

3C2) **철강산업분야에서의 대기오염물질 배출특성과 배출계수 산정에 관한 연구** **A Study on the Emission Characteristics and the Estimation of Emission Factor for Air Pollutants in the Iron and Steel Industry**

방선애 · 홍지형 · 허정숙 · 석광설 · 김대곤 · 이대균 · 임윤성
국립환경연구원 대기공학과

1. 서론

국제사회는 환경을 범지구적 문제로 규정하고, 환경문제 해결을 위한 국제적 환경협약을 체결하고 환경보호를 위한 무역규제조건을 강화하고 있다. 이러한 국제적 상황은 국가간 정보의 교류·협력을 강조하며, 대기배출량 등 환경정보의 상호 교류를 요구하고 있다. 각국의 국가 대기배출량은 자료의 신뢰성과 각국 자료의 비교·평가를 위해서 산정방법과 자료 제출형태 등이 일관된 형태를 이루어야 한다. 또한 국제기구의 환경협력에 대응하기 위해서는 우리 나라의 대기배출량 자료의 목록화 (emission inventory) 가 필요하며, 국제기구가 요구하는 표준화된 체계에 맞추어 기초자료 조사연구가 진행되어야 할 것이다. 국가 대기배출량 자료의 목록화는 그 동안 국내의 많은 연구진의 노력에 의해 계속적으로 수행되어 왔으나, 표준화된 체계에 의해 수행되지 못하고 일회적 연구로 끝나거나 작성된 자료의 관리가 지속적으로 이루어지지 못하여 자료가 산만하게 분산되는 등 많은 시행착오를 겪었다.

본 연구는 우리 나라의 국가 대기배출계수 개발과 오염배출량 산정을 목적으로 수행하였다. 허정숙 등 (2002a)은 이미 우리 나라의 새로운 대기배출원 분류체계를 제시하였고, 배출원 분류체계에 맞추어 배출원별 배출특성과 배출계수 산정 등 일련의 연구를 진행한 바 있다 (허정숙, 2002b). 본 연구는 대기배출원 중 산업분야에서 금속공정-철강산업의 대기배출특성을 파악하고 배출계수 개발 및 오염배출량 산정을 하고자 한다. 본 연구는 철강산업분야의 여러 사업장에 대한 배출원 조사표 분석과 현장방문 위주로 사업장별 오염물질 배출자료를 확보하고, 이를 기초로 철강산업의 배출특성 파악과 국내 실정에 적합한 공정별 배출계수를 산정하는 방식으로 수행되었다.

2. 연구내용 및 방법

금속공정-철강 분야에 해당하는 우리 나라의 철강산업은 표준 산업분류체계에 의하면 총 9개 업종으로 분류되어 있다. 국립환경연구원(2001)에서 조사한 바에 따르면, 2000년 현재, 우리 나라에 등록된 대기배출 사업장 중 철강산업분야의 1, 2, 3종 사업장 수는 총 116개소이다. 이 중 제철 및 제강업은 14개소였으며, 합금철제조업 3개소, 열간압연 및 압출제품 제조는 21개소, 냉간압연 및 압출제품제조업 15개소, 철강선제조업 16개소, 강관제조업 9개소, 절단가공 및 표면처리강재생산업 4개소, 선철주물주조업 29개소, 강주물주조업 5개소로 조사되었다.

본 연구는 이들 사업장 중 제품생산량, 연료사용량 및 오염물질 배출량이 많은 사업장을 고려하여 각 업종별로 2개소, 총 18개소의 사업장을 선정하였다. 다음 단계로, 선정된 18개 개별 사업장에 철강분야 대기배출특성 조사표를 사업장에서 직접 작성하도록 하였다. 작성이 완료된 배출원 조사표는 1차 분석단계를 거친 후, 2차로 현장 검증을 통해 자료의 신뢰성을 확보하고, 제조공정을 확인하는 과정을 수행하였다. 배출원 조사표는 철강업분야의 배출특성을 최대한 자세히 표기하도록 작성하였다. 조사항목은 USEPA(2000) 자료를 참고로 하여 해당 사업장에 관련된 일반정보, 생산시설 용량, 공정도와 물질수지표, 배출시설별 오염물질 발생량 및 배출시설·방지시설에 관한 정보 등을 작성하도록 되어있다. 확보된 자료를 바탕으로 각 공정별 배출시설과 방지시설 형태별로 제품생산량 혹은 원료사용량을 기준으로 대기오염물질 배출량을 산정하였다.

본 연구에서는 자료에 대한 등급 및 산정된 배출계수에 대한 등급 기준을 정량적으로 확보하고, 등급을 부여함으로써 배출계수를 효율적으로 관리하도록 하였다 (국립환경연구원, 2002). 자료에 대한 등급부여의 경

우, 모든 사업장이 오염물질 측정을 대기오염공정시험방법에 의하여 연속 또는 비연속적으로 측정하고 있기 때문에, 대기공정시험방법으로 실험을 행하였는지와 측정횟수를 기준으로 A, B, C, D등급으로 분류하였다. 배출계수 등급은 업종별 대상 사업장 (1, 2, 3종) 수에 대하여 본 연구에서 조사한 사업장 수가 차지하는 비율을 고려하여 A, B, C, D, E, F등급으로 나타내었다. 산업시설의 모든 배출시설은 오염원분류코드 (Source Classification Code, SCC)로 구분하여 배출계수를 산정하였다. SCC는 5분류로 구성되어 있으며, 금속공정-철강 분야의 경우, 대기배출원 분류에서 제 1분류는 금속공정, 제 2분류는 철강, 제 3분류는 표준산업분류에 의한 업종분류이며, 제 4분류는 오염물질 배출공정 혹은 생산제품, 제 5분류는 오염물질 배출시설로 구분하였다.

3. 결과 및 고찰

조사표 분석결과, 철강업종들은 1차적으로 제철제강 산업에서 생산된 철강제품이 하부 철강업종으로 보내지는 등 생산제품의 특성이 확실히 구분되어 있어, 업종분류가 뚜렷하다는 특징을 가지고 있다. 또한, 철강산업은 여러 가지 원료를 다루는 화학공장과는 달리 공정내로 장입되는 원료가 단순하며, 철을 원료로 취급하는 것이므로 대부분 업종의 제조공정이 유사하다는 특성을 가지고 있다. 따라서, 철강산업의 공정별 배출시설은 비교적 복잡하지 않으며, 주된 배출오염물질은 고로나 전기로 등과 같이 연료를 연소하여 철을 용융·가열하는 과정에서 발생하는 먼지, SO_x, NO_x 등이 대부분이다. 철의 가공시 표면의 이물질 등을 제거하는 산세시설에서 염산이나 황산화물 등도 주요 오염물질에 포함된다. 철강산업의 오염물질은 제조공정의 특성상, 화학공장처럼 제품이 밀폐시설에서 생산되는 것이 아니라, 단위생산공정간의 이동이 개방형으로 이루어져 있어, 배출오염물질이 대기에 노출되는 빈도가 타업종 보다 높으며, 원료의 투입시 먼지 발생 등, 오염물질이 완전히 처리되지 못한 상태로 작업장내에 혹은 외부로 오염물질이 비산되는 경우가 많다.

먼지의 방지시설은 여과집진시설이 대부분이며, SO_x의 처리시설인 경우, 가열로, 소둔로 등의 열원으로 LNG나 LPG를 사용하는 경우가 많으므로, 방지시설이 설치 안된 경우가 대부분이다. 황산에 의한 산처리시설의 경우, 흡수에 의한 시설에서 배출계수가 산정되었다. NO_x의 경우도 대부분 공정가열로에서 발생되며, 방지시설을 설치하지 않은 경우가 대부분이다. 철강산업분야에서 산정된 배출계수는 총 101개 이며, 배출계수 등급은 A등급이 23개, B등급 3개, C등급 13개, D등급 38개, E등급 12개, F등급 12개로 분류되었다. 표 1은 철강산업에서 업종별 및 제조공정별 먼지의 배출시설과 방지시설, 배출계수 산정 현황을 제시하였다.

향후, 철강산업의 경우, 비산먼지의 조사뿐만 아니라, 사업장에서 배출되는 먼지의 입자 크기 및 성분 파악이 이루어져야 할 것이며, 이들 오염물질에 대한 배출계수 산정을 지속적으로 수행하여야 할 것이다.

사 사

본 연구는 차세대 핵심환경기술개발연구사업 중 "대기 inventory 작성과 배출계수 개발 및 오염배출량 산정 연구"의 일환으로 수행되었으며, 연구비를 지원하여 주신 한국환경기술진흥원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

국립환경연구원 (2001) 2001년도 대기배출원조사.
 국립환경연구원 (2002) 대기 Inventory 작성과 배출계수 개발 및 오염배출량 산정연구.
 허정숙, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 엄윤성 (2002a) 새로운 대기오염물질 배출원 분류체계에 관한 제언, 한국대기환경학회, 18(3), 231-245.
 허정숙, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 엄윤성 (2002b) 발전분야에서의 대기오염물질 배출특성과 배출계수 산정에 관한 연구, 한국대기환경학회 춘계학술대회논문집, Apr.
 USEPA (2000) Compilation Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition.

Table 1. The status for emission factor of particles in the iron and steel industry.

업종	배출공정	배출 시설수	방지시설종류	산정된 배출계수등급 및 수
제철 및 제강업	제선공정	4	여과(1), 세정(2), 전기(1)	4(A)
	제강공정	1	여과여과집진(1)	1(C)
	압연공정	1	방지시설미설치(1)	1(C)
합금철 제조업	제련공정	3	여과(3)	3(A)
	Mn합금철	2	여과(2)	2(A)
	슬래그	1	여과(1)	1(A)
열간 압연 및 압출 제조업	제강공정	1	여과(1), 방지시설미설치(1)	1(F), 1(D)
	압연공정	2	여과(1), 전기(1), 방지시설미설치(2)	2(D), 2(F)
냉간 압연 및 압출 제조업	열처리공정	2	방지시설미설치(3)	3(D)
	탈사공정	1	여과(1)	1(D)
철강선 제조업	열처리공정	1	전기(1)	1(D)
강관제조업	용융도금공정	1	여과(2), 방지시설미설치(1)	3(D)
	내면,외면분사시설	1	여과(2), 방지시설미설치(1)	3(D)
	도장공정	1	여과(1)	1(D)
선철주물 주조업	제련공정	3	여과(3)	3(E)
	조형공정	1	여과(1)	1(E)
	주물주조공정	1	여과(2)	2(E)
	탈사공정	1	여과(1)	1(E)
	도장공정	1	여과(1)	1(E)
	연마공정	1	여과(1)	1(E)
강주물 주조업	용해공정	3	여과(3)	1(B), 2(C)
	건조공정	1	여과(1)	1(B)
	도가니로	1	세정(1)	1(C)
	탈사공정	1	여과(1)	1(C)
	열처리공정	1	원심력(1)	1(C)
	분쇄공정	1	여과(1)	1(B)
	도장공정	1	세정(1)	1(C)
계		39	여과(39), 세정(4), 전기(3), 원심력(1) 방지시설미설치(9)	10(A), 3(B), 8(C), 15(D), 9(E), 3(F)

※여과(여과집진시설), 세정(세정집진시설), 전기(전기집진시설), 원심력(원심력집진시설)을 의미함.