



제1장

2006 IPCC 가이드라인 이행방안 연구

-IPPU 중 광물산업-

이동근

제1절 서론

1. 연구 배경 및 목적

2007년에 발리 로드맵(Bali Road Map)¹⁾이 발표된 이후, 교토의정서 체제를 대체할 차기 국제 온실가스 감축체제에 대한 논의가 지속되었으나, 이후에 개최된 당사국총회에서 국제사회는 교토체제를 2020년까지 연장하는 것으로 결론짓고, 더 이상의 진전된 모습을 보여 주지는 못하고 있다.²⁾ 이와 같이 기후변화 대응을 위한 새로운 국제질서 수립이 난항을 겪는 이유는 몇 가지 쟁점 사항들에 대한 당사국들의 이견이 첨예하게 대립하고 있기 때문인데, 그 동안 거론된 주요 쟁점 사항들을 살펴보면, ①신규 기후변화 체제의 형태, ②선진국 및 개발도상국에 대한 재분류, ③선진국의 의무 감축 목표 재설정, ④감축 노력에 대한 투명성 확보, ⑤개발도상국에 대한 자금 및 기술지원 방법 등이 대표적인 것으로 확인되고 있다. 이와 같은 주요 쟁점 사항들은 2012년까지 개최된 당사국총회에서 대부분이 미합의된 상태로

-
- 1) 1997년에 채택되고 2005년부터 발효된 교토의정서는 2012년을 기한으로 의무기간을 종료하게 계획되었으므로, 2007년 인도네시아 발리에서 개최된 제13차 당사국총회는 2009년을 종료 시한으로 Post-Kyoto 체제에 대한 당사국 협의를 마무리하는 일정계획을 발리 로드맵으로 합의하였다.
 - 2) 발리 로드맵에서는 2009년까지 차기 감축체제에 대한 협상을 마무리 짓는 것으로 합의하였으나, 2009년에 개최된 제15차 코펜하겐(덴마크) 당사국총회에서 합의문(Accord)을 통해 협상 시한을 1년 연장하였고, 2010년에 개최된 제16차 칸쿤(멕시코) 회의에서 결정문(Decision)을 통해 협상 시한을 추가로 연장하였다. 또한, 2011년 더반(남아프리카공화국) 회의에서 교토체제의 2020년까지 연장 적용과 제2차 공약기간 설정에 대해 합의하였으며, 2012년 도하(카타르) 회의에서도 같은 내용을 재확인하는 것으로 종료되었다.

유지되고 있으나, 상대적으로 국가 간의 이해관계 폭이 좁은 감축 이행에 대한 보고·평가 체계를 강화하기 위한 MRV 지침 및 제3자 검증을 강화하는 내용은 2011년에 개최된 제17차 당사국총회에서 합의되어 2014년부터 단계적으로 이행 의무가 발생하게 되었다.³⁾ 이런 결과는 현행 국가 온실가스 배출통계(NGGI: National Greenhouse Gas Inventory) 작성 체계의 변화를 예고하고 있는데, 우리나라가 속하고 있는 비부속서(Non-Annex 1) 국가군은 2년 주기로 BUR(Biennial Update Report) 보고서를 제출하여야 하며, ICA(International Consultation & Analysis)⁴⁾ 평가 체계를 2014년부터 적용받게 되었다. 또한, 통계작성 과정에 적용되는 국가 온실가스 산정·보고·검증(MRV : Measurement, Reporting, Verification) 작업은 2015년부터 2006 IPCC 지침서(Guideline: 이하 GL) 체계로 작성되도록 규정하고 있다. 특히, 선진 국가군에 “권고” 형태로 적용되던 2006 IPCC 지침서 체계는 그 동안 우리나라가 적용해온 1996 IPCC 지침서 및 GPG(Good Practical Guidance) 체계에 비해 온실가스 배출원의 추가 및 세분화 폭이 방대하며, 산정방법 등에 요구하는 정교성 수준이 높은 관계로 2015년부터 전면 적용을 위해서는 국가 온실가스 배출통계를 담당하고 있는 온실가스종합정보센터(GIR: Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea), 4개 관장기관, 7개 산정기관 등 관련 기관들의 사전 준비작업이 조기에 진행될 필요성이 절박하다고 할 것이다.

〈표 1-1〉 Post-Kyoto 체제 이행을 위한 주요 쟁점

구분	Annex 1 국가	Non-Annex 1 국가
기후변화 체제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 개발도상국 포함 단일 체제(EU) ▪ 교토체제 연장 반대(미, 일, 러)⁵⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현행 복수 체제(Two Tracks) 유지⁶⁾
국가군 분류	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선발 개도국의 의무 감축국 편입 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 역사적 책임을 이유로 현행 유지
감축 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미국 및 주요 개발도상국 참여를 전제로 교토의정서 목표 수준 준수(EU) ▪ 자발적 감축 목표 설정(미, 일) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교토의정서 수준의 감축 목표 요구
보고/평가 체제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 감축노력에 대한 제3자 검증체계 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개별 국가 자체 검증체계 유지
지원 체제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자금 재원 부담으로 논의 회피 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단기 재원 및 추가 재원 확보 요구⁷⁾

3) 추진 일정 등 절차적 내용을 제외한 그 밖의 대표적인 합의 내용으로는 녹색기후기금(GCF: Green Climate Fund) 설치를 들 수 있으나, 기금 조달 방법 등에 있어서는 많은 이견으로 합의되지 못하고 있다.

4) 한편, 선진국(부속서 1 국가)은 BR(Biennial Report) 보고서 제출과 IAR(International Assessment & Review) 평가를 받도록 규정하고 있다

5) 세계 온실가스 배출량 규모에서 1위를 차지하고 있는 미국이 교토의정서를 비준하지 않고 있으며, 일본, 러시아, 캐나다, 뉴질랜드 등은 제18차 당사국총회에서 교토의정서 탈퇴 및 2차 공약기간 불참을 선언한 바 있다. 또한, 온실가스 배출량 규모가 2, 3위인 중국, 인도는 개발도상국으로 분류되어 자발적 감축활동에 그치고 있다. 또한, 제2차 공약기간 중 감축 의무를 이행하게 되는 EU와 호주 등 선진국에서도 감축 목표를 1990년과 대비하여 20% 내외로 낮게 제시하고 있으므로, 세계 온실가스 배출량에서 제2차 공약기간(2013년~2020년) 중 의무 감축국이 차지하는 비중은 15% 수준에 불과한 것으로 파악되고 있다.

6) Two tracks은 기후변화협약 track과 교토의정서 track으로 구분되는데, 교토의정서 적용을 받아 의무 감축



한편, 2010년에 제정된 저탄소 녹색성장 기본법에 따라, 통계청 소속 통계개발원은 국가 온실가스 배출통계 작성과정에서 MRV 지침서 개정작업, 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR: National Inventory Report) 및 공통보고서식(CRF: Common Report Format) 검증 작업 등에 법정 협의기관으로 참여하고 있으므로, 이와 같은 2006 IPCC 지침서 체계로의 이행을 위한 사전 연구 및 학습이 요청되고 있으며, 부문별 검증 담당자들의 교육·훈련도 필요한 상황이다. 또한, 2006 IPCC 지침서 이행방안에 관한 연구작업은 2012년에 온실가스종합정보센터 요청으로 진행되었던 작성 통계 개선작업의 연장선상에서 추진되고 있으며, 통계청 국가통계 증장기 발전전략의 세부 추진과제로도 선정되어 진행하고 있다.

2. 연구 범위

2012년에 작성된 국가통계 발전전략 세부 추진과제에서 국가 온실가스 배출통계의 2006 IPCC 지침서 체계로 전환을 위한 이행방안 연구는 2013년부터 2016년까지 4년간에 걸쳐 수행될 것으로 계획되고 있다. 이들 기간 중 시작 연도인 2013년에는 IPPU 부문을 대상으로 연구작업을 진행하게 되는데, 상반기에 광물 부문을 대상으로 수행하고, 하반기에는 금속 부문에 대한 연구작업이 진행될 예정이다.

세부적인 연구 범위를 살펴보기 이전에 IPCC 1996 및 2006 GL 체계의 변화 내용을 간단히 살펴볼 필요성이 있는데, 우선적으로 1996 IPCC GL은 산업공정(Industrial Processes) 부문과 용제 및 기타 제품 사용(Solvent and Other Product Use) 부문을 각각 별도의 장으로 구분하였으며, 용제 및 기타 제품 사용 부문은 배출 통계 작성을 위한 구체적인 지침을 제공하지 않았다. 이런 영향으로 국가 온실가스 배출통계 작성을 위한 MRV 지침서 및 NIR 보고서 작성과정에서도 이들 부문들은 제외된 바 있다. 이에 반해 2006 IPCC GL은 2개 부문을 통합하여 산업공정 및 제품 사용(Industrial Processes and Product Use: 이하 IPPU) 부문으로 구성하고 있는 특징을 보여주고 있다.⁸⁾ 또한, 2006 IPCC GL은 신규 및 세분된 배출원을 구성하고 있는데, 광물산업(2.A.)의 세라믹 및 비야금 산화 마그네슘 생산, 화학산업(2.B.)의 카프로락탐·글리옥살·글리옥살산·이산화티타늄·산화에틸렌·아크릴로니트릴 생산, 금속산업(2.C.)의 납·아연 생산, 전자산업(2.E.)의 광전지 생산·열전달 유체 사용, 오존 파괴물질 대체제 사용 부문(2.F.)의 고정형 및 이동형 냉장 및 냉방 장치 생산,

국으로 분류되는 Annex 1 국가군과 기후변화협약 규정에 따라 자발적 감축 방식을 적용받는 개발도상국으로 차별화하여 운영하는 전략적 접근을 말한다.

- 7) 제16차 칸쿤 당사국총회는 GCF 설립과 2012년까지 300억 달러 규모의 기금 재원을 우선적으로 확보하며, 선진국들이 2020년부터 매년 1,000억 달러 규모를 추가적으로 지원하는 것을 합의한 바 있다. 또한, 제18차 도하 당사국총회는 대한민국 인천에 GCF 사무국을 설치하는 것을 회원국 인준으로 확정하였다.
- 8) 2006 IPCC GL은 농업(Agriculture) 부문과 LULUCF(Land Use, Land Use Change and Forestry) 부문도 농업·임업 및 기타 토지 이용(Agriculture, Forestry and Other Use: AFOLU) 부문으로 통합하고 있다.

기타 제품 생산 및 사용 부문(2.G.)의 전기 장치 생산·사용·폐기, 기타 제품 사용 부문 중 군용 및 가속기 설비 사용 과정의 SF₆ 및 PFCs 배출, 의료용 및 에어로졸 압력 추진제용 N₂O 사용 등이 새롭게 단일 활동자료로써 산정될 것을 요구받고 있다.

한편, 부문 분류 간의 정비를 위한 활동자료 분류 변경도 확인되는데, 석회석 및 백운석 소비는 탄산염의 기타 공정 사용 부문(2.A.4) 중 기타로 이동하였고, 소다회 생산 및 소비는 생산과 소비를 분리하여 생산은 화학산업으로 이동(2.B.7)하였고, 소비는 탄산염의 기타 공정 사용 부문(2.A.4)의 소다회 기타 사용으로 이동하였다. 아스팔트 루핑 및 포장용 아스팔트 생산은 연료의 비에너지 사용 및 용제 부문(2.D.)으로 이동하였으며, 할로카본 및 육불화황 생산 부문은 화학산업의 불소화합물 생산(2.B.9)으로 이동하였다. 또한, 할로카본 및 육불화황 소비 부문은 GPG 2000에서 세부 작성지침이 큰 폭으로 보완된 바 있는데, 2006 IPCC GL은 이들 내용을 반영하여 전자산업(2.E.), 오존 파괴물질 대체제 사용(2.F.), 기타 제품 생산 및 사용(2.G.) 부문으로 세분하여 보다 상세한 부문 분류를 나타내고 있다. 이상에서 살펴본 배출원 변경과 함께 2006 IPCC GL은 기존 배출원의 산정방법 및 배출계수 적용방법 등도 대부분의 경우에 보다 정교한 수준을 요구하고 있는 것으로 파악되고 있다.

2006 IPCC GL 체계 이행을 위한 2013년 상반기 연구작업은 이상에서 살펴본 IPPU 부문 중 광물산업 부문을 대상으로 배출원 구성, 배출량 산정 및 배출계수 적용 방법 등에 대한 변화된 내용들을 대상으로 2015년 이후 수행될 국가 온실가스 배출통계 작성을 위한 구체적인 이행방안을 검토·제안하는 내용으로 진행하고자 하였다.

3. 연구 방법

연구진행은 작성방법론 검토 및 관련 문헌 연구, 기초 통계자료 현황 파악 및 최종적인 적용방안 마련 등의 순서로 추진하였다.

작성방법론 검토과정에서는 국제기구의 지침서류(1996·2006 IPCC Guideline, 2000 Good Practical Guidance), 2010년 기준으로 발간한 NIR 및 CRF 보고서, 2012년에 한국환경공단이 발간한 지자체 온실가스 배출량 산정지침서(ver.3.0), 2013년에 GIR이 발간한 국가 온실가스 인벤토리 통계 산정·검증·보고 지침서 등을 주로 참고하였으며, 2009년에 에너지관리공단이 에너지·온실가스 목표관리제(이하 목표관리제) 운영을 위해 발간한 업종별 온실가스 배출량 산정 가이드라인을 부분적으로 참조하였다. 외국사례는 UNFCCC가 홈페이지를 통해 제공하고 있는 Annex 1 국가군의 최신 연도 NIR 보고서를 중심으로 참고하였다.⁹⁾

9) UNFCCC 홈페이지(Process 메뉴, National Reports 하위 메뉴)는 Annex 1 국가군이 연도별로 제출한 NC(National Communications) 보고서, BR(Biennial Reports) 및 IAR 보고서, NIR 및 CRF 등을 취합하여 제공하고 있다([Http://unfccc.int/national_report/items/1408.php](http://unfccc.int/national_report/items/1408.php)).



문헌 연구과정에서는 2008년에 에너지경제연구원 및 에너지관리공단이 합동으로 발간한 “기후변화협약 대응 국가 온실가스 IPCC 신규 가이드라인 적용을 위한 기획 연구”와 2012년에 에너지관리공단이 연구 용역사업으로 실시한 “산업공정 부문(화학, 금속) 온실가스 인벤토리 작성체계 구축 최종보고서”를 주로 참조하였다.

기초 통계자료 현황 파악 단계에서는 우선적으로 국가 승인통계 체제에서 활용 가능한 통계자료 현황을 살펴보았으며, 다음으로 관련 협회 자료 등의 작성 현황들을 파악하였다. 국가 승인통계 체제에서 IPPU와 관련한 통계자료로는 통계청에서 실시하고 있는 광업제조업 동향조사, 광업제조업통계조사, 산업통상자원부 산하 한국지질자원연구원이 위탁받아 생산하는 광산물생산량현황조사, 관세청에서 작성하는 무역통계¹⁰⁾ 등이 있는 것으로 파악되었다.

한편, 2010년부터 저탄소녹색성장기본법 시행령 제42조에 근거하여 실시하고 있는 목표관리제 관리대상 업체 및 사업장에서 제출한 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 명세서(이하 명세서) 자료의 이용 가능성도 살펴보았는데,¹¹⁾ 산업공정 세부 부문은 대규모 설비 투자를 중심으로 경영되는 장치산업(시멘트, 석유화학, 철강, 제지 등)이 많고, 제품 공급 및 원재료 수요가 독과점으로 운영되는 부문이 다수 있으므로, 이들 포괄범위 대표성이 높은 부문들은 명세서 자료를 활용한 국가 온실가스 배출통계 작성 가능성 검토도 필요한 것으로 판단되었기 때문이다. 다만, 명세서 자료는 대상 업체별 공정 배출과 에너지 연소 배출 등을 모두 포함한 온실가스 배출 총량 자료만 공표되고 있으므로, NNGI 작성을 위한 자료 활용 여부는 명세서 보고 양식·작성 요령 등에 대한 이론적 접근방법 중심으로 검토하였으며, 일부 발표된 연구자료(에너지관리공단, 2012년) 등이 단편적으로 제공하는 활동자료 및 배출량을 참고한 문헌연구 수준에서 검토할 수밖에 없는 한계가 있었다.

최종적인 국가 온실가스 배출통계 작성 부문별 이행방안은 IPCC 지침서가 제시하고 있는 TACCC(투명성, 정확성, 완전성, 일관성, 국제 비교 가능성) 보고원칙을 기준으로 부문별 적합한 대안을 제시하고자 노력하였다.¹²⁾ 즉, 작성과정이 명확히 설명되며, 불확도를 낮출 수 있고, 전체 배출원을 포괄할 수 있으며, 작성 대상 연도 전체에 걸쳐 일관성 있고, IPCC 지침에서 요구하는 방법론에 적합한 기초자료를 중심으로 이행방안을 제안하고자 하였다. 실무적으로는 2006 IPCC GL이 제시하고 있는 산정등급별 작성방안에 대해 현행 기초자료 수집체계 범위에서 적용 가능성을 검토하였으며, 상위 산정등급에서 요청하는 미확보 기초자료 현황과 접근방법에 대해서는 중장기적인 발전방안에서 적용방법을 모색하고자 하였다.

10) 무역통계는 관세청 통관기획과에서 HS Code별(국제통일상품분류체계) 수출입 통계자료를 수집하여 홈페이지(수출입 무역통계)를 통해 제공하고 있으며, 자료제공은 관세무역개발원이 대행하고 있다.

11) 환경부는 저탄소녹색성장기본법 시행령에 근거하여 2011년 1월에 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침을 제정하였으며, 2012년 6월에 개정안을 고시하여 운영하고 있다.

12) IPCC 지침서는 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 5대 보고원칙으로써, Transparency(투명성), Accuracy(정확성), Consistency(일관성), Comparability(비교 가능성), Completeness(완전성)를 선정하고 있다.

〈표 1-2〉 산업공정 부문 IPCC 2006 GL과 1996 GL 분류 비교

부문	2006 IPCC GL 부문 명칭	1996 IPCC GL 부문 명칭	변경 사항
II.	산업공정 및 제품 사용	산업공정/용제 및 기타 제품 사용	통합
2.A.	광물 산업	광물 생산	
1.	시멘트 생산	시멘트 생산	
2.	석회 생산	석회 생산	
3.	유리 생산	유리생산	
4.	탄산염 기타 공정 사용		
a	세라믹 생산		
b	소다회 기타 사용	석회석 및 백운석 소비	세분
c	비야금 산화 마그네슘 생산		
d	기타		
5.	기타	기타	
2.B.	화학 산업	화학 산업	
1.	암모니아 생산	암모니아 생산	
2.	질산 생산	질산 생산	
3.	아디프산 생산	아디프산 생산	
4.	카프로락탐, 글리옥살(산) 생산	-	신규
5.	카바이드 생산	카바이드 생산	
6.	이산화티타늄 생산	-	신규
7.	소다회 생산	소다회 생산 및 소비	2.A에서 이동
8.	석유화학/카본블랙 생산	기타 생산	
a	메탄올	메탄올	
b	에틸렌	에틸렌	
c	염화에틸렌/염화비닐모너머	염화에틸렌	염화비닐모너머 추가
d	산화에틸렌	-	신규
e	아크릴로니트릴	-	신규
f	카본블랙	카본블랙	
9.	불소 화합물 생산	할로카본/육불화황 생산	
a	부산물 배출	부산물 배출	2.E에서 이동
b	탈루성 배출	탈루 배출	
10.	기타	기타 생산(스티렌 생산 포함)	통합
2.C.	금속 산업	금속 산업	
1.	철강 생산	철강 생산	
2.	합금철 생산	합금철 생산	
3.	알루미늄 생산	알루미늄 생산	
4.	마그네슘 생산	마그네슘 주조	포괄범위 확대
5.	납 생산	-	신규
6.	아연 생산	-	신규
7.	기타	기타 금속 생산	



〈표 1-2〉 산업공정 부문 IPCC 2006 GL과 1996 GL 분류 비교(계속)

부문	2006 IPCC GL 부문 명칭	1996 IPCC GL 부문 명칭	변경 사항
2.D.	연료의 비에너지 사용/용제	용제 및 기타 제품 사용	
1.	윤활유 사용	-	1996 GL은 분류만 구성 하고, 내용은 미구성
2.	파라핀 왁스 사용	-	
3.	용제 사용	-	
4.	기타	아스팔트 루핑 생산 포장용 아스팔트 생산 -	2.A에서 이동 신규
2.E.	전자 산업	기타 오존 파괴물질 대체재 사용	세분
1.	반도체	반도체	
2.	TFT-LCD	액정	
3.	광전지	-	신규
4.	열전달 유체	-	신규
5.	기타	-	신규
2.F.	오존 파괴물질 대체재 사용	할로카본 및 육불화황 소비	세분
1.	냉장 및 냉방 장치		
a	고정형 냉장 및 냉방 장치	냉장 및 냉방 장치	세분
b	이동형 냉장 및 냉방 장치		
2.	수지 발포제	발포제	
3.	화재 방지 장치	소화기	범위 확대
4.	에어로졸	에어로졸	
5.	용제	용제	
6.	기타	기타 소비	
2.G.	기타 제품 생산 및 사용	할로카본 및 육불화황 소비	세분
1.	전기 장치		
a	전기 장치 생산		
b	전기 장치 사용	전기 장치	세분
c	전기 장치 처분		
2.	기타 제품 사용(SF6/PFCs)	기타 소비	
a	군용 사용	-	신규
b	가속기 설비 사용	-	신규
c	기타	기타 소비	
3.	제품 사용(N ₂ O)		
a	의료용 사용		
b	에어로졸 제품 압력 추진제 사용	-	신규
c	기타		
4.	기타	기타 소비	
2.H.	기타	기타 생산	
1.	펄프 및 종이산업	펄프 및 종이 생산	
2.	식품 및 음료산업	음식료품 생산	
3.	기타	-	신규

제2절 목표관리제 명세서 작성 현황

1. 목표관리제 추진 현황

2012년 6월에 온실가스종합정보센터는 “국가 온실가스 배출통계 총괄관리계획”을 발표하였으며, 이를 통해 2013년부터 3개년 계획으로 현행 국가 온실가스 배출통계의 하향식 접근방법에 목표관리제 명세서 자료를 통한 상향식 접근방법을 접목하는 검토 계획을 보고한 바 있다.¹³⁾ 곧, 상·하향식 접근방법에서 적용 중인 배출원별 분류체계·산정방법론·배출계수·활동자료 등 핵심요소들에 대한 비교·연계작업을 거쳐, 상호간의 품질수준을 높일 수 있는 개선계획을 밝히고 있는데, 광물산업 중 주요 핵심부문들은 상·하향식 접근방법 사이에 포괄범위가 일치하는 부문들이 많으므로, 목표관리제 추진 현황을 다음과 같이 살펴보았다.

목표관리제는 2010년에 시행한 저탄소 녹색성장 기본법 제42조 및 같은 법 시행령 제26조에 근거하고 있으며, 환경부 고시로 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침(이하 목표관리 운영 지침)이 제정·운영되고 있다.¹⁴⁾ 목표관리 운영 지침은 2014년 까지 단계별로 관리업체 선정을 위한 온실가스 배출량과 에너지 소비량 기준을 완화하여 대상 관리업체 폭을 확대하는 것으로 계획하고 있는데, 관리업체는 온실가스 배출량 혹은 에너지 소비량 기준 중 선택적으로 적용받아 선정되고 있으며, 2010년 9월에 농림수산식품부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부 등 4개 관장기관이 468개 관리업체를 처음으로 선정한 바 있다.¹⁵⁾

〈표 1-3〉 목표관리 운영 지침의 관리업체 지정 기준

구분	온실가스 배출량(kilotonnes CO ₂ 상당량)	에너지 소비량(tera joules)
2011년 12월 31일까지	125 이상	500 이상
2012년 1월 1일부터	87.5 이상	350 이상
2014년 1월 1일부터	50 이상	200 이상

13) 국가 온실가스 배출통계 총괄관리계획은 목표관리제 대상인 전체 관리업체 배출량이 국가 총배출량의 약 60% 수준인 것으로 보고하고 있다.

14) 2010년 8월에 환경부 고시로 “온실가스·에너지 관리업체의 지정 및 관리 등에 관한 지침”을 제정·시행 하였으나, 2011년 3월에 “온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침”으로 대체·제정되었으며, 목표관리 운영지침은 2011년 3월, 2012년 8월·11월에 개정되어 현재까지 시행되고 있다.

15) 2013년 정부조직 개편으로 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부로 변경·지정되어 있다.



2011년 3월에 환경부 등 4개 부처 합동으로 발표한 관리업체 현황 자료를 국가 온실가스 배출통계 분류체계로 정리해 보면, 전체 부문 중 산업공정 부문이 관리업체 기준으로 78.0%(365개), 온실가스 배출량 기준으로 54.7%를 차지하는 것으로 나타나, 산업공정 부문이 중점적인 관리대상 업체로 선정되고 있음을 확인할 수 있다.¹⁶⁾ 그 외 에너지 부문(발전·에너지 및 건물·교통 부문)이 관리업체 기준으로 17.1%(80개), 온실가스 배출량 기준으로 43.6%를 차지하고 있으며, 폐기물 부문이 관리업체 기준으로 4.9%(23개), 온실가스 배출량 기준으로 1.7%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 1-4〉 2010년 온실가스·에너지 목표관리제 관리업체 부문별 지정 현황

(단위 : 개수, 천CO₂톤, TJ)

구분	관리업체 수		대상 사업장 수		온실가스 배출량		에너지 사용량	
	개수	비율(%)	개수	비율(%)	천CO ₂ 톤	비율(%)	TJ	비율(%)
합계	468	100.0	1,564	100.0	442,127	100.0	5,586,490	100.0
농업·축산	27	5.8	68	4.3	2,238	0.5	36,312	0.7
산업	338	72.2	779	49.8	239,542	54.2	3,160,090	56.6
발전·에너지	34	7.3	137	8.8	186,372	42.2	2,260,012	40.5
폐기물	23	4.9	333	21.3	7,578	1.7	33,858	0.6
건물·교통 ¹⁷⁾	46	9.8	247	15.8	6,397	1.4	96,217	1.7

자료 : 온실가스·에너지 목표관리 운영지침 확정·고시 보도자료(4개 부처 공동, 2011년)

2012년 10월에 발표한 2013년 기준 관리업체는 발전·에너지 32개, 산업 345개, 식료품 26개, 건물·교통 51개, 폐기물 26개 등 전체 480개 업체를 확정·발표하여 소폭의 변화가 반영되고 있다.

2. 관리업체 명세서 구성 체계

목표관리 운영지침 제52조는 관리업체를 대상으로 온실가스·에너지 배출 현황 명세서를 작성하고, 검증기관 검증을 거쳐 매년 3월 31일까지 전자적 방식으로 부문별 관장기관에

- 16) 목표관리 운영지침 제9조에 따라 농림축산식품부가 관장하는 농업·축산 부문에는 음식료품 제조업체들이 포함되고 있으며, 관리업체로 선정된 업체들 모두가 음식료품 제조업체로 구성되어 있다. 국가 온실가스 배출통계 중 산업공정 부문은 한국표준산업분류 체계를 기준으로, 농림축산식품부가 중분류 10~12(식료품, 음료, 담배) 부문, 산업통상자원부가 나머지 산업 부문을 분담하고 있다.
- 17) 국토교통부가 관장하는 건물 및 교통 부문은 유통, 운수, 병원, 학교 등으로 세분하여 집계하고 있다.

제출하도록 규정하고 있으며, 제출에 필요한 명세서 양식을 별지 서식으로 제공하고 있다.¹⁸⁾ 관리업체 명세서 양식은 관리업체 총괄 정보, 사업장 일반 정보, 사업장별 배출 시설 현황, 사업장 배출량 총괄 현황, 배출활동별 배출량 현황, 생산품 및 공정별 원단위, 에너지 판매실적, 온실가스 감축·흡수·제거 실적, 온실가스 사용 실적, 사업장 고유 배출계수 개발 실적, 굴뚝 연속 자동측정기에 의한 온실가스 배출량 정보 현황 등 전체 12종의 서식으로 구성되어 있으며, 배출활동·배출시설·온실가스·활동자료·단위 등은 관련 코드표를 함께 제공하고 있다.

〈표 1-5〉 목표관리제 운영지침에서 제공하는 명세서 양식 현황

구분	주요 내용
1. 관리업체 총괄 정보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 법인명, 대표자, 대상 연도, 법인 등록번호, 지정업종, 소재지, 자본금 ▪ 담당 부서·담당자·연락처, 상시 종업원 수, 매출액, 에너지 비용 ▪ 주요 생산 제품(처리 물질), 연간 생산량(처리량) 등 ▪ 사업장 목록(사업자 등록번호, 업종, 소재지, 소량 배출사업장 여부 등) ▪ 업체 온실가스 배출량(총량, 직접 배출량, 간접 배출량) 및 에너지 사용량(연료·전기·스팀 사용량, 총량)
2. 사업장 일반 정보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업장명, 대표자, 사업자 등록번호, 업종, 소재지, 자본금 ▪ 담당 부서·담당자·연락처, 상시 종업원 수, 매출액, 에너지 비용 ▪ 주요 생산 제품(처리 물질), 연간 생산량(처리량) ▪ 사업장 조직경계
3. 사업장별 배출시설 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업장명, 사업자 등록번호 ▪ 배출시설 코드 및 명칭, 시설용량, 세부 시설용량, 일일 평균 가동시간 ▪ 방지시설(대상 가스, 시설 이름, 처리 효율), 배출구 ▪ 투입 연료·원료·생산량(명칭, 값, 단위) 정보 ▪ 소규모 배출 시설 정보(배출시설 명칭, 대수) ▪ 소규모 배출 사업장 정보(명칭, 투입 연료·원료·생산량(명칭, 값, 단위) 등)
4. 사업장 배출량 총괄 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배출활동·배출시설(명칭, 코드), 온실가스 종류별 배출량 ▪ 에너지(에너지, 전력, 스팀) 사용량 ▪ 바이오매스 배출량(배출활동 및 배출시설(명칭, 코드), 배출량, 공정 폐열, 공급받은 폐기물 소각열) ▪ 배출시설(시설용량, 가동시간, 투입 원료 및 연료, 방지시설 설치 등) 및 산정방법(Tier, 활동자료 수집, 배출계수 등) 변동 현황

18) 관리업체 명세서는 2011년에 처음으로 제출되었는데, 검증심사원 양성 지연 등으로 법정기간 보다 3개월 늦은 6월까지 전체 471개 관리업체 중 97%인 458개 업체가 제출을 완료한 것으로 보도된 바 있다(그린데일리, 2011.6.2).



〈표 1-5〉 목표관리제 운영지침에서 제공하는 명세서 양식 현황(계속)

구분	주요 내용
5. 배출활동별 배출량 현황	<ul style="list-style-type: none"> 배출활동(코드, 명칭), 배출시설(명칭, 배출구 등) 고정연소, 이동연소, 공정배출, 폐기물, 간접배출로 구분 공정배출 부문 <ul style="list-style-type: none"> 배출활동(명칭, 코드, 배출구) 산정등급별 제품(원료)별 활동자료·배출계수(명칭, 단위, 값, 불확도, 온실가스 종류별 배출량, CO2 상당량) 연속측정법(원료 및 제품 명칭, 월별 활동자료, CO2 상당량)
6. 생산품 및 공정별 원단위	<ul style="list-style-type: none"> 공정(생산품) 명칭, 배출활동, 사용연료, 에너지 사용량, 온실가스 배출량, 연간 생산량(물량, 단위), 원단위(에너지, 온실가스)
7. 에너지 판매 실적	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 종류, 대상 사업자 명칭, 연간 판매량 및 단위, 배출계수
8. 온실가스 감축/흡수/제거 실적	<ul style="list-style-type: none"> 감축/흡수/제거 유형별 실적 명칭, 세부 내용, 저감량(온실가스, 에너지)
9. 온실가스 사용실적	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 종류별 사용 목적, 사용량(제품당 주입량 또는 재충전량), 회수량(제품당 회수량, 전체 회수량) 전기설비 사용 관련 SF6 및 PFCs 배출량(배출활동 및 배출시설, 활동자료, 배출계수, 단위, 값, Tier, 불확도, 배출량)
10. 사업장 고유 배출계수 개발 실적	<ul style="list-style-type: none"> 배출활동, 배출시설, 배출계수 종류·구성항목·분석방법 및 장비·시험 분석 횟수·분석 값·단위·산정 식·계수 값·계수 단위·불확도
11. 연속 자동측정기 온실가스 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 배출활동, 배출시설, 일시, CO2 평균 농도(측정 값, 대체코드, 대체 값), 유량 값(측정 값, 대체코드, 대체 값), 배출량, 연료코드, 월 사용량
12. 명세서 작성 관련 참고 사항	<ul style="list-style-type: none"> 해당 명세서명, 항목, 세부 내용

〈표 1-6〉 목표관리제 명세서 관련 코드표(산업공정 부문 발체)

구분	활동 유형
1. 배출활동	<ul style="list-style-type: none"> 시멘트 생산 석회 생산 탄산염 기타 공정 사용
	<ul style="list-style-type: none"> 석유정제(수소 제조) 석유정제(촉매 재생) 석유정제(코크스 제조)
	<ul style="list-style-type: none"> 암모니아 생산 질산 생산 아디프산 생산
	<ul style="list-style-type: none"> 카바이드 생산 소다회 생산 석유화학제품 생산
	<ul style="list-style-type: none"> 불소화합물 생산 철강 생산 합금철 생산
	<ul style="list-style-type: none"> 아연 생산 납 생산 전자산업(반도체)
	<ul style="list-style-type: none"> 전자산업(디스플레이) 전자산업(광전지) ODS 대체물질 사용
	<ul style="list-style-type: none"> 이산화티탄 생산 ODS 대체물질 사용(전기설비)

〈표 1-6〉 목표관리제 명세서 관련 코드표(산업공정 부문 발체)(계속)

구분	시설 유형		
2. 배출시설	▪ 개질공정	▪ 공정 연소시설	▪ 불소화합물 생산공정
	▪ 냉동/냉방 냉매 사용시설	▪ 메탄올 생산공정	▪ 발포제 사용시설
	▪ 배소로	▪ VCM 생산공정	▪ 비에어로졸 용매 사용시설
	▪ 소결로	▪ 소성시설(Kiln)	▪ 소화약제 사용시설
	▪ 수소 제조 공정	▪ 식각시설	▪ 아디프산 생산시설
	▪ 아연 제련 공정	▪ 이크릴로니트릴 생산공정	▪ 소다회 제조시설
	▪ 에어로졸 용매사용 시설	▪ 에틸렌옥사이드 생산공정	▪ 염화비닐모너머생산시설
	▪ 용선로 또는 제선로	▪ 용융/용해시설	▪ 일관 제철공정
	▪ 전기로	▪ 전로	▪ 전해로
	▪ 절연제 사용시설	▪ 증착시설	▪ 질산 제조시설
	▪ 천연 소다회 생산공정	▪ 촉매 재생공정	▪ 카본블랙 생산시설
	▪ 코크스 제조공정	▪ 코크스로	▪ 평로
	▪ HCFC-22 생산공정		

3. 명세서 자료 활용방안

상기한 바와 같이 관리업체 명세서 자료는 온실가스 배출량 산정과 관련하여 매우 상세한 내용들로 구성되어 있으며, 검증기관을 거쳐 제출되는 자료의 정확성도 뛰어날 것으로 예상된다. 또한, 목표관리제 운영지침에서 밝힌 바와 같이 2014년 이후에는 관리업체 대상 폭이 확대될 것으로 예고되어 있으므로, 향후에는 연도별 구축되는 시계열 자료 규모도 크게 확장될 것으로 기대된다.

한편, 이와 같은 명세서 자료는 국가 온실가스 배출통계 작성과정에서도 기여할 수 있을 것으로 판단되는데, 2006 IPCC GL에서 밝히고 있는 Tier 3 등급 작성방법론은 세부 산업 부문별 사업체 단위에서 확보되는 활동자료와 배출계수에 근거하도록 규정하고 있으며, 산업공정 세부 부문 중 대규모 설비 및 독과점 형태로 경영되는 부문들은 포괄범위에서도 대부분 관리업체와 차이가 없을 것으로 판단되기 때문이다. 특히, 2006 IPCC GL은 주요 활동자료 및 배출계수를 생산시설 유형별로 구분하고 있는 사례가 많으므로 명세서 집계 자료는 더욱 중요성이 높아질 것으로 예상된다. 이들 부문 이외에도 세부 부문별 관리업체가 자체 개발한 배출계수 및 온실가스 배출 저감량 등도 활용이 가능할 것으로 예상되는데, 주요 생산·소비 업체들이 포함된 세부 부문에서는 계수 대표성이 높게 인정되는 국가 고유 배출계수 개발이 용이할 것이며, 검증과정에서 인정된 저감량 부분은 NIR 산정과정에서도



포함 가능하기 때문이다. 특히, 국내에서 작성되고 있는 각종 국가 승인통계 및 관련 협회 자료 등에서 사업체별 원재료별 투입량 통계는 기업 기밀 노출 부담에 따르는 자료제공 거부 등의 문제와 함께, 항목 난이도 등에 따르는 조사 기획 및 현장조사상의 문제가 심각하여, 사실상 사각지대 통계로 분류되고 있는 상황을 고려한다면, 더욱 중요성이 높을 것으로 판단된다. 한편, 관리업체로 선정된 기업 입장에서도 명세서 자료의 NIR 작성체계 활용은 긍정적인 것으로 예상되는데, 각종 의무적인 통계자료 제공이 기업 응답부담으로 연결되는 현실을 감안하면, 유사·중복 통계를 최대한 방지하여 국가 차원의 일관성 있는 통계자료를 대내외적으로 제공하는 것이 보다 바람직할 것이기 때문이다.

이외에도 명세서 자료는 향후 중요성이 높아질 것으로 예상되는 지자체 온실가스 배출통계 작성과정에서도 유용한 역할을 수행할 것으로 예상된다. 왜냐하면, 현행 NIR에서 사용 중인 기초자료들의 대부분이 기업 단위로 구축되어 있으므로, 지자체 단위에서 사용 가능한 자료원은 빈약한 실정이기 때문이다. 또한, F-gas와 관련한 세부 부문은 그동안 잠재 배출량 중심으로 산정되어, 취약 부문으로 분류되어 왔는데, 명세서의 온실가스 사용실적 자료를 활용하면 실제 배출량에 관한 자료 제공도 가능할 것으로 예상된다.

〈표 1-7〉 목표관리제 명세서 자료의 NIR 활용 부문

명세서 양식	NIR 활용 부문
1. 관리업체 총괄 정보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부문별 활동자료 생산/소비 관련 사업체명부 확보 ▪ 기업체-사업장 연결 명부를 활용한 기초자료 중복 방지 ▪ 산업별 온실가스 배출통계 비교자료 제공
2. 사업장 일반 정보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지자체 온실가스 배출통계 기초자료 제공
3. 사업장별 배출시설 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 배출통계 상위 Tier 작성방법 전환 ▪ 국가 고유 배출계수 개발(방지사설 이용효율, 투입량 정보 등)
4. 사업장 배출량 총괄 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지자체 온실가스 배출통계 기초자료 제공
5. 배출활동별 배출량 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 배출통계 상위 Tier 작성방법 전환
6. 생산품 및 공정별 원단위	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국가 고유 배출계수 개발
7. 에너지 판매 실적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부문별 온실가스 배출통계 비교자료 제공 ▪ 에너지 부문 자료 누락 및 중복 산정 방지
8. 온실가스 감축/흡수/제거 실적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 감축량 산정 기초자료 제공
9. 온실가스 사용 실적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소비 부문 및 F-gas 실제 배출량 산정 기초자료 제공
10. 사업장 고유 배출계수 개발 실적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국가 고유 배출계수 개발
11. 연속 자동측정기 온실가스 배출량	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 배출통계 상위 Tier 작성방법 전환
12. 명세서 작성 관련 참고 사항	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 배출통계 시계열 설명자료 제공

4. 명세서 작성체계 개선 방향

이상에서와 같이 목표관리제 명세서 자료가 작성지침에 따라 정상적으로 구축되어 Database 체계로 관리된다면, 국가·지자체 온실가스 배출통계 작성을 위한 요긴한 자료원 역할을 충분히 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 산업공정 부문에서는 명세서 자료의 유용성을 향상시킬 수 있도록 작성 양식 및 지침의 부분적인 개선이 다음과 같이 요청되는 것으로 판단된다.

명세서 작성체계 개선방향을 살펴보면, 먼저, 관련 코드표 구성이 보다 정교하게 제시될 필요성이 있다. 배출활동 및 배출시설 코드표는 다른 부문에 비해 산업공정 부문을 비교적 세분하여 구성하고 있으나, 국가 온실가스 배출통계 분류체계에 비해서는 단순한 구성을 가지고 있으며, 특히, 활동자료 코드표는 순전히 발전 및 에너지 부문 위주로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 코드표 구성은 산업공정 부문에서 생산·소비되는 제품·원재료 등이 워낙 다양한 영향으로 판단되는데, 결과적으로 제출 양식 중 배출활동별 배출량 현황(5) 등은 사업장별 활동자료로써 제품 또는 원료 중에 선택적으로 수기 기재하도록 규정하고 있다. 결국, 산업공정 부문 온실가스 배출통계 산정을 위한 활동자료로 활용하기 위해서는 배출활동 및 배출시설 코드를 중심으로 수기 기입한 활동자료를 수동으로 재구분해야 하는 불편함이 따르게 되며, 이들 작업과정에서 오류 발생 가능성이 높아질 것을 예상할 수 있다. 활동자료 코드 유형 확대는 명세서 제출 기관들에 부담 요인으로 작용할 수도 있으나, 명세서 제출 및 검증 등 전체적인 관리 과정 및 절차들이 전문가 집단을 통해 진행되고 있으며, 제출자료 활용성까지 고려하면, 최소한 2006 IPCC GL에서 요구하는 활동자료 수준으로 코드 유형을 재분류하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

다음으로, 활동자료 기입 항목에서 제품 혹은 원재료 중 선택적으로 작성하는 부분도 개선이 요청되는데, 혼재 방식으로 수집된 자료는 국가 온실가스 배출통계 산정과정에서 활용성에 제약을 가져오며, 시계열 자료들의 일관성에도 심각한 문제를 초래할 수 있다. 따라서, 활동자료 수집방법은 단일화하는 것이 바람직한데, 상위 Tier를 고려하여 가능한 투입 원재료를 기준으로 통일하여 산정하거나, 국가 온실가스 배출통계 산정 지침에서 규정한 단위에 맞춘 활동자료 양식을 추가하여 제출받는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 추가될 활동자료 양식은 관리업체 지정을 위한 활동자료 조사표(목표관리 지침 별지 제1호) 수준 정도로 기대할 수 있는데, 활동자료 조사표는 광물산업, 화학산업, 금속산업, 전자산업에 걸친 주요 부문(Key categories)을 대상으로 2006 IPCC GL 수준에 상응하는 수준의 지정연도 직전 3개 연도 활동자료를 제출하도록 규정하고 있다.

또한, 관리업체 진입·퇴출에 대한 고려도 필요하다. 목표관리제 운영지침이 연도별로



지정 기준을 차별화해 규정하고 있으므로, 2014년 이후에는 대상 업체가 증가될 것으로 예고되어 있으며, 향후 지침 개정 등에 따라, 관리업체 대상 폭의 변화는 더욱 확대될 가능성도 예상된다. 반면, 기존 관리업체 중에서 영업실적의 대폭적인 감소, 사업 부문 축소·폐쇄 등의 영향으로 제외되는 사례도 예상되는데,¹⁹⁾ 이런 경우에는 작성부문별 온실가스 배출량의 포괄범위 등이 영향을 받아, 결과적으로 집계자료의 완전성이 훼손될 것으로 판단된다. 물론, 2006 IPCC GL은 국가 온실가스 배출통계를 사업장 단위로 산정한 경우에는 Tier 1 혹은 Tier 2 등급의 하향식 국가 온실가스 배출통계를 병행하여 산정하고, 상호 비교·검토하는 시스템을 갖춘 것을 우수 실행(Good Practice)으로 권고하고 있으므로, 하향식 접근방법으로 작성된 자료를 이용·대체할 수 있겠으나, 변동이 발생한 전·후 시계열 자료 간에 발생한 일관성 훼손은 피할 수 없을 것이다. 따라서, 관리업체 퇴출의 경우에는 온실가스 배출통계 작성을 위해 요청되는 최소한의 자료 제출은 계속적으로 유지할 필요가 있을 것으로 판단되는데, 앞서 살펴본 관리업체 지정을 위한 활동자료 조사표 수준의 보고서 제출은 요청된다고 할 것이다. 또한, 관리업체 신규 진입의 경우에는 과거 배출시설 및 배출활동에 대한 시계열 자료 파악이 필요하므로, 명세서 양식 중 최소한 사업장 배출량 총괄 현황(4)의 배출시설 및 배출량 산정방법 변동현황과 배출활동별 배출량 현황(5)은 생산 개시 연도부터의 소급자료 제출이 요청된다고 판단된다.

끝으로, 명세서 기초자료 작성 및 활용과 관련하여 현실적인 문제점을 살펴보면, 명세서 작성 및 검증과정에 경험있는 전문인력이 부족하여, 작성지침의 적용 오류가 빈번하게 발견되고 있으며, 기초자료 활용을 위한 자료공개시스템 운영도 필요할 것으로 판단된다.²⁰⁾ 즉, 2012년에 에너지관리공단이 수행한 연구자료에서 동일 세부 부문에 대해 2006 IPCC GL 기준으로 산정한 자료와 명세서 최종 자료를 비교한 검토결과에 따르면, 연료연소 부분을 공정배출과 통합하여 산정한 사례, 공정배출 중 부생가스를 에너지·폐기물 부문으로 산정한 사례, 중간재 기준 활동자료를 최종재 기준으로 착오하여 적용한 사례 등이 보고되고 있으므로, 경험있는 전문인력 양성이 절실한 것으로 파악되었다.²¹⁾ 또한, 기초자료 제공과 관련해서는 명세서 양식별 기초자료 제공이 되지

19) 이론적으로 고려하면, CDM 사업 및 저감 시설의 획기적인 개선 등으로 사업영역 변경 및 축소가 없어도 관리업체 지정 기준에서 제외될 수도 있으나, 지정 기준이 배출량 혹은 에너지 사용량을 선택적으로 운영하고 있으므로, 경험적으로 두 가지 기준 모두를 벗어나기는 어려울 것으로 판단된다.

20) 목표관리제 운영지침은 검증심사원 자격요건을 규정하고, 2011년부터 국립환경인력개발원을 통해 양성·보수 교육과정 이수 등을 의무화하고 있으나, 교육 전문인력 및 교재 등이 제대로 준비되지 않은 상태에서 법정 검증일정 등에 쫓겨 속성으로 양성된 바 있다.

21) 산업공정 부문(화학, 금속) 온실가스 인벤토리 작성체계 구축 보고서(에너지관리공단, 2012)에 따르면, 2010년 1년 동안, 목표관리제 배출량은 2006 IPCC GL 기준 온실가스 배출통계와 비교하여 질산 272%, 카프로락탐 178%, 염화비닐모너머 18%, 에틸렌옥사이드 37% 등의 격차로 과다 혹은 과소하게 산정되고 있는 것으로 보고하고 있다.

않고, 온실가스 배출총량 자료만이 공개되고 있으며, 그들 자료 또한, 사업체별 대표 단일 업종으로 포괄하여 산정된 자료이고, 전력 소비 등 간접 배출원이 포함된 자료로써 제공되고 있으므로, 실제 산업별 및 활동자료별 배출량과는 차이가 클 것으로 판단된다. 산업공정 부문은 독과점으로 경영되는 업종이 많으므로 명세서 전체 기초자료 제공은 어려울 것으로 판단되지만, 최소한 활동자료별 집계자료 공개는 필요할 것으로 판단된다.

〈표 1-8〉 목표관리제 관리업체 지정을 위한 활동자료 조사표 공정배출 분류

업종	세부 부문		단위	
시멘트	클링커 생산량			
석회	고칼슘석회/고토석회/수경성석회			
유리	Float/Container(Flint)/Container(Amber/Green)/Fiberglass(E-glass)		톤	
	Fiberglass(Insulation)/Specialty(TV Panel)/Specialty(TV Funnel)			
	Specialty(Tableware)/Specialty(Lab/Pharma)/Specialty(Lighting)			
	재활용 유리 사용 비율		%	
암모니아	암모니아 생산량		톤	
	재활용된 CO ₂ 량			
	공정 형식	Modern plants	Conventional reforming(LNG)	-
			Excess air reforming(LNG)	
			Autothermal reforming(LNG)	
		Partial oxidation		
Mix of modern & older plants	Derived from European average values for specific energy consumption(LNG)			
		Partial oxidation	톤	
질산	질산 생산량		-	
	공정 형식	Plant with NSCR		
		Plant process-integrated or tailgas N ₂ O destruction		
		Atmospheric pressure plants(low pressure)		
		High pressure plants		
	Medium pressure combustion plants			
이산화티타늄	합성루틸/루틸형 TiO ₂ 생산량			
소다회	소다회 생산량/트로나 투입량		톤	
에틸렌	에틸렌 생산량			
카프로락탐	카프로락탐 생산량		톤	
염화 에틸렌/ 염화비닐모 노머	염화에틸렌 생산량		톤	
	염화비닐모노머 생산량			
	공정 형식	Direct chlorination process	-	
		Oxychlorination process		
	Balnced process			



〈표 1-8〉 목표관리제 관리업체 지정을 위한 활동자료 조사표 공정배출 분류(계속)

업종	세부 부문		단위	
아디프산	아디프산 생산량		톤	
카바이드	카바이드 생산량			
에틸렌 옥사이드	에틸렌옥사이드 생산량		톤	
	공정 형식	Air process Oxygen process		
아크릴로 니트릴	아크릴로니트릴 생산량		톤	
	공정형식	Secondary products burned for energy recovery/flared		
		Acetonitrile burned for energy recovery/flared		
Acetonitrile and hydrogen cyanide recovered as product				
카본블랙	카본블랙 생산량		톤	
	공정 형식	Funace black/Thermal black/Acetylene black process		
카본블랙	카본블랙 생산량		톤	
	공정 형식	Funace black process		
		Thermal black process		
Acetylene black process				
철강	제품	소결물 생산량	톤	
		조강 생산량		전로
				전기로
				소계
		펠렛 생산량		
	DRI 생산량	TJ		
	코크스 생산량/소비량	톤		
	코크스로 가스 생산량/사용량	m ³		
합금철	생산량	합금철 (Si 함량 45%)/합금철 (Si 함량 65%)	톤	
		합금철 (Si 함량 75%)/합금철 (Si 함량 90%)		
		망간철 (C 함량 7 %)/망간철 (C 함량 1 %)		
환원제 사용량	Silico 망간/실리콘 메탈/크롬철			
	석탄/코크스/Prebaked 전극/전극 페이스트 석유 코크스			
알루미늄	알루미늄 생산량		-	
	생산 공정	Prebake/Soderberg		
	생산 기술	CWPB/SWPB/VSS/BSS		
마그네슘	마그네슘 생산량		-	
	원료	돌로마이트/마그네사이트		
납	직접제련 생산량		톤	
	제련용 용광로에서의 생산량			
	2차 원료물질에 의한 생산량			
아연	아연 생산량		-	
	생산 공정	Waelz Kiln/Pyrometallurgical/기본 공정		
불소화합물 생산	HCFCs-22 생산량		톤	
	기타 불소화합물 생산량			
전자산업	반도체/TFT-FPD/PV-cell		m ²	

제3절 광물산업(Mineral Industry) 부문별 이행방안

1. 인벤토리 구조

광물산업 부문은 탄산염(Carbonate)²²⁾을 원료로 제품을 생산하거나 해당 제품을 사용하는 과정에서 발생하는 CO₂를 산정하기 위한 활동자료들로 구성되어 있다. 즉, 석회석, 백운석, 능고토석(마그네사이트, Magnesite), 트로나(Trona) 등 탄산염으로 구성된 광물들을 원료로 소성 및 용해 가공하여 제품을 생산하거나 이들 제품을 사용하는 과정에서 발생하는 CO₂ 배출원을 중심으로 구성되고 있는데, 이들 탄산염의 대표적인 광물들은 CaCO₃(탄산칼슘), MgCO₃(탄산마그네슘), Na₂CO₃(탄산나트륨: 소다), CaMg(CO₃)₂(탄산칼슘마그네슘) 등을 주된 성분으로 포함하고 있다.

이와 같은 광물산업 중분류 부문은 시멘트 생산(Cement Production), 석회 생산(Lime Production), 유리 생산(Glass Production), 탄산염의 기타 공정 사용(Other Process Uses of Carbonates), 기타(Other) 등의 소분류(Sources Categories) 부문으로 세분되고 있으며, 탄산염의 기타 공정 사용 부문은 세라믹(Ceramics), 소다회의 기타 사용(Other Uses of Soda Ash), 비야금 마그네슘 생산(Non-Metallurgical Magnesia Production), 기타(Other) 등의 세분류 부문으로 구분되고 있다. 인벤토리 구조에서 “기타” 부문은 단일 활동자료로써 구분되지 않는으나, CO₂ 발생이 확인되며, 배출량 산정이 가능한 경우를 포함한다.

한편, 탄산염 광물들은 광물산업 이외 부문에서 용제(Fluxes)²³⁾, 투입제, 첨가제, 탈황제 등의 형태로도 다양하게 사용되고 있는데, 2006 IPCC GL은 이와 같은 경우에 해당 물질이 사용되는 산업 부문의 배출원에 포함하여 산정하도록 규정하고 있다. 즉, 탄산염 광물이 금속 용해·제련 과정의 용제 및 첨가제, 비료 제조를 위한 투입물, 농업용 석회 비료 소비, 발전용 탈황제 등으로 사용되는 경우에는 금속산업, 화학산업, LULUCF 중 농경지, 에너지산업 등의 부문에서 해당 배출원을 포함하여 산정하게 된다.

또한, 2006 IPCC GL은 광물산업에서 배출되는 온실가스 중 CO₂만을 대상으로 작성 지침을 제시하고 있으며, 그 외, 광물산업에서 발생하는 것이 확인된 온실가스인 CH₄, N₂O는 현재 과학적 지식 기반에서는 비중이 낮은 것으로 평가하고, 별도의 작성 지침을 제공하지는 않고 있다.

22) 탄산염은 이산화탄소와 금속 산화물 또는 수산화물로 구성되는 화합물이며, 공통적으로 탄산이온(CO₃²⁻)을 포함하고 있다.

23) 용제는 어떤 물질에 혼합하여 원물질의 녹는 점보다 낮은 온도에서 용해하는 작용이 있는 물질을 말하며, 고녹는점 물질의 용액에 의한 결정 제작과 난용성 물질의 분석(물에 가용한 염으로 변화) 등에 응용된다 (화학용어사전, 2011.1, 일진사)



〈표 1-9〉 광물산업(Mineral Industry) 인벤토리 구조

세부 부문(Sources Categories)	배출 온실가스						
	CO2	CH4	N2O	HFCs	PFCS	SF6	기타
시멘트 생산(Cement Production)	○	△					
석회 생산(Lime Production)	○	△					
유리 생산(Glass Production)	○	△					
탄산염의 기타 공정 사용(Other Process Uses of Carbonates)							
세라믹(Ceramics)	○	△					
소다회 기타 사용(Other Uses of Soda Ash)	○	△					
비아금 마그네슘 생산(Non-Metallurgical Magnesia Production)	○	△					
기타(Other)	○	△					
기타(Other)	○	△	△				

* ○(배출이 확인되며 작성방법론 제공), △(배출이 확인되지만 작성방법론 미제공)

광물산업의 원료 가공 및 제품 사용 과정에서 적용되는 주요 탄산염별 CO₂ 배출계수는 CaCO₃ 등 7종을 대상으로 기본 배출계수 값이 제시되고 있다.²⁴⁾

〈표 1-10〉 주요 탄산염의 배출계수

탄산염 종류	광물 명칭	탄산염 분자질량	배출계수(톤 CO ₂ /톤 탄산염)
CaCO ₃	석회석(방해석)	100.0869	0.43971
MgCO ₃	능고토석(마그네사이트)	84.3139	0.52197
CaMg(CO ₃) ₂	백운석	184.4008	0.47732
FeCO ₃	능철광	115.8539	0.37987
Ca(Fe, Mg, Mn)(CO ₃) ₂	철백운석	185.0225~215.6160	0.40822 ~ 0.47572
MnCO ₃	망간광	114.9470	0.38286
Na ₂ CO ₃	트로나	106.0685	0.41492

24) NIR 작성과정에서 배출계수 값은 2010년에는 국내 개발된 국가 고유 배출·흡수 계수를 선택적으로 적용하였으나, 2011년부터는 GIR 검증을 거친 경우로 적용을 제한하였다. 또한, 2012년 8월에는 “국가 온실가스 배출·흡수 계수 개발·검증 지침”을 발간·보급하여 적용체계를 정비한 바 있다.

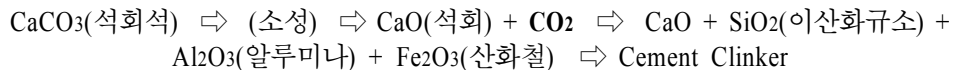
2. 시멘트 생산(Cement Production)

가. 2006 IPCC 작성 지침

1) 배출원

시멘트 생산에서 온실가스 배출원은 클링커(Cement Clinker)²⁵⁾ 제조를 위한 원료인 석회석이 킬른(Kiln, 가마, 로(爐))에서 소성되며 발생하는 CO₂ 배출량으로 산정한다. 클링커는 미분쇄한 석회석과 규산질, 알루미늄질 및 산화철 등 혼합물이 약 1,500℃로 가열되는 과정에서 소결물로써²⁶⁾ 생산되는데, 공정 중 석회석의 탈탄산 반응을 통해 석회(CaO)가 생산되며, 부산물로 CO₂가 배출된다. 공정 중 배출되는 CKD(Clinker Kiln Dust)²⁷⁾ 별도의 보정계수를 적용하여 산정한다.

이와 같이 시멘트 생산에서 CO₂ 배출량은 반제품인 클링커 생산단계에서 산정하므로 클링커를 수입(국가 단위 배출통계) 혹은 구입(지역 단위 배출통계)하여 시멘트를 생산하는 경우에는 온실가스 배출량이 존재하지 않는 것으로 산정한다.



2) 산정방법

Tier 1 등급은 활동자료로써 클링커 생산량을 파악할 수 없는 경우에 시멘트 종류별 생산량을 기준으로 클링커 투입량을 추정하며, 클링커 투입 과정에서 사용된 수출입 물량을 추가적으로 고려하여 산정하고, 배출계수는 CKD 수정 비율을 반영한 값으로 적용한다. 시멘트 종류별 클링커 투입 비중에 관한 자료가 없는 경우에는 지침서에서 제시하는 기본 값인 75% 비율을 단순 적용할 수 있다.²⁸⁾

- 25) 클링커(Clinker)는 석회석을 분쇄 및 건조하고 점토(혈암), 규석질 규사, 기타 철광석 등을 혼합하여 킬른(Kiln)에 넣고 소성시킨 화합물로써 시멘트의 중간 투입물이다. 여기에 3~5%의 석고를 넣어 분쇄, 혼합시키면 일반적인 포틀랜드 시멘트가 완성된다(한국시멘트협회, 용어집).
- 26) 소결(燒結)은 가루 등의 분말체를 압축하고 녹는점에 가까운 온도로 가열했을 때, 녹으면서 서로 밀착하여 고결(固結)하는 현상을 말하며, 각종 요업, 세라믹, 코크스 등의 제조에 응용된다.
- 27) CKD는 킬른(Kiln, 시멘트 클링커의 원료에 열을 가하여 구워내는 가마)에서 원재료가 소성되지 않고 파생된 분진을 말한다.
- 28) 2006 IPCC GL에서 예시한 미국 표준 자료의 시멘트 종류별 클링커 비율은 포틀랜드(Portland) 시멘트 95~97%, 메이슨리(Masonry) 시멘트 64%, 슬래그(Slag) 시멘트 28~29% 등으로 소개하고 있다. 한편, 국내 KS 규격에서 분류하고 있는 시멘트는 포틀랜드·고로슬래그·플라이애쉬·백색 포틀랜드·내화물용 알루미나·마그네시아 단열·메이슨리·포틀랜드 포졸란 시멘트 등의 13종으로 구분하고 있다.



Tier 2 등급 활동자료는 클링커 생산량을 사용하며, 클링커 단위당 CaO 함유량 및 원료 탄산염의 CaO 비율에 근거한 배출계수 적용 및 탄산염의 100% 소성과 CKD의 100% 포집을 가정한 CKD 보정계수를 승산하여 배출량을 산정한다.

Tier 3 등급 활동자료는 시멘트 생산 사업체 단위에서 확보 가능하며, 클링커 생산에 투입된 탄산염 종류별 사용량, 유기탄소를 함유한 기타 비탄산염 종류별 사용량에서 배출된 CO₂를 합산하고, CKD 산출량 중 100% 소성되지 않고 킬른에 재활용되지 않는 부분에서 배출된 CO₂를 손실량으로 계산하여 공제하는 방식으로 산정한다. 한편, 시멘트 생산 과정에서 석회석이 소성과정을 거치지 않고 분쇄하여 첨가되는 경우에는 CO₂가 발생하지 않으므로 제외하여야 한다.²⁹⁾

〈표 1-11〉 시멘트 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식

Tier 1	시멘트 생산량 적용
<p>▶ 배출량 = (시멘트 유형별 생산량 × 클링커 비율 - 클링커 수입량 + 클링커 수출량) × 배출계수1</p>	
Tier 2	클링커 생산량 적용
<p>▶ 배출량 = 클링커 생산량 × 배출계수2 × CKD 보정계수</p>	
Tier 3	투입 탄산염 적용
<p>▶ 배출량 = 탄산염별 배출량 - CKD 배출량 + 비탄산염 원료별 배출량</p> <p>○ 탄산염별 배출량 = 투입량 × 소성 비율 × 배출계수3</p> <p>○ CKD 배출량 = 손실량 × 탄산염 비율 × (1 - 소성 비율) × 배출계수4</p> <p>○ 비탄산염 원료별 배출량 = 투입량 × 탄소 비율 × 배출계수5</p>	
<p>▶ 단위(Unit)</p> <p>○ 배출량: 톤 CO₂</p> <p>○ 배출계수1(CKD 수정 반영), 배출계수2(CKD 수정 미반영): 톤 CO₂/톤 클링커</p> <p>○ 배출계수3 · 4 · 5: 톤 CO₂/톤 탄산염 · 탄산염 · 비탄산염</p> <p>○ 시멘트 생산량 · 클링커 수출입량 · 탄산염 및 비탄산염 투입량 · CKD 손실량: 톤</p>	

29) 석회석을 분쇄하여 첨가하는 대표적인 시멘트는 메이슨리(Masonry) 시멘트가 있으며, 주로 벽돌, 콘크리트 블록 제조 용도로 사용된다. 한편, 국내에서 킬른을 보유하고 클링커를 생산하는 사업체는 기업별로 1~3 곳에 불과하며, 대부분의 시멘트 사업체는 생산된 클링커를 반입하여 단순 분쇄·혼합하여 시멘트를 생산하고 있으므로, 지자체 온실가스 배출량 산정과정에서는 반드시 이들 공정들에 대한 확인작업이 요청된다.

3) 배출계수

Tier 1 등급 배출계수는 클링커 1톤당 65%의 CaO를 함유하고, CaO의 100%가 CaCO₃에서 파생하며, CaCO₃는 100% 소성되는 것으로 가정하고 계산되는데, 클링커의 주요 원료인 CaCO₃ 배출계수 값 0.43971(톤 CO₂/톤 CaCO₃)을 이용하여 산출한 클링커 배출계수 값 0.51(톤 CO₂/톤 클링커)에 CKD 보정계수 값 1.02를 곱하여 계산한 0.52(톤 CO₂/톤 클링커)를 적용한다.

Tier 2 등급 배출계수는 Tier 1 등급 클링커 배출계수와 CKD 보정계수를 국가 고유 값으로 개발하여 적용하는데, 클링커 1톤당 CaO 함유량을 파악하고, CaO 함유량 중 비탄산염에서 파생된 부분을 공제한 뒤, CaCO₃의 CaO 구성비로 나눠주고, CaCO₃ 배출계수 값을 곱하면, 국가 고유의 클링커 배출계수를 산정할 수 있다. 비탄산염에서 파생된 CaO는 고로슬래그 시멘트, 플라이애쉬(Flyash, 비산회) 시멘트 등의 혼합 시멘트에서 투입되는 슬래그³⁰⁾, 비산회³¹⁾ 등에서 파생된다. 국가 고유 CKD 보정계수는 클링커 단위당 CKD 발생 비율, CKD 중 소성된 탄산염 비율, 클링커 배출계수 대비 탄산염 배출계수 비율을 적용하여 계산할 수 있다.

예시> 클링커 1톤의 CaO 함유량이 65%이고, CaO 함유량 중 4%가 제강 슬래그에서 파생한 경우 클링커 고유 배출계수

$$\Rightarrow \text{CaCO}_3 \text{ 파생 CaO 함유량}(65\% - 4\%) \div \text{CaCO}_3 \text{ 중 CaO 구성비}(56.03\%)^{32)} \times \text{CaCO}_3 \text{ 배출계수}(0.4397 \text{톤 CO}_2/\text{톤 CaCO}_3) = 0.48 \text{톤 CO}_2/\text{톤 클링커}$$

Tier 3 등급 배출계수는 사업체별로 클링커 생산에 투입한 모든 탄산염, 유기탄소를³³⁾

-
- 30) 슬래그는 철강 제조용 원재료인 철광석, 석탄, 석회석 등의 가공과정에서 부산물(광재)로 생성되며, 고로 슬래그와 제강 슬래그, 비철금속 슬래그 등으로 구분된다. 이와 같이 생산된 슬래그는 다량의 CaO를 함유하고 있는데, 국내에서 생산된 슬래그의 화학 성분을 살펴보면, 고로 슬래그가 약 42%, 제강 슬래그가 약 34~41%의 CaO를 함유하고 있는 것으로 보고되고 있다. 또한, 2008년 기준으로 고로 슬래그는 1,023만톤이 생산되어 약 70%가 시멘트용으로 활용되고 있으며, 제강 슬래그는 생산된 904만톤 중 약 47%가 토목용으로 활용되고 있다. 또한, 슬래그가 시멘트 원료를 대체한 온실가스 저감 효과는 0.8톤 CO₂/톤 슬래그로 보고하고 있다(“철강 슬래그의 특성과 활용”, 포스코 환경자원실, 2010년).
- 31) 비산회(Fly ash)는 화력발전소 등 미분탄(微粉炭)을 연소하는 보일러의 연도(煙道) 가스를 집진기로 채취한 석탄재를 말하는데 화학 성분상 CaO 함유량이 약 43%를 구성하는 것으로 보고되고 있으며, 시멘트 및 골재 등의 원료로써 활용되고 있다(“CaO를 다량 함유한 비산회 재활용 방법”, 2012년, 이강훈)
- 32) CaCO₃의 CO₂ 배출계수(0.43971)는 1톤의 CaCO₃가 소성되면 43.971%의 CO₂가 배출되며, 결과적으로 56.03%는 CaO로 전환되는 것으로 해석된다.
- 33) 클링커 공정 중에 투입되는 혈암 등의 비탄산염은 부분적으로 유기 탄소(Kerogen 등)를 함유하며, 소성 과정에서 연소되어 CO₂를 배출한다. Kerogen 등의 유기탄소는 동식물 등 유기물이 퇴적된 후 촉매 작용과 박테리아 등에 의해 산소(O)와 질소(N)가 제거되고, 탄소(C)와 수소(H)를 중심으로 구성된 고분자 화합물을 말하며, 석유 및 석탄의 근원 물질로써 작용한다.



함유한 비탄산염, CKD 중 소성되지 않은 탄산염 등에 대한 각각의 배출계수를 산정하여 적용하는데, 주기적으로 원료 및 공정 변경 등을 고려한 투입 분석을 통해 갱신되는 배출계수 값을 적용하도록 규정하고 있다.

〈표 1-12〉 시멘트 생산 부문 CO₂ 배출계수

Tier 1	기본 배출계수 적용
<p>▶ 기본 배출계수 = 클링커 배출계수(0.51톤 CO₂/톤 클링커) × CKD 보정계수(1.02) = 0.52톤 CO₂/톤 클링커</p>	
Tier 2	국가 고유 클링커 배출계수 및 CKD 보정계수 적용
<p>▶ 클링커 배출계수 = CaCO₃에서 파생한 CaO 함유량 ÷ CaCO₃ 중 CaO 구성비 (56.03%) × CaCO₃ 배출계수(0.4397톤 CO₂/톤 CaCO₃)</p> <p>○ CaCO₃에서 파생한 CaO 함유량 = 전체 CaO 함유량 - 비탄산염 파생 CaO 함유량</p> <p>▶ CKD 보정계수 = 1 + (CKD 발생량 ÷ 클링커 생산량) × CKD 중 탄산염 비율 × CKD 중 탄산염 소성 비율 × (탄산염 배출계수 ÷ 클링커 배출계수)</p>	
Tier 3	실제 사용된 탄산염의 CO ₂ 함유량을 계산하여 적용

4) 활동자료

Tier 1 등급은 시멘트 생산량을 기초로 산정하므로, 활동자료는 시멘트 종류별 생산량 자료와 투입된 클링커 비율, 클링커 수출입 자료가 요청된다.

Tier 2 등급은 클링커 생산량을 기초로 산정하므로, 활동자료는 클링커 생산량이 요청되며, 국가 고유 배출계수 개발을 위해서는 클링커의 CaO 함유량과 클링커 원료로 사용된 탄산염(CaCO₃) 및 비탄산염 각각의 투입량과 CaO 함유량이 요청된다. CKD 보정계수 개발을 위해서는 CKD 배출량과 CKD 중 탄산염 비율 · 탄산염의 소성 비율에 대한 국가 평균 자료의 확보가 요청된다.

Tier 3 등급은 시멘트 생산 사업체 수준에서 산정하므로, 사업체별 공정과정에서 실제 투입된 탄산염 · 비탄산염 투입량 및 CaO 함유량, CKD 배출량 · 탄산염 비율 · 소성 비율 등에 대한 주기적인 상세 자료 확보가 요청된다.

〈표 1-13〉 시멘트 생산 부문 CO₂ 활동자료

Tier 1	시멘트 생산량 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▣ 시멘트 종류별 생산량 및 클링커 비율 ▣ 클링커 수출입량 	
Tier 2	클링커 생산량 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▣ 클링커 생산량, CaO 함유량 ▣ 탄산염(CaCO₃)·비탄산염 투입량 및 CaO 함유량 ▣ CKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율 	
Tier 3	투입 탄산염 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▣ 생산 사업체별 탄산염(CaCO₃)·비탄산염 투입량 및 CaO 함유량 ▣ 생산 사업체별 CKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율 	

나. 배출통계 작성 현황

1) 2012년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(1996 GL, GPG 2000 기준)

시멘트 공정 중 클링커 제조를 위한 탄산염 소성과정에서 발생하는 CO₂ 배출량을 산정하며, 활동자료는 한국시멘트가공업협회에서 제공하는 회원사별 시멘트 클링커 생산량을 집계하여 사용한다. 배출계수 및 CKD 보정계수는 GPG 2000에서 제시하는 기본 값을 적용한다.

〈표 1-14〉 GPG 2000 기준 시멘트 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식

<ul style="list-style-type: none"> ▣ 배출량 = 배출계수 × 클링커 생산량 × CKD 수정계수 ○ 배출량 : 톤 CO₂ ○ 활동자료 : 클링커 생산량(톤) ○ 배출계수 : 톤 CO₂/톤 클링커 생산량 	
배출계수	CKD 수정계수
0.5071	1.02



2) 2012년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침(2006 GL 기준)

산정방법은 Tier 1 등급에 따라, 시멘트 생산량을 기준으로 작성하며, 대안으로써 Tier 2 등급인 클링커 생산량 접근법을 적용한다. 활동자료는 Tier 1 및 Tier 2 등급을 선택하여 적용 가능하므로, 시멘트 생산량과 클링커 비율 또는 클링커 생산량 자료를 이용하며, 적절한 자료가 부족한 경우에는 한국시멘트협회 연보 자료를 이용하도록 권고한다. 배출계수는 2008년에 에너지관리공단이 개발한 클링커 배출계수 값(Tier 1)인 0.4991(톤 CO₂/톤 클링커)을 적용한다.

〈표 1-15〉 지자체 시멘트 생산 부문 CO₂ 배출량 산정방법

- ▶ 산정방법 : Tier 1(원칙), Tier 2(선택)
- ▶ 배출계수 : 0.4991톤 CO₂/톤 클링커(고유 배출계수)
- ▶ 활동자료 : 시멘트 생산량 및 투입 클링커 비율(원칙), 클링커 생산량(선택)

다. 2006 IPCC GL 이행방안

1) 산정 등급별 적용 가능성 검토

Tier 1 등급은 시멘트 종류별 생산량 및 클링커 투입 비율, 클링커 수출입량 자료가 요청되는데, 클링커 수출입 자료를 제외하면 아직까지 신뢰할 수 있는 기초 통계자료가 부족한 실정이다. 즉, 수출입 자료는 관세청에서 생산하는 “무역통계” 자료를 월간 및 연간 단위로 활용할 수 있는 반면, 클링커 투입 비율은 국가 고유 기초자료가 없는 관계로 현재까지는 IPCC 지침서가 제시하는 기본 비율 값(75%)을 적용할 수 밖에 없으며, 시멘트 종류별 생산량에 대한 국가 수준의 공식 통계자료는 부재한 상황이다. 다만, 통계청이 연간으로 발표하고 있는 광업제조업조사 자료에서 시멘트 종류를 6종으로 분류하고, 해당 생산액 자료를 공표하고 있으므로, 이들 자료를 가공한 수준에서 생산량 규모 및 클링커 투입 비율 값에 대한 간접 추정은 가능한 것으로 판단된다. 곧, 2011년 광업제조업조사 결과자료를 기준으로 살펴보면, 국내 시멘트 생산액은 포틀랜드 시멘트 86.1%, 고로슬래그 시멘트 12.4%, 기타 시멘트 1.4% 등이 생산된 것으로 나타났으며, 지침서의 기본 비율 값보다는 높은 수준의 클링커 비율(90% 이상)일 것으로 판단된다.³⁴⁾

34) 2006 IPCC GL에서 소개한 미국 사례에서 클링커 비율은 포틀랜드 시멘트 95~97%, 고로슬래그 시멘트 70~93%로 보고하고 있으며, 국내 고로슬래그 시멘트 가격이 포틀랜드 시멘트의 90% 수준(매경닷컴 경제사전)인 점을 감안하면, 국내 적용 클링커 비율 값은 최소한 90% 이상 수준으로 추정된다. 이와 같은

〈표 1-16〉 2011년 기준 광업제조업조사 시멘트 종류별 사업체 수, 생산액, 출하액, 재고액

(단위 : 개, 백만원)

구분	포틀랜드 시멘트			알루미나 시멘트 ³⁵⁾	고로슬래그 시멘트	기타 수경성 시멘트
	보통시멘트	백색시멘트	기타 ³⁶⁾			
사업체 수	15	5	10	2	9	9
생산액	1,028,030	63,027	1,174,360	...	326,720	37,686
출하액	1,030,857	62,770	1,172,471	(20,000)	329,233	37,896
연말 재고액	7,250	717	8,268	...	6,701	362

Tier 2 등급은 현행 NIR 보고서에서 적용 중인 방법인데, 클링커 생산량 자료가 한국시멘트협회와 통계청 광업제조업동향조사에서 파악되고 있으므로 기초 자료 확보에는 문제가 없다. 현행 온실가스 배출통계는 한국시멘트협회의 생산량 자료를 활동자료로써 적용하고 있으나, 광업제조업동향조사 자료가 전수조사로 수집되며, 1990년 이후부터 시계열 자료도 구축되어 있고, 협회 자료와의 최근 연도 생산량 차이도 0.2%p ~ 4.4%p 범위로 나타나고 있으므로, 2006 IPCC GL이 적용되는 차기 체계에서는 선택적인 적용도 가능한 상황이지만 국가 온실가스 배출통계 보고 원칙에 보다 적합한 국가 공식 승인통계 결과자료인 광업제조업동향조사 결과자료를 활용하는 것이 보다 적절할 것으로 판단된다. 통계청에서 실시하는 연간조사인 광업제조업조사에서도 클링커 품목을 조사하고 있으나, 금액 기준으로 조사되고 있으며, 사업체 자체에서 사용한 재투입 부분이 제외되고 있으므로 활동자료로써 적용할 수는 없다.³⁷⁾ Tier 2 등급의 배출계수는 2008년에 에너지관리공단이 CKD 수정 부분을 포함한 클링커 배출계수를 개발하여 지자체 온실가스 배출량 산정지침에서 적용하고 있으므로, 관련 활동자료인 탄산염 및 비탄산염별 투입량·CaO 함유량과 CKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율 등에 관한 기초자료는 확보된 것으로 판단되며, 향후 배출계수 검증지침에 맞춰 정식으로 승인되면 국가 온실가스 배출통계 작성과정에 적용 가능할 것으로 판단된다.

결과는 한국시멘트협회에서 발표한 2011년 클링커 생산량(45,280천톤) 및 시멘트 생산량(48,249천톤) 비율(93.8%)을 고려해도 보다 낮은 비율 값으로 추정할 수는 없다.

- 35) 알루미나 시멘트는 생산 사업체 정보보호를 위해 자료 공표가 되지 않고 있다. 한편, 금융감독원 공시 시스템에서 관련 자료를 파악할 수 있는데, 점유율 80%를 차지하는 A사의 2012년 매출액이 220억원 수준으로 보고되고 있으며, 이를 전체 시멘트 매출액 수준으로 추정하면 약 1.0% 수준으로 예상된다.
- 36) 광업제조업조사 품목분류표에서 기타 포틀랜드 시멘트는 벌크 시멘트와 중용열 시멘트가 예시되어 있다.
- 37) 2005년~2011년간 광업제조업동향조사 자료를 살펴보면, 시멘트 클링커 생산 사업체는 당해 연도 생산 물량의 약 74%~79%를 시멘트 생산과정에 재투입하며, 약 2.9% ~ 8.1%는 수출하고 있는 것으로 나타났다.



〈표 1-17〉 시멘트 클링커 생산량 현황

(단위 : %, %p)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
NIR(A)	99.6	95.6	97.2	99.8	100.3	101.0
KOSTAT(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
비율 차(A/B) ³⁸⁾	-0.4	-4.4	-2.8	-0.2	0.3	1.0

Tier 3 등급은 시멘트 생산 사업체 수준에서 공정 중에 투입한 탄산염별 CaO 함유량, 비탄산염별 유기탄소 함유량, CKD 배출량 및 관련 배출계수 등의 자료들이 요청되며, 엄격한 화학량 분석작업도 수반되어야 한다. 또한, 사업체에서 공정 및 투입 요소 변경이 발생한 경우에는 개별 사례별로 관련 값을 재계산하여야 하며, 최종적으로는 국가 단위에서 집계작업도 수행해야 하는 어려움이 있어, 현실적으로 단기간에 관련 자료를 구축하기는 어려울 것으로 판단된다.

한편, 목표관리제 명세서 측면에서 접근하면, 특수시멘트 일부를 제외한 시멘트 업체 대부분이 관리업체에 포함되고 있으므로, 명세서 자료 중 클링커 생산량, 탄산염 및 비탄산염 투입량, CaO 함유량 등의 기초자료 확보가 가능할 것으로 판단되며, CKD 배출량 자료만 수집되면 Tier 2~3 등급까지 어렵지 않게 산정 가능할 것으로 예상된다.

2) 발전방안

작성방법 중 Tier 1 등급은 기초 활동자료 부족 및 클링커 기본 비율에 관한 가정이 불합리한 것으로 확인되고 있으므로 적용에 어려움이 있는 반면, Tier 2 등급은 활동 자료를 광업제조업동향조사와 한국시멘트협회 자료에서 선택적으로 활용이 가능한 상황인데, 통계청 광업제조업동향조사 자료를 활용하는 것이 보다 적절할 것으로 판단된다. 왜냐하면, 기초 통계자료의 포괄범위 및 조사대상이 동일한 상황에서, 공식 승인 통계 자료를 대신하여 관련 협회자료를 이용하는 것은 통계 신뢰성과 이용자의 혼선을 가져올 수 있기 때문이다. 또한, 향후 수요가 증가할 것으로 예상되는 지자체 온실가스 배출통계 산정은 사업체 기준으로만 접근이 가능하므로, 현행 기업체 기준의 작성체계로는 한계 상황이 나타날 것으로 판단되기 때문이다.³⁹⁾ 그 외에도, 향후에 추진될 것으로

38) NIR과 KOSTAT 간의 연도별 생산량은 KOSTAT를 100%로 가정한 경우의 NIR 생산량 비율(%)로 비교하였다(이하 다른 활동자료의 통계표 구성 및 비교자료도 동일하다).

39) 현행, NIR 보고서는 협회 또는 기업체 단위로 자료 수집이 이루어지고 있으나, 시도별 온실가스 배출통계는 지역 내 소재하는 사업체(공장) 수준에서의 활동자료가 요청되며, 특히, 동일 기업 내의 사업체 간 반제품 생산량 이동, 재투입량, 구입량 등에 대한 상세한 자료 수집이 필요하다

예상되는 상위 산정 등급으로 전환작업 과정에서는 현행 체계보다 상세한 자료들이 요구되는데, 이에 대한 준비과정에서도 통계법에 근거한 국가기관 조사체계를 구축하는 것이 보다 안정적이고 일관성 있는 자료수집 방법이 될 것으로 판단되기 때문이다.

작성방법 중 Tier 3 등급은 원료인 탄산염과 비탄산염 기준 접근법을 적용하므로, 현재 기초 통계자료 기반에서는 접근이 어려운 상황이지만, 국내 시멘트 생산 기업이 10여개에 불과하고, 전체 생산 기업이 광업제조업동향조사에서 조사되고 있으므로, 원재료 투입량에 대한 조사항목 추가 또는 별도 조사표를 구성한다면, 어렵지 않게 단기간에 관련 기초자료의 확보가 가능할 것으로 예상된다. Tier 2 등급 배출계수 개발 과정에서 요청되는 ‘CaCO₃에서 파생한 CaO 함유량’, ‘비탄산염 파생 CaO 함유량’ 등의 기초자료도 광업제조업동향조사에서 슬래그(고로, 제강) 및 비산화 등의 원재료 투입량을 조사하게 되면 주기적으로 정확한 국가 고유 배출계수 값을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 개발된 배출계수는 국가적으로 사용하는 원재료 및 제품 구성 등의 변화에 맞춰 주기적인 개선이 필요한데, 향후 진행될 클링커 배출계수 개선작업에서는 산업통상자원부 산하 한국지질자원연구원의 “광산물생산량현황”⁴⁰⁾ 자료를 적극적으로 이용할 필요성도 있는 것으로 판단된다. 1975년에 처음으로 조사되고 2003년부터 월간으로 자료 수집이 이루어지고 있는 광산물생산량 현황은 전국 광업권자를 대상으로 생산현황(채굴량, 품위 등), 처분현황(판매량, 품위, 판매처 등) 등의 자료를 구축하고 있으므로, 국가 고유 배출계수 개발과정에서 보다 신뢰성 있고 대표성 높은 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 앞서 살펴본 바와 같이 목표관리제 명세서 개선작업이 국가 온실가스 배출 통계 산정 지침과 연계하여 적절히 진행된다면, 명세서 제출 양식 중 배출활동별 배출량 자료에서 투입 탄산염 및 비탄산염 원료별 배출량, CKD 배출량 등의 확보가 가능하므로, 작성 등급 중 최고 수준인 Tier 3 등급으로 전환도 가능할 것으로 예상된다. Tier 3 등급으로 산정하는 경우에는 2006 IPCC GL에서 권고하는 바와 같이, 광업제조업동향조사 등을 통해 확보된 Tier 2 등급 산정 결과자료를 병행·수록하여 제출하는 방법이 신뢰성 및 국제 비교성 제고 차원에서 가장 이상적인 것으로 판단된다.

40) 광산물생산량현황은 광업권자가 매월 시군구에 제출하는 조사표 내용을 시도를 거쳐 산업통상자원부로 보고되고 있다. 주요 조사항목은 광산물 생산 및 수출입 실적 등인데, 5개 광종(석회석, 규석, 규사, 납석, 장석)은 용도별 판매 구성비, 수요처, 광산 노무 및 임금 현황 등을 보고하고 있다.



〈표 1-18〉 광산물생산량현황 중 생산 및 처분 상황 조사항목

생산상황	광종	채굴량	품위	처리 광량	정광량 ⁴¹⁾		품위	함유량	실수율 ⁴²⁾
					종별	수량			
...
처분상황	광산물	품위	생산단가	판매량	단가	판매액	판매처	월말 재고량	산원역 ⁴³⁾
...

〈표 1-19〉 광산물생산량현황 통계표 예시(석회석 및 백운석 용도별 판매량)

(단위 : 톤)

구분		2005년 ⁴⁴⁾	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
합계	석회석	76,112,000	76,268,527	82,434,883	82,343,827	78,186,637	79,322,359
	백운석	2,205,000	2,168,892	2,395,539	2,281,363	2,253,091	2,393,251
농업	석회석	-	190,962	159,546	97,769	578,807	155,923
	백운석	-	43,869	23,369	18,956	165,178	358,598
요업	석회석	-	157,165	356,509	326,104	1,519,188	612,971
	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	1,804,754
	백운석	467,000	328,763	347,139	135,694	174,320	227,566
건설	석회석	1,023,000	865,253	1,222,984	940,890	813,399	1,155,494
	백운석	235,000	682,116	390,636	517,006	184,200	407,531
시멘트	석회석	61,343,000	62,211,886	6,7192,719	66,468,706	62,349,113	62,350,020
	백운석	-	-	65,850	56,762	263,337	42,018
발전탈황	석회석	-	691,483	902,212	664,266	568,723	843,646
환경	석회석	-	451,366	170,853	330,922	418,637	81,735
	백운석	-	5,498	-	-	24,473	-
중탄	석회석	-	1,419,129	1,461,431	1,680,082	613,648	1,683,500
	백운석	-	-	-	-	-	9,729
유리	석회석	-	296,009	281,706	417,430	267,212	349,576
	백운석	-	330,805	239,035	251,703	253,380	224,087
제철	석회석	8,181,000	7,456,624	8,036,496	8,774,596	7,796,841	9,438,029
	백운석	812,000	519,839	676,127	723,420	787,500	663,622
분체	석회석	-	314,282	282,492	356,076	60,755	308,844
	백운석	-	30	152,192	79,572	-	100,003
제당	석회석	-	76,226	75,538	66,944	58,212	103,906
기타	석회석	2,224,000	953,157	612,622	536,110	517,886	433,961
	백운석	691,000	201,913	439,188	444,482	340,374	360,097

41) 정광은 선광을 통해 얻어진 높은 품도의 광물을 말하며, 제련 원료 또는 공업 원료로 직접 사용할 수 있을 정도로 품위가 높아진 광석이다.

42) 실수율은 원광 중의 유용 광물의 성분이 정광 산물 중에 얼마나 회수되었는가를 중량 백분율로 나타내는 것을 말한다(광물자원용어사전, 2010.12, 한국광물자원공사).

43) 재고량 중 광산물이 출하 장소에 적치되어 있는 물량을 역두량으로 구분하고, 나머지 재고량을 산원량으로 기입한다(생산탄관리규정, 2009.9, 대한석탄공사).

3. 석회 생산(Lime Production)

가. 2006 IPCC 지침

1) 배출원

석회(Lime) 생산을 위해 석회석 및 백운석 등의 탄산염을 고온의 킬른에서 소성하는 공정에서 발생한 부산물인 CO₂ 배출량을 산정한다. 공정에 사용되는 킬른은 여러 형태가 있으나 일반적으로 회전로와 수직로가 주로 이용된다. 석회 생산 공정에서도 LKD(Lime Kiln Dust)가 배출되므로 보정계수를 적용하여 산정하지만, 회전로에 비해 수직로는 LKD가 적게 배출되므로 보정계수를 적용하지 않으며, CKD와 달리 킬른에 재활용되지는 않는다.

석회는 원료로 사용된 탄산염에 따라 생석회(CaO), 고토석회(CaOMgO), 수경성석회(CaOSiO₂(규산석회) 또는 CaOAlO₃(알루미늄산석회))로 구분되며, 생석회를 물과 반응시켜 소석회(Ca(OH)₂, 수산화칼슘)를 생산한다. 석회는 다양한 용도로 사용되고 있으며, 시멘트, 제강, 화학, 건설, 펄프 및 종이, 환경(폐수 처리, 연수, 토질 안정, 소독 등), 제당 등이 대표적인 사용 부문이다.

한편, 소석회 등이 사용되는 과정에서 CO₂와 반응하여 탄산칼슘으로 재탄산염화를 가져올 수 있는데, 타당성에 대한 검증이 가능한 경우에는 흡수원으로써 IPPU의 2H(기타) 부문에서 산정한다.⁴⁵⁾

2) 산정방법

Tier 1 등급은 국가 수준에서 산정된 석회 생산량과 기본 배출계수 값에 기초하여 산정하며, 가능한 석회 종류별 생산량을 적용하는 것을 권고하고, LKD 발생량은 고려하지 않는다. 석회 종류별 생산량 자료를 수집할 수 없는 경우에는 고탄슥 석회 85%와 고토석회 15% 비율로 산정한다.

Tier 2 등급은 석회 종류별 생산량과 각각의 배출계수를 적용하며, 수화석회⁴⁶⁾ 비율과 LKD 보정계수를 적용하여 산정한다. LKD 보정계수는 킬른 종류 및 원료인 탄산염

44) 2005년은 상세 용도별 자료가 제공되지 않았으며, 백운석은 2005년 이후 발전 탈황, 중탄(중질탄산칼슘), 제당 용도로는 사용되지 않았다.

45) 소석회를 이용한 CO₂ 포집 및 재활용 기술들이 개발 및 실용화되고 있는데, 2012년 8월에 인천시와 인천환경공단 후원으로 (주)대우건설과 극동환경화학(주)이 이산화탄소 포집 및 재활용 기술공법에 성공한 사례가 보도된 바 있다(2012.8, 서울경제).

46) 수화석회에는 생석회가 재료인 Ca(OH)₂(수산화칼슘, 소석회)와 고토석회가 재료인 Ca(OH)₂Mg(OH)₂(수산화칼슘마그네슘)으로 구분된다.



성분에 따라 차이가 있으며, 관련 자료가 확보되지 않은 경우에는 기본 값인 1.02를 적용한다.⁴⁷⁾ 수화석회 보정계수는 생산된 석회 중 수화석회 비율 및 평균 수분 함유율을 곱하여 산정하는데, IPCC GL 기본 보정계수는 고칼슘석회 생산량 중 10%가 수화석회 생산에 사용되고, 수화석회의 평균 수분 함유율을 28%로 가정하여 0.97을 적용한다.

$$\text{수화석회 보정계수} = 1 - \text{수화석회 비율}[\text{소석회 등 수화석회 생산량} \div \text{생석회 및 고토석회 생산량}] \times \text{평균 수분 함유율(IPCC 기본 값 0.25)}$$

Tier 3 등급은 석회 생산에 투입된 탄산염별 배출량에서 LKD 중 비소성된 탄산염별 배출량을 공제하여 산정하는데, 각각의 배출량 산정과정에서 소성 비율을 적용하도록 규정하고 있다.

〈표 1-20〉 석회 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식

Tier 1	석회 종류별 생산량 적용
<p>▶ 배출량 = 석회 종류별 생산량 × 기본 배출계수1</p>	
Tier 2	석회 종류별 생산량 적용(수화석회 및 LKD 비율 보정)
<p>▶ 배출량 = 석회 종류별 생산량 × 배출계수2 × LKD 보정계수 × 수화석회 보정계수</p>	
Tier 3	투입 탄산염 적용
<p>▶ 배출량 = 탄산염별 투입량 × 배출계수3 × 소성 비율 - LKD 발생량 × 탄산염별 비율 × (1 - 소성 비율) × 비소성 탄산염별 배출계수4</p>	
<p>▶ 단위(Unit)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배출량: 톤 CO₂ ○ 배출계수1·2: 톤 CO₂/톤 석회 ○ 배출계수3·4: 톤 CO₂/톤 탄산염 ○ 석회 종류별 생산량(톤), 탄산염 투입량(톤), LKD 발생량(톤) 	

47) 전형적인 고칼슘석회 LKD는 함유량 75%의 산화칼슘과 비소성 탄산염을 50:50 비율로 포함하며, 사용된 연료 성분에 따라 실리카, 알루미늄, 산화철, 황 등 불순물도 일부 포함하는 것으로 보고하고 있다(2006 IPCC GL).

3) 배출계수

Tier 1 등급 배출계수는 화학량 비율에 따라 산정하는데, 투입 탄산염 100% 소성, LKD 0% 배출, 석회 생산량 중 고칼슘석회 85% 및 고토석회 15% 비율 등을 가정하여 산정된 배출계수 값 0.75(톤 CO₂/톤 석회 생산량)를 전체 석회 생산량에 적용한다. 화학량에 기초한 계산 과정을 살펴보면, CaO 1톤은 0.785톤의 CO₂를 배출하며, 고칼슘석회 1톤의 평균 CaO 함유량은 95%로 가정한다. 또한, CaOMgO 1톤은 0.913톤의 CO₂를 배출하고, 고토석회 1톤의 평균 CaOMgO 함유량은 85~95%로 가정하여, 이들의 가중평균을 통해 배출계수 값을 산정하고 있다.

Tier 2 등급 배출계수는 생산된 석회 종류별 국가 고유 배출계수를 각각 적용하며, 석회 종류별 화학량 비율, CaO 및 CaOMgO 함유량에 대한 자료를 근거로 산출한다.

Tier 3 등급 배출계수는 사업체 단위에서 실제 사용된 원료인 탄산염별 배출계수와 LKD에 포함된 비소성 탄산염별 배출계수 자료에 근거하여 산출한다.

〈표 1-21〉 석회 생산 부문 CO₂ 배출계수

Tier 1 기본 배출계수 적용			
<ul style="list-style-type: none"> 기본 배출계수(개발도상국) = 85% × 고칼슘석회 배출계수 + 15% × 고토석회 배출계수 = 0.75톤 CO₂/톤 석회 			
$0.85 \times 0.75(=0.785 \times 0.95) + 0.15 \times 0.77(=0.913 \times 0.85)$			
<ul style="list-style-type: none"> 고칼슘석회 및 고토석회 배출계수 = 화학량 비율 × 기본 함유량 2006 IPCC GL 기본 입력변수 값 			
종류	화학량 비율 (톤 CO ₂ /톤 CaO, CaOMgO)	CaO, CaOMgO ⁴⁸⁾ 기본 함유량	기본 배출계수 (톤 CO ₂ /톤 석회)
고칼슘 석회	0.785	0.95	0.75
고토 석회	0.913	0.85~0.95	0.77~0.86
수경성 석회	0.785	0.75	0.59
Tier 2 석회 종류별 국가 고유 배출계수 적용			
<ul style="list-style-type: none"> 생석회(고토석회, 수경성석회) 배출계수 = 생석회(고토석회, 수경성석회) 화학량 비율 × CaO(MgOCaO) 함유량 			
Tier 3 실제 사용된 탄산염과 LKD에 포함된 비소성 탄산염 배출계수를 산정하여 적용			



4) 활동자료

석회생산 부문 활동자료 수집과정에서 중요한 고려 사항은 사업체가 석회를 자체 생산하여 중간재로써 소비하고, 시장 출하가 없는 경우에 해당 부분 생산량이 누락될 수 있다는 부분이다. 특히, 석회를 중간재로써 대규모 소비하는 철강 및 비철금속·제지·제당·환경 산업 등에서 자체 생산·소비한 석회에 대한 자료수집에 유의해야 한다.

Tier 1 등급은 석회 종류별 생산량 자료가 요청되지만, 구분 자료가 확보되지 않은 경우에는 전체 생산량을 대상으로 고칼슘 석회 85%와 고토석회 15% 비율을 적용하여 산정한다. Tier 2 등급은 석회 종류별 생산량과 수화석회 생산량 및 LKD 보정계수에 대한 자료가 요청되며, 시멘트 클링커 생산에서와 같이 비탄산염에서 파생한 CaO 생산량은 제외되어야 한다. 또한, LKD 보정계수 개발을 위한 배출량·탄산염 비율·소성 비율에 관한 자료도 필요하다. 다만, 석회 종류별 생산량은 수화석회 생산을 위한 재투입 공정 전·후에 따라 차이가 있는데, 재투입 이전에 파악된 경우에는 수화석회 생산량은 필요하지 않다.

Tier 3 등급은 사업체 단위에서 석회 생산에 투입된 탄산염별 투입량·소성 비율 자료와 LKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율에 관한 자료가 요청된다.

〈표 1-22〉 석회 생산 부문 CO₂ 활동자료

Tier 1	석회 종류별 생산량 적용
	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 고칼슘석회, 고토석회, 수경성석회 종류별 생산량
Tier 2	석회 종류별 생산량 적용(수화석회 및 LKD 비율 보정)
	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 석회 종류별 생산량, 비탄산염별 파생 석회 생산량 ▣ 수화석회 생산량⁴⁹⁾ ▣ LKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율
Tier 3	사업체 단위 투입 탄산염 적용
	<ul style="list-style-type: none"> ▣ 투입 탄산염별 투입량·소성 비율 ▣ LKD 배출량·탄산염 비율·소성 비율

48) 고토석회 CaOMgO 함유량은 기술 수준이 우수한 선진국을 높게(0.95), 개발도상국을 낮게(0.85) 가정하므로, 기본 배출계수도 선진국은 0.86에 가깝게, 개발도상국은 0.77에 가깝게 적용한다.

49) 석회 종류별 생산량에 수화석회 생산을 위한 재투입 물량을 포함하여 산정한 경우에는 수화석회 생산량은 제외 가능하다.

나. 배출통계 작성 현황

1) 2012년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(1996 GL, GPG 2000 기준)

석회 생산을 위해 석회석 및 백운석을 소성하는 공정 중에 발생하는 CO₂ 배출량을 산정하며, IPCC GPG 2000 지침서에 따라 생석회와 백운석을 구분하여 각각의 배출계수를 적용하고, 수정생석회는 산정하지 않는다. 활동자료는 한국석회석가공업협동조합의 59개 회원사 자료를 활용하여 왔으나, 협회를 통한 자료 제공에 어려움이 발생하여 2009년 이후에는 동일한 석회 생산량 자료를 적용하고 있다.⁵⁰⁾

<표 1-23> GPG 2000 기준 석회 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식

<p>▣ 배출량 = 배출계수 × 생석회 및 백운석 생산량⁵¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배출량 : 톤 CO₂ ○ 활동자료 : 생석회 및 백운석 생산량(톤) ○ 배출계수 : 톤 CO₂/톤 생석회, 백운석 생산량 	
생석회 배출계수	백운석 배출계수
0.785	0.913

2) 2012년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침(2006 GL 기준)

산정방법은 Tier 1 등급에 따르며, 고갈습석회 85%와 고토석회 15% 비율을 적용한다. 활동자료는 한국석회석가공업협동조합의 회원사별 생산 및 판매 현황 자료를 사용한다. 석회 생산량에 대한 시도별 적절한 기초자료가 부재한 경우에는 광산물생산량현황조사의 업체별 탄산염 매입량 자료를 사용하되, 전체 물량이 석회생산에 사용된 것으로 가정하고 추정한다. 배출계수는 Tier 1 등급의 0.75(톤 CO₂/톤 석회)를 원칙으로 적용하되, Tier 3 등급 활동자료인 투입 탄산염 물량을 사용한 경우에는 <표 1-10>에서 제시한 탄산염별 배출계수 값을 각각 적용하여 산정한다.

50) NIR 보고서는 한국석회석가공업협동조합에서 제공받은 활동자료를 사용하고 있으나, 회원사 가입 현황을 고려하면, 전체 생산량의 약 75% 수준에서 산정되고 있는 것으로 나타났으므로, 포괄범위에서 대표성이 낮고, 결과적으로 온실가스 배출량도 과소 산정되고 있는 것으로 파악되었다(산업공정 부문 국가 온실가스 인벤토리 활동자료 개선 방안 연구, 2012년, 통계개발원).

51) 백운석의 CO₂ 배출계수 값은 0.47732이므로, NIR 보고서의 백운석은 고토석회(경소 백운석)의 오류로 판단된다.

〈표 1-24〉 지자체 석회 생산 부문 CO₂ 배출량 산정방법

- ▶ 산정방법 : Tier 1(원칙), Tier 3(선택)
- ▶ 배출계수 : Tier 1 중 개발도상국 기본 배출계수(원칙), 탄산염 배출계수(선택)
- ▶ 활동자료 : 석회 종류별 생산량, 석회 전체 생산량, 탄산염별 투입량

다. 2006 IPCC GL 이행방안

1) 산정 등급별 적용 가능성 검토

Tier 1 등급은 석회 전체 생산량과 2006 IPCC GL이 제시한 석회 종류별 비율 값(고칼슘석회 85%, 고토석회 15%) 및 기본 배출계수를 적용하여 산정한다면, 광업제조업동향조사의 석회 생산량 자료를 이용하여 산정 가능하다. 한편, 현행 NIR에서 적용 중인 한국석회석가공협동조합 제공 자료는 세분 자료 파악은 가능하지만 소속 회원사만을 대상으로 수집되고 있으므로 대표성이 낮을 뿐더러, 2009년 이후에는 회원사들의 협조 부족으로 자료 자체가 제공되지 않고 있어, 조속한 자료원 대체가 요청되고 있다. 석회 종류별 생산량 중 수경성석회는^{52),53)} 국내 생산·소비 물량이 미미한 영향으로 기초 현황 자료가 전혀 확보되지 않고 있으며, NIR 작성체계에서도 제외하고 있다.

〈표 1-25〉 석회 생산량 현황

(단위 : %, %p)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년 ⁵⁴⁾	2010년
NIR(A)	147.1	142.6	177.7	172.5	225.8	74.2
KOSTAT(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
비율(A/B)	47.1	42.6	77.7	72.5	125.8	-

- 52) 수경성석회는 저품위 석회석을 원료로 생산하며, 최근에 친환경 건축자료로써 재평가 받고는 있으나, 아직까지는 소규모로 생산하여 건축 도장재료에 주로 사용되고 있는 실정이므로, 전체 석회 생산량에서 차지하는 비중은 극히 적다고 볼 수 있다.
- 53) 이전까지 토목 및 건축 부문에서 중요하게 사용되었던 수경성석회 생산은 1824년에 포틀랜드 시멘트가 발명되면서 급격하게 감소하였다(우리나라 석회석산업 현황과 저탄소 그린산업 육성 기술개발 동향, 2011.10, 이구중 한국석회석가공협동조합 고문).
- 54) KOSTAT 시계열 중 2009년과 2010년의 현격한 생산량 차이는 광업제조업동향조사에서 2009년까지 생석회를 지역품목으로 선정하여 충북 및 강원 지역에서만 조사하였으나, 2010년 이후에는 전수 품목으로 조사한 영향이다. 생석회 포괄범위는 소석회를 제외한 고토석회를 포함하고 있다.

Tier 2 등급은 석회 종류별 생산량 이외에 수화석회(소석회 등) 생산량 및 LKD 발생량 자료 등이 요청되는데, 수화석회 생산과정에서 추가적인 CO₂가 배출되지는 않는다. 이를 감안한다면, 광업제조업동향조사는 재투입 물량까지 포함한 석회 생산량을 조사하고 있으므로, 수화석회 생산량 자료를 고려할 필요는 없다.⁵⁵⁾ 이에 반해, 한국석회석자가공업동조합 회원사 자료는 최종 판매 재화 기준으로 집계되고 있으므로 소석회 생산량에 수화석회 보정계수를 적용하여 산정해야 하는데, 국가 고유 수화석회 비율 및 LKD 보정계수 자료가 부재하므로, 2006 IPCC 지침서의 기본 수화석회 비율(0.97)과 LKD 보정계수(1.02)를 적용하여 산정하는 수밖에 없다. 한편, 광업제조업조사는 생석회, 소석회, 기타 석회를 구분하여 조사하고 있으나, 조사 특성상 금액 기준 자료이며, 석회 생산 사업체가 자체 소비하는 물량은 제외하고 있으므로 직접적인 활용에는 무리가 있다.⁵⁶⁾ 또한, Tier 1 및 Tier 2 등급에서 요청하는 석회 종류별 생산량 자료 중 수경성석회는 아직까지 국내에서 파악된 관련 자료가 없으므로 산정할 수 없는 상황이다.

Tier 3 등급은 석회 생산 사업체별 실제 탄산염 투입량·소성비율, LKD 발생량·탄산염별 비율·소성비율 등의 활동자료 구축이 필요하며, 관련 배출계수 개발도 따라야 가능하므로, 단기간에 현실적인 이행방안을 찾기에는 어려움이 있다.

한편, 석회 생산 부문은 중소 규모 사업체가 많아, 목표관리제 명세서 제출자료를 직접적인 국가 온실가스 배출통계 작성을 위한 활동자료로 활용하는 것은 어렵지만, 명세서 자료에서 확인된 CaO 함유량 등을 국가 고유 배출계수 개발용 기초자료로 사용하는 것은 충분히 가능할 것으로 예상된다.

2) 발전 방안

Tier 1 등급은 광업제조업동향조사에서 석회 품목을 생석회, 고토석회, 수경성석회로 구분하여 파악하면, 현행 NIR이 적용하고 있는 협회자료를 대체하여 완전성을 높이고, 보다 안정적인 체계에서 배출량 산정이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 수경성석회는 아직까지 자료 확보에 대한 관심이 낮은 상황이지만, 국내에서 생산 및 소비 현황이 부분적으로 확인되고 있으므로 관련 자료 확보가 요청된다. 즉, 관세청 무역통계 수출입 자료에 따르면, 석회 산업이 전형적인 내수산업임에도 2007년 이후 매년 2~5톤의 수출 물량이 보고되고 있으며, 2011년~2012년에는 약 130톤 수준의 수입 물량도 파악되고 있음을 고려한다면, 국내 수경성석회의 생산 활동을 간과할 수는 없을 것으로 판단된다.

55) 소석회가 조사 품목으로 선정된 경우를 가정하면, A공장에서 생석회 100톤을 생산하고 그 중 20톤을 추가 가공하여 21톤의 소석회로 최종 생산한 경우, 2006 IPCC GL에 따른 생산량은 생석회 80톤, 소석회 21톤으로 계산되지만, 광업제조업동향조사는 생석회 100톤, 소석회 21톤으로 조사한다.

56) 2011년 기준 광업제조업조사에서 석회 생산 사업체는 생석회 19개, 소석회 10개, 기타 석회 12개로 조사되었으며, 생산액은 생석회 307,224백만원, 소석회 50,079백만원, 기타 석회 57,366백만원으로 나타났다.



〈표 1-26〉 관세청 수경성석회 수출입량 현황

(단위 : 톤)

구분	2005년	2007년 ⁵⁷⁾	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
수출량	-	2	2	3	5	2	3
수입량	168	-	-	3	-	130	138

한편, Tier 2 등급의 배출계수에서 고토석회는 개발도상국 기준을 적용하여 낮은 배출계수 값을 적용할 수 있으나, 생석회는 고칼슘석회에 해당하는 공통 함유량인 CaO 95%를 적용한 기본 배출계수를 적용하여 상대적으로 높은 배출계수 값이 적용하게 되어 개선이 요청된다. 즉, 생석회는 수요자 요청에 따라 CaO 함유량을 조정하여 생산하는 경우가 많은데, 국내 생산 생석회 중 CaO 함유량 95% 이상을 필요로 하는 수요 부문은 제강용 일부를 제외하면 많지 않으며, 주요 소비 부문인 화학·건축·환경 부문 등은 90% 이하 함유량 제품을 사용하는 것으로 알려지고 있다. 이에 대한 해결책은 국가 고유 CaO 함유량을 사용한 배출계수를 별도로 개발하거나, 광업제조업동향조사에서 생석회 생산량을 CaO 함유량 95%에 맞춰 환산·조사하는 방안이 현실적인 대안일 것으로 판단된다.⁵⁸⁾ 또한, 앞서, 클링커 생산 사례에서와 같이, 광업제조업동향조사에서 원재료 투입량 조사가 실시된다면, 국가 고유 배출계수 개발 및 주기적인 갱신도 가능할 것으로 예상되며, LKD 보정계수와 관련한 발생량 및 탄산염별 비율 자료는 별도의 표본조사 등에 의한 국가 고유 값 개발이 필요한 것으로 판단된다.

Tier 3 등급은 개별 사업체 수준에서 원재료인 탄산염 및 비탄산염 투입 물량, LKD 보정계수와 관련된 기초자료 등이 요청되는데, 다수의 생산 사업체가 다양한 규모로 분포 중인 국내 조업상황을 고려한다면, 현실적인 적용방안 마련에는 한계가 있으며, Tier 2 등급 수준에서 완전성과 정확성을 높이는 이행방안이 더욱 적절할 것으로 판단된다.

57) 2006년은 수출입 물량이 없었던 것으로 나타났다. 한편, 석회 부문은 대표적인 내수 산업으로 분류되고 있는데, 광업제조업동향조사 2011년 자료에 따르면, 국내에서 생산된 생석회 중 수출 물량은 3.5천톤으로 전체 생산량의 0.1% 수준이며, 같은 연도 무역통계 수입 물량은 130천톤으로 국내 생산량의 6.5% 수준으로 파악되었다.

58) 광업제조업동향조사에서 광업 부문은 품위를 고려하여 환산한 생산량으로 조사하고 있다. 품위 기준은 철광석 Fe 56%, 석회석 CaO 50%, 무연탄 4,800~5,000cal 등으로 구분하고 있다.

4. 유리 생산(Glass Production)

가. 2006 IPCC 지침

1) 배출원

유리산업은 크게 유리용기, 판유리, 유리섬유, 특수유리 등의 4개 유형으로 구분되는데, 대부분의 유리 제품은 이산화 규소(SiO_2), 소다(Na_2O), 석회(CaO) 성분이 많으며, 유리 종류에 따라, 소량의 알루미늄, 인산염, 바륨, 납, 칼륨 등이 포함된다.⁵⁹⁾ 유리섬유와 유사한 형태인 암면(Mineral Wool)⁶⁰⁾ 생산은 광물산업 기타 부문인 2.A.5에서 산정한다.

유리 생산에서 온실가스 배출원은 주요 원재료 탄산염인 석회석, 백운석 등과 보조재료 탄산염인 탄산바륨(BaCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3), 골회,⁶¹⁾ 탄산스트론튬(SrCO_3) 등이 용해로에서 용해되는 공정 중에 발생하는 CO_2 배출량을 산정한다. 유리제품 재활용 혹은 유리제조 공정에서 발생한 파유리(Cullet, 波琉璃)를⁶²⁾ 회수하여 원재료로 사용한 경우에는 CO_2 가 발생하지 않는다.

2) 산정방법

Tier 1 등급은 투입 탄산염 및 유리 유형별 생산량 자료의 확보가 어려운 경우에 적용하며, 국가 전체 유리 생산량에 지침서가 제시한 기본 배출계수 및 파유리 비율을 적용하여 배출량을 산정한다.

Tier 2 등급은 유리 유형별로 접근하며, 유형별 생산량 자료 · 기본 배출계수 · 파유리 투입 비율 자료를 적용하여 배출량을 산정한다.

Tier 3 등급은 유리 용해로에 투입되는 원재료 탄산염별 소비량 및 배출계수를 적용하고, 탄산염별 소성 비율도 고려하여 산정한다. 소성 비율 자료가 확보되지 않은 경우

59) 유리는 일반적으로 규산염 유리(나트륨석회유리, 칼륨석회유리, 납유리, 바륨유리, 규산유리), 붕규산 유리(파이렉스유리, 알루미늄유리), 인산염 유리로 구분한다(광업제조업동향조사 품목해설서, 2005)

60) 암면은 인공 무기섬유의 일종으로 안산암, 현무암 등의 암석이나 니켈 · 망간 광재(슬래그) 등의 혼합물에 석회석을 섞은 것을 원료로 하고, 전기로에서 1,500~1,700°C의 고열로 용융하여 노(爐) 하부 노즐에서 흘러나온 것을 압축공기로 세게 불어서 만든다(광업제조업동향조사 품목해설서, 2005).

61) 골회(Bone Ash)는 소뼈를 태워 만든 가루를 말하며, 주요 성분은 인산칼슘과 탄산칼슘으로 구성된다.

62) 파유리는 유리원료로써 재활용되는 파쇄유리를 총칭하는데, 유리원료를 용융할 때에는 용융하고자 하는 유리와 같은 종류의 파유리를 항상 일정량(보통 유리원료의 20~50%) 만큼 혼합하여 사용하게 된다. 파유리는 시중에서 사용 후 폐기되어 분별 회수되는 회수 파유리와 공장에서 공정 중에 발생하는 순환 파유리로 구분한다(광물자원용어사전, 한국광물자원공사, 2010)



에는 100%로 가정하여 산정할 수 있으며, 투입 원재료 탄산염이 배출원이므로 CO₂ 발생이 없는 파유리 투입량은 제외한다.

〈표 1-27〉 유리 생산 부문 CO₂ 배출량 산정식

Tier 1	유리 전체 생산량 접근
▶	배출량 = 유리 전체 생산량 × 기본 배출계수1 × (1 - 파유리 비율)
Tier 2	유리 유형별 생산량 접근
▶	배출량 = 유리 유형별 생산량 × 유형별 배출계수2 × (1 - 유형별 파유리 비율)
Tier 3	투입 탄산염별 접근
▶	배출량 = 투입 탄산염별 소비량 × 탄산염별 배출계수3 × 탄산염별 소성 비율
▶	단위(Unit)
○	배출량: 톤 CO ₂
○	배출계수1·2·3: 톤 CO ₂ /톤 유리
○	유리 전체 생산량, 유리 유형별 생산량, 투입 탄산염별 소비량: 톤

3) 배출계수

Tier 1 등급 배출계수는 원재료 투입량 비율로써 모래 56.2%, 장석 5.3%, 백운석 9.8%, 석회석 8.6%, 소다회 20.0%를 적용하고, 공정을 통해 원재료 1톤당 0.84톤의 유리가 생산되며, 0.167톤의 CO₂가 부산물로 배출되는 것으로 가정하여 계산한 0.2(톤 CO₂/톤 유리)를 적용한다. 파유리 비율 기본 값은 50%를 가정한다.

$$\text{유리 생산 기본 배출계수} = 0.167\text{톤 CO}_2 \div 0.84\text{톤 유리} = 0.2\text{톤 CO}_2/\text{톤 유리}$$

Tier 2 등급 배출계수는 유리 유형별 국가 고유 배출계수를 개발하여 적용하는 것이 바람직하지만, 지침서는 대안으로써 유형별 전형적인 배출계수 및 파유리 비율을 제시하고 있다. 파유리 비율은 국가 간 차이가 많아, 제시된 유형별 구간 폭이 넓으므로, 지침서는 중앙값을 적용하는 것을 우수실행(Good Practice)으로 권고하고 있다.

〈표 1-28〉 유리제품 기본 배출계수 및 기본 파유리 비율

유리 유형	CO ₂ 배출계수 (kg CO ₂ /kg 유리)	파유리 비율	
			중앙값
플로트 유리	0.21	10% ~ 25%	17.5%
유리용기(납유리)		30% ~ 60%	45.0%
유리용기(착색유리)		30% ~ 80%	55.0%
유리섬유(E-glass)	0.19	0% ~ 15%	7.5%
유리섬유(단열재)	0.25	10% ~ 50%	30.0%
특수유리(TV Panel)	0.18	20% ~ 75%	47.5%
특수유리(TV Funnel)	0.13	20% ~ 70%	45.0%
특수유리(식기)	0.10	20% ~ 60%	40.0%
특수유리(실험용/약병)	0.03	30% ~ 75%	52.5%
특수유리(조명용)	0.20	40% ~ 70%	55.0%

Tier 3 등급 배출계수는 유리생산 사업체별로 용해로에서 소비되는 실제 투입된 탄산염 자료에 기초하여 적용한다.

4) 활동자료

Tier 1 등급은 국가 전체 유리 생산량과 파유리 투입 비율자료가 요청된다.

Tier 2등급은 지침서가 제시하고 있는 10종의 유리 유형별 생산량과 파유리 투입 비율 자료가 요청되는데, 유리 유형별 생산량 자료는 배출계수 적용을 위해 무게(톤) 단위로 통일되어 확보되어야 한다.

Tier 3등급은 사업체별 유리생산에 소비된 각종 탄산염별 투입량과 소성 비율 자료가 요청된다.

한편, 지침서는 활동자료 완전성과 관련하여 소규모 유리 생산시설인 공예유리, 특수 유리 생산 사업체의 누락방지를 위한 대응방안 마련을 요청하고 있으며, 시멘트 클링커 및 석회 생산 부문에서 요구했던 공정 중에 발생하는 탄산염 손실량의 영향은 비교적 적은 것으로 간주하여 제외하도록 규정하고 있다.

〈표 1-29〉 유리 생산 부문 CO₂ 활동자료

Tier 1	유리 전체 생산량 접근
▶ 유리 전체 생산량 및 파유리 투입 비율	
Tier 2	유리 유형별 생산량 접근
▶ 유리 유형별 생산량 및 파유리 투입 비율	
Tier 3	투입 탄산염별 접근
▶ 사업체별 투입 탄산염 소비량 및 소성 비율	

나. 배출통계 작성 현황

1) 2012년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(1996 GL 기준)

유리생산은 광물생산(2.A) 부문 중에 기타 생산 세부 부문으로 분류하고, 간접 온실가스인 NMVOC 배출량만 산정하도록 규정하고 있다. 이런 영향으로 2012년 NIR 보고서 및 MRV 지침에서도 관련 배출량 산정 내용 및 작성방법에 대한 설명자료를 별도로 제시하지는 않고 있으며, 내부 지침에 따라 CRF 보고서에서만 해당 온실가스 배출량을 보고하고 있다. 활동자료는 광업제조업동향조사 판유리 생산량을 사용하며, 배출계수는 1996 IPCC GL에서 제시하는 기본 값을 적용한다.

〈표 1-30〉 1996 GL 기준 유리 생산 부문 NMVOC 배출량 산정식

<p>▶ 배출량 = 배출계수 × 판유리 생산량</p> <p>○ 배출량 : 톤 NMVOC</p> <p>○ 활동자료 : 판유리 생산량(톤)</p> <p>○ 배출계수 : 톤 NMVOC/톤 판유리 생산량</p>
<hr/> 판유리 배출계수 <hr/>
<hr/> 0.00045 <hr/>

2) 2012년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침(2006 GL 기준)

산정방법은 Tier 2 등급의 유리 유형별 생산량 및 배출계수를 적용하는데, 대안으로써 한국유리공업협동조합이 제공하는 유리 총생산량 자료 혹은 금융감독원 전자공시시스템의 지역 업체 공시자료 등을 활동자료로 활용하고, 2006 IPCC GL에서 제시하는 기본 배출계수 값 및 재활용 유리 비율 값(50%)을 적용한다.

〈표 1-31〉 지자체 탄산염 기타 공정 사용 부문 CO₂ 배출량 산정방법

- ▶ 산정방법 : Tier 2(원칙), Tier 1(선택)
- ▶ 배출계수 : Tier 2(원칙), Tier 1(선택, 0.2톤 CO₂/톤 유리 생산량)
- ▶ 활동자료 : 유리 유형별 생산량(원칙), 유리 총생산량(선택)

다. 2006 IPCC GL 이행방안

1) 산정 등급별 적용 가능성 검토

유리 제품은 다양한 형태 및 규격(톤, m², 개, 장 등)으로 생산되고 있으므로, 2006 IPCC GL이 요구하는 10개 유형별 무게 톤으로 환산된 활동자료를 확보하기에는 많은 어려움이 있다. 유리 유형별 파유리 투입 비율 자료도 재활용지정사업자 재활용 실적 통계에서⁶³⁾ 공표 중인 유리용기 부분을 제외하면 확보된 자료는 없는 실정인데, 2008~2010년 기준으로 유리용기 재활용지정사업자의 폐유리 이용률은 72.4~75.0%로 보고되고 있으므로, 2006 IPCC GL이 제시한 중앙값(납 유리용기 45.0%, 착색 유리용기 55.0%)보다는 상당히 높은 수준인 것으로 확인된 바 있다.

63) 자원의절약과재활용촉진에관한법률 제23조(재활용지정사업자의 준수 사항)에 근거하여 작성하고 있는 재활용지정사업자 재활용실적 통계는 2003년에 국가 승인통계로 지정되어 한국환경공단이 작성하고 있다. 조사대상은 종이 제조업 중 연간 1만톤 이상 생산자, 유리용기 제조업 중 연간 2만톤 이상 생산자, 제철 및 제강업 중 조강 또는 선철 생산량 연간 10만톤 이상 생산자는 전수조사 대상으로 포함하고 있으며, 그 외 일반 사업자들을 포함하여 조사하고 있다. 유리용기 부문은 중점 관리대상 사업자 7개, 일반 사업자 7개로 구성되어 있다. 한편, 한국환경공단이 작성 중인 승인통계로써 폐기물 재활용 실적 및 업체현황에서 폐유리 재활용량, 판매량 등을 조사하고 있으나, 유리 생산공정에 파유리로 전량이 투입된다고 볼 수는 없다. 왜냐하면, 수거된 폐유리는 한국유리공업협동조합 등에서 재활용하고 있는데, 주요 용도가 유리병 이외에 레미콘·타일·벽돌·대리석 등의 원료로도 판매되고 있기 때문이다.



〈표 1-32〉 유리용기 재활용지정사업자의 재활용 실적

구분	(단위 : 톤, %)		
	2008년	2009년	2010년
유리 생산량	728,520	671,073	659,784
폐유리 이용량	528,791	485,679	495,146
이용률	72.6	72.4	75.0

한편, 국내 유리산업 관련 통계 현황을 살펴보면, 통계청 광업제조업동향조사에서 판유리 등 11개 품목, 광업제조업조사는 17개 품목을 조사하고 있으며, 관련 협회 자료로는 한국유리공업협동조합의 유리용기 생산량, 한국판유리산업협회의 판유리 생산량 자료가 활용 가능한 것으로 확인되었다. 광업제조업동향조사는 품목별로 전수·표본·지역 조사 품목이 혼재하고 있으나, 동일 연도 기준의 제품 생산액을 비교해 보면 전수조사인 광업제조업조사의 약 95% 수준에 해당하는 대표도를 나타내는 것으로 파악된다. 광업제조업조사는 연간조사로써 종사자 10인 이상의 전국 모든 사업체를 대상으로 전수조사하고 있으나, 최종 시장 출하 제품을 기준으로 조사하는 취약점이 있다. 한국유리공업협동조합 자료는 31개 회원사(유리용기 및 가정용 유리제품은 약 20개) 자료를 근거로 유리용기 관련 기초자료를 공시하고 있으나, 광업제조업조사에서 파악된 유리용기(36개) 및 가정용 유리제품(16개) 사업체와 비교하면, 가입 회원사가 적어 대표도는 비교적 낮은 것으로 판단된다. 한국판유리산업협회는 2개 판유리 제조 사업자를 대상으로 수집한 기초자료를 공시하고 있다.

이상에서 살펴본 기초자료 현황을 근거로 Tier 등급별 적용방안을 살펴보면, Tier 1, Tier 2 등급 모두에서 유리 생산량 확보를 위해서는 조사 단위 불일치 문제 해결이 가장 중요한 문제임을 알 수 있다. 2006 IPCC GL에서 요구하는 유리 유형별로 검토해 보면, 플로트유리 및 유리섬유(E-glass, 단열재) 제품은 광업제조업동향조사 및 관련 협회에서 톤 단위 규격에 맞춰 전수로 조사하고 있으므로, 적용과정에 문제가 없으며, 각종 판유리 가공제품(안전유리, 유리거울, 기타 판유리 가공품)들은 판유리를 구입하여 가공하는 품목이므로, 온실가스 배출통계 산정과정에서는 제외할 수 있다. 유리용기는 IPCC 지침서에서 납유리 및 착색유리로 구분하고 있으나, 배출계수를 동일 값으로 적용하고 있으며, 한국유리공업협회 및 광업제조업동향조사에서 제공하는 유리용기 자료가 톤 단위로 작성되면서, 유사한 시계열 물량 흐름을 보이고 있다. 다만, 이들 조사 자료들이 표본조사 자료인 점에서 대표도 보완이 요청되는데, 광업제조업동향조사 단가 자료를 이용하여, 광업제조업조사 생산액 자료를 톤 단위 물량으로 전환하는 방법이 현실적인 대안으로 검토 가능한 것으로 판단된다. 유리식기는 광업제조업동향조사에서만 표본으로

기초자료가 수집되고 있으므로, 해당 단가 자료를 이용하여 광업제조업조사 생산액 자료에 적용하는 방안이 적절한 것으로 판단된다. 실험용 약병은 국내에서 별도로 구분된 자료를 찾을 수 없으며, 관련 조사에서 유리용기로 포함·조사하고 있으므로, 배출계수 값 차이는 상대적으로 있으나 통합하여 산정할 수밖에 없을 것으로 판단된다. 조명용 특수유리도 생산량 자료가 부재하므로 광업제조업동향조사 유리용기 단가 자료를 활용하여 광업제조업조사의 전등용 유리 생산액 자료에 적용하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 특수유리 중 TV Panel(배전반) 및 Funnel(깔대기)은 광업제조업동향조사의 브라운관용 유리자료를 이용하여 산정할 수 있다. 한편, IPCC 지침이 누락하고 있으나 국내 생산량이 많은 ITO코팅유리 및 액정모니터유리는 광업제조업동향조사에서 톤 단위 생산량 자료를 부가적으로 조사하고, 배출계수는 평판유리 유사 계열인 플로트 유리와 동일한 값을 적용하는 것이 현실적일 것으로 판단되는데, 광업제조업동향조사에서 액정모니터유리는 전수로 조사되고 있으며, ITO코팅유리 및 브라운관용유리는 지역품목이지만 생산 사업체가 제한되어 있으므로, 실질적으로는 전수 조사되는 것으로 간주할 수 있다.

〈표 1-33〉 2011년 조사 기준 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 먼/솜(Glass wool)
35700	차량용 안전유리	m ²		강화/접합/열선 흡수 판유리
35800	백밀러	천개		차량용 백밀러, 롬미러
35900	건물용 안전유리	m ²	표본	강화/열선반사/접합/색시유/복층 유리
36009	브라운관용 유리	천개	지역	TV용, CRT용, 전자오락 기구용
36100	액정모니터유리	천장	전수	노트북/일반 컴퓨터용 액정모니터 유리
36209	ITO코팅유리 ⁶⁴⁾	백만원(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

64) ITO코팅유리(Indium tin oxide coating glass)는 산화인듐 주석막 유리를 말하며, 투명 전도막 위에 In₂O₃-SnO₂계 화합물을 코팅하여 전도성을 갖게 한 액정 디스플레이(LCD : Liquid Crystal Display) 기판용 유리를 말한다(2011년 조사 기준 광업제조업동향조사 품목해설서).



〈표 1-34〉 2011년 기준 광업제조업조사 유리산업 조사품목

품목부호	품목명칭	사업체 수(개)	생산액(백만원)
23110100	판유리	3	779,303
23121101	유리장섬유	8	210,425
23121102	유리단섬유	6	169,736
23121103	유리섬유제품(직물 제외)	24	193,388
23122101	차량용 안전유리	21	633,555
23122102	기타 안전유리	133	785,657
23122103	차량용 거울	19	460,749
23122104	유리거울(차량용 제외)	19	86,871
23122109	기타 판유리 가공품	50	195,116
23129101	브라운관용 유리	5	41,896
23129102	전등용 유리	10	23,670
23129103	LCD용 유리	25	7,734,004
23129104	ITO 코팅유리	5	178,729
23129109	기타 산업용 유리제품	21	120,263
23191100	가정용 유리제품	16	142,801
23192100	유리용기	36	597,262
23199109	기타 유리제품	14	37,196

이상의 방법을 통해, Tier 1 및 Tier 2 등급에서 요청하는 유리산업 전체 및 유형별 톤 단위 물량자료 확보는 가능하지만, 파유리 투입 비율 자료는 유리용기를 제외하고는 아직까지 파악된 자료가 없으므로, IPCC GL에서 제안한 유리 유형별 파유리 중앙값을 적용할 수 밖에 없을 것으로 판단된다.

〈표 1-35〉 유리용기 생산량

(단위 : 톤)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년 ⁶⁵⁾	2011년	2012년
한국유리공업협동조합	824	782	757	709	662	-	-	-
광업제조업동향조사	-	-	-	-	-	637	698	658

65) 한국유리공업협동조합 자료는 2009년까지 공시되었으며, 광업제조업동향조사는 2010년 기준 개편작업 결과자료만을 홈페이지에서 게시하고 있다.

Tier 3 등급은 사업체별 유리생산에 투입한 원재료 탄산염별 소비량 및 소성 비용 자료가 요청되는데, 아직까지 이들에 대한 구축된 기초자료가 부재하여 단기간에 적용을 바랄 수는 없을 것으로 판단된다. 특히, 원재료 탄산염 중 소다회 사용량이 파악된다면 2.A.4.b(소다회 기타 사용)에서 유리생산 부문을 공제한 배출량으로 보다 정확한 산정이 가능할 것으로 판단된다. 2012년에 선정된 목표관리제 관리업체 현황에서도 유리 부문은 대략 10여 개 업체만 등록되어 있으므로, 국가 차원에서 온실가스 배출통계 자료를 기대할 수는 없다. 다만, 이들 업체에서 자체 개발한 배출계수 및 파유리 투입 자료는 국가 고유 배출계수 개발을 위한 기초자료로써 적용은 가능할 전망이다.

〈표 1-36〉 IPCC, 광업제조업조사, 광업제조업동향조사 분류 연계표

IPCC 분류	광업제조업조사 품목	광업제조업동향조사 품목
플로트유리 ⁶⁶⁾	판유리, LCD용 유리, ITO 코팅 유리 * 차량용 안전유리, 기타 안전유리, 차량용 거울, 유리거울, 기타 판유리 가공품은 제외	판유리, LCD용 유리, ITO코팅 유리 * 차량용 안전유리, 백밀러, 건물용 안전유리 제외
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) ⁶⁷⁾	브라운관용 유리	브라운관용 유리
특수유리(TV Funnel)		
특수유리(식기)	가정용 유리제품	유리식기 및 주방용품
특수유리(실험용/약병)	기타 산업용 유리제품	-
특수유리(조명용)	전등용 유리	-

66) 플로트유리는 판유리 제조방법에 따라 분류한 명칭인데, 오늘날 대부분의 판유리를 플로트 공정으로 생산하고 있으므로, 판유리의 대명사로 불리고 있다. 국내에서 판유리는 한국유리공업(주)와 (주)KCC에서만 생산한다. 판유리를 구입하여 2차 가공한 제품은 1차제품인 일반 판유리에 합성수지 접착, 표면 열처리, 무기안료 소재 증착, 은도금 등을 통해 일반 판유리의 성질에 더하여 결로 방지, 단열 효과, 파편 비산 방지, 기계적·열적 강도 증가 등의 특성을 추가한 것들이다.

67) 2006 IPCC 지침서에서 특수유리로 분류하고 있는 TV Panel 및 Funnel은 과거 우리나라 주력 수출품이었지만, 브라운관이 PDP 및 LCD 제품으로 대체되면서 지금은 사양산업으로 분류되고 있다. 2011년 광업제조업 조사 결과자료에서 전체 유리 생산액 중 브라운관용 유리는 0.3% 수준에 불과하다.



2) 발전방안

2006 IPCC GL이 유형별 유리제품을 10개로 분류·제시하고 있으나, 특수유리 3종 중 2종을 브라운관유리로 분류하는 등 분류체계가 현재 국내 유리산업 동향과는 다소 동떨어진 측면이 있다.⁶⁸⁾ 특히, 국내 유리산업 생산액 중 62.4%를 차지하는 액정모니터 유리는 정밀 박판유리로써 규산(SiO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 산화붕소(B_2O_3) 등의 함유량이 높고, 보다 고온에서 용융작업이 이루어지는 등 제조방법이 일반 플로트 유리와는 많은 차이를 보이고 있으나 별도의 배출계수가 제시되지 않고 있으므로, 국가 고유계수 개발이 필수적으로 요청된다. 배출계수 개발방법으로는 목표관리제 관리업체로 지정된 삼성코닝정밀소재(주)가 국내에서 액정모니터용 기판 유리를 독점적으로 생산하고 있으므로, 명세서 검증용 거친 배출계수를 국가 고유 배출계수 값으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.⁶⁹⁾

한편, 유리용기를 제외한 파유리 투입량 비율 자료, Tier 3 등급 산정을 위한 원재료 투입량 자료는 광업제조업동향조사에서 부가조사를 통해 실시하거나 관리업체 명세서 자료에서 파유리 투입량을 비롯한 원재료 투입량을 병행해서 조사하는 방안이 효과적일 것으로 판단된다. 다만, 이와 같은 투입량 관련 추가적인 조사작업은 관련 사업체의 응답부담 증가와 연결되므로, 다양한 유리제품 전체를 대상으로 진행하기보다는 배출량 기여도가 높은 품목 및 전수조사로 기초자료 수집이 가능한 품목을 중심으로 제한하여 실시하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 국내 유리산업 조업현황을 통해 추가 조사가 적용될 수 있는 품목들을 살펴보면, 판유리, 유리섬유(장섬유, 단열재), 브라운관용유리, ITO코팅유리, 액정모니터유리 등이 적절한 대상 품목일 것으로 판단된다.

또한, IPCC GL은 국가 NIR 보고서 기록 및 보고 과정에서 회수·순환 파유리를 종류별로 구분하여 보고하도록 권고하고 있으며, 회수 파유리 사용량은 감축활동을 위한 확인 및 검증용 자료로도 사용 가능한 것으로 권고하고 있으므로, 파유리 투입량 기초자료 파악을 위한 조사 설계과정에서 이들 부분에 대한 고려도 필요할 것으로 판단된다.

68) 사양 품목인 브라운관용 유리와 성장 품목인 LCD용 유리의 사업체 수 및 생산액 자료를 비교해 보면, 다음과 같으며, 이를 통해 최근 국내 유리산업의 조업 구조변화 현황을 짐작해 볼 수 있다.

구분	사업체 수		생산액(백만원)	
	2006년	2012년	2006년	2012년
브라운관용 유리	7	5	421,118	41,896
LCD용 유리	22	25	3,042,123	7,734,004

69) 광업제조업조사에서 액정모니터용 유리 생산 사업체가 25개로 조사되고 있으나, 대부분은 액정모니터용 기판 유리를 구입·가공하는 사업체이므로, 온실가스 배출량 산정과정에서는 제외할 수 있다.

5. 탄산염의 기타 공정 사용(Other Process Uses of Carbonates)

가. 2006 IPCC 지침

1) 배출원

앞서 살펴본, 시멘트 클링커·석회·유리 생산 부문은 탄산염을 주요 원료로써 사용하는 대표적인 부문이었으며, 이들 탄산염 원료의 소성·용해 공정에서 발생하는 부산물인 CO₂ 배출량을 산정한 바 있다. 탄산염의 기타 공정 사용은 기타 용도의 탄산염 공정 배출을 산정하는데, 세라믹과 비야금 마그네시아 생산 공정 및 소다회 기타 사용 공정을 중심으로 배출량을 산정한다.

한편, 탄산염은 다양한 용도로 사용되고 있는데, IPCC GL은 탄산염 소비와 관련하여, 기본적으로 해당 탄산염이 소비되는 부문에서 배출량을 산정하는 것을 원칙으로 제시하고 있다. 즉, 석회가 토양 중화제로 사용되는 경우에는 농업 혹은 LULUCF 부문에서 산정하고, 용제 혹은 슬래깅제(Slagging Agent)⁷⁰로 사용되는 경우에는 금속, 세라믹, 폐기물 부문 등에서 산정하도록 규정하고 있다. 그 외 탄산염 광물인 석회석 및 백운석 등이 소성·용해 공정을 거치지 않고 산업용으로 사용되는 경우에는 CO₂ 배출량이 없으므로 산정에서 제외한다.

탄산염의 기타 공정 사용 부문 배출원을 세부적으로 살펴보면, 다음과 같다.

먼저, 세라믹은 하나 이상 점토를 혼합한 원료를 사용하며, 킬른에서 소성 공정 중 점토에 포함된 탄산염의 소성과 석회석 등 용제로 사용되는 탄산염 소비를 통해 CO₂가 발생한다. 세라믹 부문은 벽돌 및 타일, 자기(磁器)류, 내화제품, 점토제품, 식기 및 장식기 등 가정용품, 위생용품, 기술형 세라믹 제품, 무기 연마재 등을 광범위하게 포함한다.

다음으로 소다회는 유리 제조, 비누 및 세제, 연통가스 탈황제, 펄프 및 종이 제조 등에 사용되는데, 탄산나트륨(Na₂CO₃) 소비과정에서 CO₂가 발생한다. 소다회도 탄산염 소비 부문 배출원 분류원칙에 따라, 유리 제조는 2.A.3(유리 생산), 비누 및 세제는 2.B.10(화학산업 기타), 연통가스 탈황제는 1.A(연료 연소 해당 부문), 펄프 및 종이는 2.H.1(펄프 및 종이산업) 등으로 분류하며, 기타 분류되지 않은 소다회 소비 부분을 2.A.4.b(탄산염의 기타 사용) 부문에서 분류한다.

70) 슬래그(Slag)는 금속 광석 용해과정에 투입된 석회석 및 백운석 등에 의해 의도적으로 생성된 용해 잔여 규산염을 말하며, 공정과정에 첨가된 용제에서 파생된 성분과 광석에서 발생한 비휘발성 불순물이 주요 성분으로 포함된다. 이와 같이 슬래그 생성을 위해 투입되는 석회석 등을 슬래깅제로 분류하며, 공정에 투입되는 용제는 슬래깅제의 역할도 수행한다.



끝으로, 비야금⁷¹⁾ 마그네시아(MgO, 산화마그네슘)는 마그네슘 금속 생산을 제외한 원료 탄산염인 마그네사이트(MgCO₃) 소성과정에서 발생하는 CO₂ 배출량을 산정하는데, 공정 단계에 따라 함유된 탄소기가 하소(Clacined)⁷²⁾ 단계에서는 96~98%, 경소(Deadburned)⁷³⁾ 및 용해(Fused) 단계에서는 100%의 CO₂로 발생한다. 마그네시아도 탄산염 분류원칙에 따라 배출원을 구분하며, 가축 사료 보충제는 3.A(가축), 전기 절연은 2.G.1(전기장치), 연통가스 탈황제는 1.A(연료 연소 해당 부문) 등으로 분류하며, 기타 분류되지 않은 마그네시아 소비 부분은 2.A.4.C(탄산염의 기타 사용) 부문에서 분류한다.

〈표 1-37〉 탄산염 소비 부문별 온실가스 배출원 분류

사용 부문	배출원 유무	반응형태	NIR 해당 부문	
농업용 석회석	○	산성화	AFOLU. 3.C.2(석회 살포)	
가금용 광물성 먹이	×	-	-	
기타 농업 용도				
시멘트 제조	○	소성/용해	IPPU.2.A.1(시멘트 생산)	
석회 제조			IPPU.2.A.2(석회 생산)	
경소 백운석 제조			IPPU.2.A.2(석회 생산) IPPU.2.A.4.d(석회 이외)	
용제용 석재			IPPU.2.C(금속산업) IPPU(기타 소비되는 산업 부문)	
화학용 석재		하소/산성화	소비되는 산업 부문	
유리 제조		소성/용해	IPPU.2.A.3(유리 생산)	
산화황 제거용 재료		산성화	소비되는 산업 부문	
비료 제거		하소/산성화	IPPU.2.B(화학 산업)	
세라믹 제조		○	소성/용해	IPPU.2.A.4.a(세라믹 생산)
광물 섬유 제조				IPPU.2.A.3(유리 생산) IPPU.2.A.4.d(기타 생산)
광산 먼지제거 혹은 산성수 처리	산성화		소비되는 산업 부문	

71) 야금이란 광석에서 금속을 정제, 합금, 특수처리하여 금속재료를 만드는 공정을 말한다(국어사전, 국립국어원).

72) 하소란 물질을 고온으로 가열하여 휘발 성분의 전부 또는 일부를 제거하는 공정을 말한다(광물자원 용어사전, 2010).

73) 하소가 800~900℃로 가열하는데 반해, 경소는 마그네시아 등과 같은 원료를 가능한 불활성하고, 안정될 수 있도록 1,500℃ 이상으로 소성하여 반응성이 낮도록 만들어 내화물 원료 등으로 사용하는 공정을 말한다(광물자원용어사전, 2010).

〈표 1-37〉 탄산염 소비 부문별 온실가스 배출원 분류(계속)

사용 부문	배출원		NIR 해당 부문
	유무	반응형태	
산성 중화제	○	산성화	소비되는 산업 부문
기타 화학제품 제조			
종이 제조	×	-	-
연마제 제조			
아스팔트 충전제 혹은 희석제			
백악(白堊) ⁷⁴⁾ 안료			
기타 충전제 혹은 희석제	×	-	-
골재			
내화용 석재			
산성 중화제	○	산성화	소비되는 산업 부문
설탕 정제 ⁷⁵⁾	○	소성/융해	IPPU.2.A.2(석회 생산) IPPU.2.A.4(기타 공정 사용)
기타 사용		산성화	IPPU.2.A.4(기타 공정 사용)

2) 산정방법

Tier 1 등급에서 투입 탄산염 중 석회석 및 백운석은 합산한 소비량을 적용하며, 능고토석·소다회는 각각의 소비량을 적용하여 산정한다. 세라믹의 배출계수는 2006 IPCC GL이 제시한 석회석 85%, 백운석 15% 사용 비율을 가중 평균한 값을 적용하며, 능고토석 및 소다회는 각각의 탄산염 기본 배출계수를 적용한다. 생산 과정에 소비된 점토류(점토, 혈암, 독중석(毒重石, witherite))는 석회석 및 백운석을 10% 함유한 것으로 가정하고 환산하여 소비량을 산정한다.

Tier 2 등급은 석회석 및 백운석의 개별 소비량 자료를 파악하여 적용하는 것을 제외하면, Tier 1 등급의 산정방법과 동일하다.

Tier 3 등급은 모든 투입 탄산염을 대상으로 소비량과 각각의 배출계수를 적용하며, 탄산염별 소성 비율을 적용하지만, 관련 자료가 미확보된 경우에는 100% 소성되는 것으로 가정하고 산정할 수 있다.

74) 석회질 암석의 일종으로 주로 유공충 및 조개 등의 껍질 파편으로 형성된다. 백악을 분쇄하고 건조시켜 안료 원료로 사용한다(화학용어사전, 2011.1, 일진사).

75) IPCC GL은 제당 공장에서 석회를 생산하여 제당 공정에 사용하는 경우에도 석회생산으로 분류하도록 규정하고 있으며, 제당 공정 중 탄산염 사용과정의 저감 활동은 IPPU.2.H.2(식음료 산업)에서 포함하도록 규정하고 있다.

〈표 1-38〉 탄산염의 기타 공정 사용 부문 CO₂ 배출량 산정식

Tier 1	석회석 및 백운석 전체 소비량, 능고토석·소다회 개별 소비량 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 배출량 = 탄산염(석회석 및 백운석은 합산)별 소비량 × 기본 배출계수1 ○ 점토류는 탄산염 함유율을 10%로 가정하고 석회석 소비량에 합산 	
Tier 2	석회석, 백운석, 능고토석, 소다회 개별 소비량 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 배출량 = 탄산염별 소비량 × 기본 배출계수2 	
Tier 3	투입 탄산염별 접근
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 배출량 = 투입 탄산염별 소비량 × 탄산염별 배출계수3 × 탄산염별 소성 비율 	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 단위(Unit) ○ 배출량: 톤 CO₂ ○ 배출계수1·2·3: 톤 CO₂/톤 탄산염 ○ 탄산염별 소비량: 톤 	

3) 배출계수

Tier 1 등급 배출계수는 석회석 및 백운석 기본 소비량 비율을 적용한 가중 평균 값인 0.44536(톤 CO₂/톤 석회석 및 백운석)을 적용하며, Tier 2, Tier 3 등급 배출계수는 투입된 탄산염별 <표 1-10>의 기본 배출계수를 각각 적용한다.

$$\text{석회석 및 백운석 합산 기본 배출계수} = 0.85(85\%) \times 0.43971(\text{톤 CO}_2/\text{톤 석회석}) + 0.15(15\%) \times 0.47732(\text{톤 CO}_2/\text{톤 백운석}) = 0.44536(\text{톤 CO}_2/\text{톤 석회석 및 백운석})$$

4) 활동자료

Tier 1 등급은 용제 등으로 사용된 석회석 및 백운석 합산 소비량, 능고토석 및 소다회 개별 소비량 자료가 요청된다.

Tier 2 등급은 석회석, 백운석, 능고토석, 소다회 등의 개별 소비량 자료가 요청되며, Tier 1 및 Tier 2 등급에서 사용된 점토는 소비량 중 탄산염 함유율을 10%로 환산하고, 석회석 소비량에 합산하여 적용한다.

Tier 3 등급은 사업체에서 실제 투입된 모든 탄산염 소비량 자료와 개별 탄산염별 소성 비율 자료가 요청된다.

〈표 1-39〉 탄산염의 기타 공정 사용 부문 CO₂ 활동자료

Tier 1	석회석 및 백운석 전체 소비량, 능고토석·소다회 개별 소비량 접근
	▣ 석회석 및 백운석 전체 소비량, 능고토석 및 소다회 개별 소비량, 점토 소비량
Tier 2	석회석, 백운석, 능고토석, 소다회 개별 소비량 접근
	▣ 석회석, 백운석, 능고토석 및 소다회 개별 소비량, 점토 소비량
Tier 3	투입 탄산염별 접근
	▣ 투입 탄산염별 소비량 및 소성 비율

나. 배출통계 작성 현황

1) 2012년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(1996 GL 기준)

탄산염 기타 공정 사용 부문은 1996 IPCC GL에서는 석회석 및 백운석 소비와 소다회 소비 부문이 이에 해당된다. 석회석 및 백운석 소비 부문은 시멘트 클링커 및 석회 생산과 동일하게, 석회석 및 백운석 구성 성분인 탄산염(CaCO_3 , MgCO_3)이 소성·용해 등의 공정을 통해 소비되는 과정에서 부산물로 생성되는 CO₂ 배출량을 산정한다. 활동자료는 한국철강협회에서 제공하는 석회석 및 백운석 소비량과 국내 발전사가 탈황용으로 사용한 석회석 및 백운석 소비량 자료를 집계하여 사용한다.⁷⁶⁾ 소다회는 비누 및 세정제, 펄프 및 종이 등의 공정 원료 및 정수 처리 등에 주로 사용되는데, 이들 소비과정에서 생성되는 CO₂ 배출량을 산정한다. 또한, 1996 IPCC GL이 유리 제조 부문에서 간접 온실가스만 산정하고 있으므로, 유리 제조 공정에서 투입된 소다회 부분 CO₂ 배출량도 함께 산정한다. 활동자료는 실제 소비량 자료의 확보가 어려워, 관세청에서 제공하는 무역통계의 순수출입량 자료(HS Code: 2836-20-0000)를 적용한다. 배출계수는 국가 고유 배출계수가 없으므로, 1996 IPCC GL이 제시하는 기본 값으로 적용한다.

76) 석회석 및 백운석 소비량은 2010년 기준 NIR 보고서부터 발전 탈황용 석회석 및 백운석 소비량을 제철·제강용 소비량과 함께 집계에 포함하고 있으나, 2010년 광산물생산현황 자료에 따르면, 요업용(60만톤), 화학용(202만톤), 환경(8만톤), 유리(57만톤), 제당(10만톤) 등 부문의 소비량이 누락되고 있는 것으로 판단된다.



〈표 1-40〉 1996 GL 석회석/백운석, 소다회 소비 부문 CO₂ 배출량 산정식

<p> ▣ 석회석/백운석 소비 배출량 = 배출계수 × 석회석 및 백운석 소비량 ○ 배출량 : 톤 CO₂ ○ 활동자료 : 석회석 및 백운석 소비량(톤) ○ 배출계수 : 톤 CO₂/톤 석회석 및 백운석 소비량 </p>	
석회석 배출계수	백운석 배출계수
0.440	0.477
<p> ▣ 소다회 소비 배출량 = 배출계수 × 소다회 소비량 ○ 배출량 : 톤 CO₂ ○ 활동자료 : 소다회 소비량(톤) ○ 배출계수 : 톤 CO₂/톤 소다회 소비량 </p>	
소다회 소비 배출계수	
0.415	

2) 2012년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침(2006 GL 기준)

산정방법은 Tier 2 등급의 탄산염별 소비량 자료에 해당 배출계수를 가중 평균하여 적용하지만, 세라믹 생산에서 탄산염 비율 자료 확보가 어려운 경우에는 2006 IPCC GL이 제시한 석회석 및 백운석 기본 비율 값(85% : 15%)을 적용한 배출계수 값 0.44536(톤 CO₂/톤 탄산염)을 적용한다. 활동자료는 관할 지역 해당 업체에서 제공한 탄산염 소비량 자료를 사용한다.

〈표 1-41〉 지자체 탄산염 기타 공정 사용 부문 CO₂ 배출량 산정방법

<p> ▣ 산정방법 : Tier 2(원칙), Tier 1(선택) ▣ 배출계수 : Tier 2(Tier 1과 동일, 소비된 탄산염별 배출계수 적용) ▣ 활동자료 : 석회석 · 백운석 · 능고토석 · 소다회 등 탄산염 소비량 </p>

다. 2006 IPCC GL 이행방안

1) 산정 등급별 적용 가능성 검토

가) 세라믹(Ceramics)

세라믹은 국내·외에서 다양하게 정의·분류되고 있으며, 아직까지 통일된 개념으로 성립되지는 않고 있다.⁷⁷⁾ 2006 IPCC GL은 예시 품목으로 벽돌 및 타일, 자기(磁器)류, 내화제품, 점토제품, 식기 및 장식기 등 가정용품, 위생용품, 기술형 세라믹 제품, 무기 연마재 등을 광범위하게 포함하고 있으며, 포괄범위가 모호한 기술형 세라믹을 제외 하면,⁷⁸⁾ 한국표준산업분류 중분류 23(비금속광물제품 제조업) 중 소분류 232(도자기 및 기타 요업제품 제조업), 233(시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업 중 시멘트, 석회 생산 제외), 239(기타 비금속 광물제품 제조업)에 걸친 부문으로 가닥잡을 수 있다.⁷⁹⁾

세라믹 생산과 관련한 Tier 등급별 적용 가능성을 살펴보면, Tier 1 및 Tier 2 등급은 광산물생산량현황에서 석회석 및 백운석 용도별 판매량 중 요업 부문 기초자료(<표 1-19>)와 고령토 내수 판매량(2010년 기준 약 47.3만톤)의 10%를 석회석 물량으로 환산하여 이용하고,⁸⁰⁾ IPCC 지침서에서 제시하고 있는 탄산염별 배출계수 값을 적용하면, 배출량 산정이 가능할 것으로 판단된다. 광산물생산량현황조사는 고령토 포괄범위를 협의의 요업용 고령토, 산성백토, 도석, 반토나이트, 반토혈암, 점토 등을 포함한 넓은 개념으로 규정하고 있으므로 IPCC 지침서의 포괄범위에 더욱 유사하며, 원시자료의 처분상황 조사항목에서 판매처 자료를 산업별로 가공하여 산정하게 되면, 더욱 정교한 고령토 판매량을 적용할 수 있을 것으로 판단된다. Tier 3 등급은 사업장별 투입 탄산염별 소비량 및 소성 비율 자료를 요구하고 있는데, 방대한 품목들을 포괄하고 있어, 현실적으로

77) 세라믹 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(산업공정 부문 국가 온실가스 활동자료 개선방안 연구, 이동근, 2012).

78) 기술형 세라믹을 파인세라믹(Fine Ceramics)과 유사한 뜻으로 해석하게 되면, 세라믹의 범위는 전기·전자산업, 엔지니어링산업, 생명공학산업 등에까지 확대될 수 있다. 파인세라믹은 기존 도자기에서는 기대할 수 없는 고성능, 고기능성 세라믹을 총칭하며, 전기·전자적 기능을 갖는 것, 열적·기계적 기능을 갖는 것, 생체 적합기능을 갖는 것 등을 포괄한다(첨단산업기술사전, 일본통상성, 1992년)

79) 한국표준산업분류 소분류 232~239에 대해 통계청 광업제조업조사는 2009년 기준으로 124종의 품목을 조사하고 있으며, 광업제조업동향조사는 2011년 조사품목으로 26종을 구성하고 있다.

80) 광산물생산량현황에서 최대 수요처인 동양시멘트의 고령토 수요 물량(약 75만톤)은 시멘트 생산 부문에서 포함되어야 한다.



모든 품목을 망라해서 산정하기는 어려우며, 명세서 관리대상 사업체가 중심이 되는 품목은 Tier 3 등급으로 산정하고, 나머지 품목은 Tier 2 등급으로 산정하는 혼합형 방법을 적용하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단된다.

나) 소다회 기타 사용(Other Uses of Soda Ash)

소다회도 2006 IPCC GL에서 규정한 탄산염 사용 용도별로 배출원을 분류하는데, 유리 생산에 소비되는 경우를 제외하면, 대부분 상위 부문(에너지, 화학, 섬유 등)의 기타 세부 부문으로 구성되므로, 최종적인 배출량 산정과정에서 누락될 여지가 많은 것으로 판단된다. 또한, 소다회는 2004년 이후 국내 생산이 중단되면서⁸¹⁾ 전체 소비물량을 수입에 의존하고 있으므로 활동자료도 관세청 무역통계 순수출입 자료(HS Code: 2836-20-0000)를 이용하고 있다.

소다회 기타 사용과 관련한 Tier 등급별 적용 가능성을 살펴보면, Tier 1 및 Tier 2 등급은 관세청 무역통계 소다회 순수출입량(수입물량 - 수출물량)에서 유리생산 등 기타 부문별 소비물량을 공제하여 적용할 수 있으나, 부문별 소비 물량 배분에는 관련 근거 자료가 부족하여 어려움이 있다. 배분 방법은 무역통계 소다회 수입업체를 대상으로 주요 판매처를 조사하는 것이 가장 정확한 방법일 수 있으며, 대안으로는 관련 문헌조사 자료 등을 활용하는 방법도 검토할 수 있다.⁸²⁾ 또한, 현실적으로 소다회 소비 부문 중 나머지 배출원의 누락 가능성을 고려하여, 유리생산에 투입된 소다회 소비량을 제외한 순수출입량 전부를 소다회 기타 사용 부문으로 포함하여 산정하는 방법(Notation Key의 IE(Included Elsewhere)에 해당)도 고려해 볼 수 있다. 이럴 경우, 앞서 살펴본 유리생산 부문에서 소다회 투입량을 사전에 산정하고 적용하는 방법, 목표관리제 관리업체 중 유리 제조업체의 명세서 자료를 근거로 소다회 투입 비율을 적용하는 방법, IPCC GL에서 규정한 유리생산 부문 소다회 투입 비율을⁸³⁾ 적용하는 방법 등이 검토 가능할 것으로 판단된다. 사업체별 투입 탄산염 원료에 기반하는 Tier 3 등급은 소다회 기타 사용 부문에서는 적용되지 않는다.

81) 소다회 생산은 천연공정과 합성공정으로 구분되는데, 국내에서는 OCI(주)(구 동양제철화학)가 2004년 이전에 솔베이법에 의한 합성 소다회를 연간 약 30만톤 규모로 생산한 바 있다. 2004년 이후에는 국내 소다회 생산 공정이 중단되고 수입 제품으로 대체되었다.

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

83) 2006 IPCC GL은 전형적인 소다석회유리 생산에 투입되는 원재료 1톤 구성비 중 소다회 비율을 20%로 가정하고 있다

다) 비야금 마그네시아 생산(Non-Metallurgical Magnesia Production)

비야금 마그네시아 생산은 마그네슘 금속 생산을 제외한 천연 마그네시아 생산과정의 배출량을 산정한다. 국내에서 마그네시아 원광석인 마그네사이트가 생산되지 않으므로, 전체 물량을 수입에 의존하고 있으며, 원광석 수입량은 2009년 이후 연간 300톤을 넘지 않고, 대부분은 소결·용융한 마그네시아 형태로 수입하고 있다.⁸⁴⁾ 마그네시아 생산을 위한 또 다른 방법은 해수 마그네시아 생산공정이 있으며, 국내에서는 (주)포스코켄텍이 2010년부터 바닷물을 이용한 마그네시아를 연간 6만톤 규모로 생산하고 있으나, 이들 공정에서는 CO₂ 직접배출이 발생하지 않는다.⁸⁵⁾ 한편, IPCC GL은 탄산염 배출량을 실제 배출 부문에서 산정하도록 규정하고 있으므로, 비야금 마그네시아 생산 부문은 천연 마그네사이트 수입 물량 중 광물산업(한국표준산업분류의 23.비금속 광물제품)에 투입된 마그네사이트 소비량을 대상으로 산정하게 되며, 구체적인 생산제품은 내화용 마그네시아 벽돌, 마그네시아 클링커 등의 부정형 내화물 품목들이 해당되는 것으로 판단된다.⁸⁶⁾ 또한, 국내 비야금 마그네시아 생산량이 워낙 미미한 상황이므로, 관련되는 기초자료 수집은 전혀 준비되지 않은 것으로 파악되고 있다.⁸⁷⁾

비야금 마그네시아 생산과 관련한 Tier 등급별 적용 가능성을 살펴보면, Tier 1 및 Tier 2 등급에서 요구하는 마그네사이트 소비량 자료는 소다회의 기타 사용 부문과 동일하게 수입 사업체를 대상으로 판매처 조사를 실시하는 것이 정확한 기초자료를 확보할 수 있을 것으로 판단되지만, 광물산업 부문 마그네사이트 소비 예상 물량이 워낙 소규모이므로, 전체 마그네사이트 수입 물량을 대상으로 비야금 마그네시아 생산 부문에서 통합하여 산정해도 무방할 것으로 판단된다. 한편, Tier 3 등급은 투입 탄산염 자료 등 보다 상세한 자료들을 요청하고 있으므로, 국내 비야금 마그네시아 생산 현황을 고려한다면, Tier 1, Tier 2 등급 수준에서 산정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

84) 2011년 기준으로 용융 및 소결한 마그네시아 수입액(HS Code 2519-90-1000)은 21만톤 수준이며, 천연 마그네사이트 수입액(HS Code 2519-10-0000)은 2009년 이후 연간 300톤을 넘지 않는다.

85) 해수를 이용한 마그네시아 생산공정은 해수 중에 함유된 마그네슘 성분을 원료로 석회유를 가하여 생성된 수산화마그네슘을 침전, 세척, 여과, 소성하여 생산하며, 국내에서는 포스코켄텍이 연간 6만톤의 마그네시아를 생산하고 있다(해럴드경제, 2010.3.31). 포스코켄텍이 공정 중에 석회석을 이용해 생석회, 소석회, 석회유(소석회를 포화 이상으로 물에 섞어 죽처럼 만든 물질)를 순차적인 중간재로 생산하고 있으며, 공정 중 CO₂가 발생하지만, 이들 배출량은 석회생산 부문에서 포함한다.

86) 2011년 광업제조업조사에서 내화 벽돌 및 블록(23221101)은 14개 사업체, 생산액 2.7천억원, 기타 부정형 내화물(23229109)은 23개 사업체, 생산액 5.6천억원 수준으로 조사되었으며, 광업제조업동향조사는 2005년 기준연도 개편 이후 표본품목에서 부정형 내화물을 조사하고 있다.

87) 2010년 기준 광업제조업조사 품목에서도 독립 품목으로 구성되지 않고, 내화벽돌 및 블록과 기타 부정형 내화물의 포괄범위 설명자료에 마그네시아 벽돌 및 마그네시아 클링커가 포함되어 있다.



2) 발전방안

먼저, 세라믹 부문은 2006 IPCC GL의 개념 규정이 모호함에도 불구하고, 산정등급별로 요구하는 활동자료 및 배출계수가 비교적 간단하여, 단기간에 이행이 가능한 것으로 파악되었다. 다만, 점토류를 대표하는 고령토 부문이 광산물생산량현황보고서에서 개략적인 판매처 자료만 제공되고 있으므로, 온실가스 배출량 산정을 위해서는 처분현황 관련 원시자료를 이용하여 보다 정밀한 분류작업이 실시될 필요성이 있다. 또한, 2006 IPCC GL에서 기본 배출계수를 제공하고는 있으나, 원재료 탄산염 광물의 자급율(국내 생산+내수)⁸⁸⁾ 수준이 높은 국내 사정을 고려하여, 가능한 석회석·백운석·고령토에 대해서는 국가 고유 배출계수 개발이 시급한 것으로 판단된다. 이런 경우, 배출계수 개발은 목표관리제 관리업체 명세서 작성체계에서 접근하는 것이 합리적일 것으로 판단되며, Tier 3 등급 산정을 위해 필요한 사업체별 탄산염별 소성비율 자료도 병행해서 구축하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

소다회 기타 사용 부문은 소다회 전체에 대한 순수출입량 자료에 근거한 부문별 물량 배분방법을 권고하였으나,⁸⁹⁾ 수입업체별 판매처 조사 등과 같이 실제 소비 부문에 대한 명확한 근거자료 확보가 요청되며, 이와 같이 확보된 자료는 유리생산 부문에서 Tier 3 등급 전환을 위해서도 대단히 요긴하게 활용 가능할 것으로 판단된다.

비야금 마그네시아 생산 부문은 관련되는 기초자료가 전혀 없는 상황이며, 국가 온실가스 배출통계 작성이 국제조약에 근거한 국제기구 제출 의무 통계인 점을 고려하여, 생산량 규모가 비록 적을 것으로 예상은 되더라도, 광업제조업조사 등에서 독립품목으로 선정하여 모집단 자료와 생산량 현황자료를 1차적으로 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 한편, 소다회 기타 사용 부문과 유사하게 수입물량 의존도가 높은 부문에 해당하므로, 수입업체별 판매처 조사를 실시하는 방안도 필요한 것으로 나타났다. 이와 같은 방법으로 소다회 기타 사용 및 비야금 마그네시아 생산 부문별 대상 사업체가 파악되면, 목표관리제 관리업체 등록 자료 등과 연계하여 국가 고유 배출계수 및 소성비율 자료 확보 등도 가능할 것으로 예상된다.

88) 2010년 기준 광산물생산량현황보고서에서 나타난 국내 자급율은 석회석 및 백운석 약 100.7%(국내생산 83,666천톤 ÷ 내수 83,061천톤), 고령토 약 113%(국내생산 2,140천톤 ÷ 내수 1,890천톤) 수준으로 파악되어, 금속광물 전체 자급율 1.39%, 비금속광물 전체 자급율 68.2%에 비해 대단히 높은 것으로 나타났다.

89) 순수출입량에 근거한 잠재 소비량은 재고증감을 반영하지 못해 실제 배출량과 차이를 나타낸다. 2003년까지, 소다회를 국내에서 생산하고 있는 기간에도 전체 공급량 중 국내 생산량 비중은 50~55% 수준에 불과할 정도로 소다회 소비는 국제 가격 시세 및 관련 산업 경기동향에 민감하게 반응하였다.

제4절 결론

1. 연구결과 요약

광물산업 부문의 2006 IPCC GL 이행방안에 대한 연구수행 결과, 세부 부문별로 요구하고 있는 산정등급별 작성 수준이 1996 IPCC GL에 비해 크게 강화되었음을 확인할 수 있었다. 특히, 사업체별 원재료 탄산염과 비탄산염에 대한 투입 물량과 소성 비율, CKD·LKD 등의 관련 자료를 요청하는 Tier 3 등급은 단기간에 이행방안을 마련하는 것은 사실상 어려운 것으로 파악되었다. 현재까지 확보된 기초 통계자료 현황을 근거로 광물산업 세부 부문별 이행 가능성을 검토해 보면, 활동자료 수준은 Tier 1 등급이 석회 생산, 소다회 기타 사용, 비야금 마그네시아 생산 부문 등에서 가능하며, Tier 2 등급은 시멘트 생산, 유리 생산, 세라믹 생산 부문이 가능한 것으로 나타났다. 국가 고유 배출계수는 시멘트 생산 부문을 제외하면, 아직까지 국내에서 개발 중인 사례가 없는 것으로 확인되어, 대부분의 부문은 IPCC GL이 제시하는 Tier 등급별 기본 배출계수를 활동자료 확보 수준에 맞춰 적용해야 하는 것으로 확인되었다.

광물산업 세부 부문별로 단기 이행방안을 간단히 정리해 보면, 시멘트 생산은 Tier 2 등급에서 국가 승인통계인 광업제조업동향조사 생산량 자료와 에너지관리공단에서 개발한 고유 배출계수 값을 통해 산정이 가능한 것으로 나타났다. 석회 생산은 Tier 1 등급에서 광업제조업동향조사 생산량 자료를 기초로 IPCC GL이 제시한 석회 종류별 기본 비율 값인 생석회 85%, 고토석회 15%을 적용하고, IPCC GL의 기본 배출계수를 적용하는 것이 가능하였다. 유리 생산은 Tier 2 등급에서 유리 유형별로 광업제조업동향조사 생산량(판유리, 유리섬유, 유리식기, 브라운관용유리), 광업제조업조사(조명용유리) 생산액을 이용한 추정 물량 자료와 IPCC GL이 제시한 유형별 기본 배출계수 및 파유리 중앙 값(유리용기는 재활용지정사업자 폐유리 실적 자료 적용)을 적용하여 산정 가능한 것으로 나타났다. 탄산염의 기타 공정 사용 부문 중 세라믹 세부 부문은 Tier 2 등급에서 광산물 생산량현황조사의 요업 부문 중 석회석, 백운석, 고령토 생산량 자료와 IPCC GL의 해당 되는 기본 배출계수를 적용하여 산정이 가능하였다. 소다회 기타 사용 세부 부문은 Tier 1 등급에서 관세청 무역통계 순수출입량을 기초로 유리 생산에 투입된 비율 물량을 공제하고, IPCC GL의 기본 배출계수를 적용하여 산정이 가능하였다. 비야금 마그네시아 생산 세부 부문은 생산량 자체가 미미한 것으로 파악되었고, 이런 영향으로 기초자료 확보 상태도 가장 빈약한 것으로 나타났는데, Tier 1 등급에서 마그네사이트 순수출입량에 IPCC GL의 기본 배출계수를 적용하는 것이 가능하였다.



〈표 1-42〉 광물산업 세부 부문(Sources Categories)별 이행방안

구분	산정 방법 및 배출계수		이행 방안
시멘트 생산	Tier 1	○시멘트 생산량 적용 ○IPCC 기본 배출계수 적용	○광업제조업조사 생산액 이용 간접추정 ○관세청 무역통계 순수출입량 활용 ○목표관리제 관리업체 명세서 활용 ○IPCC 기본 배출계수 적용
	Tier 2	○클링커 생산량 적용 ○국가 고유 배출계수 및 CKD 보정계수 적용	○한국시멘트협회 생산량 활용 ○광업제조업동향조사 생산량 활용 ○목표관리제 관리업체 명세서 활용 ○에너지관리공단 고유 배출계수 활용
	Tier 3	○사업체별 투입 탄산염별 소비량 적용 ○사업체별 탄산염 및 비탄산염별 배출계수·CKD 보정계수·소성 비율 적용	○기초자료 부재로 단기 이행 어려움
석회 생산	Tier 1	○석회 종류별 생산량 적용 ○IPCC 기본 배출계수 적용	○광업제조업동향조사 생산량 활용 - IPCC 석회 종류별 기본 비율(85:15) 적용 ○한국석회석가공협동조합 생산량 참고 ○IPCC 기본 배출계수 적용
	Tier 2	○석회 종류별 생산량 적용 ○IPCC 기본 배출계수 및 수화석회 비율·LKD 보정계수 적용	○광업제조업동향조사 생산량 활용 ○IPCC 기본 배출계수 및 LKD 보정계수 적용 - 수화석회 비율 자료는 제외
	Tier 3	○사업체별 투입 탄산염별 소비량 적용 ○사업체별 탄산염 및 비탄산염별 배출계수·LKD 보정계수·소성 비율 적용	○기초자료 부재로 단기 이행 어려움
유리 생산	Tier 1	○유리 전체 생산량 및 파유리 비율 적용 ○IPCC 기본 유리 단일 배출계수 적용	○Tier 2 등급 유리 생산량 산정방법 동일 적용 ○IPCC 기본 파유리 비율 및 배출계수 적용
	Tier 2	○유리 유형별 생산량 및 유형별 파유리 비율 적용 ○IPCC 기본 유리 유형별 배출계수 적용	○(판유리)한국판유리산업협회/광업제조업동향조사 생산량 활용 - 각종 판유리 가공품은 산정 제외, 액정모니터 유리 및 ITO코팅유리 포함 ○(유리섬유)광업제조업동향조사 생산량 활용 ○(유리식기)광업제조업동향조사 생산량 자료로 추정

〈표 1-42〉 광물산업 세부 부문(Sources Categories)별 이행방안(계속)

구분	산정 방법 및 배출계수	이행 방안
		<ul style="list-style-type: none"> ○(유리용기)한국유리공업협동조합/광업제조업 동향조사 생산량 자료로 추정 - 특수유리 중 실험용/약병 포함 산정 - 재활용지정사업자 폐유리 실적 비율 적용 ○(브라운관유리)광업제조업동향조사 생산량 자료를 환산 적용 ○(조명용유리)광업제조업조사 생산액으로 추정 ○유리용기 이외에는 IPCC 기본 폐유리 중앙 값 적용 ○IPCC 기본 유리 유형별 배출계수 적용
	<ul style="list-style-type: none"> ○사업체별 투입 탄산염별 소비량 적용 ○사업체별 투입 탄산염 배출계수 및 소성 비율 적용 	○기초자료 부재로 단기 이행 어려움
탄 산 염 기 타 공 정 사 용	<ul style="list-style-type: none"> ○석회석/백운석 전체 소비량, 능고토석, 소다회 소비량 적용 - 점토류 소비량은 1/10 환산 적용 ○IPCC 기본 배출계수 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○광산물생산량현황조사 요업 부문 석회석/백운석 및 고령토 내수량 활용 ○IPCC 기본 배출계수 적용 ○소다회 기타 사용 및 비야금 마그네시아 생산은 관세청 무역통계 순수출입량 활용
	<ul style="list-style-type: none"> ○석회석, 백운석, 능고토석, 소다회 등 개별 투입량 적용 ○IPCC 기본 배출계수 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○광산물생산량현황조사 요업 부문 석회석/백운석 및 고령토 내수량 활용 ○소다회 기타 사용 및 비야금 마그네시아 생산은 기초자료 부재로 단기 이행 어려움 ○IPCC 기본 배출계수 적용
	<ul style="list-style-type: none"> ○사업체별 투입 탄산염별 소비량 적용 ○사업체별 투입 탄산염 배출계수 및 소성 비율 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○기초자료 부재로 단기 이행 어려움 - 소다회 기타 사용은 제외

한편, 연구결과를 바탕으로, 광물산업 부문별 향후 활동자료 및 배출계수 등에 대한 중장기 발전방향과 기대효과를 간단히 살펴보면, 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 장기적인 활동자료 구축방향으로는 가능한 국가 승인통계 경로를 통해 기초자료를



수집하고 관리하는 것이 요청된다. 현행 NIR 보고서 작성체계가 관련 협회 및 해당 사업체 직접 수집 자료를 다수 부문에서 적용하면서, 다양한 취약점들을 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었는데, 이와 같은 문제점을 고려하여 향후 활동자료 및 관련 자료 수집은 광업 제조업동향조사, 광업제조업조사, 무역통계, 광산물생산량현황, 재활용지정사업자 폐유리 실적 등과 같은 국가 승인통계를 중심으로 수집체계를 개발·개선하는 것이 바람직하다.

둘째, 2006 IPCC GL의 상위 Tier 전환을 대비하여 원재료 투입량에 근거한 기초자료 수집체계 구축이 필요하다. 특히, 광물산업은 전체 부문에 걸쳐 탄산염 및 비탄산염 등의 원재료 투입량을 이용한 Tier 3 등급 산정을 요청하고 있으므로, 이들 자료 확보를 위한 장기적인 대응이 요청되는데, 가능한 추진방향으로는 광업제조업동향조사, 광산물생산량현황, 목표관리제 관리업체 명세서 자료 등을 이용하는 방법을 검토할 수 있겠다. 광업제조업동향조사는 온실가스 배출통계와 관련하여 가장 친밀도가 높은 조사로 볼 수 있는데, 조사·응답 부담, 조사 자원(인력, 예산, 조직 등) 제약 등을 고려하여, 연간 단위의 부가조사 형태로 실시하되, 조사대상은 활동자료 수집에 직접 활용이 가능한 전수조사 품목을 중심으로 적용하는 방안이 바람직할 것으로 판단된다. 광산물생산량현황조사는 광물 산업 중 석회석, 백운석, 고령토 등과 같은 국내 자급율이 높은 광산물을 대상으로 판매현황 항목을 현행보다 세분하여 조사하면, 시멘트·석회·유리·탄산염 기타 공정 사용 등의 부문에서 활동자료 및 고유 배출계수 개발을 위한 기초자료로써 활용 가능할 것으로 판단된다. 목표관리제 관리업체 명세서 자료는 앞서 살펴 본 바와 같이 배출 활동·배출시설 조사표 양식의 개선(NIR과 연계되는 코드표 구성, 주요 업종의 원재료 및 제품에 대한 병행 조사 실시 등)이 1차적으로 요청되는데, 이를 통해 확보될 자료는 상위 Tier 전환을 위한 활동자료 및 고유 배출계수 개발과정의 기초자료로써 충분히 기능할 수 있을 것으로 예상된다. 특히, 관리업체가 전수로 선정된 업종들은 명세서 자료를 통해 접근하는 것이 중장기적으로는 가장 유력한 대안이 될 것으로 판단된다.

셋째, 국내 온실가스 배출량에서 주요 배출원으로 분류될 가능성이 높고, IPCC GL이 기본 배출계수를 제시하지 않고 있는 액정모니터유리·ITO코팅유리 등의 부문과 함께, IPCC GL이 기본 값을 제시하고는 있으나, 국내 상황에서 상대적인 설명력이 낮은 것으로 분류되는 석회 생산 부문의 투입 석회석 CaO 함유량, 유리생산 부문의 파유리 투입율, 국내 자급율이 100%를 초과하는 세라믹 생산 부문 등은 국가 고유 배출계수 및 관련 비용값들에 대한 국내 적용 값의 독자 개발·적용이 시급하게 요청되는 것으로 판단된다.

넷째, 그 외, 국내 생산량 비중이 낮은 영향으로, 관련 기초자료가 제대로 확보되지 않고 있는 수경성 석회 및 마그네시아 함유 내화물 등에 대한 생산량 확보, 기술형 세라믹의 국내 적용 포괄범위 설정 등도 배출량 산정의 완전성과 정확성 제고를 위해서는 관련 자료 수집 및 기초연구가 조속히 진행되어야 할 것으로 판단된다.

〈표 1-43〉 광물산업 세부 부문(Sources Categories)별 발전방향 및 기대효과

구분	발전 방향	기대 효과
시멘트 생산	○국가 승인통계 중심으로 활동자료 구축	○불확도 감소로 대외 신뢰도 향상, 자료 수집 체계 개선, 이용자 혼선 예방
	○광업제조업동향조사 원재료 투입 관련 부가(혹은 추가)조사 실시	○국가 고유배출계수 개발과정에 CaO 함유량 등 기초자료 활용
	○광산물생산량현황조사 처분현황, 품위 자료 활용	○처분현황 조사항목 등을 통해 주기적인 국가 고유 배출계수 개발·개선
	○관리업체 제출 명세서 양식(배출활동 및 배출시설 등) 개선 및 활용	○명세서 제출 양식과 NNGI 통계 연계로 상·하향식 조화로운 배출량 통계 산정 ○명세서 제출자료를 이용한 상위 Tier 전환
석회 생산	○국내 생산 여부가 확인된 수경성 석회 생산량 기초자료 확보	○석회생산 부문별 세부 자료 완전성 제고
	○국가 고유 CaO 함유량 개발 적용	○광업제조업동향조사에서 CaO 95% 함유량에 맞춰 환산 조사
	○광업제조업동향조사 원재료 투입 관련 부가(혹은 추가)조사 실시	○주기적 국가 고유 배출계수 개발·개선
	○관리업체 제출 명세서 양식(배출활동 및 배출시설 등) 개선 및 활용	○고유 배출계수 개발 실적, 배출활동·시설 자료 등을 통해 국가 고유 배출계수 개발·개선
유리 생산	○국가 고유 파유리 투입량 비율 자료 확보	○국가 고유 투입량 비율자료 확보로 산정 정확성 제고 - 감축활동에 검증자료로 국제기구 제출
	○액정모니터유리, ITO코팅유리 고유 배출 계수 개발	○사양 품목(브라운관유리)과 비교하여 성장 품목에 대한 배출량 대표성 향상
	○관리업체 제출 명세서 양식(배출활동 및 배출시설 등) 개선 및 활용	○국가 고유 배출계수 및 파유리 투입 비율 자료 제공
	○광업제조업동향조사 원재료 투입 관련 부가(혹은 추가)조사 실시	○유리 유형 중 광업제조업동향조사 전수조사 품목을 대상으로 Tier 3 등급으로 전환 - 유리 유형별 Hybrid Approach 접근법 적용
탄산염 기 타 공 정 사 용	○기술형 세라믹 포괄범위 확정	○IPCC GL 지침의 모호한 포괄범위 규정을 명확화 하여 산정 과정의 혼선 예방
	○광산물생산량현황조사 판매처 기초자료와 NNGI 통계 연계	○세라믹 배출량 관련 활동자료, 국가 고유 배출계수 개발과정에 활용



〈표 1-43〉 광물산업 세부 부문(Sources Categories)별 발전방향 및 기대효과(계속)

구분	발전 방향	기대 효과
	○ 높은 자급율(100% 이상)을 나타내는 세라믹 부문 국가 고유 배출계수 개발	○ 국가 온실가스 배출통계 산정등급 제고
	○ 광업제조업조사에서 마그네시아 내화물 관련(벽돌, 클링커 등) 독립 품목 조사	○ 마그네시아 소비량 관련 현황 기초자료 및 사업체명부자료 확보
	○ 소다회 사용 부문 판매처 현황 조사 실시	○ 유리생산 등 관련 부문 중복 산정 예방 및 상위 Tier 전환
	○ 관리업체 제출 명세서 양식(배출활동 및 배출시설 등) 개선 및 활용	○ 국가 고유 배출계수 및 소성비율 자료 개발

2. 결어

2006 IPCC GL 체계로의 이행이 2015년부터 예고된 국내 상황에서, 각 관장기관 및 산정기관 등이 서둘러 관련 작업들을 진행하고 있으나, 산업공정 부문은 상대적으로 세부 부문 종류가 많고, 부문별 성격도 다양하여 구체적인 이행방안 수립에는 아직도 어려움이 많은 것으로 확인되고 있다. 앞서, 언급한 바와 같이 에너지관리공단을 중심으로 2008년에 이행방안과 관련한 전반적인 연구작업이 1차로 진행되었으나, 결과적으로 2006 IPCC GL에 대한 요약 해설서 수준으로 마무리된 바 있으며, 2012년에 추진된 이행방안 연구는 보다 심층적인 방법으로 진행되었으나, 화학 및 금속 부문으로 제한하여 수행한 한계가 있었고, 연구과정에서 실시한 실태조사에서도 관련 사업체들의 협조 부족 등으로 당초 계획한 결과자료에는 미흡했던 것으로 나타났다.

이와 같은 상황에서, 산업공정 부문 2006 IPCC GL 체계로의 이행방안에 관한 이번 연구과제 수행은 광물산업에 대한 심층 연구의 첫 발을 디딘 것으로 판단하며, 연구수행과정에서 배출량 산정 및 활동자료 수집 등에 대한 방법론과 발전방향 등을 가능한 여러 관점에서 검토하고자 노력한 바 있다.

끝으로, 2013년 하반기에는 금속 산업 등 나머지 부문들에 대한 연구작업을 계속 진행하고자 하며, 아무쪼록, 통계개발원이 실시한 산업공정 부문 연구결과가 국가·지자체 온실가스 배출통계 산정 등에 조금이라도 기여할 수 있기를 바란다.

참고문헌

- 온실가스종합정보센터(2013), 「2011년도 국가 온실가스 통계 산정·검증·보고지침」.
- 온실가스종합정보센터(2012), 「1990-2010년 국가온실가스 인벤토리 보고서」.
- 한국환경공단(2012), 「지자체 온실가스 배출량 산정 지침서(ver.3.0)」.
- 지식경제부 자원개발총괄과(2006~2012), 「2005~2011 광산물 수급현황 보고서」.
- 에너지관리공단(2008), 「기후변화협약 대응 국가 온실가스 IPCC 신규 가이드라인 적용을 위한 기획연구(산업공정 및 제품 사용)」.
- 한국지질자원연구소(2012), 광산물수급현황(<http://rik.kigam.re.kr>).
- 통계청 산업동향과(2008), 「2005년 기준 광업·제조업동향조사 품목 해설집」.
- 통계청 산업동향과(1993), 「1990년 기준 지수개편 결과 보고서」.
- 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.
- 포스코 환경자원실(2010), “철강 슬래그의 특성과 활용”.
- 이강훈(2012), “CaO를 다량 함유한 비산회 재활용 방법”.
- 이동근(2012), “산업공정 부문 국가 온실가스 인벤토리 활동자료 개선방안 연구”, 연구보고서
- 이동근(2011), “산업공정 부문 온실가스 배출통계 개선을 위한 기초연구”, 연구보고서.
- 금융감독원(2013), 전자공시시스템(<http://www.fss.or.kr>).
- 관세청(2013), 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」.