

2021년

에너지분야 국가 온실가스 잠정배출량 산정방법 연구

최종보고서

2021. 12.



환경부
온실가스종합정보센터

제 출 문

온실가스종합정보센터장 귀하

본 보고서를 『에너지분야 국가 온실가스 잠정배출량 산정방법 연구』의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 12.

주관기관명 : (주)엔베스트

수행책임자 : 이준우

수행실무자 : 이병진 양우석
박상일 박찬
이은희 이범열
우문지 황종섭
이상원 조현주
유상준 전은영

목차 / Contents

제 1장. 과업개요	1
1. 연구배경 및 필요성	
2. 연구내용	3
제 2장. 기초연구	7
1. 개요	7
2. 선행연구 조사	8
3. 국외동향	15
4. 국내동향	26
5. 배출전망 분석	44
제 3장. 산정체계 연구	53
1. 개요	53
2. 변동내용 : 2006 IPCC	57
3. 변동내용 : 2019 개선보고서	47

제 4장. 산정체계 구축	78
1. 개요	87
2. 산정체계 정의	9
3. 활동자료 가공	103
4. 결과분석	111
5. 기본접근법 산정	120
제 5장. 잠정배출량 산정	127
1. 개요	127
2. 데이터분석	130
제 6장. 산정시트 개발	145
1. 개요	145
2. 산정시트 구성내용	147
제 7장. 연구제언	155
1. 개요	155
2. 연구제언	156
별첨. 개선보고서 번역본	5

표 / Tables

표 1] 유사연구 목록 및 세부내용	0
[표 2] 선행연구 주요내용 : 에너지(I)	1
[표 3] 선행연구 주요내용 : 에너지(II)	1
[표 4] 선행연구 주요내용 : 에너지(III)	1
[표 5] 선행연구 주요내용 : 에너지(IV)	2
[표 6] 선행연구 주요내용 : 에너지(V)	3
[표 7] 선행연구 주요내용 : 에너지(VI)	4
[표 8] 신 기후체제(파리협정)의 특징	5
[표 9] 교토의정서와 파리협정의 비교	6
[표 10] 2017년 상위 온실가스 배출 국가 및 탄소중립 선언 현황	3
[표 11] 주요국 기준연도 배출량 및 연평균 감축률	4
[표 12] 국가온실가스 감축목표 발표 주요내용	7
[표 13] 2030년 전원믹스 구성안	9
[표 14] 국가온실가스 감축목표 관련조항	9
[표 15] 정부 수소정책 추진현황	2
[표 16] 주요 그룹별 투자 계획(안)	2
[표 17] 배출실적/전망 비교 : 국가총량	6
[표 18] BAU 활용 주요전제	7
[표 19] BAU 활용 산업별 부가가치 전망	7
[표 20] 국내 경제성장률(실적)	8
[표 21] 국제 유가실적(두바이유)	9
[표 22] 파리협약이행지침 주요 확인내용	4
[표 23] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 전체 카테고리	7
[표 24] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 에너지산업	8
[표 25] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교: 제조업 및 건설업	8
[표 26] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교: 수송부문	9
[표 27] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 기타 부문/미분류	10
[표 28] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 탈루부문	11
[표 29] 산정방법 주요 변동내용	2
[표 30] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : CO2 배출계수	3
[표 31] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N2O 및 CH4 배출계수_수송 외	5
[표 32] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N2O 및 CH4 배출계수_수송	6

[표 33]	현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N2O 및 CH4 배출계수_탈루배출	7
[표 34]	변경내용 : GWP 변경	86
[표 35]	현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 산정연료	9
[표 36]	변경내용 : 산화율 변경	2
[표 37]	변경내용 : 탄소물입도 미적용	3
[표 38]	현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 수송부문 촉매변환 신설항목	3
[표 39]	2019 개선보고서 부분분야별 변동 수	5
[표 40]	2019 개선보고서 부분별 변동내용 수	9
[표 41]	활용데이터 : 연료별 출처	9
[표 42]	활용데이터 : 개정EB_행구성 항목	1
[표 43]	활용데이터 : 개정EB_열구성 항목	4
[표 44]	활용데이터 : 탈루배출 연계 데이터출처	9
[표 45]	산정에너지원 목록	0
[표 46]	산정항목 목록 : 연료연소	11
[표 47]	산정항목 목록 : 탈루배출	21
[표 48]	산정항목 목록 : 탈루배출석유활동	80
[표 49]	산정결과 : 연보배출량(총량)	11
[표 50]	산정결과(연료연소) : GWP_5차 vs GWP_2차	31
[표 51]	산정결과(탈루배출) : GWP_5차 vs GWP_2차	51
[표 52]	배출량 비교 : 차이요인 및 변동량(전체)	81
[표 53]	배출량 비교 : 항목별 배출량	81
[표 54]	산정제외탄소 항목 목록 : 탈루배출	22
[표 55]	기본접근법 산정결과 : 3개안(단위: 천톤)	42
[표 56]	산정원칙1 : 활동자료 先추정, 배출량 後산정	33
[표 57]	산정원칙2 : 활동자료 활용수준에 따른 우선순위 적용	34
[표 58]	활동자료 비교 : 발전	3
[표 59]	활동자료 비교 : 철강	6
[표 60]	활동자료 비교 : 석유화학	7
[표 61]	활동자료 비교 : 가정	8
[표 62]	활동자료배출량 비교 : 연보 및 잠정가정	24
[표 63]	산정시트 주요기능 : 연보시트	84
[표 64]	산정시트 주요기능 : 잠정시트	21
[표 65]	연구제언 리스트	5
[표 66]	연구제언 : 논의안건	6
[표 67]	연구제언 : 자가소비 분배 - 연료별 비교	75
[표 68]	연구제언 : 자가소비 분배 - 문제점	85
[표 69]	연구제언 : 잠정배출량 대표공표 방안	66
[표 70]	연구제언 : 업무 고도화	6

그림 / Tables

<그림 1> 연구개발 필요성	7
<그림 2> 사업범위	2
<그림 3> NDC 제출 및 글로벌 이행점검 주기	7
<그림 4> 국제사회 주요협의내용	2
<그림 5> COP26 주요내용	2
<그림 6> G7국가 NDC목표 : 기존목표/상향목표	4
<그림 7> NDC 상향 주요국 감축경로	5
<그림 8> 국내 온실가스 감축정책 추진경과	6
<그림 9> NDC 상향안 주요일정	8
<그림 10> NDC 부문별 감축목표	2
<그림 11> NDC 상향안 모식도(직접배출량 기준)	2
<그림 12> NDC 상향안 분석내용	3
<그림 13> 분석내용 : 기준년 변경	4
<그림 14> 분석내용 : 흡수원 포함기준 상이	5
<그림 15> 분석내용 : 국외감축량 상향	6
<그림 16> 분석내용 : 미래기술 위주구성	7
<그림 17> 분석내용 : 간접배출량 제외	8
<그림 18> 신규제정 법령 주요내용	10
<그림 19> 정부 수소정책 추진현황	1
<그림 20> 정권별 기후정책 성격	3
<그림 21> 대선후보 기후공약 비교(한겨레, 21.11.25)	4
<그림 22> 대선후보 기후공약 입장비교	4
<그림 23> 감축목표 도출방법	5
<그림 24> 배출실적/전망 비교 : 국가총량	6
<그림 25> 전제조건 분석 : GDP	8
<그림 26> 전제조건 분석 : 국제유가(연도별)	9
<그림 27> 파리협약 이행지침 주요내용 및 반영여부	4
<그림 28> 산정방법 변경내용	5
<그림 29> 2019 개선보고서 구성내용	6
<그림 30> 변경내용 : 가스별 GWP	8
<그림 31> 변경내용 : 산정연료 확대	9

<그림 32>	계수 비교 : 석탄탈루	6
<그림 33>	계수 비교 : 석유탈루	7
<그림 34>	계수 비교 : 가스탈루	8
<그림 35>	번역본 작성방향(일부 예시)	9
<그림 36>	번역본 화면 : 표지	10
<그림 37>	번역본 화면 : 본문	11
<그림 38>	번역본 화면 : 표	12
<그림 39>	번역본 화면 : 그림	13
<그림 40>	연구 프로세스 : 산정체계 구축	18
<그림 41>	활용데이터 : 항목별 출처	10
<그림 42>	활용데이터 : 자료별 특성	10
<그림 43>	활용데이터 : 신·재생에너지 보급통계	16
<그림 44>	활용데이터 : 석유류 수급통계	17
<그림 45>	데이터가공 주요내용	40
<그림 46>	자료가공 : 업종매칭(1)	90
<그림 47>	자료가공 : 자가소비 분리(2)	90
<그림 48>	자료가공 : 비재생 폐기물 분리(3)	101
<그림 49>	자료가공 : 석유활동 구축(4)	101
<그림 50>	산정결과 : 연보배출량(총량)	121
<그림 51>	산정결과(연료연소) : GWP_5차 vs GWP_2차	141
<그림 52>	산정결과(탈루배출) : GWP_5차 vs GWP_2차	161
<그림 53>	기본접근방법 산정방법 : 3개안	32
<그림 54>	기본접근법 산정결과 : 3개안	42
<그림 55>	연구 프로세스 : 잠정배출량 산정유형	81
<그림 56>	연구 프로세스 : 잠정배출량 산정	91
<그림 57>	개장밸런스 : 확장밸런스 + vs 간이밸런스	101
<그림 58>	에너지원 비교 : 확장밸런스 vs 간이밸런스	111
<그림 59>	항목 비교 : 확장밸런스 vs 간이밸런스	121
<그림 60>	산정원칙3 : 증감률 적용	143
<그림 61>	활동자료 증감률 비교 : 발전	53
<그림 62>	활동자료 증감률 비교 : 철강	63
<그림 63>	활동자료 증감률 비교 : 석유화학	71
<그림 64>	활동자료 증감률 비교 : 가정	83
<그림 65>	잠정배출량 자료가공 내용	104
<그림 66>	결과비교 : 연보배출량 vs 잠정배출량	111
<그림 67>	산정시트 개발방향	161
<그림 68>	연보시트 : 시트구조	171
<그림 69>	연보시트 : 시트화면	181
<그림 70>	연보시트 : 검증기능	191
<그림 71>	연보시트 : 검증화면	191
<그림 72>	연보시트 : 시트구조	191
<그림 73>	연보시트 : 시트화면	211
<그림 74>	연구제언 : 전환효율 반영(예시)	191

에너지분야 국가 온실가스
잠정배출량 산정방법 연구

제 1장

과업개요

제 1장

과업개요

1. 연구배경 및 필요성

2015년 파리에서 열린 유엔기후변화협약 당사국총회에서는 195개 참가국 만장일치로 기후변화 대응 합의문(파리협정)을 채택하였다. 합의문에서 회원국은 지구평균기온 상승을 산업화 이전 대비 2°C 이내로 억제하고, 추가적인 노력을 통해 1.5°C 이내로 제한하기로 하였다. 또한 후속논의를 통해 2050년까지 탄소배출 제로를 목표로 국가별로 중장기 기후변화 대응전략을 수립하도록 하였다.

기후변화협약에 따라 협약 당사국은 탄소중립의 이행여부를 확인하기 위하여 국가 온실가스 배출량을 투명하게 산정해야 하고, 당사국은 산정된 결과를 CRF(Common Reporting Format) 및 국가보고서(National Inventory) 형태로 작성하여 당사국 총회에 제출하여야 한다. 국가 인벤토리 작성은 IPCC 가이드라인에 기초해야 하는데, 과거에는 부속서 1 국가만이 2006 IPCC 지침에 따라 산정하도록 하고, 개도국들은 2006

IPCC 지침 적용이 권고되었으나 파리협정에서 투명성 체계가 강화됨에 따라 2006 IPCC 지침에 따른 보고가 모든 나라에서 의무화되었다. 따라서 국내 온실가스 통계에 대한 총괄기관인 온실가스종합정보센터(이하 센터)에서도 이러한 국제 동향에 따라 2006 IPCC 지침에 따른 배출량 산정체계를 구축할 필요성을 가지게 되었다.

그리고 국가 온실가스 배출량에 대한 공표는 매년 12월에 공표하고 있으나, 공표 시점이 실제 연도와 2년의 차이가 발생하고 있어, 국가로드맵 이행에 대한 정책수립 및 감축이행평가에 대한 어려움이 있다. 현재 배출연도 종료이후 약 2년(24개월)의 시간이 소요되는 이유는 국가 인벤토리 산정에 필요한 활동자료 통계의 공표기간이 상이하고, 관장기관에서 산정단계에서 시간소요가 다시 발생하기 때문이다. 따라서 현행 약 2년(24개월)이 소요되는 국가배출량에 대하여 체계적으로 기초 활동자료 수집하는 시스템 및 절차를 구축이 필요하다.



<그림 1> 연구개발 필요성

2. 연구내용

본 사업의 내용은 크게 3가지의 세부과제로 구성되어 있고, 이에 대한 연구내용은 다음과 같다.

세부과제1은 투명성 기준에 따른 국내 적용(안)을 마련하는 연구이다. 이에 대하여 파리협정에 따른 변동사항을 분석하고, 2006 IPCC 산정체계를 국내 에너지 분야에 적용하기 위한 부분을 방법론을 마련하였다.

세부과제2는 세부과제1에서 분석된 내용을 기반으로 에너지 분야 배출량을 산정하고, 산정결과를 비교하는 연구이다. 이에 대하여 본 연구에서는 개정에너지밸런스를 활용하여 시스템적으로 활동자료를 집계하고 배출량을 산정하는 방법론을 마련하여 기존의 결과와 비교하였다.

세부과제3은 에너지통계월보를 활용하여 잠정배출량을 산정하고, 산정된 결과를 분석하는 연구이다. 이에 대하여 세부과제2에서 에너지월보의 구조를 에너지연보와 비교하여 차이점과 공통점을 분석하고, 이를 기반으로 하는 잠정배출량 산정 방법론을 마련하였다. 그리고 이에 대한 과정에서 발생하는 문제점을 발견하고 향후 에너지통계의 개선내용을 제시하였다.



<그림 2> 사업범위

에너지분야 국가 온실가스
잠정배출량 산정방법 연구

제 2장

기초연구

제 2장

기초연구

1. 개요

기초연구에서는 에너지 분야 국가 온실가스 잠정배출량 산정을 위해 기반이 되는 부분에 대한 조사를 수행하였다, 우선 2006 IPCC 산정체계 구축을 위하여 기존에 연구되었던 연구에 조사하였다. 이 과정에서 기존의 연구내용을 종합하고, 개선점으로 제시된 내용을 확인하여 본 연구에 반영할 수 있도록 하였다. 다만 잠정배출량에 대한 연구는 앞서 진행된 연구가 없어 본 조사에서는 제외하였다.

그 다음으로는 국내외의 기후변화 정책에 대한 동향을 조사하여, 현재 국내외적으로 부각되고 있는 탄소중립에 있어 온실가스 배출량의 중요성과 정책수립의 선제적 대응을 위한 잠정배출량 산정의 필요성을 살펴보았다.

2. 선행연구 조사

가. 개요

에너지 분야 온실가스 배출량 산정방법론 보완을 위해 선행과제 분석을 통해 현재의 산정지침에서 산정할 수 없었던 부분의 산정가능 여부를 우선적으로 조사하였다. 선행연구는 2006 IPCC 지침에 따른 인벤토리 구축에서 주요하게 활용되는 통계인 개정/IEA 에너지밸런스에 대한 활용여부 검토하기 위하여 진행되었는데, 본 연구에서 조사한 선행연구의 리스트는 아래와 같다.

[표 1] 유사연구 목록 및 세부내용

구분	연도	보고서명
산업통상 자원부	1 2008	전력 및 열에너지 수급통계 정비 및 기반구축 (산업통상자원부)
환경부	2 2012	정유 및 석유화학 산업 온실가스 배출특성 연구 (온실가스종합정보센터)
	3 2014	대기오염물질 및 온실가스 통합 인벤토리 개선 연구 (국립환경과학원)
	4 2015	석유화학 산업의 납사 온실가스배출량 산정 모델 개발 및 배출특성 연구 (한국환경산업기술원)
에너지 경제 연구원	5 2015	한국과 IEA 에너지밸런스 표의 비교 분석연구 (손중찬, 김수덕)
	6 2018	현행 에너지밸런스의 한계와 개선 방향 (에너지경제연구원)

나. 선행연구 주요내용

1) 전력 및 열에너지 수급통계 정비 및 기반구축(2008)

국가통계의 전력 및 열에너지는 발전사업자 및 일부 지역난방 사업자의 공급분만을 반영, 에너지수급의 정확한 분석 및 보다 개선된 통계 작성 유무를 판단하기 위해 현재 지식경제부에서 개편된 산업통상자원부의 선행과제를 조사하였다. 관련 연구의 주요내용은 다음과 같다.

- (통계현황) 국내 전력수급통계 및 열에너지수급통계 현황에 대하여 설명
- (데이터 분석) 국제기준에 부합하는 전력 및 열에너지 국내통계 수집·정리 및 사업자 목적과 발전 형태에 따라 분류 수행
- (에너지흐름) 각종 통계정보가 시사하고 있는 정보 일체화 및 자료 근거별 상이한 수치정보 일원화하는 방안 적용

선행과제에서는 국내 에너지수급의 정확한 분석과 국제기준에 부합되는 전력 및 열에너지 수급통계를 정비하기 위한 연구로서, 자료근거별 시계열 자료를 정비하였다. 또한 2007년 전력 및 열에너지 통계를 종합한 결과 국가통계와 수급상의 상당한 차이를 나타냄을 시사했다.

[표 2] 선행연구 주요내용 : 에너지(1)

구분	항목	세부내용
에너지	통계현황	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 전력수급통계 및 열에너지수급통계 현황 설명
	데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 국제기준에 부합하는 전력·열에너지 국내통계 수집·정리 • 사업자 목적과 발전 형태에 따라 분류 수행
	에너지흐름	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 통계정보가 시사하고 있는 정보 일체화 • 자료 근거별 상이한 수치정보 일원화

2) 대기오염물질 및 온실가스 통합 인벤토리 개선 연구(2014)

2006 IPCC 지침 에너지 및 산업분야 미산정 부문 중 “오존층 파괴물질의 대체물질로써 제품사용” 부문과 “기타제품 생산 및 소비” 부문의 활동자료를 개선방법과 산정방법 개선(안) 도출 시 참고하기 위해 국립환경과학원에서 수행한 선행과제를 조사하였다. 관련 연구의 주요내용은 다음과 같다.

- (미산정 부문) 개선한계 배출부문 나열
- (미산정 원인) 미산정 원인 및 개선방안 제시

선행과제에서는 미산정 부문 및 미산정 사유에 대하여 세부사유를 설명하고 있는데, 미산정 원인의 상당부분은 활동자료의 미구축이 원인이었으며, 에너지 탈루배출의 경우 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수 미제공으로 산정이 불가능하다고 설명하고 있다. 뿐만 아니라 국내에서 승인된 국가고유계수 또는 사업장 고유배출계수 미개발로 인하여 대략적인 산정조차 어려운 실정이다. 이외에도 활동자료로 사용하기 위한 국가통계 미구축으로 인하여 배출권거래제 및 목표관리제에서 매년 제출되는 명세서와 같은 사업장 통계를 활용하여 활동자료를 확보하고 개선하는 방안을 설명하고 있다.

[표 3] 선행연구 주요내용 : 에너지(II)

항목	세부내용
미산정 부문	• 개선한계 배출부문 나열
미산정 원인	• 미산정 원인 및 개선방안 제시

3) 석유화학 산업의 납사 온실가스배출량 산정 모델 개발 및 배출특성 연구(2015)

석유화학 산업의 정확한 공정배출량 산정을 위해 국내 실정에 맞는 납사 탄소 몰입률 계수를 도입할 필요가 있다. 이에 납사 탄소 몰입률 산정모델 및 배출특성 파악을 위해 한국환경산업기술원에서 수행한 선행과제를 조사하였다.

- (선행과제 분석) 납사 탄소 몰입률 정의 및 방법론에 대해 확인
- (공정도 수립) 대표 석유화학 산업물질 기준의 통계자료 및 공정도 수립
- (몰입률 산정) 통계자료 및 업체 데이터 적용을 통한 납사 탄소 몰입률 산정

선행과제에서는 실측된 데이터 및 공신력 있는 통계자료를 활용하여 타 선행과제의 연구결과를 보완하고 명세서와 비교하여 정합성을 향상시키고 있고, 개발된 납사의 탄소몰입률은 국가 인벤토리 보고서 작성 시 석유화학 산업의 공정배출량을 산정하는데 활용되고 있음을 설명하고 있다.

[표 4] 선행연구 주요내용 : 에너지(III)

항목	세부내용
선행과제 분석	• 납사 탄소 몰입률 정의 및 방법론 확인
공정도 수립	• 대표 석유화학 산업물질 기준의 통계자료 및 공정도 수립
몰입률 산정	• 통계자료 및 업체 데이터 적용을 통한 납사 탄소 몰입률 산정

4) 정유 및 석유화학 산업 온실가스 배출특성 연구(2012)

석유화학 및 정유 업종의 스팀 수급형태에 따른 배출계수 변동특성 파악을 위해 온실가스종합정보센터에서 수행한 선행과제를 조사하였다.

- (국내 현황) 투입되는 에너지 및 공급처의 종류 구분에 따른 부문의 사업장별 스팀 배출계수 산정방법 및 인프라 구축 지원 현황 조사
- (해외 사례) 선진국의 스팀 배출계수 산정방법 및 적용 관련 사례 조사 및 국내 연구와 비교 분석

선행과제에서는 정유 및 석유화학 산업의 특성을 반영한 온실가스 관리 및 산정을 명확히 함으로써, 향후 진행될 기후변화 정책의 기반 연구로 활용될 수 있음을 시사했고, 정유 및 석유화학 업계 간 교류 및 이해상충 문제를 미연에 방지가 가능함을 제시하고 있다.

[표 5] 선행연구 주요내용 : 에너지(IV)

항목	세부내용
국내현황	<ul style="list-style-type: none"> • 부문별 사업장별 스팀 배출계수 산정방법 조사 • 국내 관련 인프라 구축 지원 현황 분석
해외사례	<ul style="list-style-type: none"> • 선진국의 스팀 배출계수 산정방법 및 적용사례 조사 • 국내 연구결과와 비교 분석

5) 한국과 IEA 에너지밸런스 표의 비교 분석연구(2015)

2006 IPCC 지침 기반 에너지부문 배출량 산정을 위해 사용되는 에너지밸런스 통계는 에너지 부문의 현황과악의 기초지표임에도 불구하고 IEA 기준의 에너지밸런스 표와 체계 및 수치상의 큰 차이가 있다는 선행연구 결과를 확인하였다. 이에 본 연구에서는 에너지경제연구원과 IEA에서 작성한 에너지밸런스 통계의 구체적인 차이 원인을 파악하기 위해 자원·환경경제연구에 게재된 관련 논문 및 선행과제를 조사하였다.

- (에너지밸런스 구성 비교) 에너지경제연구원 에너지밸런스는 통계오차로 구성된 반면, IEA 에너지밸런스의 경우 통계오차 미포함
- (에너지밸런스 값 비교) 작성기준에 따른 수치상의 차이를 확인하기 위해 총발열량 대비 순발열량 기준으로 환산하여 비교 분석 수행
- (분석결과) 에너지전환 부문은 기준별 분류체계의 상이함으로 인한 비공통 에너지원 및 부문별로 큰 폭의 차이 발생

선행연구에서는 현 에너지밸런스와 IEA 기준의 에너지밸런스를 비교하고 어느 에너지원 및 에너지 부문에서 차이가 크게 발생하는지 분석하였다. 에너지경제연구원의 에너지밸런스는 그간의 선행연구에서 전환부문의 누락 및 중복계산 등의 많은 구조적 문제점이 밝혀진 바, 각 기관의 기초 통계자료들을 비교 확인할 필요성이 있음을 언급하였다.

[표 6] 선행연구 주요내용 : 에너지(V)

항목	세부내용
에너지밸런스 구성 비교	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지경제연구원 에너지밸런스는 통계오차로 구성 • IEA 에너지밸런스의 경우 통계오차 미포함
에너지밸런스 값 비교	<ul style="list-style-type: none"> • 총발열량 대비 순발열량 기준으로 환산하여 비교
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> • 기준별 분류체계 상이 • 비공통 에너지원 및 부문별 차이가 매우 높음

6) 현행 에너지밸런스의 한계와 개선 방향(2018)

2006 IPCC 지침 기반 에너지부문 배출량 산정을 위해 사용되는 에너지밸런스 통계의 문제점 개선방안 여부 확인 및 개정 에너지밸런스와 관련된 세부사항을 파악하기 위해 에너지경제연구원에서 수행한 연구과제 및 보고서를 조사하였다.

- (에너지원별 문제점) 에너지원별 통계 작성현황 및 문제점에 대하여 설명
- (에너지원별 개선사항) 에너지원별 통계 개선사항에 대하여 설명
- (개정 에너지밸런스) 기존 우리나라 에너지밸런스를 국제기준인 IEA 에너지 밸런스로 개정한 개정 에너지밸런스에 대하여 설명

현행 에너지밸런스는 국제 기준(IEA)에 비해 전환부문을 제대로 반영하지 못하고, 국제기준과의 괴리가 크다. 이에 선행과제에서는 경제규모 확대 및 생활환경 변화 등으로 에너지원의 종류가 늘어나고, 에너지산업의 형태 및 에너지 소비방식이 다양해짐에 따라 이를 반영할 수 있는 에너지밸런스의 확장이 필요하며, 개정 에너지밸런스 체제로의 이동이 필연적임을 설명하고 있다.

[표 7] 선행연구 주요내용 : 에너지(VI)

항목	세부내용
에너지원별 문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지원별 통계 작성현황 설명 • 에너지원별 문제점 설명
에너지원별 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지원별 통계 개선사항 설명
개정 에너지밸런스	<ul style="list-style-type: none"> • IEA 에너지 밸런스로 개정한 개정 에너지밸런스 설명

▪

3. 국외동향

가. 파리기후협정

2015년 채택된 파리기후협정은 국제사회가 공동의 노력을 통해 지구 온난화를 산업화 대비 2°C보다 훨씬 아래로 억제하고 나아가 1.5°C로 낮추는 것을 목표로 하고 있다. 또한 온실가스 배출정점 도달에 대한 기간을 앞당기되, 목표달성에 있어 각국의 다양한 여건을 감안하고, 차별화된 책임과 역량을 고려하도록 하고 있다. 파리협약은 5년마다 상향된 목표를 제시해야 하는 진전 원칙을 규정 하고 있어, 모든 국가가 차기 목표를 제출 시에는 이전 수준보다 진전된 목표를 제출하여야 한다.

[표 8] 신 기후체제(파리협정)의 특징

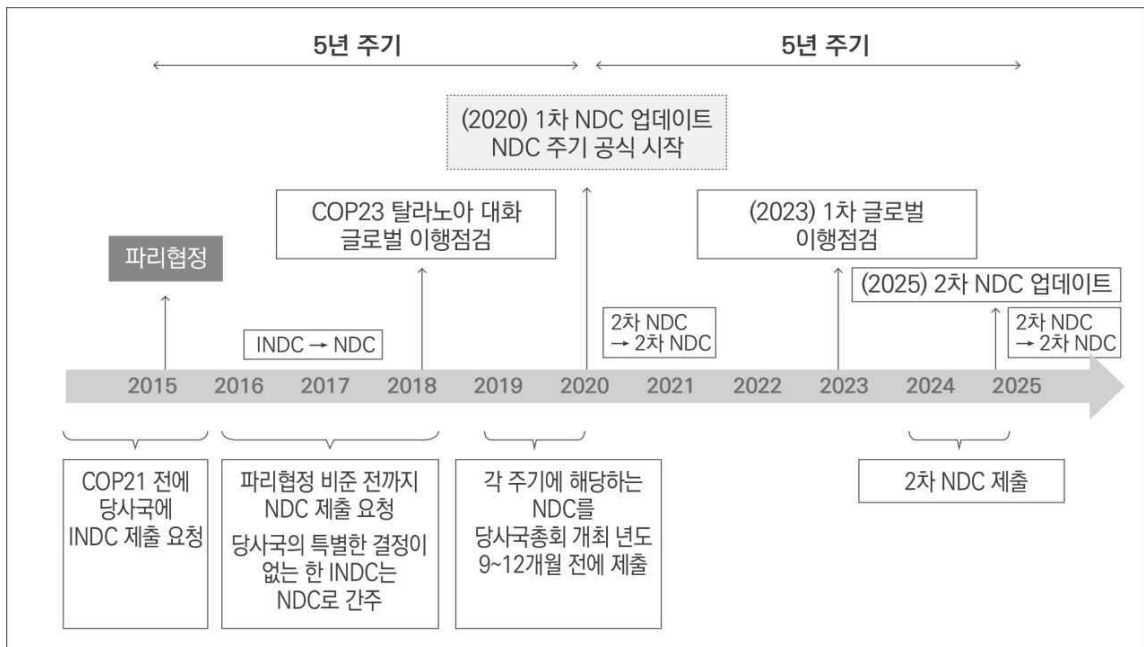
구분	세부 내용
① 감축 이외에 적응, 자원 등 다양한 분야 포괄	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화대응을 위한 감축·적응을 위한 수단으로서 자원·기술 확보·역량배양 및 절차적 투명성 강조
② 모든 국가 참여, 자발적 감축목표 설정	<ul style="list-style-type: none"> 선진국과 개발도상국 모두가 참여하는 보편적 체제로서, 상향식(Bottom-up)방식의 국가별 자발적 온실가스 감축목표 설정(NDC)
③ 통합 이행점검과 진전원칙 확립	<ul style="list-style-type: none"> 파리협정 당사국이 제출한 NDC가 2°C목표에 적절한지 검증을 위해 5년마다 글로벌 이행점검 체계 구축 글로벌 이행점검 결과를 고려하여 모든 당사국은 5년마다 기존보다 진전된 새로운 NDC를 제출, 협정의 종료시점 없이 지속적인 진전 체계 구축
④ 다양한 행위자들의 참여	<ul style="list-style-type: none"> 당사국 대상인 국가뿐만 아니라, 다국적 기업·시민사회·민간부문(ICAO, IMO) 등 국가 이외의 주체들이 참여할 수 있는 기반 마련

과거 1997년 채택된 교토의정서에서는 온실가스 배출에 대한 역사적인 책임이 있는 선진국에만 온실가스 감축 의무가 부과되었으며 각 당사국에 구체적인 감축량이 하향식으로 배분되었다. 반면 파리협정은 당사국이 자국의 여건과 역량을 고려하여 자발적으로 온실가스 감축 목표를 설정하는 상향식을 채택하였고, 개도국까지 포함하는 모두의 감축 노력을 강조하고 있다. 교토의정서 제1차 공약기간 동안 감축 의무가 있었던 국가가 40여개이며 전 세계 배출량의 22%에 불과했던 반면, 2016년 기준 189개 당사국이 NDC를 제출하였는데, 제출국의 배출비중은 세계 배출량의 95.7%이다.

[표 9] 교토의정서와 파리협정의 비교

구분	교토의정서	파리협정
목표	온실가스 배출량 감축 (1차: 5.2, 2차: 18%)	2°C목표
범위	온실가스 감축에 초점	온실가스 감축만이 아니라 적응, 자원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
감축의무국가	선진국 위주	모든 당사국
목표 설정방식	하향식	상향식
목표 불이행시 징벌여부	징벌적 (미달성량의 1.3배를 다음 공약기간에 추가)	비징벌적
목표 설정기준	특별한 언급 없음	진전원칙
지속가능성	공약기간에 종료 시점이 있어 지속가능한지 의문	종료시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
행위자	국가중심	다양한 행위자의 참여 독려

파리협정에서 사용하는 상향식 방식은 국가들의 자발적인 감축목표로서 파리협정에 명시된 지구온난화 억제를 위한 감축목표를 달성하지 못할 가능성이 있기 때문에, 5년마다 각 당사국이 제출한 NDC에 대한 이행 점검이 이루어진다(파리협정 14조). 또한 2023년에 제출하는 후속 NDC에서는 이전보다 더 높은 수준의 진전된 감축 목표와 노력을 마련해야 한다고 명시하고 있다(파리협정 4조 3항, 9항). 공약기간이 정해져 있던 교토의정서와 달리 파리협정은 주기적으로 이행 상황을 점검하고 이를 토대로 새로운 감축 및 기후변화 대응 목표를 제출하는 구조를 취한다. 위에서 설명된 이행점검 주기는 아래 그림과 같다.



<그림 3> NDC 제출 및 글로벌 이행점검 주기

* 출처: Matthias Duwe(2019), "Mitigation in the EU, globally and in the spirit of the upcoming UN Climate Conference in New York"

나. 2021년 유엔기후변화협약(COP26)

1) 개요

2021년 10월 31일부터 11월 13일까지 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회가 영국 글래스고에서 개최되었는데, 이번 회의는 2020년 코로나19 확산으로 2021년으로 연기되어 개최된 행사이며, 본격적인 파리기후협정의 이행 원년에 개최되는 행사로서 의미가 있었다. 2015년 이후 6년 만에 개최된 특별정상회의에 우리나라를 비롯한 120여 개국 정상이 참석하여 더욱 주목을 받았다. 최근 각국의 탄소중립 노력이 가속화되고, 2020년 전후로 온실가스 감축 등 각국의 기후변화 대응방안(NDC)을 재제출하는 등 파리협정 목표 달성을 위한 국제사회의 노력이 강조되면서, 역대 개최된 당사국 총회 중 가장 많은 약 4만 명이 참석한 것으로 추산된다.

글래스고 기후합의에서 처음으로 석탄을 직접적으로 명시하는 문구가 포함되었으며 전통적인 기후협상 의제 이외에도 기후변화 대응을 위한 메탄서약, 산림훼손 방지 등 다수의 국제적인 합의가 도출되었다. 또한 COP26 개최와 맞물려 주요국이 2030년 온실가스 감축목표를 상향하고, 탄소중립을 연이어 공약하면서, 처음으로 파리기후협정이 목표로 하는 지구온도 상승목표(2도 이내) 도달이 가능할 것으로 전망되고 있다. IEA는 현재까지 각국의 공약을 반영할 경우 금세기 말까지 1.8도 상승을 전망하고 있다.

이번 당사국총회의 성과로는 국제 탄소시장을 포함한 파리협정 이행 규칙을 완성하고 글로벌 탄소중립 및 감축 노력 강화의 필요성을 재확인하였으며, 개도국의 기후변화 적응에 대한 논의가 활발히 전개되었다는 점을 들 수 있다. 그간 장기간의 협상이 지속되었던 국제 탄소시장, 투명성, NDC 이행기간 등에 대한 합의를 통해 파리협정 이행규칙(Rulebook)이 모두 완성되었다. 파리협정의 지구온난화 1.5°C 이내 억

제 목표를 달성하기 위해 석탄발전이나 화석연료의 점진적 축소, 석탄 발전에 대한 신규 투자 중단, 무공해차로의 전환 등 전 지구적 감축 노력이 강조된 점도 주목할 만한 점이다. 또한 개도국이 선진국에 적응 재원을 확대할 것과 손실과 피해에 대한 이른바 피해보상 차원의 재원이 필요하다는 점을 강조한바, 향후 對개도국 지원에 있어 적응 및 손실과 피해 분야에 대한 기술협력 및 재원 수요가 늘어날 것으로 보인다. 당초 선진국의 기후재원 목표(2020년까지 1,000억 달러)가 2023년이나 달성 가능할 것으로 전망되는 가운데, 개도국에서 적응 재원의 확대도 요구하는 상황에서 앞으로의 협상에서도 기후재원의 조성방안에 대한 논의가 중요 의제로 부각될 것으로 보이며, 일부 국가 및 산업 간 이견을 보이는 사안(석탄발전의 축소 또는 폐지, 무공해차로의 전환 등)을 어떻게 조율해 나갈지도 주목할 필요가 있다.

이번 당사국총회를 통해 파리협정의 시장 메커니즘 관련 지침이 타결됨에 따라, 탄소시장을 활용하여 감축 여력이 높은 개도국과 협력하기 위한 각국의 노력이 가시화될 전망이다. 우리나라도 국외 감축량이 3,350만 톤이 포함되어 있는데, 이를 활용한 감축사업을 추진하여야 한다. 다만, 각 메커니즘의 운영 원리 및 조건에 대한 면밀한 검토와 충분한 이해가 선행되어야 한다.

2) 주요결과

① 글래스고 기후합의

이번 제26차 당사국 총회에서는 글래스고 기후합의를 대표 결정문으로 선언하고, 적응재원, 감축, 협력 등 분야에서 각국의 행동을 촉구하였다. 감축에 대한 주용 논의내용은 2030까지 메탄감축, 청정발전 확대, 탄소저감장치가 없는 석탄발전소의 단계적 감축 및 비효율적인 화석연료 보조금의 단계적 폐지 촉구 등이 포함되어 있다.

② 협정 제6조(국제탄소시장)

이번 당사국총회의 최대 성과는 지난 6년간 치열한 협상을 진행했던 국제탄소시장 지침을 타결하여 2015년 채택된 파리협정의 세부이행규칙을 완성한 부분이다. 가장 큰 쟁점이었던 국제 감축실적의 상응조정 방법은 미국 등이 제안한 중재안이 당사국들의 동의를 얻어 합의 도출에 성공하였다. 또한, 2021년 이전 발급된 청정개발체제(CDM) 사업 감축실적에 대해서는 2013년 이후 등록된 사업에 한하여 1차 국가온실가스감축목표(NDC)에만 사용할 수 있도록 하고, 사업유치국은 감축실적 사용 시 상응조정을 유예하도록 하였다. 다만, 상응조정 방법론 정교화, 감독·관리 체계 마련 등 후속작업이 필요하여 탄소시장이 온전히 운영되기까지는 일정기간이 소요될 전망이다.

③ 투명성

이번 총회에 핵심쟁점 중 하나인 투명성 의제인 격년투명성보고서 구조와 이를 검토하기 위한 전문가 교육과정 개발 등에서는 협상 초기에 합의가 이루어졌다. 그러나 공통 표 양식에 대한 개발 협상은 막바지까지 선진국과 개도국 간에 이견 차이를 좁히지 못하다가 개도국에 대해서 유연성을 폭넓게 허용하는 방안이 수용되어 최종 합의가 이루어졌다.

④ 기후재원

기후재원 논의에서는 선진국들의 약속한 장기재원 조성 목표를 여전히 달성하지 못하는 것에 대해 개도국들이 강하게 비판하였고, 선진국들은 2025년으로 연장된 해당 목표액 달성을 위해 지속적으로 노력하기로 하였다. 또한, 선진국은 적응분야 지원을 2025년까지 최소 2배로 늘리는 등 적응재원에 대한 지원을 확대하였다. 이외에도 당사국들은 2025년 이후의 신규 재원 조성에 관한 논의를 개시하여, 2024년에 목표액을 확정하고 이를 위한 기술전문가회의 및 고위급 장관회의를 2022~2024 년간 개최하는 것에 합의하였다.

⑤ 국가감축목표(NDC) 공통이행기간

일부 개도국들이 강하게 반대하던 국가감축목표(NDC) 공통 이행기간은 미국과 중국이 5년의 이행기간 설정에 합의함으로써 협상 돌파구를 마련하였고, 모든 당사국이 동일하게 5년 주기의 국가감축목표 이행기간을 설정하도록 독려(Encourage)하기로 하였다.



<그림 4> 국제사회 주요협약의내용



<그림 5> COP26 주요내용

다. 주요국 동향

온실가스 배출량 상위 15개 국가 모두 G20 회원국으로서, 이들 국가들의 온실가스 배출량의 합은 23,821백만톤으로 70.6%를 차지하고 있다. 경제대국들의 탄소중립 선언은 기후변화대응에 대한 강력한 촉진제가 되는 동시에, 탄소중립 기술시장의 주도권을 확보한 국가가 신재생에너지 및 에너지 효율화 분야 등 주요 탄소중립 유관사업에서 산업 주도권을 가질 것으로 전망된다.

[표 10] 2017년 상위 온실가스 배출 국가 및 탄소중립 선언 현황

순위	국가	배출량(MtCO ₂ eq)	목표시점
1	중국	12,476	2060년
2	미국	6,488	2050년
3	인도	2,793	
4	러시아	2,155	2060
5	일본	1,289	2050년
6	브라질	968	
7	이란	922	
8	인도네시아	899	
9	독일	894	2050년
10	캐나다	714	2050년
11	대한민국	709	2050년
12	멕시코	705	2050년
13	사우디아라비아	630	2060년
14	호주	557	2050
15	남아프리카공화국	545	2050년

* 출처 : 환경부 온실가스 종합정보센터 「2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서」

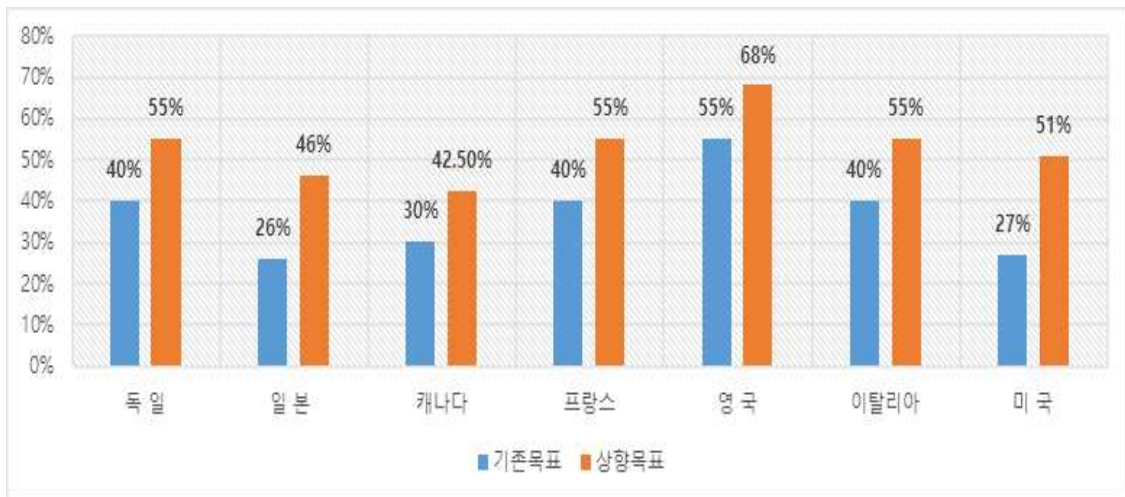
탄소중립의 중요성이 커짐에 따라 세계 주요국은 기준연도 대비 감축목표를 상향하고 있다. 미국의 경우는 기존 28%에서 52%로 크게 상향시켰고, G7국가 모두 이전보다 진전된 목표를 제시하고 있다.

기준연도에 대해서는 국가별로 자체 결정하나, 대부분 배출정점이나 인접 연도를 기준연도로 설정하고 있다.

[표 11] 주요국 기준연도 배출량 및 연평균 감축률

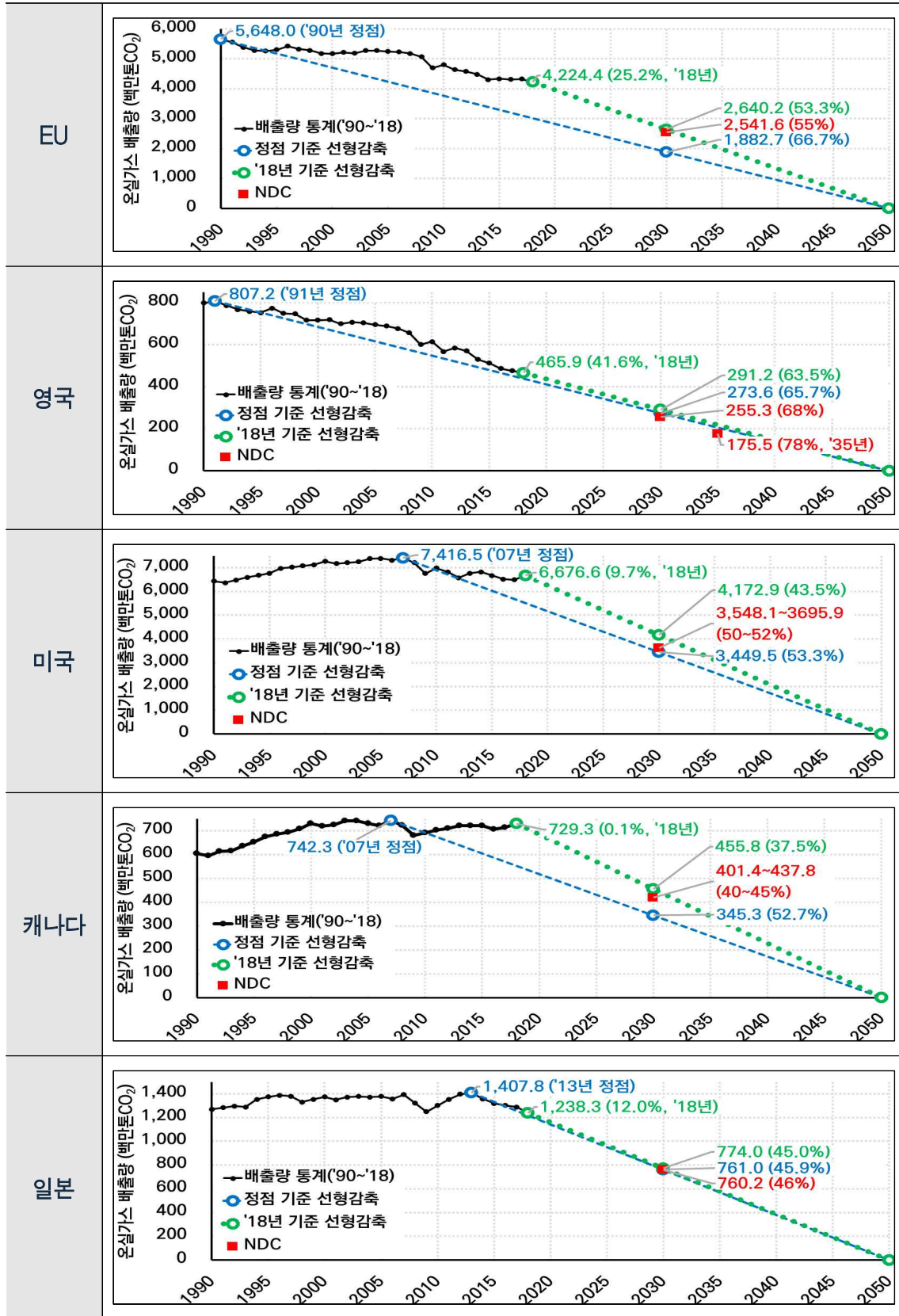
항목	기준연도 및 연도별 배출량(백만톤CO2)					연평균 감축률(%)
	1990	2005	2013	2018	2030	
EU	5,648.0	5,240.0	4,477.1	4,224.4	2,541.6	1.98
영국	797.8	695.4	570.2	465.9	255.3	2.81
미국	6,437.0	7,391.8	6,769.6	6,676.6	3,622.0	2.81
캐나다	603.2	729.7	720.9	729.3	419.6	2.19
일본	1,270.0	1,378.8	1,407.8	1,238.3	760.2	3.56

□ : NDC 기준연도 배출량



국가	기준	기존목표	상향목표
독일	90년	40%	55%
일본	13년	26%	46%
캐나다	05년	30%	40~45%
프랑스	90년	40%	55%
영국	90년	55%	68%
이탈리아	90년	40%	55%
미국	05년	26~28%	50~52%

<그림 6> G7국가 NDC목표 : 기존목표/상향목표

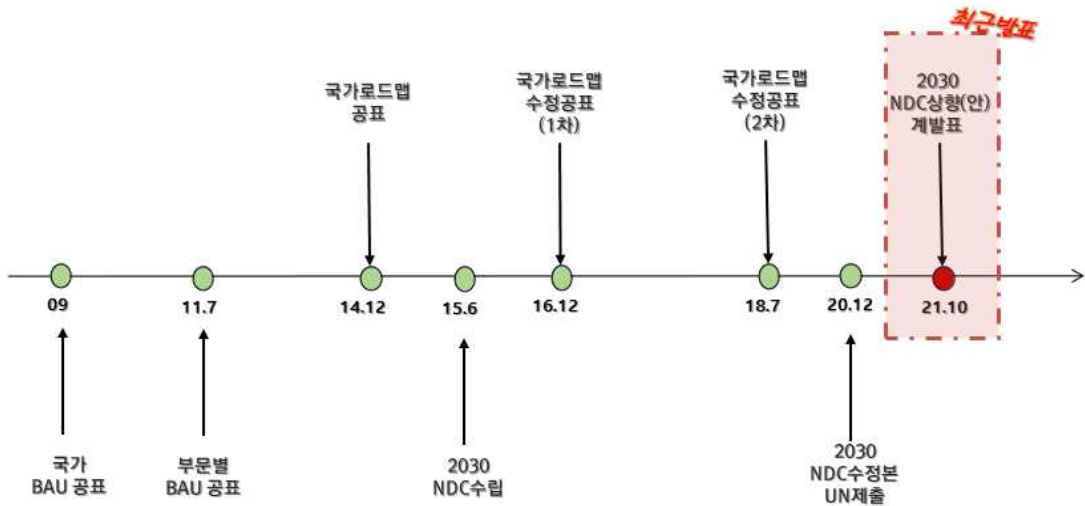


<그림 7> NDC 상향 주요국 감축경로

4. 국내동향

가. 추진경과

우리나라는 온실가스 감축을 위한 방안으로 국가감축로드맵을 수립하고, 목표관리제와 배출권거래제를 운영하며 강도 높은 감축정책을 운영하고 있다. 2009년에 재정된 녹색성장기본법에 따라 2011년은 목표관리제, 2015년은 배출권거래제를 도입하였고, 2015년 12월에는 파리협약에 따라 Post2020을 발표하며 목표연도를 2020년에서 2030년으로 수정하고 감축률도 30%에서 37%로 상향 조정하였다. 최근 발표된 NDC 상향안에서는 감축률을 40%로 상향시키며 탄소중립을 위해 박차를 가하고 있다.



<그림 8> 국내 온실가스 감축정책 추진경과

최초 감축로드맵은 2014년 발표되었는데, 감축목표는 2020년 국가배출전망치(BAU) 기준으로 30%감축이었다. 부문별 목표 및 감축방안들이 담겨있는데, 감축로드맵 중에서 가장 세부적인 내용을 담고 있다. 2016년 감축로드맵은 2015년 Post2020공표 이후 발표된 내용으로 목표연도와 감축목표가 변경되며, 국가의 목표연도가 2020년에서 2030년으로 변경되었고, 감축률은 30%에서 37%로 조정되었다. 2018년 감축로드맵은 국외감축의 이중계상에 대한 문제가 제기되며 이를 해소하기 위하여 해외감축비중을 11.3%에서 4.5%로 하향조정하고, 반대로 국내감축비중은 상향조정하였다. 2021년 발표된 NDC상향안에서는 국제사회의 높아진 감축노력에 따라 감축목표도 40%로 상향조정하였다. 기준연도는 2018년으로 변경하였고, 계획수립의 짧은 기간으로 인하여 직접배출원에 대해서만 목표를 제시하고 있다.

[표 12] 국가온실가스 감축목표 발표 주요내용

발표시점	구분	국가	
2014.11	감축로드맵 ¹⁾	목표연도 : 2020년 배출전망 : 776.1M	배출목표 : 543 감축목표 : 30.0%
↓ 기준연도 및 감축률 변경(2020→2030년)			
2016.12	감축로드맵 ²⁾	목표연도 : 2030년 배출전망 : 851M	배출목표 : 543M 감축목표 : 37.0%
↓ 부분·업종별 감축부담 변경(해외 감축분 감소반영)			
2018.07	감축로드맵 ³⁾	목표연도 : 2030년 배출전망 : 851M	배출목표 : 543M 감축목표 : 37.0%
↓ 전세계적 탄소중립 움직임 반영			
2021.10	2030 NDC	목표연도 : 2030년 배출전망 : -	배출목표 : 436.6M 감축목표 : 40.0%

* 1) 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵(2014.1)
 2) 2030년 국가 온실가스 감축목표달성을 위한 기본 로드맵(2016.12)
 3) 2030년 국가 온실가스 감축목표달성을 위한 기본 로드맵 수정안(2018.7)
 4) 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안(2021,10)

NDC 상향목표가 지난 10월 발표되고 국무회의 안건으로 상정되어 최종적으로 확정되었다. 정부는 COP26을 계기로 NDC 상향안을 국제사회에 발표하였고, 올해 말에 UN에 제출할 계획이다. NDC 상향안이 국제사회에 발표되었지만 국가 및 부문별로 방향만 제시되었기 때문에 세부업종에 대한 이행계획 수립이 필요하다. 이행계획 수립에는 신규로 제정된 법에 따라 연도별 감축량과 이행수단, 이행지표가 담겨있어야 하고, 향후 부처별 이를 위한 세부 논의가 향후 이어질 것으로 예상된다.



<그림 9> NDC 상향안 주요일정

나. NDC 상향안

1) 주요내용

① 국가총량 목표

이번 변경된 감축목표는 2018년 배출량(727.6백만톤) 대비 40%(291백만톤) 감축하여 2030년 436.6백만톤 배출하는 것을 목표로 하고 있다. 정부는 40% 이상 감축을 위해 추가적인 감축 수단을 발굴하였고, 국내 감축을 우선적으로 추진하되, 국외 감축도 포함하고 있다. NDC 상향안의 연평균 감축률¹⁾은 4.17%/년으로 도전적인 목표치를 제시하고 있다.

② 부문별 목표 : 전환

2018년 269.6백만톤에서 44.4%를 감축하여 149.9백만톤을 배출하는 목표를 세웠다. 이에 대한 이행을 위하여 수요부에서는 디지털 경제 확대 및 혁신기술 도입 등 수요관리 수단 이행력 강화하고, 공급부에서는 유류·석탄발전 축소, 신재생에너지 발전 확대, 암모니아 등 무탄소 연료 혼소를 도입하여 전원믹스 구성하는 전략을 제시하였다.

[표 13] 2030년 전원믹스 구성안

(단위) TWh

항목	원자력	석탄	LNG	신재생	암모니아	양수	합계
발전량	146.4	133.2	119.5	185.2	22.1	6.0	612.4
비중	23.9%	21.8%	19.5%	30.2%	3.6%	1.0%	100.0%

1) 주요국 연평균 감축률(%/년, 기준연도→목표연도): (EU) 1.98, (美) 2.81, (英) 2.81, (日) 3.56

③ 부문별 목표 : 산업

2018년 260.5백만톤에서 14.5%를 감축하여 222.6백만톤을 배출하는 목표를 세웠다. 감축수단으로는 주요업종에 대하여 미래기술 도입을 전략으로 제시하였다.

- (철강) 신·증설 설비 고로→전기로 대체²⁾, 미래기술(전로에 철스 크랩 다량 투입 기술, 코크스 소비열량 저감기술 등)의 조기 상용화 등
- (석유화학) 친환경 원료로 전환(납사→바이오 납사), 자원 순환을 통한 폐플라스틱의 원료 활용 확대 등
- (시멘트) 예열기 및 냉각기 에너지효율 개선, 친환경 연료로 전환(유연탄→폐플라스틱, LNG→전기) 등
- (기타) 연원료의 전력화, 고효율기기·FEMS 도입 확대, 산업단지 열병합 발전시설 친환경연료 이용 확대³⁾, 반도체·디스플레이 업종 불화가스 저감 설비 확충 등

④ 부문별 목표 : 건물

2018년 52.1백만톤에서 32.8%를 감축하여 35.0백만톤을 배출하는 목표를 세웠다. 이행을 위하여 감축을 위하여 (에너지효율 향상) 및 (고효율기기 보급), (수요관리), (스마트에너지 관리), (청정에너지 보급 확대) 등을 반영하였다.

- (에너지효율 향상) 에너지 소비를 최소화하는 제로에너지 건축⁴⁾과

2) 전기로 제강은 전기로 열을 발생시켜 폐철을 녹여 제품을 생산하는 방식으로, 코크스를 사용하지 않아 기존 고로 방식보다 탄소 배출량이 적음

3) 석탄·석유 발전설비 중 일부를 LNG 발전 또는 바이오매스로 전환하되, 관련 법·제도 정비, 주민수용성 문제 해결, 안정적 연료 수급 등 필요

4) 건축물의 에너지 성능(단열 등)을 높이고, 신재생에너지 설비로 에너지를 생산해 에너

노후 건축물의 에너지효율을 향상시키는 그린리모델링⁵⁾ 확대

- (고효율기기 보급, 수요관리) 조명·가전 등 고효율기기 보급 및 에너지효율 기준 강화, 에너지 수요관리 강화 추진
- (스마트에너지 관리) 냉·난방 환기, 조명, 급탕 등에 센서 및 계측 장비설치, 통신망과 연계한 실시간 에너지 자동제어 시스템 도입
- (청정에너지 보급 확대) 태양광·지열·수열 등 신재생에너지 보급 확대, 지역난방 열공급 효율 향상, 화석연료 사용기기 전력화 등

⑤ 부문별 목표 : 수송

2018년 98.1백만톤에서 37.8%를 감축하여 61.0백만톤을 배출하는 목표를 세웠다. 이행을 위하여 감축을 위하여 (수요관리) 및 (친환경차 보급), (행태개선), (바이오디젤) 등이 제시되었다.

- (수요관리) 대중교통 이용 편의 제고, 연계 교통 강화, 철도 중심 교통체계 강화, 운행제한 제도 확대 등으로 자동차 주행거리 감축
- (친환경차 보급) 사업용 우선 전환(50만대 이상), 노후차 교체 등 친환경차 보급 확산(전기·수소차 450만대 등), 친환경차 전환 제도개선 및 인프라 확대
- (행태개선) 자동차 탄소포인트제, 친환경운전 활성화 등 에너지 절감
- (바이오디젤) 경유차를 대상으로 바이오디젤 혼합률 상향(3→8%)
- (해운·항공) 친환경선박(LNG/하이브리드 선박) 보급 및 운항 최적화 등 해운 에너지효율 개선, 항공기 운영효율 개선

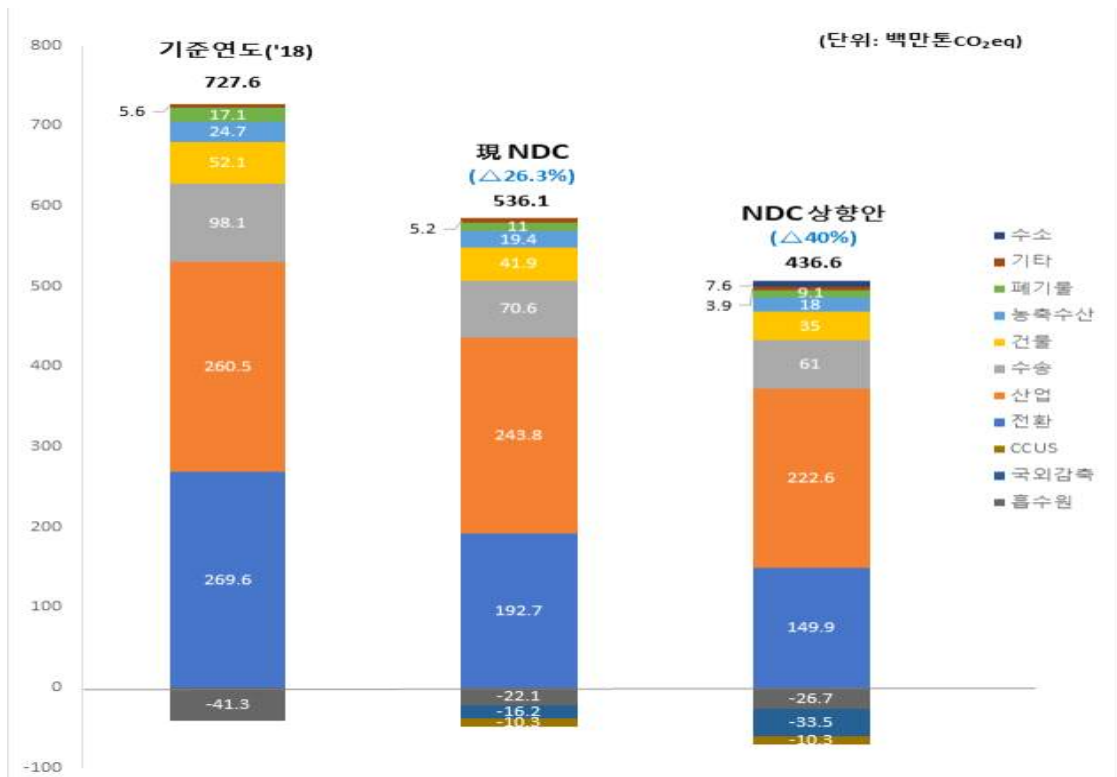
지 소비를 최소화

5) 에너지 소비가 많은 노후 건축물을 녹색건축물로 전환하여 에너지효율과 성능 향상

(단위: 백만톤CO₂eq)

구분	부문	기준연도('18)	現 NDC ('18년 比 감축률)	NDC 상향안 ('18년 比 감축률)
배출량*		727.6	536.1 (△191.5, △26.3%)	436.6 (△291.0, △40.0%)
배출	전환	269.6	192.7 (△28.5%)	149.9 (△44.4%)
	산업	260.5	243.8 (△6.4%)	222.6 (△14.5%)
	건물	52.1	41.9 (△19.5%)	35.0 (△32.8%)
	수송	98.1	70.6 (△28.1%)	61.0 (△37.8%)
	농축수산	24.7	19.4 (△21.6%)	18.0 (△27.1%)
	폐기물	17.1	11.0 (△35.6%)	9.1 (△46.8%)
	수소	-	-	7.6
	기타(탈루 등)	5.6	5.2	3.9
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-22.1	-26.7
	CCUS	-	-10.3	-10.3
	국외 감축**	-	-16.2	-33.5

<그림 10> NDC 부문별 감축목표



<그림 11> NDC 상향안 모식도(직접배출량 기준)

2) 내용분석

이번 발표된 NDC 상향안의 경우, 짧은 기간에 목표를 수정하여 제시한 만큼 구체적인 계획보다는 탄소중립을 위한 방향을 제시하고 있다. 따라서 연도별 계획이 제시되지 못한 점, 세부업종별 목표 및 이행수단이 제시하지 못한 점 등 완성도가 부족하기 때문에 추가적인 연구와 부처협의를 숙제로 남겨두고 있다. 따라서 본 연구에서는 NDC 상향안에 대하여 제기되고 있는 문제점을 검토하였다.

검토된 내용은 (①기준년변경), (②흡수원 포함기준 상이), (③국외감축량 상향), (④미래기술 위주구성), (⑤간접배출 제외) 등 5가지 내용으로 다소 비판적인 시각에서 검토를 수행하였다.

1. 기준년 변경

배출량이 가장 높은 2018년 기준으로 변경

* 기존 2017년 적용시 감축률은 1.5% 하향됨

2. 흡수원 포함기준 상이

기준연도에는 산림흡수 제외, 2030년에는 포함

* 동일하게 산림흡수를 미포함시 감축률은 3.8% 하향됨

3. 국외감축량 상향

국외감축을 기존 16.2에서 35.1백만톤으로 100%이상 상향반영

* 국외감축은 이중계상 및 수행주체 모호, 보정시 감축률 2.9% 하향됨

4. 미래기술 위주 구성

수소, 재생에너지, CCUS, 수소환원/바이오납사 등 포함

* 연구단계 미래기술 위주 구성으로 달성가능성 모호

5. 간접배출 제외

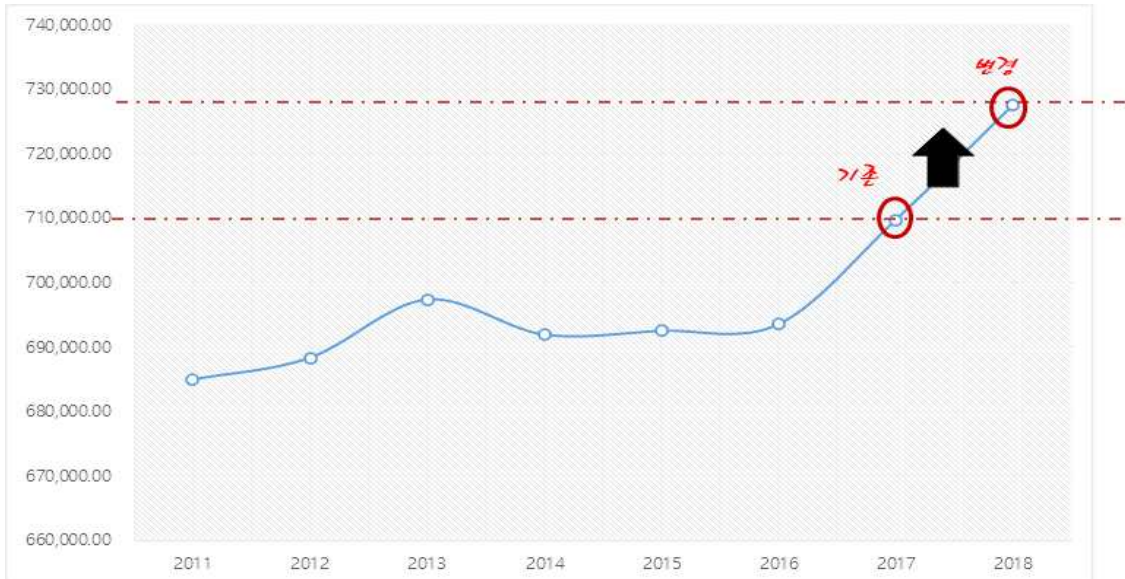
업종별 배출량에 간접배출을 제외하여 증가폭 과다제시

* 산업경우, BAU기준으로 20.5%에서 24.9%로 4.4% 증가

<그림 12> NDC 상향안 분석내용

① 기준년 변경

이번 발표에서 주요한 변경내용 중의 하나는 기준연도가 변경된 부분인데, 기준연도는 감축목표의 기준이 되는 점으로서 특별한 사유나 요청이 없는 경우 변경하지 않는다. 하지만 우리나라는 2017년에 2018년으로 단순하게 변경하였는데, 이에 대한 주요한 이유는 2018년의 배출량이 2017년도다 높기 때문이다. 따라서 높은 배출량을 기준으로 하기 때문에 감축노력은 높아진 것처럼 보이게 된다. 이는 실제적인 감축노력이 아닌 감축노력을 과장하는 것이기 때문에 비판이 필요하다.

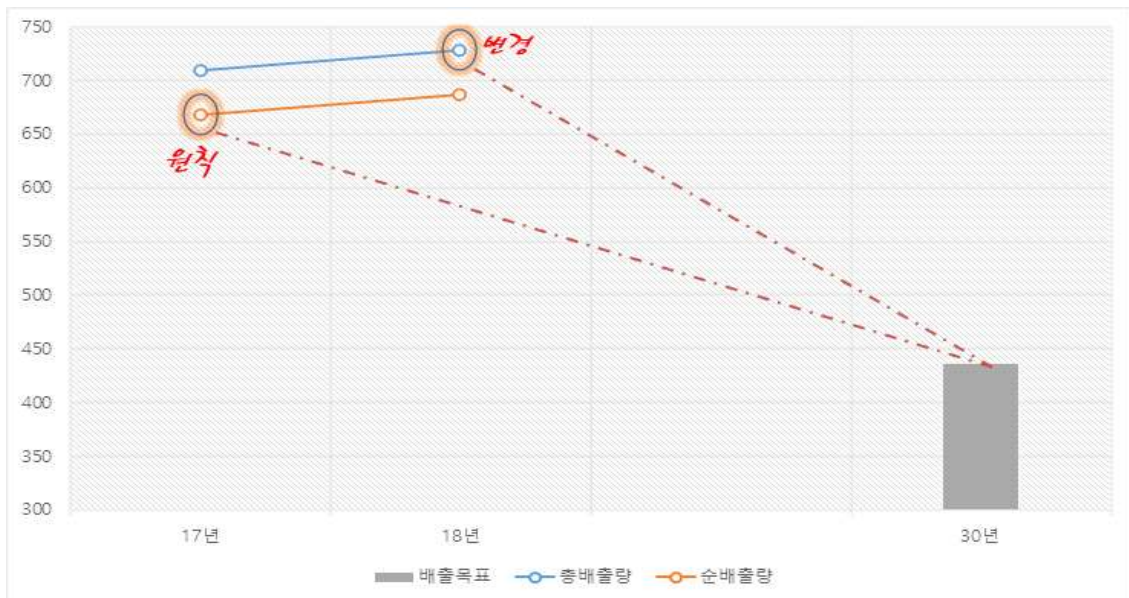


<그림 13> 분석내용 : 기준년 변경

② 흡수원 포함기준 상이

국가의 배출량은 총배출량과 순배출량으로 구분할 수 있는데, 우리가 일반적으로 말하는 배출량은 총배출량이다. 총배출량은 에너지, 산업 등 분야별 배출량의 합계이고, 순배출량은 (-)값을 가지는 LULUCF⁶⁾ 분야까지 포함한 배출량이다. 따라서 LULUCF는 반영한 순배출량은 총배출량보다 항상 작은 값을 가진다.

이번 정부안에서 기준배출량에는 총배출량을 적용하고, 목표배출량에는 순배출량을 적용하여 감축률을 산정하였는데, 이는 기준을 변경하여 결과를 과장하고 있다. 당연히 이와 관련 많은 논란이 발생하였고, 환경부는 보도자료를 통하여 일부 나라에서도 이와 같이 산정하기 때문에 문제없다는 대응을 하였지만 이는 지속적인 비판이 이어질 것으로 판단된다.

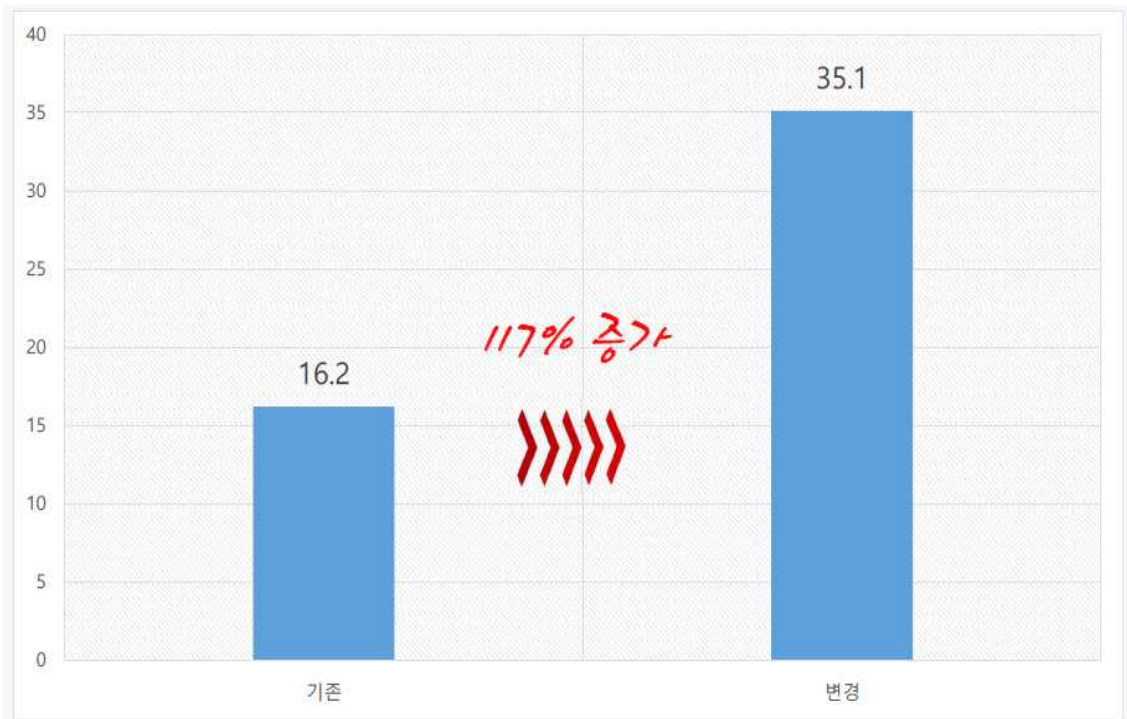


<그림 14> 분석내용 : 흡수원 포함기준 상이

6) LULUCF : 토지이용, 토지이용 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry)

③ 국외감축량 상향

이번 발표에서는 국외감축량을 기존 16.2백만톤에서 35.1백만톤으로 117%나 증가한 목표를 제시하였다. 2018년 로드맵의 중요 수정내용이 국외감축량을 축소시키고, 국내의 감축부담을 증가시키는 내용이었는데, 이번 발표에서는 반대로 국외감축부담을 증가시키고 있어, 2018년 로드맵의 당위성을 지워버렸다. 현재 해당 규모의 국외감축사업이 추진되거나 예정되어 있다면 반영할 수도 있지만, 해당 규모의 국외사업은 현재시점에서 발표된 게 없다. 또한 이중계상 문제에 대하여 이번 COP26에서도 논의되었지만 구체적인 산정법이 나오지 않았다는 점에서 이중계상은 지속적으로 문제가 될 것이다. 따라서 이번 발표에서 국외감축량을 상향한 부분은 감축률 수치인 40%를 만들기 위한 하나의 편법이라는 비판이 지속적으로 나오고 있다.



<그림 15> 분석내용 : 국외감축량 상향

④ 미래기술 위주 구성

이번 발표에서는 철강의 수소환원제철, 석유화학의 바이오납사, 수소경제 등 미래혁신기술이 주요 감축수단으로 제시되고 있다. 하지만 업체와 학계에서는 정부의 계획을 이행한다는 것이 불가능하다는 입장을 고수하고 있다. 과거의 예로서 2011년 정부발표에 CCS감축수단으로 11백만톤의 감축량이 반영되었으나 실제 감축량은 0%로서 감축이 발생하지 않았다. 그리고 일부 철강부문에 반영되었던 전기로 신기술 관련 감축수단을 반영하였던 기업 2곳은 도입한 설비를 잦은 고장으로 매각했다는 사실은 현재 미래기술의 적용에 있어 귀감이 될 수 있는 예이다.

발전부문에서는 재생에너지의 비율은 상향시키며, 원자력발전과 석탄발전의 비중을 축소시키는 계획을 수립하였는데, 최근 영국과 프랑스 등 유럽에서도 에너지안보 측면에서 원전을 재가동하는 상황이다. 따라서 세부이행계획 수립 시에는 미래감축수단으로 제시된 부분에 대한 재검토가 반드시 이루어져서 현실성 있는 목표가 제시되어야 한다.



<그림 16> 분석내용 : 미래기술 위주구성

⑤ 간접배출 제외

기존정부안에는 모두 직접배출량과 간접배출량이 포함되어 있는 반면, 이번 발표에서는 직접배출량만 포함되어 제시되어 있다. 이에 대한 이유는 세부 감축수단이 확정되지 않았기 때문에 간접배출에 대한 감축량을 측정할 수 없기 때문에 제시할 수 없다고 판단된다. 따라서 이번 상향된 목표는 직접배출량 측면에서 고려된 감축안으로서 실제 수요 측면에서의 감축은 반영하지 않았다고 할 수 있다. 다시 말하면 직접배출량에 대한 목표는 과하게 반영되었고, 간접배출량에 대한 감축량 상향은 고려되지 않았다는 것이다. 따라서 이러한 부분에 대해서는 향후 세부 업종별 세부이행계획이 수립되면서 수정이 반드시 이루어져야 한다.

1	NIR	직접	실적	온실가스
2	로드맵	직접 + 간접	실적 + 전망	온실가스
3	할당계획	직접 + 간접	전망 + 전망	온실가스
4	에너지기본계획	직접 + 간접	실적+전망	에너지
5	명세서	직접 + 간접	실적	온실가스/에너지
6	2030 NDC	직접	실적+전망	온실가스

현재 최근시점 발표 NDC에는 간접배출 미포함

<그림 17> 분석내용 : 간접배출량 제외

다. 법령개정

국가 감축목표는 「저탄소 녹색성장기본법 시행령」 2차례 개정되고, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」이 새로 제정되면서 변경되었다. 1차 개정에서는 Post2020에 따라 감축목표가 2020년에서 2030년으로 조정되면서, 감축목표도 30%에서 37%로 변경되었다. 2차 개정에서는 국제사회에서 BAU방식이 아닌 절대량방식으로의 감축 목표수립이 요구되면서, 2017년 기준으로 24.4%를 감축하는 것으로 개정되었다. 제정법령에서는 2018년 기준으로 35%이상 감축하도록 변경되었다. 시행령 개정에 대한 주요 내용은 아래 표와 같다.

[표 14] 국가온실가스 감축목표 관련조항

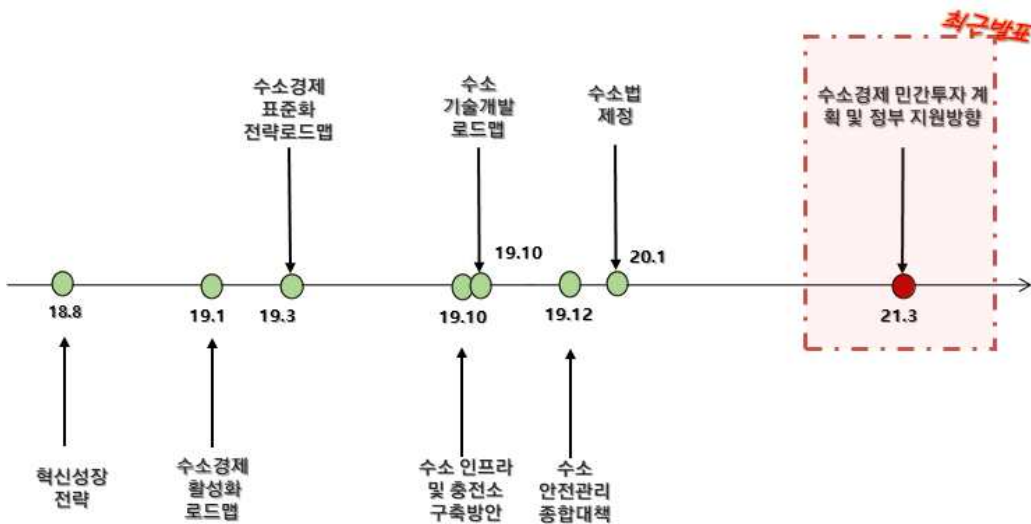
저탄소 녹색성장 기본법 시행령	
개정전	제25조(온실가스 감축 국가목표 설정·관리) ① 법 제42조제1항제1호에 따른 온실가스 감축 목표는 2020년 의 국가 온실가스 총배출량을 2020년 의 온실가스 배출 전망치 대비 100분의 30 까지 감축하는 것으로 한다.
↓	
1차 개정 (`16.06.01)	제25조(온실가스 감축 국가목표 설정·관리) ① 법 제42조제1항제1호에 따른 온실가스 감축 목표는 2030년 의 국가 온실가스 총배출량을 2030년 의 온실가스 배출 전망치 대비 100분의 37 까지 감축하는 것으로 한다.
↓	
2차 개정 (`19.12.31)	제25조(온실가스 감축 국가목표 설정·관리) ① 법 제42조제1항제1호에 따른 온실가스 감축 목표는 2030년의 국가 온실가스 총배출량을 2017년 의 온실가스 총배출량의 1000분의 244만큼 감축하는 것으로 한다
↓	
기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법	
신규 제정 (`21.9.24)	제8조(중장기 국가 온실가스 감축 목표 등) ① 정부는 국가 온실가스 배출량을 2030년까지 2018년의 국가 온실가스 배출량 대비 35퍼센트 이상 의 범위에서 대통령령으로 정하는 비율만큼 감축하는 것을 중장기 국가 온실가스 감축 목표(이하 “중장기감축목표”라 한다)로 한다.



<그림 18> 신규제정 법령 주요내용

라. 수소정책

정부는 2018년 8월 '혁신성장전략투자방향'에서 수소경제를 3대 투자 분야중 하나로 선정하면서, 2019년 1월 「수소경제 활성화 로드맵」을 마련했다. 2019년에는 「수소경제 표준화 전략 로드맵」, 「수소 인프라 및 충전소 구축방안」, 「수소 안전관리 종합대책」, 「수소 안전관리 종합대책」, 2020년에는 「수소법 제정」, 2021년에는 「수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원방향」을 발표하면서 수소경제를 위한 기반을 정부에서 강력하게 추진하고 있다.



<그림 19> 정부 수소정책 추진현황

[표 15] 정부 수소정책 추진현황

발표시점	정책명
2018.8월	혁신성장전략투자방향
2019.1월	수소경제 활성화 로드맵
2019.3월	수소경제 표준화 전략 로드맵
2019.10월	수소 인프라 및 충전소 구축방안
2019.10월	수소 기술개발 로드맵
2019.12월	수소 안전관리 종합대책
2020.1월	수소법 제정
2021.3월	수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원방안

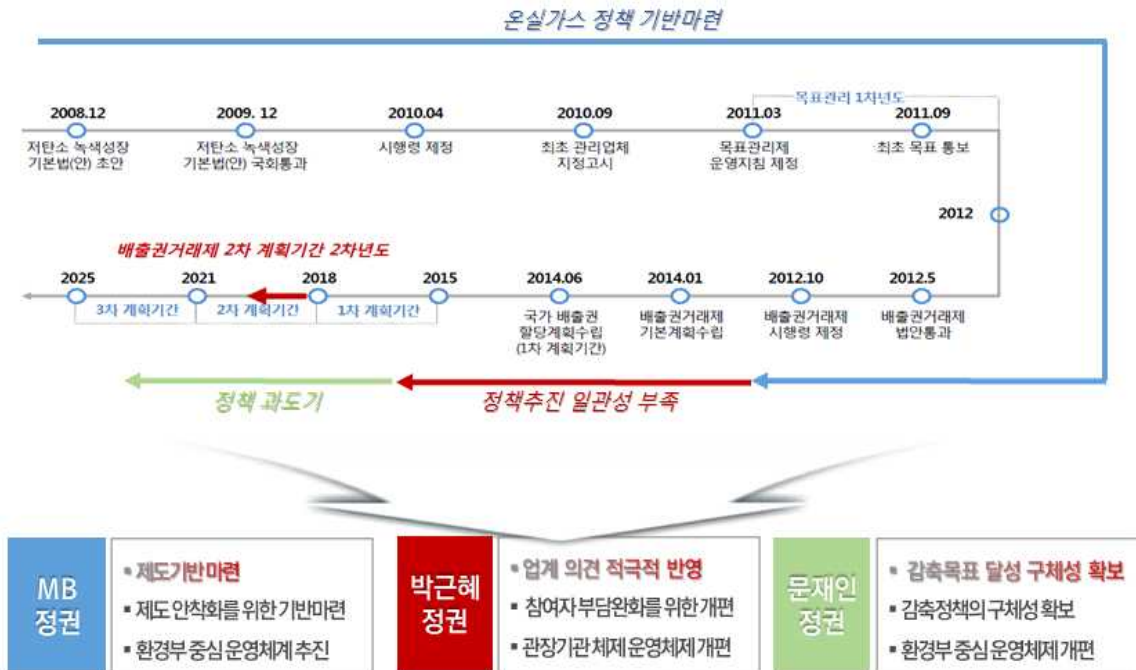
「수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원방안」에는 정부정책을 통하여 민간 투자를 적극 유도하여 지속 가능한 수소경제시장 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 발표된 내용에 따르면 민간 기업에서 2030년까지 43조원이상 투자될 것으로 보고 있다.

[표 16] 주요 그룹별 투자 계획(안)

그룹사	투자분야	총액
SK	대규모 액화플랜트 구축, 연료전지발전 확대 등	18.5조
현대차	수소차 설비투자 및 R&D, 연관인프라(충전소 등) 투자	11.1조
POSCO	부생수소 생산·해외 그린수소 도입, 수소환원제철 개발 등	10조
한화	그린수소(수전해) R&D·실증·생산, 수소 저장설비 등	1.3조
효성	액화플랜트 구축, 액화충전소 보급 등	1.2조
중소/중견	가정용 연료전지, 그린수소 R&D, 수소저장용기 등	1.2조

마. 정부별 탄소정책

온실가스 정책에 대한 정권별로 매우 상이한 입장을 보이고 있다. 최초로 온실가스 정책을 추진하였던 MB정부 경우, 제도안착을 위해 매우 강한 정책을 추진하였다. 반면, 이후의 박근혜 정권은 업계의 의견을 적극적으로 반영하고 참여자의 부담완화를 위한 정책을 추진하면서 정책추진 일관성이 부족했다는 평가를 받고 있다. 이후 들어서 문재인 정권에서는 감축목표 달성을 위한 구체성을 확보하면서 환경부 중심의 운영체제로 개편하면서 탄소중립에 적극적인 입장을 보이고 있다.



<그림 20> 정권별 기후정책 성격

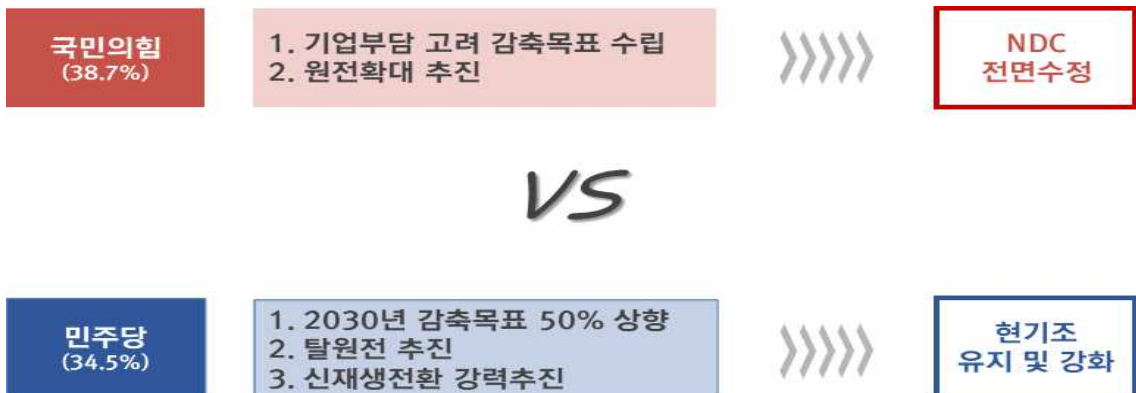
온실가스 정책의 입장이 바뀌고 있다는 점에서 다가오는 20대 대통령 선거('22.3.9일)에 대한 관심이 모아지고 있다. 민주당의 대선주자인 이재명 후보의 경우, 탄소중립에 대하여 강력한 추진에 대한 입장을 보이고 있다. 이재명 후보는 탄소중립정책을 현재 40%에서 50%로 상향시키고, 탈원전과 신재생전환을 추진한다고 제시하였다. 반면 국민의

힘 대선후보인 윤석열 후보는 감축목표를 산업계에 부담을 축소하는 방향으로 하향조정하고, 현재 문재인 정부의 탈원전 정책은 폐지한다고 제시하고 있다.

구분	더불어민주당 이재명	현정부	국민의힘 윤석열
온실가스 감축목표	50%로 상향 ("탄소중립 위해 올려야")	2030년까지 2018년 배출량 대비 40% 감축	하향 조정 ("산업계에 부담, 유지할 이유 없어")
원전	현정책 계속 ("기존 원전 사용기간 범위내 충분히 사용")	신규 원전 건설중단 기준 원전 설계수명까지만	현정책 폐기 ("탈원전 포퓰리즘 정책 폐기")
기타	<ul style="list-style-type: none"> 탄소세 도입 인공지능 기반 송배전망(에너지 고속도로) 건설 기후에너지부 설치 		<ul style="list-style-type: none"> 질서 있는 에너지대 전환 재생에너지 특구 설치 청정에너지산업 발전 위한 규제개혁과 시장 확대

<그림 21> 대선후보 기후공약 비교(한겨레, 21.11.25)

두 대선후보의 기후정책에 입장이 매우 상이하기 때문에, 내년 대통령선거의 결과에 따라 정부의 추진방향은 매우 상이할 것으로 예상된다. 현재 후보간 정당지지율이 큰 차이가 나지 않기 때문에, 세부이행계획을 세워야 하는 관계부처 입장에서도 큰 움직임을 보이지 못하고 있다. 세부이행계획은 연구 및 부처협의 등 많은 수반 업무가 수반되어야 하는데, 대선결과에 따라 계획자체가 변경될 수 있기 때문이다. 따라서 이러한 현황에서 현재의 세부이행계획 수립 일정이 지연되고 있다.



<그림 22> 대선후보 기후공약 입장비교

5. 배출전망 분석

가. 로드맵 전망분석

① 배출실적/전망비교

국가감축목표는 국내적으로 저탄소 경제·사회구조로 이행하기 위한 장기 비전과 정책방향을 제시하고 있는데, 이러한 정책을 수립하기 위해서는 미래에 대한 배출량 전망이 필요하다. 국가 차원의 온실가스 배출량 전망은 인구, 경제성장, 에너지 가격, 산업구조, 신기술 확산 및 보급 추세 등의 다양한 전제 조건들을 고려해서 전망되는데 이를 위한 절차는 다음과 같다.

첫째, 인구, GDP, 유가, 산업구조 등 온실가스 배출에 영향을 끼치는 주요 변수들의 전제조건을 설정한다. 이를 위하여, 통계청, KDI, IEA, 산업연구원 등 국내·외 해당 부문의 전문기관 연구결과를 활용한다. **둘째**, 전제조건을 기반으로 에너지(연료연소)·비에너지(산업공정, 폐기물, 농축산 등) 부문에서의 온실가스 배출전망치를 도출하여 온실가스 배출전망을 마련한다. **셋째**, 미래 시점에 적용될 수 있다고 예측되는 온실가스 감축기술, 감축정책과 소요비용을 가정하여 기술·정책의 적용 시나리오를 구성한다. 그리고 감축 시나리오에 따른 비용 최적화 모형을 운용하여, 경제주체가 감내 가능한 수준의 감축잠재량을 도출한다.



<그림 23> 감축목표 도출방법

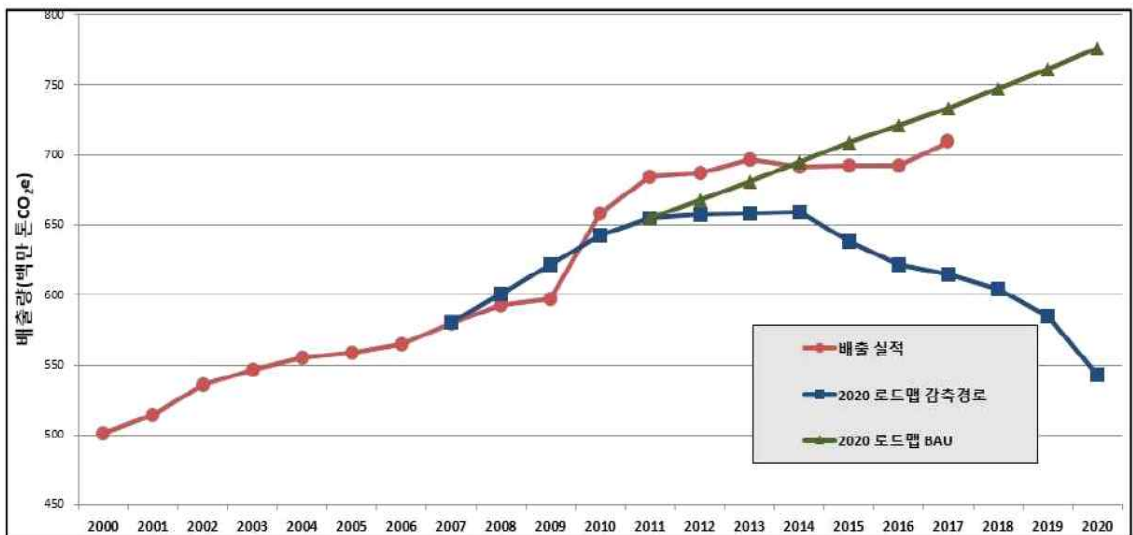
그러나 전체 조건들에 대한 전망자체가 불확실성을 내포하고 있으며, 일부 필수적인 자료들이 충분히 확보되지 못한 경우도 있기 때문에 배출량 전망의 정확도에는 한계가 있다. 아래는 [제2차 기후변화대응기본계획7]에 담겨있는 내용으로 2017년 감축목표보다 배출실적이 15.4% 높다는 것을 알 수 있다.

아래 그림에서 감축목표가 크게 미달성되고 있는 것을 볼 수 있는데, 감축노력 부족보다는 배출전망이 잘못된 것으로 보는 것이 적절하다. 왜냐하면 현재 운영 중인 배출권거래제와 목표관리제의 참여업체는 매년 목표를 초과달성하고 있기 때문이다.

[표 17] 배출실적/전망 비교 : 국가총량

(단위: 백만TCO_{2eq}, %)

구분	2014	2015	2016	2017
①배출실적	691.5	692.3	692.6	709.1
②감축경로	659.1	637.8	621.2	614.3
③비율 (=①/②-1)	4.9%	8.5%	11.5%	15.4%



<그림 24> 배출실적/전망 비교 : 국가총량

7) 제2차 기후변화대응 기본계획(2019.10, 관계부처합동)

국가로드맵에서 배출전망의 기본 전제는 제2차 에너지기본계획을 활용하고 있다. 주요 전망 전제는 GDP인데 한국개발연구원의 장기 잠재성장률 전망에 따라 연평균 3.08%의 성장률이 적용되었다. 인구는 통계청의 인구주택총조사를 활용하여 연평균 0.23%, 국제유가(두바이유)는 IEA의 유가전망을 활용하여 연평균 1.28% 상승률이 적용되었다.

[표 18] BAU 활용 주요전제

구분	2013	2015	2020	2030	2035	연평균증가율(%)	
						'11~'20	'11~'35
GDP(조원)	1,133	1,217.1	1,447.0	1,897.8	2,101.5	3.28	2.80
인구(백만명)	50.2	50.6	51.4	52.2	51.9	0.36	0.17
유가(\$/bbl)	109.7	114.2	123.7	136.1	139.8	1.73	1.16
제조업비중(%)	32.9	33.5	35.0	36.1	36.3	-	-

* 출처 : 관계부처 합동, Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획('15.6.11)

국가전망에 있어서 가장 중요한 전망지표는 산업연구원에서 전망하는 산업구조 전망인데, 국가감축목표에서는 철강, 석유화학 등 에너지 다소비업종은 완만한 성장세를 보이며, 조립금속업(기계·자동차·조선·통신기기·반도체 등)이 경제성장을 주도할 것으로 전망하였다.

[표 19] BAU 활용 산업별 부가가치 전망

(단위: 조원, '05년 불변가격)

부문	2015	2020	2025	2030	2035	연증가율(%) ('11~'35)
농림어업·광업	32.0	32.3	32.2	31.0	29.3	-0.27
제조업	407.6	506.9	600.0	685.1	761.9	3.28
SOC(건설업 등)	93.5	106.4	115.8	122.5	127.0	1.56
서비스업	682.4	799.8	929.7	1,057.9	1,182.0	2.79

* 출처 : 산업연구원, 온실가스 감축규제가 국내 산업구조에 미치는 영향(2013)

국가감축목표에 활용된 전제조건은 전망 값으로서, 전망 값과 실제 값과의 차이는 필연적인 부분이고, 따라서 주기적으로 이에 대한 업데이트를 해주어야한다

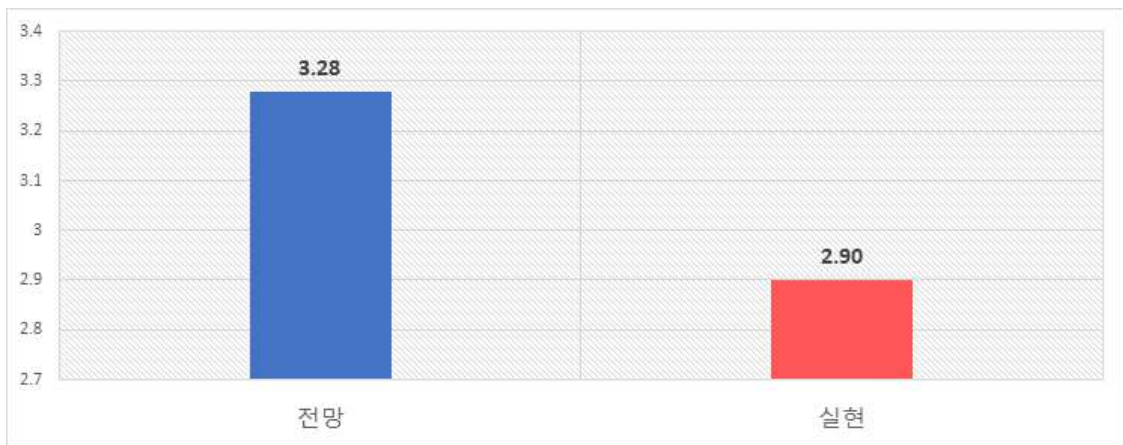
① 경제성장률(GDP) 검토

우선 국가감축목표에서 경제성장률 전망은 2013년 1,133조, 2020년 1,447조원으로 해당구간에 대한 증감률은 3.28%이다. 실적의 경우, 한국은행의 국내총생산(실질성장률)을 활용하였다. 같은 기간 국내성장률에 대한 증감률은 2.9%로서, 전망/실적과 0.35%p 차이가 발생하고 있다. 이는 전망보다 실적이 낮게 이행된 경우로서, GDP가 배출량과 양의 관계를 가진다는 점에서 실적을 반영할 경우 국가배출전망(BAU)은 낮게 조정될 수 있다.

[표 20] 국내 경제성장률(실적)

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	평균
성장률 (%)	3.2	3.2	2.8	2.9	3.2	2.9	2.0	2.9

* 출처 : 한국은행, 경제활동별 GDP 및 GNI(원계열, 실질, 분기 및 연간)



<그림 25> 전제조건 분석 : GDP

② 국제유가 검토

국제유가의 전망과 실적과의 차이는 GDP간의 차이보다도 크다. 전망에서는 2013년 109.7\$, 2020년 123.7\$로 전망하여 연간 1.73% 증가하는 것으로 전망하였지만 실제 국제원유가격은 2013년은 105.25\$, 2019년 63.53\$로 오히려 감소하여 연 -6.96%의 증감을 보이고 있다. 국가배출전망(BAU)에 있어 유가는 배출량과 음의 관계를 가지기 때문에 국제유가 실적을 반영할 경우 예상량은 상향될 수 있다.

[표 21] 국제 유가실적(두바이유)

(단위) \$/bbl

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	평균
전망	109.7	112.0	114.2	116.1	118.0	119.9	121.8	123.7	+1.73%
실적*	105.3	96.6	50.7	41.4	53.2	69.7	63.5	41.7	-6.96%

* 출처 : 석유공사



<그림 26> 전제조건 분석 : 국제유가(연도별)

에너지분야 국가 온실가스
잠정배출량 산정방법 연구

제 3장 산정체계 연구

제 3장

산정체계 연구

1. 개요

기후변화의 감축목표, 배출량에 대한 국제적 협약이 체결되고, 이에 대한 투명성확보 및 검증을 위하여 온실가스의 배출정도를 정확하게 산정하는 것에 대한 중요성이 대두되었다. UNFCCC는 온실가스 배출통계의 중요성을 강조하며 모든 당사국들이 국가보고서를 제출할 의무를 명시하였으며, 교토 의정서에서는 감축의무가 있는 부속서 1에 대해서는 상세 온실가스 배출 통계 작성에 관한 의무보고서인 국가인벤토리보고서(National Inventory Report, NIR), 공통보고양식(Common Reporting Format, CRF) 등의 부가정보를 작성하도록 규정하고 있다.

2018년 12월 제24차 유엔기후변화협약 당사국총회가 개최되었고, 파리협정 채택 이후 3년간의 기후변화 대응관련 협상과정을 마무리하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 제24차 당사국 총회 결정문의 산정 관련 내용을 분석하여, 기후체제 국제 기준에 따른 국내 적용에 대한 적용방안 및 중점사항 도출하였다. 파리협약 이행지침 검토결과 본 연구에서 확인이 필요한 부분은 방법론(C1), 통계(D), 가스(E2) 등 3개 영역에 대한 부분이다.

[표 22] 파리협약이행지침 주요 확인내용

영역	주요 확인내용
C.1 방법론	20. 각 당사국은 2006 IPCC 가이드라인을 활용(shall)하고 당사국 총회에서 합의된 IPCC 가이드라인의 후속 버전 또는 개선안을 활용함(shall) . 각 당사국은 2006 IPCC 가이드라인의 2013년 보완문서를 활용하길 권고함(encouraged)
D. 통계	37. 각 당사국은 IPCC 제 5 차 평가 보고서 의 100 년 기간별 지구 온난화 잠재력 (GWP) 값 또는 CMA가 동의 한 후속 IPCC 평가 보고서의 100 년 시간 간격 GWP 값을 사용한다.
E.2 가스	47. 당사국은 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황, 삼불화질소 등 7개 온실가스에 대하여 보고해야 하며(shall) ~ (생략)



<그림 27> 파리협약 이행지침 주요내용 및 반영여부

방법론(C1)과 관련한 부분은 당사국은 모두 최신 IPCC 지침을 활용할 것을 권고하고 있고, 따라서 우리나라도 2006 IPCC 지침을 반영한 보고가 이루어져야 한다. 통계(D)에서는 GWP적용에 있어 AR5차를 적용하도록 하고 있어, 현재 국내에서 적용하고 있는 AR2차를 적용하고 있는 현 MRV 산정 체계를 변경하여야한다. 가스(E2)에서는 국가별 역량을 강화하여 NF_3 를 배출원에 포함하도록 하고 있는데, 국내 현황에서는 이에 대한 통계가 구축되어 있지 않아 이에 대한, 향후 추가조사를 통한 단계적 산정이 필요할 것으로 보인다.



<그림 28> 산정방법 변경내용

또한 교토에서 개최된 제49차 IPCC⁸⁾ 총회에서 ‘IPCC 국가온실가스 인벤토리 2006 지침 2019 개선보고서⁹⁾(이하 2019 개선보고서)’를 채택하였다. 2019 개선보고서는 파리협정에 따라 각국이 UN기후변화협약에 보고할

8) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)

9) 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(“2019 Refinement”)

국가 인벤토리 보고서를 작성하는 데 활용될 예정인데, 산정방법 및 계수 등에 상당한 개선이 이루어졌다. 따라서 우리나라도 국내 온실가스 통계 품질향상을 위해 2024년까지 이를 반영할 계획이기 때문에 2019년 개선보고서의 개정된 내용에 대한 검토를 수행하고 단계적인 반영 계획을 수립하여야 한다. 따라서 본 장에서는 1996 IPCC GL을 적용하고 있는 우리나라의 산정체계에 대하여 2006 IPCC GL 및 2019 IPCC 개선보고서 적용을 위하여 변동된 내용에 대한 부분을 분석하였다.

<p>→ 보고서개요</p> <p>제49차 IPCC 총회에서 2019 개선보고서를 채택 * 국가 인벤토리 작성 및 지속적 개선을 위한 과학적 기반 제공</p>	<p style="text-align: center;">2019 IPCC 개선보고서 구성</p> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">개관</td> <td>개관(Overview) ✓ 신규</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Volume</td> <td>제1권. 일반지침</td> </tr> <tr> <td>제2권. 에너지</td> </tr> <tr> <td>제3권. 산업공정 및 제품이용</td> </tr> <tr> <td>제4권. 농업·임업 및 기타토지이용</td> </tr> <tr> <td>제5권. 폐기물</td> </tr> </table>	개관	개관(Overview) ✓ 신규	Volume	제1권. 일반지침	제2권. 에너지	제3권. 산업공정 및 제품이용	제4권. 농업·임업 및 기타토지이용	제5권. 폐기물
개관		개관(Overview) ✓ 신규							
Volume		제1권. 일반지침							
	제2권. 에너지								
	제3권. 산업공정 및 제품이용								
	제4권. 농업·임업 및 기타토지이용								
	제5권. 폐기물								
<p>→ 주요내용</p> <p>06 IPCC 지침의 갱신·상세화·내용추가 * 2006 IPCC 지침의 대체가 아니라, 함께 사용해야함</p>									
<p>→ 구성</p> <p>개관 및 Volume 5권으로 총 6개 권으로 구성 * 개관 + Volume 1~5</p>									

<그림 29> 2019 개선보고서 구성내용

2. 변동내용 : 2006 IPCC

가. 산정항목 변경

에너지 부문은 연료연소와 탈루성 배출로 구성된다. 연료연소는 고정연소와 이동연소로 크게 분류되는데, 에너지산업과 제조업 및 건설업 등이 고정연소에 포함되고 이동연소는 수송을 의미한다. 기타 부문은 농업/임업/어업, 가정, 상업/공공 등으로 이루어져 있다.

산정항목 관련하여 2006 IPCC 지침에서의 가장 큰 변화는 이산화탄소 수송 및 저장이 추가되어, 연료연소 및 탈루성 배출과 더불어 대분류 항목으로 분류된 것이다. 이산화탄소 수송 및 저장은 포집된 CO₂를 배출원에서 주입장소로 수송하는데 이용하는 과정에서 발생하는 탈루성 배출이며, 이러한 배출은 장비 누출로 인한 탈루성 손실, 환기 및 파이프라인 파열로 인한 배출 등이 포함된다.

[표 23] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 전체 카테고리

현 MRV 지침			2006 IPCC 지침			비고
CRF 코드	배출원		CRF 코드	배출원		
1A 연료연소	1A1	에너지산업	1A 연료연소	1A1	에너지산업	
	1A2	제조업 및 건설업		1A2	제조업 및 건설업	
	1A3	수송		1A3	수송	
	1A4	기타		1A4	기타	
	1A5	미분류		1A5	미분류	
1B 탈루배출	1B1	고체연료	1B 탈루배출	1B1	고체연료	
	1B2	석유 및 천연가스		1B2	석유 및 천연가스	
				1B3	기타	
		1C 이산화탄소 수송 및 저장	1C1	CO ₂ 수송	항목신설	
			1C2	투입 및 저장		
			1C3	기타		

① 고정연소 부문

고정연소 부문에서 에너지산업 경우, 세부배출원은 공공전기 및 열생산, 석유정제, 고체연료 및 기타 에너지산업으로 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침과 차이가 없지만, 제조업 및 건설업은 일부항목이 세분화되어 수송장비(1A1f2)와 광업(1A1f4)가 추가되었다. 수송장비는 이동장비를 생산하는 산업에 대한 항목으로 현 MRV에서는 조립금속에 포함되어 있는 항목이고, 광업(1A1f4)은 채굴 및 채석관련 산업에 대한 항목으로 현 MRV에서는 기타제조에 포함되어 있는 항목이다. 따라서 총량에서의 변동은 발생하지 않는다.

[표 24] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 에너지산업

현 MRV 지침		2006 IPCC 지침		비고
CRF코드	배출원	CRF코드	배출원	
1A1	에너지산업	1A1	에너지산업	
1A1a	공공 전기 및 열 생산	1A1a	공공 전기 및 열 생산	
1A1b	석유정제	1A1b	석유정제	
1A1c	고체연료 및 기타에너지 산업	1A1c	고체연료 및 기타에너지 산업	

[표 25] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교: 제조업 및 건설업

현 MRV 지침		2006 IPCC 지침		비고
CRF코드	배출원	CRF코드	배출원	
1A2a	철강	1A2a	철강	
1A2b	비철금속	1A2b	비철금속	
1A2c	화학	1A2c	화학	
1A2d	펄프 제지 및 인쇄	1A2d	펄프 제지 및 인쇄	
1A2e	식품료품 가공 및 담배제조	1A2e	식품료품 가공 및 담배제조	
1A2f i	비금속 광물	1A2f1	비금속 광물	
		1A2f2	수송장비	항목신설
1A2f ii	조립금속	1A2f3	조립금속	
		1A2f4	광업	항목신설
1A2fiii	목재 및 목제품	1A2f5	목재 및 목제품	
1A2f iv	건설업	1A2f6	건설업	
1A2f v	섬유	1A2f7	섬유	
1A2fvi	기타제조	1A2f8	기타제조	

② 이동연소 부문

이동연소(수송부문)에서는 민간항공, 도로, 철도, 해운, 기타수송으로 항목에서의 변화는 없으나 도로부문에서 촉매변환장치의 요소첨가제 사용으로 인한 배출원이 추가되어 이를 반영하여 배출량을 산정하였다.

[표 26] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교: 수송부문

현 MRV 지침			2006 IPCC 지침			비고
CRF 코드	배출원	CRF 코드	배출원			
1A3 수송	1A3a	민간항공	1A3 수송	1A3a	민간항공	
	1A3b	도로		1A3b	도로	요소첨가제 추가
	1A3c	철도		1A3c	철도	
	1A3d	해운		1A3d	해운	
	1A3e	기타수송		1A3e	기타수송	

③ 기타/미분류 부문

가정, 상업/공공, 농림어업을 포함하는 기타 부문과 고정형과 이동형을 포함하는 미분류 부문에서의 변경사항은 없다. 다만, 본 연구에서는 개정 에너지밸런스(이하 개정 EB)를 반영하여 현 MRV에서의 농림어업을 농림/임업과 어업으로 분류하고, 고정형을 고정형과 이동형으로 재구분하여 산정하였다. 이동형 구분은 고정형에서 산정되는 연료 중, 휘발유 및 항공유 등을 이동형으로 집계한 것으로 총량에서의 변동은 발생하지 않는다.

[표 27] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 기타 부문/미분류

현 MRV 지침			2006 IPCC 지침			비고
CRF 코드	배출원	CRF 코드	배출원	비고		
1A4 기타	1A4a	상업/공공	1A4 기타	1A4a	상업/공공	
	1A4b	가정		1A4b	가정	
	1A4C	농림어업		1A4c1	농업/임업	항목 세분화
		1A4c2	어업			
1A5 미분류	1A5a	고정형	1A5 미분류	1A5a	고정형	
	1A5b	이동형		1A5b	이동형	산정포함

④ 탈루배출

탈루부문에서는 지하광산의 지하폐광과 누출메탄의 발화, 촉매재생 등의 신규 배출원이 추가되었다. 이중 지하폐광은 봉쇄되거나 조업이 중지된 광산에서의 배출량을 산정하는데, 산정에 활용되는 ‘침수되지 않은 폐쇄된 탄광의 수’와 ‘가스량이 많은 탄광의 비율’ 등의 활동자료가 국내에 부재하여 산정에서 제외하였다. ‘누출메탄의 발화’는 발화되어 메탄이 CO₂로 전환된 가스량을 산정하는 것이나, 이 역시 국내에 자료가 구축되어 있지 않아 산정에서 제외하였다.

[표 28] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 탈루부문

현 MRV 지침			2006 IPCC 지침			비고
CRF코드	배출원		CRF코드	배출원		
1B1 고체연료	1B1a	석탄광산	1B1 고체연료	1B1a	석탄광산	
	1B1a1	지하광산 - 채광 - 채광이후		1B1a1	지하광산 - 채광 - 채광이후	
					- 지하폐광 - 누출 메탄의 발화	항목 신설
	1B1a2	노천광산 - 채광 - 채광이후		1B1a2	노천광산 - 채광 - 채광이후	
	1B1b	고체연료 가공		1B1b	자연발화 및 석탄 폐기물 소각	
	1B1c	기타		1B1c	고체연료 가공	
1B2 석유 및 천연 가스	1B2a	석유	1B2 석유 및 천연 가스	1B2a	석유	
	1B2a1	탐사		1B2a3	탐사	
	1B2a2	생산			생산	
	1B2a3	이송			이송	
	1B2a4	정제 및 저장			정제 및 저장	
	1B2a5	석유제품 분배			석유제품 분배	
	1B2a6	기타			기타	촉매재생추가
	1B2b	천연가스		1B2b	천연가스	
	1B2b1	탐사		1B2b3	탐사	
	1B2b2	생산 및 처리			생산 및 처리	
	1B2b3	이송			이송	
	1B2b4	분배			분배	
	1B2b5	기타 누출			기타 누출	

나. 산정방법 변경

2006 IPCC지침 적용에 따라, 에너지부문에 대표적으로 변동되는 내용은 아래 6가지 내용이다. 이중 (산정연료확대)와 (산화계수 미고려), (축매 변환 고려) 등의 변경내용은 배출량을 증가시키는 요인으로 작용하나, 이외 3개의 항목은 연료에 따라 증감이 상이하기 때문에 각 섹터별로 다른 결과를 보일 수 있다.

[표 29] 산정방법 주요 변동내용

No.	변경항목	내용	배출량 변동
1	배출계수 변경	CO ₂ , CH ₄ 및 N ₂ O 계수변경	-
2	온난화지수 변경	CH ₄ 및 N ₂ O GWP 변경	-
3	산정연료 확대	산정연료 33개→51개	증가▲
4	탄소물입도 미고려	탄소물입도 산업공정분야 포함산정	-
5	산화계수 미고려	산화계수 1적용	증가▲
6	축매변환 고려	도로(수송) 부분 요소축매변환에 따른 CH ₄ 고려	증가▲

① 배출계수 변경

탄소 배출계수에 대하여 1996 IPCC 지침과 2006 IPCC 지침에서는 기본 배출계수를 제공하고 있고, 국가고유계수는 5년 단위로 개발하여 고시하고 있다. 현 MRV 지침에서는 국가 온실가스 배출량 산정 시, 국가 고유 배출계수를 우선적으로 적용하며, 국가 고유 배출계수가 없을 경우에 한하여 기본계수를 적용하고 있다.

2006 IPCC 지침에서는 일부 연료의 탄소배출계수가 개정되었고, [석유 코크, Coke oven/Gas Coke, Coke Oven Gas, Blast Furnace Gas, 고체 바이오매스, 액체 바이오매스, 기체 바이오매스] 등 7개 연료이다.

[표 30] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : CO₂ 배출계수

연료명		국가고유 배출계수			현 MRV 지침 90~	2006 IPCC 지침 90~	비고
		~'11	~'16	~'21			
석탄류	국내 무연탄	29.7	30.5	30.5	26.8	26.8	
	수입 무연탄(연료탄)	-	28.6	27.4	26.8	26.8	
	수입 무연탄(원료탄)	-	29.2	30.0	26.8	26.8	
	유연탄(원료탄)	-	26.2	26.0	25.8	25.8	
	유연탄(연료탄)	25.9	26.0	26.0	25.8	25.8	
	아역청탄	29.3	26.2	26.5	26.2	26.2	
	갈탄	-	-	-	27.6	27.6	
	Oil shale	-	-	-	29.1	29.1	
	토탄	-	-	-	28.9	28.9	
	BKB & Patent Fuel	-	-	-	25.8	25.8	
	Coke Oven/Gas Coke	-	-	-	29.5	29.2	수치변경
	Coke Oven Gas	-	-	-	13.0	12.1	수치변경
	Blast Furnace Gas	-	-	-	66.0	70.8	수치변경
가스류	천연가스(LNG)	15.4	15.3	15.3	15.3	15.3	
	도시가스(LNG)	15.4	15.3	15.3	15.3	15.3	
	도시가스(LPG)	17.6	17.6	17.5	17.2	17.2	
석유류	원유	-	-	-	20.0	20.0	
	오리멸천	-	-	-	22.0	22.0	
	액상천연가스(NGL)	-	-	-	17.2	17.2	

	휘발유	19.7	20.0	19.5	18.9	18.9	
	항공유	19.6	19.8	20.0	19.5	19.5	
	보일러 등유	19.5	-	20.0	19.6	19.6	
	실내 등유	19.5	19.6	20.0	19.6	19.6	
	Shale Oil	-	-	-	20.0	20.0	
	경유	20.0	20.2	20.1	20.2	20.2	
	경질중유(B-A)	20.2	20.4	20.7	20.5	20.5	
	중유(B-B)	20.6	20.5	21.4	20.8	20.8	
	중질중유(B-C)	20.8	20.6	22.0	21.1	21.1	
	부생연료 1호	-	19.7	20.1	-	-	
	부생연료 2호	-	21.0	21.7	-	-	
	프로판	17.6	17.6	17.6	17.2	17.2	
	부탄	18.1	18.1	18.1	17.2	17.2	
	에탄올	-	-	-	16.8	16.8	
	납사	18.6	19.2	19.2	20.0	20.0	
	용제	19.4	19.3	19.2	20.0	20.0	
	아스팔트	21.5	21.6	21.5	22.0	22.0	
	윤활유	19.7	19.9	20.0	20.0	20.0	
	석유 코크	27.2	-	26.1	27.5	26.6	수치변경
	정제 가스	-	-	-	15.7	15.7	
	기타 석유	-	-	-	20.0	20.0	
바이오 매스	고체바이오매스	-	-	-	29.9	27.3	수치변경
	액체바이오매스	-	-	-	20.0	19.3	수치변경
	기체바이오매스	-	-	-	30.6	14.9	수치변경

탄소 배출계수와 마찬가지로 2006 IPCC 지침에서 CH₄와 N₂O 배출계수가 일부 개정되었다. CH₄와 N₂O 배출계수는 배출원에 따라 에너지산업, 제조업 및 건설업, 상업/공공, 가정 및 농업/임업/어업 등 5가지(표31)로 구분하여 배출계수를 제시하고 있다.

수송 분야 외의 부문에서는 총 5개 항목에 대한 계수가 개정되었으며, 에너지산업 부문 1개 항목(석탄 N₂O), 제조업 및 건설업 부문에서는 3개 항목(석유류 CH₄, 천연가스의 CH₄ 석탄의 N₂O), 기타부문에서 1개 항목(석탄 N₂O) 등이다.

[표 31] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N₂O 및 CH₄ 배출계수_수송 외

부문	연료명	현 MRV 지침		2006 지침		비고
		CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	
		kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	
에너지 산업	석탄	1	1.4	1	1.5	수치변경
	석유	3	0.6	3	0.6	
	천연가스(LNG)	1	0.1	1	0.1	
	정제가스, LPG	1	0.1	1	0.1	
	목재/폐목재	30	4	30	4	
	숯(목탄)	200	4	200	4	
	기타 바이오매스 및 폐기물	30	4	30	4	
제조업 및 건설업	석탄	10	1.4	10	1.5	수치변경
	석유	2	0.6	3	0.6	수치변경
	천연가스(LNG)	5	0.1	1	0.1	수치변경
	정제가스, LPG	1	0.1	1	0.1	
	목재/폐목재	30	4	30	4	
	숯(목탄)	200	4	200	4	
	기타 바이오매스 및 폐기물	30	4	30	4	
상업/공공	석탄	10	1.4	10	1.5	수치변경
	석유	10	0.6	10	0.6	
	천연가스(LNG)	5	0.1	5	0.1	
	LPG	5	0.1	5	0.1	
	목재/폐목재	300	4	300	4	
	숯(목탄)	200	1	200	1	
	기타 바이오매스 및 폐기물	300	4	300	4	
가정	석탄	300	1.4	300	1.5	수치변경
	석유	10	0.6	10	0.6	
	천연가스(LNG)	5	0.1	5	0.1	
	LPG	5	0.1	5	0.1	
	목재/폐목재	300	4	300	4	
	숯(목탄)	200	1	200	1	
	기타 바이오매스 및 폐기물	300	4	300	4	
농업/임업/어업 (고정연소)	석탄	300	1.4	300	1.5	수치변경
	석유	10	0.6	10	0.6	
	천연가스(LNG)	5	0.1	5	0.1	
	LPG	5	0.1	5	0.1	
	목재/폐목재	300	4	300	4	
	숯(목탄)	200	1	200	1	
	기타 바이오매스 및 폐기물	300	4	300	4	

수송부문에서 2006 IPCC 지침의 CH₄ 배출계수는 항공 부문에서 석유를 제외하고, 모든 부문의 연료에 대한 배출계수가 개정 혹은 추가 되었다. 도로부문에서는 석유와 LNG, 철도는 석유, LNG, LPG, 해운은 LNG 등이 변경되었다.

[표 32] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N₂O 및 CH₄ 배출계수_수송

부문	연료명		현 MRV 지침		2006 IPCC 지침		비고
			CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	
			kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	
항공	석유		0.5	2	0.5	2	
	천연가스(LNG)		-	-	-	-	
	LPG		-	-	-	-	
도로	석유	휘발유	20	0.6	25	8	수치변경
		경유	5	0.6	3.9	3.9	수치변경
	천연가스(LNG)		50	0.1	92	3	수치변경
	LPG		62	0.2	62	0.2	
철도	석유		10	1.4	2	1.5	수치변경
	천연가스(LNG)		5	0.6	4.15	28.6	수치변경
	LPG		-	-	4	29	수치추가
해운	석유		10	1.4	10	1.4	
	천연가스(LNG)		5	0.6	7	2	수치변경
	LPG		-	-	-	-	

탈루부문의 현 MRV 지침의 배출계수는 국가 고유 배출계수를 우선 적용하며 국가 고유 배출계수가 존재하지 않는 항목은 2006 IPCC 지침의 선진국 기본 배출계수를 적용하고 있다. 기본 배출계수가 범위로 제시된 경우 중간값을 적용하고 있고, 처리, 이송, 저장, 분배 항목에서는 하한값을 적용하고 있다. 탈루부문에 있어서의 배출계수 변동사항은 없다.

[표 33] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : N₂O 및 CH₄
배출계수_탈루배출

CRF 코드	배출원		CH ₄ 배출계수		
			수치	단위	
1B1a	석탄광산 (지하광산)	채광	17.5	m ³ CH ₄ / t 석탄 생산량	
		채광 이후	2.45		
		밀도(공통)	0.67	Gg / 10 ⁶ m ³	
1B2a	석유	생산	2.65	t CH ₄ / PJ	
		이송	0.745		
		정제	0.745		
		저장	0.135		
1B2b	천연가스	생산	1.34×10 ⁻³	Gg CH ₄ / 10 ⁶ m ³	
		처리	1.5×10 ⁻⁴		
		이송	venting		2.028×10 ⁻⁵
			leaks		8.567×10 ⁻⁶
		저장	venting		3.756×10 ⁻⁶
			leaks		6.835×10 ⁻⁶
		분배	1.1×10 ⁻³		
		산업·발전	87.5	t CH ₄ / PJ	
		가정·상업	43.5		

② 온난화지수 변경

다음으로는 온실가스의 기여도를 반영하는 지구온난화지수¹⁰⁾가 변경되었다. 현재 방법론은 CH₄는 21, N₂O는 310을 사용하고 있는데 산정방법 변경으로 CH₄는 33% 증가한 28, N₂O는 14.5%가 감소한 265을 적용하게 된다.

[표 34] 변경내용 : GWP 변경

온실가스	96GL	06GL	비고
CO ₂	1	1	
CH ₄	21	28	+33%
N ₂ O	310	265	-14.5%



<그림 30> 변경내용 : 가스별 GWP

10) 지구온난화지수 : 이산화탄소가 지구 온난화에 미치는 영향을 기준으로 다른 온실가스가 지구온난화에 기여하는 정도를 나타낸 것

③ 산정연료 확대

배출량을 산정하는데 활용되는 통계의 변경으로 기존 33개에서 51개로 18개의 연료가 추가되었는데, 이는 두 가지 요인에서 발생한다. 첫 번째 요인은 활동자료로 활용되는 에너지밸런스가 개정되면서 기존에 포함되지 않던 연료원이 추가된 부분이다. 이에 따라 석탄 8개, 석유 3개, 기타화석 2개, 토탄 1개 등 14개 항목이 추가되었다. 반면, 석유에서 보일러등유와 실내등유가 합쳐지면서 1개가 줄어들었다. 두 번째는 바이오매스 연료에 대하여 기존 고체, 액체, 기체 등 3가지로 구분하고 있었던 것이 연료가 세분화된 부분이다. 이에 따라 기존 3개에서 8개로 변경되었고, 5개 연료가 추가되었다.

- (요인1: 연료추가) 현 MRV에서는 산정되지 않던 연료원이나, 2006 IPCC 지침적용으로 새롭게 추가되는 연료원으로 배출량 증가의 요인으로 작용
- (요인2: 항목세분화) 2006 IPCC 지침 적용으로 항목이 세분화되었으나, 활용되는 원 자료의 출처는 동일한 연료

현 MRV 지침		반영내용	
배출원	활동 수(33종)	배출원	활동 수(51종)
석탄	5종	석탄	13종
석유	23종	석유	25종
가스	2종	가스	2종
바이오매스	3종	바이오매스	8종
		기타 화석	2종
		토탄	1종

<그림 31> 변경내용 : 산정연료 확대

[표 35] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 산정연료

구분 연료	현 MRV 지침		2006 IPCC 지침		비고
	번호	내역	번호	내역	
석탄	1	국내무연탄	1	국내무연탄	
	2	연료용 수입무연탄	2	연료용 수입무연탄	
	3	원료용 수입무연탄	3	원료용 수입무연탄	
	4	원료용 유연탄	4	원료용 유연탄	
	5	연료용 유연탄	5	연료용 유연탄	
		<u>신규</u>	추가1	아역청탄	연료 추가
			추가2	갈탄	
			추가3	연탄	
			추가4	코크스	
			추가5	콜타르	
			추가6	코크스가스	
	추가7		고로가스		
	추가8		기타석탄가스		
석유		<u>신규</u>	추가9	정제원료	연료 추가
			추가10	첨가물	
			추가11	기타탄화수소	
	6	휘발유	6	휘발유	
	7	실내 등유	7	등유	연료 삭제
	8	보일러 등유	삭제1		
	9	경유	9	경유	
	10	B-A유	10	B-A유	
	11	B-B유	11	B-B유	
	12	B-C유	12	B-C유	
	13	항공유(JA-1)	13	항공유(JA-1)	
	14	항공유(JP-4)	14	항공유(JP-4)	
	15	항공유(AVI-G)	15	항공유(AVI-G)	
	16	프로판	16	프로판	
17	부탄	17	부탄		

	18	납사	18	납사	
	19	용제	19	용제	
	20	아스팔트	20	아스팔트	
	21	윤활유	21	윤활유	
	22	파라핀왁스	22	파라핀왁스	
	23	석유코크	23	석유코크	
	24	부생연료1호	24	부생연료1호	
	25	부생연료2호	25	부생연료2호	
	26	컨덴세이트	26	원유	
	27	부생가스	27	정제가스	
	28	기타 석유	28	기타 석유제품	
가스	29	천연가스(LNG)	29	천연가스(LNG)	
	30	도시가스(LNG)	30	도시가스(LNG)	
기타 화석	<u>신규</u>		추가12	산업폐기물	연료 추가
			추가13	도시폐기물_비재생	
토탄	<u>신규</u>		추가14	토탄	
바이오 매스	31	고체바이오매스	31	고형바이오매스	항목 세분화
				목탄	
				도시폐기물 재생	
	32	액체바이오매스	32	바이오휘발유	
				매립지가스	
				33	
33	매립지가스				
	기타 바이오연료				

④ 산화율 미적용

2006 IPCC 지침 적용으로 인한 다른 변동사항은 산화단계에서 완전연소를 고려하는 부분이다. 1996 IPCC 지침에서는 연료에 함유된 탄소 중 불완전 연소되는 부분을 고려하기 위하여 연료별로 평균 연소율을 반영하고 있다. 반면, 2006 IPCC 지침에서는 완전산화를 가정하여 기본 산화계수인 1을 적용하고, 불완전 산화에 대해서는 국가 고유 배출계수에 반영하도록 권고하고 있다. 이에 따라 연료별로 0.5 ~ 2% 정도 배출량이 높게 산정된다.

[표 36] 변경내용 : 산화율 변경

연료	96GL	06GL
석탄	98.0	100
원유 및 석유제품	99.0	100
가스	99.5	100
발전용 peat	99.0	100

⑤ 탄소몰입도 반영방법 변경

2006 IPCC 지침 적용으로 탄소 몰입도¹¹⁾에 대한 내용은 에너지 분야가 아닌 산업공정 분야에서 산정된다. 전 업종에 공통적으로 반영되는 연료원은 아스팔트, 윤활유, 원료탄 등 3개이고, 석유화학 업종에 대해서만 적용되는 연료원은 납사, LPG, 천연가스, 경유, 에탄올 등 5개이다.

11) 탄소몰입도 : 에너지가 소비되는 과정에서 대기로 배출되지 않고 탄소형태로 존재하여 배출량을 고려하지 않는 비율

[표 37] 변경내용 : 탄소몰입도 미적용

연료명		96GL	06GL
공통	아스팔트	100%	미적용
	윤활유	50%	미적용
	원료탄	75%	미적용
석유화학용 원료소비	납사	75%	미적용
	LPG	80%	미적용
	천연가스	33%	미적용
	경유	50%	미적용
	에탄올	80%	미적용

⑥ 촉매변환 고려

수송부문의 도로수송에 대한 산정에 있어서, 요소 촉매변환기에 대한 부분이 신설되어 이를 반영한 배출량 산정이 필요하다. 따라서 첨가제의 특성에 따라 요소분자량(=12/60)과 탄소분자량(=44/12) 등을 고려하여, 요소 질량비율(purity) 기본값인 32.5%를 적용하여 배출량을 산정한다.

[표 38] 현 MRV 지침과 2006 IPCC 지침 비교 : 수송부문 촉매변환 신설항목

$Emission = Activity \cdot \frac{12}{60} \cdot Purity \cdot \frac{44}{12}$	
Activity	: 촉매변환기에 사용한 요소첨가제의 양 [Gg]
Purity	: 요소첨가제 내 요소의 질량비율 [%]

3. 변동내용 : 2019 개선보고서

가. 개요

2019 개선보고서는 2006년에 발간한 IPCC지침에 그동안 새롭게 개발된 기술들에 대한 설명을 추가하거나 새로운 온실가스 배출원 및 흡수원에 대한 보완적 방법론을 제공하고 있는데, 오래된 정보를 신규 정보로 갱신(update), 기존 지침을 상세화(elaborate), 신규 배출·흡수원에 대한 지침을 추가(add)한 것으로, 2006 IPCC 지침을 대체하는 것이 아니라 2006 IPCC 지침과 함께 사용되는 보고서이다.

2019 개선보고서는 개관과 총 5개의 권(volume)으로 구성되어 있다. **일반지침(제1권)**에서는 국가 온실가스 인벤토리 체계구축 및 자료 수집방법 관련 설명이 상세화 되었으며, 대기 측정값 및 모델링을 통한 배출량 산정 방법 등이 신규로 추가되었다. 또한, 높은 통계 전문지식을 요구하는 불확도 및 주요 배출원 분석을 돕기 위해 실용적인 예제를 제공하고 분석방법에 대해서도 세부적인 설명을 추가하였다.

에너지(제2권)에서는 기존 지침에서 산정방법론이 정립된 연료연소부문은 수정되지 않았으며, 연료의 채취·가공·보관 및 이송 과정에서 누출되는 탈루(fugitive) 배출량의 산정방법이 대폭 개선되었다. 예를 들어, 지하 탄광 탈루 배출량, 숯생산·석탄 액화 등 연료의 전환과정에서 발생하는 탈루 배출량 산정방법이 추가되었으며, 송유관 및 가스관 누출 비율을 나타내는 탈루 배출계수를 최신값으로 갱신하였다.

산업공정(제3권)에서는 화학 산업의 수소, 금속산업의 희토류 및 알루미늄 등의 신규 분류가 추가되었으며, 전자산업(반도체 및 디스플레이)에서는 신규 온실가스로 메탄(CH_4)과 아산화질소(N_2O)가 추가되었다. 또한, 제4차 및 제5차 IPCC 평가보고서에서 확인된 온실가스(수소불화탄소(HFCs), 과불

화탄소(PFC 등)의 배출계수들이 세분화되었다.

농업, 임업 및 기타 토지이용(제4권)에서는 관리되는 토지의 인위적·자연적 배출·흡수량을 세분화하는 방안을 도입하여 투명성을 증대시켰으며, 바이오매스, 축산, 습지, 토지 등에 대한 방법론이 개선되었다. 폐기물(제5권)에서는 폐기물 발생·구성·관리 주요 배출계수가 갱신되었다. 매립 및 소각 경우는 고품 폐기물 처리장의 관리조건별 메탄 배출량 산정 관련 지침이 갱신되었으며, 가스화열분해 등 신규 기술에 대한 배출량 산정 지침이 보충되었다. 또한 하·폐수처리에서는 메탄 배출량 산정지침이 갱신되고 아산화질소 관련 신규 지침과 배출계수가 추가되었다.

2019년 개선보고서에서는 전체 Equation관련 215개, Table관련 258개의 변동사항이 있다. 수식과 관련하여 신규가 150건, 개선이 64건, 제외가 1건이고, 테이블과 관련하여 신규가 140건, 개선이 103건, 제외가 15건이다. 이중에서 에너지 부문은 변동내용이 탈루배출에 대한 부분으로 수식과 관련하여 신규가 24건, 개선이 4건이고, 테이블과 관련하여 신규는 32건, 개선은 10건, 제외는 3건이다. 2019년 개선보고서에 대한 검토는 2006 IPCC 지침과 비교하여 변동된 내용을 확인하고, 향후 국내 인벤토리 산정에 반영할 수 있는지에 대하여 중점적으로 확인하였다.

[표 39] 2019 개선보고서 분야별 변동 수

분야	Equation				Table			
	신규	개선	제외	비율	신규	개선	제외	비율
합계	150	64	1	100%	140	103	15	100%
에너지	24	4	0	13%	32	10	3	17%
산업공정	54	19	0	34%	41	29	0	27%
AFOLU	61	35	1	45%	47	54	12	44%
폐기물	11	6	0	8%	20	10	0	12%

나. 변동내용 분석

2019 개선보고서에서 에너지 분야 변동내용은 탈루배출에 집중되어 있는데, 석탄과 석유, 가스 등으로 구분하여 확인할 수 있다. 석탄탈루에 대한 내용은 아래와 같은데, 채광활동에 대한 CO₂와 폐광에서의 CH₄가 신규로 추가되어 이에 대한 국가 배출량이 크게 증가한 요인으로 작용하고 있다. 신규로 추가된 채광활동의 CO₂ 배출계수는 5.9 m³/t_coal, 폐광활동에서의 CH₄ 배출계수는 폐광의 폐광연도에 따라 연도별 상이한 계수가 적용된다.

현재 MRV	채광활동	▪(석탄생산량) × (배출계수)	CH ₄	17.5	m ³ /t_coal
	채광후 배출	▪(석탄생산량) × (배출계수)	CH ₄	2.45	m ³ /t_coal
2019 IPCC	채광활동	▪(석탄생산량) × (배출계수)	CO ₂	5.9	^{추가산정} m ³ /t_coal
			CH ₄	18.0	m ³ /t_coal
	채광후 배출	▪(석탄생산량) × (배출계수)	CH ₄	2.5	m ³ /t_coal
	폐광	▪(비참수 폐광수) × (가스량이 많은 탄광비율) × (배출계수)	CH ₄	연도별 상이	^{추가산정} M/폐광수

<그림 32> 계수 비교 : 석탄탈루

석유탈루의 경우는 현재 MRV에서 산정되고 있는 저장에 따른 항목이 제외된 반면, 생산/이송/정제 항목의 배출원에 CO₂와 N₂O가 추가되어 배출량은 증가하게 되었다. 신규로 추가된 항목의 배출계수는 생산에서 CO₂가 4.08 ton/km³, N₂O가 0.000016 ton/km³, 정제에서 CO₂가 0.03 ton/km³, N₂O가 0.000087 ton/km³이다.

현재 MRV	생산	▪(원유생산량) × (배출계수)	CH ₄	2.65	ton/PJ
	이송	▪(원유도입량) × (배출계수)	CH ₄	0.745	ton/PJ
	정제	▪(원유처리량) × (배출계수)	CH ₄	0.745	ton/PJ
	저장	▪(원유처리량) × (배출계수)	CH ₄	0.135	ton/PJ

2019 IPCC	생산	▪(원유생산량) × (배출계수)	CO ₂	4.08	ton/k m ³		
			CH ₄	2.46	ton/k m ³		
			N ₂ O	0.000016	ton/k m ³		
	이송	▪(원유도입량) × (배출계수)	CH ₄	0.04	ton/k m ³		
			정제	▪(원유처리량) × (배출계수)	CO ₂	0.03	ton/k m ³
					CH ₄	5.85	ton/k m ³
N ₂ O	0.0000877	ton/k m ³					

<그림 33> 계수 비교 : 석유탈루

가스탈루의 경우는 아래 그림에서 보듯이 산정범위가 확대되고 활동자료의 변동이 많아 매우 큰 변동이 발생되었다. 활동자료의 경우, 기존에는 에너지통계를 기반으로 활동자료를 산정하였는데, 2019 개선보고서에서는 천연가스 차량수·도시가스 기기수·도기가스 배관길이·천연가스 저장소수 외 다수의 활동자료가 추가로 필요함에 따라 산정방법이 복잡해졌다. 다만 현 정리된 부분은 본 연구에서 개선보고서 내용을 기반으로 제시한 내용으로 실제 적용에 있어서는 관장기관과의 사전 논의가 필요할 것으로 보인다. 가스 부분의 변경된 계수는 아래 그림에서 확인할 수 있다.

CO₂ CH₄ N₂O

현재 MRV	생산	▪ (천연가스 생산량) × (배출계수)	-	0.00134	-	Gg/M m ³
	처리	▪ (도시가스 수요량) × (배출계수)	-	0.00015	-	Gg/M m ³
	이송/저장	▪ (도시가스 수요량) × (배출계수)	-	0.000066	-	Gg/M m ³
	분배	▪ (도시가스 생산량) × (배출계수)	-	0.0011	-	Gg/M m ³
	기타	산업	▪ (산업부문 도시가스 소비량) × (배출계수)	-	87.5	-
건물		▪ (건물부문 도시가스 소비량) × (배출계수)	-	43.5	-	Ton/PJ

2019 IPCC	생산	▪ (천연가스 생산량) × (배출계수)	4.80	2.94	0.000082	Ton/M m ³	
	처리	▪ (천연가스 생산량·수입량) × (배출계수)	7.21	0.57	0.000079	Ton/M m ³	
	이송 및 저장	이송_생산	▪ (천연가스 생산량·수입량) × (배출계수)	0.15	1.29	-	Ton/M m ³
		저장_생산	▪ (천연가스 생산량·수입량) × (배출계수)	0.04	0.29	-	Ton/M m ³
		이송_수입	▪ (천연가스 저장소 수) × (배출계수)	14687	1660	-	Ton/개
		저장_수입	▪ (천연가스 저장소 수) × (배출계수)	277	22	-	Ton/개
	분배	가스분배	▪ (도시가스수요량 생산량) × (배출계수)	0.02	0.62	-	Ton/M m ³
		지상저장	▪ (도시가스수요량 생산량) × (배출계수)	0.000021	0.003	-	Ton/M m ³
		도시가스분배	▪ (도시가스 배관길이) × (배출계수)	0.0183	0.58	-	Ton/km
	최종 수요	자동차	▪ (천연가스 차량수) × (배출계수)	0.0000023	0.003	-	Ton/대
		가스기기	▪ (도시가스 기기수) × (배출계수)	0.000033	0.004	-	Ton/개
		공장 및 발전기	▪ (도시가스 소비량) × (배출계수)	0.0033	0.4	-	Ton/M m ³

<그림 34> 계수 비교 : 가스탈루

다. 번역본 구성

본 연구에서는 2019 개선보고서 내용을 번역하고, 변동내용에 대하여 표기하여 이를 확인 할 수 있도록 하였다. 예로서, 내용이 추가된 부분은 파란색으로 표기하였고, 내용이 삭제된 부분은 붉은색으로 표기하여 확인이 용이하도록 하였다.

[표 40] 2019 개선보고서 변동내용

No.	구분		내용
1	번역		산정지침 주요내용에 대한 부분을 기재
2	변동비고	내용추가	지침번역본에 06GL에서 추가된 부분은 파란색으로 표기
3		내용삭제	지침번역본에 06GL에서 삭제된 부분은 붉은색으로 표기

식 411과 412에서 지하 광산으로부터 발생한 배출에는 폐광이 포함되며(415절을 참고) IB lai (지하 광산)의 총계에 들어간다. 이론적으로 방정식 411 및 412에는 채광 후 활동과 폐광에서 발생하는 CO₂ 배출량도 포함되어야 한다. 그러나 아래 413.2절과 415 절이 이 두 CO₂ 배출원에 대한 방법이나 배출 계수를 제공하지 않는다는 점을 고려하면 여기에서 CO₂에 대한 일반 방정식은 단순히 지하 채광 작업에서 배출된다.

국가 내지 탄전 수준에서 탄광에서의 배출을 고려하기 위해 배출계수를 이용하기 때문에 식 412는 Tiers 1과 2를 위해 이용된다. 배출계수는 채굴 활동으로부터 발생할 것 같은 모든 메탄을 이미 포함한다. 그러므로 식 412에서의 차감 항목에 의해 메탄 생성과 활용을 명시적으로 고려해야 한다. Tier 3 방법은 배출계수가 아니라 개별 광산에서 탈수 및 채광된 메탄을 고려하는 광산에 고유한 계산법과 관련하므로, 식 412는 Tier 3 방법에 적절하지 않다.

유사하게, 석탄층의 가스가 연료 연소를 위해 회수되는 경우, 회수 가스에 포함된 CO₂의 양은 식 412에서 메탄 회수 및 활용의 부파를 구하는 방법과 유사한 방식으로 결정할 수 있다(ex. 국가별 회수된 가스 총량 및 국가 상황을 나타내는 평균 CO₂/CH₄ 함도 또는 개별 광산에서 배출 및 회수된 가스를 고려한 석탄 분지 수준 또는 광산별 계산을 기반으로 추정됨) 식 412의 배기 함으로 설명되는데, 그 CO₂는 석탄층에서 나오는 가스가 2장 고정 연소에서 소비되는 범주에서 결국 설명된다.

탄층에서 회수된 가스가 연소되거나 유용한 에너지 없이 혹은 산화되는 경우 회수된 가스에 포함된 CO₂의 양은 방정식 415를 사용하여 IB lai4 에서 탈루배출로 설명된다.

Tier 3 방법은 배출 계수보다 개별 광산에서 배출 및 회수된 메탄을 고려하는 광산별 계산을 포함하므로 식 412는 Tier 3 방법에 적합하지 않다.

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인

<그림 35> 번역본 작성방향(일부 예시)

변동된 내용에 대해서는 별첨으로 다음과 같이 번역본을 작성하여 보고서의 후단에 첨부하였고, 이에 대한 일부 예시는 다음과 같다.



<그림 36> 번역본 화면 : 표지

4.21 개요, 배출원 설명

석유 및 가스 시스템의 탈루적 배출의 배출원은 장비 누출, 증발 및 속발성 손실, 환기, 발화, 소각 및 우발적 방출 (예를 들어, 파이프라인 부식, 유정 피열 및 유출)을 포함한다. 이들 배출원의 일부는 설계되거나 의도적이므로 (예를 들어, 탱크, 봉인 및 공정)의 환기 및 발화 시스템), 상대적으로 특징이 잘 부여되지만 배출의 양과 조합은 일반적으로 상당히 불확실하다. 이는, 부분적으로, 이러한 경우에 측정시스템이 제한적으로 이용되며, 측정시스템이 이용되는 경우에도, 발생하는 조합에서의 광범위한 흐름 및 변화를 감당하지 못하기 때문이다. 일상적인 생산량 계산 절차의 일부로 이들 손실 내지 흐름이 추적되는 경우에도, 설명되는 활동들과 그 양이 공학적 산정치 내지 측정에 기초하는 여부에서 종종 불일치가 존재한다. 이장의 전체에서, 논의되는 탈루적 배출원의 정확한 유형을 설명하고, 보다 높고 통합된 수준에서 이들 배출 내지 배출원을 논의할 때 탈루적 배출 내지 탈루적 배출원이라는 용어를 단지 이용하는데 노력을 기울인다. 오일 및 가스 시스템의 비산 배출원에는 장비 누출, 증발 및 설팅 손실, 환기, 발화 및 우발적 누출(예: 파이프라인 파기, 유정 폭발 및 유출)이 포함되나 이에 국한되지 않는다. 배출 및 플레어 배출원은 설계 또는 의도적(예: 탱크 배출구, 쉘 및 공정 배출구 및 플레어 시스템)인 반면 누출 배출(예: 탱크의 작업 손실, 다른 장비의 누출)은 의도하지 않거나 통제되지 않는다. 일부 배출은 손실이나 흐름이 일상적인 생산 회계 절차의 일부로 추적되거나 공학적 추정이 이루어지는 특정 경우에 측정시스템을 사용하여 비교적 잘 특성화된다. 이러한 추정치와 관련된 불확실성에는 광범위한 흐름과 발생할 수 있는 구성의 변화, 포함된 활동의 불일치를 다룰 수 없기 때문에 발생하는 불확실성이 포함됩니다. 한 국가의 활동 및 관행에 대한 데이터 부족도 불확실성에 기여 할 수 있습니다. 이 장 전체에서 논의되는 탈루배출원의 정확한 유형을 명시하고 더 높고 더 종합적인 수준에서 이러한 배출 또는 배출원을 논의할 때 탈루배출이라는 용어만 사용하도록 노력한다.

CO₂가 EOR, ECFM 내지 EGR을 위해 유층(oil reservoir)에 주입되는 석유 생산시설에서, 순수하거나 높은 농도의 CO₂를 포함하는 흐름이 발생할 것이다. 이는 또한 판매 내지 연료용 가스 사양을 만족시키기 위한 가스 처리의 부산물로서 가스 처리, 석유정제 및 증류 개량 시설에서, 그리고 수소 생산의 부산물로서 정제공장 및 경유 개량시설에서 발생할 것이다. CO₂가 공정 부산물로서 발생할 때 일반적으로 대기 중으로 환기되거나 처분을 위해 적절한 지층에 주입되거나 EOR 프로젝트에서 이용하기 위해 공급된다. 이들 흐름으로

이산화탄소(CO₂)

지하 채굴에 대한 Tier 1 배출 계수는 아래와 같다. 배출 계수는 호주, 중국, 체코, 인도, 일본, 슬로바키아, 슬로베니아, 남아프리카, 러시아 및 우크라이나 국가의 국가보고 프로그램에 보고된 국가 인벤토리 보고서, 과학 문헌 및 데이터에서 파생³⁾되었다. 평균 배출 계수는 각 국가의 최신 내재 배출 계수의 평균에서 가져온다.

식 4.1.3a (New)	
TIER 1: 세계적 평균 방법-지하 채굴- 이산화탄소	
CO_2 배출량 = CO_2 배출계수 \cdot 지하 석탄 생산량 \cdot 전환계수	
메탄 배출량	: $Gg \text{ 년}^{-1}$
CH ₄ 배출계수	: $m^3 \text{ 톤}^{-1}$
지하 석탄 생산량	: $톤 \text{ 년}^{-1}$
배출계수: 낮은 CO_2 배출계수	= $0.05 m^3 \text{ 톤}^{-1}$
평균 CO_2 배출계수	= $5.9 m^3 \text{ 톤}^{-1}$
높은 CO_2 배출계수	= $123 m^3 \text{ 톤}^{-1}$
전환계수:	이는 CO_2 의 밀도이며 CO_2 의 부피를 CO_2 의 질량으로 전환한다. 밀도는 $20^\circ C$, 1 대기압에서 구해지며 $1.84 \cdot 10^{-6} Gg \text{ m}^{-3}$ 의 값을 가진다.

낮은높은 범위 내의 대체 요소 국가는 사용할 배출 계수를 결정하기 위해 지질학적 위치기준깊이와 같은 국가별 상황을 고려할 수 있습니다. CO_2 분출이 채광의 안전 문제로 자주 관찰된 경우 국가는 고급 CO_2 배출 계수의 사용을 고려해야 한다.

Tier 2 접근법을 사용하는 국가의 경우 구역별 배출 계수는 환기 데이터 분석에서 얻을 수 있는데, 광산 환기 시스템에서 CO_2 가스량을 평가할 때 다음과 같은 비탈루성 출처에서 CO_2 를 제외하도록 주의해야 한다.

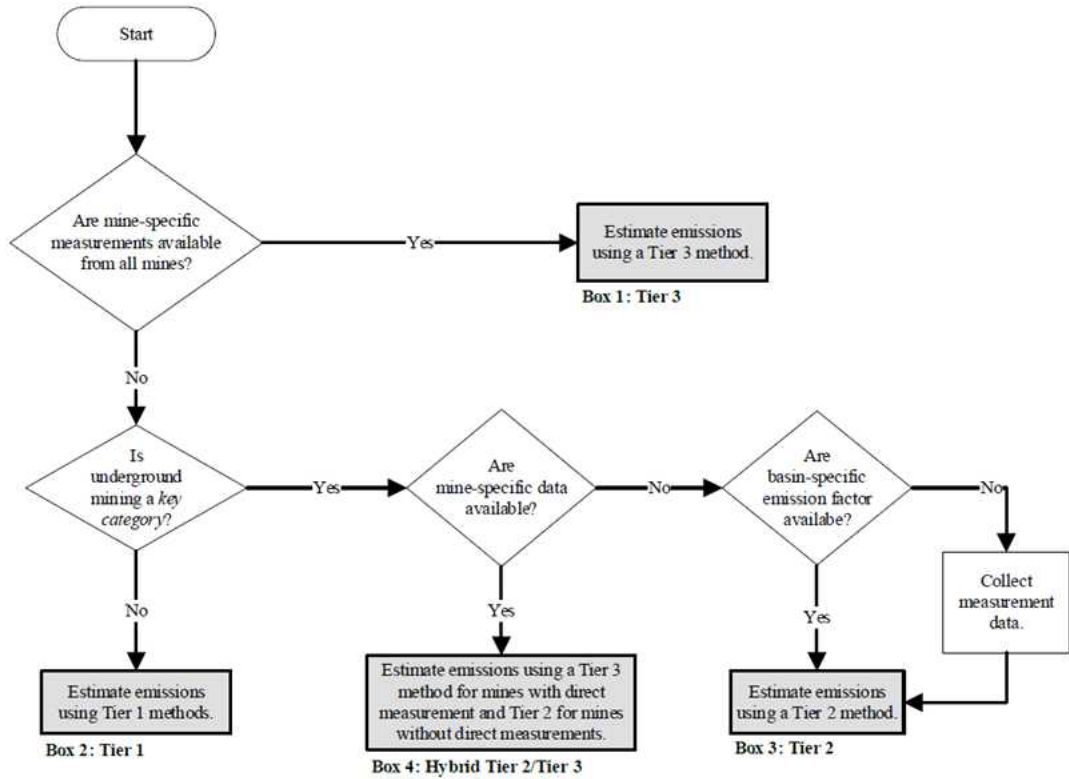
- 광산 환기 흡입구로 유입된 공기에 존재하는 주변 이산화탄소 - 환기 시스템 흡입구로 유입된 공기의 대기 CO_2 상수를 고려한다.
- 연료 연소 기계가 지하 광산에 있는 동안 기계사용으로 인해 발생하는 CO_2 배출.

Tier 3 접근 방식은 가스 구성의 직접 측정을 기반으로 합니다. Tier 3 접근 방식을 사용하는 국가의 경우 광산 환기 시스템의 CO_2 가스량을 평가하여 위에서 언급한 비탈출원의 CO_2 를 배제해야 한다. 구역별 배출 계수는 환기 데이터 분석에서 얻을 수 있다.

³⁾ 모스크바 지질 탐사 연구소 1979, 모스크바 지질 탐사 연구소 1990, 중국 탄광 안전 관리국 2012, 환경부 2014, 중앙 광업 및 연료 연구소 2016, 호주 연방 2017, 체코 수문 기상 연구소 2017, 국토부 슬로베니아 공화국 환경 및 공간 계획 2017, 슬로바키아 수문기상 연구소 2017, 인도 지질 조사 2017, 일본 환경부 2017, Yu et al 2018)

<new>

Figure 4.1.1a (New) Decision tree for carbon dioxide from underground coal mines



Note: See Volume 1 Chapter 4, "Methodological Choice and Key Categories" (noting Section 4.1.2 on limited resources) for discussion of key categories and use of decision trees

<그림 39> 번역본 화면 : 그림