



제1장

산업공정 부문 국가 온실가스 인벤토리 활동자료 개선 방안 연구

이동근 · 박병욱

제1절 서론

1. 연구배경

범지구적인 온실가스 배출량 감축을 위한 국제적인 노력은 1988년에 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC¹⁾ : Intergovernmental Panel on Climate Change)를 설립하였으며, 1992년에는 기후변화에 관한 UN 기본협약(UNFCCC²⁾ : United Nations Framework Convention on Climate Change)으로 결실을 맺은 바 있다. 또한, 협약에 따라 당사국 총회(COP³⁾ : Conference of Parties)를 매년 개최하고 있는데, 1997년 일본 교토에서 개최된 제3차 COP에서는 2012년까지의 온실가스 감축목표에 관한 의정서(Kyoto Protocol)를 채택하여, 부속서 I(Annex I)⁴⁾ 국가군의 온실가스 의무 감축량 부여 및 국제 배출권 거래제, 청정개발 체제, 공동 이행제 등을 규정한 바 있다⁵⁾.

- 1) 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 국제연합환경계획(UNEP) 및 세계기상기구(WMO)가 1988년에 공동으로 설립하였는데, 산하에 3개의 실무그룹(과학 분야, 완화 분야, 영향·적응 및 취약성 분야)을 두고 있으며, 1990년 이후 5~6년 간격으로 기후변화 평가보고서를 발간(1990년, 1995년, 2001년, 2007년)하였다.
- 2) 기후변화에 관한 유엔 기본협약(UNFCCC)은 리우환경협약으로 통칭되는데, 1992년 6월에 브라질 리우데자네이루에서 개최된 기후변화회의를 통해 체결되었으며, 1994년 3월에 발효되었다.
- 3) 기후변화 당사국 총회는 1995년에 독일 베를린에서 제1회 당사국 총회를 개최한 이후, 제17차 회의가 2011년에 남아프리카공화국 더반에서 개최되었다.
- 4) 기후변화협약 체결 국가 중 감축의무 대상이 되는 선진 38개 국가 집합체를 말하는데, EU 가입 국가와 일본 등으로 구성되었다.
- 5) 2007년부터는 2013년 이후 교토의정서 체제를 대체할 논의가 COP에서 계속적으로 진행되고 있으나, 참여 국가들의 이견과 합의 부족으로 어려움에 빠져 있는 상황이다. 2011년에 개최된 제17차 COP는 교토의정

또한, IPCC는 기후변화 대응과 관련한 통계를 작성하기 위해 국제 지침서(1996·2006 Guideline, 2000·2003 Good Practical Guidance)를 보급하였으며, 협약에 가입한 모든 국가를 대상으로 관련 보고서 및 통계자료의 제출을 의무화하고 있다. 보고서 제출 의무는 부속서 1 국가군과 비부속서 국가군을 차별화하여 부과하고 있는데, 협약에 가입한 모든 국가는 기본적으로 기후변화 대응에 관한 국가보고서(NC : National Communication)⁶⁾를 제출하도록 규정받고 있으며, 부속서 1 국가군은 추가적으로 국가인벤토리보고서(NIR: National Inventory Report) 및 공통보고서식(CRF : Common Report Format)이라는 배출량 통계와 관련한 상세 보고서의 작성과 제출을 요구받고 있다.

보고서 및 통계자료 제출 의무는 2011년에 개최된 제17차 COP에서 더욱 강화된 모습으로 나타나고 있는데, 협약 가입 국가 중 부속서 1 국가는 BR(Biennial Report)보고서 제출과 IAR(International Assessment & Review) 평가를 받도록 규정하고 있으며, 비부속서 국가는 BUR(Biennial Update Report) 보고서 제출과 ICA(International Consultation & Analysis) 평가를 받도록 규정하고 있다. 추가적인 의무화 작업은 협약 국가의 감축 이행에 대한 투명성 증진을 목적으로 계획되었는데, 2014년부터 2년 주기로 이행하도록 규정하고 있다.

이와 같은 국제사회의 움직임에 발맞춰 우리나라 정부도 기후변화 대응을 위한 관련 정책을 추진하고 있는데, 1993년에 UN 기후변화협약에 가입한 이후, 2008년에는 국무총리실 기후변화대책기획단에서 기후변화대응 종합기본계획을 수립하여 시행한 바 있다. 2010년부터는 저탄소녹색성장기본법에서 중앙정부 및 지방자치단체의 녹색성장 국가전략 및 기후변화 대응 기본계획의 수립·시행을 의무화 하여 관련 정책 추진을 보다 강화하여 실시할 수 있도록 하고 있다. 온실가스 배출량 통계와 관련해서는, 2009년까지 지식경제부가 에너지법에 기초하여 작성하여 왔으나 2010년부터는 저탄소녹색성장기본법에 기초하여 환경부가 관련 통계를 총괄하여 작성하고 있다⁷⁾. 환경부는 산하에 총괄 실무기관인 온실가스종합정보센터(GIR : Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea)를 설립하여 온실가스 배출량 관련 정보 및 통계를 종합적으로 관리하고 있으며, 훈령인 국가 온실가스 통계 총괄관리규정을 제정하여 5년 주기로 총괄 관리계획도 수립하여 시행하고 있다. 또한, 저탄소녹색성장기본법 시행령에서는 국가 온실가스 인벤토리 통계의 체계적인 작성을 위해 부문별 관장기관과 협의기관을 선정하고 있는데 지식

서를 5년간 연장하는 것으로 마무리하여 온실가스 배출량 감축을 위한 국제사회의 노력이 더 이상 진전되지 못하고 있는 실정이다.

- 6) 국가보고서(NC)는 1998년, 2003년에 이어 2012년 1월에 3차 보고서를 IPCC에 제출하였다.
- 7) 기후변화협약에 따르는 보고서 제출 의무 측면에서는 우리나라가 비부속서 국가(non-Annex I)로 분류되고 있어, 온실가스 배출량 통계에 관한 NIR 및 CRF 보고서의 직접적인 제출 의무는 없다. 그러나 1996년에 우리나라가 OECD에 가입하여 선진국 대열에 이미 합류하였고, 세계 온실가스 배출량에서 차지하는 우리나라의 높은 기여도 영향(2009년 기준으로 배출량 6위, 연평균 증가율 1위) 등으로 2010년 이후 NIR과 CRF 보고서를 작성하여 IPCC에 제출하고 있다.



경제부, 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부를 부문별 관장기관으로, 통계청(KOSTAT : Statistics Korea)을 협의기관으로 각각 선정하 바 있다.

관련 법령⁸⁾의 규정에 따라, 통계청은 2009년에 온실가스 인벤토리통계팀을 조직하고, 관련 연구와 법정 협의업무를 시작하였다. 2010년에는 IPCC 지침서와 작성방법에 관한 기초연구 및 불확도 측정에 관한 연구를 진행하였으며, 2011년 하반기부터는 본격적으로 부문별 온실가스 배출통계 작성에 대한 개선방안 연구를 시작하였다. 또한, 2010년 이후에는 관장기관이 제출한 당해 연도 NIR 및 CRF 보고서에 대한 검증작업을 GIR과 합동으로 실시해 오고 있다.

이상과 같이 기후변화 대응을 위한 정부 정책들이 다양하게 시행되고는 있으나, 우리나라가 비부속서 국가로 분류되어 상대적으로 국민적인 관심이 부족한 상황이고, 온실가스 인벤토리 통계는 작성 연혁이 비교적 짧아 미작성 부문이 상당 수 존재하는 등 정책과 통계 부분 모두 아직까지는 많은 보완과 개선이 필요한 것으로 보인다. 특히, 통계 작성과 관련해서는 기초자료인 활동자료(AD : Activity Data)와 배출계수(EF : Emission Factor) 부문의 신뢰성과 완전성 제고를 위한 체계적인 구축 노력이 보다 절실한데, 이들 부문의 개선 성과는 작성 통계의 평가 부문인 불확도 측정 및 QA/QC 부문에서도 동반향상의 효과를 가져올 수 있기 때문이다.

2. 연구 필요성

국가 온실가스 배출통계 작성은 전체 산업을 아우르는 방대한 규모의 기초 통계자료 확보가 필요한 부문이며, 지침서상 산정방법의 전문성 수준이 대단히 높은 부문이다. 따라서, 관련 법령이 통계작성에 대한 책임을 지식경제부 등 4개 주무 부처로 분할하여 선정하고는 있으나, 실질적으로는 에너지경제연구원 등의 관련 전문 연구기관 7개가 산정기관으로 지정되어 관련 기초 통계자료의 수집·취합·분석 작업을 해오고 있다.

한편, 이들 산정기관들은 방법론 연구, 배출계수 개발 등의 전문성 측면에서는 높은 평가를 받고는 있으나, 자체적인 필요 통계 생산 기능이 취약하고, 관련 통계작성기관과의 협조체계 구축에도 많은 어려움을 겪고 있다. 이런 영향으로, 산정기관이 적용 중인 기초 통계자료의 자료원은 해당 관장기관에서 생산하고 있는 통계자료를 중심으로 사용하고 있는데, 작성 중인 통계자료가 미확보된 경우에는 신뢰성이 확인되지 않은 협회 및 사업체 직접제공 자료 등을 사용하는 경우가 다수 있는 것으로 파악되고 있다. 이런 사정으로

8) 저탄소 녹색성장 기본법 시행령 제36조 5항(온실가스 종합정보시스템 구축)은 통계청을 국가 온실가스 통계작성을 위한 협의기관으로 선정하고 있으며, 국가온실가스 총괄관리 규정 제19조(통계청장과의 협의)는 통계청의 협의업무 영역을 다음과 같이 명시하고 있다.

i) 국가 온실가스 통계 검증과 관련한 지침 제·개정, ii) 활동자료 수집 및 검증 작업, iii) 검증보고서 작성

2010년 이후 2차례 국가 NIR 및 CRF 보고서가 작성·보고되어 왔으나, 활동자료 확보 수준이 56.1%, 활동자료 중 국가 승인통계 활용 비율이 37.1% 수준에 그치고 있는데⁹⁾, 특히, 산업공정 부문은 기초 자료 확보 수준이 가장 열악하여 각각 12.6%, 8.0% 수준에 그치고 있다. 국가 온실가스 통계작성의 실무 총괄기능을 수행하는 GIR도 이와 같은 인식을 바탕으로 2011년~2015년 총괄관리계획을 수립하였는데, 주요 추진방향으로서 미확보 활동자료의 조기 확보, 관련 자료원의 국가 승인통계 체계로의 전환 등을 선정하고 있다. 이런 맥락에서, GIR은 국가 기간통계 작성기관이면서 온실가스 배출통계 협의기관으로도 지정된 KOSTAT와의 보다 강화된 협조체계를 요청하였으며¹⁰⁾, 통계청은 2011년 하반기 농축산 부문¹¹⁾을 시작으로 부문별 기초 통계자료의 체계적인 정비작업을 추진하게 되었다.

2012년에 실시 중인 통계청의 온실가스 배출통계 개선방안 연구는 자체 연구 및 관련 연구기관과의 공동연구로 추진하고 있는데, 산업공정 및 에너지 부문은 자체 연구과제로 수행하고, LULUCF 및 폐기물 부문은 공동연구형 용역사업으로 추진하고 있다. 2013년 이후에는 연구성과의 구체적인 실무 적용방안이 보다 정교하게 연구될 계획으로 있으며, 2015년부터 적용이 예정된 2006 IPCC 지침서 체계에서의 부문별 2차 개선방안 연구가 계속해서 진행될 예정이다.

3. 연구 범위

현재 우리나라 국가 온실가스 인벤토리 통계는 부분적인 예외는 있으나 1996 IPCC 지침서를 기반으로 작성하고 있으며¹²⁾, 분류체계는 IPCC에 제출하는 CRF 분류를 따라 에너지, 산업공정, 농축산, 토지 이·전용 및 임업(LULUCF : Land Use, Land Use Change & Forestry), 폐기물 부문 등 5개의 대분류 부문으로 구분하고 있다. 본 연구는 대분류 부문 중 산업공정의 2.A(광물 생산)~2.D(기타 생산) 부문의 활동자료 및 배출계수에 적용되는 각종 기초 통계자료의 개선·개발작업을 중심으로 진행하였다. 세부 부문 중 2.E(할로카본 및 SF₆ 생산), 2.F(할로카본 및 SF₆ 소비) 부문은 제외하였는데, 이 부문은 GIR 및 한국환경공

9) 2011년~2015년 온실가스총괄관리계획(2011년 12월, 온실가스종합정보센터)에서 보고한 내용인데, 산업공정 부문의 낮은 확보율은 할로카본 및 SF₆ 생산량·소비량 관련 활동자료가 대규모로 미산정된데 주로 기인된다.

10) 2012년 상반기에 개최된 기관장 업무 간담회를 계기로 반기 주기의 업무협의회 개최, 통계 작성을 위한 협조체계 강화 등에 대해 합의하였으며, 통계청은 활동자료 등 기초 통계자료의 개선작업을 주도적으로 추진하도록 협의하였다.

11) 2010 농림어업총조사와 2011 농림어업조사에 온실가스 배출통계 관련 조사항목을 신설하여 농축산 부문 CH₄, N₂O 배출량 산정방법 중 10개 부문을 개선하였고, GIR이 발간한 2012년 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침서에 해당 개선 내용이 반영되었다. 또한, 농축산 부문 산정기관인 농촌진흥청 국립농업과학원에 의해 작물 관련 부문은 과거 시계열 자료를 전면 수정하여 재산정하였다.

12) LULUCF 부문 중 토지 이·전용 부분은 GPG 2003 체계에 맞춰 작성하고 있으나, 농축산 부문은 1996 IPCC 지침서와 GPG 2000 체계에 따라 작성하며 별도의 대분류 체계로 구분하여 작성하고 있다.



단에서 2011년부터 기초 통계자료 확보를 위한 작업들을 진행하고 있기 때문이다¹³⁾.

〈표 1-1〉 연구 범위에 포함된 산업공정 부문(IPCC 1996 지침서 기준)

부문	부문 명칭	부문	부문 명칭
2.A.	금속 광물	5.	기타 생산
1.	시멘트 생산	5.a	카본블랙 생산
2.	석회 생산	5.b	에틸렌 생산
3.	석회석 및 백운석 소비	5.c	에틸렌다이클로라이드 생산
4.	소다회 생산 및 소비	5.d	스티렌 생산
5.	아스팔트 루핑 생산	5.e	메탄올 생산
6.	포장용 아스팔트 생산	2.C.	금속 생산
7.	기타 생산	1.	철강 생산
7.a	유리 생산	2.	합금철 생산
7.b	기타 생산	3.	알루미늄 생산
2.B.	화학 산업	5.	기타 금속 생산 ¹⁴⁾
1.	암모니아 생산	2.D.	기타 생산
2.	질산 생산	1.	펄프 및 종이 생산
3.	아디프산 생산	2.	음식료품 생산
4.	카바이드 생산		

또한, 2015년부터 국가 온실가스 인벤토리 통계가 2006 IPCC 지침서에 따라 전면적으로 개편 적용될 것으로 예고되고 있으므로, 세부 부문별로 기초 통계자료의 보완이 필요한 부문과 신설되는 부문을 대상으로 개선방안 및 활동자료 확보방법도 병행하여 검토하였다.

〈표 1-2〉 연구 범위에 추가한 산업공정 부문(IPCC 2006 지침서 기준)

부문	부문 명칭	부문	부문 명칭
2.A.	광물 산업	6.	이산화 티타늄 생산
3.	유리 생산	8.d	산화에틸렌
4.	탄산염의 기타 공정 사용	8.e	아크릴로 니트릴 생산
4.a	세라믹 생산	2.C.	금속 산업
4.c	비아금 산화마그네슘 생산	4.	마그네슘 생산
2.B.	화학 산업	5.	납 생산
4.	카프로락탐, 클리옥살, 클리옥살산 생산	6.	아연 생산

13) GIR은 2012년에 할로카본 및 SF₆ 활동자료 구축과 관련하여 대규모 연구용역(약 7억 원)을 진행 중에 있으며, 한국환경공단도 산하에 관련 임시 팀(7명)을 조직하여 확보방안을 연구하고 있다.

14) 2.C.4(알루미늄 및 마그네슘 주물 생산 중 SF₆ 소비)는 2.E(할로카본 및 SF₆ 생산), 2.F(할로카본 및 SF₆ 소비)와 동일한 이유로 제외하였다.

4. 연구 방법

연구진행은 작성방법론 검토 및 문헌연구, 실태조사 실시, 조사결과 집계, 기초 통계자료 개선방안 마련 등의 순서로 추진하였다.

작성방법론 및 문헌연구 과정에서는 국제기구의 지침서류(1996·2006 IPCC Guideline, 2000 Good Practical Guidance), 현행 NIR 및 CRF 보고서, 2011년에 한국환경공단이 발간한 지자체 온실가스 배출량 산정지침서(ver.2.0), 2012년에 GIR이 발간한 국가 온실가스 인벤토리 통계 산정·검증·보고 지침서 등을 참고하였다. 작업 진행과정은 최근 NIR 및 CRF 작성 결과와 관련 지침의 준수 여부 및 활동자료별 문제점과 잠정적인 개선방안 파악에 주력하였다.

실태조사와 조사결과 집계작업은 통계청 경제통계국 산업동향과 개편작업팀과 지방통계청 경제조사과의 협조 아래 실시하였는데, 조사대상 기간은 2010년 1월까지 소급하여 월간 단위로 관계 자료를 확보하였다. 개편작업팀은 광업제조업동향조사 품목 조정 작업, 관련 품목 해설서 및 조사지침서 작성, 결과자료 집계 등의 작업을 수행하였으며, 경제조사과는 현장조사 실시 및 조사자료 입력작업에 협조하였다.

통계개발원 연구진은 제공받은 실태조사 자료를 기초로 2009년 NIR 및 CRF 보고서 자료와의 비교·분석 작업을 진행하였으며, 기초 통계자료의 개선방안을 최종적으로 마련하는 작업을 진행하였다. 개선 부문은 작성방법론상의 개선 적용 부문과 기초 통계자료의 대체 적용 부문으로 구분하여 검토하였다. 방법론상의 개선 적용 부문은 관련 국내 적용 지침서류들의 오류 사항 보완을 중심으로 정리하였으며, 기초 통계자료 대체 적용 부문은 신뢰성과 완전성, 국제 비교 가능성 측면에서 보다 나은 대안을 모색하는 방법으로 검토하였다. 작업과정에서 동일 활동자료 부문의 활용 가능한 통계자료가 2종 이상인 경우에는 자료 확보의 안정성과 불확도 평가 등에 이점이 있는 국가 승인통계를 중심으로 대안을 제시하고자 시도하였다.

그 밖에, 국가 승인통계 중 활동자료 수준으로 자료가 생산되고 있는 통계청 산업통계과의 광업제조업조사 관련 자료들도 검토하였는데, 광업제조업동향조사에서 파악되지 않는 활동자료는 이 조사를 통해 관련 모집단 자료를 사전에 확보할 수 있기 때문이다. 이런 이유로 기초 통계자료 중 일부 활동자료는 광업제조업조사에서 개선방안을 제시하였다.



제2절 산업공정 부문 활동자료 작성 현황

1. 활동자료 작성 현황¹⁵⁾

2010년까지 작성된 국내 산업공정 부문은 6개 중분류, 25개 소분류(Sink Category) 체계로 구성되어 있으며, 40종의 관련 활동자료가 인벤토리 통계작성에 적용되고 있다. 활동자료는 생산량 혹은 소비량 통계자료로 구성되고 있는데, 소분류 중 아스팔트 루핑은 국내 배출활동이 없고(NO: Not Occured), 메탄올은 활동자료 수집 미비로 산정에서 제외(NE: Not Estimated)되고 있다. 또한, 코크스는 에너지 부문에 포함하여 산정하고 있어, 산업공정 부문 배출량에서는 제외(IE: Included Elsewhere)되고 있다. 이와 같이, 산업공정 부문의 활동자료 중 국내 배출활동이 없거나, 미산정한 경우, 타 부문에서 포괄하여 산정한 경우 등은 모두 8종이 있는 것으로 나타났다.

〈표 1-3〉 산업공정 부문 활동자료 수집현황

활동자료 종수	IE, NE, NO	활동자료 수집 방법			비 고
		통계작성기관	관련 협회	사업체 직접제공	
40 ¹⁶⁾	8	16	11	7	2개 활동자료는 수집기관의 중복 있음
(100.0)	(20.0)	(40.0)	(27.5)	(17.5)	

* IE(Included Elsewhere), NE(Not Estimated), NO(Not Occurred)

활동자료 수집기관 및 자료원을 살펴보면, 활동자료 수집은 4개 통계작성기관 및 8개 관련 협회에서 제공한 자료와 8개 사업체에서 직접 제공한 통계자료를 활용하는 것으로 나타났다. 석회석 및 백운석 소비량은 철강협회 회원사 자료를 사용하여 왔으나, 일부 사업체의 분사(分社)로 인해 사업체 직접제공 방법도 병행하고 있는 것으로 나타났으며, 소다회, 전극봉, HFC 소비량 등은 관세청의 HS Code별(국제통일상품분류체계) 수출입통계자료를 수집하여 활용하고 있다.

- 15) 활동자료 현황은 2011년~2015년 온실가스총괄관리계획(2011년 12월, 온실가스종합정보센터)에서 보고한 내용을 중심으로 작성하였으며, 2011년 이후의 변화된 내용은 반영되어 있지 않다. 2012년 6월에 새로운 온실가스총괄관리계획이 보고되었으나, 하위 부문별 활동자료 현황에 관한 자료가 포함되어 있지 않아, 직전 자료를 기초로 검토하였다.
- 16) 할로카본 및 SF₆ 소비와 관련된 활동자료는 본 연구에서는 12개 활동자료로 통합하여 구분하였다. 국가 온실가스통계 총괄관리계획에서는 동일 자료를 100여개로 세분하여 재구분하고 있다.

〈표 1-4〉 산업공정 부문 활동자료 작성기관 및 자료원

작성 기관		활동 자료	자료원
통 계 작 성 기 관 (4 개)	통계청	판유리·마가린·주정·맥주·설탕 생산량	광업제조업동향조사
	한국철강협회	석회석 및 백운석 소비량	철강통계
	관세청	소다회 소비량, 전극봉 소비량, HFC 소비량(냉장고, 발포수지 등 6종)	무역통계
	에너지경제연구원	아스팔트 생산량	에너지통계
관 련 협 회 (8 개)	한국시멘트협회	시멘트 클링커 생산량	10개 회원사
	한국석회석가공업협회	생석회 및 백운석 생산량	60개 회원사
	한국석유화학공업협회	카본블랙·에틸렌·에틸렌다이클로 라이드·스티렌 생산량	39개 회원사
	한국제지공업연합회	(표백)펄프 생산량	19개 회원사
	한국정밀화학산업진흥회	HCFC 생산량	1개 회원사 ¹⁾
	한국반도체산업협회	HFCs, PFCs, SF ₆ 소비량	5개 회원사 ²⁾
	한국디스플레이산업협회		31개 회원사 ³⁾
한국전기산업진흥회	SF ₆ 소비량	180개 회원사 ⁴⁾	
사 업 체(8개)	석회석/백운석 소비량(1개), 소다회 생산량(1개), 암모니아(1개)·질산(3개)·아디핀산 (1개)·카바이드(1개) 생산량	사업체 직접 제공 자료	

- * 1) 회원사 100개 중 HCFC 생산 회원사는 1개
- 2) 회원사 315개(장비·부분품·설계·소자·재료·설비 업체) 중 할로카본 배출업체는 소자 생산업체 5개
- 3) 회원사 158개(장비·부분소재·모듈·자동화솔루션 업체) 중 할로카본 배출업체는 부품소재와 모듈 생산업체 31개
- 4) 회원사 207개 중 SF₆ 배출업체는 중전기(발전기, 전동기, 변환기, 변압기, 개폐기, 송배전기 등) 업체 약 180개 업체, 2005년 이후는 자료수집 중단

2. 활동자료 수집의 문제점

활동자료 작성 대상 부문 중 미작성 부문의 비중이 높고, 제공되는 활동자료 중 국가 승인통계로 작성되는 비중은 저조한 것으로 나타났다. 40종의 활동자료 작성 부문 중 8종(20.0%)의 활동자료가 미작성 되고 있으며, 국가 승인 통계자료로 작성되는 경우는 40.0%에 불과한 것으로 파악되었다¹⁷⁾. 이와 같이, 미승인 통계자료를 적용한 부문은 체계적인 QA/QC 관리가 불가능하여 NIR 및 CRF 국가보고서의 불확도 증가 및 신뢰도 저

17) 한국철강협회 등의 통계작성기관에서 제공한 활동자료는 국가 승인 통계자료로 포함하여 집계하였다.



하를 유발하는 것으로 보고되고 있으며, 협회 및 사업체 직접제출 자료는 관련 증빙자료 제출 수준이 낮아 활동자료의 완전성 및 정확성의 결함을 초래하고 있다. 또한, 협회 자료는 회원사 변동(분사, 탈퇴 등)이 있는 경우에 수집체계의 변경이 필요하며, 자료제출을 거부한 경우에도 강제력이 없는 한계를 노출하고 있다. 즉, 신규 가입한 회원사가 있는 경우에는 소급조사가 어려워 시계열 자료의 단층 현상이 발생할 수 있으며, 비회원사 생산업체의 경우에는 자료 누락이 예상되는 것이다¹⁸⁾. 게다가, 관련 협회와 사업체 제공 자료는 자료제공 담당자의 인사이동이 발생한 경우에 취약한데, 자료제출 지연, 자료 누락 등의 발생 여지가 높게 나타나고 있으며, 사업체에 대한 체계적인 관리 및 유인체계 부족으로 활동자료의 일관성 저하, 부정확한 자료 제공 등의 문제점이 노출되고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 협회 및 사업체 직접 제공 자료는 제공 주체의 자발성에 의존하고 있으므로 회원사 및 사업체의 실적자료 수정이 발생한 경우에도 제대로 보정작업이 이루어지지 않는 문제점이 발생하고 있다.

작성 중인 활동자료의 포괄범위도 불안정한 것으로 보고되고 있는데, 할로카본 및 SF6 소비의 배출량은 잠재 및 실제 배출량을 모두 산정해야 하나 잠재 배출량만 산정하고 있어, 실제 배출량 산정을 위한 활동자료의 구축이 추가적으로 필요한 상황이다. 즉, 현재 작성되고 있는 잠재 배출량은 관세청의 무역통계 자료를 중심으로 작성되고 있어 정확한 배출량 자료라고 볼 수는 없다. 반도체, 액정 부문에서는 관련 협회자료로 실제 배출량이 파악되고 있으나, 전기장치 부문은 2005년 이후 회원사의 협조 부족으로 조사가 중단되고 있는 상황이다.

☞ 잠재 배출량 = 생산량 + 수입량 - 수출량 - (파괴량)

☞ 실제 배출량 = 제작 시 배출량 + 사용 배출량 - (파괴량)

석회석은 철강, 비철금속, 유리, 발전시설, 환경오염 처리시설 등에서 다양하게 소비되고 있으나, NIR과 CRF에서는 철강생산에 투입된 소비량만으로 작성되고 있어 지나치게 과소 산정되고 있으며, 화학제품 중 메탄올은 국내 생산 업체가 파악되고 있으나 통계자료 부족으로 미작성되고 있다.¹⁹⁾ 철강 및 합금철 생산 부문의 코크스²⁰⁾ 소비량은 에너지 부문에서 포괄하여 작성되고 있어 빠른 시일 내에 분리 작성될 것이 요구되고

18) 석회석/백운석 소비량은 회원사의 분사 영향으로 2008년 이후 사업체 직접조사를 병행하고 있다.

19) 염료, 계면활성제 등의 원재료로 사용되는 메탄올은 활동자료 미비로 작성이 제외되고 있는데, 2009년 기준 광업제조업조사에서 2개 사업체가 조사된 것으로 나타났다.

20) 코크스 생산량 및 소비량 자료는 광업제조업동향조사에서 작성되고 있으나 NGGI 통계에서는 사용되지 않고 있다.

있다. 이외에도 세부 활동자료 영역별로 많은 부문에서 불완전함이 노출되고 있으므로 보완 및 개선작업이 5개 대분류 부문 중 가장 시급한 것으로 파악되고 있다.

3. 활동자료 수집체계 개선 방안

산업공정 부문 활동자료 수집체계의 문제점을 해소하기 위해, 개선 방안들을 검토하였으나, 활동자료 수준으로 국내에서 자료가 제공되고 있는 경우는 극히 한정적인 것으로 파악되었다. 특히, 국가 승인통계에서 생산되고 있는 경우는 통계청에서 제공하고 있는 광업제조업동향조사(월간)와 광업제조업조사(연간)가 유일한 것으로 파악되었다. 그 중 광업제조업조사는 약 2,500개 품목을 조사하고 있는 강점이 있었으나, 사업체의 최종 출하액을 기준으로 조사되고 있어 개선 수집체계로는 한계가 있는 것으로 파악되었다. 왜냐하면, 활동자료 중 많은 부문들이 생산품의 원재료, 반제품, 부분품 단계에서 포착을 요구하기 때문이다. 즉, 광업생산의 석회석, 화학산업의 암모니아, 질산, 스티렌, 금속산업의 선철, 소결물 등은 중간 투입물이므로 광업제조업조사에서는 해당 품목들의 자체 사용은 제외하고, 외부 출하 부분만 조사하고 있다.

그 외 자료로는 현행 작성방법에서 적용하고 있는 관련 협회자료가 있었으며, 기타 단편적이며 부정기적인 형태로 제공되는 관련 업계의 시장조사 결과자료 등이 있는 것으로 확인되었다. 따라서, 수집체계 개선방안의 최종적인 모색은 통계청의 광업제조업동향조사를 활용하는 방안과 협회의 자료수집 체계를 개선하는 방안으로 좁혀서 검토할 수밖에 없었다.

개선방안의 관건이 활동자료 통계를 국가 승인통계 체계에 편입하여 제공자료의 신뢰성과 정확성, 안정성 수준을 제고하는 것임을 감안하면, 실무적으로는 광업제조업동향조사에서 관련 자료를 제공하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다. 그러나, 광업제조업동향조사가 국가의 산업 생산·출하·재고 동향을 파악하여 관련 정책 수립·집행·평가를 위한 기초자료를 제공하는 것이 주된 목적이며, 이에 맞춰 조직과 예산이 구성되어 있으므로 당장 산업공정 부문 활동자료 통계를 작성하도록 권고하는 것은 무리라고 판단된다. 다음으로 고려할 수 있는 방안은 현행 활동자료를 제공하고 있는 관련 협회들을 통계작성기관으로 양성화하는 것을 고려할 수 있는데, 이를 위해서는 통계작성기관 지정 요건 충족이 반드시 필요하다는 어려움이 있다. 즉, 통계법은 통계작성기관 지정요건으로 법인성, 조직·인력·예산 확보 가능성, 구체적인 통계 작성·보급 계획성 등을 요구하고 있는데, 정부 지원 등의 반대급부 없이는 단시간 내에 협회가 통계작성기관으로 전환되기는 어려울 것으로 보인다.



〈표 1-5〉 산업공정 부문 활동자료 수집체계 비교

구 분	광업제조업동향조사 활용	협회를 통계작성기관으로 양성
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 통계자료의 완전성, 신뢰성 제고 • 사업체 관리의 체계성 확보 • 시계열 자료관리의 효율성 확보 • 집중형 수집체계로 전문성 확보 및 통계조사의 이행력 보유 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 조사체계 유지로 혼란 최소화 • 시계열 자료의 일관성 유지 가능 • 조사품목 추가 및 변경이 탄력적 • 통계작성 기반의 저변 강화
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 체계변경과 안정화 시간 소요 • 중간재 품목 및 대표품목 선정기준 미달 품목에 대한 예외 처리 필요 • 시계열 단층 현상 발생 가능 • 품목 추가 및 변경이 비탄력적 	<ul style="list-style-type: none"> • 예산 및 인력 지원 방안 마련 필요 • 분산형 수집체계로써 조정작업 필요 • 비협조 기관에 대한 이행력 부족 • 사업체 관리 및 자료관리의 미흡

결론적으로는 광업제조업동향조사에서 작성목적을 확대하고 관련 조직과 예산을 보강하여 활동자료의 수집·분석까지 담당하는 것이 가장 적합할 것으로 판단된다. 광업제조업동향조사는 국내 약 8,300개 주요 사업체의 생산량, 재투입량, 출하량(내수량, 수출량), 구입량, 재고량을 월간으로 조사하고 있으며, 금액까지도 병행해서 조사하고 있으므로 대부분의 활동자료 작성이 가능할 것으로 보이기 때문이다. 또한, 약 2,300개 사업체를 대상으로 생산능력 및 가동률 현황도 병행하여 조사하고 있는데, 이들 자료를 활용하면 활동자료 및 배출계수의 산정등급(Tier) 제고, 2006 IPCC 지침서 개편작업 등에도 충분히 적용할 수 있기 때문이다. 그 외 설비투자추계지수 작성을 위해 관세청의 HS Code 자료도 매월 수집·분석하고 있으므로 국내 산업공정 부문 활동자료 작성을 위한 종합적인 통계조사의 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 광업제조업조사의 협조도 필요한 것으로 판단되는데, 광업제조업동향조사에서 조사하는 품목이 약 800개에 그치고 있으므로, 최종 완성품 수준으로 활동자료가 요구되는 경우에는 광업제조업조사에서 1차적인 품목 모집단 자료가 확보될 수 있으며, 생산액의 물량화 작업이 가능한 부문에서는 직접적인 활동자료 기초통계로써의 역할도 수행할 수 있기 때문이다. 그 외, 철강통계, 광물생산량현황통계 등의 개별 소분류 부문에 특화된 승인통계가 작성되고 있는 경우에는 해당 기초 통계자료의 활용도 필요할 것이다.

제3절 실태조사 결과

1. 진행 경과

산업공정 부문 활동자료의 취약성에 대한 논의가 2010년~2011년 합동검증 작업에서 확인된 바 있었다. 이에, 2011년에 1차적으로 관련 통계자료 현황에 대한 기초자료 수집 작업을 추진하였으며, 이를 바탕으로 2011년 하반기와 2012년 상반기에 관계 기관 업무 협의회를 실시하였고²¹⁾, 이후 활동자료 개선작업을 위한 실태조사를 추진하게 되었다.

2011년 11월에 GIR과 KOSTAT 등으로 구성된 관계기관 합동회의를 개최한 이후, 광업제조업동향조사 개편과정²²⁾에 산업공정 부문 활동자료 관련 품목을 조사품목으로 선정하도록 협의가 진행되었다. 이후 2012년 3월에 경제통계국 및 지방통계청 경제조사와 조사팀장 등을 대상으로 21개 품목의 소급·병행 조사와 관련한 업무 간담회를 실시하고, 2012년 3월~4월간 조사대상 사업체명부 확인작업을 시작으로 실태조사가 진행되었다. 소급조사는 조사대상으로 확인된 사업체를 대상으로 2012년 4월부터 6월에 걸쳐 실시되었으며, 6월 이후에는 광업제조업동향조사 경상조사 사업체와 함께 지속적인 병행 조사를 실시하여 자료 수집작업을 계속하고 있다.

〈표 1-6〉 실태조사 진행 경과

조사 일정	진행 사항
2011. 11.18	활동자료 개선을 위한 관계기관 합동회의 개최
2012. 1. ~ 2.	광업제조업동향조사 조사품목 해설서 및 지침서 작성
3.12	경제통계국, 조사관리국 및 4개 지방청 조사팀장 간담회 실시
3. ~ 4.	조사대상 사업체명부 확인
4. ~ 6.	확정 사업체를 대상으로 소급 조사 실시
6. ~ 12.	2005년/2010년 기준 사업체 병행조사 실시

21) 관계기관 회의에는 온실가스종합정보센터, 에너지관리공단, 통계청 경제통계국 산업동향과 · 산업통계과 · 통계개발원 연구기획실이 참여하였다.

22) 광업제조업동향조사 개편작업은 2012년 12월에 완료되고, 2013년 2월에 공표될 예정이다.



2. 실태조사 실시

산업공정 부문 온실가스 배출량 통계 개선을 위한 실태조사는 통계청 경제통계국 산업동향과에서 추진하는 2010년 기준 광업제조업동향조사 개편작업의 부가조사 형태로 실시하였다. 부가조사 형태로 조사를 추진한 것은 신규 실태조사를 위해서는 보다 많은 연구와 예산·인력 등의 필요 자원 확보가 체계적으로 준비되어야 하기 때문이다. 또한, 앞서 밝힌 바와 같이 산업공정 중 할로카본 및 SF₆과 관련된 활동자료는 제외하였으며²³⁾, 2006 IPCC 지침서가 추가하고 있는 활동자료 부문도 소급조사에서는 직접 적용하지는 않았다.

실태조사는 산업공정 부문 21개 활동자료와 대칭되는 품목을 대상으로 조사하였는데, 그 중 12개 품목은 기존 경상조사 체계에서 확보되고 있었으므로 9개 품목에 대해 소급조사를 실시하였다. 소급조사 지정품목 중 석회석 등 5개 품목은 경상조사 품목이지만 표본품목 및 지역품목이라는 한계가 있어, 조사범위를 전국으로 확대하고 종사자 수 기준도 15인 이상으로 완화하여 조사하였다²⁴⁾. 또한, 대표성 제고를 위해 2011년까지 활동자료를 제공한 관련 협회 회원사와 사업체를 모두 포함하였으며, 최종적으로 전국에서 117개 사업체를 대상으로 조사하였다.

〈표 1-7〉 실태조사 조사대상 품목

경상 조사 품목(12개)		소급 조사 대상 품목(9개)	
		기존 표본/지역 품목	신규 품목
마가린(02800)	정당(04800)	석회석(00400)	메탄올(96100)
맥주(07700)	주정(08000)	염화에틸렌(21009)	소다회(96200)
펄프(15400)	석탄코크스(18000)	아디핀산(24609)	카바이드(96300)
석유아스팔트(19600)	에틸렌(20000)	질산(26909)	암모니아(96400)
스티렌모노머(20800)	카본블랙(25100)	생석회(37409)	
판유리(35400)	시멘트클링커(37200)		

23) 광업제조업동향조사는 사업체별 품목별 생산량, 판매량 자료 등을 조사하고 있으며, 원재료 투입량 등 소비량 자료는 현재 수집하고 있지 않다.

24) 광업제조업동향조사는 기본적으로 종사자 20인 이상인 사업체를 대상으로 조사하고 있으나, 예외적으로 지역지수 작성을 위해 제주 지역은 10인 이상, 품목별 사업체 수가 20개 미만인 경우에는 20인 미만 사업체도 일부 포함하고 있다.

제4절 산업공정 부문 인벤토리 개선 방안

1. 광물생산(2.A.)

가. 인벤토리 구조

광물생산 부문은 탄산염(Carbonate)²⁵⁾ 원료의 사용과 광물산업 제품의 사용에서 발생하는 CO₂(이산화탄소)를 산정하기 위한 활동자료로 구성되어 있다. 탄산염에서 발생하는 CO₂는 CaCO₃(탄산칼슘), MgCO₃(탄산마그네슘), Na₂CO₃(탄산나트륨: 소다) 등 광물 원료의 소성과정에서²⁶⁾ 주로 발생하고 있다. 그 외, 간접 온실가스²⁷⁾ 배출량 산정을 위해 아스팔트 및 유리 생산 등의 활동자료를 추가로 파악하고 있다.

〈표 1-8〉 광물생산 인벤토리 구조

구 분	세부 부문(Sink Category)	활동 자료	온실가스
광물생산 (Mineral Products)	시멘트 생산(Cement Production)	클링커 생산량(한국시멘트협회)	CO ₂ , SO ₂
	석회 생산(Lime Production)	생석회 및 백운석 생산량 (한국석회석가공업협동조합)	CO ₂
	석회석 및 백운석 소비 (Limestone and Dolomite Use)	석회석 및 백운석 소비량 (한국철강협회)	
	소다회 생산 및 소비 (Soda Ash Production and Use)	소다회 수입량 및 수출량 (관세청)	
	아스팔트 루핑 생산 (Asphalt Roofing Production)	NO	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC, SO ₂
	포장용 아스팔트 생산(Road (Paving with Asphalt Production)	아스팔트 생산량 및 소비량 (에너지경제연구원)	CO ₂ , NO _x , CO, NMVOC, SO ₂
	기타 생산 (Other Production)	유리(Glass)	판유리 생산량(통계청)
기타(Other)		NO	

NO : Not Occurred

25) 이산화탄소와 금속 산화물 또는 수산화물로 구성되는 화합물이다.

26) 소성(Firing, 燒成)이란 조합된 연료를 가열하여 경화성 물질을 만드는 것을 말한다.

27) 간접 온실가스는 다른 물질과 반응하여 온실가스로 전환되는 NO_x(질소산화물), CO(일산화탄소), NMVOC(비메탄계 휘발성 유기물), SO_x(이산화황)를 말한다.



나. 시멘트 생산(2.A.1.)

1) 현행 배출량 산정 방법²⁸⁾

시멘트 생산에서 온실가스 배출은 클링커(Cement Clinker)²⁹⁾ 제조를 위한 원료(석회석 등 탄산염)의 소성과정에서 발생하는 CO₂ 배출량을 산정하며, 공정 중 배출되는 CKD(Clinker Kiln Dust)³⁰⁾ 부분은 수정계수를 적용하여 산정한다. 또한, 시멘트 생산공정 개선에 따르는 인증 받은 감축량³¹⁾ 부분은 제외하고 산정한다. 시멘트의 CO₂ 배출량 산정은 IPCC의 GPG 2000 지침서에 따라 작성되고 있다. 간접 온실가스인 SO₂는 MRV 지침서에서 작성방법에 대한 설명이 없으며, CRF에서는 “NO”로 보고하고 있다.

2009년까지 NIR 보고서에서 적용한 활동자료는 미승인 통계자료인 한국시멘트가공업협동조합의 10개 회원사 통계자료를 활용하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 시멘트클링커를 전수품목으로 조사하고 있다

< 시멘트 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 클링커 생산량 × CKD 수정계수 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂ ▶ 배출계수 : t CO₂/t 클링커
- ▶ 활동자료 : 클링커 생산량(t)

<표 1-9> 시멘트 생산 배출계수

부 문	배출계수	
	t CO ₂ /t 클링커 생산량	CKD 수정계수
시멘트 생산	0.5071	1.02

28) 현행 배출량 산정방법은 2012년에 GIR이 발간한 국가 온실가스 산정·보고·검증(MRV : Measurement, Reporting, Verification) 지침서를 기준으로 설명한다.

29) 클링커(Clinker)는 석회석을 분쇄 및 건조하고 점토를 혼합하여 킬른(Kiln)에 넣어 소성시킨 화합물로서 시멘트의 중간 투입물이다. 여기에 3~4%의 석고를 넣어 분쇄, 혼합시키면 시멘트가 된다.

30) CKD는 Kiln(시멘트 클링커의 원료에 열을 가하여 구워내는 가마)에서 원재료가 소성되지 않고 파생된 분진을 말한다.

31) 교토의정서에서 부속서 1 국가가 저개발국에서 온실가스 저감사업을 수행하고 발생한 저감분을 자국의 감축량으로 인정하는 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)를 도입하였는데, 비부속서 국가가 독자적으로 추진한 Unilateral CDM도 인정하고 있다.

2) 산정방법 문제점

2009년 NIR 보고서에서는 시멘트클링커 활동자료가 국가 통계자료를 활용한 것으로 설명하며, 이에 따라 낮은 불확도 수준(10%)을 적용하였는데, 실질적으로는 공식 국가통계자료를 적용한 것이 아니고, 관련 협회자료를 사용하여 산정하고 있다.

또한, 간접 온실가스인 SO₂와 관련하여, 1996 IPCC 지침서는 클링커 제조 원료로 사용된 점토에서 발생한 배출량을 산정하도록 제시하고 있으나, CRF 보고서에서는 “NO”로 보고하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

통계청이 국가 공식통계로 발표하고 있는 광업제조업동향조사 시멘트 클링커 생산량 자료를 기초로 재산정하는 작업이 필요하다. 광업제조업동향조사는 1990년 이후 시멘트 클링커 생산량을 조사하고 있으므로 과거 시계열에서는 문제가 없는 것으로 확인되었으며, 협회 자료와 광업제조업동향조사 자료간의 차이는 무시해도 될 만큼 근사한 수치로 파악되었다.³²⁾

SO₂ 배출량 산정은 1996 IPCC 지침서에서 배출계수를 명시하고 있으므로, 시멘트 클링커 활동자료를 이용하여 산정하는데 어려움은 없을 것으로 판단된다. IPCC 지침서는 각국에서 점토의 황 성분과 공정 중 SO₂ 환원을 관련 자료가 없을 경우에는 노르웨이 방식의 0.3(kg SO₂/t cement clinker)을 적용하도록 권고하고 있다.

다. 석회 생산(2.A.2.)

1) 현행 배출량 산정 방법

석회(Lime) 생산을 위해 석회석 및 백운석을 고온의 킬른(Kiln)에서 소성하는 공정 중 발생하는 CO₂ 배출량을 산정하되, 생산공정 개선에 따라 인증 받은 감축량 부분은 제외하고 산정한다. IPCC의 GPG 2000 지침서에 따라 생석회와 백운석을 구분하여 각각의 배출계수를 적용한다.

2009년까지 NIR 보고서에서 적용한 활동자료는 미승인 통계자료인 한국석회석가공

32) 시멘트 클링커를 포함한 활동자료별 NIR 보고서와 KOSTAT 자료간의 비교 수치는 해당 기관에서 미공표 중인 자료가 많아 세부적인 자료를 제시하는 비교 통계표로 구성하지는 않았다. 시멘트 클링커의 2005년부터 2010년까지 NIR 자료와 KOSTAT 자료를 비교(NIR=KOSTAT×100)해 보면, 기간 중 3개 연도 비율은 99.6%~100.3% 수준으로 나타났으며, 2개 연도 비율은 95.6%~97.2% 수준으로 파악되었다.



업협동조합의 59개 회원사 통계자료를 활용하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 생석회를 지역품목으로 조사하고 있다.

< 생석회 및 백운석 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 생석회 및 백운석의 사용량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 생석회 및 백운석 사용
- ▶ 활동자료 : 생석회 및 백운석의 사용량 (t)

<표 1-10> 석회 생산 배출계수

부 문	배출계수	
	t CO ₂ /t 생석회 생산량	t CO ₂ /t 백운석 생산량
석회 생산	0.785	0.913

2) 산정방법 문제점

현행 산정방법에서 우선적으로 살펴볼 부분은 산정식과 배출계수에 사용한 용어 착오 부분을 들 수 있다. IPCC 지침서에서는 생석회, 고토석회, 수경성석회³³⁾의 생산량에 따르는 CO₂ 배출량을 산정하도록 규정하고 있으나, 현행 산정식에서는 생석회와 백운석 사용량으로 활동자료를 구분하고 있는 오류가 있다. 또한, 배출계수 적용에서도 오류가 있는데, GPG 2000 지침서에서는 수경성석회의 배출계수를 별도로 구분하고 있으며, 석회 종류별 배출계수도 화학량 비율에 따르는 배출계수(석회 순도 100%, 공정상의 소성율 100%를 가정)를 수정한 기본 배출계수를 제시하고 있으므로 국제기구 지침서 적용상의 착오가 발생하고 있다.

다음으로, 2009년 NIR은 한국석회석가공업협동조합에서 제공받은 활동자료를 적용하고 있는데, 회원사 가입 현황을 고려하고 실태조사 결과자료와 비교해 보면 약 75%

33) 점토질 석고를 고온에서 구운 후 CaO를 안정화시킨 것으로써, 수중에서도 충분한 경화 강도를 나타내는 석고를 말한다.

수준에서 산정되고 있는 것으로 나타났으므로, 포괄범위에서 대표성이 낮고, 결과적으로 온실가스 배출량도 과소 산정되고 있는 것으로 파악되었다.³⁴⁾

3) 산정방법 개선방안

용어상의 오류는 현행 산정식 및 지침서 내용에서, 백운석을 고토석회로, 사용량을 생산량으로 수정해서 적용하고, 석회 종류에 수경성석회를 포함하여 세분하며, 배출계수는 GPG 2000에서 제시한 수정 배출계수를 석회 종류별로 각각 적용해야 한다.

한편, 석회생산은 1990년 이후 연도별 배출량 통계에서 기여도가 높은 주요 배출원(Key Category)³⁵⁾으로 분류되는 부문인데, 그 동안 협회자료를 적용하여 과소 산정되어 왔으므로, 통계청의 광업제조업동향조사로 수집체계를 변경하여 적정 산정이 될 수 있도록 개선하는 것이 필요하다. 다만, 2012년 실태조사 이전까지 광업제조업동향조사는 석회생산을 지역품목으로 조사하였으므로 과거 시계열 자료에 대해서는 추정방법의 적용이 불가피하다. 또한, 광업제조업동향조사도 석회생산을 종류별로 파악할 수 있도록 세분 품목으로 조사할 필요가 있다.

< 석회 생산 부문 CO₂ 배출량 수정 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 생석회, 고토석회, 수경성석회 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 생석회, 고토석회, 수경성석회 생산량
- ▶ 활동자료 : 생석회, 고토석회, 수경성석회 생산량 (t)

<표 1-11> 석회 생산 수정 배출계수

부 문	배출계수		
	t CO ₂ /t 생석회 생산량	t CO ₂ /t 고토석회 생산량	t CO ₂ /t 수경성석회 생산량
석회 생산	0.75	0.77	0.59

34) 광업제조업동향조사의 생석회는 2009년까지 지역품목으로 조사되어 NIR 자료와의 직접적인 비교가 어려웠으나, 2012년에 실시한 실태조사에서 전수품목으로 조사하여 비교작업 수행이 가능하였다.

35) 2009년 NIR 보고서에 의하면, 석회생산 부문은 전체 391종의 배출원 및 흡수원(산림 축적 등) 중 기여도 순위가 1990년 58위에서 2009년 44위로 상승했다.



라. 석회석 및 백운석 소비(2.A.3.)

1) 현행 배출량 산정 방법

석회석 및 백운석(Limestone and Dolomite) 소비로 인해 CaCO_3 (탄산칼슘), MgCO_3 (탄산마그네슘)에서 배출되는 CO_2 배출량을 산정하되, 앞서 시멘트 생산과 석회 생산에서 소비된 석회석 및 백운석 소비량은 제외하고 산정한다. 인증 받은 감축량도 제외한다.

2009년까지 NIR 보고서에서 적용한 활동자료는 석회석 및 백운석 소비량 중 승인 통계자료인 한국철강협회의 35개 회원사 통계자료와 회원사 분사로 인한 사업체 직접제공 자료를 병행하여 활용하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 석회석을 전국품목 중 표본 사업체를 대상으로 조사하고 있다.

< 석회석 및 백운석 소비 부문 CO_2 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 석회석 및 백운석 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO_2
- ▶ 배출계수 : t CO_2 /t 석회석 및 백운석 소비량
- ▶ 활동자료 : 석회석 및 백운석 소비량 (t)

<표 1-12> 석회석 및 백운석 소비 부문 배출계수

부 문	배출계수	
	t CO_2 /t 석회석	t CO_2 /t 백운석
석회석 및 백운석 소비	0.440	0.477

2) 산정방법 문제점

현행 지침서는 시멘트 및 생석회 생산에 사용된 석회석 및 백운석 소비량을 제외한 나머지 소비량 모두를 산정하도록 규정하고 있으나, 기초 통계자료 부족으로 2009년까지는 철강생산(제철용)에 사용된 석회석 및 백운석 소비량만으로 축소하여 산정하고 있으므로 실제 배출량보다 많은 부분이 과소하게 산정되고 있다. 2009년 NIR에서 석회석 및 백운석 소비 부문의 전체 기여도 순위가 24위에 해당할 만큼 비중 있는 주요 배출원임을 감안하면 문제가 더욱 심각함을 알 수 있다.

3) 산정방법 개선방안

석회석 및 백운석 소비 부문의 활동자료는 국가 승인통계인 지식경제부의 광산물생산량현황조사와 통계청의 광업제조업동향조사에서 수집이 가능하다.

먼저, 광산물생산량현황조사는 석회석과 백운석을 구분하여 조사하고 있으며, 생산사업체를 대상으로 생산량, 수출입량과 13개 용도별 내수량을 조사하고 있으므로 용이하게 활동자료를 파악할 수 있다. 즉, 석회석 및 백운석 내수량 중 시멘트 및 석회생산 용도를 제외한 나머지 소비량으로 배출량을 산정할 수 있다. 다만, 석회생산 용도의 소비량은 별도로 구분되지 않고 제철·화학·환경·기타 용도에 부분적으로 포함되어 있으므로 비율 값(전체 생산량의 6.4%³⁶⁾)을 추정하여 계산할 수밖에 없다.

〈표 1-13〉 광산물생산량현황조사의 석회석 및 백운석 생산량, 판매량, 부문 소비량

(단위 : 톤)

구분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
생산량	석회석	77,865,016	76,154,477	82,654,948	82,254,491	77,923,306
	백운석	2,264,055	2,176,513	2,408,173	2,266,475	2,382,949
수입량	석회석	1,292,244	1,474,248	1,324,028	1,459,792	1,179,298
	백운석	3,777	3,231	6,143	8,350	9,431
수출량	석회석	868,657	542	548	349	415
	백운석	2,589	38,434	60,336	36438	83,581
내수량	석회석	76,112,000	76,268,527	82,434,883	82,343,827	78,186,637
	백운석	2,205,000	2,168,892	2,395,539	2,281,363	2,253,091
내수량(시멘트+석회)		66,355,288	67,231,881	72,687,716	71,941,480	67,760,593
부문 소비량		11,961,712	11,205,538	12,142,706	12,683,710	12,679,135

* 부문소비량 = 내수량(석회석 + 백운석) - 시멘트용 내수량 - 석회용 내수량

36) 석회석 및 백운석 생산량 중 석회 생산에 투입된 물량을 비교할 수 있는 자료는 2012년에 실시한 실태조사 자료가 유일한데, 석회 1톤당 품위 50% 석회석 2톤이 소비된 것으로 가정하고 계산하였다(광업제조업 동향조사는 CaO(산화칼슘) 50% 기준으로 환산하여 조사한다).



이상의 과정을 거치고 배출계수 값을 적용하면 석회석 및 백운석 소비량 부문의 온실가스 배출량을 최종적으로 산정할 수 있다. 결과적으로 연간 약 500만~560만 CO₂ eq 톤이 배출되는 것으로 나타났다. 또한, 2009년까지 NIR 보고서는 제철용 소비량만으로 부문 소비량을 산정하여 왔는데, 이를 고려하면, 연간 약 130만~180만 CO₂ eq 톤이 산정에서 누락되고 있는 것으로 파악되었다.

〈표 1-14〉 광산물생산량현황조사의 석회석 및 백운석 소비 부문 추정 온실가스 배출량

(단위 : 톤, %, CO₂ eq Gg)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	
소비량	11,961,712	11,205,538	12,142,706	12,683,710	12,679,135	
소비량 구성비	석회석	97.2	97.2	97.2	97.3	97.2
	백운석	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8
온실가스 배출량	5,276	4,942	5,355	5,594	5,592	
	제철용	3,987	3,529	3,859	4,206	3,806
	누락	1,289	1,413	1,496	1,388	1,786

* 부문소비량 = 내수량(석회석 + 백운석) - 시멘트용 내수량 - 석회용 내수량

또 다른 접근법으로는 광업제조업동향조사의 석회석 및 백운석 내수량(재투입량 포함) 자료를 기준으로 시멘트 및 석회 생산 부문 소비량을 공제하는 방법을 생각할 수 있다. 시멘트 및 석회 생산 부문의 소비량 비중은 광산물생산량현황조사 사례와 동일한 값을 적용하였으며, 최종적으로 배출계수 값을 적용하여 산정한 석회석 및 백운석 소비량 부문의 온실가스 배출량은 연간 약 390만~450만 CO₂ eq 톤이 배출되는 것으로 나타났다. 또한, 2009년까지 NIR 보고서와 온실가스 배출량 수준을 비교하면, 연간 약 100만~140만 CO₂ eq 톤이 산정에서 누락되고 있는 것으로 파악되었다.^{37),38)}

- 37) 광업제조업동향조사에서 석회석은 실태조사 이전까지는 표본품목으로 조사하였으나, 대규모 석회석 생산 사업체는 모두 포함하고 있으므로 대표도는 95% 이상으로 추정된다. 한편, 실태조사에서 품위 환산하여 조사한 석회석 내수량은 광산물생산량현황조사의 품위 환산하지 않은 석회석 내수량의 약 80% 수준으로 파악되었다.
- 38) 시멘트 클링커 생산에 사용된 석회석 투입 비율 및 국내 석회석의 용도별 구성 비율 값을 관련 자료를 참조하여 산정하였다. 즉, 국내 주요 시멘트 생산업체의 클링커 원재료 투입비율은 석회석 81.2%, 점토 16.5%로 알려져 있으며, 에너지경제신문의 2011년 9월 28일자 기사에서는 국내 소비용 석회석의 용도별 구성비를 시멘트용 74%, 제철용 13%, 화학용 10%, 건축용 2%, 기타 1%로 보도한 바 있다.

〈표 1-15〉 광업제조업동향조사 석회석 및 백운석 소비 부문 온실가스 추정 배출량

(단위 : CO₂ eq Gg)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
온실가스 배출량 ³⁹⁾	4,082	3,926	4,191	4,463	4,388
제철용	3,069	2,794	3,007	3,342	2,971
누 락	1,013	1,132	1,184	1,121	1,417

이와 같이, 동일한 소비량 부문에 대한 2가지 산정방법을 살펴보았는데, 가장 큰 차이점은 내수량의 절대 수준이 서로 다르다는데 원인이 있다. 이런 차이는 광산물생산량현황조사⁴⁰⁾가 비금속광물에 대해 품위 환산을 하지 않는 반면, 광업제조업동향조사는 CaO 50%를 기준으로 환산한 내수량을 조사하기 때문이다. 2가지 산정방법이 모두 국가 승인통계를 기준으로 산정한 것이고, 1996 및 2006 IPCC 지침서가 품위 환산과 관련한 어떠한 기준도 제시하지 않고 있으므로 NGGI 통계 작성측면에서는 어느 방법을 따르더라도 당장은 문제될 것이 없다고 할 수 있다.

그러나, 광산마다 생산되는 석회석의 품질에는 엄연한 차이가 존재하며, 광산물생산량현황조사가 광업제조업조사보다 계속적으로 높은 수준의 내수량을 유지하는 것을 고려한다면, 일반적인 국내 석회석 광산의 품위는 50% 미만의 비중이 보다 높은 것으로 파악할 수 있다. 따라서, 국내 석회석 산업에서는 품위 기준을 적용하지 않으면, 매년 산정되는 온실가스 배출량이 실제 배출량보다 과다하게 계산될 수 있으므로 광업제조업동향조사 자료를 기초로 NGGI 통계를 작성하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

39) 광업제조업동향조사 석회석 품목의 내수량에서 시멘트용 및 석회용 추정 내수량을 공제하고, 배출계수 적용을 위한 석회석 및 백운석 구성 비율을 적용하여 온실가스 배출량을 최종적으로 산정하였다.

40) 광산물생산량현황은 지식경제부 자원개발총괄과에서 한국지질자원연구원에 위탁하여 월간 주기로 작성하고 있으며, 관련 연보를 발간하고 있다. 한국지질자원연구원 홈페이지는 연도별 연보자료를 자료실에 게시하고 있다.



〈표 1-16〉 광산물생산량현황조사의 석회석 및 백운석 용도별 판매량

(단위 : 톤)

구분		2005년 ⁴¹⁾	2006년	2007년	2008년	2009년
합계	석회석	76,112,000	76,268,527	82,434,883	82,343,827	78,186,637
	백운석	2,205,000	2,168,892	2,395,539	2,281,363	2,253,091
농업	석회석	-	190,962	159,546	97,769	578,807
	백운석	-	43,869	23,369	18,956	165,178
요업	석회석	-	157,165	356,509	326,104	1,519,188
	백운석	-	56,059	62,003	53,768	60,329
화학	석회석	3,341,000	1,184,985	1,679,775	1,683,932	2,624,216
	백운석	467,000	328,763	347,139	135,694	174,320
건설	석회석	1,023,000	865,253	1,222,984	940,890	813,399
	백운석	235,000	682,116	390,636	517,006	184,200
시멘트	석회석	61,343,000	62,211,886	6,7192,719	66,468,706	62,349,113
	백운석	0	0	65,850	56,762	263,337
발전탈황	석회석	-	691,483	902,212	664,266	568,723
환경	석회석	-	451,366	170,853	330,922	418,637
	백운석	-	5,498	0	0	24,473
중탄	석회석	-	1,419,129	1,461,431	1,680,082	613,648
유리	석회석	-	296,009	281,706	417,430	267,212
	백운석	-	330,805	239,035	251,703	253,380
제철	석회석	8,181,000	7,456,624	8,036,496	8,774,596	7,796,841
	백운석	812,000	519,839	676,127	723,420	787,500
분체	석회석	-	314,282	282,492	356,076	60,755
	백운석	-	30	152,192	79,572	0
제당	석회석	-	76,226	75,538	66,944	58,212
기타	석회석	2,224,000	953,157	612,622	536,110	517,886
	백운석	691,000	201,913	439,188	444,482	340,374

41) 2005년은 상세 용도별 자료가 제공되지 않으며, 백운석은 2005년 이후 발전 탈황, 중탄(중질탄산칼슘), 제당 용도로는 사용되지 않았다.

마. 소다회 생산 및 소비(2.A.4.)

1) 현행 배출량 산정 방법

소다회(Soda Ash)는 유리제조, 비누와 세정제, 펄프와 종이 생산, 정수 처리 등에 다양하게 사용되는 제품으로, 국내의 소다회 생산 및 소비로 인해 발생하는 CO₂ 배출량을 산정한다. 소다회 생산은 천연공정과 합성공정으로 구분되는데, 국내에서는 OCI(주)가⁴²⁾ 2004년 이전에 솔베이법에 의한 합성 소다회를 연간 약 30만 톤 규모로 생산한 바 있다. 2004년 이후에는 국내 소다회 생산공정이 중단되고 수입 제품으로 대체되었으므로 현재 배출량은 관세청에서 제공하는 수출입통계자료(HS Code : 2836-20-0000)⁴³⁾를 활용하여 추정된 소비량인 순수입량(수입량-수출량) 자료를 사용하고 있다.

< 소다회 소비 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 소다회 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량(감축량) : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 소다회
- ▶ 활동자료 : 소다회 소비량 (t)

<표 1-17> 소다회 소비 배출계수

부 문	배출계수(t CO ₂ /t 소다회)
소다회 소비	0.415

2) 산정방법 문제점

2006 IPCC 지침서에서는 소다회 생산과 소비를 별도 부문으로 구분하고 있는데, 소다회 생산은 화학산업으로, 소다회 소비는 유리 생산용을 제외한 기타 소다회 사용으로 구분하고 있다. 소다회 최대 수요처가 유리산업임⁴⁴⁾ 고려하여 배출량의 중복성을 배

42) OCI(주)는 2009년에 변경한 상호이며, 소다회 생산 당시의 사업체명은 동양제철화학이다.

43) 수출입통계자료는 관세청 통관기획과에서 제공하는데, 관세무역개발원이 자료제공을 대행하고 있다. 월간 자료는 매월 15일에 갱신되고 있으며, 전년 자료는 매년 1월에 확정된다.

44) 소다회 국내 소비구조는 판유리용 28.4%, 유리용기용 23.3%, 화학용 22.0%, 비누 및 세제용 6.3%, 브라운관 유리용 5.1%, 섬유 및 피혁용 5.1%, 식품용 4.1% 등으로 알려졌다(화학저널 1992.6).



제하고자 하는 의도인데, 1996 IPCC 지침은 유리산업에서 간접 온실가스만 산정하는 방법으로 중복성을 피해가고 있다.

소다회 생산 부문의 2004년까지 활동자료는 국가 공식통계를 적용하지 않고, 사업체 직접제공 자료를 사용하여 정확성에 문제가 있으며, 소비량 부문에서는 연간 재고 증감량이 고려되지 않고 산정되어, 실제 소비량과는 괴리가 있는 것으로 파악되었다.

3) 산정방법 개선방안

비록 과거 활동자료이기는 하지만, 2004년 이전까지는 광업제조업동향조사의 생산량 자료로 변경하여 적용하는 것이 통계자료의 신뢰성 및 정확성 확보를 위해 필요하다. 이는, 소비량 산정과정에서 더욱 중요한 역할을 하는데, 광업제조업동향조사 결과자료에서 연간 재고 증감량도 파악이 가능하기 때문이다. 소다회 부문은 국내 생산이 정상조업 중이었던 2003년까지는 전체 국내 공급량 중 국내 생산량 비중이 50%~55% 수준에 불과하여 국제 가격 시세 및 관련 산업의 경기동향에 영향을 많이 받는 품목이며, 이런 영향으로 연간 재고 물량의 변동이 큰 대표적인 품목이다. 이를 반영하여, 2000년~2004년까지의 NIR 보고서와 광업제조업동향조사 결과자료가 2003년과 2004년에 큰 폭의 차이를 나타낸 요인도 재고 증감량의 변동 영향이 컸던 것으로 파악되었다.⁴⁵⁾

바. 아스팔트 루핑 생산(2.A.5.), 사. 포장용 아스팔트 생산(2.A.6.)

1) 현행 배출량 산정 방법

바. 아스팔트 루핑 생산과 사. 포장용 아스팔트 생산은 CO₂와 간접 온실가스 배출원에 대한 활동자료를 산정하는데, 2012년 MRV지침서에서는 별도의 작성지침에 대한 설명이 없다. 1996 IPCC 지침서는 간접 온실가스와 관련한 배출계수 등의 설명자료가 소개되고 있으나, CO₂ 산정방법에 대해서는 제시하지 않고 있다. 2006 IPCC 지침서도 CO₂ 발생량을 무시할 수 있는 수준으로 설명하고 있는데, 아스팔트 루핑 생산과 포장용 아스팔트 생산 부문을 「연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용」 부문의 재분류하고 있다.

아스팔트 루핑(Asphalt Roofing)은 주로 지붕재, 벽재 등의 건축재에 사용되는 각종 아스팔트 성형제품을 포함하는데, 2009년까지 NIR 보고서에서, 아스팔트 루핑 생산은

45) 2000년부터 2004년까지의 NIR 자료와 KOSTAT 자료를 비교($NIR=KOSTAT \times 100$)해 보면, 2000년~2002년 기간 중에는 97.9%~102.5% 수준으로 나타났으나, 생산 및 재고 조절이 급격하게 진행되었던 2003년과 2004년에는 88.3%~108.5% 수준으로 나타나 큰 폭의 격차가 발생한 것으로 파악되었다.

“NO”로 분류하여 산정하지 않고 있으며, 포장용 아스팔트(Paving with Asphalt) 생산은 에너지경제연구원에서 발간한 에너지통계연보의 도로포장용 아스팔트 생산량 자료를 확보하여 산정하고 있다. 포장용 아스팔트의 대표적인 종류는 고체 형태인 직류(Straight) 아스팔트인데, 형태는 유사하지만 직류 아스팔트에 공기를 불어 넣은 것을 블로운(Blow) 아스팔트로 구분한다. 또한, 직류 아스팔트에 첨가제 및 유화제를 혼합한 액체 형태를 컷백(Cutback) 아스팔트, 유화(Emulsified) 아스팔트로 구분하고 있다. 2006 IPCC 지침서에 따르면, 포장용 아스팔트 생산에서는 첨가제 및 유화제 성분에서 대부분의 간접 온실가스가 배출되는 것으로 설명하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 석유 아스팔트 제품을 조사하고 있으며, 2009년 광업제조업조사에서 아스팔트 성형제품을 조사하였다.

2) 산정방법 문제점

아스팔트 루핑 부문은 배출량을 산정하지 않고 있으며, CRF 보고서에서 표기기호는 “NO(당해 연도 국내 미발생)”로 분류하고 있다. 반면, 2009년 광업제조업조사 보고서의 아스팔트 성형제품⁴⁶⁾(C23999100)은 생산 사업체 수가 9개, 생산액이 860억 원으로 집계·보고되고 있다.

포장용 아스팔트 부문은 에너지통계연보 자료를 활용하고 있으나 아스팔트 종류별로 세분하여 구분하고 있지 않으므로, 포장용 아스팔트의 기본형인 직류 아스팔트 생산량 기준인지, 최종 아스팔트의 형태별 생산량인지가 불분명하다. 한편, 통계청 광업제조업동향조사에서는 석유 아스팔트 생산량을 직류 아스팔트 및 블로운 아스팔트만 조사하는 것으로 명시하고 있으며, 컷백 아스팔트와 유화 아스팔트는 제외하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

아스팔트 루핑 부문은 최종 소비재 성격이 강하므로 광업제조업조사 결과자료를 활동자료로 적용해도 무리가 없을 것으로 판단된다. 연도별로 집계된 생산액 자료는 물량단위로의 환산작업이 필요한데, 광업제조업조사에서 내부적으로 확보하고 있는 수량자료⁴⁷⁾를 정비하여 적용하는 방안을 우선적으로 검토할 수 있으며, 다음으로는 관세청 무역통계의 품목별 단가자료를 적용할 수도 있을 것이다⁴⁸⁾. 그 외, 활동자료 확보방안과는

46) 2009년 광업제조업조사에서 아스팔트 성형제품의 포괄범위는 「아스팔트를 사용한 루핑(roofing), 싱글(shingles), 펠트(felt)」 등으로 명시하고 있다.

47) 광업제조업조사의 조사표에는 품목별 수량도 조사하고 있다.

48) HS Code의 4811-10-1000(아스팔트 루핑지 및 판지), 4811-10-9000(기타 아스팔트지 및 판지), 6807-10-0000(아스팔트 제품 중 톨상의 것), 6807-90-0000(아스팔트 제품 중 기타의 것)과 관련된다.



별개로 현재 NIR 보고서가 적용하고 있는 표기기호인 “NO”는 IPCC 지침서 표기기호 정의와 부적합하므로 “NE”로 변경하는 것이 타당하다⁴⁹⁾.

포장용 아스팔트 생산 부문은 간접 온실가스만 배출하고 있어, 관련 지침서류에서 상세한 설명자료가 제시되지 않고 있다. 그러나 보다 정확한 배출량 산정을 위해서는 실질적으로 온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 컷백 아스팔트와 유화 아스팔트에 대한 세부 활동자료의 확보가 시급하다. 개선방안을 두 가지 방향으로 검토해 볼 수 있겠는데, 에너지경제연구원이 작성하는 에너지통계연보에서 세분된 아스팔트 자료를 제공하는 방법과 통계청의 광업제조업동향조사에서 석유 아스팔트 품목을 세분하여 조사하는 방법을 검토할 수 있겠다.

이와 관련해서, 1996 IPCC 지침서는 전환계수를 사용한 대안적인 방법론을 제시하고 있는데, 포장된 도로 1㎡당 아스팔트 100kg이 사용된 것으로 계산하고 있다. 전국 대부분의 도로를 국가 등 공공기관에서 관리하고 있으며, 신설 및 보수된 도로 면적과 아스팔트 투입량도 파악 가능하므로 활동자료 산정이 어렵지는 않을 것으로 판단된다. 다만, 전환계수를 적용한 방법은 실제 생산량과는 오차가 많은 소비량 자료이므로, 국가 NIR 보고서 개선방안에서는 후순위로 고려 가능할 것이다. 다만, 향후 활성화될 것으로 전망되는 지자체별 온실가스 배출량 산정방법에서는 유력한 대안으로 검토 가능할 것이다.

〈표 1-18〉 IPCC 지침서 표기기호 분류

기호	기호 정의	기호 설명
NE	산정하지 않음 (Not estimated)	배출(흡수)량이 발생하지만 미산정(보고)
IE	다른 부문에 포함 (Included Elsewhere)	배출(흡수)량이 해당 부문 이외의 다른 부문에서 통합하여 산정(보고)
C	비밀정보로 분류 (Confidential information)	배출(흡수)량이 세분 가능하지만 비밀정보 공개를 방지하기 위해 해당 부문 이외의 다른 부문에서 통합하여 산정(보고)
NA	발생 불가능 (Not Applicable)	배출(흡수)량이 국내에서는 결코 발생할 수 없음
NO	발생하지 않음 (Not Occurring)	배출(흡수)량이 국내에서 발생 가능하지만 당해 연도에는 발생하지 않음

49) 2010년에 일본이 발표한 NIR 보고서는 아스팔트 루핑 부문의 CO₂ 배출량을 “NE”로 구분하고 있다.

아. 기타 생산(2.A.7.)

1) 현행 배출량 산정 방법

기타 생산 부문은 유리 생산(Glass)과 기타 생산으로 구분한다. 2.A.5~2.A.6의 아스팔트 생산과 마찬가지로, 2012년 MRV지침서에서는 작성지침에 대한 별도의 설명이 없으며, 1996 IPCC 지침서에서도 간접 온실가스와 관련한 배출계수 설명 정도로만 간략히 소개되고 있는 실정이다. 2009년 NIR은 통계청 광업제조업동향조사의 판유리 생산량을 대상으로 간접 온실가스 중 NMVOC 배출량만을 산정하고 있으며, CO₂를 비롯한 직접 온실가스와 CO 등의 간접 온실가스는 “NO”로 분류하고 있다.

2) 산정방법 문제점

유리 생산 부문은 유리 용기, 평면 유리, 유리 섬유, 특수 유리 등을 모두 포함한 전체 유리 생산량을 기준으로 배출량을 산정해야 하는데, 기초자료 부족으로 판유리 생산량만을 기준으로 산정하고 있다. 2009년 광업제조업조사 결과자료에 의하면, 판유리 생산액은 전체 유리산업의 5.1% 수준인 것으로 나타났으므로, 대규모의 배출량 누락이 발생하고 있는 것으로 파악할 수 있다. 유리 생산은 공정 중에 석회석, 백운석, 소다회 등 탄산염 성분의 재료를 다량으로 사용하고 있으므로, 직접 온실가스인 CO₂의 배출 비중이 대단히 높을 것으로 예상된다. 이를 반영하여 2006 IPCC 지침서는 유리 생산을 광물 생산 부문 중의 독립 산정 부문으로 비중을 높여 권고하고 있으므로 작성지침 전환 이후를 대비한 사전 준비작업이 절실한 것으로 파악된다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 판유리 등의 유리제품을 조사하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

유리산업은 생산되는 제품 종류가 다양한 부문이므로 생산품 종류별로 활동자료를 정확히 확보하기는 어렵다. 따라서, 2006 IPCC 지침서에서 10종의 제품별 기본 배출계수를 제시하고 있으므로, 이에 맞춰 광업제조업동향조사와 광업제조업통계조사에서 관련 활동자료를 확보하는 방법이 가장 적합할 것으로 판단된다. 유리 산업의 특성상 생산 제품 형태가 중간 투입물보다 최종 생산물 위주로 산출되는 경우가 대부분이므로 광업제조업조사 자료도 활용이 가능한 상황이다.



〈표 1-19〉 2006 IPCC 지침서 유리제품 배출계수 구분

유리 유형	CO ₂ 배출계수 (kg CO ₂ /kg 유리)	유리 유형	CO ₂ 배출계수 (kg CO ₂ /kg 유리)
플로트 유리	0.21	특수유리(TV Panel)	0.18
유리용기(납유리)		특수유리(TV Funnel)	0.13
유리용기(착색유리)		특수유리(식기)	0.10
유리섬유(E-glass)	0.19	특수유리(실험용/약병)	0.03
유리섬유(단열제)	0.25	특수유리(조명용)	0.20

광업제조업조사는 종사자 10인 이상 전국의 모든 사업체를 대상으로 조사하고 있는데, 유리산업에서는 17개 품목별로 생산액, 출하액 자료 등을 발표하고 있다. 광업제조업동향조사는 11종의 품목을 조사하며, 전수품목 6개, 표본품목 2개, 지역품목 3개로 구성되어 있다. 광업제조업동향조사에서 이들 품목들은 제품별 특성을 반영하여 M/T, m², 천개, 천장, 금액 등으로 지수를 산정하고 있는데, 모든 품목에서 물량과 금액을 병행해서 조사하고 있다. 광업제조업동향조사의 11종 유리 관련 품목은 광업제조업조사의 생산액이 많은 품목을 중심으로 구성되고 있으므로 생산액 기준 대표도가 95% 수준에 이르는 것으로 파악된다.

〈표 1-20〉 2009년 기준 광업제조업조사 유리산업 조사품목

품목부호	품목명칭	생산액	품목부호	품목명칭	생산액
23110100	판유리	591,112	23129101	브라운관용 유리	325,227
23121101	유리장섬유	164,603	23129102	전등용 유리	27,514
23121102	유리단섬유	81,242	23129103	LCD용 유리	7,772,566
23121103	유리섬유제품(직물제외)	197,627	23129104	ITO 코팅유리	47,107
23122101	차량용 안전유리	405,208	23129109	기타 산업용 유리제품	70,973
23122102	기타 안전유리	736,836	23191100	가정용 유리제품	109,672
23122103	차량용 거울	282,275	23192100	유리용기	516,215
23122104	유리거울(차량용 제외)	75,006	23199109	기타 유리제품	58,956
23122109	기타 판유리 가공품	201,461			

〈표 1-21〉 광업제조업동향조사 유리산업 조사품목

품목부호	품목명칭	조사 단위	조사범위	포괄범위
35400	판유리	M/T	전수	보통/형판/무늬판/플로트/마판 유리
35500	유리장섬유	M/T		E-glass, C-glass, A-glass, S-glass, AR-glass, D-glass, L-glass
35600	유리단섬유	M/T		유리 면/솜(Glass wool)
35700	차량용 안전유리	m ²		강화/접합/열선 흡수 판유리
35800	백밀러	천개		차량용 백밀러, 룸미러
35900	건물용 안전유리	m ²	표본	강화/열선반사/접합/색시유/복층 유리
36009	브라운관용 유리	천개	지역	TV용, CRT용, 전자오락기구용
36100	액정모니터유리	천장	전수	노트북, 일반 컴퓨터용 액정모니터 유리
36209	ITO 코팅유리	백만 원 (천개)	지역	계산기, 게임기, 휴대폰 화면유리
36309	유리식기/주방용품	M/T	지역	유리식기, 유리컵, 유리 술잔
36400	유리용기	M/T	표본	음료수병, 약병, 화공약품병, 화장품병

결론적으로, IPCC 지침서가 요구하는 유리생산 부문 배출량 산정은 광업제조업조사와 광업제조업동향조사 모두가 이용 가능한데, 광업제조업조사 자료를 적용하는 경우에는 광업제조업동향조사에서 파악된 제품별 단가표를 이용하여 물량(M/T 단위)으로 환산하는 작업과정이 보다 정교하게 준비될 필요가 있고, 광업제조업동향조사 자료를 적용하는 경우에는 대표도 수준이 소폭(5%) 하락하는 단점은 있으나 물량 환산과정이 단순해지며, 향후 IPCC 지침서 변경 및 산정등급(Tier) 상향작업 등에 보다 유연하게 대응할 수 있는 장점이 있을 것으로 판단된다.

그 외, 광업제조업동향조사 품목 중, 수량 단위(천개, 천장 등)로 조사하고 있는 품목들의 조사 기준이 물량 단위(M/T)로 변경이 가능하다면, 온실가스 배출량 산정과정에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.



〈표 1-22〉 IPCC, 광업제조업조사, 광업제조업동향조사 분류 연계표

IPCC 분류	광업제조업조사 품목	광업제조업동향조사 품목
플로트 유리	판유리, 차량용 안전유리, 기타 안전 유리, 차량용 거울, 유리거울, 기타 판유리 가공품, LCD용 유리, ITO 코팅 유리	판유리, 차량용 안전유리, 백밀러, 건물용 안전유리, LCD용 유리, ITO 코팅 유리
유리용기(납유리)	유리용기, 기타 유리제품	유리용기
유리용기(착색유리)	기타 산업용 유리제품	
유리섬유(E-glass)	유리 장섬유	유리 장섬유
유리섬유(단열재)	유리 단섬유, 유리 섬유 제품	유리 단섬유
특수유리(TV Panel)	브라운관용 유리	브라운관용 유리
특수유리(TV Funnel)		
특수유리(식기)	가정용 유리제품	유리식기 및 주방용품
특수유리(실험용/약병)	-	-
특수유리(조명용)	전등용 유리	-

자. 2006 IPCC 지침서 기준 신규 세부 부문(2.A.)

1) 배출량 산정 방법

2006 IPCC 지침서가 금속광물 부문에서 신규 활동자료로 요구한 부문은 세라믹 및 비야금 산화마그네슘 생산 부문이다⁵⁰⁾. 지침서는 이들 부문에서 CO₂ 및 CH₄ 배출량이 발생하는 것으로 설명하고 있으나, 산정방법과 배출계수에 관해서는 CO₂ 배출과 관련해서만 설명하고 있으므로 배출량도 CO₂에 대해서만 산정한다.

50) 소다회 소비 중 유리생산 부문을 제외한 소다회의 기타 사용도 신설하고 있지만, 1996 IPCC 지침서가 유리생산을 광물생산의 기타에서 다시 구분하여 산정해 왔으므로 실질적인 차이는 없다.

먼저, 세라믹(Ceramic)⁵¹⁾ 부문에 대해 살펴보면, 세라믹은 국내·외에서 사실상 통일된 개념 정립이 제대로 되어있지 않아 온실가스 배출량 산정을 위한 포괄범위 선정이 어렵고, 기초 통계자료 확보에도 어려움이 예상된다. 즉, 2006 IPCC 지침서는 세라믹 부문의 포괄영역을 “벽돌, 지붕 타일, 내화제품, 점토제품, 가정용 세라믹, 위생도기, 기술형 세라믹, 무기 연마재 등”으로 예시하고 있는데, 이들 산업 영역들과 한국표준산업분류를 비교해 보면, C232(도자기 및 기타 요업제품 제조업), C233(시멘트, 석회, 플라스틱 및 그 제품 제조업), C239(기타 비금속 광물제품 제조업)에 걸친 광범한 영역으로 볼 수 있다⁵²⁾. 게다가, 이들 중 기술형 세라믹 같은 경우는 의미 해석이 분명치 않으나, 보다 일반적인 용어인 파인 세라믹(Fine Ceramics)⁵³⁾과 유사한 뜻으로 해석하게 되면, 세라믹의 범위는 전기·전자산업, 엔지니어링산업, 생명공학산업 등에까지 확대될 수 있는 것이다. 다른 한편으로, IPCC 지침서는 탄산염 소비에 따르는 CO₂ 배출량은 최종 소비되는 해당 배출원에서 보고하도록 하고 있다. 결국, 탄산염의 기타 공정 사용(2.A.4)에서 기술형 세라믹은 사실상 제외하는 것이 맞을 것으로 판단된다.

다음으로, IPCC 지침서에서 비야금 산화마그네슘(마그네시아 : MgO)은 다른 부문에 포함되지 않은 마그네시아 생산으로 인한 배출을 포함하는 것으로 설명하고 있다. 마그네시아도 다양한 용도로 사용되고 있는데, 마그네슘 금속·합금 및 주물, 비료 및 사료 보충제, 마그네시아 클링커 및 벽돌·시멘트, 전기 절연 및 연통가스 활황제, 기타 각종 내화물 등으로 사용된다. 세라믹의 경우와 마찬가지로, 비야금 산화마그네슘도 원재료 탄산염인 마그네사이트(Magnesite, 탄산마그네슘)⁵⁴⁾가 최종 소비되는 부문에서 분류하게 되는데, 마그네슘 금속·합금 및 주물 부문은 금속산업이 별도의 독립 부문으로 구성되어 있으므로 분명하게 제외된다. 나머지 용도의 마그네시아는 마그네사이트 소성 등의 CO₂ 배출공정이 해당 부문에서 수행되는지를 판단하여 분류해야 할 것이다. 즉, 마그네시아를 함유한 동일 제품이라도 해당 공정이 내부적으로 이루어진 경우에는 해당 부문

-
- 51) 세라믹의 개념에 대해 국립국어원이 발행한 국어사전은 “고온에서 구워 만든 비금속 무기질 고체 재료로써, 유리, 도자기, 시멘트, 내화물 따위를 통틀어 이른다”고 정의하고 있으며, 도금기술용어사전(2000년)은 “무기·비금속 제품으로 제조 또는 사용할 때에 고온을 받는 것을 말하지만, 각국에 따라 의미가 상당히 다르다”고 정의한다. 생명과학대사전(2008년)에는 도토(陶土)나 그와 유사한 재료로 만들어진 물건 또는 그러한 물건을 만드는 조작법”이라고 정의하며, 도자기, 시멘트, 석고, 파인 세라믹스(fine ceramics)까지를 포괄하고 있다.
- 52) 한국표준산업분류 C232~C239에서 통계청 광업제조업조사는 2009년 기준으로 124종의 품목을 조사하고 있으며, 광업제조업동향조사는 2005년 기준으로 26종의 품목을 조사하고 있다.
- 53) 파인세라믹(fine ceramics, new ceramics, advanced ceramics)은 기존의 도자기에서는 기대할 수 없는 고성능, 고기능성 세라믹을 총칭하며, 전기·전자적 기능을 갖는 것, 열적·기계적 기능을 갖는 것, 생체 적합 기능을 갖는 것 등을 포괄한다(철단산업기술사전, 일본통상성, 1992년)
- 54) 마그네사이트는 MgCO₃(탄산마그네슘)가 주요 성분인데, 우리나라는 전체 수요량을 수입에 의존하고 있다. 반면, 북한은 세계 3위의 매장량(2012년 기준 환산 금액은 1조 3천 억 달러)을 확보하고 있다(아시아투데이, 2012.8.26).



에서 산정해야 하며, 마그네시아 반제품을 구입하여 제품화한 경우에는 반제품 제조 공정 부문에서 산정해야 한다. 마그네시아는 대규모 설비가 요구되는 장치산업이며, 실질적으로 대부분의 수요량이 수입에 의존하는 것⁵⁵⁾을 고려한다면, 비야금 마그네시아 부문은 마그네시아 분말 및 클링커 생산을 위해 소비된 마그네사이트 소비량만 포함하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

세라믹과 산화마그네슘 부문의 온실가스 배출과정을 살펴보면, 세라믹은 원료인 점토(고령토), 석회석, 백운석 등에 포함된 탄산염이 킬른(Kiln)에서 소성되는 과정 중에 CO₂를 발생한다. 마그네시아도 원료에 포함된 탄산염인 탄산마그네슘(MgCO₃)의 소성에 의해 발생하는데, 공정단계⁵⁶⁾에 따라 함유된 탄산기의 96%~100%가 CO₂로 배출된다. 2006 IPCC 지침서는 온실가스 배출량 산정을 위한 산정식을 설명하고 있는데, 활동자료는 세라믹과 비야금 산화마그네슘 생산을 위해 사용된 탄산염 소비량을 적용하고, 해당 배출계수도 사용된 탄산염의 배출계수를 적용하도록 제시하고 있다. 세라믹 부문은 포괄범위의 어려움을 고려하여, 2006 IPCC 지침서도 Tier 1~2에서 1996 지침서의 석회석과 백운석의 기타 소비 부문(2.A.3)과 동일한 내용을 제시하고 있으며, 배출계수도 석회석과 백운석의 배출계수를 적용하도록 설명하고 있다. 산화마그네슘 부문은 활동자료로 마그네사이트 소비량을 사용하고, 배출계수는 마그네사이트(MgCO₃) 배출계수인 0.52197(t CO₂/t 마그네사이트)을 적용하도록 제시하고 있다.

< 세라믹 및 비야금 산화마그네슘 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 석회석 및 백운석(마그네사이트) 소비량 (t)
- ▶ 배출량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 석회석 및 백운석(마그네사이트) 소비량
- ▶ 활동자료 : 석회석 및 백운석(마그네사이트) 소비량 (t)

55) 2011년 기준으로 용융 및 소결한 마그네시아 수입액(HS Code 2519-90-1000)은 21만 톤 수준이며, 천연 마그네사이트 수입액(HS Code 2519-10-0000)은 2009년 이후 연간 300톤을 넘지 않는다. 마그네시아 생산과 관련해서, 온실가스의 직접적인 발생은 없으나, 해수를 이용한 마그네시아 생산법이 있다. 해수 중에 함유된 마그네슘 성분을 원료로 석회유를 가하여 생성된 수산화마그네슘을 침전, 세척, 여과, 소성하여 생산하는데, 국내에서는 포스코켄텍이 연간 6만 톤의 마그네시아를 생산하고 있다(해럴드경제, 2010.3.31)

56) 저온에서 가열하여 휘발성분을 제거하는 공정에서는 96%~98%까지 배출되며, 소성 및 융해단계에서는 100% 배출된다.

2) 기초 통계자료 확보 방법

세라믹 부문의 활동자료는 배출량 산정방법에서 논의한 바와 같이, 석회석 및 백운석 소비량 자료를 기초로 산정하는 것이 현실적인 방법으로 보인다. 왜냐하면, 세라믹의 개념 정의가 명확하지 않을뿐더러, 파인 세라믹을 제외한 좁은 개념의 세라믹도 해당되는 품목군이 너무나 다양하므로 개별 품목 측면에서 접근하는 것은 지나치게 방대한 작성체계가 되기 때문이다. 따라서 1996 IPCC 지침서에서 산정했던 석회석 및 백운석 소비량(2.A.3) 부문의 활동자료를 중심으로 접근하는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 앞서 살펴본 바와 같이, 광물생산량현황조사의 용도별 내수량 중 요업 및 건설용 소비량 자료를 활용하거나, 해당 소비량 비중 값을 광업제조업동향조사의 내수량에 적용하여 계산하면 산정이 가능할 것으로 판단된다.

한편, 비야금 산화마그네슘 부문의 활동자료는 마그네시아 분말 및 클링커 생산 사업체를 통해 확보할 필요가 있으므로 관련 통계조사인 광업제조업조사와 광업제조업동향조사의 부정형 내화물 품목에서 마그네시아 분말 및 클링커를 세분하여 조사하는 것이 가장 바람직한 것으로 판단된다⁵⁷⁾.

2. 화학산업(2.B.)

가. 인벤토리 구조

화학산업 부문은 기초 화합물 및 질소 화합물 생산과정에서 발생하는 CO₂, CH₄(메탄), N₂O(아산화질소) 배출량을 산정하기 위한 활동자료들로 구성되어 있다. 활동자료 중 암모니아, 질산, 아디프산, 카바이드 등의 생산량은 사업체에서 직접 자료를 수집하고 있으며, 카본 블랙, 에틸렌, 염화에틸렌, 스티렌 등의 생산량은 한국석유화학공업협회에서 제공하는 자료를 사용하고 있다. 그 외, 메탄올과 기타 생산의 기타 부문은 활동자료의 미비로 배출량 산정에서 제외하고 있다.

한편, 간접 온실가스 배출량 평가를 위해 암모니아, 질산, 아디프산, 카본블랙, 에틸렌, 스티렌 등에서 CO, SO₂, NO_x, NMVOC 배출량을 산정하고 있다.

57) 광업제조업조사에서 기타 부정형 내화물(C23229109)은 2009년 기준으로 25개 사업체, 생산액 규모 4천 억 원 수준으로 조사되고 있으며, 광업제조업동향조사는 2005년 이후 표본품목으로 부정형 내화물을 조사하고 있다.



〈표 1-23〉 화학 산업 인벤토리 구조

구 분	세부 부문(Sink Category)	활동 자료	온실가스	
화학산업 (Chemical Industry)	암모니아 생산 (Ammonia Production)	암모니아 생산량 (사업체 직접 수집)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, SO ₂	
	질산 생산 (Nitric Acid Production)	질산 생산량 (사업체 직접 수집)	N ₂ O, NO _x	
	아디프산 생산 (Adipic Acid Production)	아디프산 생산량 (사업체 직접 수집)	N ₂ O, CO ₂ , NO _x CO, NMVOC	
	카바이드 생산 (Carbide Production)	실리콘 카바이드 (Silicon Carbide)	카바이드 생산량 (사업체 직접 수집)	CO ₂ , CH ₄ , CO, NO _x , NMVOC, SO ₂
		칼슘 카바이드 (Calcium Carbide)		
	기타 생산 (Other Production)	카본블랙 (Carbon Black)	카본블랙 생산량 (한국석유화학공업협회)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, NO _x , NMVOC, SO ₂
		에틸렌 (Ethylene)	에틸렌 생산량 (한국석유화학공업협회)	
		염화에틸렌 ⁵⁸⁾ (Dichloroethylene)	염화에틸렌 생산량 (한국석유화학공업협회)	
		스티렌(Styrene)	스티렌 생산량 (한국석유화학공업협회)	
		메탄올(Methanol)	NE	
코크스(Coke)		NO		
기타(Other)		NE		

NE : Not Estimated

58) 염화에틸렌은 EDC로 약칭되는데, 에틸렌(C₂H₄)과 염소(Cl₂)의 반응으로 생성되어, 염화비닐모노머 제조, 유기용제 및 혼합용제 등으로 사용된다.

나. 암모니아 생산(2.B.1.)

1) 현행 배출량 산정 방법

암모니아(Ammonia: NH₃) 생산에서 온실가스 배출은 주된 원료인 천연가스(CH₄가 주요 성분)의 수증기 개질⁵⁹⁾반응 과정에서 발생하는 CO₂ 배출량을 주로 산정하며, 간접 온실가스 중 CO, SO₂⁶⁰⁾ 배출량도 산정하고 있다. 그 외, MRV지침서는 직접 온실가스 중 N₂O, CH₄ 배출량을 산정하도록 표기하고 있으나, 배출량 산정식과 관련 배출계수를 제공하지 않아 NIR과 CRF에서는 NO(Not Occuring)로 보고하고 있다.

암모니아 생산 사업체가 일관(一貫)공정⁶¹⁾으로 요소(Urea)⁶²⁾를 생산하는 경우에 관해서는, 현행 국내 MRV 지침서와 1996 IPCC 지침서는 별도의 작성지침을 제공하지 않고 있는데, 1996 IPCC 지침서는 이 경우에 CO₂가 단기 저장되는 것으로만 파악하고 별도의 세분 자료를 요구하지는 않고 있다. 해외 사례에서도 일본, 캐나다 NIR 보고서는 동일한 방식으로 산정하고 있다⁶³⁾.

활동자료인 암모니아 생산량은 2009년까지 사업체 직접제공 자료에 의존하여 생산하고 있는데, 생산량의 국내 현황을 살펴보면, 1990년대 후반까지는 연간 50만 톤 이상 규모를 꾸준히 유지하여 왔으나⁶⁴⁾, 최근에는 1개 생산 사업체가 연간 10만 톤 규모로 축소하여 생산하고 있으며, 대부분의 수요량을 수입에 의존하고 있는 것으로 파악되었다⁶⁵⁾.

배출계수는 1996 IPCC 지침서에서 권고한 노르웨이 방식을 채택하고 있는데, 이 방식은 천연가스 소비량 중 원료로 사용한 경우만을 구분하여 계수 값으로 산정한 특징이 있다.

관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1995년부터 1999년까지 암모니아를 전수품목으로 조사한 바 있다

59) 개질(改質)이란 고온 및 고압 상태에서 탄화수소(CxHx)의 성질을 변경하는 것을 말하는데, 촉매를 사용하는 접촉 개질과 열 개질로 구분된다. 수증기 개질은 공정 중에 수증기를 접촉 반응시켜 H(수소) 및 CO(일산화탄소)를 주요 성분으로 하는 합성가스를 제조하는 방법을 말한다.

60) SO₂는 개질 공정 중 촉매로 사용되는 산화철, 산화구리, 산화크롬 등의 사용으로 발생한다.

61) 원료로부터 제품이 나올 때까지 여러 과정의 작업을 연속적으로 하는 것(연속 생산)을 말한다.

62) 요소는 1996 IPCC 지침서에서 활동자료로 구분되어 있으나, 산정방법 및 배출계수가 지원되지 않으므로, NIR 및 CRF 보고서에서는 제외하고 있다.

63) 일본 NIR 보고서(1990년 ~ 2008년), 캐나다 NIR 보고서(1990년 ~ 2007년)

64) 1995년 기준 광업제조업동향조사 자료로써, 1999년까지 암모니아를 전수 품목으로 조사하였다.

65) 원재료인 천연가스 가격 폭등으로 국내 유일의 생산 사업체인 삼성정밀화학(주)은 19.5만 톤 규모 생산능력을 갖추고 있으나 가동률이 50% 정도에 그치고 있다(화학뉴스, 2011.1.10)



< 암모니아 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 암모니아 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 암모니아 생산량
- ▶ 활동자료 : 암모니아 생산량 (t)

<표 1-24> 암모니아 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t CO ₂ /t 암모니아)
암모니아 생산	1.5

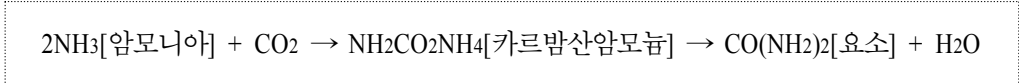
2) 산정방법 문제점

활동자료 수집체계 측면에서 우선적으로 살펴보면, 가장 취약한 형태인 사업체 직접 제공 자료를 사용하고 있으므로 개선이 필요한 것으로 나타났다.

암모니아 생산공정 중에 소비되는 천연가스와 관련하여, 1996 IPCC 지침서는 에너지 부문과의 중복 산정을 피할 것을 강조하고 있으며, 2006 IPCC 지침서에서도 동일한 규정을 두고 있다. 그러나, 2009년까지 보고된 NIR은 생산 사업체의 천연가스 소비량에 대해 연료와 원료 사용 부분에 대한 각각의 세분자료 제시 없이 산정하고 있으므로 기초 활동자료의 투명성이 떨어지고 있다. 즉, 천연가스를 암모니아 생산을 위한 원료로 사용한 부분은 대분류 에너지 부문의 세세분류인 가스연료(Gaseous Fuels, 1.A.2.c.3) 부문에서 제외하고 산정해야 활동자료가 중복계산 되지 않는다.

한편, 국내 MRV지침서와 IPCC 지침서(1996년, 2006년)는 N₂O, CH₄ 배출량을 산정하도록 표기하고 있으나, 배출량 산정식과 관련 배출계수를 제공하지 않고 있어, NIR과 CRF에서는 NO(Not Occuring)로 보고하고 있다. 2009년 국내 NIR에서는 N₂O 배출량을 “이론적으로 계산할 수 없음”, CH₄ 배출량을 “측정 가능하나 자료 부족으로 미산정”으로 설명하고 있는데, IPCC 지침서의 표기기호 분류 및 정의 해설과 비교해서 살펴보면, 현행 보고서의 기호 사용이 부적절한 것으로 파악된다. 왜냐하면, 표기기호 “NO”는 국내에서 발생 가능성은 있으나 당해 연도에는 발생되지 않은 경우에 사용하는 기호이기 때문이다.

또한, 암모니아 생산 사업체가 일관(一貫)공정으로 요소(Urea)를 생산하는 경우에 관해 2006 IPCC 지침서는 천연가스 중복 산정에 대한 설명과 동일한 부분에서 요소생산에 소비된 CO₂ 사용량을 제외하도록 명시하고 있으며, 외국 사례 중 미국의 경우는 산업공정 부문에서 암모니아 생산 및 요소 소비로 통합하여 산정하고 있다⁶⁶⁾. 즉, 생산한 암모니아와 공정 중 발생한 CO₂를 최종 반응하여 농업용이나 공업용으로 사용하는 요소를 생산하게 되면, 암모니아 생산 중 발생한 CO₂ 전체가 배출량으로 연결되는 것이 아니며, 이 부분을 미산정하면 배출량이 과다하게 산정될 수 있음을 나타내고 있다. 2015년 이후 IPCC 적용지침 전환계획이 예고된 상황이고, 국내 암모니아 생산 사업체도 일관공정으로 요소를 생산하고 있으므로 기초 활동자료를 세분하여 작성할 필요가 있다.



3) 산정방법 개선방안

암모니아 생산은 화학제품 특성상 독과점 체제로 생산되는 경우가 대부분이며, 국내 현황도 동일하다. 이를 고려하면, 활동자료 수집은 광업제조업동향조사에서 체계적으로 관리하는 것이 필요하다. 과거 시계열 비교자료에서는 NIR 보고서의 생산량이 1.4%p~5.4%p 범위에서 KOSTAT 생산량에 비해 많이 산정되는 것으로 파악되었다.

〈표 1-25〉 암모니아 생산량 비교

(단위 : %, %p)

구분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년
NIR(A)	102.7	105.4	103.6	101.4	101.6
KOSTAT(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
비율 차(A-B) ⁶⁷⁾	2.7	5.4	3.6	1.4	1.6

천연가스 등 연료재의 원료용 전환 사용과 관련한 중복계산 문제는 암모니아 생산에 소비된 천연가스 사용량 자료를 에너지 부문 NIR 및 CRF 보고서에서 실무적으로 공제

66) 미국 NIR 보고서(1990년 ~ 2009년)

67) 광업제조업동향조사는 암모니아를 1995년~1999년에만 전수품목으로 조사하였으며, NIR과 KOSTAT간의 연도별 생산량은 KOSTAT를 100%로 가정한 경우의 NIR 생산량 비율(%)로 비교하였다(이하 다른 활동자료의 통계표 구성 및 비교자료도 동일하다).



하는 절차를 밟는 것이 타당할 것이다. 즉, 산업공정 부문 산정기관인 에너지관리공단에서 관련 자료를 수집하여 에너지 부문 산정기관인 에너지경제연구원과 공유하면 국가 보고서 차원에서 중복계산은 방지될 것으로 판단된다.

암모니아 생산공정 중 N₂O, CH₄ 배출량과 관련하여 주요 국가 현황을 살펴보면, 미국, 일본, 캐나다, 스웨덴 등의 주요 국가들도 이들 온실가스 배출량은 산정하고 있지 않는 것으로 확인되었다. 다만, NIR 및 CRF에 적용된 표기기호(Notation Key) 적용에서는 일본 NIR 보고서 사례와 동일하게 N₂O 배출량은 NA(Not Applicable), CH₄ 배출량은 NE(Not Estimated)로 변경하여 보고하는 것이 IPCC 지침서 해석상 보다 적합한 것으로 판단된다⁶⁸⁾.

또한, 암모니아와 요소 등의 연속 생산에서 비롯된 배출량 과다 산정과 관련해서는 2006 IPCC 지침서에서 제안하고 있는 바와 같이 생산 사업체를 통해 요소 생산실적을 별도의 활동자료 형태로 제공받아 CO₂ 배출량에서 공제하는 것이 필요할 것이다. IPCC 지침서는 배출량 산정방법과 관련해서 요소 생산량 1톤당 0.733톤의 CO₂가 소비되는 것으로 제시하고 있다.

다. 질산 생산(2.B.2.)

1) 현행 배출량 산정 방법

질산(Nitric Acid : HNO₃)은 암모니아산화법(오스트왈트법)에 의해 주로 생산되고 있으며, 생산공정 중 원재료인 암모니아의 촉매 산화과정에서 발생하는 N₂O 배출량을 산정한다. 생성되는 N₂O 배출량은 공정 환경(압력, 온도), 촉매 구성물(백금, 라듐 등), 연소장치 종류 등에 영향을 많이 받으므로 관련 IPCC 지침서도 사례별 배출계수를 생산공정으로 구분하여 제시하고 있다. 2009년까지 활동자료는 생산 사업체 직접 제공자료를 사용하고 있으며, 배출계수는 산업 환경의 유사점을 근거로 일본 환경청이 제시한 배출계수 상한 값을 적용하고 있다. 2008년에 고유 배출계수 개발이 보고되었으며, 향후 승인작업이 마무리되면 적용될 전망이다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 질산을 지역품목으로 조사하고 있다.

68) 일본 NIR 보고서(1990년~2008년)는 CH₄ 배출량과 관련하여 「Emission of CH₄ from the ammonia production has been confirmed by actual measurements. As there are not enough sufficient examples to enable the establishment of an emission factor, it is not currently possible to calculate emissions. The Revised 1996 IPCC Guidelines also do not give a default emission factor. Therefore, CH₄ was reported as “NE.”」 로 보고하고 있으며, N₂O 배출량과 관련하여 「Emission of N₂O from ammonia production is theoretically impossible, and given that even in actual measurements the emission factor for N₂O is below the limits of measurement, N₂O was reported as “NA.”」 로 보고하고 있다.

질산생산 부문은 CDM사업에 의해 감축량이 모범적으로 평가되고 있는 대표적인 부문이므로, 2007년 이후 이를 반영하여 재계산한 배출량을 보고하고 있다.

< 질산 생산 부문 N₂O 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 암모니아 생산량 - 감축량⁶⁹⁾
- ▶ 배출량, 감축량 : t N₂O
- ▶ 배출계수 : t N₂O/t 질산 생산량
- ▶ 활동자료 : 질산 생산량 (t)

〈표 1-26〉 질산 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t N ₂ O/t 질산 생산)
질산 생산	0.0057

2) 산정방법 문제점

활동자료 수집방법으로 사업체 직접제공 자료를 이용하고 있으므로, 향후에는 국가 승인통계 작성체계로의 개선이 필요하다.

질산 생산량 산정방법에서는 농도 기준이 적용되지 않아 통계자료 정확성 측면에서 개선이 요구된다. 즉, 현행 NIR 보고서는 1996 IPCC 지침서와 GPG 2000 지침서에 따라 작성되고 있는데, 산정과정에서 희질산(稀窒酸, 묽은 질산)과 농질산(濃窒酸, 진한 질산)의 구분 집계나 농도 환산에 관한 방법상의 지침이 누락되어 있다. 농질산은 희질산의 후속공정인 탈수과정을 거친 농도 98.0% 이상으로 분류하며, 희질산은 농도 60.0%부터 다양하게 생산·판매되고 있다⁷⁰⁾. 질산 농도는 공정과 밀접한 영향이 있는데, 상압(저압 또는 대기압)에서 50% 정도인 농도는 가압함에 따라 60~70%까지 증가시킬 수 있는 것이다. 이런 영향으로 현행 산정방법은 질산 생산량의 중복계산(연속생산 사업체)과 과다계산으로 이어질 것으로 판단된다.⁷¹⁾

69) 2012년 MRV 지침서 질산 생산 부문 N₂O 산정식의 암모니아 생산량은 질산 생산량의 오타이다.
 70) 국내 질산 생산량 점유율이 85% 수준에 달하는 사업체인 휴켄스(주)(매일경제신문, 2010. 6.8)는 희질산 판매 품목을 농도 기준 60%, 65%, 67%, 68%, 70%로 분류하고 있다(휴켄스 홈페이지 중 제품소개, 2012.10)
 71) 농도 기준이 적용되지 않은 영향으로, 2005년부터 2009년까지의 NIR 자료와 KOSTAT 자료를 비교 (NIR÷KOSTAT×100)해 보면, 다른 활동자료에 비해 큰 폭의 격차(5.2%p~10.1%p)가 발생하는 것으로 나타났다.



산정방법 및 배출계수는 현행 MRV 지침서가 1996 IPCC 지침서 방법을 적용하고 있으나, GPG 2000 지침서에서 생성계수, 분해계수, 이용계수를 적용하는 방법론을 제시하고 있으므로 국제비교성 측면에서 수정 지침을 적용하는 것이 타당할 것으로 보인다. 2009년 NIR 보고서는 GPG 2000 지침서에 따라 산정한 것으로 보고하고 있다.

또한, 2012년 MRV 지침서에서 제시한 배출계수는 GPG 2000 지침서에 수록된 일본 환경청 자료의 상한 값을 적용하고 있으나, 일본 NIR 보고서가 1990년부터 최근까지 적용한 배출계수 최고값은 0.0042(t N₂O/t 질산 생산)에 불과했던 사례⁷²⁾를 고려하면 지나치게 높은 계수 값이 적용된 것으로 판단된다. 더구나, 2000년대 후반 국내 최신 설비의 대규모 도입 현황을 고려하면 더욱 현실성이 낮은 것으로 볼 수 있다.

3) 산정방법 개선방안

활동자료는 국가 승인통계이고, 질산 품목을 사업체별로 조사하고 있는 광업제조업 동향조사에서 관리하고 수집하는 것이 타당할 것이다.

생산량 산정방법 중 기존 국제 지침서에서 설명이 누락된 질산 농도에 관한 지침은 2006 IPCC 지침서에서 명시하고 있는데, 100% 농도 기준으로 활동자료를 산정하도록 제시하고 있다. 배출계수 해설에서도 동일한 농도 기준이 적용되었음을 밝히고 있다. 비록, 1996 IPCC 지침서와 GPG 2000 지침서가 현재 적용되고 있으나, 중복계산 및 과다계산 등의 문제점이 파악된 상황이며, 향후 예정된 적용지침 전환계획 등을 고려하면, 질산 생산량을 100% 농도 기준으로 확보하는 것이 반드시 필요할 것이다. 자료 수집체계에서 제안한 광업제조업동향조사 질산 품목도 당연히 동일 기준으로 조사되어야 한다.

산정식과 배출계수는 GPG 2000 지침서에 맞춰 개선될 필요가 있는데, 산정식은 생성계수, 분해계수, 이용계수를 포함하여 구성하며, 배출계수는 저감시설 종류 및 적용한 분해계수, 이용계수 값이 제시되어야 할 것이다.

$$\text{산정식} = \text{생성계수} \times \text{생산량} \times [1 - (\text{분해계수} \times \text{이용계수})]$$

* 사업체(공장)별 배출량을 산정한 이후 합산하여 보고

72) 질산 생산량에 대한 일본 환경청 배출계수는 10개 생산 사업체를 대상으로 조사한 내용인데, 국가 NIR 보고서는 생산량 기준 가중평균 값을 적용하였다. 결과적으로 2005년을 제외하고, 1990년부터 2008년까지 0.00392(t N₂O/t 질산 생산) 미만으로 평가하고 있다.

한편, 국가 고유 배출계수 미승인 영향으로 1996 IPCC 지침서가 계속 유지된다고 가정하더라도, 현재의 지나치게 높은 배출계수 적용 값은 개선이 필요한 것으로 파악되었다. 2000년 후반 이후 국내 질산산업 현황을 감안하여, 최소한 일본이 적용한 배출계수 과거 시계열 평균값인 0.0036(t N₂O/t 질산 생산) 수준으로 하향 조정하는 것이 바람직하다.

라. 아디프산 생산(2.B.3.)

1) 현행 배출량 산정 방법

아디프산(Adipic Acid: C₆H₁₀O₄)은 사이클로헥사논(Cyclohexanone)과 사이클로헥산올(Cyclohexanol) 혼합물에 질산을 촉매 산화 반응시켜 생산되는데, 공정 중 부산물로 발생되는 N₂O 배출량을 산정한다. 초기 공정에서 벤젠이 주요 원료인 사이클로헥세인(Cyclohexane)은 산화반응 단계별로 사이클로헥사논을 거쳐 사이클로헥산올로 변형된다. 1996 IPCC 지침서는 CO₂ 배출량도 제시하고 있으나, 국내 독점생산 사업체의 설비기술을 고려하여 “NA”로 보고하고 있다. 일본, 미국, 캐나다 등도 N₂O만 대상으로 산정하고 있다. 활동자료 수집은 생산 사업체에서 직접 제공한 물량 자료를 이용하고 있는데, 1개 사업체가 독점으로 생산하고 있다. 과거 시계열 자료는 해당 사업체에서 생산을 시작한 1992년 이후 자료로 구성되어 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 2005년부터 아디프산을 지역품목으로 조사하고 있다.

2012년 MRV 지침서 및 2009년 NIR 보고서에서 적용한 산정방법은 1996 IPCC 지침서를 채택한 것으로 보고하고 있다.

< 아디프산 생산 부문 N₂O 배출량 산정식 >

- ▣ 배출량 = 배출계수 × 암모니아⁷³⁾ 생산량 - 감축량
- ▣ 배출량, 감축량 : t N₂O
- ▣ 배출계수 : t N₂O/t 아디프산 생산량
- ▣ 활동자료 : 아디프산 생산량 (t)
- ▣ 감축량 : t N₂O

73) 2012년 MRV 지침서 아디프산 생산 부문 N₂O 산정식의 암모니아 생산량은 아디프산 생산량의 오타이다.



〈표 1-27〉 아디프산 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t N ₂ O/t 아디프산 생산)
아디프산 생산	0.3

2) 산정방법 문제점

활동자료는 사업체가 직접 제공한 물량 자료를 단순 적용하고 있으므로 상대적인 취약성을 보이고 있으며, 통계청 광업제조업동향조사가 해당 품목을 동일한 기준으로 조사하고 있으므로 유사·중복통계 작성의 문제도 있다.

산정방법 및 배출계수는 1996 IPCC 지침서 방법을 적용하고 있으나, GPG 2000 지침서에서 생성계수, 분해계수, 이용계수를 적용하는 방법론을 제시하고 있으므로 국제비교성 측면에서 수정 지침을 적용하는 것이 타당할 것으로 보인다.

또한, 감축량 평가에서는 2009년 NIR 보고서에서 국내 사업체가 열분해 저감기술을 이용하여 배출량을 100.0% 감축한 것으로 보고하고 있는데, IPCC 지침서는 기술형태별 계수 값을 구간 범위로 제시하고 있으며⁷⁴⁾, 계수 값 적용은 국가별로 설비운영 경험 등을 고려하여 선정하도록 권고하고 있으므로, 현재 감축량 평가수준이 지나치게 높은 것으로 판단된다.

3) 산정방법 개선방안

생산량 자료의 수집체계 취약점은 국가 승인통계인 광업제조업동향조사로 대체하는 것을 검토할 수 있다. 광업제조업동향조사는 아디프산을 지역품목으로 조사하고 있으나, 1개 사업체가 독점으로 생산하고 있으므로 포괄범위에는 전혀 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한, NIR 보고서와 광업제조업동향조사의 과거 시계열 자료를 비교해 보아도, 2006년의 특이치를 제외하면 연도별 생산량 차이가 4.8%p 범위 안에 있어, 대체 적용에는 무리가 없는 것으로 판단된다. 다만, 광업제조업동향조사에서 아디프산 생산은 2005년~2009년 자료만 확보되어 있으므로, 과거 시계열 자료의 보완은 필요하다.

산정방법 및 배출계수 측면에서는 GPG 2000 지침서가 제안한 생성계수, 분해계수, 이용계수를 적용하는 방법으로 변경이 가능하다. 전환을 위해서는 저감기술이 요구되는데, 2009년 NIR 보고서에서 적용한 기술로써 열분해 방법을 명시하고 있으므로 IPCC 지

74) 열분해 기술의 분해계수는 98%~99%, 이용계수는 95%~99%로 소개하고 있다.

침서의 해당 분해계수, 이용계수 값을 사용할 수가 있다. GPG 2000 지침서에 따라, 열분해 방법의 분해계수 및 이용계수의 중앙값인 98.5%, 97.0%를 적용하면, 배출량은 $0.3 \times \text{생산량} \times (1 - 0.985 \times 0.97)$ 이 되고, 통합 배출계수 값은 0.013365kg으로 계산할 수 있다. 이와 관련해서, 현재 NIR 보고서는 열분해로 N₂O배출량이 100.0% 감축되는 것으로 보고하고 있는데, 이는 해당 설비의 분해계수와 이용계수 모두를 100.0%로 가정한 상황이라고 볼 수 있다. 반면, IPCC 지침서는 분해계수 및 이용계수 값의 상한을 100.0%로 설정하지 않았으며, 저감설비는 도입 이후 1~5년에 걸친 운영 경험과 함께 점차적으로 상한에 근접하는 것으로 설명하고 있다. 결과적으로 2006년 이후의 저감기술을 이용한 감축량 산정은 과도한 것으로 파악되므로 GPG 2000 지침서 수준에서 재계산이 필요할 것으로 해석된다.

〈표 1-28〉 아디프산 생산량 비교

(단위 : %, %p)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
NIR(A)	100.2	63.8	95.2	100.0	100.0
KOSTAT(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
비율 차(A-B)	0.2	-36.2	-4.8	0.0	0.0

마. 카바이드 생산(2.B.4.)

1) 현행 배출량 산정 방법

카바이드(Carbide)는 탄소와 금속원소의 화합물을 말하며, 온실가스 배출과 관련해서는 실리콘 카바이드(SiC : 탄화규소)와 칼슘 카바이드(CaC₂ : 탄화칼슘)를 대상으로 산정한다.

실리콘 카바이드는 공정과정 중 규사(혹은 석영)에 포함되어 있는 SiO₂(이산화 규소)와 환원제인 석유 코크스의 반응으로 발생하는 CO₂ 및 CH₄ 배출량을 산정한다. 탄화칼슘은 세 가지 경로를 통해 CO₂가 발생하는데, CaCO₃(탄산칼슘)의 열분해로 생성된 CaO(산화칼슘)와 석유 코크스가 반응하는 과정에서 1차적으로 생성되고, 1차 과정에서 공정가스로 발생한 CO를 연료로 재사용하는 과정에서 2차적으로 발생한다. 최종적으로



는 탄화칼슘이 물(H₂O)과 반응하여 생성된 아세틸렌(C₂H₂)의 소비 단계에서 발생한다. 아세틸렌은 주로 용접용으로 사용되는데, 산화과정에서 CO₂를 배출한다.

2009년 NIR 보고서에 의하면, 국내에는 실리콘 카바이드 생산 사업체는 없으며, 칼슘 카바이드는 1999년부터 2005년까지 생산하고 이후에는 조업을 중단한 것으로 보고하고 있다. 배출계수는 1999 IPCC 지침서에 따라, 환원제인 코크스 소비량과 칼슘 카바이드 생산량을 기초로 적용하고 있다.

< 실리콘 카바이드 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 환원제 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 환원제 소비량
- ▶ 활동자료 : 환원제 소비량 (t)

< 실리콘 카바이드 생산 부문 CH₄ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × petro coke 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CH₄
- ▶ 배출계수 : t CH₄/t petro coke 소비량
- ▶ 활동자료 : petro coke 소비량 (t)

< 칼슘 카바이드 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수(환원제) × 환원제 소비량 + 배출계수(제품 사용) × 제품사용량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 환원제 소비량, t CO₂/t 제품사용량
- ▶ 활동자료 : 환원제 소비량 (t), 제품 사용량(t)

〈표 1-29〉 실리콘 카바이드 생산 부문 CO₂, CH₄ 배출계수

부 문	배출계수	
	t CO ₂ /t 환원제 소비량	t CH ₄ /t petro coke 소비량
실리콘 카바이드 생산	2.3	0.0116

〈표 1-30〉 칼슘 카바이드 생산 부문 CO₂ 배출계수

부 문	배출계수	
	t CO ₂ /t 환원제 소비량	t CO ₂ /t 제품 사용량
칼슘 카바이드 생산	1.09	1.1

2) 산정방법 문제점

2009년 NIR 보고서는 카바이드 부문을 1999년부터 생산한 것으로 보고하고 있으나, 광업제조업동향조사에서 이전 연도인 1990년~1994년과, 2000년~2004년의 조사자료가 파악되어 있으므로 배출량이 누락되었다고 볼 수 있으므로 재계산이 요구된다.

2005년 이후에는 국내 생산이 없으므로 2009년 NIR 보고서가 “NO”로 보고하고 있다. 그러나, 2012년 MRV 지침서와 1996 IPCC 지침서는 탄화칼슘 소비단계의 CO₂ 배출량을 산정하도록 규정하고 있으며, 배출계수도 함께 제시하고 있으므로 관련되는 활동자료를 확보하고 배출량을 산정할 필요가 있다.

다음으로, 2012년 MRV 지침서는 실리콘 카바이드의 CH₄ 배출계수를 0.0116(t CH₄/t 석유 코크스)로 적용하고 있는데, 1996 IPCC 지침서의 배출계수(노르웨이 보고자료에 근거)는 환원제인 석유 코크스 사용량 기준으로 0.00102(t CH₄/t 석유 코크스)를, 카바이드 생산량 기준으로 0.0116(t CH₄/t 카바이드)을 제시하고 있으므로 적용상의 오류가 발견되었다.

3) 산정방법 개선방안

과거 계열자료의 누락은 광업제조업동향조사 기초자료를 이용하여 1990년까지 연장하여 작성해야 한다. 1995년~1999년 기초자료는 확보되지 않고 있는데, 관련 기초 자료에 대한 문헌연구가 우선 되어야 할 것이고, 불가피한 경우에는 추정 값으로 적용해야 할 것이다.



〈표 1-31〉 칼슘 카바이드 생산량 비교

(단위 : %, %p)

구분	1990년	1991년	1992년	1993년	1994년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
NIR(A)	-	-	-	-	-	88.2	89.2	86.6	123.0	119.4
KOSTAT(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
비율 차(A-B)	-	-	-	-	-	-11.8	-10.8	-13.4	23.0	19.4

칼슘 카바이드 소비와 관련된 활동자료는 탄화칼슘 순수입 물량자료 혹은 아세틸렌 가스 생산량 자료를 이용하는 방법으로 접근할 수 있다. 순수입 물량자료는 관세청 수출입통계자료의 탄화칼슘(HS Code : 2849-10-0000) 순수입 물량자료를 활용할 수 있을 것이며, 아세틸렌 가스 생산량 자료는 통계청 광업제조업조사의 아세틸렌 가스 품목(C20121104) 조사결과 자료(2009년 기준: 사업체 수 12개, 생산액 22,303백만 원)를 활용할 수 있다.

〈표 1-32〉 탄화칼슘 순수입 물량 및 온실가스 누락 배출량

(단위 : ton, CO₂ eq Gg)

부 문	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
칼슘 카바이드 순수입량	1,578	4,277	3,700	3,957	3,891
온실가스 누락 배출량	1.7	4.7	4.1	4.4	4.3

MRV 지침서의 실리콘 카바이드 CH₄ 배출량에 관한 배출계수는 0.00102(t CH₄/t 석유 코크스)로 수정하거나, 산정식 자체를 카바이드 생산량 기준으로 변경하여야 한다.

< 실리콘 카바이드 생산 부문 CH₄ 배출량 수정 산정식 >

- ▣ 배출량 = 배출계수 × 카바이드 생산량 - 감축량
- ▣ 배출량, 감축량 : t CH₄
- ▣ 배출계수 : t CH₄/t 카바이드 생산량
- ▣ 활동자료 : 카바이드 생산량 (t)

바. 카본블랙 생산(2.B.5.a)

1) 현행 배출량 산정 방법

카본블랙(Carbon Black)은 탄화수소(C_xH_x)를 불완전 연소하거나 열분해 하여 생산하는데, 원료로는 석유나 석탄계 중질유를 주로 사용하고 있다. 공정과 관련하여 다양한 온실가스가 배출되는 것으로 보고되고 있으나, 1996 IPCC 지침서가 CH_4 배출계수만을 제시하고 있으므로 2012년 MRV 지침서도 CH_4 발생량만 요구하고 있다.

활동자료는 한국석유화학공업협회에서 간행하는 석유화학편람 자료를 통해 수집하고 있으며, 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 카본블랙을 전수품목으로 조사하고 있다.

< 카본블랙 생산 부문 CH_4 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 카본블랙 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CH_4
- ▶ 배출계수 : t CH_4 /t 카본블랙 생산량
- ▶ 활동자료 : 카본블랙 생산량 (t)

<표 1-33> 카본블랙 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t CH_4 /t 카본블랙 생산량)
카본블랙 생산	0.011

2) 산정방법 문제점

활동자료 수집방법에서 관련 협회의 미승인 통계인 편람 자료를 사용하고 있으므로, 수집체계의 취약점을 드러내고 있다. 또한, 중질유와 코크스 등을 사용하는 원재료 구성상 CO_2 의 대량 배출이 예상되는데도 불구하고, 1996 IPCC 지침서 및 GPG 2000 지침서에서 배출계수가 제시되지 않아 미산정하고 있다.



3) 산정방법 개선방안

활동자료 수집체계는 광업제조업동향조사 결과자료를 적용하는 방법으로 변경하는 것이 가능하다. 광업제조업동향조사는 카본블랙에 대한 1990년부터의 과거 시계열 자료를 확보하고 있으므로 전환과정에서 문제가 없으며, 최근 5년간 기초자료 현황을 살펴 보더라도, 0.5%p~1.7%p 이내의 차이를 나타내고 있을 뿐이다.

CO₂ 배출량과 관련해서는 일본, 미국, 캐나다 등에서도 산정하지 않고는 있으나, 2006 IPCC 지침서에서 용광로 공정, 열분해 공정, 아세틸렌 공정 등에 따르는 배출계수를 제시하고 있으므로 참고할 수 있겠다.

사. 에틸렌 생산(2.B.5.b)

1) 현행 배출량 산정 방법

에틸렌(Ethylene : C₂H₄)은 나프타(Naphtha)나 에테인(Ethane)의 증기분해(steam cracking)⁷⁵⁾ 과정에서 생성되는데, 공정 중 발생하는 CH₄와 CO₂ 등의 온실가스를 산정한다. 국내 생산 사업체는 나프타를 원료로 에틸렌을 생산하고 있다. 온실가스 배출량 산정과 관련해서는 1996 IPCC 지침서가 CO₂ 배출량 산정식과 배출계수를 제시하지 않고 있으므로, 2009년 NIR 보고서는 CH₄ 배출량만을 산정하고 있다. 원료인 나프타 증기분해 과정에서는 에틸렌 이외에 프로필렌(Propylene), 부타디엔(Butadiene), 방향족 화합물(Aromatics) 등이 동시에 생성되므로 에틸렌 온실가스 배출량은 이들 생성물 모두를 대표하여 산정되고 있다. 활동자료는 한국석유화학공업협회에서 간행하는 석유화학편람 자료를 통해 수집하고 있으며, 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 에틸렌을 전수품목으로 조사하고 있다.

< 에틸렌 생산 부문 CH₄ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 에틸렌 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CH₄
- ▶ 배출계수 : t CH₄/t 에틸렌 생산량
- ▶ 활동자료 : 에틸렌 생산량 (t)
- ▶ 감축량 : t CH₄

75) 나프타와 에테인에 수증기를 넣고 가열하여 열분해 과정을 거쳐, 고부가가치의 석유화학제품을 생산하는 공정을 말한다.

〈표 1-34〉 에틸렌 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t CH ₄ /t 에틸렌 생산량)
에틸렌 생산	0.001

2) 산정방법 문제점

앞서 살펴본 카본블랙과 마찬가지로 활동자료 수집방법에서 관련 협회의 미승인 통계인 편람 자료를 사용하고 있으므로, 수집체계의 취약점을 드러내고 있다. 또한, 나프타를 원재료로 사용하고 있으므로 CO₂의 대량 배출이 예상되는데도 불구하고, 1996 IPCC 지침서 및 GPG 2000 지침서에서 배출계수가 제시되지 않아 미산정하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

활동자료 수집체계는 광업제조업동향조사 결과자료를 적용하는 방법으로 변경하는 것이 가능하다. 광업제조업동향조사는 에틸렌에 대한 1990년부터의 과거 시계열 자료를 확보하고 있으므로 전환과정에서 문제가 없으며, 최근 5년간 기초자료 현황을 살펴보다라도, 0.9%p~2.0%p 이내의 차이를 나타내고 있을 뿐이다.

CO₂ 배출량과 관련해서는 2006 IPCC 지침서에서 산정식과 배출계수를 상세하게 제시하고 있으므로 참고할 수 있다. 특기할 사항은 CO₂ 기본 배출계수를 1.73(t CO₂/t 에틸렌 생산량)으로 제시하면서, 나프타 증기분해 장치의 효율성 차이를 고려하여 일본과 한국은 지역 조정계수로 가장 낮은 값인 90%를 적용하고 있다.

〈표 1-35〉 에틸렌 생산량 비교

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
NIR(A)	6,124,149	6,173,113	6,854,704	7,070,832	7,412,807
KOSTAT(B)	6,058,200	6,054,945	6,787,826	6,989,337	7,349,232
비율(A/B)	101.1	102.0	101.0	101.2	100.9

(단위 : 톤, %)



아. 염화에틸렌 생산(2.B.5.c)

1) 현행 배출량 산정 방법

염화에틸렌(EDC(Dichloroethylene) : $C_2H_4Cl_2$)은 에틸렌과 염소(Chlorine)의 반응으로 생성되는데, 공정 중 발생하는 CH_4 와 CO_2 등의 온실가스를 산정한다. 국내 염화에틸렌 생산 사업체는 일관공정으로 염화비닐모노머(VCM : Vinyl chloride monomer)를 생산하고 있다. 온실가스 배출량 산정과 관련해서는 1996 IPCC 지침서가 CO_2 배출량 산정식과 배출계수를 제시하지 않고 있으므로, 2009년 NIR 보고서는 CH_4 배출량만을 산정하고 있다.

활동자료는 한국석유화학공업협회에서 간행하는 석유화학편람 자료를 통해 수집하고 있으며, 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1995년부터 염화에틸렌을 전수품목으로 조사하고 있다⁷⁶⁾.

< 염화에틸렌 생산 부문 CH_4 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 염화에틸렌 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량 : kg CH_4
- ▶ 배출계수 : kg CH_4/t 염화에틸렌 생산량
- ▶ 활동자료 : 에틸렌 생산량 (t)⁷⁷⁾
- ▶ 감축량 : kg CH_4

<표 1-36> 염화에틸렌 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(kg CH_4/t 염화에틸렌 생산량)
염화에틸렌 생산	0.4

2) 산정방법 문제점

앞서 살펴본 에틸렌과 마찬가지로 활동자료 수집방법에서 관련 협회의 미승인 통계인 편람 자료를 사용하고 있으므로, 수집체계의 취약점을 드러내고 있다. 또한, 원료인

76) 2000년 이후에는 지역품목으로 조사하고 있으나, 생산 사업체가 모두 포함되고 있으므로 사실상은 전수품목으로 조사되고 있다.

77) 활동자료인 에틸렌은 염화에틸렌의 오류이다.

에틸렌의 산화반응 과정에서 CO₂가 배출되고 있으나, 1996 IPCC 지침서 및 GPG 2000 지침서에서 배출계수가 제시되지 않아 미산정하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

활동자료 수집체계는 광업제조업동향조사 결과자료를 적용하는 방법으로 변경하는 것이 타당할 것이다. 최근 5년간의 기초자료 현황에서도 2008년의 특이치를 제외하면, NIR 보고서와 KOSTAT간의 생산량 차이는 0.2%p~3.6%p에 불과한 것으로 파악되고 있다. 한편, 광업제조업동향조사는 1995년부터 염화에틸렌을 조사하고 있으므로 1990년~1994년 생산량 자료에 대해서는 추가적인 자료 확보가 필요하다.

CO₂ 배출량과 관련해서는 2006 IPCC 지침서에서 산정식과 배출계수를 상세하게 제시하고 있으므로 참고할 수 있다. 특기할 사항은 CO₂ 배출계수를 EDC와 VCM별로 제시하고 있으므로 활동자료 수집 및 산정식 구성에 있어서도, 두 가지 방법으로 접근할 수 있도록 하고 있다. 또한, 2006 IPCC 지침서는 EDC와 VCM를 연속 생산하는 경우의 CH₄ 배출계수도 제시하고 있다.

자. 스티렌 생산(2.B.5.d)

1) 현행 배출량 산정 방법

스티렌(Styrene: C₈H₈)은 에틸렌과 벤젠을 촉매로 증류 분리하여 중간재인 에틸벤젠을 생성하고, 에틸벤젠에서 탈수소화 반응을 거쳐 생성하는데, 공정 중 발생하는 CH₄와 CO₂ 등의 온실가스를 산정한다. 배출량 산정과 관련해서는 1996 IPCC 지침서가 CO₂ 배출량 산정식과 배출계수를 제시하지 않고 있으므로, 2009년 NIR 보고서는 CH₄ 배출량만을 보고하고 있다. 2006 IPCC 지침서는 석유화학제품 중 온실가스 배출량 규모를 고려하여 독립 산정품목을 조정하고 있는데, 아크릴로니트릴을 추가한 대신, 스티렌은 제외하고 있다.

활동자료는 한국석유화학공업협회에서 간행하는 석유화학편람 자료를 통해 수집하고 있으며, 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년부터 전수품목으로 스티렌모너머⁷⁸⁾를 조사하고 있다⁷⁹⁾.

78) 모너머(단량체, 단위체, monomer)는 고분자 화합물을 구성하는 단위가 되는 분자량이 작은 물질을 말하며, 중합체(polymer)에 대응되는 용어이다. 스티렌모너머의 중합으로 폴리스티렌 등이 생성된다.

79) 2000년 이후에는 지역품목으로 조사하고 있으나, 생산 사업체가 모두 포함되고 있으므로 사실상은 전수품목으로 조사되고 있다.



< 스티렌 생산 부문 CH₄ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 스티렌 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량 : t CH₄
- ▶ 배출계수 : t CH₄/t 스티렌 생산량
- ▶ 활동자료 : 스티렌
- ▶ 감축량 : t CH₄

〈표 1-37〉 스티렌 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(t CH ₄ /t 스티렌 생산량)
스티렌 생산	0.004

2) 산정방법 문제점

앞서 살펴본 바와 같이, 활동자료 수집방법에서 관련 협회의 미승인 통계인 편람 자료를 사용하고 있으므로, 수집체계의 취약점을 드러내고 있다. 또한, 원료인 에틸렌과 벤젠의 촉매 증류 분리과정에서 CO₂가 배출되고 있으나, 1996 IPCC 지침서 및 GPG 2000 지침서에서 배출계수가 제시되지 않아 미산정하고 있다.

3) 산정방법 개선방안

활동자료 수집체계는 광업제조업동향조사 결과자료를 적용하는 방법으로 변경하는 것이 타당할 것이다. 다만, 최근 5년간의 기초자료 현황을 살펴보면, 연도별로 편차가 있는 것이 나타나는데, 작성체계 변경에 앞서 차이에 대한 원인분석 작업이 선행되어야 할 것으로 판단된다. NIR 보고서 자료를 기준으로 비교해 보면, 2006년까지는 NIR의 생산량이 KOSTAT에 비해 많게 산정되었으나, 2007년 이후에는 1.9%p~4.6%p 수준에서 적게 산정되고 있다.

〈표 1-38〉 스티렌 생산량 비교

(단위 : 톤, %)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
NIR(A)	2,918,506	2,921,900	2,970,486	2,757,655	2,769,926
KOSTAT(B)	2,539,644	2,794,361	3,029,129	2,889,578	2,833,497
비율(A/B)	114.9	104.6	98.1	95.4	97.8

차. 메탄올 생산(2.B.5.e)

1) 현행 배출량 산정 방법

메탄올(Styrene: CH_3OH)은 천연가스를 원료로 증기 개질반응하고, 합성하는 과정에서 발생하는 CH_4 와 CO_2 등의 온실가스를 산정한다. 배출량 산정과 관련해서는 1996 IPCC 지침서가 CO_2 배출량 산정식과 배출계수를 제시하지 않고 있으므로, 2012년 MRV 지침서도 CH_4 배출량만을 보고하도록 하고 있다.

2009년까지 NIR 보고서에서는 국내 활동자료 파악이 되지 않아 표기기호 “NE”로 보고하고 있다. 관련 조사인 광업제조업동향조사는 2012년 실태조사에서 1개 사업체를 대상으로 2011년 생산량 실적이 보고되었다.

< 메탄올 생산 부문 CH_4 배출량 산정식 >

- ▣ 배출량 = 배출계수 × 메탄올 생산량 - 감축량
- ▣ 배출량 : kg CH_4
- ▣ 배출계수 : kg CH_4/t 메탄올 생산량
- ▣ 활동자료 : 메탄올 생산량 (t)
- ▣ 감축량 : kg CH_4

〈표 1-39〉 메탄올 생산 부문 배출계수

부 문	배출계수(kg CH_4/t 메탄올 생산량)
메탄올 생산	2



2) 산정방법 문제점

메탄올은 주로 천연가스를 원재료로 생산하므로, 대부분의 국내 수요 물량을 수입에 의존하고⁸⁰⁾ 있다. 이런 관계로, 2009년 NIR 보고서까지는 “NE”로 보고하였으나, 2012년 실태조사에서 국내 생산 부분이 포착되었으므로 소량이나마 배출량 산정이 이뤄져야 할 것이다. 또한, 원료인 천연가스의 수증기 개질반응 및 합성과정에서 CO₂가 배출되고 있으나, 1996 IPCC 지침서 및 GPG 2000 지침서에서 배출계수가 제시되지 않아 미산정하고 있다.

한편, 2012년 MRV 지침서에서 제시한 산정식은 배출계수와 배출량 등에 대한 kg과 ton 물량 단위의 혼선이 나타나고 있다. 석유화학제품의 다른 부문에서와 마찬가지로 ton 단위로의 통일된 표기가 요구된다.

3) 산정방법 개선방안

활동자료 누락 부분은 광업제조업동향조사에서 파악된 물량자료를 이용하여 보완되어야 할 것이다. 다만, 조사된 물량자료가 2011년 실적만 파악된 것으로 나타나 과거 자료 확보에 대한 추가적인 조사작업은 필요한 것으로 보인다. CO₂ 배출량과 관련해서는 2006 IPCC 지침서에서 원재료 유형별, 제조 공정별 배출계수를 상세하게 제시하고 있으므로 참고할 수 있다.

2012년 MRV 지침서 산정식의 단위 혼선 부분은 ton 단위로 통일하여 표기하여야 할 것이며, 적용되는 배출계수 값도 0.002(t CH₄/t 메탄올 생산량)로 변경해야 할 것이다.

< 메탄올 생산 부문 CH₄ 배출량 수정 산정식 >

- ▣ 배출량 = 배출계수 × 메탄올 생산량 - 감축량
- ▣ 배출량 : t CH₄
- ▣ 배출계수 : t CH₄/t 메탄올 생산량
- ▣ 활동자료 : 메탄올 생산량 (t)
- ▣ 감축량 : t CH₄

80) 메탄올(HS Code 2905-11-0000)은 유기 합성재료, 용제, 세척제, 연료 등으로 다양하게 사용되고 있는데, 2005년 이후 수입액 규모는 매년 약 1.3~1.5백만 톤에 이른다.

카. 코크스(2.B.5.f)

1) 현행 배출량 산정 방법, 문제점 및 개선방안

코크스(Coke)는 에너지 및 산업공정 부문에서 사용되는데, 사용 용도를 크게 연료재, 원료재, 환원제로 분류해 볼 수 있다. 코크스를 연소하여 열이나 동력을 생산하는 경우와 제조공정 중 탄소 공급원으로 사용되어 제품 자체의 구성 성분으로 변형되는 경우는 원료재로 사용된 것이다. 또한, 특정 산화물을 환원시키고 코크스 자체가 산화되는 경우는 환원제로 사용된 것이다. IPCC 지침서는 각각의 경우에 산정 부문을 다르게 설명하고 있는데, 연료재로 사용된 경우는 에너지 부문에서 포함하며, 원료재 및 환원제로 사용된 경우는 산업공정 부문의 해당 세부 부문(암모니아, 실리콘 카바이드, 철강, 합금철 등)에서 포함한다.

위에서와 같이 코크스를 용도에 따라 분류하고 나면, 국내 화학산업의 기타 부문에서 산정되는 경우는 사실상 없다고 볼 수 있으므로 문제점과 개선방안은 별도로 검토하지 않았다. 2009년 NIR 보고서는 “NO”로 구분하고 있으며, 1996 IPCC 지침서는 코크스가 연료 및 환원제로 사용되는 경우에 발생하는 CH₄와 CO₂ 등의 온실가스를 산정하도록 설명하고 있으나 배출계수는 CH₄에 대해서만 제시하고 있다. 2006 IPCC 지침서는 산업공정 부문에서 독립된 세부 부문으로 분류하지 않고 있으며, 2012년 MRV 지침서는 산정식과 배출계수 설명을 생략하고 있다. 1996 IPCC 지침서에 근거해서 산정식과 배출계수를 소개하면 다음과 같다.

< 코크스 소비 부문 CH₄ 배출량 산정식 >

- ▣ 배출량 = 배출계수 × 코크스 소비량 - 감축량
- ▣ 배출량, 감축량 : t CH₄
- ▣ 배출계수 : t CH₄/t 코크스 소비량
- ▣ 활동자료 : 코크스 소비량 (t)

<표 1-40> 코크스 소비 부문 배출계수

부 문	배출계수(t CH ₄ /t 코크스 소비량)
코크스 소비	0.0005



타. 기타 생산(2.B.5.g)

1) 현행 배출량 산정 방법

화학산업 중 기타 생산(2.B.5)에서 남은 부분인 기타 부문은 2012년 MRV 지침서에서 설명을 생략하고 있다. 국가 NIR 보고서에는 설명자료가 없으나, CRF 보고서에서 NMVOC와 SO₂ 배출량을 제출하고 있는데, 산정식에 포함된 활동자료에 대해서는 자료를 밝히지 않고 있다.

1996 IPCC 지침서는 간접 온실가스인 NMVOC와 SO₂에 대한 배출량과 관련해서 아크릴로니트릴(Acrylonitrile), ABS 수지(Acrylonitrile Butadiene Styrene), 에틸 벤젠(Ethylbenzene), 포름알데히드(Formaldehyde), 흑연(Graphite)⁸¹, 무수프탈산(Phthalic anhydride), 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리스틸렌(Polystyrene), 폴리에틸렌(Polyethene), 폴리비닐클로라이드(PVC: Polyvinylchloride), 스티렌 부타디엔(Styrene butadiene), 황산(Sulphuric acid), 이산화티타늄(Titanium oxide), 비닐클로라이드(Vinyl chloride)의 배출계수를 제시하고 있으며, 별도의 산정식을 제시하지는 않고 있다. 이들 중, 2006 IPCC 지침서는 아크릴로니트릴, 이산화티타늄만 산정식과 배출계수를 설명하고 있다.

1996 IPCC 지침서의 일반적인 배출량 산정식을 적용하면, 제품별 산정식은 다음과 같이 구성해 볼 수 있다.

< 화학산업 기타생산 중 기타 부문 NMVOC, SO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 제품별 배출계수 × 제품별 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량 : t NMVOC, t SO₂
- ▶ 배출계수 : t NMVOC, t SO₂/t 제품별 생산량
- ▶ 활동자료 : 제품별 생산량 (t)
- ▶ 감축량 : t NMVOC, t SO₂

또한, 1996 IPCC 지침서에 제시된 배출계수 값 현황은 다음과 같은데, 황산과 이산화티타늄만 SO₂ 배출량을 산정하고, 나머지 제품은 NMVOC 배출량을 대상으로 산정하도록 제시하고 있다.

81) 기타 부문의 열거된 석유화학제품 중 흑연, 스티렌 부타디엔, 비닐 클로라이드는 배출계수 값을 지침서에서 제시하지 않고 있다

〈표 1-41〉 화학산업 기타 생산 중 기타 부문 배출계수

부 문	배출계수(t NMVOC/t 제품별 생산량)	배출계수(t SO ₂ /t 제품별 생산량)
아크릴로니트릴	0.001	-
ABS 수지	0.0272	-
에틸벤젠	0.002	-
포름알데히드	0.005	-
무수프탈산	0.006	-
폴리프로필렌	0.012	-
폴리스틸렌	0.0051	-
폴리에틸렌	저밀도	0.003
	중밀도	0.002
	고밀도	0.0064
폴리비닐클로라이드	0.0085	-
황산	-	0.0175
이산화티타늄	-	0.0146

2) 산정방법 문제점

석유화학제품의 기타 생산은 간접 온실가스 배출량 산정으로 제한되어 있으며, 관련 지침서에서 산정방법에 대한 기본적인 설명도 소홀하다. 배출계수 값도 부분적으로는 제시되지 않고 있는데, 2006 IPCC 지침서에서는 포괄하는 제품 자체를 대폭 축소하여 설명하고 있다. 또한, 2009년 NIR 및 CRF 보고서에서는 배출량 자료만 보고되고 관련 근거자료 제출이 되지 않고 있다. 비록, 1996 IPCC 지침서 체계 아래에서만 배출량이 산정되고는 있으나, 산정에 사용된 활동자료의 소재에 대한 설명자료는 제시가 필요하다.

또한, 2009년 기준으로 전체 NMVOC 배출량 중 기타 생산 부문이 차지하는 비중은 13.9%에 불과한 것으로 보고되었는데, 스티렌 비중이 5.4%(배출계수 0.0018), 포장용 아스팔트(배출계수 0.320) 비중이 70.7%인 것과 비교하면 지나치게 과소 산정된 것으로 평가되었다. 즉, 통계청 홈페이지에서 공시되고 있는 광업제조업동향조사 스티렌, ABS 수지, 폴리프로필렌 생산량과 각각의 배출계수를 통해 NMVOC 배출량을 산정해보면, 2009년 기준으로 스티렌은 51,003톤이 배출된 것으로 계산되는데(CRF 보고서는 49,859톤⁸²⁾), 기타 생산 부문 중 ABS 수지와 폴리프로필렌 2개 활동자료의 배출량만 더해



스티렌의 1.5배 이상 많은 것으로 나타났다. 그 외 9개 활동자료의 배출량을 합하면 배출량 규모는 보다 확대될 것이 분명하다.

〈표 1-42〉 NMVOC 배출량 수준 비교

(단위 : 톤, 톤 NMVOC, %)

구분	배출계수	2009년		2010년		2011년	
		생산량	배출량	생산량	배출량	생산량	배출량
스티렌(A)	0.018	2,833,497	51,003	2,849,422	51,290	2,738,492	49,293
ABS 수지(B)	0.0272	1,191,837	32,418	1,984,618	53,982	1,965,547	53,463
폴리프로필렌(C)	0.012	3,755,669	45,068	3,930,619	47,167	3,898,504	46,782
소계(D=B+C)	-	-	77,486	-	101,149	-	100,245
배율(D/A)	-	-	1.52	-	1.97	-	2.03

*배출량 = 배출계수 × 생산량

3) 산정방법 개선방안

기타 생산 부문에서 요구되는 활동자료들은 대부분이 광업제조업동향조사에서 파악이 가능한 것으로 나타났다. 전체 11개 세부 부문 중 8개 부문은 전수품목으로 조사되고 있으며, 1개 품목은 지역품목으로 조사되고 있다. 에틸벤젠은 조사대상으로 포함되지 않고 있으나, 연속생산 공정 중 스티렌 생산을 위한 중간재로 생성되고 있으므로 대상 사업체를 확보하는 것은 어렵지 않을 것으로 판단된다. 다만, 포름알데히드와 이산화티타늄은 광업제조업동향조사에서는 확보방법이 곤란하여, 광업제조업조사 등을 통해 생산 사업체 모집단 자료의 파악이 우선되어야 할 것으로 나타났다.

한편, NMVOC 과소산정과 관련해서는 현행 CRF 보고서의 산정과정에 적용된 활동자료 내역에 대한 공시와 함께 누락된 활동자료들에 대한 보완작업이 반드시 필요한 것으로 판단된다.

82) 2009년 기준 CRF 보고서의 스티렌 배출량 자료를 100%로 계산하면, 자체 계산한 배출량 자료는 102.3% 수준이다

〈표 1-43〉 화학산업 기타 생산 중 기타 부문 활동자료 자료원

부 문	전수 품목	지역 품목	비고
아크릴로니트릴	23200	-	· 1990년~2005년 조사
ABS 수지	27900	-	
에틸벤젠	20111209	-	· 광업제조업조사, 스티렌 중간재
포름알데히드	20119409	-	· 광업제조업조사
무수프탈산	22700	-	· 1990년~2005년 조사
폴리프로필렌	28100	-	
폴리스틸렌	27800	-	
폴리에틸렌	저밀도	27700	· 중밀도인 선형 폴리에틸렌 포함 · 1990년~2005년 조사
	중밀도		
	고밀도		
폴리비닐클로라이드	28000	-	· PVC · 1990년~2005년 조사
황산	-	25409	· 울산, 전북, 전남 · 2000년~2005년 조사
이산화티타늄	20131102	-	· 광업제조업조사

* 전수품목 및 지역품목의 5자리 부호는 광업제조업동향조사, 7자리 부호는 광업제조업조사

파. 2006 IPCC 지침서 기준 신규 세부 부문(2.B.)

1) 배출량 산정 방법

2006 IPCC 지침서가 화학산업 부문에서 신규 활동자료로 요구한 부문은 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산, 이산화티타늄, 산화에틸렌, 아크릴로니트릴 부문이다. 이들 모든 부문에서 CO₂, CH₄, N₂O 배출이 발생하고 있으나, IPCC 지침서가 부문별로 모든 작성방법론을 제공하지는 않고 있다. 즉, 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산은 N₂O, 산화에틸렌과 아크릴로니트릴은 CO₂와 CH₄, 이산화티타늄은 CO₂ 배출과 관련한 방법론 및 배출계수를 제시하고 있다.



카프로락탐(Caprolactam: $C_6H_{11}NO$)은 벤젠을 원료로 생성된 사이클로헥산(Cyclohexane: C_6H_{12})에 암모니아(NH_3)를 반응시켜 생산하는데, 암모니아 산화과정에서 N_2O 가 발생한다. 글리옥살($C_2H_2O_2$)은 아세트알데히드(Acetaldehyde: C_2H_4O)와 질산(HNO_3)의 산화반응을 통해 생산되며, 공정 중 질산의 산화과정에서 N_2O 가 발생한다. 글리옥살산($C_2H_2O_3$)은 글리옥살의 질산 산화과정을 통해 생산되는데, 전환되는 2차 반응과정에서 N_2O 가 발생한다. 산화에틸렌(Ethylene Oxide : C_2H_4O)은 에틸렌과 산소의 촉매반응으로 생산되는데, 공정 중 산화반응 과정에서 주로 CO_2 가 발생하며, CH_4 가 미미한 수준으로 발생한다. 이산화티타늄(Titanium Dioxide : TiO_2)은 공정 중 사용되는 탄소전극과 환원제, 석유 코크스 사용에 의해 CO_2 가 발생한다. 아크릴로니트릴(Acrylonitrile : C_3H_3N)은 프로필렌(C_3H_6), 암모니아(NH_3), 산소의 촉매반응으로 생산되는데, 공정 중 산화반응에서 CO_2 가 발생한다.

〈표 1-44〉 화학산업 신규 부문 온실가스 배출원별 배출계수

부문	CO_2		CH_4		N_2O	
	구분	배출계수($t CO_2 / t$ 생산량)	구분	배출계수($t CH_4 / t$ 생산량)	구분	배출계수($t N_2O / t$ 생산량)
카프로락탐	△	-	△	-	○	0.009
글리옥살	△	-	△	-	○	0.10
글리옥살산	△	-	△	-	○	0.02
산화에틸렌	○	0.663~0.863	○	0.00179	△	-
이산화티타늄	○	1.34~1.43	△	-	△	-
아크릴로니트릴	○	1.0	○	0.00018	△	-

△ : 방법이 제공되지 않는 온실가스, ○ : 방법이 제공되는 온실가스

2006 IPCC 지침서에서 신규 세분된 부문의 산정식은 기본적으로 활동자료와 배출계수의 조합에 의해 구성되고 있다. 다만, 이산화티타늄은 사용되는 원료 종류와 제조공정에 차이가 있는데다, 배출계수도 구분하여 제시되고 있으므로 Anatase 형과 Rutile 형으로 구분하여 산정하고 있다.

< 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 생산 부문 N₂O 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 카프로락탐(글리옥살, 글리옥살산) 생산량
- ▶ 배출량 : t N₂O
- ▶ 배출계수 : t N₂O/t 카프로락탐(글리옥살, 글리옥살산) 생산량
- ▶ 활동자료 : 카프로락탐(글리옥살, 글리옥살산) 생산량 (t)

< 산화에틸렌, 아크릴로니트릴 생산 부문 CO₂, CH₄ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 산화에틸렌(아크릴로니트릴) 생산량
- ▶ 배출량 : t CO₂(CH₄)
- ▶ 배출계수 : t CO₂(CH₄)/t 산화에틸렌(아크릴로니트릴) 생산량
- ▶ 활동자료 : 산화에틸렌(아크릴로니트릴) 생산량 (t)

< 이산화티타늄 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × Anatase형(Rutile) 이산화티타늄 생산량
- ▶ 배출량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t Anatase형(Rutile) 이산화티타늄 생산량
- ▶ 활동자료 : Anatase형(Rutile) 이산화티타늄 생산량 (t)

2) 기초 통계자료 확보 방법

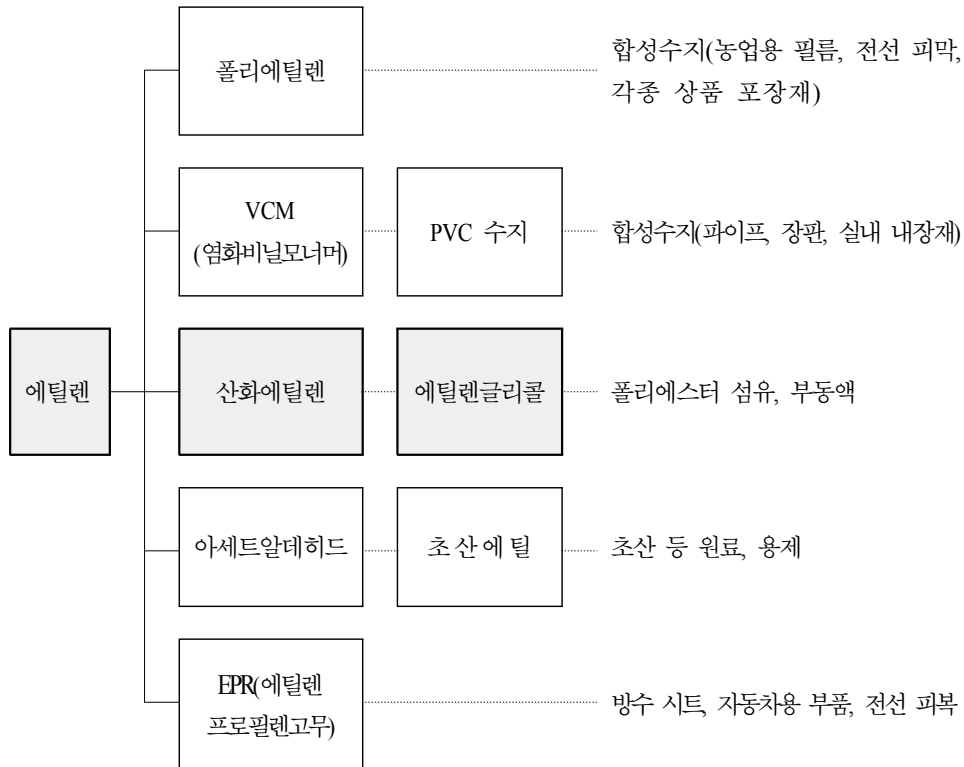
6종의 신규 세분 부문별 활동자료 확보 방법을 살펴보면, 카프로락탐과 아크릴로니트릴은 광업제조업동향조사에서 전수품목으로 생산하고 있으므로 문제가 없다. 이산화티타늄은 성장 산업이며, 국내에서 1개 기업체가 독점으로 생산⁸³⁾하고 있으므로 광업제조업동향조사에서 추가 조사하는 것이 어렵지 않을 것으로 판단된다. 산화에틸렌은 원재료인 에틸렌에서 중간 생산하여, 에틸렌글리콜(Ethylene glycol) 최종 생산에 대부분이 사용되고 있으므로, 에틸렌과 에틸렌글리콜 생산사업체를 대상으로 광업제조업동향조사에서 파악할 수 있을 것이다. 글리옥살과 글리옥살산은 국내에 소재 중인 대상 사업체 파악이 쉽지 않은데, 대부분의 수요량이 중국 등에서 수입되고 있는 것으로 예상된다.

83) 코스모화학 인천공장과 온산공장에서 각각 3만 톤 규모의 생산능력을 보유하고 있으며, 생산품 중 수출 비중은 72.8% 수준에 이른다(EBN 산업뉴스, 2011.11.28)



따라서 글리옥살과 글리옥살산은 광업제조업조사에서 독립품목으로 파악하여 조사대상 모집단 자료를 우선적으로 확보할 필요가 있으며, 무역통계의 순수출입 물량을 병행하여 활용할 필요가 있을 것이다. 연간조사인 광업제조업조사 측면에서 접근하면, 2009년 기준으로 글리옥산과 글리옥살산, 산화에틸렌은 기타 기초 유기화합물(C20119419), 이산화티타늄은 산화티타늄(C20131102)에서 분류하고 있다. 특히, 이산화티타늄은 생산 사업체가 대부분의 물량을 최종재로 출하하는 것으로 판단되므로, 광업제조업동향조사와 광업제조업조사에서 모두 접근이 가능할 것으로 보인다.

[그림 1-1] 에틸렌 계열 제품 흐름도



3. 금속생산(2.C.)

가. 인벤토리 구조

금속생산 부문은 철강, 합금철, 알루미늄 및 기타 금속 부문으로 세분된다. 이들 부문은 철광석 등의 원료 광석에서 환원제를 통해 해당 금속들을 추출하는 과정에서 CO₂, CH₄, N₂O 및 기타 간접 온실가스들이 배출된다. 철강 부문은 산업의 중요성이 크고, 배출량도 많으므로, 공정 단계별로 세분된 활동자료가 요구되며, 합금철과 알루미늄 등의 비철금속 부문은 전체 공정을 묶어서 활동자료를 산정한다.

현행 NIR 보고서의 활동자료는 철강생산 부문 중 전기로에서 생산되는 강철(Steel) 생산의 환원제로 사용된 전극봉 사용량만을 산정하고 있으며, 나머지 세부 부문은 에너지 부문의 연료연소에서 포괄하여 산정하고 있으므로, 표기기호 “IE”로 분류하고 있다.

〈표 1-45〉 금속 생산 인벤토리 구조

구 분	세부 부문(Sink Category)	활동 자료	온실가스	
금속 생산 (Metal Production)	철강 생산 (Iron and Steel Production)	IE, 전극봉 소비량(관세청) ⁸⁴⁾	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, NO _x , NMVOC, SO ₂	
				강(Steel)
				선철(Pig Iron)
				소결물(Sinter)
	코크스(Coke)			
기타(Other)				
	합금철 생산 (Ferroalloys Production)			
	알루미늄 생산 (Aluminium Production)			
	기타 금속 생산(Other)		CO ₂ , CH ₄ , CO, NO _x , N ₂ O, NMVOC, SO ₂	

IE: Included Elsewhwre

84) 전기로 사업체의 전극봉 소비량 자료만 파악하여 CO₂ 배출량을 산정하고 있다. 코크스 등의 기타 환원제 사용에 따르는 CO₂ 및 CH₄ 배출량은 IE로 분류한다.



나. 철강 생산(2.C.1.)

1) 현행 배출량 산정 방법

철강(鐵鋼)은 탄소 성분에 따라 철(Iron)⁸⁵⁾과 강(강철, Steel)으로 구분하는데, 대부분의 철은 고로(高爐: Blast Furnace)에서 원재료인 철광석을 통해 선철⁸⁶⁾(Pig Iron) 형태로 생산되고 있다. 강철은 전로(BOF: Basic Oxygen Furnace) 공정에 선철을 투입하여 생산하거나, 전기로(EAF: Electric Arc Furnace) 공정에 철 스크랩(Scrap)⁸⁷⁾을 투입하여 생산하고 있다. 고로 공정에서는 주요 원료인 철광석과 점결탄을 일정한 크기의 소결물⁸⁸⁾, 펠릿⁸⁹⁾ 및 코크스 덩어리로 만들어 투입하며⁹⁰⁾, 불순물(slag, 광재: 광물 제련 이후 금속에서 분리된 찌꺼기) 제거를 위해 석회석⁹¹⁾을 용매로 함께 사용한다.

철강 생산과정 중 CO₂는 여러 단계에서 발생하는데, 그 대부분은 환원제로 사용되는 코크스와 탄소 전극봉의 소비과정, 전로에서의 탄소 산화과정에서 배출되고 있다. 철강 생산공정과 관련하여 발생한 CO₂를 철강 이외 부문에서 보고하는 경우가 있는데, 코크스 생산공정에서 발생하는 CO₂와 부산물인 COG(Coke Oven Gas)는 에너지 부문의 연료 연소(1.A.1) 부문에서 배출량을 산정하도록 규정되어 있으며, 고로에 철광석, 코크스와 함께 투입되는 탄산염인 석회석 및 백운석의 소비에서 발생하는 CO₂는 석회석 및 백운석 소비 부문(2.A.3)에서 보고하도록 규정하고 있다. 그 외, 공정 중 발생하는 가스(off-gas)가 철강생산에 재활용되는 경우에는 철강 부문에서 포함하여 산정한다. 한편, 철광석을 고체 상태에서 환원가스(CO, H)를 이용해 직접 철강을 생산하는 직접 환원철⁹²⁾ 제조공정에서도 CO₂가 발생한다.

철강 생산부문 인벤토리 구조는 강, 선철, 소결물, 코크스와 기타로 분류하고 있으며, 기타에는 펠릿 생산과 직접 환원철 등을 포괄할 수 있다. 활동자료는 한국무역협회에서

85) 철은 탄소성분이 2.11% 이상인 것을 말하며, 강은 0.0218%부터 2.11%까지를 포함한다.

86) 선철은 철광석을 원료로 고로에서 철의 성분으로 환원시킨 중간제품으로 비교적 많은 탄소(탄소 함유량은 3.0~4.5%)가 포함되어 있다.

87) 철 스크랩은 쇠 부스러기나 파쇄, 고철을 말하며, 선철과 함께 강의 중간재로 사용된다.

88) 소결(sintering)이란 고체 가루를 틀 속에 넣고 프레스로 눌러 단단하게 만든 다음 녹는점에 가까운 온도로 가열하여 가루의 접촉면에서 접합이 이루어지거나 서로 연결하여 한 덩어리로 만드는 공정을 말한다.

89) 펠릿은 1mm 이하의 철광석 분말과 벤토나이트 등의 점토질을 섞고 소성하여 만들며, 철광석의 대체제로 사용된다.

90) 철광석 가루를 소결하는 이유는 고로 공정이 연속적으로 진행되므로 품질 수준을 일정하게 유지할 필요가 있으며, 미세 원료 상태는 공정 중의 막힘 현상을 발생하기 때문이다.

91) 석회석은 철광석에 포함되어 있는 불순물을 녹이기 쉬운 화합물로 제거하기 위해 사용하며, 불순물과 결합하여 광재를 생성한다.

92) 직접 환원철(DRI: Direct Reduction Iron)은 고철의 대용으로 사용되므로 보완재의 성격을 가지고 있다. 즉, 국제 고철 가격이 상승하면, DRI 생산 및 수입이 증가하게 된다.

제공하는 탄소 전극봉 순수입량만을 적용하고 있으며, 나머지 활동자료는 표기기호 “IE”로 분류하여 다른 부문의 산정량에 포함시키고 있다. 배출되는 온실가스도 CO₂만을 대상으로 산정하고 있으며, CH₄는 표기기호 “NE(선철), NA(소결물, 코크스)”로 분류하여 산정에서 제외하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년 이후, 석탄 코크스와 선철 품목을 전수품목으로 조사하고 있다

< 철강 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 환원제 및 전극봉 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 환원제 및 전극봉 소비량
- ▶ 활동자료 : 환원제 및 전극봉 소비량 (t)
- ▶ 감축량 : t CO₂

<표 1-46> 철강 생산 부문 CO₂ 배출계수

부 문	배출계수			
	t CO ₂ /t Coal	t CO ₂ /t Coke from Coal	t CO ₂ /t Petrol coke	t CO ₂ /t Prebacked anodes and coal electrodes
철, 강 생산	2.5	3.1	3.6	3.6

2) 산정방법 문제점

철강생산 부문은 국내 산업 중 가장 많은 에너지를 소비하는 부문이지만⁹³⁾, 활동자료 확보 부족으로 실제 배출량 산정에서는 기여도가 낮게 평가되고 있다. 2009년 NIR 보고서에서 강철생산 부문 순위가 86위에 그치고 있을 뿐 나머지 세부 부문들은 주요 배출원에서 찾아 볼 수 없다. 반면, 코크스 등의 환원제 사용 부분이 에너지 부문에서 작성되고 있는 영향으로, 에너지 부문은 1차 철강(석탄)이 2위(10.16%), 1차 철강(가스)이 29위(0.43%) 등으로 구성되고 있으므로, 5개 대분류 부문에 대한 구분의 의미가 많이

93) 대표적인 에너지 집약산업(금속, 석유화학, 비철금속, 제지 및 펄프 산업)인 금속 부문은 2009년 현재, 전체 산업 에너지 소비량의 33%를 차지한 것으로 나타났다(South Korea Energy efficiency report p5~6, 2011.2. ABB Group)



회석되고 있다고 할 수 있다. 1996 및 2006 IPCC 지침서에서 코크스 사용을 일관되게 환원제로 분류하여 산업공정 부문에서 산정할 것을 권고하고 있는 것을 고려한다면, 산정방법의 조속한 개선이 요구된다.

한편, 2012년 MRV 지침서는 철강생산 부문에서 배출되는 온실가스로서 CO₂ 이외에 CH₄와 N₂O를 포함하고 있다. 우선, N₂O는 1996 IPCC 지침서와 CRF 보고서에서 산정을 제외하고 있으며, 2009년 NIR 보고서도 관련 설명을 생략하고 있다. 이와 같은 이유에 에너지 부문의 코크스 생산 부문에서 N₂O 배출량을 산정하고 있는 영향으로 파악되는데, 철강생산 부문의 코크스 소비에서는 불필요한 것으로 이해된다. 왜냐하면, 코크스 생산 중 코크스로(爐) 내부 온도가 1,000°C 이상으로 상승하므로, 공정 중 발생한 N₂O는 이론적으로 모두 연소되는 것으로 파악되기 때문이다⁹⁴⁾. 다음으로, CH₄는 고로 공정 및 소결물 생산과정의 코크스 소비에서 주로 배출되는데, 1996 IPCC 지침서가 배출계수를 제공하고 있지 않으므로, 에너지 부문에서 합산되어 산정되고 있다.

다음으로 2009년까지 NIR 보고서의 철강생산 부문 구조가 강철, 선철, 소결물, 코크스, 강철 생산에서의 전기아크로 사용, 기타 순으로 나열하고 있는데 반해, CRF 보고서 형태는 강철, 선철, 소결물, 코크스, 기타로 구분하고 있어 포괄범위에서 현행 NIR이 혼란스러운 부분이 있다⁹⁵⁾. 왜냐하면, 강철 생산은 연속생산을 통한 전로방식과 전기 아크로 방식으로 크게 나눌 수 있으며, 최종 생산물은 동일한 강철 제품이기 때문이다. 한편, 전로 공정 중의 탄소 산화과정⁹⁶⁾에서 배출되는 CO₂ 배출량은 현재 산정에서 제외되고 있는데, 연간 전로 조강 생산량이 약 3천만 톤에 달하는 사정을 감안하면 조속한 개선이 필요한 부분이다.

또한, 강철 생산 중 전기 아크로 사용 부문의 활동자료로 설명한 한국무역협회 수출입통계자료의 탄소 전극봉(HS-Code 8545-11-0000)은 인용한 통계의 출처 및 용어 사용에서 오류가 있는 것으로 파악되었다. 왜냐하면 한국무역협회의 수출입통계는 관세청의 1차 수출입자료를 수집하여 서비스하는 가공통계로 볼 수 있으며, 탄소 전극봉의 정확한 HS-Code는 8545-90-1000이기 때문이다.

3) 산정방법 개선방안

환원제로 소비되는 코크스의 온실가스 배출량 산정은 철강 생산 이외에 후속하는 합금철 생산에서도 동일한 문제가 제기되는 부분이다. 광업제조업동향조사에서 전수품목

94) 일본 2009년 NIR 보고서 P4-29

95) 일본 NIR 보고서의 금속생산 부문 체계에서 동일한 구조로 설명하고 있어, 영향을 받은 것으로 파악된다.

96) 전로에서는 70%~90%의 선철과 10%~30%의 고철(steel scrap)을 충전하고 고순도 산소를 이용하여 강철을 생산하는데, 선철에 포함된 3%~4%의 탄소함량이 강철로 제조되면서 1% 정도로 낮아진다.

으로 조사하고 있는 석탄 코크스 품목의 조사결과를 기초로 살펴보면, 현재 국내 코크스 생산 사업체는 모두 종합 제철사업을 경영하면서 생산량의 대부분을 자가소비 목적으로 사용하며, 극소수의 물량을 내수용 및 수출용으로 판매하는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 금속 생산부문의 환원제 투입 구조를 분석해 보면, 코크스 생산 사업체에서 자가소비(재투입)하는 물량은 철강생산 부문의 환원제로 투입한 물량으로 파악해 볼 수 있으며, 나머지 내수 판매량과 순수입량(HS-Code 2704-00-1010)의 합계 물량은 합금철 생산, 알루미늄 생산, 기타 금속 생산의 환원제 사용량으로 산정해 볼 수 있을 것이다. 환원제 투입량에 배출계수 값(3.1)을 적용하여 CO₂ 배출량을 산정해 보면, 2009년 현재, 철강 생산 부문에서 27,195Gg, 금속 생산 부문 전체에서 27,964Gg의 배출량이 에너지 부문에서 합산되고 있는 것으로 판단된다. 이는 2009년 전체 산업공정 부문 CO₂ 배출량(29,088Gg)의 93.5%~96.1% 수준이며 전체 국가 온실가스 배출량의 5.6%에 달하는 대규모 수준으로 볼 수 있다.

〈표 1-47〉 석탄 코크스 생산량, 재투입량, 내수량, 수출량 및 CO₂ 배출량

(단위 : 톤)

구분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
HS-Code	수출량(A)	13,418	1,476	1,566	1,017	1,389
	수입량(B)	307,876	286,272	511,551	683,850	248,482
	순수입량(C=B-A)	294,458	284,796	509,985	682,833	247,093
CO ₂ 배출량(Gg) 97)	철강 생산	29,140	28,129	28,484	30,481	27,195
	비철금속 생산	1,192	1,047	1,640	2,148	769
	금속 생산	30,332	29,176	30,124	32,629	27,964

한편, 2012년 MRV 지침서에서 배출량을 산정하도록 하고 있는 N₂O는 IPCC 지침서 및 외국 사례에서도 산정하지 않으므로 제외하는 것이 맞을 것이며, CH₄는 2006 IPCC 지침서에서 배출계수를 제공하고 있으므로 참고하여 산정할 수 있을 것으로 전망된다.

철강 생산 세부 부문의 구성은 CRF 보고서 형태로 강철, 선철, 소결물, 코크스, 기타로 구분하고, 전기로 강철생산 부문은 강철에서 함께 설명하는 것이 바람직 할 것이다.

97) 국내 종합제철소의 연도별 코크스 생산량, 재투입량, 내수량을 순수입량 자료와 연결하여 철강 생산, 비철금속 생산, 금속 생산 부문의 환원제 물량을 1차적으로 산출하였고, 배출계수 값을 적용하여 최종적인 부문별 온실가스 배출량을 산정하였다.



또한, 전기로 철강생산 부문의 환원제는 탄소전극 중 “노(爐)용의 것”(HS-Code 8545-11-0000)으로 정확한 용어를 사용하고, 통계 인용 출처는 관세청 무역통계로 정정할 필요가 있다. 탄소전극과 관련해서 광업제조업통계조사 조사품목 분류표에서도 같은 내용을 참조할 수 있는데, 전기용 탄소제품을 전기로에 사용되는 탄소전극 및 흑연전극으로 분류하고, 기타 용도의 전기용 탄소제품에 탄소봉을 포함하고 있음을 확인할 수 있다.

〈표 1-48〉 탄소전극 관련 HS-Code 8545호 분류 체계

HS-Code	품목 명칭	HS-Code	품목 명칭
8545-1	전극	8545-90	기타
8545-11-0000	노용의 것	8545-90-1000	탄소봉
8545-19-0000	기타	8545-90-9000	기타
8545-20	브러시		

〈표 1-49〉 탄소전극 관련 광업제조업통계조사 분류 체계

분류번호	산업 및 품목 명칭
28902	전기용 탄소제품 및 절연제품
28902 201	탄소전극 및 흑연전극 [예시] 탄소전극, 흑연전극 [용도] 전기로 등에 사용
28902 209	기타 전기용 탄소제품 [예시] 탄소봉, 램프용 카본, 배터리용 카본

마지막으로 전로 공정에서의 CO₂ 배출량 누락 부분은 한국철강협회의 전로 조강 생산량 자료를 활동자료로 이용하고, 1996 IPCC 지침서의 철강 생산 배출계수⁹⁸⁾ 값(1.6 t CO₂/t Iron or Steel)을 적용하면 산정이 가능하다. 활동자료와 배출계수를 이용한 누락 배출량 규모는 2009년 현재, 약 44,266Gg으로 파악되며, 국가 CO₂ 배출량의 8.9%에 달하는 것으로 나타났다.

98) 1996 캐나다 환경부에서 중합제철공장을 모델로 제출된 배출계수 값이다.

〈표 1-50〉 철강생산통계(한국철강협회) 전로 조강 생산량 및 CO₂ 배출량

(단위 : 천 톤)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
조강 생산량	26,727	26,291	27,560	30,226	27,666
CO ₂ 배출량(Gg)	42,763	42,066	44,096	48,362	44,266

그 외 철강생산 부문 온실가스 배출통계와 관련하여, 향후에 주목해야 할 부분은 제철법의 기술적인 변화에 관한 부분이다. 제철법은 오늘날까지도 고로공법이 주류를 이루고는 있으나, 코렉스(COREX)공법 및 파이넥스(FINEX)공법⁹⁹⁾으로 진화되고 있다. 이들 공법은 전통적인 방법에서 적용되던 소결물 및 코크스 제조 공정이 생략되어 온실가스 배출량이 현저히 감소되는 것으로 알려지고 있으므로, 향후 2006 IPCC 지침서가 적용되는 체계에서 반드시 고려되어야 할 부분이다. 이와 관련하여, 광업제조업동향조사의 선철 품목 조사자료도 참고할 수 있을 것으로 보인다. 왜냐하면 1996 IPCC 지침서는 선철을 하위 부문으로 구분하고 있으며, 2006 IPCC 지침서는 강철 생산에 투입되지 않는 선철 생산량을 별도로 구분하여, 배출계수 값을 제시하고 있기 때문이다. 2005년부터 2009년까지의 생산량 자료를 살펴보면, 국내 3개 종합제철 사업체에서는 선철 생산량의 대부분을 자가소비(재투입) 하여 강철생산에 투입하고 출하량 비중은 1.1%~1.5% 수준에 그치는 것으로 나타났다.

참고로, 2006 IPCC 지침서는 유럽 11개 제철 사업체의 생산량 자료를 근거로 철강생산 하위 부문의 전환계수 값을 제시하고 있는데, 이 자료들은 2006 IPCC 지침서 작성체계의 변경을 위한 접근방법 중 하나로 검토할 수 있을 것이다.

〈표 1-51〉 철강 하위부문 전환계수

기준 생산량	기준 생산량당 전환 계수
선철 1톤	코크스 0.358톤 + 소결물 1.16톤
조강 1톤	선철 0.94톤

99) COREX(Coal Ore Reduction Process)공법은 고급 괴철광석과 고급 유연탄을 사용해야 하는 단점이 있는 반면, FINEX(Fine Ore Reduction Process)공법은 분철광석과 일반 유연탄을 사용할 수 있어 경영개선 및 환경보호 모두에 유익하다.



다. 합금철 생산(2.C.2.)

1) 현행 배출량 산정 방법

합금철은 철과 실리콘, 망간, 크롬, 몰리브덴, 바나듐, 텅스텐 등의 금속을 합금한 것을 말하는데, 성분 조정이나 탈산의 목적으로 생산한다. 전기로에서 원광석과 코크스 및 탄소 전극봉 등의 원료들이 제련 및 환원 과정을 거치면서 생산되며, 공정 중 코크스와 탄소 전극봉 등의 환원제에 의해 CO₂, CH₄ 등의 온실가스를 배출하게 된다. 활동자료는 환원제로 사용된 코크스 및 탄소 전극봉 소비량으로 산정하는데, 코크스는 에너지 부문의 연료연소 하위 부문에서(1.A.1) 포괄하며, 탄소 전극봉은 산업공정 부문의 철강생산 하위 부문(2.C.1) 중 전기 아크로를 이용한 강철 생산에서 포괄하여 산정하고 있으므로 표기호 “IE”로 분류된다. 현재, 합금철 생산 부문에서는 온실가스 배출량을 산정하지 않고 있다.

산정방법과 관련하여 IPCC 지침서는 약간의 차이를 보이고 있다. 즉, 1996년 지침서는 환원제 소비량에 배출계수를 적용하는 방법을 제안하며, 대안으로써 합금철 종류별 생산량에 배출계수를 적용하는 방법을 권고하고 있는 반면, 2006년 지침서는 생산량 접근법을 우선하고, 환원제 접근법을 대안으로 제안하고 있다. 합금철 종류별 접근법에서도 구분 방법의 차이가 있는데, 1996년 지침서는 규소철(규소 50%, 75%, 90%), 마그네슘철, 규소마그네슘철, 크롬철로 구분하고 있는 반면, 2006년 지침서는 규소철(규소 45%, 65%, 75%, 90%), 망간철(탄소 7%, 1%)을 세분하고 있으며, 규소망간철, 크롬철을 구분하고 있다. MRV 지침서는 산정식과 활동자료를 간단히 소개하고 있을 뿐이며, 배출계수는 철강생산 부문과 동일하게 적용하는 것으로 설명하고 있다.

관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년 이후 합금철을 전수품목으로 조사하고 있다.

< 합금철 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 환원제 및 전극봉 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 환원제 및 전극봉 소비량
- ▶ 활동자료 : 환원제 및 전극봉 소비량 (t)
- ▶ 감축량 : t CO₂

〈표 1-52〉 합금철 생산 부문 CO₂ 배출계수

부 문	배출계수			
	t CO ₂ /t Coal	t CO ₂ /t Coke from Coal	t CO ₂ /t Petrol coke	t CO ₂ /t Prebacked anodes and coal electrodes
합금철 생산	2.5	3.1	3.6	3.6

2) 산정방법 문제점

합금철 생산 부문은 2009년 광업제조업조사에서 생산 사업체가 16개, 생산액이 약 1조원에 이를 만큼 비중 있는 산업임에도 불구하고, 대부분의 배출량이 에너지 부문에서 포괄되고 있다. 철강 생산 부문과 유사한 부분이 많아 산정방법의 문제점 역시 동일하게 나타나고 있는데, 에너지 다소비 부문이면서 활동자료 확보 부족으로 실제 배출량 산정에서는 기여도가 평가되고 있지 않으므로 산정방법의 조속한 개선이 요구된다. 또한, 활동자료로 설명한 탄소 전극봉은 앞서 설명한 바와 같이 부적절한 용어 사용 및 통계자료 출처 오류 등의 문제가 제기된다.

3) 산정방법 개선방안

철강생산 부문과 공통되는 문제점인 탄소 전극봉의 부적절한 명칭 사용, 관련 통계자료 출처 등은 동일한 수정이 필요할 것이다.

다음으로 활동자료 확보방법은 합금철 종류별 생산량 접근법이 현실적인 대안으로 판단된다. 왜냐하면, 합금철 품목의 생산량 시계열 자료가 광업제조업동향조사에서 1990년부터 구축되어 있는 반면, 환원제 소비량에 관한 자료는 별도의 신규 조사가 필요하기 때문이다. 다만, 조사 중인 합금철은¹⁰⁰⁾ IPCC에서 요구하는 종류별 세분화 작업이 되어 있지 않으므로 세분 품목별 조사가 향후에는 진행될 필요가 있다. 이 경우에 규소철, 망간철은 2006 IPCC 지침서 체계에서 품목을 더욱 세분하고 있으므로, 앞으로의 작성체계 전환계획을 고려하면, 2006 IPCC 지침서 작성체계에 맞춰 작업을 추진해야 할 것이다.

한편, 생산량 접근법을 적용하는 경우에는 앞서 살펴 본 철강생산 부문의 탄소전극 소비량에 영향을 미칠 수 있으므로 이들 부분에 대한 고려가 필요하다. 즉, 철강생산에서 합금철 생산 부문을 포함한 탄소전극 전체 소비량이 산정에 계산되었으므로 합금철

100) 광업제조업동향조사는 망간철, 규소망간철, 크롬철, 몰리브데넘철, 텅스텐철, 니켈철 등이 조사범위에 포함된다고 설명하고 있다.



생산 부문 비율만큼을 제외하여야 중복계산이 되지 않을 것이다.

온실가스 산정을 위한 배출계수는 1996 IPCC 지침서에서 제시하고 있는 합금철 종류별 수치를 적용할 수 있겠다.

〈표 1-53〉 합금철 종류별 CO₂ 배출계수

부 문	배출계수(t CO ₂ /t Products)					
	규소철 (50%)	규소철 (75%)	규소철 (90%)	마그네슘철	규소 마그네슘철	크롬철
합금철 생산	2.35	3.9	5.65	1.6	1.7	1.3

다. (1차) 알루미늄 생산(2.C.3.)

1) 현행 배출량 산정 방법

1차 알루미늄 생산은 보오크사이트(Bauxite) 원석을 가공하여 알루미늄 괴(Ingot)를 생산하는 산업을 말한다. 보오크사이트 원석은 분쇄, 정제, 하소하여 중간제품인 산화알루미늄(알루미나, Alumina)으로 제조되며, 이를 전해조에서 빙정석(Cryolite : Al₂O₃)과 혼합 용융하고, 탄소전극을 이용한 전기분해 방법으로 알루미늄 괴가 생산된다. 국내에서는 1980년대까지 1차 알루미늄 생산이 있었으나, 1990년 이후에는 생산이 중단되었고¹⁰¹⁾, 전체 수요량을 수입에 의존하고 있다. 1차 알루미늄 생산은 에너지 다소비 산업이며, 원광석 생산지 중심으로 소수의 다국적 기업에 의해 생산되는 체계로 재편되고 있으므로 향후에도 국내에서 생산이 재개될 가능성은 낮은 것으로 보인다.

1차 알루미늄 생산에서는 탄소전극 등 환원제의 화학반응을 통해 CO₂와 기타 온실가스 배출이 발생하며, 국내 생산이 없는 영향으로 2012 MRV 지침서에서는 1차 알루미늄 생산과 관련한 작성방법을 기술하지 않고 있다.

관련 조사로는 광업제조업동향조사가 있으며, 수입한 알루미늄 괴나 재생 알루미늄 반제품을 2차 정련하여 알루미늄 선(wire), 판·띠(plate & strip), 관·봉(tube & bar), 박(foil) 등의 각종 압연, 압출 제품을 생산하는 품목들을 조사하고 있다.

1996 IPCC 지침서는 알루미늄 생산과 관련하여 탄소전극 등의 환원제 접근법을 우수한 것으로 설명하고 있으며, 배출계수는 전해조 형태에 따라 2가지 값을 제시하고 있다.

101) 국내에서는 대한알루미늄공업이 1986년에 연간 1만 톤 규모로 생산을 시작하였으나, 1990년 이후에는 생산을 중단하였다. 대한알루미늄공업은 2000년에 캐나다의 알칸데한에 인수되었으며, 2005년에는 노벨리스코리아로 상호가 변경되었다.

< 알루미늄 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 환원제 및 탄소전극 소비량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t CO₂
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 환원제 및 탄소전극 소비량
- ▶ 활동자료 : 환원제 및 탄소전극 소비량 (t)

〈표 1-54〉 알루미늄 생산 부문 CO₂ 배출계수

부 문	배출계수(t CO ₂ /t Products)	
	Söderberg Process	Prebaked Anode Process
알루미늄 생산	1.8	1.5

2) 문제점 및 개선방안

1차 알루미늄 제련은 현재, 국내 생산이 없으며, 향후에도 생산계획이 없는 것으로 파악되고 있어, 온실가스 배출통계 산정을 위한 구체적인 방법상의 문제점은 없다. 다만, 1996 IPCC 지침서 이후에 권고된 GPG 2000과 2006 IPCC 지침서는 1차 알루미늄 생산과정에서 과불화탄소(PFCS)의 일종인 CF₄(사불화탄소), C₂F₆(6플루오르화에테인)가 배출되므로 산정과정에 포함할 것을 요구하고 있다. 이와 관련한 배출계수는 4개 전해조 형태로 구분하여 각각의 값을 제시하고 있는데, 1996 IPCC 지침서에서 구분한 Söderberg Process와 Prebaked Anode Process를 각각 세분한 형태라고 할 수 있다.

〈표 1-55〉 알루미늄 생산 부문 CF₄(사불화탄소), C₂F₆(6플루오르화에테인) 배출계수

전해조 형태	배출계수	
	t CF ₄ /t Products	t C ₂ F ₆ /t Products
CWPB	0.40	0.04
SWPB	1.60	0.40
VSS	0.80	0.04
HSS	0.40	0.03

* CWPB(Centre-Worked Prebake), SWPB(Side-Worked Prebake)

* VSS(Vertical Stud Söderberg), HSS(Horizontal Stud Söderberg)



라. 기타 금속 생산(2.C.5.)

1) 현행 배출량 산정 방법

기타 금속생산은 알루미늄을 제외한 나머지 금속들로 구성되며, 원광석의 구성 물질과 제조공정 등에 따라 온실가스를 배출하는 경우와 그렇지 않은 경우로 구분된다. 이와 관련하여, 1996 IPCC 지침서는 16종의 기타 금속들에 대한 생산공정과 간접 온실가스인 SO₂ 발생 현황에 관한 자료를 제공하고 있다. 지침서는 생산방법을 탄소 환원제를 사용하는 경우, 탄소 이외 전극으로 전기분해를 이용하는 경우, 기타 방법을 적용하는 경우로 구분하고 있다. 이를 근거로 IPCC 지침서는 탄소 환원제를 사용하는 금속인 크롬, 납, 마그네슘, 니켈, 규소, 주석, 티타늄, 아연 등은 CO₂ 발생량에 대한 배출량을 산정하도록 권고하고 있으며, 기타 제조공정으로 생산되는 금속 중 구리, 납, 수은, 몰리브덴, 니켈, 아연 등은 SO₂ 발생량에 대한 배출량을 산정하도록 권고하고 있다. 기타 금속 중 납, 니켈, 아연은 CO₂와 SO₂ 배출량 모두에 대한 산정이 필요하다.

관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 구리, 납, 아연, 은, 금 등을 전수품목으로 조사하고 있으며, 니켈은 지역품목으로 조사하고 있다.

2) 문제점 및 개선방안

1996 IPCC 지침서와 GPG 2000은 기타 금속들에 대한 구체적인 산정방법과 배출계수 값을 제시하지는 않고 있다. 다만, 금속생산 부문 전체에 적용되는 일반 방법론인 환원제 접근법을 우선적으로 적용할 것과, 생산량 접근법을 대안적으로 적용할 것을 설명하고 있다. 기타 금속 중에 마그네슘은 원광석이 탄산염인 마그네사이트(Magnesite, 탄산 마그네슘)로 구성된 특성이 있으므로 환원제 소비량에서 배출되는 CO₂ 이외에 원광석에서 발생하는 CO₂까지 추가적으로 산정에 포괄하도록 설명하고 있다.

이와 관련하여, 2006 IPCC 지침서는 마그네슘과 납, 아연 생산을 독립 부문으로 구분하고는 있으나, 나머지 금속들은 산정방법과 관련하여 별도의 설명자료를 제공하지는 않고 있다. 결국, 기타 금속 중 크롬, 니켈, 규소, 주석, 티타늄, 구리, 수은, 몰리브덴, 니켈 등은 2006 IPCC 지침서 이후에 추가적인 GPG가 권고되어야 산정이 가능할 전망이다. 마그네슘, 납, 아연 부문은 마. 2006 IPCC 지침서 기준 신규 세부 부문(2.C.)에서 추가적인 설명자료를 보충하였다.

〈표 1-56〉 기타 금속별 생산공정 및 SO₂ 배출 현황

금속 종류	탄소 환원제	탄소 미사용 전기분해	기타(간접 온실가스)
크롬	○	-	-
구리	-	○	○(SO ₂)
금	-	○	-
납	○	-	○(SO ₂)
마그네슘	○	○	-
수은	-	-	○(SO ₂)
몰리브덴	-	-	○(SO ₂)
니켈	○	○	○(SO ₂)
플래티늄	-	-	○
규소	○	-	-
은	-	-	○
주석	○	-	-
티타늄	○	-	-
텅스텐	-	-	○
우라늄	-	-	○
아연	○	○	○(SO ₂)

마. 2006 IPCC 지침서 기준 신규 세부 부문(2.C.)

1) 배출량 산정 방법

2006 IPCC 지침서가 금속생산 부문에서 신규 활동자료로 요구한 부문은 마그네슘, 납, 아연 부문이다. 이들 모든 부문에서 CO₂ 배출이 발생하고 있으며, 관련한 산정 방법론과 배출계수를 제시하고 있다. 마그네슘은 추가적으로, HFCS, PFCS, SF₂ 배출량의 산정도 요구하고 있다.

마그네슘은 탄산염인 백운석(돌로마이트, MgCA(CO₃)₂), 마그네사이트(MgCO₃) 등을



직접 환원하여 생산하거나, 바닷물에 용융된 염화마그네슘($MgCl_2$)을 전해조에서 전기 분해하여 생산한다. 탄산염을 소성하여 1차 마그네슘(마그네슘 괴(Ingot))을 생산하는 공정에서 CO_2 가 발생한다. 마그네슘 괴와 마그네슘 고철(Scrap) 및 합금 등을 이용하여 2차 정련품 및 각종 주조물을 생산하는 공정에서는 산화 방지를 위한 보호가스를 사용하게 되는데, 이 과정에서 사용되는 SF_6 이 대기 중으로 배출된다.

납(연(鉛))은 원광석을 이용하여 1차 전기연(電氣鉛)을 생산하는 공정과 연 고철(Scrap)을 이용하여 2차 정련연(再生鉛)을 생산하는 공정에서 발생하는 CO_2 배출량을 산정한다. 전기연은 연광석을 소결하여 제련하는 공법(연·아연 동시 제련로, ISF(Imperial Smelting Furnace))과 소결과정 없이 직접 제련하는 공법(DS : Direct Smelting)으로 구분되며, 공정 중 연소되는 천연가스와 환원제인 코크스로부터 CO_2 가 발생한다. 2차 정련연은 연 고철을 이용하여 재생연을 생산하는 공정 중 환원제인 코크스로부터 CO_2 가 발생한다. 국내에서 1차 전기연은 ISF 방식으로 생산되고 있다.

아연은 원광석을 이용하여 1차 아연 괴(Ingot)를 생산하는 공정과 아연 고철(Scrap)을 이용하여 2차 정련 아연(再生亞鉛)을 생산하는 공정에서 발생하는 CO_2 배출량을 산정한다. 1차 아연 괴는 연광석을 소결하여 전기로 가열하고 증류하는 전기열 증류법, ISF(연·아연 동시 제련 로)에서 환원제인 코크스를 이용하는 건식법, 전기분해를 이용하는 습식법으로 구분된다. CO_2 는 공정 중 환원제인 코크스 소비를 통해 주로 배출되므로, 환원제를 사용하지 않는 습식법은 온실가스가 배출되지 않는다. 국내에서는 습식법으로 1차 아연 괴를 생산하므로 온실가스 산정은 필요하지 않다¹⁰²⁾.

다음으로 2006 IPCC 지침서에서 제시한 배출계수를 살펴보면, 1차 제련품은 원재료(마그네슘), 제조공법(연, 아연)을 기초로 구분된 값을 제시하고 있으며, 2차 정련품은 단일 계수 값을 제시하고 있다. 2차 마그네슘 정련품은 SF_6 에 대한 배출계수만 제시하고 있으며, 1차 아연 제련품 중 전기열 증류법은 배출계수가 제시되지 않고 있다.

102) 고려아연(주)과 (주)영풍이 1차 아연 제품을 생산하고 있다.

〈표 1-57〉 마그네슘, 연, 아연 배출계수

부문			CO ₂	SF ₆
금속	원재료	제조 공법	배출계수 (t CO ₂ / t 생산량)	배출계수 (t SF ₆ / t 생산량)
1차 마그네슘	백운석	-	5.13	-
	마그네사이트	-	2.83	-
2차 마그네슘	-	-	-	0.001
1차 연	-	ISF	0.59	-
		DS	0.25	-
2차 연	-	-	0.20	-
1차 아연	-	전기열 증류법	-	-
		건식법	0.43	-
2차 아연	-	-	3.66	-

2006 IPCC 지침서가 설명한 마그네슘, 연, 아연 생산 부문의 온실가스 배출량 산정식은 기본적으로 활동자료와 배출계수의 조합에 의해 구성되어 있다. 배출계수 값이 원재료와 제조 공법에 따라 별도로 제시되고 있는 1차 마그네슘·연·아연은 각각의 배출계수와 생산량 자료를 곱하여 적용하고, 2차 마그네슘·연·아연은 단일 배출계수와 활동 자료를 곱하여 산정한다.

앞으로, 국내에서는 백운석을 원료로 생산하는 1차 마그네슘, ISF 공법으로 생산하는 1차 연과 2차 마그네슘·연·아연을 대상으로 배출량이 산정되어야 할 것으로 보인다. 습식공법으로 1차 아연도 생산하고 있으나, 공정 과정에서 온실가스가 배출되지 않으므로 산정에서는 제외한다.



< 1차 마그네슘 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t CO₂) = 배출계수(백운석, 마그네사이트) × 1차 마그네슘 생산량(백운석 원료, 마그네사이트 원료)
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 1차 마그네슘 생산량(백운석 원료, 마그네사이트 원료)
- ▶ 활동자료 : 1차 마그네슘 생산량(백운석 원료, 마그네사이트 원료) (t)

< 2차 마그네슘 생산 부문 SF₆ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t SF₆) = 배출계수 × 2차 마그네슘 생산량
- ▶ 배출계수 : t SF₆/t 2차 마그네슘 생산량
- ▶ 활동자료 : 2차 마그네슘 생산량 (t)

< 1차 납 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t CO₂) = 배출계수(ISF 공법, DS 공법) × 1차 납 생산량(ISF 공법, DS 공법)
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 1차 납 생산량(ISF 공법, DS 공법)
- ▶ 활동자료 : 1차 납 생산량(ISF 공법, DS 공법) (t)

< 2차 납 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t CO₂) = 배출계수 × 2차 납 생산량
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 2차 납 생산량
- ▶ 활동자료 : 2차 납 생산량 (t)

< 1차 아연 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t CO₂) = 배출계수(전기열 증류법, 건식법) × 1차 아연 생산량(전기열 증류법, 건식법)
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 1차 아연 생산량(전기열 증류법, 건식법)
- ▶ 활동자료 : 1차 아연 생산량(전기열 증류법, 건식법) (t)

< 2차 아연 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량(t CO₂) = 배출계수 × 2차 아연 생산량
- ▶ 배출계수 : t CO₂/t 2차 아연 생산량
- ▶ 활동자료 : 2차 아연 생산량 (t)

2) 기초 통계자료 확보 방법

마그네슘, 연, 아연의 활동자료 확보 방법을 살펴보면, 1차 연 및 아연¹⁰³⁾은 광업제조업동향조사에서 1990년부터 전수품목으로 조사하고 있으므로 전혀 문제가 없다. 1차 마그네슘 생산은 2011년까지 국내 생산이 없었으나, 2012년에 포스코(주)가 강원도 강릉시에 백운석을 원료로 하는 제련공장을 준공¹⁰⁴⁾하고 가동에 들어갔으므로, 향후에는 온실가스 배출량 산정에 포함하여야 할 것이다. 또한, 1차 마그네슘 제련공장과 관련하여 증설 및 연관 산업단지 조성계획이 보고되고 있으므로 향후에는 광업제조업동향조사에서 전수품목으로 조사될 필요성이 있다.

2차 연 및 아연 정련품은 현재, 광업제조업동향조사에서 품목으로 조사되고 있지 않으며, 연간 조사인 광업제조업조사에서 연 2차 정련품(C24213102), 아연 2차 정련품(C24213202)이 조사되고 있다. 2009년 기준으로 연 2차 정련품이 6개 사업체에 생산액 약 1,200억 원, 아연 2차 정련품이 5개 사업체에 약 750억 원이 조사되고 있으므로 이들 생산 사업체와 1차 제련 사업체¹⁰⁵⁾를 대상으로 생산량 조사가 진행될 필요가 있다. 생산 사업체 현황자료 파악을 위해서는 한국비철금속협회¹⁰⁶⁾ 회원사 등을 통한 보완작업도 병행될 필요가 있다. 대안적인 방법으로는 2차 정련품 생산액 자료에 비철금속 연간 평균 국제 고시가격을 이용하여 물량을 추정하는 방법도 고려할 수 있겠다. 한편, 2차 마그네슘 정련품 및 주조물은 생산 사업체 현황과 활동자료 확보가 어려운 상황이다. 마그네슘 관련 제품은 광업제조업동향조사에서 조사되고 있지 않으며, 광업제조업조사에서 기타 비철금속 2차 정련품(C24219108)과 기타 비철금속 주물(C24329100)에서 통합하여 조사하고 있다. 2009년 기준으로 비철금속 2차 정련품은 7개 사업체, 생산액 약 620억 원 규모이고, 비철금속 주물은 30개 사업체, 생산액 약 2,450억 원 규모로 파악되었다. 활동자료 수집을 위해 시급한 것은 생산 사업체 명부의 확보로 보이는데, 앞서 설명한 광업제조업조사 2개 품목 생산 사업체와 한국마그네슘기술연구조합의 회원사 자료를 등을 이용하여 검증된 명부자료를 확보하고¹⁰⁷⁾, 관련 실태조사를 정기적으로 실시할 필요성이 있다.

103) 광업제조업동향조사는 1차 제련품인 연괴와 아연괴를 조사하고 있다(재생 연괴 아연은 제외).

104) 포스코는 강릉시 옥계공장을 2012년 11월에 준공하여 연간 1만 톤의 마그네슘을 생산할 계획이며, 2014년까지 4만 톤, 2018년까지는 10만 톤 규모로 확장할 계획을 발표했다. 또한, 강릉시는 마그네슘 연관 산업단지를 인근에 함께 조성할 계획도 밝혔다(연합뉴스, 2012. 11.8)

105) 1차 제련 사업체도 Scrap 등을 이용하여 2차 정련품을 생산하고 있다.

106) 한국비철금속협회(www. nonferrous.or.kr)는 생산 사업체 및 유관 단체 등을 포함하여 31개 회원사로 구성되어 있다.

107) 지자체 온실가스 배출량 산정지침서(ver.2.0)는 한국마그네슘기술연구조합의 조합원 현황자료를 이용할 것을 제시하고 있으나, 전체 회원사가 2차 정련품 생산업체로 볼 수는 없으며, 비회원사까지 고려하면 완전성에 문제가 있다.



4. 기타 생산(2.D.)

가. 인벤토리 구조

기타 생산 부문은 펄프 및 제지 생산과 음식료품 생산 부문으로 구분된다. 펄프 생산은 황산염과 아황산염의 화학처리 공정에서 간접 온실가스인 NO_x, CO, NMVOC, SO₂가 배출되므로, 기계펄프와 화학펄프¹⁰⁸⁾ 중 소다펄프는 온실가스 배출량 산정에서 제외한다. 음식료품 생산은 발효과정을 거치는 알코올음료와 동식물성 재료의 각종 식료품(식물성 유지와 담배는 제외) 생산과정에서 배출되는 CO₂와 NMVOC의 배출량을 산정한다.

현행 NIR 보고서의 활동자료는 펄프생산 부문의 표백 크라프트 펄프(BKP : Bleaching Kraft Pulp) 생산량(한국제지공업협동조합)과 음식료품 부문의 마가린, 주정, 맥주, 설탕 생산량(광업제조업동향조사)을 사용하고 있다. 다만, 음식료품 부문의 CO₂ 배출량은 배출계수가 제공되지 않아 산정을 하고 있지 않으며, 표기기호 “IE”로 구분하고 있다.

한편, 2006 IPCC 지침서는 1996 IPCC 지침서와 동일한 구조를 유지하고 있으나, 하위 부문에 대한 산정식과 배출계수에 관해서는 설명을 하지 않고 있으며, 향후 추가적인 GPG 지침서의 권고가 필요할 전망이다.

〈표 1-58〉 기타 생산 인벤토리 구조

구분	세부 부문(Sink Category)	활동 자료	온실가스
기타 생산	펄프 및 제지 생산 (Pulp and Paper Production)	펄프 생산량 (한국제지공업협동조합)	NO _x , CO, NMVOC, SO ₂
	음식료품 생산 (Food and Drink Production)	마가린, 주정, 맥주, 설탕 생산량 (통계청)	CO ₂ , NMVOC

나. 펄프 및 제지 생산(2.D.1.)

1) 현행 배출량 산정 방법

펄프 및 제지 부문은 펄프 생산(Pulping), 표백(Bleaching), 제지(Paper Production) 단

108) 기계펄프는 약품과 열을 사용하지 않고, 기계적인 에너지에 의하여 펄프화 하는 반면, 화학펄프는 약품과 열을 이용하여 펄프를 생산한다.

계로 공정이 이루어지는데, 이들 중 아황산염, 황산염 등의 증해액(蒸解液)¹⁰⁹을 사용하여 섬유소가 아닌 물질을 제거하는 펄프 생산공정에서 SO₂ 등의 온실가스가 배출된다. 펄프는 원재료, 제조공정, 사용용도, 표백 여부 등에 따라 다양하게 분류¹¹⁰하고 있으나, 온실가스 배출과 관련해서는 제조공정 기준의 종류 구분이 의미가 있다.

1996 IPCC 지침서는 화학펄프 중 아황산염 펄프와 크라프트(황산염 펄프) 펄프 제조 공정에서 발생하는 간접 온실가스 배출량을 산정하도록 제시하고 있으며, 관련되는 배출계수 값도 함께 설명하고 있다. 아황산염 펄프 공정은 암모니아(NH₃), 칼슘(Ca), 산화마그네슘(MgO), 나트륨(Na)을 기초로 하는 4가지 형태를 소개하고 있다.

배출계수 및 산정방법과 관련해서는 건조된 펄프를 기준으로 간접 온실가스 종류별 배출계수 값을 제시하고 있다. 활동자료는 한국제지공업연합회에서 제공하는 표백화학펄프 생산량을 적용하고 있다. 관련 조사는는 광업제조업동향조사에서 1990년 이후부터 기계펄프, 화학펄프, 반화학펄프를 통합하여 전수품목으로 조사하고 있다.

< 펄프 및 제지 생산 부문 간접 온실가스 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 크라프트(아황산) 펄프 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량, 감축량 : t 간접 온실가스
- ▶ 배출계수 : t 간접 온실가스/t 크라프트(아황산) 펄프 생산량
- ▶ 활동자료 : 크라프트(아황산) 펄프 생산량 (t)

〈표 1-59〉 펄프 및 제지 생산 부문 간접 온실가스 배출계수

부 문	간접 온실가스			
	SO ₂	NOx	NMVOC	CO
배출계수(t 간접 온실가스/ t 건조 펄프 생산량)	0.007	0.0015	0.0037	0.0056

109) 증해는 펄프 원료 속의 섬유소가 아닌 리그닌(Lignin, 목질소, 木質素)을 비롯한 여러 가지 물질을 삶아서 제거하는 공정을 말한다. 공정 중에 목재 칩(Chip)이나 초분류를 황산염, 아황산염 등의 증해액이 포함된 증해 가마에 넣고, 고온 및 고압으로 처리한다.

110) 원재료에 따라 목재펄프(침엽수, 활엽수), 비목재펄프(짚, 갈대, 먼 등)로 구분하며, 제조공정에 따라 기계펄프(쇄목, Refining ground wood, 열처리기계)와 화학펄프(아황산, 소다, 크라프트)로 구분한다. 화학펄프 중 크라프트 펄프는 표백(BKP) · 반표백(SKP) · 미표백(UKP) 크라프트로 구분한다. 사용용도로는 제지용과 용해용 펄프로 세분된다.



2) 산정방법 문제점

펄프 및 제지 생산 부문은 대표적인 에너지 다소비 산업이다. 그 중 펄프 생산은 국내에서 원재료 수급이 어려운 영향으로 수입 비중이 81.0%에 이르고 있는데, 국내 생산 사업체는 대부분이 기계(쇄목)펄프를 생산하고 있으며, 1개 업체만 활엽수를 원료로 만든 표백 화학펄프를 생산하고 있다.

한편, 온실가스 배출량 산정에 필요한 표백 화학펄프 제조 사업체의 생산량 실적은 다양한 방법으로 확보할 수 있었다. 즉, 현행 NIR 보고서는 한국제지공업연합회의 관련 생산량 자료를 수집하여 이용하고 있으며, 금융감독원 전자공시시스템의 정기 사업보고서에도 BKP 생산량 자료가 공시되고 있다. 또한, 광업제조업동향조사는 1990년 이후부터 펄프를 전수품목으로 조사하고 있다. 다만, 연도별 생산량 자료는 정정 보고 사례가 자주 발생하고 있으므로 NIR 보고서 작성 과정에서 과거 연도 적용에는 주의가 필요한 것으로 나타났다. 또한, 간접 온실가스 배출량 부문은 적용된 활동자료 및 배출계수 값에 대한 명확한 설명자료가 제공되지 않는 것도 문제점으로 판단된다.

〈표 1-60〉 국내 제지산업 원료 공급 현황(2011년)

(단위 : 톤)

구분	펄프 공급 물량					
	소계	구성비	국내 공급량	구성비	수입량	구성비
합계	13,442,360	100.0	9,411,745	70.0	4,030,615	30.0
펄프	3,084,851	100.0	585,108	19.0	2,499,743	81.0
폐지	10,357,509	100.0	8,826,637	85.2	1,530,872	14.8

* 한국제지공업연합회 홈페이지

〈표 1-61〉 표백 화학 펄프 국내 공급량

(단위 : 천 톤)

구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
BKP	345	392	312	279	254

* 금융감독원 전자공시시스템 공시자료

3) 산정방법 개선방안

다른 간접 온실가스 배출량 산정 부문과 마찬가지로, 펄프 및 제지산업 부문도 현행 CRF 보고서에서 적용한 활동자료 물량 및 배출계수 값의 명확한 공시가 필요할 것이다. 2009년 CRF 보고서의 배출량 자료와 비교하여, 생산 사업체의 BKP 생산량 공시자료 및 1996 IPCC 지침서가 제시한 배출계수 값을 적용한 결과자료는 15%p~16%p 차이가 발생하고 있는 것으로 나타났다.¹¹¹⁾

또한, 활동자료 수집과 관련한 3가지 적용방법 중 광업제조업동향조사를 이용하는 방법으로서의 전환도 필요하다. 사업체의 생산량 실적자료는 정정하여 공시하는 사례가 잦은데, 광업제조업동향조사는 경상 작업과정에서 매년 정기적으로 과거 물량 자료의 보정작업¹¹²⁾을 실시하고 있으므로, 보다 엄격한 품질관리가 수행된다고 볼 수 있기 때문이다. 장기적으로 전망하는 경우에도, 현행 조사범위인 BKP 이외에 SKP, UKP 생산 사업체가 출현할 수도 있는데, 상황변화에 유연하게 대처하기 위해서도 방법론의 변경은 필요하다.

다. 음식료품 생산(2.D.2.)

1) 현행 배출량 산정 방법

음식료품 생산 부문은 세부적으로 알코올음료(Alcoholic Beverages)와 빵 및 기타 식료품(Bread Making & Other Food)으로 구분하여 간접 온실가스인 NMVOC 배출량을 산정한다. 알코올음료 부문에서는 원료인 곡물과 과일의 발효과정에서 NMVOC가 배출되며, 빵 및 기타 식료품 부문에서는 작물 수확과 가축 도축 이후의 모든 식료품 제조과정에서 NMVOC가 배출된다. 발효작업이 발생하지 않는 음료와 담배 제조업은 산정에서 제외한다.

1996 IPCC 지침서는 알코올음료 8종과 빵 및 기타 식료품 7종에 대한 배출계수를 제공하고 있는데, 알코올음료는 와인 3종, 맥주, 위스키 2종 등으로 세분되고 있으며, 기타 식료품은 유류·생선류·가금류, 설탕류, 마가린 등 요리용 유지류, 빵, 케이크·비스킷·시리얼, 사료, 커피 등으로 세분되고 있다. 산정방법과 관련해서는 특별한 설명 제시가 없으므로, 활동자료 단위에 배출계수 값을 곱하는 일반적인 방법을 적용한다. 활동

111) NIR 및 KOSTAT간의 간접 온실가스 종류별 배출량은 NMVOC, SO₂ 및 CO, NO_x 순으로 차이가 큰 것으로 파악되었다.

112) 보정작업은 매년 2월~3월에 실시하며, 최근 2년간의 품목별 사업체별 실적자료 변경 내용을 반영하고 있다.



자료는 광업제조업동향조사의 마가린, 주정, 맥주, 설탕 생산량 자료를 적용하고 있다. 관련 조사로는 광업제조업동향조사에서 1990년 이후부터 음식료품 관련 품목을 조사하고 있다.

< 음식료품 생산 부문 NMVOC 온실가스 배출량 산정식 >

- ▶ 배출량 = 배출계수 × 음식료품 생산량 - 감축량
- ▶ 배출량 : t NMVOC
- ▶ 배출계수 : t NMVOC/t 음식료품 생산량
- ▶ 활동자료 : 음식료품 생산량 (t)
- ▶ 감축량 : t NMVOC

<표 1-62> 알코올음료 NMVOC 배출계수

부 문	배출계수(Kg NMVOC/100 ℓ Products)							
	와인	적포도주	백포도주	맥주	증류주	Malt 위스키	Grain 위스키	Brandy
알코올음료	0.08	0.08	0.035	0.035	15	15	7.5	3.5

<표 1-63> 빵 및 기타 식료품 NMVOC 배출계수

부 문	배출계수(Kg NMVOC/t Products)						
	육류/생선/가금	설탕	마가린 및 요리용 고체 유지	케이크, 비스킷, 시리얼	빵	사료	볶은 커피
식료품	0.3	10	10	1	8	1	0.55

2) 산정방법 문제점

1996 IPCC 지침서에서 제시한 음식료품 생산 부문의 간접 온실가스 배출량 산정은 담배, 식물에서 추출한 기름을 제외한 모든 음식료품이 대상이 되는 방대한 규모이다.

국내 조사현황을 살펴보면, 2009년 기준으로 광업제조업조사가 206개, 광업제조업동향조사가 64개 품목을 조사하고 있다. 게다가, 광업제조업조사는 금액 자료만 조사되는 품목이 173개에 이르러, 대부분의 품목을 물량 자료로는 조사하고 있지 않다. 또한, 광업제조업동향조사는 대부분의 품목에서 물량 및 금액 자료를 모두 조사하고는 있으나, 부피(l , kl) 및 무게(M/T, kg) 단위 등이 혼재하고 있어 온실가스 배출량 산정에 적용하기 위해서는 복잡한 환산과정을 거쳐야 되는 문제가 있다. 이런 현상은 특히, 식료품 부문에서 심각한데, 많은 품목들이 규격화된 무게 단위의 기초 통계자료가 부재하므로 배출량 산정작업이 난항을 겪을 수밖에 없으며, 불가피하게 특정 표본 품목들의 단가자료를 기준으로 추정작업을 병행하여 산정해야 할 것으로 보인다.

또한, 1996 IPCC 지침서가 제시하는 배출계수 값도 Annex 1 국가군의 음식료품 문화에 기반하여 제공되고 있으므로, 국내 적용에는 누락된 부분이 많은 것이 사실이다. 따라서, 배출량 산정을 위한 개별 국가의 고유 음식료품 생산 품목에 대한 재분류 작업이 선행되어야 할 것이다. 알코올음료 부문의 탁주, 약주, 청주, 맥아, 복분자주, 기타 발효주, 주정, 희석식 소주, 매실주 등과 식료품 부문의 수산동물 가공 및 저장 처리업(C1021), 수산식물 가공 및 저장 처리업(C1022), 과일, 채소 가공 및 저장 처리업(C103), 낙농제품 및 식용빙과류 제조업(C105), 떡류 제조업(C10711), 면류, 마카로니 및 유사식품 제조업(C1073), 조미료 및 식품 첨가물 제조업(C1074), 기타 식료품 제조업(C1079), 기타 비알콜음료 제조업(C11209) 등이 이런 문제 상황에 해당되는데, 원재료 및 제조공정 수준 등을 고려한 재분류 작업이 필요할 것이다.

3) 산정방법 개선방안

기타 생산 부문의 하위 부문인 음식료품 생산은 간접 온실가스 배출량으로만 구성되어 있으며, 1996 및 2006 IPCC 지침서에서 충분한 작성방법이 제공되지 않는다. 반면, 지침서에서 요구하는 활동자료 영역 범위는 대단히 넓으며, 물량단위의 자료 확보에도 한계가 있는 것으로 파악되었다. 이런 사정을 고려하여, 음식료품 생산 부문은 다른 부문과 동일한 수준으로 배출량을 산정할 수는 없을 것으로 보이며, 향후 추가적인 GPG 제공과 함께 작성 수준을 높여 가는 것이 타당할 것으로 파악되며, 현 단계에서는 단기간에 가능한 수준에서 개선방안을 검토하고자 하였다.



〈표 1-64〉 광업제조업동향조사 및 광업제조업조사 알코올 조사 품목

품목명칭	품목부호	조사 단위	조사 범위	배출계수 분류	포괄범위
	광업제조업동향조사 (광업제조업조사)				
탁주	07300 (11111 101)	kl	전수	와인	
약주	07400 (11111 102)	kl	전수	와인	민속주 포함
청주	07500 (11112 100)	kl	전수	와인	합성 청주 포함
맥아	07609 (11113 101)	ton	지역	맥주	
맥주	07700 (11113 102)	kl	전수	맥주	
포도주	07809 (11119 101)	kl	지역	와인	포도원액 제외
복분자주	07900 (11119 102)	kl	전수	와인	복분자 와인 포함
기타 발효주	(11119 109)	-	전수	와인	
주정	08000 (11121 100)	kl	전수	증류주	주류용 주정만 포함
소주	08100 (11122 100)	kl	전수	증류주	희석식, 증류식 포함
위스키	08200 (11129 101)	kl	전수	Grain 위스키	
매실주	08309 (11129 102)	kl	지역	와인	
기타 증류주	(11129 109)	-	전수	Grain 위스키	

알코올음료와 식료품으로 구분하여 개선방안을 살펴볼 수 있는데, 우선적으로 알코올음료부문은 품목 구성이 간단하여 개선방안 모색이 상대적으로 용이한 것으로 나타났다. 배출계수 적용을 위해 국내에서 생산되는 알코올음료를 발효주¹¹³⁾와 증류주¹¹⁴⁾로

113) 발효주(양조주)는 탁주, 약주, 청주, 맥주 등 곡류를 원료로 당화시켜서 발효시킨 술과 포도, 사과 등 당분이 있는 것을 그대로 발효시켜 만든 술을 말한다. 알코올 함량은 1%~18%로 낮다

114) 양조주보다 순도 높은 주정을 얻기 위해 1차 발효된 양조주를 다시 증류시켜 알코올 도수를 높인 술을 말하며, 증류는 알코올과 물의 끓는점의 차이를 이용하여 고농도 알코올을 얻어내는 과정이다. 위스키, 브랜디(Brandy), 진(Gin), 럼(Rum), 보드카(Vodka) 등의 술이 있다.

재구분하였으며, 발효주는 와인과 맥주로 구분하고, 증류주는 Grain 위스키¹¹⁵⁾와 일반 증류주로 구분하여 재분류하였다. 와인은 세분 자료가 부족하여 적포도주로 단일화하여 적용하였고, 위스키와 기타 증류주는 국내에서 곡물 원료로 생산되는 경우가 대부분이므로, Grain 위스키만으로 적용하였다.

이런 연결작업을 통해 광업제조업동향조사에서 전수품목으로 조사하고 있는 발효주(탁주, 약주, 청주, 맥주, 복분자주), 증류주(주정, 소주, 위스키)는 물량자료를 파악할 수 있다. 맥아, 포도주, 매실주¹¹⁶⁾는 광업제조업동향조사에서 지역품목으로 조사한 단가자료¹¹⁷⁾를 활용하여 광업제조업조사의 금액자료를 환산하여 적용할 수 있을 것이다. 기타 발효주 및 기타 증류주는 발효주 및 증류주 평균 단가자료를 활용하여 광업제조업조사의 금액자료를 환산하여 적용이 가능할 것으로 파악된다. 식료품 부문은 품목 구성이 대단히 많고(광업제조업조사 193개, 광업제조업동향조사 53개) 복잡하여 배출량 산정을 위한 개선방안 모색이 상대적으로 어렵다. IPCC 지침서에서 식료품은 가축 도축 및 작물 수확 이후 단계에서 파악하도록 제시하고 있으며, 식물성 유지 및 담배 생산은 제외하도록 규정하고 있으므로, 전체 구성 품목 중 도축업, 식물성 유지 제조업, 담배 제조업을 제외하였으며, 얼음제조업 및 생수 생산업은 온실가스 배출량과 관계없는 것으로 간주하여 제외하였다.

식료품 부문의 온실가스 배출량 산정은 배출계수가 제시되는 영역으로의 재분류 작업과 관련 물량자료 확보가 선결되어야 가능한데, 개선방안으로는 배출계수와 연결된 부문별로 광업제조업조사의 생산액을 기준으로 광업제조업동향조사의 관련 대표품목별 단가자료를 활용하여 물량화 하는 방법을 검토하였다(예시 : 10121 가금류 가공 및 저장처리업 생산액(845,405백만 원) ÷ 햄 및 소시지 ton당 단가 = 가금류 가공 및 저장처리업 ton 기준 물량)

115) Grain 위스키는 곡물로 만든 위스키를 말하며, 맥아를 이용하여 옥수수, 호밀 등을 당화시킨 후, 알코올을 연속적으로 증류하여 만든 위스키를 말한다. 한편, Malt 위스키는 100% 맥아만을 증류하여 만든 위스키를 말하며, 단일 증류소에서 만든 고급 Malt 위스키를 Single Malt 위스키로 구분한다. Brandy 위스키는 일반적으로 포도주를 증류하여 만들 것을 말하는데, 넓게는 다른 과일주를 증류한 것도 포함시키는 경우가 있다.

116) 맥아, 포도주, 매실주는 원료의 주산지에서 대부분이 제조되고 있으며, 작물 재배의 지역 특화도가 높으므로 사실상 전수품목으로 간주해도 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

117) 광업제조업동향조사는 물량자료를 기초로 각종 지수자료를 작성하고 있으나, 대부분의 품목에서 보편적으로 사업체별 품목별 금액자료를 병행하여 조사하고 있다.



〈표 1-65〉 음식료품 배출계수 부문 및 조사품목 연계표

배출계수 부문	광업제조업조사			광업제조업동향조사 대표 품목	
	산업 분류	산업명칭	생산액 (백만 원)	품목 부호	품목 명칭
육류/생선/ 가금	10121	가금류 가공 및 저장 처리업	845,405	01300	햄
	10129	기타 육류 가공 및 저장 처리업	4,086,581	01400	소시지
	1021	수산동물 가공 및 저장 처리업	2,846,859	01500	어육 연제품
	1022	수산식물 가공 및 저장 처리업	639,866	02000	가공 해조류
	103	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	1,969,578	02100	김치
설탕	1072	설탕 제조업	1,155,922	04800	정당
마가린, 요리용 유지	10401	동물성 유지 제조업	257,664	02800 02900	마가린 쇼트닝
	10403	식용 정제유 및 가공유 제조업 (마가린(104), 쇼트닝(105)만 포함)	201,805		
	105	낙농제품 및 식용빙과류 제조업	6,615,734	03100	시유
케이크, 비스킷, 시리얼	106	곡물가공품, 전분 및 전분제품 제조업	5,147,825	03900	시리얼
	10711	떡류 제조업	221,398	04400	빵 및 케이크
	10712	케이크(105)	234,717		
	10713	코코아 제품 및 과자류 제조업	2,550,278	04500	건과자 및 스낵류
	1073	면류, 마카로니 및 유사식품 제조업	2,162,108	05000	라면류
	1074	조미료 및 식품 첨가물 제조업	3,530,759	05100	화학조미료
	1079	기타 식료품 제조업 (커피(1) 및 차류(2) 제외)	3,947,037	07000	레토르트 식품
	11209	기타 비알코올음료 제조업	3,024,168	08500	탄산음료
빵	10712	빵류 제조업(케이크 제외)	1,325,864	04400	빵 및 케익
사료	108	동물용 사료 및 조제식품 제조업	8,174,384	07200	배합사료
볶은 커피	10791	커피 가공업	898,294	06200	커피
	10792	차류 가공업	340,240	06300	가공과
*기타	1011(도축업), 10402(식물성 유지 제조업), 10403(식용 정제유 및 가공유 제조업), 10121(얼음제조업), 10122(생수 생산업), 12(담배 제조업)				

*기타 부문은 배출량 산정에서 제외

제5절 결론

1. 개선결과 요약

가. 자료 수집체계 개선결과

현행 산업공정 부문 활동자료 수집체계의 문제점을 보완하기 위해, 세부 통계자료를 제공하는 관련 조사현황들을 검토하였으나, 활동자료 수준으로 기초 통계자료가 시계열적으로 구축되고 관리되는 경우는 극히 제한적인 것으로 나타났다. 결과적으로 활동자료 수집체계 개선을 위한 대안은 물량자료 확보가 가능하고, NNGI 통계의 세부 부문을 아우를 수 있는 수준으로 작성되고 있는 통계청 광업제조업동향조사가 중심이 되는 방안이 가장 유력한 것으로 파악되었다. 물론, 광업제조업동향조사가 모든 부문의 필요 통계자료를 완벽하게 제공할 수는 없으므로, 활동자료 성격상 최종 소비재로 구성된 경우에는 광업제조업조사의 역할도 부분적으로 필요하였고, 국내 통계조사에서 미개척 영역인 소비량 자료는 관세청 무역통계의 도움도 필요한 것으로 나타났다.

자료 수집체계 개선은 국가 공식 승인통계를 이용하는 방향으로 전환을 가져오므로 국제 비교성을 제고할 수 있으며, 일관성 있고 정확성 및 완전성 높은 고품질 자료 제공을 가능하게 하는 등 많은 긍정적인 효과를 가져올 것으로 기대된다. 또한, 2015년 이후에는 보다 세부적인 작성지침으로 구성된 2006 IPCC 지침서 체계로의 전환이 예고되고 있는데, 광업제조업동향조사를 주관하는 통계청은 제조업 생산능력 및 가동률 조사도 병행하고 있으므로 제조공정 및 설비시설 관련 자료의 확보도 어렵지 않을 것으로 이해된다.

연구 진행 이후, 4개 중분류 부문별 자료 수집체계 검토 결과에 따르면, 대부분의 활동자료는 광업제조업동향조사에서 파악이 가능한 것으로 나타났으나, 아스팔트 루핑, 글리옥살, 글리옥살산, 마그네슘·연·아연 2차 정련품, 음료료품 생산 부문에서는 광업제조업조사에서 활동자료를 수집하는 것이 타당한 것으로 파악되었다. 예외적으로 철강 생산 부문의 조강 생산량 자료는 한국철강협회의 철강통계에서 확보하는 것이 합리적인 것으로 확인되었으며, 석회석 및 백운석 소비량은 광산물생산량현황조사를 통해서도 작성 가능한 것으로 파악되었다.



〈표 1-66〉 부문별 활동자료 수집체계 개선결과

구분	세부 부문	활동 자료	현행 수집체계	개선 수집체계	
광 물 생 산	시멘트 생산	클링커 생산량	한국시멘트협회	광업제조업동향조사	
	석회 생산	생석회, 고토석회, 수경성 석회 생산량	한국석회석가공업 협동조합		
	석회석 및 백운석 소비	석회석, 백운석 소비량	한국철강협회	광업제조업동향조사, 광산물생산량현황	
	소다회 생산 및 소비	소다회 수입량, 수출량	무역통계	광업제조업동향조사, 무역통계	
	아스팔트 루핑 생산	아스팔트 성형제품 생산량	-	광업제조업조사	
	포장용 아스팔트 생산	아스팔트 생산량, 소비량	에너지경제연구원	광업제조업동향조사	
	기타생산(유리)	유리 생산량	광업제조업동향조사		
	2006 신규	세라믹	석회석, 백운석 소비량	-	광업제조업동향조사, 광산물생산량현황
		산화마그네슘	마그네사이트 소비량	-	광업제조업동향조사
	화 학 산 업	암모니아 생산	암모니아, 요소 생산량	사업체 직접 제공	광업제조업동향조사
질산 생산		질산 생산량			
아디프산 생산		아디프산 생산량			
카바이드 드생산		실리콘 카바이드	카바이드 생산량, 소비량	-	광업제조업동향조사 + 무역통계
		칼슘 카바이드			
기타 생산		카본블랙	카본블랙 생산량	한국석유화학공업 협회	광업제조업동향조사
		에틸렌	에틸렌 생산량		
		염화에틸렌	염화에틸렌 생산량		
		스티렌	스티렌 생산량	-	
		메탄올	메탄올 생산량	-	
		코크스	NO	-	
		기타	ABS 수지 외 10종	-	
2006 신규		카프로락탐	카프로락탐 생산량	-	광업제조업동향조사
		글리옥살	글리옥살 생산량	-	광업제조업조사, 무역통계
	글리옥살산	글리옥살산 생산량	-		
	산화에틸렌	산화에틸렌 생산량	-	광업제조업동향조사	
	이산화티타늄	이산화티타늄 생산량	-		
	아크릴로니트릴	아크릴로니트릴 생산량	-		

구분	세부 부문		활동 자료	현행 수집체계	개선 수집체계
금속 생 산	철강 생산	강	IE (환원제인 전극봉 소비량)	(무역통계)	한국철강협회
		선철			광업제조업동향조사
		소결물			
		코크스			
		기타			
	합금철 생산				
	알루미늄 생산		NO	-	-
	기타 금속 생산		-	-	-
	2006 신규	마그네슘(1차)	마그네슘 제련품 생산량	-	광업제조업동향조사
		마그네슘(2차)	마그네슘 정련품 생산량		광업제조업조사
연(1차)		연 제련품 생산량	광업제조업동향조사		
연(2차)		연 정련품 생산량	광업제조업조사		
아연(1차)		아연 제련품 생산량	광업제조업동향조사		
아연(2차)		아연 정련품 생산량	광업제조업조사		
기 타 생 산	펄프 및 제지 생산	펄프 생산량	한국제지공업 협동조합	광업제조업동향조사	
	음식료품 생산	알코올음료, 식료품 생산량 (담배, 식물성 유지제외)	광업제조업동향조사	광업제조업동향조사, 광업제조업조사	

나. 기초 통계자료 개선결과

국내 NNGI 통계작성 연혁이 짧은 영향으로, 산업공정 부문의 기초 통계자료는 많은 개선이 필요한 것으로 나타났다. 먼저, IPCC 지침서와 관련 국내 해설서, 해외 작성 사례 등을 검토한 결과, 현행 MRV 지침서는 배출계수 적용 및 산정방법의 오류, 배출량 누락 부문들에 대한 다양한 문제점들이 있는 것으로 파악되었다. 또한, 자료 수집체계 개선을 염두에 두고, 세부 부문별로 활동자료 확보방안을 국가 승인통계 체계에서 검토한 결과, 현행 NIR 보고서 작성 수준을 유지 또는 향상시킬 수 있는 여러 가지 대안들이 도출되었다. 한편, 2006 IPCC 지침서에서 추가하고 있는 세부 부문은 활동자료 확보방안을 중심으로 검토하여, 2015년 이후로 예고된 개편작업에 대비하고자 하였다.



〈표 1-67〉 부문별 기초 통계자료 개선방안

구분	세부 부문	기초 통계자료 개선방안
광 물 생 산	시멘트 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 시멘트 클링커 품목으로 대체(1990년~) · 간접 온실가스인 SO₂ 배출량 추가 산정
	석회 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 석회 품목으로 대체(2010년~) ⇒ 2009년 이전 시계열 자료의 누락문제 해결 필요 · 생석회, 고토석회, 수경성석회로 세분 조사 필요 · 백운석은 고토석회로 변경하여 적용 · 포괄범위 및 산정식은 수경성 석회를 포함하여 재구성 · GPG 2000의 수정 배출계수 값을 적용
	석회석 및 백운석 소비	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 혹은 광산물생산량현황조사 생산량 자료로 대체(1990년~) · 대규모 누락 소비량(시멘트, 석회, 제철용도 제외) 자료 보완
	소다회 생산 및 소비	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 소다회 품목으로 대체(1990년~2004년)
	아스팔트 루핑 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업조사 아스팔트 성형제품으로 대체(1990년~) ⇒ 금액자료의 물량 단위 환산작업 필요
	포장용 아스팔트 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 석유 아스팔트 품목으로 대체(1990년~) ⇒ 컷백 아스팔트 및 유화 아스팔트 세분 조사 필요
	기타생산(유리)	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 11종과 배출계수 연계표 작성 · 광업제조업동향조사 11종 유리 품목으로 대체(1990년~) ⇒ M/T 단위 이외 조사품목의 조사단위 변경 필요
2006 신규	세라믹	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 혹은 광산물생산량현황조사 내수량 자료로 산정
	산화마그네슘	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 부정형 내화물 품목을 세분하여 산정 ⇒ 마그네시아 분말 및 클링커 세분 조사 필요
화 학 산 업	암모니아 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 암모니아 품목으로 대체(1995년~1999년) ⇒ 암모니아 품목의 신규 조사 필요 ⇒ 연관 생산하는 요소 품목 신규 조사 필요 · MRV 지침서, NIR 보고서에서도 요소 생산량 파악 · 연료재의 원료용 전환 사용과 에너지 부문과의 중복계산 방지
	질산 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 질산 품목으로 대체(1990년~) ⇒ 질산 생산량 100%로 환산 조사 필요 · MRV 지침서에서 질산 농도 기준 설정 · 생성계수, 분해계수, 이용계수를 적용한 산정식으로 대체 · 현행 적용 중인 배출계수 값 수준 분석 및 조정

구분	세부 부문	기초 통계자료 개선방안	
화학 산업	아디프산 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 아디프산 품목으로 대체(2005년~) ⇨ 2004년 이전 시계열 자료의 누락문제 해결 필요 · 생성계수, 분해계수, 이용계수를 적용한 산정식으로 대체 · 저감시설을 통한 100% 감축량 가정에 대한 재계산 	
	카바이드 생산	실라콘 카바이드	<ul style="list-style-type: none"> · 적용 중인 CH₄ 배출계수의 비일관성 보완 OR 산정식 수정
		칼슘 카바이드	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 카바이드 품목으로 대체(1990년~2004년) ⇨ 1995년~1998년 시계열 자료의 누락문제 해결 필요 · NIR에서 누락된 1990년~1994년 자료의 보완 · 소비량 자료의 누락된 배출량 산정
	기타 생산	카본블랙	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 카본블랙 품목으로 대체(1990년~)
		에틸렌	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 에틸렌 품목으로 대체(1990년~)
		염화에틸렌	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 염화에틸렌 품목으로 대체(1995년~) ⇨ 1990년~1994년 시계열 자료의 누락문제 해결 필요
		스티렌	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 스티렌모너머 품목으로 대체(1990년~)
		메탄올	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 메탄올 품목을 신규 적용(2011년~) ⇨ 1990년~2010년 시계열 자료의 누락문제 해결 필요 · 적용 중인 배출계수 단위의 비일관성 보완
		코크스	<ul style="list-style-type: none"> · 개선 적용사항 없음
		기타	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 품목으로 대체 ⇨ (대체 품목) 아크릴로니트릴, ABS 수지, 무수프탈산, 폴리프로필렌, 폴리스틸렌, 폴리에틸렌, 폴리비닐클로라이드 ⇨ (품목 신설) 에틸벤젠 ⇨ (품목 세분) 폴리에틸렌 저밀도 및 중밀도 ⇨ (전국품목으로 확대) 황산 ⇨ 황산은 1990년~1999년 시계열 자료의 누락문제 해결 필요 · 광업제조업조사에서 포름알데히드, 이산화티타늄 품목 세분 · NMVOC 배출량의 지나친 과소 산정 방지
	2006 신규	카프로락탐	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 스티렌모너머 품목으로 대체(1990년~)
		글리옥살	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업조사에서 글리옥살 신설과 순수입액 자료 활용
		글리옥살산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업조사에서 글리옥살산 신설과 순수입액 자료 활용
		산화에틸렌	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 산화에틸렌 품목 신설
		이산화티타늄	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 이산화티타늄 품목 신설
		아크릴로니트릴	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 아크릴로니트릴 품목으로 대체(1990년~)



구분	세부 부문	기초 통계자료 개선방안	
금속	철강 생산	강	<ul style="list-style-type: none"> · 전기로 강철 세부 부문은 강(철) 세부 부문에서 포괄 산정 · 노용의 탄소전극봉 소비량은 탄소전극 소비량으로 변경 · 탄소전극 통계 인용 출처는 관세청 무역통계로 변경 · 전로공정의 CO₂ 배출량은 한국철강협회 전로 조강 물량을 적용 <ul style="list-style-type: none"> ⇨ CO₂ 배출량의 대규모 물량 누락(국가 CO₂ 배출량의 8.9%) · COREX, FINEX 공법을 통한 감축량 산정
		선철	· 광업제조업동향조사 선철 품목으로 대체(1990년~)
		소결물	· 광업제조업동향조사 선철 품목에 환산계수를 적용
		코크스	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 코크스 품목으로 대체(1990년~) · 코크스 생산업체는 자가소비 부문을 환원계 소비량으로 적용 · CO₂ 배출량 대규모 누락을 개선(국가 CO₂ 배출량의 5.6%)
		기타	· 개선 적용사항 없음
	생산	합금철 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 노용의 탄소전극봉 소비량은 탄소전극 소비량으로 변경 · 탄소전극 통계 인용 출처는 관세청 무역통계로 변경 · 광업제조업동향조사 합금철 품목으로 대체(1990년~) <ul style="list-style-type: none"> ⇨ 규소철(50%, 75%, 90%), 마그네슘철, 규소 마그네슘철, 크롬철로 세분
		알루미늄 생산	· 개선 적용사항 없음(국내 1차 알루미늄 생산업체가 없음)
		기타 금속 생산	· 개선 적용사항 없음
	2006 신규	마그네슘(1차)	· 광업제조업동향조사에서 마그네슘피 품목 신설(2012년~)
		마그네슘(2차)	· 광업제조업조사에서 2차 정련품목 신설
연(1차)		· 광업제조업동향조사 연피 품목으로 대체(1990년~)	
연(2차)		· 광업제조업조사 2차 정련품 생산액에서 물량 환산	
아연(1차)		· 광업제조업동향조사 아연피 품목으로 대체(1990년~)	
아연(2차)		· 광업제조업조사 2차 정련품 생산액에서 물량 환산	
기타	펄프 및 제지 생산	<ul style="list-style-type: none"> · 광업제조업동향조사 펄프 품목을 세분 적용 <ul style="list-style-type: none"> ⇨ 펄프를 기계펄프와 황산염 및 아황산염 펄프로 세분 	
	음식료품 생산	알코올 음료	<ul style="list-style-type: none"> · 배출계수와 광업제조업동향조사· 광업제조업조사 연계표 작성 <ul style="list-style-type: none"> ⇨ (전국품목으로 확대) 포도주, 매실주, 맥아 ⇨ 기타 증류주 및 발효주는 생산액을 물량자료로 전환하여 적용 · 발효주와 증류주로 구분하여 배출계수 값 적용
식료품		<ul style="list-style-type: none"> · 배출계수와 광업제조업동향조사· 광업제조업조사 연계표 작성 <ul style="list-style-type: none"> ⇨ 산업분류를 기본으로 연계하되 필수 품목을 포함하여 작성 ⇨ 생산액 자료를 관련 대표품목 단가자료로 환산하여 적용 	

2. 시계열 일관성 유지

가. 재계산 및 자료 간격(Data Gaps) 발생

NGGI 통계의 시계열 자료는 온실가스 배출량의 역사적 배출 추세에 대한 기본 정보를 제공하며, 배출량 감소를 위한 국가전략의 영향력도 파악할 수 있으므로, 통계작성의 핵심적인 요소라고 IPCC는 밝히고 있다. 특히, 연도별 시계열 자료 산정의 일관성을 요구하고 있으며, 가능한 모든 연도에서 동일한 방법론 및 통계자료를 이용하여 시계열 자료가 작성될 것을 권고하고 있다. 한편, IPCC는 NGGI 통계 산정과정에서 작성수준(Tier)의 변경, 관련 기초 통계자료의 개선, 새로운 부문의 추가 등에 의한 시계열 자료의 재계산과 변경도 긍정하고 있는데, ① 이용 가능한 기초자료의 변화, ② 기존 산정방법의 오류 수정, ③ 신규 주요 배출원(Key Category)의 등장, ④ 작성방법의 투명성 강화, ⑤ 통계 생산역량 강화와 작성수준 향상, ⑥ 신기술 등장에 따르는 작성체계 변경 등의 경우에는 시계열 자료의 변경이 필요한 것으로 권고하고 있다.

이와 같은 작성체계 및 기초 통계자료의 변경 과정에서는 시계열 자료의 전면적인 재계산 및 자료 간격(Data Gaps) 문제가 발생할 수 있는데, 이번 과제 수행을 통해서도 현행 활동자료의 전면적인 재계산이 필요한 부문이 10개, 자료 간격이 발생한 부문이 6개가 있는 것으로 나타났다.

〈표 1-68〉 부문별 시계열 자료 변경 현황

전면 재계산 발생 부문	자료 간격(Data Gaps) 발생 부문	
	자료 간격 발생 부문	자료 간격 발생 연도
시멘트 생산	석회생산	1990년~2009년
석회석 및 백운석 소비	암모니아 생산	1990년~1994년, 2000년~
소다회 생산 및 소비	아디프산 생산	1990년~2004년
아스팔트 루핑 생산	칼슘카바이드 생산	1995년~1999년
포장용 아스팔트 생산	염화에틸렌 생산	1990년~1994년
유리생산	메탄올	1990년~2009년
질산생산		
카본블랙 생산		
에틸렌 생산		
스티렌 생산		



나. 자료 간격과 접합기법(Splicing Technique)

자료 수집체계 변경 및 기초 통계자료 개선작업으로 발생한 전면적인 재계산 문제는 NGGI 통계의 전체 시계열 자료(1990년~2009년)를 대체하는 것이므로 자료 간격의 문제는 발생하지 않는다. 이와 같은 전면적인 재계산에 의한 시계열 자료의 변경은 IPCC가 권고한 「이용 가능한 기초자료의 변화, 작성방법의 투명성 강화, 통계 생산역량 강화로 인한 작성수준 향상, 기존 산정방법의 오류 수정」 등의 사유에 해당되므로 재계산을 통해 NGGI 통계의 시계열 자료를 대체하는 것은 적절하다고 할 수 있다.

반면, 기존 시계열 자료의 부분 대체로 발생한 자료 간격은 시계열 자료의 일관성에 심각한 영향을 가져오므로, 다양한 접합기법(Splicing Technique)을 적용하여 완화시키는 노력이 반드시 필요하다. IPCC 지침서는 자료 접합기법으로 중첩(Overlap)법, 대체자료(Surrogate Data)법, 보간법(Interpolation), 추세외삽법(Trend extrapolation)을 예시하고 있다.

중첩법은 신·구 자료 사이에 일관적인 관계가 존재한다는 가정을 전제하고 있으며, 신규 자료를 직접 이용할 수 없는 연도들의 배출량은 신·구 자료의 중첩기간 동안 관찰된 관계를 이용하여, 과거 자료들을 비례적으로 수정하는 방법을 말한다.

< 중첩법을 적용한 배출량 산정 >

$$y_0 = x_0 \times \left(\frac{1}{(n - m + 1)} \right) \times \sum_{i=m}^n \frac{y_i}{x_i}$$

- ▶ y_0 = 중첩법을 적용해 재계산한 배출량
- ▶ x_0 = 중첩법 적용 이전의 과거자료 배출량
- ▶ x_i, y_i = 중첩기간인 m 연도부터 n 연도까지의 신(y_i)·구(x_i) 자료 배출량

대체자료법은 재계산이 필요한 자료의 시간적인 변화를 설명할 수 있는 관련 통계자료를 이용하여 대체 입력변수를 개발하고 그 비율 값을 적용하는 방법을 말한다. 입력변수는 회귀분석(Regression Analysis) 등을 이용하여 하나 이상을 선택하여 적용한다. 배출량과 대체 입력변수의 관계는 이동연소 배출량과 차량 운행 거리 통계, 가정용 폐수 배출량과 인구 통계, 산업공정 배출량과 생산량 통계 등의 사례로 이해할 수 있다.

< 대체자료법을 적용한 배출량 산정 >

$$y_0 = y_t \times \frac{s_0}{s_t}$$

- ▶ y_0 = 대체자료법을 적용해 재계산한 배출량
- ▶ y_t = 대체자료법 적용을 위한 기준 연도 배출량
- ▶ S_0, S_t = 0 연도와 t 연도의 대체 입력변수 값

보간법(補間法)은 내삽법(內插法)이라고도 하며, 시계열이 누락된 연도의 배출량을 자료가 수집된 연도의 배출량에 기초하여 추정하는 방법을 말한다. 추세 외삽법(外插法)은 과거 배출량 추세가 그대로 지속된다는 가정 아래, 과거의 추세선을 연장해서 배출량을 산정하는 방법을 말한다. 자료 간격이 발생한 부문과 관련되는 대체 입력변수의 파악이 가능하다면 보간법보다는 대체자료법을 적용하는 것이 더욱 적절한 방법일 것이며, 외삽법의 경우에도 대체자료의 추세를 반영하여 추세선을 적용하는 것이 타당한 배출량 산정방법이 될 것이다. 이상에서, IPCC 지침서를 근거로 자료 간격 해소를 위한 일반적인 접합기법들을 살펴보았으나, 실제 적용과정에서는 해당 부문의 산업적 특성과 생산기술의 변화 과정, 이용 가능한 대체자료의 존재 여부 등을 함께 검토하여 부문별로 독자적인 접합모형을 개발하는 것이 보다 필요할 것이다.

한편, 이번 과제에서 자료 간격이 발생한 6개 부문들은 자료 수집체계를 대체하는 과정에서 발생한 경우이므로, 이미 과거에 수집된 자료들이 직간접적인 대체자료로 존재하고 있다. 특히, 암모니아, 아디프산, 염화에틸렌은 신·구 자료의 중첩 연도간 수치 차이가 극히 미미한 것으로 파악되었다. 석회는 2010년부터 전수품목으로 포괄범위를 넓혀 조사하고 있으므로, 아직까지 중첩자료는 없으나, 2009년까지의 NIR 보고서 자료와 광업제조업동향조사의 과거 표본조사 자료들을 이용하면 대체자료법으로 산정할 수 있을 것이다. 칼슘 카바이드는 시계열 중간의 5개년 자료가 누락되고 있으며, 직접적으로 비교할 수 있는 자료는 없으나, 주된 소비처인 아세틸렌 생산량 자료에 근거하여 대체자료법을 적용하는 것이 가능할 것이다. 메탄올은 광업제조업동향조사에서 2011년 자료가 처음으로 조사되었으므로, 자료 접합이 가장 어려운 부문인데, 우선적으로는 파악된 생산 사업체를 대상으로 생산 개시 연도와 과거 자료(생산능력 규모 변경 상황 등)에 대한 추가적인 자료 확보작업이 선행되어야 할 것이다. 접합방법으로는 메탄올을 원료로 사용하는 포르말린, MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether), 빙초산, MMA(Methyl Methacrylate), 염료, 계면활성제 생산량 자료 등을 대체자료군으로 적용할 수 있을 것이다.



3. 관리체계 개선방안 및 발전 방향

가. 관리체계 개선방안

산업공정 부문의 자료 수집체계는 국가 공식 승인통계인 광업제조업동향조사, 광업제조업조사, 철강통계, 무역통계, 광산물생산량현황조사를 이용하여 작성체계 대체가 가능한 것으로 파악되었다. 또한, 생산 통계의 완전성과 정확성, 국제 비교성 측면에서, 대체 적용방법이 현행 작성체계보다 더욱 우수한 것으로도 확인되었다. 다만, 작성체계 전환을 위해 제안한 승인통계의 작성기관들은 고유의 조사목적を 가지고 각각의 통계를 생산하고 있으며, NGGI 통계와의 관련성을 제대로 이해하지 못하고 있다. 이번 과제 수행을 위한 실태조사가 실시되기 이전까지는 법정 협의기관인 통계청에서도 이에 대한 인식과 관심이 낮았으며, NGGI 통계의 기초자료로 사용될 수 있는 소중한 자료들이 사장되고 있었다고 말할 수 있다.

이와 같이, 자료 수집체계의 대체 적용은 산업공정 부문 NGGI 통계의 관리체계 개선도 필요한 것으로 판단된다. 현재까지는 통계청 통계개발원에서 2명의 업무 담당자가 NGGI 통계의 법정 협의업무를 수행하고 있으나, 업무범위가 에너지, 산업공정, 농업, 폐기물, LULUCF 등의 5개 대분류 부문 전체를 포괄하고 있으므로, 전문적인 업무 역량을 계발하고, 지속적으로 통계를 관리하며 개선작업을 진행할 수는 없는 상황이다. 또한, NGGI 통계에서 요구하는 높은 업무 전문성은 활동자료로 사용되는 기초 통계자료에 대한 깊이 있는 지식과 이해도가 바탕이 되어야 하며, 이번 과제 수행 이후에도 2006 IPCC 지침서 체계로의 개편작업 과정에서 산업공정 하위 부문별 추가적인 기초자료의 보완과 개선 작업들이 진행되어야 하는데, 작업과정에서 통계생산 부서의 역할이 더욱 중요하게 떠오르고 있다.

NGGI 통계의 관리체계 개선을 위해서는 기초통계 자료의 생산을 담당하게 될 통계청 경제통계국에 통계 작성을 위한 전문 조직 및 인력의 확보가 반드시 필요한 것으로 판단된다. 이와 관련하여 산업공정 부문과 관계된 기관의 인력 규모를 비교해 보면, 총괄기관인 GIR은 10명, 산업공정 산정기관인 에너지관리공단은 9명, 지자체 온실가스 인벤토리 위탁관리기관인 환경관리공단은 13명의 담당자가 업무를 분담하고 있는 것으로 파악되었다. 에너지관리공단과 환경관리공단은 업무 영역을 산업 부문별로 구분하여 소개하지 않고 있어, 전체 인력 규모로만 비교가 가능한 것으로 나타났으나, GIR은 산업공정 부문을 세분화한 담당 인력으로 소개하고 있어, 통계청의 향후 소요 인력 규모에 대한 비교 기준으로써 검토될 수 있을 것이다. 산업공정 부문 작성체계의 대체와 전문성

있는 통계자료 수집·관리를 위해서는 이들 3개 기관의 인력 규모를 참고하여, 비철금속산업, 석유화학산업, 금속산업 부문으로 구분한 최소 4명(총괄 관리자 포함)의 담당 전문인력은 확보되어야 할 것으로 판단된다. 통계청 경제통계국에 관련 팀이 신설된다면, 통계개발원은 법정 협의기관으로써의 총괄 역할을 수행하면서, 폐기물과 에너지 부문을 담당하는 형태로 전문화 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다¹¹⁸⁾.

〈표 1-69〉 산업공정 부문 관계기관 인력 투입 규모

구분	온실가스종합정보센터	에너지관리공단	환경관리공단
전체 조직	· 정보관리팀(11명) · 감축목표팀(17명)	· 정책정보실(18명)	· 온실가스관리팀(15명) · 온실가스정책팀(16명) · 온실가스목표팀(27명)
	10명(가. ~ 차.) ¹¹⁹⁾	9명(1. ~ 9.)	13명(A. ~ M.) ¹²⁰⁾
산업공정 부문 담당 업무	가. 산업공정 검증 나. 석유 화학 다. 철강, 제지 라. 석유화학, 반도체 마. 철강 바. 정유, 섬유 사. 산업, 디스플레이 아. 시멘트, 비철금속 자. 섬유, 석유화학 차. 식료품, 유리요업	1. 통계 관리 2. 정책 관리 3. 정책 동향/이슈 조사 4. 정책 지원 5. 정보시스템 운영 6. 기술 DB 구축 7. 배출계수 8. 인벤토리 통계 9. 감축 잠재량 분석	A.~M. 지자체 온실가스 인벤토리 구축 * (온실가스관리팀) 폐기물 부문 담당 * (온실가스정책팀) 지자체 온실가스 인벤토리 담당

118) 농업과 LULUCF 부문은 2006 IPCC 지침서에서 AFOLU(Agriculture, Forestry and Other Land Use)로 통합되어 운영될 것으로 예상되는데, 통계청은 농업 및 임업 부문 기초 통계자료 생산에서도 주요한 역할을 담당하고 있으므로, 통계청 사회통계국에 NNGI 통계를 전문적으로 담당하는 인력 2명은 최소한으로 필요하다. 인력 충원과 관련하여 다른 접근방법으로는 통계청 조사관리국에 온실가스통계팀을 독립적으로 설치하여, 법정업무와 함께 통계생산 업무까지 병행하는 방법도 검토해 볼 수 있을 것이다.

119) 가~차의 구분은 GIR 홈페이지에서 소개하고 있는 담당자 개인별 업무 분장 내역을 정리한 것인데, 2010년 이후 실시한 통계청과의 합동 검증작업에서는 정보관리팀과 감축목표팀 담당자가 공동으로 참여하여 작업을 수행하였다.

120) 환경관리공단은 폐기물 부문 산정기관으로 선정되어 있는데, 해당 업무는 온실가스관리팀이 관련 통계 작성 작업을 담당하고 있으며, 환경부의 위탁사업으로 진행하고 있는 지자체 온실가스 인벤토리 구축사업은 온실가스정책팀에서 담당하고 있다.



나. 발전 방향

2012년에 통계청이 실시한 NGGI 관련 실태조사는 연간 사업계획에 포함되지 않은 상태에서 사전 준비 없이 진행되었으므로, 예산과 인력 확보 등에 어려움이 많았다. 이런 상황을 고려하여 필요 최소한의 부문을 대상으로 조사를 진행하였으나, 이를 통해 현행 작성체계 전반의 문제점을 파악할 수 있었으며, 앞으로의 부문별 개선사항들도 도출할 수 있었다. 이와 같은 2012년 실태조사의 성과를 바탕으로 2013년 이후에는 추가·보완적인 2차 실태조사가 진행될 필요가 있으며, 2006 IPCC 지침서 체계로의 전환작업을 위한 중장기적인 연구진행과 함께, 보다 정교하고 체계적인 자료수집을 위한 실태조사들이 계속적으로 병행되어야 할 것으로 판단된다. 이들 작업을 위해서는 앞서 논의한 것처럼, 무엇보다도 조직과 인력 보강 및 예산지원 등이 신속히 준비되어야 할 것인데, 이를 통해서 저탄소녹색성장기본법에 따라 수행하는 NGGI 통계생산을 위한 법정 협의업무의 효과적인 수행도 가능할 것으로 판단된다.

4. 결어

이번 연구과제는 2011년 하반기의 관계기관 합동회의에서 논의된 산업공정 부문 기초 통계자료 개선계획을 시작으로 진행되었으며, 2012년 상반기에 GIR이 국가통계 개선 수요과제로써 요청한 「기초 통계자료의 국가 승인통계 체계로의 편입 및 누락 부문에 대한 작성 방안 개발」을 중심으로 수행하였다. 이런 이유로, 연구의 주된 관심사는 자료 수집체계의 대체와 기초 통계자료의 개선작업을 중심으로 추진하였으나, 현행 MRV 지침서의 산정방법론 개선방안 연구, 주요 선진국가의 작성사례 연구도 IPCC 지침서 재검토 작업과 함께 병행하여 추진하였다. 또한, 연구성과 도출 및 실무적용 작업에 필수적이었던 실태조사도 실시하였는데, 어려운 여건에도 불구하고 경제통계국 산업동향과와 지방통계청의 적극적인 지원으로 성공적으로 수행되었다. 과제수행 결과, 광물생산부터 기타생산까지의 대부분 부문에서 국가 승인통계 체계의 대체 적용이 가능한 것으로 파악되었으며, 자료 누락 부문의 생산방안 및 기타 작성과정상 문제점들에 대한 개선방안들도 제시되었다. 또한, 개선 결과의 반영과정에서 발생할 수 있는 시계열 일관성 문제와 관리체계 개선방안, 향후 발전방향들도 살펴보았다.

끝으로, 이번 연구과제 수행이 수준 높은 NGGI 통계생산의 밑바탕이 되기를 기대하며, 2013년 이후에는 연구과제의 실무적용 작업과 함께, 2006 IPCC 지침서 체계로의 개편작업을 위한 후속 연구들을 계속 진행하고자 한다.

참고문헌

- 온실가스종합정보센터(2012), 「2010년도 국가 온실가스 통계 산정·검증·보고지침」.
- 온실가스종합정보센터(2011), 「1990-2009년 국가온실가스 인벤토리 보고서」.
- 한국환경공단(2011), 「지자체 온실가스 배출량 산정 지침서(ver.2.0)」.
- 지식경제부 에너지경제연구원(2008), 「에너지통계연보」.
- 지식경제부 자원개발총괄과(2006~2012), 「2005~2011 광산물 수급현황 보고서」.
- 에너지관리공단(2008), 「2006 IPCC 가이드라인 적용을 위한 기획연구, 산업공정」.
- 한국지질자원연구소(2012), 광산물수급현황(<http://rik.kigam.re.kr>).
- 통계개발원(2008), 「온실가스 배출통계 수준 및 개선방안에 대한 연구」, 연구보고서.
- 통계청 산업동향과(2008), 「2005년 기준 광업·제조업동향조사 품목 해설집」.
- 통계청 산업동향과(1993), 「1990년 기준 지수개편 결과 보고」.
- 통계청 산업동향과(1998), 「1995년 기준 산업생산지수 개편보고서」.
- 통계청 산업동향과(2003), 「2000년 기준 산업생산지수 개편보고서」.
- 통계청 산업동향과(2008), 「2005년 기준 광공업생산지수 개편결과 보고서」.
- 통계청 산업통계과(2010), 「2009년 기준 광업제조업조사 보고서」.
- 통계청 경제총조사과(2011), 「2010년 기준 사업체조사 및 경제총조사 산업 및 품목분류표」.
- 통계청 산업동향과(2012), 「NGGI 통계 작성을 위한 소급·병행조사 실시 결과」, 내부자료.
- 이동근(2011), 「산업공정 부문 온실가스 배출통계 개선을 위한 기초연구」, 연구보고서.
- 박라나, 이동근(2011), 「농축산 부문 국가 온실가스 인벤토리 활동자료 개선·개발 방안 연구」, 연구보고서.
- 금융감독원(2012), 전자공시시스템(<http://www.fss.or.kr>).
- 관세청(2012), 수출입무역통계(<http://www.customs.go.kr>).
- IPCC(1996), 「The Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」.
- IPCC(2001), 「Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories」.
- IPCC(2007), 「2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」.
- Ministry of the Environment, Japan(2010), 「National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan」.
- U.S. Environmental Protection Agency(2012), 「U.S. Greenhouse Gas Inventory Report」.
- Environment Canada(2012), 「National Inventory Report Greenhouse Gas sources and Sinks in Canada 1990-2010」.
- ABB(2011), 「Trends in global energy efficiency 2011, South Korea energy efficiency report」.
- OECD(2011) 「OECD Economics Department Working Papers No.798, Korea's Green Growth Strategy」.