

ISSN 2733-9696(온라인)
ISSN 2733-9572(인쇄본)

2022
Vol.3 No.18



GTC BRIEF

온실가스 인벤토리 구축을 위한
LULUCF 산정체계 현황 및 시사점

최원준 / 한수현 / 안세진

온실가스 인벤토리 구축을 위한 LULUCF 산정체계 현황 및 시사점

최원준 / 기술총괄부 ui90@gtck.re.kr

한수현 / 기술총괄부 sue@gtck.re.kr

안세진 / 기술총괄부 sejin_an@gtck.re.kr

하이라이트

- 2015년 파리협정에 의해 온실가스 감축 의무를 지니게 된 국가는 5년을 주기로 국가 온실가스 감축목표 제출과 매년 국가 온실가스 인벤토리 보고서를 발간함
 - 목표의 이행 결과 확인을 위해 분야별 온실가스 배출량 산정은 정확하게 산정되고 지속적으로 보고 필요
 - 우리나라는 2030년도 국가온실가스 배출전망치 대비 40% 감축 목표를 UN 사무국에 제출
 - IPCC는 1996 IPCC GL(guideline), GPG 2000, 2003 및 2006 IPCC GL을 통해 온실가스 배출량 산정방법 권고 국가별 수준 높은 배출량 산정 기준요구
- 각국은 에너지 효율 및 에너지 저감 등을 통해 탄소 감축을 시도하고 있으나 이에 의한 온실가스 저감량은 한계가 있으며, 통상적인 온실가스 배출 0에 도달하려면 산림 및 농경지, 습지 등을 비롯한 토지 및 자연생태계 기반 온실가스 흡수 및 에너지 감축 병행 필요
- 온실가스 인벤토리의 5개 분야 중¹⁾ 토지이용·토지이용변화 및 임업(LULUCF) 부문은 유일하게 온실가스를 흡수하고 저장하는 분야로 온실가스 인벤토리 산정 및 감축에 있어 중요
- 우리나라의 LULUCF(Land Use, Land Use Change, and Forestry)분야 온실가스 인벤토리는 접근방법 1 수준에 머물고 있으며, 국내 실정이 반영되지 못한 산출방법과 산출에 활용되는 자료의 부재로 인해 습지와 정주지 부문의 온실가스 통계가 미비한 실정
- 현재 미비한 습지 정주지에 대한 정확한 온실가스 인벤토리 작성 및 우리나라에 유리한 효과적인 방법을 선정하는 것이 급선무이며, 이를 통해 LULUCF 부분의 온실가스 흡수량 증진 필요
- 이후 LULUCF 부문별 토지이용 및 토지이용변화의 국가통계자료 확보와 부처 간 협력을 통하여 국제적 수준에 부합하는 산정기준, 지속 가능한 국가 온실가스 인벤토리 작성 연구 필요
- 탄소중립(Carbon Neutral), IPCC가이드라인(IPCC Guidelines), 온실가스 인벤토리(Greenhouse Gas Inventory), 토지이용(Land Use), 토지이용변화(Land Use Change), 온실가스 배출계수(Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories), AFOLU(Agriculture, Forestry and Other Land Use)

키워드

1) 2006 IPCC 가이드라인기준인 농업부문과 임업부문, 그리고 기타 토지이용 부문(AFOLU)으로 표기해야 하나 현재 국가차원에서 LULUCF(GPG 2003)기준으로 조사 및 활용 중이기에 LULUCF 기준으로 작성함

온실가스 인벤토리 정의

- 온실가스 인벤토리란 온실가스의 배출·흡수원과 배출·흡수량을 체계적으로 구성한 리스트
 - 온실가스 인벤토리 산정의 대상이 되는 온실가스는 교토의정서 상의 6대 온실가스로, CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆로 규정
 - 이 온실가스들은 각 온실가스 별로 배출량이 산정된 후 지구온난화 지수를 곱하여 CO₂를 기준으로 환산하며, 주로 ton(kg) CO₂ eq.로 표기
- 단순 온실가스 배출량 확인뿐만 아니라 온실가스 감축목표를 설정하고 관련 정책을 수립하기 위한 근거자료로 활용이 되므로 각 배출원 또한 명확히 파악

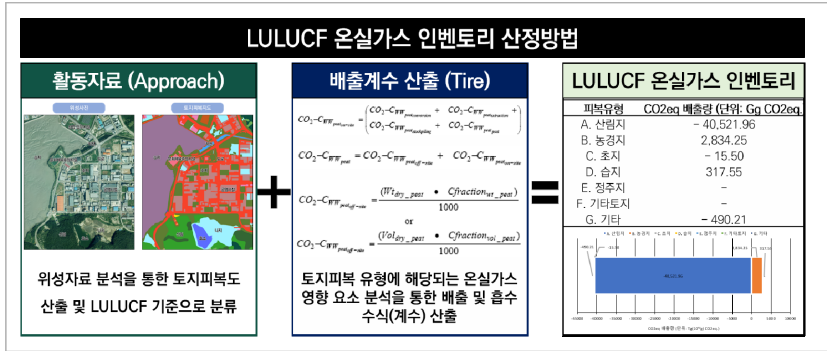
온실가스 인벤토리의 분류

- 온실가스 인벤토리 분류는 IPCC 지침과 GPG 2000(2003)에서 정의하고 있는 5개 대분류로 구분하여 작성
 - 온실가스 인벤토리 5개 대분류는 [에너지], [산업공정], [농업], [토지이용·토지이용 변화 및 임업(LULUCF)], [폐기물]로 구분
 - 각 분야별 온실가스 배출·흡수원의 계수를 정의하여 산업공정이나 생산량을 기준으로 온실가스 인벤토리 작성
- LULUCF(Land Use, Land-Use Change, and Forestry)부문은 온실가스 인벤토리 5개 분야 중 유일하게 온실가스를 흡수하고 저장하는 분야로 온실가스 감축 의무가 있는 국가에서는 매우 중요한 항목

LULUCF 부문 온실가스 인벤토리 분석 항목

- LULUCF 부문은 다른 온실가스 인벤토리 부문과 다르게 생산량이나 사용량을 기준으로 배출·흡수 계수 적용하는 것이 아닌 활동자료인 토지피복도와 온실가스의 배출·흡수 계수를 통해 산정
 - 활동자료 : 주제도(Thematic Map)의 일종으로, 토지피복도*라고 명명하기도 함 지구표면 지형지물의 형태를 일정한 과학적 기준에 따라 분류하여 동질의 특성을 지닌 구역을 Color Indexing 한 후 지도의 형태로 표현한 공간정보 DB
 - * 지표면의 현상을 가장 잘 반영하기 때문에 지표면의 투수율(透水率)에 의한 비점오염원 부하량 산정, 비오름 지도작성에 의한 도시계획, 댐 수문 방류 시 하류지역 수물피해 시뮬레이션, 기후대기 예측 모델링, 환경영향평가 등에 활용
 - 탄소(온실가스) 배출·흡수 계수 : 단위 활동자료 당 온실가스의 배출 또는 흡수를 정량화하는 계수*(coefficient). 배출·흡수계수는 특정 조건·공정 등의 활동에서 발생하는 온실가스 배출물을 표본 측정하여 평균한 대푯값을 추출하는 방식으로 개발
 - * 온실가스 배출량 산정 시 각 분야별 IPCC GL의 기본 배출계수를 사용하며, 다만 배출량 산정결과 제출 이전까지 국가 온실가스 통계 관리위원회에서 확정·공표된 국가고유 배출·흡수 계수가 있을 경우 이를 적용

그림 1 LULUCF 부문 온실가스 인벤토리 산정 방식



- 활동자료인 토지피복도의 경우 IPCC 2006 GL에서 제시하는 6가지 토지이용 범주별 정의
 - 활동자료(토지이용변화)별 면적의 산출 토지이용형태면적을 산출함에 있어 사용하는 정보의 내용에 따라 다음과 같이 Approach(토지이용변화 접근수준)*로 구분
 - * 접근방법(Approach) 1은 IPCC 가이드라인에 따라 각 범주의 총면적을 제시, 접근방법 2는 자국의 현황을 반영하여 토지이용형태 간 면적의 변화를 하위범주로 구분 예(농경지 : 논, 밭, 과수원 등으로 구분), 접근방법 3은 토지이용형태 간 면적의 변화 흐름(접근방법 2) 위에서 연속적인 면적변화 파악(연중 변화량)을 통해 기초자료로 활용

표 1 IPCC 가이드라인 토지이용 범주별 정의

토지이용범주 정의	정의
산림지	- 목본식생으로 된 모든 지역 - 산림지가 아니지만 잠재적으로 산림지가 될 수 있는 지역 - 최소 면적:0.05-1ha, 최소 수고:2-5m, 최소 수관율폐도:10-30%, (최소 폭은 당사국들이 설정)
농경지	- 경작가능지 및 경운지역 - 혼농임업 체계로, 벼논과 잠재적 산림지 범주로 간주될 수 있는 한계 이하의 식생구조를 가진 농림지
초지	- 농경지로 고려되지 않는 방목장과 목초지 - 잠재적 산림지로 간주 될 수 있는 목본식생화 허브와 잡목림과 같은 기타 비초본식생 - 황무지 및 휴양지 뿐 아니라, 농업과 식림-목초체계 등 모든 초지
습지	- 이탄 추출지역과 연중 또는 부분적으로 물에 포화되거나 물로 덮여있는 지역 - 관리된 저수지와 관리되지 않은 강과 호수 - 산림지, 농경지, 초지 또는 주거지에 포함되지 않는 지역
정주지	- 교통시설과 인간 주거지를 포함한 개발된 모든 지역
기타토지	- 나지와 암석, 빙하를 포함하여 다른 5가지 범주에 속하지 않는 지역

- 온실가스 배출량 산정방법은 활용데이터와 분류기준에 따라서 Tier 1, Tier 2, Tier 3으로 구분되며, 각 국가별로 보유하고 있는 배출계수와 같은 기초자료의 종류와 형태 등을 고려하여 적절한 것을 사용하도록 권고
 - 산정방법이 고도화될수록 산정된 배출량의 정확도와 신뢰도가 향상되기 때문에 선진국을 포함한 세계 각국들은 Tier 3을 지향

국내 LULUCF
온실가스
인벤토리 현황

표 2 IPCC 가이드라인 주요변화 비교

구분	TIRE 1	TIRE 2	TIRE 3
배출계수	IPCC 가이드라인에서 제시하는 기본계수 적용	국가 고유계수 적용 (3지역, 3년 평균 데이터 기반)	규칙적 시간 간격과 높은 해상도의 활동자료 등 보다 높은 해상도로 국가 환경을 설명하는 계수
보정계수	위와 동일	위와 동일	-
활동자료	면적 및 생산량 자료	면적 및 생산량 자료	지역별 기상자료, 토양자료, 생산자료 등 모델의 입력값으로 사용하여 배출량 산정 및 연중 모니터링 자료

출처: 국가 온실가스 인벤토리 토지이용(정주지)부문 구축방안 연구 (2014)

국내 활동자료(토지이용변화) 구분 현황

- IPCC 구분 기준에 따라, 우리나라 전체국토는 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지로 분류하며, 기존 국가통계 중 토지이용 구분에 부합하는 항목(지목)별로 재분류하여 활용
- ※ 우리나라 국토에는 법적·행정적으로 관리되지 않는 토지가 존재하지 않는 것으로 가정

표 3 국내 LULUCF 부문 활동자료(토지이용) 접근 수준(Approach)(2021 기준)

구분	유형	산정기준	Approach 구분
전국토	-	전국토를 대상으로 하며, 비관리 토지는 존재하지 않는다는 가정 적용	지적통계의 전체국토 면적
산림지	침엽수림	임업통계연보의 침엽수림 면적	Approach 2 (산림청 임업통계연보 기준)
	활엽수림	임업통계연보의 활엽수림 면적	
	혼효림	임업통계연보의 혼효림 면적	
	죽림	임업통계연보의 죽림 면적	
	무림목지	임업통계연보의 무림목지(미림목지 및 제지) 면적	
농경지	논	농업면적조사의 ('논' 면적) - (노지과수/봉밭/기타수원지의 '논' 면적) - (시설작물의 과수의 '논' 면적)	Approach 2 (농진청 농업면적조사 기준)
	밭	농업면적조사의 ('밭' 면적) - (노지과수/봉밭/기타수원지의 '밭' 면적) - (시설작물의 과수의 '밭' 면적)	
	과수원	농업면적조사의 (노지과수/봉밭/기타수원지의 '논'과 '밭' 면적) + (시설작물 과수의 '논'과 '밭' 면적)	
초지	-	지적통계의 목장용지 면적	Approach 1 (국토교통부 지적통계 기준)
습지	하천	지적통계의 하천/구거/유지/양어장 면적 합산	
	구거		
	유지		
	양어장		
정주지	-	지적통계의 광천지/염전/대/공장용지/학교용지/주차장/주유소용지/창고용지/도로/철도용지/제방/수도용지/공원/체육용지/유원지/종교용지/사적지/묘지 면적 합산	-
기타토지	-	전국토 면적에서 산림지/농경지/초지/습지/정주지 면적 합산을 제외한 나머지 토지 면적 기타토지 = 전국토 - (산림지 + 농경지 + 초지 + 습지 + 정주지)	Approach 1

출처 : 2021년 국가 온실가스 통계산정·보고·검증 지침(2021)

- 우리나라의 토지이용 구분과 토지별 면적은 표와 같이 기존 국가통계 중 토지이용 관련 통계(지적통계, 임업통계연보, 농업면적조사 등)를 기준으로 결정
 ※ 지적통계는 국토교통부, 임업통계연보는 산림청, 농업면적조사는 농진청에서 진행
- 산림지와 농경지를 제외한 타 부문의 온실가스 인벤토리는 접근방법 1 수준에 머물고 있으며 범주별 면적자료와 전용정보의 부재로 인해 정주지의 경우 온실가스 통계를 산정하지 못함
 - 산림지는 산림기본통계를 활용하여 하위범주를 '침엽수림·활엽수림·혼효림·죽림'으로 구분하며, 농경지는 농업면적조사를 참조하여 하위범주를 '논·밭·과수원'으로 구분
 - 초지는 지적통계를 활용하여 하위범주를 목장용지로 구분하여 정의를 설정하고, 목장용지는 IPCC 기준에서 "방목장 또는 목초지"의 기준에 포함
 - 습지는 '하천·구거·유지·양어장'으로 구분되며, '구거·유지·양어장'은 IPCC 기준에서 "연중 또는 부분적으로 물에 포화되거나 물로 덮여있는 지역"인 '인공습지'에 포함되어 산정
 - 정주지 부문 온실가스 통계 산정방법론의 미확립과 정주지 부문 통계산정을 위한 국내 활동자료(과거 20년간 토지이용 변화 이력)가 부재하여 미산정

국내 온실가스 배출·흡수계수 산정 현황

- 활동자료를 통해 분류된 토지 피복유형에 따라 토지의 이용 및 전용, 관리 활동 등을 통해 발생하는 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O)의 배출·흡수량을 계산
- 온실가스 배출·흡수량을 산정식은 산림지를 제외하고 IPCC 2006 GL(Tier 1) 기준
- 각 활동자료의 면적과 토지피복 상태에 따라 온실가스 배출·흡수 계수를 적용하여 온실가스 인벤토리를 최종적으로 작성
 - 산림지 온실가스 배출·흡수량 산정기준 : 2006 IPCC GL Tier 2 수준의 '축적차이법²⁾(stock change method)'을 적용하여, 국가고유 배출계수 산정을 통해 온실가스 계산
 - 농경지 온실가스 배출·흡수량 산정기준 : GPG-LULUCF에 제시된 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양 탄소 축적변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

2) 축적 변화량 산정식(축적차이법) : 임목 바이오매스의 연간 탄소 흡수량 산정에 필요한 배출·흡수계수는 목재기본밀도(D)와 바이오매스 확장계수(BEFs)를 곱한 바이오매스전환·확장계수(BCEF), 부리-지상부 비율(R)은 임상별 "국가고유 배출·흡수계수" 적용침·활엽수림 배출·흡수계수는 임상별 배출·흡수계수를 적용 탄소전환계수(CF)는 2006 IPCC GL에서 제시하는 기본값(침엽수 : 0.51, 활엽수 : 0.48)을 적용

$$\text{수식 1) } \Delta C_B = \frac{C_{t2} - C_{t1}}{t_2 - t_1}$$

ΔC_B : 산림지로 유지되는 산림지의 현존 바이오매스
 C_{t2} : t2 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]
 C_{t1} : t1 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]

$$\text{수식 2) } C = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times V_{ij} \times BCEF_{s,i,j}) \times (1 + R_{i,j}) \times CF_{i,j}$$

C: 현존 바이오매스 탄소저장량[t C]

A: 산림면적[ha]

V: 재적[m³/ha]

BCEFs: 바이오매스전환·확장계수 = 목재기본밀도(D)[t d.m. /m³] × 바이오매스확장계수(BEFs)

R: 부리-지상부 비율

CF: 탄소전환계수[t C/t d.m.]

i: 임상

j: 기후대

- 초지의 온실가스 배출·흡수량 산정기준 : GPG-LULUCF에서 제시된 무기질 토양에서의 탄소축적 변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용
- 습지의 온실가스 배출·흡수량 산정기준 : 2006 IPCC GL Vol.4 Appendix 2에서 제시된 습지에서 분자확산(diffusion) 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론 적용
- 정주지 부문은 2006 IPCC GL에 의한 온실가스 통계 산정방법론의 미확립과 정주지 부문 통계산정을 위한 국내 활동자료(과거 20년간 토지이용 변화 이력)가 부재하여 미산정
- 기타토지 : 국내는 기타토지로 구분되는 면적 존재하지 않아 산출하지 않음
- 수확된 목재제품의 온실가스 배출·흡수량 산정기준 : 목재제품 탄소축적량 변화: 2006 IPCC GL Tier 1 수준의 '축적차이법(stock change method)'을 적용

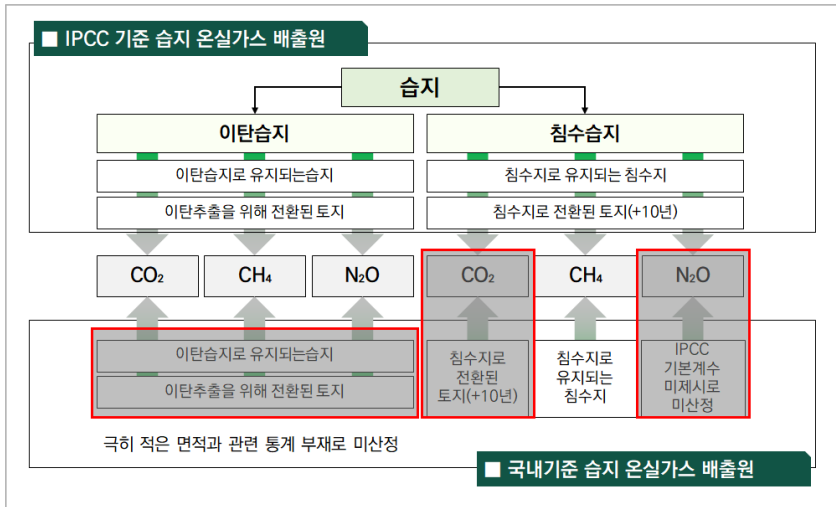
표 4 환경부 LULUCF부문 온실가스 배출량 산정방법(2021 기준)

구분	CRF 코드	배출·흡수원	온실가스	TIRE
산림지 5A	5A1	산림지로 유지된 산림지	CO ₂	Tier 2
	5A2	타토지에서 전용된 산림지		
	5 I A	산림지에서 질소 시비로 인한 N ₂ O 배출	N ₂ O	
	5 II A	산림지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	
	5VA	산림지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
농경지 5B	5B1	농경지로 유지된 농경지	CO ₂	Tier 1
	5B2	타토지에서 전용된 농경지		
	5 III B	농경지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	
	5 I V B	농경지에서 농업용 석회사용으로 인한 CO ₂ 배출	CO ₂	
	5 V B	농경지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
초지 5C	5C1	초지로 유지된 초지	CO ₂	Tier 1
	5C2	타토지에서 전용된 초지		
	5 I V C	초지에서 농업용 석회사용으로 인한 CO ₂ 배출	CO ₂	
	5 V C	초지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
습지 5D	5D1	습지로 유지된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Tier 1
	5D2	타토지에서 전용된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	
	5 II D	습지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	
	5 V D	습지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
정주지 5E	5E1	정주지로 유지된 정주지	CO ₂	-
	5E2	타토지에서 전용된 정주지		
	5VE	정주지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
기타 토지 5F	5F1	기타토지로 유지된 기타토지	CO ₂	-
	5F2	타토지에서 전용된 기타토지		
	5VF	기타토지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	
기타 5G	5G1	수확된 목재제품	CO ₂	Tier 1

출처: 2021년 국가 온실가스 통계산정·보고·검증 지침(2021)

- 국내 온실가스 배출계수는 산림지를 제외 하면 모두 Tier 1수준으로 배출계수 산정되며, 습지의 경우 국내 실정에 맞지 않는 기준으로 인해 온실가스 배출원으로 구분
 - IPCC 기준 온실가스 흡수량이 가장 높은 이탄습지의 경우 국내 극히 적은 면적으로 인해 이탄습지로 구분된 습지 통계데이터가 없어 미산정(온실가스 0)으로 처리하며, 습지의 구분은 습지로 유지된 습지와 타토지에서 전용된 습지로 구분
 - 침수습지의 경우 침수지로 유지되는 침수지와 침수지로 전환된 침수지로 전환된 침수지는 10년간 이산화탄소를 배출하는 것으로 산정

그림 2 온실가스 인벤토리 산정 방식



출처: (국립생태원) 내륙습지의 온실가스 인벤토리 산정방법(IPCC 가이드라인)

국내 온실가스 산정 문제점

- IPCC에서는 2006 IPCC GL을 기준으로 온실가스 인벤토리 작성을 요구하고 있는 실정이나, 우리나라의 경우 GPG 2003을 기준으로 분석
 - 국가차원 에서 오는 2023년까지 온실가스 인벤토리의 LULUCF(GPG 2003)기준을 2006 IPCC 가이드라인 기준인 『농업부문과 임업 부문, 그리고 기타 토지이용 부문』(AFOLU)으로 변경할 예정
- 우리나라 온실가스 인벤토리 산정은 분야별로 각 부처별 분담하여 산출되며, 이에 따라 산출 방식이나 기준이 서로 상이하어 부문 간에 온실가스 인벤토리 산정기준에 편차가 나타남
 - 습지의 경우 IPCC 기준 활동자료 및 배출·흡수계수가 국내 현황과 맞지 않아 국내 현황을 반영하여(Approach, Tier 2) 수준의 온실가스 인벤토리 기준이 필요 하나 관련 연구 미비
 - 정주지의 경우 토양탄소가 안정화되는 기간인 20년 이상 된 국토 지도 자료가 필요 하나 자료가 미비하여 국내 현황에 맞는 새로운 온실가스 인벤토리 기준 필요

AFOLU 온실가스 인벤토리 연구동향

- IPCC에서는 2006 IPCC GL을 기준으로 온실가스 인벤토리 작성을 요구하고 있는 실정이나, 우리나라의 경우 GPG 2003을 기준으로 분석 진행 현재 국가차원 에서 오는 2023년까지 온실가스 인벤토리의 LULUCF(GPG 2003)기준을 2006 IPCC 가이드라인 기준인 『농업부문과 임업 부문, 그리고 기타 토지이용 부문』 (AFOLU)으로 변경할 예정
 - 이에 농업관련 온실가스 인벤토리 고도화 연구가 진행되고 있으며, Tier 3에 해당하는 수준의 농업분야 온실가스 인벤토리 산정을 연구
 - 산림분야의 경우 목재 생산에 의한 탄소저감을 인정받음에 따라 온실가스 저감요소의 중추로 주목받아 다양한 연구와 국가 수준의 산정기준적용
- 2006 IPCC 가이드라인의 가장 큰 변화는 농업과 산림분야가 ‘농업·임업 그리고 기타 토지이용(AFOLU : Agriculture, Forestry and Other Land Use)’으로 통합
 - 이로써 토지와 관련된 모든 활동에 따른 탄소의 변화가 인벤토리에 반영되어 통계보고에 대한 보다 높은 신뢰성 확보가 가능

국내 습지 부문 온실가스 인벤토리 연구동향

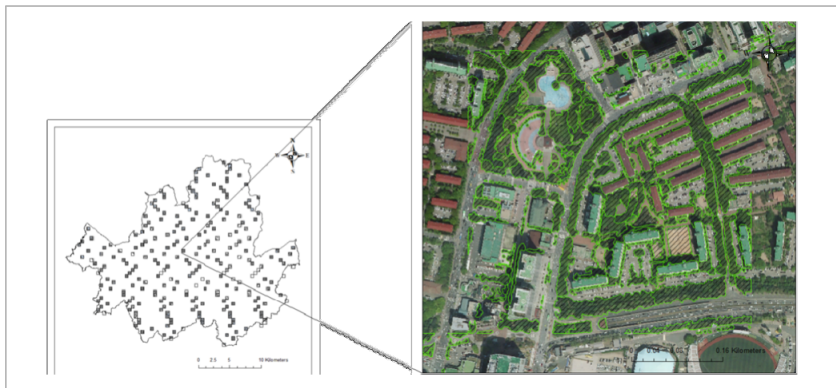
- 국내 습지의 온실가스 인벤토리 연구는 대부분 면적 산출기준 및 Approach 2 수준인 습지 내 정밀식생도 구축에 대한 연구가 진행되며, 국내 특성을 반영한 활동자료 구축 방안에 대한 연구가 국가차원에서 진행
 - 습지는 IPCC 및 주요 선진사례, 우리나라 국가통계인 지적통계의 정의를 참조하여, 국내토지이용 특성에 적합하도록 ‘인공습지’와 ‘자연습지’로 구분하여 습지의 하위범주 정의
 - 특히, 자연습지의 침수가능지는 IPCC GPG를 참조하여 분류하였으며, 우리나라 토지이용 특성을 고려하여 바다와 간척사업지 등이 포함된 ‘바다’의 하위범주를 추가
 - 선진국 사례에서 대부분 댐을 포함하고 있었으며, 국가 특성에 따라 바다와 식생 구역을 구분

국내 정주지 부문 온실가스 인벤토리 연구동향

- IPCC 기준에 부합하는 정주지의 활동자료 구축 연구 및 그 필요성에 대한 연구가 지속적으로 제기되고 있으며, 최근에는 정주지 내 식생에 의한 온실가스 감축 연구도 진행
 - 그러나 국내 기관 및 국가차원의 연구기관에서는 정주지에 대한 연구를 진행하지 않는 실정
- 국가 공간정보를 활용한 토지이용변화 매트릭스 구축연구에서 정주지에 대한 정의 및 구분 안을 제안하였으나 국내 정주지 산출기준에 포함되지 않음
- 선진국 및 온실가스 감축 의무를 가지는 국가의 경우 국가별 상황에 맞춰 자체적인 정주지의 정의를 개발 및 활용
 - 독일은 거주지·교통·수역의 수반 구역으로 일본은 교통 인프라 및 거주지를 포함한 개발된 토지로, 산림지·농경지·초지·습지를 구성하지 않는 도심 지역(도시 숲은 정주지로 포함)
 - 뉴질랜드의 경우 건물이 지어진 지역 및 침투성 표면을 가진 지역 휴양지 도시공원 및 산림의 정의를 충족시키지 않는 열린 공간을 포함한 정주지 내의 초원 등으로 정의

- 스웨덴은 모든 정주지는 관리되는 토지로 가정하고 주요 기반시설이 밀집된 지역, 운송을 위한 영역 등으로 구분
- 미국은 주거용, 산업용, 상업용 및 기관용 토지를 포함하는 0.1 ha 이상의 단위로 이루어진 개발 지역을 나타내는 토지이용범주로 정의, 중복 사용에 대한 토지에 대해 우선순위를 매기는 방식을 적용해 다른 토지에 비해 구성요소가 가장 이질적인 정주지를 우선 선정
- 핀란드는 건축용지·교통지역·전력 공급지(공장용지), 공항·공원·묘지·농로 및 헛간도 정주지에 포함하며, 모든 정주지는 관리된 토지로 정의
- 일본은 주거지와 교통 인프라를 포함한 모든 개발된 토지로 정의하며, 중복되는 토지는 배제
- 정주지내 식생 및 토지의 온실가스 고정에 관한 연구가 지속적으로 진행
 - 2020년 서울시를 대상으로 정주지 내 녹지의 온실가스 흡수량을 Tier 2 기준으로 산정한 결과 연간 211,080.04t CO₂/ha로 분석되었으며, 전국적으로 국토면적의 약 21.7%를 차지
 - 정주지는 건축물과 도로에 의해 온실가스가 증가하는 것으로 볼 수 있으나 이는 이미 타 분야에서 온실가스 계측을 하였기에 정주지 산출시 포함되지 않음

그림 3 정주지 내 식생구분 및 면적 산출방안



출처: 홍세기. et al 정주지 부문 온실가스 인벤토리 산정을 위한 공간 범위별 이산화탄소 흡수량 비교 분석(2021)

시사점

LULUCF 부문 온실가스 인벤토리 시사점

- 현재의 온실가스 배출 현황을 보면 단순 온실가스의 배출 감축만으로 온실가스 배출 0에 도달할 수 없으며, 산림 및 농경지, 습지 등을 비롯한 토지 및 자연생태계 기반 온실가스 흡수 및 에너지 감축 병행 필요
- 현재 LULUCF 온실가스 인벤토리는 탄소의 흡수가 증진되는 것으로 보이며, 산림지와 농경지의 경우 국가기관(산림청, 농진청)의 지속적인 연구개발로 정확도와 감축량 증진
- 반면 습지의 경우 관련 연구가 미비한 실정이며, 정주지의 경우 국가차원의 연구는 전무한 실정으로 정부차원의 LULUCF 부문의 연구가 보다 다방면으로 진행되어야 할 것으로 보임
 - 그러나 정부가 수립한 대한민국 2050 탄소중립 전략과 온실가스 흡수(감축)의 경우 산림분야에 편중

습지 부문 온실가스 인벤토리의 시사점

- 현재 우리나라의 습지 분야 범주별 정의는 IPCC 기준에 부합하지 못하는 상황이며, IPCC 기준 또한 국내 습지 현황을 반영하지 못하는 실정, 국내 현황 맞추어 활동자료 및 배출·흡수 계수의 재정립, 구축 필요
 - 환경부 기준에서 『우리나라 국토에는 법적·행정적으로 관리되지 않는 토지가 존재하지 않는 것으로 가정』하고 있으나 국내 자연 습지는 IPCC 2006 GL 기준에 명시된 “관리된 저수지를 습지로 정의”라는 항목에 의해 온실가스 인벤토리 대상에서 제외
 - 또한 습지는 토지피복유형과 온실가스 배출·흡수 모두 IPCC 2006 GL 기준으로 산정하고 있어 지적통계 상의 실제 토지이용 현황과 차이점이 있어 국내 현황을 반영하기 어려워 온실가스를 배출하는 것으로 분석
- 반면 산림지의 경우 2006 IPCC GL에서 규정한 ‘관리되는 산림지(managed forest)’로 명시되어 있으나, 우리나라의 경우 전국적인 산불 방제와 진화체계를 포함하여 전국토의 산림을 대상으로 산림관리가 이루어지고 있으므로 우리나라 전체 산림을 국가 온실가스 인벤토리를 위한 대상지로 선정
- 습지 부문의 경우 현재 국내 내륙습지의 전체 면적과 식생구조 등을 파악할 수 있는 일관적인 기본정보가 없으며, 기후변화 대응에 습지가 미치는 영향력을 함께 고려하지 않으며, 따라서 국내 습지의 형태와 위치에 따른 기후변화 대응 능력을 연구할 수 있도록 정부의 지원과 기존 습지와 관련하여 추진된 환경보호 정책을 기후변화 정책과 연계 필요

정주지 부문 온실가스 인벤토리의 시사점

- 정주지 관련 연구에서는 정주지 내 식생 및 토양에서 온실가스 흡수에 대한 연구결과가 지속적으로 보고되고 있으며, 이는 정주지의 온실가스 인벤토리 산정이 시사하는 바가 큼
- 정주지의 경우 IPCC의 정주지 정의가 타 부문에서 산정하지 않는 영역을 대상으로 하기 때문에 공간 범위에 대한 기준이 모호하고 공간자료의 비정합성이 크게 나타나는 문제가 발생하는 지역
- 우리나라는 아직 LULUCF 부문별 공간적 범위에 대한 부처간 협의가 필요한 단계에 있어 정확한 정주지의 범위를 결정하기에는 어려움이 있으며, 산림, 농업, 초지, 습지 부문의 경우 부처 간 협의를 통해 공간범위를 지정하는 것에 반해 정주지에 대한 산정은 미진한 상태
- 향후 부처별 협의를 통해 정주지의 범위를 정립하고 여러 시기의 원격탐사자료 및 국가공간자료를 통해 토지이용변화 매트릭스 작성이 필요하며, 정주지 내 수목에 적합한 배출·흡수계수의 개발을 통해 정주지 부문의 온실가스 통계산정 및 정확도를 향상시키는 연구가 국가와 연구소 차원에서 시행되어야 할 것으로 판단

Reference

- 1) 환경부, 유엔기후협약(UNFCCC)에 따른 제 4차 대한민국 갱신보고서 (2021)
- 2) 국토연구원, 국가 온실가스 인벤토리 토지이용(정주지)부문 구축방안 연구 (2014)
- 3) 통계개발원 국가 온실가스 배출통계 품질개선방안 연구 LULUCF 및 폐기물 부문 중심으로 (2012)
- 4) 산림청, 신기후체제(Post-2020) 대응 국가수준 토지이용변화 매트릭스 구축 및 검증기술 개발 최종보고서 (2020)
- 5) 농업과학원, IPCC Tier 3 수준의 온실가스 배출량 평가 및 적용성 평가 연구 (2017)
- 6) 환경부, 국가온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 (2008)
- 7) 온실가스종합정보센터, 국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 지침 (2020)
- 8) 온실가스종합정보센터, 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침 - 제11차 개정 - (2021)
- 9) 홍세기, et al. “정주지 부문 온실가스 인벤토리 산정을 위한 공간 범위별 이산화탄소 흡수량 비교 분석-서울시를 대상으로.” 한국기후변화학회지 12.6 (2021): 767-776.
- 10) 유선철, 안종욱, and 옥진아. “국가 온실가스 인벤토리 LULUCF 부문 통계구축방안에 관한 연구.” 한국공간정보학회지 23.3 (2015): 67-77.
- 11) 임종수, et al. “국가산림자원조사 고정표본점 자료를 활용한 산림자원변화 평가에 관한 고찰.” 한국산림과학회지 104.2 (2015): 239-247.
- 12) 이우진, 김이형, and 이루다. “독일의 LULUCF 정책 분석을 통한 국내 정책 및 전략에의 시사점.” Journal of Wetlands Research 24.2 (2022): 102-114.
- 13) 추성민, et al. “에너지분야 농림업부문 온실가스 인벤토리 고도화 방안 연구.” 한국산학기술학회 논문지 20.11 (2019): 294-304.
- 14) 유종익, 박성권, and 이준우. “주요국 국가온실가스인벤토리보고서의 사업장 정보 활용 동향.” 한국기후변화학회지 10.4 (2019): 371-380.
- 15) 김동구, et al. “국내 에너지부문 온실가스 인벤토리 산정 결과 및 시사점.” 한국에너지기후변화학회 학술대회 (2019): 79-79.
- 16) 김영돈, et al. “국가 온실가스 인벤토리 구축을 위한 국내 블루카본 산정범위에 대한 고찰.” 한국해양환경·에너지학회 학술대회논문집 (2019): 86-87.
- 17) 함보영, et al. “산림분야 온실가스 인벤토리 산정을 위한 산림활동 자료 구축 및 산림경영률 산정.” 한국기후변화학회지 11.1 (2020): 53-63.
- 18) 박은빈, et al. “LULUCF 부문 산림 온실가스 인벤토리 구축을 위한 Sampling 과 Wall-to-Wall 방법론 비교.” 한국기후변화학회지 9.4 (2018): 385-398.
- 19) 조민광, and 김현미. “인버스 모델링과 국가 온실가스 인벤토리 보고서의 이산화탄소 배출량 비교 및 상관성 분석.” 한국기상학회 학술대회 논문집 (2020): 346-346.

- 20) 정유진, 임종수, and 김준순. “LULUCF 분야 온실가스 통계 작성을 위한 제도 개선방안 연구.” 한국기후변화학회지 11.6-2 (2020): 729-738.
- 21) 박성진, 이창훈, and 김명숙. “2006 IPCC 지침을 적용한 농경지 온실가스 배출량 분석.” 한국기후변화학회지 9.4 (2018): 445-452.
- 22) 박정목, 심우담, and 이정수. “딤러닝모델을 이용한 국가수준 LULUCF 분야 토지이용 범주별 자동화 분류.” 대한원격탐사학회지 35.6 (2019): 1053-1065.
- 23) 송형도, et al. “시멘트 산업부문 온실가스 (CO₂) 배출계수 산정 연구.” 한국대기환경학회지 (국문) 23.2 (2007): 158-168.
- 24) 환경부, 온실가스종합정보센터 온실가스 배출량 산정방법 정보 (2021)
- 25) 온실가스종합정보센터, 국가 온실가스 인벤토리 (1990_2020)

본 내용은 녹색기술센터(GTC) 기술총괄부의 “부서원의 기술전문성 강화를 위한 연구현장 방문”의 일환으로 주요사업[R2210201]의 참여연구원인 국립생태원 습지센터를 방문하여 정리한 것입니다.



04554 서울특별시 중구 퇴계로173
남산스퀘어 빌딩 17층
Tel. 02.3393.3900
Fax. 02.3393.3919~20
www.gtck.re.kr

* 본 GTC BRIEF의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 센터의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.