

## 환경친화성 제품설계를 위한 TCA 개발연구(1)

윤성이

(동국대학교 생명자원과학대학)

### Development of the TCA for the design of the environmentally friendly products(1)

Sungye Yoon

(School of Life Resource Science, Dongguk University)

#### ABSTRACT

Recently, interests in environment and Pollution Prevention have modified environmental law, and made international standard of DfE(Design for Environment) including DfD(Design for disassembly) and DfR(Design for recyclability). LCA(Life Cycle Environment) and TCA(Total Cost Analysis) apply for DfE. In this case, new trial like DfE, results of economical assessment in a business are primary factor for success and activation. Therefore, the objective of this study is developing the way to analyze the cost of products life cycle with research and analysis papers that related with TCA. Concretely this paper arranged the notion for developing method of TCA. The other hand, we have tried to harmonize ABC method, environmental cost accounting inventory and LCCA for developing TCA method. This study shows you the method to value economical efficiency based on environmental cost and pollution prevention cost with LCA and TCA.

Key words : DfD(Design for disassembly), DfR(Design for recyclability), TCA(Total Cost Analysis), DfE(Design for Environment), LCA(Life Cycle Environment)

#### 요 약 문

최근 환경에 대한 관심 및 환경문제의 사전예방(Pollution Prevention) 움직임이 새로운 법체계의 정비와 분해를 고려한 설계(Design for disassembly: DfD)와 재활용을 고려한 설계(Design for recyclability: DfR) 등을 포함하는 DfE 국제표준의 제정에 이르렀다. DfE를 위해서는 전과정 평가(Life Cycle Assessment: LCA) 방법과 제품의 경제성을 제고 시키기 위한 총 비용분석(Total Cost Analysis: TCA) 방법이 사용된다. 이러한 DfE와 같은 새로운 시도의 성공과 활성화 여부는 기업의 경제적 평가결과가 가장 큰 내부적 요인으로 작용한다. 따라서 본 연구는 국내외 TCA 관련 문헌을 조사분석하고 제품의 전라이프사이클에 있어서의 비용을 분석할 수 있는 기법을 개발하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로는 TCA의 기법개발을 위한 개념을 정리했다. 한편, TCA기법의 개발을 위해서 회계학적 기법(ABC방법)과 환경회계의 평가항목, LCCA의 세가지 방법의 융합이 필요함을 제기하고 원가적 비용접근법과 LCA를 수행하여 환경적 비용 그리고 생산자 오염비용부담 원칙에 입각하여 전체의 경제성평가를 할 수 있는 기법에 대하여 연구하였다.

주제어 : 정비와 분해를 고려한 설계, 재활용을 고려한 설계, 총 이용 분석, 환경디자인(eco-design), 전과정 평가

## I. 서 론

### 1. 연구배경

최근 환경에 대한 관심 및 환경문제의 해결 방법

에 대한 관심이 사후처리에서 사전예방(Pollution Prevention)으로 옮겨지고 있다. 이러한 움직임은 대내외적인 환경적 활동에 기인하는데 특히, 새로운 법체계의 정비와 분해를 고려한 설계(Design for disassembly: DfD)와 재활용을 고려한 설계

(Design for recyclability: DfR) 등을 포함하는 ISO/TC 207(환경경영 표준화 기술위원회)의 DfE 표준화 작업위원회(WG 3)가 추진하고 있는 국제표준의 제정이 그것이다.

선진국의 규제는 제품으로 인한 환경부하는 단순히 제조단계 뿐 아니라 제품 생산 전과정으로 범위가 확대되고 있으며 특히, 제품 사용 후 폐기에 따른 환경부하에 대한 책임이 제조자에게 주워지므로 폐 제품의 수거, 처리 및 처분과 관련된 엄청난 비용을 기업에게 부담토록 하고 있다. 따라서 전과정에 걸친 제품의 환경부하를 저감시키고 환경 친화적인 제품 개발을 위한 가장 효율적인 방법은 제품 설계 단계에서부터 환경성을 고려해야만 한다. 환경 친화적인 제품 설계를 위해서는 신제품 혹은 기존제품 모두 우선적으로 현재의 상황을 파악하고 주요한 개선기회를 강구해야 하고 이를 위해서는 적절한 평가 기준 및 평가방법이 필요하다. 제품의 환경성의 평가를 위해서는 전과정 평가(Life Cycle Assessment: LCA) 방법과 제품의 경제성을 제고 시키기 위한 총비용분석(Total Cost Analysis: TCA) 방법이 사용된다.

DfE와 관련한 경제성 평가는 DfD, DfR과 함께 그 중요성이 대단히 크다. 특히, DfE와 같은 새로운 시도의 성공과 활성화 여부는 기업의 경제적 평가결과가 가장 큰 내부적 요인으로 작용한다.

그러나 이와 같은 취지의 연구 및 도입이 쉬운 것만은 아니다. 먼저 국내외의 선행연구가 전무하고 가령 TCA가 완성되었다 하더라도 전과정의 비용을 제품에 전가한 경우 타 회사 혹은 타 국가의 제품과 동일한 가격결정 체계로 이루어져야만 한다. 또 다른 현실적인 어려움은 TCA를 위한 기업의 데이터구축이 연구분야에서는 어렵다는 것이다. 이러한 문제점들을 염두에 두면서 다음과 같은 연구목적을 통하여 수행한 결과를 이하에서 서술한다.

## 2. 연구의 목적 및 방법

이상과 같은 배경을 바탕으로 기업의 산업경쟁력 제고와 국가의 환경 친화적인 경제사회 구축에 필수적인 요소가 될 DfE의 경제성 평가기법을 개발하는 것을 연구의 목적으로 하며 이것은 TCA 방법 기초

정립에 이바지 할 것이다.

연구방법으로는 먼저 TCA의 방법개발을 위한 경제성 평가방법을 조사하고 본 연구의 TCA개념을 정리했다. 한편, TCA방법의 개발을 위해서 회계학적 기법(ABC방법)과 환경회계의 평가항목, LCCA의 세가지 방법의 융합을 시도했다. 이러한 시도한 이유는 특히, 제품의 단가를 TCA적 추정을 위해서는 회계학적 원가계산 기법인 ABC방법을 도입하는 것이 유익할 것이기 때문이고 구체적인 환경적 개선효과를 위한 행동에 따른 결과의 평가(제품별, 공장단위별)를 위해서는 환경회계의 평가항목이 유효하고 그 개별적 평가의 선행목록을 추출하기 위해서는 LCI의 선행이 요구되고 화폐적 가치를 추정하는데는 LCCA의 수법이 유익할 것이기 때문이다. 본문의 내용에서 알 수 있듯이 본 연구는 TCA의 연구이기에 DfE에서 추구하는 포괄적 비용분석으로 접근해야 한다. 그러나 본 연구는 초기단계의 TCA 방법 기초정립이 목적이기 때문에 기업의 직간접비용과 환경대책에 관련한 비용을 평가하고 잠재적 비용과 사회적 비용 등에 대해서는 취급하지 않고 향후 과제로 남겨둔다.

## II. 본 론

### 1. TCA의 일반적 개념

TCA(Total Cost Assessment)는 한 법인내에서의 환경성 향상 및 번영을 위한 비용투입과 관련된 내부 의사결정 과정에서 장기적으로 경쟁력의 향상을 꾀할 수 있는 선택을 하도록 도우는 기법이다. 이러한 TCA기법은 제품의 전과정목록 데이터(Life Cycle Inventory)를 포괄하는 것으로 전과정평가(LCA)가 수행된 후에 TCA를 수행할 수 있는 것이며 다음과 같은 6단계<sup>1)</sup>를 거쳐 구성하도록 선행연구는 권고하고 있다.

- 1) Goal Definition and Scoping
- 2) Streamline the Analysis
- 3) Identify Potential Risks
- 4) Conduct Financial Inventory
- 5) Conduct

1) "An Introduction to Environmental Accounting As a Business Management Tool, US EPA 742-R95-001, 1995)

## Impact Assessment 6) Document Results 7) Feedback to Company's Main Decision Loop

다음으로 비용의 의미는 제5단계로 나누어서 생각하는 것이 일반적이다.

Type I, II 비용은 프로젝트에 투입되는 직접비용과 회사전체의 총비용을 할당해 주는 데 투입되는 비용이다. 일반적으로 이 비용은 회사 내부의 원가계산 시스템에서 경제적 평가와 주요 프로젝트를 판단하는 그룹에서 결정될 것이다. 이 원가계산 시스템은 주로 회사내의 회계와 광고과정에 편리성을 제공하기 위해 개발된다. TCA사용자는 내부의 비용시스템의 가치하락과 다른 항목이 분석 및 결정에 어떠한 영향을 미칠 것이냐에 관하여 인식하고 이 항목이 어떻게 평가되어야 하느냐에 관하여 조사해야 한다.

Type III 비용은 장래에 부담할 수도 혹은 부담안할 수도 있는 비용을 말한다. 예를 들어, 잠재적 책임이 있는 배상, 규제 및 처벌로 인한 손해, 천연자원의 손실, 벌금 또는 범칙금 등을 들 수 있다. 이러한 비용은 현재 인정이 안될지도 모르기 때문에 내부관리회계 시스템과 의사결정에 있어서 적절한 주목을 끌지 못할 수도 있다. 작업그룹은 이 미래지향적 책임을 위한 신뢰할 수 있는 비용을 개발하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 작업그룹은 TCA수행자에게 Type IV와 V의 개발을 위한 출발점의 일환으로 비용에 대한 자료를 제공해주어야 한다. 이와같이 이 섹션에서는 자료검색의 결과를 기술하고 Type III 비용을 정하는 섹션이다.

Type IV 비용은 내부의 파악하기 어려운 비용으로 정의된다. 이 비용은 측정이 어려워 예산의 편성 또는 전략적 계획으로서 보통 고려되지 않는 비용이다. 그러나 이 비용은 기본적 비용에 영향을 미치기 때문에 어떠한 TCA수행이라도 고려되어야 한다. TCA방법론에 포함되는 Type IV비용의 예는 직원들 간의 이슈, 시장점유율, 가동할 면허, 작업중 재해 등을 들 수 있다. Type IV 비용은 Type I, II 비용과 III 비용보다 큰 불확실성을 가지고 있기 때문에 정량화하기에 많은 혼란이 따른다. 자료수집에 있어서는 신원확인이 되는 자료, 즉 출처가 명확한 자료는 TCA수행자에게 출발점을 제공해준다. 결국 이 섹션에서는 자료검색의 결과를 기술하고 자료를 Type IV

비용의 분량으로 정하는 것이다.

Type V 비용은 외부의 보이지 않고 파악하기 어려운 비용으로 정량화하는데 있어서 가장 어려운 비용이다. 이 비용은 환경의오염등과 관련되는 사회적 비용을 포함하며 자연생태, Amenity, 제품이 건강에 미치는 영향 등을 포함시키기도 한다. Type V 비용은 출판되는 서적, 뉴스, 보고서, 인터넷 그리고 EPA와 국제 규제 대리점과 상호 작용하는 것에 의하여 출처가 확인된다.

## 2. 본연구에 있어서의 TCA개념

본 연구에 있어서의 TCA란 대상제품의 공정상의 모든 직접 간접으로 투입되는 비용과 환경적 행위에 대한 평가를 Bill of Material(BOM)을 토대로 제조단계 특히 제품의 최종 조립단계를 대상으로 원자재, 부자재, 부품, 에너지 및 용수 등 투입물 비용과 폐기단계의 폐기관련 비용 특히 수거, 재활용, 소각 및 매립비용을 산출하여 DfE의 한 측면인 경제성 평가를 하는 것으로 정의할 수 있다. 그리고 최종적으로 환경과 기술과 경제의 요인을 경영적인 측면에서 최적화하는데 일부분을 담당하는 것을 그 목적으로 한다.

본 연구에 있어서 TCA라고 하는 것은 위에서 말한 내용을 기본으로 하지만 보다 구체적으로 설명하면 DfD와 DfR을 하는데 추가적으로 소요되는 직접적인 비용과 환경보전 비용을 의미한다. 그것을 요약하면 기업 등의 사업활동에 기인하는 환경부하를 억제하는 것 등을 목적으로 한 비용 및 그것과 관련된 비용을 표현하는 것이라고 할 수 있을 것이다. 또 이 환경비용에 해당할까, 해당하지 않을까라고 하는 판단기준은 지출목적은 원칙으로 하고 필요에 대응한 환경보전에 관련한 효과면으로부터의 경제성도 가능한 한 포함하는 것으로 한다.

본 연구에서의 TCA개념은 보다 상세하고 공장 베이스 이외에서는 판단 불가능한 보다 구체적인 부분에 대해서는 개념 정리와 구체적인 파악수법을 제시하기에는 한계가 있다. 이 경우에는 본 연구논문의 전체적 내용과 단락별 구체적 설명을 바탕으로 개별 사업소별 혹은 개별기업별로 접근하여 평가하면 될

것이다. 그리고 이러한 문제점은 결론부분에서 언급하고 있듯이 향후 TCA를 기업경영의 회계에 접목시키기 위해서는 무엇보다 산학협동의 연구를 필요로 한다는 점을 시사하고 있다.

그러면 TCA라고 하는 것은 결국 환경보전을 위하여 환경 친화적 행위에 의한 결과의 평가이기 때문에 비용적 측면에서 크게 구분해 보면 투자액과 비용액, 연구개발, 사회적 비용 등으로 크게 구분하여 생각해 볼 수 있을 것이다. 그러면 먼저 환경보전이라는 개념의 확립이 선행되어야 하고 그 개념에 입각하여 위에서 말한 비용을 선택하고 최종적으로는 TCA의 개념에 입각해서 평가해야 할 부분만을 선택하면 될 것이다. 환경보전이란 환경부하 즉 사업활동과 그 외의 사람에 의해서 생겨나는 광범위에 걸친 환경에 미치는 영향에 대하여 환경의 양호한 상태를 유지하는데 지장의 원인이 될 가능성이 있는 것의 발생방지, 발생의 억제, 영향의 제거, 발생한 피해의 회복 또는 이것에 준하는 행동이라고 정의할 수 있다. 구체적으로는 다음과 같다.

- 기업 등의 사업활동에 따라서 생기는 대기의 오염, 수질 오염, 토양의 오염, 소음, 진동, 지반강화 및 악취에 따라서 사람의 건강 또는 생활환경에 관련한 피해가 생겨나는 사태와 관련한 환경보전(공해방지)

- 기업 등의 사업활동에 따른 지구전체의 온난화 또는 오존층 파괴의 진행, 해양의 오염, 야생생물도의 감소, 기타의 지구 전체 또는 그 광범위한 부분의 환경에 영향을 미치는 사태와 관련한 환경보전(지구환경보전)

- 기업 등의 사업활동에 있어서 자원(물을 포함)과 환경오염의 위험이 있는 화학물질의 사용 저감, 폐기물의 발생억제, 사용제품 등의 재이용, 다양한 레벨에서의 리사이클 추진, 폐기물의 적정처리 등에 관련한 환경보전(자원순환)

- 기업 등이 추진하고 있는 기타의 환경보전(기타의 환경보전)

또 환경보전과의 경계선을 긋기에 어려운 영역에 안전 위생에 관한 분야가 있을 수 있다.

이상의 환경보전이라는 영역에서 구체적으로 원가

에 영향을 미치는 부분은 공해방지와 지구환경보전에 있어서 그 대응을 위한 모든 기업의 행동, 다시 말하면 에너지 절약기술 투입, 환경 친화적 에너지로의 대체 등과 자원순환을 위한 구체적인 기업의 기술투입 등이 생각 가능한 부분이다. 그렇지만 이러한 환경보전 활동에 따른 비용의 발생에 대한 평가에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 위에서 언급한 사회적 비용, 환경 친화적 연구개발 등은 원가비용으로 평가하기에는 아직 기업의 관리차원에서나 가능한 이야기이지 실제 판매가액을 산정하는데 대한 제품원가의 비용으로는 산정하기가 현실적으로 어렵다는 것이다. 그렇다면 결국 TCA의 평가에는 환경 친화적 제품생산을 위한 투자액과 비용액에 대한 항목만으로 평가하는 것이 현실적이라고 할 수 있을 것이다.

투자액이라고 하면 원칙적으로 환경보전을 목적으로 지출한 것으로 그 효과가 수기에 걸쳐서 지속하고 그 기간 중에 비용화 되어가는 것을 말한다. 여기서 말하는 투자액은 재무회계상의 감가상각 자산의 당기취득가액이라고도 한다.

비용액은 환경보전을 목적으로 한 지출로부터 취득한 재화, 서비스의 소비에 따라서 발생하는 것이다. 이 비용액은 비목별로는 인건비, 원재료비, 감가상각비 등으로 이루어 진다.

본 연구에서는 제품생산을 위한 환경보전 행동에 대한 비용을 산정하는데 있어서 위에서 설명한 투자액과 비용액을 정확하게 파악하는 방법개발을 목표로 한다. 그러면서도 기업 등의 TCA의 구체적인 확립을 위한 실천수준을 감안하면 법체계와 기업내부의 상황 등이 맞물려 단계적인 대응이 필요할 것으로 생각된다. 법체계의 확립을 제외하고서라도 예를 들면 다종다양한 설비의 환경보전 비용에 포함해야 할 감가상각비를 계산하는 것은 현시점에서는 어려운 경우가 있기 때문에 파악(추정)을 하지 않는 것도 하나의 방법일 수 있다는 것이다. 또 빈번하게 투자를 하지 않는 기업의 경우 비용액만으로 환경보전 비용을 파악하는 것이 당분간은 충분할 수도 있을 것이다. 이러한 기업내부의 현실적 문제를 감안하면서 TCA를 수행할 때 유의사항을 정리해 보았다.

- 환경보전 비용으로서 여기서 정의하는 투자액

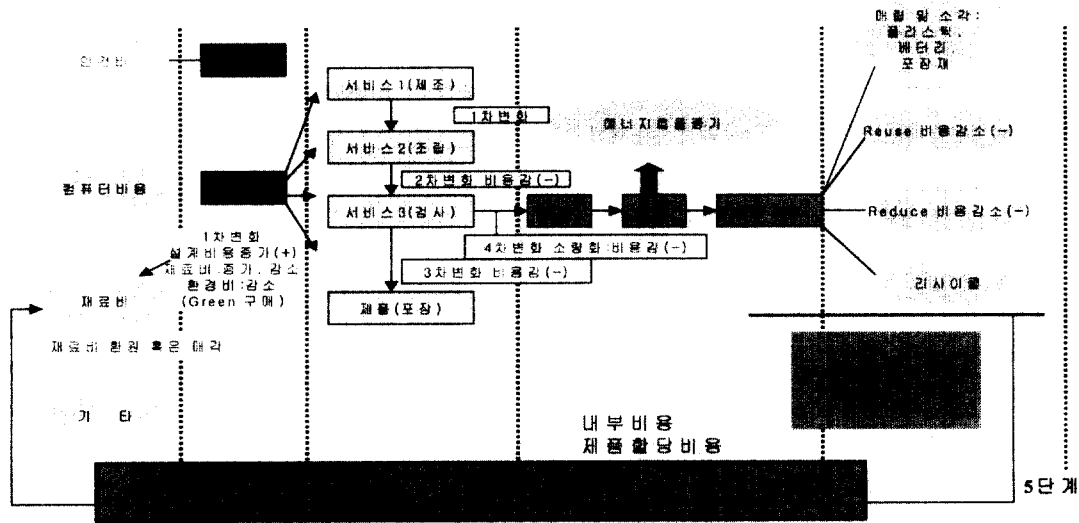


Fig. 1. TCA모형의 구조

과 비용액에는 쌍방에 감가상각 부분이 포함되어 있고 단순히 합산하는 것은 2중 계산이 될 소지를 내포하고 있다.

● 환경보전을 위한 투자액과 대비하기 위하여 그 기의 환경보전 목적 이외의 투자액을 포함한 그 기의 투자액을 별도로 기재하는 것이 DfE의 완성을 위해서는 필요할 것이다. 이것은 환경대책과 관련 환경적 효과와 동시에 경제적 효과와도 관계하기 때문에 과거 몇 년간의 투자액은 중요한 정보로서 사용할 수 있을 것이다.

이와 같이 TCA를 수행하는데 기본적으로 공해방지 비용에 의한 구체적인 비용은 감가상각비, 설비리스 비, 인건비, 전력비, 수도광열비, 하수도, 폐기물처리비, 리사이클비, 측정비, 원재료비, 수선비, 기타 등으로 생각해 볼 수 있다. 이러한 공해방지 비용은 기본적으로 지구환경보전비용과 자원순환비용에도 동일하게 적용될 수 있을 것이다. 여기에서 이렇게 비용항목을 크게 분류하는 것은 그 기업의 환경적 목표를 어디에 무게를 두고 있는가에 따라 선택의 폭을 크게 하기 위함이다. 최종적으로는 환경과 경제 그리고 기술의 최적화를 기도해야 하는데 그 경우 환경과 기술의 요소에 보다 유연성을 부여할 수 있는 분석수법으로 확립하고자 한다.

### 3. TCA의 방법의 기본 Tool개발

#### 1) TCA모형의 구조

기업의 구체적인 환경친화성 제품의 개발에 대한 개선항목이 설계에 반영되면 개선항목에 대한 환경성 평가를 LCA하고 LCA와 더불어 비용 및 편익을 평가(TCA)하여 DfE의 최적화를 기한다. 이때의 각 공정별(단계) 비용의 추정을 하는 것이 Fig. 1.이다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 4단계까지의 공정별 추정은 TCA의 내부비용 즉, 기업의 내부비용에 해당하고 최종 단계인 5단계의 추정은 외부비용에 해당된다. 내부비용에 해당하는 제2단계에서 환경적 비용의 변화는 그연구대로 인한 비용의 증감이 되겠고 3단계에서는 폐기물의 감량, 에너지 절약, 공정의 단순화 등으로 환경개선과 함께 비용의 절감이 평가대상이 된다. 4단계에 있어서는 물류와 회수의 개선을 통한 비용의 절감과 환경의 개선(운송연료의 절감 등)이 평가대상이 된다. 외부비용의 내생화에 해당하는 제5단계는 3R(Recycle, Reduce, Reuse)에 의한 매각 등의 편익과 매립 및 소각에 대한 비용 변화의 평가가 주 대상이 된다. 보다 구체적으로 살펴보면 먼저 제1단계에서 5단계까지의 직접경비에 대해서는 기업회계의 기법을 적용하고 환경적 평가는 각 단계

별로 LCA평가를 기초로 비용을 계산한다. 예를 들면 DfE 설계에 따른 설계단계의 1차비용변화 및 환경변화, 이때의 구체적 기업의 활동은 재료의 그린구매 등이 있을 수 있다. 3단계인 제조공정에 있어서도 에너지효율, BOD감소, 제품의 소량화, 사용재료의 저감 등 비용 및 환경적 변화부분을 측정하여 비용화하여야 한다. 4단계에 있어서는 물류와 사용 그리고 회수방법 등에 따른 기업의 비용편익이 있을 수 있고 보다 구체적으로는 ABC회계 기법에 의하여 계산한다고 생각하면 된다. 그러나 학제적 연구로서 이 모든 구체성에 접근하기는 한계가 있기 때문에 우선 초기단계에 있어서 개별기업이 가진 정보에 변화된 직 간접비용과 환경적 비용편익을 가감하는 형태로 사용단계의 에너지 효율 등이 기업으로서 평가 받을 수 있는 부분이다. 이 부분은 기업이 환경 경영을 하는 소비자에 대한 이미지 개선 효과나 환경Fund의 투자 등을 상정할 수 있으나 화폐로서 계량화하기는 어려운 부분이다. 마지막으로 본 연구의 가장 큰 포인트라고도 할 수 있는 최종처리 단계인 5단계의 비용편익 분석이다. 그리고 이 부분의 환경친화적 시스템 구축에 따른 시장 시스템이 완성되면 유가물의 회수에 의한 재료비에의 피이드 백으로 기업에 새로운 편익을 초래하는 부분도 평가되어야 한다. 이상이 TCA에 있어서 단계별 비용평가 적용 부분이 된다.

2) 구체적인 원가의 계산법(할당의 지수화, 내부비용)

TC(Total Cost)의 구체적 파악은 지출항목을 기준으로 파악함을 원칙으로 하지만 필요에 따라서는 차액의 집계, 할당집계, 간편법에 의한 집계 등으로 추정하나 본 연구에서는 할당집계를 중심으로 한다. 인건비와 감가상각비에 대하여서도 지출항목이 구체적이지 않을 때는 할당의 지수에 의거하여 파악한다. 그 구체적인 지수는 Table. 1.와 같다.

보다 구체적으로는 ABC회계 기법에 의하여 계산한다고 생각하면 된다. 그러나 학제적 연구로서 이 모든 구체성에 접근하기는 한계가 있기 때문에 우선 초기단계에 있어서는 개별기업이 가진 정보에 변화된 직 간접비용과 환경적 비용편익을 가감하는 형태

Table. 1. 할당의 지수

공정별 (항목별)	비용계산(인건비, 재료비, 설비비 등)		
	인건비 (타 비용 동일)	연 산 기 호	할 당 지 수
설 계	총 인건비	공하기	대상인원(설계참가 수)/ 총 인원 수
가 공	"		가공인원 수/총 인원수
수 송	"		수송인원 수/ 총 인원수
제 조	"		제조인원수/ 총 인원수
조 립	"		조립인원 수/ 총 인원수
검 사	"		검사인원 수/ 총 인원수
포 장	"		포장인원 수/ 총 인원수
유 통	"		유통인원 수/ 총 인원수
폐 기	"		폐기인원 수/ 총 인원수
-	"		-

주) 타 재료비, 설비비 등의 할당도 기본적으로 동일 수법에 의한.

로 접근해야 할 것이다.

3) 환경부하의 저감 증감의 물량 및 화폐적 파악지수

환경보전효과를 단순한 물량지표에 따른 경연변화의 표시만으로는 기업노력의 실태를 올바르게 전달하지 못하는 경우가 많다. 단순한 물량표시(Fig. 2.)를 전제로 하고 그 의미를 알기 쉽게 하기 위해서 효율성 지표로서 화폐가치의 지표를 정리한다.

이러한 효율성 지표를 설정하기 위해서는 우선적으로 기업의 외부적 활동을 내부화시키기 위한 구체적인 데이터의 구축이 선결과제로 된다. 그리고

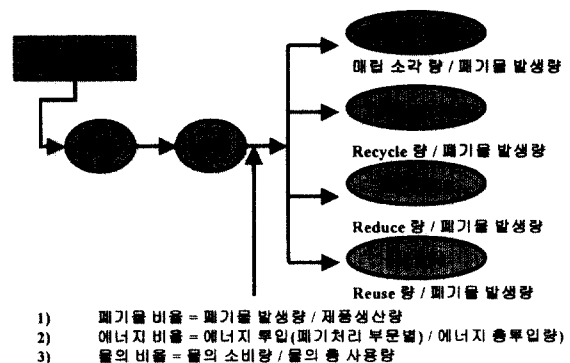


Fig. 2. 환경부하의 증감에 대한 물량지수

Reuse, Reduce한 부분의 편익계산이 제품과 연계하여 평가되어야 한다. 화폐적 평가방법은 아래와 같은 식에 따른다.

- 폐기물 처리비용  
= 폐기물 처리비용/총제조비용
- 물 사용 비율  
- 물 사용비 및 처리비용/총 제조비용
- 에너지 사용비율  
= 에너지 사용비/총제조비용으로 정의한다.
- 이때의 폐기물 처리비용  
= 순 처리비용-폐기물 매각 수입이다.

#### 4. 휴대폰의 경제성 정보구축

##### 1) TCA모형과 휴대폰 BOM의 연결

TCA는 기업 내부의 비용에 기업외부의 비용을 합한 것을 의미하고 사회적 비용은 제외하는 것으로 한다. 그리고 BOM은 단순히 재료의 질과 환경성만을 의미하는 것이 아니고 단가의 표시도 함께 정리된 것으로 한다. 설계는 기본설계와 DR1, 상세설계

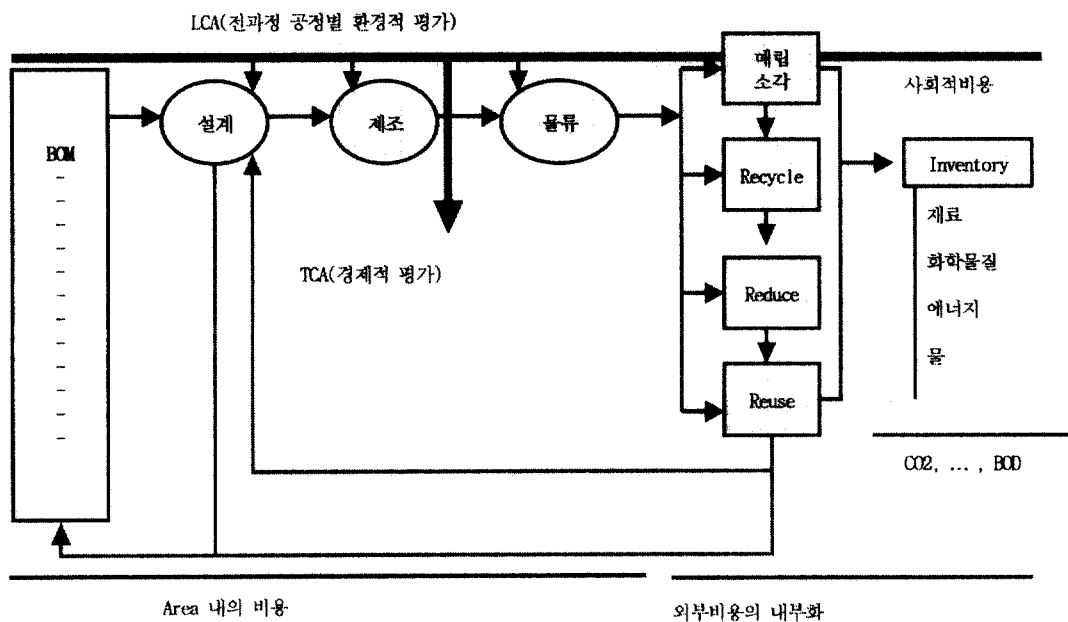
와 DR2, 시작품 제조와 DR3로 세부화 해서 DRx의 과정에서 각각 제품 Assessment를 행한다. 이때의 평가결과를 차기의 제품기획, 개발시의 설정 목표에 피이드백하여 제품환경효율과 경제성의 목표설정에 기여하도록 한다(Fig. 3.).

따라서 DfE를 하기 위해서는 LCA와 TCA가 함께 유용하게 조합되어야 하고 이러한 LCA의 결과를 바탕으로 TCA가 완성된다는 것을 이해하여야 한다. Fig. 3.은 이러한 LCA와 TCA가 조합된 형태로 평가분석된다는 것을 설명하고 있다.

##### 2) 개별 제품의 TCA절차

Fig. 4와 같이 TCA모형에는 비용정보 및 원가할당의 과정을 거쳐 단가가 표시된 BOM과 연결하고 비용 및 환경성의 평가를 한다. 이때의 BOM과 비용 및 환경면 평가, 공정별 Inventory의 분석은 LCA의 결과를 적용한다. 이들 개별 제품의 물량정보와 화폐정보의 효율성 평가는 Table 2와 Table 3과 같은 방법으로 평가함을 원칙으로 한다.

Fig. 3.에서 각 할당기준을 중심으로 내부적 외부

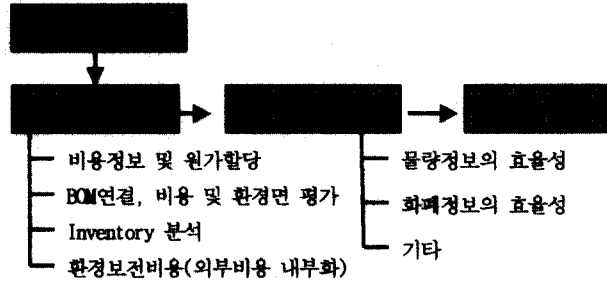


- TC = Area 내의 비용+외부비용의 내부화, 단 사회적 비용, 잠재적 비용 등은 본 연구에서는 제외한다. 이러한 의미에서 본 연구의 TCA는 정확한 파악 가능한 단계까지인 TCA 전단계(1, 2단계)까지만을 대상으로 한다.
- LCA의 환경적평가를 선행한 후 그 결과를 바탕으로 TCA를 개발된 모형 하에서 실행한다.

Fig. 3. LCA와 TCA의 조합 형태

적 비용과 환경비용의 경제성평가를 TC로서 평가하고 다음으로 Fig. 4와 Table 2와 Table 3에 나타난 바와 같이 효율성 지수를 기준으로 각 공정별 경제성 평가를 한다.

이때의 효율성 정보 즉, 환경친화성 제품의 경제성 정보가 DfE에 연결됨으로써 TCA는 완성된다.



◆ BOM연결, 비용 및 환경면 평가, Inventory 분석은 LCA의 결과를 적용

Fig. 4. TCA의 완성절차

### III. 결 론

이상에서 TCA의 틀개발에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구의 가장 큰 문제점은 사회적 비용을 화폐화하여 내부비용으로서 평가할 수 있는 충분한 데이터와 평가방법의 이론적 기초가 부족하다는 점이다. 제3장에서 설명한 환경의 경제성 평가방법이 아

직은 환경회계와 같은 시장적 가치로 평가해서 적용하기에는 많은 한계가 있다는 것이다. 그리고 현재의 인적구조로는 모든 환경규제 및 환경투자의 경제성 분석을 수행하기 어려우므로 전문성을 가진 인력확충이 필요하며 이를 위한 조직확대와 예산의 확대가 절대적으로 필요하다. 그리고 무엇보다도 Bench

Table 2. 대상제품의 물량정보의 효율성

대상항목	지 표 명 칭	지 표 식	비 고
제품원료	손상 품 및 발생비율	손상 품 발생량/제품 생산량	
	Recycle 가능 율	Recycle 량/원료사용량	
물	수돗물 사용의 효율성	수돗물 소비량/총 생산량	
	에너지	열효율	열에너지 소비량/전물면적
	에너지 효율성	에너지 소비량/총 생산량	
	조명효율	조명 에너지 소비량/사용면적	
	에너지 투입비율	에너지투입(부문별 제조공정별)/에너지 총 투입	
폐기물	폐기물 비율	폐기물 발생량/재료 투입량(또는 제품 생산량)	
	Recycle 비율	Recycle 량/폐기물 발생량	

Table 3. 대상제품의 화폐정보의 효율성

대상항목	지 표 명 칭	지 표 식	비 고
DfE비용	투자비율	환경투자액/총 투자액	
	매상고 비율	총환경 비용/매상고	
	폐기물 처리비율	폐기물 처리비용/제조비용	
		폐기물 처리비용 순 증감/환경비용	
		폐기물 처리비용/매상고	
	경상이익 비율	환경비용/경상이익	

자료: 참고자료 8



Marking을 통한 연구결과의 검증을 위한 데이터 구축의 곤란성과 Bench Marking을 위한 산학협조체계의 부족을 문제점으로 들 수 있겠다.

서론에서 언급한 바와 같이 본 연구는 TCA연구이긴 하지만 그 전체를 다 커버하지 않고 DfR를 수행하는데 있어서 변화된 비용과 환경적 대책에 따른 비용만을 대상으로 했다. 설불리 TCA 전체를 커버하기 위하여 연구를 수행하다보면 최근의 환경친화적 제품개발의 움직임과의 괴리에 의하여 기업의 환경경영에 직접적인 기여를 하지 못할 가능성이 크다. 그러한 의미에서 본 연구는 TCA 제1단계, 2단계의 부분에서 보다 환경적인 분석을 추가하는 형태로 연구를 진행하였다. 향후, 지금까지 수행한 연구결과를 바탕으로 환경친화 제품설계의 경제성 평가를 위한 TCA 방법 개발을 보다 실용적이고 구체적인 연구성과 즉, 대상제품에의 적용을 통한 평가기장을 작성, 친환경 설계를 위한 개선 포인트의 매트릭스 작성, 친환경 제품의 단계별 비용지수 개발(생산→최종폐기), 대상제품에의 적용을 통한 TCA방법 검증, DfR을 위한 최적화 방법완성을 위한 연구에 전념해야 할 것이다. 나아가서는 향후 지속가능한 발전을 위한 개발이라는 대 명제에 부응하기 위해서 TCA의 본질적이고 광범위한 연구가 반드시 수행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- 1) Environmental Cost Accounting for Chemical and Oil Companies: A Benchmarking Study, David Shields, Beth Beloff, and Miriam Heller(1997)
  - 2) EPA: Best Industrial Practices, Volume I, Phase I for Center for Waste Reduction Technologies(1997)
  - 3) Environmental Impacts on Life Cycle Costs, Jeannie C. Wood(1999)
  - 4) SETAC: Evolution and development of the conceptual framework and methodology of life-cycle impact assessment, SETAC Press(1998)
  - 5) EPA: An Introduction to Environmental Accounting As a Business Management Tool (1995)
  - 6) Economic and Social Dimensions of Climate Change, Bruce J.P(1996)
  - 7) The Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press(1996)
  - 8) 환경회계의 구조, 이노우에 토시에, 아사출판, 2000, 2.
- \*\* 본 연구는 동국대학교 논문계제 연구의 지원으로 이루어졌음.