

국가별 온실가스 감축목표(NDCs)의 LULUCF 부문 반영 방식 비교 분석 연구

배가람* · 이선정**† · 임종수*** · 김래현****

*국립산림과학원 산림탄소연구센터 석사연구원, **국립산림과학원 산림탄소연구센터 임업연구사,

국립산림과학원 산림탄소연구센터 임업연구관, *국립산림과학원 산림경영연구과장

Comparison of the accounting approaches of the LULUCF sector in Nationally Determined Contributions (NDCs)

Bae, Garam* · Lee, Sunjeoung**† · Yim, Jongsu*** and Kim, Raehyun****

*Researcher, Forest Carbon Center on Climate Change, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

**Research Official, Forest Carbon Center on Climate Change, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

***Research Scientist, Forest Carbon Center on Climate Change, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

****Director, Forest Management Division, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

ABSTRACT

Since the adoption of the Paris Agreement at the COP21 in 2015, countries have been required to submit their NDCs every five years. In particular, the LULUCF sector within the NDCs plays a significant role in evaluating carbon sinks and achieving national GHG reduction targets. However, there is a lack of systematic research analyzing the methods for setting targets and contributions for the LULUCF sector within national NDCs. This study aims to analyze the differences in carbon sink targets within the LULUCF sector across national NDCs to explore the diversity of mitigation strategies. The study analyzed the NDCs and National Inventory Reports of 133 countries, categorizing the approaches into three types based on the method used to calculate greenhouse gas removals between the base year and the target year (total emissions-net emissions, net emissions-net emissions, and total emissions-total emissions). The analysis revealed that different forest-related characteristics were associated with each accounting approach. The results show that 67 countries adopted the gross-net approach, which reflects structural declines in forest carbon sinks; 30 countries used the net-net approach; and 36 countries applied the gross-gross approach. This study provides analytical evidence that differences in national circumstances and forest structures influence the methods used for NDC target setting, thereby offering a basis for future policy formulation.

Key words : NDCs, LULUCF, Accounting Approaches, Total GHG Emissions, Net GHG Emissions

1. 서론

2015년 제21차 유엔기후변화협약에 관한 당사국총회 (Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change; COP)에서 채택된 파리협정은 지구 평균 기온 상승을 산업화 이전 대비 2°C 이하로 유지하고, 1.5°C 이하로 제한하기 위한 노

력을 강화하는 것을 목표로 한다(UNFCCC, 2015a, Article 2.1(a)). 이에 따라 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)에서는 전체적인 기후변화와 관련된 연구를 포괄하여 정책의 근거가 되는 과학적 데이터를 제공하는 한편, UNFCCC에서는 국제적으로 기후변화 대응 정책을 조율하고 법적 프레임을 마련하고 있다. 교토의정서는 선진국 중심의 규제적 법적 온실가스

†Corresponding author : sunjleei@korea.kr (57, Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, Korea. Tel. +82-2-961-2893)

ORCID 배가람 0009-0009-2763-9203
이선정 0000-0001-6948-7900

임종수 0000-0001-7316-6093
김래현 0000-0001-7269-7378

(Greenhouse Gases; GHG) 감축 의무를 강조한 반면, 파리협정은 모든 당사국이 자발적으로 5년마다 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contributions; NDC)를 상향하여 설정하고, 이를 국제사회에 제출하도록 규정하고 있다(UNFCCC, 2015a, 2015b). 그러나 IPCC 제6차 평가보고서(IPCC, 2023)에 따르면, COP26 이전에 제출된 NDC 기준에서 전 세계 GHG 배출량을 2030년까지 2019년 대비 43% 감축하는 경로를 따라야 지구 평균기온 상승을 1.5°C 이하로 제한할 수 있음을 제시하고 있다. 또한, 장기적으로는 모든 국가가 파리협정 제4조 제1항에 명시된 바와 같이 배출과 흡수의 균형을 이루는 탄소중립을 달성하는 것을 목표로 해야 한다.

기후변화에 대응하기 위한 감축활동은 배출저감과 흡수·제거(Removals) 두가지로 구분할 수 있다(Oh et al., 2023). 배출저감은 인위적 GHG의 배출원이 되는 요소들을 제한하거나 조정함으로써 GHG를 저감하는 활동을 의미하며, 흡수·제거는 산림과 같이 대기 중의 GHG를 흡수하는 감축활동을 의미한다(Park et al., 2020). 기후변화협약 제4조 제1항은 산림을 포함한 생물자원, 해양, 육상 및 연안 생태계 등 흡수원의 지속가능한 관리와 보전, 그리고 강화 조치를 촉진할 것을 명시하고 있다. 파리협정 제5조 제1항 또한 탄소중립 달성에 핵심적인 역할을 하는 흡수원의 중요성을 강조하며, 기후변화협약에 규정된 흡수원 활동들을 적극적으로 이행할 것을 권고하고 있다(Psistaki, 2024). 이러한 흐름에 따라 많은 국가들은 NDC 감축목표의 설정과 이행에 흡수원을 적극적으로 활용하고 있다(KIEP, 2022; Lee and Park, 2017). 때문에 NDC 감축목표 설정과 달성 여부 평가를 하는데 있어 배출저감과 흡수·제거를 투명하게 산정하는 것은 매우 중요한 부분이다(Kang et al., 2022). 그러나 교토의정서는 제3조 제3~4항과 제7항을 통해 기준연도도 배출량 설정과 목표년도의 감축목표 달성 여부를 평가하는 방법론을 규정했던 것과는 달리 파리협정은 이를 규제하지 않아 국가별로 상이한 방식이 적용되고 있다.

도전적인 NDC 감축목표를 설정하고 효과적으로 이행하기 위해서는 흡수원을 고려해야 하며, 특히 우리나라에서 흡수량 비중이 가장 큰 산림의 특성과 흡수량 평가 방법론을 함께 반영할 필요가 있다. 우리나라는 국가 배출량의 대부분을 차지하는 에너지와 산업 부문을 중심의 배출 특성을 분석하였으나(Kim, 2019; Oh, 2018; Park et al., 2024; Yi and Kang, 2022), 산림을 포함한 LULUCF(Land Use Land Use Change and Forestry; LULUCF) 부

문은 특정 사업을 통한 감축량이나 잠재력을 분석한 일부 연구(Hong, Song, Yoo, et al., 2022; Kim, 2016, 2017; Lee, 2023)가 수행되었을 뿐 흡수량 평가 방법론이나 NDC 감축목표 달성 여부를 평가하는 방법론에 대한 국내 연구는 전무한 실정이다.

일부 해외 연구에서는 국가별 흡수원 잠재력이나 토지 부문 배출·흡수 현황을 분석하여 각 국가의 정량적 감축 기여도를 산정한 바가 있으나(Forsell et al., 2016; Grassi et al., 2017), 단순히 온실가스 배출·흡수량 비교만으로는 각 국가의 NDC 감축목표 이행 평가 방식을 결정하는 요소들을 충분히 설명하기 어렵다. 특히 LULUCF 부문은 산림 면적, 관리 방식, 기준연도 설정, 계정 방식(Accounting Approach) 등에 따라 흡수량이 달라지므로, 국가별 흡수원 부문의 NDC 감축목표 설정과 이행 평가 포함 여부 그리고 그 반영 방식의 차이를 분석하는 것이 필수적이다(Kang et al., 2022). 이러한 맥락에서 본 연구는 국가들의 NDC 감축목표 설정과 이행 평가에 대한 흡수원 부문 반영 현황을 비교 분석하여, 향후 우리나라 NDC 체계에서 흡수원 활용 전략을 수립하는 데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구범위 및 연구방법

2.1. 연구범위

본 연구에서는 2030 국가 온실가스 감축목표(이하 2030 NDC)의 이행 평가 방식을 분석하기 위하여 1990년부터 2022년까지의 국가별 온실가스 통계의 시계열 데이터를 검토하였다. UNFCCC에 제출하는 국가 GHG 통계는 1990년부터 기준연도 2년 전 시점에 대한 시계열 자료를 보고하도록 되어있으며, 가장 최근에 발표된 2024년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Greenhouse Gas Inventory Document; NID)의 GHG 통계는 1990~2022년 기준으로 작성되었다. 특히, 2021~2022년은 파리협정 하에 많은 국가들이 제1차 NDC를 갱신하면서 LULUCF 부문에 대한 감축목표와 정책을 강화한 시기이기 때문에 본 연구에서 2030 NDC를 분석하는 데 있어 시계열적 신뢰성과 타당성을 갖춘 자료임에 따라 이를 활용하였다.

2.2. 연구방법

본 연구에서는 UNFCCC에 제출된 133개 당사국의 2030 NDC 이행 평가 방식을 비교하기 위해 국가별 NDC

와 2024년 기준의 NID와 공통보고표(Common Reporting Table; CRT)를 분석하였으며(UNFCCC, 2024), NID를 제출하지 않은 국가에 대해서는 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report; BTR)와 BTR내의 공통표양식(Common Tabular Formats; CTF)으로 분석하였다(Fig. 1). 세부적인 방법으로는 첫째, 국가별 2030 NDC 내 기준연도와 목표연도의 배출량과 LULUCF 부문의 포함여부에 따라 총배출량-순배출량(이하 총-순 평가 방식), 순배출량-순배출량(이하 순-순 평가 방식), 총배출량-총배출량(이하

총-총 평가 방식)의 3개의 이행 평가 방식 그룹으로 분류하였다(Federici et al., 2015). 기존에 제출된 총 197개의 2030 NDC 중 유럽연합에 포함된 27개 국가들의 경우, NDC를 하나로 제출하고 있으며, 영어 외의 언어로 제출된 54개의 2030 NDC는 분석에서 제외하였다. 또한, 기준연도의 배출량 산정방법만 명시되어 있거나 목표연도의 배출량 산정방법만 명시되어 있는 국가의 수 10개를 제외한 133개의 2030 NDC에 한하여 분석을 실시하였다.

일반적으로 NDC는 감축목표와 목표달성을 위한 정량

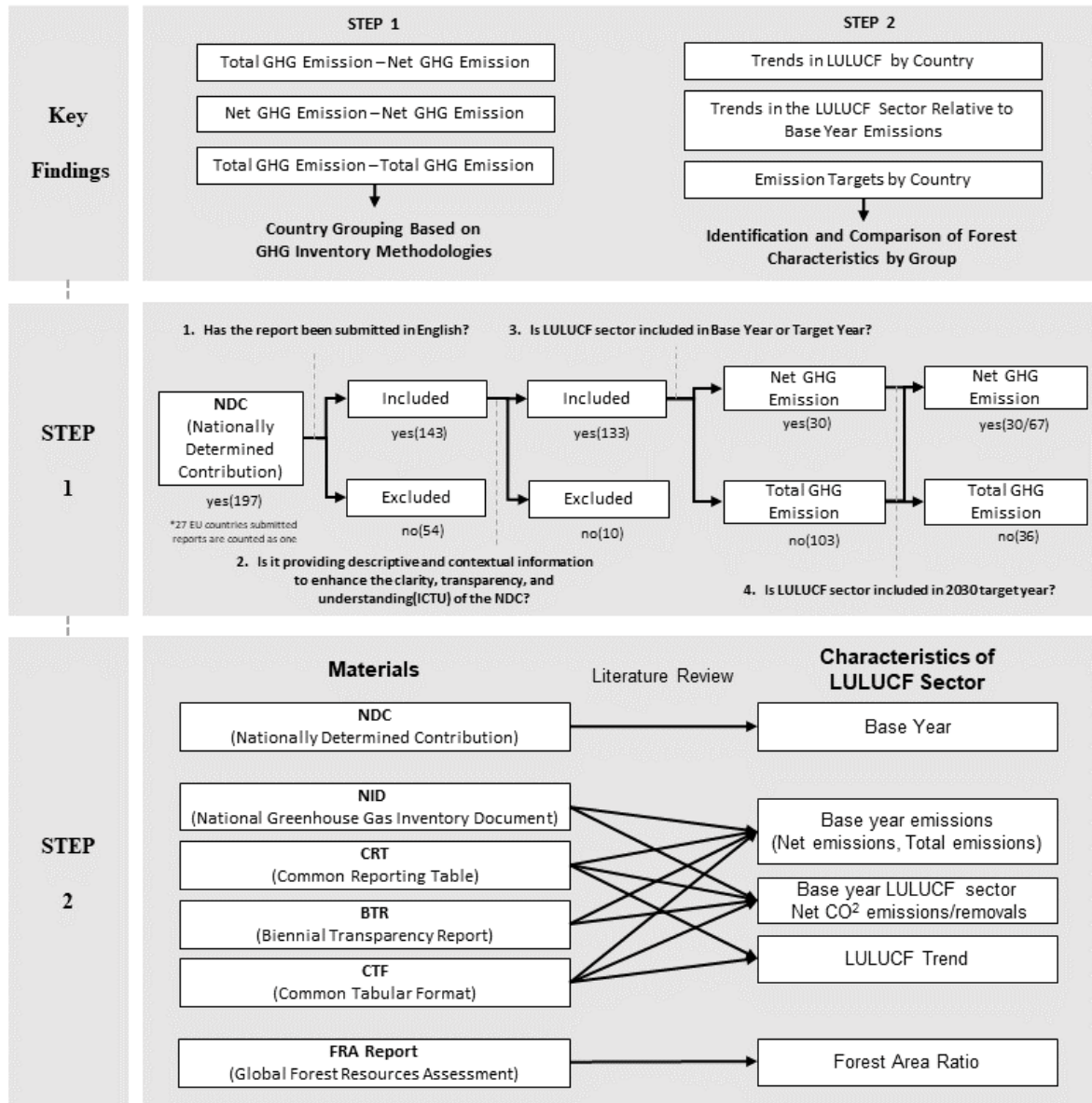


Fig. 1. Research flow of the study

적, 정성적 조치, LULUCF 포함여부, 적응계획, 재원, 기술지원 필요사항 등 UNFCCC에서 제시하는 주요 요소를 포함하는 것이 일반적이다. 이와 함께 각국이 자국의 상황에 맞게 구성을 달리할 수 있는 유연성이 있어 보다 정확한 분류를 위해 파리협정 4.8조항 4/CMA.1의 Annex1에 따른 명확성·투명성·이해증진을 위한 정보(Information to enhance the Clarity, Transparency, and Understanding; ICTU)가 2030 NDC 내 제공 되어있는 보고서에 한해서만 분석을 시행하였다. UNFCCC 사무국에서는 NDC 제출 시 참고할 수 있는 지침서(e.g., NDC Registry Guidance, Decision 4/CMA.1 Annex I) 등을 제공하고 있으나, 많은 국가들이 자국 역량에 맞게 선택적으로 작성하고 있기에 LULUCF 부문에 대한 언급이 없는 일부 국가들은 확인불가로 분류하였다.

둘째, 과거 교토체제의 부속서I (Annex I) 국가 위주로 제출된 NID와 CRT를 통해 기준연도의 총배출량과 LULUCF 부문 배출량 및 추세, 배출 목표량을 파악하였다. NID와 CRT를 제출하지 않은 비부속서I (Non-Annex I) 국가들에 대해서는 BTR과 CTF보고서를 통해 해당내용을 파악하였다. LULUCF 중 산림은 흡수·배출에 큰 영향을 미치므로 국가별 산림면적과 목표량 이행 평가 방식을 비교하였다. 각 국가별 산림면적은 FAO (Food and Agriculture Organization; FAO)에 제공된 FRA (Forest Resources Assessment; FRA)자료를 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 총배출량-순배출량(총-순) 설정 국가 그룹

Fig. 1의 STEP1 이행 평가 방식에 따른 NDC 분류결과, 기준연도에 총배출량을 설정하고, 목표연도에는 순배출량을 기준으로 감축목표를 제시한 국가들은 총 67개 국가로 전체의 약 34%이며, 대한민국, 일본, 캐나다, 유럽연합, 뉴질랜드 등의 Annex I 국가가 다수 포함되어 있다

(Amano and Sedjo, 2003).

Annex I 국가의 경우, 대부분 총-순 또는 순-순 평가 방식을 채택하고 있으며, 이 중에서도 총-순 방식의 비중이 높게 나타났다(Table 1). 반면, Non-Annex I 국가는 전반적으로 총-총과 총-순 방식을 주로 활용하는 경향을 보였다. 특히 비부속서 국가 중 최빈개도국(Least Developed Countries; LDCs)의 경우, 세 가지 산정방식을 고르게 채택하고 있는 것으로 나타나 국가 간 산정체계의 일관성이 낮음을 확인할 수 있었다. 한편, 소규모 도서개도국(Small Island Developing States; SIDs)은 대부분 총-순 방식을 적용하고 있는 경향을 보였다.

교토체제의 마라케시 합의문에 의거하면, LULUCF 부문이 기준연도에 배출인 국가는 기준연도 배출량에 이를 포함하고, 순흡수인 국가는 제외하는 방식으로 명시되어 있기 때문에 이러한 논리에 기반한 것으로 판단된다(UNFCCC, 2001). 또한, Fig. 1의 기준연도 배출량 대비 기준연도 LULUCF의 흡수량 기여도를 평균한 결과, 총-순 평가 방식 국가 그룹의 평균 흡수 기여도는 기준연도 전체 GHG배출량 대비 산림의 흡수 기여도가 비교적 높은 구조를 가지고 있으며, 목표연도의 산림흡수원에 의한 감축 여지를 ‘정책적 수단’으로 포함하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 총-순 평가 방식은 마라케시 합의문에 기반해 기준연도에서는 배출 부문의 구조를 명확히 제시하면서도, 목표연도에는 LULUCF를 포함한 순배출량을 활용함으로써 감축목표 달성 시 흡수원 활동의 기여를 정책적으로 활용하는 국가별 전략을 수립한 것으로 판단된다.

캐나다가 최근 제출한 2024년 NID 및 CRT에 따르면, LULUCF 부문은 2005년에 흡수량으로 보고되었으며, 이후 지속적으로 흡수량이 감소하는 추세를 보이고 있다(UNFCCC, 2024). 이는 산림부문의 흡수량이 1990년 이후 감소하다가 2005년을 기점으로 다시 증가세로 전환된 데 기인한 것으로 해석된다. 캐나다는 마라케시 합의문에 따라 기준연도(2005년)의 LULUCF 부문이 순배출임에도

Table 1. Distribution of Annex I and Non-Annex I countries by NDC accounting approaches (Unit: Number)

	Annex I	Non-Annex I		
		N/A	Least Developed Countries (LDCs)	Small Island Developing States (SIDs)
Total Number of Country	13	68	25	5
Total Emissions-Net Emissions Country	8	23	9	2
Net Emissions-Net Emissions Country	5	17	8	1
Total Emissions-Total Emissions Country	0	28	8	1

총-순 평가 방식을 선택하였으며, 이는 산림부문의 흡수량 증가 추세를 반영하여 LULUCF 부문의 정책적 기여를 적극적으로 고려한 것으로 판단된다. 실제로 캐나다는 2030년까지 2백만 헥타르의 조림을 목표로 하는 ‘2 Billion Trees Program’을 추진하고 있으며, 산림 기반의 자연기반해법(Nature-based Solutions)의 확대를 위한 연방 차원의 전략도 수립한 바 있다(Government of Canada, 2023). 이러한 정책들은 산림부문의 흡수 기능을 강화하고 LULUCF 부문의 감축 기여도를 높이기 위한 적극적인 대응으로 해석된다.

일본의 경우 기준연도인 2013년도에 LULUCF 부문이 흡수량으로 평가되었으며, 1990년 이후 지속적으로 증가하다 2003년에 최고점을 기록하였고, 이후 지속적인 감소 추세를 보이고 있다. 특히 LULUCF의 7개 부문 중 LULUCF 부문의 순흡수량 추세와 유사한 것으로 나타났으며, 이는 영급 구조 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다(Greenhouse Gas Inventory Office of Japan et al., 2024). 이러한 상황에서 일본은 마라케시 합의문에 의거할 뿐 아니라 산림 구조 변화에 따른 탄소 흡수율 감소를 반영하고, 감축 성과를 보다 현실적으로 평가하려는 접근을 취하고 있는 것으로 판단된다.

3.2. 순배출량-순배출량(순-순) 설정 국가 그룹

순-순 평가 방식을 채택한 주요국가는 총 30개 국가로 전체의 약 15.2%였으며, 대표적으로 미국, 호주, 영국, 스위스 등이 있다. 이들 국가는 LULUCF 부문을 NDC 감축 목표의 핵심 수단 중 하나로 적극 반영하고 있다는 공통점을 가진다.

순-순 평가 방식을 채택한 국가는 기준연도와 목표연도 모두에서 LULUCF 부문의 흡수량을 포함한 순배출량으로 국가 감축목표를 설정하여 평가하고 있으며, 이는 산림 흡수원에 대한 제도적 활용 가능성과 인벤토리 기반 설정 체계가 장기간 구축되어 온 점과 관련이 있다. 특히 호주와 미국은 산림 및 농업 기반 토지이용이 국가 전체 탄소배출 부문에서 에너지 부문을 제외하고 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 또한 미국과 스위스를 제외한 호주와 영국은 「마라케시 합의문(Marrakesh Accords)」에 의거하여 기준연도에서 LULUCF 부문이 배출원으로 작용했음에도 불구하고, 기준연도 산정 시 산림을 포함하여 평가를 수행하였다. 이는 LULUCF 부문을 감축목표 산정에 유연하게 반영할 수 있도록 허용한 제도적 선택의 결과로

볼 수 있다. 미국의 경우, 미국환경보호청에 의해 매년 온실가스 배출 및 흡수(Inventory of GHG Emissions and Sinks)를 작성해 UNFCCC에 제출하고 있어 산림부문에 대한 체계적인 모니터링 및 정책 연계가 장기간 이루어지고 있는 것으로 판단된다(U.S. Environmental Protection Agency, 2023).

이러한 순-순 평가 방식은 목표연도의 감축량에 대해 각 부문별로 명확한 부담을 요구함에도 불구하고, LULUCF 흡수원의 감축 효과를 적극적으로 반영하려는 국가 전략과 밀접하게 연계되어 있는 것으로 보인다. 미국의 경우, 대규모 산림면적을 보유하고 있으며, LULUCF 부문에서의 탄소흡수량이 전체 GHG 배출량의 약 10~12%에 해당하는 중요한 비중을 차지한다. 미국이 제출한 2024년도 CRT에 따르면, 기준연도인 2005년 LULUCF 흡수량은 약 6억 5천만 톤 CO₂eq 수준으로 매우 높은 편이며, 이후에도 안정적인 흡수량 유지 또는 완만한 증가세를 보여 감축 기여분이 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 특히, 미국은 순-순 평가 방식을 채택하면서도 흡수량이 최대치에 달했던 1996년을 기준연도로 선택하지 않고, 흡수량이 회복되기 시작한 2005년을 기준연도로 설정하였다. 이는 산림부문의 흡수량이 성장기적으로 안정적으로 유지될 가능성이 높은 기준연도를 중심으로, 흡수원의 기여를 보다 일관되고 명확하게 반영하려는 접근으로 해석된다.

3.3. 총배출량-총배출량(총-총) 설정 국가 그룹

기준연도와 목표연도 모두에서 총배출량 기준으로 GHG 감축목표를 설정한 국가들은 총 36개 국가로 전체의 약 18.3%를 차지하며 모두 Non-Annex I 국가로 확인되었다. 대표적으로 사우디아라비아, 몽골, 필리핀, 이집트 등으로 나타났다. 이들 국가는 LULUCF 부문에서의 흡수량 기여도가 미미하거나 부정확한 경우가 많으며, 탄소흡수원으로서 산림의 전략적 활용보다는 에너지, 산업 등 배출 부문 중심의 감축 전략을 채택하고 있다. 그러나 니우에, 세이셸, 마크로네시아 연방과 같은 6개 국가들은 산림 면적 비율이 70% 이상에 달하고 있음에도 불구하고 총-총 평가 방식을 선택하고 있다(FAO, 2020).

소규모 섬 국가들의 경우, 인벤토리 작성과 국가보고서 갱신에서 기술적·재정적 역량 부족과 이해관계자 간의 관련 정보 전달 제약으로 인해 감축 목표를 조건부(국제 재정 지원이 있을 경우)와 무조건부(지원이 없는 경우)로 구

분해 평가하고 있다(Government of the Republic of Trinidad and Tobago, 2018; Republic of Liberia, 2021). 총-총 평가 방식 국가군은 NDC 내에서 LULUCF 부문을 배제하거나, 명시하더라도 그 기여도 및 수단이 불분명하고, 다수의 국가는 교토의정서 체제에서 온실가스 인벤토리의 보고의 의무가 있던 부속서I (Annex I)이 아니었기 때문에 흡수량을 시계열적으로 평가·보고할 수 있는 체계가 구축되지 않았다. 이러한 배경으로 인해 산림을 통한 실질적인 감축 수단보다는 전체 배출량 관리의 일부로 산림부문을 인식하는 경향이 나타난 것으로 판단된다.

3.4. 이행 평가 방식에 따른 우리나라의 감축목표 비교

우리나라의 경우 2015년 BAU 대비 감축율을 제시하던 초기 NDC에서 2019년 이후 절대량 기반 감축 체계로 전환하였으며, 현재는 2018년 배출량 732.9백만 톤 CO₂eq을 기준으로 2030년까지 40%인 439.7백만 톤 CO₂eq까지 감축을 목표로 상향한 상태이다(Energy GHG Total Information Platform Service, 2021). 이에 본 연구에서는 국가별 이행 평가 방식을 비교하고자 총-순, 순-순, 총-총 평가 방식에 따른 분류와 산림면적 등의 특성을 분석하였다. 총-총과 순-순 평가 방식을 채택할 경우 기준연도 대비 목표 감축량인 40%에 도달하지 못하는 것으로 나타났다.

EU기후법의 Regulation (EU) 2021/1119 (“European Climate Law”) 조항 (27)에서는 기존의 LULUCF 관련 규정 하에 2030년 기준으로 순흡수(net removals) 기여를 225백만 톤 CO₂eq 수준으로 제한하는 평가가 언급되어 있다(European Union, 2021). 이후 개정된 Regulation (EU) 2023/839에서는 이 제한을 재확인하며, 순배출 감축 목표 내 흡수원 기여 상한 개념을 유지하고 있다. 이는 산림이 기여할 수 있는 최대치 기준은 225백만 톤 CO₂eq이며, 총배출량의 감축을 우선시하는 접근을 내포하고 있다.

우리나라의 경우, 과거 1970년대부터 대규모 조림사업을 통해 산림을 복원하면서 산림이 탄소 흡수원으로서 중요한 역할을 수행해왔다(Bae, 2007, 2009; Kim, 2020). 그러나 2008년을 정점으로 산림을 통한 이산화탄소의 흡수량은 감소 추세를 보이고 있다. 이는 산림의 영급구조 변화와 밀접한 관련이 있다. 일반적으로 산림은 성장 단계에 따라 탄소 흡수량이 달라지는데, 어린 영급의 산림은 성장 속도가 빠르고 광합성이 활발하여 많은 양의 이산화탄소를 흡수하는 반면, 고령 산림은 생장이 둔화되며 탄소 흡수율이 점차 감소한다(Hong, Song, Kim, et al.,

2022; Hoover and Smith, 2023). 2020년 기준 우리나라 임령은 생장이 둔화되는 31~50년생의 산림이 75.4%를 차지하고 있으며(Korea Forest Service, 2021), 전체적인 탄소 흡수량이 점진적으로 감소하는 구조적 한계를 가지고 있다(Cho et al., 2023; Kim et al., 2022; Nam et al., 2013).

실제로 '96 지침 온실가스 인벤토리를 기준으로 LULUCF 부문을 포함한 감축 목표를 산정할 경우, 산정방식의 선택에 따라 목표 달성 수준에 차이가 발생한다(Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, 2021). 총-순(Total-Net) 산정방식을 적용할 경우, 기준연도인 2018년의 732.9백만 톤 CO₂eq 대비 2030년 목표치인 439.7백만 톤 CO₂eq로 약 40%(293.2백만 톤 CO₂eq)의 감축율이 나타난다. 반면, 순-순(Net-Net) 산정방식을 적용할 경우에는 2018년 692.5백만 톤 CO₂eq에서 439.7백만 톤 CO₂eq로 약 36.5%(252.8백만 톤 CO₂eq)에 해당하는 감축율이 나타나며, 총-총(Total-Total) 산정방식을 선택할 경우 감축율이 가장 낮게 나타나게 된다. 이처럼 동일한 기준연도와 목표연도를 설정하더라도 산정방식의 선택에 따라 감축율이 상이하게 나타나므로, 국가별 여건과 정책 방향을 고려한 현실적이고 일관된 이행 평가 방식의 채택이 중요하다. 따라서 LULUCF 부문의 기여도를 포함한 감축 목표는 단순한 수치 비교가 아니라, 국가 내부의 제도적·통계적 기반을 반영하여 감축의 실현 가능성과 투명성을 동시에 확보할 수 있는 방식으로 설정되어야 한다.

4. 결론 및 제언

본 연구는 국가 온실가스 감축목표 수립에서 LULUCF 부문의 반영 방식이 단순한 수치적 고려를 넘어 전략적·정책적 판단에 기초하고 있음을 보였으며, 다음과 같은 기여를 가진다. 첫째, 주요국의 산림구조와 감축전략을 토대로 NDC 이행 평가 방식의 분류 틀을 제시하였다. 둘째, 우리나라 산림의 영급구조와 흡수량 감소라는 구조적 특성을 반영하여 현실적인 NDC 이행 평가 방식의 필요성을 논증하였다. 셋째, 국제 비교를 통해 우리나라 산림부문을 감축 정책 내에서 어떻게 위치 지을 것인가에 대한 시사점을 제공하였으며, 향후 이행전략 수립 시 실질적 참고자료로 활용될 수 있는 분석 근거를 제시하였다.

UNFCCC에 제출된 133개국 2030 NDC의 이행 평가 방식을 분석하여, LULUCF 부문이 어떻게 반영되고 있는 지 분류하고, 이를 통해 총-순, 총-총, 순-순 세 가지 이행

평가 방식이 주요국들에 의해 채택되고 있다. 총-순 평가 방식을 채택한 주요국가들은 대한민국, 일본, 캐나다, 유럽연합, 뉴질랜드 등이며, 이들은 산림의 구조적 특성과 정책적 여건을 고려하여, 배출 감축과 흡수 기여를 전략적으로 병행하는 혼합형 접근 방식을 활용하는 특징을 보였다. 특히 이들 국가는 산림의 흡수량이 점진적으로 감소하거나 구조적 변화가 두드러졌던 시기를 기준연도에 설정함으로써, 목표연도에 산림부문의 흡수 기여를 효과적으로 반영할 수 있는 전략을 취하고 있었다. 순-순 평가 방식을 채택한 대표적인 국가는 미국, 호주, 영국, 스위스였다. 이 국가들은 LULUCF 부문의 배출-흡수량 수치가 장기간에 걸쳐 큰 변동 없이 유지되는 양상이 관찰되기 때문에 이를 비교적 안정적인 수단으로 간주하고, 이행 평가 방법 설정 시 해당 부문의 지속적 기여 가능성을 고려하는 경향을 보였다. 총-총 평가방식을 채택한 대표적인 국가는 사우디아라비아, 몽골, 필리핀, 이집트 등이었다. 이들 주요국가는 산림의 흡수 기여도가 미미하거나 감축보다 불확실한 여건을 반영하여 배출 부문 중심의 감축 전략을 우선시하는 경향을 보이며, 일부 국가들은 탄소 순배출이 낮거나 음의 값을 유지함에 따라 감축보다는 현상 유지를 중심으로 한 전략을 채택하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 국가별로 LULUCF 부문의 시계열 통계와 보고 체계 등을 종합적으로 고려하여 NDC를 수립하고 있는 것으로 판단된다.

그러나 주요선진국의 순배출량은 전세계 배출량의 약 25%에 불과한 반면, 실제로 전세계 배출량은 중국, 미국, 인도, 러시아 4개의 국가에서 많은 비중을 차지하고 있으며, 이들 국가의 총배출량은 2021년 기준 전세계 배출량의 약 53.6%를 차지하는 것으로 나타났다(Energy GHG Total Information Platform Service, 2021). 특히 중국의 경우, 단일 국가로서 약 29.4%를 차지하고 있어 글로벌 배출 구조에서 차지하는 비중이 매우 크다(Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, 2021). 따라서 향후 연구에서는 이러한 주요 배출국을 포함하여 분석 범위를 확장함으로써, 보다 포괄적이고 현실적인 온실가스 감축 구조를 제시할 필요가 있다.

특히, NDC 이행평가 방식에 따라 다르게 적용되는 LULUCF 부문의 흡수량 평가 방법론을 국가들이 어떻게 적용하고 있고, 그에 따라 NDC 이행평가에 미치는 영향을 자세히 살펴볼 필요가 있다. 파리협정은 제4조 제13항에서 NDC 이행을 위한 감축활동에 따른 인위적인 흡수량과 배출량에 대해 기존의 방법론과 지침을 적절히 활용할 것을 명시하였다. 이에 따라 순-순 평가방식은 기후변화협약에 따라 토지기반의 방법론과 지침 활용이 가능하고, 총-순 평가방식은 교토의정서에 따라 활동기반의 방법론과 지침 활용이 가능하다. 총-순 평가방식은 교토의정서에 각 토지이용형태별 흡수량 산정방법을 규정하고 있으며, 특히 과도한 흡수량 활용을 제한하는 규정(제1차 공

Table 2. Global greenhouse gas emissions and the contribution of major countries (as of 2021)

	Total Emissions (Mt CO ₂ -eq)	Net Emissions (Mt CO ₂ -eq)	Proportion (%)
Global Emissions	53,057	N/A	100
Republic of Korea	721	684	1.36
United States of America	6,340	5,586	11.95
Japan	1,168	1,116	2.20
Canada	653	670	1.23
Australia	529	465	1.00
United Kingdom	425	427	0.80
European Union	3,472	3,311	6.54
Switzerland	45	43	0.08
New Zealand	77	56	0.15
Total	13,430	12,358	25.31

*Total Emissions and Net Emissions of each countries are based on the NID and CRT.

*Global Emissions are based on the European Commission, Joint Research Centre.

*Proportions are calculated based solely on total emissions.

*Values were rounded to two decimal places.

약기간 3%, 제2차 공약기간 3.5%)을 두어 국가 감축목표 이행에 활용하지 못하도록 함으로써 배출량 감축을 우선적으로 노력하도록 하였다. 그러나 순-순 평가방식의 경우 LULUCF 부문의 흡수량 평가 방법론만 지침으로 제시하고, 상한 규정은 존재하지 않는다.

파리협정이 국가 목표와 그 설정 방식을 자발적으로 결정하도록 함에 따라 국가별 LULUCF 부문 흡수량 평가방법도 다양하게 적용되고 있다. EU는 총-순 평가방식으로 NDC 이행을 평가하는데 2026년부터는 기후변화협약에 따른 토지기반의 방법론을 적용하면서도 교토의정서에 따라 적용하였던 흡수량 제한 규정을 추가하여 EU 법 내 LULUCF NDC 기여 상한을 225백만 톤 CO₂eq으로 제한하고 있다. 일본은 BTR의 규정화된 양식에 따라 기후변화협약에 따른 토지기반의 LULUCF 부문 흡수량을 보고하지만, NDC 이행에 기여하는 LULUCF 부문 흡수량은 교토의정서에 따른 흡수량을 별도로 보고하여 활용하고 있다. 미국의 경우, 순-순 평가방식을 적용하고 있어 기후변화협약에 따른 토지기반의 흡수량 약 10억 톤 CO₂eq을 NDC 이행에 활용하고 있다. 이와 같이 NDC 이행 평가방식은 순-순 또는 총-순 평가방식의 선택과 함께 LULUCF 부문 흡수량 평가 방법론과 이를 NDC 이행에 기여하는 방법론에 대한 고려가 필요하다.

사사

이 논문은 국립산림과학원의 파리체제 대응 산림흡수원의 온실가스 감축실적 MRV 체계 개발(FM0200-2023-01-2025)의 지원을 받아 수행된 연구임.

Reference

- Amano M, Sedjo RA. 2003. Forest carbon sinks: European Union, Japanese, and Canadian approaches. Resources for the Future; [accessed 2025 May 15]. https://www.ecosystemmarketplace.com/wp-content/uploads/archive/documents/Doc_298.pdf
- Bae JS. 2007. Establishing process of the 1st 10-year national greening project: At the turning point between the management-oriented approach and administration-oriented approach (in Korean with English abstract). J Korean Soc For Sci 96(3): 269-282.
- Bae JS. 2009. Forest transition in Korea: Trends, characteristics and implications (in Korean with English abstract). J Korean Soc For Sci 98(6): 659-668.
- Cho W, Lim W, Choi WI, Yang HM, Ko DW. 2023. Modeling the effects of forest management scenarios on aboveground biomass and wood production: A study in Mt. Gariwang, South Korea (in Korean with English abstract). J Korean Soc For Sci 112(2): 173-187. doi: 10.14578/jkfs.2023.112.2.173
- Energy GHG Total Information Platform Service. 2021. Total greenhouse gas emissions by country; [accessed 2025 Oct 1]. <https://tips.energy.or.kr/main/main.do>
- European Commission, Joint Research Centre. 2023. GHG emissions of all world countries — 2023 report. EDGAR — Emissions Database for Global Atmospheric Research; [accessed Dec 1]. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023?vis=ghgtot#emissions_table
- European Union. 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality (European Climate Law). Off J Eur Union, L 243, 1-17; [accessed 2025 Oct 16]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119>
- Federici S, Tubiello FN, Salvatore M, Jacobs H, Schmidhuber J. 2015. New estimates of CO₂ forest emissions and removals: 1990–2015. For Ecol Manage 352: 89-98. doi: 10.1016/j.foreco.2015.04.022
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2025. Global Forest Resources Assessment 2025: Africa overview. FRA Data Platform; [accessed May 25]. <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2025/AF/home/overview>
- Forsell N, Turkovska O, Gusti M, Obersteiner M, Elzen M, Havlik P. 2016. Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections. Carbon Balance Manage 11: 26. doi:

- 10.1186/s13021-016-0068-3
- Government of Canada. 2023. 2 billion trees program; [accessed 2025 Mar 24]. <https://www.canada.ca/en/campaign/2-billion-trees/2-billion-trees-program.html>
- Government of the Republic of Trinidad and Tobago. 2018. Intended Nationally Determined Contribution (iNDC) under the United Nations Framework Convention on Climate Change. UNFCCC; [accessed 2025 Mar 24]. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/202206/Trinidad%20and%20Tobago%20Final%20INDC.pdf>
- Grassi G, House J, Dentener F, Federici S, Elzen M, Penman J. 2017. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nat Clim Change* 7: 220-226. doi: 10.1038/nclimate3227
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2021. Publication of the 2020 National Greenhouse Gas Inventory (1990-2018) [accessed 2025 Oct 1]. <https://www.gir.go.kr/home/board/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=36&boardId=51&boardMasterId=2&boardCategoryId=>
- Greenhouse Gas Inventory Office of Japan, Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies. 2024. Japan 2024 National Inventory Document (NID). UNFCCC; [accessed 2025 Oct 15]. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NID-JPN-2024-v3.0.pdf>
- Hong M, Song C, Kim M, Kim J, Lee SG, Lim CH, Lee WK. 2022. Application of integrated Korean forest growth dynamics model to meet NDC target by considering forest management scenarios and budget. *Carbon Balance Manage* 17(1): 5.
- Hong M, Song C, Yoo S, Kim H, Ko Y, Lee WK. 2022. Evaluation on forest cooperation feasibility using a REDD+ strategic system in Vietnam (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 13(2): 167-187. doi: 10.15531/KSCCR.2022.13.2.167
- Hoover CM, Smith JE. 2023. Aboveground live tree carbon stock and change in forests of conterminous United States: Influence of stand age. *Carbon Balance Manage* 18(1): 7. doi: 10.1186/s13021-023-00227-z
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; [accessed 2025 Feb 16]. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-synthesis>
- Kang DI, Kim YM, Lee SJ. 2022. A study on forest carbon MRV statistics production process (in Korean with English abstract). *J Korea Soc Inf Technol Policy Manage* 14(3): 3003-3009.
- KIEP. 2022. Implementation plan and key policy issues for NDC utilizing international mitigation. Korea Institute for International Economic Policy; [accessed 2025 May 16]. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4456398
- Kim D, Han H, Shin J, Kim Y, Chang Y. 2022. Economic and ecological impacts of adjusting the age-class structure in Korean forests: Application of constraint on the period-to-period variation in timber production for long-term forest management. *Forests* 13(12): 2144. doi: 10.3390/f13122144
- Kim G. 2019. Policy directions for the transport sector to achieve national greenhouse gas reduction targets. *Plann Policy* 45(1): 8-14.
- Kim S. 2020. Park Jeong-hee's 'Green Mountain' construction and economic, ecological cognizance in the 1960s: Focusing on the 'Arbor Day' and 'Forest Rehabilitation' project in <Daehan News> (in Korean with English abstract). *Trans-Humanit* 68: 91-123. doi: 10.22901/trans.2020.13.2.91
- Kim Y. 2016. Developing a large-scale carbon offset project based on forest management - In case of Jin-An leading forest management zone - (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 7(2): 137-142. doi: 10.15531/kscrr.2016.7.2.134
- Kim Y. 2017. Analysis of the joint crediting mechanism's contribution to Japan's NDC (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 8(4): 297-303. doi:

- 10.15531/KSCCR.2017.8.4.297
- Korea Forest Service. 2021. National forest statistics; [accessed 2025 Oct 10]. https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_04_05_01&cmsId=FC_000065
- Lee JY, Kim YJ, Lee SY. 2023. A study on how to link GHG emission reduction performance to achieve national reduction targets in the CCUS sector. Proceedings of the SAREK 2023 Winter Annual Conference; 2023 Nov 24. Korea: The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea. p. 208-209.
- Lee M, Park SK. 2017. Assessment of Korea's GHG reduction targets through comparative analysis of OECD countries' Nationally Determined Contributions (NDCs) (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 8(4): 313-327. doi: 10.15531/KSCCR.2017.8.4.313
- Nam KJ, Lee WK, Kwak D, Kim M, Kwak HB, Lee S, Song YH. 2013. Estimating forest volume based on forest cover change considering forest regulation and topological factor. *J Korean Inst For Recreat* 525-528.
- Oh C, Song Y, Kim R. 2023. Analysis of Korea's negotiating position on removal activities under the Article 6.4 mechanism of the Paris Agreement: From the perspective of direct air capture technologies. *J Clim Change Res* 14(5): 521-541. doi: 10.15531/ksccr.2023.14.5.521
- Oh JG. 2018. Comparative analysis of the 2030 GHG reduction target for eleven major countries and its implications (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 9(4): 357-368. doi: 10.15531/KSCCR.2018.9.4.357
- Park S, Lee C, Jung M, Yeom S. 2024. Diagnostic study on the status of implementation of 2030 National Determined Contribution through analysis of a local energy master plan and greenhouse gas emissions (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 15(3): 327-341. doi: 10.15531/KSCCR.2024.15.3.327
- Park S, Oh C, Shin K. 2020. Research on Korea's negotiating position on types of mitigation based on carbon capture, utilization, and storage technology under article 6 of the Paris Agreement (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 11(5-2): 563-581. doi: 10.15531/KSCCR.2020.11.5.563
- Psistaki K, Tsantopoulos G, Paschalidou AK. 2024. An overview of the role of forests in climate change mitigation. *Sustainability* 16(14): 6089. doi: 10.3390/su16146089
- Republic of Liberia. 2021. Liberia's updated nationally determined contribution. UNFCCC; [accessed 2025 May 5]. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/202206/Liberia%27s%20Updated%20NDC_RL_FINAL%20%2802%29.pdf
- UNFCCC. 2001. The Marrakesh Accords and the Marrakesh Declaration; [accessed 2025 Mar 20]. https://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf
- UNFCCC. 2015a. Paris Agreement; [accessed 2025 Mar 16]. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- UNFCCC. 2015b. Decision 1/CP.21: Adoption of the Paris Agreement. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session. 2015 Nov 30-Dec 13; Paris, France; [accessed 2025 Mar 16]. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
- UNFCCC. 2024. National Inventory Submissions 2024. UNFCCC; [accessed 2025 Jun 30]. <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2024>
- U.S. Environmental Protection Agency. 2023. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2021 (EPA 430-R-23-002); [accessed 2025 May 5]. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>
- Yi D, Kang SH. 2022. The effects of carbon tax on the transport sector in achieving the national greenhouse gas reduction goals by 2030 (in Korean with English abstract). *Korean Energy Econ Rev* 21(2): 1-32. doi: 10.22794/keer.2022.21.2.001

Appendix 1. Total emissions – Net emissions country group

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/ Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
1	Republic of Korea	2018	732.9	-40.4	40	N/A	N/A	727.6	63	+
2	Japan	2013	1407.3	-73.4	46	N/A	N/A	760	68	-
3	Canada	2005	761.5	66	40-45	N/A	N/A	406.5-443.4	38	+
4	New Zealand	2005	86.6	-24.3	50	N/A	N/A	N/A	38	+
5	European Union	1990	4866	-217.5	55	N/A	N/A	N/A	40	-
6	Italy	1990	52.2	3.6	55	N/A	35.8	N/A	32	-
7	Latvia	1990	26.1	12.4	55	N/A	35.8	N/A	56	+
8	Lithuania	1990	48.0	5.4	55	N/A	35.8	N/A	35	-
9	Luxembourg	1990	12.7	0.01	55	N/A	35.8	N/A	34	-
10	Finland	1990	71.3	23.2	55	N/A	35.8	N/A	74	+
11	Malta	1990	2.6	9.9	55	N/A	35.8	N/A	1	+
12	Netherlands	1990	222.7	5.4	55	N/A	35.8	N/A	11	-
13	Poland	1988	579.5	17.0	55	N/A	35.8	N/A	31	-
14	Portugal	1990	59.0	7.1	55	N/A	35.8	N/A	37	+
15	Romania	1989	309.6	N/A	55	N/A	35.8	N/A	30	-
16	Slovakia	1990	73.5	8.9	55	N/A	35.8	N/A	40	+
17	Slovenia	1990	18.8	4.4	55	N/A	35.8	N/A	62	+
18	Spain	1990	287.2	33.9	55	N/A	35.8	N/A	38	-
19	Sweden	1990	71.3	51.4	55	N/A	35.8	N/A	69	+
20	Hungary	average of 1985 ~ 87	2.4	0.1	55	N/A	35.8	N/A	23	-
21	Austria	1990	79.08	11.7	55	N/A	35.8	N/A	47	+
22	Belgium	1990	145.8	2.9	55	N/A	35.8	N/A	22	+
22	Bulgaria	1990	98.9	17.8	55	N/A	35.8	N/A	36	+
24	Croatia	1990	31.5	6.3	55	N/A	35.8	N/A	35	+
25	Cyprus	1990	5.6	0.2	55	N/A	35.8	N/A	19	-
26	Denmark	1990	71.6	6.7	55	N/A	35.8	N/A	16	-
27	Estonia	1990	40.3	5.2	55	N/A	35.8	N/A	57	+
28	France	1990	539.5	18.3	55	N/A	35.8	N/A	33	-
29	Germany	1990	1,250.7	32.9	55	N/A	35.8	N/A	33	+

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/ Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
30	Greece	1990	104.0	2.3	55	N/A	35.8	N/A	37	-
31	Ireland	1990	55.2	5.0	55	N/A	35.8	N/A	12	-
32	Czechia	1990	201.3	8.8	55	N/A	35.8	N/A	38	+
33	The Republic of Azerbaijan	1990	84.6	-4	35	N/A	N/A	N/A	14	N/A
34	The Bahamas	2013	N/A	N/A	30	N/A	N/A	6,347	51	N/A
35	Bangladesh	2012	N/A	N/A	21.9	N/A	N/A	409.4	14	N/A
36	Barbados	2008	N/A	N/A	N/A	35 70	N/A	N/A	15	N/A
37	Bhutan	2020	1.5	-11.4	N/A	N/A	N/A	¹⁾ N/A	71	N/A
38	Bosnia and Herzegovina	2014, 1990	N/A	N/A	N/A	12.8-33.2 17.5-36.8	N/A	N/A	43	N/A
39	Brunei	2015	10.2	-4	20	N/A	N/A	29.5	72	N/A
40	Liechtenstein	1990	0.2	0.01	40	N/A	N/A	N/A	42	-
41	Ethiopia	2010	N/A	N/A	N/A	14 68.8	N/A	N/A	15	N/A
42	India	2005	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
43	Kenya	2010	41	14.97	32	N/A	N/A	143	6	N/A
44	Lebanon	2011	17.3	-3.1	N/A	20 31	8 12.1	N/A	14	N/A
45	Lesotho	²⁾ 2000, 2015	N/A	N/A	N/A	N/A	5.1 3.7	N/A	1	N/A
46	Lao People's Democratic Republic	2000	N/A	N/A	N/A	10	N/A	N/A	72	N/A
47	Georgia	1990	29.6	-8.2	N/A	7 10-17	N/A	N/A	41	N/A
48	The Commonwealth of Dominica	³⁾ 2014, 2018	0.2	N/A	45	N/A	N/A	N/A	64	N/A
49	Vatican City State	2011	1.9	N/A	N/A	25.4 28.5	N/A	N/A	0	N/A
50	Zambia	2010	120.6	N/A	25	N/A	20	N/A	60	N/A
51	North Macedonia	1990	12.5	N/A	51	N/A	N/A	6.1	40	N/A

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
52	Republic of Moldova	1990	42.1	-1.7	N/A	70 88	N/A	N/A	12	N/A
53	Myanmar	2005 ~ 2015	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	44	N/A
54	Nigeria	2010 ~ 2018	247 347	N/A	N/A	20 47	N/A	N/A	24	N/A
55	Samoa	2007	0.4	N/A	26	N/A	N/A	N/A	57	N/A
56	Suriname	2008	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	97	N/A
57	Tonga	2006	N/A	N/A	13	N/A	0.02	0.1	12	N/A
58	Solomon Islands	2015	⁴⁾ 20/year	N/A	33 45	N/A	⁵⁾ 0.007/year 24.68	N/A	90	N/A
59	San Marino	2005	⁶⁾ 0.2/year	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	17	N/A
60	Timor-Leste	2010	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	62	N/A
61	Tuvalu	2010	0.02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	33	N/A
62	State of Palestine	2011	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A
63	Zimbabwe	2021	N/A	N/A	40	N/A	N/A	N/A	45	N/A
64	Türkiye	2012	308.3	-73.4	41	N/A	N/A	695	30	-
65	Kingdom of Norway	1990	27.2	-11.8	N/A	N/A	N/A	N/A	40	+
66	Pakistan	2015	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1603	5	N/A
67	Iceland	1990	3.6	7.7	55	N/A	N/A	N/A	1	+

1) Maintain current emission levels by 2030.

2) Unconditional 2000, conditional 2015.

3) Total GHG emissions reduction baseline: 2014, forest carbon sequestration baseline: 2018

4) Removal of 20MtCO₂eq per year.

5) Unconditional: removal of 0.007 MtCO₂eq per year; Conditional: 24.68 MtCO₂eq by 2030.

6) Removal of 0.2 MtCO₂eq per year.

*Base year, Base year Emissions, Base year LULUCF, Updated NDC Target, and Conditional/Unconditional Target are based on the NDC.

*Base year Emissions and Base year LULUCF were referenced from the NID, CRT, BTR, and CTF when not available in the NDC.

*2030 Target Removals and 2030 Target Emissions are based on the NID, CRT, BTR, and CTF.

*Forest Area Ratio is based on the FRA-2020 (FAO).

*LULUCF Trend is based on the CRT and CTF.

Appendix 2. Net emissions – Net emissions country group

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/ Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
1	United States of America	2005	6587	-907.7	50-52	N/A	N/A	N/A	34	-
2	Australia	2005	609.5	75	43	N/A	N/A	621.1	17	+
3	United Kingdom	¹⁾ 1990, 1995	814.6	11.1	68	N/A	N/A	N/A	13	+
4	Switzerland	1990	51.7	-3	N/A	N/A	N/A	N/A	32	-
5	Afghanistan	2005	N/A	N/A	N/A	N/A 13.6	N/A	²⁾ 61	2	N/A
6	Armenia	1990	25.1	N/A	40	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	Belize	³⁾ 2019	0.8	-2.1	44	N/A	N/A	5.6	56	N/A
8	Cabo Verde	⁴⁾ 2013	N/A	N/A	N/A	18 24	N/A	0.18-0.24	11	-
9	Brazil	2005	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.2	59	N/A
10	Kazakhstan	1990	N/A	N/A	N/A	15 25	N/A	N/A	1	N/A
11	Indonesia	2010	1,212.8	529.5	N/A	31.9 43.2	N/A	2,554	49	N/A
12	Ghana	2019	58.8	N/A	N/A	24.6 39.4	N/A	64	35	N/A
13	Grenada	2010	0.2	N/A	40	N/A	N/A	N/A	52	N/A
14	Guyana	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	94	N/A
15	Republic of Guinea Bissau	2019	0.4	N/A	N/A	10 30	22	N/A	70	N/A
16	Republic of Gambia	⁵⁾ 2010	N/A	N/A	49.7	N/A	N/A	3.3	24	N/A
17	Sierra Leone	2015	N/A	N/A	20	N/A	N/A	N/A	35	N/A
18	Somalia	2015	53.7	N/A	30	N/A	N/A	107.4	10	N/A
19	Malaysia	2005	N/A	N/A	45	N/A	N/A	N/A	58	N/A
20	Papua New Guinea	2015	15.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	79	N/A
21	Ukraine	1990	911.4	-31.4	65	N/A	573.9	397.3	17	N/A
22	Nepal	2011	32	N/A	⁶⁾ 23	N/A	N/A	N/A	42	N/A
23	Eswatini	2010	N/A	N/A	N/A	5 14	N/A	N/A	29	N/A

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
24	Namibia	2010	-83.8	-92.8	5.7	N/A	4.89	-90.7	8	N/A
25	United Arab Emirates	2019	196.3	N/A	47	N/A	N/A	⁷⁾ 103.5	4	N/A
26	Socialist Republic of Vietnam	2014	N/A	N/A	N/A	15.8 43.5	N/A	N/A	47	N/A
27	Republic of Sudan	BAU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10	N/A
28	Republic of Uganda	2015	90.1	N/A	24.7	N/A	N/A	N/A	12	N/A
29	Mauritius	2016	3.8	-1.5	40	N/A	N/A	N/A	19	N/A
30	⁸⁾ Isarel	2015	70.3	-0.3	27	N/A	N/A	N/A	6	N/A

1) 1990 (CO₂, CH₄, N₂O), 1995 (HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)

2) 61 (Conditional Net Emissions)

3) BAU 2019 Inventory

4) BAU 2013 Inventory

5) BAU 2010 Inventory

6) 23 (Energy sector only)

7) Target year: 2035

8) Due to the absence of the 2023 NIR submission, the 2022 NIR was used as a reference.

*Base year, Base year Emissions, Base year LULUCF, Updated NDC Target, and Conditional/Unconditional Target are based on the NDC.

*Base year Emissions and Base year LULUCF were referenced from the NID, CRT, BTR, and CTF when not available in the NDC.

*2030 Target Removals and 2030 Target Emissions are based on the NID, CRT, BTR, and CTF.

*Forest Area Ratio is based on the FRA-2020 (FAO).

*LULUCF Trend is based on the CRT and CTF.

Appendix 3. Total emissions – Total emissions country group

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/ Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
1	Albania	2016	N/A	N/A	20.1	N/A	3.17	N/A	29	N/A
2	Kingdom of Bahrain	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
3	Cambodia	1994	15.5	23.3	N/A	N/A	N/A	N/A	46	N/A
4	Botswana	2010	8.3	N/A	15	N/A	N/A	N/A	27	N/A
5	Cook Islands	2006	69.6	N/A	N/A	38 48	N/A	N/A	65	N/A
6	Democratic People's Republic of Korea	2016	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35.8	50	N/A
7	Egypt	2015	334.2	0	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
8	Liberia	2015	5.4	N/A	N/A	20 31	N/A	¹⁾ 11.2, 4.5	79	N/A
9	Eritrea	2010	N/A	N/A	N/A	12.6 38.5	N/A	N/A	10	N/A
10	Republic of Fiji	2013	1.5	N/A	N/A	10 20	N/A	N/A	62	N/A
11	Jamaica	2005	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	55	N/A
12	Mongolia	2010	25.8	N/A	22.7	N/A	16.9	57.4	9	N/A
13	Malawi	2017	9.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
14	Niue	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	73	N/A
15	Palau	2005	0.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	90	N/A
16	²⁾ Saint Vincent and the Grenadines	2010	0.4	N/A	22	N/A	N/A	N/A	73	N/A
17	Seychelles	2015	0.2	N/A	26.4	N/A	N/A	0.8	73	N/A
18	United Republic of Tanzania	2000	N/A	N/A	30-35	N/A	138-153	N/A	52	N/A
19	Sao Tome and Principe	BAU	0.2	N/A	27	N/A	0.1	N/A	54	N/A
20	Sri Lanka	2010	N/A	N/A	14.5	N/A	N/A	N/A	34	N/A
21	South Sudan	2018	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11	N/A
22	Trinidad and Tobago	2013	57.1	2.8	N/A	30 15	N/A	N/A	44	N/A

No.	Country Name	Base year	Base year Total Emissions (MtCO ₂ eq)	Base year LULUCF (MtCO ₂ eq)	Updated NDC Target (%)	Conditional/Unconditional Target (%)	2030 Target Removal (MtCO ₂ eq)	2030 Target Emissions (MtCO ₂ eq)	Forest Area Ratio (%)	LULUCF Trend (+/-)
23	Rwanda	2006	2.4	-4.1	N/A	16 22	³⁾ 4.6	N/A	11	N/A
24	Philippines	2010	107.3	N/A	N/A	2.71 72.29	N/A	N/A	24	N/A
25	Mozambique	BAU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	47	N/A
26	Oman	2021	N/A	N/A	N/A	7 14	N/A	N/A	0	N/A
27	Marshall Islands	2010	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	52	N/A
28	Saint Kitts and Nevis	2010	0.3	N/A	61	N/A	N/A	0.1	42	N/A
29	Montenegro	1990	N/A	4.8	35	N/A	N/A	N/A	61	N/A
30	Federated States of Micronesia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	92	N/A
31	Republic of Kiribati	2010 ~ 2019	N/A	N/A	N/A	8 23.8	N/A	N/A	1	N/A
32	Kingdom of Thailand	2000	251.4	-45.3	N/A	30 40	N/A	N/A	39	N/A
33	Republic of Serbia	2010	51.7	-6.1	13.2	N/A	N/A	N/A	31	N/A
34	Saudi Arabia	2019	655.7	-7.5	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
35	Republic of South Africa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	14	N/A
36	Vanuatu	2010	0.7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	36	N/A

1) Unconditional: 11.2, Conditional: 4.5

2) Target year: 2025

3) Including unconditional and conditional

*Base year, Base year Emissions, Base year LULUCF, Updated NDC Target, and Conditional/Unconditional Target are based on the NDC.

*Base year Emissions and Base year LULUCF were referenced from the NID, CRT, BTR, and CTF when not available in the NDC.

*2030 Target Removals and 2030 Target Emissions are based on the NID, CRT, BTR, and CTF.

*Forest Area Ratio is based on the FRA-2020 (FAO).

*LULUCF Trend is based on the CRT and CTF.