

QEFD를 활용한 제품 환경효율성 측정 사례 연구

홍승용* · 박승욱**† · 김연복*** · 김종대****

* 코웨이 환경품질연구소 품질기획팀 1급 연구원

** 인하대학교 경영대학 경영학부 교수

*** 인하대학교 경영대학 경영학부 강의전담교수

**** 인하대학교 경영대학 경영학부 교수

A Case Study of Measuring Eco-Efficiency of Products Using the QEFD Approach

Seung-Ryong Hong · Seungwook Park · Yeon-Bok Kim · Jong-Dae Kim

* Research Engineer, Environment Quality Institute, Coway Co.,Ltd.

** Professor, College of Business Administration, Inha University

*** Lecture Professor, College of Business Administration, Inha University

**** Professor, College of Business Administration, Inha University

Abstract

Purpose: This study proposed a systematic approach to measure eco-efficiency of products based on the concept of quality function deployment(QFD). QFD method has been used to convert customer's subjective requirements to design specifications. A extension of QFD to environmental issues is known as quality environmental function deployment(QEFD). QEFD includes environmental requirements into customer's demand for quality, and incorporates them to design specifications of a product.

Methods: In this study, we compared eco-efficiency of old and new models through application of QEFD.

Results: The result revealed that the new model's eco-efficiency improved 24% better than the old model. Also, we found that user's Factor X of the new model has been improved to 1.178, which is about 18% better than that of the old model.

Conclusion: This study implied that we can systematically use QEFD to determine eco-efficiency of two comparable products in any industries.

Key Words : QEFD, Eco-Efficiency, Carbon Footprint Label, HoQ

• Received 3 December 2012, revised 26 March 2013, accepted 28 March 2013

† Corresponding Author(separk6112@inha.ac.kr)

© 2013, The Korean Society for Quality Management

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.

※ 본 연구는 인하대학교 교내연구비 지원으로 이루어짐.

1. 서 론

제품에 대한 환경문제들이 환경문제의 중심이 됨에 따라 제품과 관련된 통합적 환경규제가 실시되고 있다. 이와 관련하여 국내에서도 환경보고서, 사회공헌보고서, 지속가능보고서 등을 발간하고 환경경영시스템(ISO 14001)을 인증 받는 등의 환경경영을 통해서 외부 환경에 대응하고 있다. 이처럼 기업은 외부로부터 요구되는 법규의 강화, 소비자 압력의 증대 및 경쟁이 심화되어 이에 대응해야 하는 반면, 기업 활동의 결과물을 정량적으로 평가하고 분석하여 개선 점을 찾아내는 것도 필요한 시기이다. 이러한 제품 환경 국제패러다임이 변화와 함께 등장한 것이 환경경제효율(eco-efficiency)의 개념이다(산업자원부 2007). 환경경제효율은 국가, 기업, 제품 등의 지속가능성을 파악하고 측정하기 위한 구체적인 방법론 중의 하나로 기업의 환경성(분모) 대비 경제성(분자)을 단일지표로 간단하게 통합하여 제시해 줌으로써 환경성과 경제성을 동시에 관리하는 지표이다(지식경제부 2010). 이러한 환경경제효율은 유럽 연합(EU; European Union)의 통합제품정책(IPP; Integrated Product Policy)¹⁾ 탄생의 근본배경이 되었다.

그러나 환경성과 경제성을 동시에 평가한다는 장점에도 불구하고 환경성과 경제성을 측정할 때 단일지표 가중치의 벡터 합만을 사용하여 측정하는 방법에는 한계가 존재한다. 즉, 환경경제효율을 높이기 위한 구체적인 방법을 제시하기에는 미흡하다. 더욱이 국내에서 제품의 환경경제효율을 평가한 사례가 드물고 기업의 정보비밀 보호를 위해서 그 방법론이 대중에 공개되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 품질방법론을 활용하여 제품의 환경경제효율을 평가하고 그 방법론이 확산될 수 있는 기초를 마련하고자 하였다. 또한 본 연구에서는 제품의 경제적 가치를 측정할 때 고객의 요구 사항(VoC: Voice of customer)을 반영하였으며, 객관적이고 공정한 측정을 위해 품질기법인 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)를 도입하였다. 기존의 QFD의 항목에 환경 항목들을 포함시켜 품질환경기능전개(이하 QEFD; Quality Environment Function Deployment)를 정의하였다.

환경경제효율의 분자와 분모의 항목 측정에 품질환경기능전개를 활용하면 경제성과 환경성을 개선시키기 위한 구체적인 항목을 정량화하여 제시할 수 있다. QEFD의 환경경제효율에의 적용은 기존의 다른 방법론에 비해 시간 및 노력이 많이 소요되는 단점이 있지만, 제품의 기능 요인을 몇 가지 추출하여 성능 지수로 평가하는 기존의 방식과 비교하면 고객의 관점에서 전체 기능에 대한 평가가 가능하다는 점과 QEFD 작성 과정 자체가 환경 경제성 효율 개선에 실질적인 활동으로 작용한다는 장점이 있다.

본 연구의 목적은 전기·전자 제품의 환경경제효율을 측정함에 있어 QEFD를 활용한 평가기법 사례를 개발하는 것이다. 즉, 환경경제효율의 측정항목인 경제성과 환경성을 개선시키기 위한 개선항목을 정량화 하는 방법을 개발하고 적용함으로써, 향후 제품에 대한 환경경제효율을 적용하고자 하는 기업에 실질적인 도움을 줄 수 있는 시사점을 제공하고자 한다. 본 연구에서는 환경경제효율을 측정하기 위해서 비교 가능한 두 제품 모델의 전 과정 탄소배출량을 산정하여 환경성의 지표로 활용했으며, QEFD기법을 활용하여 제품과 서비스의 경제적 가치를 측정하고 환경영향과의 관계를 정량화하여 환경경제효율을 측정하였다. 또한 경제성을 측정하는 QEFD의 적용대상에 있어서 전문가 집단과 일반 소비자 집단으로 나누어 측정하였으며, 두 집단의 인식차이에서 발생하는 차이를 분석함으로써 QEFD의 적용에 따른 기술적 시사점을 제공하고 있다.

본 연구의 구성은 먼저 환경경제효율과 품질기능전개(QFD)의 개념과 QEFD와의 관계를 설명하고 그와 관련한 선행연구를 검토한다. 그리고 W사의 사례를 바탕으로 환경경제효율의 측정에 QEFD 방법론의 적용가능성을 검토한 후 다른 산업 또는 기업으로의 확대 가능성에 대한 시사점을 제공한다.

1) IPP는 제품 및 서비스의 전과정 수명주기에 걸친 환경성과의 지속적인 개선을 목적으로 하는 EU의 기본정책이다.

2. 이론적 배경 및 선행연구 검토

2.1 이론적 배경

2.1.1 환경경제효율(Eco-Efficiency)

환경경제효율(eco-efficiency)은 국가, 기업, 제품 등의 지속가능성을 파악하고 측정하기 위한 구체적인 방법론 중의 하나로 1992년 리오데자네이루(Rio de Janeiro)에서 개최된 환경과 개발에 관련한 UN협의회(Earth Summit)에서 처음으로 제기되었으며, 세계지속가능발전협의회(WBCSD; World Business Council for Sustainable Development)에서 1993년에 개념을 정리하여 발표하였다. 국가 또는 이해관계자에 따라 환경경제효율에 대한 개념정의 및 지수측정 방법론이 다소 차이가 있다(WBCSD 1996 2000, JEMAI 2004 2005). 환경경제효율은 제품시스템가치를 환경부하로 나누어서 측정(JEMAI 2002)하는데, 이를 계산하기 위해서는 정확한 경제성과(분자) 및 환경성과(분모) 지표가 모두 필요로 하며, 일반적으로 이러한 지표들은 경제적 산출물과 환경부하를 합리적인 방법으로 포함시켜야 한다(산업자원부 2007, 지식경제부 2010, 안형태·홍승용 2010). 그리고 환경경제효율을 계산하기 위해서는 이를 나타내는 절대 값이 주어져야 하며, 합리적인 비용으로 도출 가능해야 한다. 제품시스템의 환경경제효율은 그 자체로서도 의미가 있지만 무엇보다 제품시스템 및 시스템들 간의 환경경제효율을 비교하는데 활용 가능해야 한다. 이를 위해서 기준상수를 정의하는데 이를 Factor X라하며, 평가대상제품의 환경경제효율을 기준제품의 환경경제효율로 나누어서 측정한다.

이러한 환경경제효율은 환경적 부담을 증가시키지 않으면서 궁극적으로 기존의 경제시스템이 목표로 하는 경제산출물의 극대화를 추구하기 때문에 효율성 도출에 따른 산업계의 거부감이 약한 편이며, 비록 측정이 완전하지 않더라도 환경론자, 사회책임 관계자, 정부, 및 산업계 모두 선호하고 있는 척도이다. 이러한 관점에서 환경경제효율은 경제 및 환경적인 지속가능성을 측정하고 그 목표를 설정하는 수단으로 유용하게 이용될 수 있다.

2.1.2 품질환경기능전개(QEFD)

QFD(Sullivan 1986, Day 1993, Mizuno and Akao 1994, Akao 2000)는 계량화가 어려운 고객의 주관적 요구사항을 구체적인 설계 목표로 전환하기 위하여 개발 된 것으로 1966년 Yoji Akao가 처음으로 개념을 제시하였으며 1972년 미쯔비시 중공업의 고베 조선소에서 처음으로 행렬 형태의 도표인 '품질표'를 사용한 것으로부터 시작되었다(Ansari and Modarress 1994). 토요타와 그 부품업체들은 1970년 대 이후 QFD를 더욱 발전시켜서 1977년부터 1984년 사이에 생산 이전 단계에서 비용을 61% 절감하고 제품 개발 기간도 1/3로 줄였다는 연구 결과도 발표하였다(Akao 2000). QFD는 신제품 개념정립, 설계, 품질, 부품계획, 공정계획, 그리고 생산계획과 판매 단계를 통해 고객의 요구가 최종제품과 서비스에 충실히 반영되도록 하여 고객의 만족도를 극대화 하는데 초점을 맞추고 있는 품질경영 방법론 중 하나이다(지식경제부 2010). QFD는 고객의 요구사항을 제품의 기술특성으로 변환하고 이를 다시 부품특성과 공정특성, 그리고 생산에서의 구체적인 사양과 품질개선 활동으로까지 변환하는 것이다.

이러한 QFD를 친환경설계 품질개선활동에 적극적으로 활용하는 시도로 나온 것이 QEFD이다. QEFD는 QFD에서 고객 및 규제 요구사항 범위를 환경 분야까지 확대하여 품질요구사항을 파악하고 신제품 개발에 체계적으로 반영하고자 하는 활동이다(Masui et al, 2000 2001). QEFD는 고객의 요구사항(VoC; Voice of Customer) 및 품질특성을 수집하여 기준제품과 비교제품, 두 제품의 대응표를 작성하고 설계 특성을 작성한다. 이러한 인자들은 QEFD를 통해서 품질특성을 환경특성으로 변환하여 정량화를 진행한다.

QEFD에서는 환경·건강·안전에 악영향을 주지 않도록 구체적인 설계목표를 설정할 수 있고, 폐제품의 재사용 또는 재활용 비율을 높이고 최소화하는 내부 가이드라인의 구축이 가능하며, 제품의 친환경설계, 제품 사용자와 관련 생산자 전체 부서에서 제품에 대한 정보를 공유할 수 있는 장점이 있다. 소비자들의 친환경욕구와 국제환경규제(예) EU RoHS²⁾, WEEE³⁾, EuP, ELV지침 등)가 증가하는 시점에 QEFD는 기업의 친환경이미지 제고 및 홍보효과를 높이는 데 활용될 수 있다.

2.1.3 탄소배출량의 활용

본 연구에서는 환경부하의 객관적인 측정을 위해서 탄소성적표지 인증 시 측정된 탄소배출량을 사용하여 분모의 환경성 측정에 대신한다. 탄소배출량은 해당소재의 LCI 데이터베이스(DB)에서 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆) 등 6대 온실가스 물질을 이산화탄소를 기준으로 환산하여 결정한다. 한국의 경우 LCI DB를 국가에서 작성하고 관리하고 있는데, 본 연구에서는 이 DB를 사용하여 탄소배출량을 산정하였다. 해외의 LCI DB를 사용하는 경우 출처 및 정확성을 증명하여야 하며, 모든 물질의 LCI DB가 존재하지 않을 때도 있고 유사 DB마저 찾을 수 없는 경우가 발생하는데, 이를 데이터 갭(Data Gap)으로 처리하고 이를 승인 받아야 하는 어려움이 발생한다.

2.2 선행연구의 검토

환경경제효율에 대한 연구는 일본을 중심으로 1990년대 이후부터 활발하게 이루어졌다. 제품의 환경경제효율에 대한 연구가 전 세계적으로 찾아보기 힘든 시기에 일본산업환경협회(이하 JEMAI; Japen Environmental Managemental Association for Industry)는 2000년부터 협회 회원사를 중심으로 조직과 제품에 대한 측정사례를 발표했다. 조직의 환경경제효율은 NEC, 소니, 리코, 캐논 등을 중심으로, 제품의 환경경제효율은 후지쯔, 히타치, 마쯔시타, 미쯔비시, 니폰폰인트를 중심으로 활발하게 연구되어 왔다. JEMAI는 제품(조직)의 환경경제효율을 ‘제품의 가치(제품판매량)/환경영향’으로 측정하였으며, 이 결과를 바탕으로 2004년 “Eco-Efficiency Indicator Handbook for Product”를 발간하였다.

마쯔시타는 '3GP(Green Product)지표'를 내부적으로 추진하였으며, 환경영향을 ①지구온난화, ②자원사용영향, ③유해 물질 사용의 백터합의 3차원으로 측정하였다. ①지구온난화는 온실가스배출을 분모, 제품기능과 제품수명의 곱을 분자로 측정하였다. ②자원사용영향은 전 과정을 통해서 새로 공급된 자원과 폐기된 자원(분자)과 제품성능*제품수명(분모)로 측정하였다. 여기서 환경효율은 환경영향의 역수로 측정할 수 있으며, 기존제품과 신제품의 환경경제효율을 측정하기 위한 Factor X는 신제품의 환경경제효율을 기존제품의 환경경제효율로 나누어서 측정하였다.

실제로 미쯔비시는 마쯔시타에서 개발한 방법론을 룸 에어컨(Room air-conditioner)에 적용(JEMAI 2002)하기 위해서 기존제품을 단위 백터로 놓고 신제품의 개선사항을 수치화하였다. 미쯔비시는 Factor X를 산정하는데 필요한 모든 정보를 수식화 하였고, 이를 통해 1.44라는 Factor 값을 얻게 되었다. 이는 신제품의 환경경제효율이 기존제품에 비해서 44% 향상됐음을 의미한다.

후지쯔는 Factor X의 정의를 {서비스(신제품)/서비스(기존제품)}/{환경영향(신제품)/환경영향(기존제품)}과 같이

2) RoHS(The Restriction of the Use of certain Hazardous Substance in electrical and electronic equipment)는 2002년부터 유럽연합(EU)에서 전기전자제품에 포함된 유해물질사용을 제한하는 규제를 의미함.

3) WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive)은 폐기물, 전기 및 전자 장비에 대한 유럽의회 및 유럽연합이사회 2003년 1월 27일부 지침 2002/96/EC는 생산자와 유통자에게 “다시 수거” 및 재활용 의무를 부과하는 의무임.

정의하였다. 여기서 서비스는 제품기능 및 성능의 향상도로 제품의 대표적 기능(또는 성능) 개선 비율의 백터 합성값으로 측정하였으며, 환경영향은 전 과정에서 발생하는 이산화탄소 양으로 측정하였다. 후지쯔는 위의 방법을 자사의 스캐너에 적용하였는데, 분자의 항목인 서비스의 인자를 광학 성능, 미디어처리 성능, 데이터처리 성능의 3가지로 제시하고 이의 백터 합의 값(2.469)을 구하고, 이를 통해서 Factor X=2.129로 도출하였다. 이는 기존제품에 비해서 신제품의 환경경제효율이 약 2.13배 향상되었음을 나타낸다.

3. W사의 적용사례

3.1 경제성 측정

W사는 1989년에 설립된 액체 여과기 제조회사로서 정수기와 연수기 제조, 수출 및 해외 렌탈, 먹는 물 수질분석 등을 주요사업으로 하며, 종업원 수는 4,100여명, 연간매출액 1.5조원의 상장기업이다. 본 연구에서는 W사의 환경경제효율을 측정하기 위한 방법론 및 사례를 개발하였으며 제품단위의 환경경제효율을 측정하였다. 대상제품은 신모델 CHP-08AL과 기존 모델인 CHP-06DL으로 선정하였다. 두 모델은 제품 출시 기간에서 약 2년 정도의 차이가 있었으며 CHP-06DL 모델은 2006년 출시된 후 2008년까지 높은 인기를 누렸으나 디자인 및 제품 형태에 대한 소비자의 욕구가 계속 진화되고 에너지 효율 및 재활용 폐기물 등에 대한 국제 환경 기준이 강화되면서 단순 개선 차원이 아닌 전략적 신제품 개발 차원에서 CHP-08AL의 제품 개발이 이루어 졌다. 환경경제효율의 측정방법에 두 제품을 선택한 이유는 CHP-08AL 제품의 후속 모델에 대한 신상품 컨셉 개발이 진행되었지만 과거의 두 제품을 비교하여 환경경제효율에 대해 검토하고 이 결과를 신제품에 반영하기 위한 것이다.

본 연구는 단일 제품군에 대한 사례 연구이지만 기존의 인기제품을 기준제품으로 설정하고 새로이 개발한 제품을 비교제품으로 둬으로써 단일 사례의 단점을 보완하고자 하였다. 단일 사례의 경우, 비교할 수 있는 기준이 존재하지 않기 때문에 결과에 대한 신뢰성 및 타당성 확보에 어려움이 발생하지만, 본 연구에서는 두 개의 제품 모델에 동일한 방법론을 적용하여 결과를 비교함으로써 단일 사례의 한계점을 어느 정도 극복하고자 하였다.

QEFD를 진행하기 위해서 환경품질, 제품설계, 생산기술자 등의 실무진들이 TFTeam을 구성하였다. QEFD는 정해진 절차, 형식은 없으며 제품이나 기업의 특성, 업종, 문화 등을 고려하여 해당기업에 맞게 적용할 수 있었다. 본 연구에서는 QEFD의 적용을 ①목적 진술 및 고객요구확인 ②제품 기획 ③제품 특성 전개, ④대응표 작성 및 품질의 집 완성 ⑤설계특성 설정 단계로 구분하였다.

3.1.1 목적 진술 및 고객요구확인

목적 진술 및 고객 요구확인 단계는 QEFD의 전체 프로세스와 참여자 선정 후 전개 목적을 명확히 하고 고객을 정의하고 고객요구를 수집하며, 정형화된 문장으로 정리하여 2차 또는 3차 수준의 고객 요구를 전개하는 단계이다. 세부 프로세스는 고객의 정의→고객니즈 수립→고객요구사항 정리→고객요구 전개표 작성으로 이루어진다. 또한 고객요구를 수집하기 위해서 <Table 1>의 정보를 활용한다.

Table 1. Methods to collect customer's requirement

Method	Ways to collect relevant information
Analysis of Technology Trend	· Analysis of international, national, and organizational standards. Analysis of technology trends for competition
Investigation of customer requirements	· Survey or interview directly to buyers, users, distributors, recyclers about customer requirements
Identification of regulations about product's quality and environment	· Research on the standards about quality, environment, safety, and health for the product · Identification international environment regulations and on environment and collection of information about R&D, production, distribution, usage, disposal, and recycling.

고객요구사항은 내·외부 고객용 인터뷰를 통해서 수집하고, 외부고객은 W사의 자체 고객요구서(VoC) 시스템의 내용을 재가공하여 사용하였다. 또한 내부 고객의 의견을 수렴하여 설문지와 KawakitaJiro에 의해 1964년에 고안된 KJ기법을 통해서 자료를 수집하였다. 1차 수준의 VoC로는 ‘가격이 합리적이다’, ‘내구성이 좋다’, ‘냄새가 없다’, ‘디자인이 좋다’ 등의 내용으로 구성되며, 2차 수준의 VoC의 내용은 1차 수준의 각각의 요구수준에 따른 내용으로 구성된다. 1차수준의 ‘가격이 합리적이다’에 대한 2차 수준의 고객요구서는 첫째, ‘렌탈 가격이 저렴해야 한다’, 둘째, ‘서비스 가격이 저렴해야 한다’, 셋째, ‘일시불 가격이 저렴해야 한다’, 넷째, ‘필터교체가격이 저렴해야 한다’, 다섯째, ‘필터교체가 없어야 한다’의 내용으로 구성된다. 다른 1차 수준에 대한 2차 수준 고객요구서의 내용 중 일부를 <Table 2>에 제시한다.

Table 2. Classification of customer requirements(abbreviated)

First-degree VoC	Second-degree VoC
Reasonable price	Rental prices should be low.
	Service charge should not be high.
	Initial equipment cost should be low.
	The cost of replacing filter should be low.
	No filter replacement is required.
Durable good	The equipment lasts longer.
No smell	There is no smell in water.
Good design	The equipment design is more feminine.
(Continued)	more(Continued)

3.1.2 제품 기획

제품 기획은 개선 및 개발할 제품의 품질 환경 목표를 설정하고 전사적인 차원에서 자원을 효율적으로 배분하기 위한 중요한 단계이다. 일반적으로 외부고객평가는 고객요구전개표의 1-2차 수준을 외부고객이 직접 평가한다. 중요도는 1~5점 척도로 하며, 각 수준별 가중치를 둔다. 2차 또는 3차 고객요구수준은 고객에게 직접 중요도 평가를 외뢰하기에는 항목이 너무 많으므로 계층화분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 통하여 가중치를 산출한다.

일반적인 QFD에서는 고객 요구사항에 대한 평가가 2차 수준이 아닌 1차 수준을 대상으로 실시하지만, 본 연구에

서는 기존제품과 신제품 모두 새롭게 출시되는 신규 모델이 아니라 시중에 시판되어 사용되고 있는 제품이기 때문에 사내 VoC 시스템에 의해 외부 고객 대상의 중요도 항목은 이미 파악이 되어 있는 상태이다. 따라서 외부 고객 대상의 설문평가는 필요하지 않아서 외부 고객 대상의 설문조사는 생략하고 내부 전문가를 대상으로 78개의 2차 고객 요구수준에 대한 설문을 진행하였다. 각 항목에 대한 중요도와 경쟁사에 대한 평가를 통하여 수준 향상율을 산출하였고, 수준 향상율⁴⁾이 1.0이상이고 중요도⁵⁾가 4 이상인 속성을 고객만족(Sales Point)수준으로 선정하였다. 본 단계에서 중요한 점은 관련 제품에 대한 내부 전문가들의 참여와 의견일치이다.

3.1.3 제품 특성 전개

제품 특성 전개는 고객의 요구사항을 제품 고유의 품질 및 환경특성으로 변환하는 단계이다. 다시 말하면, 고객요구전개표의 고객요구 항목을 기능성, 신뢰성 등의 품질특성과 유해성, 재활용성 등의 환경특성으로 추출하는 과정으로서 제품이 고객 요구를 어느 정도 만족시키고 있는지에 대한 측정 척도를 정하는 단계이다. 여기서 제품과 품질 특성은 구체적인 수치로 표현이 가능해야 한다. W사의 제품특성으로는 유지비, 위생성, 물맛, 청소주기 등으로 나타났으며, 제품특성이 너무 많은 관계로 제품특성 전개에 대한 일부의 결과를 <Table 3>에 제시한다.

Table 3. Translating customer's requirements to product attributes (abridged)

First-degreeVoC	Second-degree VoC	Maintenance	Legislation	Water taste	Cleaning cycle	(Continued)
Reasonable price	Rental prices should be low.					
	Service charge should not be high.					
	Initial equipment cost should be low.					
	The cost of replacing filter should be low.					
	No filter replacement is required.					
Durable good	The equipment lasts longer.					
No smell	There is no smell in water.					
(Continued)	(Continued)					

3.1.4 대응표 작성 및 품질의 집 완성

다음으로 이루어져야 하는 단계는 대응표 작성 및 품질의 집(이하 HoQ; House of Quality) 완성(Hauser and Clausing 1988) 단계이다. 대응표 작성 단계는 고객요구와 제품 특성의 대응정도를 구체적 수치로 결정하는 것이다. 고객요구전개표의 고객요구항목과 제품 특성전개표의 품질, 환경 특성과의 개별대응 정도를 기호 또는 수치로 표시하게 된다. HoQ는 신제품의 개념정리, 설계, 부품계획, 공정 및 생산계획과 판매까지 활용될 수 있으며, QEFD활용의 핵심수단이다. HoQ의 왼쪽과 오른쪽은 각각 고객의 요구속성(이하 CA; Customer Attitudes)과 기술특성(이하 EC; Engineering Characteristics)을 나타낸다. EC는 하나 이상의 CA에 영향을 미치며 설계자에 의해 결정될 수 있는 변수들을 의미한다. CA는 고객이 사용하는 언어로 표현되기 때문에 정성적이며 모호한 경우가 많으나 EC는 제품이 완성 된 후 정량적으로 측정 될 수 있으며, 제품에 대한 고객의 인식에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 항목이 선정되어야 한다. 제품 설계 고려 시 EC간의 상충관계가 포함되는데, 이는 획기적인 품질 향상을 위해서 해결해야

4) 수준향상율(Level-up)=목표수준(신제품)/현재수준(기존제품)

5) 중요도는 외부고객평가 * 내부평가 * 수준향상율(Level-up) * 고객만족으로 측정하였으며, 기존 제품이 없는 신제품인 경우는 수준 향상율은 제외했다.

할 잠재적인 연구개발의 기회를 제공한다. 본 연구에서 제시하는 W사의 사례에서는 5점 척도를 사용하였다. <Table 4>에 제시한 W사의 결과를 살펴보면, 렌탈 가격과 유지비는 5.0의 대응정도를 나타내고, 일시불 가격과 유지비는 1.0의 관계를 나타낸다. 서비스가격과 청소주기는 5.0의 관련성을 보이고 있는 등의 구체적인 수치로써 표현을 한다.

Table 4. Correlation matrix between customer requirements and product attributes (abridged)

First-degreeVoC	Second-degree VoC	Maintenance	Legislation	Water taste	Cleaning cycle	(Continued)
Reasonable price	Rental prices should be low.	5.0	4.0		3.0	
	Service charge should not be high.	4.0	4.0		5.0	
	Initial equipment cost should be low.	1.0	1.0			
	The cost of replacing filter should be low.	4.0	2.0	5.0		
	No filter replacement is required.	4.0	5.0	2.0	2.0	
Durable good	The equipment lasts longer.					
No smell	There is no smell in water.					
(Continued)	(Continued)					

3.1.5 설계특성 설정

본 단계에서는 설계특성의 중요도 값을 정하고 자사 또는 경쟁사의 기술수준 및 목표수준 등을 고려하여 개발제품의 설계특성을 구하는 단계이다. 즉, 품질특성의 중요도를 산정하는 단계이다. 품질특성의 중요도를 산정하는 절차는 성능값 특성→가치점수 산정→최종 결론 산출로 구성된다.

Table 5. Determinating the importance of design specifications (abridged)

First-degree VoC	Second-degree VoC	Maintenance	Legislation	Water taste	Cleaning cycle	(Continued)	Total
Reasonable price	Rental price should be low.	5.0	4.0		3.0		
	Service charge should not be high.	4.0	4.0		5.0		
	Initial equipment cost should be low.	1.0	1.0				
	The cost of replacing filter should be low.	4.0	2.0	5.0			
	No filter replacement is required.	4.0	5.0	2.0	2.0		
Durable good	The equipment lasts longer.						
No smell	There is no smell in water.						
(Continued)	(Continued)	
Importance of quality characteristics		46.0	37.0	18.0	36.0	...	829
		5.5	4.5	2.2	4.3	...	100
Performance values	Performance of existing model(scale: 1-5 points)	4.0	3.0	4.0	4.0	...	
	Performance of new model(scale: 1-5 points)	4.0	4.0	4.0	5.0	...	
Value score	Total score of existing model	22.2	13.4	8.7	17.4	...	363.57
	Total score of new model	22.2	17.9	8.7	21.7	...	437.99

3.2 환경성의 측정

환경경제효율을 측정하기 위해서는 분자의 요소인 가치평가 뿐만 아니라 분모의 요소인 환경성을 평가한다. 환경성의 측정은 환경부하를 종합적으로 나타낼 수 있는 탄소배출량으로 측정한다. 탄소배출량은 공신력 있는 제3자의 인증을 받은 자료이기 때문에 환경부하의 측정치로서 적합하다. 기준모델인 CHP-06DL과 신규모델인 CHP-08AL의 전과정 탄소배출량은 각각 1,354 KgCO₂와 1,311 KgCO₂이다.

3.3 환경경제효율 측정

3.3.1 후지쓰의 측정방법에 따른 환경경제효율

QEFD를 통해서 기존제품과 신제품의 제품시스템 가치를 파악하고, 두 제품의 탄소배출량을 통해서 환경영향을 파악하였다. 여기서 제품 시스템 가치는 경제적 가치를 의미하며 제품시스템가치와 환경부하의 측정으로 인해서 Factor X의 측정이 가능하였다. 후지쓰의 측정방법에 따른 $Factor X = \{(437.99/363.57)/(1,311/1354)\} = 1.2444$ 이다. 이는 신제품인 CHP-08AL는 기존 제품인 CHP-06DL에 비해 환경경제효율을 약 24%를 향상시켰음을 보여준다.

3.3.2 실제사용자의 QEFD측정에 따른 환경경제효율

<3.3.1>에서 측정한 환경경제효율의 기업시스템가치는 분석대상인 두 모델이 신규 모델이 아니라 기존에 운영되고 있는 제품모델이기 때문에 외부 고객 대상의 설문평가는 생략하고 내부 고객 대상으로만 설문을 진행하였다. 그러나 기업은 항상 기업에 유리하게 해석하는 경향이 있으므로 실제 정수기를 사용하는 소비자와 기업 내부의 전문가가 판단하는 환경경제효율의 차이를 파악하는 것은 중요한 의미를 가진다. 따라서 내부 이해관계자가 아닌 외부 이해관계자인 제품의 실제 사용자에게 같은 방법으로 QEFD를 실시하였다.

실제 정수기를 사용하는 소비자들에게 QEFD를 실시한 결과 기존제품인 CHP-06DL과 신제품인 CHP-08AL의 제품서비스가치는 각각 371.44와 428.54로 측정되었다. 이로써 $Factor X = \{(428.44/375.44) / (1,311/1354)\} = 1.178$ 로 나타났다. 즉, 신제품인 CHP-08AL은 기존제품인CHP-06DL에 비해 환경경제효율이 약 18%정도 향상되었음을 의미한다.

4. 결론 및 향후과제

환경경제효율은 환경성과 경제성을 동시에 고려하여 기업경영의 전 과정에서 환경에 미치는 영향을 최소화하고 경제적인 가치창출을 극대화하여 경제와 환경적 성과를 동시에 높이는 전략이다. 이의 정확한 적용을 위해서는 환경성과 경제성을 정확하게 측정하는 방법이 관건이다. 본 연구는 제품과 서비스의 경제적 가치(즉, 경제성)를 기존의 방법보다 정확하게 측정하는 방법으로 각광을 받고 있는 QEFD를 활용하여 환경경제효율을 측정하는 사례를 보여주었다. 각 품질 특성의 중요도를 산정하고, 각 품질 특성별 기존 제품과 신제품의 성능을 가치점수로 환산하여 산출한 결과, 기존 제품의 가치 점수 합계는 363.57이며 신제품의 가치 점수 합계는 437.99임을 확인하였다. 환경영향은 전과정 탄소배출량으로 기존 제품 1,354KgCO₂, 신제품 1,311KgCO₂이므로 Factor X는 1.244로 계산된다. 이는 신제품이 기존 제품에 비해 약 24%의 가치가 상승하였음을 의미한다. 또한 실제 사용자의 QEFD를 진행한 결과 기존 제품의 기존 제품의 가치 점수 합계는 375.44이며 신제품의 가치 점수 합계는 428.44이다. Factor X는 1.178로 계

산되어서 신제품이 기존 제품에 비해 약 18%의 가치가 상승하였다. 본 사례 제품의 환경경제효율은 생산자와 실제 사용자 모두 신제품이 기존 제품에 비해 효율적이고 가치가 상승되었음을 보여준다. 일반적으로 제품의 가치를 측정함에 있어 기존의 연구에서는 단위백터 및 기업이 파악한 대략적인 방법을 사용한다. 본 연구는 QFED기법을 적용하여 제품시스템 가치를 보다 정확하게 측정했음을 보여준다. 다만, 본 연구가 개발된 두 모델에 대하여 가치 점수를 계산하였기 때문에, 구체적으로 어떠한 엔지니어링 및 친환경 관리, 설계에 의한 개선 효과인지를 찾아내는 과정이 추가적으로 필요하다는 한계점이 존재한다. 또한 실제 사용자가 진행한 QFED에서는 기법의 의미 및 배점을 하는 데서 오차가 발생할 여지가 있다. 향후 연구에서는 역추적 과정 및 보다 정확한 이해관계자 QFED 기준을 만들고 보다 세밀한 연구를 진행할 필요가 있다.

본 연구는 W사 한 기업을 대상으로 QFED를 적용한 사례이기 때문에 일반화를 하기는 충분하지 않지만 방법론에 있어서는 다른 제품 또는 산업으로의 적용가능성이 충분하다고 생각된다. 그리고 본 연구에서는 한 기업에 대한 단일 사례의 한계를 극복하기 위해 시장에서 높은 판매를 기록한 기존의 제품과 새로 출시된 신제품에 대하여 동일한 방법론을 적용하고 그 결과로 나온 값을 비교함으로써 단일 사례의 한계점을 극복하고자 하였다.

마지막으로 현재 국내 환경경제효율을 측정한 사례는 LG전자, 삼성전자 등의 5개의 기업에 적용한 결과를 바탕으로 경제성과 환경성의 측정에 QFED를 적용가능성은 상당히 높을 것이다. 기업들은 경제성과 환경성을 높이기 위해서 많은 노력을 특정 부분에서 기울여 왔으나 이를 통합하여 측정하고 평가하여 개선하는 방법은 아직 부족한 실정이다. 그러나 본 연구를 수행함으로써 모든 개선의 시각을 통합하여 종합적으로 판단할 수 있었다는데 의의를 둘 수 있다.

QFED의 적용에 있어서 주의할 점은 VoC를 채집하고 가공하는 데에 따른 객관성의 확보였다. 특정 고객이 제공한 VoC가 진정으로 고객의 의견을 대변하는가를 파악하는 것부터 시작하여 가공 시에 고객의 원래 의도에서 벗어나지 않으면서 간결하도록 문구를 수정하는 것 그리고 채집 및 관리자의 의견이 반영되어 고객의 반응을 유도하지 않고 객관성을 유지하는 것이 어려움으로 작용했다. 또한 환경경제효율에 QFED방법론을 적용하기 위해서는 VoC 채집 등에 기존 제품에 대한 오랜 기간 형성되어 온 선입견의 작용을 막아야 한다. 마지막으로 표본수를 늘리는 것에는 한계가 있는 기업의 입장에서 QFED에 참여하는 인원이 한정적이어서 참여경험이 없는 연구진의 참여에는 주변 및 기존 참여인력의 의견 및 성향을 무의식적으로 받아들이기 쉽기 때문에 주의가 요구된다.

REFERENCES

- Akao, Y., ed.. 1990. *Quality Function Deployment*. Cambridge MA: Productivity Press.
- An, Hyoung-Tae and Hong, Seung-Ryong. 2010. "Case Study of QFED Adoption by a Korean Company." *Journal of Environmental management* 8(2):95-113.
- Ansari, A., and Modarress, B. 1994. "Quality function deployment: The role of supplier." *International Journal of Purchasing and Materials Management* 30(4):28-35.
- Day, R. G. 1993. *Quality Function Deployment: Linking a Company with Its Customers*. Milwaukee WI: ASQC Quality Press.
- Hauser, J. R., and Clausing, D. 1988. "The House of Quality." *The Harvard Business Review*. May-June 3:63-73.
- Japan Environmental Management Association for Industry. 2004. *Eco-efficiency indicator handbook*.
- Japan Environmental Management Association for Industry. 2005. *Guideline for Information and Communication Technology(ICT) Eco-efficiency Evaluation*.
- Japan Environmental Management Association for Industry. *Eco-efficiency for product. Definition of Eco-efficiency* 7.

- Lowe, A. J., and Ridgway, K. 2001. Quality Function Deployment. University of Sheffield.
- Masui, K., Sakao, T., Aizawa, S., and Inba, A. 2000. "Design for Environment in Early Stage of Product Development Using Quality Function Deployment." Joint international Congress and Exhibition Electronics Goes Green 2000+ 197-202.
- Masui, K., Sakao, T., Aizawa, S. and Inba, A. 2001. "Quality Function Deployment for Environment (QFDE) to support Design for Environment (DfE)." ASME (American Society for Mechanical Engineering) International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE). to appear.
- Masui, K., Sakao, T., Inba, A. 2001. "Quality Function Deployment for Environment QFDE (1st Report) -A Methodology in Early Stage of DfE." Second international Symposium on Environmentally Conscious Design and inverse Manufacturing (EcoDesign 2001) 852-857.
- Ministry of Commerce, Industry and Energy. 2007. Development of eco-efficiency guideline and study for application scheme. final report.
- Ministry of Commerce, Industry and Energy. 2010. Valuation standard of Product eco-efficiency. final report.
- Mizuno, S., and Akao, Y. ed.. 1994. QFD: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Development. Asian Productivity Organization. Tokyo: Japan. available from Quality.
- Sullivan, L. P. 1986. "Quality Function Deployment." Quality Progress. June:39-50.
- World Business Council for Sustainable Development. 1996. Eco-efficient leadership for improved economic and environmental performance.
- World Business Council for Sustainable Development. 2000. Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance.

