{\eta_N}$ 이 된다. 따라서 중간재 생산기업은

$V(t) > \nu(t) = \frac{1}{\eta_N}$ 을 만족한다면 연구개발에 투자할 것이다.

이러한 중간재 연구개발에 자유참가(free entry)가 보장된다면, t 시점에서 $V(t) > \nu$ 이면 무한의 자원이 R&D에 투자되므로 균형에서는 성립될 수 없으며, $V(t) < \nu$ 이면 t 시점에서 어떤 자원도 R&D에 투자되지 않기 때문에 중간재의 개수는 변화가 없을 것이다. 따라서 독점기업 이윤의 현재가치($V(t)$)가 R&D 비용 ν 과 일치되는 곳에서 균형이 이루어질 것이다. 여기서의 양의 R&D를 가지고 그 결과로서 각 시점에서 중간재 $N(t)$ 가 성장하는 균형을 고려하기로 한다. 그러므로 매 기의 균형조건에

서 다음 식이 성립한다.

$$(57) \quad V(t) = \nu = \frac{1}{\eta_N}$$

자유참가 조건식 (55)와 (57)의 $V(t)$ 의 정의로부터 소위 Hamilton-Jacobi-Bellman 방정식이 성립하게 된다.

$$(58) \quad r(t)V(t) - \dot{V} = \beta A^{1-\beta} L_1 = \beta L$$

식 (57)에서 $V(t) = 1/\eta_N$ 이 상수이고 $\dot{V} = 0$ 이 되기 때문에, 이자율 r 은 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$(59) \quad r = \frac{\pi_j^I}{V} = \frac{\beta A^{1/\beta} L_1}{\nu} = \eta_N \beta L$$

중간재 생산기업의 총 가치는 중간재 생산을 통해 얻을 수 있는 독점이윤의 현재가치($V(t)$)이고 그 값은 균형조건에서 R&D비용($\nu(t) = 1/\eta_N$)과 동일함을 알 수 있다. 그에 따라 경제 전체 기업에 대한 시장가치는, 모형에서 생산요소 중에 내구재가 없기 때문에, 총 중간재 수와 중간재 생산의 독점이윤의 현재가치(R&D 비용)를 곱한 $NV(t) = N\nu(t) = N/\eta_N$ 으로 나타낼 수 있다.

라. 가계

경제에는 무한기간 생존하는 가계가 존재하며, 각 가계는 자신의 생애 효용을 극대화하도록 행동한다. 가계의 효용함수는 다음과 같다.

$$(60) \quad U = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

여기에서 $c(t)$ 는 소비, θ 는 상수, ρ 는 할인요소이다. 경제 내 인구증가율은 0이며 노동의 공급은 비탄력적으로 제공한다. 전체 가계의 예산 제약식은 총자산(asset)으로부터 얻는 자산수익률 r 과 노동공급에 따른 임금 w 를 얻는다. 현재 가계의 자산 총액이 기업의 시장가치와 일치하므로 총자산의 기간 간 변화는 $d(asset)/dt = \dot{N}\nu + \dot{\nu}N = \dot{N}/\eta_N$ 으로 나타난다. 따라서 가계의 예산제약은 다음과 같이 구해진다.

$$(61) \quad d(asset)/dt = wL_1 + r(asset) - C$$

$$(62) \quad \dot{N}\nu + \dot{\nu}N = wL_1 + rN\nu - cL$$

$$(63) \quad \dot{N} = \eta_N(wL + rN/\eta_N - cL) = \eta_N wL + rN - \eta_N cL$$

본 절에서는 균형조건하에서 R&D 비용이 상수이고, 전체 노동력이 최종재 생산에 모두 투입되기 때문에 식 (63)과 같이 정리될 수 있다.

한편 주어진 w, r 에 대하여 가계의 최적화 문제를 식 (60)과 제약식 (63)을 이용하여 헤밀토니안으로 나타내면 다음과 같다.

$$(64) \quad H = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \cdot e^{-\rho t} + \lambda(\eta_N wL + rN - \eta_N cL)$$

최적화의 1차 조건은,

$$(65) \quad \frac{\partial H}{\partial c} = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{c^{-\theta} e^{-\rho t}}{\eta_N L}$$

$$(66) \quad \dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial N} \Rightarrow \dot{\lambda} = -\lambda r$$

여기에서 Transversality 조건은 이자율이 총산출량의 장기성장률보다 커야 한다는 조건이 추가된다. 이를 정리하여 Euler 방정식을 구할 수 있다.

$$(67) \quad \gamma = \dot{c}/c = \dot{C}/C = (r - \rho)/\theta \\ = (\beta A^{1/\beta} L_1/\nu - \rho)/\theta = (\beta \eta_N L - \rho)/\theta$$

단, 인구증가율이 0이므로 일인당 소비의 성장률과 전체 소비의 성장률은 동일하며 이자율은 앞서 균형식 (59)의 이자율을 사용한다.

이제 폐쇄경제하에서 가계의 효용극대화 와 기업의 이윤극대화 결과를 가지고 추가적인 일반균형의 결과를 제시하고자 한다. 먼저 가계의 예산 제약식 (63)에서 식 (44)의 임금 $w = \beta Y/L$ 와 식 (59)의 균형 이자율 $r = (\beta A^{1/\beta} L_1)/\nu = \beta(1 - \beta)\eta_N Y/N$ 을 넣어 정리하면, $\dot{N} = \eta_N w L + rN - \eta_N c L = \beta \eta_N Y + \beta(1 - \beta)\eta_N Y - \eta_N C$ 으로 정리가 되고 여기에 식 (52)와 (53)으로부터 $X = (1 - \beta)Y$ 의 관계가 성립되므로 가계의 예산식은 최종 다음과 같이 유도된다.

$$(68) \quad \dot{N} = \eta_N (Y - (1 - \beta)^2 Y - C) = \eta_N (Y - (1 - \beta)X - C)$$

본 식을 경제 전체의 총생산 (Y)으로 정리하면, 경제 전체의 예산제약식

을 얻을 수 있다.

$$(69) \quad Y = C + (1 - \beta)X + \frac{\dot{N}}{\eta_N}$$

따라서 매 기의 총소득은 소비(C), 중간재 생산비 $(1 - \beta)X$, 신규 중간재 확장(\dot{N})을 위한 연구개발비로 사용된다.

민간주도하의 경제(Decentralized Economy)에서 구해진 소비의 성장률(\dot{C}/C)은 식 (67)이고, 식 (53)을 보면 소득의 성장률과 중간재 수의 성장률이 동일($\dot{Y}/Y = \dot{N}/N$)한 것을 알 수 있다. 만약 $\dot{C}/C = \dot{N}/N$ 이 만족된다면, 식 (69)는 식 (67)을 이용하여 다음과 같이 유도된다.

$$(70) \quad C = Y - (1 - \beta)X - \frac{\dot{N}}{\eta_N} = Y - (1 - \beta)X - \frac{\gamma N}{\eta_N}$$

$$(71) \quad C = \frac{A^{1/\beta}}{1 - \beta}NL_1 - (1 - \beta)NA^{1/\beta}L_1 - (\beta A^{1/\beta}L_1/\nu - \rho)\frac{N}{\theta\eta_N}$$

$$(72) \quad C = (N/\theta)\left(\frac{\beta L}{1 - \beta}(2\theta - \beta\theta + \beta - 1) + \frac{\rho}{\eta_N}\right)$$

이를 식 (72)로 나타내면 인구가 주어진 경우, 중간재의 성장률이 소비의 성장률과 같다는 것을 증명해 준다.²⁸⁾ 따라서 모든 소비자와 생산자들이 정부의 간섭 없이 경제행위를 했을 때, $\dot{C}/C = \dot{N}/N = \dot{Y}/Y = \gamma = (\beta\eta_N L - \rho)/\theta$ 로 성장함을 알 수 있다.

28) 소비(C)는 0보다 크기 위해서는 $\theta > (1 - \beta)/(2 - \beta)$ 이 만족되어야 한다. θ 와 β 가 0과 1 사이에서 정의되므로 본 조건을 만족시킨다.

2. 정부주도의 경제(Centralized Economy)

핵심인력을 통해 핵심기술을 개발하는 정부가 존재하는 정부주도하의 경제모형을 제시한다.

가. 정부의 문제

앞 절에서 정의한 최적화 문제를 정부(social planner)의 문제로 풀어 보기로 하자. 정부의 목적함수는 가계의 효용극대화 문제와 동일하다고 하자. 즉 정부의 목적함수는 앞 절과 동일하게 식 (66)처럼 그리고 정부의 제약은 식 (73)과 같이 쓸 수 있다.

$$(73) \quad Y = C + X + R_N + R_R$$

여기서 X 는 중간재 이용비용, R_N 과 R_R 은 각각 중간재 생산에 투입된 연구개발비용과 일반범용기술개발에 투입된 연구개발비용을 나타낸다. 중간재의 이용비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$(74) \quad X = (1 - \beta) \int_0^N x(j) dj$$

중간재 생산에 투입된 연구개발비용 R_N 과 중간재 증가와는 다음과 같은 관계가 있다고 가정하자.

$$(75) \quad \dot{N} = \begin{cases} \eta_N R_N + \eta_R N A^\psi, & \text{for } A > 1 \\ \eta_N R_N, & \text{for } A = 1 \end{cases}$$

여기서 η_R 은 상수이다. 식 (75)는 앞에서 본 식 (56)을 만족한다. 예를 들어 $G(A, N) = \frac{\eta_R}{\eta_N} NA^\psi$ 라고 두면 $A > 1$ 인 경우 식 (75)가 성립한다. 식 (45)를 R_R 에 대해서 정리하면,

$$(76) \quad R_R = \begin{cases} \eta_C NA^\phi L^{R-\phi}, & \text{for } A > 1 \\ 0, & \text{for } A = 1 \end{cases}$$

가 된다. 먼저, 순생산 즉 $Y - X$ 를 극대화하기 위해서 중간재를 얼마나 투입할지를 먼저 계산해두자. 식 (39)와 식 (74)로부터 순생산은 다음과 같다.

$$(77) \quad Y - X = \frac{A}{1-\beta} \left(\int_0^N x(j)^{1-\beta} dj \right) L^{Y\beta} - (1-\beta) \int_0^N x(j) dj$$

식 (77)을 x 에 대해서 미분해서 0으로 두면, $x = \left(\frac{A}{1-\beta} \right)^{\frac{1}{\beta}} L^Y$ 가 구해진다. x 를 다시 순생산 식 (77)에 넣으면 극대화된 순생산은

$$(78) \quad Y - X = \beta A^{\frac{1}{\beta}} (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} NL^Y$$

가 된다. 순생산은 N 에 대해서 한계생산성이 일정하게 됨을 알았다. 즉, 순생산은 N 에 대해서 소위 AK모형이 되었다.

나. 정부의 최적화

정부의 최적화 문제를 풀기 위해서는 $A = 1$ 인 경우와 $A > 1$ 인 경우로 나누어서 생각할 필요가 있다.

 $A = 1$ 인 경우

$A = 1$ 인 경우 정부의 극대화 문제를 다시 쓰면 다음과 같다.

$$(79) \quad \max_{c, R_N, N} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

$$(80) \quad cL = \frac{\beta(1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} NL - R_N}{Y-X}$$

$$(81) \quad \dot{N} = \eta_N R_N$$

정부의 최적화 문제의 해밀토니안은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$(82) \quad H = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + \mu \eta_N R_N$$

최적화원리를 적용하면,

$$(83) \quad -c^{-\theta} \frac{1}{L} + \mu \eta_N = 0$$

$$(84) \quad c^{-\theta} \beta(1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} = \rho\mu - \dot{\mu}$$

이 된다. 식 (83), (84)로부터 소비의 성장률은 다음과 같이 구해진다. 이 경우 역시 생산의 성장률도 소비의 성장률과 같게 됨을 알 수 있다.

$$(85) \quad g_{A=1}^C = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{1}{\theta} (\eta_N \beta (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} L - \rho)$$

Decentralized Economy와 $A=1$ 의 경우의 Centralized Economy의 성장률을 비교해보자.

$$(86) \quad g_{A=1}^C - g_D = \frac{1}{\theta} \eta_N \beta L \underbrace{\left((1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} - 1 \right)}_{>1} > 0$$

당연한 결과이지만 Centralized Economy의 경제성장률이 빠르다는 것을 알 수 있다.

$A > 1$ 인 경우

$A > 1$ 인 경우 정부의 극대화 문제를 다시 쓰면 다음과 같다.

$$(87) \quad \max_{c, R_N, N, A, \alpha} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

$$(88) \quad cL = \underbrace{\beta A^{\frac{1}{\beta}} (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} N \alpha L - R_N}_{Y-X} - \underbrace{\eta_C N A^{\phi} ((1-\alpha L))^{-\phi}}_{R^R}$$

$$(89) \quad \dot{N} = \eta_N R_N + \eta_R N A^{\psi}$$

으로 나타낼 수 있다. 여기서 $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ 는 최종재 생산에 투입되는

노동자의 비율을 의미한다.

이제 정부의 최적화 문제의 헤밀토니안은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$(90) \quad H = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + \mu(\eta_N R_N + \eta_R N A^\psi)$$

최적화원리를 적용하면,

$$(91) \quad -c^{-\theta} \frac{1}{L} + \mu \eta_N = 0$$

$$(92) \quad c^{-\theta} \frac{\partial c}{\partial A} + \mu \eta_R N \psi A^{\psi-1} = 0$$

$$(93) \quad c^{-\theta} \frac{\partial c}{\partial N} + \mu \eta_R A^\psi = \rho \mu - \dot{\mu}$$

$$(94) \quad \frac{\partial c}{\partial \alpha} = 0$$

이 된다. 식 (91), (92)로부터

$$(95) \quad A^{\frac{1}{\beta}-1} (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} \alpha L - ((1-\alpha)L)^{-\phi} \eta_C \phi A^{\phi-1} + \frac{\eta_R}{\eta_N} \psi A^{\psi-1} = 0$$

식 (94)로부터

$$(96) \quad \beta A^{\frac{1}{\beta}} (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} - \phi ((1-\alpha)L)^{-\phi-1} \eta_C A^\phi = 0$$

가 얻어진다. 식 (95), (96)으로부터 A 와 α 값이 구해질 수 있다. 그러나 두 식은 비선형 연립방정식체계를 가지고 있어 해석적 값을 구하기가 힘들다. 따라서 자의적이기는 하지만 $\phi = \frac{1}{\beta}$, $\psi = \frac{1}{\beta} - 1$ 로 가정하고 A 와 α 값을 구하기로 한다. 뒤에서 이 가정을 완화하기로 한다. 식 (96)으로부터

$$\alpha = 1 - \frac{\beta^{-\frac{2\beta}{1+\beta}} (1-\beta)^{\frac{1}{1+\beta}}}{L}$$

$$A = \frac{\eta_R}{\eta_N \eta_C} \frac{1}{z_1 - z_2} \text{가 얻어진다. 단, } z_1 = \beta^{\frac{2}{1+\beta}} (1-\beta)^{\frac{-(\beta^2 + \beta + 1)}{(\beta^2 + \beta)}} ,$$

$$z_2 = \beta(1-\beta)^{-\frac{1+\beta}{\beta}} (L - \beta^{-\frac{2\beta}{1+\beta}} (1-\beta)^{\frac{1}{1+\beta}}) \text{이다.}$$

식 (91)과 (93)과 (95)로부터

$$(97) \quad \rho - \frac{\dot{\mu}}{\mu} = \eta_N L \frac{\partial c}{\partial N} + \eta_R A^\psi = A^{\frac{1-\beta}{\beta}} \eta_R \beta$$

가 구해진다. 식 (91)과 (97)로부터 소비의 성장률은 다음과 같이 구해진다. 이 경우 역시 생산의 성장률도 소비의 성장률과 같게 됨을 알 수 있다.

$$(98) \quad g_{A>1}^C = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{1}{\theta} (A^{\frac{1-\beta}{\beta}} \eta_R \beta - \rho)$$

이제 Centralized Economy의 $A = 1$ 인 경우와 $A > 1$ 인 경우의 성장률을 비교해보자.

(99)

$$D = g_{A>1}^C - g_{A=1}^C = \frac{1}{\theta} \beta (\eta_R^{\frac{1}{\beta}} \eta_N^{\frac{\beta-1}{\beta}} \eta_C^{\frac{\beta-1}{\beta}} (z_1 - z_2)^{\frac{\beta-1}{\beta}} - \eta_N (1-\beta)^{-\frac{1}{\beta}} L)$$

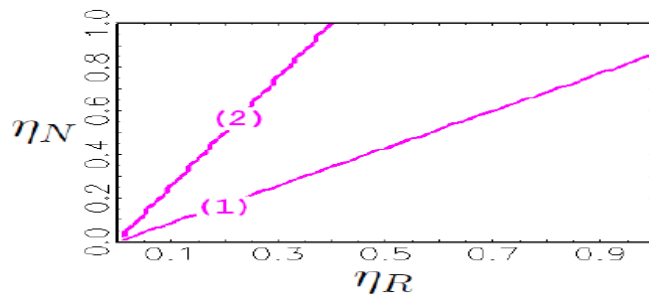
식 (99)로부터 $\frac{\partial D}{\partial \eta_R} > 0$ 이고 $\frac{\partial D}{\partial \eta_N} < 0$ 임을 알 수 있다. 따라서 η_R 이 클수록 $g_{A>1}^C$ 가 클 가능성이 있고 반대로 η_N 이 작을수록 $g_{A>1}^C$ 가 클 가능성이 있다. η_R 이 크다는 것은 일반범용기술 A 에 의해서 중간재의 개발이 쉽다는 것을 의미하는데, 이때는 정부가 일반범용기술을 개발하는 것이 성장에 유리하다. 그리고 η_N 이 작다는 것은 민간 투자개발에 의해서 중간재의 개발이 어렵다는 것을 의미하는데, 이때 역시 정부가 일반범용기술을 개발하는 것이 성장에 유리하다.

앞에서 해석적인 해를 구하기 위해서 자의적으로 $\phi = \frac{1}{\beta}$, $\psi = \frac{1}{\beta} - 1$ 로 가정하고 균형에서의 성장률을 구했다. 여기서는 이 가정을 완화하고 수치계산을 이용해서 성장률을 비교하기로 하자. $g_{A>1}^C$ 와 $g_{A=1}^C$, $g_{A>1}^C$ 와 g^D 의 크기를 비교한다. $g_{A=1}^C$ 와 g^D 와의 비교는 자명하므로 ($g^D < g_{A=1}^C$) 생략하기로 한다. 수치계산을 하기 위해서 필요한 파라메타 값은 다음과 같이 주었다. $\rho = 0.1$, $\beta = 0.75$, $\eta_C = 1.0$, $\phi = 1.2$, $\psi = 0.3$, 그리고 η_N 과 η_R 은 0부터 1까지의 범위의 숫자를 이용했다.

그림 [4-1]은 η_R 과 η_N 의 값에 따라 $g_{A>1}^C$ 와 $g_{A=1}^C$ 와 g^D 의 크기를 비교한 그림이다. x축이 η_R , y축이 η_N 을 나타낸다. 먼저 $g_{A>1}^C$ 와 $g_{A=1}^C$ 의 크기를 비교했다. 선 (1)의 왼쪽 위의 영역에서는 $g_{A>1}^C < g_{A=1}^C$ 인 결과를 얻었고, 오른쪽 아래쪽 영역에서는 $g_{A>1}^C > g_{A=1}^C$ 인 결과를 얻었다.

η_R 이 상대적으로 클수록 $g_{A>1}^C$ 가 $g_{A=1}^C$ 보다 크고, 반대로 η_N 이 상대적으로 작을수록 $g_{A>1}^C$ 가 $g_{A=1}^C$ 보다 크다는 것을 의미한다. 식 (99)에서 얻은 결과와 동일하게 해석할 수 있다. η_R 이 크다는 것은 일반범용기술 A 에 의해서 중간재의 개발이 쉽다는 것을 의미하는데, 이때는 정부가 일반범용기술을 개발하는 것이 성장에 유리하다. 그리고 η_N 이 작다는 것은 민간 투자개발에 의해서 중간재의 개발이 어렵다는 것을 의미하는데, 이때 역시 정부가 일반범용기술을 개발하는 것이 성장에 유리하다는 것을 보여준다.

[그림 4-1] 수치해석 결과



다음 $g_{A>1}^C$ 와 g^D 의 크기를 비교했다. 선 (2)의 왼쪽 위의 영역에서는 $g_{A>1}^C < g^D$ 인 결과를 얻었고, 오른쪽 아래쪽 영역에서는 $g_{A>1}^C > g^D$ 인 결과를 얻었다. 이는 η_R 이 상대적으로 작고 η_N 이 상대적으로 큰 경우는 정부가 일반 범용기술을 관리하는 경우 민간이 아무것도 하지 않는 것보다 오히려 경제성장률은 낮을 수도 있다는 점을 보여준다.

본 고에서는 내생적 성장이론 모형을 이용하여 정부의 일반범용기술의 관리가 경제성장에 주는 영향에 대해 살펴보았다. 일반범용기술 개발이 어려운 경우는 정부가 개발 관리하는 것이 경제성장을 빠르게 할 수 있

다는 결론을 얻었다. 현실에서 보면 일반범용기술의 경우 정부주도하에서 이루어지고 있는 경우를 많이 볼 수 있다. 이 결과는 정부가 왜 일반범용 기술을 개발, 관리하는지에 대한 좋은 설명이 될 수 있으며, 현실과 잘 부합되는 결과라 할 수 있을 것이다.

제5장 과학기술분야 핵심인재의 역할에 대한 재정립 방향

지금까지 논의된 기술변화에 따른 핵심인재의 역할과 그에 따른 정책적 방향 설정에 대하여 다음과 같이 일곱 가지로 정리하여 제시하고자 한다. 첫째, 기술변화에 따른 긍정적인 고용효과를 얻기 위해서는 일련의 경제시스템(a series of economic system)의 지속적인 개선(improvement)이 필수적이다. 기술의 변화가 노동시장(고용, 임금, 실업, 불평등 등)에 미치는 영향은 다수의 경제변수에 장기간에 걸쳐 작용과 반작용으로, 때로는 긍정적 효과가 부정적 효과를 또는 그 반대로 확대 축소되어 간다. 따라서 주어진 경제시스템에서 어느 한 곳이 막혀 있거나 혹은 모든 영향을 한 변수가 흡수해 버리게 되면, 기술의 변화라는 긍정적인 효과는 경제전반에 충분히 전파·반영되지 못하거나 기술변화의 부정적 효과가 충분한 보상효과를 나타낼 수 없을 것이다. 따라서 다음과 같은 일련의 긍정적인 경제시스템의 조성을 통하여 기술변화에 따른 경제시스템의 자율적인 조정과 정화의 역할이 가능하도록 해야 한다. ① 기술전파와 변화 수용이 신속한 불완전 경쟁요인 제거 ② 실질적인 순수 투자 유도 ③ 독점지대의 재투자 활성화 ④ 해외시장 진출의 용이성 등이다. 반면에, 기술변화에 부정적인 경제 환경으로는 ① 시장의 불완전 경쟁요소 ② 신기술의 노동대체로 인한 구매력 감소 ③ 시장지배력이 강한 산업구조 ④

독점지대의 사내유보, 그리고 ⑤ 포화상태인 유효수요 등을 들 수 있다. 더불어 기술변화에 불완전하게 반응하는 경제시스템에 대비하여²⁹⁾ 기본적인 생활과 구매력 보존을 위한 사회보장제도를 비롯한 재교육 및 훈련 프로그램에 대한 지원이 필요하다. 따라서 정책당국자는 국가 및 산업 전반에 걸친 장기적인 기술변화 현상을 포괄적으로 이해하기 위하여 생산 시스템, 경제 내 산업구성, 기술변화의 성격 등 다수 요인들을 전반적으로 이해하고 살피는 것이 필수적이다. 또한 기술변화로 인한 잉여소득의 흐름이 정당하게 분배되는지 막혀 있는 곳이 어디인지를 판단하는 노력이 필요하다.

둘째, 기술변화는 기술이 체화된(embodied) 자본의 성격에 따라 좌우된다. 즉 기술의 발전방향은 주어진 기술이 다른 생산요소(노동)와 어느 정도 보완적인 관계인가 또는 대체적인 관계인가에 따라 결정된다. 1970년 이후 기술의 발전은 기술이 체화된 설비자본의 지속적인 가격하락으로 시작되었으며, 이로 인해 설비투자의 수요를 증가시켰고 설비투자는 미숙련노동이 대체하고 보완적인 숙련노동의 수요를 증대시키면서 숙련노동 집약적인 방향으로 기술이 발전하였다. 이러한 과정(process)은 현재에도 유효하며, 설비자본의 가격이 지속적으로 하락하거나 숙련 편향적 기술 발전이 지속된다면 신규자본이 점차 고도화된 숙련노동(즉, 핵심인재)의 수요를 크게 증가시킬 것이다. 따라서 정부는 자본, 특히 기술이 체화된 자본의 신규투자와 노동 간의 보완성을 파악하여 숙련에 의해 계층화된 노동 및 교육의 공급을 조정해야 하고 미숙련노동 및 기(既)숙련노동의

29) 노벨상 수상자인 경제학자 레온티에프(Wassily Leontief)는 “보다 정교한 컴퓨터의 도입으로 인하여 마치 농경 시대에 있어서 말의 역할이 트랙터의 도입에 의해서 감소되고 제거된 것처럼, 가장 중요한 생산 요소로서의 인간의 역할이 감소하게 될 것”이라고 경고함. 페리(W. H. Ferry), 테오발드(R. Theobald), 오펜하이머(Robert Oppenheimer) 등은 기술 혁신과 생산성 향상이 완전 고용을 보장한다는 정통 경제 이론에 의견을 달리하고 컴퓨터 혁명이 노동력 대체를 대가로 생산성을 향상시켜 수백만의 실업자를 창출하며 사회는 새로운 기술에 의해 생산된 재화 및 서비스에 대한 충분한 구매력을 갖지 못한다고 주장함(노동의 종말, 2009 참고).

재교육을 활성화시켜서 미숙련의 미숙련 고착화를 방지해야 할 것이다. 다시 말해서, 기술혁신이 비숙련노동자의 일자리 감소를 확대할 가능성이 있으므로 기술교육 확대 등을 통해 비숙련노동자의 숙련도를 높이는 한편 산업계 수요에 맞는 전문·고급인력을 양성할 수 있도록 교육시스템을 지속적으로 개선해 나가야 할 것이다(강규호, 2006).

셋째, 기술변화의 불확실성과 고학습비용이 노동의 숙련화를 가속시킨다. 기술의 발전 속도에 따라 시장의 불확실성은 비례하며, 이에 맞추어 노동자에게는 신속한 대처능력과 빠른 적응력이 요구된다. 하지만 미숙련 노동계층은 숙련노동에 비해 새로운 기술에 잘 적응하지 못하며 자신의 분야가 대체가 되는 침식효과(erosion effect)를 경험하게 된다. 반면, 새로운 기술에 잘 적응하는 숙련노동계층은 생산성이 향상되고 숙련노동의 프리미엄도 증가할 것이다. 특히 새로운 기술습득이 상대적으로 많이 요구되는 정보통신 부문의 경우, 외환위기 이후 정보통신기술을 중심으로 한 중소기업이 거시적인 고용확대에 큰 역할을 하였으며 정보통신기술의 임금효과도 긍정적으로 나타났다. 하지만 외환위기 이후 급속히 확대되어 온 정보통신 관련 교육의 실효성은 미미한 것으로 나타나 산업현장에 필요한 숙련을 형성할 수 있도록 하는 교육훈련의 내실화에 대한 점검이 필요하다. 이러한 측면에서 산학협동을 통한 현장실습 교육의 강화와 커리큘럼에 프로젝트 위주의 현장실습 내용을 포함하는 방안을 다양하게 확충하며, 직업 훈련의 경우에도 단기 과정을 지양하고 현장 전문가를 양성하는 프로그램의 확충이 필요하다. 또한 신기술 도입에 따른 직무 분화가 빠르게 진행되고 있기 때문에 이를 반영한 인력양성 계획을 수립하는 것이 필요하다. 예를 들어 웹 마스터의 경우 웹 기획자, 웹 개발자, 웹 디자이너 등으로 세분화되고 있기 때문에 이를 반영한 교육 프로그램을 적시에 마련하여야 한다(강순희 외, 2002). 한편 훈련기회가 사회·경제적으로 열악한 계층들, (실망)실업자나 비정규직 노동자, 중소기업 노동자 등과 같은 이들의 훈련 수요에 훨씬 못 미친다는 점이다. 교육

훈련이 정책적 관심을 불렀던 이유가 적극적 노동시장 정책으로서 실업자들과 사양산업 종사자들을 재교육시켜 성장부문에 투입했던 것임을 상기할 때, 이러한 실태는 현존하는 인적자본 격차가 훈련기회의 불평등으로 더욱 확대될 수 있음을 의미하기 때문이다(이상호, 2005). 따라서 정부는 미래의 기술변화에 따른 기술정보의 홍보를 강화하여 시장의 불확실성을 최소화하고 기술변화의 학습비용을 낮추어 실질적인 고용과 관련된 신기술자 양성시스템을 강화해야 할 것이다.

넷째, 노동의 상대적 공급증가가 기술의 변화방향에 크게 영향을 미친다. 기술의 변화는, 숙련노동과 미숙련노동 간의 대체탄력성이 충분히 크다면, 두 생산요소 중 상대적으로 다수의 부존을 가진 요소 편향적으로 발전한다. 이는 숙련노동의 증가가 직접적으로 생산요소의 가격(숙련프리미엄)을 떨어뜨리는 부(-)의 효과가 있으며, 간접적으로 숙련기술을 발전시켜서 생산요소의 가격을 상승시키는 정(+)의 효과를 동시에 가진다는 점이다. 결국, 숙련노동의 상대 공급증가는 간접효과가 직접효과보다 커서 숙련노동의 임금 프리미엄을 증대시키고 숙련 편향적 기술진보를 가져온다는 것이다. 이러한 접근은 다양한 시기의 기술발전의 특성을 설명할 수 있다. 18세기 말과 19세기 초에 나타난 기술변화가 미숙련 노동자로 편향된 이유와 미국의 지난 60년 동안 기술진보의 방향이 숙련기술의 발전으로 이어진 이유를 설명하고 있다. 산업혁명 이후 대부분의 숙련-대체(skill replacing)기술, 즉 공장 시스템의 출현은 미숙련노동의 상대적 공급이 지속적으로 증가했기 때문이다. 이 시기에 농촌에서 도시로 미숙련 노동자의 대규모 이동이 있었으며, 이로 인해 미숙련노동이 급격히 증가한 것이다. 한편 2차 세계대전 이후 베이비붐(baby boom)의 높은 대학 진학률 등으로 숙련노동이 급격히 증가하였으며, 이는 숙련편향적(skill biased) 기술진보로 이어졌다. 이러한 논리는 한국 경제의 초기성장기(1960년대~80년대 말)까지의 고도성장이 미숙련노동 집약형 기술발전이었다면, 중간과도기를 거쳐 후기성장기(1990년대 말~현재)는 숙련노동

집약형 기술발전으로 전환된 것이다. 이러한 결과의 이면에는 투자자들이 이윤의 원천을 발견하였고, 이를 이용하여 이윤극대화 행동에 따른 결과라는 점이다.

다섯째, 내생적인 기술의 변화에 따라 자본과 노동 간의 균형(balance)을 맞춰야 한다. 경제가 지속적으로 성장하기 위해서는 투자자의 역할이 절대적이다. 왜냐하면 경제성장이 자본의 투입량에 의존한 형태이든 생산성 향상에 의존한 형태이든 상관없이 투자자의 투자를 필요로 하기 때문이다. 시기적으로도 초기 성장기에는 투자의 재원이 필수적이며, 지속적인 성장을 하기 위해서도 어떤 형태든 어떤 방향이든 투자가 지속적으로 이루어져야 하기 때문이다. 그런데 투자가 이루어지지 않는 근본이유는 첫째 투자에 따른 수익을 얻을 수 없다는 점과, 둘째 지속적인 투자가 자본의 수익을 체감시킨다는 점이다. 이를 우리나라의 경제성장 과정에 비추어 보면, 1960~70년대 초기성장기에 노동집약적 산업에 투자를 한 것은 값싼 노동이 풍부하여 미숙련노동 집약적인 기술변화에 투자하여 수익을 올린 것이고, 1990년대 숙련노동적 기술변화를 가져온 것도 다수의 저렴한 숙련노동력으로 투자 대비 높은 수익을 얻을 수 있었기에 가능한 것이었다. 한편 산업의 다각화가 이루어진 것은 한정된 영역에 지속적인 투자로 인한 수익체감보다는 새롭게 수익을 얻을 수 있는 새로운 기술과 산업에 투자하여 얻을 수 있는 수익 창출이 가능했기 때문이다. 이것은 '대규모의 자본투입과 그에 적응할 수 있는 대규모의 노동투입'이라는 방식만으로는 한국사회의 노동력 구성을 지적 숙련과 기능적 숙련이라는 차원에서 고숙련, 고기능의 인력구성을 갖는 형태로 변화시킬 수 없다는 의미로 해석된다. 노동력의 질을 높이기 위해서는 직업훈련이나 교육뿐만 아니라 산업구조와 기술변화, 생산조직의 변화, 직무의 재설계 등의 관점에서 파악되는 숙련의 수요 측면도 동시에 고려해야 할 필요가 있다. 인력의 문제는 공장과 직무의 재설계 그리고 그와 관련되는 자본-노동관계까지 고려해야 할 문제이다(전병유, 1994). 따라서 기술의 변화에 따른 자

본과 노동에 대한 정책은 자본의 기술 체화가 가속화될수록 노동도 숙련 노동자, 핵심인재에 대한 투자도 가속화되어야 하며, 숙련노동자가 많아 질수록 자본의 발전도 노동의 숙련도에 맞추어 균형 있게 발전해야 할 것이다.

여섯째, 국제무역 개방성이 높을수록 상대적 요소부존 집약형 기술발전을 한다. 기술변화의 방향은 국제무역과 관계가 있다. Heckscher-Ohlin 이론에 의해 국가 간 무역이 상대적 부존자원의 차이에 의해 발생할 경우, 한 국가경제가 무역개방화를 하게 되면 세계가격은 국가별 상대적 요소부존에 의해 결정되고 풍부한 요소부존 집약적인 재화가 상대적으로 더 비싸진다. 그 결과 높은 기대이윤을 가진 재화의 혁신활동이 높아지고 기술변화 역시 요소부존이 높은 쪽으로 발생한다는 것이다. 이를 인적구성으로 살펴보면, 선진국은 숙련노동이 비숙련노동보다 상대적으로 풍부하며, 개도국은 미숙련노동이 풍부한 국가이다. 결국 지구 전체의 글로벌화가 점차 심화될수록 선진국은 숙련노동이 집약된 제품생산에 특화할 것이고, 개도국은 미숙련노동이 집약된 산업에 특화할 것이다. 우리나라는 무역의존도가 높고 중국을 제외한 미국, 일본, EU 등 선진국들과의 교역량이 꾸준히 늘고 있다. 한편으로 개도국으로부터의 수입은 우리나라에서 숙련노동자의 상대소득을 뚜렷이 증가시키는 방향으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉, 개도국으로부터의 수입 증가는 숙련노동자들의 임금이 총임금(숙련+미숙련노동자)에서 차지하는 비율의 연평균증가율을 13%에서 22%까지 설명한다고 분석되었다. 따라서 우리나라를 중심으로 남남, 남북무역의 관계에서 어떠한 품목에 특화를 할 것인지에 따라 장기적인 기술변화의 방향도 함께 결정된다는 점을 인식해야 한다.

일곱째, 기술의 방향성은 정부정책 방향에 의해 좌우된다. 1980년대 미국의 기술 정책은, 첨단 기술 제품을 생산하는 섹터에서 일본의 부각하는 지배력에 대응하기 위해 안전 및 국방에서 경제적 경쟁력으로 (정책의) 우선순위가 빠르게 이동하였다. 이들은 슈퍼터적인 성장모형 내에서 정부

가 가장 높은 잠재적 품질 향상을 보이는 (첨단) 제조업 쪽으로 지출을 재배분하는 경우 이들 섹터에서 혁신율의 상승과 숙련된 R&D 노동자에 대한 수요 및 임금에서 순증가로 이어지는 시장규모 효과를 유발할 수 있음을 보인다. 이는 기술발전에 대한 정부의 무한한 역할을 의미하는 것은 아니다. 더구나 기술의 다양화와 세부화가 깊어질수록 정부의 역할은 줄어들고 있다. 하지만 정부의 기술정책은 보다 공익적 차원에 거시적인 방향성과 인재육성에 대한 주도적인 역할을 필요로 한다.

참고문헌

- 강경중 외(2008). 『인적자원정책 혁신기반 연구·사업(2008): 핵심인재 양성 인프라 구축을 중심으로』, 한국직업능력개발연구원.
- 권남훈·김종일(2002). 「최근 한국의 고용구조 변화의 특징과 정보화의 역할」, 『한국경제연구』, 제8권, 한국경제연구학회.
- 권대봉(2003). 『인적자원개발의 개념 변천과 이론에 대한 종합적 고찰』, 원미사.
- 김영태 외(2008). 「국내 기업 사례에서 직무순환이 인사고가 점수와 핵심 인재 선정에 미치는 영향에 관한 연구」, 『직업능력개발연구』, 제11권 제2호, 한국직업능력개발원.
- 김영화(2006). 『세계화와 양극화 : 흐름과 전망』, 한국사회복지학회.
- 김용성(2006). 『소득분배 양극화에 대한 연구』, 한국개발연구원.
- 김현동·송보화(2009). 「핵심인재우대정책과 제도의 실행이 기업성장에 미치는 영향에 관한 실증적 고찰」, 『직업능력개발연구』, 제12권 제1호 한국직업능력개발원.
- 문형표 외(2005). 『인구구조 고령화의 경제사회적 파급효과와 대응과제』, 한국개발연구원.
- _____ (2006). 『인구구조 고령화의 경제사회적 파급효과와 대응과제』, 한국개발연구원.
- 민주홍(2007). 「HCCP 자료를 통해 본 핵심인재 확보·관리 경영 현황」, 『직업과 인력개발』, 가을호, 한국직업능력개발원.
- 서경민(2006). 「핵심인재 육성 프로그램 현황 및 시사점: 국내의 사례를 중심으로」, 『인력개발연구』, 제8권 제2호.
- 신석하(2007). 「경제위기 이후 기술 변화가 미숙련 근로자의 고용상황에 미친 영향」, 『한국개발연구』, 제29권 제1호, 1-39쪽.

- 신동균 외(2006). 「소득분포 양극화의 특성과 경제사회적 영향」, 제49차 한국경제분석패널 발표자료.
- 심상완(2002). 「고령화에 대응하는 복지 과학기술」, 『과학기술학연구』, 제2권 제2호, 145-189쪽.
- 윤순진(2008). 「한국의 에너지체제와 지속 가능성」, 『경제와 사회』, 통권 제78호.
- 이경목·윤현중(2007). 「경쟁환경, 기술변화, 경쟁전략과 핵심인재관리 강도간의 관계에 대한 연구」, 『경영학연구』, 제36권 제5호.
- 이정원 외(2007). 『미래경제사회 전망과 과학기술 비전』, 과학기술정책연구원.
- 이재찬(2009). 「세계경제통합으로인한 새로운 위험관리체제수립의 필요성에 대한 연구」, 『한독사회과학논총』, 제19권 제2호, 85-112쪽.
- 임기철 외(2006). 『미래경제사회 트렌드 전망과 과학기술 비전(I)』, 과학기술정책연구원.
- 장용성(2006). 「자본-기술 보완성과 경제성장」, 『韓國經濟의 分析』, 제12권 제1호, 183-224쪽.
- 장한익 외(2006). 『경제적 양극화』, 한국사회학회.
- 전병유 외(2006). 『노동시장의 양극화와 정책과제』, 한국노동연구원.
- 전주용(2009). 「한국의 경제성장과 산업별 기술변화」, 서강대학교대학원 경제학 박사학위 논문.
- 정기오(2009). 『과학기술 핵심인재의 정의 및 양성 기본 방향』.
- 정찬모 외(2006). 『글로벌화와 통일에 대비한 IT 미래전략』, 정보통신정책연구원.
- 최강식·정진호(2003). 「한국의 학력간 임금격차 추세 및 요인분해」, 『국제경제연구』, 제19권 제3호, 183-208쪽.
- 최희갑(2002). 「외환위기 이후 소득분배의 양극화」, 『국제경제연구』, 제8권 제2호.

- 황중연(2009). 「미래 지식정보사회의 정보보호 전략 프레임워크」, 『정보와 통신』, 한국통신학회.
- 허재준·서환주·이영수(2002). 「정보통신기술 투자와 열연노동 수요변화」, 『경제학연구』, 제50집 제4호, 267-292쪽.
- KISTEP(2005). 『미래사회전망과 한국의 과학기술』, 과학기술부/한국과학기술기획평가원.
- KIET(2005). 『한국산업의 발전비전 2020』, 산업연구원.
- Acemoglu, D.(2002a). "Technical Change, Inequality and the Labor Market", *Journal of Economic Literature*, Vol.40, No.1, pp. 7~72.
- _____ (2002b). "Directed Technical Change", *Review of Economic Studies*, Vol.69, No.4, pp. 781~809.
- Aghion, P. & Howitt, P.(1992). "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, Vol.60, No.2, pp. 323~351.
- _____ (1998a). *Endogenous Economic Growth*, MIT Press.
- _____ (1998b). "On the Macroeconomic Effects of Major Technological Change", *Annales d'Economie et de Statistique*, No.49/50, pp. 53~75.
- Autor, D., Katz, L. & Krueger, A.(1998). "Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?", *Quality Journal of Economics*, Vol.113, No.4, pp. 1,169~1,214.
- Bartel, A. P. & Lichtenberg, F. R.(1987). "The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology", *Review of Economics and Statistics*, Vol.69, No.1, pp. 1~11.
- Bartel, A. P. & Sicherman, N.(1998). "Technological Change and the Skill Acquisition of Young Workers", *Journal of Labor Economics*, Vol.16, No.4, pp. 718~755.
- Berman, E., Bound, J. & Griliches, Z.(1994). "Changes in the Demand

for Skilled Labor Within US Manufacturing Evidence from the Annual Survey of Manufacturers", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.109, No.2, pp. 367~397.

Berman, E., Bound, J. & Machin, S.(1998). "Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence," *Quarterly Journal of Economics*. Vol.113, No.4, pp. 1,245~1,280.

Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M.(1995). "General Purpose Technologies: Engines of Growth?", *Journal of Econometrics*, Vol.65, No.1, pp. 83~108.

Caselli, F.(1999). "Technological Revolutions", *American Economic Review*, Vol.89, No.1, pp. 78~102.

Galor, O. & Tsiddon, D.(1997). "Technological Progress, Mobility, and Economic Growth", *American Economic Review*, Vol.87, No.3, pp. 363~382.

Goldin, C. & Katz, L. F.(1998). "The Origins of Technology-Skill Complementary", *Quarterly Journal of Economics*, Vol.113, No.3, pp. 693~732.

Greenwood, J. & Yorukoglu, M.(1997). "1974", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol.46, pp. 49~95.

Griliches, Z.(1969). "Capital-Skill Complementary", *Review of Economics and Statistics*, Vol.51, No.4, pp. 465~468.

Helpman, E.(1998). *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press.

Hornstein, A. & Krusell, P.(1996). "Can Technology Improvements Cause Productivity Slowdowns?", *NBER Macroeconomics Annual*, Vol.11, pp. 209~276.

Hornstein, A., Krusell, P. & Violante, G. L.(2005). "The Effects of

- Technical Change on Labor Market Inequalities", *Handbook of Economic Growth*, Vol.1B.
- Katz, L. & Murphy, L.(1992). "Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors", *Quality Journal of Economics*, Vol.107, No.1, pp. 35~78.
- Krueger, A.(1993). "How Computers Have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984~1989", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.108, No.1, pp. 33~60.
- Krusell, P. et al.(2000). "Capital Skill Complementarity and Inequality: a Macroeconomic Analysis", *Econometrica*, Vol.68. No.5, pp. 1,029~1,053.
- Nelson, R. R. & Phelps, E. S.(1966). "Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth", *American Economic Review*, Vol.56, No.1/2, pp. 69~75.
- Romer, P. M.(1987). "Crazy Explanation for the Productivity Slowdown", *NBER Macroeconomics Annual*, Vol.2, pp. 163-202.
- _____ (1990). "Endogenous Technological Change," *The Journal of Political Economy*, Vol.98, No.5 pp. S71~S102.
- Rothwell, W.(2001). *Effective Succession Planning*, AMACOM.
- Sato, K.(1967). "A Two-Level Constant-Elasticity-of-Substitution Production Function", *Review of Economic Studies*, Vol.34, No.2, pp. 201~218.
- Schumpeter, J. A.(1961). *The Theory of Economic Development*, Oxford University Press.
- Vivarelli, M. & Pianta, M.(2000). *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, Routledge.

■ 저자 약력

- 김현호
 - 과학기술정책연구원 부연구위원
- 전주용
 - 과학기술정책연구원 연구원
- 신인용
 - 일본 아세아대학교 교수

미래지식사회의 기술수요 변화와
과학기술분야 핵심인재의 역할

· 발행연월일	2009년 12월 30일 인쇄 2009년 12월 31일 발행
· 발 행 인	권 대 봉
· 발 행 처	한국직업능력개발원 135-949, 서울특별시 강남구 청담동 15-1 홈페이지: http://www.krivet.re.kr 전 화: (02)3485-5000, 5100 팩 스: (02)3485-5200
· 인 쇄 처	(주)신전 (02)2264-7727
· 등 록 일 자	1998년 6월 11일
· 등 록 번 호	제16-1681호
· I S B N	978-89-6355-051-0 94370 978-89-6355-049-7(전5권)

©한국직업능력개발원 <값 4,000원>