

항만물류산업의 총요소생산성과 그 분해요인분석

Total Factor Productivity Growth and the Decomposition Components of Korean Port-Logistics Industry

강상목* · 이주병**

목 차

I. 서론

III. 자료 및 실증결과

II. 이론 모형

IV. 결론

Key Words : Total Factor Productivity, Efficiency Change, Technical Change, Scale Change, Allocation Change

Abstract

The purpose of this study is to estimate total factor productivity(TFP) growth by stochastic frontier function and to grasp contributing factors of its growth rate by decomposing the total factor productivity into efficiency change, technical progress, scale change, and allocation change. Annual growth rate of total factor productivity for 1990-2003 is 0.019 (1.9%), higher than that of overall industry (0.010). The main component of TFP growth is not efficiency change but technical progress. Contributing factors of total factor productivity growth are change of allocation efficiency in port industry, technical progress in sea-transportation industry, and change of scale efficiency in transportation-equipment industry. The change of total factor productivity shows a decreasing trend since late in the 1990s. The annual technical efficiency of port-logistics industry is less than that of overall industry. Capital elasticity for output (0.391) is higher than labor elasticity (0.227), but scale economy of port-logistics industry is 0.618, which is far from optimal scale economy.

▷ 논문접수: 2008.9.15 ▷ 심사완료: 2008.12.20 ▷ 게재확정: 2008.12.24

* 제1저자, 부산대학교 경제학과 교수, smkang@pusan.ac.kr, 051)510-1884

** 교신저자, 부산대학교 경제학과 박사과정, jbsatan@naver.com, 051)510-1884

I. 서 론

최근 아시아 물동량의 가파른 증가에 따른 경쟁의 격화로 항만의 개념과 역할이 근본적으로 변화하고 있다. 이전의 항만이 단순히 화물의 공간적 이동서비스를 제공하는 곳이었다면 현재의 항만은 여기에 부가가치 서비스를 제공함으로써 기업의 생산성과 경쟁력을 좌우하는 생산 단계의 일부로 그 의미가 확대되고 있다. 또한 치열한 국제 경쟁 속에서 기업들은 항만의 물류관리를 새로운 이윤의 원천으로 인식하고 있다. 이제 항만이 수송, 보관, 하역, 정보관리라는 기본적 기능 외에 분류, 재포장, 품질관리, 최종조립, 단순가공, 수리/수선 등 서비스를 제공할 수 있는 다기능 종합 물류거점으로서의 새로운 역할을 부여받으면서 이러한 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는지의 여부가 항만의 경쟁력을 결정짓는 요인이 되고 있다. 특히 아시아 국가간 항만물동량을 선점하기 위한 경쟁은 가속되고 있기 때문에 이에 대비하여 정부 차원에서는 항만간 경쟁에서 생존하기 위한 방안으로 항만물류산업의 생산성을 제고하기 위하여 컨테이너확충, 하역장비개선, 항만의 운영효율화 개선 등 다양한 대책을 마련하고 있다.¹⁾

강상목·박명선(2007)에 의하면 과거 한국의 항만물류산업은 기술혁신을 통한 성장보다는 노동집약적인 물적요소의 투입확대를 통한 성장방식에 의존해 온 것으로 알려지고 있다. 이러한 양적 확대 성장방식은 Krugman (1994) 등에 의하면 지속가능하지 못하고 선진경제로 진입하기가 어렵다고 주장한 바 있다. 앞으로 항만물류산업이 국제경쟁에서 생존하고 지속적인 성장을 위해서는 총요소생산성 향상에 의한 성장이 필요하다. 총요소생산성 향상은 신기술의 개발을 통한 기술혁신 내지 기술진보와 기존의 보급된 기술의 효율적 활용을 통한 기술효율성의 향상을 통하여 이루어질 수 있다.²⁾ 전통적 성장회계분석(growth accounting analysis)에 의한 총요소생산성 성장은 기술효율성 변화(technical efficiency change)이나 규모효율변화(scale efficiency change), 배분효율변화(allocation efficiency change) 등과 같은 요인을 고려하지 않고 기술진보만을 생산성 향상으로 간주하였다.

기술적 효율성은 앞선 선진기술을 빨리 습득하고 학습을 통하여 받아들이는 노력을 말하고 규모효율은 규모불변의 최적규모에서 벗어난 정도를 의미한다. 배분효율은 요소가격의 상대적 비율이 투입요소 간 한계생산물의 상대적 비율과 일치하지 않는 생산요소의 비효율적 배분으로 인하여 발생한다. 이러한 요소들이 모두 총요소생산성 변화를 초래하는 요인들이므로 이들을 포함하여 우리 나라 항만물류 산업의 생산성 변화와 그 기여요인을

- 1) 본 연구의 항만물류산업은 터미널기능을 포함한 물류기초시설을 통하여 항만을 경영하는 재화와 관련한 경제활동을 포함한다. 항만물류산업은 한국은행에 따라서 운송, 하역, 서비스(서비스, 항해 지원), 가공(포장), 보관, 정보, 관리(통관 및 보관) 등의 기능을 포괄한다. 한국은행의 산업연관표상에서는 항만산업에 하역, 보관 및 창고, 기타운수관련서비스, 항만시설을 포함하고 해운산업에 수상운송, 수상운수보조서비스업, 기타운수관련서비스, 수송장비산업에 트레일러 및 컨테이너, 선박건조, 선박수리 및 부분품을 포함하고 있다.
- 2) 기술진보는 기술혁신, 기술발전, 기술변화와 동일한 개념으로 사용된다.

파악할 필요가 있다. 이러한 총요소생산성 성장과 그 내부적 분해를 통하여 항만물류산업 별로 총요소생산성 성장의 차이와 생산성 성장의 내부적 요인이 상이한 정도를 파악함으로써 생산성 향상을 위한 방향을 모색하는데 효과적일 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 확률적 생산변경함수를 이용하여 항만물류산업의 총요소생산성 성장을 분석하고 그 분해요소를 기술진보, 기술효율성 변화, 규모효율변화, 배분효율변화로 구분하여 생산성 성장의 요인을 파악하고자 함이다.

확률적 생산변경함수를 이용한 총요소생산성 변화의 측정방법은 생산함수에 시간변수를 포함시키고 기술진보와 기술효율성 변화를 구분해서 볼 수 있다.³⁾ 즉, 확률적 생산변경함수에 기술비효율 오차항을 포함시켜서 추정한다. 확률적 변경함수에 의한 생산의 기술효율성과 총요소생산성의 측정은 Aigner, Lovell and Schmidt (1977), Meeusen and van den Broeck (1977)에 의하여 제시된 이래 Nishmizu and Page(1982), Greene (1990), Kumbhakar (1990, 2000), Battese and Coelli (1992, 1995), Perelman (1995), Kalirajan, Obwona, and Zhao (1996), Battese and Broca(1997), Granderson (1997), Mahadevan and Kalirajan (2000), Kim and Han (2001), Mahadevan(2003), Hatori (2002), Huang(2005), Farsi and Filippini(2008)에 의하여 발전되어 왔다. 그 중 Kalirajan, Obwona, and Zhao(1996), Granderson (1997), Kumbhakar (2000), Mahadevan and Kalirajan (2000), Kim and Han (2001), Mahadevan(2003) 등은 총요소생산성 변화를 기술진보와 효율성 변화 혹은 규모효율 변화 등으로 분해하여 제시하고 있다. 특히, Kumbhakar (2000), Kim and Han(2001) 등은 총요소생산성을 기술진보, 기술효율성 변화, 규모효율변화, 배분효율 변화 등 4가지 요소로 분해하였다. 또한 Kumbhakar (1990), Battese and Coelli (1992) 등은 패널자료를 이용하여 기술효율성이 시간에 따라서 일정하게 증가하거나 감소하는 형태를 갖는 모형을 소개하고 있다. 이러한 기존연구들은 국가별 비교나 국가간 개별 산업 혹은 개별 국가의 산업간 효율성과 생산성 변화의 비교 등에 확률적 생산변경함수를 적용하여 사용한 바 있다.

국내적으로 확률적 생산변경함수에 의존하여 총요소생산성을 측정을 시도한 연구들은 한광호·김상호(1999), 김상호·이영훈(2006), 허광숙·김정렬(2007), 한광호(2008) 등이 있다. 한광호·김상호(1999)는 모수적 방법에 의존하여 한국 제조업 중 9개 업종을 대상으로 총요소생산성 변화를 측정하는 바 있고 김상호·이영훈(2006)은 확률적 생산변경함수를 49개 국가에 적용하여 총요소생산성 변화를 기술진보와 기술효율성 변화로 분해하여 측정하는 바 있다. 허광숙·김정렬(2007)은 확률적 생산변경함수를 철강기업에 적용하여 기술효율성을 측정하고 그 요인을 분석하였다.

한편, 한국의 항만물류산업과 관련된 기존연구로서 오성동·박노경(2001), Park (2002)은 항만컨테이너의 DEA(Data Envelopment Analysis)방법을 이용하여 총요소생산성에 관하

3) 총요소생산성을 측정하는 방법은 기술효율성을 무시하는 전통적인 성장회계방법과 기술효율성을 고려하되 포함된 자료에 의존하여 생산변경을 결정하는 비모수적 방법(DEA방법)과 본 연구에서 사용하는 임의의 생산함수를 가정하고 추정하는 모수적 방법(SFA) 등이 있다.

여 분석하였다. 김안호·기성대(2005)와 박재운(2007)은 산업연관분석을 이용하여 항만물류산업의 경제적 효과 및 파급효과를 분석하였으며 신계선(2007)은 주요 항만의 경쟁력의 결정요인을 분석한 바 있다. 강상목·박명선(2007)은 한국의 항만물류산업의 총요소생산성을 성장회계분석을 통하여 분석한 바 있다. 그러나 지금까지 확률적 생산변경함수를 이용하여 항만물류산업에 대한 총요소생산성 증가율을 측정하고 이를 내부 요인별로 분해한 연구는 존재하지 않는다. 따라서 본 연구는 처음으로 한국의 항만물류산업의 개별업종에 대하여 모수적 방법에 의한 생산성분석을 시도하고 총요소생산성 증가율의 기여요인을 실증적으로 계측할 것이다. 본 연구는 한국의 항만물류산업의 총요소생산성 성장의 주된 요인을 파악함으로써 총요소생산성을 향상시키는 방향을 제시할 수 있다.

이하 II장에서는 이론 모형을 제시하고, 제III장에서는 실증분석을 위한 자료와 그 결과를 제시한다. 마지막으로 제IV장에서는 정책적 시사점을 포함한 결론을 맺는다.

II. 이론 모형

총요소생산성의 측정은 크게 성장회계분석을 통한 방법과 생산변경함수를 통하여 측정하는 모수적 방법과 비모수적 방법으로 측정할 수 있다. 성장회계방법은 기술효율성을 고려하지 못하는 단점이 있고 비모수적 방법은 측정오차를 기술비효율 요인으로 간주하는 결함이 있다. 본 연구에서는 기술효율성을 고려하고 이를 측정오차와 구별할 수 있는 모수적 접근방법인 확률적 생산변경함수를 통하여 총요소생산성을 측정하고자 한다.

일반적으로 총요소생산성은 다음과 같이 산출량과 투입량의 상대적 비율로 정의될 수 있다.

$$TFP = \frac{y}{x} \quad (1)$$

식(1)에서 TFP(total factor productivity)는 총요소생산성, y는 산출량, x는 투입량을 의미한다. 이 식의 양변을 로그형태로 취하고 시간 t로 미분하면 성장률의 형태로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\dot{TFP} = \dot{y} - \dot{x} \quad (2)$$

$$\text{단, } \dot{TFP} = d \ln TFP / dt, \dot{y} = d \ln y / dt, \dot{x} = d \ln x / dt$$

식(2)에서 총요소생산성 변화율은 산출량 변화율에서 투입요소 변화율을 차감하여 도출한다. 본 연구는 이러한 총요소생산성을 내부적으로 분해하여 그 주된 요인을 추정하고자

한다. 이러한 기술효율성을 고려한 확률적 변경 생산함수는 다음과 같다.

$$y_{it} = f(x_{it}, t) \cdot \exp(-u_{it}), i=1,2,\dots,N, t=1,2,\dots,T \quad (3)$$

식(3)에서 y_{it} 는 i 생산단위의 t 기 산출량, $f(\cdot)$ 는 생산함수, x_{it} 는 투입물 벡터, t 는 기술진보의 대리변수인 시간변수를 의미한다. u (≥ 0)는 생산의 기술비효율로서 시간에 따라 변화한다.

산출량은 투입요소와 시간변수에 따라서 변화하므로 생산변경함수를 로그형태로 취하고 시간에 대하여 전미분하면 다음과 같다.

$$\frac{d \ln y}{dt} = \frac{d \ln f(x,t)}{dt} + \sum_{j=1}^J \frac{d \ln f(x,t)}{dx_j} \cdot \frac{dx_j}{dt} - \frac{du}{dt} \quad (4)$$

식(4)에서 우변의 첫째 항은 생산변경함수의 시간에 대한 미분이므로 기술발전을 의미하는 생산의 기술진보이고 둘째 항은 시간에 따른 요소투입량의 변화에 따른 산출량의 변화를 의미한다. 투입요소 벡터는 여러 투입요소로 구성되므로 그 합으로 표시되고 투입요소

의 탄력성($\varepsilon_j = \frac{d \ln f(x,t)}{d \ln x_j}$)을 적용하면 이는 탄력성으로 간단히 표현할 수 있다.⁴⁾ 즉,

$$\dot{y} = TC + \sum_j \varepsilon_j \dot{x}_j - \dot{u} = TC + \sum_j \varepsilon_j \dot{x}_j + EC \quad (5)$$

$$\text{단, } \dot{y} = \frac{d \ln y}{dt}, TC = \frac{d \ln f(x,t)}{dt}, \dot{x}_j = \frac{d \ln x_j}{dt}, EC = -\frac{du}{dt}$$

식(5)는 산출량증가율이 우변과 같이 기술진보, 요소투입의 변화, 효율변화로 분해될 수 있음을 보여준다. $\frac{du}{dt}$ 가 음(-)이면 기술적 비효율성은 시간에 따라 감소함을 시사한다.

$-\frac{du}{dt}$ 는 기술적 효율성 변화 EC를 의미한다.⁵⁾ 따라서 총산출량의 변화는 기술진보, 요소

4) 생산함수에 대한 투입요소벡터의 미분에 요소탄력성을 적용하면 식(4)의 두 번째항은 다음과 같이 유도된다.

$$\sum_{j=1}^J \frac{d \ln f(x,t)}{dx_j} \cdot \frac{dx_j}{dt} = \sum_{j=1}^J \frac{d \ln f(x,t)}{d \ln x_j} \cdot \frac{d \ln x_j}{dt} = \sum_j \varepsilon_j \dot{x}_j$$

5) u 가 기술비효율성을 의미하므로 기술효율성은 음(-)의 부호가 붙는다. 기술효율성은

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) \text{ 이고 } \ln TE = -u, \frac{d \ln TE}{dt} = -\frac{du}{dt} \text{ 가 된다.}$$

투입의 변화, 기술효율의 변화에 영향을 받는다.6)

식(2)에서 정의된 것과 같이 산출량 변화율에서 투입요소 변화율을 차감하여 도출하는 총요소생산성 변화율을 좀더 구체적으로 표시하면 다음과 같다.

$$TFP = \dot{y} - \sum_j^J S_j \dot{x}_j \quad (6)$$

식(6)에서 S_j 는 생산요소의 투입비용이 총비용에서 차지하는 비중을 말한다. 식(5)를 식(6)에 대입하고 규모에 대한 보수와 생산요소 j 의 생산탄력성이 전체탄력성에서 차지하는 비중 (δ_j)등의 요소를 고려하여 정리하면 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} TFP &= TC + EC + \sum_j^J \varepsilon_j \dot{x}_j - \sum_j^J S_j \dot{x}_j \\ &= TC + EC + \sum_j^J \delta_j RTS \cdot \dot{x}_j - \sum_j^J S_j \dot{x}_j \\ &= TC + EC + (RTS - 1) \sum_j^J \delta_j \cdot \dot{x}_j + \sum_j^J (\delta_j - S_j) \dot{x}_j \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{단, } RTS = \frac{\sum_j^J \varepsilon_j}{\sum_j^J \delta_j}, \delta_j = \frac{f_j x_j}{\sum_j^J f_j x_j} = \frac{\varepsilon_j}{\sum_j^J \varepsilon_j} = \frac{\varepsilon_j}{RTS}$$

식(7)에서 ε_j 는 생산요소 j 의 생산량 탄력성, RTS 는 규모에 대한 보수를 의미한다.7) δ_j 는 생산요소 j 의 전체생산 탄력성에서 차지하는 비중으로서 ε_j / RTS 를 의미한다. 식(7)의 총요소생산성 변화는 결과적으로 우변의 기술진보(TC), 효율변화(EC), 규모효율변화 ($SEC: (RTS - 1) \sum_j^J \delta_j \dot{x}_j$), 배분효율변화 ($AEC: \sum_j^J (\delta_j - S_j) \dot{x}_j$)로 분해된다. 규모비효율은 생산규모가 적정규모에서 벗어나기 때문에 발생하고 배분비효율은 생산요소의 가격이 기술적 한계대체율과 일치하지 않기 때문에 발생하게 된다. 만약 규모비효율과 배분비효율이 없다면 총요소생산성은 기술진보와 효율변화로 구성된다. 또한 기술비효율도 존재하지 않는다면 총요소생산성은 기술진보와 일치하게 된다.

이와 같은 총요소생산성의 4가지 분해요소를 기초로 실제 추정모형은 다음과 같은 초월대수 생산함수를 가정하고 패널자료를 사용한 확률적 생산변경함수를 추정한다.

6) 이와 달리 전통적 성장회계식은 산출량 성장률이 기술진보와 총요소투입변화로 구성된다.
7) $RTS = 1$ 은 규모불변, $RTS > 1$ 체증규모, $RTS < 1$ 체감규모를 의미한다.

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_j \alpha_j \ln x_{jit} + \alpha_t t + \beta_{tt} t^2 + \sum_j \sum_k \beta_{jk} \ln x_{kit} \ln x_{jit} + \sum_j \beta_{jt} t \ln x_{jit} + v_{it} - u_{it} \quad (8)$$

단, $i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T, j, k = L, K,$

식(8)에서 y 는 산출물, x 는 투입물, t 는 시간변수를 말한다. 하첨자 i, t 는 생산단위와 시간을 말하고 j 와 k 는 생산요소인 노동과 자본을 의미한다. v 는 $N(0, \sigma_v^2)$ 인 정규분포의 오차항이고 u 는 기술비효율로 인한 생산량 상실부분을 의미한다. Aigner, Lovell and Schmidt(1977)는 독립적이고 균등한 분포를 하는 즉, $iid \sim N(0, \sigma_u^2)$ 인 임의오차 v 와 같이 기술비효율 오차항 u 도 v 와 독립적으로 균등 분포하고 0에서 절단된 분포함수 즉, $iid \sim N(0, \sigma_u^2)$ 를 가정한다. 즉, u 는 기술적 비효율성에 수반되는 생산감소의 정도를 나타내는 것으로 항상 양(+)의 값을 갖는 것으로 가정한다.

이러한 기술비효율 오차에 시간의 변화를 고려할 경우 u 는 시간에 따라 변화하므로 Battese and Coelli(1992) 모형에 따라서 기술비효율 오차항 u_{it} 는 다음과 같이 가정한다.

$$u_{it} = \exp\{-\eta(t - T)\}u_i \quad (9)$$

식(9)에서 η 는 기술적 비효율성의 변화율을 반영한 파라메타로 양(+)의 값을 가지면 기술비효율성이 시간변화에 따라 감소하고 반면, 음(-)의 값을 가지면 시간변화에 따라 증가한다.⁸⁾ 따라서 u_{it} 는 시간에 따라 변화하는 기술효율성 변화를 보여준다. 식(9)에서 첫 항의 지수함수에서 $t = T$ 일 경우 $u_{it} = u_i$ 가 성립한다.⁹⁾ Aigner, Lovell and Schmidt(1977)는 식(8)과 같이 정의된 모형에 대한 대수우도함수(log-likelihood function)을 정의하고 이 우도함수를 두 개의 분산을 합친 총분산, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ 와 $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ 로 표현한 바 있다. Battese and Corra (1977)는 $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ 가 비음의 모든 값이 될 수 있기 때문에 0과 1사이의 값을 갖게 되는 임의오차의 분산에 대한 기술비효율의 오차항의 분산의 비율인 $\Upsilon = \sigma_u^2 / \sigma_v^2$ 를 사용하였다. 이는 Υ 가 1에 가까울수록 기술비효율의 오차는 큰 값을 갖게 되고 반대인 경우는 그 오차가 작은 값을 갖게 됨을 시사한다. 즉, Υ 의 값에 따라서 기술적 비효율성의 값이 영향을 받고 1에 가까울수록 기술비효율은 증가한다. 반대로 0에 가까울수록

8) 반대로 기술효율성은 η 가 양(+)일 경우 시간변화에 따라 증가하고 음(-)일 경우 감소함을 의미한다.

9) 파라메타 η 의 크기에 따라 기술비효율은 시간에 따라 변화하나 분석기간 동안 관측치의 순위는 변동이 없고 관측치가 연속된 기간 동안 관측치 간에 상대적으로 효율적이거나 비효율적인 격차의 변화는 반영하지 못한다.

전체오차는 기술비효율 오차가 아닌 임의오차에 의해서 대부분 설명된다. 본 연구는 $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\gamma = \sigma_u^2/\sigma_v^2$ 로 정의한다. 식(8)과 식(9)에서 정의된 파라메타는 최우추정법으로 추정한다.

한편, t시점에서 기술효율성(TE_{it})은 실제생산량과 기술비효율성이 없는 생산가능량 간의 비율로 정의된다. 즉,

$$TE_{it} = \frac{f(x_{it}, t) \exp(-u_{it})}{f(x_{it}, t)} = \exp(-u_{it}) \quad (10)$$

노동과 자본의 투입요소에 대한 산출물 탄력성은 다음과 같이 정의된다.

$$\varepsilon_j = \frac{d \ln f}{d \ln x_j} = \alpha_j + \sum_{j \neq k} \beta_{jk} \ln x_k + 2\beta_{jj} \ln x_j + \beta_{jt} \quad (11)$$

다음으로 기술진보(TC)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TC = \frac{d \ln f}{dt} = \alpha_t + 2\beta_{tt}t + \sum_{j=1}^J \beta_{jt} \ln x_j \quad (12)$$

생산요소의 투입수준에 따라서 투입물의 산출탄력성과 규모에 대한 보수는 달라지게 된다. 산출탄력성과 기술진보는 식(8)의 추정계수에 기초하여 평균탄력성을 적용하여 추정한다. 이처럼 생산함수의 추정을 통하여 총요소생산성을 구성하는 4개의 요소에 대한 추정을 도출할 수 있다.

III. 자료 및 실증결과

1. 자료

실증분석에 사용한 자료는 한국은행(2007)에서 발간하는 산업연관표를 주로 이용하였다.¹⁰⁾ 노동량을 제외한 피용자보수 및 자본스톡과 부가가치액은 산업별로 2000년(=100) 불변 자료로 환산하였다. 자본스톡의 경우 산업연관표에는 고정자본소모액만 나와 있고 총고정자본스톡이 나와 있지 않아 한국은행 내부의 고정자본 소모율 적용분을 이용하였다.

10) 한국은행(2007)을 참조바란다.

자본스톡은 고정자본소모액을 고정자본소모율로 나누어서 구하였다. 노동량은 통계청의 운수업통계조사보고서의 세 분류를 참조하여 각 세분류 비중을 추계하였다. 노동소득분배율은 피용자보수를 부가가치액으로 나누었고 자본소득분배율은 1에서 노동소득분배율을 차감하여 도출하였다. 한국은행 자료의 한계로 실증기간을 1990~2003년을 대상으로 하되 외환위기가 항만물류산업에도 큰 변화를 초래한 시기이므로 1990~1998, 1999~2003년으로 나누어 분석하였다.

<표 1> 요약통계 (1990-2003)

(단위 : 백억원, %)

구 분	평균			성장률		
	부가가치	자본스톡	노동	부가가치	자본스톡	노동
항만물류산업	2574	2083	1903	8.4	5.5	-2.5
항만산업	1228	981	2303	10.2	10.6	-2.1
항만시설	1349	910	1125	21.2	18.3	3.4
하역	1213	901	2518	3.5	5.5	-4.4
보관및창고	1732	1286	1313	6.6	10.1	-0.8
기타운수관련서비스	1436	803	3043	16.7	33.5	13.5
해운산업	3828	3109	1241	7.6	4.0	-2.6
연안및내륙수상운송	826	1196	187	5.1	1.9	-5.4
외항운송	10083	7545	2946	8.0	3.1	-2.2
수상운수보조서비스	576	587	589	8.5	14.3	-1.7
수송장비	3919	3702	4013	9.2	5.9	-2.4
트레일러및컨테이너	4555	4073	20805	-18.9	-28.6	-20.4
선박건조	8616	6948	6378	13.5	14.2	4.3
선박수리및부분품	9750	6631	4690	1.8	3.7	-0.7
운수업	7725	17455	9316	8.0	11.0	3.2
농림어업	46177	28808	233626	1.6	5.6	-3.5
광업	10738	16344	15420	2.1	-2.0	-7.8
제조업	59861	46013	43946	7.3	8.1	-1.5
전력가수수도	24716	71154	6980	10.4	10.7	1.1
건설	97001	44290	134743	7.5	11.2	3.9
서비스	48385	61081	106628	10.9	14.2	2.9
전산업	34883	32765	67904	7.3	9.9	-0.1

주: 부가가치, 자본스톡, 노동은 1990-2003년의 각 년도 수치의 평균값임. 가령, 전산업의 경우 전산업 부가가치합계의 연간 평균치임.

사용한 항만물류산업의 요약통계는 <표 1>과 같다. 1990-2003년간 항만물류산업의 연간 평균 부가가치, 자본스톡, 노동자수는 각각 2,574백억원, 2,083백억원, 1,903백명이다. 항만물류 산업 내에서 수송장비업의 부가가치와 자본스톡, 노동자수에서 가장 크다. 반면 항만산업은 부가가치와 자본스톡에서 가장 낮으나 노동자수는 해운산업보다 높다. 이는 하역

과 기타 운수관련서비스업에서 노동자수가 높기 때문이다. 반면 해운산업은 부가가치와 자본스톡에서는 수송장비와 비슷한 수준을 유지하지만 투입 노동자수는 가장 낮은 편이다. 항만물류산업의 부가가치, 자본스톡, 노동의 연간 평균성장률은 각각 8.4%, 5.5%, -2.5%로서 노동성장률은 감소하였다. 전체 산업과 비교해 보면 부가가치 성장률은 조금 높고 자본스톡 성장률은 크게 낮은 편이며 노동성장률은 다소 낮다. 항만물류산업 내에서는 1990-2003년간 항만산업의 부가가치, 자본스톡의 성장률이 가장 높고 해운산업의 성장률이 가장 낮다. 노동성장률은 세 산업 모두 감소하였다.

2. 실증분석

본 연구의 실증은 확률적 변경생산모형을 이용하여 항만물류산업의 총요소생산성을 추정하는 것으로서 총요소생산성을 성장회계방식에 의한 잔여치로 구하는 선행 연구보다는 보다 정교하다고 볼 수 있다.¹¹⁾ 왜냐하면 기술진보를 직접 추정함으로써 성장회계식이 측정 오차를 총요소생산성 변화로 고려하는 오류를 줄일 수 있고 기술효율성 변화, 규모효율변화, 배분효율변화 등으로 총요소생산성 변화를 분해해서 보여줄 수 있다는 장점이 있기 때문이다.

1) 가설검정

<표2>는 최우추정법을 이용하여 초월대수 생산변경함수를 산업별로 추정한 결과이다. 식 (8)과 (9)에 기초하여 추정계수를 측정하였다. 먼저 이 결과에 기초하여 모형의 적합성을 검정할 필요가 있다. 즉, 기술비효율성의 존재, 기술진보, 기술진보의 유형, 생산함수의 형태 등에 대한 본 모형의 적합성의 검정이 필요하다. H0와 H1을 귀무가설과 대립가설로 가정하면 L(H0)와 L(H1)는 각각 귀무가설이 제약될 경우와 제약되지 않을 경우의 로그우도 값을 의미한다. 가설검정은 로그우도비 검정(likelihood-ratio test)을 사용할 경우 그 검정통계량은 $LR = -2[L(H0)-L(H1)]$ 이다. 귀무가설이 사실이면 LR은 제약식 수를 자유도로 하는 χ^2 분포를 한다.

<표 2> 초월대수 생산변경함수의 계수 추정 결과

변수	계수값	표준오차	t 값
상수항	2.599	0.428	6.076
Log(K)	1.585	0.178	8.909
Log(L)	-1.088	0.176	-6.183
t	0.003	0.011	0.299

11) 실증분석에 사용한 컴퓨터 프로그램은 Frontier 4.1이다.

$\text{Log}(K)^2$	-0.220	0.025	-8.793
$\text{Log}(L)^2$	-0.057	0.027	-2.110
t^2	-0.001	0.000	-3.122
$\text{Log}(k)*\text{Log}(L)$	0.319	0.043	7.393
$t*\text{Log}(K)$	0.019	0.003	6.346
$t*\text{Log}(L)$	-0.018	0.003	-6.239
σ_s^2	0.144	0.010	14.317
γ	0.972	0.003	315.827
μ	0.616	0.099	6.243
n	-0.027	0.002	-11.058
로그우도값	689.980		
검정통계량	1186.380		

<표3>은 항만물류산업을 대상으로 한 가설검정 결과를 요약한 것이다. 첫째, 기술비효율성이 존재하지 않는다는 귀무가설 ($H_0 : \gamma = n = 0$)이 채택된다면 생산변경함수에 기술비효율은 존재하지 않는다. 이 가설에 대한 검정통계량은 1186.384로서 자유도 2의 χ^2 분포를 이루고 1% 유의수준에서 기각되었다. 결과적으로 모든 업종에서 기술적 비효율성이 존재하고 ($\gamma \neq 0$) 기술비효율이 시간에 걸쳐서($n \neq 0$) 변화함을 의미한다. 따라서 <표2>의 추정결과에서 보듯이 추정계수는 대부분 유의적이고 γ 는 양(+)이지만 n 는 음(-)의 값을 보인다. 따라서 기술적 비효율성이 생산에 존재하고 그 비효율성이 매년 증가함을 의미한다.

둘째, 기술진보가 존재하지 않는다는 귀무가설을 검정하였다. 이 가설의 우도비 검정통계량은 자유도 4의 χ^2 분포를 가지고 1% 유의수준에서 기각되었다. 즉, 검정결과는 기술진보가 존재함을 확인해 준다.

셋째, 생산함수에 존재하는 기술진보의 유형이 중립적이라는 귀무가설을 검정하였다. 이 가설의 우도비 검정통계량은 자유도 2의 χ^2 분포를 가지고 1% 유의수준에서 기각되었다. 따라서 포함된 항만물류산업은 비중립적인 기술진보의 형태를 갖는다.

넷째, '생산기술이 콥-더글라스 형태이다'라는 귀무가설을 초월대수함수 형태라는 대립가설에 대하여 검정하였다. 이 귀무가설의 로그우도비 검정통계량은 자유도 6의 χ^2 분포를 가지고 그 결과는 1% 유의수준에서 기각되었다. 이는 생산기술의 추정을 위하여 초월대수함수를 사용하는 것이 보다 더 적절함을 보여준다.

요컨대, 가설검정의 결과는 항만물류산업의 생산에서 기술비효율성은 존재하고 시간 변화에 따라 변화한다. 기술진보는 존재하고 대체로 비중립적이다. 나아가 생산함수는 콥-더글라스 형태보다는 초월대수 생산함수가 추정에 보다 적합하다는 것을 보여준다.

<표 3> 가설검정 결과 요약

귀무가설(H_0)	로그우도값	검정통계량	임계값	결론
$H_0: \Upsilon = \eta = 0$ (기술비효율성없고 비효율성 불변)	96.792	1186.384	9.21	H0 기각
$H_0: \alpha_T = \beta_{TT} = \beta_{TL} = \beta_{TK} = 0$ (기술진보없음)	554.344	271.281	13.28	H0 기각
$H_0: \beta_{TL} = \beta_{TK} = 0$ (기술진보의 중립성)	684.892	10.183	9.21	H0 기각
$H_0: \beta_{LL} = \beta_{LK} = \beta_{KK} = \beta_{TL} = \beta_{TK} = \beta_{TT} = 0$ (생산기술은 콤팩트클래스)	635.166	109.635	16.81	H0 기각

주: 1. 우도비 검정의 검정통계량(LR) = $-2[L(H_0)-L(H_1)]$ 로서 초월대수 생산함수의 로그우도값 (689.98)임.

2. 임계값은 1% 유의수준의 값임.

2) 기술효율성

기술적 효율성의 결과는 <표4>와 같다. 1990~1998년간 항만물류산업의 평균 기술효율성은 0.489로서 동 기간 전체산업 평균 기술효율성 0.609 보다 낮다. 운수업, 농림어업, 광업의 기술효율성을 제외한 제조업과 서비스업은 모두 항만물류산업보다 높다. 항만물류산업을 크게 항만산업, 해운산업, 수송장비산업으로 구분하였을 때, 해운산업의 기술효율이 0.533으로 제일 높고 그 다음으로 수송장비산업, 항만산업의 순서이다. 항만산업내의 4개 업종 중에서 기타운수관련서비스 0.524로 가장 높고 보관 및 창고업이 가장 낮은 효율을 보인다. 해운산업 내에서는 외항운송이 0.739로 가장 높고 수상운수보조서비스업이 가장 낮다. 수송장비업 내에서는 선박건조가 0.617로 가장 높다. 동 기간에 기술효율성이 높은 기타운수관련 서비스업과 선박건조업 등은 모두 자본스톡의 성장률이 다른 업종보다 매우 높고 부가가치의 성장률이 높은 업종으로 성장이 빠른 업종에 속한다.

<표 4> 항만물류산업의 기술효율성

산 업	(1990 ~ 1998)	(1999 ~ 2003)	(1990 ~ 2003)
항만물류산업	0.489	0.402	0.446
항만산업	0.425	0.377	0.401
항만시설	0.450	0.400	0.425
하역	0.444	0.384	0.414
보관및창고	0.381	0.390	0.386
기타운수관련서비스	0.524	0.428	0.476
해운산업	0.533	0.467	0.500
연안및내륙수상운송	0.484	0.406	0.445
외항운송	0.739	0.667	0.703
수상운수보조서비스	0.376	0.329	0.353

수송장비	0.510	0.432	0.471
트레일러및컨테이너	0.430	0.377	0.403
선박건조	0.617	0.527	0.572
선박수리및부분품	0.483	0.480	0.481
운수업	0.444	0.466	0.455
농림어업	0.504	0.492	0.498
광업	0.470	0.433	0.451
제조업	0.766	0.693	0.730
전력가수수도	0.839	0.812	0.825
건설	0.748	0.708	0.728
서비스	0.613	0.559	0.586
전산업	0.609	0.559	0.584

주: 기술효율성은 기간동안 연평균치임.

항만물류산업의 1999~2003년간 평균 기술효율성은 1990~1998년간 평균 기술효율성보다 낮은 0.402이고 두 기간을 모두 합한 1990~2003년간 항만물류산업의 평균기술효율성은 0.446으로서 산업전체 평균 기술효율성 0.584보다 상당히 낮은 편에 속한다. 1999~2003년간 평균기술효율성이 이전의 기간보다 낮은 주된 원인은 아시아 금융위기로 인하여 항만물류 산업도 경기불황과 구조조정의 여파에서 자유로울 수 없었기 때문으로 추측된다. 항만물류산업 내 개별산업의 기술효율성의 순위는 변화가 없지만 η 는 음(-)의 값을 보인 결과로서 기술효율성은 감소하는 형태를 보여주고 있다.

3) 산출탄력성 및 규모의 보수

<표5>는 생산요소의 산출탄력성과 규모에 대한 보수의 기간별 평균값을 보여준다. 1990~1998년간 항만물류산업의 노동과 자본의 탄력성은 각각 0.269, 0.373이고 그 합인 규모에 대한 보수는 0.637로 나타났다. 동 기간 전산업의 노동과 자본탄력성은 각각 0.475, 0.263이고 규모의 보수는 0.738로서 전반적으로 다소 낮게 추정되었다. 규모보수가 1일 때 보수가 불변한다고 보면 항만물류산업은 규모보수 불변으로부터 상당히 벗어나 있다고 볼 수 있다. 즉, 대부분의 항만물류 업종들은 규모에 대한 보수가 체중 내지 체감하는 수준에 있으므로 생산의 기술효율성을 향상시키기 위해서는 항만물류산업의 규모의 재조정이 필요할 것으로 보인다.

항만물류산업은 전체보다 규모의 보수가 낮고 자본은 보다 탄력적이지만 노동은 매우 비탄력적으로 나타났다. 즉, 항만물류산업에서 추가적인 자본은 산출량을 크게 증대할 수 있으나 노동의 추가적 투입은 산출량 변화를 초래하지 못한다. 1990-1998년간 항만산업, 해운산업, 수송장비산업 중에서 항만산업과 수송장비산업은 자본탄력성이 노동탄력성 보다 높으나 해운산업은 상대적으로 노동탄력성이 높다. 규모의 보수는 항만산업 0.681로 가

장 높고 해운산업이 0.561로 가장 낮다. 규모의 보수가 가장 낮은 해운산업 중에서도 연안 및내륙수상운송업이 규모보수가 가장 낮고 그 원인은 낮은 자본탄력성 0.081때문이다. 이 업종은 자본의 추가적인 증대가 매우 낮은 부가가치 증가를 가져오는 업종으로 자본의 생산증대효과는 낮다는 것을 의미한다.

외환금융 위기이후 1999-2003년간 항만물류산업 전체의 평균 노동탄력성은 0.189, 자본탄력성은 0.409로서 규모에 대한 보수는 0.599이다. 즉, 전기에 비하여 노동탄력성은 감소되고 자본탄력성은 증가했으나 전체적으로 규모에 대한 보수는 하락하였다. 이는 외환위기에 따른 항만물류산업의 구조조정이 규모에 대한 보수측면에서 최적규모에 근접하기 보다는 더 벗어나는 결과를 초래한 것으로 보인다. 이 기간에도 전산업의 노동탄력성에 비하여 항만물류산업의 노동탄력성은 크게 낮고 자본탄력성은 보다 높게 나타났다. 이는 자본의 추가 투입이 노동의 추가 투입보다 생산물을 증대시킬 수 있음을 의미한다.¹²⁾ 항만물류산업 내에서 해운산업의 노동탄력성이 가장 높고 항만산업의 노동탄력성이 가장 낮다. 자본탄력성은 항만산업이 가장 높고 해운산업이 가장 낮다. 즉, 항만산업은 자본의 추가적인 투입이 산출증대에 유리하고 해운산업은 노동투입이 상대적으로 유리하다. 규모의 보수는 전기보다 낮은 0.599로서 전산업 평균 0.704보다 크게 낮다. 그 중 항만산업이 가장 높고 해운산업이 가장 낮다.

<표 5> 항만물류산업의 산출탄력성과 규모에 대한 보수

산업	(1990 ~ 1998)			(1999 ~ 2003)			(1990 ~ 2003)		
	E_L	E_K	RTS	E_L	E_K	RTS	E_L	E_K	RTS
항만물류산업	0.264	0.373	0.637	0.189	0.409	0.599	0.227	0.391	0.618
항만산업	0.186	0.495	0.681	0.147	0.522	0.669	0.167	0.508	0.675
항만시설	0.172	0.486	0.658	0.171	0.438	0.609	0.171	0.462	0.633
하역	0.186	0.541	0.726	0.156	0.473	0.629	0.171	0.507	0.678
보관및창고	0.200	0.458	0.658	0.188	0.434	0.622	0.194	0.446	0.640
기타운수관련서비스	0.033	0.727	0.761	0.137	0.561	0.698	0.085	0.644	0.729
해운산업	0.347	0.215	0.561	0.256	0.279	0.535	0.301	0.247	0.548
연안및내륙수상운송	0.387	0.081	0.468	0.212	0.232	0.444	0.299	0.157	0.456
의항운송	0.508	0.084	0.591	0.387	0.213	0.600	0.447	0.148	0.596
수상운수보조서비스	0.145	0.478	0.624	0.168	0.393	0.561	0.157	0.436	0.592
수송장비	0.260	0.410	0.670	0.209	0.405	0.614	0.235	0.407	0.642
트레일러및컨테이너	0.219	0.439	0.658	0.082	0.528	0.611	0.151	0.484	0.634
선박건조	0.402	0.292	0.694	0.372	0.287	0.658	0.387	0.289	0.676
선박수리및부품	0.161	0.498	0.659	0.182	0.466	0.648	0.171	0.482	0.653
운수업	0.360	0.294	0.654	0.431	0.171	0.601	0.395	0.232	0.628

12) 항만물류산업은 기본적으로 자본과 노동집약적인 특성을 가지고 있는데 상대적으로 노동력의 투입은 이미 과다하여 추가적인 노동과 자본을 투입한다고 할 때 자본의 추가적 투입이 더 유리한 상태임을 시사한다.

농림어업	0.426	0.521	0.948	0.386	0.522	0.908	0.406	0.522	0.928
광업	0.474	0.172	0.646	0.380	0.255	0.635	0.427	0.213	0.640
제조업	0.542	0.202	0.744	0.481	0.229	0.709	0.511	0.215	0.727
전력가수수도	0.723	-0.146	0.577	0.699	-0.144	0.555	0.711	-0.145	0.566
건설	0.515	0.352	0.867	0.486	0.358	0.844	0.500	0.355	0.855
서비스	0.498	0.336	0.833	0.512	0.290	0.802	0.505	0.313	0.818
전산업	0.475	0.263	0.738	0.435	0.269	0.704	0.455	0.266	0.721

두 기간을 합친 1990년~2003년간 항만물류산업의 노동탄력성은 0.227이고 자본탄력성은 0.391로서 규모에 대한 보수는 최적규모에서 크게 벗어난 0.618이다. 1990~2003년간 전산업에서 노동탄력성 0.455, 자본탄력성 0.266에 비하여 자본탄력성은 높고 노동탄력성은 낮게 측정되었다. 즉, 항만물류산업은 전산업보다 노동 1단위 변화에 따른 산출량의 변화량보다 자본 1단위 변화에 따른 산출량 변화량이 더 크다는 것을 시사한다. 이는 항만물류산업이 상대적으로 노동집약적인 산업임을 보여준다. 전반적으로 항만물류산업의 여타산업에 비하여 자본의 탄력성은 높지만 노동의 탄력성은 낮아서 규모에 대한 보수도 상대적으로 낮다.

4) 총요소생산성 변화와 그 내부요인 변화

총요소생산성 변화는 <표6>~<표8>과 같이 4가지 내부 요인에 의해 향상될 수 있다. 항만물류산업의 업종별로 총요소생산성 변화의 내부요인이 상이하므로 그 요인에 따라서 생산성 향상을 위한 대책이 마련되어야 할 것이다. 먼저, 기술진보의 경우 <표6>에서 항만물류산업의 1990-1998년간 연평균 성장률은 0.037(3.3%)로서 전산업의 0.037과 같다. 다른 여타 산업 중 전력가수수도업, 제조업, 광업 보다는 낮은 편에 속한다. 항만물류산업 내부의 항만산업, 해운산업, 수송장비업 중에서는 해운산업의 기술진보가 0.045로서 가장 높아 동 기간 항만물류산업의 생산프론티어를 확장한 업종으로 볼 수 있다. 개별업종별로는 해운산업 내의 연안및내륙수상운송 0.053, 외항운송 0.048, 선박건조업 0.038 등의 기술진보가 높은 편에 속한다.

<표 7>의 항만물류산업의 1999-2003년간 연간 기술진보는 0.031로 전산업 0.033과 같이 금융위기 이전에 비하여 전반적으로 감소한 것으로 나타났다. 건설, 서비스업 보다는 높고 전력가수수도업, 광업, 운수업 등 여타 산업의 기술진보보다 항만물류산업의 기술진보가 낮은 편이다. 그러나 항만물류산업 내부의 항만산업, 해운산업, 수송장비산업으로 볼 때, 해운산업의 기술진보는 0.038로서 다른 산업에 비하여 높은 편에 속하고 해운산업 내 연안및내륙수상운송과 외항운송은 각각 0.042, 0.038로서 해운산업의 높은 기술진보를 주도하고 있다. 반면 항만산업의 기술진보는 0.025로서 가장 낮고 그 내부의 기타운수관련서비스업, 하역업 등의 기술진보가 낮은 편이다.

<표8>에서 전체기간인 1990-2003년간 기술진보도 분해한 두 기간의 결과와 비슷한 추이를 보여준다. 전산업 0.031과 비교하여 항만물류산업의 기술진보 0.034는 약간 높고 같은 분류상의 여타 산업인 전력가스수도업, 광업, 제조업보다는 낮고 건설과 서비스업보다는 높다. 항만물류산업 내 해운산업과 그에 속한 개별산업의 기술진보는 대부분 전산업보다도 높다. 따라서 연안및내륙수상운송과 외항운송 등이 항만물류산업 중 가장 성장속도가 빠르고 기술진보를 선도하는 업종으로 볼 수 있다. 그런데 연안및내륙운송업과 같이 기술진보가 높은 업종에서 기술효율성 변화가 크게 떨어지는 경우는 기술혁신이 빨리 진행될수록 개발된 기술이 파급되어 효율적으로 활용하는 것이 상대적으로 더 느리게 진행된다는 것을 시사한다. 나아가 기술혁신의 수혜는 기술을 개발하는 일부 업종의 기업에게 돌아감으로 나머지 기업들은 상대적으로 떨어질 수 있다. 따라서 기술효율성과 기술혁신을 초래하는 요인은 상이할 수 있고 그 개선방안도 달라져야할 것이다.

기술효율성 변화는 시간이 변화에 따라 감소하는 현상을 보였다. 1990-1998년간 항만물류산업의 기술효율성변화는 연간 -0.018 (-1.8% 감소)이고 전산업은 -0.012이다. 전력가스수도업, 제조업, 건설업, 서비스업의 감소폭보다 항만물류산업의 감소폭이 더 크다. 항만물류산업 내부의 항만산업이 -0.023으로 가장 감소율이 크고 해운산업의 감소율이 작다. 항만물류산업의 개별업종별로는 보관및창고업 -0.026, 수상운수보조서비스 -0.026, 트레일러및컨테이너 -0.022 등이 다소 높은 감소율을 보였다. 이러한 기술효율성 감소는 항만물류산업의 총요소생산성을 감소시키는 요인이 되고 있다. 이는 기존의 보급된 기술을 시간적으로 빨리 습득하여 효율적으로 활용하지 못하고 있거나 그 확산속도가 빠르지 못함을 의미한다.

<표 6> 기술진보, 기술효율변화, 규모효율변화, 배분효율변화 및 총요소생산성 변화 (1990~1998)

	TP	TE	SEC	AEC	TFP
항만물류산업	0.037	-0.018	0.005	0.006	0.029
항만산업	0.031	-0.023	-0.008	0.015	0.016
항만시설	0.032	-0.021	-0.010	0.005	0.006
하역	0.028	-0.022	-0.001	0.025	0.031
보관및창고	0.033	-0.026	-0.011	0.014	0.010
기타운수관련서비스	0.020	-0.017	-0.016	0.042	0.029
해운산업	0.045	-0.016	0.008	-0.013	0.024
연안및내륙수상운송	0.053	-0.019	0.021	-0.021	0.033
외항운송	0.048	-0.008	0.002	-0.039	0.003
수상운수보조서비스	0.034	-0.026	0.001	0.023	0.031
수송장비	0.034	-0.018	0.014	0.015	0.045
트레일러및컨테이너	0.034	-0.022	0.058	0.040	0.109
선박건조	0.038	-0.013	-0.016	0.000	0.009
선박수리및부품	0.032	-0.019	0.000	0.005	0.017
운수업	0.039	-0.021	-0.010	-0.002	0.007

농림어업	0.021	-0.018	0.000	-0.008	-0.005
광업	0.043	-0.020	0.018	-0.010	0.032
제조업	0.039	-0.007	0.003	-0.023	0.013
전력가수수도	0.057	-0.005	0.001	-0.043	0.010
건설	0.030	-0.008	-0.003	-0.001	0.018
서비스	0.031	-0.013	-0.005	-0.001	0.012
전산업	0.037	-0.012	0.001	-0.010	0.016

1999-2003년간 항만물류산업의 기술효율성 변화는 연간 -0.022로서 역시 전산업 -0.014보다 더 감소폭이 크다. 이 기간도 항만산업의 감소율이 가장 높고 개별업종별로는 수상운수보조서비스업 -0.031, 보관및창고 -0.030, 트레일러및컨테이너 -0.027 등이 상대적으로 큰 하락을 보였다. 항만물류산업의 감소율은 이 기간에도 제조업, 전력가스수도업, 건설, 서비스업의 감소율보다는 크지만 운수업, 농림어업, 광업과는 비슷한 수준을 보였다. 이처럼 항만물류산업은 시간이 흐를수록 기술효율성이 감소하는 형태를 보여주고 있어서 총요소생산성을 감소시키는 요인으로 작용하였다. 이는 지금까지 알려진 기술을 효율적으로 활용하고 있지 못하고 시간의 경과에 따라서도 기존기술의 생산기여와 파급속도는 매우 느리다는 것을 시사한다.

<표 7> 기술진보, 기술효율변화, 규모효율변화, 배분효율변화 및 총요소생산성 변화 (1999~2003)

	TP	TE	SEC	AEC	TFP
항만물류산업	0.031	-0.022	-0.005	0.005	0.010
항만산업	0.025	-0.027	-0.014	0.014	-0.002
항만시설	0.030	-0.025	-0.016	0.015	0.003
하역	0.028	-0.026	-0.004	0.013	0.011
보관및창고	0.029	-0.030	-0.005	0.005	-0.001
기타운수관련서비스	0.022	-0.020	-0.044	0.030	-0.013
해운산업	0.038	-0.018	0.002	-0.011	0.011
연안및내륙수상운송	0.042	-0.023	0.037	-0.063	-0.007
외항운송	0.038	-0.010	0.005	0.017	0.050
수상운수보조서비스	0.033	-0.031	-0.036	0.014	-0.020
수송장비	0.031	-0.021	0.007	-0.013	0.004
트레일러및컨테이너	0.026	-0.027	0.038	-0.060	-0.022
선박건조	0.033	-0.015	-0.002	-0.001	0.014
선박수리및부분품	0.027	-0.023	-0.009	0.020	0.015
운수업	0.039	-0.024	-0.007	-0.036	-0.028
농림어업	0.017	-0.022	-0.002	-0.012	-0.019
광업	0.035	-0.024	0.004	-0.003	0.012
제조업	0.034	-0.008	-0.005	-0.001	0.020
전력가수수도	0.052	-0.006	0.004	-0.044	0.007
건설	0.025	-0.009	-0.003	0.001	0.014
서비스	0.029	-0.015	-0.005	-0.005	0.004

전산업	0.033	-0.014	-0.002	-0.012	0.004
-----	-------	--------	--------	--------	-------

다음으로 규모효율변화의 경우 항만물류산업의 1990-1998년간 연간 평균 규모효율변화는 0.005(0.5%) 성장으로 전산업의 규모효율변화 0.001 보다 높다. 즉, 매년 0.5 % 정도로 규모효율이 개선되고 있다. 항만물류산업 내부적으로 해운산업의 연안 및 내륙수상운송업, 수송장비업의 트레일러및컨테이너업 등이 높았으나 항만산업에 속한 모든 업종들은 음(-)의 변화를 보였다. 이들 업종들은 최적규모에서 멀어지고 있음을 의미하므로 규모조정에 대한 노력이 보다 필요한 것으로 보인다. 1999-2003년간 항만물류산업의 규모효율변화는 -0.005로 전산업의 -0.002 보다 낮다. 이 기간은 외환금융위기로 구조조정의 시기를 포함하고 있으므로 규모경제면에서는 오히려 효율이 후퇴하는 결과를 보여주고 있다. 특히 항만산업과 수송장비산업에 속한 대부분 업종은 감소추세를 보여서 규모조정의 영향이 크게 나타났다. 그러나 예외적으로 트레일러 및 컨테이너업의 규모효율은 증가하였다. 이 기간 동안 우리 나라의 물류산업의 지속된 확장에 따라서 금융위기로 전반적인 구조조정에도 불구하고 트레일러 및 컨테이너업은 확장을 계속해 왔음을 간접적으로 시사한다.

<표 8> 기술진보, 기술효율변화, 규모효율변화, 배분효율변화 및 총요소생산성 변화(1990~2003)

	TP	TE	SEC	AEC	TFP
항만물류산업	0.034	-0.020	0.000	0.005	0.019
항만산업	0.028	-0.025	-0.011	0.014	0.007
항만시설	0.031	-0.023	-0.013	0.010	0.004
하역	0.028	-0.024	-0.002	0.019	0.021
보관및창고	0.031	-0.028	-0.008	0.009	0.005
기타운수관련서비스	0.021	-0.019	-0.030	0.036	0.008
해운산업	0.041	-0.017	0.005	-0.012	0.017
연안및내륙수상운송	0.047	-0.021	0.029	-0.042	0.013
외항운송	0.043	-0.009	0.004	-0.011	0.027
수상운수보조서비스	0.033	-0.028	-0.018	0.018	0.005
수송장비	0.032	-0.019	0.010	0.001	0.025
트레일러및컨테이너	0.030	-0.025	0.048	-0.010	0.044
선박건조	0.035	-0.014	-0.009	-0.001	0.012
선박수리및부품	0.030	-0.021	-0.005	0.012	0.016
운수업	0.039	-0.023	-0.008	-0.019	-0.011
농림어업	0.019	-0.020	-0.001	-0.010	-0.012
광업	0.039	-0.022	0.011	-0.006	0.022
제조업	0.036	-0.007	-0.001	-0.012	0.016
전력가수수도	0.054	-0.005	0.003	-0.044	0.008
건설	0.027	-0.008	-0.003	0.000	0.016
서비스	0.030	-0.014	-0.005	-0.003	0.008
전산업	0.035	-0.013	0.000	-0.011	0.010

한편, 배분적 비효율성은 투입요소를 효율적으로 배분하지 못해서 발생한 비효율을 의미한다. 즉, 요소가격과 투입요소의 한계생산물 가치가 일치하지 않기 때문에 배분적 비효율이 발생한다. 1990-1998년간 항만물류산업의 연간 평균 배분효율변화는 0.006으로 증가했으나 전산업은 -0.010으로 감소했다. 항만물류산업 내의 해운산업은 -0.013의 감소율을 보였고 연안 및 내륙운송업과 외항운송업이 감소의 주된 원인이 되었다. 이들 업종은 생산요소의 요소가격을 고려하여 생산활동을 하지 못하고 비효율적으로 투입요소를 할당함으로써 인하여 총요소생산성을 감소시키는 요인이 되었다. 항만물류산업의 1999-2003년간 배분효율변화는 0.005로 나타났으나 개별 업종별로는 상반된 결과를 보여준다. 항만산업에 속한 업종들은 이 기간동안도 모두 배분효율성이 향상되었으나 수송장비산업의 트레일러 및 컨테이너는 크게 감소하는 추이를 보였다. 즉, 트레일러및컨테이너업의 지속적인 규모확장으로 생산이 증대되었으나 요소의 한계생산물 가치를 요소가격에 일치시키지 않는 확장이 이루어짐으로써 배분적 비효율성이 크게 증가하였다. 결과적으로 항만물류산업의 1990-2003년간 배분적 효율성 변화는 0.005로서 전산업 -0.011 보다 높았다. 이 기간에 제조업, 서비스업 등 여타 산업의 배분효율성이 감소한데 반하여 항만물류산업은 오히려 증가하는 변화를 보였다. 이는 아마도 기존의 투입요소의 배분효율이 상대적으로 매우 낮았기 때문에 배분효율의 향상이 쉽게 이루어졌을 것으로 보인다.¹³⁾ 왜냐하면 항만물류산업은 상대적으로 노동집약적인 요소투입이 이루어져 왔기 때문이다.

이러한 4가지 요소를 종합하여 총요소생산성 증가율을 살펴볼 수 있다. 1990-1998년간 항만물류산업의 총요소생산성은 연간 0.029(2.9%) 증가를 보였다. 기술효율성 변화는 감소하였지만 기술진보, 규모효율과 배분효율의 증가로 총요소생산성은 양(+)으로 나타났다. 그 중에서도 기술진보의 증가율이 총요소생산성 증가의 주된 요인이 되었다. 전산업의 총요소생산성 증가율도 0.016로서 항만물류산업 보다는 낮았다. 즉, 그 내부적 기여인자는 기술진보이지만 배분효율성 감소로 총요소생산성 증가율이 항만물류산업보다 낮았다. 개별업종별로는 트레일러및컨테이너업, 연안및내륙수상운송업, 수상운수보조서비스업, 하역업 등의 총요소생산성 증가율이 높았고 내부적으로도 기술진보가 주된 기여요인으로 나타난다. 그 중 트레일러및컨테이너업은 규모효율과 배분효율 증가율이 모두 높았기 때문에 총요소생산성 증가율이 0.109로 매우 높았다. 또한 연안및내륙수상운송의 배분효율성은 크게 감소했으나 규모효율 증가율이 높았던 결과로 총요소생산성 증가율은 높게 나타났다.

그러나 외환위기 이후 1999-2003년간 항만물류산업의 총요소생산성 증가율은 0.010으로 전기에 비하여 다소 크게 감소하였다. 증가율 감소의 주된 요인은 규모효율 증가율이 저하되었고 기술진보도 다소 감소하였다. 외환위기의 구조조정이 규모경제의 관점에서는 최적규모에서 벗어난 방향으로 체질변화가 일어났음을 시사한다. 이러한 현상은 전산업에서도 동일한 형태를 보여주고 있어서 외환위기로 인하여 총요소생산성은 전반적으로 감소하

13) 이는 일반적으로 배분적 효율이 매우 낮은 경우 약간의 노동과 자본의 조정으로도 요소가격에 부합하는 투입요소의 배분효율 향상이 일어날 수 있기 때문이다.

는 방향으로 작용하였음을 시사한다. 1990-2003년간 항만물류산업의 총요소생산성 증가율은 0.019이고 그 내부의 주된 기여요인은 기술진보와 배분효율변화이다. 기술효율성변화는 감소하였다. 개별업종별로는 트레일러및컨테이너업, 외항운송, 하역업 등의 총요소생산성 증가율이 높다. 이들 업종은 지속가능한 성장관점에서 미래가 밝은 업종에 속한다.

총요소생산성의 주된 기여요인을 살펴보면 상대적으로 항만산업은 배분효율성을 들 수 있고 해운산업은 기술진보, 수송장비산업은 규모효율변화를 들 수 있다. 이처럼 기술진보뿐만 아니라 규모효율과 배분효율성 증가율 향상도 매우 중요하므로 산업의 특징별로 보다 개선이 필요한 부분을 향상시키는 노력이 필요하다. 또 하나의 과제는 상대적으로 빠른 기술진보에 비하여 기술효율변화는 매우 느리게 진행되고 있다는 점이다. 따라서 빠른 기술진보에 대응해서 신속히 변화하는 기술을 효율적으로 보급하고 활용하는 기술효율성 제고노력 가령, 네트워크와 정보의 보급, 업체 상호간 협력 등의 노력이 기술진보에 상응하여 일어나야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 확률적 생산변경함수를 이용하여 총요소생산성 성장을 도출하고 그 내부요소를 기술효율성 변화, 기술진보, 규모효율변화, 배분적 효율변화로 구분하여 생산성 성장의 요인을 파악해 보았다. 분석기간은 1990-2003년간을 대상으로 하였고 외환위기 전후의 총요소생산성 증가율 차이를 확인하기 위하여 기간을 1990-1998년과 1999-2003년으로 구분해 보았다. 1990-2003년간 항만물류산업의 총요소생산성 증가율은 연간 0.019 (1.9%)로서 전산업의 증가율 0.010보다 높다. 그 내부의 주된 기여요인은 기술진보이고 기술효율성 변화는 감소하였고 규모효율변화는 거의 변화가 없었다. 개별업종별로는 트레일러및컨테이너업, 외항운송, 하역업 등의 총요소생산성 증가율이 높다. 이들 업종은 지속가능한 성장관점에서 미래가 밝은 업종에 속한다.

1990-1998년 기간 총요소생산성 증가율은 0.029로 나타났다. 기술효율성 변화는 감소하였지만 기술진보와 규모효율, 배분효율의 증가로 총요소생산성은 양(+)으로 나타났다. 기술진보가 총요소생산성 증가의 주된 요인이 되었다. 그러나 외환위기 이후 1999-2003년간 항만물류산업의 총요소생산성 증가율은 0.010으로 전산업과 함께 전기에 비하여 크게 감소하였다. 증가율 감소의 주된 요인은 규모효율 변화가 감소하였고 기술진보도 다소 감소하였다. 외환위기의 구조조정이 규모경제의 관점에서는 최적규모에서 벗어난 방향으로 체질변화가 일어났음을 시사한다.

나아가 기술효율성에 있어서 항만물류산업은 전산업에 비하여 매우 낮은 수준의 기술효율성수준을 보여주고 있다. 그럼에도 매년 기술효율성은 향상되지 못하고 상대적으로 저하되는 경향을 보여주었다. 또한 산출탄력성 관점에서는 1990-2003년간 자본의 탄력성

(0.391)이 노동의 탄력성(0.227)보다 높아서 단위 자본이 산출증대에 크게 기여하는 것으로 나타났고 규모에 대한 보수는 0.618로서 최적규모인 1에서 상당히 벗어나 있음을 알 수 있다. 이처럼 노동에 의존한 성장이 총요소생산성을 저하시키는 한 요인이 되고 있다.

앞으로 항만물류산업의 총요소생산성 성장을 통한 지속가능한 성장을 달성하기 위해서는 신기술의 개발과 혁신을 통한 구조개선도 필요하지만 산업간 성장격차를 축소하기 위해서는 산업 내에 존재하는 비효율과 제도적 모순점을 개선하는 노력이 매우 중요하다. 특히 기술효율성은 전산업에 비하여 크게 수준이 떨어지고 있으므로 그 주된 원인을 분석할 필요가 있다. 기술효율성을 개선하기 위해서는 개발된 기술과 기계의 신속한 보급과 확대, 정보 인프라의 확충, 상호 협력의 확대 등 기술진보의 효율적 파급·확산을 위한 다각적인 노력이 필요하다. 나아가 항만물류산업은 전반적으로 규모에 대한 보수가 낮는데 그 주된 원인이 노동의 과대한 투입에 따른 생산탄력성이 낮으므로 이를 증진할 수 있는 노동구조의 조정과 재교육을 통한 숙련도 향상 등의 체질개선 노력이 필요하다. 이는 노동과 자본의 배분의 비효율성과도 연계되어 있으므로 투입요소 가격과 부합하는 요소 재조정을 기함과 동시에 외환위기 이후 총요소생산성 저하의 주된 요인이 규모효율변화의 감소에 있으므로 최적규모 경계를 유지해 나가는 동시적인 노력이 이루어져야 할 것이다.

향후과제로 항만물류산업이 규모에 대한 보수불변으로부터 상당히 벗어나 있으므로 그 원인이 수확체증인지 아니면 수확체감인지를 업종별로 검정하는 작업이 필요하고 나아가 향후 기술효율성과 생산성성장을 향상시키기 위하여 기술진보의 유형이 노동집약적 혹은 자본집약적인지 여부도 확인하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 강상목·박명선, “한국의 항만물류산업의 성장회계분석,” 『한국항만경제학회지』 제23권 제4호, 2007, pp.49-70.
2. 김상호·이영훈, “동아시아 생산성 논쟁에 대한 재고: 확률적 생산변경함수 접근법,” 『국제지역연구』, 제10권 제2호, 2006, pp. 172-192
3. 김안호·기성래, “항만산업의 경제적 파급효과,” 『한국항만경제학회지』, 제21집 제4호, 2005, pp.141-160.
4. 박재운, “우리나라 항만물류산업의 국민경제기여도 및 총산출분해를 통한 성장기여요인 분석-산업연관분석을 중심으로-” 부산대학교 대학원 박사학위논문, 2007, pp.58-64.
5. 신계선, “항만경쟁력 결정요인 분석과 부산 신항의 발전전략에 관한연구,” 『한국항만경제학회지』, 제23집 제1호, 2007, pp.115-148.
6. 오성동·박노경, “컨테이너항만의 국제경쟁력 분석방법 : DEA 접근-생산효율성분석을 중심으로-,” 『한국항만경제학회지』 제17권 1호, 2001, pp.27-51.
7. 통계청, 『표준산업분류표』, 2004.
8. 한국은행, 『투입산출표』, 각년도.
9. 한광호·김상호, “한국 제조업의 총요소생산성과 기술효율성,” 『한국경제연구』, 제47집 제4호, 1999. pp.5-28.
10. 한광호, “한미 제조업의 생산효율성과 총요소생산성 비교분석,” 『경제연구』, 제26권 제2호,

2008, pp.29-58.

11. 허광숙·김정렬, "세계 철강기업의 기술적 효율성 요인분석: 확률적 생산변경함수모형을 중심으로," 「산업경제연구」, 제20권 제5호, 2007, pp. 1785-1801.
12. 해양수산개발원, "국가물류체계 개선을 위한 연안해운 육성방안 연구," 2003.
13. 해양수산부, 「해양수산백서」, 각년도.
14. Aigner, D., C.A.K. Lovell, and P. Schmidt, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models," *Journal of Econometrics*, Vol. 6, 1977, pp. 21-37.
15. Battese, G.E. and T.J. Coelli, "Frontier Production Function, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.3, 1992, pp.153-169.
16. Battese, G.E. and T.J. Coelli, "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data," *Empirical Economics*, Vol.20, 1995, pp. 325-332.
17. Battese, G.E. and G.S. Corra, "Estimation of a Production Frontier with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia," *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol.21, 1977, pp. 169 - 179.
18. Battese G.E. and S.S. Broca, "Functional Forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical Inefficiency Effects: A Comparative Study for Wheat Farmers in Parkistan," *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 8, No.4, 1997, pp. 395-414.
19. Bichou, K., "Chapter 24 Review of Port Performance Approaches and a Supply Chain Framework to Port Performance Benchmarking," *Research in Transportation Economics*, Vol.17, 2006, pp.457-598.
20. Farsi M. and M. Filippini, "An analysis of cost efficiency in Swiss multi-utilities," *Energy Economics*, Accepted manuscript, 2008.
21. Granderson, G., "Parametric Analysis of Cost Inefficiency and the Decomposition of Productivity Growth for Regulated Firms," *Applied Economics*, Vol. 29, issue 3, 1997, pp. 339-348.
22. Greene, W.H., "A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model," *Journal of Econometrics*, Vol. 46, 1990 pp.141-164.
23. Hartori, T., "Relative Performance of U.S. and Japanese Electricity Distribution : An Application of Stochastic Frontier Analysis," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.18, 2002, pp. 269-284.
24. Huang, T., "A Study on the Productions of IT Capital and Computer Labor : Firm-level Evidence from Taiwan Banking Industry," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.24, 2005, pp. 241-257.
25. Kalirajan, K.P., M.B Obwona, and S. Zhao, "A Decomposition of Total Factor Productivity Growth : The Case of Chinese Agricultural Growth Before and After Reforms," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.78, 1996, pp. 331-338.
26. Kim, S and G. Han, "A Decomposition of Total Factor Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries : A Stochastic Frontier Approach," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.16, 2001, pp. 269-281.
27. Krugman, P, "The Myth of Asia's Miracle," *Foreign Affairs*, Vol. 73, No. 6, 1994, pp.62-78.
28. Kumbhakar S.C., "Production Frontiers, Panel Data and Time-varying Technical Inefficiency," *Journal of Econometrics*, Vol. 46, 1990, pp.201-211.
29. Kumbhakar S.C., "Estimation and Decomposition of Productivity Change when Production is not Efficient: A Panel Data Approach," *Econometric Reviews*, Vol. 19, 2000, pp. 425-460.
30. Mahadevan, R. and K. P. Kalirajan, "Singapore's Manufacturing Sector's TFP Growth : A Decomposition Analysis," *Journal of Comparative Economics*, Vol. 28, 2000, pp. 828-839.
31. Mahadevan, R., "To Measure or Not to Measure Total Factor Productivity Growth?," *Oxford*

- Development Studies*, Vol. 31. 2003, pp. 365-378.
32. Meeusen W., and van den Broeck," Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error," *International Economic Review*, Vol., 18, 1977, pp. 435-444.
 33. Nishimizu, M., and J. M., Page, "Total Factor Productivity Growth, Technical Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78, " *The Economic Journal*, Vol.92, 1982, pp.929-936.
 34. Park, R.K., " An Analysis of the Productive Efficiency and Competitive Strength of Container Ports using the DEA, Super-efficiency, and FDH Methods, " *Journal of Korean Port Economics*, Vol. 18, No.1, 2002, pp.3-26.
 35. Perelman, S., " R&D, Technological Progress and Efficiency Change in International Activities," *Review of Income and Wealth*, Vol.41, 1995, pp.349-366.

< 요약 >

항만물류산업의 총요소생산성과 그 분해요인분석

강상목 · 이주병

본 연구의 목적은 확률적 생산변경함수를 이용하여 총요소생산성 성장을 도출하고 그 내부요소를 기술효율성 변화, 기술진보, 규모효율변화, 배분적 효율변화로 구분하여 생산성 성장의 요인을 파악해 보고자 함이다. 1990-2003년간 항만물류산업의 총요소생산성 증가율은 연간 0.019 (1.9%)로서 전산업의 증가율 0.010보다 높다. 그 내부의 주된 기여요인은 기술진보이고 기술효율성변화는 감소하였다. 총요소생산성의 주된 기여요인으로는 항만산업은 배분효율성, 해운산업은 기술진보, 수송장비산업은 규모효율변화를 들 수 있다. 총요소생산성 변화는 1990년대 후반이후에 감소하는 추이를 보였다. 항만물류산업은 전산업에 비하여 매우 낮은 수준의 기술효율성수준을 보여주고 있고 산출탄력성 관점에서는 1990-2003년간 자본의 탄력성(0.391)이 노동의 탄력성(0.227)보다 높지만 규모에 대한 보수는 0.618로서 최적규모에 상당히 벗어나 있다.

□ 주제어 : 총요소생산성, 기술효율성 변화, 기술진보, 규모효율변화, 배분적 효율변화