

해운산업의 생산함수 추정

Estimating the Production Functions of Shipping Industry

모수원* · 임준형** · 김창범***

목 차

I. 서론

II. 해운산업의 현황

III. 해운산업의 구조분석

IV. 결론

I. 서 론

해운산업은 우리가 사는 지구에 바다가 있는 한 존재할 수밖에 없는 산업이다. 인간이 있는 한 자원과 제품 등의 국가간 교역은 지속될 수밖에 없으며 그 수송수단으로 선박을 대체할 수 있는 것은 없다. 그것은 항공기에 의한 수송이 양과 비용의 측면에서 제한될 수밖에 없기 때문이다. 이러한 면에서 해운산업은 세계적으로 볼 때 절대적으로 필요한 산업일 뿐만 아니라, 부존자원이 빈약하고 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라 수출입 물자의 99.7%가 해상을 통해 이루어진다는 점을 감안할 때 국가안보적 측면에서도 대단히 중요한 비중을 차지하게 된다. 더욱이 우리나라는 분단국가로 남북이 아직도 대치상태에 있어 해운은 외부로 연결하는 생명선 역할을 담당하고 있다는 점에서 해운산업의 중요성을 다시 한 번 확인할 수 있다.

이와 같은 해운의 중요성에도 불구하고 우리 해운산업은 급격한 개방으로 국제경쟁

* 목포대학교 경영대학 무역학과 교수, moswan@hanmail.net

** 성화대학 관광경영계열 교수, ibrother@hanmir.com

*** 조선대학교 학생생활연구소 전임연구원, cbkim-55@hanmail.net

력을 크게 위협받고 있으며, 1997년 외환위기 이후 금융기관의 대출심사기준 강화 등으로 가뜩이나 부채비율이 높은 우리의 해운산업의 자금사정이 더욱 나빠지고 있다. 이러한 유동성 악화와 경쟁력 약화는 한계 해운기업의 도산과 더불어 구조조정으로 이어질 가능성이 크며, 이것은 우리나라의 경제와 통상 분야뿐만 아니라 정치와 국방과 같은 경제외적 분야에도 심각한 영향을 미치게 된다. 이에 따라 본고는 해운산업성장 지표로 활용할 수 있는 수입(매출)과 부가가치가 노동과 자본과 같은 생산요소와 갖는 관계를 분석함으로써 조선산업 발전에 중요한 요인을 식별하는데 목적을 둔다.

본고는 다음과 같이 전개한다. 제Ⅱ장에서 해운산업의 매출액과 부가가치, 그리고 생산요소 측면에서 내항화물 해운산업과 외항화물 해운산업의 변화를 개관한다. 제Ⅲ장에서는 몇 가지 계량기법을 적용하여 해운산업의 구조를 분석한 후 제Ⅳ장에서 결론을 도출한다.

Ⅱ. 해운산업의 현황

우리나라의 해운산업은 외형적으로 상당한 발전을 이룩하였다. 내항화물을 운송하는 내항해운산업의 매출액은 1980년 443억원에서 7,285억으로, 고정자산은 688억원에서 5,930억원으로, 부가가치는 233억원에서 4,114억으로 각각 1,545%, 762%, 1,662%의 큰 폭의 증가를 보였다. 그러나 물가상승을 제외한 실질가치로 평가하면¹⁾, <표 1>에서와 같이 내항해운의 실질매출액은 1,346억원에서 6,516억원으로, 실질자산은 2,091억원에서 5,304억원으로, 실질부가가치는 709억원에서 3,679억원으로 각각 384%, 154%, 419% 증가하였다.

외항화물을 운송하는 외항해운산업 역시 내항해운과 유사한 행태를 보이고 있다. 명목 매출액은 10,593억원에서 171,932억원으로 1,523%, 고정자산은 9,168억원에서 130,742억원으로 1,325%, 부가가치는 4,309억원에서 32,315억원으로 650% 증가하였으나, 실질증가는 378%, 320%, 121%에 그치고 있다. 결국 내항과 외항해운산업을 실질개념으로 볼 때 매출은 약 4.8배, 고정자산은 2.5~4배, 부가가치는 5~2배 증가하였다는 결론에 이르게 된다. 이러한 사실은 명목적으로 해운산업은 크게 확장된 것으로 보이나 실제에 있어서는 외견상 보이는 것보다 훨씬 빈약한 외연확장을 하고 있다는 것을 의미한다. 또한 외항해운의 실질자본투자가 내항해운보다 더 크게 이루어졌다는 점과 외항해운의 부가가치증가가 크게 이루어지지 않았다는 것도 보여주고 있다.

1) 명목금액은 GDP 디플레이터를 이용하여 실질금액으로 환산한다.

<표 1> 해운산업의 실적

(단위: 억원)

| | 내항해운 | | | 외항해운 | | | 디플레이터 |
|------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------|
| | 매출액 | 고정자산 | 부가가치 | 매출액 | 고정자산 | 부가가치 | |
| 1980 | 443 (1,346) | 688 (2,091) | 233 (709) | 10,593 (32,197) | 9,168 (27,869) | 4,309 (13,098) | 32.9 |
| 2001 | 7,285 (6,516) | 5,930 (5,304) | 4,114 (3,679) | 171,932 (153,785) | 130,742 (116,943) | 32,315 (28,904) | 111.8 |

(주) 1. 디플레이터는 1995년 기준 GDP 디플레이터임.
2. 괄호 안의 숫자는 실질금액임

<표 2> 해운산업의 지표

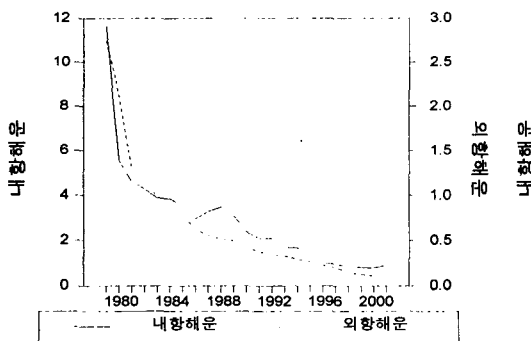
| 연도 | 내항해운 | | | | | 외항해운 | | | | |
|------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 노동 집약도 | 노동 생산성1 | 노동 생산성2 | 노동 비용1 | 노동 비용2 | 노동 집약도 | 노동 생산성1 | 노동 생산성2 | 노동 비용1 | 노동 비용2 |
| 1980 | 5.520 | 11.662 | 6.147 | 0.223 | 0.422 | 2.138 | 54.03 | 21.98 | 0.085 | 0.209 |
| 1981 | 4.631 | 14.964 | 8.348 | 0.205 | 0.368 | 1.304 | 81.94 | 27.02 | 0.068 | 0.207 |
| 1982 | 4.267 | 17.066 | 9.861 | 0.207 | 0.357 | 1.152 | 87.57 | 28.27 | 0.073 | 0.227 |
| 1983 | 3.871 | 21.461 | 11.837 | 0.187 | 0.338 | 0.992 | 103.35 | 32.52 | 0.067 | 0.214 |
| 1984 | 3.852 | 22.108 | 12.357 | 0.186 | 0.332 | 0.884 | 101.32 | 29.48 | 0.070 | 0.240 |
| 1985 | 3.534 | 29.437 | 16.707 | 0.153 | 0.269 | 0.777 | 114.53 | 33.66 | 0.060 | 0.205 |
| 1986 | 2.983 | 30.093 | 19.459 | 0.155 | 0.240 | 0.619 | 128.01 | 36.80 | 0.056 | 0.194 |
| 1987 | 3.292 | 29.947 | 16.576 | 0.163 | 0.295 | 0.556 | 141.56 | 40.65 | 0.057 | 0.197 |
| 1988 | 3.482 | 32.131 | 18.128 | 0.180 | 0.319 | 0.513 | 156.68 | 44.72 | 0.058 | 0.202 |
| 1989 | 3.111 | 34.133 | 20.206 | 0.214 | 0.361 | 0.494 | 165.61 | 54.29 | 0.068 | 0.208 |
| 1990 | 2.370 | 45.150 | 24.942 | 0.200 | 0.362 | 0.424 | 182.59 | 63.46 | 0.063 | 0.183 |
| 1991 | 2.089 | 52.119 | 27.099 | 0.199 | 0.383 | 0.372 | 244.24 | 75.81 | 0.054 | 0.174 |
| 1992 | 2.083 | 56.798 | 29.095 | 0.204 | 0.398 | 0.345 | 302.80 | 86.55 | 0.052 | 0.182 |
| 1993 | 1.698 | 65.974 | 33.853 | 0.197 | 0.385 | 0.328 | 396.07 | 88.37 | 0.043 | 0.194 |
| 1994 | 1.661 | 73.802 | 43.889 | 0.192 | 0.323 | 0.298 | 466.46 | 106.64 | 0.042 | 0.182 |
| 1995 | 1.363 | 100.917 | 69.985 | 0.161 | 0.232 | 0.264 | 559.28 | 113.73 | 0.037 | 0.182 |
| 1996 | 1.029 | 112.912 | 76.008 | 0.164 | 0.243 | 0.228 | 608.87 | 118.93 | 0.038 | 0.196 |
| 1997 | 0.945 | 126.479 | 66.075 | 0.154 | 0.294 | 0.199 | 828.21 | 141.97 | 0.032 | 0.188 |
| 1998 | 0.847 | 114.497 | 71.314 | 0.171 | 0.275 | 0.149 | 1145.29 | 206.62 | 0.023 | 0.129 |
| 1999 | 0.792 | 120.513 | 72.185 | 0.165 | 0.275 | 0.125 | 1091.69 | 201.29 | 0.026 | 0.140 |
| 2000 | 0.775 | 141.042 | 74.808 | 0.153 | 0.289 | 0.110 | 1123.65 | 208.66 | 0.029 | 0.155 |
| 2001 | 0.908 | 135.239 | 76.360 | 0.165 | 0.292 | 0.109 | 1202.40 | 225.99 | 0.028 | 0.147 |

(주) 1. 노동생산성1=매출액/종사자수, 노동생산성2=부가가치/종사자수
2. 노동비용1=급여액/매출액, 노동비용2=급여액/부가가치

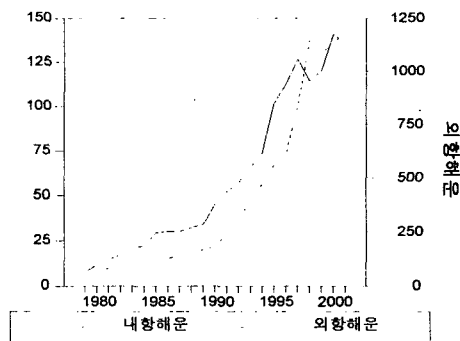
또한 우리나라 해운산업은 투입노동과 투입실물자본으로 보면 긍정적인 측면을 가지고 있다. 내항해운의 노동집약도(노동/자본)는 1980년 5.520에서, 1990년 2.089, 2001년 0.908로 꾸준히 하락하여 자본집약화(capital intensive) 되고 있으며, 외항해운 역시 1980년 2.138에서, 1990년 0.424, 2001년 0.109로 감소하여 외항해운산업이 내항해운산업보다 더 높은 자본집약도를 가질 뿐만 아니라 자본집약화 속도도 더 빠르게 진행되고 있다.

이러한 자본집약화는 노동생산성의 향상을 가져와 내항해운과 외항해운의 1인당 매출이 1980년 11.66, 54.03에서 2001년 135.24, 1202로 크게 증가하였다. 특히 1995년에 노동생산성이 크게 증가한 것은 1994년에 비해 매출은 내항해운의 경우 5,320억원에서 7,248억원으로 크게 증가하였으나 고용이 7,209명에서 7,182명으로 감소하였기 때문이며, 동 기간에 고정투자가 4,340억원에서 5,268억원으로 크게 증가하여 매출증가가 고용증가가 아닌 시설투자증가로 나타나고 있음을 알 수 있다. 외항해운 역시 1994년에 비해 고용은 13,426명에서 14,105명으로 소폭 증가하였으나 매출이 62,628억원에서 78,886 억으로 크게 증가한 데 원인을 두고 있다. 이상에서 외항해운산업의 지표가 내항해운산업보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 자본집약도는 내항해운산업에 비해 1980년에는 약 2배이었으나 2001년에는 9배에 도달하였으며, 1인당 매출과 부가가치는 내항해운에 비해 각각 9배와 3배에 해당한다. 또한 매출에서 급여가 차지하는 비율로 측정한 노동비용은 내항해운에 비해 1/6 수준에 불과하다.

<그림 1> 노동집약도



<그림 2> 노동생산성1



Ⅲ. 해운산업의 구조분석

해운산업의 매출액과 부가가치가 투입 생산요소와의 관계를 분석하기 위하여 다음과

같은 모형을 도입한다.)

$$SALE_t = f(L_t, K_t) \tag{1}$$

$$VA_t = f(L_t, K_t) \tag{2}$$

여기서 L 는 종사자수를, K 는 유형 고정자산으로 자본의 대리변수이다. 식 (1)과 식 (2)와 같은 방정식을 이용하여 해운산업의 투입-산출관계를 분석하기 이전에 해운산업에 구조적 변화가 있었는가를 조사한다. 구조적 변화는 Perron(1989)의 기법을 이용하여 파악할 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

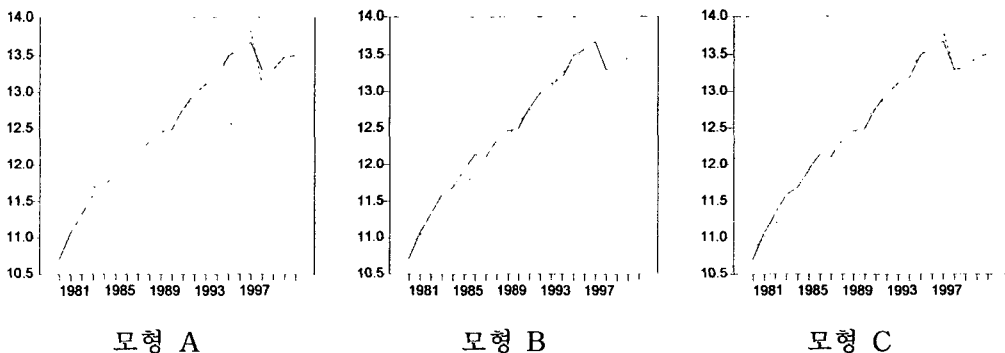
모형 A: $y_t = \mu_1 + \beta_1 t + (\mu_2 - \mu_1)DU_t + \varepsilon_t$

모형 B: $y_t = \mu_1 + \beta_1 t + (\beta_2 - \beta_1)DT_t^* + \varepsilon_t$

모형 C: $y_t = \mu_1 + \beta_1 t + (\mu_2 - \mu_1)DU_t + (\beta_2 - \beta_1)DT_t^* + \varepsilon_t$

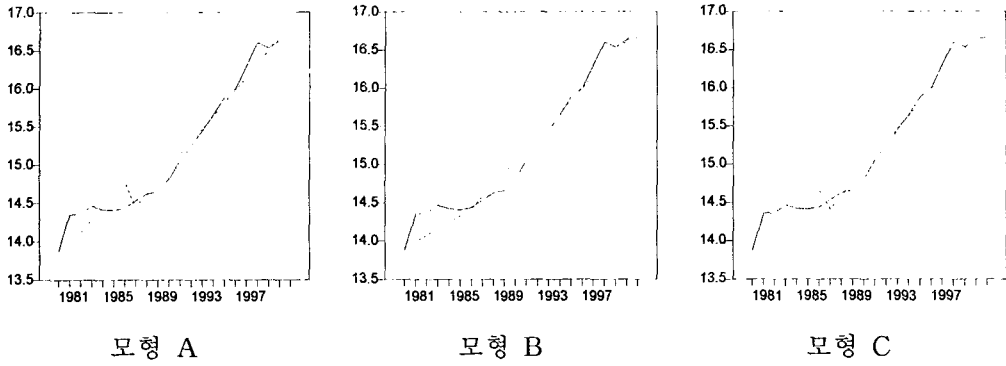
여기서 $t > TB$ 의 경우 $DU_t = 1$, 그렇지 않을 경우 0이며, $t > TB$ 의 경우 $DT_t^* = t - TB$, 그렇지 않을 경우 0이다. 그리고 TB 는 대변혁시점(break point)에서 관측치 수를 나타낸다.

<그림 3> 매출액의 구조적 변화: 내항해운

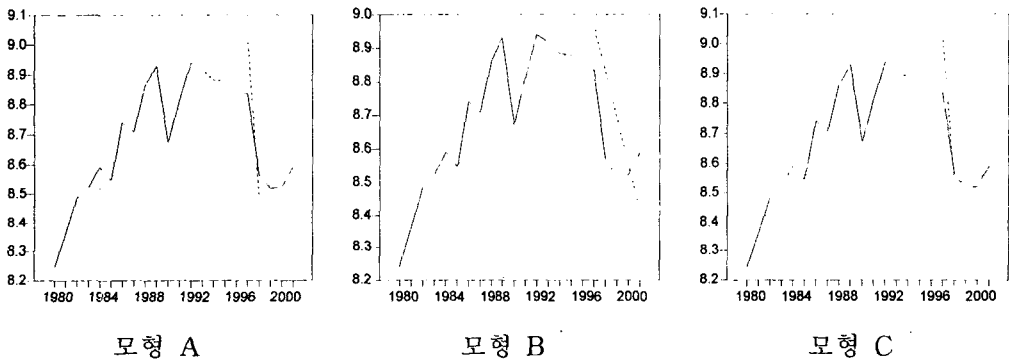


2) Cobb-Douglas 생산함수와 유사한 형태의 모형이 된다.

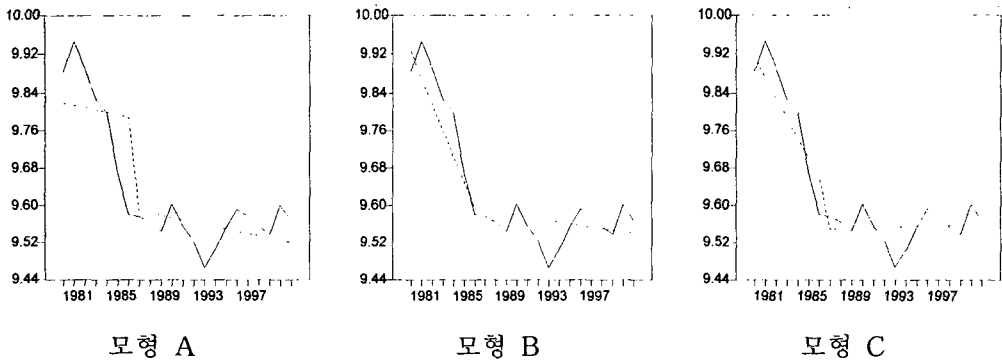
<그림 4> 매출액의 구조적 변화: 외항해운



<그림 5> 종사자의 구조적 변화: 내항해운



<그림 6> 종사자의 구조적 변화: 외항해운



<그림 3>과 <그림 4>는 내항해운과 외항해운 매출액의 구조적 변화를, <그림 5>와

<그림 6>은 내항해운과 외항해운 종사자수의 구조적 변화를 보여주고 있다. <그림 3>과 <그림 5>는 1997년에 내항해운산업의 구조적 변화가 발생하였으며, <그림 4>와 <그림 6>은 1986년에 외항해운의 매출액과 종사자수에서 구조적 변화가 발생하였음을 보여주고 있다.

<표 3> 매출액의 구조적 변화 추정

| | 내항해운 | | | | 외항해운 | | | |
|------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | <i>t</i> | <i>DU</i> | <i>DT*</i> | <i>DT</i> | <i>t</i> | <i>DU</i> | <i>DT*</i> | <i>DT</i> |
| 모형 A | 0.175 [*] (21.22) | -0.861 [*] (-5.960) | | | 0.170 [*] (15.48) | -0.152 [*] (-3.345) | | |
| 모형 B | 0.170 [*] (19.42) | | -0.278 [*] (-5.046) | | 0.084 [*] (3.226) | | 0.073 [*] (2.181) | |
| 모형 C | 0.176 [*] (21.41) | 1.315 (0.694) | | -0.101 (-1.152) | 0.135 [*] (4.504) | -0.754 [*] (-3.076) | | 0.040 (1.252) |

(주) 괄호 안의 통계량은 *t*통계량이며, “*”는 5%에서 유의함을 나타냄.

이러한 구조적 변화가 절편의 이동인지 아니면 기울기의 변화인지 혹은 두 가지의 결합인지를 파악하기 위하여 모형 A, B, C를 추정한 결과는 <표 3>과 <표 4>와 같다. <표 3>와 <표 4>의 매출액과 종사자수에 있어서 모형 A와 모형 B의 계수가 5%에서 모두 유의하게 나타나 매출액과 종사자수에서 수준의 변화뿐 아니라 기울기의 변화도 같이 이루어지고 있다. 이것은 구조적 변화가 양적인 측면에서뿐만 아니라 질적인 면에서 이루어졌음을 의미한다.

<표 4> 종사자의 구조적 변화 추정

| | 내항해운 | | | | 외항해운 | | | |
|------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | <i>t</i> | <i>DU</i> | <i>DT*</i> | <i>DT</i> | <i>t</i> | <i>DU</i> | <i>DT*</i> | <i>DT</i> |
| 모형 A | 0.038 [*] (7.409) | -0.570 [*] (-6.231) | | | -0.004 [*] (-11.36) | -0.196 [*] (-3.292) | | |
| 모형 B | 0.034 [*] (5.677) | | -0.173 [*] (-4.534) | | -0.055 [*] (-8.157) | | 0.051 [*] (5.943) | |
| 모형 C | 0.039 [*] (7.291) | 0.076 (0.062) | | -0.030 (-0.527) | -0.042 [*] (-5.445) | -0.456 [*] (-7.142) | | 0.043 [*] (5.173) |

(주) 괄호 안의 통계량은 *t*통계량이며, “*”는 5%에서 유의함을 나타냄.

이제 해운산업의 행태를 분석하기 이전에 변수의 안정성을 밝히는 것이 필요하다. ADF 통계량을 구할 것을 권하고 있다. 통상최소자승을 이용하여 추정하는 Engle and

Granger(1987)의 ADF(Augmented Dickey-Fuller)검정법은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta X_t = c_0 + b_0(\text{time}) + b_1 X_{t-1} + \sum_{i=1}^p c_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

여기서 Δ 는 차분연산자로서 $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ 를, time 은 추세변수를 나타내며, p 는 ε_t 가 실증적으로 백색오차(white noise)이도록 선택한다. 귀무가설은 X_t 가 $I(1)$ 이라는 것이며 t 통계량을 이용하여 계수 b_1 이 통계적으로 유의하게 0보다 작을 경우 기각된다. ta^* 통계량은 식 (3)에서 추세항이 없는 b_1 의 t 통계량을, 그리고 $\hat{t}\tilde{a}$ 통계량은 상수항과 추세변수를 포함한 경우의 b_1 의 t 통계량을 나타낸다.

<표 5> 단위근검정

| | | 수준변수 | | 차분변수 | |
|----|------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | ta^* | $\hat{t}\tilde{a}$ | ta^* | $\hat{t}\tilde{a}$ |
| 내향 | 매출 | -2.44(1) (0.990) | -1.45(1) (0.996) | -4.34 [*] (0.970) | -4.95 [*] (0.941) |
| | 종사자 | -2.42(1) (0.993) | -1.54(1) (0.930) | -4.60 [*] (0.907) | -5.42 [*] (0.574) |
| | 부가가치 | -2.08(1) (0.587) | -1.68(1) (0.458) | -3.77 [*] (0.532) | -4.07 [*] (0.531) |
| | 자본 | -2.00(1) (0.945) | -1.37(1) (0.967) | -6.33 [*] (0.844) | -6.64 [*] (0.869) |
| 외향 | 매출 | -1.37 (0.291) | -2.12 (0.120) | -4.08 [*] (0.872) | -3.80 [*] (0.804) |
| | 종사자 | -1.51 (0.437) | -0.95 (0.453) | -3.45 [*] (0.975) | -3.68 [*] (0.696) |
| | 부가가치 | -0.86 (0.455) | -2.12 (0.222) | -4.64 [*] (0.367) | -4.56 [*] (0.227) |
| | 자본 | -1.38 (0.965) | -2.88 (0.834) | -5.24(1) [*] (0.450) | -5.23(1) [*] (0.193) |

- (주) 1. 괄호 안과 밑의 숫자는 각각 시차길이와 Ljung-Box Q 통계량을 나타낸다.
 2. “*”는 유의수준 5%에서 단위근을 갖는다는 가설이 기각됨을 나타낸다.
 3. 임계치는 Fuller(1976)의 표 참조.

<표 5>는 변수들에 대한 단위근 검정결과를 보여주고 있다. ADF 검정의 경우 검정 통계량을 구하기 위한 시차수는 계열상관을 제거하기에 충분하여야 하므로, 선택된 시차수에 대해 Ljung-Box Q 검정통계량을 이용하여 모형을 체크한다. 이와 같은 방법으로 선택된 시차길이는 각 통계량 옆의 괄호 안에 표시한다.

<표 5>에서 수준변수는 5% 수준에서 단위근을 갖는다는 귀무가설을 기각하는 데 실패하고 있는 반면에, 1차차분한 시계열자료는 귀무가설의 기각에 성공하고 있다. 따라서 안정성을 갖기 위하여 1차차분을 필요로 하는 시계열 $I(1)$ 으로 확인되면, 다음 단계로 $I(1)$ 시계열간의 선형결합에 대한 분석이 필요하다. 이를 위해 Johansen(1988)의 다변량공적분기법(이하 Johansen검정)을 이용한다.

먼저 $I(1)$ 변수들이 k 차의 벡터자기회귀과정(vector autoregressive process)을 따르는 것으로 가정하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X_t = \Pi_1 X_{t-1} + \dots + \Pi_k X_{t-k} + \mu + \varepsilon_t, \quad (t=1, \dots, T) \tag{4}$$

여기서 $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T$ 는 $IN_N(0, \Lambda)$ 로서 평균 0, 분산 Λ 인 정규분포로서 잔차간에 상호 독립적이며 모집단과 동일하게 분포하는 확률변수를 나타낸다. 일반적으로 경제관련 시계열자료는 불안정한 과정을 갖기 때문에 1차차분 형태로 표현하면 식 (5)와 같다.

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_k \Delta X_{t-k+1} + \Pi X_{t-k} + \mu + \varepsilon_t, \tag{5}$$

여기서

$$\Gamma_i = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_i), \quad (i=1, \dots, k-1)$$

$$\Pi = -(I - \Pi_1 - \Pi_k)$$

식 (5)에서 ΠX_{t-k} 의 Π 를 통해 변수들간의 장기관계를 분석할 수 있다. 일반적으로 행렬 Π 의 계수(rank)는 알려진 값이 아니므로 특성근(eigenvalue)에 기초하여 다음과 같은 두 개의 검정통계량을 이용한다.

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \tag{6}$$

$$\lambda_{\max}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (7)$$

λ_{trace} 통계량은 많아야 r 개의 공적분벡터가 존재한다는 귀무가설과 공적분벡터가 그보다 1개 더 존재한다는 대립가설과 관련된 통계량이고, λ_{\max} 통계량은 r 개의 공적분벡터가 존재한다는 귀무가설과 $r+1$ 개의 공적분벡터가 존재한다는 대립가설과 관련된 통계량이다.

우도비검정통계량(likelihood ratio test statistic)을 구하기 이전에 투입되는 시차길이는 Ljung-Box Q 검정통계량을 이용하여 잔차가 백색오차인 최소의 시차길이는 1로 선택한다. 그러나 결과가 시차수에 강건한가를 파악하기 위하여 최소 시차수부터 2단계까지 증가시켜 검정하였다. 그 결과 λ_{trace} 통계량과 λ_{\max} 통계량에 있어서 모두 5% 유의수준에서 귀무가설의 기각에 성공하고 있다(<표 6>).

<표 6> Johansen검정

| | $\lambda_{trace}(r)$ | | | $\lambda_{\max}(r, r+1)$ | | |
|--------|----------------------|------------|------------|--------------------------|-----------|-----------|
| | $r=0$ | $r \leq 1$ | $r \leq 2$ | $r=0 r=1$ | $r=1 r=2$ | $r=2 r=3$ |
| 내항매출 | 36.22* | 13.79 | 4.237 | 22.43* | 9.552 | 4.237 |
| 외항매출 | 48.17* | 9.494 | 0.189 | 38.67* | 9.305 | 0.189 |
| 내항부가가치 | 35.09* | 14.25 | 5.288 | 22.84* | 8.960 | 5.288 |
| 외항부가가치 | 36.85* | 6.649 | 0.001 | 30.20* | 6.649 | 0.001 |

(주) 1. “*”는 5% 유의수준에서 공적분벡터가 존재하지 않는다($r=0$)는 귀무가설이 기각됨을 의미함.

2. 임계치는 Osterwald-Lenum(1992) 참조.

구조방정식은 단순OLS가 아닌 SUR(seemingly unrelated regression) 기법과 3SLS기법을 이용하여 추정한다. 매출액함수의 잔차와 부가가치함수의 잔차가 상관관계를 성립하지 않으면 두 함수간에 어떠한 관계도 존재하지 않게 되며 이 경우 OLS에 의한 추정이 적합하다. 그러나 두 함수의 오차항이 상관관계를 가질 경우 SUR나 3SLS에 의한 추정이 적합하다. 3SLS에서는 도구변수(instrumental variables)로 매출액의 시차, 부가가치의 시차, 노동의 시차, 자본의 시차, 상수항이 투입된다.

<표 7> 구조방정식의 추정

| | SUR | | 3SLS | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 내향해운 | $SALE_t = -4.413 + 0.374L_t + 1.102K_t$ (-4.996) (2.777) (29.87) $R^2 = 0.987$ | | $SALE_t = -6.535 + 0.544L_t + 1.144K_t$ (-7.298) (4.475) (38.69) $R^2 = 0.991$ | |
| | $VA_t = -5.436 + 0.380L_t + 1.126K_t$ (-4.831) (2.312) (24.95) $R^2 = 0.982$ | | $VA_t = -7.912 + 0.607L_t + 1.166K_t$ (-6.333) (3.581) (28.27) $R^2 = 0.984$ | |
| | 가설1 $\chi^2(1) = 110.0(0.000)$ | 가설2 $\chi^2(1) = 3900(0.000)$ | 가설1 $\chi^2(1) = 74.86(0.000)$ | 가설2 $\chi^2(1) = 2284(0.0000)$ |
| 외향해운 | $SALE_t = -10.87 + 0.677L_t + 1.297K_t$ (-2.479) (1.805) (19.02) $R^2 = 0.964$ | | $SALE_t = -15.57 + 1.062L_t + 1.358K_t$ (-3.003) (2.413) (16.81) $R^2 = 0.955$ | |
| | $VA_t = -5.971 + 0.565L_t + 0.952K_t$ (-1.807) (2.007) (18.64) $R^2 = 0.962$ | | $VA_t = -7.725 + 0.693L_t + 0.985K_t$ (-2.043) (2.161) (16.73) $R^2 = 0.956$ | |
| | 가설1 $\chi^2(1) = 15.48(0.000)$ | 가설2 $\chi^2(1) = 353.4(0.000)$ | 가설1 $\chi^2(1) = 5.756(0.001)$ | 가설2 $\chi^2(1) = 258.9(0.000)$ |

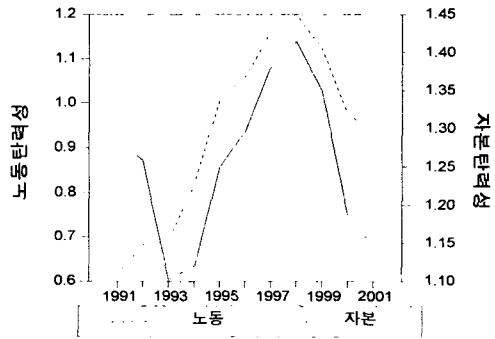
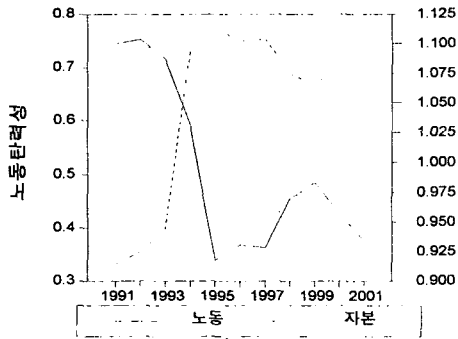
(주) 1. 계수 밑 괄호 안의 숫자는 t통계량을, 가설의 괄호 안의 숫자는 유의수준을 의미함.
 2. 가설 1은 매출함수와 부가가치함수의 노동계수가 동일하다는 가설이며, 가설 2는 매출함수와 부가가치함수의 자본계수가 동일하다는 가설임.

<표 7>의 추정결과에서 외향해운 매출함수에서 노동의 통계량이 5%에서 유의하지 않은 경우를 제외하고 모든 추정계수가 유의한 것으로 나타나고 있다. 즉 노동과 자본의 투입량은 매출액과 부가가치에 양의 효과를 가지며, 노동과 자본 계수의 합이 모두 1보다 큼으로써 생산요소투입에 대해 규모의 경제가 존재하고 있다. 또한 자본의 탄력성이 노동의 탄력성보다 크게 나타나 해운산업의 발전이 노동증가보다는 자본집약화에 의해 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 가설 1은 매출함수와 부가가치함수의 노동계수가 동일하다는 가설과 두 방정식의 자본계수가 동일하다는 가설이 기각됨으로써 매출액과 부가가치가 투입생산요소에 대해 다르게 반응한다는 것을 보여주고 있다.

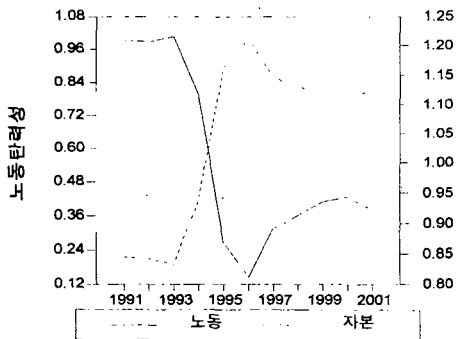
이러한 결과는 순환회귀(rolling regression)분석을 통해 자세히 살펴보면 또 다른 사실을 발견할 수 있다. <그림 8>과 <그림 10>에서 외향해운 매출액과 부가가치에 대한 노동과 자본의 계수가 1999년부터 하락하고 있다. 또한 <표 8>에서 외향해운 매출의 경우 1993년부터 1996년 기간과 2000년부터 2001년의 기간에서, 외향해운 부가가치의 경우 1991년부터 1997년 기간과 2000년 이후의 기간에서 노동계수의 t통계량이 5%에

서 유의하지 않다. 내항해운 역시 상당 기간에서 노동계수가 유의성을 상실하고 있다. 이러한 점은 우리나라 해운산업 종사자수와 해운산업 발전간에 명확한 관계가 성립하지 않을 가능성이 있음을 의미한다. 따라서 노동투입을 증가시키기보다는 자본투입을 증가시켜 해운산업의 경쟁력 향상과 발전을 기하는 것이 필요하다.

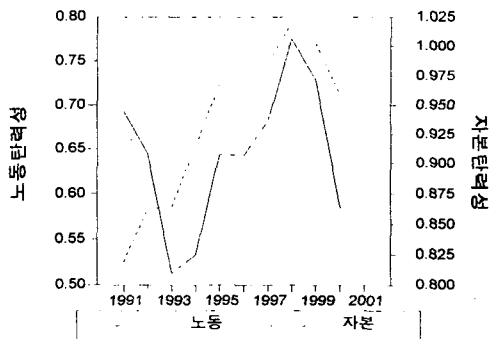
<그림 7> 요소탄력성: 내항해운 매출액 <그림 8> 요소탄력성: 외항해운 매출액



<그림 9> 요소탄력성 : 내항해운 부가가치



<그림 10> 요소탄력성 : 외항해운 부가가치



<표 8> 매출액과 부가가치의 요소탄력성

| 기간 | 매출액 | | | | 부가가치 | | | |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 내항해운 | | 외항해운 | | 내항해운 | | 외항해운 | |
| | 노동 | 자본 | 노동 | 자본 | 노동 | 자본 | 노동 | 자본 |
| 1991 | 0.745 (1.584) | 0.914 (4.995) | 0.917 (3.283) | 1.109 (12.56) | 0.990 (2.213) | 0.845 (4.861) | 0.693 (1.724) | 0.819 (6.445) |
| 1992 | 0.752 (1.648) | 0.925 (5.237) | 0.872 (2.565) | 1.148 (10.82) | 0.988 (2.314) | 0.843 (5.096) | 0.644 (1.441) | 0.862 (6.175) |
| 1993 | 0.716 (1.687) | 0.944 (5.949) | 0.603 (1.246) | 1.153 (7.467) | 1.006 (2.539) | 0.833 (5.625) | 0.513 (1.128) | 0.864 (5.953) |
| 1994 | 0.590 (1.447) | 1.095 (6.790) | 0.633 (1.143) | 1.227 (7.101) | 0.792 (1.904) | 0.937 (6.211) | 0.533 (1.105) | 0.915 (6.073) |
| 1995 | 0.339 (0.870) | 1.114 (8.231) | 0.855 (1.530) | 1.336 (8.130) | 0.27 (0.560) | 1.163 (6.949) | 0.643 (1.393) | 0.968 (7.130) |
| 1996 | 0.368 (1.170) | 1.102 (10.77) | 0.936 (1.875) | 1.368 (10.10) | 0.146 (0.372) | 1.211 (9.506) | 0.642 (1.566) | 0.968 (8.701) |
| 1997 | 0.363 (1.334) | 1.104 (13.21) | 1.081 (2.298) | 1.427 (12.05) | 0.314 (0.901) | 1.146 (10.69) | 0.682 (1.808) | 0.984 (10.36) |
| 1998 | 0.454 (2.239) | 1.075 (17.94) | 1.138 (2.606) | 1.450 (14.41) | 0.362 (1.409) | 1.131 (14.81) | 0.775 (2.178) | 1.022 (12.47) |
| 1999 | 0.485 (2.929) | 1.065 (22.39) | 1.029 (2.438) | 1.405 (15.68) | 0.409 (1.937) | 1.116 (18.39) | 0.729 (2.163) | 1.003 (14.02) |
| 2000 | 0.429 (2.916) | 1.083 (26.26) | 0.750 (1.806) | 1.319 (16.41) | 0.425 (2.300) | 1.111 (21.47) | 0.585 (1.847) | 0.959 (15.65) |
| 2001 | 0.374 (2.589) | 1.102 (27.85) | 0.677 (1.683) | 1.293 (17.75) | 0.381 (2.156) | 1.126 (23.27) | 0.565 (1.870) | 0.952 (17.38) |

(주) 괄호 안의 숫자는 *t*통계량임.

이제 내항해운산업과 외항해운산업의 매출액과 부가가치가 노동과 자본에 의해 어느 정도 설명될 수 있는가와 이들 생산요소에 일정한 충격을 가할 경우의 반응경로를 살펴본다. 먼저 설명변수들의 영향력을 비교평가하기 위하여 예측오차의 분산분해 (forecast error variance decompositions)를 실시한다. 예측오차의 분산분해는 각 변수별로 예측오차의 분산이 자신 및 다른 변수의 분산에 의하여 어느 정도 설명되는가를 살펴보기 위한 것이다. 이것은 매출액과 부가가치의 예측오차의 분산이 자체교란에 원인을 두는 것인가 아니면 생산요소의 교란에 그 원인이 있는가를 밝힐 수 있다.

이를 위해서는 잔차의 분산·공분산행렬을 직각행렬로 분해하고, 이 행렬을 이용하여 변수별 예측오차의 분산을 분해하는 과정을 밟게 된다. 각 행렬의 주대각선은 자체의

교란에 의해 설명되는 오차분산의 비율을 나타낸다. 이 때 변수가 외생적이면 거의 100 퍼센트가 됨으로써 모형의 여타 변수로부터 거의 혹은 전연 영향을 받지 않고서 자체 교란이 분산을 거의 모두 설명함을 의미하게 된다.

<표 9>와 <표 10>은 매출액과 부가가치에 대한 예측오차의 분산분해를 보여준다. 매출액의 경우 5 단계에서 내항해운의 경우 자체변수에 의해서 32%, 노동과 자본에 의해서 68%, 외항해운의 경우 자체변수에 의해서 39%, 생산요소에 의해서 61% 설명됨으로써 생산요소가 해운산업의 매출에 상당한 영향을 미치고 있다. 부가가치에 있어서도 내항해운의 경우 자체변수에 의해서 17%, 외항해운의 경우 41% 설명에 불과하다. 이러한 분산분해 결과를 통해 매출액과 부가가치가 생산요소의 변동에 상당한 영향을 받는 내생변수임을 의미한다.

<표 9> 매출액의 분산분해

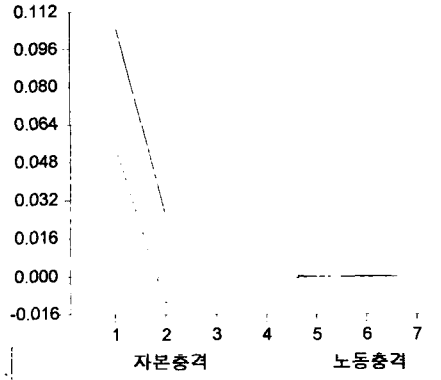
| 단계 | 내항해운 | | | 외항해운 | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 자본 | 노동 | 매출액 | 자본 | 노동 | 매출액 |
| 1 | 48.677 | 16.279 | 35.044 | 6.204 | 0.089 | 93.708 |
| 2 | 34.994 | 14.077 | 50.929 | 9.927 | 12.115 | 77.958 |
| 3 | 43.977 | 11.215 | 44.808 | 7.395 | 44.717 | 47.889 |
| 4 | 53.413 | 10.623 | 35.964 | 6.325 | 54.174 | 39.502 |
| 5 | 55.758 | 12.442 | 31.800 | 10.817 | 50.310 | 38.872 |

<표 10> 부가가치의 분산분해

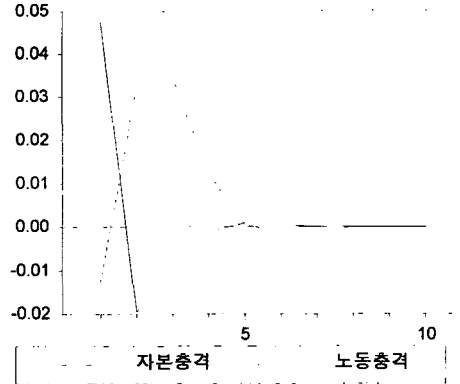
| 단계 | 내항해운 | | | 외항해운 | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 자본 | 노동 | 부가가치 | 자본 | 노동 | 부가가치 |
| 1 | 27.469 | 20.799 | 51.732 | 40.893 | 1.678 | 57.429 |
| 2 | 11.588 | 34.250 | 54.162 | 44.420 | 3.475 | 52.105 |
| 3 | 31.064 | 30.774 | 38.162 | 53.402 | 2.520 | 44.079 |
| 4 | 57.517 | 19.584 | 22.899 | 50.097 | 6.204 | 43.700 |
| 5 | 65.566 | 16.994 | 17.439 | 45.156 | 13.406 | 41.438 |

이러한 분산분해의 결과를 시각적으로 살펴봄과 동시에 그 반응경로를 파악하기 위하여 충격반응함수를 이용한다. 충격반응함수는 모형 내의 어느 특정 변수에 대하여 일정한 충격을 가한 다음 모형 내의 모든 변수들이 시간 경과에 따라 반응하는 결과를 확인할 수 있을 뿐만 아니라 변수간의 상호 연관관계 또는 정책변수의 변화에 따른 파급효과를 분석할 수 있는 이점을 가지고 있다.

<그림 11> 충격반응: 내항 매출액

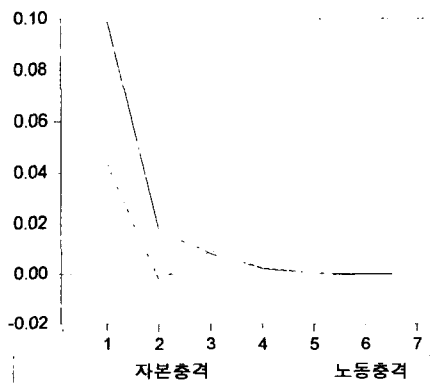


<그림 12> 충격반응: 외항 매출액

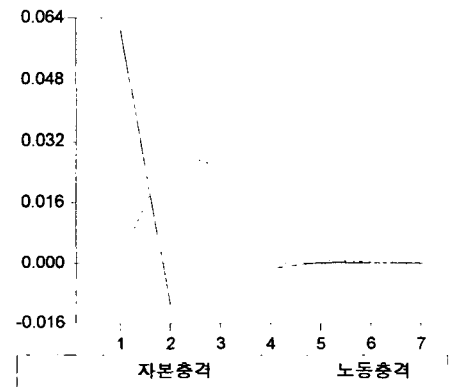


<그림 11>과 <그림 12>는 생산요소 충격에 대한 내항해운과 외항해운의 매출액의 반응을 보여주고 있다. 노동충격에 대해 내항해운의 매출은 충격 후 제1단계에서 0.0548로 가장 큰 반응을 보인 후 곧 소멸되는 데 비해 외항해운은 제3단계 경과 후 0.0348로 가장 큰 반응을 보여 노동충격은 내항해운의 매출에 더 큰 영향을 미치나 외항해운에 더 오랫동안 영향을 미치고 있다. 이것은 고용증가가 매출액 증가에 미치는 효과가 내항해운의 경우 크게 즉각 나타나는 데 비해, 외항해운에 있어서는 서서히 그 효과가 나타난다는 것을 의미한다.

<그림 13> 충격반응: 내항 부가가치



<그림 14> 충격반응: 외항 부가가치



자본충격 역시 내항해운과 외항해운의 매출에 다르게 영향을 미치고 있다. 내항해운의 경우 자본충격의 크기가 1단계에서 0.1070으로 노동충격 0.0548에 비해 훨씬 큰 뿐

만 아니라 오래 지속되며, 외항해운의 자본충격 0.0476에 비해서도 월등히 높다. 이것은 내항해운의 경우 자본투자가 노동증가보다 매출액에 더 큰 영향을 더 오래 미친다는 것과 자산증가가 외항해운보다 내항해운의 매출증가에 더 크게 기여한다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 부가가치에도 동일하게 적용되어, 자본충격이 노동충격보다 더 크게 영향을 미치고 있다.

<표 11> 충격반응

| step | 내항해운 | | | | 외항해운 | | | |
|------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 매출액 | | 부가가치 | | 매출액 | | 부가가치 | |
| | 자본충격 | 노동충격 | 자본충격 | 노동충격 | 자본충격 | 노동충격 | 자본충격 | 노동충격 |
| 1 | 0.1070 | 0.0548 | 0.0992 | 0.0437 | 0.0476 | -0.0127 | 0.0610 | 0.0014 |
| 2 | 0.0258 | -0.0110 | 0.0180 | -0.0023 | -0.0195 | 0.0318 | -0.0110 | 0.0295 |
| 3 | 0.0044 | -0.0008 | 0.0080 | 0.0092 | -0.0102 | 0.0348 | -0.0102 | 0.0252 |
| 4 | 0.0014 | -0.0016 | 0.0021 | 0.0024 | -0.0011 | 0.0123 | -0.0014 | 0.0072 |
| 5 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0010 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0010 |
| 6 | 0.0001 | -0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0006 | -0.0014 | -0.0000 | 0.0003 |
| 7 | -0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | -0.0007 | -0.0001 | 0.0002 |

IV. 결 론

삼면이 바다로 둘러싸여 있고 남북이 분단된 우리나라는 수출입 물동량의 거의 대부분을 해상운송에 의존하고 있기 때문에 해운산업의 경쟁력은 국가의 존립과 직결된다고 하여도 과언이 아니다. 따라서 해운산업의 발전에 노동과 자본이 어떠한 영향을 미치는가를 규명하는 것은 대단히 중요하다.

우리나라 해운산업은 외형적으로는 매출액과 부가가치에서 상당한 증가를 보였으나 실질적으로는 그다지 큰 성장을 기록하지 못한 것으로 나타났다. 그러나 내항해운과 외항해운 모두 자본집약도 증가와 같은 고무적인 현상을 보였다. 특히 해운산업의 매출은 1997년의 외환위기와 같은 커다란 충격에 대해 산업구조가 질적인 측면에서도 변화하였음을 알 수 있었다. 또한 생산요소 투입보다 매출액과 부가가치 증가가 더 크게 이루어져 규모의 경제가 존재하였으며, 노동보다는 자본이 산업성장의 주요 역할을 담당한 것으로 나타났다. 분산분해와 충격반응기법을 해운산업의 매출과 부가가치가 생산요소에 대해 내생적이라는 것과 자본충격이 노동충격보다 해운산업 성장에 더 큰 영향을 미친다는 것도 밝힐 수 있었다.

참 고 문 헌

- Dickey, D.A., & Fuller, W.A., 1981, "The Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root," *Econometrica*, Vol.49, 1057~1072.
- Engle, R.F., & Granger, C.W.J., 1987, "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing," *Econometrica*, Vol.55, 251-276.
- Fuller, W.A., 1976, *Introduction to Statistical Time Series*. New York: Wiley.
- Johansen, S., 1988, "Statistical Analysis of Cointegrating Vectors," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, 231~254.
- Osterwald-Lenum, M., 1992, "A Note with Quantiles of the Asymptotic Distribution of the Maximum Likelihood Cointegration Rank Test Statistics," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol.54, 461~471.
- Perron, P., 1989, "The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis," *Econometrica*, Vol.57, 1361~1401.
- <http://kosis.nso.go.kr>