

EU CBAM 민·관 공동 대응 기술전문가 협의체 회의(2차)

국내 배출권거래제와 EU 배출권거래제의 온실가스 배출량 산정방법론 비교

발표자 : KMAC 구하은

Date : 2023. 04. 17.

Contents

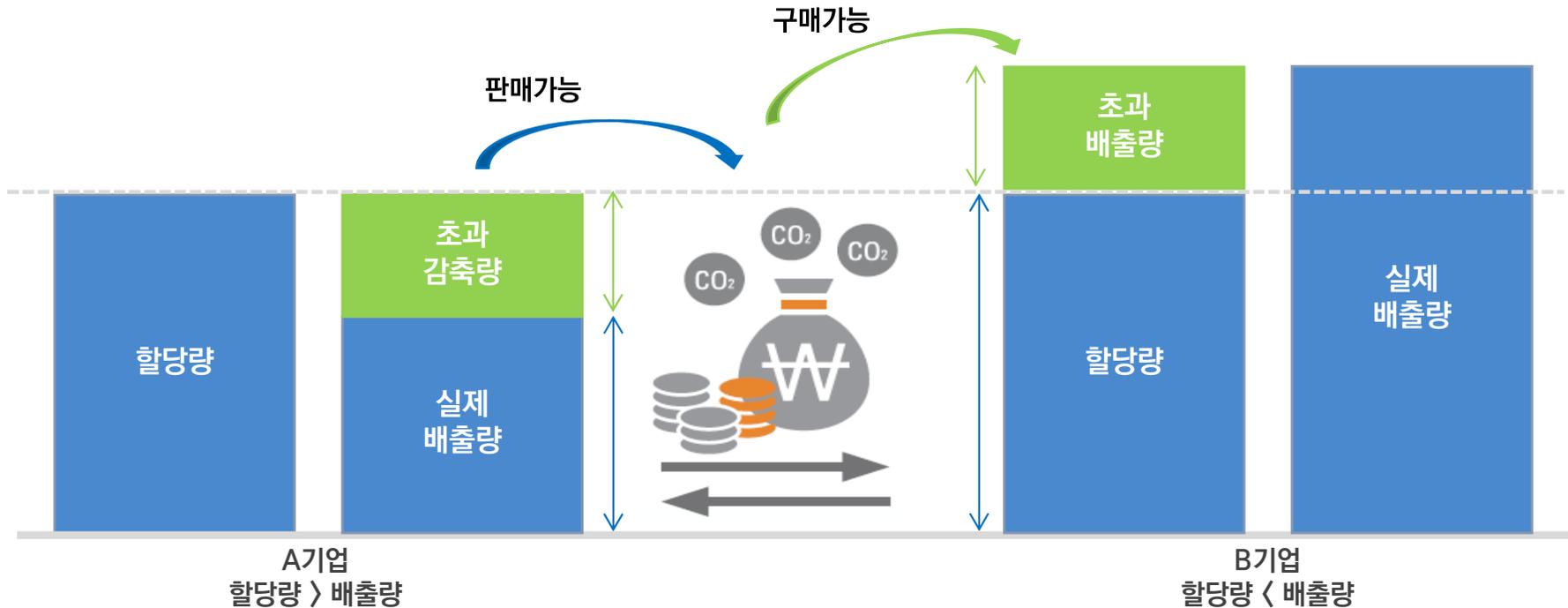
- I. 제도 비교
 - II. 산정방법론 비교
 - III. 품목별 세부 산정방법론
-

배출권거래제도의 개념

- 온실가스를 많이 배출하는 기업들에게 매년 **배출허용량(배출권)**을 부여(할당)하고
- 기업별로 남거나 부족한 배출량의 거래를 허용하는 **유연한 제도** ⇒ 비용효과적인 온실가스 감축 유도

배출권거래제도(ET, Emission Trading)

- 기업이 배출할 수 있는 총량을 설정하고, 배출권의 거래를 통하여 온실가스 감축 목표를 달성할 수 있는 제도
- 각 기업체는 할당 받은 배출권의 범위 내에서 온실가스 배출이 가능, 여유분 또는 부족분은 타 업체와 거래가 가능함
- 각 기업체는 감축여력에 따라 온실가스 감축 또는 배출권 매입 등을 자율적으로 결정하여 배출허용량을 준수하게 됨

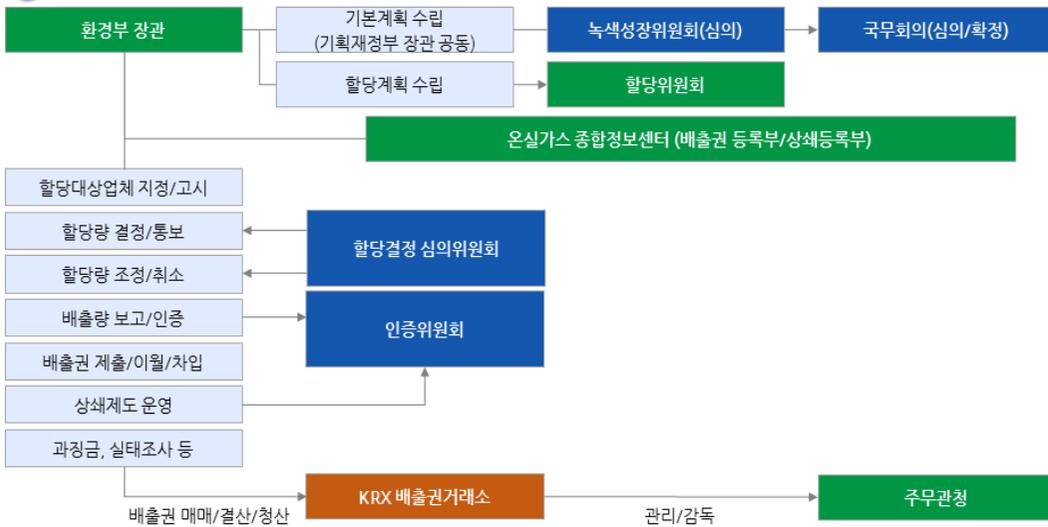


국내 배출권거래제도(K-ETS) 개요

- '10년 『저탄소 녹색성장 기본법』 제46조에 의거 『온실가스 배출권 할당 및 거래에 관한 법률』 이 제정되어 '15년부터 출범
- EU-ETS에 이어 세계에서 두번째로 큰 배출권거래제를 운영 중이며 국가 온실가스 배출량 중 최대 70%를 포함

K-ETS 운영 체계

✓ K-ETS 운영 조직



✓ 국내 배출권거래제 관련 법령

법적근거

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(법률 제19308호)
 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(법률 제18469호)
 동법 시행령(대통령령 제32557호)

세부기준

온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(고시 제2022-279호)
 온실가스 배출권의 할당 및 취소에 관한 지침(고시 제2022-277호)
 배출권거래제 명세서 작성 가이드라인(2023.1)
 사업장 고유 배출계수 개발 가이드라인(2023.1)
 제3차 계획기간 배출량 산정 계획서 작성 가이드라인(2022.2)
 배출권거래제 온실가스 배출량 적합성 평가 및 인증 가이드라인(2023.1)

1~3차 계획기간 주요 특징

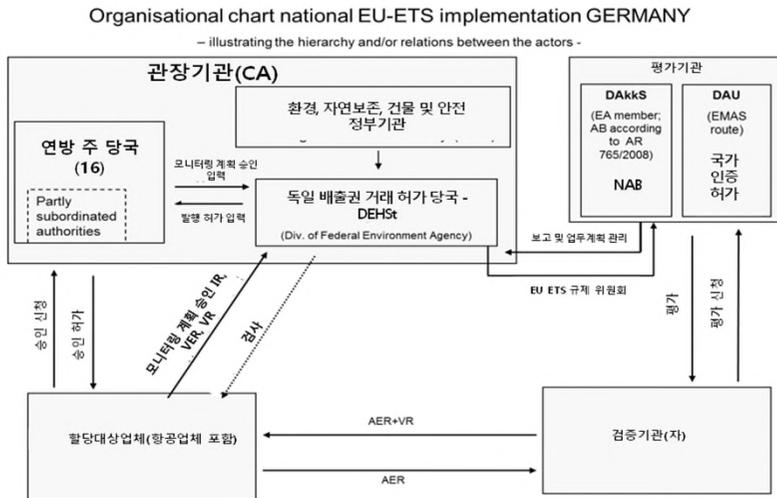
구분	제1차 계획기간	제2차 계획기간	제3차 계획기간
기간	2015~2017(3년 단위)	2018~2020(3년 단위)	2021~2025(5년 단위)
주요 목표	• 경험축적 및 거래제 안착	• 상당 수준의 온실가스 감축	• 적극적인 온실가스 감축 • 시장기능 활성화
제도 운영	• 상쇄인정범위 등 제도 유연성 제고 • 정확한 MRV를 위한 인프라 구축 • 배출권거래소 발족, 시장안정화 조치 시행	• 거래제 범위 확대 및 목표량 상향 조정 • 배출량 보고/인증 각종 기준 고도화 • 주기적 경매 실시, 시장 조성자 도입	• 신기후체제 대비 자발적 감축 유도 • 제3차 거래제 참여 등 유동성 공급 확대 • 선물 및 파생상품 도입 • 건설, 교통업종 추가
할당	• 전량 무상할당 • 목표관리제 경험 활용 • 시설단위 할당	• 유상할당 개시 • 무상 97%, 유상 3% • 벤치마크 할당 등 할당 방식 선진화 • 시설단위 할당	• 유상할당 비율 확대 • 무상 90%, 유상 10% • 선진적 할당 방식 정착 • 사업장 단위 할당
사전 할당량	• 592개 업체, 16억 86백만톤	• 609개 업체, 16억 43백만톤	• 685개 업체, 29억 2백만톤 * '22년 명세서 제출 : 713
지정 기준	• 125천톤 이상 업체 또는 25천톤 이상 사업장		• 125천톤 이상 업체이거나 25천톤 이상 사업장을 가진 업체

EU 배출권거래제도(EU-ETS) 개요

- '05년에 시작된 EU-ETS는 세계 최초의 탄소시장이며, 2023년 4월 현재 31개국이 참여 중
- Fit for 55 을 일환으로 금년 10월부터 CBAM 시범운영 예정, 이를 위하여 EU-ETS, 기금, CBAM 법안을 동시에 개정 중

EU-ETS 운영 체계 (독일)

독일 EU-ETS 운영 조직



독일 EU-ETS 관련 법령

법적근거

[EU] ① EU Directive 2003/87/EC ② Regulation(2018/2066)
[독일] ① 온실가스 배출권 거래제법

세부기준

[EU] Guidance document (MRR, M&R Guidance)
① 고정설비에 관한 일반 기준 ② 항공기 운전자에 관한 일반 기준
③ 바이오매스 이슈 ④ 불확도 평가 ⑤ 샘플링 및 분석
⑥ 데이터 흐름 및 제어시스템 ⑦ 연속 배출 모니터링 시스템
[독일] ① 배출권 거래제 조례 ② 고정설비 모니터링 계획 작성 지침

1~4기(Phase) 주요 특징

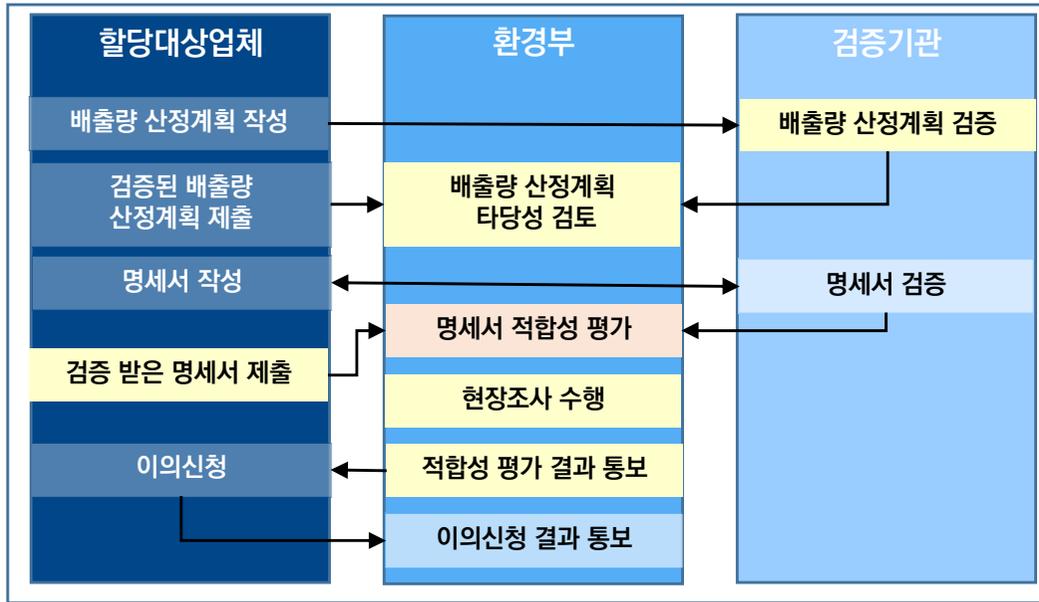
구분	1기	2기	3기	4기
적용 기간	2005~2007년	2008~2012년	2013~2020년	2021~2030년
참여 국가	27개국	30개국	28개 EU 회원국 및 3개 유럽자유무역연합 회원국(아이슬란드, 노르웨이, 리히텐슈타인)	스웨덴 추가
적용 대상	연평균 배출량 12만5천톤 이상 업체/2만5천톤 이상 사업체			
적용 업종	발전소 및 20MW 이상 기타연료 연소시설, 석유정제, 코크스로, 철강, 시멘트, 클리커, 유리, 석회, 벽돌, 펄프, 제지, 합판	2012년 항공 부문 추가	3기부터 알루미늄, 석유화학, 암모니아, 질산, 아디프산, 글리옥살산, CO2 포집/저장/이송 추가	
배출 허용 총량	연간 2억 2,990만톤	연간 2억 840만톤	2억 840만톤('13년) (연간 1.74%씩 감소)	1억 571만톤('21년) (연간 2.2%씩 감소)
규제 물질	CO ₂	CO ₂ , N ₂ O	CO ₂ , N ₂ O, PFCs	
할당	전량 무상할당	유상할당 3%	유상할당 10% (무상할당 30%, '20)	무상할당 '26년부터 매년 10%p씩 폐지 (무상할당 0%, '27)
할당 방식	전량 GF 방식	BM방식 7개 업종 무상할당	BM방식 12개 업종 무상할당	탄소누출위험 업종에 무상할당 집중
시장 참여자	할당대상업체, 금융기관, 컨설팅 업체, 개인투자자 등			

*출처: European Commission(2021 EU Emissions Trading System), 송홍선(2021), 정명규(2021), 손인성(2021)

배출량 산정·보고 절차

- (K-ETS) 촘촘한 관리와 지속적인 평가 방법의 고도화를 통해 실무기관에서 **정확한 배출량 평가** 진행
- (EU-ETS) 검증신뢰도를 기반으로 한 **메타평가 방식의 배출량 인증(Compliance checks)** 진행

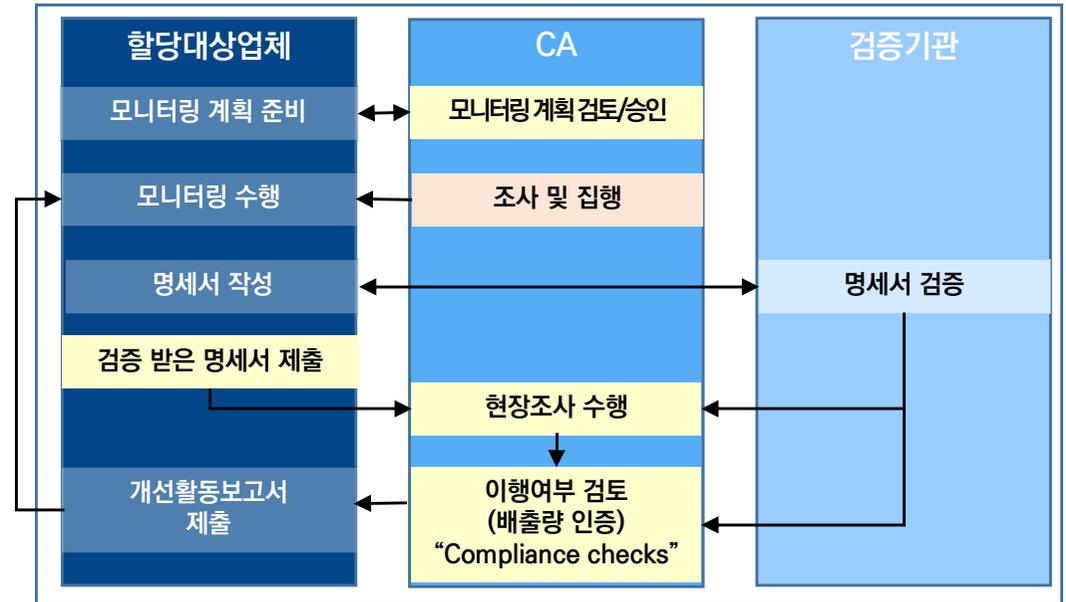
K-ETS MRV 산정·보고 절차



구분	1차 계획기간('15-'17)	2차 계획기간('18-'20)	3차 계획기간('21-'25)
대상업종	발전에너지, 집단에너지, 산업단지, 광업, 음식료품, 섬유, 목재, 제지, 정유, 석유화학, 유리, 요업, 시멘트, 철강, 비철금속, 기계, 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 조선, 통신, 건물, 항공, 폐기물, 수도(26개 업종)		2차 계획기간 + 건설, 교통
대상 온실가스	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PFCs, HFCs, SF ₆		
명세서 평가 방식	매년 전수조사를 통한 배출량 정확성 및 완전성 검토		
배출활동 방법론수	고정연소, 석유화학제품 생산 등 41개 방법론		

* 출처 : 인증지침 [별표 1] 배출량 등의 산정·보고 체계

EU-ETS MRV 산정·보고 절차



구분	1기('05-'07)	2기('08-'12)	3기('13-'20)	4기('21-'30)
대상시설	20MW이상의 발전소, 정유, 철강, 시멘트, 유리 석회, 벽돌, 세라믹, 펄프 제지	1기 + 항공	2기 + 알루미늄, 석유화학, 암모니아, 질산, 아디프산, 글리옥살산, CCS	
대상 온실가스	CO ₂	CO ₂ , N ₂ O	CO ₂ , N ₂ O, PFCs	
명세서 평가 방식	리스크가 높은 배출시설 집중검토(4~5년 기간에 전수 조사)			
배출활동 방법론 수	암모니아 생산, 고정연소, 알루미늄 생산 등 23개 방법론			

* 출처 : EU-ETS 'Monitoring and Reporting Regulation' Guidance Document 1

CBMA 대상품목과 ETS 제도간 배출활동

- CBAM 대상품목은 철강, 시멘트, 알루미늄, 비료, 수소 총 6개 품목이며 전환기간 동안 플라스틱, 유기화학품 추가여부 결정 계획
- CBAM 6대 품목 생산시 공정에서 발생하는 배출량은 국내 및 EU에서 개별 공정배출 활동으로 분류 가능

EU CBAM와 EU-ETS 제도 비교

구분		EU CBAM	EU-ETS
① 탄소계산방식		제품 단위	사업장 단위
② 운영 방식	보고범위	직·간접 배출량	직접 배출량
	보고주기	분기 1회	연 1회
	보고 채널	제3국 생산자 → 수입자 → EU정부	생산자 → EU정부
		보안 이슈	발생 (생산자 정보 수입자가 보관/제출)
	검증기관	EU기관 한정	Non EU기관 인정
	검증의무	EU국별 검증업체 중복 검증	1회 검증결과 EU 내 통용
③ 인증서 거래		유효기간 10년 (회기 간 이월 가능)	CERTI 운영방식

*출처: 국회 입법조사처 보도자료 ('23.2.20)

CBAM 적용대상 품목과 K-ETS, EU-ETS 배출활동 비교

CBAM 적용 품목	K-ETS 배출활동	EU-ETS 배출활동
철강	철강 생산	코크스 생산, 선철 및 강철 생산 금속광석 가열 및 소결
시멘트	시멘트 생산	시멘트 클링커 생산
비료	인산/암모니아/질산 생산	암모니아 생산 질산, 아디픽산, 카프릴락탐, 글리옥살 및 글리옥실산 생산
전력	고체/액체/기체연료연소	연소 공정
알루미늄	국내 미보고(제련) • 국내에는 알루미늄 생산(제련) 업체가 없음 (2021 NIR 보고서) 합금철 생산(일부 제품)	1차 알루미늄 생산 또는 가공
수소	석유정제활동 (수소제조 공정)	수소 및 합성 가스 생산

*출처: EU-ETS Directive 및 MRR, 인증지침 [별표 5]

MRV 체계 비교·검토

- K-ETS와 EU-ETS는 배출량 산정·보고 범위 및 산정방법론 측면(Tier4 유무)에서 큰 차이를 보임
- 특히 배출량 산정의 물리적 단위(시설/Installation)과 산정방법론 차이는 MRV 측면에서 양 제도의 주요 특징

K-ETS와 EU-ETS 배출량 MRV 제도 비교

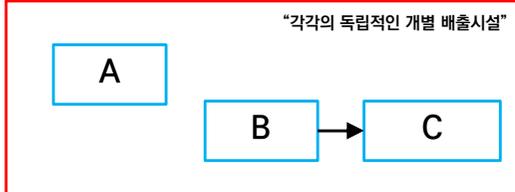
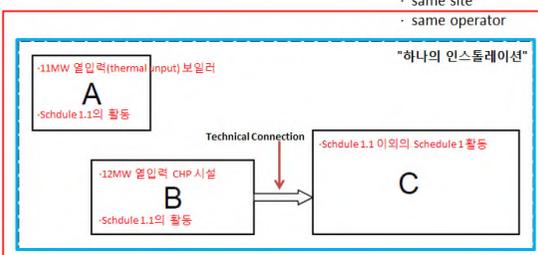
구분		K-ETS	EU-ETS	
① 배출량 산정 단위		배출시설 단위	사업장(Installation) 단위	
② 배출량 MRV	보고 범위	직·간접 배출량	직접 배출량	
	보고 대상 가스	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆	CO ₂ , N ₂ O, PFCs	
	산정 방법론	계산 기반 방법론 (Tier 1~3)	계산 또는 측정 기반 방법론 (Tier 1~4)	
③ MRV 신뢰성	활동자료 불확도	Tier 1 : ± 7.5% Tier 2 : ± 5.0% Tier 3 : ± 2.5%	<계산 기반> Tier 1 : ± 7.5% Tier 2 : ± 5.0% Tier 3 : ± 2.5% Tier 4 : ± 1.5%	<측정 기반> Tier 1 : ± 10.0% Tier 2 : ± 7.5% Tier 3 : ± 5.0% Tier 4 : ± 2.5%
	최소 적용 Tier	(A규모 배출시설, 연료 연소) Tier 1	(A규모 Installation, 연료 연소-표준연료) Tier 2	
	Tier 1 배출계수	IPCC 2006 가이드라인	IPCC 2006 가이드라인	
최소 분석주기	(고체연료) 월 1회 (연 반입량이 24만톤 초과시, 입하량 2만톤 초과시마다 1회 추가)	(석탄 등) 연간 최소 6회 매 20,000톤의 연료마다 1회 추가		

* 출처: EU-ETS Directive 및 MRR, 인증지침 [별표 5, 6, 13]

배출량 산정 단위

- (K-ETS) 41개 배출활동별 보고대상 시설에 해당하는 개별 시설, 설비, 기계 등은 각각의 개별 단일 배출시설
- (EU-ETS) Annex I의 배출활동 프로세스 범위를 Installation으로 설정(배출활동이 구분될 경우 별개로 취급)

K-ETS와 EU-ETS 배출량 산정 단위 비교

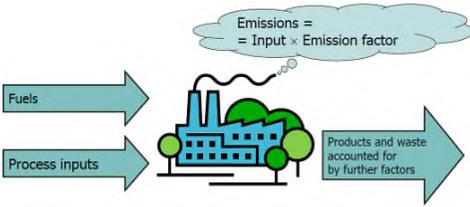
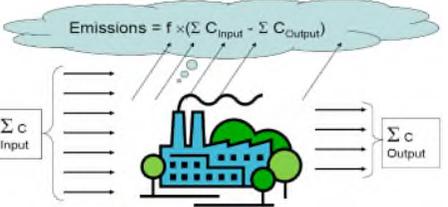
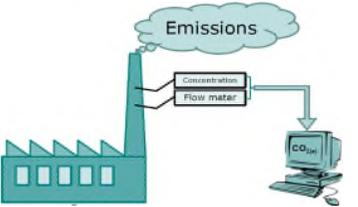
구분	K-ETS	EU-ETS
정의	<p>배출시설 (인증지침 제2조 제14호)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 온실가스를 대기에 배출하는 시설물, 기계, 기구, 그 밖의 유형물로서 각각의 원료(부원료, 첨가제 포함)나 연료가 투입되는 지점 및 전기·열(스팀)이 사용되는 지점부터의 해당 공정* 전체 * 연료 혹은 원료가 투입 또는 전기·열(스팀)이 사용되는 설비군** ** 동일한 목적을 가지고 동일한 연료·원료·전기·열(스팀)을 사용하여 유사한 역할 및 기능을 가지고 있는 설비들을 묶은 단위 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p style="text-align: center;">"각각의 독립적인 개별 배출시설"</p>  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>〈배출시설 규모 설정기준〉</p> <p>A 규모 : 5만톤 미만 B 규모 : 5만톤 이상, 50만톤 미만 C 규모 : 50만톤 이상</p> </div> </div>	<p>Installation (EU-ETS Directive 2003/87/EC article 3 (e))</p> <ul style="list-style-type: none"> • Annex I에 열거된 하나 이상의 활동이 수행되는 고정된 기술 단위 및 현장에서 수행되는 활동과 기술적으로 관련되어 있고 배출에 영향을 미칠 수 있는 관련된 활동 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p style="text-align: center;">"하나의 인스톨레이션"</p>  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>〈Installation 규모 설정기준〉</p> <p>A 규모 : 5만톤 이하 B 규모 : 5만톤 초과, 50만톤 이하 C 규모 : 50만톤 초과</p> </div> </div>
배출량 산정 방법론 선택	<p>배출량 산정방법론 최소 적용 기준 (인증지침 [별표 5])</p> <ul style="list-style-type: none"> • 산정등급은 Tier 1~4로 분류 • 배출량 산정은 Tier 1~3 수준에서 진행 	<p>EU-ETS MRR Article 21 (모니터링 방법론의 선택)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Installation의 배출량을 모니터링하기 위해 운영자는 다음의 특정 조항에 따라 계산 기반 방법론 또는 측정 기반 방법론을 적용하도록 선택해야 한다. 2. 관할 당국의 승인에 따라, 운영자는 배출량 gap 또는 중복 산정이 발생하지 않는 한, 하나의 Installation에 표준 방법론, 질량 균형 및 측정 기반 방법론을 혼용할 수 있다. <p>EU-ETS MRR Article 40 (측정기반 방법론의 사용)</p> <ul style="list-style-type: none"> - MRR 부록 IV에 명시된 아산화질소(N₂O) 및 MRR Article 49에 따라 이동된 CO₂(CO₂ transferred)를 정량화하기 위해 측정 기반 방법론을 사용하여야 함. - 또한, 그 외 CO₂ 배출원에 대해서도 측정 기반 방법론을 적용할 수 있으며, 각 배출원에 대하여 Installation 규모별 요구되는 최소산정등급을 만족할 수 있는지 여부를 판단하고 그 근거를 제출하여야 함

* 출처 : EU-ETS Guidance 01

EU-ETS 배출량 산정방법론 체계 (1/2)

- 모니터링 방법의 여러 조합을 통해 취사선택 가능함(MRR Article 21, Article 22 및 Guidance 01 '4.3 모니터링 방식')
- 다만, Operator가 배출량 보고에서 이중계산이나 데이터 공백이 없다는 점을 입증하여야 함

EU-ETS 배출량 산정방법론(세부)

구분	계산 기반 방법론 (Tier 1~3)		측정 기반 방법론 (Tier 4)	대체 방법론 (Fall-back)
	표준 방법론 (Standard Methodology)	물질수지 방법론 (Mass balance Methodology)		
개념	<ul style="list-style-type: none"> • 연료/원료 투입량 기반 	<ul style="list-style-type: none"> • 질량보존의 법칙에 따라 고립시스템의 유입과 유출의 차이는 온실가스 배출로 가정 	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스의 농도를 지속적으로 직접 측정하여 Installation 내 배출량을 합산 	<ul style="list-style-type: none"> • Tier를 기반으로 하지 않는 방법론으로, 아래 조건을 만족할 경우 적용 가능
산정 방법론	 $Em = AD \times EF \times OF(CF)$ <ul style="list-style-type: none"> • Em : 배출량 (tCO₂) • AD : 활동자료 (TJ, ton, Nm³) 활동자료 (TJ) = 연료량 × 순 발열량 (TJ/ton or Nm³) * 관할 당국(CA)가 승인하는 특정 조건에서 ton 또는 Nm³ 단위의 활동자료 사용 가능 • EF : 배출계수 (tCO₂/TJ) • OF/CF : 산화/전환계수 	 $Em = \sum (f \times AD \times CC)$ <ul style="list-style-type: none"> • Em : 공정 흐름별 배출량 (tCO₂) • f : 3.664 tCO₂/tC • AD : 연·원료의 활동자료 (ton) • CC : 연·원료 당 탄소함량 	 $E = \sum (\text{시간당평균농도} \times \text{시간당평균유속})$ <ul style="list-style-type: none"> • 연속 배출 모니터링 시스템 (CEMS) <ul style="list-style-type: none"> - stack의 유량 및 온실가스 농도 측정 - 시간당 평균 농도와 시간당 평균 유속 	<ul style="list-style-type: none"> - (a) 하나 이상의 주요(Major) 공정 흐름 또는 경미한(Minor) 공정 흐름에 대한 계산 기반 방법론에 따라 최소 Tier 1을 적용하고, 동일한 공정 흐름과 관련하여 최소한 하나의 배출원에 대해 측정 기반 방법론을 적용하는 것이 기술적으로 실현 불가능하거나, 불합리한 비용을 초래하는 경우 - (b) Operator는 측정불확도에 대한 ISO 가이드(JCGM 100:2008) 또는 기타 동등한 국제적으로 인정되는 표준에 따라 연간 배출량 측정에 사용되는 모든 변수의 불확도를 매년 평가하고 정량화하며 연간 배출량 보고서에 결과를 포함하는 경우 - (c) 운영자는 이러한 대체 모니터링 방법론을 적용함으로써, 전체 Installation 연간 온실가스 배출량에 대한 전반적인 불확도 임계값이 A규모 Installation의 경우 7.5 %, B규모 Installation의 경우 5.0 %, C규모 Installation의 경우 2.5 %를 초과하지 않는다고 관할 당국(CA)이 인정하는 경우
	특징	<ul style="list-style-type: none"> • 표준 접근 방식은 연료 또는 물질이 배출과 직접적으로 연관된 경우에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 일관제철소나 화학현장 등 제품 및 폐기물에 상당한 양의 탄소(예: 벌크 유기 화학 물질, 카본블랙 등)가 포함되어 있는 경우 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용되는 다양한 연료 및 원료에 대한 독립성 보장 가능 • N₂O 배출량 및 이동된 CO₂ 배출량은 해당 방식으로 모니터링하여야 함을 제시

EU-ETS 배출량 산정방법론 체계 (2/2)

- EU-ETS는 MRR에 따라 Installation 규모에 따라 적용 산정등급 결정
- A 규모 또는 사용 표준연료 사용시 최소 적용 Tier(MRR 부록 V), B/C 규모는 가장 높은 Tier 적용(MRR 부록 II, IV)

K-ETS 와 EU-ETS의 산정등급 분류 체계 비교

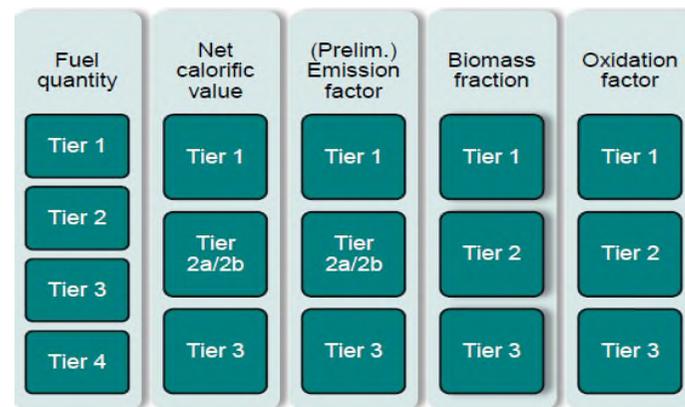
구분	K-ETS	EU-ETS	
		계산 기반 방법론	측정 기반 방법론
Tier 1	활동자료, IPCC 기본 배출계수(기본 산화계수, 발열량 등 포함)를 활용하여 배출량을 산정하는 기본방법론 (IPCC 2006 GL)	EU-ETS MRR 부록 VI에 따른 표준 매개변수 (IPCC 2006 GL)	배출가스 연속측정방법 (Tier별 적용 불확도 차이)
Tier 2	Tier 1보다 더 높은 정확도를 갖는 활동자료, 국가 고유 배출계수 및 발열량 등 일정부분 시험·분석을 통하여 개발한 매개변수 값을 활용하는 배출량 산정방법론	국가 고유 매개변수	
Tier 3	Tier 1, 2보다 더 높은 정확도를 갖는 활동자료, 사업자가 사업장·배출시설 및 감축기술단위의 배출계수 등 상당부분 시험·분석을 통하여 개발하거나 공급자로부터 제공받은 매개변수 값을 활용하는 배출량 산정방법론	분석에 기반한 매개변수	
Tier 4	굴뚝자동측정기기 등 배출가스 연속측정방법을 활용한 배출량 산정방법론		

* 출처 : EU-ETS Handbook, 인증지침 [별표 5]

EU-ETS 계산기반 산정등급 분류 체계

Tier Level	Activity Data		Emission Factor	Biomass Fraction	Oxidation Factor
	Maximum uncertainty in fuel amount	Net Calorific Value			
Tier 4	± 1.5%	Factors determined by analysis	Factors determined by analysis	Factors determined by analysis	Factors determined by analysis
Tier 3	± 2.5%				
Tier 2	± 5%	Country specific factors / value from fuel invoices	Country specific factors / proxy values from analysis	Standard factors	Country specific factors
Tier 1	± 7.5%	Standard factors from Annex VI of the MRR	Standard factors from Annex VI of the MRR		1

* 출처 : EU-ETS Handbook



* 출처 : EU-ETS Guidance 01

산정방법론 비교분석 결과

- 대부분 산정방법론은 유사한것으로 나타났으나, CEMS 유무, 보고대상 온실가스 종류에서 차이를 보임
 - MRR Article 21에 따라 각 배출활동별 명시된 산정방법론을 적용하되, Article40에 따라 측정기반 방법론의 Tier 준수가 가능하다는 근거 제출시에는 CEMS 활용 가능

CBAM 적용 대상품목 K-ETS와 EU-ETS 배출량 산정방법론 비교

구분		K-ETS	EU-ETS	비교	
철강	보고 대상 가스	직접 배출량 CO ₂ , CH ₄ (Tier 1)	직접 배출량 CO ₂	보고 대상 온실가스 차이	
	최소 적용 Tier	A규모 : Tier 1 / B규모 : Tier 2 / C규모 : Tier 3	A규모 : Tier 1 or 2 / B규모 : Tier 3'' / C규모 : Tier 3''	EU-ETS-K-ETS 산정방법론 유사 다만, EU-ETS 배출활동 설명에서 연소 공정 배출량 포함을 명시	
	산정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> • Tier 1 : 제품 생산량 × 배출계수 • Tier 2 : 원료 투입량 × 배출계수 • Tier3: 물질수지방법론 	<ul style="list-style-type: none"> • 표준 방법론 : 제품 생산량/원료 투입량 × 배출계수 • 물질수지 방법론 		
시멘트	보고 대상 가스	직접 배출량 CO ₂	직접 배출량 CO ₂	-	
	최소 적용 Tier	A규모 : Tier 1 / B규모 : Tier 2 / C규모 : Tier 3	A규모 : Tier 1 / B규모 : Tier 2 or 3 / C규모 : Tier 2 or 3	EU-ETS-K-ETS 산정방법론 유사 다만, EU-ETS 배출활동 설명에서 연소 공정 배출량 포함을 명시	
	산정 방법론	<ul style="list-style-type: none"> • Tier 1~2 : (클링커 생산량 × 배출계수) + (CKD 반출량 + 배출계수) • Tier3: Tier 1~2 방법론 + (원료 투입량 × 기타탄소성분 배출계수) 	<ul style="list-style-type: none"> • AB방법론 중 택1 + CKD/비탄산염 배출량 - A 방법론 : 원료 투입량 × 배출계수 - B 방법론 : 클링커 생산량 × 배출계수 		
비료	질산 생산	보고대상가스	직접 배출량 N ₂ O	직접 배출량 CO ₂ , N ₂ O	보고 대상 온실가스 차이
		최소 적용 Tier	A규모 : Tier 1 / B, C규모 : Tier 2	Tier 4	K-ETS는 계산, EU-ETS 측정 (EU-ETS는 N ₂ O 측정 필수)
	산정 방법론	생산량 × 배출계수 × 저감기술 분해계수	직접 측정		
	암모니아 생산	보고대상가스	직접 배출량 CO ₂	직접 배출량 CO ₂	-
		최소 적용 Tier	A규모 : Tier 1 / B, C규모 : Tier 2	A규모 : Tier 2 / B, C규모 : Tier 3''	EU-ETS가 K-ETS 대비 요구하는 Tier 수준이 높음
		산정 방법론	생산량 × 배출계수 - 2차 제품 생산에 의한 CO ₂ 회수량	연료 사용량 × 배출계수	input/output에 따른 방법론 차이
전력	보고 대상 가스	직, 간접 배출량 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	직접 배출량 CO ₂	간접 및 non-CO ₂ 배출량 보고 유무	
	최소 적용 Tier	A규모 : Tier 1 / B규모 : Tier 2 / C규모 : Tier 3	A규모 : Tier 1 or 2 / B규모 : Tier 3'' / B규모 : Tier 3''	-	
	산정 방법론	연료 사용량 × 발열량 × 배출계수 × 산화계수	연료 사용량(TJ) × 배출계수 × 산화계수		

* Tier 3''은 MRR에서 Tier 4로 명시되어 있으나, 사업장 분석을 기반으로 하는 방법론임

철강 (1/2)

구분	K-ETS	EU-ETS	비교
<p>보고 대상 배출활동</p>	<ul style="list-style-type: none"> 철강 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 코크스 생산 금속 광석 가열 및 소결 연속 주조를 포함한 선철/강철 생산 	
<p>배출활동 개요 (주요 배출원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (주요 배출원) 코크스로, 소결로 및 석회 소성로에서 원료 중 탄소성분에 의해 CO₂ 발생 (배출 특성) <ul style="list-style-type: none"> - (코크스로, 고로 및 전로) 배기가스는 연료 재순환에 의하여 다른 배출시설에서 연료 연소에 의하여 배출이 대부분 - (일관제철) 공정 부생가스에 의한 배출이 대부분 	<ul style="list-style-type: none"> (코크스 생산) : 원료(석탄 또는 석유코크스 포함), 기존 연료(천연가스 포함), 공정가스(고로가스 - BFG 포함), 기타 연료 및 폐가스 스크러버 (금속광석 가열 및 소결) : 원료(석회석, 백운석 및 FeCO₃를 포함한 탄산 철광석 소성), 기존 연료(천연 가스, 석탄 및 코크스), 공정 가스(코크스 오븐 가스 - COG, 고로 가스 - BFG 및 기본 산소로 가스 - BOFG), 기타 연료 및 폐가스 스크러버 (선철/강철 생산) : 원료(석회석, 백운석 및 FeCO₃를 포함한 탄산 철광석 소성), 기존 연료(천연 가스, 석탄 및 코크스), 환원제(코크스, 석탄 및 플라스틱 포함), 공정 가스(코크스 오븐 가스 - COG, 고로 가스 - BFG 및 기본 산소로 가스 - BOFG), 흑연 전극 소비, 기타 연료 및 폐가스 스크러버 	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS 배출활동 범위에는 공정가스 연소, 폐가스 스크러버도 포함 (예) K-ETS의 Tier 2 및 Tier 3 산정방법론 : COG, BFG 등 부생가스 발생 시 ‘철강 생산’ 배출활동에서는 제외 → ‘고정연소’ 배출활동으로 보고 EU-ETS의 COG, BFG 등 부생가스 발생 시 → ‘코크스 생산’ 등 배출활동에 보고
<p>보고 대상 배출시설</p>	<ul style="list-style-type: none"> 일관제철시설 코크스로 소결로 용선로 또는 제선로(고로) 전로 전기로 평로 	<ul style="list-style-type: none"> 금속 과정의 가열 또는 소결 시간당 2.5톤을 초과하는 용량의 연속 주조를 포함한 선철 또는 강철(1차 또는 2차 용융) 생산 총 정격열 입력이 20MW를 초과하는 연소 장치가 작동되는 철금속(합금철 포함)의 생산 또는 가공 <ul style="list-style-type: none"> - 가공에는 특히 압연기, 재가열기, 어닐링 용광로, 단조 공장, 주조 공장, 코팅 및 산 세척이 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 배출시설 유형만 제시하고 있는 K-ETS와 달리, EU-ETS는 일정 용량 이상의 설비를 보고하도록 하고 있음
<p>배출량 산정 범위</p>	<p>CO₂ (Tier 1~4), CH₄ (Tier 1)</p>	<p>CO₂</p>	<p>EU-ETS는 CH₄ 미보고</p>

철강 (2/2)

구분	K-ETS	EU-ETS
Tier 1 (A규모)	<p>*생산량 x 배출계수 $E_f = Q_p \times EF_p$</p> <p>E_f: 공정에서의 온실가스(f) 배출량(tGHG) Q_p: 공정에서 생산되는 각 제품(p)의 생산량(ton) EF_p: 공정의 CO₂ 및 CH₄ 배출계수(tCO₂/t, tCH₄/t)</p>	
Tier 2 (B규모)	<p>*투입량 x 배출계수 (단, 배출시설 유형에 따라 제품 및 부산물 발생에 따른 배출량 차감)</p> <p>① 전기로 $E_f = \sum(Q_i \times EF_i) - \sum(Q_p \times EF_p) - \sum(Q_o \times EF_o)$</p> <p>$E_f$: 공정에서의 온실가스(f) 배출량(tCO₂) Q_i: 원료(i)의 사용량(ton) Q_j: 연료(j)의 사용량(ton) Q_o: 기타 공정물질(o)의 투입량(ton) EF_x: X 물질의 배출계수(tCO₂/t)</p> <p>② 소결로/코크스로 $E_f = (Q_i \times EF_i) + (Q_j \times EF_j) + \sum(Q_o \times EF_o)$</p> <p>$E_f$: 공정에서의 온실가스(f) 배출량(tCO₂) Q_i: 원료(i)의 사용량(ton) Q_p: 제품(p)의 생산량(ton) Q_o: 부산물(o)의 발생량(ton) EF_x: X 물질의 배출계수(tCO₂/t)</p>	<p>계산 기반 방법론</p> <p>1) 표준 방법론</p> $E_m = AD \times BF \times OF(CF)$ <p>Em : 배출량 (tCO₂) AD : 활동자료 (TJ) = 연료량 × 순 발열량 (TJ/ton or Nm³) * 관할 당국(CA)가 승인하는 특정 조건에서 ton 또는 Nm³ 단위의 활동자료 사용 가능 EF : 배출계수 (tCO₂/TJ) OF/CF : 산화/전환계수</p>
Tier 3 (C규모)	<p>*물질수지 방법론 $E_f = \sum(Q_i \times EF_i) - \sum(Q_p \times EF_p) - \sum(Q_e \times EF_e)$</p> <p>$E_f$: 공정에서의 온실가스(f) 배출량(tCO₂) Q_i: 공정에 투입되는 각 원료(i)의 사용량(ton) Q_p: 공정에서 생산되는 각 제품(p)의 생산량(ton) Q_o: 공정에서 배출되는 각 부산물(e)의 반출량(ton) EF_x: X 물질의 배출계수(tCO₂/t)</p>	<p>계산 기반 방법론</p> <p>2) 물질수지 방법론</p> $E_m = \sum(f \times AD \times CC)$ <p>Em : 공정 흐름별 배출량 (tCO₂) f : 3.664 tCO₂/tC AD : 연·원료의 활동자료 (ton) CC : 연·원료 당 탄소함량</p>

시멘트 (1/2)

구분	K-ETS	EU-ETS	비교
보고 대상 배출활동	<ul style="list-style-type: none"> 시멘트 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 시멘트 클링커 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 유사
배출활동 개요	<ul style="list-style-type: none"> (주요 배출원) 클링커의 제조공정인 소성 공정에서 탄산칼슘의 탈탄산 반응에 의해 CO₂ 발생 (배출 특성) <ul style="list-style-type: none"> (소성시설) 생석회 생성 및 연료사용에 의한 배출. 소성로에서 발생하는 비산먼지(Cement Kiln Dust)는 회수되어 소성공정에 재사용되므로 회수되지 못한 CKD에 대한 보정 필요 (그 외) 주원료인 석회석과 함께 점토 등의 부원료의 사용량에 의한 배출 	<ul style="list-style-type: none"> (배출원) <ul style="list-style-type: none"> 원료의 석회석 소성 기존 소성시설의 화석 연료, 화석연료 대체 연료 및 원료 <u>바이오매스 연료 (바이오매스 폐기물)</u> 비소성시설 연료 석회석 및 세일의 비탄산염 탄소 함량 및 폐가스 스크러버에 <u>사용되는 원료</u> 	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS 배출활동 범위에는 연료 연소, 폐가스 스크러버에 사용되는 원료도 포함
보고 대상 배출시설	<ul style="list-style-type: none"> 소성시설(Kiln) 	<ul style="list-style-type: none"> 일일 생산 능력이 500톤을 초과하는 로터리 킬른 또는 하루 생산 능력이 50톤을 초과하는 기타 용광로에서의 시멘트 클링커 생산 	<ul style="list-style-type: none"> K-ETS에 비해 EU-ETS의 보고 대상 배출시설의 기준이 구체적으로 제시되어 있음
배출량 산정 범위	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ (Tier 1~4) 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> 동일

시멘트 (2/2)

구분	K-ETS	EU-ETS	비교
Tier 1 (A규모)	<p>〈고정연소는 별도 배출활동으로 보고〉</p> <p>〈시멘트 생산 공정배출량〉 Tier 1~2 : 클링커 생산량 × 배출계수</p> $E_i = (EF_i + EF_{toc}) \times (Q_i + Q_{CKD} \times F_{CKD})$ <p>E_i : 클링커(i) 생산에 따른 CO₂ 배출량(tCO₂) EF_i : 클링커(i) 생산량 당 CO₂ 배출계수 (tCO₂/t-clinker) EF_{toc} : 투입원료(탄산염, 제강슬래그 등) 중 탄산염 성분이 아닌 기타 탄소성분에 기인하는 CO₂ 배출계수 (기본값으로 0.010 tCO₂/t-clinker를 적용한다) Q_i : 클링커(i) 생산량(ton) Q_{CKD} : 킬른에서 시멘트 킬른먼지(CKD)의 반출량(ton) F_{CKD} : 킬른에서 유실된 시멘트 킬른먼지 (CKD)의 하소율 (0에서 1사이의 소수)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 고정연소에 따른 CO₂ 배출량 $Em = AD \times EF \times OF(CF)$ <p>Em : 배출량 (tCO₂) AD : 활동자료 (TJ) EF : 배출계수 (tCO₂/TJ) OF/CF : 산화/전환계수</p>	
Tier 2 (B규모)		<ul style="list-style-type: none"> 원료 흐름에 따른 CO₂ 배출량 = 활동자료(원료 투입량, 생산량) × 배출계수 (방법 A) 로에 투입되는 원료량 기반 (배출원 : 원료에는 최소 CaCO₃, MgCO₃, FeCO₃ 고려. 다만, 배출량 산정 시 고려되는 배출원에 대한 근거 제출 필요) (방법 B) 클링커 생산량 기반 <ol style="list-style-type: none"> 활동자료 적용 1 : 직접 측정 활동자료 적용 2 : 재고량 기반 추정 <p>* (시멘트 입고량 - (시멘트 재고 변동량 × 클링커/시멘트 비율) - (공급된 클링커) + (공급된 클링커 - (클링커 재고 변동량) (최소 CaO, MgO 고려. 다만, 배출량 산정 시 고려되는 배출원에 대한 근거 제출 필요)</p>	<ul style="list-style-type: none"> K-ETS의 경우 Tier에 따라 산정방법론, 매개변수가 결정되는 반면, EU-ETS의 경우에는 활동자료의 계산 방법에 따라 적용되는 매개변수가 결정 K-ETS의 경우, Tier 3 수준에서만 비탄산염 원료에 따른 배출량을 고려하나, EU-ETS는 Tier 수준 구분없이 비탄산염 원료에 따른 배출량을 고려
Tier 3 (C규모)	$E_i = (Q_i \times EF_i) + (Q_{CKD} \times EF_{CKD}) + (Q_{toc} \times EF_{toc})$ <p>E_i : 클링커(i) 생산에 따른 CO₂ 배출량(tCO₂) Q_i : 클링커(i) 생산량(ton) EF_i : 클링커(i) 생산량 당 CO₂ 배출계수 (tCO₂/t-clinker) Q_{CKD} : 시멘트 킬른먼지(CKD) 반출량(ton) EF_{CKD} : 시멘트 킬른먼지(CKD) 배출계수(tCO₂/t-CKD) Q_{toc} : 원료 투입량(ton) EF_{toc} : 투입원료(탄산염, 제강슬래그 등) 중 탄산염 성분이 아닌 기타 탄소성분에 기인하는 CO₂ 배출계수 (기본값 : 0.0073 tCO₂/t-원료)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * CKD 및 BPD가 킬른 공정 외부로 반출되는 경우, CKD의 CO₂ 배출량 산정 → CKD 발생에 따른 CO₂ 배출량 - Operator는 MRR Article 제24조 제2항에 따라 공정 배출량으로 산정된 CKD 부분 하소율에 대하여 CO₂ 배출량 추가 산정 ** 킬른 원료로 사용되는 석회석, 세일 또는 대체 원료 (예: 비산재)로 인한 비탄산염으로부터의 CO₂ 배출량 산정 	

합금철 (1/2)

구분	K-ETS	EU-ETS	비교
보고 대상 배출활동	<ul style="list-style-type: none"> 합금철 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 2차 알루미늄을 포함한 철 및 비철금속의 생산 또는 가공 	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS는 철 및 비철금속 생산에 대한 배출활동으로 설정하여, K-ETS 대비 유사 배출활동의 산정 범위가 넓음
배출활동 개요 (주요 배출원)	<ul style="list-style-type: none"> 코크스 같은 환원제의 야금환원 (metallurgical reduction) 과정 및 전극봉 사용에 의해서 CO₂ 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 대체 연료(Post shredder Plant의 플라스틱 입자 원료 포함), 코크스, 흑연 전극을 포함한 환원제, 석회석 및 돌로마이트를 포함한 원료, 금속 광석 및 정광(metal ores and concentrates)을 포함한 탄소, 2차 공급 재료 등) 포함 * 제외 대상 : 선철 및 강철 및 1차 알루미늄 생산에서 발생하는 CO₂ 배출량 	<ul style="list-style-type: none"> 유사
보고 대상 배출시설	<ul style="list-style-type: none"> 전로 전기로 	<ul style="list-style-type: none"> 총 정격 열 입력(환원제로 사용되는 연료를 포함한다)이 20MW를 초과하는 연소 장치가 작동되는 비철금속의 생산 또는 가공(합금, 정제, 주조 등의 생산 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> K-ETS에 비해 EU-ETS의 보고 대상 배출시설의 기준이 구체적으로 제시되어 있음
배출량 산정 범위	<ul style="list-style-type: none"> CO₂(Tier 1~4), CH₄(Tier 1,2) 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS는 CH₄ 미보고

합금철 (2/2)

구분	K-ETS	EU-ETS	비교
Tier 1 (A규모)	$E_{i,j} = Q_i \times EF_{i,j}$ <p>E_{ij}: 각 합금철(i) 생산에 따른 CO₂ 및 CH₄ 배출량(tGHG) Q_i: 합금철 제조공정에 생산된 각 합금철(i)의 양(ton) EF_{ij}: 합금철(i) 생산량 당 배출계수(tCO₂/t-합금철, tCH₄/t-합금철)</p>		
Tier 2 (B규모)	$E_{CO_2} = \sum(M_{ra} \times EF_{ra}) + \sum(M_{ore} \times EF_{ore}) + \sum(M_{sfrm} \times EF_{sfr}) - \sum(M_p \times EF_p) - \sum(M_{npos} \times EF_{npos})$ <p>E_{CO_2}: 합금철 생산에 따른 CO₂ 배출량(tCO₂) M_{ra}: 환원제(reducing agent)의 무게(ton) EF_{ra}: 환원제의 배출계수(tCO₂/t-환원제) M_{ore}: 원석(ore)의 무게(ton) EF_{ore}: 원석(ore)의 탄소함량(tCO₂/t-원석) M_{sfrm}: 슬래그 형성물질(slag forming material)의 양(ton) EF_{sfrm}: 슬래그 형성물질 내 탄소함량(tCO₂/t-슬래그형성물질) M_p: 생산제품(product)의 무게(ton) EF_p: 생산제품 내 탄소함량(tCO₂/t-제품) M_{npos}: 부산물(non-product outgoing stream)의 반출량 (ton) EF_{npos}: 부산물 중 탄소함량(tCO₂/t-비제품) E_{CH_4}: 각 합금철(i) 생산에 따른 CH₄ 배출량(tCH₄) Q: 합금철 제조공정에 생산된 각 합금철(i)의 양(ton) EF_{CH_4}: 합금철 생산량 당 배출계수(tCH₄/t-합금철)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Installation에 투입된 연료 또는 원료에서 비롯된 탄소가 제품 또는 기타 부산물에 포함되어 있는 경우, 물질수지 방법론 적용 - 물질수지 방법론 사용 시, 연소 공정의 배출을 물질수지에 포함하거나 표준 방법론을 사용하여 배출량의 누락 및 중복을 피하도록 할 수 있음 $Em = \sum(f \times AD \times CC)$ <p>Em : 공정 흐름별 배출량 (tCO₂) f : 3.664 tCO₂/tC AD : 연·원료의 활동자료 (ton) CC : 연·원료 당 탄소함량</p> <ul style="list-style-type: none"> 그렇지 않은 경우 표준 방법론을 사용하여 연소 및 공정 배출량 산정 $Em = AD \times EF \times OF(CF)$ <p>Em : 배출량 (tCO₂) AD : 활동자료 (TJ) = 연료량×순발열량 (TJ/ton/Nm³) * 관할 당국(CA)이 승인하는 특정 조건에서 ton 또는 Nm³ 단위의 활동자료 사용 가능 EF : 배출계수 (tCO₂/TJ) OF/CF : 산화/전환계수</p>	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS는 배출량 규모와 관계없이, 제품 또는 부산물에 잔존하는 탄소 함량 여부에 따라 산정방법이 결정
Tier 3 (C규모)	$E_{CH_4} = Q \times EF_{CH_4}$ <p>E_{CO_2}: 합금철 생산에 따른 CO₂ 배출량(tCO₂) M_i: 원료(i)의 투입량(ton) EF_i: 투입되는 원료(i)의 배출계수(tCO₂/t-원료) M_p: 제품(p)의 생산량(ton) EF_p: 생산된 제품(p)의 탄소함량(tCO₂/t-제품) M_{npos}: 부산물(non-product outgoing stream)의 반출량(ton) EF_{npos}: 부산물의 탄소함량(tCO₂/t-비제품)</p>		

THANK YOU

한국능률협회컨설팅 에너지/기후본부

구하은 매니저

E-MAIL : cloud264@kmac.co.kr / 09cecillia@gmail.com

HP: 010-2269-4033