

전과정 평가(LCA)를 통한 헤어 드라이기의 친환경적 디자인

Eco-Friendly Design for Electric Hair Dryer through Life-Cycle Assessment (LCA)



박현지 (parkphj730@postech.ac.kr)
김민준 (minjun@postech.ac.kr)
이수동 (dongdong@postech.ac.kr)
이승훈 (shoonlee@postech.ac.kr)
이백희 (x200won@postech.ac.kr)
유희천 (hcyou@postech.ac.kr)



포항공과대학교 산업경영공학과

2013년 한국경영과학회·대한산업공학회 춘계공동학술대회

AGENDA

❖ Introduction

- Eco Design
- Target Product: 헤어 드라이기

❖ Methodology & Results

- Performance Test
- Usability Test
- 6-Step Eco-Design Process

❖ New Eco-Design Concepts

❖ Discussion

친환경 제품 디자인(Eco-Design)



- 제품 전과정(product life-cycle)에서 발생할 수 있는 환경적 impact를 고려하여 제품 설계 프로세스에 통합하는 접근법

※ 출처: 국가환경산업기술정보시스템(www.konetic.or.kr)



⇒ 환경성 측면 뿐만 아니라 사용성, 시장 경쟁력까지 고려한 차세대 친환경 제품 개발이 요구됨

Target Product: 헤어 드라이기

제품명	JMW M3206B (J사)	VS9142SK (V사)
제품 사진		
풍속(m/s)	31	-
스위치	6단	5단
무게(g)	410 (코드 제외)	365 (코드 제외)
소비전력(W)	1,400	1600
전원(V)	220	220
가격(원)	39,720	24,950

⇒ 전과정평가(LCA)를 통한 헤어 드라이기의 친환경적 디자인 개념 설계

헤어 드라이기: 소비자 측면

□ 헤어 드라이기의 구매 결정 요인: **무게 > 성능 > 가격 > 브랜드**

J사 vs. V사, 당신의 선택은?

헤어드라이기 선택 1순위는 '무게'

'헤어드라이기를 구입할 때 가장 고려하는 부분은 무엇인가?' 라는 질문에 응답자의 절반이 넘는 무려 72%가 '무게'라고 응답했으며 성능(19%), 가격(6%), 브랜드(3%) 순으로 나타났다.

이는 헤어드라이기와 같은 소형 가전일수록 사용 빈도가 높아 가격이나 브랜드 등의 외형적인 요소보다는 무게와 같은 실용적인 부분을 우선시하는 것으로 분석된다. 조 아스전자측은 "경기 침체 및 불황의 골이 깊어지면서 소비습관도 합리적으로 바뀌었다"고 설명했다. **사용성 중시**

60%의 소비자가 J사 제품 선호

(설문응답자 10명 중 6명)

버튼 조작
용이성

무게감

바람 세기

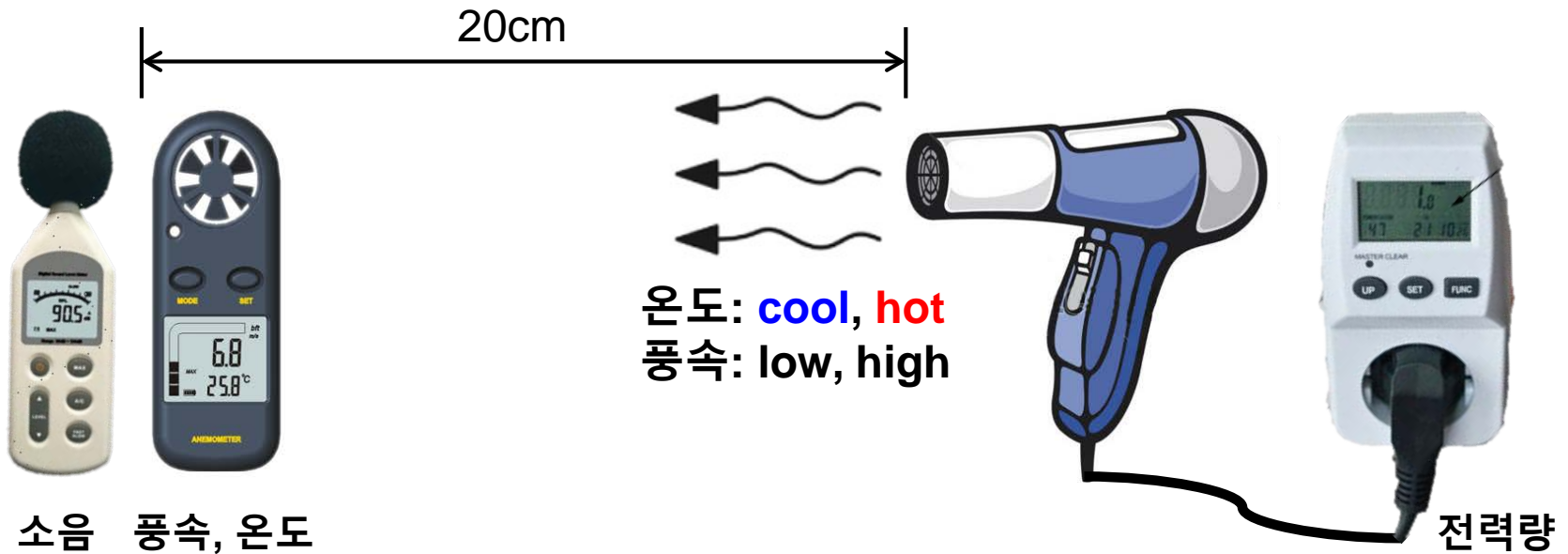
소음

사용성

제품 성능

Performance Test: 실험 계획

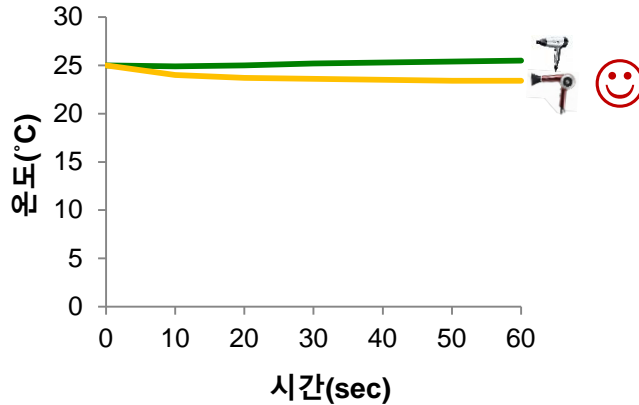
- ❑ 실험 목적: **소음, 풍속, 온도, 소모전력** 측정 및 비교
- ❑ 측정 거리: 헤어 드라이기로 부터 **20cm** (사용 거리 고려)
- ❑ 실험 조건: 1분(10초 단위)간 온도와 풍속을 변화시키며 측정



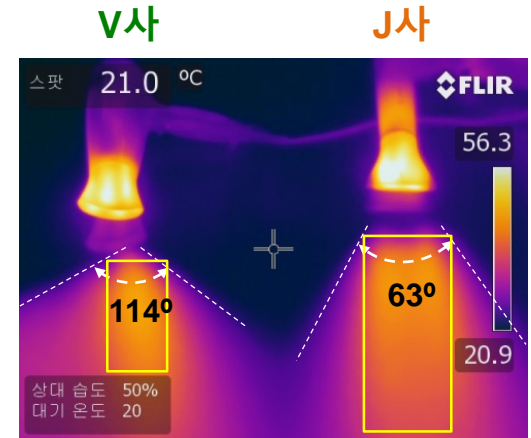
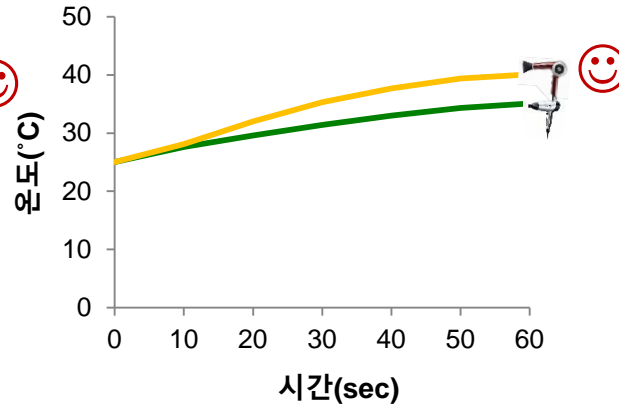
Performance 측정 결과: 온도, 전력

□ 온도: J사 > V사

온도: cool (풍속: 강)



온도: hot (풍속: 강)



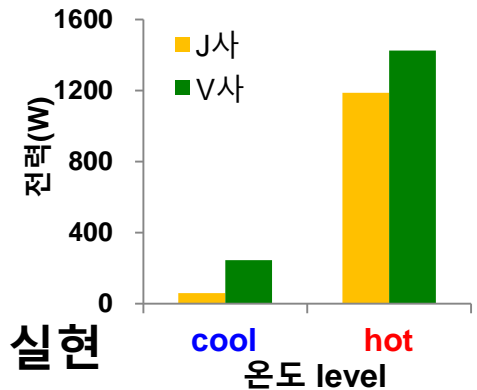
⇒ 온도가 미치는 범위, 최고 도달 온도 측면에서 J사 성능↑

□ 소비전력: J사 < V사

✓ J사는 적은 소비 전력으로 강한 풍속과 높은 온도 성능을 가짐

(친환경 모터(brushless direct current, BLCD) 사용)

⇒ 부품 단계에서부터 친환경 설계를 고려하여 저전력 고효율 실현



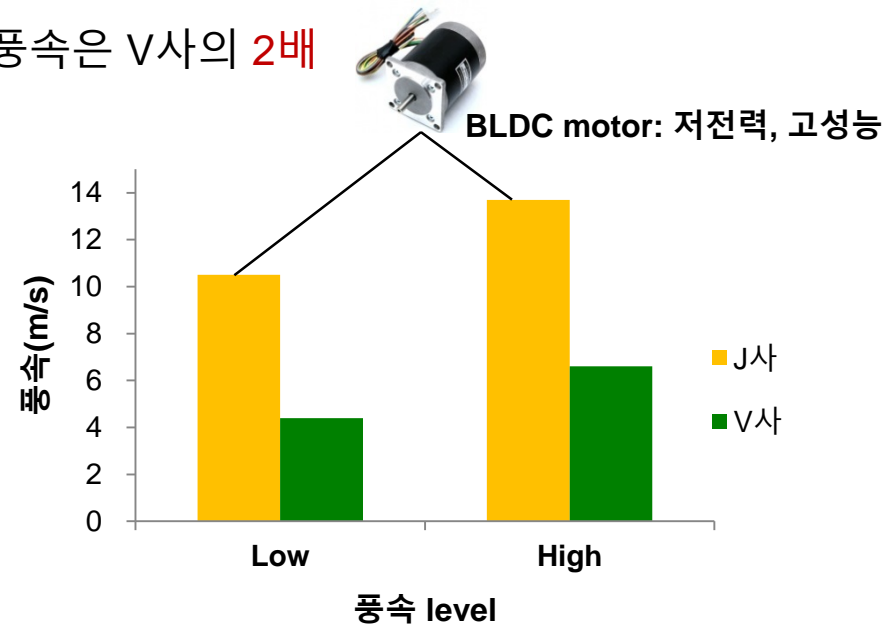
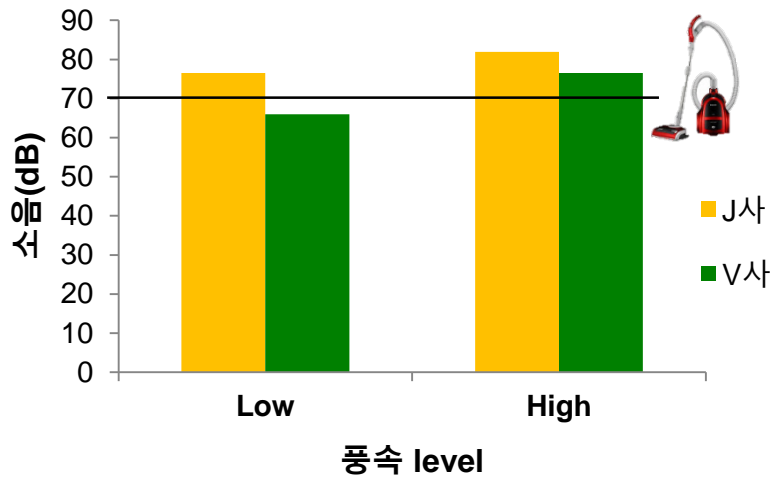
Performance 측정 결과: 소음, 풍속

□ 소음: **J사** > V사

✓ 풍속이 강할수록 소음 ↑

□ 풍속: **J사** > V사



✓ 친환경 모터의 사용으로 J사 소비전력 ↓, 풍속은 V사의 **2배**



⇒ 높은 풍속과 온도의 J사 제품이 건조 성능이 뛰어날 것으로 예상

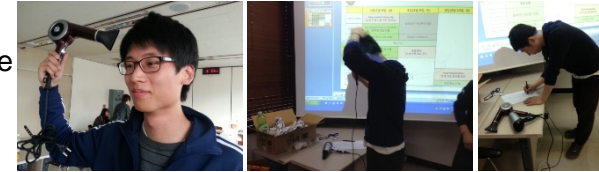
Performance Test: Summary

성능 측정 결과 비교

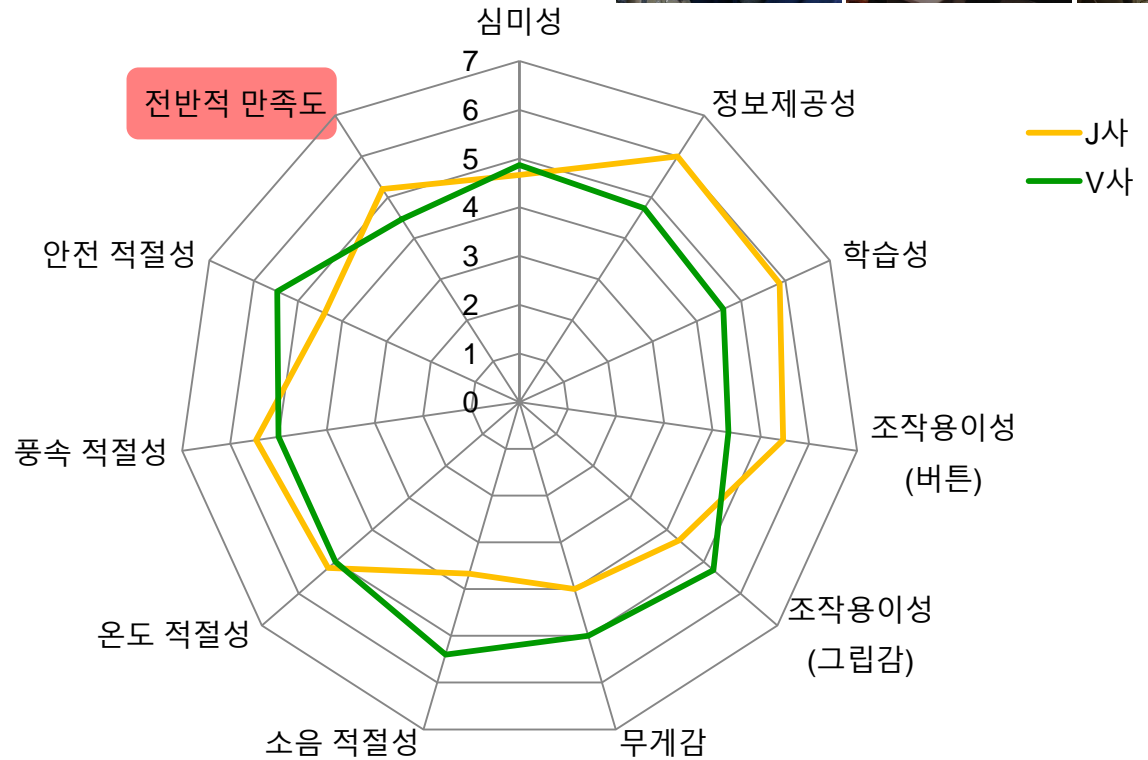
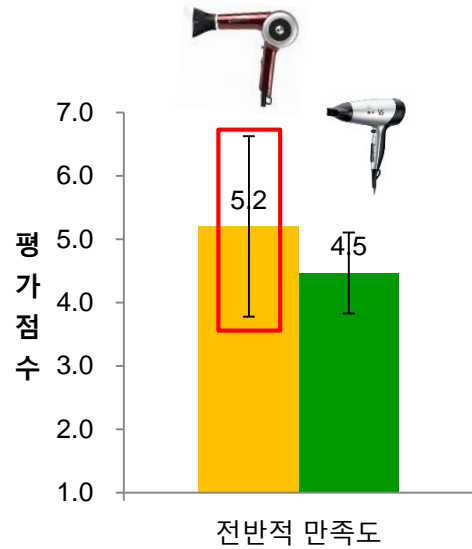
		J사	V사
Illustration			
풍속(m/s)	High	13.7	>
	Low	10.5	>
온도(°C)	Hot	44.1	>
	Cool	25.9	≐
소비전력(W)	Max	1188.7	<
	Min	58.5	<
소음(dB)	Max	81.9	>
	Min	76.5	>

Usability Test: Result

Sample size: $n = 15$
 평가 척도: 7-point Likert scale

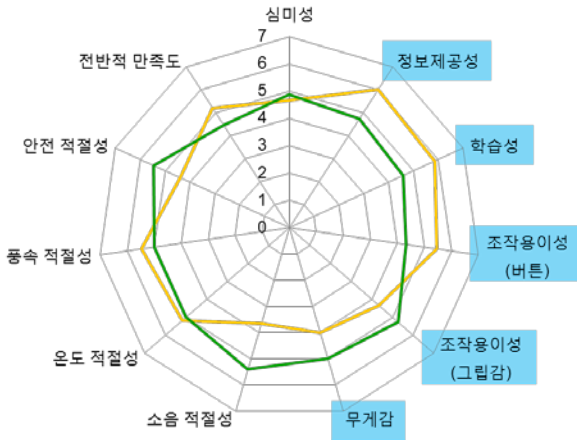


□ 전반적 만족도: J사 > V사

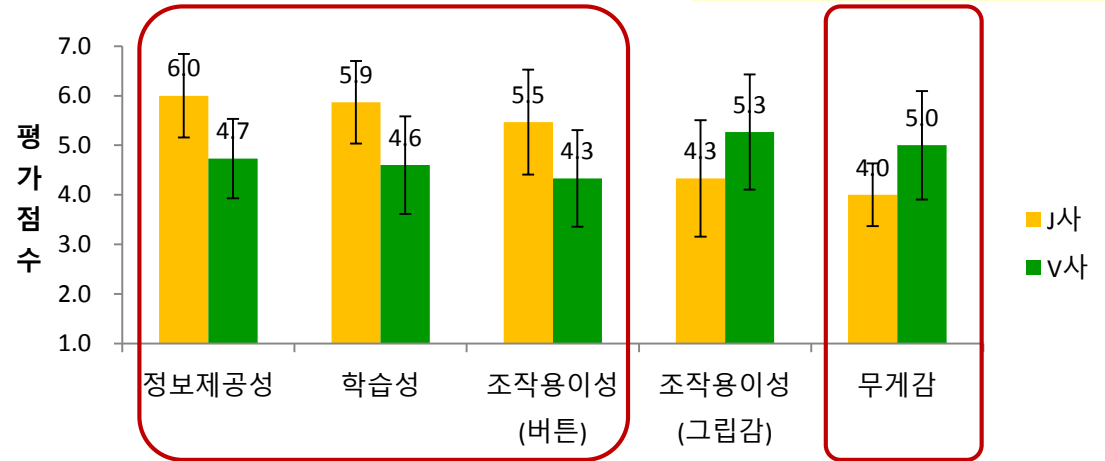


⇒ J사 제품: 헤어 드라이기 사용 시, 사용자가 중요시하는 요소에 따라 기호 차이 ↑
 (예: 버튼 조작성☺, 풍속성능☺ ↔ 과도한 성능☹, 소음☹)

Operation 평가 결과



J사: 604g > V사: 475g



J사 😊

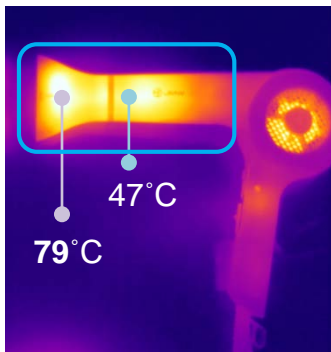
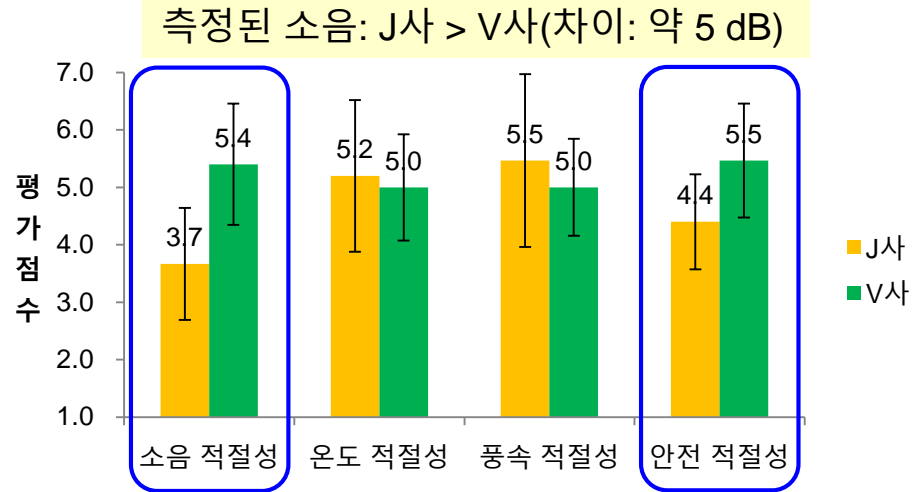
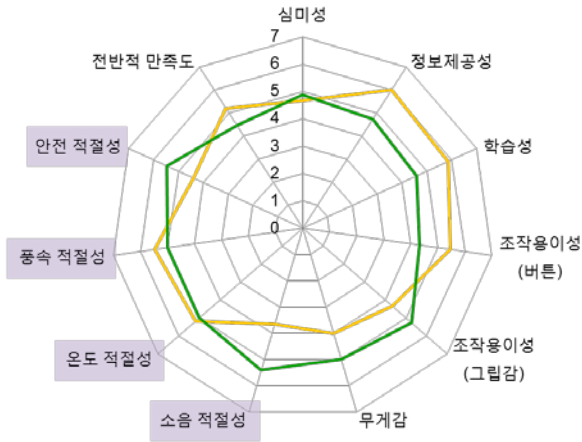


V사 😞

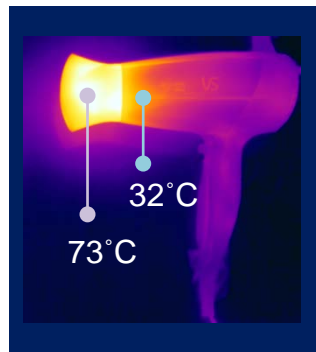
- ✓ J사: 온도, 풍속 버튼 조작부 분리 → 직관적 이해, 조작 편리
- ✓ V사: 버튼 조작부 하나에 온도, 풍속 조절 기능 섞여 있음

제품 설계 시, 버튼 조작성, 무게와 같은 사용성 측면의
기본적 요소에 대한 고려 필요 (미충족 시, 소비자의 불만↑)

주관적 performance 평가 결과



J사

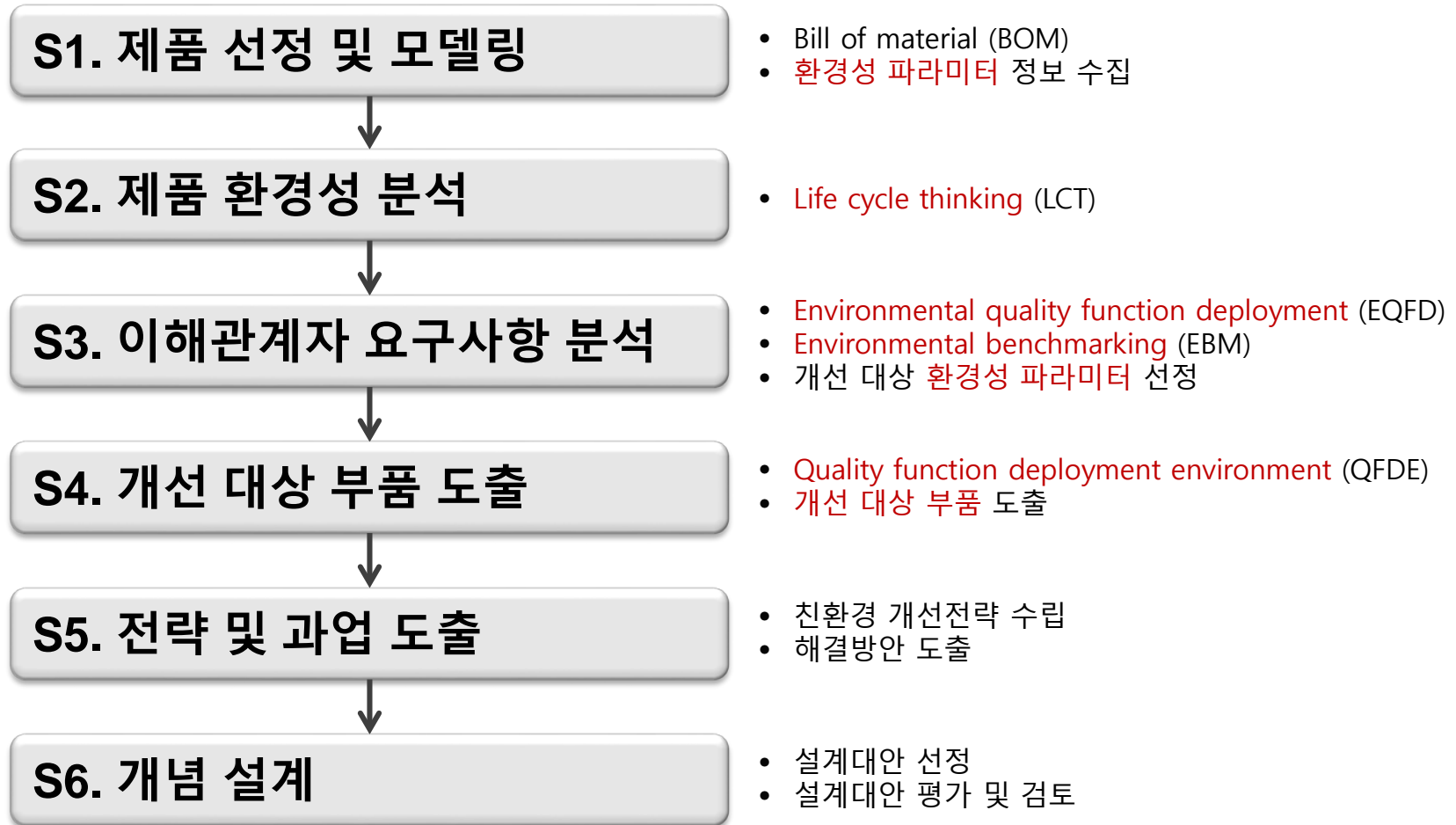


V사

사용 종료 1분 후, 드라이기 노즐 및 본체에 고온의 잔열이 남음(온도: J사 > V사; 잔열 범위: J사 > V사)

드라이기의 발생 **소음과 안전성**이 고려된 제품 설계 필요



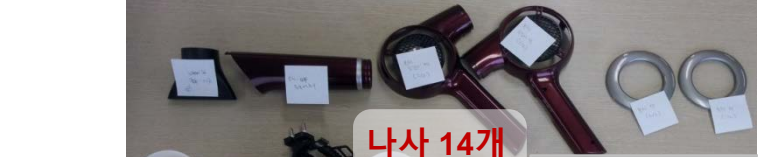

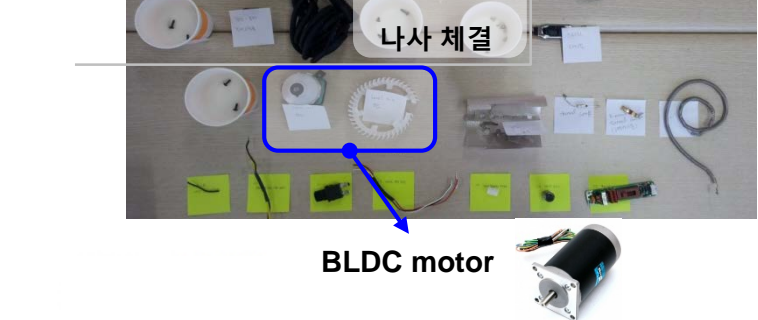

6-Step 친환경적 디자인 절차



※ 환경산업기술원, 2010

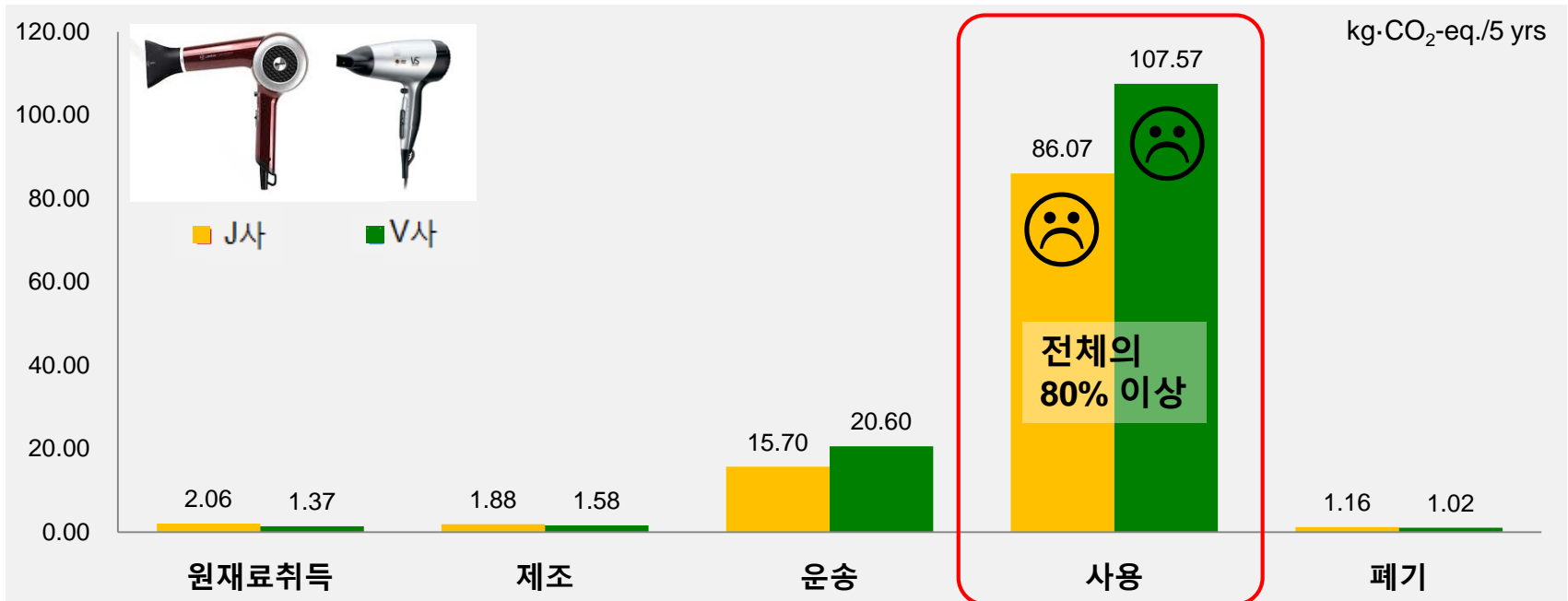
S1. 제품모델링: 분해도(BOM)

- 두 제품의 구성품 종류 유사, **부품 체결 방식**에 따라 부품 수 차이 있음
 - ✓ V사: 억지 끼워 맞춤 → 부품 수 및 분해 시간↓ → EOL 단계에 소비되는 에너지 ↓
- J사는 **BLDC motor 사용**으로 **친환경 제품 설계**
 - ✓ BLDC 모터: **수명↑**(일반의 10배), **미세 유해물질 발생X**, **에너지 효율↑**(일반의 80% 개선)

 <p>J사: 47개</p>	<p>Level 1 2개 = 2개</p>	 <p>V사: 35개</p>
 <p>나사 14개 나사 체결</p>	<p>Level 2 29개 >> 20개</p>	 <p>나사 4개 억지 끼워 맞춤</p>
 <p>BLDC motor</p>	<p>Level 3 16개 > 13개</p>	 <p>일반 motor</p>

S2. 제품 환경성 분석: LCT

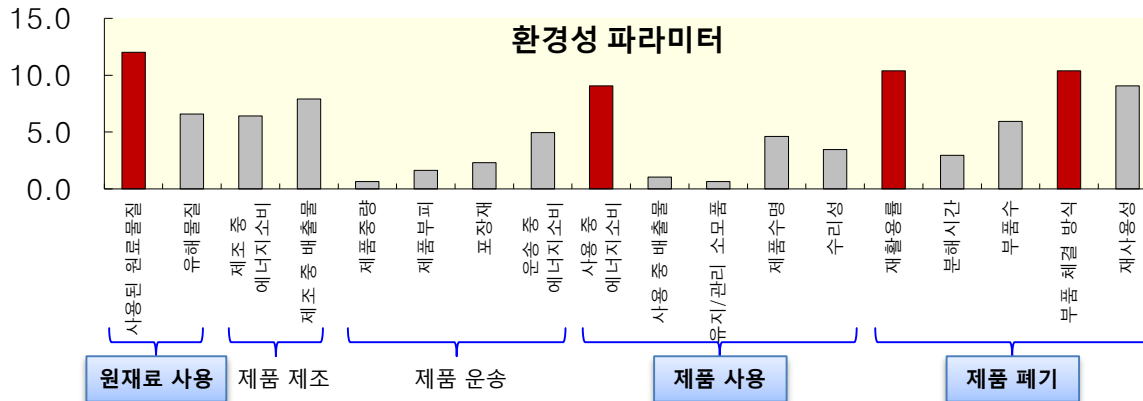
- 두 제품 모두 **사용 단계**에서 CO₂ 발생량이 집중됨
- 사용 단계 CO₂ 발생량: **J사 < V사** (약 20kg 더 발생됨)
 - ✓ J사는 **친환경 motor** 사용으로 **1회 사용 시** 높은 성능을 유지하면서 **전력량 ↓**



⇒ 제품 **사용 단계의 에너지 소비**를 절감할 필요 있음

S3. 이해관계자 요구사항 분석: EQFD, EBM

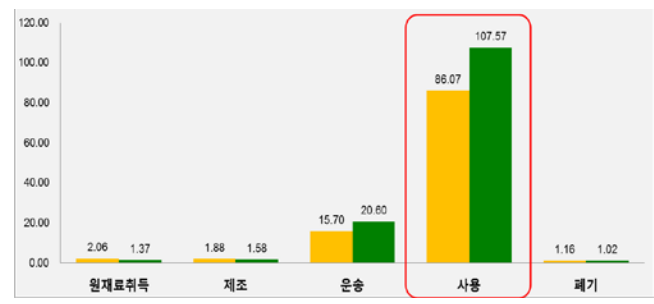
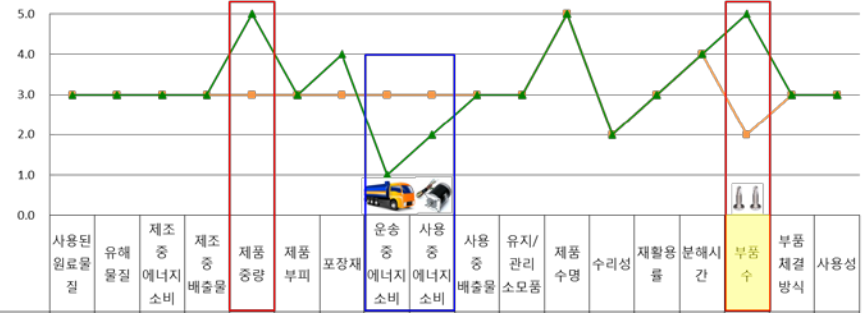
□ EQFD 결과: **사용된 원료물질, 사용 중 에너지 소비, 재활용률, 부품체결방식**



* 환경적 이해관계자 *
 - 기업
 - 소비
 - 환경관련법규

□ EBM 결과: 두 제품 간 차이가 큰 **부품 수**를 환경성 파라미터로 선정

✓ J사: 국내 생산과 친환경 모터 사용으로 **에너지 소비** 측면에서 우위에 있으나, 사용 측면의 **제품 증량**과 폐기 단계의 **부품 수**에 있어 취약



⇒ CO₂ 발생량이 가장 높은 **사용 단계의 에너지 소비 개선**에 주력

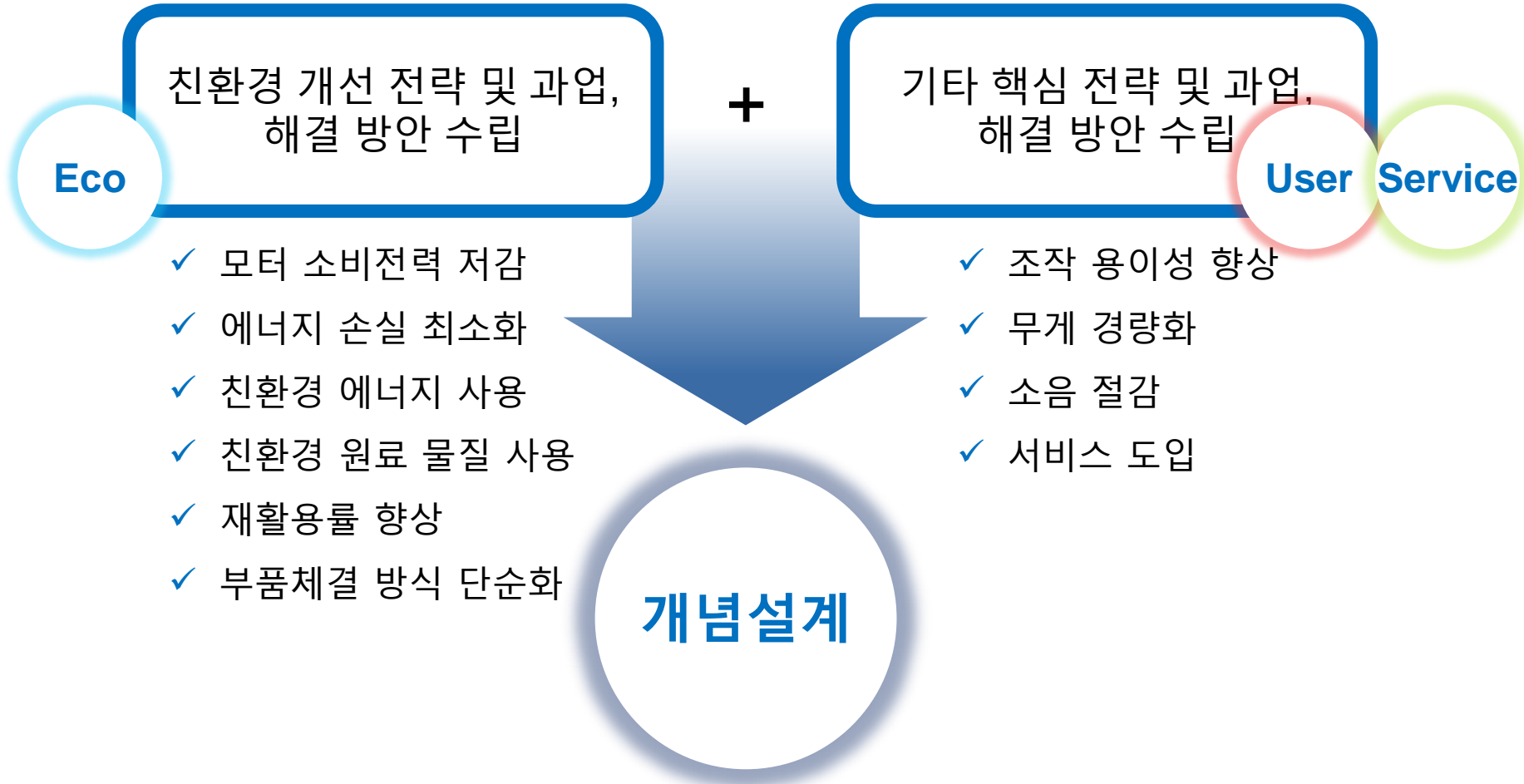
S4. 개선대상 부품 도출: QFDE

QFDE II	제품 구성 부품										
	가중치	코일	포장재	본체	흡입구	모터	팬	스위치	노즐	전선	나사
바람온도	16.1	9			1			1			
바람속도	12.1			3	3	9	9	1	9		
사용단계 - 에너지 소비	13.6	9			1	3	3			3	
사용된 원료물질	18.1	3				3	3				
부품체결방식	15.6	1			1	3	3		3		9
재활용률	15.6	3	1	9		3	3		3		1
부품 수	8.9	1						1			3
총계	-	392.8	15.6	176.7	81.7	297.8	297.8	37.1	202.7	40.8	182.7
가중치	-	22.8	0.9	10.2	4.7	17.3	17.3	2.2	11.7	2.4	10.6

⇒ 환경적 이해관계자와 제품의 특성을 고려한 결과, **코일, 모터, 팬**이
친환경 제품 설계를 위한 최종 개선대상 부품으로 선정됨

S5. 전략 및 과업 도출

개선대상 환경성 파라미터



S6. 개념 설계

***Energy-
Efficient***

에너지사용
효율의 극대화

***User-
Friendly***

실사용자를 고려한
사용성의 극대화

***Service for
Eco-Friendly***

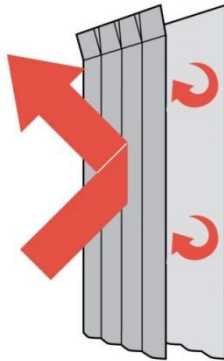
기업·고객 선순환 구조
를 통한 친환경 실현

Concept 1. Energy-Efficient Hairdryer

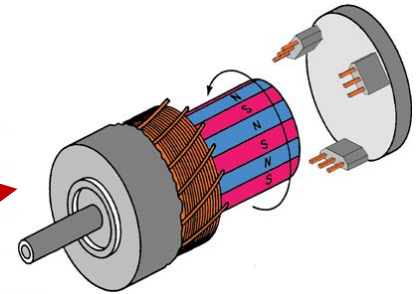
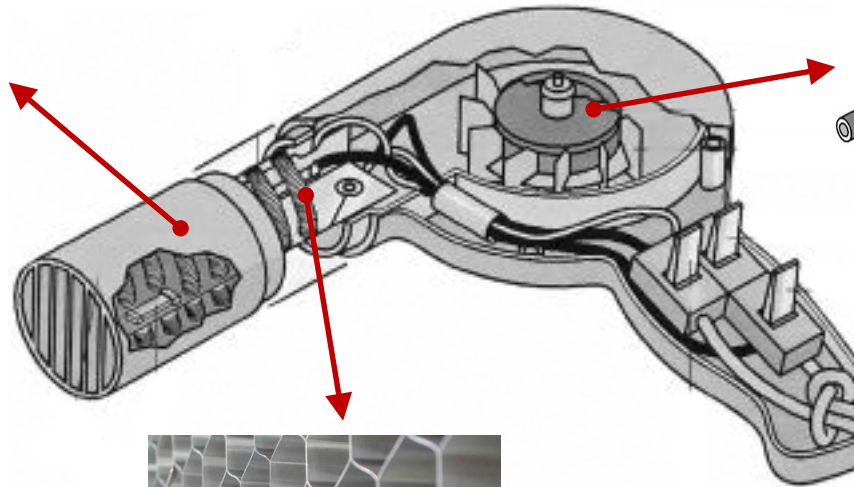
Energy-Efficient
에너지사용
효율의 극대화

User-Friendly
실사용자를 고려한
사용성의 극대화

Service for Eco-Friendly
기업·고객 선순환 구조
를 통한 친환경 실현



Housing 재료 교체: **ABS** → **Teflon**
⇒ **단열성 향상**



Motor 변경
일반 → **BLDC motor**
⇒ **저전력, 고효율**



코일 형상 변경: 나선형 → 벌집형
⇒ **접촉면적 향상**

열효율 최대화 & 전력소모 최소화

Concept 2. User-Friendly Hairdryer

Energy-Efficient

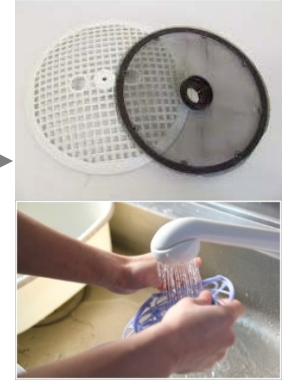
에너지사용
효율의 극대화



초경량 소재 사용(예: LDPE), 경량 모터
⇒ 무게 감소

User-Friendly

실사용자를 고려한
사용성의 극대화



탈부착식 먼지필터
⇒ 세균, 냄새 제거

Service for Eco-Friendly

기업·고객 선순환 구조
를 통한 친환경 실현



- high/low
- cool/hot
- on/off

원터치 버튼

⇒ 사용자 맞춤 설정 기억, 낭비 에너지↓

사용자를 고려하여 편의성 최대화

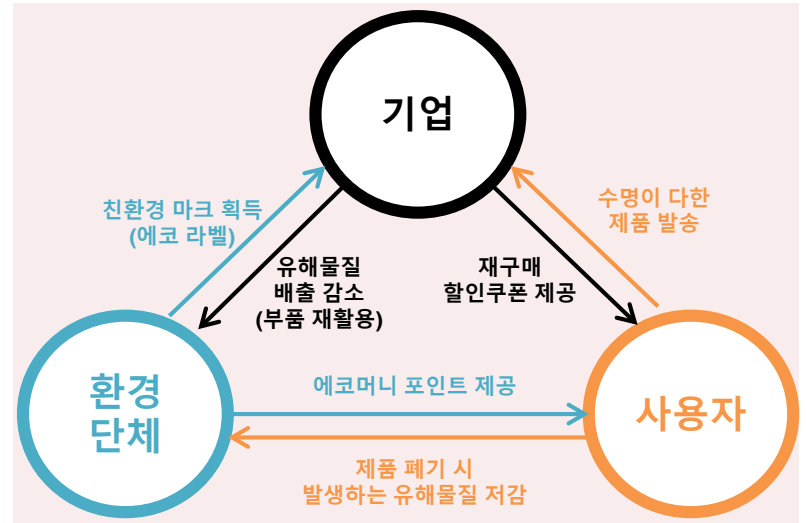
Concept 3. Service for Eco Environment

- Energy-Efficient**
에너지사용 효율의 극대화
- User-Friendly**
실사용자를 고려한 사용성의 극대화
- Service for Eco-Friendly**
기업·고객 선순환 구조를 통한 친환경 실현

서비스 환경 구축



이해관계자들 간의 선순환 구조



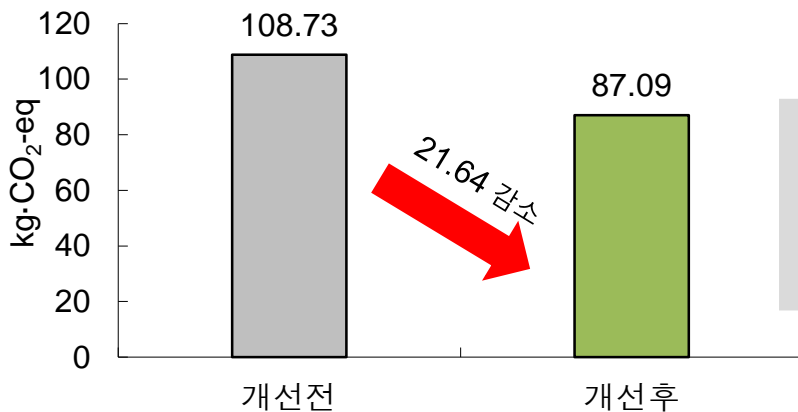
제품의 **폐기 단계(EOL)** 고려



제품의 **재사용, 재활용률 향상**

Concept: Summary

	경제성	성능	친환경성	사용성
Energy-efficient Hairdryer	😊	😊	😊😊	😐
User-friendly Hairdryer	😐	😐	😊	😊😊
Recyclable Hairdryer	😊	😐	😊	😐



개선 효과

- ✓ 사용, 폐기 단계에서 약 22 kg-CO₂-eq. 절감
- ✓ 재질 변경을 통한 **사용성 및 재활용률 향상**
- ✓ 부품 교체를 통한 **에너지 효율성 극대화**
- ✓ 서비스 도입을 통한 **재사용, 재활용률 향상**

Discussion

□ 전과정 평가를 통한 헤어 드라이기의 친환경적 개선 방안 파악

✓ 전과정 중 사용 단계의 탄소배출량이 80%: 소비전력량(W)을 감소하는 방안 필요

✓ 주요 개선대상 부품 파악: 코일(중요도 = 23%), 모터(17%), 팬(17%)

⇒ 친환경적 헤어 드라이기 설계를 위해서는 저전력 고효율 실현을 위한 개발 노력 필요

□ 시장 경쟁력 향상을 위한 성능, 사용성, 환경성 평가

✓ 성능: 친환경 부품(예: BLCD motor)이 사용된 저전력 고성능의 온도, 풍속 구현 가능

✓ 사용성: 버튼 조작 용이성 및 무게감 등의 사용성 향상이 요구됨

⇒ 다각적 평가를 통한 헤어 드라이기의 **energy-efficient, user-friendly, service for eco-environment**의 세 가지 설계 방안 도출

□ 본 연구에 적용된 친환경적 디자인 절차의 한계점

✓ 평가자의 주관적인 결정사항이 많음(예: EQFD, QFDE의 가중치 결정, 이해관계자 선정 등)

✓ 주로 부품 단계부터 bottom-up 방식의 제품 개선에 초점이 맞춰져 있음

⇒ 최적 개선안 도출을 위해서는 **top-down 접근 방식**을 함께 고려하는 것이 필요함