

E³(환경, 사용자, 경제) 친화형 제품 개발을 위한 디자인 아이디어 개발 및 평가 절차

이원섭 · 이백희 · 김은하 · 유희천[†]

포항공과대학교 산업경영공학과

Design Ideation and Evaluation Process for E³(Ecology, Ergonomics, Economy)-Friendly Product Development

Wonsup Lee · Baekhee Lee · Eunha Kim · Heecheon You

Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Objective : The present study was intended to develop a design ideation and evaluation process for the development of ecology-, ergonomics-, and economy-friendly (E³-friendly) products. **Background** : Due to increasing social and legal requirements on global sustainability, manufacturing companies have made more efforts ever than before for the development of eco-friendly products. However, most eco-friendly products are often criticized due to lacking ergonomic and/or economic considerations. **Method** : An E³-friendly product development process consisting of (1) survey of eco-friendly products, (2) characterization of eco-friendly products, (3) design ideation for E³-friendly product, and (4) design idea evaluation for E³-friendliness was established and applied to the development of a novel product which supports drinking of daily recommended amount of water. **Results** : Fifty-five design characteristics were identified by a survey of forty eco-friendly products and incorporated into the proposed ideation and evaluation process. New ideas and design changes were developed effectively using the proposed development process for a novel E³-friendly bottle for support of water drinking. **Conclusion** : The proposed process was found effective for the development of eco-friendly design ideas and improvements. **Application** : The proposed system would be of use to develop better design ideas having market competitiveness.

Keywords: Ecology-Friendly, Ergonomics-Friendly, Economy-Friendly, Idea Generation, Idea Evaluation

1. Introduction

환경 보전 및 지속가능한 성장에 대한 요구가 증대함에 따라 친환경적 제품 설계의 중요성이 점차 증대되고 있다. 친환경적 제품 설계(eco-friendly product design)란 자연생태계에 더 이상 피해를 주지 않으면서 자연의 순환과정에 순응할 수 있도록 제품을 설계하는 것이다(Seo, 1998). 최근 지구 온난화 등으로 환경문제에 대한 관심이 높아짐에 따라, 선진국들은 환경

문제를 해결하기 위해 각종 규제정책을 통해 본격적인 제품 환경규제를 적용하고 있고, 환경을 주요 가치로 여기며 친환경적인 생활을 영위하는 엘리트 계층인 에코보보스(eco-bobos)족이라는 소비자 유형이 나타나고 있다(Han and Song, 2010). 따라서, 사회적으로 변화된 친환경적 의식을 반영하고 지구를 건강하게 보전하기 위한 환경규제 충족을 위해 친환경적 제품 설계가 필요하다.

친환경 제품 개발을 위하여 제품과 환경의 복합적인 문제를

This work is financially supported by Korea Ministry of Environment(MOE) as 'EcoDesign Human Resource Development Project.'

[†] 연락처 : 유희천 교수, 790-784 경북 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교 산업경영공학과, Tel : 054-279-2210, Fax : 054-279-2870,

E-mail : hcyou@postech.ac.kr

2013년 5월 19일 접수; 2013년 11월 18일 수정본 접수; 2014년 1월 24일 게재 확정.

체계적으로 해결하기 위한 전과정평가가 적용된 친환경 제품 설계 방법론들이 연구되고 있다. 전과정평가(life-cycle assessment, LCA)는 서비스를 포함한 제품 및 공정의 환경성을 종합적, 객관적으로 평가하는 기법이다(Klopffer and Hirschier, 2004). LCA는 제품의 원료채취, 제조, 사용 및 폐기처리에 이르는 전 과정에 걸쳐 소모되고 배출되는 물질과 에너지의 양을 정량화하여 친환경적 측면에 특화된 해결책을 제시할 수 있어 친환경 제품 개발 방법에 적용되고 있다. 예를 들면, Schischke *et al.*(2005)는 6단계로 구성된 친환경 개발 절차(S1 : planning, S2 : conceptual design, S3 : detail design, S4 : testing/prototype, S5 : market launch, S6 : product review)를 제시하였으며, 환경산업기술원(2010)은 6단계로 구성된 친환경 제품 디자인 절차(S1 : 제품모델링, S2 : 제품 환경성 분석, S3 : 이해관계자 요구사항 분석, S4 : 개선대상 부품 도출, S5 : 전략 및 과업도출, S6 : 개념설계)를 정립하였다.

성공적인 친환경 제품 설계를 위해서는 환경적 측면과 더불어 사용자 및 경제 친화적인 측면의 종합적인 고려가 필요하다. 기존 친환경 제품 설계 연구들은 정량적인 LCA 기법을 적용하여 제품의 전과정 측면에서 친환경적 해결책을 도출할 수 있도록 고안되었다. 예를 들면, 환경산업기술원(2010)의 6단계 친환경 제품 디자인 절차는 제품의 환경성을 세부적으로 측정된 정보를 사용하여 분석하고(예 : 부품 수, 유해물질, 재활용률) 제품 이해관계자들(예 : 정부-환경단체, 기업, 소비자)의 환경에 대한 요구사항은 전반적인 측면에 대한 주관적인 정보를 사용하여 반영될 수 있도록 고안되었다. 한편, Lee *et al.*(2012a)은 소형운풍기를, Choi *et al.*(2012)은 스탠드형 전기운풍기를, 그리고 Lee *et al.*(2012b) 선풍기를 대상으로 각각 친환경적 제품 디자인 절차 적용과 더불어 사용성(예 : 심미성 및 운용/성능 관련 주관적 만족도)을 평가하여 친환경적 제품 개선 설계안을 도출하였다. 기존 친환경 제품 디자인 설계 절차에 제품의 환경성뿐만 아니라 사용성 및 경제성에 대한 세부적이고 객관적인 측정 정보를 활용하면 성공적인 친환경 제품 개발에 도움이 될 수 있다.

본 연구는 지속가능성을 고려한 제품 개발을 위하여 환경 친화적(ecology-friendly) 요소뿐만 아니라 사용자 친화적(ergonomics-friendly) 및 경제 친화적(economy-friendly) 제품 특성을 고려한 제품 아이디어 도출 및 평가 시스템 구축 방안을 제안하고자 한다. 제안된 방안은 물 관련 환경문제(예 : 물 재사용, 물 절약)를 해결하기 위한 E³(ecology, ergonomics, and economy) 친화형 제품 아이디어 도출 및 평가에 적용되어 그 유용성이 고찰되었다.

아이디어 도출 및 평가 절차(S1 : 기존 친환경 제품 조사, S2 : 친환경 제품 특성 파악, S3 : E³ 친화형 제품 아이디어 도출, S4 : E³ 친화형 제품 아이디어 평가)를 제안하였다. 본 연구를 통해 제안된 E³ 친화형 제품 아이디어 도출 및 평가 절차는 기존 물 사용 관련 환경문제 개선을 위한 제품 아이디어 개발에 적용되었다. 본 연구는 세계적으로 해결되어야 할 다양한 문제들을 다루고 있는 Drivers of Change(Luebkehan, 2009)를 활용하여 물 사용과 관련된 기존 문제들을 파악하였다(Figure 1). Drivers of Change는 수질오염, 물 낭비, 수자원에 대한 접근성, 물 분배, 물 재사용에 투자되는 비용, 지역별 물 공급의 불균형, 일인당 물 섭취량 등을 포함하여 25가지의 물 관련 문제를 제시한다. 본 연구는 이 중에서 세계보건기구가 권장하는 하루 물 섭취량(성인의 경우 2ℓ)을 사용자가 마실 수 있도록 도와주는 디지털 물병 제품의 아이디어를 도출함에 있어 본 연구에서 개발한 아이디어 개발 및 평가 절차를 적용하였다.

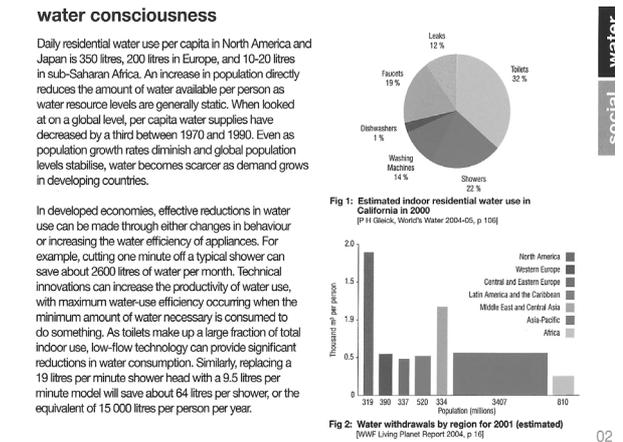
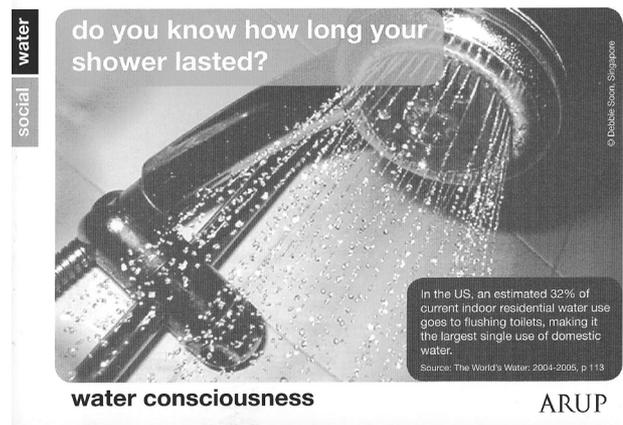


Figure 1. Examples of water-related problems

2.1 Survey of Eco-Friendly Products

E³ 친화형 제품 개발에 적용될 수 있는 제품 특성들을 파악하기 위해 다양한 환경 친화형 제품들을 조사한다. 환경 제품 조사 시, 제품의 종류, 적용 기술, 특히 여부 등의 측면에서 다

2. Design Ideation and Evaluation Process for E³-Friendly Product Development

본 연구는 E³ 친화형 제품 개발을 위한 4단계 제품 디자인

양한 특성을 가진 제품들이 선정될 수 있도록 한다. 예를 들어, 본 연구는 2011년 녹색성장 박람회에 참가하였거나 조달청에 등록된 친환경 인증 제품 중 제품의 부류가 서로 다른 40개 국내 제품들을 선정한 Design for Eco Life(You et al., 2012) 책자에서 친환경 제품들을 선택하여 분석하였다. 본 연구에서 선택한 제품은 생활용품(예 : 사무용품, 식품 용기, 섬유/세제, 탈취제, 생활용품 재료), 전자제품(예 : 세탁기, PC, 토너공급기, 프로젝터), 물 관련 제품(예 : 수도꼭지, 샤워기, 양변기, 소변기), 건축자재(예 : 벽지, 블라인드, 컨테이너 부스, 강관), 공공시설(예 : 손 건조기, 자가발전형 운동기구, 맨홀뚜껑, 다공성 환경블록, 옥상녹화 시스템), 에너지 관련 제품(예 : 풍력발전기, 수도발생기, 지하수 중금속 처리기술, 수질정화 시스템, 수질오염진단 키트) 등으로 분류되었다.

2.2 Characterization of Eco-Friendly Products

E³ 제품 아이디어 개발 시 필요한 제품 특성들을 추출하기 위해 선정된 환경 친화형 제품들의 핵심 가치를 파악한다. 제품의 핵심 가치를 표현할 수 있는 제품 특성들은 환경 친화적, 사용자 친화적, 그리고 경제 친화적 측면에서 파악된다. 예를 들어, 본 연구는 선정된 40개 제품을 환경 친화적, 사용자 친화적, 그리고 경제 친화적 측면에서 분석하여, E³ 친화형 제품 개발 시 고려할 수 있는 55가지 특성들을 <Table 1>과 같이 파악하였다. 환경 친화적 특성은 에너지 절약, 자원 절약, 그리고 환경 보호 측면의 세부 범주로 구분되었다. 가령, 에너지 절약 범주에는 에너지 낭비 요소를 최소화할 수 있는 특성들인 에너지 사용량 최소화, 에너지 효율 증대, 폐에너지 재사용, 폐열 발생 최소화, 전기 누설 발생 요인 최소화, 보온/보냉 기능 향상 등과 같은 제품 특성들이 파악되었다. 각 제품 특성들은 제품의 생산 단계, 사용 단계, 그리고 폐기 단계에 따라 구분되었다.

2.3 Design Ideation for E³-Friendly Product

E³ 친화형 제품의 아이디어는 파악된 E³ 친화형 제품의 특성들을 기반으로 도출된다. 제품 아이디어 도출을 위해서는 brainstorming과 같은 아이디어 도출 방법들이 적용될 수 있는데, 기존 친환경 제품 조사를 통해 파악된 E³ 친화형 제품 특성들이 아이디어 도출 guideline으로서 활용될 수 있다. 예를 들어, E³ 친화형 제품 특성들은 환경성, 사용성, 경제성 측면에서 제품의 기능, 형태, 크기, 구조, 조립 방법, 재료, 재질, 동작 방법, 에너지 사용 방법 등을 결정하는 데 도움을 줄 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제시된 제품 아이디어 도출 및 평가 절차에 따르면 환경, 사용자, 그리고 경제 친화적인 요소들이 두루 고려된 경쟁력 있는 제품 아이디어가 도출될 수 있다.

본 연구의 디지털 물병 개발을 예로 들면, 아이디어 도출 과정에서 brainstorming과 더불어 <Table 1>과 같은 E³ 제품 특성을 고려함으로써 E³ 친화성(E³-friendliness) 측면에서 제품의 아

이디어들이 다양하게 제시될 수 있었다. 디지털 물병의 세부적인 사용 scenario는 <Figure 2>와 같이 물병에 담긴 물의 무게를 측정하는 방식으로 물 섭취량을 파악하여 display에 정보를 제공하고, 매일의 물 섭취 정보를 스마트폰에 무선 전송하여 물 섭취 통계를 시각화해 준다. E³ 친화형 제품 특성 측면에서 본 제품의 형상 아이디어로는 제조가 쉽고 재료의 낭비가 적도록 단순한 원통 모양이 제시되었다. 에너지원에 관한 아이디어로는 battery 자원을 효율적으로 재활용할 수 있도록 USB로 충전하는 방식이 제시되었다. 환경 보호 측면에서는 제조 및 사용 단계에서 유독성분이나 환경호르몬이 발생하지 않는 재료 사용 아이디어들이 제시되었다. 그 밖에도 본 제품에 대해 E³ 친화형 제품 특성들(예 : 뛰어난 보온/보냉 기능, 포장재 사용 최소화, 사용 용이성 증대, 휴대성, 생산 비용 절감)을 기반으로 다양한 아이디어가 제시될 수 있었다.

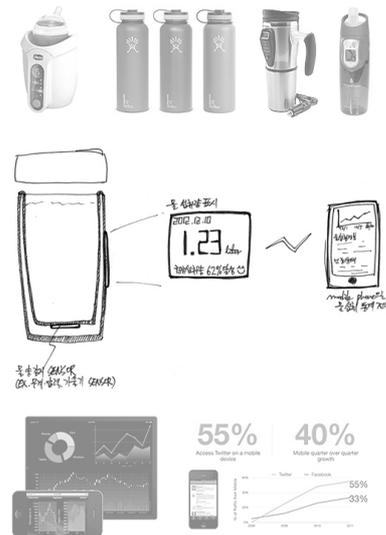


Figure 2. Concepts of a digital bottle to help drink a proper amount of water(illustrated)

2.4 Design Idea Evaluation for E³-Friendliness

E³ 친화형 제품의 아이디어는 <Table 1>의 E³ 친화형 제품 특성들을 기반으로 개발된 <Table 2>와 같은 E³ 친화성에 관한 아이디어 평가 체계에 의해 평가된다. E³ 친화형 제품 아이디어 평가 체계의 각 항목은 E³ 제품 특성들을 세부적으로 고려해볼 수 있도록 설계 대상 제품에 대한 구체적이고 정량적인 정보 적시, E³ 제품 특성들을 친환경 제품 개발에 반영하는 방법에 대한 아이디어 도출, 그리고 제품 개발에 해당 특성들을 적용 시 다른 환경 문제가 수반되지 않는지를 검토할 수 있는 문항들로 구성된다. <Table 2>를 예로 들면, 에너지 사용량 최소화에 대한 평가 문항은 제품 생산·사용·폐기 단계에서의 예상 에너지 소비량을 적시하게 하는 항목들, 에너지 사용을 줄이기 위한 아이디어를 고려하게 하는 항목들, 그리고 에너지

Table 1. Design characteristics of E³-friendly products(illustrated)

Category		Design characteristics	Manufacturing	Use	Disposal	
환경 친화적 특성	에너지 절약 (에너지 낭비 요소 최소화)	에너지 사용량 최소화	0	0	0	
		에너지 효율 증대	0	0		
		폐에너지(폐열) 재사용	0		0	
		폐열 발생 최소화	0	0		
		전기 누설 최소화		0		
		보온/보냉 성능 향상		0		
		불필요 에너지 공급(자동) 차단		0		
		생산 방식 변경을 통한 에너지 사용 최소화	0			
	자원 절약 (자원 낭비 요소 최소화)	목적 달성에 필요한 제품 구동 시간 최소화			0	
		원료 사용량 최소화	0	0		
		친환경 대체 원료 사용	0	0		
		잔여 자원 재사용	0		0	
		폐물질 재사용	0		0	
		재료 재활용 가능성을 고려한 생산공정 설계	0			
		부품 재사용 가능성을 고려한 제품 설계	0			
		설치 공간 절약			0	
	환경 보호 (환경 파괴 영향 최소화)	포장재 크기/사용량 최소화	0			
		목적 달성에 필요한 자원 사용 최소화			0	
		폐수 발생 최소화	0	0	0	
		이산화탄소 발생 최소화	0	0		
		화학 성분 사용 최소화	0	0	0	
		부패 발생 최소화		0	0	
		독성 발생 최소화	0		0	
		악취 발생 최소화		0	0	
		환경호르몬 발생 최소화	0	0	0	
		손상(예 : 부식, 마모, 누수, 누전) 발생 최소화		0		
		자연 분해성 극대화			0	
		제품 수명 극대화		0		
	사용자 친화적 특성 (사용성, 안전성 등)	화재 발생 요인 최소화		0		
		환경 사랑 인식 고취		0	0	
설치 용이성 증대			0			
사용 용이성 증대			0			
보수 용이성 증대			0			
관리 용이성 증대			0			
폐기 용이성 증대					0	
수작업 최소화(자동화 기능)			0			
소음 발생 최소화			0			
진동 발생 최소화			0			
휴대성			0			
무게 적절성			0			
신속 정확한 사용			0			
사용 시 안전성			0			
디자인 심미성		0				
기능의 유용성		0				
사생활 보호 기능		0				
경제 친화적 특성 (비용 절감 등)	원가 절감	0				
	에너지 발생 비용(예 : 전기료) 절감	0	0			
	생산 비용 절감을 위한 생산체제/제조공정 설계	0				
	설치 비용 절감		0			
	유지 보수 비용 절감		0			
	폐기 비용 절감				0	
	부품 교체 주기 향상		0			
	제품 내구성 향상		0			
	도난 방지 기능 향상		0			
공익성 증대		0				

Table 2. Design evaluation for E³-friendliness(illustrated)

Category		Design characteristics	Evaluation Metrics
환경 친화적 특성	에너지 절약 (에너지 낭비 요소 최소화)	에너지 사용량 최소화	제품 생산 단계에서의 예상 에너지 소비량 : ()
			제품 사용 단계에서의 예상 에너지 소비량 : ()
			제품 폐기 단계에서의 예상 에너지 소비량 : ()
			에너지 사용을 줄이기 위해서는 어떻게 할 수 있는가? :
		에너지 효율 증대	제품 생산 단계에서의 예상 에너지 효율 : ()
			제품 사용 단계에서의 예상 에너지 효율 : () 에너지 효율을 증대시키기 위해서는 어떻게 할 수 있는가? :
	자원 절약 (자원 낭비 요소 최소화)	친환경 대체 원료 사용	제품 생산 단계에서 사용되는 원료 중 대체 가능한 것은 무엇인가?
			제품 사용 단계에서 사용되는 원료 중 대체 가능한 것은 무엇인가?
			대체 가능한 원료는 기존 원료에 비해 친환경적인가? :
	환경 보호 (환경 파괴 영향 최소화)	폐수 발생 최소화	제품 생산 단계에서 발생하는 예상 폐수의 양 : ()
			제품 사용 단계에서 발생하는 예상 폐수의 양 : ()
			제품 폐기 단계에서 발생하는 예상 폐수의 양 : ()
			폐수 발생을 줄이기 위해서는 어떻게 할 수 있는가? :
	사용자 친화적 특성 (사용성, 안전성 등)	설치 용이성 증대	제품 설치 방법 : ()
			제품 설치에 필요한 인원 : ()
			제품 설치에 필요한 도구 : ()
제품 설치 시 예상되는 소요 시간 : () :			
사용 용이성 증대		제품 조작 방법 : ()	
		UI는 사용이 직관적으로 설계되었는가?	
		(손으로 잡고 사용하는 제품의 경우) 손으로 잡고 사용하기에 편하도록 되어 있는가? 제품 사용 방법을 배우기 쉬운가? :	
		:	
경제 친화적 특성 (비용 절감 등)		원가 절감	제품 생산을 위해 필요한 기기/기구/재료에는 어떤 것들이 있는가?
			원가를 절감시키기 위해서는 어떻게 할 수 있는가? :
	:		
	부품 교체 주기 향상	교체가 필요한 부품 : ()	
		예상되는 부품 교체 주기 : ()	
		부품 교체 주기를 향상시키기 위해서는 어떻게 할 수 있는가? :	

사용을 줄이기 위해 다른 자원을 불필요하게 사용하지는 않는 가 검토하는 항목들로 구성된다.

도출된 아이디어들은 환경성, 사용성, 그리고 경제성 측면에서 <Table 2>와 같은 평가 체계를 기반으로 평가되고 설계가 보완되었다. 디지털 물병을 예로 들면, 물병의 재질을 선정함에 있어 초기 아이디어에서는 기존 제품들과 유사한 플라스틱

또는 스테인레스 재질이 선정되었으나, 친환경 대체 원료 사용, 폐물질 재사용, 화학 성분 사용 최소화, 환경호르몬 발생 최소화 등을 고려한 결과 생분해성 플라스틱(poly lactic acid, PLA)으로 변경할 수 있었다. 본 제품의 기능, 형태, 크기, 구조, 양산 방법, 사용 방법, 폐기 등에 관련된 세부적인 아이디어들도 E³ 친화성에 대한 평가를 토대로 보완될 수 있었다.

3. Discussion

본 연구는 E³(ecology, ergonomics, economy) 측면에서 추출된 제품 설계 특성들을 제품 개발 아이디어에 반영함으로써, 친환경 제품 개발 시 환경 친화적 측면뿐만 아니라 사용자 친화적 및 경제 친화적 측면을 함께 고려할 수 있었다. 기존 친환경 제품 설계 방법들은 제품의 친환경 요소들만을 주로 제품 설계에 반영하였으며, 제품의 사용성 및 가격 경쟁력에 대한 보다 체계적인 고려가 필요하였다. 반면, 본 연구에서 제안된 제품 설계 절차를 적용하면 기존 친환경 제품에 비해 보다 사용성 및 가격 측면에서 시장 경쟁력이 있는 제품이 개발될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 연구는 E³ 친화형 제품들의 설계 특성들을 제품의 생산 단계, 사용 단계, 그리고 폐기 단계의 전 과정을 고려하여 파악하였기 때문에 제품 life-cycle 전반에서 제품의 E³ 친화적 효과를 체계적으로 고려할 수 있다.

제품 실무 설계자들이 제품의 concept 및 아이디어를 도출하는 과정에서 사용자 친화적, 경제 친화적, 그리고 환경 친화적 요소를 고려해야 한다고 일반적으로 알려져 있지만, 이를 종합적으로 고려하기 위해 참고할 만한 설계 특성들에 대한 정보는 제공되지 않고 있다. 본 연구는 시장에 출시된 40종의 친환경 제품들을 분석하여 <Table 1>과 같이 55개의 설계 특성(친환경 설계 특성 30개, 사용자 친화적 설계 특성 15개, 경제 친화적 설계 특성 10개)을 제공하고 있으며, <Table 2>와 같이 각 설계 특성이 적합하게 반영된 정도를 평가하는 방안을 제공하고 있다. 본 연구에서 제시하는 4단계 제품디자인 아이디어 도출 및 평가 절차는 단순하고 일반화된 프로세스이나, <Table 1>과 <Table 2>의 기술적 설계 정보에 의해 설계 적용 방법을 구체적으로 제시하고 있다. 또한, <Table 1>과 <Table 2>는 새로운 친환경 제품들에 대한 설계 특성을 조사하여 보완되고 확장될 수 있다.

E³ 친화형 제품 아이디어 개발 시 본 연구의 사례로 제시된 E³ 친화형 제품의 설계 특성 및 E³ 친화성에 대한 평가 체계가 요긴하게 참조될 수 있다. 본 연구는 40개 기존 친환경 제품들을 분석하여 55개 제품 설계 특성들을 파악하였는데, 이들 예시들은 특정 종류의 제품 개발에 적합하도록 개발된 것이 아니므로 항목들이 일반적일 수 있으며, 개발하고자 하는 제품에 적합하지 않을 가능성이 있다. 따라서, 개발하고자 하는 제품의 종류를 고려하여 심층적인 친환경 제품 benchmarking을 수행하면 개발하고자 하는 제품에 보다 특화된 E³ 설계 특성들을 파악할 수 있으며, 평가 체계의 세부 항목들도 개발하고자 하는 제품의 특성에 적합하도록 조정되어 적용될 수 있다. 한편, 본 연구에서 제시된 일련의 제품 개발 절차를 시스템화한다면 E³ 친화형 제품의 제품 특성과 E³ 친화성에 대한 평가 체계가 효율적으로 관리될 수 있고 제품 개발 실무에 요긴하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 E³ 친화형 제품 특성은 아이디어 평가뿐만 아니라 제품 개발 각 과정에서도 적용될 수 있다. 제품 개발 과정에서는 제품 컨셉 및 아이디어 개발, 시제품 제작, 시장성 평가 등과 같은 일련의 단계들이 수반된다. 파악된 E³ 친화형 제품의 설계 특성들은 제품뿐만 아니라 제품 개발에 필요한 생산공정 설계 및 원자재와 에너지 사용 측면에서도 환경, 사용자, 그리고 경제 친화적인 제품 생산 시스템 구축에도 도움이 될 것으로 사료된다. 또한, 본 연구는 E³ 친화형 제품의 설계 특성들을 기반으로 제품 아이디어에 대한 E³ 친화성을 평가할 수 있는 평가 체계를 제시하였는데, 평가 체계는 시제품 평가 및 시장성 평가 시에도 적절하게 특화되어 활용될 수 있을 것이다. 시제품 평가 시에는 해당 제품의 기능, 작업 종류, 제품 사용 환경, 사용자의 특성 등에 특화된 보다 세부적이고 체계적인 사용성 평가 항목 선정이 필요하다(Lee et al., 2011).

Reference

- Choi, Y., Ryu, S., Jung, K., Kwak, W., Ree, J., Nam, T., Chung, S., Lee, Y., Yi, H., and You, H. (2012), Environmental Impact Assessment and Design Suggestions for a Bladeless Fan by Eco Design Process, *Proceedings of the 2012 Spring Conference of the Korean Institute of Industrial Engineers*.
- Han, S. and Song, B. (2011), Environmental effects evaluation application for the eco-friendly design development of products -With a focus on a case study of automobile FOG LAMP HOUSING, *Journal of Korean Society of Design Science*, 24(1), 15-26.
- Klopffer, W. and Hischer, R. (2004), *Life Cycle Assessment of Fitted Carpets-Part 1 : From the Cradle to the Factory Gate*, Critical Review according to ISO 14040.
- Korea Environmental Industry and Technology Institute (2010), *Manual for Ecodesign Process by industry*.
- Lee, B., Heo, J., Lee, J., Kim, J., Jang, P., Yi, H., and You, H. (2012), Eco-Friendly Design for Electrical Small Heater through Life-Cycle Assessment(LCA), *Proceedings of the 2012 Spring Conference of the Korean Society for Precision Engineering*.
- Lee, J., Kwak, W., Kim, J., Park, J., Kwon, R., Jang, P., Seo, E., Song, C., Lee, J., Yi, H., and You, H. (2012), Product Design Improvement Strategies for Environment for Standing Type Electronic Heaters by Life Cycle Assessment, *Proceedings of the 2012 Spring Conference of the Korean Institute of Industrial Engineers*.
- Lee, W., Jung, K., Lee, H., Song, H., Oh, J., and You, H. (2011) Development of a Comprehensive Usability Testing and Analysis Framework for the Physical Interface between Product and User, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(2), 331-338.
- Luebkehan, C. (2009), *Drivers of Change*, Prestel.
- Schischke, K., Hagelken, M., and Steffenhagen, G. (2005), *An Introduction to EcoDesign Strategies-Why, What and How?*, Brussels.
- Seo, H. (1998), *A Study on DFD (design for disassembly) for Environment Friendly Product Development*, Hongik University.
- You, H., Kim, E., Park, J., Jeon, E., Park, J., Choi, Y., and Lee, W. (2012), *Design for Eco Life*, Humanopia.