

OECD 회원국의 녹색지수 측정을 통한 녹색정책방향 도출*

오동현** · 이윤준***

〈요 약〉

최근 들어 녹색성장에 대한 관심이 전세계적으로 높아지고 있다. 한국의 정책 또한 녹색을 키워드로 삼아 정책의 방향성을 설정하고 있는 상황이다. 본 연구는 한국의 녹색지수를 OECD 회원국과 상호 비교하여, 한국의 녹색현황과 향후 정책방향을 설정하는 것을 목적으로 삼는다. 정량분석 결과, 한국의 녹색지수는 OECD 회원국의 평균에 비해 상당히 낮은 것으로 평가되었으며, 향후 효율적인 녹색정책을 개발하기 위해서는 영국을 벤치마크 삼아야 함을 보여주었다. 방대한 자료를 사용하여 녹색지수를 개발하여 국별 상호비교를 수행했다는 점에서 본 연구의 기여도를 찾을 수 있다.

주제어 : 녹색지수, OECD, 벤치마크

* 본 논문은 정기철 회(2011)의 정책연구 내용 중 OECD 회원국의 녹색지수 측정 분석 결과를 수정, 보완한 것이다. 본 연구는 과학기술정책연구원의 지원으로 수행되었고, 2011 학년도 인하대학교의 지원(INHA-44090-01)으로 발간되었다.

** 인하대학교 산업공학과.

*** 과학기술정책연구원(교신저자).

As the global concerns focus on the sustainable growth, the green growth has been one of key words for the Korean government's policy trajectory. This study measures the green index for OECD countries in order to gauge and diagnose the current status of the green growth policy for Korea. The empirical results tell us that Korea's green index is relatively small and it needs to benchmark UK for improving her green policy. The contributions of the current study are to use a large set of data for green growth and to result in quantitative empirical results.

Keywords : Green growth index, OECD, benchmark

JEL 분류 : O21, O57, Q54

I. 분석의 개요

녹색성장에 대한 전세계적인 관심이 커짐에 따라 녹색성장지수를 개발하기 위한 노력이 지속적으로 증대하고 있다. 녹색성장에 대한 정치·경제적 시각이 각 국별로 다를 뿐만 아니라, 정량분석 결과의 해석에도 이견이 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근 OECD에서는 녹색성장을 측정하기 위한 개요를 제시한 바 있다(OECD, 2010). OECD(2010)는 녹색투자와 녹색혁신을 저해하는 요소를 추려내고, 녹색성장과 경제성장을 동시에 살펴볼 수 있는 여러 지표를 제시하였다. 이들 지표는 크게 경제 성장을 저해하는 항목과 정책 및 시장 실패로 인해 경제주체가 녹색생활로부터 혜택을 얻지 못하게 하는 항목 두 가지로 이루어져 있다.¹⁾

녹색성장에 대한 여러 이해당사자의 혜택 내지는 이권이 달려 있기 때문에, 녹색성장에 대한 국별 이견이 존재한다. 2009년 코펜하겐 회의와 칸쿠회의에서 선진국과 개도국 간에 존재하는 이견은, 탄소배출저감에 대한 국가정책이 해당 국가뿐만 아니라 이들 국가와 경제·사회적으로 얽여 있는 타 국가에도 영향을 미치기 때문에 단시일 내에 풀어낼 수 없다는 사실을 직적접으로 보여주고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 대표적인 연구로서는 Jotzo(2010) 등을 들 수 있다. Jotzo 등의 연구그룹은 국제 산업연관표와 각국의 탄소배출 저감 노력을 엮은 방법론을 제시한 바가 있다. 이들은 국가 간에 이뤄지는 수출입 제품에 내재되어 있는 탄소배출량을 지속적으로 추적할 수 있는 자료를 구축하고 탄소누출(Carbon Leakage) 현상을 파악하였다. 이들이 연구는 방법론적인 측면에서나 자료구축의 측면에서 상당히 방대한 작업을 수행하였으나, 다음과 같은 점에서 문제점이 제기되고 있다. 첫째로, 자료구축 시간이 오래 걸려 최근

1) 이들 항목들은 서로 영향을 주고 세부 항목별로 겹치는 부분이 많아 명확한 정의를 위해서 지속적인 논의가 이루어지고 있는 실정이다.

까지 구축된 자료는 2004년에 제한되어 있다. 이로 인해 약 7~8년 동안 전세계적인 탄소배출 저감 및 경제정책이 자료에 반영되어 있지 못하다는 문제점을 내포하고 있다. 둘째로, 이들이 개발한 방법론이 CGE(Computational General Equilibrium) 모형에 기반하여 있어 세부 모형의 모수가 연구자에 의해 자의적으로 주어져야 한다는 문제점을 안고 있다.

이들의 접근과는 달리 다소 단순한 방법론을 사용하기는 하지만 이를 대체하기 위한 접근으로서, 물량자료만을 사용하면서 선형대수문제를 풀어내는 맘퀴스트-루엔버거 생산성 지수(Malmquist-Luenberger productivity index)가 널리 쓰이고 있다(Chung et al. 1997; Oh, 2010a; Oh, 2010b; Oh and Heshmati, 2010). 하지만 맘퀴스트-루엔버거 생산성 지수는 사회적/정책적 변수를 반영하기가 힘들다는 점에서 또 다른 문제점을 내포하고 있어, 지속적인 개선의 여지가 남아 있다.

본 연구에서는 이들 두 연구그룹의 단점을 극복하기 위한 녹색성장지수를 도출함을 그 목적으로 한다. 녹색성장과 관련한 다양한 지표를 통합하여 녹색성장지수를 도출해 내고, 녹색성장의 관점에서 한국의 위상과 위치를 파악함을 그 첫 번째 목표로 둔다. 향후 한국이 환경적, 경제적으로 지속가능한 발전을 누리기 위해서 어떤 국가를 벤치마크 삼아야 할지를 자료포락분석법을 이용하여 파악하는 것을 그 두 번째 목표로 삼는다. 정량분석으로 추려낸 녹색선진국을 파악하여 이들 국가가 녹색성장을 이룩하기 위하여 어떤 노력을 기울여 왔는지를 정성적으로 파악하고, 향후 한국의 정책방향을 제시함을 그 세 번째 목표로 한다. 본 연구의 네 번째 목표는 녹색·경제 관련 차별화 정책을 도출하기 위하여 정량분석을 시도하고, 각각의 녹색·경제 관련 정책에 영향을 미치는 지수들을 찾는 것이다.

본 연구의 열개는 다음과 같다. II장에서는 본 연구에서 사용된 방법론에 대해 개괄한다. III장에서는 정량분석에 사용된 여러 지표 및 지수들에 대해서 살펴보고, 정량분석의 결과에 대해 논한다. 또한 녹색 벤치마크 국가의 환경 정책을 살펴보고, 정책의 지향 목표에 따라 정책 차별화 전략을 세우기 위하여 계량

경제학적 분석을 수행한다. 마지막으로 IV장에서는 짚막하게 결론을 제시한다.

II. 분석 방법론

II장에서는 본 연구에서 사용된 방법론에 대해 짧게 개괄한다. 분석방법론에 대한 보다 더 자세한 설명은 OECD(2008) 및 이정동·오동현(2010)을 참고 하길 바란다. 본 연구에서는 다음과 같은 세가지 접근법을 활용하여 OECD 각국의 녹색노력 정도를 계측하고자 했다. 첫째로, 지표들 표준화하여 지수화를 시켰다. 국별로 지표의 크기가 상당히 다를 뿐만 아니라, 지표가 갖는 특성을 반영하기 위해서이다. 둘째로, 자료포락분석법을 이용하여 국별로 녹색성장에 대한 비효율성을 계측하였다. 이는 다투입-다산출의 상황을 비효율성이라는 하나의 수치를 이용하여 살펴보기 위함이다. 셋째로, 녹색성장의 비효율성에 미치는 요인을 살펴보기 위하여 회귀분석을 이용하였다.

1. 지표의 지수화

세부 지표로 선정된 변수들을 하나의 지수로 집계하기 위해서는 표준화(normalization), 가중치 부여(weighting), 집계(aggregation)의 과정이 필요하다. 선정된 지표들은 각각 단위, 기준, 성질 등이 서로 다르기 때문에 상이한 변수들을 동일한 기준에서 평가하기 위해서는 자료의 표준화 과정이 필요하다. 세부 지표의 표준화 방법은 자료의 성격, 분석의 목적 등에 따라 다양하며, 대표적으로 쓰이는 지표의 표준화 방법은 <표 1>에 수록되어 있다.

본 연구에서는 복합 지수의 계산 및 국가간 비교를 용이하게 하기 위해 다음과 같은 변환과정을 거쳤다. 우선 각각의 지표별로 최대값을 갖는 국가의 지표값을 1로, 최소값을 갖는 국가의 지표값을 0으로 갖도록 Min-Max 방법을 적

〈표 1〉 세부 지표 변수의 표준화 방법

방법	변환식	특징
Ranking	$I_{qc} = Rank(x_{qc})$	이상치(outlier)에 영향을 받지 않음
Standardization	$I_{qc} = \frac{x_{qc} - x_{qc} = \bar{c}}{\sigma_{qc} = \bar{c}}$	모든 자료를 평균이 0, 표준편차가 1이 되도록 변환
Min-Max	$I_{qc} = \frac{x_{qc} - \min_c(x_q)}{\max_c(x_q) - \min_c(x_q)}$	최소값과 최대값을 기준으로 모든 자료의 수치를 0과 1사이에 분포시킴
Distance to a reference country	$I_{qc} = \frac{x_{qc}}{x_{qc} = \bar{c}}$ or $I_{qc} = \frac{x_{qc} - x_{qc} = \bar{c}}{x_{qc} = \bar{c}}$	기준이 되는 지수에 대한 측정지수의 비율을 이용
Percentage of annual differences over consecutive years	$I_{qc} = \frac{x_{qc}^t - x_{qc}^{t-1}}{x_{qc}^t}$	전년도 대비 증감율을 수치로 나타냄

자료 : OECD (2008).

용한 이후에 100을 곱해 100점 만점으로 변환하였다. 그리고 분석에 사용된 지표 변수들 중 값이 커질수록 바람직한 변수들은 다음의 식 (1)을 통해 변환 과정을 거친다.

$$I_{qc} = 100 \times \frac{x_{qc} - \min_c(x_q)}{\max_c(x_q) - \min_c(x_q)} \quad (1)$$

하지만 식 (1)은 비재화(undesirable output)²⁾의 경우에 점수가 높을수록 좋은 국가로 산식이 결정된다는 문제점을 내포하므로, 비재화의 경우에는 식 (2)의 산식을 이용하여 변환하였다.

$$I_{qc} = 100 \times \frac{\max_c(x_q) - x_{qc}}{\max_c(x_q) - \min_c(x_q)} \quad (2)$$

2) 사회·경제적으로 부(-)의 영향을 미치는 재화 혹은 산출요소를 비재화라고 한다. 비재화는 산출량이 적을수록, 혹은 지표값이 작을수록 더 좋다.

식 (1)과 식 (2)를 통해 각각 표준화된 변수 I_{gc} 에 가중치 w_q 를 곱하고 이를 합산하여 국가별 '녹색지수'(Green Index, GI_c)를 도출하는 방법을 사용하였다. 이 과정에서 노용환·신종각(2007)이 지적한 것처럼 주관적인 전문가 의견에 기초한 가중치 결정방식은 연구자의 자의성이 개입될 여지가 크므로, 가중치를 설정함에 있어서 주의를 기울일 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 피하기 위하여, 가중치를 부여하여 여러 지표를 하나의 지수로 만드는 과정에서는 주성분분석법(Principal Component Analysis: PCA)을 이용하였다. 주성분 분석에서는 총변량에 대한 개별 변수 분산의 상대적 비율에 따라 가중치가 부여되기 때문에, 지수화 과정에서 연구자의 자의성을 최소화하여 객관성을 확보한다는 점에서 장점을 갖는다.

주성분 분석은 다음과 같이 전개할 수 있다. 표준화된 세부 지표 변수 X_1, X_2, \dots, X_n 가 있다고 하자. 확률벡터 $X' = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ 는 평균이 μ 이고 분산-공분산 행렬이 Σ 이다. 여기서 Σ 는 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 의 고유치(eigenvalue)를 가진다. 이때, $l'l = 1$ 을 만족시키는 특성벡터(characteristic vectors) l 을 이용하면 식 (3)와 같이 선형변환식을 이끌어낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= l_1 X = l_{11} X_1 + l_{12} X_2 + \dots + l_{1n} X_n \\
 P_2 &= l_2 X = l_{21} X_1 + l_{22} X_2 + \dots + l_{2n} X_n \\
 &\vdots \\
 P_n &= l_n X = l_{n1} X_1 + l_{n2} X_2 + \dots + l_{nn} X_n
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

식 (3)에 의해 도출된 새로운 변수 P_1, P_2, \dots, P_n 를 변수 X_1, X_2, \dots, X_n 의 주성분이라고 한다. 첫 번째 주성분이 가장 중요한 영향력을 많이 주는 주성분이라는 이론적 근거에 의해 첫 번째 주성분을 구성하는 특성벡터 $(l_{11}, l_{12}, \dots, l_{1n})$ 을 가중치로 보아 분석에 사용하였다.

2. 자료포락분석법을 이용한 비효율성 분석

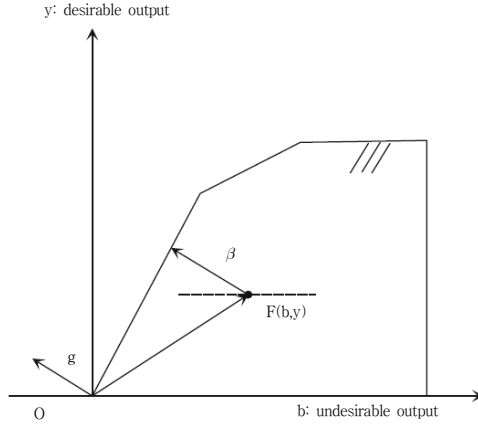
자료포락분석법(Data Envelopment Analysis: DEA)을 이용하면 여러 투입요소를 이용하여 여러 산출요소를 생산해내는 과정에서 각각의 국가가 얼마나 비효율적으로 생산을 해내고 있는지를 알 수 있다. 여기서 비효율성이라 함은 우리가 관심을 갖는 특정 국가가 환경/경제적으로 가장 최선도의 기술력을 갖고 있는 국가와 얼마나 기술적 격차를 보이고 있는지를 보여주며, 항상 0보다 같거나 큰 값을 갖는다. 비효율성 지수가 0이면 최선도 국가임을 의미하며, 비효율성 지수가 0보다 크면 최선도 국가가 아님을 의미한다.

탄소배출과 같은 사회·경제적으로 부(-)의 영향을 미치는 비재화와 GDP와 같이 사회·경제적으로 정(+)의 영향을 미치는 일반재화가 섞여 있는 생산활동을 감안하여 논의를 전개하도록 한다. 이 때 비재화는 줄이고 일반재화는 늘리는 방향으로 생산이 이루어져야 하며, 비효율성 지수의 크기만큼 비재화를 줄이고 일반재화를 늘릴 수 있다. 예를 들어, 예를 들어 우리가 관심을 갖고 분석하는 국가의 비효율성이 0.1이라면 최선도 국가와 동일한 투입요소를 사용한다고 가정할 때, 이 국가는 비재화를 10% 줄일 수 있고 일반재화를 10% 늘릴 수 있음을 의미한다.³⁾

〈그림 1〉은 비재화와 일반재화가 섞여있는 경우의 정책경로를 나타내고 있다. 굵은 선으로 표시된 선은 환경/경제적으로 가장 최선의 기술을 나타내고 있는 국가들로 이루어진 벤치마크 기술 집합(Bechmark technology set)을 나타낸다. 우리가 관심을 갖고 분석하는 국가가 점 F에 위치해 있다고 하면, F 국가는 비재화를 줄이면서 일반재화는 늘리는 방향인 g 방향으로 정책경로를 설정하여 β 만큼의 비효율성을 제거하는 것이 최선의 정책경로가 될 것이다.

3) 비재화와 일반재화를 동시에 고려할 경우에 비효율성의 비율만큼 비재화를 줄이고, 일반재화를 늘릴 수 있다. 이로 인해, 해당 국가는 비재화와 일반재화에 대해 동시에 비효율성을 제거할 수 있게 된다.

〈그림 1〉 비재화, 일반재화를 생산할 때의 정책경로



자료 : Oh(2010a).

이러한 정책경로 및 비효율성을 결정하는데 가장 적합한 방법론이 자료포락 분석법이다. 일반적인 자료포락분석법은 비재화의 효과를 감안하지 않으므로, 본 연구에서는 비재화의 효과를 고려한 자료포락분석법을 고려한 Chung et al. (1997)의 방법론을 이용하여 각국의 비효율성을 측정한다.

각국의 비효율성을 측정하기 위해서는 식 (4)와 같은 선형계획법을 푼다.

$$\begin{aligned}
 & \hat{\beta} = \max \beta \\
 & \text{such that} \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda^k y_m^k \geq (1 + \beta) y_m^{k'}, \quad m = 1, \dots, M; \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda^k b_j^k = (1 - \beta) b_j^{k'}, \quad j = 1, \dots, J; \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda^k x_n^k \leq x_n^{k'}, \quad n = 1, \dots, N; \\
 & \lambda^k \geq 0.
 \end{aligned} \tag{4}$$

위 식 (4)에서 k' 은 우리가 관심을 갖고 비효율성을 측정하는 국가를 나타내

는 위첨자이며, k 는 우리가 자료 상에 갖고 있는 모든 국가를 의미한다. λ^k 는 우리가 관심을 갖고 있는 국가가 벤치마크 삼아야 하는 국가에 대한 가중치를 나타내며, $\lambda^k = 0$ 인 국가들은 k '이 벤치마크하지 않아도 되는 국가이며 $\lambda^k > 0$ 이면 우리가 벤치마크해야 하는 국가로 본다(이정동·오동현, 2010). 여기서 β 값이 작을수록 보다 더 효율적인 국가라는 점을 다시 한 번 강조하고 싶다.

자료포락분석법을 이용하는 투입·산출 자료는 II장 1절에서 이미 설명한 방법론을 이용하여 도출한 지수이다.

3. 회귀분석법

각각의 독립변수가 종속변수에 어떠한 영향을 미치는지 실증적인 정량분석을 수행하기 위해서는 회귀분석법을 사용한다. 변수의 특성과 설정가설에 따라 다양한 회귀분석법을 사용할 수 있으나, 본 연구에서는 최소자승법(Ordinary Least Squares: OLS)과 실행가능한 일반최소자승법(Feasible Generalized Linear Squares: FGLS)을 복합적으로 사용하였다. FGLS는 OLS에 비해 동분산(Homoscedasticity)의 가정에서 비교적 자유롭다는 장점을 갖는다. 즉, 종속변수 혹은 교란항의 분산이 관측치마다 서로 같다는 강한 가정을 사용하지 않고 서로 다른 이분산성(Heteroscedasticity)을 가정하여 회귀분석을 수행할 수 있다. 특히 본 연구에서와 같이 패널자료(Panel Data)가 아닌 횡단면자료(Cross-Sectional Data)일 경우에 이분산성이 나타날 가능성이 크므로 OLS와 FGLS를 병행하여 사용하였다.

지면을 아끼기 위해 FGLS에 대한 자세한 설명은 하지 않는다.⁴⁾ 본 연구에서는 이분산성이 존재하는지 검증하기 위하여 골드펠트-퀀트 검정(Goldfeld-Quandt: GQ 검정)을 이용하였다. GQ 검정을 통해 이분산성이 존재하는 모델인 경우에는 FGLS를 사용하여 모형을 추정하였고, 그렇지 않은 경우에는

4) Johnston and Dinardo(1996)를 참고하길 바란다.

OLS를 이용하여 모형을 추정하였다.

III. 분석 자료

본 절에서는 본 연구에서 사용한 자료에 대한 설명과 출처 및 개별 지수에 대해서 다룬다.

1. 자료의 구성 및 출처

본 연구에 사용된 원자료의 세부 지표는 총 86개로 구성되어 있으며, 30개의 OECD 회원국에 대하여 자료를 수집하였다. 86개의 원 지표 중에서 결측치가 많아 지표를 지수화하는 과정에서 걸림돌이 되는 지표 7개를 제거하였다. 본 절에서는 이들 지표 7개를 제외한 자료인 총 79개의 지표를 이용하여 지수화를 하였다. 지표의 정의와 출처는 다양하며, 지면을 아끼기 위해 본 논문에서는 간략한 설명을 달아 <표 A1>에 수록하였다.⁵⁾

OECD, World Bank, IMD, IEA, EIB, 과학기술정책연구원 특허자료가 지표의 주요 자료원이다. 원자료 구축 시, 2001년부터 2010년까지 자료 중 가용가능한 최신 년도의 자료로 원자료를 구성하였다. 자료 구축 시, 1) 2008년 이전의 자료에는 결측치인 지표가 많고, 2) 지표를 자료원에서 구했더라도 년도가 불일치되는 경우가 있었다. 이 경우에는 국가별로 가장 최신 지표를 이용하여 지수화를 시도하였다.

자료가 결측치를 갖고 있는 경우에는 다음과 같은 과정을 거쳐 결측치를 채워넣었다. 우선 대표적인 일반재화인 1인당 GDP, 대표적인 비재화인 CO₂ 산출량, 대표적인 투입요소인 에너지 사용량을 이용하여 30개의 OECD 국가를

5) 자료원, 원자료 및 지표 정의에 대한 자세한 설명을 요구할 경우, 저자가 독자에게 제공한다.

k-means 방법론⁶⁾에 의해 4개의 클러스터로 구분하였다. 결측치가 있는 지표들을 각 클러스터 별로 평균을 낸 이후, 결측치가 속한 클러스터의 평균값으로 각 결측치들을 대체하였다. 이와 같은 과정으로도 결측치가 채워지지 않는 국가의 지표는 결측치를 제외한 지표의 평균값으로 대체하였다.⁷⁾

본 연구에서는 패널자료가 아니라, 가용가능한 최신 년도의 지표를 사용하였기 때문에 횡단면자료로 보아 분석을 수행했다는 점을 강조하고자 한다.

II장에서 설명한 것처럼 각각의 지표는 지표값이 커질수록 좋아지는 지표와 지표값이 작아질수록 좋아지는 지표가 있다. 이들 지표의 방향성은 <표 A1>의 위로 향한 화살표(↑)와 아래로 향한 화살표(↓)로 표기하였으며, 위로 향한 화살표는 지표값이 커질수록 좋아지는 지표를 의미하며 아래로 향한 화살표는 지표값이 작아질수록 좋아지는 지표를 의미한다.

지표의 수가 너무 많아 자료포락분석법을 적용하기에는 식별력(discriminating power) 저하 문제가 발생하여, II장 1절에서 서술한 방법론을 사용하여 각각의 지표를 비슷한 군으로 모아 지수화하였다. 이 과정에서 환경/에너지 분야 전문가의 의견을 수렴하여 81개의 지표를 총 7개의 지표군을 구성하였다. 그 지표군은 '녹색연구개발 인프라 및 투자 지표군', '녹색 환경 지표군', '정부 녹색 노력 지표군', '민간 녹색 인프라 지표군', '사회경제 지표군', '비환경 관련 지표군' 및 '에너지 및 자원 지표군'이다. 각각의 지표군은 적게는 5개에서 많게는 18개의 지표로 구성되어 있다.

2. 자료의 표준화 및 지수화 결과

II장 1절에서 설명한 방법론을 이용하여 각각의 지표군의 세부지표를 이용하

6) 연구자에 의해 사전적으로 정해진 클러스터의 수로 자료를 구분하는 과정에서, 각 클러스터의 중심에서 자료들까지의 거리가 가장 짧게 하도록 알고리즘을 적용하여 클러스터가 정해지게끔 하는 방법론이다.

7) k-mean 방법론을 이용한 일련의 과정으로도 결측치를 채워넣을 수 없었던 대표적인 나라는 룩셈부르크였다.

〈표 2-1〉 표준화된 지표별 가중치

녹색연구개발 인프라 및 투자 지표군		녹색 환경 지표군		정부 녹색 노력 지표군		민간 녹색 인프라 지표군	
지표번호	가중치	지표번호	가중치	지표번호	가중치	지표번호	가중치
M1	0.372	M7	0.483	M29	0.356	M42	0.468
M2	0.419	M8	0.298	M30	0.303	M43	0.509
M3	0.091	M9	0.074	M31	0.252	M44	0.395
M4	0.131	M10	-0.084	M32	0.143	M45	0.330
M5	0.071	M11	0.558	M33	0.051	M46	0.508
M6	0.139	M12	0.247	M34	0.402		
M17	0.066	M13	0.465	M35	0.335		
M18	0.171	M14	-0.103	M36	0.196		
M19	0.421	M15	-0.040	M37	0.272		
M20	-0.029	M16	0.253	M38	0.246		
M21	0.452			M39	0.281		
M22	0.200			M40	0.411		
M23	0.008			M41	-0.004		
M24	0.052						
M25	0.057						
M26	0.284						
M27	0.096						
M28	0.077						
M77	0.166						
M78	0.226						

여 지표군 별로 지수를 만들었다. 각각의 지표군마다 지표들을 표준화한 이후에 PCA를 이용하여 도출해 낸 가중치는 〈표 2-1〉 및 〈표 2-2〉와 같다.⁸⁾ 〈표 2-1〉과 〈표 2-2〉에 나타난 가중치를 이용하여 각 국가마다 지수를 도출한 결과 및 지수들의 순위는 〈표 3-1〉 및 〈표 3-2〉에 수록되어 있다.

8) 각 지표군마다 음수로 나온 가중치가 있으나, 이것은 수학적인 의미에서 주성분들끼리 직교하게끔 만들어내기 위하여 도출된 것이다. 음수로 나온 가중치가 있더라도 최종적으로 만들어지는 지수에는 별 영향을 미치지 않으므로 부호에 크게 연연할 필요는 없다.

〈표 2-2〉 표준화된 지표별 가중치

사회경제 지표군		비환경 관련 지표군		에너지 및 자원 지표군	
지표번호	가중치	지표번호	가중치	지표번호	가중치
M47	0.231	M57	0.144	M73	0.539
M48	-0.199	M58	-0.348	M74	0.504
M49	0.316	M59	-0.143	M75	0.415
M50	0.336	M60	0.176	M76	0.344
M51	0.347	M61	-0.025	M77	0.396
M52	0.484	M62	0.248	M78	-0.020
M53	-0.049	M63	-0.117	M79	0.085
M54	-0.325	M64	0.062		
M55	0.010	M65	0.123		
M56	0.349	M66	0.481		
M82	-0.243	M67	0.167		
M83	-0.226	M68	0.293		
		M69	0.401		
		M70	0.390		
		M71	0.030		
		M72	0.229		

녹색기술 개발 및 혁신과 연관성이 깊은 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수는 한국의 경우 OECD 30개국 중에서 7위이다. 한국의 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수는 78.4로 가장 순위가 높은 핀란드보다 약 21.6% 낮은 수준이다. 한국과 비슷한 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수를 보이는 국가는 일본(6위, 지수 78.9)과 독일(8위, 지수 76.1)이다. 이들 국가가 일반적으로 녹색기술이 앞선 나라라고 인식되는 바, 동 지수에서 이들 국가와 비슷한 순위를 보인다는 점은 특이할 만한 사항이다. 이 결과는 한국의 녹색 R&D 투자 및 특허출원이 많아짐에 따라 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수가 높아진 것이라 추측된다. 핀란드 이외에 상위권을 차지하고 있는 국가는 스웨덴(2위, 지수 92.6), 덴마크(3위, 지수 90.7), 아이슬란드(4위, 88.9) 등의 북유럽 국가들이다. 이들 북유럽 국가의 지수가 대부분 90점을 전후로 한 높은 점수를 받고

〈표 3-1〉 녹색 지수 순위

국명	녹색연구개발 인프라 및 투자 지수		녹색 환경 지수		정부 녹색 노력 지수		민간 녹색 인프라 지수	
	지수	순위	지수	순위	지수	순위	지수	순위
그리스	28.6	25	12.8	26	53.3	17	14.8	30
네덜란드	53.3	19	17.0	21	43.8	22	31.5	27
노르웨이	74.9	10	37.1	8	64.2	11	62.6	13
뉴질랜드	56.8	15	57.2	5	38.4	25	56.6	16
덴마크	90.7	3	33.6	9	93.9	2	100.0	1
독일	76.1	8	12.5	27	64.5	9	81.3	6
룩셈부르크	59.2	14	25.8	11	58.6	14	71.9	10
멕시코	15.1	30	25.3	12	30.2	30	40.0	21
미국	75.4	9	42.7	7	47.2	21	82.3	5
벨기에	54.2	18	23.5	13	61.9	12	51.0	18
스웨덴	92.6	2	53.4	6	87.9	3	95.2	2
스위스	73.8	11	12.2	28	66.0	8	60.0	15
스페인	51.7	20	20.1	15	42.2	23	37.2	23
슬로바키아	22.2	27	13.1	25	48.4	20	49.6	19
아이슬란드	88.9	4	60.6	4	66.3	7	22.8	28
아일랜드	55.0	16	22.4	14	78.9	5	67.1	12
영국	48.3	22	17.1	20	64.2	10	70.8	11
오스트리아	79.5	5	20.0	16	61.5	13	76.0	8
이탈리아	40.8	24	11.6	29	40.6	24	18.1	29
일본	78.9	6	17.4	19	85.0	4	51.5	17
체코	43.0	23	19.5	17	34.2	27	33.6	25
캐나다	65.5	12	87.7	2	57.5	15	62.6	14
터키	18.2	29	14.9	22	48.7	19	33.8	24
포르투갈	54.4	17	11.4	30	51.3	18	31.7	26
폴란드	19.7	28	13.6	24	33.6	28	44.2	20
프랑스	59.2	13	25.9	10	53.7	16	78.7	7
핀란드	100.0	1	65.0	3	100.0	1	94.4	3
한국	78.4	7	19.1	18	69.3	6	85.9	4
헝가리	28.1	26	14.0	23	35.4	26	38.3	22
호주	51.7	21	100.0	1	31.3	29	72.6	9

〈표 3-2〉 녹색 지수 순위(이전 페이지에서 계속)

국명	사회경제 지수		환경물질 배출 관련 지수		에너지 및 자원 소비 지수	
	지수	순위	지수	순위	지수	순위
그리스	31.6	24	40.4	22	11.4	28
네덜란드	89.6	2	45.7	18	36.9	10
노르웨이	100.0	1	100.0	1	31.0	13
뉴질랜드	84.1	10	66.8	7	42.7	8
덴마크	87.5	4	75.9	6	13.5	26
독일	60.5	18	50.3	16	23.9	19
룩셈부르크	74.9	12	59.0	12	73.4	3
멕시코	58.0	19	42.2	20	25.3	17
미국	68.2	17	42.5	19	61.0	4
벨기에	70.5	14	38.2	24	49.0	6
스웨덴	89.5	3	89.6	3	26.7	15
스위스	84.6	9	86.1	4	11.3	29
스페인	39.6	22	57.6	13	22.5	20
슬로바키아	0.9	30	28.2	25	34.1	12
아이슬란드	84.7	8	90.1	2	100.0	1
아일랜드	77.7	11	65.1	8	19.2	24
영국	84.8	7	64.0	9	12.1	27
오스트리아	54.1	20	62.0	11	25.2	18
이탈리아	44.1	21	55.6	14	18.2	25
일본	73.7	13	39.1	23	19.2	23
체코	28.9	25	5.3	29	35.9	11
캐나다	85.4	6	22.2	26	91.3	2
터키	27.2	27	41.0	21	9.8	30
포르투갈	28.1	26	62.6	10	22.4	21
폴란드	19.7	28	2.6	30	26.0	16
프랑스	69.6	16	76.6	5	20.0	22
핀란드	70.4	15	46.5	17	50.3	5
한국	38.7	23	15.5	28	43.5	7
헝가리	1.7	29	50.8	15	28.5	14
호주	85.9	5	20.9	27	40.4	9

있다는 점에서 녹색연구개발 인프라 구축과 R&D 투자 면에 있어서 북유럽 국가를 벤치마크 삼아야 할 필요가 있다. OECD 회원국이기는 하나 아직 저개발국에 머물고 있는 멕시코, 터키, 폴란드, 슬로바키아 등은 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수가 상당히 낮게 측정되었다. 향후 이들 국가에서 녹색연구개발 인프라 및 투자가 활성화된다고 볼 때, 한국 기업의 성공적인 진출 가능성이 큰 나라라고 보여진다.

각국의 국내 생태계 보전 정도를 가능할 수 있는 녹색환경 지수 측면에서 한국은 18위를 차지해 OECD 회원국 평균을 밑돌고 있는 것으로 분석되었다. 또한 한국의 녹색환경 지수는 19.1로 동 지수에서 1위를 차지한 호주에 비해 약 80.9%나 뒤떨어져 있는 것으로 나타났다. 동 지수는 자연요소적인 측면이 강하게 작용하는 지표들을 많이 사용하여 구성하였는데, 이들 지표는 외생적으로 주어지는 것이기 때문에 환경 정책 등을 통해 쉽사리 바꿀 수 없는 측면이 강하다.⁹⁾ 외생적으로 주어지는 자연·환경 요소라 하더라도 지속적인 관리와 보전정책이 뒤따르지 않으면 쉽사리 파괴되기 때문에 보전을 위한 노력을 꾸준히 기울여야 한다는 점을 감안하면, 한국의 녹색환경 지수를 꾸준히 끌어올리기 위한 장기적인 정책이 필요한 것으로 보인다. 산림비율을 제고한다든지, 멸종위기종 비율을 낮추는 정책이 한 예가 될 것이다. 녹색환경 지수가 가장 높은 호주의 뒤를 이어 캐나다(2위, 지수 87.7), 핀란드(3위, 65.0), 아이슬란드(4위, 60.6) 등이 높은 순위를 차지하였다. 이들 국가를 대상으로 녹색환경을 지속적으로 관리 및 보전하기 위한 벤치마크할 필요가 있는 것으로 보인다.

각국의 중앙정부가 녹색에 대해 제도적으로 지원을 하고 있는지를 측정하는 정부 녹색 노력 지수의 측면에서 한국은 6위를 차지하였다.¹⁰⁾ 정부의 녹색 노력 지수 측면에서 한국과 비슷한 순위를 보이는 국가는 아일랜드(5위, 지수 78.9)와 아이슬란드(7위, 66.3)이다. 흔히 녹색 선진국으로 불리는 이들 국가

9) 이런 지표의 대표적인 예가 1인당 토지면적이다.

10) 본 연구에서는 최근 자료만을 사용하고 있으므로, 우리나라 중앙정부의 녹색노력 정도가 시계열적으로 어떻게 변하였는지에 대해 논의하기에는 적절하지 않다는 점을 강조하고 싶다.

와 비슷한 순위를 기록했다는 것은 놀라울 만하다. 하지만 해당 지수에서 순위권을 기록한 핀란드(1위, 지수 100), 덴마크(2위, 지수 93.9) 및 스웨덴(3위, 지수 87.9) 등의 북유럽 국가에 비하면 한국의 동 지수는 약 30% 정도 뒤지는 것으로 보인다. 따라서, 정부가 더욱 강하게 지속적으로 녹색 노력을 기울이기 위해서는 이들 북유럽 국가를 벤치마크할 필요가 있는 것으로 판단된다.

기업을 중심으로 한 민간 분야에 녹색에 대한 노력을 얼마나 기울이고 있는지를 측정하는 지수인 민간 녹색 인프라 지수에서 한국은 4위를 차지하였다. 국내 기업의 지속가능발전의 중요성 인식도 및 정부와 민간의 녹색기술개발 협력 정도가 높기 때문인 것으로 분석되었다. 특히 지속가능발전의 중요성 인식도 측면에서 한국은 OECD 30개 회원국 중에서 가장 높은 순위를 기록하여, 향후 민간 기업들이 지속가능발전을 염두에 두고 투자 및 연구개발에 매진할 것으로 판단된다. 따라서 민간 기업의 녹색에 대한 지속적인 투자가 이뤄진다고 하면, 향후 동 지수 순위는 올라갈 수 있을 것으로 보인다. 민간 녹색 인프라 측면에서도 덴마크(1위, 지수 100), 스웨덴(2위, 지수 95.2), 핀란드(3위, 지수 94.4) 등의 북유럽 국가가 순위권을 차지하여, 국내 민간 기업들은 이들 국가의 기업을 벤치마크할 필요가 있는 것으로 보인다.

사회 안전망의 구축 정도와 경제발전 지표들로 구성된 사회경제 지수 측면에서 한국은 38.7점을 얻어 23위를 기록하였다. 동 지수에서 1위를 차지한 노르웨이에 비해 약 61.3%나 뒤지는 수준이다. 빠르게 경제발전을 이룩한 반면, 非자연친화적인 산업정책과 탄탄하지 않은 사회안전망으로 인해 국민의 삶에 대한 만족도는 낮아지고 자살률이 높아져 동 지수에서 낮은 순위를 기록한 것으로 보인다. 사회안전망 구축의 정도가 높고 높은 수준의 GDP를 보이는 대부분의 북유럽 국가는 역시 동 지수에서 높은 순위를 보여준다. 노르웨이를 비롯한 네덜란드(2위, 지수 89.6), 스웨덴(3위, 89.5), 덴마크(4위, 87.5) 등의 국가를 벤치마크하여 사회안전망을 탄탄하게 구축하고 경제발전을 동시에 도모하는 정책이 필요한 것으로 보인다. 녹색 정책을 마련함에 있어 무엇보다 중요시해야 할 점은 보다 자연친화적인 국가에서 삶의 만족도가 높다는 사실을 염

두에 두어야 한다. 또한 향후 국가정책의 최우선 순위에 경제성장을 두어야 하는가에 대한 지속적인 논의가 필요한 것으로 보인다.

환경 물질 배출 지수 측면에서 한국은 최하위권 수준인 28위를 기록하고 있다. 제조업 중심인 국내 산업 특성과 크게 연관되어 이러한 결과를 얻은 것으로 보인다. 특히 CO₂ 배출과 GDP대비 제조업 및 건설 분야 CO₂ 배출량 측면에서 한국은 상당히 낮은 순위를 기록하였다. 동 지수에서도 역시 노르웨이(1위, 지수 100), 아이슬란드(2위, 지수 90.1), 스웨덴(3위, 지수 89.6) 등의 국가가 높은 순위를 기록하였다. 현 정부 들어서 녹색에 대한 민관 투자 및 노력은 지속적으로 증가하였으나, 산업에 적용되어 작동하기에는 아직 이른 것으로 보인다. 동 지수로부터 도출된 결과는 CO₂를 비롯한 환경물질의 배출을 지속 저감하는 정책을 펼 때, 북유럽 국가를 벤치마크 삼아야 한다는 점을 시사한다.

에너지를 비롯한 자원 사용 측면을 살펴볼 수 있는 에너지 및 자원 소비 지수 측면에서 한국은 OECD 평균보다 높은 7위를 기록하였다. 국내 산업 및 경제가 에너지 및 자원 다소비 구조로 짜여 있기는 하나, 아직까지는 수송분야에서 에너지를 많이 쓰지 않기 때문인 것으로 보인다.¹¹⁾ 수송분야에서 지속적으로 에너지를 줄여나감과 동시에 지속적으로 산업 구조를 재편함에 있어서 에너지 저소비 방향으로 이끌고 나갈 필요가 있음을 시사한다. 이와 같은 정책을 펴면 있어서 아이슬란드(1위, 지수 100), 캐나다(2위, 지수 91.3) 등의 국가를 벤치마크 삼을 필요가 있다.

이상과 같은 분석 결과, 각각의 지수를 높이기 위한 한국의 녹색정책 벤치마크 국가를 <표 4>와 같이 도출할 수 있다.

11) 에너지 및 자원 소비 지수를 구성하는 지표는 1인당 최종 에너지 소비량(M73), GDP 대비 최종 에너지 소비량(M74), GDP 대비 산업 분야 총 에너지 소비량(M75), GDP 대비 수송 분야 총 에너지 소비량(M76), GDP 대비 화석에너지 총 소비량(M77), GDP 대비 물 소비량(M78), 1인당 물 소비량(M79)로 총 7이다. 이 지표들 중에서 우리나라의 순위가 특히 낮게 측정된 지표는 GDP 대비 수송 분야 총 에너지 소비량(M76)로서, 30개국 중에서 22위를 차지하였다. 이를 제외한 6개의 지표들에서 우리나라는 4위에서 12위 사이의 순위를 차지하였다.

〈표 4〉 각 지수별로 살펴본 한국의 벤치마크 대상 국가

지수	벤치마크 대상 국가
녹색연구개발 인프라 및 투자 지수	핀란드(1), 스웨덴(2), 덴마크(3)
녹색환경 지수	호주(1), 캐나다(2), 핀란드(3)
정부 녹색 노력 지수	핀란드(1), 덴마크(2), 스웨덴(3)
민간 녹색 인프라 지수	덴마크(1), 스웨덴(2), 핀란드(3)
사회경제 지수	노르웨이(1), 네덜란드(2), 스웨덴(3)
환경물질 배출 관련 지수	노르웨이(1), 아이슬란드(2), 스웨덴(3)
에너지 및 자원 소비 지수	아이슬란드(1), 캐나다(2), 룩셈부르크(3)

주 : 괄호 안의 수치는 해당 지수에 대한 국가의 순위를 나타냄.

3. 비효율성 측정 및 벤치마크 국가 선정

III장 2절에서는 세부지수별로 벤치마크 국가를 도출하였다. 이러한 결과는 미시적 벤치마크 대상을 정해주는 하지만 국내 녹색정책의 거시적인 방향성을 제시하기에는 미흡하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 오직 한 개의 지수만을 새로이 도출하여 분석할 필요가 있다.

III장 2절에서 도출된 지수와, 식 (4)를 이용하여 자료포락분석을 수행하였다. 본 분석에서 사용된 투입요소 변수는 ‘녹색연구개발 인프라 및 투자 지수’, ‘정부 녹색 노력 지수’, ‘민간 녹색 인프라 지수’ 및 ‘에너지 및 자원 소비 지수’이다. 산출요소 변수 중 일반재화(desirable output)는 ‘녹색환경 지수’ 및 ‘사회경제 지수’이며, 산출요소 중 비재화(undesirable output)는 ‘환경 물질 배출 관련 지수’이다. III장 2절에서 ‘환경물질 배출 관련 지수’는 수치가 작을수록 환경물질을 많이 배출하도록 정의한 변수이므로, 식 (4)에서 비재화로 간주하기 위해서는 수치가 클수록 환경물질을 많이 배출하도록 지수를 조정할 필요가 있다. 따라서 ‘100-환경물질 배출 관련 지수’로 비재화 배출에 대한 지수로 새로 만들었다. III장 2절에서 ‘에너지 및 자원 소비 지수’ 또한 에너지 및 자원을 적게 사용할수록 지수가 커지게 정의하였으므로, 동 지수를 일반적인 투입요소로 간주하기 위하여 ‘100 - 에너지 및 자원소비 지수’로 지수를 재정의

하여 사용하였다. 모든 지수는 0부터 100까지 값을 가지기 때문에 국별로 투입/산출요소 변수의 차이를 줄이기 위하여 모든 투입/산출 요소 변수로 사용한 지수에 자연로그를 취하였다.¹²⁾ 최근 정치·경제적으로 불안한 나라인 그리스, 터키, 멕시코 등은 분석에서 제외하여 분석결과의 신뢰도를 높이고자 했으며, Oh (2010a) 등의 논의에 따라 이상치(outlier)로 간주하여 분석대상에서 제외하였다. 이들 4개의 국가를 제외한 총 24개국에 대해 자료포락분석을 수행하였다.

본 세부절에서 사용한 변수에 대한 기초 통계량이 <표 5>에 나타나 있다. 다른 변수들에 비해 log(사회경제 지수)의 표준편차가 크며, log(정부 녹색 노력 지수)의 표준편차가 작은 것으로 분석되었다. 이는 사회경제 지수가 내포하는 지표들에 대해 편차가 심하며, 정부의 녹색 노력에 해당하는 지표의 편차가 작음을 의미한다. 정부 녹색 노력 지수, 민간 녹색 인프라 지수, 사회경제 지수 및 환경물질 배출 관련 지수의 평균이 중간값보다 작게 나타났다. 이는 동 지수의 분포가 왼쪽으로 치우친(skewed-to-the-left) 모양을 가지며, 다수의 국

<표 5> 자료포락분석에 사용한 변수의 기초 통계량

	평균	표준편차	중간값	최소값	최대값
log(녹색연구개발 인프라 및 투자 지수)	4.098	0.356	4.081	3.101	4.605
log(정부 녹색 노력 지수)	4.038	0.317	4.095	3.445	4.605
log(민간 녹색 인프라 지수)	4.022	0.454	4.136	2.894	4.605
log(에너지 및 자원 소비 지수)*	3.347	0.568	3.317	2.322	4.514
log(녹색환경 지수)	3.254	0.650	3.055	2.432	4.605
log(사회경제 지수)	3.905	1.068	4.278	0.426	4.605
log(환경 물질 배출 관련 지수)*	3.653	0.666	3.769	2.185	4.551

주 : * 표시가 된 지수는 III장 2절에서 도출된 지수(x_i)를 $(100-x_n)$ 과 같이 변형하여 사용함.

12) 본 세부절에서 재정의한 투입/산출요소가 0을 갖게 되면, 이 값을 제외한 값 중에서 가장 작은 값의 90%를 해당 변수로 대체하였다. 이러한 과정을 거치지 않았을 경우 변수에 자연로그를 취하는 과정에서 문제가 발생하기 때문이다. 대체된 변수(지수)의 순위는 변하지 않으면서도 자연로그 값을 취할 수 있어, 분석을 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다.

가가 해당 지수에서 높은 값을 가지며 소수의 국가가 해당 지수에서 낮은 값을 가짐을 의미한다. 반대로, 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수, 에너지 및 자원 소비 지수, 녹색환경 지수는 평균값보다 중간값이 크게 나타났으며, 이는 이들

〈표 6〉 OECD국가의 효율성 측정결과

	$\hat{\beta}$	비효율성(%)	효율성 순위
노르웨이	0	0	1
뉴질랜드	0	0	1
스위스	0	0	1
아이슬란드	0	0	1
영국	0	0	1
호주	0	0	1
이탈리아	<0.001	<0.01	7
캐나다	<0.001	<0.01	8
네덜란드	<0.001	<0.01	9
스웨덴	0.015	1.5	10
아일랜드	0.035	3.5	11
프랑스	0.048	4.8	12
덴마크	0.059	5.9	13
벨기에	0.059	5.9	14
룩셈부르크	0.059	5.9	15
일본	0.097	9.7	16
미국	0.105	10.5	17
핀란드	0.124	12.4	18
독일	0.147	14.7	19
스페인	0.164	16.4	20
오스트리아	0.168	16.8	21
체코	0.228	22.8	22
포르투갈	0.277	27.7	23
한국	0.306	30.6	24
헝가리	0.314	31.4	25
슬로바키아	0.321	32.1	26

지수의 분포가 오른쪽으로 치우친(skewed-to-the-right) 모양을 가짐을 의미한다.

자료포락분석법을 이용하여 비효율성을 측정한 결과는 <표 6>과 같다. 해석의 편의를 위해 식 (4)에서 구해낸 β 에 100을 곱해 퍼센트 단위로도 측정하였다. <표 6>의 제일 마지막 열에 나타난 효율성 순위는 비효율성의 역순위로 측정하였다. 한국의 경우 비효율성은 30.6%로 측정되어 비효율성의 정도가 상당히 높은 것으로 분석되었다. 이 비효율성 수치는 한국의 경우 녹색환경 지수와 관련된 지표와 사회경제 지수와 관련된 지표를 현재보다 30.6% 높일 수 있으며, 동시에 환경물질 배출 관련 지수에 사용되는 지표를 현재보다 30.6% 낮출 수 있는 가능성이 있다고도 해석할 수 있다.

또한 한국의 효율성 순위를 살펴보면 26개의 OECD 분석 국가 중에서 24위로, 최하위권에 머무르고 있다. 한국과 비슷한 효율성 순위를 보이는 국가는 체코(22위, 비효율성 22.8%), 포르투갈(23위, 비효율성 27.7%), 헝가리(25위, 비효율성 31.4%), 슬로바키아(26위, 비효율성 32.1%) 등이다.

노르웨이, 뉴질랜드, 스위스, 아이슬란드, 영국, 호주, 이탈리아, 캐나다, 네덜란드, 스웨덴 등의 국가가 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 이들 국가들은 비효율성이 5% 미만으로 상당히 낮은 편이다. 앞서 III장 2절의 결과에서 예상할 수 있는 것처럼 노르웨이, 아이슬란드, 네덜란드, 스웨덴 등의 북유럽 국가의 효율성이 상당히 높게 측정되었다. 이와 같은 결과는 이들 북유럽 국가의 개별 지수 및 지표에 해당하는 환경·경제적 노력의 정도가 뛰어난 뿐만 아니라, 여러 투입요소와 산출요소를 복합적으로 사용하는 생산활동에 있어서도 환경·경제적인 노력을 동시에 기울이고 있음을 시사한다.

여기서 여러 투입요소를 사용하여 여러 산출요소를 생산해내는 복잡한 과정을 고려할 때, 한국은 어떤 나라들을 대상으로 벤치마크해야 하는가에 대한 의문이 자연스럽게 생긴다. II장 2절의 방법론에서 밝혔던 것처럼 식 (4)를 이용하여 한국에 대해 비효율성 문제를 푸는 과정에서 λ_k 가 양수인 국가들이 한국

〈표 7〉 한국의 비효율성을 제거하는 과정에 벤치마크해야 하는 국가

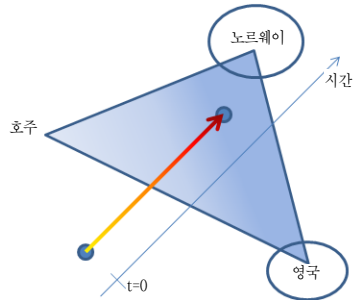
국가	λ_k	벤치마크 가중치(%)
노르웨이	0.615	58.5
호주	0.220	20.9
영국	0.216	20.6

주 : 벤치마크 가중치는 $\lambda_k / \sum_i \lambda_i$ 를 이용하여 계산함.

이 벤치마크해야 하는 국가들이며, λ_k 가 큰 국가의 정책을 보다 더 적극적으로 벤치마크할 필요가 있다. 이들 국가는 노르웨이, 호주 및 영국으로 분석되었다. 한국의 비효율성 계측 시 λ_k 에 대한 측정값 및 이 값을 표준화한 수치인 벤치마크 가중치를 각각 〈표 7〉에 수록하였다. 표에 나와 있는 것처럼, 한국은 향후 노르웨이의 정책경로를 58.5%, 호주의 정책경로를 20.9%, 영국의 정책경로를 20.6% 따르는 것이 비효율성을 줄인다는 측면에서 가장 합리적인 것으로 분석되었다.

호주의 경우, 사회경제적인 측면에서는 한국의 벤치마크 대상이 되기에는 적절하나 환경적인 측면에서는 한국의 벤치마크 대상으로 삼기에는 부적절한 면이 있다. 호주가 '환경물질 배출 지수' 측면에서 한국(28위)과 비슷한 순위(27위)를 차지한 것은 둘째 치고서라도, 환경물질 배출 지수를 구성하는 각 지표들 각각을 살펴보면 한국보다 뒤처지는 항목들이 많다. 예를 들자면, 1인당 CO₂ 배출량이 18.48톤으로 OECD 평균(9.19톤) 및 한국의 1인당 CO₂ 배출량(10.31톤)을 각각 약 200%, 80% 상회하고, 1인당 생활폐기물량이 690kg으로 또한 OECD 평균(534kg)과 한국 1인당 생활폐기물량(380kg)을 각각 약 30%, 80% 상회하는 등이다. 자료포락분석을 통해 호주가 한국의 벤치마크 대상국으로 뽑힌 것은 '녹색환경 지수'가 한국에 비해 높기 때문이다. 하지만 앞서 서술한 바처럼 녹색환경 지수는 환경정책 등을 통해 쉽사리 바꿀 수 없을 뿐만 아니라 자연적인 입지가 중요하게 작용하는 지수이다. 이런 면에서 '녹색생활 지수' 측면에서 한국보다 좋지만 '환경물질 배출지수'가 비슷하거나 좋지

〈그림 2〉 한국의 향후 환경/경제 관련 정책경로



많은 호주를 벤치마크의 대상에서 제외할 필요가 있다. 자료포락분석을 통해 도출해낸 결과는 의사결정을 위한 도구일 뿐, 의사결정의 최종목표가 되어서는 안 된다는 철학에 근거하여 본 연구에서는 호주를 한국의 벤치마크 대상국에서 제외하고자 한다.

〈표 7〉에 나온 수치와 이상의 논의를 이용하여 한국의 향후 환경/경제 관련 정책경로를 정하는 방향은 〈그림 2〉에 제시하였으며, 노르웨이와 영국 중에서는 주로 노르웨이 환경/경제 정책을 주로 벤치마크하여 정책방향을 정하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

4. 정책 차별화 전략

본 절은 정책의 지향 목표에 따른 정책 차별화 전략을 모색하는 것을 목표로 한다. 회귀분석을 이용하여 정책 차별화 전략의 정량적 효과성을 검증한다.

다른 변수들보다 경제/환경 정책적으로 변수들을 종속변수들로 놓고, 각각의 종속변수에 III장 2절에서 구한 지수들이 어떤 영향을 미치는지를 각각 분석하였다. 사용된 종속변수로는 대표적인 경제지표인 1인당 GDP(세부지표번호 M47), 대표적인 환경 지표인 1인당 CO₂ 배출량(세부지표번호 M67), 대표적인 삶의 질 지표인 삶의 만족도(세부지표번호 M52)이다. 종속변수로는 녹색연구개발 인프라 및 투자 지수(X_1), 녹색 환경 지수(X_2), 정부 녹색 노력 지

수(X_3), 민간 녹색 인프라 지수(X_4), 사회경제 지수(X_5), 환경물질 배출 관련 지수(X_6) 및 에너지 및 자원 소비 지수(X_7)이다. 여기서 환경물질 배출 관련 지수는 점수가 높아질수록 환경물질 배출이 줄어들도록 변환하였다.

회귀분석 결과는 <표 8>에 수록되어 있다. 각 종속변수에 대해서 OLS 결과와 FGLS 결과를 나열하였다. 홀수 번째 열에는 OLS 결과가 수록되어 있고,

<표 8> 정책 차별화 전략을 살펴보기 위한 회귀분석 결과

종속변수명	1인당 GDP		1인당 CO ₂ 배출량		삶의 만족도	
	1-1 (OLS)	1-2 (FGLS)	2-1 (OLS)	2-2 (FGLS)	3-1 (OLS)	3-2 (FGLS)
모형번호						
상수항	4801.658 (5058.5)	5881.88 (4584.8)	6.364 (2.22)	6.799 (2.12)***	24.178 (8.50)**	25.759 (7.96)*
녹색연구개발 인프라 및 투자 지수(X_1)	22.372 (113.0)	124.263 (96.6)	0.010 (0.05)***	0.05 (0.03)	0.089 (0.19)	0.095 (0.17)
녹색 환경 지수(X_2)	-200.494 (83.2)**	-98.577 (83.4)	-0.032 (0.04)	-0.03 (0.04)	0.039 (0.14)	0.054 (0.16)
정부 녹색 노력 지수 (X_3)	-55.805 (114.7)	1.028 (106.0)	-0.057 (0.05)	-0.008 (0.04)	-0.122 (0.193)	-0.146 (0.18)
민간 녹색 인프라 지수 (X_4)	137.002 (77.1)*	17.538 (71.6)	0.064 (0.03)*	-0.001 (0.03)	0.056 (0.13)	0.041 (0.12)
사회경제 지수(X_5)	192.796 (71.7)**	143.695 (61.7)**	0.074 (0.03)**	0.057 (0.02)**	0.592 (0.12)***	0.594 (0.10)***
환경물질 배출 관련 지수(X_6)	47.584 (68.7)	24.624 (61.7)	-0.092 (0.03)***	-0.103 (0.03)***	-0.028 (0.115)	-0.044 (0.10)
에너지 및 자원 소비 지수(X_7)	248.15 (78.6)***	180.582 (87.0)**	0.090 (0.04)**	0.08 (0.04)*	-0.008 (0.13)	0.007 (0.14)
GQ 검정 통계량	2.662 (0.110)		3.561 (0.058)*		0.242 (0.9597)	
GQ 검정 결과 해석	OLS 결과 채택		FGLS 결과 채택		OLS 결과 채택	

주 : 1. 각 독립변수의 계수 추정치 괄호 안의 숫자는 표준편차를 의미한다.

2. GQ 검정 통계량의 괄호 안 숫자는 p-값을 의미한다.

3. ***, **, * 는 각각 1%, 1-5%, 5-10%에서 통계적으로 유의미함을 나타낸다.

4. 환경물질 배출 관련 지수(X_6)는 점수가 높아질수록 환경물질 배출이 줄어들도록 변환하였다.

작수번째 열에는 FGLS 결과가 나열되어 있다. GQ 검정 결과는 결과 1인당 GDP가 종속변수인 경우에는 OLS 결과(모형 1-1)를, 1인당 CO₂ 배출량이 종속변수인 경우에는 FGLS 결과(모형 2-2)를, 삶의 만족도가 종속변수인 경우에는 OLS 결과(모형 3-1)을 채택해야 함을 시사한다. 따라서 모형 (1-1), (2-2), (3-1)을 중심으로 회귀분석 결과를 해석한다.

모형 (1-1)의 회귀분석 결과, 녹색환경 지수, 민간 녹색 인프라 지수, 사회경제 지수, 에너지 및 자원 소비 지수가 1인당 GDP에 통계적으로 유의미한 변수로 나타났다. 녹색 환경 지수가 1점 높아질 때마다 1인당 GDP는 200달러 정도 떨어지는 것으로 나타났으며, 경제 내의 활용 가능한 자원을 녹색 환경에 투자를 할 경우 GDP 증대에 활용할 자원이 줄어드는 현상을 반영하고 있다. 민간 녹색 인프라 지수가 1점 올라갈 경우 1인당 GDP는 137달러 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 민간 분야에서 녹색에 대한 노력을 기울임에 따라 공장 및 상업용 건물 등의 녹색화가 발생하며, 결국 이와 같은 일련적인 현상에 의해 부가가치가 창출되어 경제에 정(+)의 영향을 줄을 시사한다. 사회경제 지수가 1점 올라가면 1인당 GDP가 192달러 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 국민의 삶의 질 및 경제활동과 밀접하게 연관되는 활동은 1인당 GDP를 높여주는 현상을 반영하고 있다. 에너지 및 자원 소비 지수가 1점 올라가면 1인당 GDP가 248달러 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이 결과는 에너지 및 자원을 활용하는 경제활동에 의해 부가가치가 발생하여 경제에 정(+)의 영향을 주는 현상을 제대로 반영하고 있다.

녹색연구개발 인프라 및 투자 지수, 정부 녹색 노력 지수, 환경물질 배출 관련 지수는 1인당 GDP와 통계적으로 유의미한 관계가 아닌 것으로 분석되었다. 연구개발 인프라 및 투자는 일반적으로 3년 이상의 시간차를 두고 기술·경제적으로 효과성을 나타내기 때문에 동일 년도의 연구개발 인프라 및 투자는 어떤 방향으로도 영향을 미치지 못한다는 사실과 부합한다. 정부 녹색 노력 또한 정부의 정책이 경제에 반영되고 실질적으로 효과가 나타나기 위해서는 중장기적으로 바라봐야 하기 때문에 단기적인 경제적 성과는 살펴볼 수 없다는 것

으로 해석가능하다. 일반적인 시각으로는 환경물질 배출이 많아지면 산업활동이 많아져 경제에 정(+)의 영향을 줄 것으로 기대하지만, 본 연구 결과 환경물질 배출과 산업활동과는 상관관계가 없는 것으로 드러났다.

모형 (2-2)의 회귀분석결과로부터 사회경제 지수, 환경물질 배출 관련 지수, 에너지 및 자원 소비 지수가 1인당 CO₂에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 사회경제 지수가 1점 올라갈 때마다 1인당 CO₂ 배출량은 0.057톤 높아지는 것으로 나왔으며, 이는 경제 발전의 필수 불가결한 요소인 산업 발전으로 인해 CO₂ 배출량이 늘어난 결과로 해석할 수 있다. 또한 환경물질 배출 관련 지수가 1점 올라갈 때마다 1인당 CO₂ 배출량이 0.103톤 늘어나는 것으로 분석되었다.¹³⁾ 이는 환경물질 배출 지수와 환경물질 배출 지수의 하위 지표인 CO₂ 배출량은 양의 상관관계에 있음을 보여준다. 마지막으로 에너지 및 자원 소비 지수가 1점 높아지면 1인당 CO₂ 배출량이 0.08톤 줄어드는 것으로 분석되었으며, 화석 에너지를 비롯한 에너지 소비가 높아질수록 CO₂가 높아지는 현상을 반영하고 있다. 이를 역으로 해석하자면, 전체 에너지 소비량 중에서 화석 에너지의 비중을 줄여나갈 경우 에너지 및 자원 소비 지수와 1인당 CO₂ 배출량은 부(-)의 관계로도 바뀔 수 있음을 시사하기도 한다.

녹색연구개발 인프라 및 투자 지수, 녹색 환경 지수, 정부 녹색 노력 지수 및 민간 녹색 인프라 지수는 1인당 CO₂에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나왔으나, 이 결과는 조심히 해석할 필요가 있다. 동 지수들은 장기적인 투자와 노력이 필요한 부분들을 포괄하고 있기 때문에 단기적인 성과를 기대하기는 힘들다는 점을 내포하고 있기 때문이다. 따라서 정량분석 결과로부터 녹색관련 투자·노력이 필요없다고 결론을 내리기에 시기는조임이 분명하다. 장기 패널 자료를 구축하여 분석하면 이와 다른 결과가 나올 수 있는 가능성이 크기 때문에 동 결과에 대한 해석은 보류하도록 한다.

모형 (3-1)의 결과 사회경제 지수가 삶의 만족도에 영향을 미치는 것으로 나

13) 환경물질 배출 관련 지수는 점수가 클수록 환경물질 배출 관련 지수가 작아지게 변형하게 회귀분석을 하였다는 것을 상기하자.

타났다. 사회경제 지수가 1점 높아지면 삶의 만족도가 0.592점 높아지는 것으로 분석되었다. 사회경제 지수가 고용률, 출산율, 기대수명 등으로 이루어진 지수라는 점을 감안할 때 이와 같은 지표들이 좋아질 경우 삶의 만족도가 높아지는 것은 당연한 결과이다.

녹색 관련 지수들과 환경·에너지 관련 지수들은 통계적인 유의미도 내에서 삶의 만족도에 별다른 영향을 주고 있지 않은 것으로 나왔으나, 이 결과 또한 조심히 해석할 필요가 있다. 앞서 논의했던 것처럼 녹색·환경·에너지와 관련된 투자와 노력은 장기적으로 성과가 나타나기 때문에 단기적인 관점에서 삶의 만족도에는 별다른 영향을 주지 못하는 것으로 해석하여야 할 것이다. 장기 패 널 자료를 구축하여 결과를 재분석할 필요가 있음을 다시 한 번 강조하고 싶다.

IV. 결 론

본 절에서는 한국의 녹색정책방향을 도출하기 위하여 30개 OECD 회원국들을 대상으로 녹색정책과 관련한 다양한 지수들을 도출하였다. 83개의 녹색관련 지표들을 7개의 지수로 지수화를 하여 상호비교하여 미시적인 관점에서 정책적 시사점을 이끌어 냈다. 또한 투입요소를 이용하여 산출요소를 생산해내는 복잡한 생산과정을 거시적인 관점에서 해석하기 위하여 자료포락분석법을 이용하여 단일 지수를 생성해내었다. 이러한 다양한 방법론을 동원하여 한국이 향후 환경/경제 정책적으로 나아가야 할 방향을 제시하고자 하였으며, 노르웨이와 영국의 한국의 주 벤치마크 대상국이 됨을 살펴보았다. 또한 회귀분석법을 이용하여 환경·경제·삶의 질 측면에서 차별화 정책을 도출하였다.

본 연구는 방대한 자료를 사용하여 환경/경제적 관점에서 정책방향을 도출하였다는 점에서 기존 연구에 비해 우위를 가지나, 다음과 같은 추후 보완점이 있다. 우선 수집된 자료에 결측치가 많다는 점이다. 결측치 문제를 해결하기 위해

서 다양한 방법론을 적용하여 자료귀속(Data Imputation)의 단계에서 객관적으로 접근하였으나, 다양한 귀속방법론을 적용하지 않아 여전히 논란의 여지가 있다. Little and An (2004)이 제안한 통계적 방법론 등을 적용하여 분석결과의 로버스트니스(Robustness)를 확보할 수 있을 것으로 기대한다. 둘째로, 수집된 자료의 시계열이 일정하지 않아 시점 불일치 문제가 상존한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 지속적으로 자료를 업데이트함과 동시에 보다 나은 자료원을 찾는 노력이 병행되어야 할 것이다.

상기한 바대로 방법론적인 측면에서 논란의 여지가 있기는 하지만, 녹색·경제 정책의 방향을 정량적으로 제시하였다는 점에서 기존의 정성적 연구에 비해 강점을 갖는다. 본 연구와 비슷한 연구가 지속적으로 수행되어 한국 녹색정책의 합리적인 방향을 설정하고 지속적으로 수정해 나가는 노력이 필요하다는 전제하에, 본 연구가 향후 전개될 연구의 밑거름이 되었으면 하는 작은 바람이 있다.

<표 A1> 지표의 정의 및 대지표 구성 (다음 페이지에 계속)

지수명	세부지표 번호	세부지표명	방향성	비고
녹색연구개발 인프라 및 투자 지표군(1)	M1	인구 천명당 연구원수	↑	
	M2	인구 천명당 R&D 인력	↑	
	M3	녹색기술인프라	↑	
	M4	인구 백만명 당 ISO 14001 인증기업수	↑	
	M5	USPTO 녹색특허 출원 기관수	↑	특허 등록일 기준
	M6	벤처기업의 녹색혁신 잠재력	↑	
	M17	연구기관의 녹색기술 혁신 역량	↑	
	M18	연구기관의 녹색기술 혁신 역량순위	↑	
	M19	녹색기술경쟁력	↑	
	M20	녹색특허수/전체 특허 수(%)	↑	
	M21	GDP 대비 R&D 투자	↑	
	M22	GDP 대비 기초과학분야 R&D 투자	↑	
	M23	GDP 대비 지구분야 R&D예산 비중(%)	↑	
	M24	GDP대비 환경 분야 R&D예산 비중(%)	↑	
녹색 환경 지표군(2)	M25	GDP 대비 수송, 정보통신, 기타인프라 분야 R&D예산 비중(%)	↑	
	M26	GDP 대비 에너지 분야 R&D예산 비중(%)	↑	
	M27	GDP 대비 건강 분야 R&D예산 비중 (%)	↑	
	M28	환경오염 완화를 위한 정부지출(PAC)	↑	
	M77	전체 에너지 공급 중 재생가능에너지원 비중	↑	
	M78	전체 전력생산 중 재생가능에너지원 비중	↑	
	M7	1인당 토지면적	↓	
	M8	도시화율	↓	
	M9	산림비율	↑	
	M10	주요보호지역비율	↑	
	M11	총생태용량	↑	
	M12	생태발자국	↑	
	M13	생태균형수지	↑	
	M14	멸종위기종비율(포유류)	↓	
정부 녹색 노력 지표군(3)	M15	멸종위기종비율(조류)	↓	
	M16	생물다양성 잠재력 지수	↑	
	M29	기후변화대응	↑	
	M30	환경법과 경쟁력	↑	
	M31	녹색기술혁신을 위한 법/제도의 적절성	↑	
	M32	GDP대비 환경관련 조세수입	↑	
	M33	전체 조세수입 대비 환경관련 조세수입	↑	
	M34	신재생에너지 활성화 정책 시행 여부	↑	
	M35	환경오염 시민인지도	↑	
	M36	친환경제품 소비자인지도	↑	
	M37	환경관련 교육	↑	
	M38	녹색 혁신기업 비중	↑	
	M39	기업의 녹색혁신 투자 비율	↑	
	M40	기업의 녹색기술 활용	↑	
M41	녹색시장 규모	↑		

〈표 A1〉 지표의 정의 및 대지표 구성 (이전 페이지에서 계속)

지수명	세부지표 번호	세부지표명	방향성	비고
민간 녹색 인프라 지표군(4)	M42	녹색기업의 녹색금융 활용 용이성	↑	
	M43	녹색기업의 벤처캐피탈 활용 용이성	↑	
	M44	기업의 지속가능발전의 중요성 인식	↑	
	M45	산,학,연의 녹색기술개발 협력 정도	↑	
	M46	정부와 민간의 녹색기술개발 협력 정도	↑	
사회경제 지표군(5)	M47	1인당 GDP	↑	
	M48	실업률	↓	
	M49	고용률	↑	
	M50	고등교육이수율	↑	
	M51	출산율	↑	
	M52	삶의 만족도	↑	
	M53	자살률	↓	
	M54	교통사고 사망자수	↓	
	M55	비만인구	↓	
	M56	기대수명	↑	
	M82	녹색산업 부가가치 창출액 비중	↑	
	M83	녹색산업 고용 비율	↑	
환경물질 배출 관련 지표군(6)	M57	GDP 대비 산업폐기물	↓	
	M58	1인당 생활폐기물	↓	
	M59	1인당 기타 온실가스 배출량	↓	
	M60	1인당 SOx배출량	↓	
	M61	1인당 NOx배출량	↓	
	M62	대기오염물질(미세먼지)	↓	
	M63	1인당 1일 BOD 오염	↓	
	M64	경지면적대비 화학비료사용량	↓	
	M65	경지면적대비 살충제 사용량	↓	
	M66	GDP 대비 CO ₂ 배출량	↓	
	M67	인구 1인당 전체 CO ₂ 배출량	↓	
	M68	최종에너지생산대비 CO ₂ 배출량	↓	
	M69	GDP 대비 에너지 분야 CO ₂ 배출량	↓	
	M70	GDP대비 제조업 및 건설 분야 CO ₂ 배출량	↓	
	M71	GDP대비 수송 분야 CO ₂ 배출량	↓	
	M72	GDP대비 가정 분야 CO ₂ 배출량	↓	
	에너지 및 자원 소비 지표군(7)	M73	1인당 최종 에너지 소비량	↓
M74		GDP 대비 최종 에너지 소비량	↓	
M75		GDP 대비 산업 분야 총 에너지 소비량	↓	
M76		GDP 대비 수송 분야 총 에너지 소비량	↓	
M77		GDP 대비 화석에너지 총 소비량	↓	
M78		GDP 대비 물 소비량	↓	캐나다, 그리스, 아일랜드 결측
M79		1인당 물 소비량	↓	캐나다, 그리스, 아일랜드 결측

◎ 참 고 문 헌 ◎

1. 노용환·신종각, “주성분 분석을 이용한 우리나라 고용의 질 추이 분석”, 직업능력 개발연구, 제10권 제3호, 2007. 12.
2. 오동현, “기술혁신을 통한 녹색경영”, 삼성경제연구소.
3. 이정동·오동현, 『효율성 분석이론-DEA: 자료포락분석법』, IB Book, 2010.
4. 정보통신산업진흥원, “영국 저탄소 성장정책 분석과 시사점,” 정책분석 제19호, 2011.
5. Chung, Y. H., R. Färe, and S. Grosskopf, “Productivity and undesirable outputs : a directional distance function approach,” *Journal of Environmental Management*, Vol. 51, 1997, pp. 229~240.
6. Clapp, C., G. Briner, and K. Karousakis, “Low emission development strategies : technical institutional and policy lessons,” OECD/IEA, Paris, 2010.
7. DECC, The road to Copenhagen, UK, 2009.
8. Johnston, J. and J. Dinardo, *Econometric methods*, New York, McGraw-Hill/Irwin, 1996.
9. Jotzo, F., Comparing the Copenhagen emissions targets. CCEP Working Paper 1.10, 2010.
10. Little, R. and H. An, “Robust likelihood-based analysis of multivariate data with missing values,” *Statistica Sinica*, Vol. 14, 2004, pp. 949~968.
11. OECD, *Handbook on Constructing Composite Indicators*, Paris, 2008.
12. OECD, *Tools for delivering on green growth*, Paris, 2010.
13. Oh, D., “A global Malmquist-Luenberger productivity index,” *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 34, 2010a, pp. 183~197.
14. Oh, D., “A metafrontier approach for measuring environmentally sensitive productivity growth index,” *Energy Economics*, Vol. 32, 2010b, pp. 146~157.
15. Oh, D. and Heshmati, A., “A sequential Malmquist-Luenberger productivity index :

environmentally sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology,” *Energy Economic*, Vol. 32, 2010, pp. 1345~1355.

16. UNEP 한국어 페이지, <http://www.unep.or.kr>
17. 노르웨이 대사관, <http://nor.mofat.go.kr>
18. 노르웨이 외교부, <http://www.norway.or.kr>

접수일(2011년 11월 7일), 수정일(2012년 7월 4일), 게재확정일(2012년 9월 6일)