

철강제품의 전과정을 고려한 환경성 비교

김익 · 권은선 · 김경환 · 최유나 · 김만영

(친환경상품진흥원)

Comparison of environmental performance on steel products considering their life cycle

Ik Kim, Kyung-hwan Kim, Eun-sun Kwon, Yu-na Choi, Mann-young Kim

(Korea Eco-Products Institute)

ABSTRACT

This study is intended to develop the life cycle inventory (LCI) database on 8 steel products which are basic materials for the electric and electronic appliances and automobiles using life cycle assessment (LCA) methodology, and to compare the environmental loads and environmental impacts between them. For the environmental loads the direct and/or indirect amounts of GHG emission throughout those life cycle are compared. And the environmental impacts such as abiotic resource depletion, global warming and acidification induced from life cycle inventory analysis (LCI) results on the steel products are evaluated.

Key words : life cycle assessment, steel product, LCI database, environmental load, environmental impact

요 약 문

본 연구는 전과정평가 기법을 사용하여 전기전자 및 자동차 제품군을 위한 기초소재로 사용되는 8개의 철강제품에 대한 전과정목록 데이터베이스를 개발하고 철강제품들에 대한 환경부하 및 환경영향을 비교분석하였다. 먼저 환경부하에 관하여 철강제품의 전과정을 통하여 배출되는 온실가스의 직간접 배출량을 비교하였다. 또한 철강제품에 대한 전과정목록분석의 결과로부터 유도된 자원고갈과 지구온난화, 산성화에 대한 환경영향을 평가하였다.

주제어 : 전과정평가, 철강제품, 전과정목록 데이터베이스, 환경부하, 환경영향

1. 서 론

환경성적표시제도(Environmental Declaration of Products, EDP)는 객관적으로 검증된 제품시스템의 전과정동안의 환경성정보를 소비자에게 투명하게 공개하는 제도이다. 이 제도를 통하여 동일기능을 수행하는 제품들 간의 환경측면에 대한 비교 가능성을 높여 상대적으로 친환경제품의 시장 수요를 증가시킬 수 있다.

본 제도에 참여하기 위해서는 대상제품에 대한 전과정평가(life cycle assessment, LCA)¹⁾를 반드시 수행하여야 하고, 이를 위해서는 대상제품을 구성하는 주

요 원부자재에 대한 전과정 목록(life cycle inventory, LCI) 데이터베이스²⁾가 확보되어 있어야만 한다. 즉, 전과정 목록분석은 모듈화된 LCI 데이터베이스들을 연결하는 일련의 과정이라고 말할 수 있다. 따라서 LCI 데이터베이스의 품질은 제품에 대한 전과정평가의 품

1) 전과정평가는 제품시스템의 전과정 동안에 투입물과 산출물을 정량화하고 이들이 환경에 미치는 잠재적 영향을 평가하는 환경성평가 도구이다. 이는 현재 ISO14040, 14041, 14042, 14043으로 표준화되어 있으나, 2006년 하반기에 14041과 14042, 14043이 폐지되고 14040과 14044만이 남게 된다.

2) LCI 데이터베이스는 모듈화 된 소재 또는 공정, 부품 등의 전과정 동안의 투입물과 배출물에 대한 정량적인 정보이다.

질을 좌우하는 중요한 요인 중의 하나라고 할 수 있다.

우리나라에서는 1998년부터 LCI 데이터베이스 구축 작업을 시작하여 현재까지 약 300여개 이상의 데이터베이스를 구축해 놓고 있다. 이들 중에서 철강제품은 환경성적표지제도의 대상 제품군 중의 하나인 전기전자 및 자동차 제품군의 기초 소재이다. 본 연구에서는 1999년도의 구축된 철강제품에 대한 데이터 품질을 높이기 위하여 2004년도의 생산공정 데이터를 수집하여 이들을 업데이트하고 그 결과를 토대로 철강제품의 전과정 동안의 환경부하 및 환경영향에 대해 평가하고 그 결과를 비교분석하였다.

2. LCI 데이터베이스 개발

2.1 모듈 선정

철강은 크게 탄소강과 스테인레스강(STS)으로 분류된다. 탄소강은 제선과 제강, 압연 등의 공정을 거쳐 다양한 종류 및 용도의 철강 제품으로 생산되며, STS는 슬래브를 열간압연 및 냉간압연 등의 과정을 통해 STS 열연코일과 STS 냉연코일과 같은 제품으로 생산되게 된다. Fig. 1은 철강 제조공정도를 나타낸 것이다. 여기에서 둥근 사각형으로 된 모듈이 LCI 데이터베이스를 구축한 대상 제품(모듈)들이며 이들 중에서 본 연구의 비교분석 대상이 되는 모듈은 빌렛, 후판, 비드와이어, 냉연코일, 용융아연도금강판, 주석도금강판, 전기아연도금강판, STS 냉연코일 등 8개 모듈이다. 모듈 선정과정에서 특정 업체에서만 생산되는 제품과 일반적으로 환경성적표지 대상제품군에 대한 환경성적을 산출하는데 활용되고 있지 않은 소재는 대상에서 제외하였다.

2.2 LCI 데이터베이스 개발

LCI 데이터베이스 구축은 ISO 14041의 절차에 따라 수행하였다. 철강제품들에 대한 데이터 계산의 정량적 기준인 기능단위(functional unit)는 각 철강제품 1kg 생산으로 정의했으며, 데이터 수집의 범위인 시스템 경계는 각 철강제품에 대해 '원광석을 채취하는 단계(cradle)에서 철강제품들을 생산하는 단계(gate)'까지로 정의하였다. 다음으로 LCI 데이터베이스 구축에

참여한 업체들로부터 각 철강제품에 대한 2004년도 생산공정 데이터를 수집한 후에 물질수지 검증 및 이상치와 누락치 등에 대한 검증 등의 과정을 통해 수집 데이터에 대한 오류를 점검하였으며, 철강제품과 부산물인 스크랩 사이에 할당을 수행했다. 할당인자의 경우에 '무게 비' 적용을 원칙으로 했다.

각 철강제품별로 국가평균 LCI 데이터베이스를 구축하기 위해 수직법(vertical method)을 적용하여 업체별 공정데이터를 통합하여 국가 평균 gate to gate (GtG) 데이터를 작성하였다. 마지막으로 GtG 데이터를 환경성적표지 전용 LCA 소프트웨어(Tool for Type III Labelling and LCA, TOTAL)에 기입해 철강제품별로 국가평균 LCI 데이터베이스를 구축하였다.

3. 철강제품별 환경성 분석

3.1 온실가스 직·간접 배출량 분석

철강산업은 에너지 다소비 산업중의 하나로서 많은 온실가스를 배출한다. 따라서 기후변화협약은 철강산업에서 관심의 대상이다. 이에 본 연구에서는 8개 철강제품별로 구축한 LCI 데이터베이스를 활용하여 철강생산 사업장별로 직접배출(direct emission)과 간접배출(indirect emission)에 의한 온실가스 배출량을 산정하고 그 결과를 비교분석하였다. 여기서 직접배출이란 사업장에서 통제가 가능한 배출을 의미하며, 간접배출은 사업장의 이전 단계에서 배출되는 것으로 직접적인 통제가 어려운 단계이다. 일반적으로 기후변화협약에서 관리대상은 직접배출에 의한 온실가스 배출량이다. 본 연구에서는 비교분석 대상으로 전체 온실가스 발생량의 95% 이상을 차지하는 이산화탄소를 대상으로 선정하였다.

현재까지 온실가스 배출량 산정에 대한 명확한 지침이 개발되지는 않았다. 하지만, 본 협약에서는 각 제품별로 온실가스 배출량을 산정하는 것이 아니라 사업장별로 산정된 결과를 토대로 기준선(baseline)을 설정하기 때문에 제품별 배출량은 큰 의미가 없는 것처럼 보인다. 하지만, Fig. 2에서 보는 바와 같이 철강제품을 생산하는 Company B가 자사에서 생산하는 Product A, B, C, D 제품별로 전과정평가를 수행한 후에 각 제품별 직접배출을 통합하면 사업장의 기준선

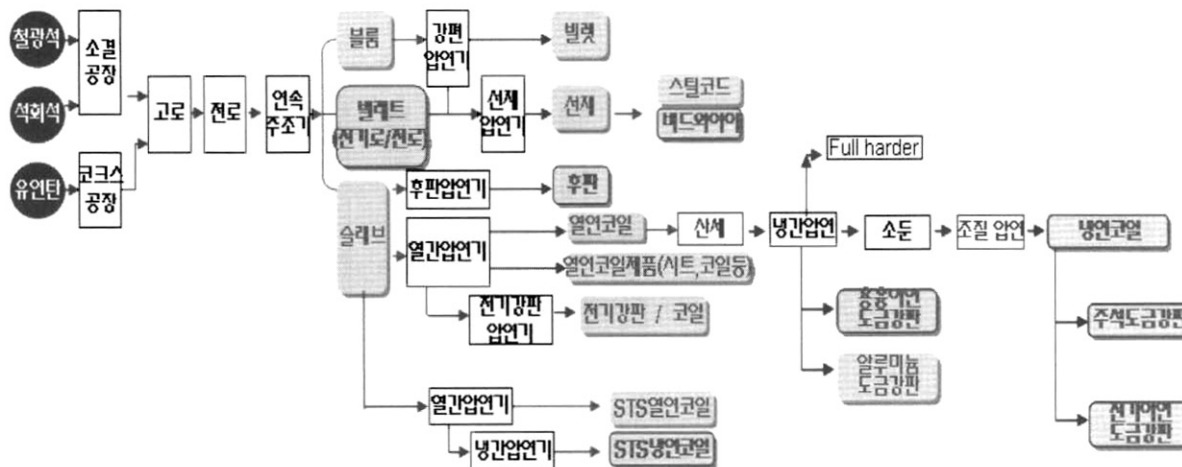


Fig. 1 Process Flow Diagram on Steel Products

을 설정하는데 기준이 되는 직접배출량을 계산할 수 있다.

본 연구에서는 철강제품별 LCI 데이터베이스로부터 이산화탄소의 직접배출을 산정하기 위해, 각 철강제품별 GtG 데이터에 제시된 연료별 연료사용량에 연료원별 IPCC 배출계수를 곱해 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 한편 전기 에너지의 경우, 직접배출에 포함시킬 것인지의 여부에 대한 명확한 기준이 마련되어 있지 않다. 이에 따라 본 연구에서는 ‘전기에너지 사용에 의한 이산화탄소 배출량을 모두 직접배출에 포함’시키는 경우(시나리오 1, Fig. 3에서 “1”로 표시)와

‘전기에너지의 송배전 손실량을 직접배출에 포함’시키는 경우(시나리오 2, Fig. 3에서 “2”로 표시) 등 두 가지 시나리오를 설정하고 철강제품별로 직·간접 이산화탄소 배출량 및 배출율을 비교분석하였다. 본 연구에서는 송배전 손실률로 2003년도 평균치인 4.43%를 적용했다³⁾.

Fig. 3과 Fig. 4에서 STS 냉연코일을 제외하고 나머지는 모두 탄소강이다. Fig. 3에 따르면, 빌렛을 제외하고 일반적으로 탄소강이 STS에 비해 이산화탄소 배출량이 많은 것을 알 수 있다. 이는 탄소강이 STS에 비해 기능단위별 에너지 소비량이 크기 때문이다. 탄소강의 경우에 빌렛과 후판을 제외하고 기능단위당 1.5~2.0kg 정도 이산화탄소를 배출하는 것으로 분석되었다. Fig. 3에서 비드와이어와 냉연코일, 전기아연도금강판, 용융아연도금강판, STS 냉연코일은 ‘시나리오 1’과 ‘시나리오 2’에서 직접배출량이 큰 차이를 보이지 않는데, 이는 사업장에서 전기에너지의 사용량이 다른 에너지원에 비해 많지 않다는 것을 의미한다. 반면에 빌렛과 후판의 경우에는 주 에너지원이 전기 에너지이기 때문에 사업장에 대한 이산화탄소 기준선 설정시에 전기에너지에 대한 시나리오를 어떻게 적용하느냐에 따라 기준선이 크게 달라질 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

다음으로 빌렛의 경우에 전체 배출량은 다른 철강

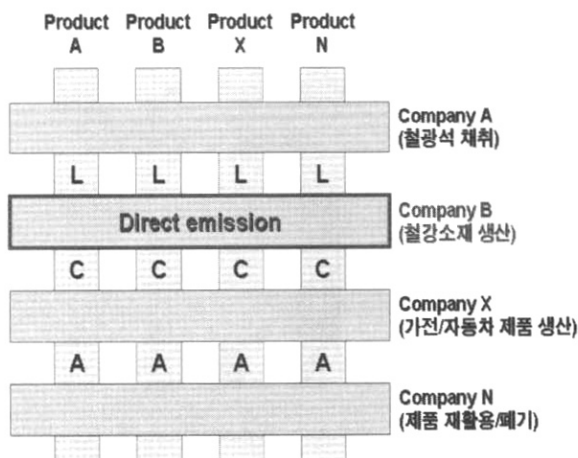


Fig. 2 A Scope of direct GHG Emissions throughout a given Steel Product's Life Cycle

3) 에너지노동·사회네트워크, 노동과 환경의 연대를 통한 에너지체제 전환 국제 심포지엄, 2005. 6.

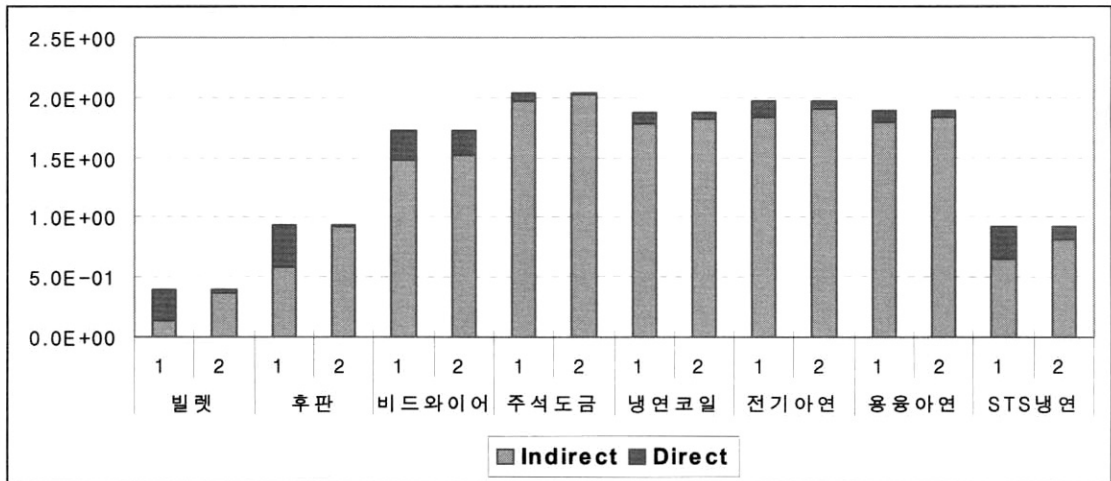


Fig. 3 A Comparison of Direct and Indirect GHG Emissions between Steel Products

제품들에 비해 상대적으로 적지만, 원료 및 부원료에 의해서 배출되는 이산화탄소보다는 철강제품 생산 사업장에서 에너지 사용에 의해 배출되는 이산화탄소의 비율이 전체의 약 65%로 지배적인 것으로 확인할 수 있었다. 이처럼 다른 철강제품들에 비해 사업장에서 이산화탄소의 배출이 많은 이유는 빌렛의 주요 원료가 고철이기 때문에 신재를 사용하는 것보다 이산화탄소 배출에 대한 부하를 줄일 수 있기 때문으로 분석되었다. 또한, 고철을 용해하는 과정에서 에너지 효율을 높임에 따라 이산화탄소의 배출량을 현저하게 줄일 수 있을 것으로 풀이된다.

3.2 철강제품별 잠재적 환경영향 비교분석

본 연구에서는 철강제품별로 잠재적 환경영향을 비교분석하기 위한 연구대상 영향범주로 자원소모, 지구온난화 및 산성화를 선정하였다. 그리고 각 철강제품별로 3대 영향범주별 환경영향을 평가하고 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6과 같이 그 결과를 비교분석하였다. Fig. 4는 자원소모에 대한 특성화결과이고, Fig. 5는 지구온난화, Fig. 6은 산성화에 대한 특성화 결과이다. 자원소모의 경우, 용융아연도금강판에 의한 영향이 지배적인 것으로 분석되었다. 이는 도금소재로 사용하는 아연에 의한 환경영향이 다른 것들에 비해 지배적이기 때문으로 사료된다.

지구온난화의 경우는 빌렛과 후판에 의한 환경영향이 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 빌렛과 후판에서 배출되는 이산화탄소의 배출량이 다른 소재들에 비해

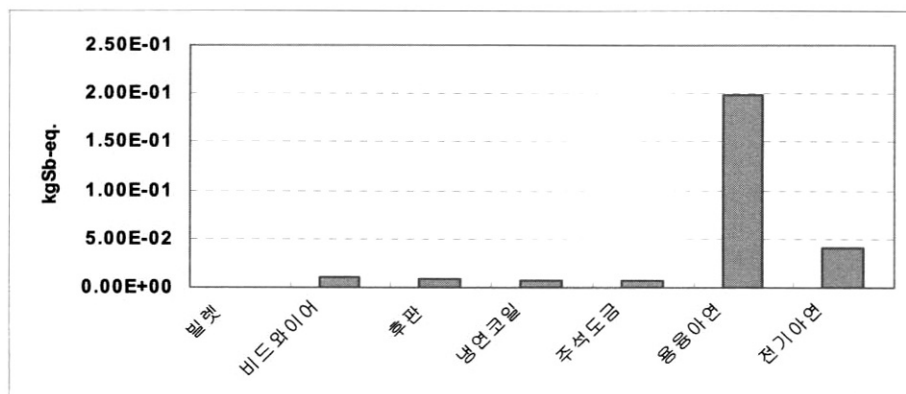


Fig. 4 A Comparison of Resource Depletion Potential of Steel Products

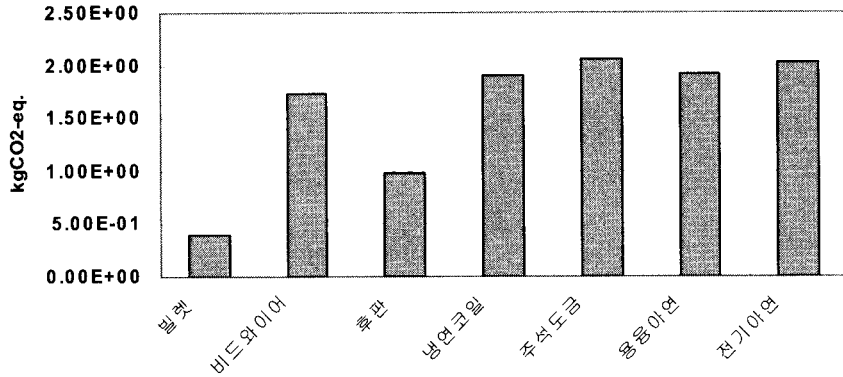


Fig. 5 A Comparison of Global Warming Potential of Steel Products

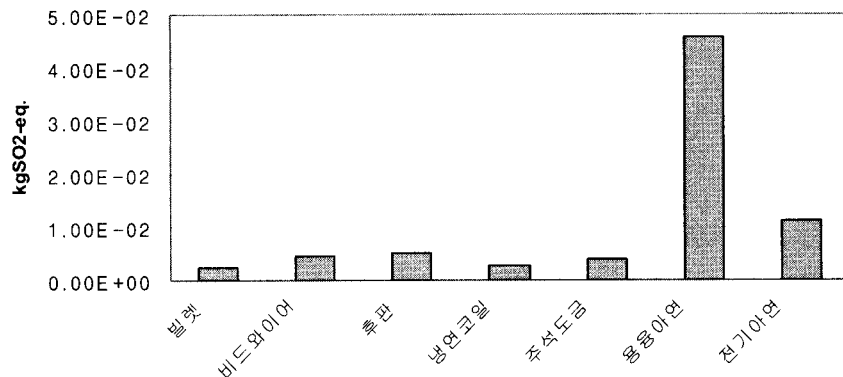


Fig. 6 A Comparison of Acidification Potential of Steel Products

상대적으로 낮기 때문에 사료된다.

산성화의 경우도 자원소모와 동일한 경향을 보인다. 즉, 용융아연도금강판에 사용되는 아연의 제조 전과정에서 질소산화물과 황산화물이 다른 원부자재에 비해 상대적으로 매우 많이 배출되기 때문이다. 이로부터 아연은 다른 중금속들과는 달리 인체 및 생태계에 독성영향을 야기하는 유해화학물질에는 포함되지 않지만 그 자체로 자원소모와 산성화에 많은 영향을 주는 금속임을 알 수 있었다.

제품 중에서 빌렛과 후판이 온실가스의 직접배출량에 가장 민감한 것으로 분석되었다. 반면에 나머지 철강 제품들은 전체배출량 중에서 상대적으로 직접배출의 비율이 매우 낮음을 확인할 수 있었다.

또한, 각 철강제품별로 자원소모와 지구온난화, 산성화에 대한 잠재적 환경영향을 분석한 결과 자원소모와 산성화에서 용융아연도금강판에 의한 영향이 지배적인 것으로 나타났는데 이는 도금액으로 사용되는 아연에 의한 영향이 지배적이기 때문으로 파악되었다.

5. 요약

본 연구에서는 제품에 대한 환경성적 산출을 위해 개발한 철강제품에 대한 LCI 데이터베이스를 활용해 기후변화협약에서 사업장별 온실가스의 기준선 설정에 LCI 데이터베이스를 활용하는 방법과 각 철강제품별로 직접배출량에 대해 분석하였다. 그 결과 8개 철강

참고문헌

- 1) 환경부, 전과정목록분석(LCI) 데이터베이스 제·개정 및 환경성적표지 전용 LCA 소프트웨어 개발·보급 사업 최종보고서, 2004
- 2) 에너지노동·사회네트워크, 노동과 환경의 연대를 통한 에너지체제 전환 국제심포지엄, 2005
- 3) LCI 데이터베이스 표준화 및 개발, 환경부, 2003

- 4) 환경부·환경마크협회·환경관리공단·환경보전협회,
환경성적표지제도 길라잡이, 2004
- 5) ISO 14040-1997: Environmental management -
Life cycle assessment - Principles and framework