

제5주차: ESI의 구성체계와 추정방법

학 습 목 표

환경지속성지수(Environmental Sustainability Index: ESI) 구성체계 및 추정방법에서는 ESI의 이론적 체계와 우리나라에 대한 평가분석, 추계상의 문제점과 개선방안, 향후 장기과제 등에 대하여 논의한다.

*참고문헌 : 환경지속성지수(ESI) 논의동향 및 개선방향(환경부, 2003), 환경지속성지수(ESI) 추계의 문제점과 개선방안에 관한 연구(국토연구 제39권 2003), 국가 환경지속성지수 제고방안에 관한 연구(환경부, 2002), 환경지속성지수(ESI)의 의미 및 향후 추진과제(환경포럼 제5권 제1호 한국환경정책·평가연구원, 2001)

<목 차>

제1장 환경지속성지수 개요

제2장 환경지속성지수의 이론적 체계

1. 환경지속성지수의 구성체계
2. 환경지속성지수의 추계방법

제3장 우리나라에 대한 평가 분석

1. 국가단위 평가분석
2. 분야별 평가분석

제4장 환경지속성지수 추계상의 문제점

1. 기초자료의 부족
2. 선정기준 적정성의 문제점
3. 추계방법상의 문제점
4. 환경지속성 개념적 정의의 문제점

제5장 환경지속성지수 개선방안

1. 통계자료 검토
2. 대표성 있는 지표 선정
3. 지수화 연구 활성화
4. 지속가능발전 전략 연계

제6장 환경지속성지수 장기 개선과제

제1장. 환경지속성지수 개요

지속가능발전(sustainable development)에 대한 관심이 점차 높아지면서 최근 이를 계량화하는 지표(indicators)나 지수(index)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그러나 지속가능발전은 사회, 경제, 환경부문의 다양한 요소들과 복잡하게 연결되어 있을 뿐만 아니라 지속가능발전을 추구하는데 있어서 현세대뿐 아니라 미래 세대의 여러 영향을 포괄하여 수용하는 광범위한 개념이므로 지속가능발전을 계량화한다는 것은 쉬운 작업이 아니다.

다보스포럼(Davos Forum)으로도 잘 알려진 세계경제포럼(World Economic Forum: WEF)에서는 주로 경제문제를 논의하여 왔으나 최근 환경과 경제의 상생을 나타내는 환경지속성지수(Environmental Sustainability Index: ESI)의 각 국가별 순위를 발표하고 있다.¹⁾ ESI는 WEF의 환경대책반과 미국 예일대와 콜럼비아대 연구진이 공동 연구하여 환경 지속가능성을 나타내는 지수로 개발되었으나 현실적으로 환경요인뿐만 아니라 사회적, 경제적 요소도 포함하여 현재 상황과 미래 대처역량 등을 종합적으로 평가하는 지속가능발전 지수라고 할 수 있다.²⁾

1960년대 이후 고도 경제성장을 이룩한 우리나라는 높은 인구밀도 등 기본적인 환경여건이 취약하여 2001년도 ESI 평가대상 122개국 중 95위, 2002년도 142개국 중 136위, 2005년도 146개국 중 122위를 차지하는 등 최하위권에 속해 있어 우리 경제수준에 비하여 낮은 순위에 위치하고 있다.

표 2. 연도별 ESI와 EPI 작성 현황 및 우리나라 순위

	2000	2001	2002	2005/2006	2008
ESI	<i>2000 Pilot ESI</i> (39위/49국)	<i>2001 ESI</i> (95위/122국)	<i>2002 ESI</i> (135위/142국)	<i>2005 ESI</i> (122위/146국)	
EPI	-	-	<i>2002 Pilot EPI</i> (15위/23국)	<i>2006 Pilot EPI</i> (42위/133국)	<i>2008 EPI</i> (61위/116국) *

1) Davos Forum은 국제경제, 정치, 언론, 학계 지도자들간 유대형성 및 세계경제 등 주요 국제 이슈에 대해 토론하고 연구하는 독립적 국제민간기구이다. 2000년도에 실험적 연구(pilot study)로 ESI를 개발하여 발표한 이래 2001년과 2002년 국가별 환경지속성을 비교·평가한 ESI 결과를 발표하고 있다. (<http://www.ciesin.org/ESI>)

2) WEF의 환경대책반(Global Leaders for Tomorrow Environment Task Force)은 CIESIN(the Center for International Earth Science Information Network, Columbia University)과 YCELP(the Yale Center for Environmental Law and Policy)와 공동연구를 진행하였다.

ESI는 국제적인 합의와 검토과정을 거치지 않고 작성되기 때문에 자료의 신뢰성 등에서 논란의 여지가 있고 평가기법에서도 지표 선택의 적절성, 지수화 방법에 대한 신뢰성 검증의 어려움 및 주관성 개입 등 한계를 내포하고 있다. 그러나 ESI는 지속가능성을 바탕으로 환경현상을 통합하여 기초자료의 정보가치를 증대하여 정책당국이 의사결정을 할 때 인간활동의 지속가능성에 대한 필요 정보를 제공해 줄뿐만 아니라 국민들이 환경실태를 파악하는데도 필요한 종합지수이다. 따라서 ESI의 전반적인 문제점을 감안하더라도 ESI에 대한 연구는 국가간 기초현황, 성과(performance) 및 정책대응능력에 대한 체계적·계량적인 분석을 시도한 점에서 의의가 크다고 할 수 있으며, 특히 취약하다고 평가된 분야를 중심으로 투자 확대 및 기준 강화 등 우리나라의 지속가능성 수준을 선진화하는 데도 활용할 수 있을 것이다.³⁾

우리나라의 환경개선 노력이 국제적으로는 인정받지 못하고 있다는 점에서 ESI 결과에 대한 심도 있는 원인 분석 및 대책 마련이 필요하며, 이러한 노력의 일환으로 지난 2002년 12월 ‘환경지속성지수(ESI)의 국내외 논의동향과 발전방향’이라는 주제하에 ESI 국제 워크숍이 개최되었다.⁴⁾ 본 연구와 관련된 연구로는 박재창 외(2002), 정영근(2003) 등이 있다. 박재창 외(2002)의 연구에서는 2001년과 2002년도 ESI 결과를 비교 분석하여 우리나라 ESI를 개선할 수 있는 정책대안을 제시하였다. 정영근(2003)에서는 ESI 국제워크숍 논의결과를 바탕으로 환경지속성지수의 단계별 분석을 통하여 ESI 개선방향을 도출하는 연구를 수행하였다. 본고에서는 지속가능발전 관련 지수 연구가 일천한 우리 현실에서 ESI의 구성체계 및 추계방법 등 이론적 체계를 고찰하여 ESI 추계상의 제약요인을 파악하고 이를 향상시킬 수 있는 개선방안을 제시하고자 한다.

3) 우리나라의 경우 ESI 평가에서 특히 수질지표에 있어서는 상대적으로 높은 점수를 보이고 있으나 수량지표에서 낮은 점수를 보이고 있어 앞으로 물부족국가로서의 심각성을 경고하고 있다. 또한 생물다양성에서 최하위권의 순위가 나옴으로써 이런 분야에 집중 연구 및 투자를 해야 하는 정책적 합의도 도출할 수 있다.

4) 2001년과 2002년도 ESI 연구에 직접 참여하여 보고서 작성을 주도한 미국 콜럼비아대학의 Levy 교수가 참석하여 ESI에 대한 평가와 의의 그리고 향후 전망에 대하여 논의하고 ESI체계에 따라 가장 신속하게 연구를 진행하고 있는 타이완 국립 칭화대학의 Wang교수가 참석하여 타이완 자체 지수개발 노력과 향후 발전방향을 발표하였다.

제2장 환경지속성지수의 이론적 체계

1. 환경지속성지수의 구성체계

ESI 평가대상 국가의 선정기준으로 인구(population), 지역(area), 변수 적용범위(variable coverage), 지표 적용범위(indicator coverage)를 고려하였다. 전 세계 국가 중에서 인구 10만명과 면적 5,000km² 이상의 국가이면서 76개 변수 중 45개 이상의 변수가 입수가 가능한 국가를 원칙으로 146개 평가대상 국가를 선정하였다. ESI는 5개 분야(component), 21개 지표(indicator), 76개 변수(variable)로부터 산출하였으며 <표 1>에서는 ESI 5개 분야인 환경시스템(environmental system), 환경부하 저감(reducing stresses), 인간취약성 저감(reducing human vulnerability), 사회·제도적 대응역량(social & institutional capacity), 그리고 지구환경관리(global stewardship)에 대한 개념적 정의를 제시하였다.

<표 1> 환경지속성 5개 분야

분 야	개념적 정의
환경시스템	한 국가의 핵심적인 환경시스템이 건전하게 유지되고, 악화되기보다는 개선되어야 환경적으로 지속가능하다.
환경부하 저감	한 국가는 인간활동에 의한 부하가 환경시스템에 해를 주지 않아야 환경적으로 지속가능하다.
인간 취약성 저감	한 국가는 인간과 사회시스템이 환경교란에 취약하지 않을수록 환경적으로 지속가능하며, 취약하지 않다는 것은 사회가 보다 향상된 지속가능성으로 향하고 있는 신호이다.
사회·제도적 대응역량	한 국가는 환경문제에 효과적으로 대응하는 능력을 배양하기 위한 제도와 기술, 태도, 네트워크의 사회유형을 가질수록 환경적으로 지속가능하다.
지구환경관리	한 국가는 공통의 환경문제를 대처하기 위해 타국과 협조할수록, 그리고 다른 국가에 미치는 부정적인 월경성 환경영향을 무해한 정도까지 줄일수록 환경적으로 건전하다.

자료: 2005 Environmental Sustainability Index

비교의 기본단위로 21개의 환경지속성 지표가 기존연구 검토, 전문가 자문, 통계 분석, 기존 ESI에 대한 비판 등을 고려한 연구과정을 통하여 선정되었다. 2005 ESI의 21개 지표는 76개 변수들로 구성되어 있으며 변수 선정기준으로 관련성(relevancy), 정확성(accuracy), 그리고 공간 및 시간적 적용범위 등이 고려되었다.

2002 ESI와 2001 ESI의 주요 차이점으로는 우선 기후변화관련 지표의 추가를

들 수 있다. 2001 ESI에서는 온실가스배출, 생태효율성, 재생에너지 사용정도, 천연자원소비 등 기후변화와 연관된 변수들을 포함하고 있으나 독립된 기후변화관련 지표가 없는 관계로 미국과 같은 높은 수준의 온실가스를 배출하는 국가도 상위권으로 평가될 가능성을 내포하고 있었다. 따라서 2002 ESI에서는 독립된 지표로서 온실가스배출(greenhouse gas emissions)을 추가하고 구성변수로 1인당 CO₂배출량과 GDP당 CO₂배출량을 추가하였다. 두 번째로, 역량관련 지표의 축소를 들 수 있다. 2001 ESI에서는 사회·제도적 대응역량과 관련하여 7개 지표를 포함하였으나 이러한 역량관련 지표들은 1인당 국민소득과 높은 상관관계를 가지고 있어 결과적으로 전체 ESI의 거의 1/3에 해당되는 지표들이 소득수준 등 경제적 요인에 영향을 받게 되었다. 이러한 이유로 전체 ESI의 균형을 위하여 2002 ESI에서는 5개 지표만 포함시키고 있다. 2001 ESI의 역량관련 지표 중에서 환경정보(environmental information)지표는 토론능력(capacity for debate)지표와 통합되고 규제/관리(regulation/management)지표와 공공선택 왜곡(reducing public choice distortion)지표를 합쳐 새로운 지표로 환경거버넌스(environmental governance)를 추가하였다. 이후 2005 ESI는 2002 ESI의 기본적인 구조와 방법론을 유지하고 일부 지표와 변수를 제외 혹은 추가하였다. 2005 ESI에서 변경된 지표 및 변수는 다음과 같다.

<표 2> 2005 ESI의 지표/변수 조정

해당 지표	삭제 변수	추가 변수
대기질		실내공기질
수량	역외유입량	가용지하수량
생물종		멸종위기양서류, 생물다양성지수, 생태위기지역비율
폐기물·소비부하	방사능폐기물	유해폐기물발생량, 재활용율
자연자원관리(추가)		수산자원 남획, 지속가능인증산림, WEF 보조금설문, 농업보조금, 열화지역비율
자연재해취약성(추가)		자연재해사망율, 자연재해노출지수
과학기술	기술성취지수, 평균교육연수	디지털접근지수, 여성초등교육율, 고등교육취학율, 연구인력수
환경거버넌스	FSC인증산림면적, 에너지보조금, 어업보조금, EIA지침수	정부효율성, 법의 지배, 지방의제21, CSD누락변수, 과학분야지적생산
토론능력(삭제)	ESI 자료누락	(다른 변수는 '환경거버넌스' 지표로 조정)
민간분야 대응	WBCSD회원수	에코벨류21 평가, RC프로그램참여
국제협력노력동참	CITES충족율, 비엔나/몬트리올, 기후변화협약, 몬트리올기술, GEF참여, 국제협약 준수	국제환경협력, 양자/GEF 기여
월경성 환경오염	CFC 소비량, 총어획량, 해산물소비량	오염유발제품수입

ESI를 구성하는 지표 및 변수는 압력-상태-반응(Pressure-State-Response: PSR)구조⁵⁾에 기반을 둔 지표체계와 상당 부문 중복되고 있다. 이는 ESI가 환경적 지속가능성과 관련된 다양한 주제의 지표를 포함하려는 노력을 반영한 것이다. <표 3>은 ESI의 기본적인 구성체계를 보여주고 있는데 ESI의 핵심구성요소인 5개 분야는 다시 관련 지표들로 세분화되어 있다. 예를 들면 환경시스템은 대기질, 수량, 수질, 생물종, 토지이용 등 5개 지표로 구성되어 있으며, 이 중에서 대기질 지표는 SO₂농도, NO₂ 농도, TSP 농도 등 3개 변수로 구성되어 있다.

5) PSR구조는 압력(Pressure)·상태(State)·반응(Response)지표로 구성되는데 압력지표는 환경부하의 크기와 같은 인간과 환경과의 관계를 나타내며, 상태지표는 지역의 녹지, 물, 생물 등 기반으로서의 자연 그 자체를 반영하고, 반응지표는 환경오염을 저감시키기 위한 인간의 활동을 포함하고 있다.

<표 3> 환경지속성지수 분야별 지표 및 변수

분야	지표	변수
환경의 질 (Environmental System)	대기질	SO ₂ 농도, NO ₂ 농도, TSP농도
	수량	수자원량, 가용지하수량
	수질	용존산소량, 인 농도, 부유물질, 전기 전도도
	생물종	멸종위기 포유류, 멸종위기 조류, 멸종위기양서류, 생물다양성지수, 생태위기지역비율
	토지이용	절대보전지역, 개발지역
환경부하 경감 (Reducing Environmental Stresses)	대기오염	NO _x , SO ₂ , VOCs, 석탄소비량, 자동차 대수
	수질부하	비료 사용량, 농약 사용량, 산업체 BOD배출량, 오염우심지역
	생태계부하	산림면적, 산성화
	폐기물·소비부하	생태계파괴, 유해폐기물발생량, 재활용율
	인구부하	출생률, 인구변화
인간 취약성 저감 (Reducing Human Vulnerability)	자연자원관리	수산자원남획, 지속가능인증산림, WEF 보조금설문, 농업보조금, 염화지역 비율
	기본 생활조건	영양결핍율, 위생급수비율
	환경보건(사망률)	아동호흡기질환사망율, 내장질환사망율, 5세이하사망률
사회·제도적 대응역량 (Social & Institutional Capacity)	자연재해취약성	자연재해사망율, 자연재해노출지수
	과학기술	혁신지수, 디지털접근지수, 여성초등교육율, 고등교육취학율, 연구인력수
	환경 거버넌스	보호지역비율, 부패 대책, 휘발유가격, 환경거버넌스 설문, 정부효율성, 법의 지배, 지방의제21, CSD누락변수, 과학분야지적생산, IUCN 회원수, 정치적 자유, 민주적 제도
	민간부문 대응	ISO 14001인증, DJSI 기업수, 에코벨류21 평가, 민간분야환경혁신, RC프로그램참여
지구환경관리 (Global Stewardship)	생태 효율성	에너지효율성, 재생에너지비율
	국제협력 노력동참	국제환경기구가입, 국제환경협력, 양자/GEF 기여
	온실가스배출	1인당 CO ₂ 배출량, GDP당 CO ₂ 배출량
	월경성 환경오염	SO ₂ 월경, 오염유발제품 수입

자료: 2005 Environmental Sustainability Index

2. 환경지속성지수의 추계방법

ESI는 지속가능한 절대적 수준을 제시하기가 어렵기 때문에 기본적으로 상대적 비교를 위해 설계되었으며 우선적으로 국가간의 비교를 위하여 상대변수화를 시도하였는데 대부분의 변수에 있어서 GDP와 인구를 분모로 사용하여 상대변수화를 시도하였으나, 환경부하 저감 변수에 대해서는 특히 ‘인구거주지역(populated land area)’을 변수의 분모로 사용하였다, 여기서 인구거주지역이란 1km²당 5인 이상의 인구밀도를 나타내는 지역을 의미한다.

그리고 극단적인 관측치를 배제하기 위하여 상위 97.5 배분위(percentile rank)와 하위 2.5 배분위에 대하여 동일한 순위를 적용하였다.⁶⁾ 또한 ESI 산정에서 변수들 간의 비교가 가능하도록 하기 위해서 정규분포에서 크게 벗어나는(skewness \geq 4.0) 변수는 로그(logarithm)를 이용하여 변환하였다. 일부 누락자료(missing data) 문제는 높은 상관관계를 갖는 다른 변수를 통해 추정하는 ‘대체 방법론(imputation methodology)’을 활용하였다.⁷⁾ ESI 추정시 사용된 통계적인 방법은 정규분포화를 위한 z-값(z-score)과 백분위를 기본으로 사용하고 있다.⁸⁾ 개별 국가에 대해 76개 변수별 z-값을 구하여 추정치의 평균값인 0을 중심으로 개별 국가들의 해당변수에 대한 상대적 위치를 추정하였다.

21개 지표는 정규분포화한 76개 변수를 가지고 각 지표에 포함되는 변수에 적용한 z-값을 평균한 후 이를 백분위로 전환하였다. 예를 들면 대기질(air quality) 지표의 경우 이에 해당되는 변수인 SO₂, NO₂, TSP농도의 z-값을 평균하고 이를 백분위로 전환하여 표시하였다. 따라서 각 변수는 동일한 가중치를 적용하였으며 빠진 변수에 대해서는 단순히 평균에서 제외하였다. 이와 같이 백분위로 매겨진 21개 지표들의 점수를 평균한 것이 ESI 수치이다. 5개 분야에 대한 수치도 각 분야에 해당되는 지표 백분위를 평균하여 도출하였는데 각 분야별 지표수가 같지 않으므로 ESI는 5개 분야에 대한 평균치와는 다른 수치이다.

6) 백분위는 수치들의 상대적 위치(등수)를 0에서 100사이의 숫자로 매기는 통계방법이다.

7) 연구진이 밝히는 누락변수의 추정방법(imputing missing values)은 콜롬비아대학 통계학과 Andrew Gelman 교수의 Sequential Regression Multivariate Imputation(SRMI)접근법을 사용하였으며 Markov Chain Monte Carlo(MCMC) simulation에 바탕을 두고 있다.

8) z-score는 변수의 추정치에서 평균값을 뺀 후 표준편차로 나눈 값으로 그 값이 양이고 크기가 클수록 환경지속성이 상대적으로 높은 것을 의미하고, 음의 값을 가지면서 절대값의 크기가 크면 클수록 환경지속성이 상대적으로 낮은 것을 의미한다.

제3장 우리나라에 대한 평가 분석

1. 국가단위 평가 분석

2005 ESI에서 우리나라는 76개 변수 중 2개변수가 누락된 총 74개의 변수가 적용되어 ESI가 산정 되었으며, 산정결과 ESI는 43.0으로 나타났다. 이는 OECD 평균인 52.2에 비해 낮은 수치이다. ESI는 국가의 환경부존자원과 미래의 환경지속가능성을 반영한 지수이므로 환경용량이 열악한 가운데 급성장을 한 우리나라의 경우 근본적으로 평가에서 불리하게 작용하고 있으나 다른 여러 요인도 복합적으로 작용하고 있다.

우선 인구, 국토면적 등 기초 환경용량과 산업화 발전단계를 고려하지 않고 동일 잣대에 의해 일률적으로 평가하였기 때문에 인구밀도가 낮고 고도산업사회에 진입한 핀란드, 캐나다 등에 비해, 인구밀도가 높고 급격한 산업화 도상에 있는 우리나라는 매년 낮은 점수를 받을 수밖에 없는 구조적인 문제가 상존하고 있다. 또한 사용된 데이터의 기준연도는 국가별 이용 가능성을 고려하여 결정되고, 경우에 따라서는 국가별로 비교시점에 따라 차이가 있다.

2002 ESI에 비해 2005년 순위는 다소 상당히 개선된 것으로 발표되었다. 분야별로는 ‘국제적 책임공유’ 분야가 2002년 123위에서 2005년 78위로 대폭 개선된 반면 ‘환경위해 취약성’ 분야는 2002년 21위에서 2005년 67위로 크게 악화된 것으로 평가되었다. 환경위해 취약성 분야는 2005년에 신규 추가된 자연자원관리와 자연재해취약성 지표로 인해 하락한 것으로 분석되었다.

2. 분야별 평가분석

2005년 ESI 국가단위별 평가에서 우리나라는 하위 그룹에 속하는 것으로 평가를 받았으나 우리나라 ESI를 5개 구성분야별로 살펴보면 분야에 따라 평가를 달리하고 있는 것을 알 수 있다. <표 3>에서는 지난 2001년, 2002년 및 2005년 ESI에서 우리나라의 분야별 지표별 점수 및 순위를 보여주고 있다. 우리나라는 5개 분야 중 인간취약성 저감과 사회적·제도적 대응역량 분야에서 비교적 높은 점수를 받았으나 환경시스템, 환경부하 저감, 국제적 책임공유 등 나머지 3개 분야에서는 최하위 수준에 머무르고 있다.

<표 4> 환경지속성지수 분야별 지표별 순위

분 야 (Component)	지 표 (Indicator)	2001년		2002년		2005년	
		평 점	순 위	평 점	순 위	평 점	순 위
총 합 순 위		40.3	95위	35.1	136위	43.0	122위
환경시스템	소 계	35.1	102위	19.4	140위	30.6	137위
	대 기 질	-0.19	72위	0.29	54위	-0.08	79위
	수 량	-0.75	99위	-1.23	137위	-1.0	133위
	수 질	1.27	8위	0.33	42위	1.06	7위
	생 물 종	-1.91	117위	-2.57	139위	-1.32	142위
	토지이용	-0.33	79위	-1.15	129위	-1.19	135위
환경부하 저감	소 계	14.2	121위	15.6	138위	22.2	146위
	대기오염	-2.48	120위	-2.51	139위	-1.81	142위
	수질부하	-1.39	118위	-1.61	139위	-1.32	140위
	생태계부하	-1.25	119위	-1.52	139위	-1.52	144위
	폐기물·소비부하	-1.15	110위	-0.36	109위	0.34	38위
	인구부하	0.92	30위	0.94	29위	1.07	19위
자연자원관리					-1.35	145위	
인간취약성 저감	소 계	78.4	32위	81.7	21위	56.4	67위
	기본 생활조건	0.69	39위	0.85	25위	0.77	41위
	환경보건	0.88	28위	0.96	26위	0.82	30위
	자연자해취약성					-1.11	134위
사회적·제도적 대응역량	소 계	60.2	27위	58.6	30위	74.8	18위
	과학·기술	1.20	16위	1.39	11위	1.64	6위
	토론능력	-0.01	57위	-0.11	80위	-	-
	환경거버넌스	-0.28	60위	0.20	47위	0.76	23위
	민간부문대응	0.62	17위	0.03	31위	0.76	18위
	생태효율성	-0.27	84위	-0.42	109위	-0.49	119위
	환경정보	0.23	48위	-	-		
	공공선택 왜곡 저감	0.31	32위	-	-		
국제적 책임공유	소 계	30.7	107위	35.1	123위	53.7	78위
	국제협력동참	0.56	22위	0.33	36위	0.01	70위
	온실가스배출	-	-	-0.43	104위	-0.38	99위
	월경성 환경오염	-	-	-1.05	134위	0.64	36위
	지구차원 재정지원/참여	-1.17	116위			-	-
	국제공공재 보호	-0.90	117위			-	-

우선 환경시스템 분야의 우리나라 순위는 2001년, 2002년 및 2005년 모두 최하위 수준인 것으로 나타났다. 2001년에 비해 2002년의 순위는 더욱 떨어진 상태이며 2005년에도 뚜렷한 개선의 기미를 보이지 않고 있다. 환경시스템 분야는 대기질, 수량, 수질, 생물종, 토지이용 등 5개의 세부 지표로 구성되어 있는데 2005년 대기질은 79위, 수질은 7위로 비교적 높은 국가별 순위를 유지하고 있다. 특히 2002년도 수질지표 순위가 42위인 것과 비교할 때 큰 폭의 상승을 보이고 있다. 환경시스템을 구성하고 있는 다른 3개 지표인 수량, 생물종, 토지이용의 경우,

2001년에도 하위 수준으로 평가되었으며 2002년에는 상대적인 평가가 더욱 하락한 것을 알 수 있다.

환경부하 저감 분야 국가별 순위도 2001년, 2002년과 2005년 모두 최하위 수준을 보이고 있다. 2005년 환경부하 저감 분야 평가에서 5개 지표 중 인구부하(19위)와 폐기물·소비부하(38위)를 제외하고 대기오염, 수질부하, 생태계부하 등 나머지 지표에서는 최하위권에 속하는 것으로 평가되어 환경시스템 악화를 전망할 수 있다.

인간취약성 저감 분야는 전체 대상국가 중에서 67위에 위치하고 있다. 이는 지난 2002년 21위에 비해 크게 악화된 것이지만 전체 5개 분야 중 비교적 양호한 순위를 보여주고 있다. 인간취약성 저감 분야는 기본 생활조건, 환경보건 및 자연재해취약성 등 세 지표로 구성되어 있다.

과학기술, 토론능력, 환경거버넌스, 민간부문 대응, 생태효율성 등 5개 지표로 구성되어 있는 사회적·제도적 대응역량 분야는 2002년 30위에서 2005년 18위로 순위가 상승하였다. 지표별로는 과학기술이 6위에, 민간부문 대응이 18위에 위치하고 있어 상대적으로 좋은 평점을 받았으나, 생태효율성은 119위로 하위권에 위치하고 있어 이 분야 순위는 상위권에 속해 있으나 구성 지표별 순위 편차가 가장 심한 분야임을 알 수 있다.

마지막으로 공통의 환경문제를 해결하기 위해 다른 국가와 협력하는 정도와 다른 국가에 심각한 환경영향을 미치지 않는지의 여부를 조사하는 국제적 책임공유 분야의 2005년도 순위는 78위이다. 국제적 책임공유 분야는 환경시스템 분야와 환경부하 경감 분야보다는 약간 나은 상황이고 기존 2001년과 2002년 ESI에 비해 순위가 다소 상승하였으나 여전히 국제환경문제에 보다 많은 관심을 촉구하고 있다. 지구환경관리 분야는 국제협력 동참노력, 온실가스배출, 월경성 환경오염 등 3개 지표로 구성되어 있는데 지표별로도 2005년 국가 순위에서 36위를 차지한 월경성 환경오염을 제외한 온실가스배출 99위, 국제협력동참 78위로 중하위권에 위치하고 있다.

제4장 환경지속성지수 추계상의 문제점

1. 기초자료의 부족

ESI를 추정하는데 있어 146개국 76개 변수에 대하여 방대한 기초 데이터베이스(database)가 필요하지만 국가별로 이용 가능한 자료의 유형과 수가 차별적이기 때문에 누락자료(missing data)의 처리방식이 순위 결정에 중요한 요소가 된다. ESI에서는 다양한 기법을 통해 누락자료를 추정하였는데 데이터베이스에 있는 다른 변수나 외부변수와 상관관계가 있다는 가정하에서 추정하였다. 이 경우 계량분석에서 가장 기본적인 문제점으로 지적되고 있는 다중공선성(multi-collinearity)이 제기될 수 있으며 특히 1인당 GDP 등 ESI 도출에 있어 경제지표에 대한 의존도가 높아질 수 있다.⁹⁾

변수별 자료 비교시점이 상이하여 편차가 발생할 수 있고 자료의 타당성을 검증할 수 있는 시계열자료(time series data)의 부족도 문제점으로 지적되고 있다. ESI 추정시 변수들 중에는 특정 몇 년간 변화가 거의 없는 변수도 있을 수 있지만, 연도별 변화가 큰 변수들도 많이 있다. 그럼에도 불구하고, 자료접근성 등을 고려하여 동일한 변수를 평가함에 있어 국가별로 평가기준년을 달리하는 것은 평가결과의 신뢰도를 떨어뜨릴 수 있다.

또한 ESI 추정시 사용된 변수측정자료가 대부분 다른 기관에서 수집한 자료를 활용하는 2차 자료분석(secondary data analysis)을 실시하고 있는데 분석자료에 대한 구체적인 설명이 결여되어 이러한 2차 자료 취합에 따른 다국가 비교에 대한 타당성 문제가 제기될 수 있다.¹⁰⁾

2. 선정기준 적정성의 문제점

국제비교를 위한 지표 및 변수 선정에 있어서 우선적으로 고려할 사항은 선정된 지표의 대표성과 비교가능성이나, ESI 보고서에서 제시한 지표들은 구체적 이론이

9) 다중공선성은 설명변수간에 1차함수적 관계가 높은 현상 즉 $\rho(X_i, X_j)$ 의 값이 1에 가까울 때 발생하는 현상으로 이러한 현상의 심각성 여부를 판정하는 방법으로는 Farrar & Glauber 검정법이 있다.

10) 2002 ESI에서는 선정된 변수들의 측정을 위해 다양한 데이터베이스를 활용하고 있으며 이러한 데이터베이스의 주요 자료원으로는 UNEP(United Nations Environment Programme), WHO(The World Health Organization), IUCN(The World Conservation), The Living Planet Report, OECD(The Organization for Economic Cooperation and Development) 등을 들 수 있다. 또한 ESI는 WEF에서 매년 정기적으로 전세계 4000여개의 기업 및 정부 지도자를 대상으로 실시하는 설문자료도 활용하고 있다.

나 정의에 기초하지 않고 있다.

ESI 분석 단위(unit of analysis)가 국가차원이고 따라서 대부분 변수의 분석자료가 국가 수준으로 집계된 자료를 활용하고 있는 관계로 ESI 지표를 선정하는데 국가별 환경지속성과 연관된 사회적, 경제적 특수성이 고려되지 않을 가능성이 있으며 이러한 문제점은 국가별 ESI 결과에 대한 신뢰도를 떨어뜨리는 저해요인으로 지적되고 있다.

더욱이 ESI에 사용되고 있는 변수들을 보면 정의나 측정방법에서는 약간의 차이가 있지만 실제로는 상관관계가 매우 높은 변수들을 중복적으로 적용하는 경우가 있어 국가의 특징에 따라 환경지속성 지수에 미치는 영향이 과대 혹은 과소 평가될 가능성도 상존하고 있다.¹¹⁾

전체적인 지표구성에 있어서도 사회·제도적 대응역량에 속하는 대부분의 지표와, 지구환경관리의 국제협력 동참노력, 인간 취약성 저감의 기본 생활조건과 환경보건 등 경제지표보다 사회지표의 비율이 상대적으로 높은 것도 개선되어야 한다.

3. 추계방법상의 문제점

ESI는 추계방법의 연속성이 유지되지 못하고 있어 2001년, 2002년도 및 2005년 평가결과에서 기본적인 환경지속성 여건의 변화가 단기적으로는 불가능함에도 불구하고 국가별 순위편차가 심한 것으로 나타났다.¹²⁾ 이러한 국가별 평가결과의 순위편차는 환경지속성의 영향이라기보다는 ESI 추계방법론상의 문제로 파악될 수 있다.

ESI 지표구성체계는 PSR구조를 기본 틀로 하여 압력(pressure)지표, 상태(state) 지표, 반응(response)지표로 구성되어 있으나 ESI를 추계하는 과정에서 이러한 서로 다른 성격의 지표들에 대한 인과관계는 고려되지 않고 산술적 합계에 의한 지수도출도 문제점으로 지적되고 있다.

특히 21개 지표에 동일한 가중치를 적용한 가정도 문제점으로 제기되고 있다.¹³⁾

11) 중복적으로 이용되고 있는 예를 보면 SO₂, NO_x, 형질보전과 훼손율, 그리고 CO₂ 등의 변수이며 이러한 변수들이 중복적으로 사용될 경우 변수 숫자에 의한 가중치로 작용할 수 있으며 지표와 변수가 제한되어 있는 상황에서 다른 중요한 변수가 제외될 수 있는 가능성도 있다.

12) 2001 ESI와 비교하여 2002 ESI 악화: 미국 11위 → 51위, 일본 22위 → 62위, 벨기에 79위 → 127위, 아일랜드 17위 → 38위, 영국 16위 → 98위, 독일 15위 → 54위, 스페인 22위 → 46위

2001 ESI와 비교하여 2002 ESI 개선: 코스타리카 26위 → 9위, 크로아티아 39위 → 12위, 파라과이 54위 → 25위, 라트비아 32위 → 10위, 부탄 70위 → 32위, 알바니아 78위 → 26위

13) 연구진들은 지표마다 다른 가중치를 적용하기 위해 전문가 의견수렴 등 많은 노력을 기울였으나 전문가 사이에서도 지표마다 가중치 적용의 의견이 달라 특별한 대안이 없다는 가정하에 동일한 가중치를 사용하였다고 밝히고 있다.

ESI 보고서에서는 21개의 지표에 균등하게 가중치를 부여하여 ESI를 산정하였다고 하지만 실제로 핵심구성요소들의 구성지표수가 서로 달라 ESI에 다른 영향을 미치고 있어 보편적으로 공유되지 않은 우선순위 및 지표구성체계에 의해서 ESI 결과가 왜곡될 소지가 있다. 특히 2001년, 200년 및 2005년 ESI를 비교하면 상이한 결과를 보여주고 있는데 이러한 결과의 가장 큰 원인은 지표수 변동에 따른 결과로, 지표구성 및 가중치 변화에 따른 ESI의 민감성은 향후 개선되어야 할 문제점으로 지적되고 있다.

4. 환경지속성 개념적 정의의 문제점

ESI 보고서에서는 환경지속성에 대한 개념적 정의를 환경시스템, 환경부하 저감, 인간취약성 저감, 사회·제도적 대응역량, 지구환경관리의 상호작용이라 가정하고 환경지속성은 이러한 5개 요소에서의 지속적인 높은 수준의 성과를 생산할 수 있는 능력이라고 정의하고 있다. 그러나 기존에 제시되고 있는 환경지속성 개념에 대한 광범위한 선행연구의 이론적 검토 없이 환경지속성을 분석하기 위하여 자의적으로 제시한 핵심분야 구성요소에 대한 타당성 문제가 지적될 수 있다.

ESI를 개발하고 적용하는 이유는 환경질에 대한 평가도 중요하나 궁극적으로 환경개선노력을 강조하여 이를 유도하는 것이 환경지속성의 의미와도 부합한다고 할 수 있으나 선정된 지표나 변수 중에는 개선시킬 여지가 없는 주어진 여건에 따른 지표나 변수인 경우가 있다. 예를 들어 자동차대수의 경우, 거주면적당 자동차대수를 사용하므로 인구밀도가 높은 국가가 이 변수의 향상을 위해 노력하기에 매우 어려운 분야이다.¹⁴⁾

14) 우리나라와 같이 이 변수에서 아주 낮은 평가를 받은 나라들로는 벨기에, 이태리, 일본, 영국 등이 있으며 이들 국가들은 공통적으로 국토가 좁으면서 경제가 발전된 나라들이다.

제5장 환경지속성지수 개선방안

1. 통계자료 검토

다보스보고서에서 ESI 추정에 사용된 기초통계자료에 대한 확인 작업 및 더 나아가 국제기구에 발표된 통계자료를 전체적으로 검토하여 그 신뢰도를 높이는 작업이 필요하다. 누락변수를 추정하는 계량적 방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나 ESI 산정에 있어 지속가능발전 개념에 바탕을 두고 사회, 경제, 환경 요소가 적절히 반영되어 산출될 수 있는 추정방법이 개발되어야 할 것이다.

단기적으로는 변수를 국제비교가 가능한 상대적 가치로 변환할 때 인구, GDP, 거주면적 등 다양한 요소를 사용하여 상대 가치화함으로써 저개발 국가가 환경부하 저감에서 항상 높은 점수를 받는 것에 대한 보완도 필요하다.

ESI는 146개국에 대하여 서로 다른 연도의 자료를 사용하여 지수를 도출하고 있으나, 이러한 결과를 정책에 활용하기 위해서는 횡단면분석(cross-section analysis)을 통한 국가간 비교도 중요하지만 시계열분석(time-series analysis)을 통한 국가별 발전추이를 분석하는 것도 장기적인 과제이다.

2. 대표성 있는 지표 선정

ESI를 도출하기 위한 지표 및 변수 선정시 국제비교를 위한 지표 및 변수의 대표성과 비교가능성을 충분히 고려되어야 할 것이다. ESI를 구성하고 있는 68개의 변수를 살펴보면 특정 문제에 집중하는 경향을 보임으로써 환경지속성과 관련된 다양한 변수들을 고려하지 않고 있는 문제점이 제기되고 있다.

ESI 평가결과가 폭넓은 지지를 얻기 위해서는 현재의 상황, 해결 노력, 변화 정도 등을 포함한 다양한 각도에서의 평가가 요구되며 ESI 도출을 위한 지표 및 변수 선정에 대한 기준을 재정립할 필요가 있다. 특히 분야별 점수 차이가 상존하는 것은 분야를 구성하는 지표와 변수의 다양성이 확보되지 못한 이유도 있으므로 이에 대한 보완도 추진되어야 할 것이다.

특히 지표 선정시 최근 UN, OECD 등 국제기구와 선진국을 중심으로 한 많은 국가에서 활발하게 연구·개발되고 있는 지속가능발전지표(Sustainable Development Indicators: SDIs)를 참고하여 선정할 필요성이 제기되고 있다.¹⁵⁾ 또

15) Hass et al.(2002)은 우리나라를 포함 한 주요 선진국과 EU 등 국제기구의 SDIs를 비교 분석하여 SDIs의 선정기준 및 대표지표들을 제시하고 있다.

한 기존의 상대적 비교를 위한 설계에서 연구를 발전시켜 현재 대다수의 SDIs에서 사용되고 있는 형태인 지표 조합(a set of indicators)을 이용하여 절대적 수치를 제시하는 것도 고려할 수 있다.

3. 지수화 연구 활성화

지표의 통합과 해석 및 연계를 보완하는 지수화 연구를 활성화할 필요가 있다. ESI는 지수 산출 과정에서 여러 가지 한계점이 발견되었으나, 지속적인 개선을 통하여 궁극적으로는 시계열 분석이 가능한 지수체계로 정착될 수 있을 것이다. 이를 위하여 우선 환경지속성을 평가할 수 있는 지표의 가중치를 합리적으로 개발하여 평가의 객관성을 확보하기 위한 체계적인 연구가 필요하며 이를 뒷받침할 수 있는 시계열자료의 축척과 기초자료의 상관관계뿐만 아니라 인과관계(causality) 연구도 함께 추진되어야 한다.

2005년 ESI와 1인당 GDP와의 상관관계는 0.23으로 2001년도 0.76와 2002년 0.40와 비교하여 약화되었으나 아직도 20개 지표 중에는 1인당 GDP 등 경제적인 요소와의 상관관계가 높아 이에 대한 보완이 제기되고 있다.

최근 OECD에서 개발되고 있는 연계차단지표(decoupling indicators)와 같이 경제재화(economic goods)와 환경오염(environmental bads) 사이의 연결을 차단하여 환경압력의 성장비율과 경제추진력의 성장비율을 비교하는 ESI 하부지표(sub-indicators) 체계도 구축할 필요가 있다.¹⁶⁾

ESI는 포괄 지수(a single composite index) 형태로 개발되어 있으나 국제비교를 위하여 상대적 수치에 의존하고 있는 문제점이 있다. ESI는 기존의 연구를 발전시키는 진행 중에 있는 연구이므로 현재 대다수의 SDIs에서 사용되고 있는 형태인 지표 조합(a set of indicators)을 이용하여 절대적 수치를 제시하는 방향으로 발전시켜야 할 것이다.

4. 지속가능발전 전략 연계

ESI를 비롯한 지속가능발전 관련 지표 및 지수를 개발함에 있어 국가별 지속가능발전 전략 및 정책과 연계되어 추진될 필요가 있다. 이와 관련하여 국가별 지속가능발전 전략과 연계한 지표나 지수 검토가 진행되어야 하며 이를 위해서는 지속가

16) 연계차단지표(decoupling indicators)는 OECD(2002)에 공식적으로 제시되어 있는 진행중인 연구로 정영근(2003)에서는 OECD 연계차단지표의 구성과 특징, 목록 등이 수록되어 있다. 그리고 통계청에서도 우리나라와 독일의 연계차단지표를 비교하는 연구가 진행 중에 있다.

능발전 정책 관련 기관과 지표개발 기관과의 긴밀한 관계가 필요하다.

OECD 및 대부분의 회원국은 지속가능발전을 향한 전략 혹은 정책 수단으로 지표를 사용한다고 천명하고 있으며, 또한 지속가능발전 목표의 성과를 측정하기 위하여 개발한다는 점을 분명히 하고 있다. OECD 및 회원국의 지속가능발전 전략 및 정책에 대한 구체적인 연구를 통하여 지속가능발전 지표 및 지수와의 연계성을 비교 검토함으로써 정책적 수단으로서의 기능을 명확히 설정할 필요가 있다.

제6장 환경지속성지수 장기 개선과제

ESI는 환경지속성에 대한 자료위주의 분석으로 국가별 환경지속성에 대한 비교와 평가를 위한 토대를 마련하기 위해 개발되었고 나아가 전략적 정책결정 및 바람직한 장기적 결과도출을 목적으로 개발되었다. ESI의 산정자료인 76개 변수에 대한 146개국의 행렬자료(matric data)는 다차원적인(multidimensional) 환경데이터베이스를 나타내고 있고 특히 온라인상(www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI)에서 제공되고 있는 상호공유형태의 자료는 효과적인 정책결정 수단으로서의 기능을 할 수 있다. 이러한 자료를 통해 각 국가의 환경적 장점 및 단점을 비교 분석하여 벤치마킹을 위한 사회활동 성과 파악, 목표 설정, 현황 및 변화 추적 등이 가능할 것이다.

다보스보고서의 ESI 추정방법은 지표 선택의 적절성, 통합방법에 대한 신뢰성 검증의 어려움 및 변수의 주관성 개입 등과 같은 한계를 내포하고 있으나 우리나라의 환경문제가 심각하다는 경각심을 일깨워주고 있으며 향후 환경정책 추진의 방향설정에도 활용할 수 있을 것이다. 우리나라는 1990년대 이후 청정연료 보급, 물관리특별대책 등 환경개선노력을 꾸준히 강화해 오고 있으나, 이러한 환경질 개선효과는 단기간에 결과가 나오는 것이 아니므로 장기적인 정책수립이 요구되며 특히 국가정책 수립시 지속가능한 발전을 지향해야 할 것이다.

ESI와 관련하여 환경부를 비롯한 중앙부처와 지방자치단체, 기업연구소 등에서는 지속가능발전 지표 및 지수 연구를 활발하게 진행하고 있다. 중앙부처 차원에서 교통, 해양, 농업부문 지속가능발전 지표가 개발되었고 국토부문 지속가능발전 지표도 연구가 진행 중에 있으며 지방(local)차원의 지속가능발전 지표는 지방자치단체를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 다우존스 지속가능성 지표를 비롯한 기업 지속가능성 지표도 최근 황진수·홍종호(2003)에서 발표되었다. 특히 지수화 연구도 활발히 진행되어 광승준 외(2003)에서는 해양환경 종합지수를 개발하였고 한국환경정책·평가연구원에서는 가중치를 사용하여 지속가능발전 지표의 지수화 연구를 진행 중에 있으며 이와 같은 연구는 연차적으로 추진되어야 할 것이다.

ESI는 환경자원, 환경부하, 미래 환경여건 등을 보여주는 종합지수로서 환경요인 뿐만 아니라 경제적, 사회적 요소도 포함하고 있다. 따라서 ESI는 환경 분야 뿐 아니라 사회, 경제 관련분야 모두가 관심을 갖고 대처할 필요가 있다. ESI 산정에 직접 참여한 연구진들이 언급한 바와 같이 환경지속성지수의 향상은 단순히 경제성장에 비례하는 것이 아니라 중앙부처, 지방자치단체, 민간부문 등 모든 주체의 노력이 결집될 때 비로소 성취될 수 있고, 근본적이고도 장기적인 종합대책 수립 등 국가적 차원의 노력이 필요함을 시사하고 있다.

【 연구 과 제 】

1. 환경지속성지수(ESI)와 구성체계를 정리해 보고 추정방법에서 사용된 통계기법에 대하여 고찰해 보자
2. 환경지속성지수(ESI)와 지속가능발전지표(SDIs)의 구성요소 유사점과 차이점을 비교해 보고 기본 개념과 연결하여 ESI와 SDIs의 정의에 대하여 논의해 보자
3. 환경지속성지수(ESI)에 대한 우리나라 평가에서 문제가 되는 부분에 대하여 정리해 보고 그 대안을 제시해 보자
4. 환경지속성지수(ESI)의 장단기 개선과제를 정리해 보고 향후 지속가능발전전략과 연계하는 방안을 고찰해 보자