

자동차산업 기술혁신의 동학적 분석[†]

An Dynamic Analysis on the Technology Innovation of Auto Production Industry

송태복(Tae-Bock Song)*, 남수현(Su-Hyeon Namn)**

목 차

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| I. 서론 | IV. 자동차산업의 유연생산기술 |
| II. 기존 기술혁신 연구에 관한 검토 | V. 기술혁신에 대한 정량적 평가 |
| III. 린싱킹과 생산방식의 유연화 | VI. 결론 및 연구의 제한점 |

국 문 요 약

포드방식은 대량생산방식을 탄생하게 하였지만, 1980년대 들어 생산성 향상에서 한계에 직면하게 된다. 시장이 다변화되고 기계부문과 컴퓨터의 결합에 의한 자동제어기능이 발달함에 따라 대량생산방식은 새로운 변화의 계기를 맞게 된다. 자동차산업에서는 자동화에 기반을 둔 JIT, 신제품 모델개발, 모듈화를 전략적 개념으로 결합하여 점진적인 기술혁신이 진행된다. 이러한 기술혁신의 범주들은 유연생산기술의 특징을 형성하며 공정혁신을 주도하게 된다. 유연생산방식은 포드방식에서 기술적인 발전으로 인해 진보한 생산방식이다. 자동차산업의 이 같은 생산방식의 진보는 스펙터가 언급하였듯이 새로운 기술 패러다임이 등장하고, 이에 따른 기술적 불확실성이 점차 체계화하는 과정에서 이루어진 혁신이다. 기술혁신에 대해 공정혁신이 기여하는 바를 정량적 분석을 통해 검증함으로써 기술혁신이 점차 공정혁신을 통해 정착되는 과정을 분석할 수 있게 된다. 공정혁신의 이러한 기술혁신에 대한 기여의 분석은 자동차산업에서 미래에 예견되는 기술혁신에서 공정혁신이 갖는 성과와 방향을 예측하는데 도움이 될 것이다.

핵심어 : 포드방식, JIT, 모듈화, 유연생산방식

※ 논문접수일: 2010.12.9, 수정일: 2011.3.21, 게재확정일: 2011.3.25

† 이 논문은 2010년도 한남대학교 교비학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

* 한남대학교 경상대학 경제학과 교수, songtab@hnu.ac.kr, 042-629-7609, 교신저자

** 한남대학교 경상대학 경영정보학과 교수, namn@hnu.ac.kr

ABSTRACT

Under Ford system, corporations sought to maximize the economies of scale by raising the production efficiency. It aims to lower the production cost by increasing the quantity of output. But in the era of market flux and uncertainty, however, such strategies can no longer be sustained. Replacing the structures of Ford system, Toyota was able to accelerate the pace of process innovation and product innovation. Related to this innovation is JIT, new model development, modularization. The firm's reliance on flexible production technology provides opportunities to expand her production basis to foreign countries successfully. The main objective of this paper is to explore the contribution of process innovation to profit-capital ratio. The model is estimated using a time-series data of 18 years from 1990 to 2007 of auto production industry in Korea. An Implication of this estimation shows that process innovation explains a significant portion of profit-capital ratio.

Key Words : Flexible technology, Scale, JIT, Modularization

I. 서 론

기술혁신은 시장경제가 발전하기 위한 역동적인 수단이 되며, 슈페터는 기술혁신을 기업의 생산공정, 재료 및 생산조직 등 생산수단의 결합에서부터 신제품을 판매하는 일련의 과정을 포괄하는 전략행위로 정의하였다(Schumpeter, 1961). 후의 저서에서 기술혁신은 거대기업이 고용한 고도로 훈련되고 과학지식으로 무장한 과학자 및 엔지니어 집단에 의해 주도된다고 지적함으로써 전문집단에 의해 기술혁신이 기업의 내부 질서로 정착되고 생산공정에 내재화되는 과정을 다루었다.

포드방식에 의한 대량생산방식은 새로운 기술 패러다임을 등장시켰지만, 동시에 패러다임은 불확실성을 갖는 기술 군집현상을 초래하였다. 기술 군집현상은 새로운 패러다임 내에서 기술발전 잠재력을 바탕으로 하여 그 폭과 깊이가 확대되면서 불확실성을 증대시키며 고도의 과학지식과 숙련된 전문지식에 의해 상호 긴밀하게 결합된다. 이렇게 등장한 혁신기술이 실제 생산방식에 적용되면서 기술군집이 갖는 불확실성이 점차 제거되고 체계화되며, 대량생산방식은 이 같은 군집현상의 질서화를 통해 진보하게 된다. 이러한 유형의 기술혁신 진보는 자동차산업에서 전형적인 예로 나타나며, 포드방식에서 유연생산방식으로의 진전은 이러한 대조를 뚜렷하게 만든다. 전자에서 후자로의 변화는 대량생산방식의 기술적 변화뿐만이 아니라 기술혁신을 일상적인 질서로 내재화할 수 있는 경영전략의 변화를 필요로 한다.

포드방식이 규모의 경제 이점을 극대화 하는 것을 목표로 한다면 유연생산방식은 기업의 글로벌 전략에 따라 세계적인 생산거점의 최적화를 목표로 한 경영전략과도 결부된다. 전자의 방식이 생산원가를 낮춰 대량 시장수요 창출을 목적으로 하는데 비해, 후자의 방식은 시장수요가 다변화 되는데 따라 역동적인 시장변화에 대응하고 네트워크화 된 각 거점의 최적 생산체제를 유지하는데 목적을 둔데서 그 특징이 나타난다. 본 논문은 유연생산방식의 특징을 이루는 전략적 요소들에 의해 기술혁신이 생산공정을 혁신하는데 체계화되고 내부적인 경쟁질서로 정착되는 과정을 밝히고자 한다. 또한 기술혁신이 공정혁신에 기여하는 바를 계량적으로 검증하고자 하며, 이 같은 검증을 통해 새로운 패러다임의 등장 위에서 기술혁신의 군집현상이 갖는 불확실성이 점차 생산공정에 체계화되어 제거되고 내부의 질서로 정착되는 과정을 접근할 수 있을 것이다.

II. 기존 기술혁신 연구에 관한 검토

기술혁신을 기업 경영과 시장 발전을 이끌어가는 전략적 개념으로 정의할 때, 기술혁신의

발생 현상과 그 특징은 다양한 관점에서 분석 비교된다. 기술혁신이 발생하는 유형과 혁신 대상, 군집적인 현상, 주도적인 원천 등에 대한 비교 분석은 기술혁신이 어떻게 진행되고 현상적인 특징을 갖는지를 조명하게 한다. 첫째로, 기술혁신의 유형이 속도와 깊이에서 급진적이고 대규모인가 또는 점진적이고 소규모적인가에 따라 구분될 수 있는데, 이러한 구분은 대량생산 방식의 등장과 자동제어기능의 출현에 의해 각각 분기점을 이룬다. 이에 대한 연구는 1930년대의 세계 공황의 진행과정 중에 급속하고 다양하게 등장한 제품들에서 기술혁신의 급진성을 주장하는 관점(Mensch, 1979)과 그 이후 단계에서 점진적으로 진행된 기술혁신에 대한 주장(Sahal, 1981)으로 대변된다. 이 두 주장은 기술혁신에 대해 반대적인 관점에서 대립하기보다는 시기적으로 기술혁신의 폭발적인 등장과 이후 단계에서 점진적인 변화를 통해 체계화되는 과정으로 대조를 이룬다. 이러한 예는 슈페터가 지적하였듯이 자동제어기능의 출현으로 인해 그 이전까지 기계식 제어기능을 갖는 제품과 부품 전체가 대체되고, 창조적 파괴의 기술혁신을 유발한데서 보게 된다. 그 이후의 단계에서 자동제어기능은 점진적으로 발달하면서 적용의 폭을 확대하여 생산기술의 유연적 특성을 확산시키는데 기여한다.

둘째로, 기술혁신의 대상이 생산공정인가 또는 제품인가에 따라 공정개선, 신제품, 가치 증식 등에 미치는 영향을 비교하게 된다. 공정혁신은 공정의 개선, 자동화, 가치 공학의 도입 등에 의해 혁신을 불러일으키는 것으로 공정의 전체 또는 부분적인 진행 자체에 기술적으로 체화된다. 공정혁신은 초기에는 대폭적인 개편에 의해 이루어지는 경우가 많으므로 제품생산이 불안정하지만, 제품생산이 안정되거나 각 공정의 표준화가 이루어지면 점차 최적 가동을 목표로 하여 조정과정을 거치게 된다(Utterback and Abernathy, 1975). 제품혁신은 새로운 제품을 개발하거나 기능을 부여하여 기존 제품을 대체하는 것으로 시장수요를 창출하게 된다. 반도체의 경우가 대표적인 예에 속한다.

셋째로, 기술혁신이 군집적인 현상으로 발생하는 과정을 학자들은 관점에 따라 다양한 명칭으로 부른다. 혁신의 이러한 현상을 기술혁신 패러다임(paradigm)¹⁾, 가이드 포스트(guide post), 군집(clustering) 등으로 부른다. 군집현상은 새로운 기술혁신의 발생으로 인해 분기점을 이루며, 그 이후 진행과정에서 점차 불확실성이 해소됨에 따라 기술발전의 체계가 확립된다. 그렇지만 기술혁신은 과학지식의 발전과는 달리 생산공정에 적용되어 현실적인 성과를 내야 하기 때문에, 노동작업을 포함한 생산조직의 변화를 수반한다. 그러므로 패러다임의 변화는 과학지식 체계의 변화뿐만이 아니라 이러한 기술혁신을 시장 지향적인 성과로 전환할 수

1) 패러다임은 토마스 쿤에 의해 제시되었다. 쿤이 지적한 과학지식에서의 패러다임의 변화는 정상과학을 대체하는 과학지식체계의 변화를 의미하며, 이것은 물리에서는 뉴턴 역학에 대비되는 아인슈타인의 상대성 개념, 그리고 화학에서는 플로지스톤 이론에 대비되는 연소이론에 의해 비교된다. 이에 비해 기술혁신에서 패러다임은 두 번의 분기점을 지나는데, 대량생산방식의 등장과 기계·전자공학의 결합에 의한 자동제어기능의 출현이다.

있는 전략적 개념들을 낳게 된다. 또 다른 비교로서 기술혁신이 기술주도에 의한 혁신인가 또는 수요견인에 의한 혁신인가에 따라 구별된다. 기술주도 가설은 과학지식과 기초과학이 기술혁신을 이끌어가는 역할을 중요시 한 반면, 수요견인 가설은 시장수요자의 취향과 이 취향에 부합된 제품을 생산함으로써 이윤을 동기로 한 기업의 목표와 결부된다.

자동차산업은 대량생산방식이라는 새로운 생산방식을 등장시켜 기술 패러다임의 변화를 가져왔다. 이 같은 기술 패러다임은 이후 또 한 번의 변혁을 겪게 되는데 자동제어기술의 발달에 의해 새로운 변화를 맞게 된다. 처음의 기술혁신이 규모의 경제를 실현시킨 생산방식을 탄생시켰다면, 다음 단계의 기술혁신은 생산체제의 유연성을 증가시키며 ‘가치 흐름’ 생산을 지향한 생산시스템의 최적화를 목표로 하게 된다. 그렇지만 후자의 혁신이 전자와 비교되는 것은 공정혁신을 통해 부단히 진전되기 때문이며, 급진적이라기보다는 점진적으로 진행된 데 있다. 또한 전자의 혁신이 대량생산에 적합한 대량소비 시장을 창출하였다면, 후자의 혁신은 기업과 산업이 다변화된 시장수요를 전략적으로 수용하여 기술혁신을 일상적인 내부 추진력으로 관성화한데서 차이를 갖는다.

대량생산방식의 진보에 의해 탄생한 유연생산방식에서는 ‘린싱킹’의 경영 개념이 도입되어 기술혁신을 부단히 전략적으로 수용하며, 생산에서 판매에 이르기까지 일련의 과정을 가치 흐름의 경영에 따라 체계화한다. 이 과정을 통해 기술적 특성, 생산방식, 경영전략이 일관된 과정으로 결합되며 이에 따른 유연생산시스템의 특징이 형성된다. 이 같은 기술혁신은 슈퍼터가 지적하였듯이 다만 제품혁신에 그치지 않고 생산공정, 조직, 연구 등에 이르기까지 일련의 과정을 대상으로 하여 조직된 포괄적인 전략의 특징을 갖는다. 공정혁신에 체화된 기술혁신은 전략적인 경영 내부 질서로 정착되며, 자동차산업에서 기술혁신에 의한 경쟁이 일상화되는데 기여하였다.

린생산방식을 실행하는데 어떠한 요소가 중요한가를 다루는 연구성과들이 있다. 린생산방식을 일면적으로 보아 그 실행과 성과를 다루는 연구는 원인별로 그 영향을 검증한다(McKone et al., 2001) 반면에 린생산방식을 다면적인 다양성의 측면에서 보고, 실행하는데 상대적 중요한 요소들간의 관계를 규명하려는 연구가 있다(Shah and Ward, 2003).²⁾ 그렇지만 이러한 선행연구는 린생산방식의 정착에 주요 역할을 하는 요소 또는 장벽이 되는 문제를 다룬 연구이며, 요소 원인별 접근방식을 취한다. 슈퍼터의 기술혁신에 대한 관점은 이 연구들과는 달리 기술군집 현상이 생산공정에 적용되는 과정에서 점차 불확실성이 제거되고 활성화된 자본활

2) Shah는 린생산방식을 다면적인 측면에서 접근하는데, JIT, 품질관리체계, 팀작업, 셀제조 방식, 공급관리체계 등이 통합된 경영관행으로 본다. 린생산방식을 도입하는데 주요 영향을 미치는 요소로서 노동조합의 반발, 설비의 노후화 수명, 설비규모 등 3가지 변수들의 영향을 규명하고자 한다. 그 결과 노동조합 반발에 의한 영향력은 예상보다 크지 않는 반면에, 설비의 규모가 주요 역할을 한다는 결론을 얻게 된다(Shah and Ward, 2003).

동에 의해 동학적으로 정착되는 관계를 다룬다.

기술혁신이 국민소득 성장에 미친 성과를 미시적, 거시적으로 측정하는 방식에는 신고전학과 케인즈적인 접근방식을 들 수 있다. 신고전학파는 기술혁신을 자본축적에 체화된 과학지식과 기술의 변수로 취급하기 때문에 자본의 양적인 축적과는 독립적인 외부변수로 간주한다(Solow, 1957). 반면에 케인지언에 속하는 칼도어는 기술혁신은 산출자본계수의 변화를 가져와 자본이윤율과 저축의 상대적 크기에 영향을 미친다고 보아 국민소득 순환의 관점에서 접근하고 있다(Kaldor, 1967).³⁾ 기술혁신에 대한 이 같은 접근방식은 기술혁신을 자본축적을 유발하는 외부 변수 또는 국민소득 성장에 관계된 거시 변수로 취급하기 때문에 산업생산의 공정혁신에 체화되는 기술혁신에 적용할 수는 없다. 자동차산업의 유연생산방식의 경우처럼 공정혁신에 체화되는 기술혁신을 분석하기 위해서는 이러한 변화를 지표화 할 수 있도록 계량적 분석을 통해 접근되어야 한다. 본 논문은 슈페터적인 기술혁신에 대한 가설을 계량적으로 검증하는 것을 목적으로 한다. 슈페터적인 가설은 기술혁신은 특정 단계에서 분수령을 이루고, 이후 점차 기술군집 현상의 불확실성이 해소되면서 정착되는 과정을 거치는 것으로 보고 있다. 기술혁신의 노력이 기업의 경영전략에 의해 내부질서로 정착되는 관계를 밝힘으로써 기존의 접근방식과 차별성을 갖고자 한다. 분석은 한국 자동차산업의 자료를 대상으로 한다.

III. 린싱킹과 생산방식의 유연화

컨베이어의 장점은 부분공정으로 나누어진 각 공정의 이동시간을 동일하게 설계하고 사이클 타임 주기를 적용하여 규칙적으로 자동차를 생산하는데 있다. 그렇지만 포드시스템은 모든 공정에 일률적으로 동일한 사이클 타임을 적용하고 각 공정의 생산능력과 작업공수가 불균등하기 때문에 문제를 안고 있다. 각 공정에서 기계 생산능력은 SPH(stroke per hour, 시간 당 생산고)로 측정되며, 생산효율은 SPH를 높이는 방식 또는 가동률에 의해 측정된다. 기계 가동률을 높이면 상품 한 단위 당 기계비용을 낮추는데는 기여하지만, 높은 수준의 가동률에 맞추어 기계설비, 재료, 재공품, 노동력을 보유하여야 한다.⁴⁾ 즉 생산의 피크 타임에 맞춰 설비와

3) Solow(1956)의 생산함수는 기술진보에 관계된 부분과 기업내 자본축적에 관계된 부분으로 분리된다. Kaldor(1964)는 경제성장의 '정형화된 사실'을 강조하여 산출자본계수의 중립적인 진보를 가정한다.

4) 작업의 효율성을 측정하는 지표로 가동률, 노동생산성, SPH 등의 지표가 사용된다. 가동률은 표준 작업시간을 기준으로 하여 상품을 생산하는 비율이며 정상 가동될 경우 100으로 산정한다. 그렇지만 이 지표들만으로는 정확한 생산성을 측정하기 어렵다. 생산성을 높이기 위해 가동률을 높이면 기계고장이나 앞 공정의 결함에 의한 영향을 줄이기 위해서는 각 공정은 다량의 부품을 보유하여야 하며 작업교체에 따른 준비시간을 되도록 갖지 않아야 한다. 이 방식에서는 중간 공정과 후 공정에 재고가 쌓이게 되며 작업은 대로트 방식으로 진행되지 않을 수 없다. 도요타의

재료, 부품재고의 소요량을 충족하고 여분의 노동력이 작업에 투입될 수 있도록 준비되어야 한다. 이것은 공정의 진행상에서 발생하는 문제들에 다소 여유있게 대응할 수 있는 이점을 가져다준다. 기계설비의 고장이나 수리 또는 각 공정에서 발생하는 부품결합에 대처하게 하며 부분적으로 일어나는 장애 때문에 전체 공정이 받을 수 있는 영향을 줄이게 된다.

그렇지만 규모의 경제를 지향하는 작업방식은 가동률을 높이게 되어 생산원가를 절감한다는 이점을 얻는 반면에, 각 공정 간에 생산능력과 작업방식의 불균등이 심화되어 생산효율을 높이는데 한계에 부딪치거나 또는 저하되기도 한다. 이에 따라 각 공정이 보유하여야 할 재료와 부품재고는 이러한 불균형을 상쇄할 만큼 높은 수준이어야 하며, 이것은 재고비용을 높일 뿐 아니라 공정의 유연한 흐름을 지체시킨다. 포드방식이 갖는 이러한 한계를 극복하기 위해 생산방식에 새로운 개념이 도입되는데, 새로운 방식은 ‘가치 흐름’의 생산방식을 지향하며, 이를 개념적으로 뒷받침하기 위해 생산의 평준화 전략을 정립한다.

1. 경영전략과 변화와 린싱킹

포드방식에 의해 확립된 대량생산체제는 1980년대 중반 이후 변화를 겪게 된다. 시장이 다변화되고 세계적인 규모로 상호 연계되면서 시장은 변동성이 확대되고 깊이와 폭에서 현저한 변화가 따른다. 대량생산방식도 이에 따라 시장의 수요변동에 신속적으로 대응할 수 있고 가변성을 수용하도록 변화하게 된다. 대량생산방식의 변화는 기업이 생산방식을 시장 수요에 보다 직접적으로 연계시켜 유연한 방식으로 전환하는데서 새로운 계기를 맞게 된다. 이러한 목표를 추구하는 기업의 경영은 ‘가치 흐름’의 전략으로 체계화되며, 가치 흐름을 추구하는 경영 전략은 생산조직과 상품생산의 흐름에서 기존의 방식과는 현저한 변화를 겪게 된다. 기존의 생산방식에서는 생산조직이 부서별로 조직되고 대로트 단위로 생산이 진행되었다면, 변화된 방식에서는 생산은 가치 흐름에 적합하도록 재편되며 소로트 단위로 진행된다. 생산방식이 이러한 변화를 수용하기 위해서는 상품의 주문과 개발, 생산, 인도 등에 이르기까지의 전체 과정이 시장변동에 유연하게 대응하도록 개념적으로 새롭게 정립되어야 한다.

상품의 기본 개념을 계획하는 단계에서부터, 설계, 생산, 소비자에게 인도되기까지의 일관된 과정이 ‘가치 흐름’이란 개념으로 체계화되며, 이러한 가치 흐름이 연구·개발과 생산방식, 판매 등에 이르기까지 일관된 연속 흐름으로 묶어 실행됨으로써 경영 전략이 달성된다.⁵⁾ 가

30년의 현장경험이 이를 뒷받침하는데, 단순히 가동률을 높이는 것만으로는 생산원가 절감에 대처하는데 한계에 부딪치게 된다. 현대자동차의 1985년 대규모 투자는 이 같은 한계를 극복하기 위한 목표를 포함하고 있다.

5) 가치의 개념은 다양하게 사용되는데, 그 중에서 ‘가치분석’으로 명명된 기법이 1952년에 정식으로 공표되었다. 이 기법은 Miles에 의해 고안되었으며, 1954년에 가치공학(Value Engineering)을 표준화하는 기구가 설립되었다. 가치공

치 흐름에 의해 일관된 개념을 이루는 이러한 전략적 사고는 린싱킹의 개념을 이룬다. 포드방식이 컨베이어의 연속적인 생산 흐름에 의해 대량생산방식을 정착시킨데 비해, 가치 흐름을 지향하는 경영은 시장의 다변화에 대응하도록 생산체제의 유연성을 높이는 것을 목표로 한다.

2. 생산의 동기화와 평준화

생산방식을 시장수요에 직접 연계시켜 유연성을 높이기 위해서는 리드 타임과 택트 타임에 의한 통제를 보다 정교하게 실행하게 되며, 이에 따라 적합한 새로운 기술적 개념들이 정립되어야 한다. 이러한 기술적 개념은 생산속도와 결부된 시간계획에서 나타나며 생산계획과 목표에 구체화된다. 자재의 소요량과 부품량, 각 공정이 유지하여야 할 완충재고의 수준, 사전 발주계획 등 자재 및 부품조달계획 등에 시간계획이 적용된다. 또한 각 공정의 가동률과 작업공수 등이 시간계획으로 구체화되며 리드 타임과 택트 타임에 의한 시간 주기에 의해 체계화된다. 자재소요계획, 가동률, 작업공수 등으로 구체화된 생산계획은 단순히 규모의 경제를 지향하기보다는 최적상태의 생산가동을 지향하여 체계적으로 조직된다. 이 같은 기술적 개념들은 생산의 최적화를 목표로 하여 정립되고 종합되며, 이것들은 생산의 동기화와 평준화라는 전략적 개념에 의해 수용된다. 생산의 동기화는 생산라인의 가동을 시장수요에 연계시켜 시장수요 정보를 각 공정에 순차적으로 전달하여 생산계획을 조절하는 기술적 개념이다. 이에 비해 생산의 평준화는 이처럼 전달된 시장수요 정보에 맞춰 생산체제의 유연성을 높이도록 각 공정의 완충재고를 낮추며 부품조달을 계획하는 기술적 개념이다. 생산의 동기화와 평준화는 다 같이 대량생산방식의 특징을 이루는 시간계획에 의해 체계화 된다. 생산의 동기화가 시장수요의 정보를 최종 공정으로부터 역으로 순차적으로 전달하여 시간계획의 순차성을 확보하는데 그 목적이 있다면, 생산의 평준화는 이처럼 전달된 정보를 각 공정의 부품조달 시간계획에 수직적으로 반영하여 동시성을 갖게 한다. 생산의 동기화와 평준화는 다 같이 JIT를 실현하기 위한 전략적 개념을 이루며, 대량생산방식이 진보하는데 요구되는 JIT 전략에서의 수평 및 수직적으로 통합된 시간계획을 반영한다.⁶⁾

학의 목적은 상품의 품질, 수명, 디자인, 소비자의 선호 등과 관련하여 필요하지 않은 요소들을 제거하여 원가생산 비용을 낮추는데 있다. 이것은 상품을 값싸게 생산하기보다는, 일정 수준의 품질을 갖춘 상품을 최소의 비용으로 생산하는데 그 목적이 있다. 이러한 가치공학적 개념은 앞의 '가치 흐름'을 추구하는 경영 전략과 뉴앙스에서 약간의 차이가 있지만, 후자가 시장 지향적인 생산을 중시한다면 전자는 품질관리와 원가절감의 측면에서 가치 흐름이 갖는 경영 전략을 표현한다고 볼 수 있다.

6) 대량생산방식은 생산속도와 긴밀하게 결부되는데, 이것은 생산계획과 목표에 반영되는 시간계획에서 나타난다. 월간 생산량을 기준으로 할 때 자재소요계획(MRP, material requirement planning)이나 간판방식은 모두 JIT 실행을 목표로 한다. MRP는 생산계획에 근거하여 필요 부품수를 각 부품별로 리드타임과 교환부품량을 고려하여 준비하는 계산방식이다. MRP에서 가장 중요한 것은 기간 개념이며, 단위 기간 동안에 어떠한 부품을 얼마만큼 생산하여야 하

IV. 자동차산업의 유연생산기술

자동차산업의 유연생산기술은 '가치 흐름'의 경영전략에 따라 체계화된다. 유연생산기술은 설비기술, 제조기술, 노동조직, 협력기업과의 관계 등의 각 요소들에서 나타나며 전략화 된다. 유연생산기술을 구성하는 요소는 세 가지로 범주화 할 수 있는데, JIT 생산방식, 모델개발과 신제품, 모듈화로 이루어진다. JIT 생산방식은 설비와 제조기술, 노동작업에 변화를 가져오는 포괄적이고 체계적인 기술혁신이다. 모델개발은 플랫폼의 공유화와 부품 수의 삭감에 의해 제품개발의 리드 타임을 단축하고 작업공수를 줄이게 된다. 모듈화는 전체 공정을 각 주요 부분으로 나누어 주요 공정 별로 중간부품을 모듈화 하는 것으로, 모듈화의 기술적 발전에 의해 신제품의 개념이 변화하며 생산라인의 병렬적인 개조를 가능하게 한다. 이 세 가지 범주의 요소들은 자동차산업의 유연생산기술을 이루는 것들이며, 오랜 기간 동안에 걸쳐 점진적으로 그리고 시장변동에 대응하는 과정에서 형성된다.

1. JIT와 자동화

생산방식의 일관된 체계화는 도요타생산시스템(Toyota Production System, TPS)의 체계화에서 볼 수 있는데, 재료의 구매에서, R&D, 생산, 판매에 이르기까지의 과정을 가치 흐름에 의한 일관된 전략에 의해 경영방식을 체계화한다. 생산시스템을 체계화하는 주된 구성 축은 JIT와 자동화로 이루어진다. JIT는 자동화의 개념 위에서 실행되며, 자동화는 물적인 생산요소의 자동화와 물적 및 인적 생산요소의 결합에 의한 자동화로 이루어진다. 자동화는 먼저 인적인 생산요소를 물적인 생산요소와 결합하고 자동화를 실현하는 일 요소로 편입하여 인적관리의 현장 경험을 체계화 하는데서 시작되며⁷⁾, 현장관리는 후공정에 의한 생산지시 정보가 전 공정으로 전달되고, 이 과정이 점차 표준화된 작업지시서에 의해 통제되는 방식으로 이루어진다. 도요타의 경우 1948년에는 후공정 인수방식을 채택하며, 1950년에는 간판방식을 도입한

는가이다. 단위 기간은 부품의 성격에 따라 다양하게 설정될 수 있으나 대체로 1주일을 단위로 한다. 간판방식에서는 때로는 1일 단위로 변동될 수 있다. MRP의 단위 기간이 설정되면 부품 생산계획을 준비하기 위해 전이기간(time phasing)이 준비된다. MRP는 달성하여야 할 기본계획이기 때문에 구체적인 목표로 설정된다. 그렇지만 MRP 단위 기간 내에서의 작업의 변동은 간판방식에 의해 영향을 받게 되므로 재료와 노동의 배치에서 어느 정도 가변성을 갖는다(몬텐 야스히로, 1983, 125쪽).

- 7) 이동식 조립생산 방식에서 자동화는 일반적으로 지칭하는 생산의 자동화와는 달리 독자적인 개념이 사용된다. 자동화는 기계적인 요소뿐만이 아니라 인적인 요소를 포함하여 포괄적으로 정의된다. 불량이 발생하였을 때 작업자의 감시가 현장에서 자동화를 실행하는 역할을 하기 때문에 노동작업을 이처럼 자동화를 실현하는 일 요소로 개념화하여 표준화 한다.

다. 이러한 방식의 도입으로 인해 포드방식의 단순 규모의 경제를 지향하는 생산체제는 점차 개선되며 시장지향적인 유연성을 갖게 된다.

JIT의 이상적인 실현은 한 개 단위의 생산 흐름에 의해 달성된다. 그렇지만 현실에서 실제로는 한 개 단위의 생산 흐름에 대신하여 소로트 단위로 생산한다. 소로트 단위 생산은 생산 로트를 일정 단위로 분산시켜 JIT를 현실적으로 실현하기 위한 생산방식이다. 소로트 단위 생산은 생산의 로트 기본단위를 분산시켜 생산의 유연성을 증가시킬 뿐 아니라, 대로트 생산에 묻혀있던 제반 문제들을 가시적으로 드러내기 때문에 혁신적인 접근을 쉽게 한다. 그렇지만 소로트 생산은 기계설비의 성능과 기능적으로 충돌하거나 또는 노동작업의 규칙성을 방해하여 효율을 떨어뜨리는 문제를 안고 있다. 소로트 생산을 목표로 하는 생산의 평균화 전략은 시장수요가 다변화되고 변동이 다양할수록 어렵고 복잡해지는 문제점을 지니고 있다. 그 이유는 생산 평균화를 달성하기 위해서는 상품별 특성에 맞춰 부품조달과 작업공수를 가변적으로 변동시킬 수 있어야 하기 때문이다. 소로트 단위 생산의 가변성을 높여 유연한 생산방식을 적용하기 위해서는 유연생산시스템(FMS, flexible manufacturing system)⁸⁾이 도입되어야 하며, 부품의 가공과 운반 등을 일정 정도로 결합하여 자동 기능을 실행할 수 있는 범용기계가 투입되어야 한다.

기계설비의 범용화는 자동제어기능을 기반으로 정밀도와 성능 등에서 생산능력을 발전시켰으며, 동시에 생산방식을 운영하는 목표와 효율에서도 변화를 가져왔다. 범용기계는 다기능적인 용도를 갖지만, 그 각각의 기능에서는 전용기계와 같은 성능을 갖출 필요는 없다. FMS는 그에 적합한 기술집합(GT, group technology)의 선택을 필요로 하며, 이것은 전용기계에 의존하였을 때 과도하게 높아질 수 있는 자동화를 적정 수준으로 낮추게 한다. 다기능적인 범용기계를 활용함으로써 과도한 자동화율을 낮추게 되며 이에 따른 낭비를 절약하게 한다.⁹⁾ 이러한 적정 자동화율에 대한 선택은 JIT를 실현하는 과정에서 경험적으로 얻어지며, 각 생산 단위에서의 기술적인 혁신이 공정혁신에 일관된 전략으로 체화될 때 비로소 효율적인 생산방식이 될 수 있다는 것을 보여준다.

JIT의 진전은 이처럼 간판방식의 도입에 의해 시작되며, 자동제어설비의 출현에 의해 분기점을 이루고 현장 경험에 의한 부단한 공정개선을 통해 진보한다. JIT는 FMS에 의한 기술혁신의 근집현상을 계기로 하여 점진적인 공정혁신에 의해 부단히 진전하고 점차 체계화된다.

8) FMS의 형태로는 세 가지 유형을 제시할 수 있는데, 셀 방식 FMS(flexible machining cell), 흐름식 FMS, 주문식 FMS(job-shop FMS, random access형 FMS 라고도 함)이다. 주문식 FMS 방식은 현재에는 적용하기 어려우며 자동차와 같이 제품별 생산흐름을 따르는 방식에는 흐름형 FMS가 사용된다.

9) 도요타의 경우에서 볼 수 있듯이 차체 조립라인의 과도한 자동화율이 90%에서 65%로 낮추어지며, 최종 조립공정에서는 자동화율이 20%에서 15%로까지 낮추어지게 된다.

이러한 JIT의 진전에 새로운 계기를 제공한 것은 시장 상황의 변동인데, 국제적인 환율변동과 자동차산업의 글로벌 전략이다. 자동차산업의 경우 환율의 하락에 대응하기 위해 JIT시스템을 글로벌화를 위한 전략으로 확대하며 현지 생산체제를 모국의 본사와 결합시키는 전략으로 활용한다. 엔고는 3차례에 걸쳐 도요타의 경영전략에 변화를 가져온다. 제1차 시기인 1985~1987년 사이 NUMMI 합작투자를 실시하여 JIT시스템의 글로벌화를 추진한다. 제2차 시기인 1993~1995년 사이에는 JIT를 본사의 생산방식뿐 아니라 글로벌 전략에 의해 수출 기지화 된 해외 생산거점까지를 연결하여 부품 및 상품수출의 최적 네트워크의 확립을 추진한다.¹⁰⁾ 제3차 시기인 1999~2000년 사이에는 해외 생산기지를 포괄한 JIT 시스템을 본격 가동함으로써 원가절감을 꾀하게 되며, 그 수준은 30%에 이르게 된다.¹¹⁾ 현대자동차의 경우 금융자유화 조치와 글로벌화 전략에 따라 1985년부터 본격적으로 주요 전략으로 채택된다. JIT는 자동차산업의 전략이 글로벌화에 따라 본사와 해외기지의 부품조달 및 상품수출을 유기적으로 결합하는 경영전략의 중심축으로 발전하며, 이에 따라 본사 생산기지를 중심으로 하는 경영을 탈피하고 글로벌화에 의해 연결되는 네트워크의 최적화를 지향하는 목표가 새로운 전략으로 자리 잡게 된다.

2. 모델개발과 신제품

가치 흐름 경영은 시장의 다변화된 수요에 대응하기 위해 모델개발과 신제품 생산에 대한 요구를 적극적으로 수용하여 생산라인의 유연성을 높이게 된다. 생산라인이 특정 제품에 전용화 될 경우 시장수요 변동에 대응하는데 제약이 따르거나 신제품 생산을 위한 라인 교체가 지연되는 단점이 있다. 소로트 단위의 생산은 제품생산의 유연성을 요구하는데, 동일 생산라인에서 소로트 단위로 여러 종류의 차종이 교체 생산되면 설비를 공유할 뿐 아니라 생산원가를 절감하게 된다. 그렇지만 여러 차종이 동일한 생산라인에서 생산되려면 차종 간의 기본 플랫폼과 부품이 공유되어야 하며, 소로트 단위로 생산하는데 따른 공정 기능간 충돌을 최소화하도록 차종 간의 공통성이 확보되어야 한다. 또한 소로트 생산에서는 라인의 변경과 교체에 대한 유연함이 요구되기 때문에 모델개발 부문도 이러한 유연성을 수용하도록 가변적으로 개편되어야 한다. 이러한 요구는 생산부문뿐만이 아니라 연구·개발부문을 제품별 흐름 방식에

10) 기업의 글로벌화 경영 전략에 따라 주문, 설계, 생산, 판매 등을 전세계적으로 조직하여야 할 필요성이 증대한다. 다국적 기업이 전세계적으로 이루어지는 경영 활동을 조직화하고 국가와 지역의 장벽을 뛰어넘기 위해 린싱킹의 경영 전략을 수립한다. 린싱킹에는 상품의 컨셉과 상세 설계, 원자재 조달, 부품납품, 완제품, 상품의 인도에 이르기까지의 전체 과정이 린엔터프라이즈(lean enterprise)라는 과정으로 체계화된다(위맥과 존스, 1996, 37쪽).

11) 김광주 편저(2004).

적합하도록 변화시켰으며, 이것은 라인의 개조와 원가회계방식에 변화를 가져왔다. 이러한 방식의 개편은 대체로 자동차산업의 글로벌화 전략과 연계되어 진행된다.

그렇지만 플랫폼의 유형을 줄이는데 따라 신제품 인지도가 약화될 수 있는 문제가 발생하는데, 이는 브랜드에 의한 제품 차별화를 통해 해결하게 된다.¹²⁾ 플랫폼과 부품의 공유에 의해 모델개발에 변화가 발생하면서 R&D부문의 조직과 개발방식에도 변화가 일어난다. R&D부문은 기존의 부서별, 기능별 조직방식에서 제품개발의 흐름을 따르는 수평적 조직형태로 바뀌게 된다. 개발방식에는 Design In, CE, DFA, DFM¹³⁾ 등이 도입되어 컴퓨터가 적극적으로 활용되며 협력기업과의 긴밀한 공조체제를 형성한다.

3. 모듈화

자동차 생산은 모기업을 중심으로 하여 수많은 협력기업들의 생산체제로 이루어진다. 모기업과 협력기업과의 관계는 설계 및 기술, 라인 구축 및 생산, 제조원가, 납품 수량과 주기 등에서 다양한 방식으로 이루어진다. 모기업에 납품되는 부품은 품목의 유형에 따라 다양하며 Trim, Final, Chassis, Body 등의 품목¹⁴⁾이 있다. 품목은 일정 기능을 갖춘 단위 부품으로 납품되거나 또는 기능이 없는 단순 부품으로 공급된다. 부품납입 방식은 부품이 모기업의 조립라인에 기능성 부품으로 직접 공급되던 단계에서 점차 일정 기능을 갖춘 단위부품, 모듈부품, 유닛부품 등의 방식으로 변화하고 있다. 부품의 모듈화는 1980년대 모기업의 자동화가 협력업체에까지 확산되면서 진행된다. 그렇지만 이 단계에서 양자 간의 자동화의 격차가 크므로 모듈화를 모기업과 협력기업 간의 생산 동기화를 연계하는 수단으로 활용하지는 않는다. 모듈화는 자동차산업에서 1994년에 본격적으로 채택되며, 생산의 동기화를 강화하는 목적 이외에 설계구조를 변경하고 생산기술을 혁신하는 수단의 일환으로 이용된다.

부품의 모듈화는 부품의 차종간 공유화를 보다 쉽게 하기 때문에 생산공정에 변화를 가져온다.¹⁵⁾ 모듈화의 채택에 의해 부품의 기본설계를 결정하는 아키텍처(architecture)가 다양해

12) 도요타의 경우 1992년부터는 모델수를 25%, 부품수를 30% 축소하는데, 이 시기는 제2차 엔고의 시기에 속한다. 부품의 공유화를 확대하여 RAV4의 경우 기존 부품의 60%를 사용하며 유사 차종의 모델을 통합한다. 1993년부터는 플랫폼을 공유하여 연구·개발과 생산체제의 효율성을 높이며 1999년에는 40개에 달하던 플랫폼을 14개로 축소한다.

13) Design In은 승인도 방식으로 제품의 컨셉을 정하는 단계에서부터 모기업과 협력기업이 동시에 참여하는 협력방식이다. CE는 동시공학으로 설계단계에서 생산현장과 정보를 공유하여 설계의 시행착오를 최소화하는 공학이다. DFA (Design for Assembly), DFM(Design for Manufacture)은 부품수를 축소하고 조립상의 기술적 향상을 목적으로 하는 설계기법이다.

14) 현대아산공장의 경우 협력기업에서 납품되는 부품 품목 수는 7,339개이다. 각 공정별로 납품되는 품목 수는 Tim에 2,373개, Final에 3,493개, Chassis에 1,103개, Body에 370개이다(정명기, 2007. 9).

지며 자동차의 기본 개념에 변화를 가져온다. 1990년대 중반 들어 자동차 개발방식이 기능 중심에서 제품별 중심으로 바뀌고, 기술혁신이 브랜드 가치를 높이는 제품 차별화와 플랫폼 공유 전략으로 바뀌면서 모듈화의 전략도 변화하게 된다.¹⁶⁾ 이에 따라 모듈화는 모기업과 협력업체 간의 설계의 공유화, 원가절감에 대한 협력, 부품의 질적 향상 등에서 많은 변화를 가져온다. 이전에는 이 관계가 수직적으로 통합되어 있던데 비해 모듈화는 기본적으로는 유기적인 협력관계에 기초한다.

모듈화의 진전에 따라 모기업과 협력기업과의 관계가 변화하는 방향은 두 가지로 나타난다. 첫째는 협력기업이 모기업과 설계를 공동 개발하고 기술을 공유하며 모기업의 생산 동기화 목표에 협력기업의 생산라인이 긴밀하게 연계된 경우이다. 이 경우 모듈화는 모기업이 지향하는 생산체제의 유연화를 실행하는 연장선상에 놓이게 된다. 이 방식은 부품의 설계방식과 JIT에 의한 생산라인의 연계에서 특성이 나타나는데, 도요타와 현대자동차가 이러한 예에 속한다. 부품의 설계와 기술협력 방식에는 승인도 방식과 대여도 방식의 두 가지가 활용되며 도요타와 현대자동차의 경우 전자에서 후자로 변화하고 있다. 도요타는 1980년대 후반까지는 협력업체가 부품의 상세설계를 실행하는 승인도 형식을 취하였지만 1990년대 들어서는 대여도 방식으로 전환하고 있다.¹⁷⁾ 1980년대까지 승인도 방식이 확대된 것은 자동차 수요가 폭발적으로 증가하면서 설계 인력이 부족하여 협력업체에 설계의 세부사항을 이전하였기 때문이다. 승인도 방식에 의해 새로운 모델의 개발기간이 단축되었으며 개발 공수가 감축되었다.

1990년대에는 대여도 방식으로 전환하는데, 이것은 협력업체가 부품을 설계하는 원천기술을 보유함에 따라 신차 모델개발에 협력업체를 참여시켜 긴밀한 협조체제를 구축한데 기인한

-
- 15) 부품 조달관계의 변화는 엔진-동력기관의 모듈 및 유닛의 설계, 개발이 활발해지면서 가속되고 있다. 아키텍처는 부품의 기능, 구성 부품간의 인터페이스의 규칙 등에 따라 통합형 아키텍처와 모듈형 아키텍처로 구분된다. 모듈형 아키텍처는 특정 기능을 단일 부품에 집약하기 때문에 부품이 기능적으로 독립적이다. 통합형 아키텍처는 기능과 구조가 상호 결합되어 복합적인 대응관계를 갖기 때문에 기술과 기능 등에서 완성차의 성능에 영향을 미치거나 유기적으로 결합된다(정명기, 2007. 9).
- 16) 모듈화는 4단계를 거쳐 진행된다. 1단계에서는 소재를 대체하거나 부품의 기능을 집약하여 기능성을 높인다. 2단계는 주요부품을 중심으로 하여 주변부품의 기능을 복합적으로 만들며 중복 기능을 제거한다. 연료펌프 모델이 대표적이다. 3단계는 제품별 특성에 맞는 모듈을 특정 협력회사가 전문적으로 개발할 수 있도록 여러 협력회사 간의 사업교환을 유도하여 전문 분야를 조정한다. 에어백의 경우가 그러한 예이다. 4단계는 부품모듈 공급회사를 수직 또는 수평으로 체계화하여 연구·개발, 간접비 등 생산원가 절감을 목표로 한다. 현대의 경우 현대모비스가 이러한 예에 속한다.
- 17) 승인도 방식은 모기업이 부품의 기본설계와 사양을 결정하고, 협력기업이 재량권을 갖고 부품을 상세설계하며 부품설계에 대한 권리와 의무도 함께 지게 된다. 대여도 방식은 부품설계가 모기업 내부에서 이루어지고 협력업체에 대여된다. 도요타의 경우 대여도 방식의 비중은 1980년대에는 하락하였으나 1990년에는 상승하고 있다. 이러한 추세는 현대자동차에서도 볼 수 있다. 미국 메이커와 유럽 메이커의 경우는 이와는 반대로 대여도 방식의 비중은 점차 하락하고 있다.

다. 여기에는 협력업체의 원천기술 수준이 높아짐에 따라 발생하는 기술의 블랙 박스화 또는 외부 유출 등에 대한 우려도 함께 작용한다. 그렇지만 대여도 방식은 모기업이 설계의 세부내 용을 일방적으로 결정하기보다는 모기업에 파견된 협력업체의 엔지니어들과 작업하는 공동 설계방식을 취한다. 대여도 방식은 모기업이 협력업체의 설계능력과 기술을 내부의 설계부문 과 긴밀하게 통합, 결속시킴으로써 사실상 설계의 내부화를 추진하는 수단으로 활용된다. 대 여도 방식이 주축을 이루면서 협력업체가 독자적으로 공급하던 부품의 비중이 1980년대 후반 7%에서 1990년 후반에는 3%로 감소한다. 이것은 대여도 방식에 의한 설계의 내부화가 기존 의 승인도 방식에 의한 조달뿐만이 아니라 독립된 부품 공급에 이르기까지 광범위하게 확대된 다는 것을 보여준다. 또한 모듈화에 의해 전체 공정이 메인라인과 서브라인으로 차별화가 이 루어지며 서브라인의 작업비율이 크게 확대된다. 서브라인으로 이관되는 작업은 대부분 작업 공수가 많은 공정들이며 전체 공정의 유연성을 감소시키는 공정들이다. 그렇지만 서브라인의 차별화를 극복하려는 과제는 협력기업이 모기업의 생산체제 유연화 전략을 수용할 수 있을 만 큼 자본력과, 기술, 설계능력을 갖추어야 하기 때문에 일정한 한계 내에서 진행되게 된다.

모듈화의 두 번째 방식은 협력기업이 독자적인 설계능력과 자본력을 바탕으로 모기업과 협력 관계를 유지하고 모기업의 생산라인과 상대적으로 분리된 경우이다. 가격과 품질, 기능 등에서 협력기업이 독자적인 협상력을 가지며 모기업과 긴밀한 협력관계를 유지하게 된다. 이 방식은 자 동차 생산이 점차 플랫폼을 공유하는 방식으로 전환되고 차종 간의 부품 호환성이 높아지는데 따라 채택 가능하게 된다. 모기업과 협력기업은 자동차 생산이 갖는 산업적 특성에 의해 긴밀히 결합되면서도 동시에 기계, 전자산업이 갖는 산업적 특성을 공유한 채 유기적으로 결합한다. 이 방식의 모듈화는 유럽 등에서 채택되고 있다. 이 두 가지 유형의 모듈화의 차이는 자동차산업에

〈표 1〉 부품의 내부설계 비율 변화추이(부품 수 기준)

		1980~1984	1985~1989	1990~1994	1995~1999
대여도	도요타	34	21	39	54
	미국 메이커	85	79	58	50
	유럽 메이커	80	54	67	42
승인도	도요타	57	72	55	43
	미국 메이커	14	17	30	39
	유럽 메이커	17	39	21	39
구입 부품	도요타	9	7	6	3
	미국 메이커	2	4	12	8
	유럽 메이커	4	8	12	20

자료 : 「엔고 대응 도요타의 벤체마킹 보고서」, 원자료 노베우카&후지모토, 「제품개발의 조직능력 : 일본 자동차 기업 의 국제 경쟁력」 2004.1

주 : 1) 대여도는 모기업이 부품을 100% 내부에서 설계하는 것을 말함.

2) 승인도는 모기업이 부품의 기본설계와 사양만 결정하고, 상세 설계는 부품 업체가 담당하는 방식임.

3) 구입 부품은 부품업체가 설계의 100%를 담당하는 것을 말함.

서 모기업이 자동차 브랜드의 제품적 특성을 유지하는데 전략의 목표를 두는가 또는 기계, 전자 산업 일반이 갖는 기술적 성향을 공유하는데 전략의 역점을 두는가에 따라 영향을 받기도 한다.

V. 기술혁신에 대한 정량적 평가

1. 자료분석에 대한 접근

기술혁신은 공정에 변화를 가져오는 공정혁신과 제품을 질적으로 향상시키는 제품혁신으로 나누어 볼 수 있으며, 이 혁신들이 투자자본의 이윤율에 영향을 미치게 된다. 공정혁신과 제품혁신은 상호 중첩되어 발생할 수 있는데, 제품혁신은 새로운 공정혁신의 변화를 요구할 수 있으며 또는 공정혁신은 제품의 종류와 질에 변화를 가져오는 인프라의 구축을 가능하게 한다. 유연생산방식에서 공정혁신은 생산공정의 자동화 제어율을 적정 수준으로 유지함을 목표로 하며, 이 목표는 간판방식과 다기능공화 방식 등을 활용하여 JIT를 실현함으로써 체계화된다.¹⁸⁾ 공정혁신은 대로트 생산을 지향한 규모의 경제 이점을 얻기보다는 소로트 생산을 중심으로 하여 가동율을 최적화함으로써 그 성과를 얻게 되며, 이것은 부품과 재공품의 완충재고 수준을 낮추고 자본회전율을 높이는 결과로 나타난다. 기술혁신에서 공정혁신이 기여하는 바는 자본회전율을 효율적으로 유지하여 제품이윤율을 높이는데 기여하게 된다.

유연생산방식에서 공정혁신은 설비의 범용화를 촉진하기 때문에 포드방식에 비해 고정설비의 활용도를 높이는데 기여하며, 이에 따라 고정설비가 과도하게 투입되거나 또는 전용화 됨으로써 발생할 수 있는 낭비를 줄이게 된다. 이에 비해 생산방식은 흐름 생산을 지향하기 때문에 생산공정 상에서 원료와, 반제품, 재공품은 부단히 연속적인 생산흐름 속에 놓이게 되며 공정간 완충재고의 수준은 낮아지게 된다. 이처럼 연속 흐름을 지향하는 생산은 유동자본과 고정설비간의 자본투입 관계에 변화를 가져오게 되는데, 대차대조표 상에서 고정설비에 대한 유동자본의 비율을 낮추게 된다. 이 같은 관계는 슈페터가 지적하듯이 새로운 기술패러다임이

18) 유연생산방식의 기술혁신을 공정혁신과 제품혁신으로 나누는 것은 기술혁신이 자본축적에 내부화되는 과정을 계량적으로 접근하기 위해서다. Solow는 기술혁신을 자본축적과는 분리된 외부변수로 간주하기 때문에 기술혁신이 자본축적에 내부화되는 과정을 다룰 수 없다. Solow의 생산함수는 $Y=A(t)f(K(t), L(t))$ 이며, $A(t)$ 는 기술진보를 반영하는 변수이다. 포스트 케인지언인 Kaldow는 기술혁신을 자본계수의 변화로 측정하는데, 자본계수는 투입 자본량과 부가가치인 소득과의 관계로 표현된다. 그렇지만 이 방식은 사회적 소득을 형성하는 총수요의 구성에 의해 영향을 받기 때문에 기술이 자본축적에 내부화되는 과정을 다루는데 한계가 있다. Kaldow의 이윤율 함수는 $P/K=P/Y \times Y/K$ 로 표현되며 부가가치로 산출되는 자본계수의 역수 Y/K 에 의해 영향을 받는다. 반면에 유연생산방식에서 이윤율은 $P/K=P/T \times T/K$ 로 복합 구성되는데, T 는 매출총액을 나타내며 자본회전율은 T/K 에 의해 측정된다.

등장하는 초기 단계에서 기술군집현상의 불확실성이 점차 해소되고 체계화되는 과정에서 볼 수 있으며, 자동차산업에서의 유연생산방식의 도입은 이러한 예에 속한다. 유연생산방식이 도입되는 시기는 대체로 자동차산업에서 글로벌화 전략이 채택되는 시기와의 일치한다.¹⁹⁾

제품혁신은 새로운 제품의 출시, 신개념의 도입 또는 부품의 성능 개선 등에 의해 이루어지며 제품의 이윤율을 높이는 데 기여한다. 제품이윤율은 매출액 대비 이윤율에 반영되며, 수요자가 제품의 질적인 향상을 인지하거나 신제품이 출시될 때 제품이윤율의 상승으로 이어지게 된다. 제품혁신이 경우에 따라서는 공정혁신과 중첩되어 발생할 수 있으며, 그 이유는 제품혁신은 궁극적으로 공정혁신을 유발하는 경우가 많기 때문이다. 또한 제품혁신은 제품가격을 높이기보다는 생산비용을 낮추는데 기여할 수 있으며, 이 경우 주로 생산비용을 절감하는 방식으로 진행되며 그 성과는 공정혁신과 중첩될 수 있다. 공정혁신에 의해 기술패러다임의 불확실성이 해소되는 기간 동안에는 제품혁신의 성과는 공정혁신의 성과와는 분리되어 그 기여도의 정량적인 성과가 보다 분명해 질 수 있다.

2. 정량적 분석

기술혁신의 분석을 위해 한국 자동차산업의 자료를 대상으로 하였다. 한국은행에서 발행한 기업경영분석 자료를 활용하였으며, 1990년부터 2007년까지의 대차대조표와 손익계산서를 이용하였다. 관찰 자료의 수는 18개 년도로 한정되지만 한국은행에서 발행한 기업의 대차대조표가 분기별 자료가 아닌 1년 단위로 공표되기 때문에 그러한 제약은 불가피하다. 한정된 자료 수로 인해 정량적 분석에 신뢰성의 문제가 있을 수 있지만, 자료가 관찰된 기간 동안에 자동차산업에서는 JIT 방식과 모듈화의 도입이 활발하게 진행되어 정착되는 단계이므로 이 자료들은 유의할만한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

생산공정상에서 가공중에 있는 원자재와 부품재고를 나타내는 자료로는 1990년에서 2007년까지의 대차대조표의 재고자산을 이용하였으며, 생산설비 자료로는 유형고정자산을 이용하였다. 유동자산 중 당좌자산은 주로 금융자산으로 이루어지므로 공정혁신의 성과가 반영되는 가공품과 재고자산의 흐름과는 직접적인 관계가 없다. 그러므로 유동자본에서 당좌자산을 제

19) 도요타의 경우 1987년이 전환점이 되며, 3차에 걸친 엔고를 극복하기 위해 생산거점을 세계적으로 확산시키는 전략적 목적과 결부된다. 이 시기는 자동차산업에서의 세계화 전략이 도요타에 의해 촉발되고 현대자동차도 추세에 편승하면서 확산되는 시기이며, 세계화 전략이 JIT와 모듈화를 전략적 개념으로 결합하여 본격적으로 도입되고 공정혁신의 성과가 가시화되는 시기이다. 현대자동차는 1985년 신규투자를 단행하여 대량생산체제를 확립하며, 1995년에는 노동조직을 직무중심편제에서 직능중심편제로 개편하여 유연생산방식의 정착을 도모한다. 현대자동차는 린 생산방식을 도입하는 후발업체이고 대규모 투자를 통해 정착시키기 때문에 유연생산방식의 변천과정을 단계적으로 경험하지 않는다.

외한 재고자산만을 대상으로 한다. 생산설비 자료는 대차대조표의 유형고정자산을 이용하는 데, 유형고정자산에는 생산설비와는 직접 관계되지 않는 토지자산이 포함되어 있다. 토지자산을 포함한 유형고정자산을 생산설비에 투입된 자본을 대리하는 자산으로 활용한 이유는, 첫째는 유형고정자산에서 토지자산의 비율이 크지 않으며, 둘째는 토지자산에 대한 재평가가 주변 개발여건과 맞물려 이루어지고 기업 경쟁력을 강화하는 압박 요인으로 작용하여 생산방식의 효율에 간접적으로 영향을 미치기 때문이다. 이러한 의미에서 토지자산을 포함한 유형고정자산을 생산설비를 대리하는 자료로 이용한다.

〈표 2〉 자동차산업의 자산, 매출, 손익

단위 백만원

	재고자산 (K _v)	유형고정자산 (K _f)	매출액 (T)	영업손익 (P _t)	총유형자산 (K=K _v +K _f)
1990	1,641,043	6,064,301	15,932,840	937,372	7,705,344
1991	2,233,038	7,108,479	18,557,266	797,381	9,341,517
1992	2,456,454	7,844,824	20,442,182	881,061	10,301,278
1993	2,928,922	11,081,592	25,338,079	1,145,235	14,010,514
1994	3,696,331	12,495,274	31,554,146	1,815,621	16,191,605
1995	4,088,594	15,219,276	37,687,813	2,154,165	19,307,870
1996	4,464,809	17,835,706	43,642,302	2,674,423	22,300,515
1997	5,370,837	21,405,729	48,984,643	2,623,628	26,776,566
1998	4,303,239	26,638,288	38,094,559	-1,161,328	30,941,527
1999	4,123,499	32,103,051	51,206,466	425,419	36,226,550
2000	4,841,955	28,890,346	65,167,919	2,130,851	33,732,301
2001	3,777,808	29,773,500	71,911,640	4,209,727	33,551,308
2002	4,250,210	27,215,678	86,935,443	4,496,679	31,465,888
2003	5,764,729	30,464,979	89,832,700	5,601,391	36,229,708
2004	6,496,062	33,819,293	103,484,999	4,720,184	40,315,355
2005	7,016,589	37,827,897	119,563,839	4,529,826	44,844,486
2006	7,964,748	39,098,061	125,828,069	4,818,666	47,062,809
2007	9,234,558	40,905,577	138,772,096	6,039,166	50,140,135

자료: 한국은행, 「기업경영분석」 자동차 및 트레일러산업 대차대조표 및 손익계산서, 1990~2007년.

제품이윤율은 손익계산서의 매출액과 영업손익을 이용하여 산출한다. 이익 지표 중에서 생산 및 영업에 직접 관계되는 것은 영업손익이며 실물자산의 이익 흐름을 표현한다. 경상이익은 금융비용 등을 포함하고 있으므로 기술혁신의 실물적 성과를 적절하게 반영하지는 못한다. 그러므로 실물생산의 수익 흐름을 파악하기 위해서는 영업손익 지표를 이용하는 것이 바람직하다.

〈표 3〉은 〈표 2〉의 자료를 활용하여 자본회전율과 자본이윤율을 구한 것이다. 자본이윤율과 제품이윤율은 백분율에 100을 곱한 퍼센티지를 사용하는데, 이것은 자본회전율과의 단위 문제에서 발생하는 형평성을 고려해서이다.

본 연구에서 기술혁신에서의 공정혁신과 제품혁신의 기여도에 대한 검증은 다음과 같은 2 단계로 이루어진다. 첫 단계는 유형고정자산 대 재고자산의 비율이 자본회전율에 영향을 미치는가를 검증하여 두 변수 사이의 인과적 관계를 검증한다. 전자가 후자에 미치는 영향이 유의할 경우, 공정혁신의 직접적 성과로 나타나는 재고자산의 변화 및 전자의 비율은 공정혁신의 성과가 자본회전율에 영향을 미쳐 이윤율의 상승을 가져온다고 할 수 있다. 반대로 후자가 전자에 미치는 영향이 유의할 경우 자본회전율이 경기변동에 의해 영향을 받아 유형고정자산과 재고자산의 비율에 변화를 가져온다고 할 수 있다. 이 경우 공정혁신의 성과가 자본회전율의 변화에서 기인한다고 확신하기가 어렵게 된다.

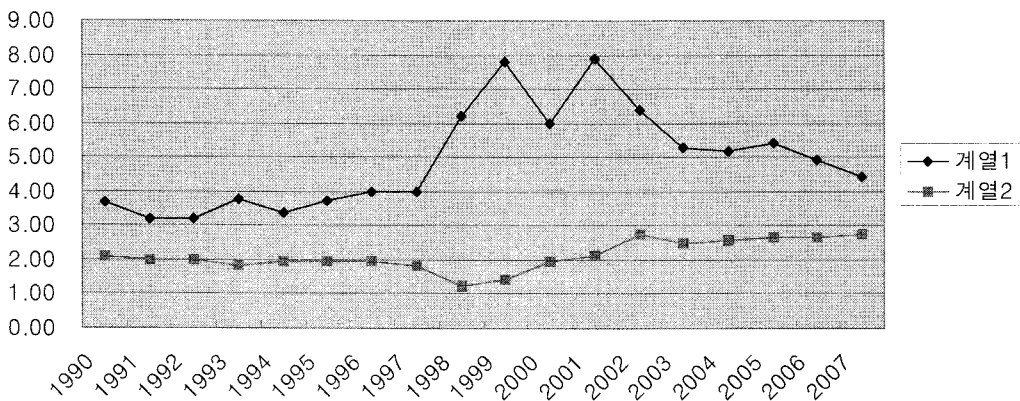
두 번째 단계는 기술혁신의 성과를 공정혁신에 의한 기여도와 제품혁신에 의한 기여도로 분리하여 각각의 영향의 정도를 산출하게 된다.

〈표 3〉 자동차산업의 자본회전율, 제품이윤율, 자본이윤율 지표

(이윤율 단위 %)

	유형고정자산/재고자산 $Z=(K_F/K_V)$	자본회전율 $X_1=[T/(K_V+K_F)]$	제품이윤율 $X_2=(P_T/T)$	자본이윤율 $Y=[P_T/(K_V+K_F)]$
1990	3.70	2.07	5.88	12.17
1991	3.18	1.99	4.30	8.54
1992	3.19	1.98	4.31	8.55
1993	3.78	1.81	4.52	8.17
1994	3.38	1.95	5.75	11.21
1995	3.72	1.95	5.72	11.16
1996	3.99	1.96	6.13	11.99
1997	3.99	1.83	5.36	9.80
1998	6.19	1.23	-3.05	-3.75
1999	7.79	1.41	0.83	1.17
2000	5.97	1.93	3.27	6.32
2001	7.88	2.14	5.85	12.55
2002	6.40	2.76	5.17	14.29
2003	5.28	2.48	6.24	15.46
2004	5.21	2.57	4.56	11.71
2005	5.39	2.67	3.79	10.10
2006	4.91	2.67	3.83	10.24
2007	4.43	2.77	4.35	12.04

다음의 (그림 1)은 재고자산에 대한 유형자산의 비율(계열 1)과 자본회전율(계열 2)의 연도별 추세를 그림으로 나타낸 것이다. 재고자산에 대한 유형자산의 비율은 1997년까지는 완만하게 변화하며, 1998년부터 2003년까지는 심한 변동(금융위기 기간)을 보이고 2003년부터는 완만하게 하락하고 있다. 계열 1의 추세와 계열 2의 추세는 다음의 (그림 1)과 같은 경향을 보이는데, 이는 가치 흐름 생산방식이 채택되면 생산과정 내에서 재고자산의 흐름이 원활해지며 자본회전율의 상승으로 나타남을 의미한다.



(그림 1) 계열 1-유형자산/재고자산의 비율, 계열 2-자본회전율

첫 단계 검증은 유형자산/재고자산의 비율이 자본회전율에 영향을 미치는지를 확인하는 것이다. 이를 위하여 유형자산/재고자산 비율을 Z , 자본회전율을 X_1 이라 하자. 변수 Z 와 X_1 은 Dickey Fuller 검증 결과 단위근이 존재하여 안정적(stationary)인 시계열이 아님이 확인되었다. 따라서 Z 와 X_1 간의 인과관계를 검증하기 위하여 Granger 인과 검증을 실시하였으며 결과는 다음과 같다.

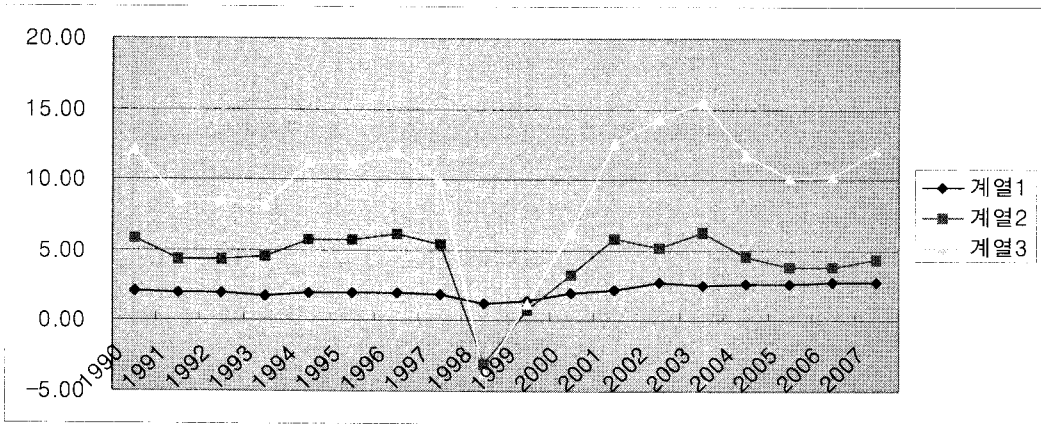
Granger 검증

귀무가설	관측치	F-값	p-값
X_1 은 Z 에 Granger 인과적 영향력이 없음	16	3.41697	0.0701
Z 는 X_1 에 Granger 인과적 영향력이 없음		4.44755	0.0384

* Z 와 X_1 은 각각 시차 2까지 유의함.

인과관계 검증 결과, Z가 X_1 에 인과적 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 5% 유의수준에서 자유도 (2, 16)인 F 분포표에서 임계치 3.63을 초과함으로 기각되었다. 그러므로 유형자산/재고자산의 비율 변화는 자본회전율의 비율 변화에 영향을 미친다고 할 수 있다. 이 같은 검증을 통해 공정혁신의 진행이 재무지표 상에서 유형자산 대 재고자산의 비율에 변화를 가져오며 자본회전율의 상승을 가져온다는 인과적 설명을 얻게 된다.

두 번째 단계에서는 공정혁신과 제품혁신이 자본이윤율에 미치는 각각의 기여도로 분리하여 검증하고자 한다. 검증방식은 최소자승법을 이용한 회귀분석을 사용한다.



(그림 2) 계열 1-자본회전율, 계열 2-제품이윤율, 계열 3-자본이윤율

회귀분석을 추정하기 위해 변수들을 대리하는 문자를 다음과 같이 정의한다. 실물자산을 구성하는 총투입자본을 K라 하면 K는 재고자산과 유형자산의 합인 $K_F + K_V$ 이다. 매출액을 T, 영업손익을 P_T 라 하면 매출액 대비 영업이익율을 나타내는 제품이윤율은 P_T/T 이다. 자본회전율은 총자본 대비 매출액으로 산출되므로 $T/K = T/(K_F + K_V)$ 이며, 추정모형에서는 X_1 변수로 표현한다. 제품이윤율 $p_T = P_T/T$ 는 추정모형에서는 X_2 변수로, 자본이윤율 $p = P_T/K = P_T/(K_F + K_V)$ 는 Y 변수로 표현한다.

Y, X_1 , X_2 변수가 단위근을 갖고 있는지를 검증하기 위해 Dickey-Fuller 검증을 하였다. 검증의 결과 Y, X_1 , X_2 은 5% 유의수준에서 단위근을 갖는다는 가설을 기각하지 못한다. 이에 따라 각 변수의 1차 차분 변수 Y_1 , X_{11} , X_{21} 를 구하여 다시 단위근 검증을 한 결과 단위근을 갖는다는 가설을 기각하게 된 결과를 얻게 된다. 차분 변수들을 이용하여 회귀분석을 실시한 결과 회귀식과 통계량은 다음과 같다.

$$Y_1 = 3.370902 X_{11} + 1.455987 X_{21}^{20)}$$

변수	계수	표준오차	t-값	p-값
X_{11}	3.370902	0.995238	3.387032	0.0041
X_{21}	1.455987	0.107665	13.52331	0.0000

조정된 R^2 : 0.960319

Durbin-Watson 값: 1.836538

이 결과는 1990-2007 기간 중, JIT방식과 모듈화를 통한 공정혁신이 신제품 출시나 제품의 브랜드화에 의한 제품혁신에 비하여 제품이용율에 2배 이상의 기여를 한 것으로 해석할 수 있다. 따라서 한국자동차업계에서의 경영성과는 공정혁신을 중심으로 한 기술혁신의 도입에 기인함이 크고, 또한 공정혁신은 제품혁신에 영향을 주어 자본 효율성을 높이는데 기여한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 한국자동차산업에서 새로운 기술 패러다임의 등장으로 초기 단계의 기술혁신의 불확실성이 점차 해소되는 과정을 기술혁신의 두 축인 공정혁신과 제품혁신의 관계로서 설명함으로써 슈퍼터의 가설의 타당성을 보였다고 판단된다.

VI. 결론 및 연구의 제한점

대량생산방식의 기술진보를 특징지우는 유연생산기술은 JIT 방식, 모델개발과 신제품, 모듈화에 의한 기술적 범주로 이루어진다. 자동차산업에서는 이 개념들이 장시간의 현장경험과 기술지식에 축적에 의해 형성되어 왔다. 자동제어기능에 기반을 둔 JIT는 유연시스템의 도입을 분기점으로 하여 점진적인 공정혁신을 통해 이루어졌다. 모델개발은 가치 흐름의 생산에 적합하도록 플랫폼을 공유화하고 생산을 제품별 흐름에 맞춰 개편함으로써 가속되었다. 모듈화는 자동차의 기술적인 개념을 변화시키고 모기업의 생산 동기화 목표를 협력기업에 확대 적용하는 수단으로 활용되었다. 이 같은 기술혁신을 이루는 개념적 범주들은 미래의 대량생산방식의 진보를 예견하는데 사례가 된다. 환경 친화적인 자동차 생산과 관련하여 자동차산업에서 미래

20) 자본이용율 P/K는 자본회전율 T/K와 제품이용율 P/T의 곱으로 이루어진다. 이 식을 통해 기술혁신의 정량적 성과는 자본회전율과 제품이용율의 기여도의 합으로 분해된다. 이러한 방식 이외에도 다른 분해방식이 사용되기도 하는데, Shaikh, 정성진(2005)은 P/K를 국민소득의 이윤분배율 P/Y와 산출자본계수 Y/K에 의한 기여도의 합으로 표현하고 있는데, 이 분해방식은 후기 케인지언과 같은 입장을 취하고 있다.

에 예견되는 기술혁신은 제품혁신에 의해 촉발되지만 궁극적으로 공정혁신을 통해 정착되어야 한다. 그렇지만 미래의 발전은 자동차산업의 새로운 변화로 인해 지금과는 다른 모습을 보일 가능성도 내포하고 있다. 이러한 가능성은 자동차 생산이 미래에 제품 특성의 변화에 따라 제품혁신 형태로 진전될 때 등장할 수 있게 된다. 기술혁신이 공정혁신에 의해 주도한다면 미래의 기술혁신은 유연생산방식의 확산을 통해 예견될 것이다. 이것은 가치 흐름 경영전략의 확대 위에서 진전될 것이며, 기계부문과 결합되는 전자부문의 발전으로 인한 유연시스템의 기술혁신을 전제로 한다. 반면에 제품혁신이 미래의 발전 방향이 된다면 자동차산업은 전자산업과 특성을 공유하게 될 것이며, 기계산업과는 평행적으로 발전 궤도를 같이 할 것이다.

향후 연구 과제로서는 한국과 일본, 미국 자동차 업계의 기술혁신을 동학적인 발전의 관점에서 비교하고자 한다. 이러한 비교는 완충재고 수준을 낮추는 ‘흐름 생산’의 특징이 각국 자동차산업의 공정혁신에 어떠한 방식으로 영향을 미치고, 이에 따라 자본회전율의 효율에서 나타난 결과가 자본이윤율에 기여하는 영향을 비교 분석할 수 있을 것이다. 이 같은 분석은 기술혁신을 동학적 관점에서 접근하게 되며, 각 국 자동차산업의 발전과정에서 공정혁신이 갖는 역할과 방식을 규명하고 미래의 자동차산업 전략을 예측하는데 도움이 될 것으로 본다.

참고문헌

- 권성욱 (2006), 「도요타의 인사·노무관리」, 한국자동차산업연구소.
- 김광주 편집 (2004), 「엔高 대응 도요타 벤치마킹 보고서」, 한국자동차산업연구소.
- 정명기 (2004), “현대자동차의 자본축적에 관한 연구”, 자료집.
- 정명기 (2007), “모듈생산방식에 따른 부품조달체계 변화에 관한 연구: 현대자동차 아산공장을 중심으로”, 한독경상학회, 2007년 9월.
- 정성진 (2005), “한국경제의 마르크스 비율 분석: 1970-2003”, 「사회경제평론」, 제25호, pp. 293-339.
- 몬덴 야스히로(門田安弘) (1983), 「신 토요타 시스템」, 송한식, 홍성찬 옮김, 1994, 기아경제연구소.
- 몬덴 야스히로(門田安弘) (1991), 「도요타의 현장관리」, 한국공업표준협회 옮김, 1991, 한국표준공업협회.
- 워맥, 존스(Womack, J. and P. Jones) (1996), 「린싱킹」 *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Cooperation*, The Free Press, A Division of Simon &

- Schuster, INC. 송한식 옮김, 2003, 바다출판사.
- 한국은행, 「기업경영분석」 대차대조표, 손익계산서, 1990년~2007년.
- Kaldor, N. (1964), *Essays on Economic Stability and Growth*, New York: The Camelot Press.
- Kern, H. and M. Schmann (1992), "New Concepts of Production and the Emergence of the Systems Controller", in *Technology and the Future of Work*, ed. by P.Adler, New York: Oxford University Press, pp. 111-48.
- McKone, K.E., Schroeder, R.G., Cua, K.O. (2001), "The impact of total productive maintenance on manufacturing performance" *Journal of Operations Management*, Vol. 19, pp. 39-58.
- Mensch, G. (1979), *Stalemate in Technology*, New York, Ballinger,
- Oliner, S. and D. Sichel (1994), "Computers and Output Growth Revisited: How Big Is the Puzzle?" *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, pp. 173-317.
- Sahal, R. (1981), *Patterns of Technological Innovation*, MA: Addison Wealey Publishers.
- Schumann, M. (1999), "New Concepts of Production and Productivity" *Economic and Industrial Democracy*, Vol. 19, pp. 17-32.
- Schumpeter, J. A. (1961), *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Interest and the Business Cycle*, Cambridge(MA): Harvard University Press.
- Shah, R., and Ward, P. T. (2003), "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance" *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 129-149.
- Solow, R. M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *CJE*, Vol. 70, February 1956.
- Utterback, J. and Abemathy, W. (1975), "A Dynamic Model of Process and Product Innovation", *Omega*, Vol. 3.
- Vallas, S. (1999), "Rethinking Post-Fordism: The Meaning of Workplace Flexibility", *Sociological Theory*, 17:1. March 1999, pp. 68-101.
- Vallas, S. (1990), "The Concept of Skill: A Critical Review", *Work and Occupation*, 17:4, pp. 379-98.
- Wilkinson, J. (1997), "A new paradigm for economic analysis?", *Economy and Society*, Vol. 26, No. 3, August: pp. 305-339.

부 록 1

Dependent Variable: Y1

Method: Least Squares

Date: 11/05/10 Time: 16:18

Sample (adjusted): 1991 2007

Included observations: 17 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X11	3.370902	0.995238	3.387032	0.0041
X21	1.455987	0.107665	13.52331	0.0000
R-squared	0.962799	Mean dependent var		-0.00764
Adjusted R-squared	0.960319	S.D. dependent var		4.510436
S.E. of regression	0.898484	Akaike info criterion		2.733915
Sum squared resid	12.10910	Schwarz criterion		2.831940
Log likelihood	-21.23828	Hannan-Quinn criter.		2.743659
Durbin-Watson stat	1.836538			

송태복

서울대학교에서 경제학 박사학위를 취득하고 현재 한남대학교 경상대학 경제학과에 재직 중이다. 연구의 주 관심분야는 산업조직이다.

남수현

럿거스 뉴저지 주립대학에서 경영학 박사학위를 취득하고 현재 한남대학교 경상대학 경영정보학과 교수로 재직중이다. 현재의 주요 관심 연구 분야는 기업간 지식관리, 인터넷상거래 및 사회네트워크에서 발생하는 신뢰 및 프라이버시 관련 연구이다.