

고양시 탄소흡수원의 정량적 평가

- 장항습지를 중심으로 -

2024. 08.



(주)비엔지테크

고양시 탄소흡수원의 정량적 평가 - 장항습지를 중심으로

C.O.N.T.E.N.T.S

I . 연구 개요

II. 연구 내용

III. 연구 일정

I. 연구 개요

1. 연구 배경 및 목적

이 연구 배경 및 목적

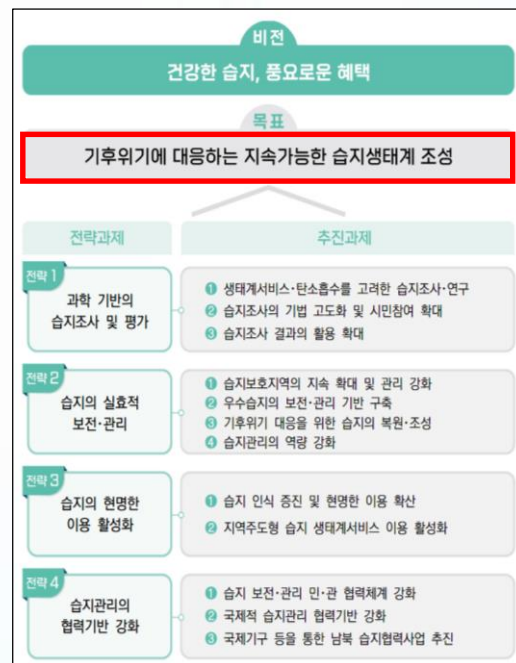
❖ 탄소 흡수원의 중요성 부각

- ☑ 인류가 생존하는데 있어 실질적으로 **탄소 배출을 '0 (zero)'로 조정하는 것은 불가능**
 - 탄소 배출을 줄이는 동시에 **배출된 탄소를 상쇄할 수 있는 탄소 흡수원의 중요성** 대두
- ☑ 「2050 탄소중립 추진전략」: **생태 기반 '탄소 흡수 기능 강화'**를 주요 비전으로 제시
- 「제4차 습지보전기본계획」: 기후위기 대응을 위해 **습지를 '탄소흡수원'으로 인정**

국가 탄소중립· 녹색성장 기본계획



제4차 습지보전기본계획 ('23-'27)

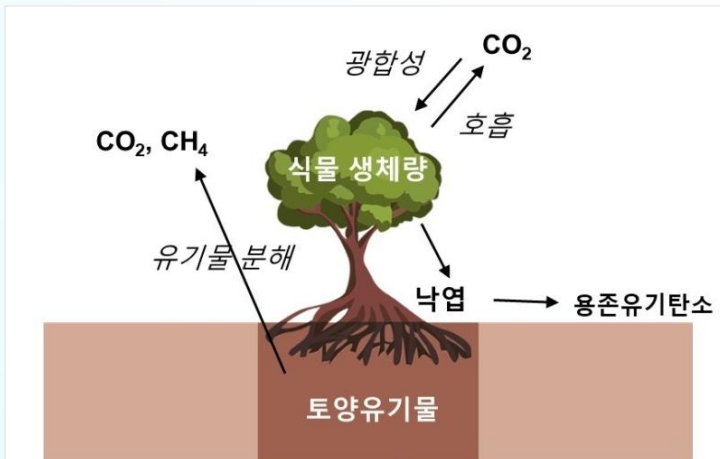


01 연구 배경 및 목적

❖ 탄소 흡수원으로서의 습지의 기능

- ☑ 습지식물은 **광합성을 통해 대기 중의 탄소를 생태계로 유입** - 호흡의 과정을 통해 다시 방출
식물체에 남아있는 탄소의 경우, 식물체가 사멸한 후 분해되지 않은 부분은 토양에 쌓이게 됨
- ☑ 습지는 침수되어 있기 때문에 물에 의해 **혐기성 환경**이 되어 유기물이 저장되고,
혐기성 미생물에 의해 **습지 토양 깊숙이 탄소가 저장됨**
- ☑ 습지는 지구 표면의 1% 밖에 차지하지 않지만, **지구 이산화탄소의 20% 이상을 저장**
국외 연구* 결과, 습지 1m²당 저장된 이산화탄소의 양 : 숲의 5배, 바다의 500배 (* 네덜란드 위트레흐트대학 연구원)

습지에서 일어나는 탄소 순환 모식도



지형별 탄소 저장 및 흡수량

<숲> 1 m ² 당 700g 흡수	<습지> 1 m ² 당 1kg 흡수	<바닷가 습지> 1 m ² 당 2~3kg 흡수

01 연구 배경 및 목적

❖ 습지 생태계 가치 평가 필요

☑ 국가 온실가스 인벤토리에서는 IPCC 가이드라인에 따라

습지의 탄소 배출 및 흡수량을 ‘농업, 임업 및 기타 토지 이용분야 (AFOLU)’ 에서 산정

☑ 온실가스 배출량 산정 방법은 활용 데이터와 분류 기준에 따라 Tier 1, Tier 2, Tier 3 로 구분

습지 부문의 온실가스 인벤토리는 Tier 1 수준에 머물고 있음 (기초 수준)

☑ 탄소 흡수능력 측정 고도화는 국제사회적으로 요구되는 과업으로

현재 환경부에서 Tier 3 수준의 인벤토리 산정 및 탄소 흡수량의 측정·평가·검증 기술 개발중

고도화 수준			
현재 수준		IPCC 권고수준	
구분	TIER 1	TIER 2	TIER 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)

01 연구 배경 및 목적

❖ 탄소 흡수원으로서의 장항습지 평가

- ☑ 고양시에는 생태적 가치와 생물 서식지로서의 중요성을 국제적으로 공인받아 **람사르 습지로 등록된 장항습지**가 위치하고 있음
- ☑ 장항습지는 **도심과 가까운 한강 하구에 위치**하여 지리적 강점을 지니고 있으며, 국내 최대 **버드나무 군락지**이자 말뚝게가 공생하는 숲
 - ※ 버드나무 : 가지에도 엽록체가 있어 일반 활엽수보다 탄소 흡수능력과 산소제조 능력 우수
- ☑ 장항습지는 고양시의 미세먼지를 줄이고 산소를 생산하여 도시에 공급하며, 탄소 흡수를 통해 기후위기를 줄이는 데에도 큰 공을 세우고 있음



향후 진행될 **국가 차원의 배출·흡수계수의 재정립**에 맞춰
선행적으로 고양시 내에 위치한
장항습지를 중심으로 기후변화 대응 능력 연구 필요



II. 연구 내용

1. 온실가스 인벤토리 개념 및 현황
2. 국내외 탄소흡수원 산정 및 평가 사례
3. 장항습지 탄소흡수원 정량 평가

1. 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

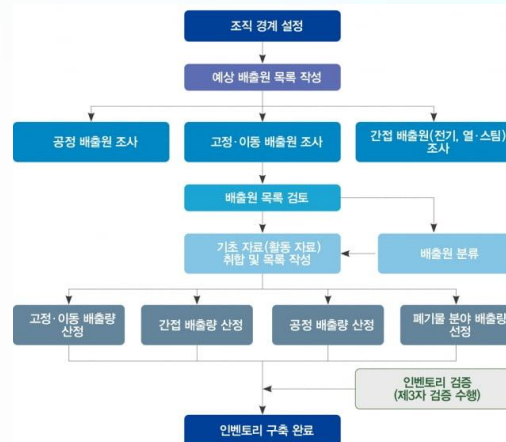
1) 국내 온실가스 인벤토리 - 종합

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 인벤토리 산정 개요

- ☑ 기후변화에 대응하여 정책을 수립하고 이행하기 위해서는 국내 온실가스 배출원 및 흡수원을 파악하고, **국가 온실가스 인벤토리 [온실가스 통계]를 정확하게 산정하는 것이 매우 중요**
- ☑ **온실가스종합정보센터** : 국가 온실가스 인벤토리 업무 총괄기관
 - 국가 온실가스 인벤토리 산정·검증 방법 규정 및 지침 작성
 - 국가 온실가스 배출량, 배출계수, 온실가스 관련 정보 및 통계 취합·검증 후 통계 공표
- ☑ **우리나라는 '교토의정서'에 따른 의무감축국이 아니므로** 국가 온실가스 인벤토리 보고서를 UNFCCC에 제출하지는 않으나, 대신 **국가보고서 및 격년 갱신보고서를 제출함**
- ☑ 우리나라 온실가스 인벤토리 보고서는 국내에서 인간 활동으로 인해 발생하는 '교토의정서'에서 규정한 **6대 직접 온실가스인 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆의 배출·흡수량 보고**

온실가스 인벤토리 구축 절차



자료: 중소기업용 탄소배출 관리 가이드라인(2022), (제)자생중소기업진흥공제센터



01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 인벤토리 산정 방법론

- ☑ 국가 온실가스 인벤토리 산정은 **직접 온실가스 배출량 및 흡수량을 계산하거나 측정하여 이를 정량화** 하는 것을 의미
- ☑ 산정에 필요한 구성요소는 **산정방법, 활동자료, 배출·흡수계수** 등이 있음
- ☑ 인벤토리 산정방법론은 **활동자료, 배출·흡수계수, 매개변수 적용방법의 구체성을 기준으로 Tier 1~3의 산정 등급으로 구분**
- ☑ 현재 국가 온실가스 인벤토리의 각 분야별 산정등급은 **대부분 Tier 1 수준**
- ☑ 보다 자세한 활동자료가 국가 고유 배출계수가 개발된 **일부 부문**의 경우 **Tier 2 수준으로 산정**
- ☑ 본 연구와 관련된 **‘LULUCF’ 분야도 일부 부문은 Tier 2 수준으로 산정**

LULUCF 분야 Tier 2 수준 적용

분야	부문	세부 적용내용
LULUCF	5A 산림지 부문 CO ₂	국가 고유 흡수계수 적용 (임목바이오매스 임상별 목재기본 밀도, 바이오매스 확장계수, 뿌리-지상부 비율)
	5B 농경지 부문 CO ₂	국가 고유 배출계수 적용 (토양형별 토양유기탄소 축적계수)

이 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 인벤토리 산정 방법론

- ☑ 우리나라는 통계의 정확성을 향상하기 위해 **국가 고유의 배출·흡수계수 개발을 지속적으로 확대**
- ☑ 2020년 배출량 산정에 사용된 국가 고유 배출계수는 총 80개이며,
총 배출량의 약 89%가 국가 고유 배출계수를 이용하여 산정되었음
- ☑ **습지의 경우 국가 고유 배출계수가 확보되지 않은 부문으로**

2006 IPCC GL에서 제공하는 기본 계수를 사용하여 온실가스 인벤토리 산정

2006 IPCC GL - WET LANDS

Chapter 7: Wetlands	Chapter 7: Wetlands
<p>CHAPTER 7</p> <p>WETLANDS</p>	<p>spatially interpolated soil organic C stock for the flooded landscape area from a global soil carbon map (FAGS, or default reference soil organic C stocks from Volume 4, Chapter 2, Table 2.3).</p> <p>Tier 1</p> <p>Emission factors for CO₂ from the reservoir surface, EF_{CO_2}, in the six aggregated climate zones are provided in Table 7.13. The emission factors correspond to the total CO₂ emission attributable to the reservoir and integrate both spatial and temporal variations and have been derived from the application of empirical models to a large (>6000) number of reservoirs with a worldwide distribution (see Annex 7.1 for details and (Prieur et al. 2017a)) and are averaged per climate zone.</p> <div> <p>EQUATION 7.13 (MW)</p> <p>ANNUAL ON-SITE CO₂-EMISSION/REMOVAL FROM LAND CONVERTED TO FLOODED LAND</p> $F_{CO_2, on-site} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{land, i, j} \cdot EF_{CO_2, i, j}$ </div> <p>Where:</p> <ul style="list-style-type: none"> $F_{CO_2, on-site}$ → Total annual emission (removal) of CO₂ from Land Converted to Flooded Land (Reservoirs ≤ 20 years old), tonnes CO₂-C yr⁻¹. $A_{land, i, j}$ → Total area of reservoir water surface for reservoir 'i' located in climate zone 'j', ha. $EF_{CO_2, i, j}$ → Emission factor for CO₂ for reservoir 'i' 20 years old in climate zone 'j', tonnes CO₂-C ha⁻¹ yr⁻¹. Refer to Table 7.13. n → Number of reservoirs ≤ 20 years old in climate zone 'j'. m → Summation index for the number of waterbodies of same type in same climate zone j → Summation index for climate zones ($j = 1-6$, see Table 7.13). <p>Tier 2</p> <p>The methodology for estimating Tier 2 annual carbon loss as CO₂ on recently flooded land (<20 years old) uses Equation 7.13 substituting in the emission factor calculated using Equation 7.14. Tier 2 methods for determining annual CO₂ emissions from land converted to Flooded Land use knowledge about climate zone and distribution of soil organic carbon stock of the land prior to flooding in order to develop country-specific factors.</p> <div> <p>EQUATION 7.14 (MW)</p> <p>ANNUAL CO₂-C EMISSION/REMOVAL FROM LAND CONVERTED TO FLOODED LAND INCLUDING SOIL CARBON STOCKS</p> $EF_{CO_2} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{i, j} \cdot SOC_{i, j} \cdot M_j$ </div> <p>Where:</p> <ul style="list-style-type: none"> EF_{CO_2} → Emission factor for CO₂ for reservoir 'i' climate zone 'j', tonnes CO₂-C ha⁻¹ yr⁻¹. $SOC_{i, j}$ → Soil C stock (tonnes C ha⁻¹ in 0-30 cm depth) values per climate zone 'j' and mineral soil type (k) from Table 2.3 (Volume 4, Chapter 2), for undrained and drained peatlands using Table 2.6 (2017 Wetlands Supplement) with conversion from dry organic matter to organic carbon (see A7.2.2.3), or from FAO Global Soil organic C map (http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/107002), or country specific SOC stocks. i → Summation index for the number of waterbodies of same type in same climate zone j → Summation index for climate zones ($j = 1-6$, see Table 7.13). k → Summation index for soil type $\delta_{i, j}$ → The fraction of reservoir 'i' area with soil type k, dimensionless
2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 7.1	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 7.21

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ 온실가스 **총 배출량 (LULUCF 제외)** : 656.2 백만톤 CO₂ eq

• 1990년도 대비 124.7% 증가, 2019년도 대비 6.4% 감소

• **배출량이 가장 많은 분야는 에너지 분야** (569.9 백만톤 CO₂ eq _ 비중 86.8%)

☑ 온실가스 **순 배출량 (LULUCF 포함)** : 2020년 618.3 백만톤 CO₂ eq

• 1990년도 대비 143.3% 증가, 2019년도 대비 6.8% 감소

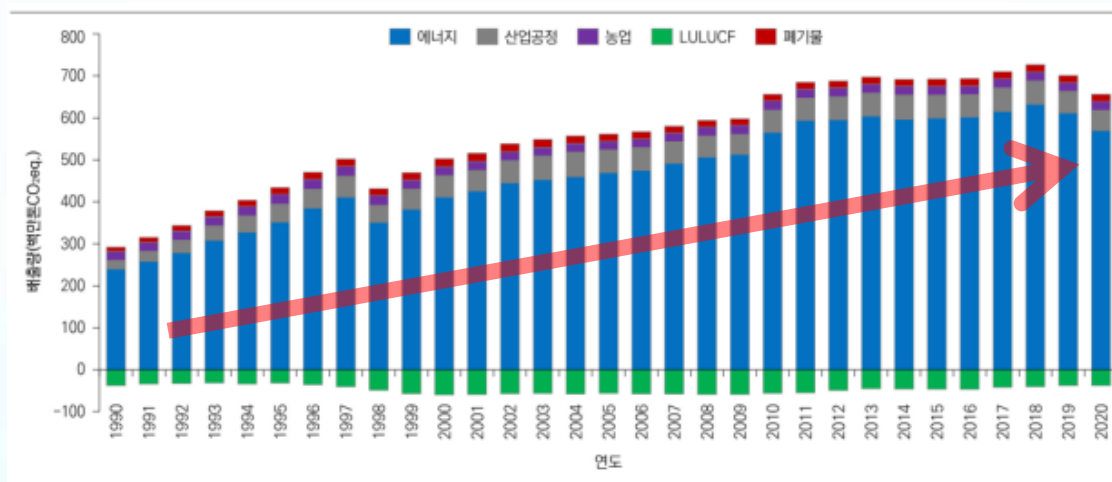
분야		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	증감률(%)	
											1990년 대비	전년 대비
에너지	배출량	240.3	352.0	411.6	469.4	565.7	600.3	632.6	611.6	569.9	137.2	-6.8
	비중(%)	82.3	81.1	81.9	83.6	86.2	86.7	87.0	87.2	86.8		
산업공정	배출량	20.4	43.1	50.9	54.6	53.0	54.5	55.8	52.2	48.5	137.4	-7.0
	비중(%)	7.0	9.9	10.1	9.7	8.1	7.9	7.7	7.4	7.4		
농업	배출량	21.0	22.8	21.4	20.7	22.1	21.0	21.1	21.0	21.1	0.4	0.4
	비중(%)	7.2	5.3	4.3	3.7	3.4	3.0	2.9	3.0	3.2		
LULUCF	배출량	-37.9	-32.1	-60.1	-56.3	-56.1	-46.6	-40.3	-37.7	-37.9	-0.2	0.4
	비중(%)	-13.0	-7.4	-12.0	-10.0	-8.5	-6.7	-5.5	-5.4	-5.8		
폐기물	배출량	10.4	15.8	18.9	16.8	15.4	16.9	17.4	16.5	16.7	60.9	1.3
	비중(%)	3.6	3.6	3.8	3.0	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5		
총 배출량 (LULUCF 제외)	배출량	292.1	433.8	502.7	561.5	656.1	692.6	727.0	701.2	656.2	124.7	-6.4
	비중(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
순 배출량 (LULUCF 포함)	배출량	254.2	401.6	442.6	505.2	600.0	646.1	686.6	663.5	618.3	143.3	-6.8
	비중(%)	87.1	92.9	88.4	90.4	91.8	93.6	93.8	94.8	95.8		

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ 연도별 온실가스 총 배출량 추세

- 1990년대에는 **경제 성장에 따라 온실가스 배출량도 크게 증가**
- 1990-1999년 기간 동안 온실가스 총 배출량은 **연 평균 5.4% 증가**
- 같은 기간 **실질 국내 총생산 (GDP)은 연 평균 6.9% 증가**
- 2000년대에는 경기가 회복되면서 온실가스 배출량 꾸준히 증가하나, **증가율은 점차 둔화**
- 연 평균 총 배출량은 2000-2009년 1.9%, 2010-2019년 0.7% 증가
- 최근 2년 (2019-2020) 간은 전년 대비 3.5%, 6.4% 연속 감소

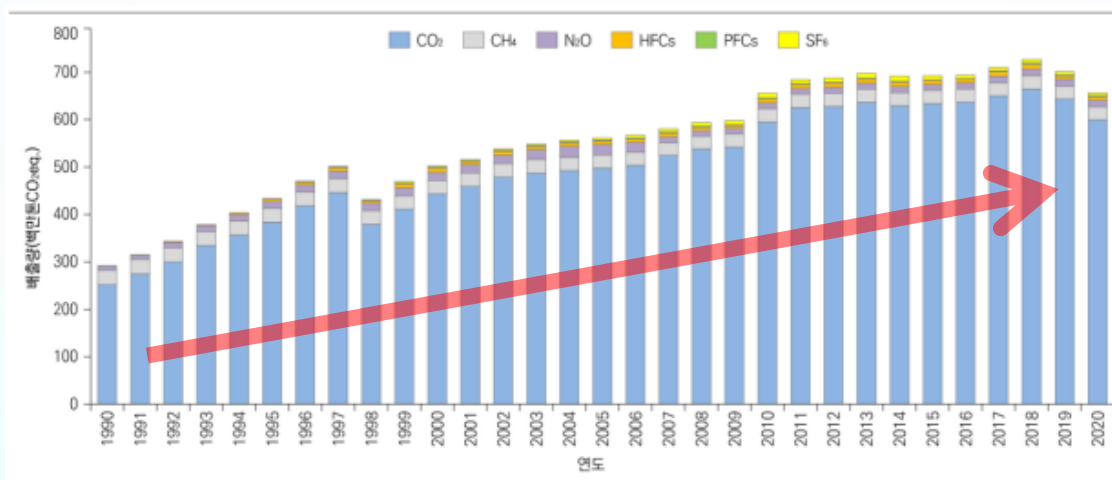


01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ 2020년도 온실가스별 배출량 변화

- CO₂는 1990년도 대비 138.0%, N₂O는 61.7% 증가, CH₄는 10.2% 감소
- CH₄ 배출량은 다른 온실가스들과 달리 1990년 이후 지속적으로 감소하며,
→ 이는 농업 분야 벼 재배 면적의 감소 등에 기인
- 불소계 온실가스는 1990년도 대비 크게 증가 (HFCs 577.9%, SF₆ 2,844.4%, PFCs 1,232,038.2%)
→ 1990년도 대비 냉장과 냉방장치의 냉매로 주요 사용되는 HFCs와 반도체,
액정표시장치 제조 공정에서 주로 사용되는 PFCs, SF₆의 사용량이 크게 늘었기 때문임

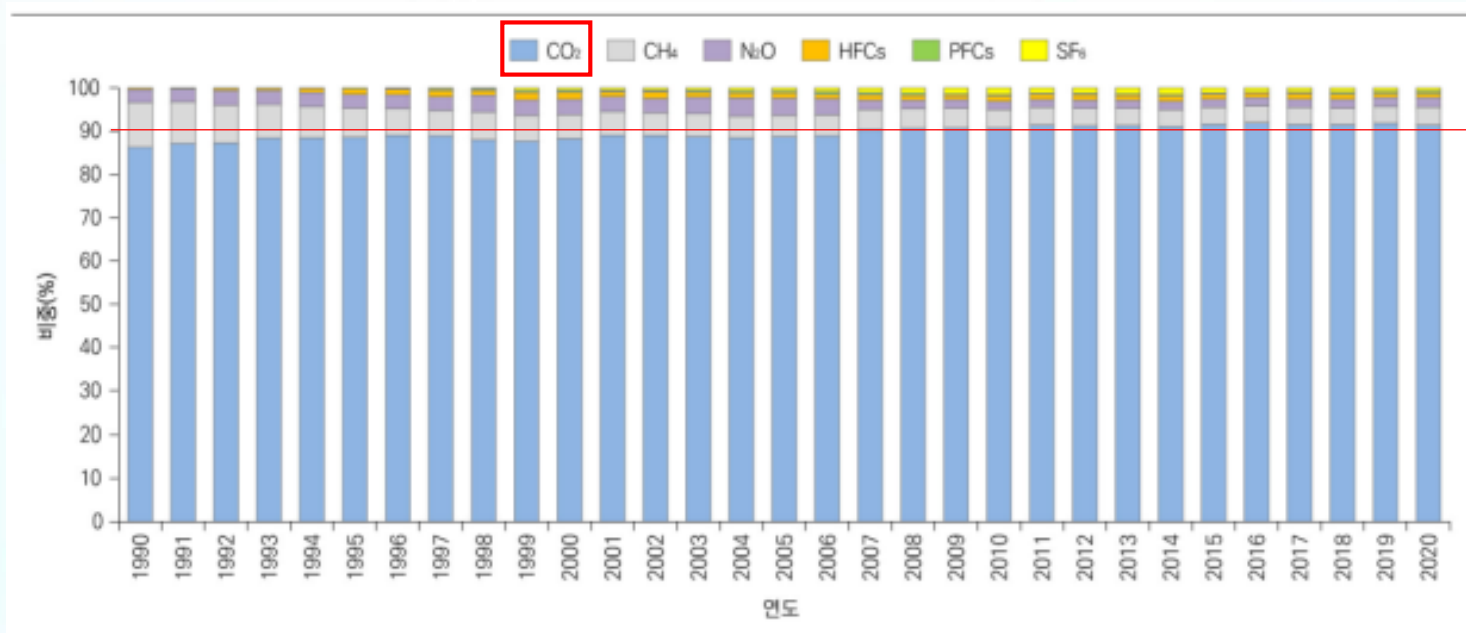


01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ 2020년도 온실가스별 배출량 비중

- 총 배출량 중 온실가스별 비중은 **CO₂가 91.4%로 가장 큼**
- 이어서 CH₄ 4.1%, N₂O 2.1%, HFCs 1.0%, SF₆ 0.8%, PFCs 0.5% 순으로 나타남
- 2019년 대비 **CO₂ 6.8%**, CH₄ 0.4%, N₂O 1.0%, HFCs 2.8%, SF₆ 16.2% 감소, PFCs 13.2% **증가**



01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ 온실가스 증감요인

- 2020년도 국가 배출량의 전년 대비 증감률 (-6.4%)에 가장 크게 기여한 분야는 배출량이 가장 높은 **에너지 분야 (기여도 -5.9%p)**
- 타 분야 증감률 기여도 : 산업공정 -0.5%p, 농업 0.01%p, 폐기물 0.03%p
- **LULUCF 분야**의 2020년 **순 흡수량**은 -37.9 백만톤 CO₂eq. 로 **전년 대비 0.4% 증가**
→ 산림지의 연간 순 임목 성장량 증가 및 산림 면적 감소폭 둔화 때문인 것으로 분석

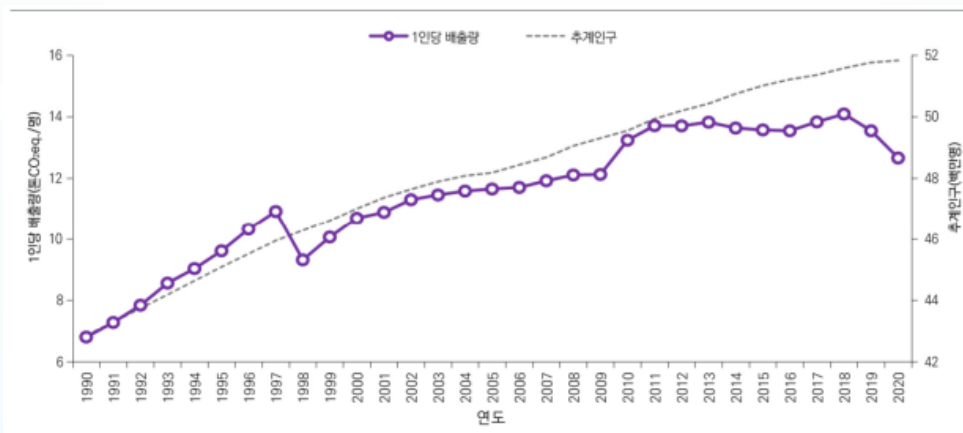
분야		1991	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020
에너지	기여도(%p)	6.1	6.0	6.3	1.7	4.4	0.5	2.4	-2.9	-5.9
	기여율(%)	76.6	80.1	88.5	208.4	90.7	617.3	104.0	81.8	92.6
산업공정	기여도(%p)	1.3	1.1	0.5	-0.7	-0.008	-0.5	-0.1	-0.5	-0.5
	기여율(%)	16.8	14.6	7.3	-91.9	9.0	-637.0	-4.0	14.1	8.1
농업	기여도(%p)	0.1	0.1	-0.1	0.03	-0.1	-0.06	0.02	-0.02	0.01
	기여율(%)	1.1	0.9	-1.7	3.8	0.7	-72.6	1.1	0.7	-0.2
폐기물	기여도(%p)	0.4	0.3	0.4	-0.2	0.1	0.1	-0.02	-0.1	0.03
	기여율(%)	5.4	4.5	5.9	-20.3	-0.4	192.4	-1.1	3.5	-0.5
총 배출량 (LULUCF 제외)	기여도(%p)	8.0	7.5	7.1	0.8	4.4	0.1	2.3	-3.5	-6.4
	기여율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ 1인당 온실가스 총 배출량

- 우리나라 인구 **1인당 온실가스 총 배출량** : 2020년 12.7 톤 CO₂eq (1990년 대비 85.8% 증가)
→ 이는 인구 증가보다 **산업 발달에 따른 온실가스 배출량 증가가 컸기 때문임**
- 온실가스 배출량 증가율 : 1990-2020년 **124.7% 증가**
→ **인구 증가율 20.9%를 크게 상회**하였으며, 같은 기간 **1인당 온실가스 배출량은 85.8% 증가**
- 2012년 1인당 온실가스 배출량 : 13.7 톤 CO₂eq
→ 1998년 경제 위기를 제외하고 처음 감소, 이후 2016년까지 감소하는 추세 유지
→ 2017-2018년 증가 추세로 전환되었으나, 2019년부터 1인당 온실가스 배출량은 다시 감소

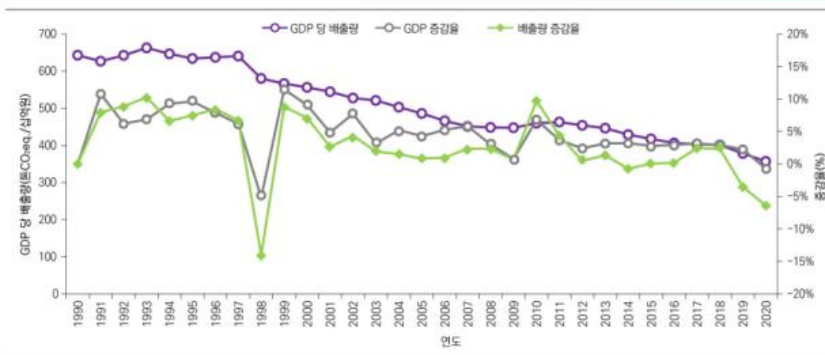


01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 총 배출량

- 2020년 GDP 대비 온실가스 총 배출량 : **356.7 톤 CO₂eq/10억원**
→ 1990년도 대비 44.5%, 2019년도 대비 5.7% 감소
- 1990~1997년까지 **온실가스 총 배출량과 GDP가 비슷한 비율로 증가**
- **1998년 금융 위기를 겪으면서 총 배출량과 GDP 모두 감소**
- 이후 두 지표 모두 증가세로 돌아섰으나, GDP 증가율에 비해 **온실가스 총배출량 증가율이 낮은 경향을 유지하여 GDP당 온실가스 총배출량은 전반적으로 감소하는 경향**
- 2010~2011년 기간 동안에는 2009년 경제 위기의 영향으로 GDP 당 온실가스 배출량이 다소 높게 나타났으며, 2012년 이후에는 다시 감소하는 추세로 전환

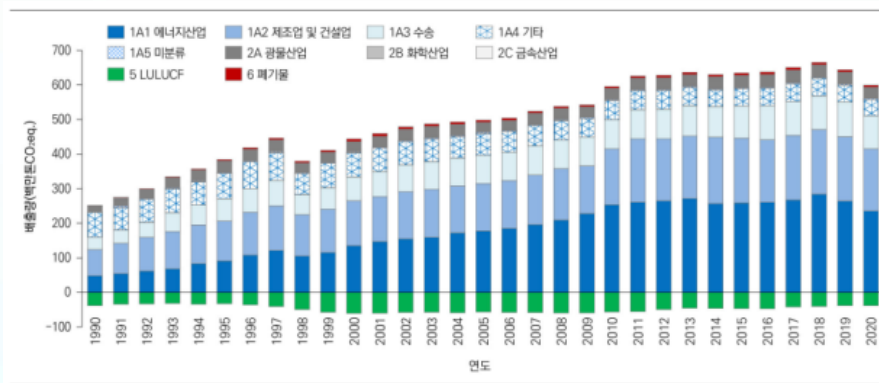


01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ 이산화탄소(CO₂) 배출 및 흡수 차이 분석

- CO₂ 총 배출량 (LULUCF 제외) : 2020년도 599.8 백만톤 CO₂eq. (**온실가스 총 배출량의 91.4%**)
→ 1990년도 대비 138.0% 증가, 2019년 대비 6.8% 감소
- CO₂ 순 배출량 (LULUCF 포함) : 2020년도 561.6 백만톤 CO₂eq.
→ 1990년도 대비 162.9% 증가, 2019년 대비 7.3% 감소
- CO₂ 배출량 증감률 : 1990년 대비 2020년도 폐기물 분야가 354.2% 증가
에너지 분야 142.2%, 산업공정 분야 71.5% 증가
- 2020년 분야별 CO₂ 배출 비중(LULUCF 순 흡수량 제외) :
- **에너지 분야 93.5%, 산업공정 분야 5.4%, 폐기물 분야 1.1%로 대부분 에너지 분야에서 배출**



1. 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

2) 국내 온실가스 인벤토리 - LULUCF

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ 분야 통합에 따른 인벤토리 체계 변경

- LULUCF 분야는 **온실가스 인벤토리 분야 중 유일하게 온실가스를 흡수하고 저장하는 분야**로 온실가스 감축 의무가 있는 국가에서는 매우 중요한 항목
- 2006 IPCC G.L.에 의해 **기존 농업 분야와 LULUCF 분야가 AFOLU 분야로 통합**
- 파리협정에 의한 보고는 2006 IPCC G.L.을 준용하여야 함
- 농경지 토양 배출원 및 소각 등 연소의 **배출원 산정이 LULUCF와 중복될 수 있다는 우려에서 중복성 제거**를 위한 이유로 예상됨
- 분야의 통합에도 불구하고, 산정방식이나 카테고리는 **현행 IPCC GPG-LULUCF(2003)를 그대로 준용하도록 규정하고 있어, 특별한 변경은 없음**

1996 IPCC GL	2006 IPCC GL
에너지 분야	에너지 분야
산업공정 분야	산업공정 분야
농업 분야	농업과 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 (AFOLU)
토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 (LULUCF)	
폐기물 분야	폐기물 분야

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- LULUCF 분야는 다른 온실가스 인벤토리 분야와 다르게 생산량이나 사용량을 기준으로 배출·흡수계수를 적용하는 것이 아닌 활동자료인 **토지 피복도를 기준으로** 산정
- 토지이용형태면적을 산출함에 있어 사용하는 정보의 내용에 따라 Approach (토지이용변화 접근수준)로 구분

구분	접근방법
Approach 1	IPCC 가이드라인에 따라 각 범주의 총 면적 제시
Approach 2	자국의 현황을 반영하여 토지이용형태 간 면적의 변화 를 하위 범주로 구분 (예 : 농경지 : 논, 밭, 과수원 등으로 구분)
Approach 3	토지이용형태 간 면적의 변화 흐름 (Approach 2) 위에서 연속적인 면적 변화 파악 (연중 변화량)

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- LULUCF 분야 6개 토지이용 부문의 공간 정의는 IPCC GPG-LULUCF(2003)에서 기본방향 제시
- 국가별 환경적·정책적 특성을 고려한 국가 정의 설정 원칙을 2019 IPCC 개선 보고서에서 정의
- 온실가스 흡수·배출량은 원칙적으로 관리되는 토지를 대상으로 인위적 활동에 의한 탄소 변화량으로 산정, 따라서 LULUCF 분야의 공간 범위는 관리되는 국토면적이 됨
- 또한 관리면적은 토지이용 변화 면적의 증감이 타 부문의 증감과 정합하고, 그 합은 해당 국가의 총 면적과 일치하여야 함
- 따라서 LULUCF 분야 6개 부문의 면적은 중복 및 누락 없이 산정되어야 함

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

구분	분류 정의
산림	목본식생으로 된 모든 토지를 포괄하며 국가 온실가스 인벤토리에서 관리되는 산림지와 관리되지 않는 산림지로 구분하여 정의할 수 있음. 또한 현재 산림으로 정의할 수 있는 수준 이하의 식생이 분포하나 잠재적으로 산림으로 성장할 수 있는 경우 산림지에 포함
농경지	경작이 가능한 토지를 포함하며, 산림지 분류에 속하기 어려운 수준의 식생이 재배되는 산림 재배지도 국가 재량에 따라 포함
초지	농경지로 분류하지 않는 방목장과 목초지를 포함하고, 산림지로 분류할 수 있는 수준 이하의 식생이 분포하고, 별도의 관리 없이는 산림으로 성장하기 어려운 토지를 초지로 분류. 초지는 황무지에서 휴양지 뿐만 아니라, 작물 재배와 산림-목초체계 등을 포함하며, 관리되는 초지와 관리되지 않는 초지로 구분하여 정의할 수 있음
습지	연중 혹은 일정 기간 침수되어 있는 토지 로, 산림지, 농경지, 초지 또는 정주지에 포함되지 않는 토지 관리되는 습지와 관리되지 않는 습지로 구분 할 수 있음. 관리되는 습지에는 저수지 를 예로 들 수 있고, 관리되지 않는 습지에는 자연 하천, 호수 등이 있음
정주지	다른 토지 이용 분류에 포함되지 않은 교통시설과 인간 정주지 등을 포함하는 개발된 토지
기타 토지	나지와 암석, 빙하를 포함하여 다른 5개 토지 이용 분류에 속하지 않는 토지. 기타 토지의 면적과 다른 5개 토지 이용 면적의 합은 국가 통계 상에서 확인된 11111전 국토면적과 일치해야 함

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- 기존 국가 통계 중 토지 이용 구분에 부합하는 항목(지목) 별로 재분류 하여 활용
- 우리나라 국토에는 법적·행정적으로 관리되지 않는 토지가 존재하지 않는 것으로 가정

구분	유형	산정기준	Approach 구분
전국토	-	전국토를 대상으로 하며, 비관리 토지는 존재하지 않는다는 가정 적용	지적통계의 전체 국토 면적
산림지	침엽수림	임업통계연보의 침엽수림 면적	Approach 2 [산림청 임업 통계 연보기준]
	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/뽕밭/기타수원지의 '논' 면적] - [시설작물의 과수의 '논' 면적]	Approach 2 [농진청 농업 면적 조사 기준]
	밭	농업면적조사의 ['밭' 면적] - [노지과수/뽕밭/기타수원지의 '밭' 면적] - [시설작물의 과수의 '밭' 면적]	
	과수원	농업면적조사의 [노지과수/뽕밭/기타수원지의 '논'과 '밭' 면적] + [시설작물 과수의 '논'과 '밭' 면적]	
초지	-	지적통계의 목장용지 면적	Approach 1 [국토교통부 습지 지적통계 기준]

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- 산림지와 농경지를 제외한 타 부문의 온실가스 인벤토리는 **Approach 1 수준**에 머무름
- 범주별 면적자료와 전용정보의 부재로 인해 정주지의 경우 온실가스 통계를 산정하지 못함
- **습지**는 ‘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

구분	유형	산정기준	Approach 구분
습지	하천	지적통계의 하천/구거/유지/양어장 면적 합산	Approach 1 (국토교통부 습지 지적통계 기준)
	구거		
	유지		
	양어장		
정주지	-	지적통계의 광천지/염전/대/공장용지/학교용지/주차장/주유소 용지/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 + 농경 지 + 초지 + 습지 + 정주지]	Approach 1

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- 활동자료를 통해 분류된 토지 피복유형에 따라 토지의 이용 및 전용, 관리 활동 등을 통해 발생하는 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O)의 배출·흡수량 계산
- 온실가스 배출·흡수량의 산정식은 산림지를 제외하고 **IPCC 2006 GL (Tier 1) 기준**
- **습지의 온실가스 배출·흡수량 산정기준** : 2006 IPCC GL Vol.4 Appendix 2에서 제시된 ‘**습지에서 분자 확산 (Diffusion) 배출량 산정**’을 위한 **Tier 1** 방법론 적용

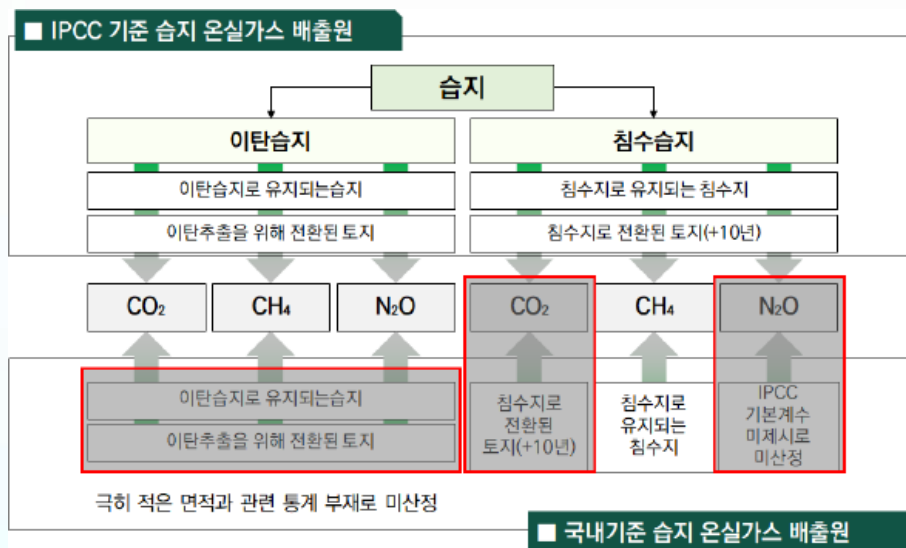
구분	CRF 코드	산정기준	온실가스	Approach 구분
습지 5D	5 D 1	습지로 유지된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Tier 1
	5 D 2	타 토지에서 전용된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	
	5 I I D	습지에서 배수로 인한 Non-CO2 배출	CO ₂ , N ₂ O	
	5 V D	습지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CO ₂ , N ₂ O	

이 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 온실가스 인벤토리 분석 항목

- 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 통계 데이터가 없어 미산정 (온실가스 0) 으로 처리
- 습지의 구분은 습지로 유지된 습지와 타 토지에서 전용된 습지로 구분
- 침수습지의 경우 침수지로 유지되는 침수지와 침수지로 전환된 침수지로, 전환된 침수지는 10년간 이산화탄소를 배출하는 것으로 산정

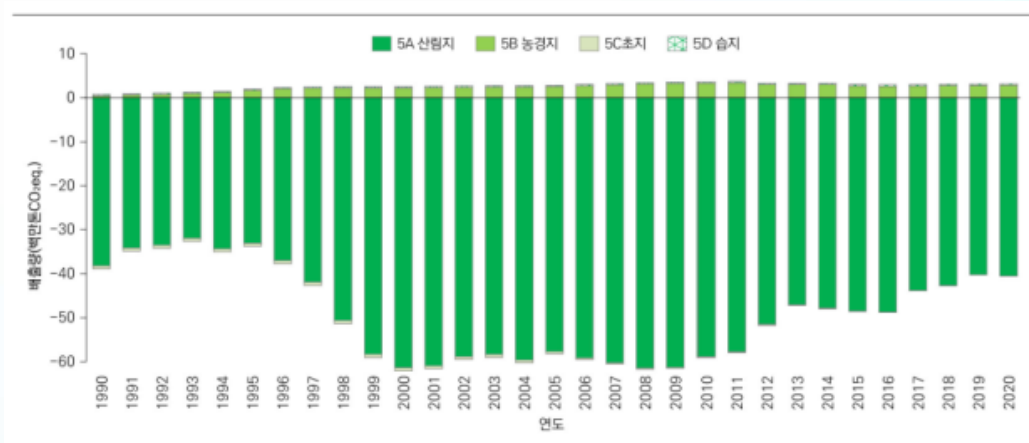


01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ LULUCF 분야 배출·흡수 추이 분석

- LULUCF 분야 순 흡수량 : 2020년 **-37.9 백만톤 CO₂eq** (절대값 환산 시 총 배출량 대비 5.8%)
→ 1990년 대비 0.2% 감소, 전년 대비 0.4% 증가
- LULUCF 분야 부문별 배출·흡수 비중 : **산림지 부문 -40.5 백만톤 CO₂eq** (흡수 총량의 **98.8%**)
- 습지 부문 배출량 : 2020년 0.3 백만톤 CO₂eq. (**배출 총량의 10.1%**)
→ 1990년 대비 9.3% 증가 (CH₄ 활동자료인 전체 인공 침수지 면적 및 비결빙일수 증가 원인)
- * **습지는 지적 통계 상의 실제 토지이용 현황과 차이가 있어 국내 현황을 반영하기 어려워 온실가스를 배출하는 것으로 분석됨**



01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 차이

☑ LULUCF 분야 배출·흡수 차이 분석

- LULUCF 분야에서 산정하는 온실가스 : CO₂, CH₄, N₂O (CO₂ 흡수 비중이 절대적으로 높음)
- CO₂ 흡수량 -38.2 백만톤 / CH₄ 흡수량 0.3 백만톤 / N₂O 흡수량 0.01 백만톤 CO₂eq.

CRF	배출원	온실가스	비고
5 D 1	습지로 유지된 습지	CO ₂ , CH ₄	
	내륙습지	CH ₄	장항습지는 내륙습지에 해당되나 IPCC 기준으로는 CO ₂ 흡수량을 산정할 수 없음
	연안습지	CO ₂ , CH ₄	
5 D 2	타토지에서 전용된 습지	CO ₂	
5(II)D	습지 배수로 인한 non-CO ₂ 배출	CH ₄	

분야	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020
5 D 1	204	196	235	236	252	303	273	279	287
내륙습지	210	202	240	240	259	314	284	290	298
연안습지	-6	-7	-5	-5	-7	-11	-11	-11	-11
5 D 2	87	97	92	55	57	63	36	32	31
5(II)D	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
합계	291	293	328	290	309	365	309	311	318

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 온실가스 배출 및 흡수 추이

☑ LULUCF 분야 시사점

- 현재 우리나라의 습지 분야 범주별 정의는 IPCC 기준에 부합하지 못하는 상황이며, IPCC 기준 또한 국내 습지 현황을 반영하지 못하는 실정
- 국내 자연 습지는 IPCC 2006 GL 기준에 명시된 '관리된 저수지를 습지로 정의'라는 항목에 의해 온실가스 인벤토리 대상에서 제외
- 습지는 피복 유형과 온실가스 배출·흡수 모두 IPCC 2006 GL 기준으로 산정하고 있어 지적 통계 상의 실제 토지이용 현황과 차이점이 있어 국내 현황을 반영하기 어려워 온실가스를 배출하는 것으로 분석
- 그러나, 국제적 연구에 의하면 습지는 동일 면적 기준 숲, 바다보다 더 많은 이산화탄소를 저장
- 현재 정부에서도 습지의 탄소흡수원으로서의 가치 증진에 중점을 두어, 약 5년간 내륙습지 생태계의 탄소 배출 및 흡수가치 연구를 통해 탄소 흡수 잠재량을 정량적으로 평가할 계획
- 현재 온실가스 인벤토리상 탄소 배출원으로만 인정받는 내륙습지를 온실가스 감축수단으로 인정하고자 하는 것

1. 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

3) 고양시 온실가스 배출 현황

01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

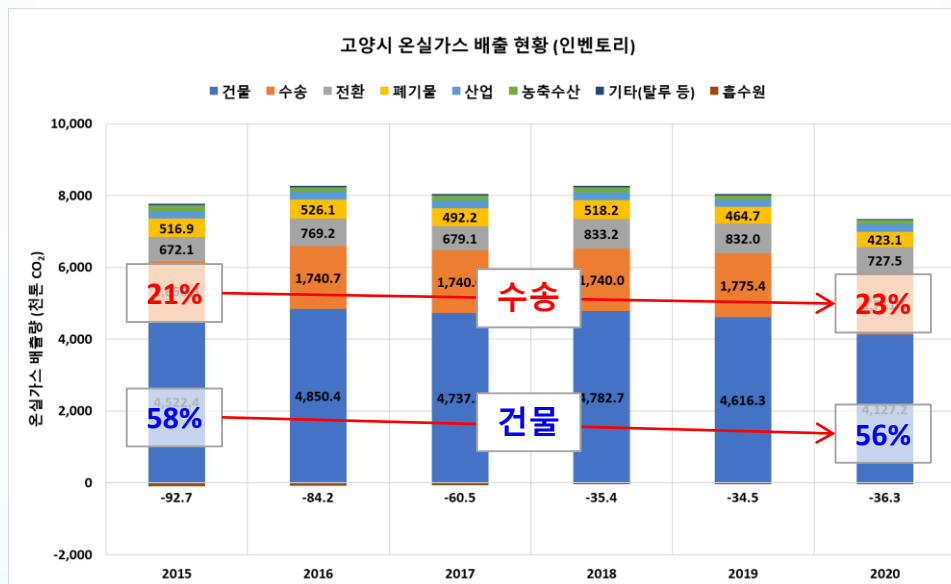
❖ 고양시 온실가스 배출·흡수 현황

☑ 최근 6년 간 ('15~'20) 온실가스 총 배출량

- 2018년 정점 찍은 후 감소 추세 (8,273 천톤 CO₂ eq.), 2020년 7,354 천톤 CO₂ eq.

☑ 2020년 온실가스 총 배출량 기준

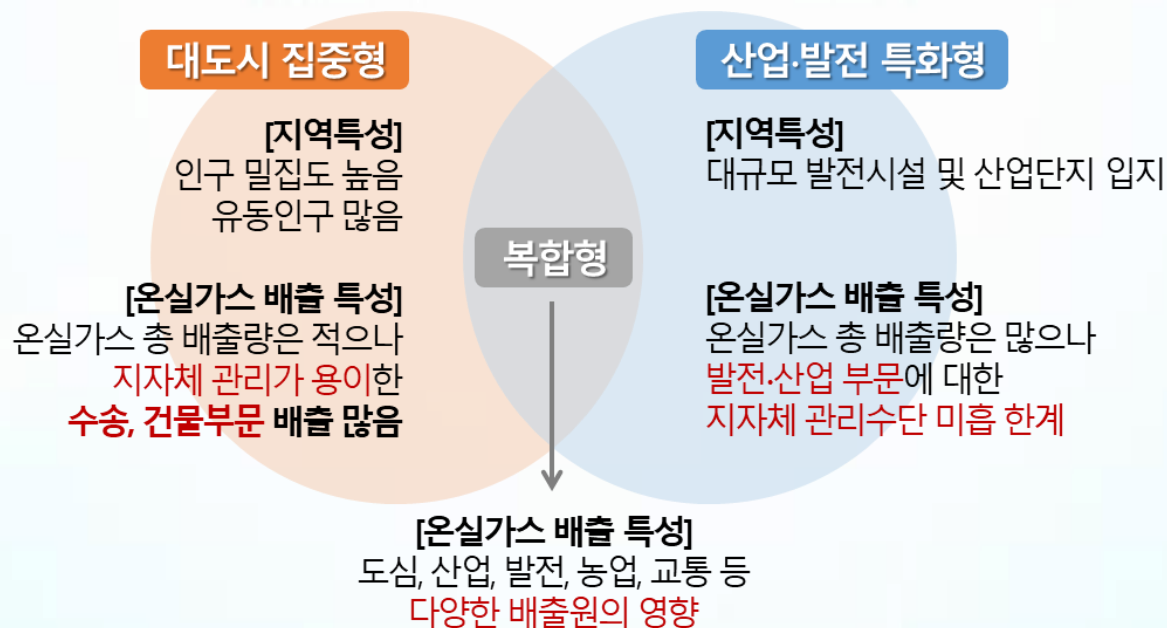
- 건물 부문 56%, 수송 부문 23% → 총 배출량의 79% (매년 유사한 수준)
- 건물 부문 주요 배출원 : 가정 (59.5%), 상업·공공건물 (40.4%) 이 대다수
- 수송 부문 주요 배출원 : 주로 자가용 (개인 차량 이용률 꾸준히 증가)



01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 고양시 온실가스 배출·흡수 현황

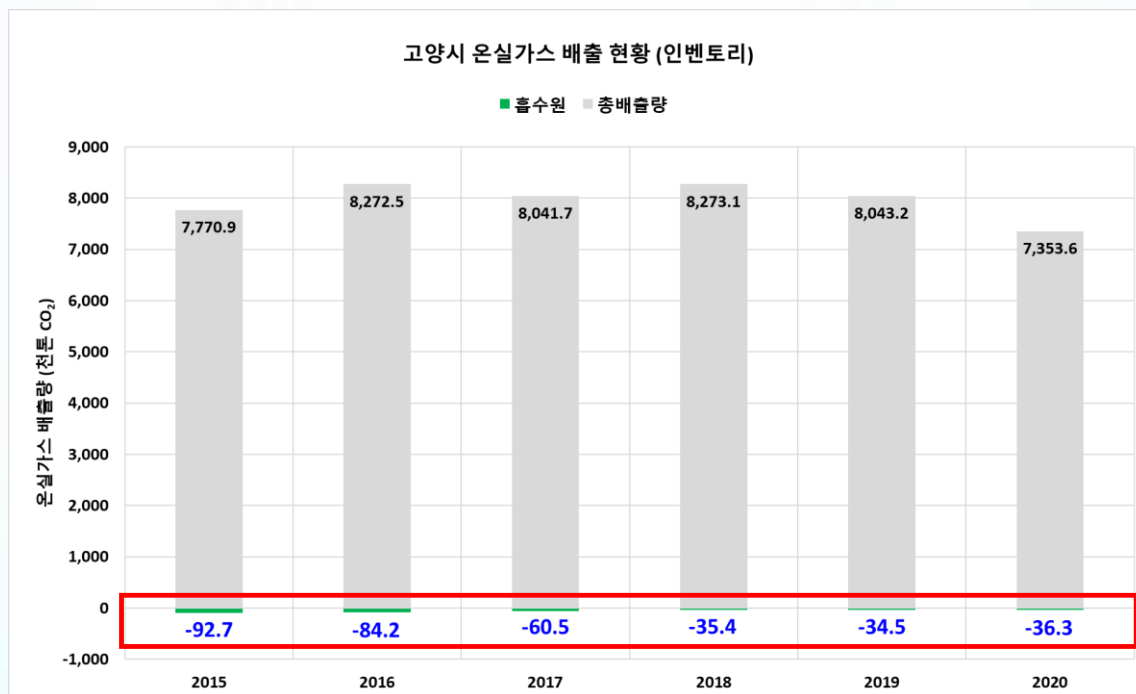
- ☑ 대규모 주거지역 조성, 각종 개발사업 시행에 따라 **3차 산업인구가 대다수인 전형적인 소비형 도시**
- ☑ 수도권 정비계획법상 **과밀억제권역으로 공업지역은 0%**
- ☑ 덕양구 일원 **개발제한구역으로 인해 도시 성장 제한** (총 개발제한구역 119.3 km², 전체 면적의 44%)
- ☑ 경기도 내 수원시 다음으로 인구가 많은 도시 (경기도 전체 인구 대비 8.1% 차지_2019년 기준)
 - 경기도의 경우 '복합형'에 해당되나, 그 중에서도 **고양시는 '대도시 집중형'과 유사한 배출특성**



01 온실가스 인벤토리 개념 및 현황

❖ 고양시 온실가스 배출·흡수 현황

- ☑ 고양시 흡수원 분야의 **온실가스 흡수량은 지속적으로 감소** 추세
- ☑ 기존 도시 녹지는 실질적으로 탄소를 흡수함에도 불구하고 IPCC 기준에 의해 인벤토리 미반영
- ☑ 실제로는 통계적 수치 대비 많은 양의 탄소가 흡수되고 있을 가능성 높음
- ☑ 또한 시에서는 **탄소 흡수원 확충**을 위해 도시숲 조성, 습지 보존 등 다양한 사업 적극 추진중



2. 국내 탄소흡수원 산정 및 평가 사례

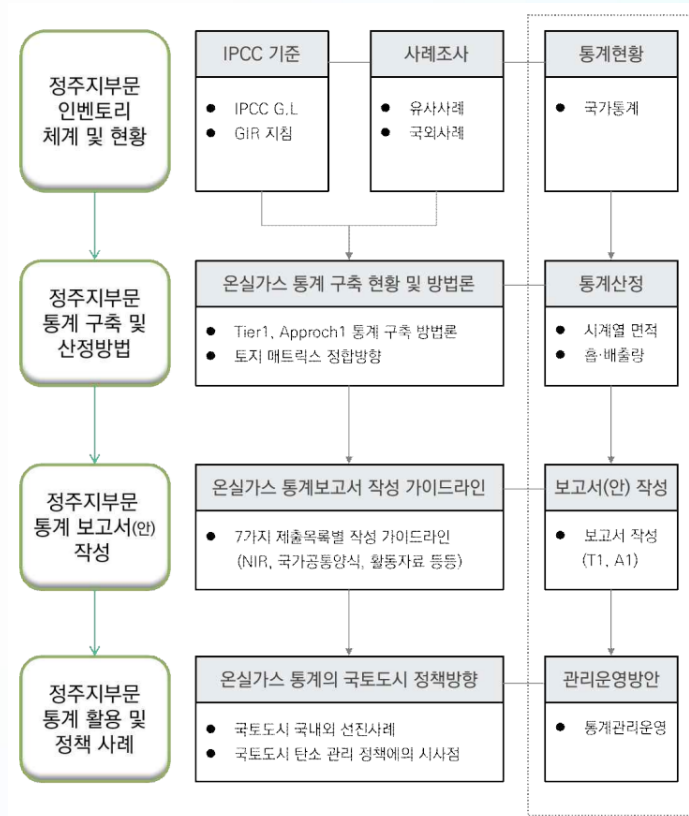
02 국내 탄소 흡수원 산정 및 평가 사례

❖ 국내 사례연구

☑ 2021년 정주지 부문 국가 온실가스 통계산정 연구 (국토교통부, 2021)

연구 내용

- 2024년부터 국제사회 보고 의무를 갖는 국가 온실가스 인벤토리 통계 작성을 위한 기초연구
- ‘농업과 토지이용 및 토지용 변화와 임업분야 (AFOLU)’의 정주지 부문에 대한 온실가스 통계보고서 작성을 위한 방법론 검토 및 국가 통계 산정 수행
- 정주지 부문의 통계 산정 및 관리를 위한 운영방안 수립
[정주지 : 인간 정주를 위한 개발지역, 인간 거주 활동이 이루어지는 면적 범위를 갖는 공간]



02 국내 탄소 흡수원 산정 및 평가 사례

❖ 국내 사례연구

☑ 광명시 도시숲의 탄소흡수원 증진방안 연구 (녹색탄소연구소, 2023)

연구 내용

- 광명시 관내 산림지, 하천(안양천, 목감천), 가로수, 공원, 주거지 주변 등의 수목 현황조사를 바탕으로 탄소흡수 증진 사업 실시 및 신규사업 발굴
- 현장조사, 원격탐사(위성, 다중분광, lidar) 및 조림, 숲가꾸기 사업 자료 등을 기반으로 도시숲의 탄소흡수원 데이터를 구축하고 탄소배출 감축 목표 조기 달성에 기여

□ 광명시 정주지 부분 온실가스 산정 (Tier1,2a & Approach1)

단위: tC

대분류	중분류	산정항목	활동자료(ha)	배출계수계수		온실가스량
정주지로 유지된 정주지 (Tier 2a)		바이오매스	131.52	2.9		-381.40
		고사유기물		1.0		-131.52
		토양		1.0		-131.52
		합계			-644.43	
대분류	중분류	산정항목	활동자료(ha)	전환 전 탄소축적량	전환 후 탄소축적량	온실가스량
타토지에서 전용된 정주지 (Tier 1)	산림에서 전용	바이오매스	1.39	60		4.18
		고사유기물		24		1.67
		토양				
	농경지에서 전용	바이오매스	27.15	4.7		6.38
		고사유기물		4.7		6.38
		토양				
	습지에서 전용	바이오매스	0.21	0.8		0.01
		고사유기물				
		토양				
	소계					18.60
합계					-625.83	

□ InVest 탄소 저장 및 흡수모델링 결과 및 분석

토지이용	탄소 저장량 (tC/ha)					추가 조성면적 (ha)	추가 탄소 저장량 (tC)	ha당 식재 주수	전체 식재 주수
	지상부	지하부	토양	고사목	합계				
활엽수림	64.31	23.15	55.68	10.13	153.27	0.5	76.635	3,000	1,500
침엽수림	42.87	11.57	38.75	13.45	106.64	0.5	53.32	3,000	1,500
혼효림	53.59	17.36	47.22	11.79	129.96	0.5	64.98	3,000	1,500
자연초지	4.17	16.69	88.2	0	109.06	0.5	54.53	300	150
인공초지	1.15	4.58	11.5	0	17.23		0		0
내륙습지	35.24	9.18	88	0	132.42	0.5	66.21	-	
연안습지	1.3	1.3	240	0.7	243.3		0	-	
자연나지	0	0.33	0.33	0	0.66		0	-	
합계						2.5	315.68		4,650

광명시 탄소흡수원 목표를 달성하기 위해서는 매년 2.5ha정도의 면적에 4,650그루의 나무를 심어야 함

3. 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

1) 장항습지 일반 현황 및 기초조사

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 장항습지 일반 현황 및 기초조사

☑ 하구습지

- 하구에 발달하는 습지 (하구갯벌, 삼각주, 기수염습지, 조석담수습지 등)
- 특징 : 낮은 염도, 얕은 수심, 높은 혼탁도, 과도한 영양분, 높은 생산성, 낮은 종다양성
 - 독특한 염분 환경과 이에 적응한 기수성 생물들이 서식하는 것이 다른 습지와 구별됨
 - 하천과 해양, 담수와 해수에 연관되어 복잡하게 나타는 먹이그물을 가짐

☑ 한강하구습지보호지역

- 한강하구는 고양시, 파주시, 김포시, 강화군에 이르는 한강의 아랫 부분을 말함
- 우리나라 4대강인 한강, 금강, 낙동강, 영산강 중 하구둑이 없는 자연 하구를 가진 곳은 한강 뿐
- 한강하구습지는 동아시아-호주 이동경로를 이용하는 물새의 서식처로 일찍 국제적인 주목
- 한강하구 기수역은 민물과 바닷물이 만나서 이루어진 중간 염도의 물이 나타나는 지역
- 지리적 상황 (군사지역, 일반인 출입 통제 등)으로 인해 생태계 교란 최소화
 - 다양한 기수역 생태계의 특징 보유 및 야생의 피난처 제공

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 장항습지 일반 현황 및 기초조사

좌표	위도	37°39'28.8"N	경도	126°49'55.2"E
면적	26,811.7ha			
일반적 위치	내륙지역			
습지 면적	총 1,218.6ha [자연습지 1,187.7ha, 인공습지 30.9ha]			
습지율	현재 습지율 : 4.55%			
습지 유형	내륙습지, 하천형, 기수역			



람사르 습지 : 장항습지

☑ 지리적 연계 특성 ➡ 분단으로 파생된 평화 습지

➔ 한강하구 유일의 람사르 습지로서 **DMZ가 만든 독특한 습지생태계**

➔ 고양 장항습지는 개발압력이 높은 수도권에 위치하여,
현재도 보전과 개발 갈등 직면

☑ 생태적 연계 특성 ➡ 기수성 맹그로브 생태계

➔ **강과 바다가 만나는 기수역 생태계**

➔ 말뚝계는 버드나무와 공생관계를 가진 **맹그로브 숲 생태계**

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 장항습지 일반 현황 및 기초조사

☑ 장항습지

- 기수역 상부에 위치하여 조수간만의 차가 있는 감조 구간에 포함되나
염도는 낮으며 강물의 영향이 큰 담수조석습지로 분류됨
- 선버들 군락이 우점하고 있으며, 갯버들, 갈대 등이 함께 나타남
- 조수성 습지에 우점하는 선버들 군락은 조석에 의해 지하부가 주기적으로 침수되는 특징
- 습지 환경에서 버드나무 뿌리 주변에 굴을 파고 살아가는 말뚝게는 버드나무의 성장을 돕는
공생관계 유지
- 기경효과를 주어 뿌리까지 공기가 유통되게 하고 낙엽을 분해하여 물질 순환에 기여



3. 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

- ☑ 현재 국내 습지 분야 범주별 정의는 IPCC 기준에 부합하지 못하는 상황
IPCC 기준 또한 국내 습지 현황을 반영하지 못하는 실정
→ 국내 현황에 맞추어 활동자료 및 배출·흡수 계수의 재정립 및 구축 필요
- ☑ 현재 국내 내륙습지의 전체 면적과 식생구조 등을 파악할 수 있는 일관적인 기본정보 부재
기후변화 대응에 미치는 영향력을 함께 고려하지 않음
→ 국내 실정에 맞지 않는 기준으로 인해 탄소 흡수원임에도 불구하고 배출원으로 구분
- ☑ 고양시 내 장항습지를 중심으로 산정수준을 고도화 할 수 있는 방법론을 도출하여
탄소 흡수원으로서의 장항습지를 정량적 평가

생태계 탄소 축적량 변화 계산 (예시)

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

$$\Delta CO_2 = \Delta C_{AFOLU} \times 44/12$$

ΔC	= 탄소축적량 변화	GL	= 초지
AFOLU	= 농업, 임업 및 기타 토지이용	WL	= 습지
FL	= 산림지	SL	= 정주지
CL	= 농경지	OL	= 기타 토지
ΔCO_2	= 연간 총 탄소축적 변화량, CO ₂ (톤)/년		
44/12	= 탄소축적변화량을 CO ₂ 배출량으로 전환		

출처: 다음 자료의 내용을 조정한 식. 2019 Refinement to 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture Forestry and Other Land Use, Section 2.2.1, eq 2.1. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Generic%20Methods.pdf

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

- ☑ 토지 피복도 및 선행 연구조사 자료를 통한 **장항습지 내 식물군 면적 조사**
[장항습지 내 식물군 및 면적은 자연적으로 변화하고 있어 정기적인 모니터링 필요]
- ☑ 식물군별 흡수계수를 적용하여 장항습지 탄소 흡수량 정량 산정

장항습지 위성사진



장항습지 토지피복도

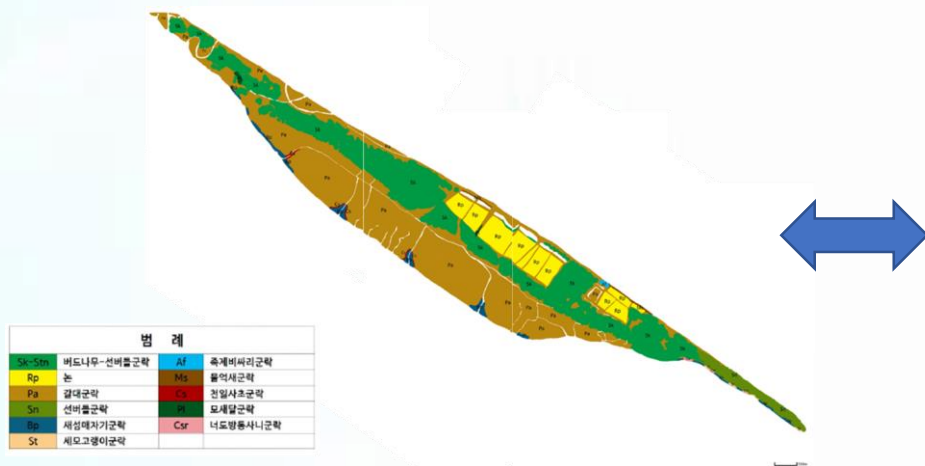


03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 내 식물군 면적 조사

- 선행 연구 자료를 참고하여 지도 상 토지 피복현황 및 면적 산출 (피복 면적은 변동될 수 있음)



장항습지 모니터링 자료

2020 한강하구 습지보호지역 생태계 모니터링 결과보고서
(2021, 환경부 한강유역환경청)



장항습지 지도 내 면적 산출

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 내 '논' 면적



논 면적 합계	373,002 m ²
------------	------------------------

☑ 장항습지 내 '버드나무-선버들' 면적



※ 버드나무와 선버들은 버드나무 개체로 통일하여 계산

버드나무-선버들 면적 합계	1,280,010 m ²
-------------------	--------------------------

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 내 '갈대' 면적



갈대
면적 합계

1,770,000 m²

☑ 장항습지 식물군 면적 산출

식물군	논	버드나무-선버들	갈대	합계
면적	373,002 m ²	1,280,010 m ²	1,770,000 m ²	3,423,012 m ²
비율	10.9 %	37.4 %	51.7 %	100 %

※ 장항습지 내 주요 우점 식물군에 한하여 계산

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 탄소 흡수량 산출 ①

- 논문 및 연구자료 조사를 통한 탄소 흡수 원단위 적용



식물군	면적 [A] [m ²]	탄소 흡수 원단위 [B] [ton CO ₂ eq/m ² ·yr]	탄소 흡수량 [C=A*B] [ton CO ₂ eq/yr]	장항습지 탄소 흡수량 [ton CO ₂ eq/yr]
논	373,002	0.001131 ¹⁾	421.9	3,036.9
버드나무 선버들	1,280,010	0.0014 ²⁾	1,792.0	
갈대	1,770,000	0.000465 ³⁾	823.1	

- 1) 논문 '벼논에서 양분관리별 탄소의 흡수배출에 대한 탄소수지 평가' (2017, 농촌진흥청)
 2) 논문 '하천변 버드나무군락의 1차 순 생산량, 유기탄소 흡수량과 낙엽분해' (2010, 한국습지학회)
 3) 연구보고서 '수생태계가 온실가스의 발생 및 배출량에 미치는 기초연구' (2009, 대전발전연구원)

장항습지는
연간 약 3,040 톤의 탄소 흡수

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 탄소 흡수량 산출 ②

- 한국환경공단 '지자체 온실가스 감축사업별 감축원단위 적용 가이드라인'의
II-8-8 흡수원 '습지공원 조성' 감축 원단위 적용



식물군	면적 [A] [㎡]	감축 원단위 [B] [ton CO ₂ eq/㎡]	탄소 흡수량 [C=A*B] [ton CO ₂ eq]
논	373,002	0.039 *	133,497
버드나무	1,280,010		
선버들	1,770,000		
갈대	1,770,000		

* '지자체 온실가스 감축사업별 감축원단위 적용 가이드라인' (2024, 한국환경공단)

**장항습지는
약 133,500 톤의 탄소 흡수**

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 정량 평가

☑ 장항습지 탄소 흡수 효과

- 장항습지 전체 면적의 탄소 흡수량과 자동차 CO₂ 배출량의 비교를 통한 탄소 흡수효과 산출

구분	탄소 흡수량 [A] [ton CO ₂ eq/yr]	자동차 1대당 CO ₂ 배출량 [B] [ton CO ₂ eq/1대]	탄소 흡수효과 [C=A/B] [1대/yr]
산출 ①	3,036.9	62.74 *	48
산출 ②	133,497		2,128

* '변장한 석유 기업들, 2024 에디션' (영국 카본트래커 이니셔티브, 이탈리아 노미스마 연구기관)

- 도요타, 폭스바겐, 르노-닛산-미쓰비시, 메르세데스 벤츠, 혼다, 포드, 현대차·기아, BMW, 스텔란티스 등 9개 글로벌 자동차 기업의 2022년 기준 지속가능성 보고서와 연례 재무 보고서 등을 분석해 **자동차 1대당 'Scope 3'까지의 평균 배출량을 추산**한 뒤, 이 값을 기업들이 자체적으로 공개한 배출량 자료와 비교
- Scope 3는 부품업체 등 자동차 기업의 공급망에서 발생한 배출량은 물론 자동차 구매자들이 차량을 운행하면서 연료를 사용한 것에 따른 배출량까지 포함

산출 ① 기준 : 연간 **자동차 48대**가 운행할 때 발생하는 CO₂ 만큼 흡수

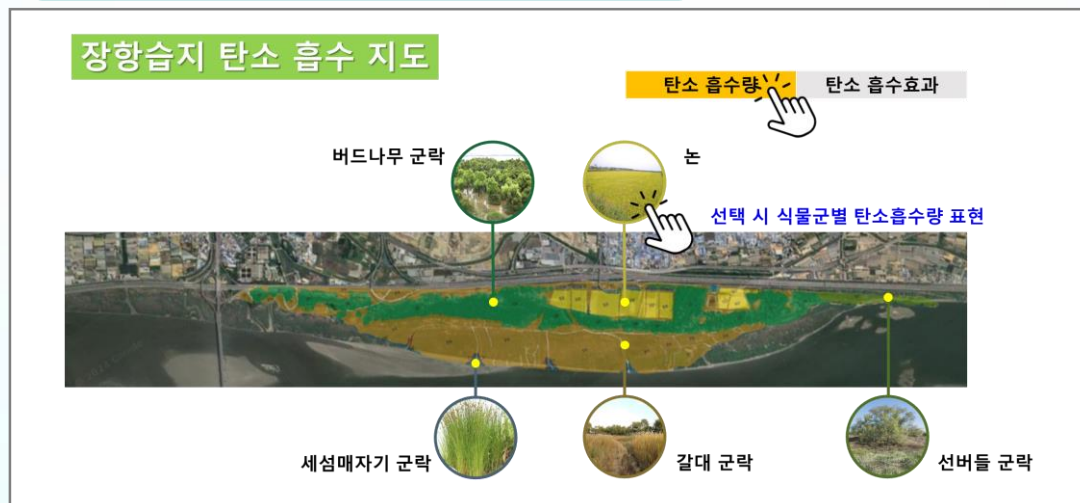
산출 ② 기준 : 연간 **자동차 2,128대**가 운행할 때 발생하는 CO₂ 만큼 흡수

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 산정 프로그램 개발

- ☑ 온실가스 흡수원의 통계 및 감축 이행실적 선제 대응을 위해서는 산정 체계 구축 필요
- ☑ 일반적으로 온실가스 통계는 담당자 개인 컴퓨터에서 엑셀 등을 기반으로 산정되어, 작업 소요 시간이 크며, 이력 관리 체계가 미흡한 실정
- ☑ 온실가스 통계 산정을 프로그램 기반으로 투명하게 산정할 수 있는 자동화 기능 구현 시급
- ☑ 본 연구용역의 결과 데이터를 습지 부문 온실가스 통계 산정 시 참고자료로 활용할 수 있도록 프로그램 개발

장항습지 탄소흡수원 산정 프로그램 예시



03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 산정 프로그램 개발

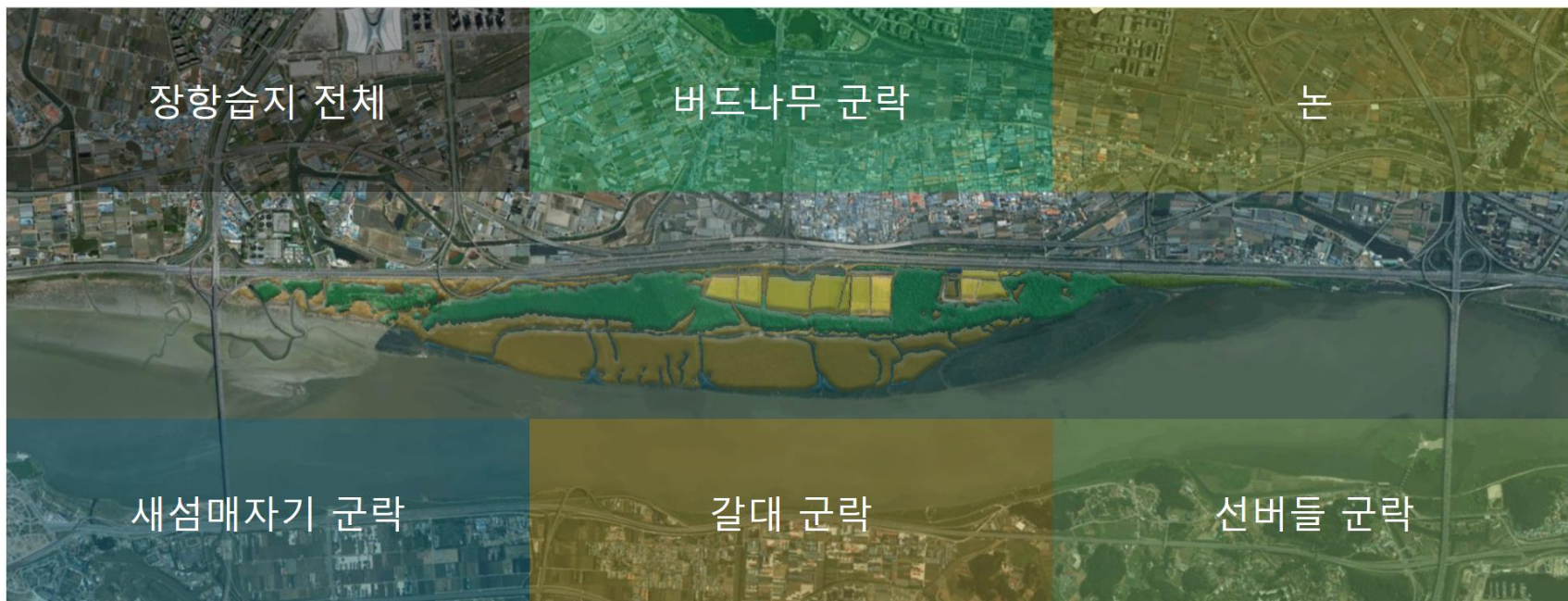
☑ 장항습지 주요 우점 식물군 별 흡수량 표현

장항습지 탄소 흡수 지도



탄소흡수량

탄소흡수효과



초기화면

03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

❖ 탄소 흡수원 산정 프로그램 개발

☑ 장항습지 주요 우점 식물군 별 흡수량 표현

- 관리자 모드 : 식물군 별 면적 및 흡수원 단위 입력 (장항습지 담당자만 접근 가능)

→ 주기적인 장항습지 식생 모니터링에 따라 식물군 면적 및 탄소 흡수량 변동치 반영 가능

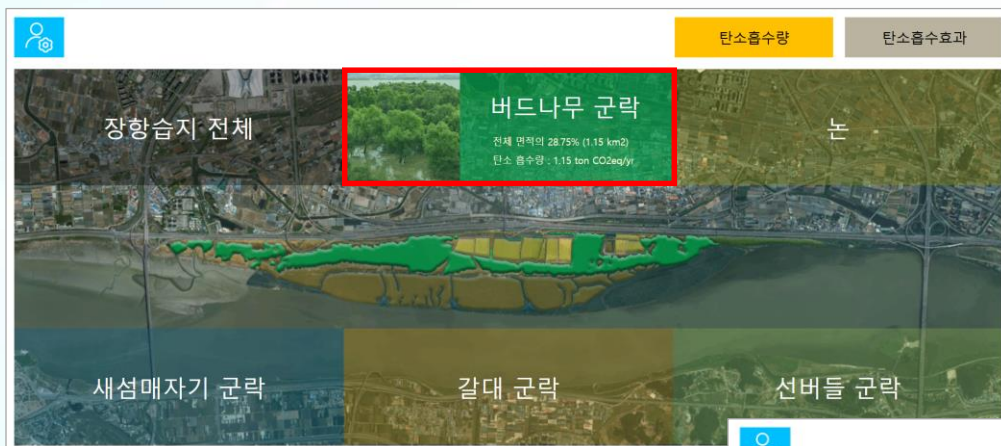


03 장항습지 탄소 흡수원 정량 평가

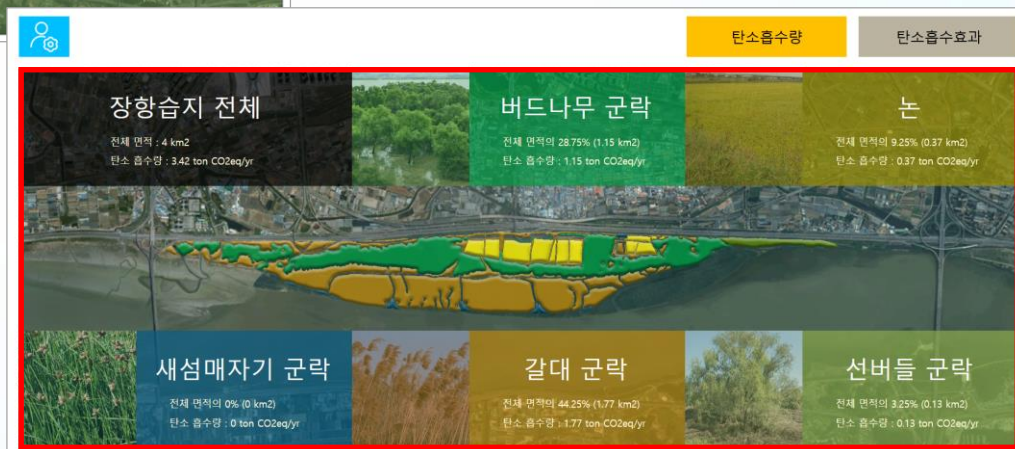
❖ 탄소 흡수원 산정 프로그램 개발

☑ 장항습지 주요 우점 식물군 별 흡수량 표현

- 식물군별/전체 탄소 흡수량 확인 가능



식물군별 탄소 흡수량



전체 탄소 흡수량

감사합니다