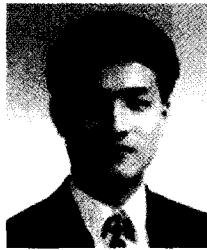


## 환경 친화적 자동차와 LCA 동향

Environment Communing Vehicle and Trend of LCD Tendency



최 대 / 미국샌디아 국립 연구소  
Dae Choi / Sandia National Laboratories, U.S.A.

이미 알려진 바와 같이 차세대 차량에 채용될 동력 시스템의 연구개발이 배출가스 규제에 대한 배기성능의 획기적 개선에 집중되고 있는 한편, 포괄적 친환경 차량 개발 또한 일반의 관심을 끌고 있다.

현재에 이르기까지 배출가스 규제치 즉, 대기로 배출되는 질소산화물(NOx), 입자상물질(Particulate Matter, PM) 및 미연탄화수소 등에 대한 정량적 규제치의 만족여부가 차량의 친환경 여부를 가리는 척도로 주로 인식되어 왔으나, 금후 보다 본격적으로 완성차량 조립을 위한 전 제품의 제조과정으로부터 차량 폐기까지를 총괄한 포괄적 환경 영향 평가가 필수 불가결한 요소로 등장하리라 예측된다.

이는 현재 Cradle-to-Grave(요람에서 무덤까지)를 연상케 하는 Life Cycle Assessment(LCA) 혹은 Life Cycle Engineering(LCE) 개념을 적용하는 형태로 시도 되어지고 있으나, 자동차가 기계·화학·전기·전자공업 기술의 집약체인 점, 요소부품 제조 단계로부터 폐기 이후의 과정까지 셀 수 없이 많은 프로세스를 거쳐야 한다는 점이 자동차 생산 해당 기업 혹은 사업장별 독립적 LCA 실행을 더디게 하는 근본원인이라 지적되고 있다. 이것이 LCA에 경제성 평가를 부가하는 원인이기도 하다. 따라서 자동차 시스템

전과정에 대한 LCA 방법의 확립 및 이에 따른 LCE 기술 확보가 향후 자동차 산업의 국가 경쟁력 확보에 지대한 영향을 미치리라 예상된다.

### 자동차 산업 관련 LCA의 공통개념

각국의 환경규제에 대한 자동차 산업계의 대응방안은 세부적으로 해당 국가의 산업 구조와 그 특성에 따라 상이하겠지만, 크게 보아 다음의 공통점을 갖는다.

- 환경규제 대상의 사업장 전체로부터 제품 및 부품 중심으로의 전환
- 유사 Sub-part 들을 하나의 카테고리로 분류하여 시행하는 포괄적 통합 평가

자동차와 같이 다수의 단일 부품들의 조립·조합을 통해 완성하는 경우, 사업장 전체를 평가 대상으로 하는 종래의 LCA 개념은 각 기업 혹은 사업장만이 갖는 독특한 프로세스로 인해 결과적으로 같은 제품을 생산한다하더라도 최종 완성품 및 그 프로세스를 대상으로 동일한 LCA 평가가 곤란하다. 이로 인하여 자동차 산업 주체들이 부담해야 할 시간적 경제적 부하가 지나치게 과도하다는 점이 단점으로 지적되어

왔다. 특히, 자동차 폐기 후 Recycling 효율의 획기적 개선이 요망되는 현 시점에서 제품 및 이를 구성하는 요소부품 중심으로의 LCA 전환은 Recycling 산업구조를 합리화하고 일관성을 유지시키는데 결정적이라 하겠다.

그렇다고는 하나, 방대한 리스트의 부품 하나 하나에 환경 영향 평가를 시행한다는 것 또한 자동차 산업 주체는 물론 이를 뒷받침하는 부품산업에 대한 LCA 적용에 걸림돌이 된다고 보고되고 있다. 따라서 재질 등의 특성이 서로 유사한 카테고리 묶여져 적용될 수 있도록 관련 부품을 모듈화하여 필요한 주체들이 이를 관리하는 방법이 현실적으로 가능한 수단이라 인식되고 있다. 이러한 인식을 바탕으로 미국내 각 기업별 공동 프로젝트 추진이 과거부터 모색되어온 바, USCAR(United States Council for Automotive Research), VRP(Vehicle Recycling Partnership) 프로그램이 대표적이라 할 수 있겠다.

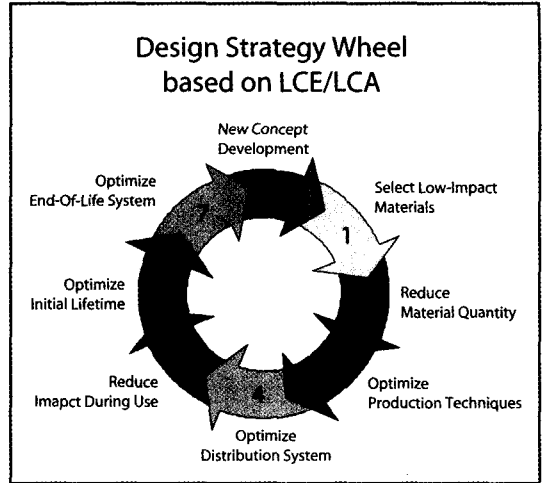
## Vehicle Life Cycle Assessment

환경영향평가에 즈음하여 미국의 자동차 업계의 동향을 살펴보면, 1990년대 중반 이후 제안된 신 LCA 개념에 충실히 입각하여 다양한 대응책을 마련하고 있음을 알 수 있다. 이는 과거 LCA 개념에 현실 여건을 충분히 반영한 시행착오적 결과라고 여겨지며,

- 환경친화적 설계 · 개발 · 시험
- 요소부품으로부터 조립완성품까지를 총괄하는 LCA

두 가지 요소를 고려한 LCA Flow를 주 모델로 삼고 있음을 알 수 있다.

(그림 1)에 환경 친화적 자동차 개발을 위한 대표적 LCA Flow를 도시하였다. 그림으로부터 차량 개



(그림 1) 환경 친화 자동차 개발 과정에 있어서의 LCA Flow

발 착수 시점의 재질 선정으로부터 환경에 미치는 영향이 고려되고 있으며, 아울러 차량의 End-Of-Life 최적화 개념에 의해 이미 Recycling의 개념이 포괄적으로 다루어지고 있음을 알 수 있다.

서두에서도 설명한 바와 같이 자동차의 경우, 이를 이루는 전 요소부품들을 대상으로 일일이 LCA 평가를 하는 것은 많은 시간과 비용이 수반되므로 이 모두를 포괄적이면서도 효율적으로 평가할 수 있는 LCA의 기법 개발이 시급한 실정이다. 이러한 배경을 바탕으로 최근 Eco-Design이라 불리우는 환경 친화적 설계 기법 적용과 차량 부품 Modulation에 의한 LCA의 수행이 주목을 받고 있다.

## Eco-Design based on LCE

Eco-Design이라 함은 차량 시스템 완성을 위한 모든 프로세스, 소비자 이용단계, 폐기 과정후 재활용 단계에 걸쳐 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 차량 설계 개념, Life Cycle Engineering의 관점으로

부터도 이해될 수 있다. 배기성능 개선을 위한 동력시스템의 획기적 개선 혹은 Zero Emission Vehicle의 개발 등도 넓은 의미에서 LCA 평가 기준을 만족시키기 위한 Eco-Design의 결과이기도 하다. 자동차 시스템에서 중요시되는 Eco-Design의 Major 요소를 아래에 요약한다.

- Powertrain/Drivetrain
  - 연소효율, 연비의 향상
  - 유해 배기가스의 최소화
  - LEV, ULEV, ELEV, ZEV
  - 재질
- 연료 및 재질
  - 제조·소비 프로세스 중 유해화합물의 이용 및 배출 금지
  - 중량의 최소화
  - 내부식성 및 내구성의 극대화
  - 제조 및 해체의 용이
  - 재활용 및 회수의 용이

동력발생 및 전달 시스템에 있어서의 효율 향상은 차량 자체의 성능개선 뿐만 아니라 연비향상에 의한 CO<sub>2</sub> 감소 즉, 지구온난화 방지라는 관점에서 유해 배기 배출물 감소와 함께 Eco-Design의 큰 줄기이기도 하다. 세계적으로 그 예를 찾을 수 없을 정도로 기술된 차량 이용 비율이 절대 우위를 차지하고 있는 미국의 경우, 첨단 연소 시스템을 적용한 디젤차량의 검토, 디젤-전기 하이브리드 시스템의 이용 검토, 연료전지, Hydro- Gen Internal Combustion Engine 개발 등이 이와 깊은 관련을 맺고 있으며, 이러한 새로운 동력 시스템과 관련된 제조 및 관리 프로세스에 대한 LCA 안이 마련 중에 있다.

한편, 환경에 미치는 악영향을 최소화하는 환경 친

화적 재료의 선정 및 공정 선택, 그리고 이들의 재활용 및 회수를 항상 여부는 향후 환경 친화적 차량 성립에 결정적 역할을 할 것이다.

이는 차량에 사용되는 재질의 공정 프로세스로부터 폐기 프로세스가 동력시스템에 비해 훨씬 광범위하기 때문에 미국의 자동차 관련 산업계가 전력을 쏟고 있는 부분 중에 하나이다. 특히, 물질의 재활용 및 회수를 항상으로 얻어지는 잠재적 가치는 정량적 데이터로 확인되고 있지는 않으나, 이것이 적절히 이루어지는 경우, 이루어지지 않아 치를 수밖에 없는 기회비용의 약 3 배 이상을 절감할 수 있다고 예상되기도 한다. 이러한 배경으로 미국의 메이저 3사가 참여하고 있는, 궁극적으로 사용재료의 무한 회전을 기본 개념으로 하고 있는 Sustainable Mobility Project에 주목할 필요가 있다.

## Modulation

실제 자동차 산업을 대상으로 LCA를 시행하는데 있어 효율적인 LCA 기법 개발여부가 핵심이 되고 있는 하나, Full Assessment와 효율과는 서로 Trade-off 특성을 갖는다. 대부분의 장치산업과는 달리 수많은 부품들의 조립에 의해 이루어지는 산업이어 Full Assessment를 위한 시간과 인력 소요가 예상외로 크기 때문이다. 여기서 제안될 수 있는 것이 부품의 모듈화에 의한 LCA의 시행이다.

다행스럽게도 차량은 전통적으로 Power-Train, Chassis, Body로 구분되어 지고 내·외장 구분을 추가하면 비교적 용이하게 부품 모듈화가 가능하고, 차량의 구조·기능 분류에 따라 유사 부품 카테고리를 정하고 이를 토대로 간략화된 LCA 시행이 가능하다.

여기서 차량 구조에 따른 구분이 Major Modul-

ation을 위한 기준이 되며, 이들을 구성하는 각 부품들의 사용재질과 프로세스를 대상으로 한 LCA Inventory가 Inventory of Sub-Modulation Database의 근간이 된다. 이에 따라 설계개발 단계에서 재질이 선정되고 Process Database를 통하여 알맞는 공정을 선택하게 된다.

각 부품들의 프로세스에 대한 Life Cycle Inventory의 경우, 자동차 생산 주체와 이를 Support하는 부품 산업계가 공동으로 참여하여 평가 Program을 공유하는 방법이 가장 이상적인 차량용 LCA 프로세스라 평가되고 있다.

**맺음말**

미국 자동차 산업계 현장에서 시도되고 있거나 준비되고 있는 Vehicle Life Cycle Assessment의 일반 개념과 그 방법에 대하여 소개하였다. 현재, 동력 시스템을 대상으로 한 배기가스 규제치가 날로 강화되

고 있고 이를 만족시키기 위한 첨단 자동차 개발에 대한 연구개발이 장려되고 있는 한편, 머지않아 환경영향평가 개념을 도입한 자동차 LCA에 대해서도 지금의 배기가스 규제에 못지않은 강도의 규제가 예상되어지고 있다.

자동차 성능 자체만을 고려하거나 혹은 완성차량으로부터 유발되는 직접적인 환경평가결과만을 예측한다면 전세계 메이커들의 기술이 평균화되어 있다고 할 수 있겠으나, 관련 부품의 생산 단계로부터 소비이용단계를 포함한 End-of-Life를 고려한 재활용/회수에까지 그 범위를 확대하는 경우, 환경영향 평가에 대한 각국 산업계의 대응수준에 따라 현격한 차를 보일 가능성이 있다.

광범위한 분야에 걸쳐 시행될 Vehicle LCA의 성립 여부는 본문에서 소개한 바와 같이 Full Assessment와 효율과의 반비례 관계를 개선하는 획기적 LCA 기법 개발에 있으며 이는 향후 자동차 산업 국가의 기술 경쟁력 확보에도 지대한 영향을 미치리라 예측된다.

(최 대 편집위원 : dchoi@ca.sandia.gov)

**자동차공학회지 광고게재 안내**

1. 발행 : 연간 6회(씩수달 1일 발행)

2. 광고요금

1) 요금표(1회, 1쪽 기준)

색 도	게재면	요금(원)
칼 라	표지 2면	500,000
	표지 3면	500,000
	표지 4면	600,000
	내지 1면	500,000
	내지 2면부터	400,000
	안지	500,000
2 색	내지 2면부터	300,000

2) 할인대상 및 할인율

할인대상		할인율
연간계약		10%
회원사	자료이용회원사	10%
	법인회원사	20%
2면 이상 계약		10%

3. 안내

- 1) 필름제작(4x6배판)을 의뢰할 경우의 비용은 별도입니다.
- 2) 상세한 내용은 [www.ksae.org](http://www.ksae.org)를 참조하시기 바랍니다.

(학회사무국 [car@ksae.org](mailto:car@ksae.org))