

# 전기로 산업에서의 Carbon Footprint Management 시스템 구축에 관한 연구

이 종렬 이병노 박영준 이철우  
현대제철(주) 환경에너지센터

## A Study on Development of Carbon Footprint Management System in Electric Arc Furnace Industry

Lee, JongLyul Lee, Byung No Park, Young Joon Lee, Cheol Woo  
Environment & Energy Center, Hyundai Steel Company

### ABSTRACT

Hyundai Steel Company is performing the project on development of Carbon Footprint Management (CFM) System in Electric Arc Furnace Industry with government support. Through this project, 20 material suppliers of HSC will be supported for process on energy management & saving and construction method of CFM system. This paper provides the methodology to develop CFM system and presents expected effects of green house gas and energy saving in the 20 suppliers

**Key Word** : 전기로, carbon footprint management 시스템, 전과정, 온실가스

## 1. 서 론

EU ETS 를 비롯, 기후변화이슈에 있어 실질적 규제역할을 하는 배출권거래가 각국에서 시행되고 있으며 국내도 2008 G8 정상회담에서 2020 년까지 중장기 목표를 수립할 것을 선언하였고 녹색성장기 본법을 통해 배출권거래 도입을 공론화 한 바 있다 또한, 정부는 국가 중기 온실가스 감축목표를 3 개 (안)으로 확정, 발표하고 의견수렴기간을 거쳐 최종 (안)을 2009 년 12 월 코펜하겐에서 개최되는 제 15 차 기후변화 협약 당사국총회(Conference of Parties)에서 발표할 예정이다.

이에 산업부문 중 배출비중이 높은 철강산업의 대응방안에 대한 관심이 높아지고 있으며 관련 기업들은 다양한 방법으로 기후변화 대응을 모색하고 있다. 그러나 기후변화에 대한 대응이 어느 정도 진행되어 온 대기업과는 달리 전과정 차원에서 제품 온실가스 배출량에 영향을 주는 주요 부원료를 납품하는 협력사의 경우 기술역량 한계 및 금융지원 부족으로 기후변화협약에 대한 대응이 지연되고 있다. 이에 지경부는 기후변화 대응을 위한 대중소 네트워크 사업을 통해 대기업의 기후변화 대응 노하우를 중소 협

력사에 이전해 주는 사업을 2008 년부터 시행해 오고 있으며 현대제철은 2009 년 ‘철강산업의 자원순환형 Carbon Footprint Management 구축’ 사업의 주관사업자로 선정, 관련 국책연구를 진행 중이다.

## 2. 본 론

### 2.1 사업개요

연구는 크게 세가지 분야로 구분되며 세 분야에 있어 당사가 가지고 있는 노하우를 20 개 협력사에 이전하게 되며 최종적으로 조강생산 1 톤당 전과정차원의 CO2 배출량을 산정하게 된다.

Table. 1 주요 연구 및 지원분야

구분	내역
에너지관리시스템 구축	· 경영자/실무자 교육 · 시스템 구축 컨설팅
에너지진단	· 에너지 진단 및 개선방안 수립
CFM 구축	· 20 개 참여 협력업체 GHG 인벤토리/CFM 구축

여기서 Table 1 의 CFM 구축은 본 연구의 핵심이 되며 기존 LCI DB 를 활용한 방법대신 실질적 온실가스 배출량을 측정하기 위해 참여사별 온실가스 인벤토리 구축이 지원된다. 에너지관리시스템과 에너지진단부분은 기반구축 후 온실가스 저감을 위한 기본 Tool 을 제시하게 된다.

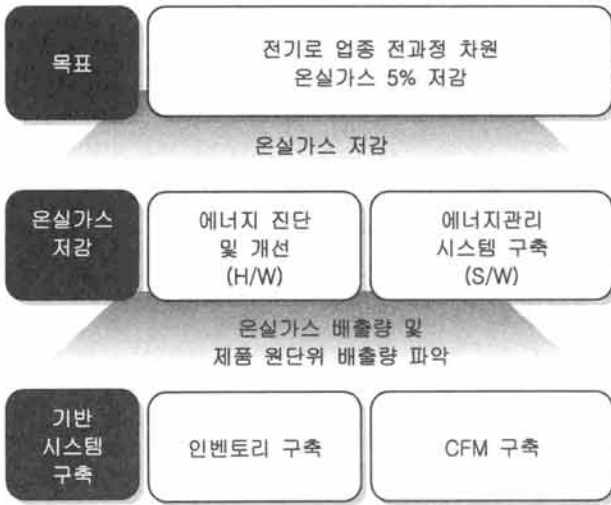


Fig. 1 CFM 구축사업의 추진 목표

관련 참여 업체는 다음과 같으며 부원료 공급사, 경영진 참여의사 및 에너지소비량을 기준으로 선정된 바 있다.

Table. 2 참여협력사 및 공급 부원료

협력사명	품목	협력사명	품목
㈜동부메탈	합금철	㈜동해	탄화왕겨
㈜우진산업		성우환경산업(주)	사문암
㈜에너지텍	비철	금평에스엠(주)	규석
㈜신동	생석회	경원컴포징(주)	슬라그 진정제
㈜충무화학		선일터미널(주)	
㈜태영 EMC		녹원산업사	
㈜알테크노메탈	AI 탈산제	한국내화(주)	내화물
㈜디에스		㈜인텍	
청수정밀(주)		㈜원진월드와이드	
세원산업(주)	AI 지금	㈜대명케이알	

## 2.2 에너지관리시스템 구축

에너지관리시스템(Energy Management System)은 구조적, 경제적, 구체적 방법으로 에너지 및 자원 소비를 최소화하기 위한 전사차원의 조직적, 기술적, 행동적 에너지 목표를 달성하는 제도로서 에너지 측면의 경영적, 기술적 통합 관리 시스템 이다. 현재

국내에서는 美 MSE (Management System for Energy)2000:2005 를 토대로 구축된 KSA4000 규격이 존재하며 본 사업에서 이를 활용할 예정이다. 다만, 중소기업 특성상 관리부서를 에너지 구매/기획, 유틸리티 운영, 계측관리 부문으로 한정하여 불필요한 관리 Point 를 최소화 하고자 한다.

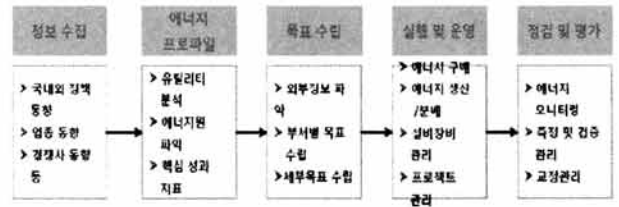


Fig. 2 에너지관리시스템 구축절차

본 시스템은 Software 측면에서 협력사의 에너지관리 역량을 한층 높여 줄 것으로 예상된다. 이를 통해 저감된 에너지 사용량은 전과정 차원의 Carbon Footprint 상 철강제품 1 톤당 배출되는 온실가스 배출량을 저감시켜 줄 것으로 판단된다.

## 2.3 에너지 진단

에너지 진단은 공급부문, 수송부문, 사용부문 등 에너지사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지이용 현황파악, 손실요인 발굴 및 에너지절감을 위한 최적의 개선안을 제시하는 기술컨설팅 이며 에너지진단의 효과는 아래와 같이 경영 부문 및 설비기술 부문으로 나눌 수 있다.

### 1) 경영 부문

- ① 절감을 위한 투자와 활동의 동기부여로 에너지 소비율 감소
- ② 에너지 비용부담 경감에 따른 기업의 경쟁력 향상
- ③ 전사적 에너지절약 마인드 고취
- ④ 합리적인 에너지 사용 모델 제시

### 2) 설비기술 부문

- ① 설비별 운전 최적화에 따른 에너지손실 방지
- ② 에너지 원단위 향상과 환경부담 감소
- ③ 에너지 운용의 최적화 모델 구축으로 생산 지원설비의 안정화
- ④ 자체 절감 활동을 위한 자료 및 정보 구축

본 사업에서는 협력업체별 에너지 진단 후 최대 절감효율을 나타낼 수 있는 설비를 선정하여 개선안을 도출하게 된다. 개선안에 따른 에너지 저감투자 및 운영방식을 변경하게 되면 실질적으로 협력사의 에너지 손실 요인을 줄이고 Hardware 측면의 온실가스 저감효과를 가져올 것으로 판단된다.

### 2.3.1 에너지 진단 및 개선절차

에너지진단 및 개선절차는 아래의 도식과 같다.

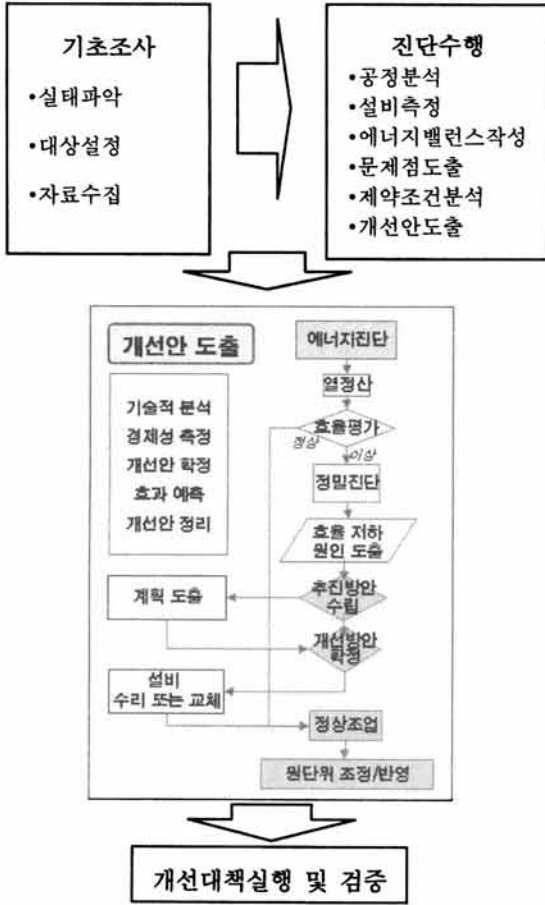


Fig. 3 에너지 진단 및 개선안 수립 도식도

본 과제 20개 대상기업의 경우는 대부분 내화재, 합금철 생산공정이며, 주요 열설비는 가열요설비에 해당된다.

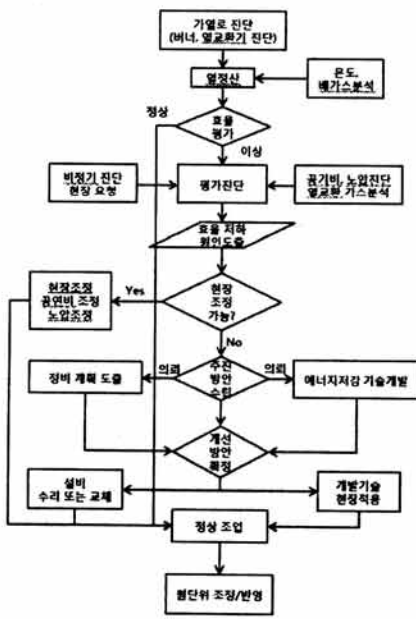


Fig. 4 열설비 진단 프로세스

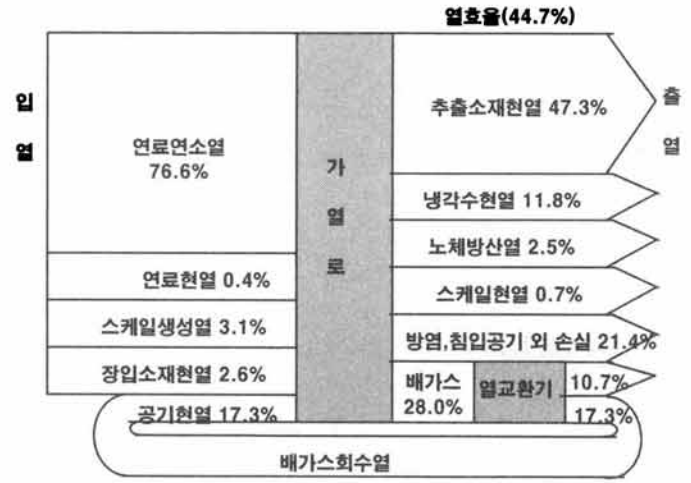


Fig. 5 열정산도(철강가열로 사례)

Fig. 4에서는 가열로에서의 일반적인 진단 프로세스를 나타내고 있으며, Fig. 5는 열진단 후 입출열에 대한 열 밸런스를 표시하는 열정산도로서 기준치보다 하회하는 부분이 발생하게 되면 정밀진단을 실행 후 원인분석, 개선안 도출, 개선시행의 과정을 거쳐 검증단계를 최종으로 하는 업무 Flow를 따른다.

열정산은 아래 Table. 3과 같이 수행된다.

Table. 3. a 열정산 계산식-입열(철강가열로 사례)

입열 항목	계산식
① 연료연소열	연료량 x 저위발열량
② 연료현열	연료량 x 연료평균비열 x (연료온도-외기온도)
③ 스케일생성열	연소감량 x 스케일생성열
④ 장입소재현열	소재중량 x 소재비열 x (소재장입온도-외기온도)
⑤ 예열공기현열	공기량 x 공기평균비열 x (예열공기온도-외기온도)

Table. 3. b 열정산 계산식-출열(철강가열로 사례)

출열 항목	계산식
① 추출소재열	(기준추출중량-연소감량) x (추출 평균 발열량-외기 발열량)
② 냉각수현열	냉각수량 x (출구온도-입구온도) x 냉각수비열
③ 노체방산열	로외벽온도에 대한 방산열량의 합
④ 스케일현열	연소감량 x 스케일비열 x (소재추출표면온도-외기온도)

⑤ 배가스손실	연료량 x 실제습배기량 x 배가스비열 x (습배가스온도-외기온도)
⑥ 기타 손실	$\Sigma$ 입열 - $\Sigma$ 출열

## 2.4 Carbon Footprint Management 시스템 구축

### 2.4.1 온실가스 인벤토리 구축

온실가스 인벤토리는 ETS 도입시 사업장 배출권 할당 및 거래의 기본근거가 되며 내부 온실가스 관리를 위해 기반이 되는 시스템이다. 본 사업에서는 가이드라인 구축뿐만 아니라 사업장별 실제 인벤토리를 구축함으로써 참여 협력사별 실질적인 온실가스 저감을 위한 산정기반을 제공 한다.

인벤토리 구축은 배출원의 경계를 파악하고, 각 공정을 분석하여 배출원 및 배출가스를 규명하는 선행연구가 필요하다. 또한 국제적 방법론을 분석하여 참여 협력사에 적합한 방법을 선정해야 하며 배출원별 활동데이터 수집 후 산정된 배출량의 신뢰도를 높일 수 있는 QA/QC 절차 또한 수립하여야 한다.

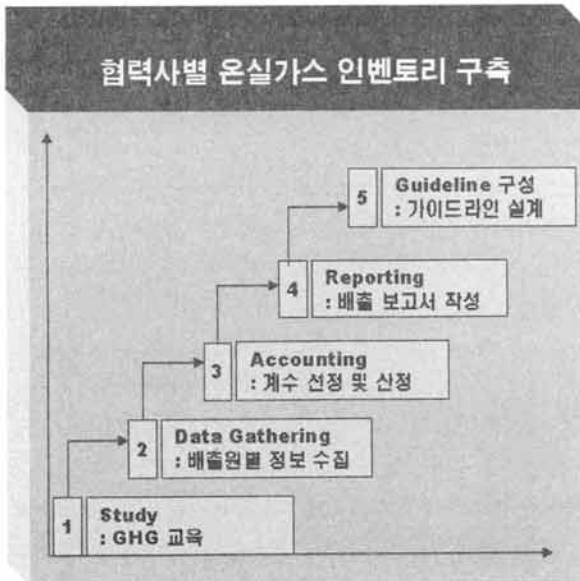


Fig. 6 온실가스 인벤토리 구축절차

인벤토리 구축의 핵심 Point 는 각 배출원별 적용 배출계수 및 관련 기준을 확립하는 작업이다. 즉, 배출원별 온실가스 배출량은 연간 연료사용량과 배출계수와 곱으로 나타내는데 이때 배출계수를 어떤 기준으로 확립하는가를 바탕으로 구축된 인벤토리의 신뢰도를 파악할 수 있기 때문이다.

이때 배출계수는 오차를 줄이기 위해 사업장 실험값을 우선으로 하며 불가능시 업종평균지수, 국가지수, IPCC 배출계수와 같은 글로벌 평균지수 순으로 사용하여야 한다. EU 의 경우 연간 50 만톤 이상 배출하는 사업장의 경우 오차율 1.5%를 허용하고 있으며 이를 만족하기 위해서는 사업장 실험값 사용이 필수적이다.

### Eq. 1 배출계수 산정방법

$$\text{배출계수} = \text{발열량계수} \times \text{LHV 환산계수} \times \text{연료별배출계수} \times \text{산화계수} \times \text{CO}_2 \text{ 환산계수} \times \text{GWP}^*$$

\* Global Warming Potential

배출계수가 정해지면 온실가스 배출량을 산정하게 된다. 이는 사업장 및 공정 조건에 따라 다양한 방법으로 산정하게 되며 사용편의성, 상호호환성, 비용효율성 및 정확성을 고려하여야 한다.

Table. 4 배출량 산정방법

방법론명	산정방식
연속측정	계측기로부터 연간 누적자료 확보
주기측정	온실가스농도×가스유량×운전시간
물질수지	전환율×기준물질순도×투입산출량
탄소수지	(투입탄소-산출탄소)×44/12
공인기준	배출계수×년간 기준물질투입량

여기서 탄소수지의 경우 주로 공정배출량 산정에 많이 이용된다. 이외 고정배출의 경우 계측기 존재시 연속측정 방법을 많이 사용하며 주기입력을 하게 되는 경우 주로 활동데이터의 계량후 공인기준방법에 의해 측정하게 된다. 산정된 배출량은 배출원별 인벤토리 목록에 기록되며 이는 생산제품 전과정 차원의 Carbon Footprint 구축에 기본이 된다.

### 2.4.2 CFM System 구축

CFM system 은 제품 원단위 당 배출하는 온실가스 배출량을 전과정 측면에서 산정하는 시스템이다. 이를 위해 제품의 원료채취, 제조, 수송, 사용, 폐기 와 관련된 온실가스 배출량 정보를 포함해야 한다. 본 연구사업에서는 협력사별 구축된 온실가스 인벤토리를 최대한 활용, 당사 Down-stream 쪽의 CFM 의 신뢰도를 높일 예정이다. 참여 협력사의 공급제품으로 포함되지 않는 부원료 및 원료와 협력사의 Downstream 쪽은 국가 LCI DB 를 활용할 계획이다.

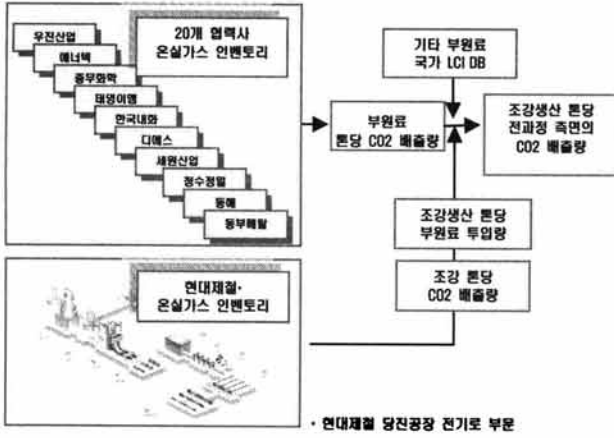


Fig. 7 CFM 구축 절차

### 3. 결 론

(1) 현대제철이 구축중인 CFM 시스템은 전과정 차원에서 제품의 기후변화 대응에 대한 기반을 마련하고 협력사의 EMS 및 온실가스 인벤토리 구축과 이에 대한 관리 및 분석을 통해 실질적인 온실가스 저감효과를 가져올 것으로 판단된다.

(2) 또한, 본 연구 과제에서 추진중인 CFM 시스템의 경우 협력사에 구축된 온실가스 인벤토리와 연계함으로써 국가 LCI DB 만을 활용하는 것 보다 현실적인 전과정 차원의 온실가스 배출량 산정 방법으로 판단된다.

(3) 결론적으로, 현대제철은 본 연구과제 수행을 통하여 온실가스 인벤토리 및 CFM 구축함으로써 전과정 차원에서 온실가스 배출량 및 제품의 원단위 배출량을 파악하고, 에너지 진단, 개선방안 수립 및 적용, EMS 구축을 완수함으로써 전기로 산업에서의 온실가스 5% 저감 목표를 달성할 수 있는 토대를 마련할 것이다.

### 참고문헌

1. 공업로 핸드북, 일본 공업로 협회, 1979
2. 에너지설비 열진단 직무교육교재, 현대제철, 2009
3. 철강산업의 자원순환형 Carbon Footprint Management 시스템 구축 사업계획서, 2009
4. GHG protocol; Corporate Accounting and reporting Standard, WRI/WBCSD, 2004
5. Guide To PAS 2050, Carbon Trust



이종렬



이병노



박영준



이철우