

ORIGINAL ARTICLE

Emergy 분석을 이용한 환경영향평가의 종합평가 방법 개발

강서희 · 이석모*

부경대학교 생태공학과

Development of a Comprehensive Environmental Impact Assessment Evaluation by the Emergy Analysis

Seo Hee Kang, Suk Mo Lee*

Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Abstract

Environmental Impact Assessment (EIA) is an important policy implemented before starting development projects to estimate and reduce environmental impact. However, the difficulty of quantification on several rating categories has hampered comprehensive analysis. Instead of it, the current EIA just summarizes outcome of investigation. Therefore, EIA fails to definitively ascertain whether the development should be approved or not. This study aimed at providing the way to comprehensive decision-making by applying Emergy analysis and Emergy indicators to EIA. Production (P), Emergy Yield Ratio (EYR), Environmental Loading Ratio (ELR) and Emergy Sustainability Index (ESI) were selected for indicators. The indicators of range approving the development were set up with comparing before and after development or according to circumstances of which view of average that was classified as region or industry is appropriate to analysis. As a result, the value after development of P should be higher than the value before development. EYR and ESI of the value before development should be higher than region or industry average. On the contrary to these, ELR of the value after development should be lower than region or industry average. To verify applying Emergy indicators to EIA comprehensive analysis, Emergy evaluation was conducted to real case. As a result, applying Emergy analysis could suggest whether the development is appropriate or not. These indices and the result of this research are expected to be applied decision-making on environmental impact for sustainable development.

Key words : Environmental impact assessment (EIA), Decision-making, Emergy, Production, EYR, ELR, ESI

1. 서론

현재 사회는 환경적으로 건전하고 지속 가능한 발전(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)이 필요한 시점이다. 이것은 “미래세대가 그들 스스로의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 저

해하지 않으면서 현재 우리 세대의 필요를 충족시키는 개발(WCED, 1987)”로 환경 용량 내에서 환경이 지탱할 수 있는 범위 내에서 이루어지는 개발을 필요로 한다(Moon, 1996). 그렇기 때문에 우리 인간은 개발 행위가 환경에 미치는 영향이 어느 정도 인지를 파악하고 나아가 그 행위가 타당함을 결정하는 의사

Received 7 December, 2016; Revised 23 February, 2017;

Accepted 24 February, 2017

*Corresponding author: Suk Mo Lee, Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea
Phone : +82-51-629-6541
E-mail : leesm@pknu.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

결정도구가 필요하다. 이를 위해 환경영향평가제도가 많은 주목을 받고 있지만 이는 의사결정수단이기는 보다는 실행이 확정된 사업에 대한 환경영향을 규제하는 수단으로 사용되어 왔다. 초기 수립된 계획보다 환경영향을 좀 더 고려한 방향으로 나아가는 것 역시 중요한 사안이지만, 개발이 결정된 사업에 대하여 환경영향을 줄였다고 하여 환경 수용력을 고려한 개발이라 하는 것은 부적합하다. 이를 보완하기 위해 전략환경영향평거나 사전 환경성 검토 등이 도입되고 있으나 이 역시도 환경영향에 대한 의사결정 도구로는 부족함이 많다. 또한 여러 환경영향평가서의 종합평가를 살펴보면, 각종 환경영향에 대한 요약만 할 뿐 환경영향에 대한 의사결정을 하지 못하고 있다. 이는 환경적 가치와 경제적 가치, 여러 환경 요소들에 대한 정량적·정성적 평가가 이루어지지 않았기 때문에 개별적인 항목에 대한 평가가 아닌 모든 환경과 경제를 아우를 수 있는 새로운 개념이 필요하다.

Odum(1996)은 생산물의 가치는 그것을 만들기 위해 사용된 모든 직·간접적인 에너지와 같다는 Emergy의 개념을 가지고 시스템 생태학적인 접근법을 도입

하였다. 이러한 접근법은 하나의 시스템 내의 환경과 경제에 대한 정량적·정성적 평가를 가능하게 하였고 현재까지 많은 연구가 이루어지고 있다(Lee and Odum, 1994; Son, 1999; Im, 2004; Jea, 2004; Im, 2011).

Emergy 분석법은 전체적인 시스템의 흐름을 파악하는 Top-down 방식을 이용하여 자연환경과 인간경제 활동을 동일한 척도로 평가할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Emergy 분석법을 이용한 지표들을 선정하고, 지표의 범위 설정을 통해서 실제 환경영향평가가 진행된 사업에 이 방법을 적용하여 이 연구의 타당성을 검토하였다. 그 결과 개발 사업에 대한 객관적인 의사결정 여부의 가능성을 제시하는데 연구의 목적을 두었다.

2. 방법

2.1. 지표의 선정

본 연구는 평가지표를 선정하고 그 지표의 범위를 설정하는 순서로 진행되었다. ‘평가지표 선정’은 기존

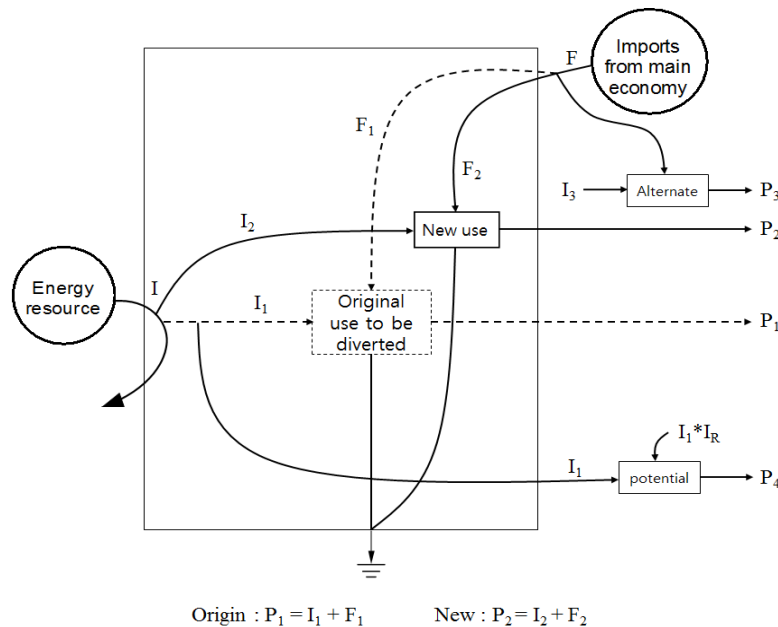
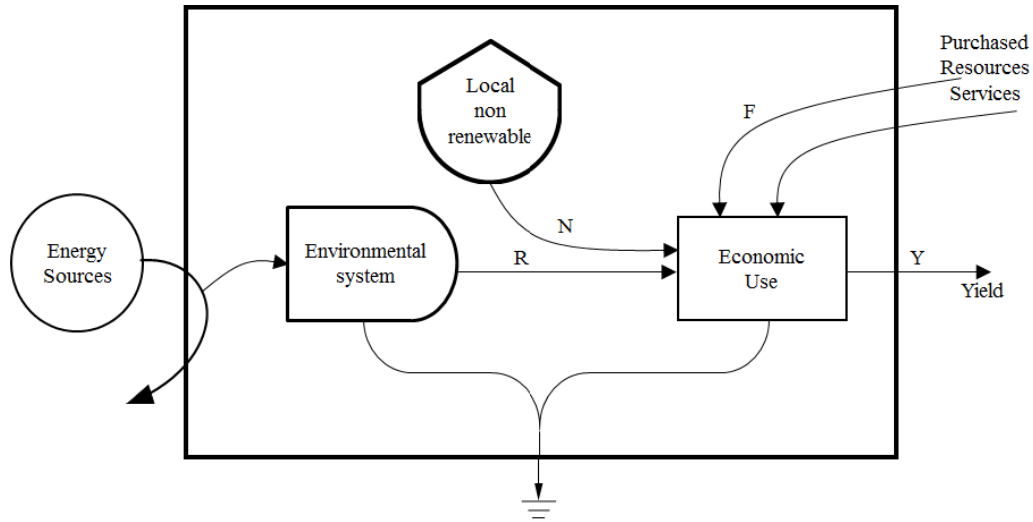


Fig. 1. Procedure for comparing two systems (P1 and P2). For each system the contribution (P) is the sum of the Emergy of its environmental input (I) plus the Emergy of its economic input (F)(Odum, 1996).



$$\text{Emergy Yield Ratio(EYR)} = (R+N+F)/F$$

$$\text{Environmental Loading Ratio(ELR)} = (N+F)/R$$

$$\text{Emergy Sustainability Index(ESI)} = \text{EYR}/\text{ELR}$$

Fig. 2. Emergy based indices, accounting for local renewable emergy inputs (R), local nonrenewable inputs (N), and purchased inputs from outside the system (F)(Brown and Ulgiati, 1997).

연구의 Emergy 평가에서 사용한 지표 중 ESSD를 의 사결정 단계에서 실현할 수 있는 지표들을 선정하였다. ‘지표의 범위 설정’은 대상사업과 대상지역에 대한 현실적 고려를 종합하여 설정하였다.

Emergy 분석을 통해 선정할 필수 지표는 Fig. 1에서 도출할 수 있는 생산량 지표 ‘Production (P)’이다. 생산량(P)은 유입된 직간접적인 Emergy의 총합으로 생산물을 나타내는 Emergy의 개념에 따라 시스템에서 생산에 필요한 환경적 자원(I)와 경제적 자원(F)의 합으로 나타낸다. 개발의 목적은 더 많은 생산량을 얻기 위함이므로 개발로 인한 생산량은 개발 전보다 반드시 커야하는 것이 필수 조건이다.

다음 지표는 Fig. 2를 바탕으로 선정하였다. Fig. 2를 통해 도출될 수 있는 첫 번째 지표는 Emergy 생산비(Emergy Yield Ratio; EYR)이다. EYR은 생산량(Y=R+N+F)을 외부에서 유입된 구매자원(F)으로 나눈 값이다. 개발로 인해 생산량이 증가하더라도 구매 자원에 의존하는 비가 크다면 효율적인 사업이라 할 수 없기 때문에 생산의 효율성을 고려하기 위한 지표

가 필요하다.

다음 지표는 환경 부하율(Environmental Loading Ratio; ELR)이다. ELR은 재생 불가능한 자원을 재생 가능한 자원으로 나눈 값이다. 생산량이 증가하고 효율적이라도 환경부하를 증가시키는 사업이라면 환경적으로 타당하지 않다.

마지막 지표는 생산 효율성과 환경영향을 종합하여 평가할 수 있는 지속가능성 지표(Emergy Sustainability Index; ESI)이다. ESI는 시스템의 생산 효율성과 환경 부하 비를 나눈 값으로 시스템의 지속가능성을 나타내는 지표이다. 이 지표는 궁극적으로 개발 사업이 생산성과 환경성을 고려할 때 환경적으로 건전하고 지속가능한 사업인가를 판단하는 지표이다.

2.2. 지표의 범위 설정

앞서 제시한 각 지표들을 적용하기 위하여 범위 설정이 필요하다. 개발이 진행되는 전 후의 Emergy 지표 값 비교로 생산량(P)은 개발 후가 개발 전보다 반드시 커야한다. Emergy 생산비(EYR)와 Emergy 지속성

Table 1. Classification of environmental impact assessment projects in views of region and industry

Regional view	Industrial view
1. Urban development	1. Development of energy sources
2. Development of a harbor	2. Development of a waste disposal facility
3. Construction of road	3. Extraction of earth and stone, sand, gravel, minerals, etc.
4. Development of water resources	4. Development of an industrial complex
5. Construction of a railroad	
6. Construction of airport	
7. Development of land and reclamation of public waters	
8. Development of a tourism complex	
9. Development of a mountainous district	
10. Establishment of a sports facility	
11. Development of an industrial site	

(ESI)은 개발 후 값이 전보다 커야하며 환경 부하율(ELR)은 개발 전보다 개발 후의 값이 더 작아야 이상적인 개발 사업이라고 할 수 있다. 하지만 대부분의 개발 사업은 구매자원의 과다 유입으로 생산의 효율성이 저하되거나 재생 불가능한 자원의 유입으로 환경 부하를 가중시키기 때문에 이상적인 조건을 충족하기 힘들다. 그러나 개발 사업이 지역의 평균적인 EYR, ELR, ESI 보다 개선되거나 동종의 산업 평균보다 나아진다면 전체 지역과 산업 시스템의 관점에서는 허용 가능한 사업이 될 수 있다. 그러므로 환경영향평가 대상 사업에 대하여 지역과 산업 관점에서 대상을 분류한 다음 지역이나 산업의 관점에서의 평균적 지표와 개발 후의 지표를 비교하여 의사결정 할 수 있다. 이와 같은 종합평가 방법은 적어도 지역과 산업의 평균적인 관점에서는 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전의 방향으로 개발 사업이 진행될 수 있을 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 환경영향평가 대상사업의 분류

Emergy 평가를 위해 먼저 대상 사업을 지역과 산업 중 어떠한 관점에서 평가되어야 할지 분류하여야 한다. Table 1은 법률상의 환경영향평가 대상 사업목록에 따라 지역과 산업에 관련하여 대상 사업을 분류한 것이다.

3.2. 지표의 범위 및 의사결정 절차

3.2.1. 생산량(Production; P)

생산량을 나타내는 Production 지표는 반드시 개발 후가 개발 전보다 높은 값을 나타내야 한다. 이 지표는 필수 지표로 개발 후의 값이 개발 전보다 낮다면 대상 사업은 시행되지 않아야 한다.

$$P_1 < P_2$$

(₁ : Before, ₂ : After)

3.2.2. Emergy 생산비(Emergy Yield Ratio; EYR)

생산의 효율성을 나타내는 지표인 EYR 값의 경우 환경영향평가 개발 사업의 분류에 따라 지역적 혹은 산업적 평균보다는 커야 한다.

$$EYR_R < EYR_2 \text{ or } EYR_1 < EYR_2$$

(_R : Regional mean, ₁ : Industrial mean)

3.2.3. 환경부하비(Environmental loading Ratio; ELR)

환경의 부하 정도를 나타내는 지표인 ELR 값의 경우 환경영향평가 개발 사업의 분류에 따라 지역적 혹은 산업적 평균 보다는 작아야 한다.

$$ELR_R > ELR_2 \text{ or } ELR_1 > ELR_2$$

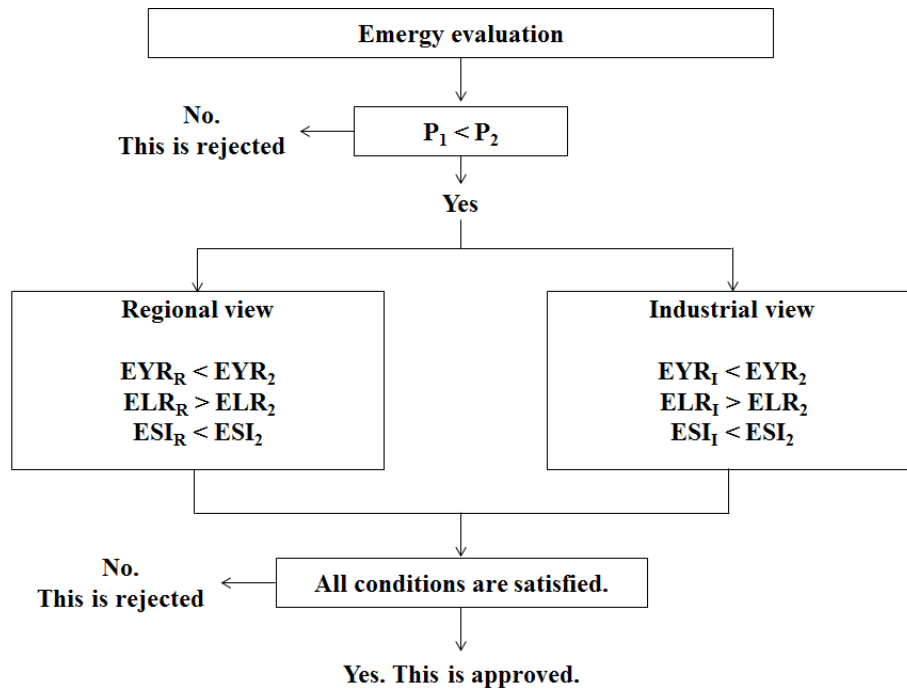


Fig. 3. Decision-making procedure.

3.2.4. Emergy 지속성 지표(Emergy Sustainability Index; ESI)

대상지역의 지속가능성을 나타내는 지표인 ESI 값의 경우 환경영향평가 개발 사업의 분류에 따라 지역적 혹은 산업적 평균 보다는 커야 한다.

$$ESI_R < ESI_2 \text{ or } ESI_I < ESI_2$$

3.2.5. Emergy 지표를 이용한 의사결정 절차

앞서 제시한 의사결정 지표와 범위들을 이용하여 종합평가를 실시하기 위한 절차는 Fig. 3과 같다.

3.3. Emergy 지표의 적용

본 연구에서 제시한 방법의 타당성을 검증하기 위해 실제 환경영향평가가 실시된 사업의 Emergy 지표를 이용하여 의사결정 절차에 따라 종합평가 방법을 적용시켜 보았다. 기존의 환경영향평가의 종합평가 결론과 비교를 통해 Emergy를 이용한 종합평가 방법의 타당성을 검증하였다.

3.3.1. 생산량 지표의 적용

새만금 종합개발사업에 적용하기 위하여 Kim(2002)의 Emergy 평가 결과를 본 연구에 맞게 수정하여 제시하였다.

Table 2는 새만금 종합개발사업의 Emergy 평가 결과로 개발 전 후를 비교했을 때 개발 후의 생산량이 7.41E+20sej/yr로 개발 전 8.32E+20sej/yr보다 감소하기 때문에 새만금 종합개발사업의 경우 생산량 지표의 비교만으로 개발이 타당하지 않다는 의사결정이 가능하다.

기존의 환경영향평가서인 새만금지구 간척종합개발사업의 환경영향평가서(Korea rural community corporation, 1989)에서의 종합평가는 예상 가능한 환경적 변화를 나열하고 내부 투자수익률(IRR)에 대하여 경제적 가치만을 이용해 새만금 사업이 타당하다는 의사결정을 하였다. 하지만 Emergy를 이용한 환경영향평가의 종합평가에서는 새만금 종합개발사업으로 인한 조석 에너지의 손실까지 생산량 항목에서 고려해 2.08E+20sej/yr 만큼의 재생 가능한 에너지가 감소

Table 2. Emergy index of overall developments in Saemangeum, Korea

Item	Name of index	Expression	Original use (sej/yr)	New use (sej/yr)
1	Renewable energy flow	R	7.22E+20	5.14E+20
2	Nonrenewable energy flow	N	-	3.27E+19
3	Flow of imported energy	F	1.10E+20	1.94E+20
4	Production(P)	R+N+F	8.32E+20	> 7.41E+20

하여 구매자원이 증가함에도 불구하고 전체적인 생산량이 개발 후가 감소됨을 평가할 수 있다. 이는 환경적 변화를 단순히 나열하는 것이 아닌 직접적인 수치로 비교할 수 있기 때문이다.

3.3.2. 산업 평균의 적용

산업 평균의 값을 이용하여 시화호 조력발전사업과 가로림 조력발전사업에 적용하였다. 먼저 시화호 조력발전사업의 Emergy 평가 결과는 Joo(2006)의 논문을 이용하여 본 연구에 맞게 수정하여 제시한 것이고 산업의 기준은 Brown and Ulgiati(2002)의 결과에서 재생 가능한 자원을 이용한 발전사업인 풍력, 지열, 수력 발전의 Emergy 지표의 평균값을 제시하였다.

다음의 Table 3은 시화호 조력발전 사업의 Emergy 평가 결과로 Emergy 지표를 이용한 의사결정 절차에 따라 검토한 결과 생산량이 증가하고 EYR과 ESI는 재생 가능한 자원을 이용한 발전 산업의 평균보다 높고 ELR은 낮으므로 모든 기준을 만족하였기 때문에 이 사업은 타당한 사업이라 할 수 있다.

가로림 조력발전 사업계획에 적용하기 위하여 개

발 전 재생가능 에너지원에 대한 평가 결과는 Kang (2009)의 결과와 가로림 조력발전에 대한 사전환경성 검토서(Ministry of land, transport and maritime affairs, 2009)를 이용하여 분석하였다. 발전 산업의 평균에 대한 기준은 앞의 시화호 조력발전 사업과 같다.

Table 4에서 알 수 있듯이 가로림 조력발전 사업은 생산량은 증가하지만 EYR, ELR, ESI 모두 재생 가능한 자원을 이용한 발전 산업의 평균을 만족하지 못하기 때문에 대상 사업의 진행은 타당하지 않다.

앞의 Emergy를 이용한 종합평가 방법의 결과와 달리 시화호 조력발전 건설사업 환경영향평가서(Korea water resources corporation, 2004)와 가로림 조력발전사업 관련 사전환경성검토서(Ministry of land, transport and maritime affairs, 2009)에서의 종합평가는 개발 사업의 타당성을 조사하기 위해 선정된 환경항목의 나열과 저감 방안 제시로 종합평가를 대체하고 있다. 또한 개발 사업으로 인한 환경의 변화를 제시할 뿐 종합적인 의사결정은 하지 못하고 있다. 반면 Emergy를 이용한 방법에서는 시화호 조력발전사업

Table 3. Emergy index of tidal power plant construction in the Shihwa lake, Korea

Item	Name of index	Expression	Original (sej/yr)	New (sej/yr)	Industrial mean (sej/yr)
1	Renewable energy flow	R	7.46E+18	9.04E+19	
2	Nonrenewable energy flow	N	3.49E+19	1.49E+19	
3	Flow of imported energy	F			
4	Production(P)	R+N+F	4.24E+19	< 10.53E+19	
5	Emergy yield ratio(EYR)	(R+N+F)/F		11.07	> 6.64
6	Environmental loading ratio(ELR)	(F+N)/R		0.16	< 0.35
7	Emergy sustainability index(ESI)	EYR/ELR		69.19	> 25.41

Table 4. Emergy index of tidal power plant construction in the Garorim bay, Korea

Item	Name of index	Expression	Original (sej/yr)	New (sej/yr)	Industrial mean (sej/yr)
1	Renewable energy flow	R	4.14E+20	2.78E+20	
2	Nonrenewable energy flow	N	5.97E+19	2.07E+20	
3	Flow of imported energy	F			
4	Production(P)	R+N+F	4.74E+20	< 4.85E+20	
5	Emergy yield ratio(EYR)	(R+N+F)/F		2.34	< 6.64
6	Environmental loading ratio(ELR)	(F+N)/R		0.75	> 0.35
7	Emergy sustainability index(ESI)	EYR/ELR		3.14	< 25.41

은 타당하지만 가로림의 조력발전사업은 타당하지 않다는 의사결정이 가능하다. 시화호의 경우 1987년 시화방조제가 설치된 이후 이미 존재하는 방조제를 이용하여 조력발전소를 건설하는 반면에 가로림은 새로운 방조제를 조성하여 조력발전소를 건설하기 때문에 시화호 사업보다 가로림 사업에 더 많은 구매 자원이 투자되므로 Emergy 생산비가 급격히 줄어들어 생산 효율이 낮아지기 때문이다. 또한 시화호는 조력발전소 건설로 해수의 유입이 가능하게 해 조석 에너지가 개발 전보다 증가하여 재생가능에너지가 8.29E+19sej/yr 더 증가했다. 반면에 가로림 사업의 경우에는 건설되는 방조제에 의해 조석에너지가 급격히 줄어들어 재생가능에너지가 1.36E+20sej/yr 감소하기 때문에 동일한 조력발전사업임에도 불구하고 다른 결과를 나타낼 수 있다. 이와 같이 한 종류의 산업에 관련된 사업은 Emergy를 이용한 환경영향평가 종합평가법의 산

업 평균타당하면, 보다 명확히 개발 사업의 시행 여부에 관한 의사결정이 가능하다.

3.3.3. 지역 평균의 적용

지역 평균의 적용은 세종시의 행복도시 도시계획 사업을 대상으로 실시하였다. Emergy 평가는 Rim (2013)의 논문과 연기통계연보(Yeongi-gun, 2006)의 자료를 통해 수행하였다. 지역의 평균은 Choi(2003)의 충남에 대한 Emergy 지표 값을 이용하였다.

Table 5는 인구 30만의 도시계획을 할 경우의 Emergy 평가 결과로서 생산량이 증가하고 행복도시 계획의 모든 지표 값이 충남의 평균 지표 조건을 만족하기 때문에 타당한 도시 계획이라 할 수 있다. Table 6은 인구 50만의 도시계획에 대한 Emergy 평가로 생산량은 증가하지만 모든 지표 값이 충남의 평균 기준을 만족시키지 못하기 때문에 타당하지 못한 도시계

Table 5. Emergy index of multi-administrative city in Sejong, Korea with 300 thousands population

Item	Name of index	Expression	Original (sej/yr)	New (sej/yr)	Regional mean (Chungnam,1999) (sej/yr)
1	Renewable energy flow	R	8.11E+20	8.11E+20	8.77E+22
2	Nonrenewable energy flow	N	4.12E+17	4.12E+17	1.33E+20
3	Flow of imported energy	F	1.22E+21	1.65E+21	3.41E+22
4	Production(P)	R+N+F	2.03E+21	< 4.05E+21	4.30E+22
5	Emergy yield ratio(EYR)	(R+N+F)/F		1.49	> 1.26
6	Environmental loading ratio(ELR)	(F+N)/R		2.04	< 3.90
7	Emergy sustainability index(ESI)	EYR/ELR		0.73	> 0.32

Table 6. Emergy index of multi-administrative city in Sejong, Korea with 500 thousands population

Item	Name of index	Expression	Original (sej/yr)	New (sej/yr)	Regional mean (Chungnam,1999) (sej/yr)
1	Renewable emergy flow	R	8.11E+20	8.04E+21	8.77E+22
2	Nonrenewable emergy flow	N	4.12E+17	4.12E+17	1.33E+20
3	Flow of imported emergy	F	1.22E+21	4.37E+21	3.41E+22
4	Production(P)	R+N+F	2.03E+21	< 1.53E+22	4.30E+22
5	Emergy yield ratio(EYR)	(R+N+F)/F		1.19	< 1.26
6	Environmental loading ratio(ELR)	(F+N)/R		5.38	> 3.90
7	Emergy sustainability index(ESI)	EYR/ELR		0.22	< 0.32

획이다. 그러므로 세종시의 행복도시계획은 인구 30만명을 목표로 하는 사업이어야 한다.

실제 세종시의 행정중심복합도시 환경영향평가서(Korea land corporation, 2006)에서의 종합평가 역시 환경 영향이 예상되는 항목에 대한 요약 수준에 그치고 있었다. 하지만 Emergy를 이용한 환경영향평가 종합 평가법에서는 30만 인구를 목표로 도시계획을 할 경우 세종시 행복도시 계획이 타당할 뿐만 아니라 인구수가 수용 가능한 범위에 있는 반면 50만 인구를 목표로 도시계획을 할 경우에는 인구 수용력을 넘어서는 도시계획이 된다는 의사결정이 가능하다. 이는 연간 사용한 재생가능자원과 재생 불가능한자원은 변함이 없는데 비해 인구가 증가함에 따라 연간 1.12E+22sej/yr의 구매 자원이 더 필요하기 때문이다. 이처럼 Emergy를 이용한 종합평가법은 도시 계획의 입지 타당성에 대한 의사결정을 해줄 뿐만 아니라 대상 입지의 인구 수용력에 대한 의사결정 역시 가능하다. 따라서 개발 사업의 입지 선정에 있어서 지역 평균을 적용한다면 입지의 타당성 그리고 나아가서는 선정된 입지의 수용력에 관한 고려도 가능하다.

4. 결론

환경영향평가는 이익 추구만 하던 개발 사업에 환경에 대한 고려도 하게함으로써 지속가능한 사회를 만들고자하는 큰 걸음을 딛는 것에 의미가 있다. 하지만 여러 환경적 가치를 정량화하는 것에는 큰 어려움

이 있었고 그렇기 때문에 환경영향평가의 종합평가는 특정 항목에 대한 요약수준에만 그칠 수밖에 없었다. 이에 따라 본 연구는 환경의 가치와 인간 사회의 가치를 하나의 단위로 나타낼 수 있는 Emergy를 이용한 환경영향평가의 종합평가방법을 제시함으로써 환경영향평가가 객관적인 의사결정도구로서 이용될 수 있도록 하였다. 이를 위하여 Production(P), EYR, ELR, ESI 총 네 가지의 지표를 선정하여 지역과 산업평균의 Emergy 지표를 이용한 환경영향평가의 종합평가법을 제시하였다. 그리고 실제 환경영향평가가 진행된 사업에 이 방법을 적용해 이 연구의 타당성을 검토하였다. 그 결과 개발 사업에 대한 객관적인 의사결정이 가능함을 제시 할 수 있었다.

결론적으로 Emergy를 이용한 환경영향평가 종합평가방법은 기존의 환경영향평가의 종합평가를 위해 사용했던 환경 영향 항목별 점수 부여나 전문가의 상세 기술이 아닌 정량적 평가 방법이다. 종합평가의 정량화는 곧 환경영향평가의 출발점이었던 의사결정도구로서의 역할을 명확히 하는 것으로, 본 연구에서 제시한 방법은 환경영향평가의 종합평가 부문에서 객관적인 의사결정을 할 수 있도록 하는데 객관적 기초자료를 제공 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2015년)에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Brown, M. T., Ulgiati, S., 1997, Emergy based indices and ratios to evaluate sustainability : Monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation, *J. Ecological Engineering*, 9, 51-69.
- Brown, M. T., Ulgiati, S., 2002, Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems, *Journal of Cleaner Production*, 10, 321-334.
- Brundtland Commission, 1987, Report of the world commission on environment and development : Our common future, UN document A/42/427, WECD, New York, USA.
- Choi, Y. G., 2003, Sustainability evaluation on national and regional systems, Ph. D. Dissertation, Pukyong National University, Korea, 76-79.
- Im, J. H., 2004, Emergy evaluation of the optimum number of stories of apartment buildings, M. S. Dissertation, Pukyong National University, Korea, 22-29.
- Im, J. H., 2011, An Ecological economic evaluation on the carbon reduction plan of urban by the energy modeling, Ph. D. Dissertation, Pukyong National University, Korea, 57-70.
- Jea, Y. M., 2004, A Study on environmental responsibility index of manufacturing industry by emergy analysis, M. S. Dissertation, Pukyong National University, Korea, 38-51.
- Joo, Y. S., 2006, Emergy evaluation for the tidal power plant of the Shihwa lake, M. S. Dissertation, Pukyong National University, Korea.
- Kang, D., 2009, The emergy value of Garorim ecology, *Journal of the Korean Society for Marine Environment and Energy*, 85-87.
- Kim, W. S., 2002, Development and application of strategic environmental assessment to the tideland reclamation project by the environmental accounting, M. S. Dissertation, Pukyong National University, Korea.
- Korea land corporation, 2006, Environmental impact assessment of urban planning in multi-administrative city in Sejong, Korea, K130803, Jinju 1033-1047.
- Korea rural community corporation, 1989, Environmental impact assessment of overall developments in Saemangeum, ME1989J005, Naju, 419-439.
- Korea water resources corporation, 2004, Environmental impact assessment of tidal power plant construction in the Shihwa lake, ME2004C005, Daejeon 833-854.
- Lee, S. M., Odum, H. T., 1994, Emergy analysis overview of Korea, *Journal of the Environmental Sciences*, 3, 165-175.
- Ministry of land, transport and maritime affairs, 2009, Prior environmental review of tidal power plant construction in the Garorim bay, ME20090052, Sejong, 597-611.
- Moon, T., 1998, A Study on the modeling of environmental carrying capacity and developing environmental indicators for a sustainable development, *The Korean Association for Policy Studies*, 7 (1), 123-148.
- Odum, H. T., 1996, Environmental accounting, emergy and environmental decision making, John Wiley and Sons, New York, USA, 169-171, 370.
- Rim, B. H., 2013, A Study on the environmental capacity sustainability assessment of sejong city by emergy analysis, M. Eng. Dissertation, Kongju National University, Korea, 54-55.
- Son, J., 1999, A Study on the sustainable development of a city by the emergy evaluation, Ph. D. Dissertation, Pukyong National University, Korea, 7-39, 114-119.
- Yeongi-gun, 2006, Yeongi statistical year book, Chungcheongnam-do, 135-141.