

# 에코디자인 프로세스를 통한 날개 없는 선풍기의 환경영향 평가 및 개선전략 제안

## Environmental Impact Assessment and Design Suggestions for a Bladeless Fan by Eco Design Process

최영근<sup>1</sup>, 류성남<sup>1</sup>, 정기욱<sup>1</sup>, 곽우람<sup>1</sup>, Jason Ree<sup>1</sup>, 유희천<sup>1</sup>

남택준<sup>2</sup>, 정상태<sup>2</sup>, 이영아<sup>2</sup>, 이화조<sup>2</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과 / <sup>2</sup>영남대학교 기계공학과

### Abstract

본 연구는 날개 없는 선풍기의 환경영향을 정량적으로 평가하고 친환경적 개선안을 제안하고자 한다. 친환경적 제품 개발을 위해서는 제품 개발 초기 단계부터 환경적 요소를 고려하는 것이 중요하다. 제품의 소재, 구동방식, 그리고 형태의 선정 등과 같이 제품 설계에 필수적인 절차에서 환경영향이 결정되기 때문이다. 본 연구에서는 소형 날개 없는 선풍기의 환경영향을 정량적으로 평가하고 개선하기 위해 환경산업기술원에서 제공하는 에코디자인 프로세스에 따라 전과정평가를 수행하였다. 그 결과, 날개 없는 선풍기의 이산화탄소 배출량은 선풍기의 사용 중에 가장 크게 나타났으며, 소재에 의한 영향은 비교적 작은 것으로 나타났다. 선풍기 사용중의 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 제품의 구조와 에너지 효율을 개선하는 것이 필요한 것으로 사료되며, 이는 바람의 흐름을 고려한 제품내부 구조 변경과 에너지 공급원 변경 등으로 개선 가능할 것으로 사료된다.

Keyword: LCA, 전과정평가, 환경영향 평가

### 1. 서론

친환경적 제품 개발을 위해 제품의 환경영향 평가가 중요하게 고려되고 있다. 제품의 환경영향은 제품이 개발 및 사용되고, 폐기되는 과정에서 환경에 미칠 수 있는 영향을 말하는데,

이는 전과정평가를 통해 정량적으로 평가될 수 있다. 예를 들어, 이신원과 김성근(2010)은 전과정평가를 통해 하수처리수 재이용시설의 환경영향을 평가하여 운영단계의 환경영향 비중이 가장 높음을 파악하고 이를 개선하기 위한 친환경 자재 개발의 필요성을 언급하였다. 또한, 정현창 외(2006)는 특정 기업이 생산하는 샴푸 제품에 대해 전과정평가를 수행하여 환경영향을 분석한 결과, 원료/포장재 생산 단계의 환경영향이 가장 높은 것으로 나타났다.

사용 편의성을 고려한 제품들이 다수 개발되고 있으나, 친환경적 측면에 대한 고려는 부족하다. 예를 들어, 겨울철의 온열기와 온풍기, 그리고 여름철의 에어컨과 선풍기의 경우 제품의 성능과 사용성 개선에 대한 연구에 비해 친환경적 소재 또는 에너지 효율 개선에 대한 연구는 부족한 것을 알 수 있다.

본 연구는 최근 활발히 보급되고 있는 날개 없는 선풍기의 환경영향을 전과정평가를 통해 정량적으로 평가한 후 개선 전략을 제안하였다. 또한, 개선 전략 제안 시에는 제품의 사용성을 함께 고려하여 인간공학적 친환경 제품의 설계 전략을 제안하고자 하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구는 날개 없는 선풍기의 환경영향을 평가하고 개선 설계 전략을 제안하기 위해 환경산업기술원에서 제작하여 배포한 에코디자인 프로세스를 활용하였다. 에코디자인 프로세스

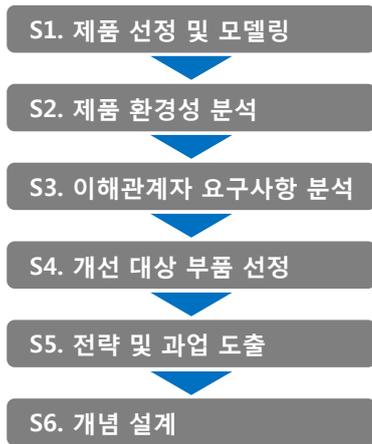


그림 1. 에코디자인 프로세스  
(환경산업기술원, 2009)

는 첫째, 환경영향을 평가할 제품을 선정 한 후 부품 단위로 모델링 한다. 둘째, 제품의 전 과정에 걸친 환경성을 분석한다. 셋째, 제품에 대한 이해관계자들의 요구사항을 분석한다. 넷째, 개선대상이 될 부품들을 도출한다. 다섯째, 개선 전략 및 과업을 도출한다. 마지막으로, 제품의 설계 대안을 선정한 후 평가 및 검토한다.

## 2.1 제품 선정 및 모델링

제품 선정 및 모델링은 환경영향을 평가하여 개선할 제품을 선정하고 부품단위로 분해하여 원재료의 목록과 환경성 파라미터의 정보를 수집하는 단계이다.

### 2.1.1 제품 선정

본 연구는 개선 대상 제품분야로 선풍기를 선정한 후, 먼저 일반 선풍기와 날개 없는 선풍



(a) 일반 선풍기 (b) 날개 없는 선풍기

그림 2. 일반 선풍기와 날개 없는 선풍기

기의 풍속, 사용전력, 소음, 그리고 사용성 등을 평가하였다. 그 결과, 날개 없는 선풍기(무날개 선풍기, ㈜휴플라자)가 안전성을 제외한 에너지 효율과 소음 측면에서 친환경적 개선의 여지가 높은 것으로 나타나 최종 개선 대상으로 선정되었다(그림 2 참조).

### 2.1.2 제품 모델링

제품 모델링 단계에서는 그림 3과 같이 날개 없는 선풍기를 부품 단위로 분해하여 각 부품의 이름, 중량, 분해시간, 재질 등을 작성하여 GWP, 재활용률, 그리고 재활용 중량과 같은 환경특성을 도출하였다.

## 2.2 제품 환경성 분석

제품 환경성 분석은 제품의 전과정평가를 통해 환경에 부정적인 영향을 미치는 파라미터를 규명하는 단계이다. 본 연구에서는 원재료 취득, 제조, 운송, 사용, 그리고 폐기 단계의 탄소배출량을 평가하여 날개 없는 선풍기의 환경성을 분석하였다.

## 2.3 이해 관계자 요구사항 분석

이해 관계자 요구사항 분석은 제품을 생산하는 기업과 유통하는 기업, 그리고 최종적으로 제품을 사용하는 사용자들의 친환경적 요구사항을 분석하는 단계이다. 이 단계에서는 Environmental quality function deployment(EQFD)와 Environmental Benchmarking(EBM)을 통해 개선대상 환경성 파라미터를 선정할 수 있다.



그림 3. 개선 대상 제품의 부품 단위 분해 예

## 2.4 개선 대상 부품 선정

개선 대상 부품 선정은 이해 관계자의 요구사항과 제품 품질 특성, 그리고 부품간의 관계를 규명하는 단계이다. 이 단계에서는 Quality function deployment for environmental (QFDE)를 2단계로 활용하여, 1단계에서는 제품 품질의 특성에 대한 이해 관계자 요구사항의 가중치를 도출하고, 2단계에서는 1단계의 가중치를 반영하여 최종적으로 개선이 필요한 부품들을 도출한다.

## 2.5 전략 및 과업 도출

전략 및 과업 도출은 앞서 도출된 개선 대상 부품들에 대한 친환경 개선 전략을 수립하는 단계이다. 예를 들어, 사용단계 에너지 소비 저감을 위해서 PCB의 소비전력을 저감시키거나 친환경 대체 에너지를 사용하는 과업을 도출할 수 있다. 또한, 이러한 과업에 대해 다양한 해결방안을 제안하여 최종 개념 설계 시 선정할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 사용성 측면의 해결방안도 함께 고려되었다.

## 2.6 개념 설계

개념 설계는 제안된 친환경 개선 방안으로부터 제품의 환경적 사양을 도출하는 단계이다. 설계 대안 선정에 있어서는 2~3개의 대안을 먼저 선정하여 선정된 대안들 간의 비교 평가를 통해 최종 설계 대안을 선정하며, 최종 설계 대안을 통한 개선 후의 환경성을 개선 전과 비교하는 것으로 최종 설계 대안을 검토할 수 있다.

## 3. 결과

### 3.1 환경성

날개 없는 선풍기의 주요환경 특성을 분석한 결과, 총 중량 1.98kg 중 재활용 가능한 중량이 1.44kg으로 재활용률은 75%로 나타났으며, GWP[kg CO<sub>2</sub>-eq] 은 5.54로 나타났다. 또한, 전과정평가를 통한 단계별 탄소 배출량 분석결과, 그림 4와 같이 사용 단계의 탄소 배출량이 57.19 kg CO<sub>2</sub>-eq으로 가장 높은 것으로 나타났다.

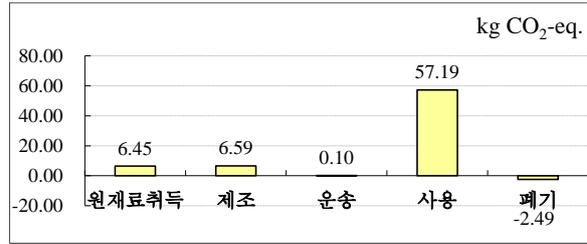


그림 4. 단계별 탄소 배출량

### 3.2 이해 관계자 요구사항

EQFD를 통해 이해 관계자들이 중요하게 고려하는 개선 대상 파라미터를 분석한 결과, 사용된 원료 물질, 유해물질, 사용 중 에너지소비, 그리고 제품 수명이 선정되었다(그림 5 참조). 또한, EBM을 통해 일반 선풍기와 비교 분석한 결과, 사용된 원료 물질과 수리성 측면에서 상대적으로 열등한 것으로 나타나 이에 대한 고려가 필요한 것으로 파악되었다(그림 6 참조).

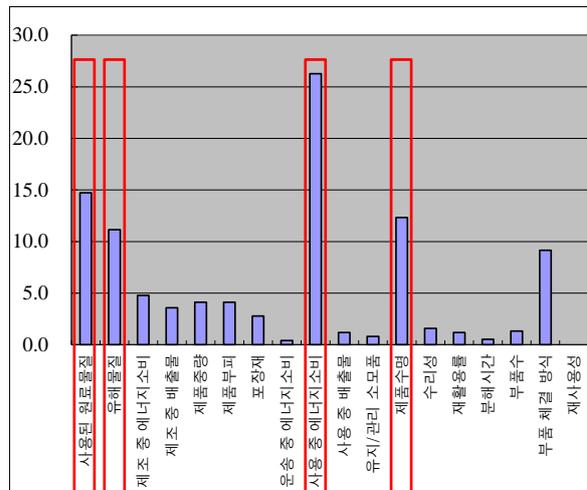


그림 5. EQFD를 통한 도출된 개선 대상 파라미터



그림 6. 일반 선풍기와와의 EBM 분석

OFDE II	제품 구성 부품							
	가중치	팬모터	원형 본체	본체 하모터 커버	본체 하커버	버튼 조작부	팬(상)	팬(하)
풍속	13.4	9	9		3		9	3
사용단계 - 에너지 소비	13.1	9	3			3		
소음	13.7	3		1	9		9	9
조작 용이성	10.7			3		9		
유해물질	13.4	3	3			1	3	3
원재료 특성	25.1		3	3		1	3	3
제품 수명	8.6	3		3		3		
수리성	2.1			1		3		
총계	-	345.4	275.3	148.8	163.9	205.5	359.8	279.4
가중치(%)	-	19.4	15.5	8.4	9.2	11.6	20.2	15.7

그림 7. QFDE를 통해 도출된 개선 대상 부품

### 3.3 개선 대상 부품

2단계 QFDE를 수행한 결과, 날개 없는 선풍기의 fan 모터(19.4%), 원형 본체(15.5%), fan(상, 20.2%), 그리고 fan(하, 15.7%)가 개선 대상 부품으로 도출되었다(그림 7 참조).

### 3.4 개선 전략

본 연구의 개선 전략 도출은 친환경적 개선 전략과 사용성 측면의 개선 전략을 함께 고려하였다. 이에 따라 친환경 재료 사용, 에너지 효율 개선, 소음 절감, 그리고 조작 용이성 개선 등이 개선 전략으로 선정되었다. 또한, 각 개선 전략에 대해 다수의 해결방안들이 제안되어 2 가지 설계 대안을 도출하였다(그림 8 참조).

### 3.5 설계 대안

#### 3.5.1 Nature born

본 연구에서 도출된 첫 번째 설계 대안은 자연산 재료로 제작된 자연을 닮은 바람을 motive로 하는 선풍기이다. 먼저, 유해성을 최소화하기 위해 친환경 재료를 사용함과 동시에 기존 제품의 원통형 형태를 유지하기 위해 두꺼운 대나무 재질을 제안하였다. 또한, 에너지

개선대상 환경영향요소(이하)	친환경 제품설계 개선전략	개선	해결방안				
			1	2	3	4	
유해물 함유	친환경 재료 사용	친환경 재료 사용	생분해성 플라스틱 사용	PA66 재질 사용	PA66 재질 사용	PA66 재질 사용	PA66 재질 사용
사용 중 에너지 소비	에너지 사용 효율 개선	모터의 소비전력 저감					
유해 물질	유해물질 사용 저감	PC용 내 유해물질 저감	PC용 내 유해물질 저감	PC용 내 유해물질 저감	PC용 내 유해물질 저감	PC용 내 유해물질 저감	PC용 내 유해물질 저감
제품 수명	내구성 향상	제품의 변형					
수리성	무용품을 최소화	구조의 개선					
사용성 개선전략	개선						
소음 절감	소음 절감을 위한 모터 단열						
조작 용이성 증대	버튼 조작 방법 개량						

그림 8. 개선 해결방안을 통해 도출된 설계 대안

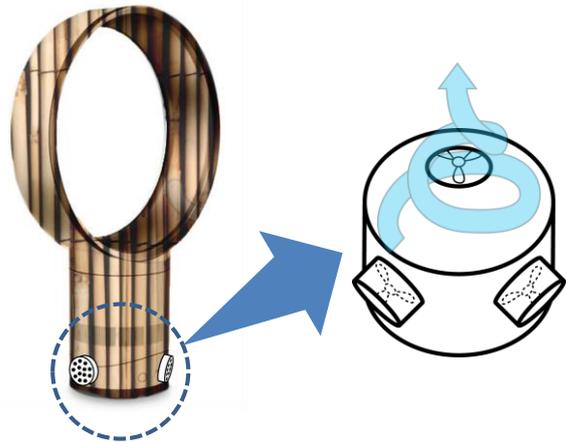


그림 9. 개선 전략을 통해 도출된 설계 대안: Nature born

효율 개선과 소음 절감을 위해 기존의 대형 fan 대신 3개의 소형 fan 사용을 제안하였다(그림 9 참조)

#### 3.5.2 Celestial technology

두 번째 설계 대안은 자연 에너지를 효율적으로 활용하여 자연 바람과 유사한 쾌적한 바람을 제공하는 선풍기이다. 효율적으로 에너지를 사용함과 동시에 기존 날개 없는 선풍기의 장점인 안전성을 함께 고려하기 위해 대형 fan을 원형 본체 내부에 장착하는 것을 제안하였으며, 원형 본체에 태양광 패널을 적용해 자연 에너지를 사용하는 것을 제안하였다(그림 10 참조).

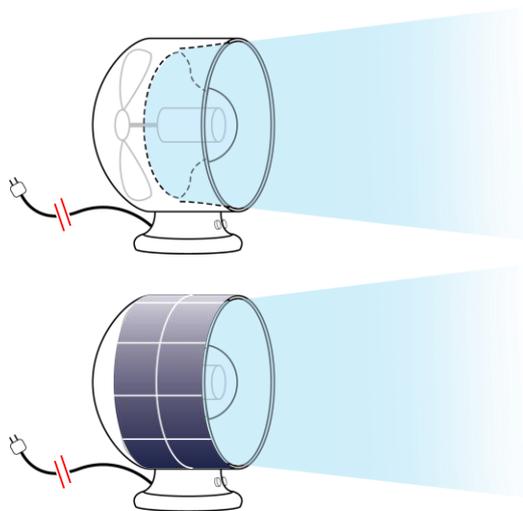


그림 10. 개선 전략을 통해 도출된 설계 대안: Celestial technology

#### 4. 토의

본 연구는 에코디자인 프로세스를 통해 날개 없는 선풍기의 환경영향을 평가하고 친환경적 개선 전략을 제안하였다. 날개 없는 선풍기의 탄소 배출량은 사용 단계에서 가장 높은 것으로 나타났으며, 이에 따라 에너지 효율 개선이 중요한 개선 대상 파라미터로 선정되었다. 이외에도 이해 관계자 요구사항과 환경 관련 법규 등을 고려하여 사용된 원료 물질, 유해물질, 제품 수명, 그리고 수리성 등이 선정되어 개선 전략 도출의 기반이 되었다. 본 연구에서는 다수의 개선 방안들을 기반으로 2 가지 설계 방안(Nature born, celestial technology)을 제안하였다.

본 연구에서 제안된 설계 방안은 에코디자인 프로세스를 통한 날개 없는 선풍기 설계 개선의 일반적인 지침으로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 날개 없는 선풍기의 환경영향을 개선하기 위해 사용 중 에너지 효율과 제품에 사용된 원료 물질 등을 대체 해야 한다는 결과를 도출하였으며, 이에 대한 개념적인 해결방안의 예시를 제안하였다.

본 연구에서 제안된 설계 방안은 기존 설계 대비 개선 효과에 대한 추가분석이 필요하다. 에코디자인 프로세스의 마지막 단계인 개념 설계 단계에서는 설계 대안의 검토가 이루어져야 하는데, 개선 대상 환경성 파라미터에 대해 개선 전과 개선 후의 탄소 배출량을 비교 분석하여 개선 설계의 환경적 개선 효과를 파악할 수 있다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 2012년도 포항공과대학교 에코디자인 전문인력양성사업(2012-4.0007076. 01)의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### References

국가LCI정보망(2012). 전과정평가(LCA)의 정의.  
Retrieved from <http://www.kncp.re.kr>  
서홍석(1998). 환경친화적 제품 개발을 위한 분

해 디자인(DFD)에 관한 연구. *홍익대학교 석사학위논문*.  
환경산업기술원(2010). 에코디자인 프로세스 적용 제품군별 매뉴얼.  
이신원&김성근(2010). 전과정평가를 이용한 하수처리수 재이용시설의 환경영향 평가. *대한토목학회 정기학술대회*.  
한상복&송복희(2010). 제품의 친환경적 디자인 개발을 위한 환경영향평가 적용 방안. *Journal of Korean Society of Design Science*  
정현창 외(2006). 삼푸의 전과정평가에 관한 연구. *한국전과정평가학회*.