

물류산업의 녹색생산성 평가와 국제경쟁력 강화방안*

Green Productivity Analysis of the Logistics Industry for the Global Competitiveness

최용록(Yong-Rok Choi)

인하대학교 국제통상학부 교수

목 차

- | | |
|------------------------------|----------|
| I. 글로벌 녹색성장의 이론적 배경 | IV. 결 론 |
| II. 선행연구의 비교분석과 모형 설정 | 참고문헌 |
| III. 녹색 생산성 실증분석 결과와 정책적 시사점 | Abstract |

국문초록

최근 녹색기후기금 (GCF, Green Climate Fund) 사무국의 한국유치를 계기로 기존에 한국이 주도해 설립한 글로벌녹색성장센터 (GGGI)와 녹색기술센터 (GTC)와 더불어 한국은 글로벌 녹색성장을 선도하는 전 세계 녹색성장의 허브로 자리매김하게 되었다. 그러나 이와 같은 선진경제로의 도약을 위해서는 무엇보다 한국경제가 모범적인 녹색성장의 정책 추진이 필수적이라 할 것이다. 이는 최근 이산화탄소 배출량의 성장률에 있어 중국에 이어 세계 2위의 불명예스런 한국의 입장에서 더욱 절실히 요구되는 상황이라 하겠다. 특히 이와 같은 녹색성장의 지속적인 경쟁력 우위를 주도하기 위해서는 무엇보다 낙후된 한국의 물류산업에 대한 전면적인 개편이 필요하다고 할 것이다. 이는 운송산업이 전세계 이산화탄소 배출량의 21%정도를 차지하는 가장 전략적으로 중요하면서도 취약한 분야이기 때문이다. 이에 따라 물류 및 운송산업에 대해 녹색 생산성을 실증분석하고 이에 기초한 전략적 대안을 제시하는 것은 한국의 통상정책의 가장 중요하고도 의미가 있는 연구라 할 것이다. 이를 위해 본 연구는 기존의 전통적 생산성개념에 환경오염변수를 고려한 방향적 거리함수(directional distance function)와 Malmquist 지수 (ML지수) 가운데에서도 가장 최근에 새롭게 제시된 총체적 ML지수 (Global Malmquist-Luenberger Index, GML) 연구 모형을 기초로 환경 보호와 경제개발을 조화롭게 추진하기 위한 녹색생산성의 실질적인 정책 방향의 패러다임을 제시하고 있다.

주제어 : 총체적 ML지수 (Global Malmquist-Luenberger Index, GML), 방향 거리함수(DDF, directional distance function), 녹색물류, 녹색생산성, 탄소배출권 거래제도 (ETS)

* 본 연구는 “2012년도 산학협동재단 학술연구비 지원사업”의 지원을 받아 수행한 연구과제임.

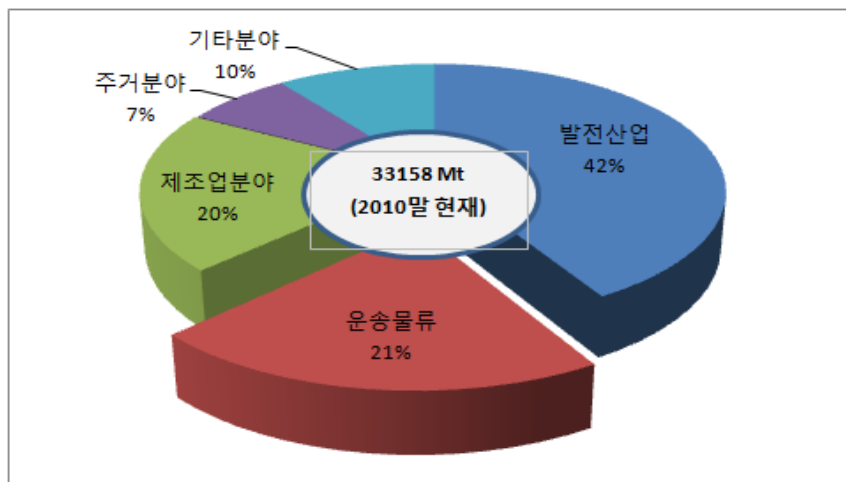
I. 글로벌 녹색성장의 이론적 배경

글로벌 경제위기 이후 세계경제의 새로운 패러다임을 모색하기 위해 2010년 서울에서 개최된 G20정상회의에서 제안한 글로벌 녹색성장 (Global Green Growth)정책이 질적인 경쟁체제를 선도할 새로운 패러다임으로 주목을 받고 있다. 그동안 경제위기를 계기로 불황극복과 성장 우선정책에 밀려 녹색성장의 중요성이 희석되는가 싶더니 최근 녹색기후기금 (GCF, Green Climate Fund) 사무국의 한국유치를 계기로 이제 녹색성장의 패러다임은 기존의 경제틀을 지탱하던 IMF를 대체하는 새로운 성장 동력으로 자리매김할 전망이다. 특히 이와 같은 녹색기후기금을 유치한 한국은 이미 기존에 설립한 글로벌녹색성장센터 (GGGI, Global Green Growth Institute)와 녹색기술센터 (GTC, Green Technology Center)와 더불어 녹색성장의 세 가지 기본 요소 (TBL, Three Bottom Line)를 완성함으로써 한국은 바야흐로 글로벌 녹색성장을 선도하는 전세계 녹색성장의 허브로 자리매김하게 되었다.

그러나 이와 같은 선진경제로의 도약을 위해서는 무엇보다 한국경제가 모범적인 녹색성장의 정책 추진을 위한 패러다임의 전환이 필수적이라 할 것이다. 전통적인 대량생산에 기초한 세계 경제의 패러다임이 공급과잉과 개도국 위주의 지나친 양적 경쟁으로 인한 폐해로 인하여 환경악화와 갈등구조 심화 등의 새로운 문제로 분출되면서 환경오염과 같은 외부효과의 내재화와 생산 과정의 투명성, 예측가능한 글로벌 표준에 입각한 질적 경쟁체제로 바뀌어 가고 있고, 이와 같은 과정에서 기존의 투입대비 산출량의 극대화를 위한 생산성 향상전략은 그 내재적인 한계가 심각한 상황에 이르고 있기 때문이다. 특히 수출위주의 양적인 성장이 체질화된 한국기업들에게는 환경보호와 같은 새로운 패러다임의 수용이 마치 전통적인 생산성의 개념과 반하는 것 같은 인상을 주게 되어 기업들의 참여가 미흡하고 정책의 효과성이 극히 우려되는 상황이라 할 것이다. 2013년부터 시작하기로 한 탄소권배출권거래제 (ETS, Emission Trading System)가 2015년 이후로 미루어진 것에서 시작하여 한국경제의 새로운 도전과제인 녹색성장전략의 타당성에 대해서는 아직도 갈등과 우려가 지나치게 높기 때문이다. 탄소배출권이란 지구온난화의 주범인 탄소 배출을 양을 정해 제한하자는 것으로, 국가별, 기업별로 할당제를 도입하고, 적게 배출하면 남는 만큼의 배출 권한을 사고 팔 수 있는 거래를 의미하며, 이미 이 제도를 도입한 유럽연합(EU)의 경우, 2011년 약 1,769억 달러 규모의 전세계 탄소시장의 84%를 차지할 정도로 적극적인 자세를 보이는 반면, 한국경제의 경우, 과중한 비용부담 때문에 국내 생산기지의 해외 이전이나 외국인 투자기피로 이어질 수 있다는 기업들의 강한 반발과 고용감소, 물가상승 등 국민경제에도 부담이 될 수 있다는 지식경제부의

성장우선주의에 막혀 천재일우의 기회를 제대로 활용하지 못할지도 모르는 우려가 커지고 있다. 이와 같은 시장상황을 반영하여 2012년 12월 15일 온실가스배출권 거래법 시행령이 제정되면, 내년부터는 시스템 구축에 들어가고 2014년부터는 시범거래를 실시하여 2015년부터 본격적으로 녹색성장으로 가는 핵심수단이라 할 수 있는 탄소배출권 거래제도에 의한 성장동력의 혁신적 추진이 시작된다고 할 것이다. 우리나라는 시장이 개설되면 유럽의 10분의 1 규모인 3억톤 가량의 배출권이 거래될 것으로 보이며, 정부가 제시한 통상경영추계치 (BAU, Business As Usual)를 기준으로 2020년까지 탄소배출량을 전망치보다 30%, 즉 2011년보다 적은 연간 570만톤이내로 줄일 방침이다.

한편, 이와 같은 녹색성장을 위한 탄소배출과 관련하여 전략적으로 가장 핵심적인 산업분야가 바로 물류운송산업이라 할 것이다. <그림 1>에 나타난 것처럼 물류산업은 2010년말 현재 전 세계의 이산화탄소 배출량 331억 톤의 21%를 차지해 화석연료를 가장 많이 사용하는 발전산업 분야에 이어 두 번 째로 큰 영향을 주고 있는 것으로 나타났기 때문이다. 이와 같은 중요성에 입각하여 한국의 녹색성장을 선도할 물류산업에 전반에 대한 녹색 생산성을 평가하고 이를 기초로 정책적인 시사점을 도출하는 것은 녹색성장의 정책적 패러다임을 수립하는 데 매우 중요한 의미를 가지고 있다고 할 것이다. 본 연구는 이와 같은 배경에서 물류산업의 전반적인 녹색생산성을 평가하고 이에 기초한 정책적 시사점을 유도하는 것을 목적으로 하고 있다.



자료 : 국제원자력기구 (IEA) 통계연감 2100.

<그림 1> 전 세계 산업별 CO2배출량 (2010년말 현재)

한편, 녹색생산성의 개념과 관련하여 전통적인 생산성의 개념으로는 최근 급격히 부상하는 지속가능 개발정책이나 지속가능 경영의 전략적 시각에서 강조하는 생산물의 양적 확대에 따르는 질적 환경오염은 물론 에너지 소비의 낭비 등과 같이 산출 및 투입요소의 새로운 해석이나 부수적으로 산출되는 부정적인 경제외적 산출물에 대해서도 적용하기 위한 탄력적인 적용이 어렵다는 점에서 새로운 생산성의 개념이 필요하게 되었다 (최용록, 2012). 생산의 증가에 따른 부정적인 경영성과를 포함하는 새로운 생산성의 개념을 제시한 것은 Fare (1989)라 할 것이다. Fare는 단순한 투입대비 산출의 생산성 개념에서 벗어나 부정적인 산출물을 추가하는 것이 필요하다고 하였고, Fare의 제자인 Chung et al.,(1997)은 이에 기초하여 환경오염변수를 고려한 방향 거리함수(directional distance function)와 Malmquist 지수 (ML지수)를 결합한 생산성지수를 개발했다. 이와 같은 생산성의 개념은 투입요소와 산출물간의 다차원적인 최고치와 최소치를 조합하는 최적점 (Mini-Max Saddle point)의 개념에 기초하여 최적의 생산성과에 기초한 상대적인 평가에 의존하는 특성을 갖는다. 이와 같이 최적의 생산효율성에 기초한 상대적인 ML지수는 그 탄력적인 다차원분석의 용이함으로 인하여 2000년대 중반에 환경경영 내지는 지속가능 개발정책과 관련하여 전세계적인 주목을 끌기 시작하였다. 한걸음 더 나아가 선형 목적함수에 기초한 ML 생산성지수의 한계를 극복하기 위해 다차원 가능곡선 (Meta-frontier) 모형이나 이와 유사한 총체적 ML지수 (Global Malmquist-Luenberger Index, 이하 GML이라 함)가 개발되었다¹⁾. 따라서 본 연구는 이와 같이 가장 최근에 새롭게 시도되고 있는 GML 지수모형에 기초하여 환경 보호와 경제개발을 조화롭게 추진하기 위한 녹색생산성의 다양한 연구방법의 흐름을 체계적으로 분석하고 이에 기초한 실증분석을 통해 한국 경제의 국제경쟁력을 높이는 데 가장 중요한 녹색물류의 생산성 향상을 위한 정책 방향을 제시하는데 그 목적이 있다고 할 것이다.

II. 선행연구의 비교분석과 모형 설정

1. 선행연구의 비교분석

투입대비 최대의 산출물과 더불어 최소의 환경오염을 고려하는 녹색생산성 (Green Productivity, or Eco-friendly Productivity)이란 곧 경제와 사회 및 생태환경을 감안한 총체적인

1) 최용록, “글로벌 녹색성장의 연구방법론적 고찰”, 『통상정보연구』, 14권 2호, 2012. pp. 349-367.

효율성을 의미하는 것으로 이와 같은 경제와 사회 및 생태 환경적 투입요소들을 기초로 이들 요소를 최적으로 투입하여 최대의 경제적 성과와 최소의 환경적 피해를 가져오는 이중적 효율성 (Dual efficiency)을 의미한다고 하겠다. 녹색생산성은 결코 경제적 성과나 환경적 영향이 타 산출물에 갈등적 산출물 내지는 내재적 제약이 아니라 복합적인 최선의 성과를 기초로 그 투입요소에 대한 상대적인 효율성의 개념으로 측정하게 된다 (Choi, 2011; 최용록, 2012).

기존의 생산성에 대한 개념은 투입요소 대비 산출량의 비율을 의미하며, 따라서 생산성 경쟁이란 최소의 투입, 최대의 산출을 의미하게 된다. 그러나 최근 생태환경을 고려하지 않으면 안 되는 상황 하에서 이러한 전통적인 생산성 개념하의 경제활동은 재화산출물(Desirable Output)뿐만 아니라, 비경제적 산출물(Undesirable Output)역시 극대화되는 것을 의미한다는 점에서 모순이 발생하게 된다. 바람직하지 않은 생산성의 부수적인 비경제적 산출물 중에서 가장 쟁점이 되는 부분은 대기 오염이다. 특히, 지구온난화를 막기 위한 교토의정서 발효 이후, 각 국가는 탄소 배출량을 줄이기 위한 방법으로 온난화가스 보고제 (GHG Reporting Program), 탄소세 책정 및 탄소배출권 거래제도(ETS) 등을 추진하고 있다. 대기오염의 피해를 최소화하면서 동시에 기업 및 경제발전을 가져오는 새로운 의미의 녹색 생산성이 강조되는 이유가 바로 여기에 있다고 할 것이다.

녹색생산성의 이론적 기초로 등장한 최초의 용어는 친환경 효율성 (eco-efficiency)의 개념에서 비롯되었다.(Freeman et al., 1973) 환경효율성이란 지속가능 개발을 측정하기 위한 최적의 지표로 특정 경제활동의 투입에 대한 경제적 성과와 환경에 끼친 영향간의 비율에 의해 측정된다.) 이와 같은 환경효율성을 통하여 지속가능발전의 타당성을 입증하기 위한 선행연구는 다각적인 시각에서 추진되어 왔다. 녹색생산성의 다차원적인 측정을 위해서는 먼저 전통적인 생산성의 문제점으로 출발하여야 한다. 전통적인 시각에서 총 요소 생산성을 측정하기 위한 방식으로는 모수적 방법(parametric approach)과 비모수적 방법(Non-parametric approach)이 있다. 모수적 방법은 사전에 거리함수의 형태에 기초하여 단위당 투입요소에 대하여 상호 배타성이 강한 경제적 성과와 환경에의 영향을 동일한 산출물의 시각에서 평가하는 방법이다. 그러나 지나치게 단순화된 이론적 제약요건으로 인하여 그 대안으로 등장한 것이 자료포락분석 (DEA; Data Envelopment Analysis)을 중심으로 하는 비모수적방법이라 할 것이다. 자료포락분석, 즉 DEA 모형은 Charnes 등(1978)이 개발하였고, Banker 등(1984)에 의해 그 활용도가 크게 높아진 선형 수리모형으로 특정 투입요소와 산출요소 (DMU; decision-

2) Fare R. Grosskopf S. Lovell C.A.K. and Pasurka C., Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*. 71. 1989. pp. 90 - 98. 이 논문은 최초로 환경오염의 환경적 영향을 계량적인 방법을 통해 제시하였다.

making unit)의 상대적인 효율성을 평가하는데 탁월한 분석능력을 갖고 있다. DEA 모형의 강점은 특별한 변수간의 상호 인과관계나 이론적 모형과 같은 사전제약조건 없이 현시적으로 선호된 최적의 투입 변수 또는 산출변수들의 조합에 의해 효율성을 계측한다는 점이라 할 수 있다 (최용록, 2012).

비모수적인 DEA모형에 기초하여 시간의 경과에 따른 생산성변화를 측정하는 Malmquist 생산성지수를 결합한 녹색생산성지수를 Malmquist-Luenberger 지수 (ML지수)라고 한다. 맬퀴스트 지수는 다양한 투입요소와 산출요소를 동시에 감안하여 최대의 산출물 대비 최소의 투입에 대한 상대적 효율성을 측정하는 생산성 지수로 많이 활용되어 왔으나, 환경적 영향과 같은 부정적인 산출효과를 반영할 수 없는 어려움이 있었다. 이를 극복하고자 환경오염변수를 산출물에 추가한 새로운 생산성지수가 Malmquist-Luenberger (ML) 지수이다. 그러나 이와 같은 ML 지수 역시 지나치게 단순화된 선형 방향함수 (Radial distance function)에 기초한 가능함수로서 시계열에서 발생하는 비선형의 기술적 특성을 반영할 수 없다는 단점이 있다는 지적을 받아 왔다. 이와 같은 선형함수의 문제를 보다 탄력적으로 수용하여 비선형의 시계열자료를 분석할 수 있는 새로운 연구접근방법으로 등장한 것이 GML지수라 할 것이다. 오동현 (2010a)은 전통적인 ML 지수의 계산과정에서 발생하는 불가능한 최적해 (infeasible solution)를 피하기 위해 Global Malmquist-Luenberger 녹색생산성지수를 개발하였다. Oh (2010b)는 국가나 산업간 생산의 이질성(heterogeneity)을 고려하면서 이와 같은 이질성을 통합적으로 수용함으로써 불가능해를 피하는 다중 프론티어 (meta-frontier) 녹색생산성지수를 개발하였다 (표 1 참조).

〈표 1〉 (녹색)생산성 지수관련 선행연구의 비교

연구자	연구대상 및 기간	연구방법
Chung et al.(1997)	39개 스웨덴 제지 공장 1986-1990	ML index
Fare et al.(2001)	48개 미국주의 제조산업 1974-1986	ML index
Weber and Domazlicky(2001)	48개 미국주의 제조산업 1988-1994	ML index
Yoruk and Zaim (2005)	28 OECD 국가 1985-1998	ML index
Kumar (2006)	41 세계국가 1971-1992	ML index
Yu et al.(2008)	대만4개 공항 1995-1999	ML index
Zhou et al. (2010)	18개 CO2가장 많은 국가 1997-2004	CO2-oriented ML index
Oh (2010a)	26개 OECD 국가 1990-2003	GML index
Oh (2010b)	46개 세계국가 1993-2003	MML index
Wu et al. (2012)	중국30개성 1997-2008	Energy-oriented ML index

<표 1>에 제시된 다양한 선행연구에서 녹색생산성을 위해 공통적으로 사용되는 투입요소로는 자본과 노동, 그리고 친환경적 에너지 사용의 척도로서 에너지의 3가지를 설정하는 것이 가장 일반적인 형태이며, 이에 따른 산출물 역시 기존의 생산성에서 다루고 있는 경제적 성과와 환경에의 영향을 대변하는 탄소배출량으로 설정하는 것이 바람직하다 (최용록, 2012). 아울러 연구의 편의상 가장 대표적인 산업활동의 부가가치를 긍정적인 경제적 성과의 대변수 (Proxy variable)로 정의하고자 한다.

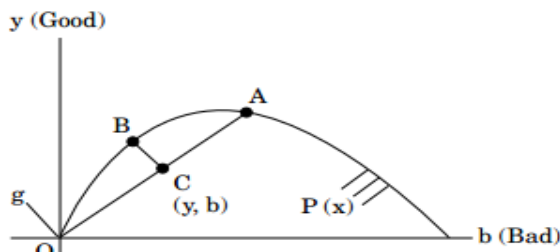
2. GML지수의 유도

GML 지수의 방법론적 특성을 설명하기 위하여 먼저 ML 녹색생산성지수의 기본원리를 설명하면 다음과 같다. 투입요소 x 에 대한 경제적 성과 (y)와 이로 인한 환경오염 (b)간의 관계를 최적의 기업성과와 비교한 생산가능곡선은 다음과 같이 선형 거리함수 (Distance Function, DF)로 표시된다.

$$D_o(x, y, b) = \inf\{\theta : ((y, b)/\theta) \in P(x)\} \dots\dots\dots (1)$$

이를 Shephard의 거리함수라 하는데 <그림 2>에 제시된 예를 들어 설명하면 원점에서의 거리로 볼 때 최적의 성과를 낸 A점에 비하여 비효율적인 C점의 상대적 비효율성은 거리 $(C-A)/(O-A)$ 로 측정된다. 그러나 이와 같은 거리함수는 생산가능곡선의 형태를 무시한 선형함수이므로 엄밀한 의미에서 비효율적인 점 C에서 볼 때 A점보다는 B점과의 상대적인 거리 $(B-C)$ 가 보다 적은 환경오염 (b)와 보다 많은 경제적 성과 (y)를 가져온다는 점에서 적합하다고 볼 것이다. 이를 식으로 나타내면 식 (1)의 최소화 문제는 식 (2)의 최대화 문제로 바뀌게 되는데 이를 방향거리함수 (Directional Distance Function, DDF)라 한다.

$$\vec{D}(x, y, b; \vec{g}_y, \vec{g}_b) = \max\{\beta : (x, y + \beta \vec{g}_y, b - \beta \vec{g}_b) \in P\} \dots\dots\dots (2)$$



<그림 2> 거리함수 및 방향거리함수

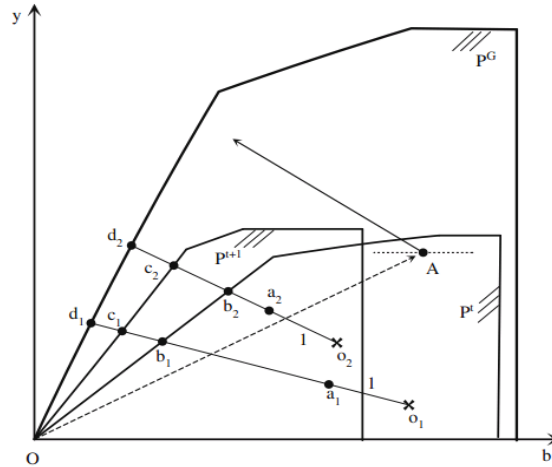
방향거리함수와 전통적인 거리함수의 관계를 살펴보면 식 (3)과 같이 상호 역관계에 있음을 알 수 있다. 이는 <그림 2>에 나타난 바와 같이 CA간의 거리가 길어질수록 (최소화), CB간의 거리가 짧아지는 (최대화) 효율성 향상의 의미와 동일하다는 것을 말한다.

$$\begin{aligned} \bar{D}_o(x, y, b; y, b) &= \sup\{\beta: D_o(x, (y, b) + \beta(y, b)) \leq 1\} \\ &= \sup\{\beta: (1 + \beta) D_o(x, y, b) \leq 1\} \\ &= \sup\{\beta: \beta \leq \frac{1}{D_o(x, y, b)} - 1\} \\ &= 1/D_o(x, y, b) - 1. \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

식 (3)의 거리함수 및 방향거리함수와의 관계로 살펴본 생산성 분석에 기초하여 t기와 t+1간의 시간적 경과에 따른 ML생산성 지수는 식 (4)와 같은 기하평균으로 도출된다.

$$\begin{aligned} ML^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) &= \left[\frac{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{1 + D^{t+1}(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \left[\frac{1 + D^{t+1}(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)} \cdot \frac{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{1 + D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right]^{1/2} \\ &= \frac{TE^{t+1}}{TE^t} \times [TG_t^{t,t+1} \cdot TG_{t+1}^{t,t+1}]^{1/2} \\ &= EC^{t,t+1} \times TC^{t,t+1}, \end{aligned} \dots\dots\dots (4)$$

식 (4)에 나타난 전통적인 ML생산지수는 t, t+1 두 기간의 기하평균방식으로 계산하기 때문에 계산 불가능한 해 (infeasible solution)가 존재한다. 예를 들면 <그림 3>에서 관측치 A의 경우, t기에는 생산가능곡선안에 있지만, t+1기간에는 새로운 생산가능곡선(frontier) 밖에 있기 때문에 t와 t+1의 기하평균방식으로 계산 할수 없다 (부분적인 기술적 후퇴의 경우). 이에 따라 Pastor and Lovell (2005)은 이 두 기간을 포용하는 새로운 Global frontier에 기초한 Global Malmquist생산성지수를 처음으로 제시했다. Global frontier는 모든 기간의 생산가능곡선을 하나의 단일화된 생산가능포락곡선을 추가하여 만든 frontier이다. (<그림 3> 참조). 여기에서 GML 생산성 지수에서 Global이 의미하는 바는 생산가능곡선의 다양한 형태를 총체적으로 수용하고 있다는 의미라 할 것이다.



자료 출처: Oh (2010a), "A Global Malmquist-Luenberger Productivity Index", *J. of Prod. Anal.*, 34: 183-197

<그림 3> GML 생산성 지수의 개념적 이해

<그림 3>에 기초하여 투입요소 x와 경제적 성과 y 및 비경제적 영향 (환경오염) b의 최적 벡터를 기준으로 각각의 시간적 차이에 따른 GML지수는 다음과 같이 구성된다.

$$\begin{aligned}
 &GML^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) \\
 &= \frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} = \frac{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \\
 &\times \left[\frac{(1 + D^G(x^t, y^t, b^t))/(1 + D^t(x^t, y^t, b^t))}{(1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}))/ (1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}))} \right] \\
 &= \frac{TE^{t+1}}{TE^t} \times \left[\frac{BPG_{t+1}^{t,t+1}}{BPG_t^{t,t+1}} \right] \dots\dots\dots (5) \\
 &= EC^{t,t+1} \times BPC^{t,t+1},
 \end{aligned}$$

GML지수를 분해하여 얻은 TE^t는 t시점에 측정된 기술적 효율성 (Technical Efficiency)을 말하며, EC^{t,t+1}는 두 기간에 걸쳐 변화된 기술적 효율성의 증가율 EC (Efficiency Change term)을 말하고 이 증가율이 1보다 큰 경우, 효율성의 증가 즉 최적의 성공사례에 의해 얻어진 가능성곡선의 경계에 보다 가까워졌다는 것을 의미한다. 이러한 효과는 추구 성과(catch-up)효과라고 부른다.

한편 식의 오른쪽 BPG^{t,t+1}는 주어진 시점 t에 최상의 기술적 사례와 시공을 초월해 원점으로부터 동일선(ys, bs)상에 있는 최상의 기술적 사례간의 기술격차 (Business Practice Gap)를 말하며 따라서 BPC^{t,t+1}은 두 기간에 걸쳐 기술적 진보의 변화로 나타낸 최적점과의 기술적

격차를 의미한다. 사실은 BPC도 전통적인 ML지수 중에서 TC (Technical Change)와 같은 의미를 가지며 혁신효과 (innovation)를 반영한다 (Oh, 2010a).

따라서 구성요소의 분해에 의해 제시된 GML 생산성 지수는 결국 시간의 경과에 따른 녹색생산성의 변화와 최적의 기술적 사례에 근접해지는 기술격차의 향상으로 나타나며 이에 따라 녹색생산성과 단순한 경제적 효율성을 비교분석하는데 용이할 뿐 아니라 기술적 격차의 분야별 원인을 추출해냄으로써 최적의 사례에 기초한 시사점과 대응방안의 도출이 명료하고 체계적이라는 점에서 그 이론적 설득능력과 현장에서의 전략적 활용능력이 매우 높다고 할 것이다. 특히 본 연구에서 사용하고 있는 GML지수방식은 경제적 성과와 환경에의 오염을 동일 차원에서 수용하는데서 오는 다양한 사전 제약조건을 크게 완화하여 보다 탄력적이면서도 이론적 타당성을 크게 높였다는 점에서 학술적 가치가 매우 양호하다고 할 것이다.

III. 녹색 생산성 실증분석 결과와 정책적 시사점

1. 자료의 구성과 일반적 특성

위에서 도출된 GML 지수의 분석모형에 기초하여 본 연구는 우리나라 2001에서 2010년까지 10년간의 지역별 운송산업의 녹색생산성을 평가하고자 한다. 이를 위한 투입변수로는 자본과 노동 및 에너지 변수를 선정하였다. 자본과 노동은 대표적인 경제성장의 기본 투입요소이며, 에너지 사용량은 환경영향의 기본 투입변수로서 중요한 의미를 갖기 때문이다. 자본은 고정 자본량 (Capital stock)를 말하며, 노동의 경우 천명을 단위로 하고 있고, 에너지는 화석연료를 기준으로 하되 모든 화석연료를 표준석유가치 (TOE, Tons of Oil equivalent)로 추계하였다. 산출변수에는 먼저 경제적 성과변수로 한국의 지역별 물류총생산을 백만달러 단위로 계상하였고, 환경에의 영향을 평가하는 환경영향 산출변수로는 이산화탄소 배출량을 천톤 단위로 계상하였다.

통계자료의 출처로는 먼저 물류운송산업의 노동자, 자본 그리고 물류총생산규모 자료는 통계청의 연감에 기초하고 있고, 물류 운송산업의 에너지 소모규모는 지역 에너지 연감 (Regional Energy Statistics (2001-2010))에 기초하였다. 물류운송 산업의 이산화탄소 배출량에 대한 직접적인 통계치는 제시된 바 없어, IPCC(2006)에서 제공한 에너지 전환요인 수식을 이용하여 추계하였다 (최용록, 2012). 각 에너지별 이산화탄소 전환 요소는 <표 2>에 나타나 있으며, 각 변수의 기술적 통계치는 <표 3>에 나타난 바와 같다.

<표 2> 주요 탄화연료의 CO2 배출 계수

연료	Diesel	Gasoline	Kerosene	Fuel oil	Butane	City Gas	Propane
CEF	0.837	0.783	0.812	0.875	0.713	0.637	0.696
CDEF	3.069	2.871	2.977	3.208	2.614	2.336	2.552

주: CEF (Ton C/TOE), CDEF (Ton CO2/TOE)

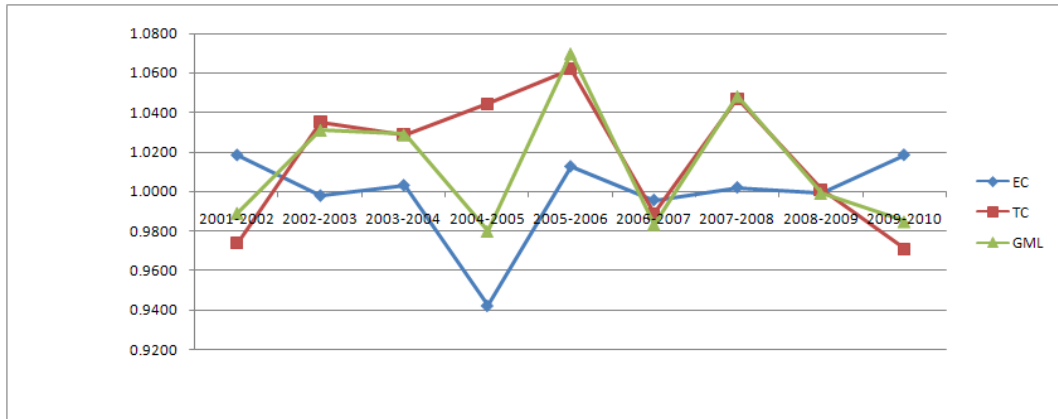
자료: 지식경제부 사이트

<표 3> 기술적 통계치 (2001-2010)

변수	표본	단위	평균	중위수(Med.)	표준편차	최소치	최대치
노동	160	천명 unit	61.0	31.3	78.5	10.5	375.3
자본	160	백만달러	5873.0	1439.0	12187.0	109.0	64247.0
에너지	160	천TOE	2186.0	1673.0	1662.0	325.0	7592.0
총생산	160	백만USD	4769.0	1290.0	12051.0	217.0	78484.0
이산화탄소	160	천톤	491.3	323.0	444.0	53.7	2106.0

2. 실증분석 결과

앞에서 제시된 식(5)의 GML 녹색생산성 지수 계산식을 이용해서 물류운송산업의 녹색생산성 변화 및 그의 분해요소인 효율성변화(EC)와 기술진보(TC)를 통계패키지 R로 분석한 결과, <그림4>에서 연구기간 2001-2010년 동안 한국의 물류운송산업 녹색생산성지수 (GML)는 지속적으로 1보다 큰 것으로 꾸준한 성장을 거듭해왔음을 알 수 있다. GML 녹색생산성지수는 평균적으로 1.013로 나타났으며 이는 녹색생산성이 매년 1.3%정도로 성장되었음을 의미한다. 다만 2001-2002, 2004-2005, 2006-2007 기간에는 녹색생산성이 상대적으로 감소한 것으로 나타났다. <그림4>를 살펴보면 한국의 물류산업 녹색생산성증가의 동인은 기술진보(TC) 때문인 것으로 나타났다. 녹색 기술진보 지수가 연평균 1.017로 나타났으며 이는 연구기간에 물류운송산업의 기술진보가 매년 1.7%씩 성장한 반면, 효율성변화 (EC)는 0.99로 나타나 녹색효율성은 오히려 매년 0.1%정도씩 감소했음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 연구기간 동안에 한국 물류산업의 녹색생산성의 증가 원인이 주로 물류산업의 녹색 기술진보에서 비롯되었음을 의미한다.



〈그림4〉 한국 물류운송산업의 녹색 생산성변화 및 분해 요소

한편, 지역별 물류산업의 녹색생산성변화를 분석하기 위해, 먼저 녹색생산성의 핵심요소인 녹색 효율성변화를 살펴보면 그 결과는 <표 4>에 있다. 앞에 언급한 것과 같이 연구기간 평균적으로 물류산업의 녹색효율성은 감소하는 것으로 나타났다. 이를 지역별로 분석해보면 <표 4>와 같이 2001-2010년 동안 7개 지역의 녹색 효율성은 평균적으로 1보다 큰 것으로 나타나 녹색 효율성이 성장한 반면, 9개 지역의 효율성은 1보다 작은 것으로 나타나 효율성이 감소하는 것으로 보인다. 2010년말 강원도의 녹색효율성이 1.58로 가장 높게 나타났으며 이는 58%의 획기적인 녹색효율성의 성장해왔음을 나타낸다. 지역별 평균을 별도로 계산하면 가장 높은 것이 경북의 1.068%로 나타나 동 지역은 매년 6.8%의 꾸준한 성장세가 지속되어 왔음을 알 수 있다.

〈표 4〉 한국 물류산업 녹색 효율성변화(EC) 의 결과

지역	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
부산	1.0508	1.1244	0.9888	0.9076	0.9560	0.9955	0.9867	0.9446	1.0430
충북	1.1179	1.0076	0.9648	1.0365	0.9011	0.9109	1.1272	1.0808	1.0000
충남	1.1174	1.0000	1.0000	0.8188	1.0300	1.1858	1.0000	1.0000	0.7832
대구	1.1470	0.9123	1.0847	0.9383	0.9930	0.7449	1.0018	0.9561	1.0325
대전	0.9829	1.0338	0.9959	0.9760	1.1221	1.0764	0.8891	0.9370	1.0181
강원	1.1466	0.9376	0.9106	0.6589	0.9563	0.9897	0.9958	0.9883	1.5827
광주	1.0000	1.0000	1.0000	0.9508	0.6102	1.1398	0.9263	0.9433	0.9603
경기	1.0000	1.0000	0.8539	1.1711	1.0000	1.0000	0.9130	0.9506	1.1523

지역	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
경북	1.0233	1.0068	1.1412	0.7501	1.6245	0.9963	1.0609	1.0648	0.9457
경남	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
인천	0.5751	1.0426	1.0011	0.9757	1.0009	1.0333	0.9954	0.9550	1.0080
제주	1.0429	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8902	1.0760	0.9477	1.1017
전북	1.0222	0.9890	1.0466	0.9634	1.0006	0.9803	1.0775	1.0000	0.5369
전남	1.0706	0.9141	1.0643	0.9285	1.0104	0.9894	0.9849	1.2716	1.2537
서울	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
울산	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9510	0.8798
전체	1.0185	0.9980	1.0032	0.9422	1.0128	0.9958	1.0022	0.9994	1.0186

<표 5>는 녹색생산성의 또 다른 요소인 녹색 기술진보변화의 결과를 나타내고 있다. 앞에 언급한 바와 같이 2001-2010년동안 평균적으로 한국 물류운송산업의 녹색기술진보 수준이 상승하였고, 이를 다시 지역별로 분석해보면 거의 모든 지역이 연구기간동안 전체적으로 녹색 기술진보를 보여 왔다. 다만 경상남도의 녹색기술진보지표는 기간 평균 1로 나타났으며 그 의미는 이 지역의 녹색기술수준이 거의 변하지 않았음을 의미한다.

<표 5> 한국 물류운송산업 기술진보의 결과

지역	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
부산	0.961	0.893	1.031	1.135	1.071	1.014	1.031	1.032	0.945
충북	0.963	1.100	1.060	0.991	0.978	1.021	1.024	0.944	1.094
충남	0.908	1.083	1.052	1.029	1.031	1.053	1.011	1.000	0.927
대구	0.965	1.094	0.945	1.075	1.061	1.056	1.018	1.021	0.951
대전	1.014	0.977	1.013	1.044	0.985	0.970	1.088	1.034	0.950
강원	0.950	1.022	1.064	1.028	1.051	1.007	1.009	1.009	0.925
광주	1.007	1.108	0.933	1.015	1.124	0.890	1.070	1.104	0.976
경기	1.015	1.073	1.186	0.940	1.096	1.012	1.084	0.960	0.898
경북	0.987	1.028	0.924	1.215	0.958	1.037	1.012	0.951	0.989
경남	0.815	1.037	1.183	0.932	1.017	1.055	1.000	0.902	1.058
인천	1.036	0.972	1.009	1.042	1.016	1.001	1.024	1.027	0.961
제주	1.008	1.011	1.009	1.039	1.062	0.909	1.050	1.037	1.038
전북	0.965	1.046	1.045	1.009	1.027	1.032	1.024	0.961	1.023
전남	0.925	1.096	0.950	1.087	1.008	1.009	1.015	0.996	0.922
서울	0.994	0.990	1.040	1.146	1.083	1.002	1.074	1.082	0.858

지역	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
울산	1.069	1.034	1.018	0.983	1.426	0.753	1.217	0.956	1.021
전체	0.974	1.035	1.029	1.044	1.062	0.989	1.047	1.001	0.971

한국 물류산업 녹색생산성 성장의 2개 분해요인을 분석하였으므로, 이제 이들 결과를 종합하여 총 녹색생산성변화 (GML지수)를 분석해 보면, <표 6>에서 나타난 바와 같이 연구기간 한국 물류운송산업의 녹색생산성은 평균 1.013로 나타나, 전체적으로는 녹색생산성이 향상되었다고 할 수 있다. 이와 같은 녹색생산성 증가의 원인은 주로 녹색 기술진보에서 찾을 수 있다. 지역별로 분석해보면 11개 지역은 연구기간에 걸쳐 녹색생산성이 증가된 것으로 나타났다으며, 5개 지역은 녹색생산성이 감소된 것으로 나타났다. 그중에서 경상북도의 녹색생산성 지수는 평균 1.069로 나타나 가장 뛰어난 반면, 인천의 녹색생산성지수는 0.962로 나타나 전체 연구대상 지역에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 2010년 기준으로는 강원도가 1.464로 역시 연도별 성장에서는 가장 뛰어난 성과를 나타내었다.

<표 6> 한국 물류산업 총녹색생산성변화 결과

지역	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
부산	1.010	1.004	1.020	1.030	1.024	1.010	1.017	0.975	0.986
충북	1.076	1.109	1.023	1.027	0.881	0.930	1.155	1.020	1.094
충남	1.014	1.083	1.052	0.843	1.062	1.248	1.011	1.000	0.726
대구	1.107	0.998	1.025	1.008	1.053	0.787	1.019	0.976	0.982
대전	0.996	1.010	1.009	1.019	1.105	1.044	0.968	0.969	0.967
강원	1.089	0.958	0.969	0.677	1.005	0.997	1.004	0.997	1.464
광주	1.007	1.108	0.933	0.965	0.686	1.014	0.991	1.041	0.938
경기	1.015	1.073	1.013	1.101	1.096	1.012	0.989	0.912	1.035
경북	1.010	1.035	1.055	0.911	1.557	1.033	1.073	1.013	0.936
경남	0.815	1.037	1.183	0.932	1.017	1.055	1.000	0.902	1.058
인천	0.596	1.013	1.010	1.017	1.017	1.034	1.019	0.980	0.968
제주	1.052	1.011	1.009	1.039	1.062	0.809	1.130	0.983	1.144
전북	0.986	1.035	1.093	0.972	1.028	1.012	1.103	0.961	0.549
전남	0.990	1.002	1.011	1.009	1.018	0.999	1.000	1.267	1.155
서울	0.994	0.990	1.040	1.146	1.083	1.002	1.074	1.082	0.858
울산	1.069	1.034	1.018	0.983	1.426	0.753	1.217	0.909	0.898
전체	0.989	1.031	1.029	0.980	1.070	0.984	1.048	0.999	0.985

3. 정책적 시사점

본 연구는 물류 산업을 중심으로 한국정부가 주도하고 있는 친환경 녹색성장의 실질적인 경쟁력을 강화하기 위한 경제활동과 이에 따른 비경제적인 환경적 피해를 조화롭게 추진하기 위한 통합적인 연구접근 방법의 체계적인 연구의 비교분석적 방법론에 기초하여 물류산업의 녹색생산성 변화 추이를 분석하고 있다. 비록 전체적인 생산성의 변화가 뚜렷한 추세를 보이지도 않을 뿐만 아니라 연도별, 지역별 추이에서도 구체적인 정책적 시사점을 파악하기가 용이하지 않으나 그럼에도 불구하고 다음과 같이 한국의 물류산업의 녹색생산성을 강화하기 위한 정책적 시사점을 도출해 볼 수 있을 것이다.

첫째로 GML지수에 의한 실증분석은 그동안 영세성에서 벗어나지 못하여 제대로 된 연구가 미흡하던 물류산업에 친환경 녹색성장을 위한 정부의 정책적 지원과 이에 따른 친환경적 녹색성장의 경제적 성과간의 괴리를 정확하게 분석하고 있다는 점이다. 특히 2004년을 계기로 전세계적인 녹색성장과 대체에너지 열풍으로 한국의 물류산업 역시 상당한 녹색생산성 증가가 돋보였으며, 나아가 2008년 세계적인 경제불황으로 녹색생산성이 취약해가는 과정에서 물류효율성(EC)만큼은 새롭게 반등함으로써 녹색물류활동이 단순한 기술혁신에 의존하기보다 체질화된 물류관리의 친환경적 인식의 변화에서 새롭게 지속되고 있다는 것으로 평가되어 보다 바람직한 녹색인센티브의 실행이 효과적인 것을 알 수 있다.

둘째로 비록 연도별, 또는 지역별 녹색생산성의 변화가 획기적으로 변화하지는 않았으나 녹색생산성이 주로 기술진보에 의해 주도되고 있음을 표들을 통하여 알 수 있다. 이에 따라 녹색생산성의 혁신적인 기술진보를 촉진하기 위한 기업의 인센티브 강화와 녹색물류의 기술적 혁신을 가속화하기 위한 사회적 환경의 조성이 그 어느 때보다 절실한 것을 알 수 있다. 특히 경남지역이 타지역에 비해 효율성의 성장이 취약하다는 점은 정부의 선택과 집중에 의한 노력이 동 지역에 추가되어야 할 것으로 보인다.

셋째로 그동안 거의 시도된 바 없는 최신의 연구모형을 적용하여 실증분석에 의한 타당성을 인정받음으로써 이를 기초로 전세계에서 가장 앞선 녹색성장과 녹색생산성의 새로운 접근방법을 제시하고 있다는 점이다. 특히 최근 GCF의 유치에 따라 녹색성장과 녹색생산성의 현장 및 성과지향적 정책을 전세계적으로 선도해야 할 한국정부로서는 그동안 상당한 제약 조건하에서 진행된 다양한 선행연구의 문제점을 체계적으로 개선하고 동종 업계간 효율성은 물론, 시간의 경과에 따른 기술혁신의 성과와 산업간 효율성의 상대적인 평가를 동시에 수용하는 본 모형의 활용을 통하여 특히 녹색생산성의 효용성에 의문을 제기하는 개도국들에게

상당한 설득력을 갖고 본 연구모형을 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 본 연구모형이야말로 실증분석 결과에서 나타난 바와 같이 효율성의 추이에서 논리적 비약이나 단절이 없이 국내외 환경과 시공간적 여건을 그대로 반영하여 상대적인 효율성을 구체적으로 평가하여 지역별 위와 열위간의 격차를 해소할 수 있는 방향을 설정해주는 좋은 모형이기 때문이다.

본 연구의 가장 큰 정책적 의미는 세계적으로 점증하는 지속가능 통상의제에 부응하여 이와 같은 녹색성장의 실증분석을 위한 체계적인 방향을 제시하였다는 점에 무엇보다 중요한 의의를 갖는다고 할 것이다. 이를 통하여 설득력 있는 녹색기술 혁신의 지속적인 추진과 녹색생산성의 중요성에 대한 인식전환에 기초한 녹색효율성의 체질화가 무엇보다 지속될 수 있는 정책적 배려가 중요하다고 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 녹색생산성의 추이를 비교분석적 시각에서 접근하여 녹색생산성의 변화가 주로 기술혁신에서 비롯되지만 기업내부의 체질화 역시 매우 중요하다는 시사점을 제시하고 있다. 기술혁신이 시장친화적으로 전개되어 녹색성장이 성장동력으로 자리매김하기 위해서는 무엇보다 그동안 녹색생산성을 비용절감의 차원에서만 추진하려는 기업들의 반환경친화적 정서와 탄소배출권 등의 새로운 녹색산업에 대한 비교경쟁력 열위를 우려하는 정책적 우려를 제거하는 것이 무엇보다 필요하다고 할 것이다. 2013년부터 시행하려던 탄소배출권 거래제도를 2년간 유예한 정부의 방침이나 이를 두고 침예하게 갈등하고 있는 전통적 기업들과 혁신형 녹색기업들간의 전략적인 힘겨루기에도 불구하고 중요한 것은 GCF의 출범에서 나타난 것처럼 피할 수 없는 대세라면 이에 대해 더 이상 머뭇거릴 시간적 여유가 없다는 상황인식이다.

2012년 12월 온실가스배출권 거래법 시행령이 제정되면 이에 따라 탄소배출권 시장을 담당할 거래소를 두고 한국거래소와 전력거래소가 이미 선점경쟁을 시작하였고, 또 배출권의 거래 활성화를 위해 수출입은행과 기업은행, 산업은행과 정책금융공사 등이 배출권 시장의 유동성을 공급해주는 중계기관으로 참여를 추진 중이다. 이와 같은 상황에서 일단 초기 기업들의 부담을 덜어주고자 정부는 일단 배출권의 95%를 기업에 무상 제공해 기업의 부담을 줄여주고, 시장 참여를 늘리기 위해 인센티브도 확대할 방침이지만, 생산시설 해외이전, 고용 및 투자 감소 등의 피해를 줄이기 위한 노력도 필요할 것으로 보인다. 무엇보다 이와 같은 시행초기의 시행착오를 줄이기 위해서는 본 연구가 제시한 바와 같이 보다 다양하고 광범위

한 “한국형 연구”에 기초하여 탄소배출권의 거래가격 설정에서 시작하여 녹색생산성의 시장 거래를 활성화하기 위한 수요와 공급의 시장 조성기능이 긴요하게 요구된다 할 것이다. 최근 불거지고 있는 원전사태에서 나타난 바와 같은 안전 불감증이나, 한국형 탄소배출권에 대한 구체적인 분석결과조차 없이 유럽연합 등의 선진국 가격을 적절하게 벤치마킹하겠다는 임기응변식으로는 결코 GCF를 유치한 선진국의 경쟁력이 도출될 수 없다. 본 연구에서 강조하고 있는 물류산업에 대한 녹색 기술혁신의 중요성을 다시금 강조하며, 지속가능한 녹색성장을 주도하기 위한 정부의 일관되고 예측가능한 정책의 추진을 강조하는 바이다.

참 고 문 헌

- 최용록, “글로벌 녹색성장의 연구방법론적 고찰”, 『통상정보연구』, 14권 2호, 2012. pp. 349~367.
- Banker RD, Charnes A, Cooper WW., Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* Sep.;30(9). 1984. pp. 1078-1092
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur J Oper Res* 11;2(6), 1978. pp. 429-44.
- Choi, Y. “Does Proactive Green Logistics Management Improve Business Performance? A Case of Chinese Logistics Enterprises”, *African Journal of Business Management*, 5:17, 2011. pp.564-7574.
- Choi, Y. “Green management of logistics enterprises and its sustainable performance in Korea”, *African Journal of Business Management*, 6:4, 2012. pp.1475-1482.
- Chung, Y.H., Färe, R., Grosskopf, S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management* 51, 1997. pp.229-240
- Färe R, Grosskopf S, Pasurka CA Jr. Accounting for air pollution emissions in measures of state manufacturing productivity growth. *J Reg Sci* 41, 2001. pp.381-409
- Färe R, Grosskopf S, Lovell C.A.K. and Pasurka C. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*. 71. 1989. pp.90-98
- Kumar S. Environmentally sensitive productivity growth: a global analysis using

- Malmquist-Luenberger index. *Ecol Econ* 56. 2006. pp.280–293
- Oh, D.H, “A Global Malmquist-Luenberger Productivity Index”, *J. of Prod. Anal.*, 34. 2010a. pp.183-197
- Oh, D.H., . A metafrontier approach for measuring an environmentally sensitive productivity growth index. *Energy Economics*, 32, 2010b. 146-157.
- Pastor J, Lovell C. Circularity of the Malmquist productivity index. *Econ Theory* 33. 2007. pp.591–599
- Wang Q, Zhou P, Zhou D. Efficiency measurement with carbon dioxide emissions: The case of China. *Appl Energy*, 90. 2011. pp.161-6.
- Weber W, Domazlicky B. Productivity growth and pollution in state manufacturing. *Rev Econ Stat* 83. 2001. pp.195–199
- Wei YM, Liao H, Fan Y. An Empirical Analysis of Energy Efficiency in China’s Iron and Steel Sector. *Energy*, 32. 2007. pp.2262-70.
- Yeh T, Chen T, Lai P. A comparative study of energy utilization efficiency between Taiwan and China. *Energy Policy*, 38. 2010. pp.2386-94.
- Yoruk BK, Zaim O. Productivity growth in OECD countries: a comparison with Malmquist indices. *J Compar Econ* 33. 2005. pp.401–420
- Yu MM, Hsu SH, Chang CC, Lee DH. Productivity growth of Taiwan’s major domestic airports in the presence of aircraft noise. *Logist Transp Rev* 44. 2008. pp.543–554
- Zhou P, Ang BW, Han JY. Total factor carbon emission performance: A malmquist index analysis. *Energy Econ* 1;32(1). 2010. pp.194-201.
- IPCC (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, available at http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

ABSTRACT

Green Productivity Analysis of the Logistics Industry for the Global Competitiveness

Yong-Rok, Choi*

Recently, the successful appointment of the general directorate of GCF (Green Climate Fund) in Songdo of Korea made a great history for the golden triangle with GGGI (global Green Growth Institute) and GTC (Green Technology Center). Now, Korea became the Mecca for the global green growth and it gave a great opportunity for the Korea to lead the global economy in the future. However, to successfully manage the GCF, the Korean government should show their willingness as well as the readiness for the green growth and green productivity. It is really hard for the Korea, since it takes the second rank for the growth rate of carbon dioxide emission in the world. To overcome this shameful status, it should make the best effort to promote the green productivity, especially in a field of logistics industry, because it takes 21% of global CO₂ emission, the second largest portion. The research aims to systematically introduce the Global Malmquist-Luenberger Index (GML) and to evaluate the logistics industry of Korea based on the GML approach. It concludes the innovative technology is utmost important to improve the green productivity of the logistics industry and thus the Korean government should make more aggressive role to fill this missing link in the innovation network.

Key Words : Global Malmquist-Luenberger Index (GML), Directional Distance Function (DDF), Green Logistics, Green Productivity, Emission Trading System (ETS)

* Professor, Inha University (yrchoi@inha.ac.kr)