

도시계획분야의 온실가스 인벤토리 구축 방향

정혜진*

<目次>

I. 서론	III. 도시지역에 대한 온실가스 인벤토리 구축의 과정과 방법론
II. 온실가스 인벤토리 구성 체계에 관한 국내 외 기준	1. 온실가스 인벤토리 구축의 과정
1. IPCC 가이드라인에 의한 온실가스 인벤토 리 구성 체계	2. 온실가스 인벤토리 구축 방법론
2. 국내 여건을 고려한 온실가스 인벤토리 구 성 체계	IV. 도시계획 분야의 온실가스 인벤토리 구축 방향
	V. 결론
	VI 참고문헌

I. 서론

“기후변화는 금세기 가장 심각하게 대두되는 문제 중의 하나이다”, “기후변화의 가장 큰 원인은 CO₂ 배출이다”, “도시는 CO₂ 배출의 주범이다”라는 명제들은 인류사회를 가장 심각하게 위협하는 문제가 인류문명의 위대한 소산인 도시로부터 비롯되고 있다는 역설적 현실을 잘 대변하고 있다. 따라서 문제의 원인과 해결을 도시 안에서 찾고자 하는 노력은 범세계적으로 꾸준히 전개되고 있으며, 기후변화 극복을 위한 글로벌 아젠다에서 도시가 핵심적인 이슈로 등장하는 것 또한 그리 낯선 일이 아니게 되었다.

하지만, 도시 인프라의 복잡성과 고정성은 기후변화 문제에 대한 도시적 대응을 더디게 하고 있으며, 복잡하게 펼쳐진 교통 체계, 광범위하게 전개된 통신 및 교류의 네트워크에 대한 높은 의존도는 기후변화 대응으로부터 도시를 점점 더 취약하게 만들고 있는 상황이다.

오늘날, 절반에 가까운 전 세계 인구가 도시에 살고 있으며 2050년에는 도시 인구비율이

* 서울대학교 연구조교수

2/3까지 늘어날 전망이다(OECD, 2006). 도시는 삶의 터전으로서 생활의 기반을 제공함은 물론 경제의 원천으로서 한국가의 생산, 고용에 중요한 기지가 되고 있으며, 때로는 지역과 민족의 특성이 문화적으로 투영되는 장소를 제공하고 있다. 따라서 도시가 전 세계 에너지 소비의 60~80%와 온실가스 배출량의 절반을 차지하는 것은 놀라운 일이 아니다. 이러한 추세에 대한 전망치는 도시인구 성장과 궤를 같이 하고 있고, 현재와 같이 도시화가 CO₂ 배출량 증가에 영향을 미치는 상황이 지속된다면, 많은 도시들이 기후변화로 인해 받는 악영향이 역시 증대될 것임은 자명한 일이다. 이 같은 사실에 비추어볼 때, 도시는 윤택한 삶과 경제성장과 그리고 그 반대급부로 발생하는 에너지소비와 온실가스 배출의 접점을 어떤 방식으로 만나게 해야 할 지 중요한 열쇠를 쥐고 있다고 할 수 있다.

비록 도시가 지구 온난화에 미치는 영향이 매우 복잡하고 다양하지만 직접적인 에너지 소비에 따른 온실가스 배출은 기후변화에 미치는 영향이 가장 큰 요인임은 주지의 사실이다. 즉, 도시들의 온실가스 배출은 냉난방, 조명, 가전제품 사용, 교통 등의 수요에 따른 에너지 소비에 의해 점점 더 증가되고 있는 것이다. 이에 따라, 많은 도시들이 온실가스 배출목록(Inventory)을 작성하고 있음에도 불구하고 도시들 간 비교가 가능할 정도의 배출량 산정기준(Protocol)을 가지고 있지는 못하다. 이는 도시지역에서 배출량을 고려해야 하는 부문과 지리적 경계를 설정하는 것과 같은 방법론적인 문제에 대해서 통일된 기준을 가지고 있지 못하기 때문이다. 이 같은 문제 인식에 의해서 국내에서도 지자체 단위의 온실가스 인벤토리 구축에 대한 가이드라인을 제작하고, 서울시의 경우에도 2009년 서울의 온실가스 인벤토리 구축 및 온실가스 감축 정책에 대한 연구를 시행하고 있는 상황이다.

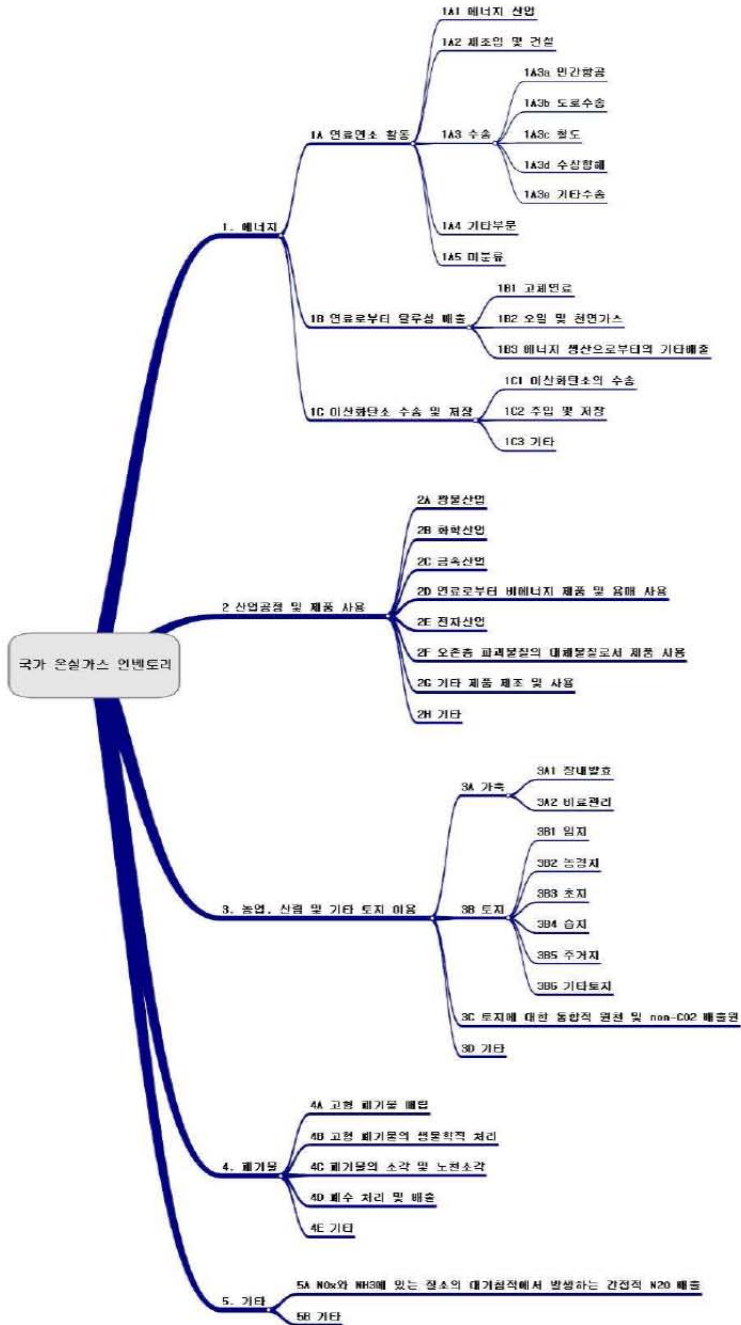
특정 도시 지역에 대한 온실가스 인벤토리를 구축한다는 의미는 인벤토리 구축 기준 및 항목을 설정하는 것 이외에도 그 지역의 온실가스 배출원을 규명하고 공인된 배출량 산정방법을 결정하여 배출량을 산정하며, 이에 따른 감축 목표를 설정하는 첫 번째 단계의 작업이라고 할 수 있다. 즉, 온실가스 인벤토리를 구축한다는 것은 온실가스 배출에 대한 명확한 원인과 그 결과에 따른 감축 정책을 수립하는데 필수적인 정보를 제공하는 의의를 가지고 있다

이에 본 연구에서는 온실가스 인벤토리 작성에 대한 세계적인 지침 역할을 하고 있는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화 정부간 위원회)에서 제공하는 산정기준과 산정방법을 검토하고, 지자체 단위의 온실가스 인벤토리 구축의 틀을 참조하여 도시 지역에 대한 온실가스 인벤토리 구축 방법에 대해 제안하고자 한다.

II. 온실가스 인벤토리의 구성 체계에 관한 국내외 기준

1. IPCC 가이드라인에 의한 온실가스 인벤토리 구성 체계

IPCC에서는 1995년 국가 온실가스 배출량 산정지침서를 바탕으로 1996년 개정안을 발표한



〈그림 1〉 IPCC 가이드라인 2006의 배출 및 흡수원에 의한 주요 카테고리

이래, post-2012를 대비하기 위하여 기존의 GL 96과 GPG(GPG 2000, GPG LULUCF 2003)를 대체하는 신규 가이드라인인 ‘2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories²⁾ (이하 2006 IPCC G/L)’을 발표하였다. 2006년 IPCC 가이드라인은 국가전체 온실가스 인벤토리를 작성하는 기본 틀을 제공하고 있으며, 에너지, 산업공정, 농업 및 토지이용, 폐기물과 기타로 인벤토리 구축의 큰 틀을 구분하고 있고, 40가지 세부 카테고리 가지고 있다.

온실가스 배출 및 흡수과정과 배출원이 다양하게 분포하고 시간에 따라서 큰 차이가 있는 독특한 특성을 가지고 있는 농업, 임업 및 기타 토지이용분야의 온실가스의 배출량 평가의 일관성과 신뢰성을 높이고자 1996 Guideline를 기초로 하여 GPG 2000의 우수실행지침서와 불확실성 관리, GPG-LULUCF 2003의 토지이용과 토지이용 변경 및 임업부문을 추가하여 농업, 임업, 기타 토지이용(Agriculture, Forestry and Other land Use, AFOLU)부문으로 재분류한 것이다.

2. 국내 여건을 고려한 온실가스 인벤토리 구성 체계

위와 같은 IPCC의 가이드라인을 바탕으로 국립환경과학원에서는 배출원목록(Emission Inventory)에 근거한 대기질 관리 종합시스템으로서의 기능과 역할을 수행하기 위한 목적으로 중장기적인 계획 하에 대기정책지원시스템(CAPSS)을 개발하였으며, 이를 통하여 우리나라 대기오염물질의 배출특성을 분석하기 위한 배출량 자료로 활용하고 있다. GHG-CAPSS에 의

〈표 1〉 GHG-CAPSS 분류체계

대분류	중분류	소분류
에너지	연료연소	에너지 산업
		제조업 및 건설업
		수송
	기타(상업/공업, 가정, 농업/임업/어업)	
	탈루성 배출	석탄광산, 석유산업, 가스산업
산업공정	광물생산	시멘트생산, 소다회생산, 포장용 아스팔트 생산 및 포장, 유리산업 등
	화학산업	암모니아 생산, 아다핀산 생산, 질산 생산 등
	금속산업	철강 및 합금철, 알루미늄, 납 등
농축산	농업	버논경작, 농지이용
	축산	장내발효, 분뇨분해
폐기물	매립	
	소각	생활폐기물, 사업장폐기물, 건설폐기물
	하,폐수	생활하수, 산업폐수

2) IPCC, 2006(2010.6 현재 4차 수정됨).

〈표 2〉 지자체 온실가스 인벤토리 구성체계

대분류	중분류	소분류
Scope1 (해당지자체 행정구역 내에서 발생하는 직접 배출 및 흡수원)	Scope1-A	Scope1-A-a(직접관리)
		Scope1-A-b(간접관리)
	Scope 1-B(지자체 비관리대상)	
Scope2 (해당 지자체 행정구역 내에서 발생하는 간접배출원)	Scope2-A	Scope2-A-a(직접관리)
		Scope2-A-b(간접관리)
	Scope2-B(지자체 비관리대상)	
Scope3 (해당지자체 행정구역외에 위치한 지자체 관리대상 배출원)	Scope3-A(직접 배출원)	
	Scope3-B(간접 배출원)	

- 지자체 관리대상: 지자체에 관리권한이 있는 배출 및 흡수원
- 지자체 비 관리대상: 지자체에 관리권한이 없는 배출 및 흡수원
- 직접관리: 지자체에서 운영하거나 소유권이 있는 배출 및 흡수원
- 간접관리: 직접관리 대상은 아니나, 관련 정책수립 등의 대상이 될 수 있는 배출원
- 직접배출: 온실가스를 직접적으로 배출(예, 화력발전에 의한 전력생산)
- 간접배출: 직접적인 온실가스 배출은 없으나, 이를 수반하는 인간의 활동(예, 전력의 사용)

한 분류체계는 〈표 1〉과 같다.

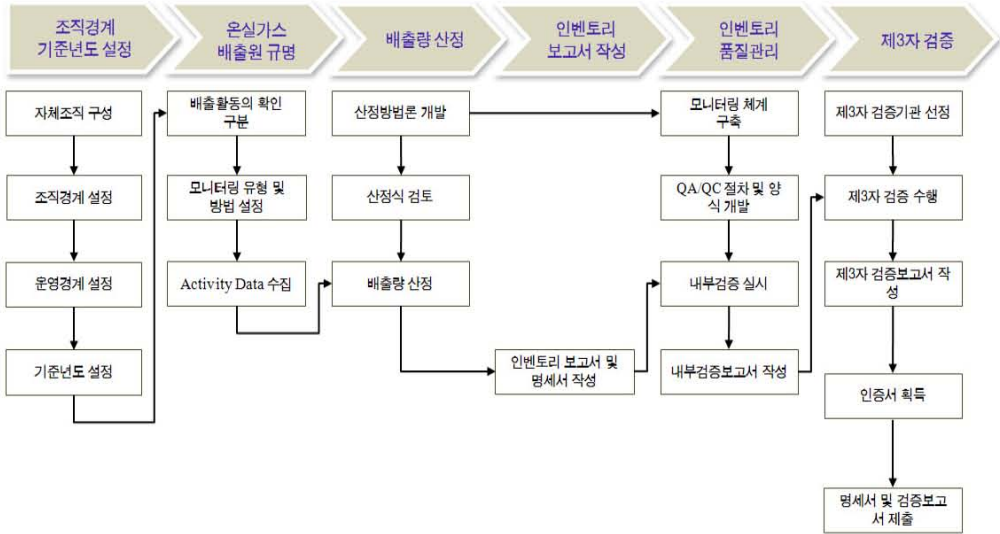
이후 한국환경공단에서는 2008년 12월 ‘지자체 온실가스 배출량 산정을 위한 SOP’ 연구를 수행하여, 2009년 11월과 2010년 9월 2차에 걸쳐 지자체 온실가스 배출량 산정지침을 발간하여 광역·기초지자체가 온실가스배출량을 산정하는 기본지침서로 활용하고 있다. 이 지침은 기본적으로 2006 IPCC G/L의 분류체계에 따라 배출량을 산정하지만, 지자체 온실가스 인벤토리의 특성을 반영하기 위해 일부 카테고리를 세분화하고 기존통계자료 구축 및 접근성의 한계로 일부 카테고리는 통합·변경하여 배출량을 산정하는 방식을 취하고 있다. 이 지침에서는 에너지, 산업공정, 농업 산림 및 기타 토지이용(AFOLU),³⁾ 폐기물 4개 분야에 대해 180개의 세부 카테고리로 구분하고 있다. 2010년 9월에 발간한 산정지침의 인벤토리 분류체계는 〈표 2〉와 같다. 특히, 본 가이드라인에서는 IPCC 기본값 대신 국내 배출계수의 적용 확대를 이루었으며 직·간접배출량 및 관리권한을 고려한 인벤토리 구축으로 정책 활용성을 증대하고자 하였다.

III. 도시지역에 대한 온실가스 인벤토리 구축의 과정과 방법론

1. 온실가스 인벤토리 구축의 과정

온실가스 인벤토리는 일반적으로 ‘구축’이라는 용어를 사용한다. 이는 IPCC 가이드라인이

3) Agriculture, Forestry and Other Land Use.



〈그림 2〉 온실가스 인벤토리 구축 과정 개요

제시하고 있는 온실가스 배출량 산정 및 보고의 원칙인 적절성, 완전성, 일관성, 정확성, 투명성을 지킬 수 있는 전체적인 프로세스를 해당 업체가 조직 내에 구축해 놓아야 하기 때문에 사용하는 용어라고 할 수 있다. 즉, 온실가스 인벤토리를 구축한다는 의미는 단순히 온실가스 배출량을 산정하기 위한 자료 목록을 축적하는 것과는 그 의미가 다르다고 할 수 있다. 온실가스 인벤토리를 구축하는 범위와 대상을 결정하고, 배출원 규명을 위한 활동도 자료의 조사, 품질관리를 위한 조직 체계의 구성과 제3자 검증을 득한 인증보고서를 구비하는 일련의 프로세스가 원활하게 이행되는 시스템을 구축하는 것이 가이드라인에서 제시하고 있는 온실가스 인벤토리 구축의 주요 태스크라고 할 수 있다. 상기한 온실가스 인벤토리 구축의 과정은 ISO14064-1⁴⁾을 준용하여 온실가스 인벤토리 구축 및 보고에 대한 절차를 준용한 것으로 배출량 산정과 관련해서는 2006 IPCC G/L를 국내 지자체에 적용할 수 있도록 작성된 지자체 지침을 준용하는 것이 바람직하다. 그렇다면 이 각각의 과정을 위해 필요한 방법론들을 살펴보자.

2. 온실가스 인벤토리 구축 방법론

(1) 온실가스 인벤토리 구축을 위한 경계 설정

온실가스 인벤토리 구축을 위한 경계는 조직경계 및 운영경계로 구분할 수 있다. 조직경계

4) ISO14064-1: Greenhouse gases Part 1: 조직차원의 온실가스 배출량 및 제거량의 정량화 및 보고를 위한 가이드라인(Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals).

〈표 3〉 온실가스 인벤토리 구축을 위한 조직경계 및 운영경계

배출원 Scope	구분	직접관리 대상	간접관리 대상	비관리대상
Scope 1	에너지 분야	공공부문	직접관리와 비관리대상을 제외한 카테고리	철도 공항·항만 공항·항만·철도운영 관련
	IPPU ⁵⁾ 및 AFOLU ⁶⁾ 분야	-	전체	-
	폐기물 분야	지자체 관리 환경기초시설	민간소유 환경기초시설	-
Scope 2	전력	관공용 기타 공공용	직접관리와 비관리대상을 제외한 카테고리	국군용, 수도, 유엔군용, 전철
	열에너지	-	전체	-
	폐기물	-	전체	-
	수도	-	전체	-

의 경우 대상 조직의 물리적 범위를 의미하고, 운영경계의 경우에는 조직의 통제권한의 범위가 미치는지 범위를 의미한다. 온실가스 인벤토리 구축과정에서 조직경계와 운영경계를 설정한다는 의미는 온실가스 감축 정책과 행위가 실질적인 영향을 미치는 경계를 설정한다는 의미를 지니고 있다. 도시지역을 대상으로 한 온실가스 인벤토리 구축은 기본적으로 관리 주체가 공공부문(지자체)이기 때문에 이를 기준으로 한 직접적인 관리대상, 간접적인 관리대상을 구분할 수 있다. 국가 소유의 기반시설의 경우에는 (기초, 광역)지자체의 관리 대상이 아닐 수도 있다. 배출원에 대해 관리(직접, 간접) 부문과 비관리 부문으로 구분하여 조직, 운영경계를 다음과 같이 설정할 수 있으며, 직접 배출/흡수량(Scope 1), 간접 배출량(Scope 2)으로 구분된 세부적인 내용은 〈표 3〉과 같다.

(2) 대상 온실가스

관리대상 온실가스는 교토의정서에서 규정하고 있는 6대 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)로 정의할 수 있다. 일반적으로 지자체 단위에서 관리해야 할 온실가스의 종류 및 주요 배출원을 정리하면 〈표 4〉와 같다.

(3) 온실가스 배출량 산정 기준

도시지역의 온실가스 인벤토리의 배출량을 산정하기 위하여 지자체 온실가스 인벤토리 구축 지침을 활용하는 것이 일반적이는데, 이는 본 지침이 2006 IPCC G/L에서 제시하고 있는 방

5) Industrial Processes and Product Use(산업공정 및 제품이용).

6) Agriculture, Forestry and Other Land Use(농업, 산림 및 기타 토지 이용).

〈표 4〉 지자체 단위에서 관리할 온실가스 배출원

구분	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
고정연소	○	○	○			
이동연소	○	○	○			
탈루배출	○	○	○			
산업공정	○		○	○		○
농업	○	○	○			
산림/토지	○	○	○			
폐기물	○	○	○			

〈표 5〉 온실가스 배출량 산정식 개요

배출구분		온실가스 종류	온실가스 배출량 산정식	배출원 예시	
Scope 1	고정 연소	화석 연료 연소 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	연료사용량(ℓ)×저위발열량(MJ/ℓ)×10 ⁻⁶ ×배출계수(kgGHG/TJ)×지구온난화지수 연료사용량(Nm ³)×저위발열량(MJ/Nm ³)×10 ⁻⁶ ×배출계수(kgGHG/TJ)×지구온난화지수	보일러, 냉난방기, 비상발전기, 가스레인지 등	
	이동 연소	소유 차량 CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	연료사용량(ℓ)×저위발열량(MJ/ℓ)×10 ⁻⁶ ×배출계수(kgGHG/TJ)×지구온난화지수 연료사용량(Nm ³)×저위발열량(MJ/Nm ³)×10 ⁻⁶ ×배출계수(kgGHG/TJ)×지구온난화지수	차량 등	
	탈루 배출	소화기탈루	CO ₂ , HFC	{(초기 저장량(kg)×유지관리 배출계수(%))+(사용된 소화기의 초기 저장량(kg)×사용 배출계수(%))+(폐기된 소화기의 초기 저장량(kg)×폐기 배출계수(%))}×지구온난화지수	소화기, 고정소화장비 등
		냉매탈루	HFC	{(조립한 냉방기의 초기 냉매 충전량(kg)×조립손실배출계수(%))+(운전한 냉방기의 초기 냉매 충전량(kg)×연간 작동 배출계수(%))+(폐기한 냉방기의 초기 및 추가 냉매 충전량(kg)×폐기시 남아있는 냉매비율(%))×(1-폐기시 회수율(%))}×지구온난화지수	에어컨, 향온습기, 공조시스템, 냉장고, 냉동기, 냉동저장고, 정수기, 차량 에어컨 등
Scope 2	구매 전력	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	연료사용량(ℓ)×저위발열량(MJ/ℓ)×10 ⁻⁶ ×산화계수×배출계수(kgGHG/TJ)	유탄유, 구리스 등	
	구매 스팀	SF ₆ 탈루 SF ₆	(초기 절연가스 충전량 합계(kg)×설비사용배출계수(%))×지구온난화지수	GIS, GCB (가스차단기) 등	
Scope 2	구매 전력	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	전력사용량(kWh)×전력배출계수(kgGHG/kWh)×지구온난화지수	구매한 전력	
	구매 스팀	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	스팀사용량(Gcal)×스팀배출계수(kgGHG/Gcal)×지구온난화지수	구매한 스팀	

법론을 적용하였으며 산정에 요구되는 활동도 데이터 및 배출계수의 적용 방법 등을 제시하고 있기 때문이다. 지구온난화지수(GWP)⁷⁾의 경우 ISO14064-1에 따라 인벤토리 구축 시점의 최근 값을 이용하여야 하므로 ‘IPCC 4차 평가 보고서’⁸⁾에 제시되어 있는 값을 이용한다. 단, 2006 IPCC G/L에서는 Scope 2 부분에 해당하는 전력 및 열에너지의 산정에 대한 단계별 방법론이 제시하고 있지 않다. 이에 반해, 지자체 지침에서는 지역계수의 방법론을 개발하여 제시하고 있으므로 지자체 지침에서 제시하고 있는 배출계수 및 그 적용 방법에 따라 배출계수를 적용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 지면관계상 각 부문별 구체적인 온실가스 배출량 산정식은 생략하기로 하고 다만 다음과 같이 각 부문별 산정식의 구성을 <표 5>와 같이 요약하기로 한다.

(4) 활동도 데이터 수집

온실가스 배출량 산정에 쓰이는 활동자료는 국가 및 서울시, 관악구의 통계자료를 사용하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 하지만, 현실적으로 일부 통계자료는 국가 단위로 조사되거나

<표 6> 온실가스 배출량 산정을 위한 활동도 자료 산출 기준

구분	서울시(또는 광역지자체) 자료	지자체 지침	그외 자료 또는 가정 적용	
Scope 1	에너지분야	○		
	산업공정분야			
	운활유 사용		○	
	오존과괴물질의 대체물질로서 제품사용		○	
	전기장비		○	
	제품사용으로부터의 N ₂ O	○	○	
	AFOLU 분야			
	가축부문		○	○
	토지이용부문		○	
토지에서의 통합 배출원 및 Non-CO ₂ 배출원		○	○	
Scope 2	Electricity	○		
	Heat Energy	○		
	폐기물(발생량기준)		○	
	상수도		○	

7) Global Warming Potential.

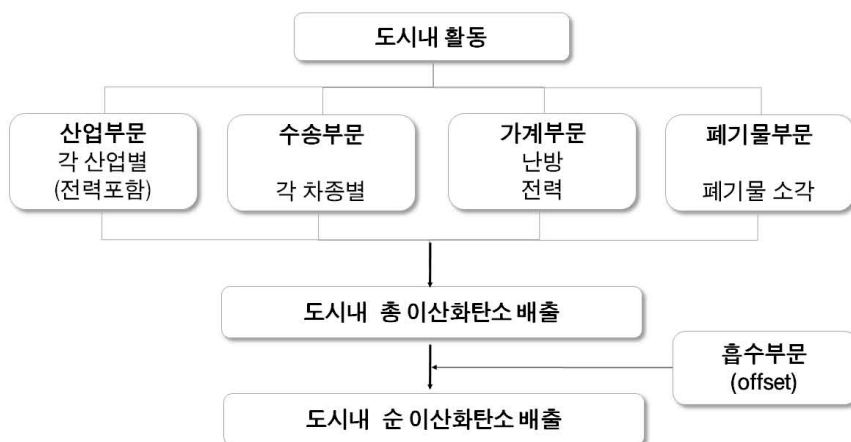
8) IPCC Fourth Assessment Report (AR4), IPCC, 2007 (http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14).

기준이 되는 산정 연도에 해당하는 데이터가 없기 때문에 지자체 지침에서 제시하고 있는 추정 원칙을 활용하여 활동도 데이터로 사용하는 방식을 취한다. 일반적으로 활용되는 활동도 자료 산정기준으로 요약하면 <표 6>과 같다.

IV. 도시계획 분야의 온실가스 인벤토리 구축 방향

Ⅱ, Ⅲ장을 통해서 도시지역을 대상으로 적용할 수 있는 공인된 온실가스 인벤토리 구축의 지침과 그 방법론에 대하여 제시하였다. 이와 같은 방법을 통해 온실가스 인벤토리 구축에 따라 구분할 수 있는 최종 배출량의 산정 부분은 <표 7>과 같이 정리할 수 있다. 이는 현재 국제적으로 공인된 인벤토리 구축의 방법을 도시계획분야에 적용시킬 수 있는 틀을 만든 것으로 본 인벤토리 구축에 의해서 얻을 수 있는 온실가스 배출 부문은 에너지 분야(대분류)를 예를 들면 연료 연소 활동(중분류)부문의 각종 배출활동에 따른 온실가스 배출량이라고 할 수 있다.

기존의 온실가스 배출량 산정을 위한 온실가스 감축 인벤토리는 상기한 바와 같이 온실가스의 주요 배출원인을 연료사용에 의한 직접배출, 그리고 간접배출로 구분하고, 이의 세부적인 에너지 사용처에 따라 구분을 하고 있다. 즉, 도시계획 분야에서 제어할 수 있는 예상감축량 산정 등이 가정, 수송, 산업 부문 등의 대분류체계로 한정되어 있기 때문에, 도시계획·개발 등 도시계획분야에 대한 온실가스 인벤토리 구축, 예상감축량 산정 등의 실정에 맞는 기준 및 대응방안에 취약하다고 할 수 있다. 다시 말해, 도시계획분야의 기능과 역할을 고려한 도시 내 활동에 따른 온실가스 배출을 예상하고 그 감축 목표 설정을 위한 산정 틀이 갖추어지지 않았다는 것이다.



<그림 3> 도시 내 활동에 따른 온실가스 배출 모식

〈표 7〉 도시지역에 대한 온실가스 인벤토리 구축에 따른 배출량 산정 부문 분류

대분류	중분류		소분류		code	
Scope 1	1-에너지	1A1-에너지 산업	1A1a-주요활동 전력 및 열 생산	1A1aii 열병합발전	1A1aii	
				1A2c-화학 1A2h-기계 1A2k-건설업 1A2l-직물 및 피혁		1A2c 1A2h 1A2k 1A2l
		1A2-제조업 및 건설업	1A2m-미분류 산업		1Ami-미분류 산업 1Amii-도시가스 소비	1Ami 1Amii
			1A3-수송	1A3b-도로수송	1A3bi-자동차 (승객운송용, 12인승 이하)	1A3bi
					1A3bii-소형트럭 (소형화물수송, 3.5~3.9t 이하)	1A3bii
					1A3biii-중형트럭 및 버스 (12인승 이상 버스, 3.5~3.9t 이상 중형트럭)	1A3biii
		1A3biv-모터사이클(이륜자동차)			1A3biv	
		1A3d-수상운송		1A3dii-국내선	1A3dii	
		1A4-기타 부문	1A4a-상업/공공	1A4ai-상업 (공항, 항만, 철도운영 관련 외)	1A4ai	
				1A4Aaiii-공공	1A4Aaiii	
	1A4b-가정		1A4b			
	1A4c-농림 어업		1A4ci-고정	1A4ci		
	1B-연료에 의한 탈루 배출	1B2-석유 및 천연가스	1B2a-석유	1B2aiii-기타 1B2aiii3-수송	1B2aiii3	
			1B2b-천연가스	1B2biii-기타	1B2biii4-전송 및 저장	1B2biii4
					1B2biii5-분배	1B2biii5
	2D-연료로 인한 비에너지 제품 및 용매 사용		2D			
	2F-오존과피물질의 대체물질로써 제품 사용		2F			
	2-IPPU (산업공정 및 제품생산)	2G-기타제품생산 및 이용		2G1-전기 장비 2G3-제품사용으로부터의 N ₂ O 발생	2G1 2G3	
		3B-토지		3B		
	3-토지이용 및농업 분야 (AFOLU)	3C-토지의 통합적 원천 및 non-CO ₂ 배출원	3C1-바이오매스연소로 인한 배출	3C1a-임지에서 바이오매스 연소	3C1a	
3C2-석회사용 3C3-요소시비 3C4-관리된 토양으로부터의 직접적 N ₂ O 배출 3C5-관리된 토양으로부터의 간접적 N ₂ O 배출 3C6-분뇨관리에서의 간접적 N ₂ O 배출 3C7-벼 경작			3C2 3C3 3C4 3C5 3C6 3C7			

대분류	중분류	소분류	code	
Scope 2	전력	가정용	Scope2-A-b	
		공공 서비스부문	공공용(합계) 서비스업(합계)	Scope2-A-a
		생산부문 생산배출량	Scope2-A-b	
		순배출(사용-생산)		
	폐기물	매립 고형폐기물의 생물학적 처리 소각 하폐수	Scope2-A-b	
	수도	가정용 업무용 영업용 대중목욕탕용	Scope2-A-b	

이 같은 문제인식에서 출발하여 온실가스 인벤토리 구축의 틀을 도시계획의 가장 기본적인 체계인 용도지역 상에 발생하는 온실가스 발생 체계로 전환하고 기존의 대분류 체계의 온실가스 배출량 산정의 틀을 보다 세분화하고 재분류해야 할 필요성을 확인할 수 있다. 이에 도시지역에 대한 용도지역 분류 체계인 주거, 상업, 공업, 녹지(상쇄)를 큰 틀로 하는 분류체계를 세분화 하고 관련된 온실가스 배출 활동을 구분하면 다음과 같다.

단, 수송부문과 폐기물부문은 현재의 활동도 자료 분류 체계 기준으로 각 용도지역 및 활동부문별로 세분하기 어려운 관계로 별도의 용도지역별 구분 없이 기존의 구분방법을 준용하기로 한다.

(1) 주거부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	사용에너지 (소분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료설명
주거부문	난방 및 취사 등	석유	$\text{Emissions} = \sum i(\text{Fuel}_i \times \text{EF}_i)$ Emissions: 배출량, kg Fuel: 연료 종류 i의 에너지량, TJ EF: 배출계수 kg/TJ i: 연료의 종류	Scope1 1A4b	가정에서의 연료 연소로부터 발생하는 모든 연소배출
		가스			
		석탄			
		전기	전력소비량×전력간접배출계수 (사용단)	Scope2	가정용
		열(스팀)	열소비량×[1/(1-손실률)]×열간접배출계수		
수도	수도 사용량×수도간접배출계수		상수-가정용		

(2) 상업부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	사용에너지 (소분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
상업부문	난방 및 취사 등	석유	$Emissions = \sum i(Fuel_i \times EF_i)$ Emissions: 배출량, kg Fuel: 연료 종류 i의 에너지량, TJ EF: 배출계수 kg/TJ i: 연료의 종류	Scope1 1A4ai	항만, 공항, 철도를 제외한 상업용 건물에서의 연료 연소로부터 발생하는 배출, 자가생산(전기 및 열)으로 부터의 연소배출 포함
		가스			
		석탄			
		전기	전력소비량×전력간접배출 계수(사용단)	Scope2	공공서비스-서비스업- 사업자용
		열(스팀)	열소비량×[1/(1-손실률)]× 열간접배출계수		
		수도	수도 사용량×수도간접배출계수		상수-영업용

(3) 공업/제조부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	사용에너지 (소분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
공업/ 제조업 부문	에너지 산업	에너지	$Emissions_{GHG,i} = M_i \times EF_{GHG,i}$ Emissions _{GHG,i} : 연료별/온실가스배출량, kg GHG M _i : 연소된 연료의 양, TJ(부피나 질량으로 주어진 연료 사용량을 열량단위(TJ)로 변환) EF _{GHG,i} : 연료별/온실가스별 배출계수 kg gas/TJ(CO ₂ 에 대해서 일부연료의 국내 개발 배출계수 포함) i: 연료의 종류	Scope1 1A1a	발전 및 열생산시설
		석유		Scope1 1A1b	석유정제
		천연가스			
		석탄			
	제조업 및 건설업	석유	생략	Scope1 1A1c	고체연료 제조 및 기타 에너지산업
		석탄			
		석유		Scope1 1A2	제조업 및 건설업
		도시가스			
	석탄				
	시멘트 킬른 보조연료				
산업공정 및 제품사용		생략	Scope1 2A~2H	광물산업, 화학산업 금속산업, 연료로 인한 비에너지 제품 및 용매사용, 전자산업,	

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	사용에너지 (소분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
					오존파괴물질의 대체로서 제품사용, 기타 제품제조업과 사용, 기타
	전기		전력소비량×전력간접배출계수 (사용단)	Scope2	생산부문-농림어업, 광업, 제조업
	열(스팀)		열소비량×[1/(1-손실률)]×열간접 배출계수		
	수도		수도 사용량×수도간접배출계수		상수-업무용, 영업용, 기타

(4) 공공부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	사용에너지 (소분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
공공 부문	난방 등	석유	Emissions = $\sum i(\text{Fuel}_i \times \text{EF}_i)$ Emissions: 배출량, kg Fuel: 연료 종류 i의 에너지량, TJ EF: 배출계수 kg/TJ i: 연료의 종류	Scope1 1A4iiii	공공용 시설로부터의 연소배출
		가스			
		석탄			
		전기	전력소비량×전력간접배출계수 (사용단)	Scope2	공공서비스-공공업-국군용, 유엔군용, 기타 공공용, 관공용 공공서비스-전철, 수도
		열(스팀)	열소비량×[1/(1-손실률)]×열간접배출계수		
		수도	수도 사용량×수도간접배출계수		상수-업무용

(5) 녹지부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	소분류	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
녹지 부문	토지 (배출/흡수량)	임지	$\Delta C = (C_2 - C_1) / (t_2 - t_1) \times D \times \text{BEF} \times \text{CF} \times (1 + R)$ *자세한 내용은 생략	Scope1 3B1a	임지로 유지되는 임지
			$\Delta C_{\text{DOM}} = [(C_n - C_0) \times A_{\text{on}}] / T_{\text{on}}$	Scope1 3B1b	임지로 전환된 토지
		농경지	$\Delta C_G = A \times G_c$	Scope1 3B2a	농경지로 유지되는 농경지
			$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{conversion}} - \Delta C_L$	Scope1 3B2b	농경지로 전환된 토지

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	소분류	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
		초지	-	Scope1 3B3a	초지로 유지되는 초지
			$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{conversion} - \Delta C_L$	Scope1 3B3b	초지로 전환된 토지
		습지	-	Scope1 3B4a	습지로 유지되는 습지
			$CH_4 Emission_{W\ flood} = P \times E(CH_4)_{diff} \times A_{food_total_surface} \times 10^{-3}$	Scope1 3B4b	습지로 전환된 토지
		주거지	-	Scope1 3B5	주거지
		기타 토지	-	Scope1 3B6	기타토지

(6) 수송부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
수송 부문	민간항공	생략	Scope1 1A3a	민간항공
	도로수송	$CO_2 \text{ Emissions} = \sum i [Fuel_i \times EF_i]$ $Non-CO_2 \text{ Emissions} = \sum i, j, k [Fuel_{i,j,k} \times EF_{i,j,k}]$ Emissions: 온실가스 배출량, kg Fuel: 판매한 연료의 에너지 양, TJ EF: 배출계수, kg/TJ i: 연료의 종류(예, 휘발유, 경유, LPG, CNG 등) j: 차량의 종류 k: 배출저감 장치(예: 삼원촉매장치)	Scope1 1A3bi-iv	승용차, 소형트럭, 중형트럭 및 버스, 이륜차
		$Emissions = \sum i, j [Fuel_{i,j} \times EF_{i,j}]$ Emissions: NMVOCs 증발배출량, kg Fuel: 연료의 에너지, TJ EF: 배출계수, kg/TJ i: 연료의 종류(예: 휘발유, 경유, LPG, CNG 등) j: 엔진의 형태, 배출가스 저감장치, 운행 형태 등의 요소	Scope1 1A3v-vi	자동차의 증발배출, 요소 촉매장치
	철도수송	$Emissions = \sum i (Fuel_i \times EF_i)$ Emissions: 배출량, kg Fuel _i : 연료 종류 i의 에너지 양(연료 판매량 상당), TJ EF _i : 연료 종류 i의 배출계수, kg/TJ i: 연료종류	Scope1 1A3c	
	수상·항해		Scope1 1A3d	
기타수송		Scope1 1A3e		

(7) 폐기물 부문

부문 (대분류)	최종용도/활동 (중분류)	산정식	SCOPE	활동도 자료 설명
폐기물 부문	고형폐기물 매립	생략	Scope1 4A1~3	관리되는 폐기물 매립, 비관리 폐기물 매립, 미분류 폐기물 매립
	고형폐기물의 생물학적 처리	$\text{CH}_4 \text{ Emissions} = \sum i [M_i \times \text{EF}_i] \times 10^{-3} - R$ $\text{N}_2\text{O Emissions} = \sum i [M_i \times \text{EF}_i] \times 10^{-3}$ CH ₄ Emissions: 온실가스 배출량, ton/yr M _i : 생물학적 처리 유형 i에 의해 처리된 유기 폐기물의 총량, tWaste/yr EF: 처리 i에 대한 배출계수, g/kg Waste i: 퇴비화 또는 혐기성소화	Scope1 4B	고형폐기물의 생물학적 처리
	소각 및 노천소각	생략	Scope1 4C1	폐기물 소각
		$\text{MSW}_B = P \times P_{\text{frac}} \times \text{MSW}_p \times B_{\text{frac}} \times 365 \times 10^{-3}$ MSW _B : 노천 소각되는 생활폐기물 총량, tWaste/yr P: 인구수, Capita P _{frac} : 폐기물을 소각시키는 인구 비율, Fraction MSW _p : 폐기물 발생 단위당 인구수, kg Waste/Capita/day B _{frac} : 처리된 폐기물 총량에 대해 상대적으로 소각되는 폐기물 양의 비율, Fraction 365: 1년의 일수, 365day/yr	Scope1 4C2	폐기물 노천소각
	폐수 처리 및 방류	생략	Scope1 4D1	하수처리
Scope1 4D2			폐수처리	

V. 결론

본 연구에서는 도시계획분야의 온실가스 인벤토리를 구축하기 위하여 도시계획 분야의 운영 및 통제권한을 고려한 온실가스 인벤토리 구축 부문을 선정하고, 도시계획의 주요 관리주체인 지자체에서 관리 가능한 온실가스 배출 부문을 제안하여 온실가스 인벤토리의 기본 방향을 정립하고자 하였다.

즉, 기존에 직접배출과 간접배출 그리고 에너지, 산업, 농업 및 토지이용, 전력 폐기물 등으로 분류되었던 온실가스 인벤토리 체계를 도시계획의 기본체계인 용도지역 상의 분류체제로 재분류하였으며 이를 위해 IPCC 가이드라인에서 정의하고 있는 배출활동을 도시지역의 활동으로 재해석하여 도시지역의 온실가스 배출 활동들을 재정의하였다.

이 같은 연구 결과 기존의 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 온실가스 인벤토리 구축 목록을 주거, 상업, 공업, 녹지, 공공, 그리고 도로교통으로 분류하는 것이 가능하였고, 지자체 단위 온실가스 산정 지침을 통해 국내에서 적용가능한 최신화된 산정방법론을 적용할 수 있었다.

본 연구를 통해 도시계획분야에서 온실가스 배출을 저감하기 위하여 도시지역에서 발생하는 각 부문별 활동을 구체적인 온실가스 배출 활동으로 재해석을 해야 하며 이 같은 재해석을 바탕으로 활동도 자료에 대한 재정의가 이루어져야 함을 알 수 있었다. 또한, 용도지역별로 온실가스 배출을 저감하기 위하여 무엇보다도 교통부문과 폐기물부문의 활동도 자료에 대한 구체적인 데이터 관리 방안이 필요함을 알 수 있었다. 즉, 교통과 폐기물 부문이 실제로는 각각의 용도지역 안에 포함되는 것이 보다 바람직한 인벤토리 구축체계라고 할 수 있는 것이다. 왜냐하면 도시지역에서 발생하는 행위는 용도에 따라 그 특성을 지니고 있고, 따라서 적용할 수 있는 감축 및 계획 기법 또한 용도지역별로 다르게 구분해야 그 효율성이 증가되기 때문이다.

도시계획 체계에 따른 인벤토리 구축은 기존에 지자체 단위로 산정하던 온실가스 배출량 산정을 통해 제시된 예상감축량 산정에 그치지 않고, 도시계획 차원에서 실질적으로 실천가능한 온실가스 “완화” 목표치를 제시하고 시책에 반영될 수 있도록 함으로써 도시공간 정책에서의 기후변화대응에 대한 합리적 대안을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 서울시정개발연구원, 2006, “서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가”.
- 서울특별시, 2006, “서울시 저탄소 녹색성장 5개년 시행계획”.
- 서울특별시, 2008, “서울시 온실가스 저감기반구축”.
- 서울특별시, 2009, “2030 서울형 저탄소 녹색성장”.
- 한국환경공단, 2010, “지자체 온실가스 배출량 산정지침”.
- 환경부, 2010, “지자체 기후변화대응 종합계획 수립 지원을 위한 온실가스 감축계획 수립 가이드라인(ver. 1)”.
- OECD, 2010, Cities and climate change.
- World Bank, 2010, Cities and Climate Change: An Urgent Agenda.
- OECD, 2008, Competitive Cities and Climate Change.
- PCC, 2007, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- IPCC, 2007, Climate Change 2007: The Physical Science Basis.
- IPCC, 2006, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories.