

탄소누출 현황 및 대응방안

탄소누출 정의

2

■ IPCC(Intergovernmental Panel for Climate Change) 정의

탄소누출 = 온실가스 규제의 시행으로 유발된, 규제지역에서 비(非)제약 국가 및 부문으로의 배출량 증가분
온실가스 규제지역에서 규제정책의 시행으로 유발된 배출량 감소분

■ 분모(감소분):

- 원단위 배출량 감소,
- 탄소집약적 제품에 대한 수요감소,
- 국제경쟁에 따른 ETS 지역 수요감소

■ 분자(증가분): 시장잠식(단기), 지역 내 업종 변경, 생산이전(중장기)

⇒ 실질적 측정은 쉽지 않음.

탄소누출예측: CGE 모형 연구결과

3

■ IPCC 3차 평가서

- CGE 모형을 통해 교토의정서 시나리오 하에서 탄소누출이 5~20% 수준인 것으로 예측함.

■ OECD(2009)

- 2050년까지 2005년 대비 50%의 탄소를 삭감하는 정책을 EU 지역에서만 시행하는 경우 탄소누출률이 2020년 13%, 2050년 16%에 달할 것으로 예측
 - ※ 부속서 I 국가가 모두 참가 시 탄소누출률은 2%
 - ※ 감축비용이 1tCO₂ 당 10유로라고 가정한다면, 탄소누출률 13%인 경우 실질적 감축비용은 0.87tCO₂당 10유로인 셈
- 산업정책의 관점에서 보면 문제는 더욱 심각
- CGE 모형은 세부 업종이 아닌 대분류 산업을 대상으로 삼기 때문에 업종별 차이를 반영하지 못하는 한계를 가짐

업종별 연구결과 : 철강(iron and steel)

4

■ Demailly and Quirion (2008)

- EU-27개국에 대한 ETS 하에서 철강 부문에 대한 탄소누출률은 0.5~25%(중간값은 6%)인 것으로 조사됨.
- 탄소누출률은 가격전가율이나 초기할당방식에 대한 가정에 따라 민감하게 반응하였으며 세부업종(BOF, EAF)별 차이는 반영되지 않음.

■ Gielen and Moriguchi(2002), OECD(2003):탄소세 효과

- 대상지역과 모형의 몇몇 가정에서의 차이에도 불구하고 유사한 결과를 도출함.
- 전자의 결과에 따르면 2030년까지의 탄소누출률이 USD21/tCO₂의 탄소세 하에서 55%, USD42/tCO₂의 탄소세 하에서 70%에 달하며
- 후자에서는 USD25/tCO₂의 탄소세 하에서의 탄소누출률이 45%인 것으로 조사됨.

업종별 연구결과 :시멘트

5

■ 시멘트

- EU-ETS 시행 시 탄소누출률은 40%~70%대에 달하는 것으로 조사됨 (Demailly and Quirion, 2006; Ponssard and Walker, 2008).
- 시멘트의 가격 전가율은 지리적 조건(내륙, 해안)에 따라 크게 달라짐.

■ Reinaud(2005a, 2005b) : EU ETS

- 제조업에서 탄소영향이 가장 큰 업종은 1차 알루미늄임.
- 100% 유상경매 시나리오 하에서 ETS에 따른 비용상승효과는 시멘트, 정유, BOF 철강, 1차 알루미늄 등의 순서인 것으로 조사됨.

탄소누출 추정: 미국 제조업 대상의 연구

6

■ Aldy and Pizer(2008)

- 전력비, 생산, 소비 등의 역사적 데이터를 이용한 실증분석을 통해 탄소비용 발생에 따른 생산이전 효과를 분석.
- USD 15/tCO₂의 탄소비용 발생시 제조업 평균 생산감소는 1.3%임
이 가운데 소비감소에 의한 비율은 0.6%이며 나머지 0.7%는 경쟁력 감소에 의한
생산이전 효과에 기인함.

EU ETS 설문조사 결과 (Point Carbon, Carbon 2010)

- EU ETS의 장기 (2020년경) 탄소가격이 투자결정에 미친 효과는?

7

□ EU ETS를 통해 형성된 탄소의 장기가격이 기업의 투자결정에 결정적 요인이었다고 응답한 비율은 지속적으로 상승함

- 2007년 39%에서 2010년 47%로 상승.
- 2007년은 배출권 가격이 급락한 해이며 2008~2009년은 글로벌 금융위기의 여파가 강했던 시기였음이 고려되어야 할 것.

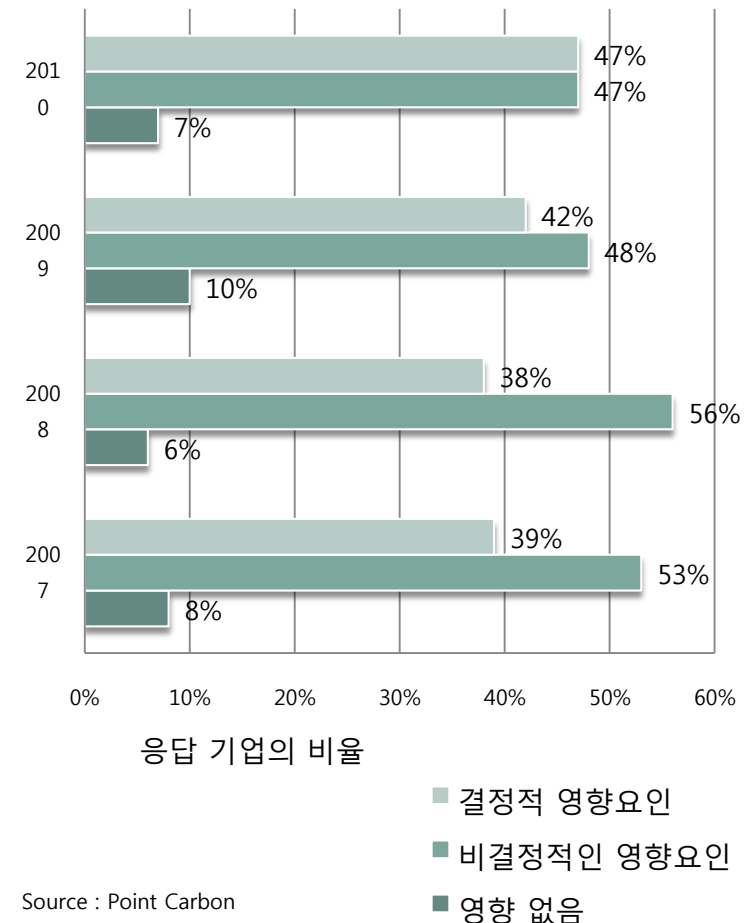
□ 업종별 효과

- 금속부문의 69%와 전기/열 부문의 57%가 ETS가 투자에 결정적 요인이라고 답변

□ 규모별 효과

- 1천만 tCO₂ 이상 배출업체의 62%(2009년에는 50%)가 탄소가격을 투자에 결정적 요인으로 간주
- 5십만 tCO₂ 이하 업체의 경우 이 비율은 22%.

조사대상 EU ETS 대상기업, N=380
(2010)



Source : Point Carbon

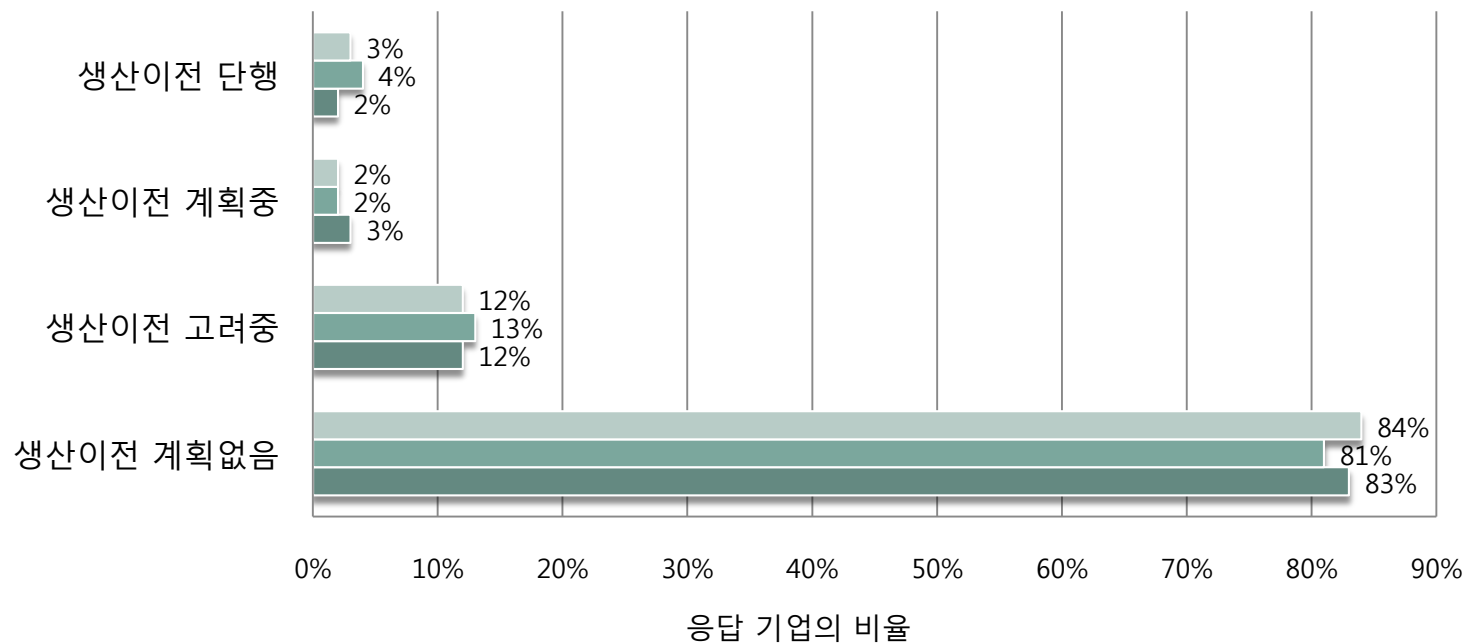
EU ETS 설문조사 결과 (Point Carbon, *Carbon 2010*)

- EU ETS 에 따른 탄소 누출 추이

8

- ETS가 투자이전에 영향을 미친 비율은 17% 가량으로 추이에 큰 변화가 관찰되지 않음
 - 조사대상으로 전력 등 생산이전 자체가 불가능한 기업을 다수 포함하고 있기 때문.

EU ETS 기업. N=342 (2010)



출처 : Point Carbon

2010

2009

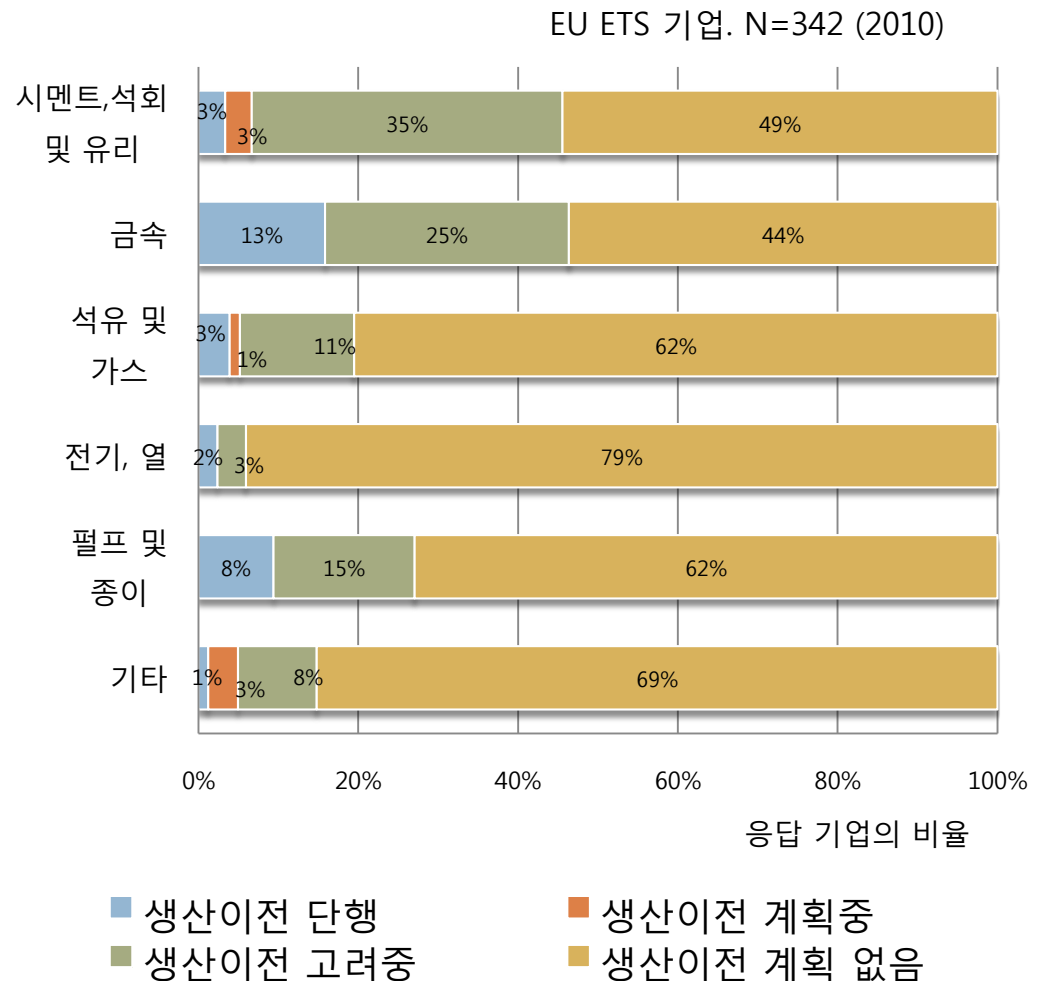
2008

EU ETS 설문조사 (Point Carbon, *Carbon 2010*)

- EU ETS 실시에 따른 업종별 탄소누출 (생산이전)

9

- ETS가 탄소누출에 미치는 가장 중요한 효과는 기업의 투자결정을 통해 이루어짐.
- 기업의 투자결정은 다른 경영요인들에 의해 복합적으로 이루어지므로 수량적 접근이 용이하지 않음.
- 신뢰할만한 설문조사는 온실가스 정책의 장기적 효과에 관해 가장 중요한 정보를 담고 있음
- 시멘트, 석회 및 유리업체의 41%, 금속업체의 38%가 생산입지 이전을 단행하였거나 고려중



Source : Point Carbon

EU ETS 3기(2013~2020)의 배출권 할당방안

10

■ 경매를 통한 할당의 범위

- 이행기간 설정
- 2013년에는 ETS 1기 연평균배출량의 80%를 무상할당
- 2020년 무상할당비율이 30%가 될 때까지 매년 균등감축
- 2027년까지 무상할당 전면 폐지

■ 간접배출 할당방식

- 무상할당의 대상은 직접배출에 한함
- 전력발전에는 무상할당을 허용하지 않음(일부 동유럽국가 한시적 예외)
- 전력부문 온실가스비용의 가격전가로 발생한 탄소누출 위험에 대해서는 각 회원국이 적절한 조치를 취하도록 재량을 허락.
- 전력비에 대한 금융적 보완장치: 산출물 기준 원단위 배출효율에 기초한 사전적 벤치마크

EU 탄소누출 대응방안: 직접배출에 대한 100% 무상할당

11

■ 무상할당시 할당방법: 벤치마크

- EU 공통의 벤치마크를 사전적으로 결정. 벤치마크의 선정에는 가장 효율적인 기술, 대체물, 대안적 생산공정, 고효율 열병합, 폐기가스, 바이오매스, 이산화탄소의 포집 및 저장 등을 고려.
- 벤치마크는 투입량이 아닌 산출량 대비로 정의함.
- 2007~2008년 기준 상위 10% 기술에 기준함

■ 탄소누출업종의 선정방식: 다음 기준 중 하나를 충족

- 1) 탄소집약도 > 5% & 무역집약도 > 10%
- 2) 탄소집약도 > 30%
- 3) 무역집약도 > 30%

※ 탄소집약도 = 직간접배출비용/총부가가치

무역집약도 = 수출입액/(매출액+수입액)

⇒ 총 242개 제조업 업종(NACE 4자리 기준) 가운데 약 150개 가량이 이 기준에 해당됨

⇒ 배출량 기준으로는 제조업 총 배출량의 77%에 달함

⇒ 기준 3)을 제외하면 해당업종은 26개로 압축

미국 W-M 법안의 탄소누출 대응방안 (리베이트 I)

12

- 2012년 이후 총량거래제 실시
 - 경매비중: 27%에서 이후 73%로 확대 (2032년까지)
 - 리베이트 프로그램 (무상할당과 유사)
 - 선정기준 (1)
 - √ 에너지 또는 온실가스 집약도 > 5% &
 - 에너지집약도=(연료비 + 전력비)/매출액
 - √ 무역집약도 > 15%
 - 선정기준 (2)
 - √ 에너지 또는 온실가스 집약도 > 20%
- ⇒ 제조업 450 업종 가운데 47개 업종이 탄소누출업종에 해당

미국 W-M 법안의 탄소누출 대응방안 (리베이트 II)

13

■ 리베이트 제공방식

1) 직접배출

$\text{4년간 업종평균 산출량대비 단위배출량} \times \text{2년간 해당업체의 평균 산출량}$

2) 간접배출

$\text{구매전력의 평균 단위배출량} \times \text{2년간 업종평균 산출단위당 전력사용량}$
 $\times \text{전력 효율성 (EPA 평가)} \times \text{업체 산출량}$

⇒ 밑줄 친 부분이 벤치마크의 역할을 담당

■ 리베이트 총합이 온실가스 감축 일정상 유보된 무상할당량을 초과한다면 리베이트를 비례적으로 축소시켜 감축 프로그램을 달성할 수 있도록 함

■ 리베이트 점멸(phase-out) 일정

- 2026년 이후 10년에 걸쳐 점진적으로 무상할당을 줄여나감

- 미국 수입품 가운데 15% 이상이 충분한 온실가스 감축정책을 실시하지 않는다면 대통령에 의해 Phase-out 일정에 대한 수정 가능

배출권거래제 대상 사업장 특성 I

14

■ 분석 범위

- 배출량 2만5천 tCO₂ 이상 사업장 (목표관리제와 배출량 기준은 동일) 2007년 기준
- 제조업 연료비, 전력비, 온실가스 배출원료 사용 기준으로 사업장 배출량 추정

■ 특징 및 시사점

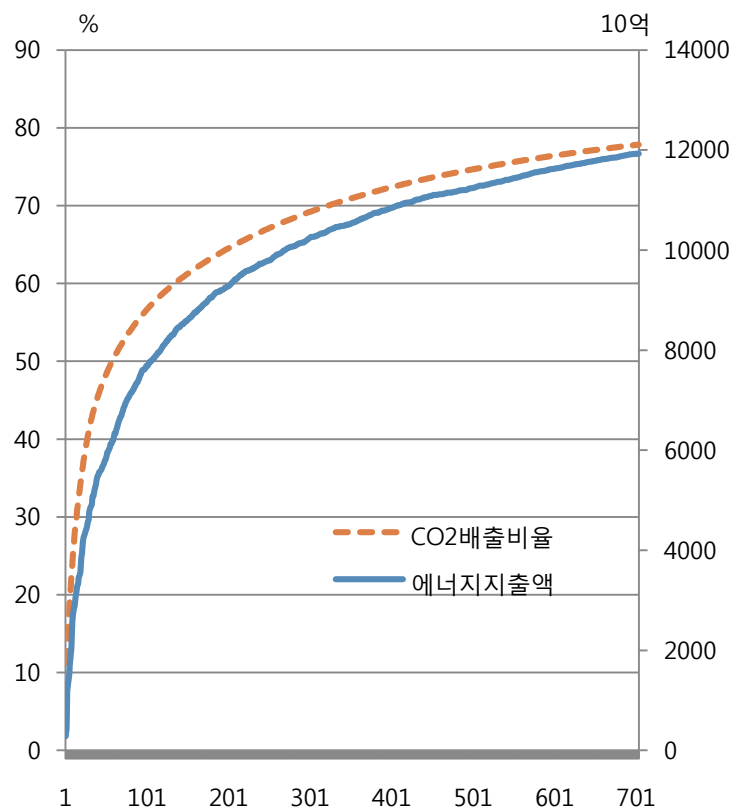
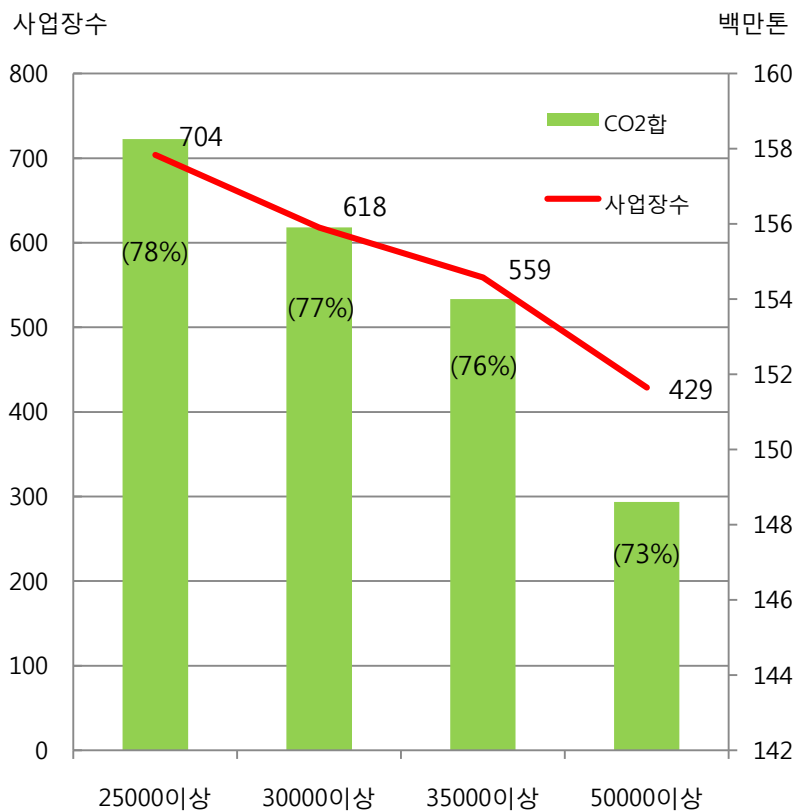
- 상위 25개 사업장이 제조업 전체의 39% 배출 (50개- 48%)
 - 2만 5천 tCO₂에서 5만 tCO₂로 배출권거래제 적용기준 상승시 제조업 전체 배출량 기준에서 추가대상 사업장의 배출량 기여비율은 5%에 불과 (사업장은 약 270개)
- ⇒ 국가온실가스 감축목표 달성의 기여도가 높지 않은 사업장은 배출권거래제 참가에 따른 거래비용을 고려하여 ETS 참가의 선택권 확대해야

배출권거래제 대상 사업장 특성 II

15

□ 배출량규모별 사업장수, 배출총량, 배출비율

□ 고배출사업장의 배출비율(제조업 총량대비)과 에너지지출총액



* 막대그래프의 괄호 표시비율은 제조업 총배출량에서 각 기준에 해당하는 사업장의 배출총량이 차지하는 비율임.

2만 5천 tCO2 이상 배출 사업장 수

EU와 미국의 탄소누출기준 적용시 한국 제조업 대상업종

16

한국 제조업 총업종수 457개	EU 기준 (1)	EU 기준 (3)		W-M 법안 기준
	탄소집약도 > 5% 무역집약도 > 10%	무역집약도 > 30%	탄소집약도 > 5% 무역집약도 > 30%	(연료비+전력비)/매출액 > 5% 무역집약도 > 15%
2007	25	246	20	30
2008	31	273	27	38
EU 업종수	26/242	120/242		
USA 업종수				47/450
탄소누출 기준 해당사업장 배출량 / 25천CO2이상 사업장 총배출량	0.753			0.174

- 탄소누출 민감도가 높은 업종 선정기준은 가능한 세분화된 분류체계 사용
 - ⇒ 업종별 특성을 최대한 반영
 - ⇒ EU는 몇몇 업종에 대해서는 공통의 수량기준 이외에 질적 특성 반영
- EU 기준 (1) 적용 시 2만 5천 CO2 배출사업장(704개) 가운데 321개 사업장이 탄소누출업종의 적용을 받음
 - ⇒ 배출권거래제를 통한 온실가스 감축 일정의 실현가능성 점검 필요

EU와 미국의 탄소누출기준 적용시 한국 제조업 대상업종 (표1)

17

EU ETS기준 (1)과 W-M 법인기준 모두에 해당

산업분류 (ksic5)	탄소집약도	에너지집약도	무역집약도	부가가치비중	매출액비중
1차철강 합금철 (24113)	0.1265	0.0956	0.8237	0.0040	0.0030
1차철강 철강선 (24123)	0.1155	0.0457	0.3718	0.0104	0.0089
석유화학계 기초화학물질(20111)	0.0933	0.0609	0.4908	0.0500	0.0752
기타 종이 및 판지 (17129)	0.0921	0.1469	0.1710	0.0029	0.0022
판유리(23110)	0.0905	0.2221	0.7469	0.0038	0.0020
기타 제철 및 제강업(24119)	0.0891	0.0470	0.8994	0.0002	0.0001
가정용 유리제품 (23191)	0.0689	0.1820	0.5424	0.0008	0.0004
기타 기초유기화학물질 (20119)	0.0684	0.0548	0.7151	0.0477	0.0509
크라프트지 및 상자용 판지 (17123)	0.0674	0.1191	0.1554	0.0110	0.0075
신문용지 (17121)	0.0673	0.1379	0.2636	0.0078	0.0045
1차철강 주철관 (24131)	0.0647	0.0661	-	0.0024	0.0014
합성섬유 (20501)	0.0621	0.0744	0.5794	0.0148	0.0151
합성고무 (20301)	0.0618	0.0485	0.6702	0.0074	0.0082
섬유제품 특수사 및 코드직물 (13993)	0.0565	0.0732	0.3200	0.0053	0.0050
타일 및 유사 비내화 요업제품(23232)	0.0545	0.1787	0.5402	0.0019	0.0010
재생섬유 (20502)	0.0534	0.0847	0.5873	0.0011	0.0009
마그네틱 및 광학 매체(26600)	0.0532	0.0787	-	0.0009	0.0008
전분제품 및 당류 (10620)	0.0520	0.1028	0.2216	0.0048	0.0035

EU와 미국의 탄소누출기준 적용시 한국 제조업 대상업종 (표2)

산업분류 (ksic5)		탄소집약도	에너지집약도	무역집약도	부가가치비중	매출액비중
EU ETS 기준 (1)에만 해당	시멘트 (23311)	0.3500	0.2475	0.1012	0.0227	0.0129
	1차철강 냉간 압연 및 압출 제품 (24122)	0.1891	0.0250	0.6079	0.0181	0.0245
	1차철강 도금, 착색 및 기타 표면처리강재 (24191)	0.1734	0.0377	0.7259	0.0196	0.0233
	1차철강 열간 압연 및 압출 제품 (24121)	0.0886	0.0418	0.3406	0.2334	0.1668
	1차철강 강관 (24132)	0.0844	0.0108	0.3027	0.0415	0.0330
	원유 정제처리업(19210)	0.0570	0.0168	0.3852	0.2298	0.3204
W-M 법안 기준에만 해당	기타 일반 도자기 (23219)	0.0407	0.1183	-	0.0002	0.0001
	유리섬유 및 광학용 유리 (23121)	0.0379	0.1031	0.3714	0.0041	0.0019
	가정용 및 장식용 도자기 (23211)	0.0222	0.0970	0.4840	0.0019	0.0007
	주정 (11121)	0.0326	0.0868	0.3283	0.0026	0.0015
	기타 비금속광물 석면, 암면 및 유사제품 (23994)	0.0265	0.0766	0.6122	0.0014	0.0006
	면 방적업(13101)	0.0371	0.0695	0.4746	0.0051	0.0032
	위생용 도자기(23212)	0.0144	0.0687	0.3231	0.0021	0.0007
	강화 및 재생 목재 (16212)	0.0392	0.0681	0.3094	0.0038	0.0024
	설탕 (10720)	0.0261	0.0660	0.5697	0.0040	0.0024
	기타 기초무기화합물질(20129)	0.0346	0.0646	0.9164	0.0124	0.0067
	기초화학 무기안료 및 기타금속산화물 (20131)	0.0486	0.0593	0.6932	0.0025	0.0020
	산업용 도자기 (23213)	0.0190	0.0564	0.6167	0.0027	0.0013
	구조용 정형내화제품 (23221)	0.0161	0.0544	0.3150	0.0036	0.0017
	커피 가공업(10791)	0.0225	0.0521	0.1891	0.0046	0.0029
	기타 비철금속 연 및 아연 제련, 정련 및 합금 (24213)	0.0418	0.0478	0.4198	0.0156	0.0154

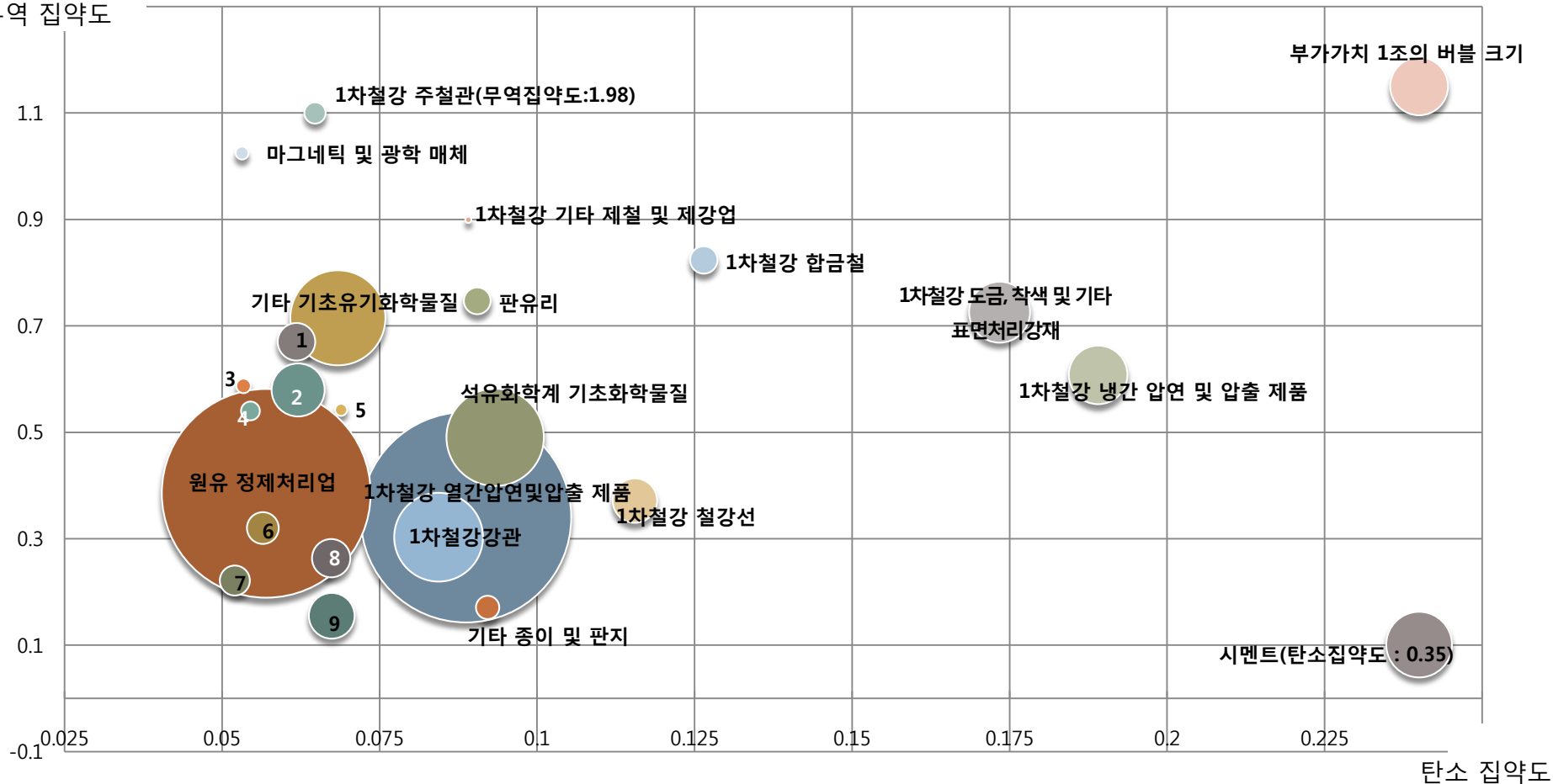
한국의 탄소누출업종 : EU기준 (1) 적용

탄소집약도=직간접탄소비용(CO2톤당 3만원)/부가가치 > 5%

무역집약도=수출입총액/(매출액+수입액) > 10%

19

무역 집약도



1 - 합성고무
2 - 합성섬유

3 - 재생섬유
4 - 유사 비내화 요업제품

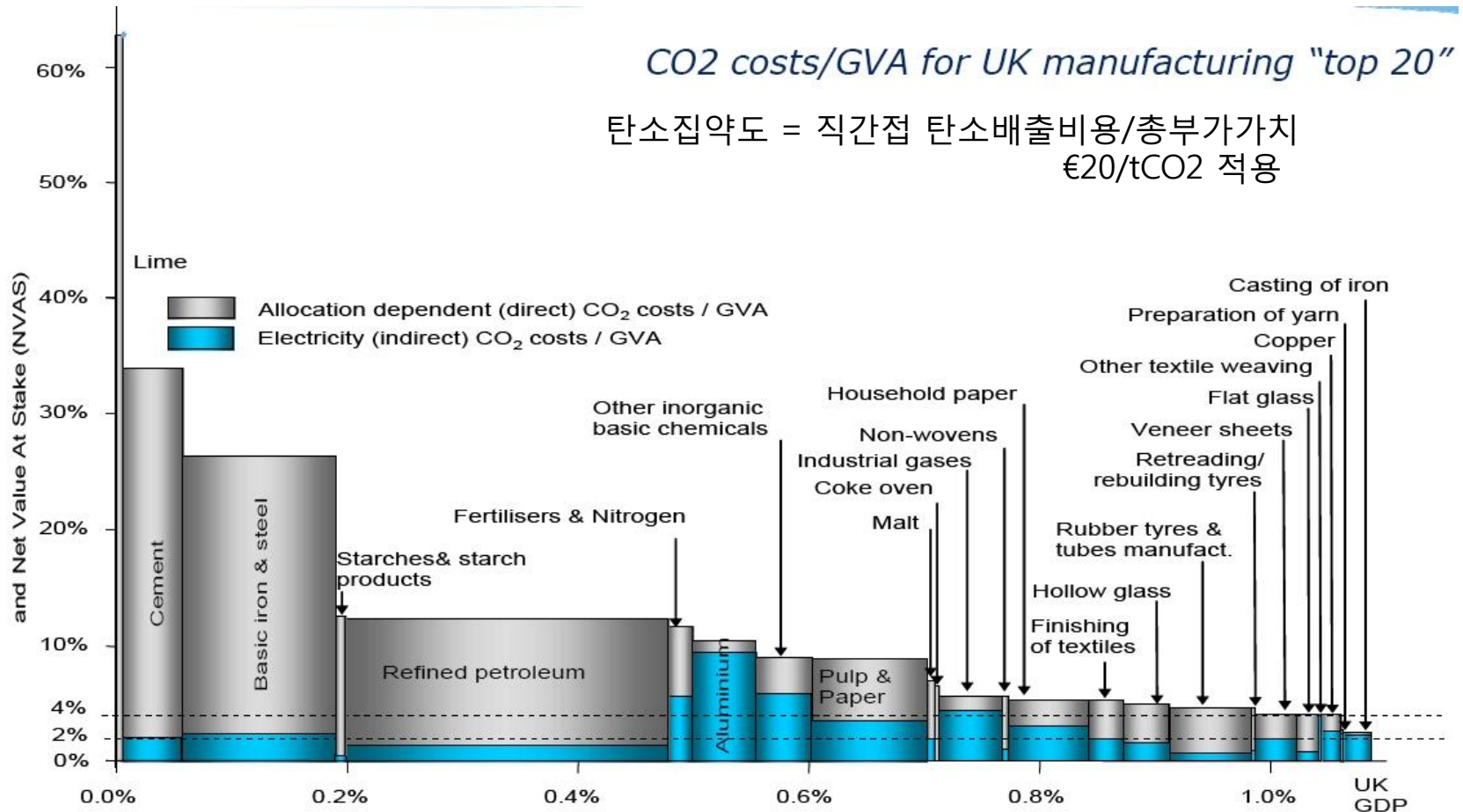
5 - 가정용 유리제품
6 - 특수사 및 코드 직물

7 - 전분제품 및 당류
8 - 신문용지

9- 크라프트지 및 상자용 판지

온실가스 고배출업종의 탄소집약도 (영국, 2004)

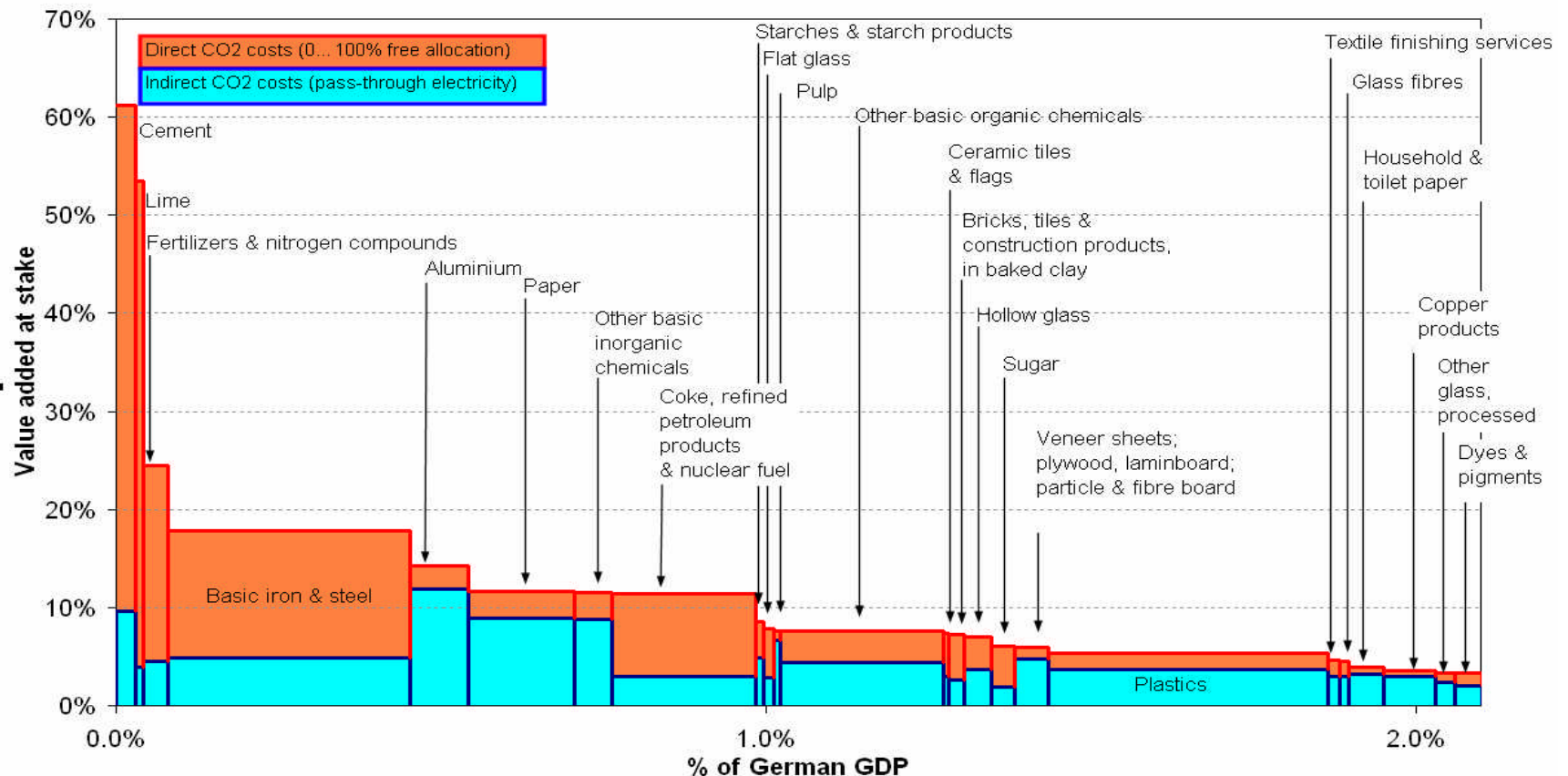
20



온실가스 고배출업종의 탄소집약도 (독일)

21

탄소집약도 = 직간접 탄소배출비용/총부가가치
€20/tCO₂ 적용

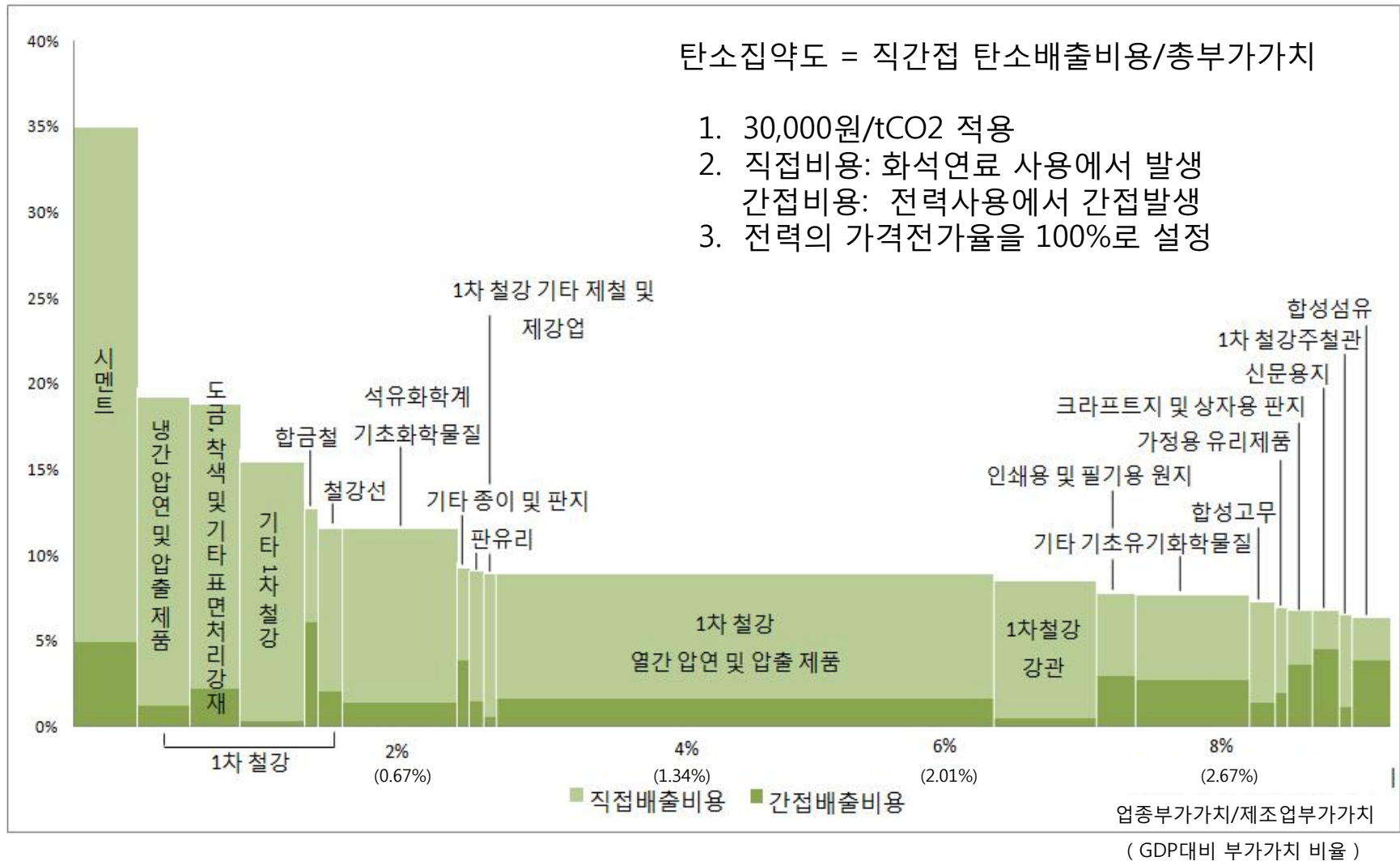


온실가스 고배출업종의 탄소집약도 한국, 2007년 KSIC5자리 기준

22

탄소집약도 = 직간접 탄소배출비용/총부가가치

1. 30,000원/tCO₂ 적용
2. 직접비용: 화석연료 사용에서 발생
간접비용: 전력사용에서 간접발생
3. 전력의 가격전가율을 100%로 설정



한국 에너지집약산업의 온실가스 배출비용 특성 (EU 국가 대비)

23

- 탄소집약도가 높은 업종(5% 이상)의 국민경제 기여도(부가가치/GDP)가 월등히 높음
 - 영국 (약 1.0%), 독일(약 1.8%),
 - 한국: 4.6%(2007년), 6.1%(2008년)
 - 한국 제조업에서 이들 업종이 차지하는 부가가치 비중은 13%(2007년), 16%(2008년)에 달함.
- 원단위 효율
 - 부가가치당 탄소비용이 영국이나 독일에 비해 높지 않음.
 - 1차철강, 비금속광물, 석유화학 등 주요 업종의 원단위 배출효율성은 이미 매우 양호한 수준임.
- 전력사용을 통한 온실가스 간접배출의 비중 역시 매우 낮은 수준임.
 - ※ 낮은 산업용 전력요금으로 인해 전력이 과다 사용되고 있다는 주장과 상반된 결과
 - ※ 알루미늄 업종 비교

산업연관표를 이용한 제조업경쟁력 분석

24

- 시나리오별 제조업 매출감소 (코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업 제외)
 - 2만원/tCO₂ 가정시 제조업 전체의 1.3%인 12조의 매출 감소 (3만원시 2.0%, 18조)
 - ⇒ 미국 실증분석: 15USD/tCO₂ 에서 1.3% 제조업 매출감소 추정 (Aldy and Pizer, 2008)

산업분류(ksic5)	매출감소율	산업분류(ksic5)	매출감소액 (백만원)
제철업(24111)	0.431	1차철강 열간 압연 및 압출 제품(24121)	3,508,884
금속주조 선철주물(24311)	0.203	승용차 및 기타 여객용 자동차(30121)	878,533
금속주조 강주물(24312)	0.203	기타 기초유기화학물질(20119)	729,344
그외 기타 분류안된 비금속 광물제품(23999)	0.191	강선 건조업(31111)	468,167
1차철강 제강업(24112)	0.190	액정 평판 디스플레이(26211)	420,677
1차철강 합금철(24113)	0.120	석유화학계 기초화학물질(20111)	382,771
전기식 진단 및 요법 기기(27112)	0.104	1차철강 냉간 압연 및 압출 제품(24122)	369,316
기타 비금속 광물 아스콘(23991)	0.103	금속주조 선철주물(24311)	359,392
1차철강 주철관(24131)	0.091	그외 기타 자동차 부품(30399)	350,660
1차철강 열간 압연 및 압출 제품(24121)	0.086	1차철강 강관(24132)	289,663
1차철강 기타 제철 및 제강업(24119)	0.083	특수목적기계 주형 및 금형(29294)	267,965
펄프(27110)	0.074	금속주조 강주물(24312)	228,900
석회 및 플라스틱(23312)	0.068	전자집적회로(26110)	216,134
플라스터 제품(23323)	0.068	자동차 차체용 부품(30320)	210,776
판유리(23110)	0.064	자동차용 동력전달장치(30391)	182,963

합리적 대안을 위한 제언 (1)

25

■ 미국의 탄소누출 방식이 보다 합리적

- 업종선정기준으로 에너지집약도의 사용을 허용함으로써 보다 비용효율적 정책 집행이 가능 (단 원료사용에 대한 배출량은 업종별 기준을 별도로 지정)
- EU와 같이 업종 선정에 무역집약도만을 적용한 기준은 적합하지 않음
- 벤치마크 기준으로 최상위 기술의 적용보다는 업종 평균을 사용하는 것이 보다 실용적
 - ⇒ 최상위기술기준의 적용은 신규 진입자에 대한 진입장벽으로 기능할 가능성
- 전력 사용을 통한 간접배출비용에 대한 명시적 보상
 - ⇒ EU의 국가 단위의 보조금 정책은 자의적이고 WTO 규정을 위배할 가능성

합리적 대안을 위한 제언 (2)

26

- 무상할당 프로그램은 배출비용이 높은 업종에 유예기간 설정
 - 기후변화 대응 투자요인이 발생한 상류업종의 비용전가에 의해 생산비 상승의 요인은 여전히 잔존 ⇒ 중간 투입물 사용에 대한 분석이 요구됨
- 탄소누출업종 선정기준에서 경계범위에 있는 업종에 대한 고려
 - 탄소집약도 4.9% vs. 5.1% 업종에 대한 불공정성 문제 해결되어야
- 보조금, 수입관세 등 WTO 규범과의 충돌 가능성 고려
 - 미국: 수입품 가운데 15% 이상이 충분한 온실가스 감축정책을 실시하지 않는다면 대통령에 의해 Phase-out 일정에 대한 수정 가능
 - EU: ETS 3기 이후 유상할당시 전력 사용에 따른 추가배출비용에 대해서는 국가별 지원정책을 허용