

벡터 개념을 활용한 생태효과성 제안 및 적용

박필주, 정인태, 김만영
한국환경산업기술원

The Proposal & Application of Eco-effectiveness using the concept of Vector

Pil Ju Park, In Tae Jeong, Mann young Kim
Korea Environmental Institute of Technology & Industry

Abstract

Eco-efficiency refers to a ratio between environmental impact and value(or cost) and it has been used as a sustainable index widely. However, the debate on eco-efficiency has somehow left behind the question of limits; no consideration of a relative size as well as the impossibility of weighting among evaluation factors(parameters). Therefore, eco-effectiveness using a vector concept which represents the position of an object in space in relation to an arbitrary reference point is proposed as a new evaluation index. The case study of washing machine in the end of life stage was performed and the comparative analysis with the eco-efficiency was conducted. Although frame(steel) is the most economic material(or part) in the washing machine, the priority is low in eco-efficiency but the highest priority in eco-effectiveness. As shown in eco-effectiveness formula, it is possible to consider the relative size which can not be considered in the eco-efficiency. Furthermore, it has a benefit to give a weighting factor among evaluation factors(parameters). Although the concept of eco-effectiveness is more beneficial than that of eco-efficiency, there still needs to confirm whether distortion occurs in the result when convert the normal value into the relative value.

1. 서론

1987년에 발표한 '우리의 미래(Our Common Future)'라는 보고서를 통해 경제발전과 환경보전이라는 두 측면을 동시에 달성하고자 하는 '지속가능한 발전' 개념이 공식화 된 이후, 지속가능한 발전을 위한 노력은 국제협약, 정부규제 및 시장요구 등 다양한 형태로 가시화되어 왔다. 이러한 다양한 노력들은 피터 드러커(Peter F. Drucker)의 "측정할 수 없으면 관리할 수 없다"는 말처럼 관리를 위한 다양한 측정수단들을 개발하여 적용해 오고 있다. 특히, 이러한 이슈에 민감한 기업에서는 지속가능성 개선 정도를 정량적으로 측정할 수 있는 다양한 평가지표를 개발하여 기업 활동이나 제품/서비스의 지속가능성 개선을 위한 수단(녹색구매, 에코디자인 등)에 적용해 왔으며 이때 생태효율성(eco-efficiency) 개념이 유용한 모델로 사용되고 있다.

Ecology와 Economic에서의 'Eco-'와 효율을 나타내는 'efficiency'의 합성어인 생태효율성은

“지구의 자정능력의 범위 안에서 생태계에 대한 영향 및 자원 사용량을 줄임과 동시에 인간의 욕구(needs)와 삶의 질을 향상시키는 물품(goods) 및 서비스를 제공함으로써 달성할 수 있는 상태”로 정의할 수 있다[1]. 즉, 보다 효율적인 자원이용과 환경오염물질의 배출저감이라는 환경적 요소와 경제성장이라는 경제적 요소가 결합된 개념으로, 자연자원의 효율적 사용을 통해 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 경제개발도 동시에 추구할 수 있다는 주장이다.

생태효율성은 제품(이 연구에서 ‘제품(products)’은 ‘물품과 서비스(goods and service)’를 포괄하는 뜻으로 사용하였다) 가치를 환경영향으로 나눈 값으로 정의되며, 생태효율성 향상을 위해서는 제품 가치 상승, 환경영향 저감 또는 이 두 가치를 동시에 달성해야 한다. 즉, 생태효율성은 제품 가치와 환경영향의 비율로서 계산 결과 값 자체는 의미가 없으며, 다른 생태효율성 값과의 비교를 통해서만이 그 의미를 갖는다. 지속가능한 지표로서 생태효율성 개념은 2000년대 초반부터 일본 기업들을 중심으로 기준제품 대비 개선제품의 환경성 및 가치(품질 등) 개선 정도를 보여 줄 수 있는 가장 효과적인 평가지표로서 널리 사용되어 오고 있다[2].

앞서 언급했듯이 생태효율성은 제품의 가치와 이에 따른 환경영향의 비로 계산된다. Fig. 1에서 처럼 환경영향을 X축에, 가치를 Y축에 나타낸다면 각 지점의 생태효율성은 X축으로부터의 각도인 θ 가 높은 값을 가질수록 생태효율성은 더 높다고 할 수 있다.

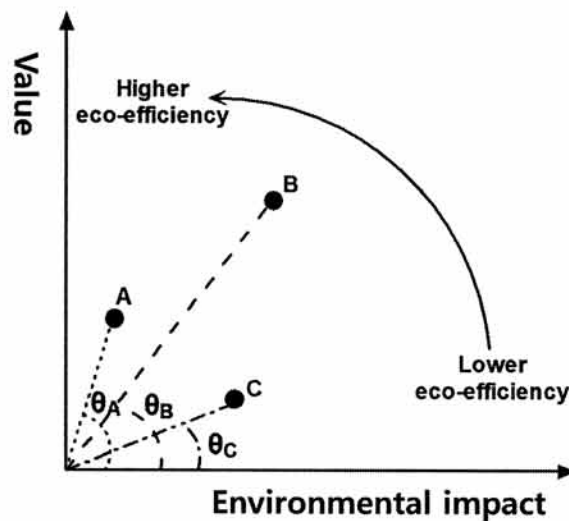


Fig. 1. 생태효율성 개념도 [3]

생태효율성 개념의 단점은 다음과 같다. 첫째, 분모인 환경영향이 증가되었다 하더라도 분자인 가치가 더 많이 증가할 경우 생태효율성은 더 높은 값을 갖게 되는 ‘비율(ratio)’ 개념이 사용되므로 평가항목의 절대적 크기는 고려하지 못한다. 예를 들어 B 지점은 C 지점에 비해 환경영향에 미치는 영향이 더 큼에도 불구하고 가치가 더 많이 증가되었기 때문에 생태효율성은 더 높게 나타나게 된다. 둘째, 생태효율성 계산시 두 축을 이루고 있는 가치와 환경영향간 상대적 중요도를 고려할 수 없다. 생태효율성은 그 값 자체로서 의미를 지니기 보다는 다른 생태효율성 값과의 비교개념인 ‘비율’ 개념을 활용하기 때문에 가중치를 고려하더라도 그 결과 값은 차이가 나지 않는다. 다시 말해 Fig. 1에서 X축인 환경영향 또는 Y축인 가치 축을 줄이거나 늘일 경우 각 지점에서의 θ 값은 변하게 되나, 각 지점간 상대적인 비율은 동일하게 나타난다. 또한 생태효율성은 ‘비율’ 개념을 활용하므로 2가지 속성에 대한 평가만 가능하며, 그 이상의 속성에 대한 추가 고려

는 대단히 어렵다.

이와 같은 단점에도 불구하고 생태효율성 개념이 지속가능성을 평가하는 지표로 널리 사용되고 있는 이유 중 하나는 환경적인 부담을 증가시키지 않으면서 궁극적으로는 기존 경제 시스템이 목표로 하고 있는 경제 산출물의 극대화를 추구하고 있기 때문에 산업계의 거부감이 덜한 측면이 있다. 환경론자, 사회 책임론자, 정부 등에서도 최상의 지표는 아니지만 최선의 지표로 받아들이고 있는 현실이다. 그러나 기존 제품 대비 개선 제품의 ‘환경영향’이 증가한다고 하더라도, ‘가치’의 증가율이 더 클 경우 생태효율성은 증가하므로, 실질적으로 생태효율성을 개선한다 하더라도 환경은 계속 악화될 수밖에 없는 구조적인 모순을 갖게 된다. 아울러 생태효율성의 계산방식이 제품 가치와 환경영향의 비로 나타냄으로 인해 제품가치나 환경영향의 절대적인 크기 보다는 두 값의 비율에 의한 영향이 더욱 크기 때문에 ‘효율(efficiency)’을 측정할 수는 있으나 ‘효과(effectiveness)’를 측정하지는 못한다.

이에 따라 이 연구에서는 제품의 가치와 환경영향을 비율 개념을 활용하여 측정하는 생태효율성의 문제점을 개선할 수 있는 벡터 개념을 이용한 ‘생태효과성(eco-effectiveness)’ 개념을 제안하고, 사례연구를 통해 생태효율성과의 장·단점을 비교하고자 하였다.

2. 생태효과성 방법 제안

제품의 경제적 측면과 환경적 측면의 비율을 고려하는 생태효율성 개념에서 탈피, 두 측면의 벡터 개념을 이용한 새로운 개념의 생태효과성 지표 개념을 Fig. 2에 나타내었다. 즉, 제품으로 대표되는 평가대상의 생태효과성은 생태효과성이 “0”인 기준선에서부터 각 평가대상까지의 최단거리로 표현된다. 참고로 이 연구에서는 기존 생태효율성과 동일하게 제품의 가치와 환경영향 등 환경적 측면을 동시에 고려하였으나 비율 개념을 사용하지 않고 기준점에서의 거리를 이용하는 효과성(effectiveness) 개념을 도입하였으므로 ‘생태효과성’이라는 용어를 사용하였다. 아울러 효과성의 측면을 고려하기 위해 제품의 경제적 이득(비용 절약, 가치 증진 등)과 환경적 이득(환경영향 저감)이라는 두 가지 측면을 평가하는 것으로 하였으나, 평가자에 따라서 X 축과 Y 축에 다양한 평가속성을 변경하여 적용할 수 있다. 또한 Fig. 2는 두 가지 속성을 고려할 경우에 대해 나타낸 것이며, 세 가지 이상의 속성을 동시에 평가할 경우 3차원 형태로 표현할 수 있다.

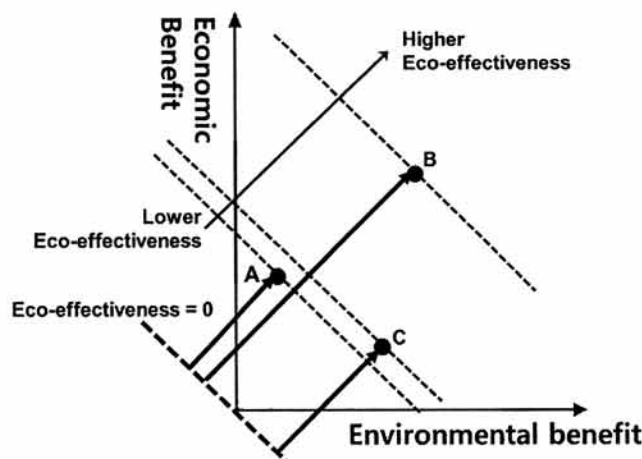


Fig. 2. 벡터 개념을 활용한 생태효과성 개념도

Fig. 2에 나타난 것처럼 생태효과성의 X축은 제품의 환경적 이득을, Y축은 경제적 이득을 나타내었다. 다시 말해서 X축의 환경적 이득은 특정 기준점 대비 환경영향의 상대적 저감정도를 나타내며, Y축에는 경제적 측면에서의 상대적인 이득을 나타내게 된다. 일부에서는 제품의 가치가 화폐 등 경제적인 가치로 정확하게 나타낼 수 있는냐는 주장도 있어 논란의 소지는 있으나 이 연구에서는 논외로 하였다.

Fig. 3에서의 생태효과성(Z)은 피타고라스 정리에 의한 삼각형의 넓이 구하는 공식을 이용하여 다음과 같이 계산할 수 있다. 즉, 환경적 이득이 X 값을 나타내고 경제적 이득이 Y 값을 나타내는 A 지점의 생태효과성은 X 값과 Y 값을 더한 값을 $\sqrt{2}$ 로 나눈 값과 같다.

$$\frac{2[\text{Eco-effectiveness}(Z)]^2}{2} = \frac{(X + Y)^2}{2},$$

$$\text{Eco-effectiveness}(Z) = \frac{(X + Y)}{\sqrt{2}} \text{ (단, } X, Y \geq 0 \text{)} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

위 식에서 경제적 이득이나 환경적 이득은 "0"보다 크거나 정(+)의 값을 나타내야 생태효과성을 평가하는 의미를 지니게 된다. 경제적 손실이 발생되거나 환경영향이 증가될 경우에는 굳이 생태효과성을 평가할 필요가 없으며, 경제적 손실과 환경영향 증가가 동시에 발생할 경우에는 생태효과성이 부(-)의 값을 나타내게 된다.

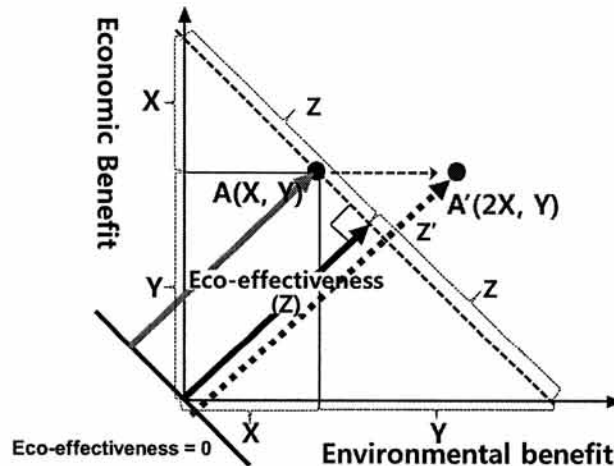


Fig. 3. 벡터 개념 생태효과성 계산방법 모식도

이 연구에서 제안한 생태효과성은 벡터 개념을 활용하기 때문에 X축에 나타내는 환경적 이득과 Y축에 나타내는 경제적 이득의 단위가 같아야 하며, 측정방법 및 결과 값이 서로 상이한 두 측면을 하나의 단위로 통합하기 위하여 가능한 접근 방법으로 두 가지를 들 수 있다. 하나는 제품의 경제적 측면과 환경적 측면을 모두 화폐가치로 환산하여 환경적 이득과 경제적 이득으로 나타내는 것이다. 제품(서비스)의 환경적 측면을 화폐가치로 환산하는 방법[4~7]이 국내외에서 다양하게 개발되어 사용되고 있어 적용상의 어려움은 없다고 할 수 있으나, 환경영향을 화폐가치로 나타낼 때 그 값이 진정한 의미의 환경영향 값으로 볼 수 있는가에 대한 논란의 소지는 있다. 또 한 가지는 경제적 측면과 환경적 측면을 각각 상대적인 크기로 환산하여 환경적 이득과 경제적 이득으로 나타내는 방법이다. 예를 들어 비교 대안들의 최대값과 최소값을 이용하여 동일한 스케일로

변환 후 생태효과성을 계산하는 것이다. 이 계산방법은 일반적으로 환경영향을 화폐가치로 환산하기 어려운 경우에 사용할 수 있을 것이다.

이 연구에서 제안한 생태효과성에서는 앞에서 언급한 것처럼 경제적 이득 및 경제적 이득이 모두 발생해야만 의미를 부여할 수 있으므로, 생태효과성이 개선되었다고 한다면 환경 또한 반드시 개선될 수밖에 없는 구조를 갖게 된다. 아울러 기존 생태효율성에서 고려하지 못하는 환경적 측면과 경제적 측면간에 가중치를 부여할 수 있다. 예를 들어 식 (1)에서 '환경적 이득(환경영향)' 대 '경제적 이득(가치)'의 가중치 비율이 2 : 1일 경우, Fig. 3에서의 A'에 대한 생태효과성인 Z'는 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Eco-effectiveness}(Z') = \frac{(2X + Y)}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

3. 세탁기 폐기단계에 대한 사례연구

이 연구에서 제안한 생태효과성이 생태효율성과 어떻게 차이가 나는지를 사례를 통해 비교하기 위하여 기발간된 문헌[3, 8]의 세탁기 폐기단계(재활용공정)의 경제성 및 환경성 데이터를 활용하였다. 기존문헌에서 데이터 계산을 위한 시스템 경계는 Fig. 4에 나타낸 것처럼 최종소비자에 의해 배출되어 나온 가전제품이 일련의 해체 및 재활용 공정을 거쳐 재활용 부품·재질로 가공되고 이를 원료물질로 사용하는 생산업체로 들어가기 전까지이며, 세탁기 폐기단계에서 발생하는 모든 운송공정은 고려하였다.

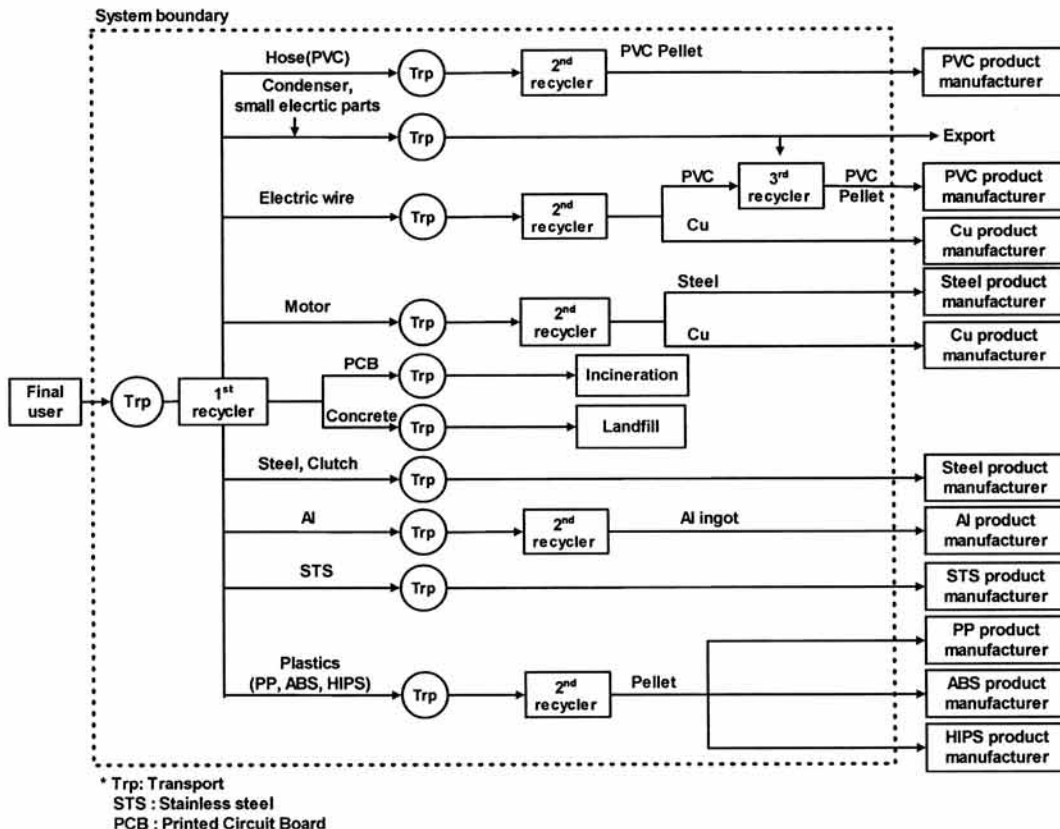


Fig. 4. 세탁기 폐기단계(재활용 공정)의 시스템 경계 [3]

Fig. 4에 나타낸 시스템 경계에 대해 전과정평가 방법을 활용하여 각 물질(또는 부품)에 대한 환경부하를 산정하였다. 먼저, 전과정목록분석(LCI, Life Cycle Inventory analysis)을 위해 시스템 경계로 들어오는 모든 투입물과 배출물을 정량화 하였다. 각 물질 및 부품에 대한 에너지 사용량은 투입물과 배출물간의 물리적 상관관계를 이용하여 할당하고, 수집된 데이터는 “kg 투입물/kg 물질(또는 부품)”, “kg 배출물/kg 물질(또는 부품)”으로 정리하였으며, 최종적으로 전과정평가 소프트웨어를 이용하여 LCI 결과를 산출하였다. LCI 결과는 전과정영향평가(LCIA, Life Cycle Impact Assessment)를 적용하여 단일지수화 하였으며, 이 때 분류화 및 특성화는 영향범주 모델을 사용하였으며, 단일지수화 방법은 Lee(1999)[9]가 제안한 방법을 사용하였다.

경제적 측면은 시장에서의 물질(또는 부품)의 가격에 기초하였다. 즉, 경제적 가치 또는 지표로서의 경제적 이득(EB_{total})은 전과정비용[10] 개념을 사용한 식 (3)에 나타낸 수식을 이용하여 계산하였다. 식 (3)에서 물질(또는 부품) 가격(P_S)는 재활용되어 판매될 때의 실제 판매가격을 고려하였으며, 회수비용(C_T)는 폐기 전 회수업체 데이터를 조사하였으며, 해체비용(C_D)은 해체시의 에너지 사용비용과 인건비 등 제반비용을 고려하였으며, 유지비용(C_M)은 인건비, 에너지, 수리, 감가상각비용 등을 고려하였으며, 나머지 처리비용(C_R)은 폐기물, 플라스틱 및 PCB 등 폐기물 처리비용을 고려하였다.

$$EB_{total} = P_S - (C_T + C_D + C_M + C_R) \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

4. 결과 및 분석

4.1 생태효율성 및 생태효과성 계산결과

세탁기의 폐기단계(재활용 공정)에 대한 각 물질(또는 부품)별 경제적 이득 및 환경적 이득을 실제 1개 제품에 적용한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1에 나타낸 환경영향 및 경제적 가치는 각 물질(또는 부품)의 kg당 환경영향 및 경제적 이득에 각 물질(또는 부품)의 무게를 곱한 값이다. 참고로 PCB 기관의 경우 경제적 이득이 없어 생태효과성에 의미를 부여할 수 없으므로 이 연구의 생태효율성과 생태효과성간의 비교 대상에서 제외하였다.

생태효율성은 경제적 이득(경제적 가치)을 환경적 이득(환경영향)으로 나누어 계산할 수 있으며, Table 1에 나타낸 바와 같이 컨덴서(condenser), 모터(motor), 클러치(clutch), 강제 기타 부품(others(steel)) 등의 순으로 생태효율성이 높게 나타난 반면, ABS제 기타 부품(others(ABS)), PP제 무게중심 추(balance(PP)), ABS제 뚜껑(cover(ABS)), PP제 세탁통(washing tube(PP)) 등의 생태효율성은 낮게 나타났다.

물질(또는 부품)의 생태효과성 값 계산식 (1)을 적용하기에 앞서서 기술한 바와 같이 환경적 측면과 경제적 측면의 단위를 동일하게 나타내어야 한다. 이 연구에서는 각 물질(또는 부품)의 환경영향과 경제적 가치의 상대적인 크기를 정규화한 후 그 값을 이용하여 생태효율성을 계산하였다. 즉, 환경영향은 작을수록 좋기 때문에 식 (4)를 이용하였으며, 경제적 가치는 클수록 좋기 때문에 식 (5)를 활용하여 경제적 측면과 환경적 측면을 동일한 상대적 스케일로 나타내었다. 계산 결과 강제 기타 부품, 모터, 클러치, 전선(electric wire) 순으로 생태효과성이 높게 나타난 반면, ABS제 기타 부품, ABS제 뚜껑, PP제 무게중심 추 등은 생태효과성이 상대적으로 낮게 나타났다.

$$n = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \text{ for negative attribute 식 (4)}$$

$$n = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \text{ for positive attribute 식 (5)}$$

Table 1. 세탁기의 물질(또는 부품)별 생태효율성 및 생태효과성 계산 결과

구분	물질(또는 부품)	무게 (kg)	환경영향 (pe·yr ² /f.u.)	경제적 이득 (원/f.u.)	생태효율성 (KRW/pe·yr ²)		생태효과성	
					값	우선 순위	값	우선 순위
1	Washing tube(PP)	3.5	2.29E-04	343.0	1.50E+06	11	0.452	12
2	Cover(ABS)	2.4	1.57E-04	235.2	1.50E+06	10	0.525	11
3	Balance(PP)	2.3	1.51E-04	225.4	1.49E+06	12	0.531	10
4	Others(ABS)	5.5	3.82E-04	335.5	8.78E+05	13	0.164	13
5	Frame(Steel)	11.6	5.25E-05	1310.8	2.50E+07	8	1.318	1
6	Others(Steel)	1.6	5.13E-06	166.4	3.24E+07	5	0.769	6
7	Motor	4.7	2.41E-05	1005.8	4.17E+07	3	1.201	2
8	Clutch	3.5	1.41E-05	490.0	3.48E+07	4	0.932	3
9	Condenser	0.2	7.59E-07	41.0	5.40E+07	2	0.707	9
10	Transformer	0.6	2.28E-06	207.6	9.11E+07	1	0.797	5
11	Small electric parts	1.0	3.79E-06	95.0	2.51E+07	7	0.732	7
12	Hose	1.0	8.24E-06	95.0	1.15E+07	9	0.723	8
13	Electric wire	1.0	1.66E-05	483.0	2.91E+07	6	0.924	4

4.2 결과 분석

각 물질(또는 부품)별 결과 값을 도식한 Fig. 5를 보면 철제 기타 부품, 전선 등과 같이 상대적으로 경제적 이득은 크다고 하더라도 환경영향이 클 경우(환경적 이득이 작을 경우)에는 높은 생태효율성 값을 나타낼 수 없으며, 반대로 트랜스포머나 컨덴서 처럼 재활용에 따른 경제적 이득은 작더라도 환경영향이 상대적으로 더 작은 경우(환경적 이득이 상대적으로 더 큰 경우)에는 높은 경제적 효율을 나타내게 된다.

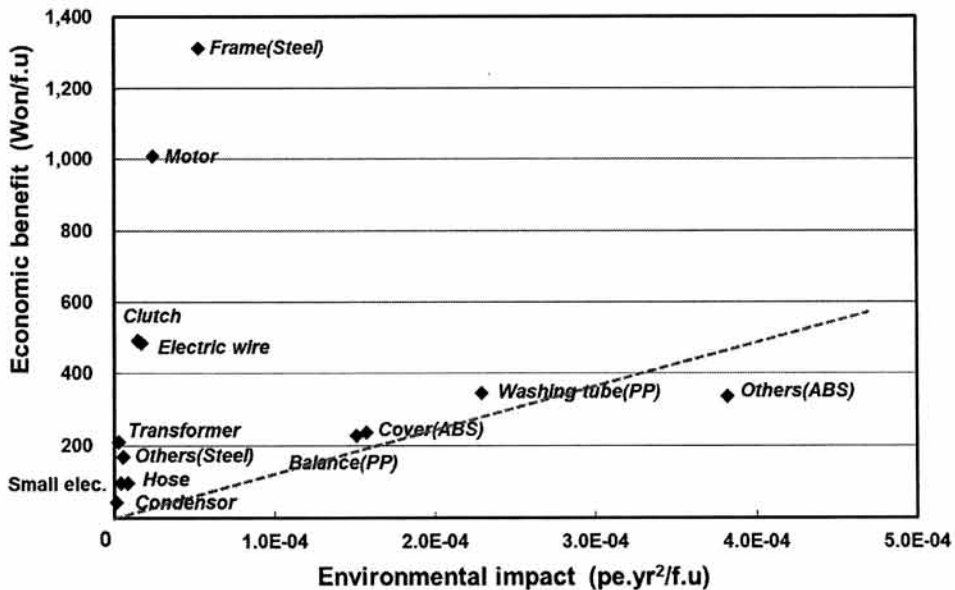


Fig. 5. 세탁기 폐기단계(재활용 공정)의 생태효율성 적용 결과

Fig. 6에 나타난 생태효과성 결과 값에서는 강제 기타 부품, 모터처럼 경제적 이득이 큰 재질(또는 부품)의 값이 높게 나타났다. 반면 생태효율성 결과 값과 거의 유사하게 ABS제 기타 부품, PP제 세탁통, ABS제 뚜껑, PP제 무게중심 추 등의 생태효과성 값은 생태효율성 값과 마찬가지로 낮게 나타났다.

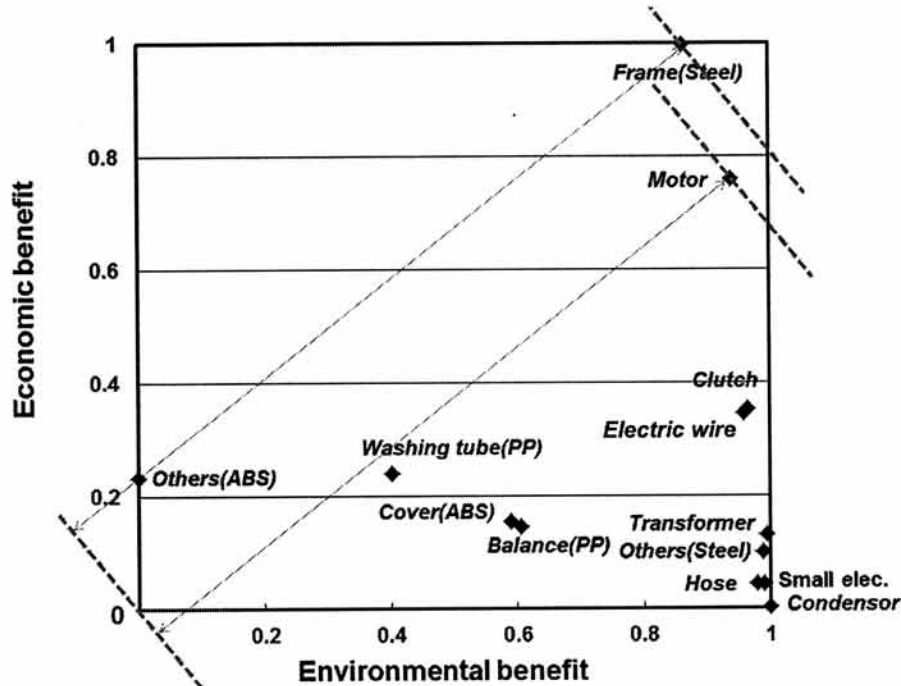


Fig. 6. 세탁기 폐기단계(재활용 공정)의 생태효과성 적용 결과

폐세탁기의 재활용공정에서 발생하는 물질(또는 부품)의 생태효과성과 생태효율성 계산결과를 보면 경제적 이득이 작지만 환경영향이 다른 물질(또는 부품)보다 더 작아 높은 생태효율성을 나타내는 트랜스포머(transformer)나 컨덴서(condenser) 등의 물질(또는 부품)은 생태효과성 값은 그리 높지 않게 나타난다. 반면 경제적 가치가 크지만 높은 생태효율성 우선순위를 갖지 못했던 철제 틀(frame(steel))이 생태효과성 측면에서는 우선순위가 가장 높은 것으로 나타났다. 그 밖의 물질들은 대체로 비슷한 우선순위를 나타내는 것으로 나타났다.

ABS제 기타 부품과 ABS제 뚜껑에 대한 각각의 생태효율성 결과(Fig. 5 참조)와 생태효과성 결과(Fig. 6 참조)를 비교해 보았다. ABS제 기타 부품은 생태효율성과 생태효과성이 모두 낮게 나타났다으며, ABS제 뚜껑은 생태효율성은 낮으나 생태효과성은 중간 정도로 나타나고 있다. 이러한 차이는 ABS제 뚜껑이 ABS제 기타 부품에 비해 세탁기 폐기단계에서 재활용에 따른 경제적 이득은 서로 비슷하나, 환경적 이득이 더 크기 때문에 나타나는 결과이다. 이렇게 생태효율성과 생태효과성간에 상이한 결과가 나타나는 경우, 재활용업체와 같은 기업의 입장에서는 경제적 이득이 크거나 생태효율성이 높은 쪽을 선호할 것으로 예상되지만, 환경정책을 입안·시행하는 입장에서는 생태효과성이 높은 쪽을 우선적으로 고려하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 다시 말해 환경정책적 입장에서는 ABS제 기타 부품보다는 ABS제 뚜껑의 재활용에 힘을 쏟는 정책수단을 마련하게 될 것이다.

폐세탁기의 각 물질(또는 부품)의 환경영향, 경제적 이득, 생태효율성 및 생태효과성 각 속성별 최대값을 1로, 최소값을 0으로 한 상대적인 수치를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7을 살펴보면 생태

효율성과 생태효과성간에는 직접적인 상관관계를 나타내지 못하고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 생태효과성은 환경적 이득과 경제적 이득에 대해 상대적인 가중치를 고려할 수 있기 때문에 두 고려 항목의 중요도에 따른 가중치 부여를 통해 의사결정권자의 주관을 추가로 반영할 수 있을 것이다.

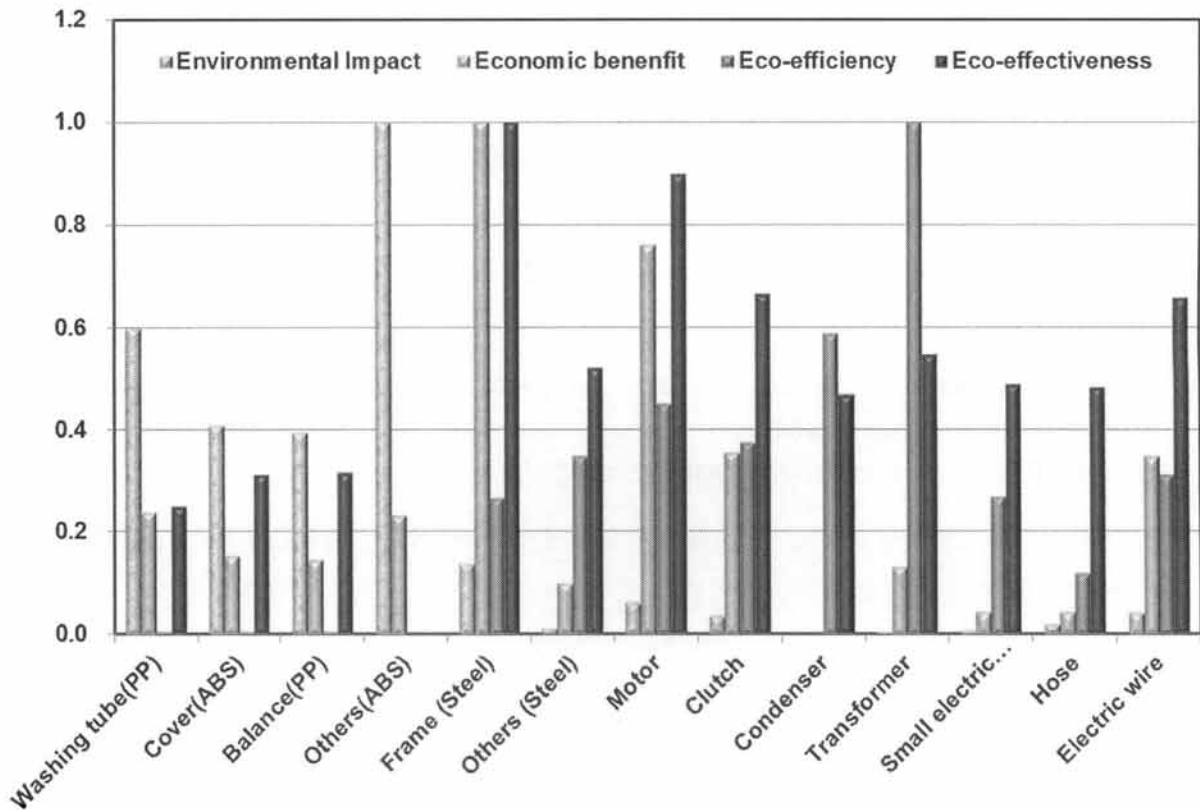


Fig. 7. 폐세탁기의 각 물질(또는 부품)별 고려·평가항목의 상대적 크기

5. 결론 및 향후 연구방향

이 연구에서는 기존의 가치와 환경영향의 비율 개념을 이용한 생태효율성의 한계를 극복할 수 있는 생태효과성 개념 및 계산방법을 제안하고 이를 세탁기의 폐기단계에 적용하였다. 생태효과성은 생태효율성에서의 비율 개념을 사용하지 않고 기준점에서의 거리인 벡터 개념 즉, 효과성(effectiveness)을 사용하였으며, 단위를 동일하게 맞춘 속성간 값을 $\sqrt{2}$ 로 나눔으로써 계산할 수 있다.

세탁기의 폐기단계를 대상으로 이 연구에서 제안한 생태효과성과 생태효율성 결과 값을 비교한 결과 경제적 이득이 작지만 환경영향이 다른 물질(또는 부품)보다 더 작아 높은 생태효율성을 나타내는 트랜스포머나 컨덴서 등의 물질(또는 부품)의 생태효과성은 높지 않게 나타난 반면, 경제적 가치가 크지만 높은 생태효율성 우선순위를 갖지 못했던 철제 틀이 생태효과성 측면에서는 우선순위가 가장 높은 것으로 나타났다. 생태효율성과 생태효과성간에 상이한 결과가 나타나는 경우, 기업 입장에서는 경제적 이득이 크거나 생태효율성이 높은 쪽을 선호할 것으로 예상되지만,

환경정책을 입안·시행하는 입장에서는 생태효과성이 높은 쪽을 우선적으로 고려할 필요가 있다.

생태효과성은 생태효율성에서 고려하지 못하는 평가항목간의 상대적인 크기를 고려할 수 있을 뿐만 아니라, 평가항목간 가중치를 부여할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 서로 다른 속성과 단위를 갖는 환경적 측면과 경제적 측면을 상대적인 크기(스케일)로 환산함에 따른 결과 값의 차이나 왜곡 현상이 발생되는지 여부 등에 대해 보다 많은 사례연구를 통해 확인할 필요가 있다.

Reference

- [1] WBCSD, "Eco-efficiency and cleaner production: Charting the course to sustainability", UNEP (1996). <http://www.wbcsd.org/>
- [2] 박필주, 생산자와 소비자의 의사소통도구로서의 생태효율성, 분석보고서, 무역·환경정보네트워크 (TEN), (2006)
- [3] Park, P.J., Tahara, K., Jeong, I.T. and Lee, K.M., "Comparison of four methods for integrating environmental and economic aspects in the end-of-life stage of a washing machine, Resources, Conservation and Recycling Vol.48, pp.71~85(2006)
- [4] 박필주, 김만영, "한국형 피해산정형 전과정 영향평가 지표 개발", 대한환경공학회지, 제32권 제 5호(2010)
- [5] 伊坪 徳宏, 稻葉 敦, ライフサイクル環境影響評価手法 : LIME-LCA, 環境會計, 環境効率のための評価手法・データベース, 産業環境管理協會(2005).
- [6] Goedkoop, M. and Spriensma, R., The Eco-indicator 99-Adamaged oriented method for life cycle impact assessment, Pre-consultants, Amerfoort(1999).
- [7] Steen, B, A systematic approach to environmental priority strategies in product development(EPS). Version 2000-Models and data of the default method, CPM report 1999:5, Chalmers University of Technology, Environmental Systems Analysis, Gothenburg(1999)
- [8] 정인태, "가전제품 폐기단계에서의 Eco-efficiency 방법론 개발", 석사논문, 아주대학교(2004)
- [9] Lee, K., "Weighting Method for the Korean Eco-indicator" International Journal of Life Cycle Assessment, 4(3), 161~165(1999)
- [10] Kirk, S. and Dell'Isola, A., Life cycle costing for design professionals. 2nd ed. McGraw-Hill Companies(1985), ISBN 0070348049