

수자원계정 개발을 위한 국내외 연구동향

김경탁* 심명필** 서병하**

1. 서론

현대 사회의 급속한 경제발전은 자연환경의 균형파괴라는 새로운 문제를 야기시키고 있다. 따라서 인간의 경제활동과 이에 관련된 정책 등이 자연환경에 미치는 상호연계성을 반영하는 연구가 필요하게 되었고 그 결과 자연유산을 좋은 상태로 후손들에게 물려주고자 하는 “환경적으로 건전하고 지탱가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development, ESSD)”이라는 환경정책개념이 등장하게 되었다. 이 ESSD를 위해서는 환경지표(environmental indicators)라는 환경정책과 경제정책의 의사결정과정에서의 조율수단이 필요시 되었다.

본 연구에서는 이러한 환경지표 가운데 물에 관련되어 연구되고 있는 수자원의 물리적 계정에 대해 조사하고 지탱가능개발이라는 환경정책개념을 이용하여 국내 수자원의 효율적인 관리를 실현하기 위한 적용성에 대해 검토하고자 한다.

2. 환경지표

근래에 들어 경제개발과 환경보전이라는 이율배반적인 정책목표를 다룰 때 항상 언급되는 것이 “지탱가능한 개발(sustainable development)”이다. 이 개념은 1960년대 수산생태학자들사이에서 어류의 개체군(population)을 감소시키지 않는 범위 내에서의 최대어획고를 나타내는 “최대지탱가능 어획고(maximum sustainable yield)”에서부터 시작되었고 특히, 1992년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 “유엔환경개발회의(United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)” 이후 모든 환경정책에서의 기저개념으로 받아들여지고 있다. 이 지탱가능개발을 달성하기 위해서는 경제정책과 환경정책의 의사결정과정에서 정책 조율을 위한 수단이 필요하게 되었고 이를 위해 개발된 것이 환경지표이다.

* 인하대학교 토목공학과 박사과정

** 인하대학교 토목공학과 교수

환경지표란 큰 데이터베이스로부터 유도된 체계적인 의미와 특정한 목적을 지니고 있는 일련의 지표로서 정의되고 이러한 지표들은 각 지표에 따라 특정의 개념적인 체계와 목적을 지니고 있으며 OECD(Organisation for Economic Co-operation and Development) 가입국을 중심으로한 선진국에서는 다음과 같은 세 가지 유형의 환경지표가 개발, 활용되고 있다⁴⁾.

- ① 환경성취도 지표(measure of environment performance)
- ② 경제부문별 환경지표(sectoral indicators)
- ③ 환경계정(environmental accounting)

환경성취도 지표는 환경질 수준이나 환경질의 수준변화 및 국가의 정책과 국제협약등과 관련되어 정의되는 지표로서 이 지표는 특별히 대기질 및 수질의 변동추이나 이들이 인간의 보건 및 복지에 미치는 환경적 영향 등에 대한 정보를 제공해 준다.

경제부문별 환경지표는 환경문제가 각 경제부문별 정책에 반영되고 있는 정도를 나타내는 지표로서 환경적 효율성(environmental efficiency)을 보여주고 각 부문별 경제정책과 정책변천추이와 환경과의 연계성을 나타낼 수 있다.

환경계정은 국민계정체계에 환경관련 회계계정을 보완 또는 신설하는 것으로서 특히 환경의 거시경제정책과의 연계성을 분석할 수 있다.

이상의 세 가지 지표 중에서 환경계정은 1992년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 유엔환경개발회의에서 채택된 “의제 21(Agenda 21)”의 ‘제 8 장 의사결정과정에 있어서 환경과 개발의 통합(integrating environment and development in decision-making)’에서 환경과 개발을 통합하기 위한 하나의 정책수단으로서 권고하고 있는 사항이다. 또한 우리 나라는 UN에 의해 편제된 “국민계정체계(System of National Accounts, SNA)”를 1978년부터 받아들여 1988년부터는 국민대차대조표를 제외한 국민소득통계, 자금순환표, 국제수지표, 산업연관표에 대한 4개의 플로우 통계를 작성하고 있고 통계청에서는 매 10년마다 국민대차대조표는 아니지만 그 포괄범위를 확대시키면 국민대차대조표로 활용될 수 있는 국부조사를 시행하고 있다. 따라서 우리나라도 국민계정체계를 따르고 있으므로 유엔환경개발회의에서의 권고 사항이기도한 환경계정을 채택하는 것이 바람직하다고 할 수 있다⁴⁾.

3. 수자원 계정

수자원 계정(water resource accounts)은 환경자산중에서 국가 수자원에 대한 전반적인 사항을 정량적으로 분석하기 위해 만든 것으로 환경계정의 한 부분이다. 환경계정은 “하나의 적합한 회계계정체계(framework) 내에서 환경과 경제와의 상호작용을 체계적으로 분석하기 위한 틀”로 정의된다⁷⁾. 이에 대한 세계적인 연구 추세는 환경과 환경파괴의 화폐적인 평가(monetary

assessment)와 자연자원 및 환경과 이의 이용에 대한 물리적인 회계계정의 설정으로 구분할 수 있고 OECD에서는 후자에 해당하는 국민소득계정에 연결시키는 것을 목적으로 한 독립된 자연자원 계정(natural resource accounts)을 설정하는 방법을 채택하고 있다.

자연자원계정에 의한 방법은 인간의 모든 생산소비 활동은 잉여물(residuals)을 창출하고 이 잉여물은 물질이나 에너지로 구성되어 있으므로 자연환경문제도 물리학에서의 질량과 에너지 보존법칙의 적용해석이 가능하다는 개념에서 출발한 “물질/에너지 균형 접근방법(materials and balances)”과 일관된 방법론/framework)하에서 자연자원의 실태 및 질적 정보를 수집하여 자연자원의 스탱과 플로우(경제학에서 일정기간중에 일어난 경제의 흐름을 “플로우(flow)”라 하며 이를 기록한 계정을 “플로우계정”이라 하고 일정시점에서의 상태를 “스탁(stock)”이라 부르며 이를 기록한 계정을 “스탁계정”이라 한다¹⁾), 환경과 경제 사이의 자원의 플로우 및 경제 내에서의 자원의 플로우를 물리적인 단위로 나타내는 “자연자원 및 환경계정(Natural Resource and Environmental Accounts) 접근방법”으로 구분된다.

자연자원 및 환경계정의 일반적인 목적은 ① 정책수립자에게 자연자원에 대한 정보토대(information basis) 제공, ② 각 의사결정단계에 있어서와 대중에게 환경문제에 대한 인식 제고로 요약 될 수 있고 이는 다시 환경자원계정(environmental resource accounts)과 물질자원계정(material resource accounts)으로 분류하기도 한다²⁾. 대표적인 환경자원계정으로 프랑스의 자연유산계정(Natural Patrimony Accounting)을 들 수 있고 이 자연유산계정중에서 물에 관한 계정이 내륙수자원 계정이다.

4. 프랑스 내륙수자원 계정과 국내 수자원 자료의 비교 · 검토

환경을 자산으로 다룰 수 있는 대표적인 대상으로는 토지(land), 물(water), 생물상(biota), 공기(air)를 들 수 있다. 1990년 프랑스에서는 물에 대한 실험적 연구(pilot study)를 마친 바 있다. 물에 관한 환경자원계정을 내륙수자원계정(in-land waters accounts)이라 명하고 이는 물의 양(water volume), 해당 수계의 총연장(water stretch), 유역면적(area measure)을 기초 단위로 사용하고 있으며 Table 1 - Table 3과 같다.

Table 1과 Table 2는 물리적양으로써 측정되거나 추정된 이용가능한 물의 양을 다루고 있다. 전자는 내륙수자원 투입산출표(Input-output table for inland waters)로서 수자원의 최종적인 이용량과 함께 프랑스 전체(the reference area) 그리고 각 서브시스템(sub-system)에 대한 수자원의 생기원천을 나타내고 있고 후자는 내륙수자원 대차대조표(Global balance sheet for inland waters)로서 일정기간(the reference period)동안의 각 내륙 서브시스템의 스탱변화를 나타낸다. 그리고 Table 3은 수자원 이용계정(Water utilization account)으로 인간의 활동에 의해 사용되는 수자원의 양을 다루고 있다.

국내 수자원 자료로서 국가 전반에 걸친 수자원 현황이 비교적 상세히 조사된 자료로는 수자원장기종합계획보고서('91-2011), 전국 용수이용현황조사 자료집 등을 들 수 있다. 수자원장기종합계획보고서는 국가계획 및 주요경제지표 작성시 참고자료로 혹은 수자원개발 및 하천관리의 기본지침서로서 활용할 목적으로 작성된 것으로 각종 용수수요의 추정방법과 수자원 정책의 현 실태 및 향후 시행 방향 등에 대한 의견 등이 수록되어 있다. 또한 이 보고서에서는 유역별, 용수

목적별 수자원 이용량을 산정한 후 이를 기준으로 1991년부터 2011년까지 5년 간격으로 수자원 이용량을 예측하고 있다.

이들 자료에서 산정된 국내 수자원 전반에 대한 사항은 Table 4 - Table 5의 형식을 취하고 있다^{2),3)}. 한편, 수자원장기종합개발기본계획('81-2001)과 수자원장기종합계획보고서('91-2011)에서의 1991년 용수수요량에 대한 예측치와 전국 용수이용현황조사 자료집에서 조사된 1991년도 실측치와 비교하면 Table 6과 같은 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 특정항목에 대한 추정방법의 차이와 이를 추정하기 위해 사용한 데이터의 차이 등이 그 원인이라 할 수 있다. 또한, 국내 수자원 관련 자료는 수자원을 용수측면에서 유역별, 용수목적별로 조사, 추정하고 있으므로 프랑스 내륙수자원 계정과 비교하면 주로 수자원 이용계정 부문을 중심으로 수자원을 관리하고 있다고 볼 수 있다.

5. 결론

경제개발과 환경보전을 상호 연관된 관계로 보는 것이 바람직하며 환경오염에 대한 사후처리식의 환경정책은 지양해야 할 것이다. 이를 위해서는 “환경적으로 건전하고 지탱가능한 개발”이라는 환경정책개념을 실현해야 할 것이며 특히, OECD에서 채택한 프랑스의 내륙수자원 계정을 이용하기 위해서는 용수측면에 대해서 조사되는 수자원 관련데이터 이외에 우리나라 자연조건에 맞는 서브시스템을 분류하고 이들 사이에서의 수자원의 플로우와 스탁을 나타낼 수 있는 데이터가 필요하다. 또한 이들 데이터의 일관되고 지속적인 수집체계가 필요하고 각 계정항목에 대한 추정기법 연구가 요구된다.

6. 참고문헌

- 1) 한국은행, 신국민계정해설, 1986.
- 2) 한국수자원공사, 수자원장기종합계획('91-2011)보고서, 1990.
- 3) 한국수자원공사, 전국 용수이용현황조사 자료집, 1993.12.
- 4) 한국환경기술개발원, ESSD달성을 위한 거시환경경제 지표개발 및 정책수단개선 연구, 1993.
- 5) Weber, Jean-Louis, "The Contribution of Natural Resource Accounting to Development Policy Making." prepared for the UNEP-CIP Workshop on Application of Methods and Procedures to Integrate Environmental Considerations in Economic Planning and Administration, Tallin (USSR) and Evo (Finland), 1-12 October, 1990.
- 6) OECD, "Pilot Study on Inland Waters." prepared for Informal Meeting on Natural Resource Accounts by the Group on the State on the Environment. OECD, Paris, 1990
- 7) OECD Environment Directorate, "Natural Resource Accounts : Conclusions from OECD Work and Progress in Member Countries." prepared for the Group on the State of the Environment. OECD, Paris, 1993.

Table 1. INLAND WATERS ACCOUNT : INPUT-OUTPUT TABLE
 year : 1981, France unit : 10⁹ m³

T2. Internal transfers matrix [from : -->] [to : v]

ELEMENTS	A TOTAL RESOURCES		E9 Land/Atmosphere Interface	E5-E8 Soil and vegetation cover	E11 Under-ground waters	E42 Snow and glaciers	E43 Lakes and dams	E44 Rivers	B TOTAL INTERNAL OUTFLOWS	C= A-B GROSS ANNUAL AVAILABILITY	F411 Primary withdrawals	F221 Evapo-transpiration	F121 Natural outflow --> Sea	D TOTAL WITHDRAWALS AND FINAL USES	E-C-D NET ACCUMULATION	F-B-D-E TOTAL USES	
	E9 Land/Atmosphere Interface	E5-E8 Soil and vegetation cover															
E9 Land/Atmosphere interface	552.0	380.1	380.1						502.0	50.0	50.0		50.0	0.0	0.0	552.0	
E5/E8 Soil and vegetation cover	383.6			380.1	130.7				130.7	252.9	252.9			252.9	0.0	0.0	383.6
E41 Underground waters	144.1					118.0			118.0	26.1	6.6	1.0		7.6	18.5	144.1	
E42 Snow and glaciers	21.0					17.5	0.5		17.5	3.5				0.0	3.5	21.0	
E43 Lakes and dams	5.5					3.8			3.8	1.7	1.1			1.1	0.6	5.5	
E44 Rivers	322.7					10.4	4.0		10.4	312.3	30.6	0.7	230.0	312.3	0.0	322.7	
TOTAL	1428.9	0.0	380.1	137.1	137.1	21.0	5.5	260.7	782.4	646.5	37.2	304.7	231.0	623.9	22.6	1448.9	

T3. Primary withdrawals and final uses table

T1. Total resources table

F23+F33 Internal transfers(inflows)	0.0	380.1	137.1	0.5	4.0	260.7	782.4
F111 Precipitation	552.0			20.5	1.5	1.0	575.0
F112-F132 Inflows from the outside						38.0	38.0
F311-F312 Backflows, discharge			7.0			23.0	30.0
F321 Irrigation		3.5					3.5
A. TOTAL RESOURCES	552.0	383.6	144.1	21.0	5.5	322.7	1428.9

Table 2. INLAND WATERS : GLOBAL BALANCE SHEET - WATER QUANTITIES
 year : 1981, France unit : 10⁹ m³

T1. Primary input

T2. Net intermediate input

T3. Primary withdrawals & final uses

ELEMENTS	INITIAL STOCK	A TOTAL PRIMARY INPUT		B BACKFLOWS & INFLOWS	C= A-B GROSS ANNUAL AVAILABILITY	D TOTAL WITHDRAWALS AND FINAL USES	E-C-D NET ACCUMULATION	FINAL STOCK
		F112-F132 Inflow from the outside	F111 Precipitation					
E9 Land/Atmosphere interface	80.0	552.0	0.0	249.4	502.0	50.0	0.0	80.0
E5/E8 Soil and vegetation cover	2200.0	0.0	0.0	19.1	252.9	252.9	0.0	2218.5
E41 Underground waters	26.3	20.5	20.5	7.0	26.1	1.0	7.6	2318.5
E42 Snow and glaciers	52.3	1.5	1.5	0.2	-17.0		0.0	29.8
E43 Lakes and dams		1.0	17.0	186.6	186.6	3.6	1.1	52.9
E44 Rivers	7.0	21.0	21.0	83.7	106.7	27.0	23.0	7.0
TOTAL	2365.6	575.0	38.0	30.0	646.5	37.2	51.0	2388.2

Table 3. INLAND WATER : WATER UTILISATION ACCOUNT (SIMPLIFIED)

year : 1981. France unit : 10⁹ m³

TRANSACTORS	PRIMARY WITHDRAWALS		TRANSFERS BETWEEN TRANSACTORS MATRIX [from ->] [to : V]							OUTPUTS FROM THE UTILISATION SYSTEM			TOTAL OUTPUTS FROM THE UTILISATION SYSTEM					
	Inter-mediate inflows	from surface water	TOTAL INPUTS	A1 Drinking water distributors	A2 Irrigation water distributors	A3 Manufacturing industries	A4 Power producers	A5 Mining activities	A6 Agriculture	A7 Households	A8 Public Authorities	S/total intermediate output		F31 Backflows	F32 Irrigation	F43 Backflows to the outside (not final consumption)	F14 Backflows to the outside	
																		A1 Sanitation
A1. Distributions / drinking water	0.60	2.10	3.50	0.47	0.66	0.19	2.42	0.56	4.30	1.90	0.06	1.90	6.20				1.90	6.20
A2. Distributions / irrigation	0.00	0.33	0.33	0.06	0.06	0.11							0.27	0.06	0.29	0.01	0.06	0.33
A3. Manufacturing industries	0.82	3.47	1.70	5.98				0.46	0.46	0.64	4.60			0.29	0.17	2.53	5.53	5.98
A4. Power producers	0.00	0.00	19.53	19.53				0.00	0.00	0.03	0.03						18.53	19.53
A5. Mining industries	0.00	0.00	0.07	0.07				0.03	0.03								0.01	0.07
A6. Agriculture	0.30	2.90	1.30	4.50					0.00	1.27	0.60	0.47		3.45			4.50	4.50
A7. Households	2.42	0.05	2.47						0.05	0.35	0.10	0.52	2.19	1.75	0.07	0.42	0.01	2.47
A8. Sanitation, local authorities	2.74	2.22	4.96	0.02	0.82	0.00	0.30	2.42	2.06	0.66	6.44	23.65	3.45	0.56	2.96	0.01	37.17	44.06
TOTAL	6.88	30.55	5.62	44.06														

Table 4. 유역별, 용도별 용수이용현황(1988) (단위 : 억m³)

유역	생활용수	공업용수	농업용수	유역용수	계
한강	21.35	10.10	18.59	11.04	61.08
낙동강	9.44	4.07	36.49	12.61	62.61
금강	2.41	1.67	16.36	9.46	29.7
경강	0.26	0.56	8.24	1.73	10.81
충청	1.47	0.49	9.54	0	11.49
산청	0.80	0.79	5.74	7.33	8.92
진안	0.31	0.27	4.66	0	5.24
민중	0.83	0.41	4.91	0.63	6.78
영산강	0.20	0.08	3.96	0	4.24
평안강	0.53	0.91	2.21	0	3.65
기타	4.54	4.82	36.3	0	45.66
전국	42.16	23.96	146.6	35.47	248.59

Table 5. 지하수 사용현황(1988) (단위 : 억m³)

생활용수	"상수도"지하수		기타(대수층수)		계
	복류수	지하수	용연수	기타	
공업용수	4.7	0.45	0.20	0.22	5.58
농업용수	1.57	0.45	0.12	2.14	2.14
계	6.27	0.90	0.32	2.36	8.70

Table 6. 용수요망별 대한 1991년도 예측치 및 실적치 비교 (단위 : 억m³)

참고자료	1978년	1980년	1988년	1991년 예측치	1991년 실적치
수도원장기통합개발기본계획 (1981-2001)	1978년	1980년	1988년	1991년 예측치	1991년 실적치
수도원장기통합개발기본계획 (1981-2001)	52.01	48.92	48.92	51.62	51.62
수도원장기통합개발기본계획 (1981-2001)	22.89	25.09	25.09	20.01	20.01
수도원장기통합개발기본계획 (1981-2001)	137.38	150.94	150.94	141.72	141.72
수도원장기통합개발기본계획 (1981-2001)	30.49	57.42	57.42		