

골판지 포장산업의 청정생산을 위한 전과정평가(LCA) 적용 ②

조합 정보기술팀 제공

한국골판지포장공업협동조합 주관으로 2002년 9월 26일~27일까지 무역센터(COEX) 3층 대서양홀에서 제4회 국제골판지포장기술 심포지엄 겸 제5회 2002년도 골판지포장산업 기술자 연수대회를 개최하였습니다. 이번 연수대회에서 발표한 내용을 정리하여 관련 교육자료와 함께 연재하오니, 더 한 층 발전하는 골판지포장업종이 될 수 있도록 업체에 종사하는 모든 분들의 많은 관심과 연구를 통한 기술력 향상에 많은 도움이 되었으면 합니다 (편집자 주).

4. 골판지포장산업의 LCA

4.1 LCA의 필요성

제품의 환경성 개선의 필요성이 사회적으로 대두되면서 제품을 구입하는 소비자의 환경의식 또한 높아져 성능면에서 우수하고 운영비용과 가격이 저렴하면서도 환경성이 좋은 제품을 요구하고 있다. 그림 2는 이와 같은 개념을 소비자와 환경적 요구수준으로 구분하여 나타낸 것이다.

그림 2에서 소비자의 요구와 환경적 요구수준이 겹쳐진 부분을 보면, 에너지절약, 자원절약 등의 일부 항목에 한정되어 있는 것처럼 보인다. 그러나 실상은 에너지 및 자원 절약은 고객의 요구수준에서는 저가격과 고성능으로 연계되어 있으며, 환경의 요구수준에서는 지구온난화방지 등과 연계되어 있다. 이 외에도 각 제품의 원료 취득에서 생산, 사용, 재활용 및 해

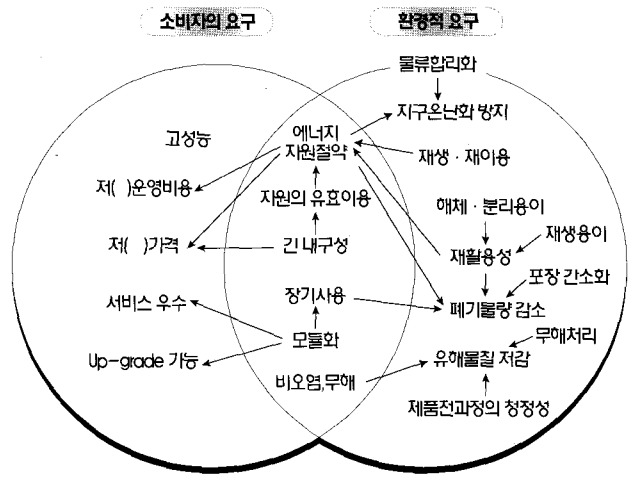


그림2 소비자의 요구와 환경적 요구수준

체의 전과정에 걸쳐 소비자의 요구조건과 환경적 요구수준이 연계되어 있는 것을 볼 수 있다. 이는 제품을 제조하는 기업이 소비자의 요구수준과 환경적 요구수준을 만족시키는 노력을 통하여 환경보전을 이루어 나갈 필요가 있다는 것을 의미하며, 이러한 관점에서 기업의 환경영향 개선의 기본이 될 LCA는 반드시 수행하여야 할 필

수적인 사항이 되었다. 지포장산업에서도 지구환경보존에 관한 국제적 공조의 필요성과 환경문제를 국가간의 무역 활동과 연계시키려는 새로운 국제규범에 대처하기 위하여 환경영향평가는 절실히 필요하다는 것이다. 여기서 환경영향평가는 골판지포장기업이 자연의 자정능력을 고려하여 골판지포장의 전과정(원료취

득, 제조, 사용, 최종처분)에서 자연의 효율적인 활용, 오염물질 배출의 최소화, 재활용 등을 극대화함으로써 친환경적인 양질의 골판지포장재를 생산하여 이익을 추구할 수 있다. 다시 말해, 골판지포장 기업들에 대해 기존의 단편적인 경영관리자원을 넘어서 환경기술 개발을 통한 자사제품의 전과정(Life Cycle)에 걸친 청정공정화로 종합적인 환경관리 시스템을 구축하고 이를 환경산업으로 육성함으로써 새로운 부가가치를 창출할 수 있게 한다.

한편, 다른 측면에서 보면, "왜 LCA가 필요한가"라는 점에 대해 크게 세 가지로 집약하여 볼 수 있다(그림 3참조).

첫째, 이제 소비자의 제품선택은 환경과의 친화성을 고려할 필요가 있는 시대에 접어들었으며, 이중 하나의 움직임으로는 환경조화형 제품이 우선적으로 조달되는, 즉 "그린

조달 네트워크"가 검토되고 있다. 이에 대한 근거 마련을 위해 LCA의 수행이 필요하다.

둘째, 환경조화형 제품의 판단기준은 부분적인 측면뿐만 아니라 제품의 전과정을 고려한 관점에서 보지 않으면 안 된다는 것이다. 이와 관련하여 현재 LCA는 과학적으로 환경에 미치는 영향을 측정하는 유력한 수단으로 ISO에서도 제시하고 있으며, 국제적으로 종합적인 환경 영향평가의 방법으로 사용되고 있다.

셋째, 제품이 환경에 미치는 영향을 나타내는 라벨을 제품 자체에 표시하려는 움직임은 이미 제도화되어 있으며, 이러한 환경라벨 인정기준도 제품의 전과정 관점에서 고려되고 있다. 이러한 큰 흐름에서 볼 때, 제품의 환경친화성을 논할 경우 LCA 즉, 제품의 전과정에 걸친 분석에 의한 평가가 반드시 필요하게 된다.

4.2 LCA의 목적

LCA는 실시하는 주체의 입장에 따라 다양한 목적을 설정할 수 있는데, 이를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

① 기업의 입장

- 동일 성능을 가진 복수제품간의 비교를 통하여 가장 환경부하가 적은 것을 선택하기 위해.
- 재료의 물질흐름(material flow)을 평가대상으로 한 LCA를 실시함으로써 보다환경부하가 적은 재료를 개발 또는 선택하기 위해.
- 임의의 제품에 대하여 환경부하가 큰 공정을 파악함으로써 환경부하 저감을 위한 동기를 부여하기 위해.
- 제품의 환경개선지표를 명확히 함으로써 제품 개발 시 반영하기 위해.
- 환경부하가 큰 공정 또는 시스템 등을 파악함으로써 환경부하의 최소화를 위한 특정공정과 시스템 내에서의 다양한 옵션을 비교하기 위해.
- 제품설계, 소재의 경향에 관한 장기 전략계획의 지침을 얻기 위해.
- 환경친화적인 제품개발을 기업전략으로 내세움으로써 시장경쟁력을 확보하기 위해.
- LCA의 결과를 기업정보로 사용함에 따라 자사 내 제품공정에 관한 정보제공 및 제품설계자들

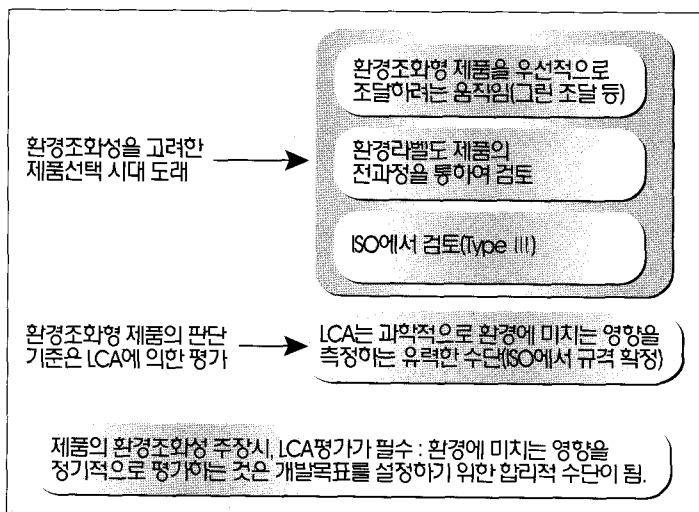


그림 3 제품 LCA의 필요성

의 연계지원, 그리고 타 사업자의 주장 등을 평가하기 위해.

② 소비자의 입장

- 제품에 대해 직감적으로 얻을 수 없는 환경관련 정보를 얻기 위해.
- 제품선택을 위한 환경적 판단 기준을 얻기 위해.

③ 정부기관

- 환경부하 측면에서의 제품의 규제를 위해.
 - 제품재료의 용도제한 및 제품 광고의 용도규제를 위해.
 - 제품의 법 규제 및 기준 설정에 필요한 정보를 얻기 위해.
- 환경에 관한 정보수집 및 공표를 위해.
 - 환경부하측면에서 사회시스템의 변혁에 필요한 판단도구를 얻기 위해.
 - 각종 환경정보를 수집하기 위해.
 - 제품 라벨링(Labelling)에 관한 근거 데이터를 위해.
 - 생산자의 주장평가, 자원소비 저감 및 대체 폐기처리기술에 관한 자원효율 평가를 하기 위해.
 - 제품과 재료의 환경부하저감 전반에 관한 장기정책을 지원함으로써 환경부하가 적은 생산체계를 구축하기 위해.

4.3 LCA의 구성

LCA는 제품이나 시스템에 대하

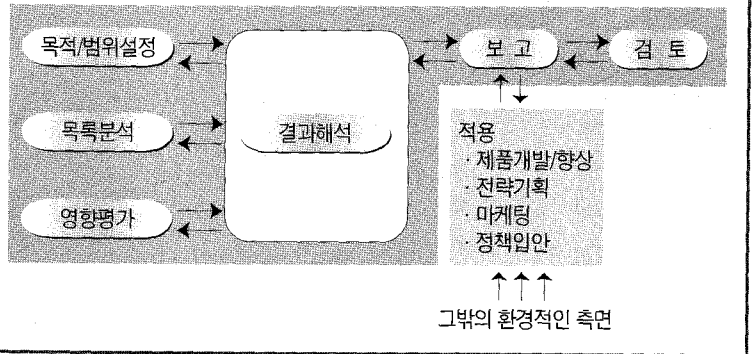


그림 4 LCA의 구성

여 원료의 취득에서부터 제조, 사용 및 처리에 이르기까지의 제품의 전 과정에 관련된 환경측면 및 잠재적인 환경영향을 정량화 하여 해석하는 것이다. 즉, 대상 제품이나 공정, 활동의 전과정에 걸쳐 투입, 소모(Input)되고 배출(Output)되는 에너지 및 물질의 양을 정량화 함으로써, 이들이 환경에 미치는 영향을 평가하고 이를 통하여 환경개선의 방안을 모색하고자 하는 객관적인 환경영향평가 기법이다. LCA의 구성요소는 그림 4와 같다.

4.3.1 목적 및 범위설정

여기서는 평가의 목적이 무엇이며 평가결과를 어디에 활용할 것인가를 구체화하는 단계로서, 적용대상과 분석의 깊이, 주제, 기능단위(functional unit) 등을 결정 또는 설정한다. LCA는 사용목적에 따라 수집하는 자료의 내용이나 분석방법, 결과 등이 달라지기 때문에 먼저 평가결과를 어떤 목적으로 사용할 것인가를 명확히 해야 한다.

가. 평가의 목적

LCA를 실시하고자 하는 주체의 의도에 따라 결정되며, 대상 품목의 특성, 평가 결과의 용도 및 공개여부 등에 따라 달라질 수 있다. 골판지포장산업의 경우, 골판지제품 및 골판지상자제품의 원료취득, 운송, 제조 공정, 유통 및 사용, 폐기되는 전과정에서 발생하는 환경부하를 조사하고, 기존제품 및 경쟁제품보다 환경친화적인 제품생산 및 설계(DfE)를 위한 기초적인 정보를 제공하며, 골판지포장산업에 있어 환경문제를 종합적으로 평가하는데 그 목적이 있다.

나. 평가의 범위

여기에는 시스템의 기능 및 범위, 기능단위, 관련흐름(reference flow), 영향평가 방법, 자료의 요구조건, 연구의 가정 및 제한요인 등이 포함되어 있다. 연구범위의 폭과 깊이는 평가목적에 충분히 달성할 수 있도록 설정해야 하며, 모든 가정과 전제조건은 근거를 제시하여 투명성이 보장될 수 있도록 해야 한다.

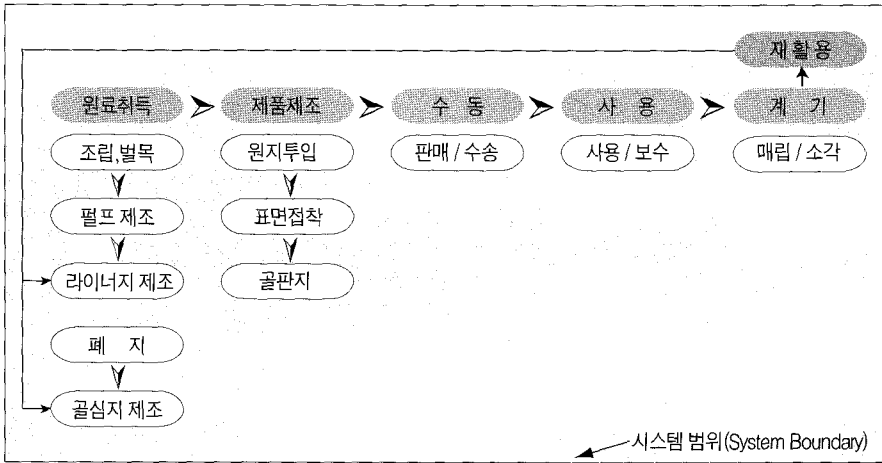


그림 5 골판지제품의 시스템경계 예

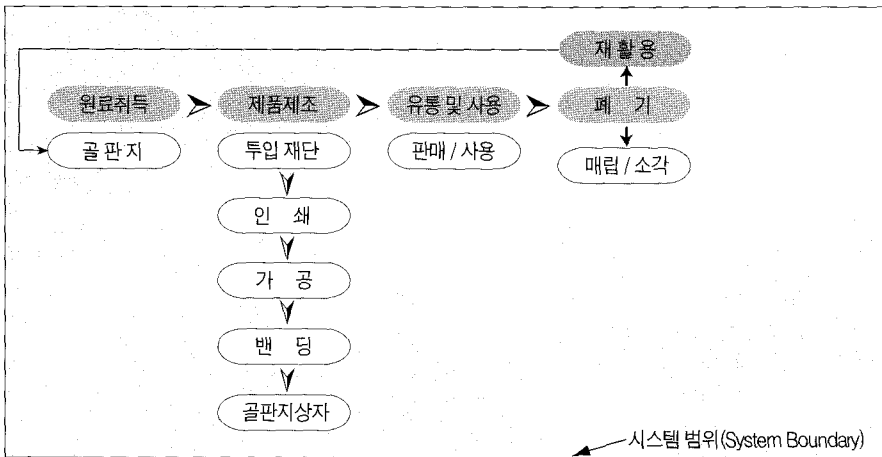


그림 6 골판지상자제품의 시스템경계 예

는 CO₂, NO_x, SO_x, COD, BOD, 각종 중금속 함유량 등의 오염도 지수와 화학연료 소비량, 폐기물 발생량, 소음 수준 등 광범위한 자료를 필요로 한다. 목록분석과정에서는 목적과 범위설정 단계에서 제시된 평가목적과 시스템경계, 그리고 자료의 질(quality)에 대한 요건 등 목록분석을 통하여 얻어지는 추가정보가 일치하는지를 지속적으로 검토하기 때문에 반복적인 속성을 갖고 있다. 또한 수집된 자료가 평가 목적에 부적합하다고 판단될 경우에는 자료수집을 중단하고 자료수집 절차를 변경할 수 있으며, 자료수정이 불가능하다고 판단될 경우에는 목적과 범위를 수정하게 된다. 목록분석은 일반적으로 흐름도 작성, 자료수집, 환경부하 계산 및 목록분석 결과에 대한 해석 등의 단계로 진행된다.

따라서, 기능단위는 대상제품 즉, 골판지제품이나 골판지상자제품을 그 예로 들 수 있다. 이 기능단위로 설정된 대상제품은 측정가능하고 입출력 데이터와 연관성을 가질 수 있는 제품으로 선정해야 할 것이다.

또한, 범위를 설정함에 있어 평가할 시스템 경계를 설정해야 한다. 시스템 경계는 그림 5와 그림 6과 같이 원료취득 제품제조 유통 및 사용 폐기의 범위로 설정할 수 있다.

4.3.2 목록분석

목록분석이란, 선정된 시스템을 대상으로 해당 시스템에 투입되는 에너지 및 원료, 그리고 배출되는 제품, 부산물, 오염물질 등의 종류와 양을 파악하여 정량화 하는 일련의 과정을 말한다.

목록분석의 목적은 대상 시스템의 전과정에서 나타나는 물질의 흐름과 환경부하를 계산하기 위한 것이며, 환경부하를 산출하기 위해서

4.3.3 영향평가

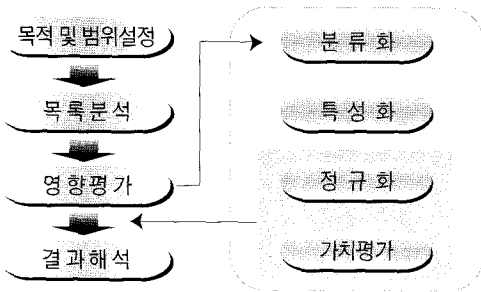
영향평가단계는 목록분석단계에서 얻어진 에너지 및 자원소요량과 배출물이 환경에 미치는 잠재적인 영향을 기술적, 정량적, 그리고 경우에 따라서는 정성적으로 파악하고 평가하는 단계이다. 이 과정에서 환경적 연관성이나 중요성을 보다 정확히 규명하기 위해서 적절한 모형을 사용하거나 환경영향의 중요도에 따라 가중치를 부여하는 방법이

사용되고 있다. 일반적으로 영향평가는 LCA의 목적과 범위에 맞추어 환경영향의 범주별로 목록분석 결과를 분류하는 분류화단계, 분류된 항목들이 해당 범주에 미치는 영향의 정도를 정량화하는 특성화단계, 일반화단계 그리고 환경영향의 범주별 중요도를 결정하는 가치평가 단계의 네 단계로 이루어져 있다.

분된 항목들이 야기하는 환경영향을 합산하여 세부 영향범주별 환경영향을 정량적으로 산출하는 단계로서, 이 과정에서는 일반적으로 각 항목의 환경부하와 그것이 미치는 영향간의 상관관계를 나타내는 특성화 모형이 사용된다. 이러한 모형을 개발하거나 선택할 때 고려해야 할 사항으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 환경영향에 대한 정의의 적절성
- 특성화 방법의 과학적 타당성
- 특성화 방법의 실용성과 투명성
- 가치평가와의 연계성

단계에서 가중치의 적용시점으로 사용할 수 있기 때문이다. 한편 정규화의 문제점은 모든 영향범주가 다 같이 중요하다는 묵시적인 가정에 있다. 즉, 영향범주의 가중치가 "1"이라는 점이다. 또한 정규화값을 얻기 위해서는 해당지역에서 특정 영향범주의 모든 항목들을 파악해야 한다는 어려움이 있다.



그림기영향평가과정

라. 가치평가(Valuation)

각각의 영향범주들이 환경에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 영향범주별로 상대적 중요도를 결정하는 단계이다. 가치평가단계에서는 주로 인간의 주관적인 판단에 의존하게 되며, 과학적인 사실보다는 환경영향에 대한 사회, 문화, 윤리 및 정치 경제적 관점에 따라 가중치를 부여하는 경우가 많아서, 이를 극복하기 위해 환경영향의 중요도에 대한 기술적 분석(technical analysis of significance)을 실시하기도 한다.

4.3.4 결과해석(Interpretation)

결과해석의 목적은 목록분석이나 영향평가 단계로부터 얻은 결과를 분석하여 보고하고 결론을 도출하는 것이다. 또한 이때 LCA의 결과가 갖는 한계점들을 설명하고, 목록분석 연구나 영향평가에 대한 건의사항을 제공한다. 이와 같은 결과해석은 다음과 같은 요건을 항상 만족시켜야 한다.

- 해석의 결과는 이해하기 쉬어

가. 분류화(Classification)

목록분석단계에서 산출한 투입물과 배출물의 환경부하에 대한 자료를 LCA의 목적과 범위를 고려하여 기술적으로 적절하고 실질적인 방법으로 설정된 환경영향의 범주(impact category)별로 분류하는 단계이다. 이 단계의 목적은 목록분석에서 도출되는 다양한 항목들의 환경영향을 단순화하기 위한 것이며, 예상되는 환경영향의 형태를 토대로 목록분석에서 도출된 항목 가운데 유사한 환경영향을 나타내는 항목들을 하나의 환경영향 범주로 모으는 과정이다.

나. 특성화(Characterization)

특성화는 세부 영향범주별로 구

다. 정규화(Normalization)

환경영향의 상대적인 크기에 대한 명확한 정보를 얻기 위해, 정규화 단계를 수행하게 된다. 정규화단계에서는 특성화 단계에서 구한 영향범주별 Effect Score를 정규화 값으로 나누어 각 영향범주별로 정규화된 영향값을 구하게 되는데, 정규화 단계를 통해 제품생산과 관련된 환경오염의 상대적인 기여도를 알 수 있게 된다.

정규화를 수행하는 이유는 각 영향범주별로 영향정보의 단위를 동일하게 함으로써 특성화 결과의 오차를 검토 가능하게 하기 때문이다. 동시에 각각의 영향범주에 관계되는 영향 크기의 해석을 용이하게 하며, 정규화된 영향 크기를 가치평가

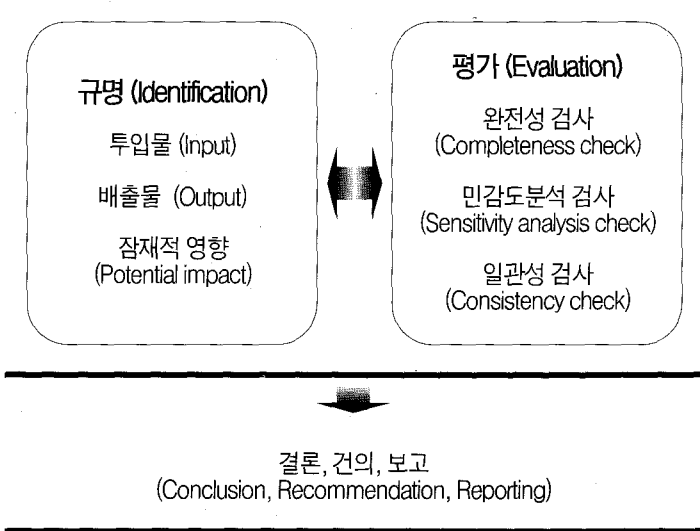


그림 8] 결과해석의 단계

입력과 환경영향의 규명화 단계에서 적절히 구성된 데이터에 기초하여 연구를 종합하는 것이다. 결과는 감독관이나 연구결과에 관심을 가지는 사람들에게 명확하고 이해하기 쉬운 연구결과를 제공하는 형태로 발표되어야 한다.

평가 단계는 연구가 의도하고 있는 적용 방향인 최종적 이용을 고려하면서 목적 및 범위설정 단계에 부합되게 구성되어야 한다. 이 단계에서는 다음의 3가지 요소들을 이용한 검사를 통해 강화된다.

- 완전성 검사
- 민감도 분석 검사
- 일관성 검사.

위의 세 가지 요소로 구성된 평가 단계는 반복적인 과정이다. 또한 이 세가지 분석은 과학적이고 객관적인 결론을 얻기 위해 필요한 과정이다. 그러나, 방대한 양의 자료를 다루어야 하므로 소요되는 시간과 비용의 문제도 고려해야 할 사항이다.

(1) 완전성 검사

평가 단계에서의 첫 번째 요소로서 이전의 단계에서 규명된 가장 중요한 투입물 및 배출물과 잠재적 영향이 목적 및 범위설정 단계에서 정의된 대로 목록분석과 영향평가로부터 정보를 충분히 나타내고 있는가를 확인하는 과정이다.

(2) 민감도 분석

민감도 분석의 목적은 가장 중요

야 한다.

- 완전하고 일관성이 있어야 한다.
- 정의된 연구의 목적 및 범위에 부합되어야 한다.

이를 바탕으로 결과해석은 다음의 그림 8과 같은 절차에 따라 수행하게 된다.

가. 규명화(Identification)

규명화의 목적은 가장 중요한 출입과 잠재적 환경영향을 결정하기 위해 목록분석과 영향평가 단계의 데이터를 구성하는데 있다. 전과정 해석단계의 규명화 단계는 다음에 이어지는 평가단계와 상호 보완적으로 일어난다. 결과해석 단계에서 발생하는 모든 데이터는 수집하여 집산화하지 않고 각각 독립적으로 관리한다.

다음의 단계로 진행해 나가기 위

해서는 실제 연구의 타당성이 평가될 수 있도록 가능한 갭(gap)을 규명하고 일관성을 살피면서 지금까지 취합된 데이터와 목적 및 정의 단계에서 저장된 데이터를 비교하는 것이 필요하다.

목록분석으로부터 도출된 투입물 및 배출물이나 영향평가 단계로부터의 잠재적 영향들에 대한 지식들이 전과정평가의 목적 및 범위 정의에 부합될 수 있을 정도로 충분해지면 이 투입물 및 배출물들의 상대적 중요성이 결정되어야 한다. 이 과정은 다음 단계인 평가 단계와 상호 협조적인 과정을 통해 수행되어야 한다.

나. 평가(Evaluation)

평가의 목적은 해석단계 이전의 전과정평가를 구성하는 초기 3단계(목적 및 범위설정, 목록분석, 영향평가)와 해석의 첫 단계인 중요한 출

한 투입물 및 배출물과 잠재적 영향으로 판명된 연구결과의 파라미터 값들의 편차에의 영향을 평가하는 과정이다. 일반적으로 이 결과의 편차는 백분율로 나타내게 된다. 민감도 분석은 또한 이용한 데이터의 품질요건을 결정하는 중요한 방법이라고 하겠다. 평가를 통해서 방대한 양의 입력자료들이 각 단계를 거치면서 합산되고 결국에는 각 범주별 잠재적 환경영향 값으로 나타나거나, 더 나아가서는 가치평가를 통해 대상 시스템에 대해 하나의 수치로 나타내게 된다. 이러한 과정에서 만약 초기 입력자료의 신뢰도가 의심스럽다면 결국 그 불확실한 데이터들이 각 단계를 거치면서 합산됨에 따라 나타나게 되는 결과값은 엄청난 편파를 나타내게 될 것이다.

따라서 한 파라미터의 편차가 전체 결과값에 미치는 편차의 변화 정도를 살펴보았을 때 큰 폭의 변화가 생겼다면 이는 입력 파라미터의 품질이 전체 결과의 신뢰성을 높이는 데 큰 영향을 가지고 있음을 의미한다. 이 경우에는 입력 파라미터의 품질요건을 보다 높게 잡을 필요가 있을 것이다.

이와 같이 민감도 분석의 수행을 통하여 가장 중요한 것으로 판명된 투입물 및 배출물과 잠재적인 영향들의 확고함과 안전성들이 검사되어 질 것이다.

(3) 일관성 검사

평가의 세 번째 요소인 이 과정에서의 목적은 판명된 가장 중요한 투

입물 및 배출물과 잠재적 영향이 목적 및 범위설정 단계에서 정의된 데로 연구의 조건에서의 변화가 수용할 만한 형태로 목록분석과 영향평가의 결과를 대표하고 있는지의 여부를 결정하는 것이다. 즉, 대체되는 결과와 비교할 때 결과의 중대성을 평가하는 것이다. 만약, 파라미터들의 작은 변화가 다른 결론을 나타낸다면 연구 수행을 통해 얻은 결과가 중대하지 않거나 일관성이 없는 것으로 보아야 한다.

다. 결론 및 건의사항

이 단계의 목적은 결과해석의 각 단계에 대한 평가과정을 완결한 것에 대하여 논평을 작성한 후에 그 요약을 이해하기 쉽게 만드는 것이다. 그리고, 최종적 결론은 최종결과가 긍정적인지 부정적인지에 대해 의사 결정자들에게 보내어지도록 해야 한다. 최종 데이터 발표를 통해서 목적 및 범위설정단계의 내용을 설명하고 확인하여야 한다.

전체 보고서는 영향의 최소화와 물질과 에너지의 절감을 위한 권고사항을 포함해야 하며, 제품의 수명을 연장하고 재활용을 용이하게 하기 위한 재 디자인에 대한 건의사항도 필요하다. 건의사항은 제한상을 넘어서는 물질이나 다른 고려사항들을 언급해서는 안된다. 최종 결과는 연구의 목적과 비교하여 긍정적이거나 부정적일 수 있으나 몇 가지 우월한 특성 때문에 비교대상의 다른 제품에 대한 우월성을 주장할 수는 없다. 결론들은 언급된

옵션들을 나타내는 연구의 중대한 파라미터들을 축소함 없이 나타낼 필요가 있다.

5. 결론

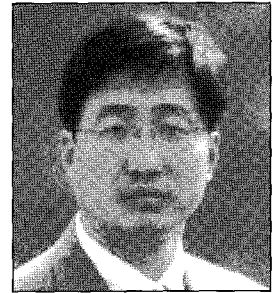
이상에서 청정생산기술과 LCA의 관계에 대한 설명과 골판지포장산업의 LCA적용 방법론에 대해 간략히 기술하였다. 포장은 소비자가 상품을 대할 때 최초로 접하게 되는 대상이다. 즉, 내용물의 친환경성 정도와는 관계없이 포장의 환경성 여부가 전체 상품의 환경성 이미지를 좌우하게 되며, 최종 구매결정에 지대한 영향을 미치게 된다. 더욱이 최근의 포장 폐기물에 대한 부정적인 사회인식을 감안하면 상품가치를 결정하는데 있어 포장의 역할은 향후 더욱 증대해질 것이 분명하다.

골판지포장산업의 LCA 적용시 기대되는 환경적 측면을 살펴보면, 첫째, 골판지포장재의 생산시 환경오염 부하의 저감을 목적으로 공정개선, 조건변화 등의 조치를 시행할 때 기존 시설에 비하여 환경적으로 개선되었는지 여부에 대한 판단 근거를 제공할 수 있다. 특히 제품의 개발과 제조공정의 설계시, 이들의 환경적인 친환경성 및 건전성을 사전에 객관적으로 평가해 볼 수 있다. 둘째, 제품 생산활동, 생산공정, 경영활동, 최종 제품과 관련된 종합적인 환경영향을 평가하고, 친환경적인 골판지포장 제품 개발에 필요한 기술적 근거를 제공할 수 있을

것이다.

또한 경제적·사회적인 측면에서 LCA 수행을 통하여 생산자로 하여금 그들 골판지포장재의 환경라벨링이 기준 설정을 위한 근거자료를 제공하고, 날로 강화되고 있는 포장관련 법적/행정적 규제에 대한 대응방안을 제시하여 줄 수 있고, 기업활동에서의 환경친화성을 홍보하고 나아가 소비자를 대상으로

한 그린 마케팅 전략수립을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 또한 생산공정에 있어서 에너지의 효율적인 이용을 유도하여 최종적으로 생산비용 절감에 기여할 수 있을 것이다. 부가적으로 포장재의 환경친화성 향상으로 탈 수출규제 및 기업에서의 환경부담료 면제 등이 가능하게 되며 수출증대에 기여할 것이다.



황용우 교수(공학박사)
인하대학교 환경토목공학부 부교수

발 축 전

주식회사 대성판지

대표이사 오진수

1월 14일 창립기념일을 축하합니다.