

국가소득별 환경지표 비교 및 환경성과지수 유사성분석

Comparison of Environmental Index by Nation's Income and the Similarity Analysis against Environmental Performance Index

최열* · 김동인** · 김상섭***

Choi, Yeol · Kim, Dong In · Kim, Sang Sub

Abstract

The aim of this study is to provide fundamental references for the establishment of environmental policies by using and evaluating EPI (Environmental Performance Index). Data of EPI for this study come from the 2010 World Economic Forum. By using these variables, we have comparison analysis of EPI of 163 countries. Next, the object of similarity analysis using MDS is the OECD countries and shown on PREFMAP, drawing the position of each nation in environmental category and environmental policy index. The result of this study shows that there are differences in environmental policy index according to each nation's income and furthermore, similarity analysis makes it possible to locate environmental policy index of each nation in an awareness, which would help to set directions of policies concerning environment through the comparison with other advanced countries. But it could be more worth investigating time-series analysis for the change of environment-related variables because EPI has been just four times published since its first announcement in 2002. Despite, such limits would be overcome through continuous data collected over time.

Keywords : *environmental performance index, multidimensional scaling analysis, environmental policy*

요 지

본 연구는 2010년 세계경제포럼에서 발표된 환경성과지수(EPI) 데이터를 활용하여 국가별 환경지표 비교와 유사성분석을 하였다. 환경지표에 대한 비교분석은 환경성과지수 대상국인 163개국을 4개의 소득집단으로 나누어 분석을 하였으며, 유사성 분석은 OECD 30개국을 대상으로 환경보건부문과 생태건강성부문으로 PREFMAP에 나타내었다. 먼저 비교분석의 결과를 보면 국가 소득에 따라 대부분의 환경지표 차이가 있었으며, 본 논문에서는 소득그룹별 차이를 보인 변수들만 제시하였다. 다음으로 환경정책지표별 유사성분석을 통하여 OECD국가별 환경정책지표별 위치를 하나의 인지도에 나타냄으로써 다른 선진 국가들과 비교하여 취약점을 파악하였다. 이는 향후 환경관련정책수립 시 나아갈 방향을 설정하는데 있어서 유용할 것이라 사료된다. 하지만 본 연구에 있어서 시계열적 자료를 확보하여 환경관련변수별 시간적 변화를 살펴보는 것이 더욱 가치 있는 연구가 되었을 것으로 판단되나 EPI가 2002년 처음 발표된 이후 지금까지 총 4차례에 걸쳐 발표되어 실시하지 못한 점이 아쉬움이 있다. 그러나 이 한계점은 향후 시간이 흘러 데이터가 확보되어 더욱 발전된 연구가 이루어지길 바란다.

핵심용어 : 환경성과지수, 다차원척도법, 유사성 분석, 환경정책

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 1960년대부터 수차례에 걸친 경제개발 5개년 계획으로 급속한 경제성장을 이룩하였으나, 인구의 폭발적 증가와 산업화로 도시가 확산되어 감에 따라서 심각한 환경 문제들을 야기 시켰다. 이에 각 시도는 정부의 “저탄소 녹색

성장”이라는 지속가능한 개발의 개념 아래 녹색성장을 위한 각종 대책들을 마련하는 등의 관심이 높아지고 있다. 이것은 Giuliani(2009)¹⁾의 연구에 따른 환경분야에 대한 연구 동향을 보면 지속가능성에 초점을 두고 있다는 결과로 뒷받침되어 진다.

이런 지속가능한 개발을 위해서는 각 부문별 환경정책을 세우고 이행하여야 한다. 이런 이유에서 환경부(2002)²⁾는 환

1) Maria Vittoria Giuliani and Massimiliano Scopelliti, (2009) “Empirical research in environmental psychology: Past, present and future”, Journal of Environmental Psychology.

2) 환경부(2000), 국가환경성평가지표 개발 · 적용 연구, 환경부.

*정회원 · 부산대학교 도시공학과 교수 (E-mail : yeolchoi@pusan.ac.kr)

**정회원 · 교신저자 · 부산대학교 도시공학과 석사 (E-mail : ggija0801@nate.com)

***부산대학교 도시공학과 박사수료 · 부산인적자원개발원 (E-mail : sskim@bhrdi.or.kr)

경지표를 측정수단으로 활용하여 환경정책의 성취정도를 평가한 후 그 결과를 환경정책 수립을 위한 의사결정의 근거로 활용하고 있다. 또한, UNCSD·OECD·EU 등에서는 각 국가의 지속가능한 개발의 성과를 측정하기 위하여 표준화 지표를 만들어 지속가능성을 평가해 오고 있으며 우리나라 또한 환경지표 개발의 법적근거를 두어 환경지표를 통한 환경의 질에 대한 평가가 활발하게 이루어지고 있다.

하지만 이런 지표들은 대부분 보편화되지 못하고 지표의 표준화에 있어서도 모호하여 그 이용가능성이 낮을 실정이다. 더구나 환경지표는 환경정책의 평가 기준이 되는 것으로 자연환경과 환경보건을 비롯한 생활환경 전반에 걸쳐 영향을 미치기 때문에 환경정책의 평가에 이런 요소들이 누락되지 않고 반영되는 것이 중요하며, 환경정책의 학계 전문가들의 판단이나 집행자인 실무자들의 의견을 수렴할 수 있는 방법론적, 제도적 개선도 시급한 실정이다.

기존 연구들을 살펴보면 최덕일 외(1997)³⁾의 연구는 종합 환경지표 개발의 일환으로 환경영향평가 시 개별적 평가대상으로 규정하고 있는 요소들을 종합하여 하나의 지표로 나타내고자 하였으며, 김유나, 문태훈(2009)⁴⁾의 연구는 절대적 평가와 상대적 평가가 동시에 가능한 도시지속성을 평가하기 위하여 우리나라 7개 대도시를 대상으로 하여 환경성과 지수를 적용하여 각 도시들을 산출하였다. 하지만 기존연구들은 환경지표 관련 지표체계 및 지수를 산정하는 학문이 주를 이루었으나 산정된 지수들을 통하여 환경지표의 유형 및 특성을 알아보는데 있어서는 미비하였다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 환경지표 및 지수를 산출하는 것이 아니라 각 분야별 지수를 활용하여 각 국가소득별 환경성과 지수의 특성 및 유사성을 알아보는데 그 목적이 있다. 이를 달성하기 위하여 산출된 지수로 2010년 세계경제포럼에서 발표된 환경성과지수(EPI) 데이터를 활용하였다. 이 변수들을 기준으로 하여 국가소득별 비교분석을 하였으며, OECD 30개국을 대상으로 MDS(Multidimensional Scaling)를 활용하여 환경보건 부문과 생태건전성 부문에 대한 유사성 분석을 하였다. 이를 통하여 환경정책분야에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구대상 및 방법

본 연구는 기존연구들에서 실시하였던 환경지표 및 지수를 산출하는 것이 아니라 환경성과지수 데이터를 활용하여 유사성분석을 실시함으로써 환경성과 부문별 위치를 파악하고자 한다. 이를 위해 세계경제포럼(WEF)에서 발표한 2010년도 환경성과지수 데이터를 활용하였으며, OECD 30개국을 대상으로 MDS를 활용한 환경정책지표별 유사성분석을 하였다.

2010년 환경성과지수를 보면 크게 환경보건부분과 생태계 건전성부분으로 나누어진다. 이는 또 다시 세부적인 10개의 정책 범주로 각 지표들로 구성되는데, 환경보건부분은 세 가

지의 정책범주로 DALY로 구성되어있는 환경성질병부담과 실내공기오염과 실외공기오염지표로 구성되어있는 대기보건, 상수시설과 하수시설로 구성되어있는 물 보건이다. 다음으로 생태계건전성은 총 일곱 개의 정책범주로 구성된다. 이는 SO₂, NO_x, NMVOC, 오존의 네 개 지표로 구성되어있는 대기오염에서 시작하여 온실가스배출량, 발전부분 CO₂배출량, 제조업부분 온실가스배출량의 세 개의 지표로 구성되어있는 기후변화의 정책범주이다.

본 연구는 위에서 살펴본 환경성과지수의 각 변수를 활용하여 국가소득그룹별 환경지표의 특성을 알아본 후 OECD 국가 30개국을 대상으로 환경정책지표별 나누어 MDS를 이용한 유사성분석을 하였다.

2. 환경성과지수에 관한 선행연구

환경지표는 지속가능한 개발의 중요성이 강조되면서 활발히 연구되고 있는 분야로 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 지표개발에 관한 연구와 기존 지표의 평가에 관한 연구이다. 먼저 지표개발을 위한 대표적인 연구로 Krottscheck(1996)는 지속가능한 개발의 저변에는 태양에너지의 지속가능한 흐름에 있다는 판단 하에 Sustainable Process Index(SPI)를 만들었는데, 이 지수는 원자재와 에너지수요 그리고 제품흐름을 지속가능한 방법의 과정으로 평가하는데 이용되어 진다고 소개했다. 이후 Vatalis(2006)는 환경정책을 위한 환경의 질의 측정을 위하여 채광과 산업지역을 대상으로 하여 Environmental Quality Index(EQI)를 개발하였으며, 사회적 관점을 반영하기위해 설문조사와 전문가의 의견을 반영하는 방식으로 지수를 산출하였다. 이와 같이 연구들처럼 지속가능한 개발을 위한 환경지표개발 연구는 다양한 분야에 적용되고 있다.

다음으로 환경관련 지수를 평가하는 연구로 Ebert(2002)는 환경관련지수들을 중요한 형태별로 분류하여 특징을 연구하였으며, Giannetti(2009)는 종합적인 환경지수가 전문가들의 판단에만 치우쳐져 있다 생각하고 Environmental Sustainability Index(ESI 2005)를 연구한 사례가 있다.

국내 환경지수에 관한 대표적 연구로는 문태훈(1996), 최덕일 등(1997), 양병이와 이관규(2002), 조덕호와 배민기(2004), 김경태 등(2006)의 연구가 이에 해당한다. 또한 환경관련 지수를 평가하는 대표적 연구로는 계라하와 김금수(2007) 등의 사례가 있다.

본 연구는 환경성과지수(EPI) 대상국(163개국)을 환경정책 요소별로 비교분석 할 것이며, 이후 대표적인 상위 소득국가 집단인 OECD국가들(30개국)을 대상으로 하여 MDS를 활용한 유사성분석을 통하여 환경지표에 대한 국가별 특성을 살펴보고자 한다.

3. 변수 및 연구 자료의 구성

3.1 변수의 구성 및 특성

본 연구에서 변수로 이용되는 환경성과지수의 특성을 살펴보면, 크게 환경보건과 생태계건전성의 2개의 범주로 나누어진다. 이는 또 다시 10개의 세부 환경정책표로 나누어지고

3) 최덕일, 장준기, 김명진, 이재운(1992), “환경평가지표의 개발”, 환경영향평가, 1(1), pp.31-41.

4) 김유나, 문태훈(2009), “환경성과지수(EPI)를 활용한 도시환경 지속성 성과평가에 관한 연구”, 대한국토·도시계획학회, 44(6), pp.171-183.

표 1. 비교분석 및 유사성분석을 위한 변수의 구성

구분	지표변수	단위	변수설명
국민1인당소득	GDP	\$	국민1인당소득
환경보건	환경성질병부담	DALY	년/1,000명 인구 천명당 장애보정연수
	대기보전	INDOOR	% 실내공기질에 영향을 미치는 화석연료 사용비율
		OUTDOOR	µg/m³ 미세먼지의 양
	물보전	WATSUP	% 상수도 보급율
ACSAT		% 하수도 보급율	
생태계건전성	대기오염	SO2	Gg/km² 이산화황의 양
		NOx	Gg/km² 질소산화물의 양
		NMVOC	Gg/km² 비메탄휘발성 유기물질의 양
	수질 및 수량	WQI	score 수질지수
		WATSTR	% 수자원압력지수
		WSI	% 수분부족지수
	생물다양성	PACOV	score 생물군보호
		MPAEEZ	% 해양보호
		AZE	% 주요서식처보호
	임업	FORGRO	% 입목축적변화
		FORCOV	% 삼림지역변화
	어업	MTI	slope 해양영양지수
EEZTD		score 어업의 강도	
농업	AGWAT	% 농업용수집약도	
	AGSUB	% 농업보조금	
	AGPEST	score 농약사용규제	
기후변화	GHGCAP	ton/인 온실가스 배출량	
	CO2KWH	g/kWh 발전부분CO2배출량	
	GHGIND	\$/ton 제조업부분온실가스배출량	

각 환경정책변수는 각각의 환경지수로 구성이 된다.

3.2 기초통계량분석

OECD 30개 국가의 환경성과 지수에 대한 기초통계량은 표 2에 나타난 바와 같다. 이 결과를 볼 때 주요서식지보호 지표(AZE)의 경우 측정된 변수는 13개로 약 60% 이상이 결측값으로 나타나 변수로 사용하는데 있어 부적절한 것으로 판단되어지며, OZONE 또한 표준편차가 매우 커 변수에서 제외시켰다.

OECD 30개국의 환경성과지수의 평균은 71.29로 아이슬란드가 93.5점으로 가장 높았으며, 우리나라가 57점으로 가장 낮았다. 먼저 환경보건부분을 보면 환경보건부분 변수들을 보면 환경성질병부담(DALY)의 평균값은 18.26년이였다. 아이슬란드가 13년으로 환경성질병부담이 가장 낮은 반면 터키가 29년으로 가장 높았으며, 우리나라는 21년으로 체코와 같이 평균보다 약 3년이 많았다. 상수도보급률(WATSUP)은 평균 98.97%로 OECD 대부분의 국가가 상수도 보급률 100%였으나 우리나라는 92%로 30개국 중 29번째였다. 하수도보급률(ACSAT) 또한 평균 97.84%로 OECD 대부분의 국가가 100%였으나 우리나라는 평균값에 훨씬 못 미친 87.1%였다. 실내공기질(INDOOR)을 나타내는 화석연료의 사용비율의 경우는 평균 5.59%였으며, 멕시코가 16.57%로 가장 높았다. 실외공기질(OUTDOOR)을 나타내는 미세먼지농도의 경우 평균 23.09µg/m³이였으며, 스웨덴이 11.62µg/m³으로 가장 양호하였고 터키가 39.72µg/m³으로 실외공기질이 가장 나빴다. 우리나라의 경우는 34.72µg/m³ 평균보다 다소

표 2. OECD 국가의 환경성과지수에 대한 기초통계량

구분	변수명	N	평균값	표준편차	최솟값	최댓값	
환경성과지수	EPI	30	71.29	8.57	57	93.5	
환경보건	환경성질병부담 환경정책지표	DALY	30	18.26	4.05	13	29
	물보전 환경정책지표	WATSUP	30	98.97	2.86	87	100
		ACSAT	30	97.84	5.33	81	100
	대기보전 환경정책지표	INDOOR	30	5.59	2.35	5	16.57
OUTDOOR		30	23.09	8.57	11.62	39.7178	
생태계건전성	대기오염 환경정책지표	SO2	30	4.43	8.29	0.08	41.95
		NOx	30	4.29	3.78	0.17	17.48
		NMVOC	30	3.73	3.26	0.72	13.43
		OZONE	30	42170269	171052324	0	940242000
	수질 및 수량 환경정책지표	WQI	30	81.57	11.26	57.9	100
		WATSTR	29	11.43	14.20	0	50
		WSI	30	0.0032	0.017	0	0.093
	생물다양성 환경정책지표	PACOV	30	7.41	2.73	0.93	10
		MPAEEZ	24	1.83	3.29	0.0037	14.23
		AZE	13	59.84	26.84	0	100
	임업 환경정책지표	FORGRO	27	1.08	0.056	1	1.2
		FORCOV	27	0.515	0.86	-0.4	3.90
어업 환경정책지표	MTI	24	-0.0011	0.013	-0.034	0.0175	
	EEZTD	24	45.07	30.52	5.42	100	
농업 환경정책지표	AGWAT	28	4.96	6.05	0.0001	22	
	AGSUB	30	0.26	0.28	0.0076	1.211	
	AGPEST	30	21.23	0.94	19	22	
기후변화 환경정책지표	GHGCAP	30	13.50	6.48	0	28.5	
	CO2KWH	30	363.44	218.36	1.37	907	
	GHGIND	30	77.90	29.45	34.7	165	

높았다.

생태건전성부분의 대기오염 환경정책지표변수들의 평균값을 보면 SO₂가 4.43Gg/km², NO_x 4.29Gg/km², NMVOC 3.73Gg/km², OZONE 42170269 이다. 수질 및 수량 환경정책지표의 변수들의 평균은 수질지수(WQI) 81.57점, 수자원 압력(WATSTR) 11.43%, 수자원회소성(WSI) 0.0032%였다.

생물다양성 환경정책지표변수에서 생물군보호(PACOV)는 평균 7.41%으로 나타났으며 해양보호(MPAEEZ)는 1.83%, 주요서식지보호(AZE) 24개국의 평균은 59.84%이다. 임업환경정책지표의 임목량증감(FORGRO)도 평균 1.08%로 전년대비 증가하였으며, 삼림지역(FORCOV)는 평균 0.515%로 전년대비 삼림지역의 비율이 증가했음을 알 수 있다. 어업환경정책지표에 해양보호지역(MTI)는 평균 -0.0011 감소하였으며, 어업의강도(EEZTD)는 경제수역을 초과한 어업의 비율로 평균 45.07%로 나타났다. 농업환경정책지표는 농업용수집약도(AGWAT)는 평균 4.96%, 농업보조금은 평균 0.26%로 나타났다, 22점이 최대인 농약사용규제(AGPSET)의 경우 평균 21.23점이다. 마지막으로 기후변화환경정책지표를 보면 온실가스배출량(CHGCAP)가 평균 13.50ton/인이며 아이슬란드가 배출량이 0로 가장 적게 방출하였다. 발전부분CO₂배출량은 평균 363.44g/kWh이고, 제조업부분 온실가스배출량은 평균 77.90\$/ton이다.

4. 실증분석

4.1 국가소득별 비교분석

국가의 소득이 높을수록 소득이 낮은 국가들에 비하여 환경에 관한 규제와 그에 따른 환경에 관한 투자비용도 높기 때문에 환경의 질의 향상을 기대 할 수 있으며 각종 환경 규제와 관련된 세계적기구들에서 또한 자발적으로 참여한다. 따라서 여기서는 환경성과지수를 구성하는 각각의 변수들이 국가 소득별 집단에 따른 차이를 보기위해 분산분석(ANOVA)을 하였으며, 유의한 변수들만 살펴보기로 한다.

우선 환경보건부분 중 환경성질병부담(DALY)의 결과를 보면 전체 평균은 60.04년이었으며, 국가소득별 DALY를 보면 2,000달러 미만인 국가가 128.02년으로 가장 높았고, 2,000 이상 7,000미만인 국가는 절반보다 작은 수준인 54.35년으로

표 3. 환경성질병부담 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
DALY	Model	284735.24	94911.75	61.56***
	Error	243595.46	1541.74	
	Corrected Total	528330.70		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	20.87	60.04
	20,000미만 7,000이상	A	33.22	
	7,000미만 2,000이상	B	54.35	
	2,000미만	C	128.02	

*** p<0.001

표 4. 물보건 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
WAT SUP	Model	24754.98	8251.66	61.35***
	Error	21251.75	134.50	
	Corrected Total	46006.73		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	97.41	84.97
	20,000미만 7,000이상	B	93.79	
	7,000미만 2,000이상	C	83.6	
	2,000미만	C	65.79	

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
ACSAT	Model	92571.55	30857.18	105.09***
	Error	46391.98	293.62	
	Corrected Total	46391.98		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	97.46	70.48
	20,000미만 7,000이상	B	85.63	
	7,000미만 2,000이상	C	66.33	
	2,000미만	D	34.60	

*** p<0.001

평균보다 낮았으며, 20,00달러 이상인 국가들은 20.87년으로 소득이 가장 낮은 집단보다 약 1/6수준으로 현저히 낮은 수준을 보였다. Duncan검정에 따른 분류 결과는 7,000달러 이상 20,000달러 미만인 국가와 20,000달러 이상인 국가가 DALY에 대하여 유사성을 보였으며, 7,000미만 2,000이상인 국가와 2,000이하인 국가는 각각 다른 그룹에 속해 있음을 알 수 있다. 이 처럼 소득에 의한 국가별 DALY의 격차가 큰 것을 알 수 있으며, 소득이 높은 집단일수록 그에 따른 위생시설을 비롯한 기반시설이 잘 갖춰져 있기 때문에 환경성질병으로 인한 장애보정연수(DALY)가 낮은 것으로 생각된다.

다음으로 국가소득별 물보건 환경정책지표에 대한 비교분석의 결과를 보면 상수도 보급률은 20,000 달러 이상인 국가가 97.41%, 20,000미만 7,000 이상인 국가가 93.79%로 평균보다 높았으며, 7,000미만 2,000이상인 국가가 83.6%, 2,000미만인 국가가 65.79%로 평균보다 낮았다. Duncan 그룹의 결과 소득이 7,000미만 2,000이상인 국가와 2,000미만인 국가가 같은 그룹에 속하였다.

하수도 보급률(ACSAT)의 경우 또한 20,000 달러 이상인 국가가 96.46%, 20,000미만 7,000 이상인 국가가 85.63%로 평균보다 높았으며, 7,000미만 2,000이상인 국가가 66.33%, 2,000미만인 국가는 50%에도 미치지 못하는 34.60%로 평균보다 낮았다. Ducan 그룹의 결과는 국가 소득별 네 개의 집단 모두 차이가 났다.

표 5. 대기보건 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
INDOOR	Model	146878.57	48959.52	158.83***
	Error	46855.08	308.26	
	Corrected Total	193733.65		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	5.09	35.29
	20,000미만 7,000이상	B	13.81	
	7,000미만 20,00이상	C	37.98	
	2,000미만	D	83.52	
지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
OUTDOOR	Model	17180.35	5726.78	5.67***
	Error	158438.50	1009.16	
	Corrected Total	175618.85		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	35.29	46.76
	20,000미만 7,000이상	A	37.334	
	7,000미만 2,000이상	B	56.341	
	2,000미만	B	57.38	

*** p<0.001

실내공기오염의 총 평균은 35.29%로 20,000 달러 이상인 국가와 20,000달러 미만 7,000달러 이상인 국가가 평균보다 높았으나, 7,000미만 2,000이상인 국가와 2,000달러 미만인 국가가 평균보다 낮았다. Duncan검정 결과 각 국가소득층별로 모두 차이가 났으며 소득이 높은 집단일수록 실내공기오염도 즉 고체연료의 사용비율이 낮은 것을 의미한다.

실외공기질은 총 평균 46.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 실내공기오염과 마찬가지로 20,000 달러 이상인 국가와 20,000달러 미만 7,000달러 이상인 국가가 평균보다 높았으며, 7,000미만 2,000이상인 국가와 2,000달러 미만인 국가가 평균보다 낮았다. Duncan그룹의 결과는 국가 소득별 20,000이상인 그룹과 20,000미만 7,000이상인 그룹, 7,000미만 2,000이상인 그룹과 2,000미만인 두 개의 그룹으로 나뉘어져 집단 간의 차이를 보였으며, 이 두 집단 간의 실외 대기오염 농도는 국가소득 7,000미만인 그룹이 약 1.5배가량 높았다.

국가소득별 대기오염 요소들 중 SO₂는 전체평균 5.74Gg/km²으로 20,000달러 이상인 그룹이 18.245.74Gg/km²으로 평균보다 무려 3배나 높게 나타났으며, 나머지 그룹들은 평균보다 낮았다. Duncan 그룹의 결과를 보면 20,000달러 이상인 그룹과 나머지 국가별 소득 그룹으로 나누어져 차이가 나는 것을 알 수 있다. NO_x는 전체평균이 5.11Gg/km²으로 20,000달러 이상인 그룹이 15.99Gg/km²로 평균보다 3배가량 높았으며, 나머지 국가 소득별 그룹은 평균보다 낮았다. Duncan검정 결과 SO₂와 마찬가지로 20,000달러 이상인 그

표 6. 대기오염 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
SO ₂	Model	8196.68	2732.23	3.25**
	Error	132739.28	840.12	
	Corrected Total	140935.96		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	18.24	5.74
	20,000미만 7,000이상	B	3.17	
	7,000미만 20,00이상	B	1.83	
	2,000미만	B	0.35	
지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
NO _x	Model	6111.26	2037.09	3.72**
	Error	86610.33	528.17	
	Corrected Total	92721.59		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	15.99	5.11
	20,000미만 7,000이상	B	2.01	
	7,000미만 2,000이상	B	2.11	
	2,000미만	B	0.90	
지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
NMVOC	Model	5361.53	1787.18	6.60***
	Error	42762.34	270.65	
	Corrected Total	48123.86		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	15.88	5.68
	20,000미만 7,000이상	B	2.71	
	7,000미만 2,000이상	B	2.79	
	2,000미만	B	1.868	

** p<0.05, *** p<0.001

룹과 나머지 국가별 소득으로 그룹핑되어 집단별 차이나 나타났다. NOVOC 또한 SO₂와 NO_x의 경우와 마찬가지로 전체 평균이 5.68Gg/km²로 국가소득 20,000달러 이상인 그룹의 평균이 15.88Gg/km²로 나타나 전체 평균보다 훨씬 웃도는 걸로 나타났으며, Duncan그룹 결과에서도 국가소득 20,000달러 이상인 그룹과 나머지 국가소득별 그룹으로 나뉘어져 차이가 있었다.

국가소득별 수질 및 수량에서 수질지수(WQI)는 전체평균 61.91점으로 20,000달러 이상의 국가가 75.96점, 20,000달러 미만 7,000달러 이상인 국가가 65.90점으로 나타나 전체평균보다 높았으며, 7,000달러 미만 2,000달러 이상인 국가와 2,000달러 미만인 국가가 각각 55.71점과 51.93점으로 평균보다 낮았다. 이는 국가소득이 높은 집단일수록 수질지수 또한 높은 것을 의미한다. Ducan 그룹결과는 7,000달러 미만 2,000달러 이상인 국가와 2,000달러 미만인 국가가 같은 그룹으로 나와 총 3개의 그룹으로 차이가 났다. 수자원압력

표 7. 수질 및 수량 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
WQI	Model	13207.02	4402.34	13.82***
	Error	48425.28	318.589	
	Corrected Total	61632.50		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	75.96	61.91
	20,000미만 7,000이상	B	65.90	
	7,000미만 2,000이상	C	55.71	
	2,000미만	C	51.93	
WAT STR	Model	18.75	6.25	2.79**
	Error	340.73	2.24	
	Corrected Total	359.48		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	0.90	0.30
	20,000미만 7,000이상	B	0.19	
	7,000미만 2,000이상	B	0.12	
	2,000미만	B	0.01	
WSI	Model	2884.24	961.41	2.99**
	Error	48880.02	321.58	
	Corrected Total	51764.26		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	16.21	13.90
	20,000미만 7,000이상	AB	13.95	
	7,000미만 2,000이상	A	18.69	
	2,000미만	B	7.275	

** p<0.05, *** p<0.001

(WATSTR)의 경우 전체 평균이 0.3%로 20,000달러 이상인 국가가 0.9%로 나와 평균보다 높았으며, 수자원 회소성 (WSI)의 경우 전체 평균이 13.9%로 20,000달러 이상인 국가가 16.21%로 전체 평균보다 높았고 20,000달러 미만 7,000달러 이상인 국가는 전체 평균과 유사하였다.

국가소득별 임업환경정책지표의 비교분석을 보면 임목축적 변화(FORGRO)의 경우 국가소득별 집단 간에 차이가 없었으나, 삼림지역변화(FORCOV) 경우 국가소득별 차이가 발생했다. 삼림지역의 변화는 경우 전체 평균이 -0.16%로 국가별 소득이 20,000달러 이상인 그룹과 20,000달러 미만 7,000달러 이상인 그룹이 0.53과 0.15로 나타나 삼림지역이 증가하였으나, 국가별 소득이 7,000달러 미만 2,000달러 이상인 그룹과 2,000달러 미만인 그룹은 각각 -0.32%와 -0.89%로 전체 삼림지역의 면적비율이 감소하였다. 이 결과로 볼 때 국가소득이 높은 집단일수록 삼림지역에 대한 관리가 잘 이루어진다고 볼 수 있다.

표 8. 임업 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
FORCOV	Model	44.15	14.72	9.23***
	Error	239.08	1.59	
	Corrected Total	283.24		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	0.53	-0.16
	20,000미만 7,000이상	AB	0.15	
	7,000미만 2,000이상	BC	-0.32	
	2,000미만	C	-0.89	

*** p<0.001

농업관련 지표 중 농업용수집약도(AGWAT)는 전체 평균이 33.79로 국가소득 20,000달러 이상인 집단이 평균보다 높게 나타났으며, 나머지 집단보다도 4배가량 높았다. 농업보조금 (AGSUB)은 전체평균 0.067로 농업용수 집약도의 경우와 마찬가지로 국가소득 20,000달러 이상의 집단이 평균보다 높게 나타났고 나머지 집단은 평균에 밀려 국가소득이 높은 집단일수록 농산물 가격이 보조금으로 인하여 줄어드는 비율이 높았다. 농약사용규제(AGPEST)는 전체평균 13.12점으로 국가소득 20,000 이상인 그룹과 20,000미만 7,000이상인 그룹이 각각 18.25점, 15.17점으로 전체평균보다 높았으며, 7,000미만 2,000이상인 그룹과 2,000미만인 그룹은 전체평균보다 낮았다. 이는 국가소득이 높은 집단일수록 농약사용에 대한 규제가 잘 이루어진다는 것을 알 수 있다. 농업용수집약도는 5% 유의수준에서 국가소득별 집단 간 차이가 있었으며, 농업보조금, 농업규제 지표는 1% 유의수준에서 집단 간 차이가 있었다. Duncan 그룹 결과는 농업용수 집약도와 농업보조금이 국가소득 20,000달러 이상인 그룹과 그 외 그룹으로 나뉘었으며, 농업규제의 경우 20,000달러 이상인 그룹과 20,000달러 미만 7,000달러 미만인 그룹 그리고 7,000달러 미만 2,000달러 이상인 그룹과 2,000달러 미만인 그룹으로 그룹핑 되었다.

기후변화환경지표의 경우 온실가스배출량(CHGCAP)만이 1% 유의수준에서 국가소득별 그룹간의 차이가 났으며, 발전부분CO2배출량(CO2KWH)과 제조업부분온실가스배출량(CHGIND)의 국가소득별 집단 간에 차이가 없었다. 온실가스배출량은 전체평균이 10.51로 20,000달러 이상인 그룹이 전체평균보다 2배가량 높았으며, 그 외 국가소득별 그룹들은 평균에 밀렸으며 2,000달러 미만인 그룹은 전체평균의 1/2보다 낮았다. 이는 국가소득이 높은 집단일수록 온실가스배출량 또한 높다는 것을 의미한다.

4.2 유사성분석

본 절은 OECD 30개국을 대상으로 하여 환경성과지수의 환경보건부문과 생태계건전성부문의 대기환경, 수질환경, 임업어업농업, 기후변화의 정책범주에 대한 유사성 분석을 실시하였으며, 앞서 언급하였던 바와 같이 생물다양성 정책지

표 9. 농업 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
AGWAT	Model	120571	401272	2.81**
	Error	2131039	14302.28	
	Corrected Total	2251557		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	82.55	33.79
	20,000미만 7,000이상	B	25.33	
	7,000미만 20,00이상	B	24.81	
	2,000미만	B	7.14	
지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
AGSUB	Model	0.944397	0.314799	15.68***
	Error	3.171128	0.020070	
	Corrected Total	4.115525		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	0.199	0.067
	20,000미만 7,000이상	B	0.055	
	7,000미만 20,00이상	B	0.013	
	2,000미만	B	0.001	
지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
AGPEST	Model	2181.81	727.27	11.81***
	Error	9725.72	61.56	
	Corrected Total	11907.53		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	18.25	13.12
	20,000미만 7,000이상	A	15.17	
	7,000미만 20,00이상	B	10.33	
	2,000미만	B	9.07	

** p<0.05, *** p<0.001

표의 경우 구성하는 지표변수의 결측값이 많아 유사성 분석에서 제외 하였다.

그 결과 표 11은 환경보건범주에 대한 최우법(Maximum Total Variance: MTV)으로 분산을 최대화 하는 추정방법의 결과이며 평균 변화량, 최대 분산 변화량, 분산의 설명정도, 분산의 변화량을 보여준다. 환경보건범주는 121번의 반복수행을 통하여 최적 해를 찾아냈으며, 전체 설명도는 95.97%이고, 대기환경정책지표는 961번 반복수행에 100%, 수질환경정책지표 62번 반복수행에 100%, 임업·어업·농업정책지표 1,186번 반복수행 87.37%, 기후변화정책지표 523번 반복수행 100%로 나타났다.

그림 1에서 그림 5까지는 환경보건범주와 대기환경, 수질환경, 임업어업농업, 기후변화의 정책범주에 대한 PREFMAP의

표 10. 기후변화 환경정책지표 비교분석

지표	Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
CHGCAP	Model	6760.89	2253.63	22.56***
	Error	15785.93	99.91	
	Corrected Total	22546.82		
	소득수준	Grouping	Mean	Total Mean
	20,000이상	A	21.394	10.51
	20,000미만 7,000이상	B	9.966	
	7,000미만 20,00이상	BC	7.226	
	2,000미만	C	4.162	

*** p<0.001

결과를 보여준다. 그림 1의 환경보건범주결과의 Dimension 1은 터키와 멕시코를 제외한 국가들이 축과 근접하여 모여 있어 다른 국가들과의 차이를 나타내고 있다. 이 두 국가는 다른 국가에 비하여 상대적으로 고체연료의 사용비율이 높아 실내의 공기의 질이 좋지 않았다.

Dimension 2의 경우 폴란드와 멕시코, 한국이 다른 국가들에 비하여 상대적으로 아래쪽에 분포되어 있었으며,

이들 국가는 위쪽에 모여 있음을 알 수 있다. 우리나라와 터키, 멕시코, 폴란드 4개국은 타국가들에 비해 이상치로부터 떨어져 있으며, 환경보건범주를 구성하는 환경성질병(DALY), 상수도(WATSUP)·하수도보급률(ACSAT), 실외공기질(PM10)의 수준이 떨어졌다.

그림 2의 대기환경정책지표 결과를 보면 Dimension 1의 경우 다른 국가들에 비하여 룩셈부르크와 스웨덴이 축으로부터 좌측으로 떨어져 있었으며, 이들 국가는 타 국가들에 비하여 SO₂와 NO_x로 인한 대기오염이 상대적으로 낮았다. Dimension 1의 축을 기준으로 하여 좌측에 있는 국가들이 우측에 있는 국가들에 비하여 상대적으로 대기환경정책지표로 인한 오염도가 낮은 것으로 보여 진다.

그림 3의 수질 및 수량 환경정책지표의 결과를 보면 Dimension 1의 축에 모여 있으나 벨기에의 경우 우측방향으로 떨어져 있는 것으로 나타났으며, Dimension 2를 보면 터키와 멕시코, 오스트레일리아가 축으로부터 아래쪽으로 떨어져 있었다. 벨기에, 터키, 오스트레일리아, 멕시코는 수질(WQI), 수자원부족(WSI), 수자원회소성(WATSTR)의 이상치로부터 상대적으로 멀리 떨어져 있었으며 타 국가에 비하여 수질 및 수량 환경정책지표를 구성하는 지표들이 좋지 않았다.

그림 4의 임업·어업·농업 환경정책지표의 경우 Dimension 1을 보면 축을 중심으로 하여 미국과 멕시코가 좌측으로 떨어져 있으며, 슬로바키아와 룩셈부르크가 우측으로 떨어져 있는데, 미국과 멕시코는 농약사용규제(AGPEST) 지표가 OECD 타 국가들에 비하여 낮아 농약사용에 대한 규제가 약한 것으로 보여 진다. Demension 2에 의해서는 미국과 멕시코, 슬로바키아, 룩셈부르크가 아래쪽으로 떨어져 위치해 있음을 알 수 있다. 우리나라는 대부분의 국가가

표 11. MTV(최우도) 추정결과

구분	Iteration Number	Average Change	Maximum Change	Proportion of Variance	Criterion Change	Note
환경보전 범주	1	0.1333	0.9192	0.7834		
	2	0.089	0.636	0.8874	0.104	
	3	0.044	0.4611	0.9259	0.0385	
	...					
	121	1E-05	0.0002	0.9539	0	Converged
대기환경 정책지표	1	0.08026	0.38873	0.93534		
	2	0.03493	0.19992	0.96686	0.03152	
	3	0.02632	0.18041	0.97151	0.00465	
	...					
	961	0.00001	0.00004	1	0	Converged
수질 및 수량 정책지표	1	0.1103	0.7863	0.9042		
	2	0.0403	0.3954	0.9631	0.0589	
	3	0.0354	0.3217	0.9731	0.01	
	...					
	62	0.00001	0.00007	1	0	Converged
임업 어업 농업 정책지표	1	0.28788	1.02976	0.76752		
	2	0.09865	0.63199	0.93198	0.16446	
	3	0.05772	0.33498	0.96665	0.03468	
	...					
	1186	0.00001	0.00029	0.87373	0	Converged
기후변화 정책지표	1	0.20619	0.75338	0.80681		
	2	0.07926	0.2894	0.9322	0.12539	
	3	0.05959	0.28793	0.95205	0.01985	
	...					
	523	0.00001	0.00013	1	0	Converged

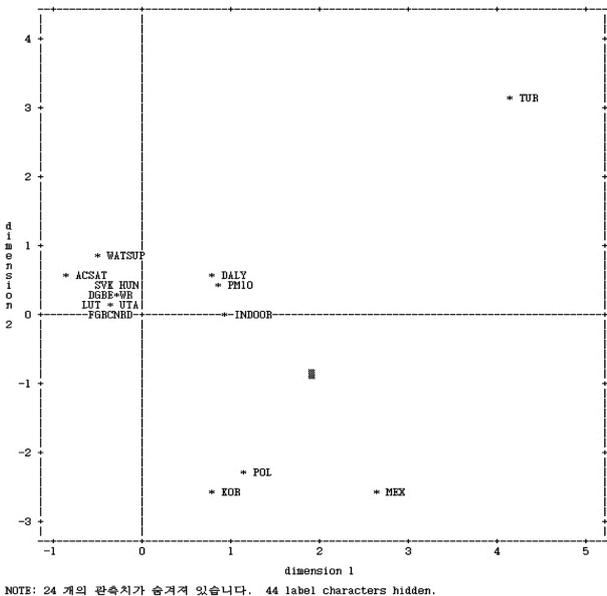


그림 1. 환경보전범주에 대한 PREFMAP

몰려있는 원점 근처에 위치해 있어 비교적 양호한 수준으로 보여진다.

마지막으로 그림 5의 기후변화정책지표의 결과를 보면 Dimension 1의 경우 축을 중심으로 오스트레일리아와 그리

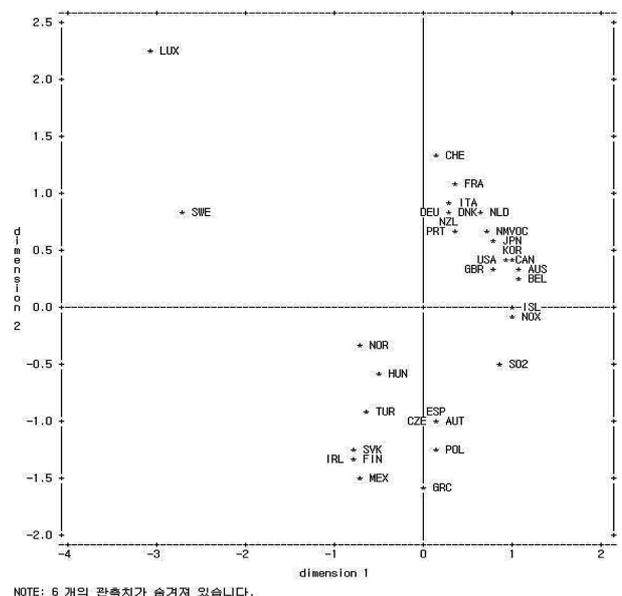
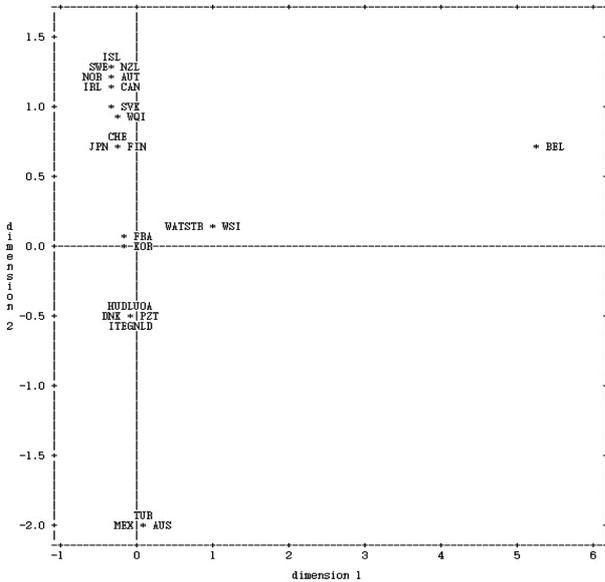


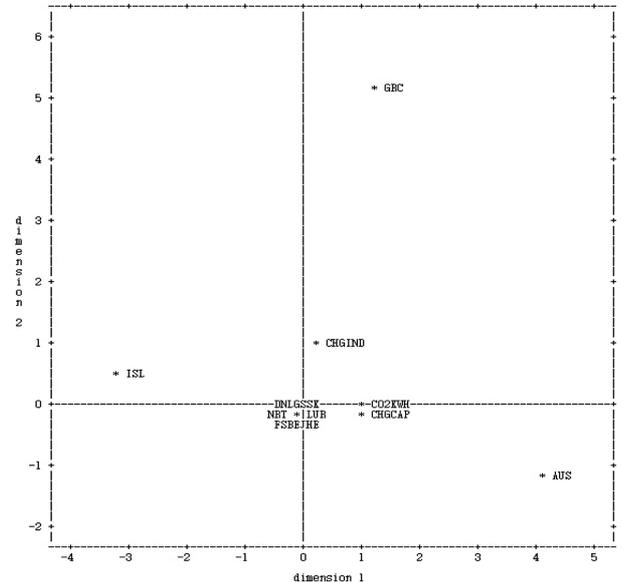
그림 2. 대기환경정책지표에 대한 PREFMAP

스가 우측으로 떨어져 있으며, 아일랜드가 좌측으로 떨어져 있다. Dimension 2를 보면 그리스가 상대적으로 위쪽으로 떨어져 있는 것을 볼 수 있다.



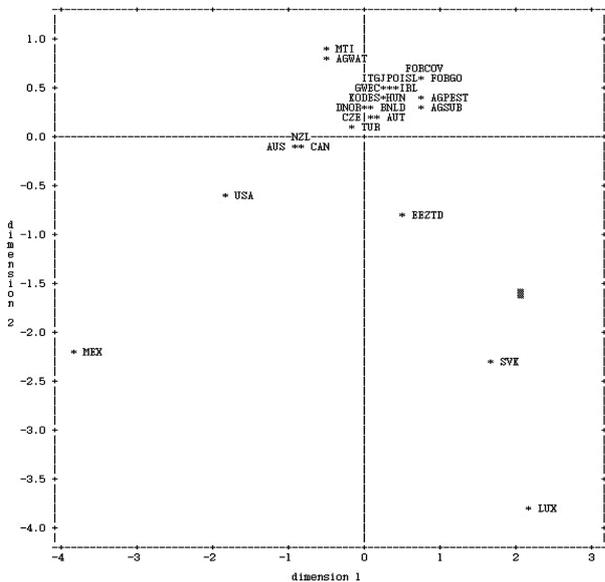
NOTE: 21 개의 관측치가 숨겨져 있습니다. 16 label characters hidden.

그림 3. 수질 및 수량 환경정책지표에 대한 PREFMAP



NOTE: 26 개의 관측치가 숨겨져 있습니다. 50 label characters hidden.

그림 5. 기후변화환경정책지표에 대한 PREFMAP



NOTE: 16 개의 관측치가 숨겨져 있습니다. 23 label characters hidden.

그림 4. 임업·어업·농업환경정책지표에 대한 PREFMAP

5. 결 론

세계는 기후변화 협약을 비롯한 각종 환경협약으로 인류의 활동에 의해 발생하는 요소들로 인하여 발생하는 지구환경 문제를 예방하기 위하여 노력하고 있다. 이에 각 국가는 국제협약 및 단체에 가입하여 환경문제를 해결하기 위하여 환경정책을 펼친다. 하지만 환경정책수립에 앞서 기초자료가 되는 환경지표들에 대한 자연환경과 생활환경 전반에 걸친 평가가 충분히 고려되고 있지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 기존연구들에서 환경관련 정책을 수립하기에 앞서 환경정책 수립을 위한 의사결정의 기초자료를 제공하기 위하여 환경성과지수 관련 지표들을 활용하여 국가별특성을 알아보는 것으로 연구를 진행하였다. 환경성과지수 관련 지표 데이터는 최근 2010년에 세계경제포럼에서 발표된 자료를 활용하였으며, 비교분석은 환경성과지수 평가대상

국인 163개국, 유사성분석에는 OECD 30개국을 대상으로 하였다.

비교분석의 결과를 보면 환경보전범주의 환경성질병부담변수는 소득이 높은 집단일수록 낮았으며, 상수도 보급률과 실내 공기질은 높았다. 생태계전진성범주의 대기환경정책지표는 SO₂, NO_x, NMVOC 모두 소득이 높을수록 오염이 심하였다. 수질 및 수량과 농업 환경정책지표에서는 모든 지표가 소득에 따른 집단간 차이를 보였으며, 임업 환경정책지표에서는 임목축적의변화 지표, 기후변화 환경정책지표에서는 온실가스배출량 변수만이 소득에 따른 집단 간의 차이를 보였다.

다음으로 유사성분석의 결과를 보면 환경보전범주에서는 멕시코와 터키가 타 국가들에 비하여 고체연료의 사용비율이 높아 실내공기질이 현저히 낮았고 한국, 멕시코, 터키, 폴란드는 환경성질병과 상수도와 하수도 보급률이 타 국가들에 비하여 상대적으로 떨어졌다. 생태계전진성부분의 대기환경에서는 룩셈부르크와 스웨덴이 SO₂와 NO_x로 인한 오염이 상대적으로 낮았으며, 수질 및 수량환경에서는 벨기에와 터키, 멕시코, 오스트레일리아가 이상치로부터 떨어져 있었다. 임업·어업·농업환경에서는 미국과 멕시코, 스웨덴, 룩셈부르크가 기후변화에서는 아이슬란드, 그리스, 오스트레일리아가 이상치로부터 떨어져 있었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 연구에서는 국가소득별 차이에 따라 환경지표가 차이가 나는 것을 알 수 있었으며, 나아가 환경정책지표별 유사성분석을 실시함으로써 OECD국가별 환경정책지표별 위치를 하나의 인지도에 나타냈다. 이런 결과는 다른 선진 국가들과 비교하여 취약점을 파악할 수 있어 향후 환경관련정책수립 시 나아갈 방향을 설정하는데 있어서 유용할 것이라 사료된다. 하지만 본 연구에 있어서 시계열적 자료를 확보하여 환경관련변수별 시간적 변화를 살펴보는 것이 더욱 가치 있는 연구가 되었을 것으로 판단되나 EPI가 2002년 처음 발표된 이후 지금까지 총 4차례에 걸쳐 발표되어 실시하지 못한 점에 아쉬움이 있다. 그러나 이 한계점은 향후 시간이 흘러 데이터가 확보되

어 더욱 발전된 연구가 이루어지길 바란다.

참고문헌

강상목, 김명수(2000) **환경지표의 지표체계 개발**, 국토연구원
 김명수, 박정은, 정진규, 박태선, 왕광익, 서연미, 백승연(2009) **녹색성장 개념정립과 국토분야 정책과제**, 국토연구원
 계라하, 김금수(2007) 정치제도와 환경성과 : 130개국의 환경성
 과지수에 관한 실증분석, **국제지역연구**, 제11권 3호, pp.
 100-124.
 김경태, 정성관, 유주한(2006) Ecological footprint를 활용한 도
 시의 환경용량 평가, **국토계획**, 대한민국토·도시계획학회, 제
 41권 3호, pp. 109-120.
 김유나, 문태훈(2009) 환경성과지수(EPI)를 활용한 도시환경지속
 성 성과평가에 관한 연구, **국토계획**, 대한민국토·도시계획학회,
 제44권 6호, pp. 171-183.
 양병이, 이관규(2002) 단지규모 개발사업의 지속가능성 평가지표,
국토계획, 대한민국토·도시계획학회, 제37권 5호, pp. 27-48.
 유주한, 정성관, 오정학(2005) 지속가능한 자연생태계 보전을 위
 한 평가지표 체계구축, **한국환경생태학회지**, 한국환경생태학
 회, 제19권 3호, pp. 287-298.
 이동근, 윤소원(1998) 지속가능한 도시개발을 위한 환경지표에
 관한 연구, **산업기술연구**, 제6권, pp. 61-76.
 조덕호, 배민기(2004) 환경지표의 중요도와 성취도 평가를 통한
 환경정책집행의 우선순위 설정, **국토계획**, 대한민국토·도시계
 획학회, 제39권 제4호, pp. 129-145.
 최덕일, 장준기, 김명진, 이재운(1992) 환경평가지표의 개발, **환경
 영향평가**, 제1권 1호, pp. 31-41.

최열, 조수영(2004), 시각적 및 정서적 특성과 유사성 차원에 따
 른 환경적 이미지 분석, **국토계획**, 대한민국토·도시계획학회,
 제39권 제2호, pp. 189-203.
 최열, 최재도(2007) 다차원척도법을 이용한 교량경관 구성요소에
 대한 선호 및 유사성 분석, **대한토목학회논문집**, 대한토목학
 회, 제27권 제2D호, pp. 207-216.
 Christian Krotscheck, Michael Narodoslawsky(1996) The Sustain-
 able Process Index A new dimension in ecological evaluation,
Ecological Engineering, Vol. 6, pp. 241-258.
 Edward L. Glaeser(1998) Are Cities Dying?, *Journal of Economic
 Perspectives*, Vol. 12, No. 2. pp. 139-160.
 Giannetti, B.F., Bonilla, S.H., Silva, C.C., and Almeida, C.M.V.B.
 (2009) The reliability of expert' opinions in constructing a
 composite environmental index : The case of ESI 2005, *Jour-
 nal of Environmenal Management*, Vol. 90, pp. 2448-2459.
 Konstantinos I. Vatalis and Demetrios C. Kaliampakos(2006) An
 Overall Index of Environmental Quality in Coal Mining Areas
 and Envergy Facilities, *Environ Manage*, Vol. 38, pp. 1031-
 1045.
 Maria Vittoria Giulian and Massimiliano Scopelliti(2009) Empiri-
 cal research in environmental psychology: Past, present and
 future, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 29, No. 3.
 pp. 375-386.
 Vincent Martinet(2010) A characterization of sustainability with
 indicators, *Journal of Environmental Economics and Manage-
 ment*.

(접수일: 2011.3.2/심사일: 2011.3.30/심사완료일: 2011.3.30)