

U-City 시스템 도입에 따른 탄소배출량 저감 효과 분석

The Effect of Reducing Carbon Emissions, According to the Introduction of U-City System

정태웅* 문수정** 김윤관*** 구지희****
Tae Woong Jung Su Jung Moon Yoon Kwan Kim Jee Hee Koo

요약 기후변화의 원인 중 탄소배출이 가장 큰 비중을 차지하고 있어 탄소배출 감소의 필요성이 전 세계적으로 제기되고 탄소배출을 감소하기 위한 국제적 움직임이 가속화되고 있다. 선진국들은 녹색산업을 신성장동력 산업으로 활용하는 전략을 추진 중이며 탄소저감형도시(low carbon city)에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 우리나라에서 진행되고 있는 U-City 사업에 대하여 U-City 도입 이전 도시와 U-City 도입 도시의 탄소배출량 변화를 분석하여 이산화탄소 저감효과에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 U-City 도입 이전과 도입 이후의 이산화탄소 발생량을 비교, 분석하여 U-City 도입에 따른 탄소저감 효과를 정량화하고자 하였다. U-City 도입이전의 도시는 1기 신도시 중에 성남시 분당구와 고양시 일산구를 대상으로 하였으며, U-City 도입이후의 도시로는 화성동탄 U-City를 선정하여 비교한 결과 탄소배출량이 30%정도 줄어든 것으로 결과가 도출되었다.

키워드 : U-City, CO₂ 배출량 산정, IPCC, 탄소저감효과

Abstract Since CO₂ emissions are recognized as the biggest contribution to climate change, the needs and international efforts for CO₂ emissions reduction are increasing. The developed countries are driving strategies to boost green industry as a new growth engine. Following this global trend, based on the ongoing U-City project as a new city model, it is required to analyze the changes of CO₂ emissions in U-City to identify its potential for reducing carbon dioxide emissions. This study aims at identifying the potential and effects on CO₂ reduction by analyzing the level of CO₂ emissions before and after introducing U-City. Bundang-Gu, Seongnam-City & Ilsan-Gu, Goyang-City among Phase I new towns were selected as model cities before introducing U-City and Dongtan-Dong, Hwaseong-City as a model city after introducing U-City. The result showed 30% reduction of CO₂ emissions in the comparison of two models.

Keywords : U-City, Calculation of CO₂ Emissions, IPCC, Effects on CO₂ Reduction

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

지구는 온실효과로 인하여 매년 평균온도가 상승하고 있으며, 기후변화의 영향으로 세계 각 지역의 환경 부작용이 증가하고 있다. 기후변화의 원인 중

탄소배출이 가장 큰 비중을 차지하고 있어 탄소배출 감소의 필요성이 전 세계적으로 인식되어 탄소배출을 감소하기 위한 국제적 움직임이 가속화되고 있다. 우리나라에서는 ‘기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)’ 등 국제기구에서 제시하는 2020년 배출전

† 이 논문은 국토해양부의 첨단도시개발사업(07첨단도시A01)과 2010년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20110013009)

* 건국대학교 신기술융합학과 박사수료 takeused@gmail.com

** 건국대학교 신기술융합학과 박사과정 msujung@konkuk.ac.kr

*** 이엔위즈(주) 대표이사 gaia@enwis.com

**** 건국대학교 신기술융합학과 부교수 hkoo@konkuk.ac.kr(교신저자)

망치(BAU; Business as Usual) 대비 15~30%까지 줄이는 방안을 논의하였고 국무회의를 통해서 개도국에 대한 권고치 중에서 가장 높은 30% 감축에 대해서 최종의결이 이루어졌다[4]. 주요 선진국들은 이와 같은 국제적 움직임에 따라 산업성장정책으로 녹색산업을 추진하는 등 다양한 분야에서 탄소배출 저감과 함께 성장을 꾀하는 ‘환경적으로 건진하고 지속가능한 개발(ESSD; Environmentally Sound and Sustainable Development)’ 개념의 실천을 추진하고 있다.

유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률 제2조에 의하면 현재 우리나라에서 추진되고 있는 U-City는 “첨단 정보통신 인프라와 도시기반시설이 융합된 U-City 기반시설을 도시공간에 구축하여, 방재·교통·환경·행정서비스 등 다양한 U-서비스를 제공함으로써 효율적 도시 관리와 안전과 주민 복지 증대 등 도시민의 삶의 질을 향상시키고 신산업을 창출하는 등 도시 제반기능을 혁신시킬 수 있는 21세기 도시를 의미한다”고 정의하고 있다. 관련 산업의 발전과 함께 최근 국내외적으로 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 전략적으로 활용하여 입주 기업 혹은 주민들의 생활 편의를 극대화 하고자 하는 이른바 유비쿼터스 도시(Ubiquitous City, 이하 U-City)에 대한 논의가 활발하게 진행되었다[24].

U-City에 대한 논의가 전개되면서 U-City로 인해 전기의 사용량 등이 늘어나면서 탄소배출량이 늘어나는 것이 아닌가 하는 지적이 대두되어 U-City를 추진함에 있어서 기존 도시와 비교할 때 탄소배출량이 어떻게 변화하는지에 대한 연구를 진행할 필요성이 제기되었다.

이에 본 논문에서는 기존도시와 U-City 구축 이후의 도시 탄소배출량을 비교하기 위하여 1기 신도시인 성남시 분당구와 고양시 일산구 및 화성동탄 U-City의 탄소배출량을 산정하여 비교, 분석함으로써 U-City 도입에 따른 탄소배출량 저감 가능성을 살펴보고자 한다.

1.2 연구동향

국내에서는 지자체 및 정부출연 연구기관들을 중심으로 탄소배출량 및 기후변화 대응관련 연구를 진행하고 있는데, 주요 연구 분야로는 지자체의 탄소배출량 산정부문[2, 14], 중앙정부의 정책자료를 지원하는 부분[7, 18], 해외도시의 사례연구[8, 9],

탄소배출 모델관련 연구[4, 19, 26] 및 탄소중립도시를 위한 방안에 대한 연구[3] 등이 진행되고 있다.

최근에 국내 학회지에 발표된 논문들을 분석하면, 지자체의 인벤토리 구축 및 저감방안 관련 내용[22], 탄소배출량 산정모델 관련[12], 스마트 미터링 관련[16] 내용과 탄소배출 저감을 위한 시나리오에 대한 내용 및 정책에 대한 우선순위 선정과 평가지표에 대한 내용들이 있으며, 최근의 연구로는 탄소배출량 산정에 있어서 GIS 및 RS 자료 등을 활용하여 공간적인 특성을 포함하는 연구[11, 23]들이 제시되고 있다.

현재 진행되고 있는 연구들은 주로 단일 지자체에 대한 연구들이 진행되고 있으며, 본 연구와 같이 기존도시와 U-City를 비교하는 연구는 진행된 바 없었다.

2. U-City 서비스 분석

2.1 연구방법

기존 도시와 U-City의 탄소배출량을 비교하기 위해서는 사례도시의 선정이 매우 중요하였다. 통상적으로 지자체에서 탄소배출량을 산정하여 비교할 때에는 동일 도시에 대하여 시점을 달리해서 배출량을 산정한다. 그러나 본 연구는 기존도시와 U-City를 비교대상으로 하는 것이었기 때문에 동일 도시에 시점을 달리해서 산정하면, 도시개발 이전의 지역과 도시를 비교하는 경우가 발생하여 비교 자체가 무의미하게 된다. 따라서 비교대상이 되는 베이스라인을 선정하기 위하여 1기 신도시, 경기도 내 도시의 평균 등의 방법을 고려하였으나, 도시의 기본적인 구성이 유사한 1기 신도시를 선정하게 되었다.

사례도시로는 최초의 U-City로 계획하여 개발한 화성동탄 신도시를 선정하였고, 비교 대상지는 U-City 도입 이전 도시(이하 기존 도시)로 제1기 신도시 중 2곳을 선정하였다. 선정된 도시는 분당신도시를 포함하고 있는 성남시 분당구와 일산신도시를 포함하고 있는 고양시 일산구 2개의 도시를 선정하였는데 그 이유는 도시의 기본구성, 즉 인구, 면적, 토지계획 등이 화성동탄 U-City와 가장 유사한 것으로 나타났기 때문이다.

그리고 탄소배출량 산정에 앞서 화성동탄 U-City 서비스를 분석하고 탄소배출과 관련 있는 서비스

요소들을 도출하고 앞서 선정된 기존 도시 2곳과 화성동탄 U-City의 탄소배출량을 계산하여 비교, 분석한다. 화성동탄 U-City와 비교대상지인 성남시 분당구와 고양시 일산구의 탄소배출량은 2010년 환경부에서 발간한 지자체 온실가스 배출량 산정지침 [28]에 따라 산정하였다.

2.2 화성동탄 U-City 서비스

화성동탄 U-City는 제2기 신도시의 첫 번째 도시로서 최신 IT기술을 접목하여 2006년에 사업을 착수하고 2009년 운영을 개시하여 최초의 U-City로 구축되었다. 화성동탄 U-City는 정보통신망, 통합운영센터 등 U-City기반시설의 설치와 지자체 특성에 적합한 서비스 모델을 도출하는데 중점을 두고 있다[10]. 화성동탄 U-City의 정보를 수집, 분석할 수 있는 통합운영센터를 구축하였고 U-City 서비스를 구현하기 위한 시설물들을 구축하여, 공공지역방범 서비스와 교통관련 서비스 등을 제공하고 있다.

표 1. 탄소배출 연관성 높은 U-City 서비스모델

통합 서비스	단위 서비스	교통	에너지	합계
현장 행정 지원	불법쓰레기투기 감시서비스	0	0	1
	현장행정지원서비스	1	0	1
	U-자산관리서비스	0	0	0
도시 경관 관리	U-플래카드서비스	0	1	1
	현장점용시설물 관리서비스	0	0	0
	가로수관리서비스	0	0	0
	야간조명관리서비스	0	2	2
원격 민원행정	U-민원서비스	2	0	2
	원격세금고지/납부서비스	2	0	2
생활 편의	U-이사 서비스	1	0	1
	토지정보조회서비스	1	0	1
	지역생활정보포털서비스	0	0	0
시민 참여	시민신고서비스	0	0	0
	전자투표서비스	2	0	2
	U-공청회서비스	1	0	1

표 2. 화성동탄 U-City 서비스 분석표

구분	서비스	서비스 내용
U 생활·안전	공공지역방범 서비스	CCTV를 설치하여 상시관계 사건, 사고 발생시 종합적이고 신속한 사고처리
	재해정보 서비스	재난, 재해 예방할 수 있도록 수집 및 신속한 정보전달 (미디어보드, 포탈 활용)
	교통안전 서비스	거주민 중 RFID 태그를 소지한 교통약자(장애인, 노인, 유아)
		횡단보도 이용시 자동으로 보행신호 연장
안전확인 서비스	부모의 동의를 얻은 자녀에게 RFID 태그를 소지	
	등하교 상태를 포탈과 부모의 핸드폰(SMS)에 정보를 실시간 제공	
U 기상환경	기상정보 제공 서비스	자동기상관측(AWS: Automatic Weather System)
		풍속·풍향계, 온도·습도계, 광우량 센서, 자료수집장치, 차광통계, 일조계
환경오염정보 서비스	환경오염정보 서비스	재난·재해 효과적인 예방 및 대응
		이화산가스 분석기, 질소산화물 분석기, 일산화탄소 분석기, 오존·미세먼지 분석기 등
U 교통관계	실시간교통 신호제어 서비스	실시간에 따라 자동·수동으로 신호 조절
	교통정보제공 서비스	주변연계도로의 교통정보 수집 및 제공
	U-Parking 서비스	번호판 인식 카메라 및 무인 정산기
U 공공행정	동탄포털 서비스	포털사이트를 통한 공공서비스 정보를 종합적으로 제공 및 활용
	미디어보드 서비스	시정정보 전달 및 각종 공공서비스 정보를 종합적으로 전달
	U-플랜 카드 서비스	교차로 등에 시정정보 및 지역상가의 광고를 표출하여 깨끗한 거리를 조성
	U-인포부스 서비스	무인민원서류발급 및 거리안내, 상가정보제공
U 시설·교육	상수도 누수관리 서비스	누수감지센서
		누수발생시 복구 전담팀 신속 출동
		포탈 및 홍보시설물이용하여 단수 정보 제공
	U-School 서비스	온라인 교육 서비스
전자칠판/전자교탁/타블렛 RFID를 이용한 출결관리		

유비쿼터스도시 건설사업 업무처리 지침에서 제시한 U-City의 표준서비스 모델 228개에 대하여 탄소배출과 관련 있는 서비스 모델을 전문가 자문회의를 통하여 <표 1>과 같이 도출하였다. 이중에 교통 및 전기와 관련된 부분이 가장 큰 비중을 차지한다고 보고 U-City의 서비스 모델에 대하여 행정부문의 서비스모델 중에서 탄소배출과 관련 있는 서비스 모델을 도출한 예이다.

화성동탄 U-City 에서 제공되고 있는 U-서비스는 공공지역방범 서비스, 차량번호인식 서비스, 환경오염정보 서비스, 상수도누수관리 서비스, 미디어보드 서비스, U-플랜카드 서비스, 교통정보제공 서비스, BIS서비스, 불법주정차 서비스, 실시간교통신호제어 서비스, U-Parking 서비스 등이 있으며[29], 화성동탄 U-City에서 제공되는 U-서비스와 서비스별 내용은 다음 <표 2>와 같으며 음영으로 표시된 부분은 상기 <표 1>이 도출된 과정에 근거하여 서비스 모델 중에 탄소배출 저감 효과와 연관성이 있다고 판단되는 U-City 서비스 부분이다.

2.3 U-City 도입 이전과 도입 이후 탄소배출량 산정

U-City 도입이전 탄소배출량 산정은 2006 IPCC 지침¹⁾을 포함한 지자체 온실가스 배출량 산정지침을 기준으로 산정하였다. 2006 IPCC 지침은 국가 온실가스 인벤토리 산정을 위한 세부적인 절차 및 방법론과 검증 방법에 관련된 내용 및 문서화에 관한 세부 사항을 기술하고 있다. IPCC 2006 지침은 모두 5권으로 구성되어 있는데, 온실가스 배출자료의 수집/분석 및 보고에 관련된 일반적인 사항과 에너지, 산업공정 및 제품사용, 농업· 임업 및 기타 토지 이용, 폐기물 5개 분야 별 세부 내용에 공통적으로 적용되는 사항들이 기술되고 있다[13].

탄소배출량 산정에 필요한 입력 자료는 성남통계연보(2008)와 사업체기초통계조사 보고서 2008년 기준 자료, 고양통계연보(2008), 경기통계연보(2009), CAPSS자료(2008) 등을 적용하였다[5, 6, 15, 27]. 탄소배출량 산정에 필요한 자료들은 대부분 통계연보와 같은 수치자료들을 활용하며, 공간정보로는 공원, 녹지에 대한 면적 값을 활용할 수 있다. 현재는 공원, 녹지에 대한 면적 값을 계획수치를 가지고 산정하였으며, 향후 연차별 변화 등의 산정은 인

공위성 영상을 활용한 녹지 면적 등으로부터 추출할 수 있을 것이다.

화성동탄 U-City에서 배출되는 탄소배출량은 U-City 도입이전 탄소배출량 분석과 같은 방법으로 개발계획 수립단계, 변경된 개발계획, 실시 계획 승인서에서 제시된 인구와 토지이용계획 등의 자료와 탄소배출 원단위를 이용하여 산정하였다.

본 연구에서 성남시 분당구와 고양시 일산구 그리고 화성동탄 U-City의 탄소배출량을 5개 부문으로 구분하였으며 5개 부문은 <그림 1>과 같이 산업부문(전력사용포함, 상업), 수송부문(교통, 자동차), 가계부문(난방, 전력), 폐기물부문(소각), 흡수부문(공원, 녹지)이다.

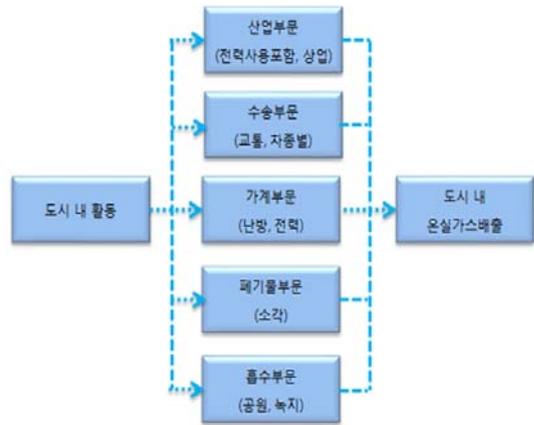


그림 1. 도시 내 탄소 발생체계

2.4 부문별 탄소배출량 산정 방법

화성동탄 U-City의 폐기물은 성남시 분당구와 고양시 일산구와는 달리 외부에서 폐기처리하기 때문에 탄소배출량을 포함하지 않으며, 탄소 흡수원에서는 전체 탄소배출량의 1% 미만을 차지하기에 탄소저감효과 분석에는 미미한 부분을 차지하고 있어 5개 부문 중 산업부문, 수송부문, 가계부문을 중점으로 IPCC 산정지침의 온실가스배출량 산정 방법을 활용하여 탄소배출량을 산정하였다.

산업공정의 온실가스 배출량 추정을 위한 일반적인 방법론은 해당 공정의 생산량 및 소비량 등 활동도(activity) 데이터와 이와 관계된 배출계수 등을 고려하여 식 (1)과 같이 계산할 수 있다[1].

1) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, 2006(2010.6 현재 4차 수정됨)

$$TOTAL_{ij} = A_j \times EF_{ij} \quad (1)$$

TOTAL_{ij} : 산업부문(j)에서 가스(i)의 배출량

A_j : 산업부문(j)에서의 활동도(tonne/year)

EF_{ij} : 산업부문(j)에서의 활동도 당 가스(i)의 배출계수

도로수송부문의 배출량 추정을 위해서는 운송수단의 종류, 연료소비, 운행특성, 배출제어, 유지관리, 기령 등 많은 인자들을 고려하여 식 (2)와 같이 계산할 수 있다[28].

$$\text{배출량} = \sum(\text{EFab} \times \text{Activity a, b}) \quad (2)$$

EF : 배출계수

Activity : 주행거리(VKT)²⁾

a : 차종

b : 도로종류

또한 IPCC의 Tier 1 방법론에서는 다음 6단계의 과정을 거쳐 아래와 같이 연료연소에 따른 탄소배출량이 산정되며 가계부문에 에너지 전력인자들을 고려하여 식 (3)과 같이 계산할 수 있다[28].

- 1단계 : 연료/제품 형태 별 연료 소비량의 산정
- 2단계 : 필요한 경우, 통상적인 에너지 단위 (TJ)로의 전환
- 3단계 : 각 연료/제품별 탄소배출계수의 선택과 연료 중 총탄소량 산정
- 4단계 : 제품에 몰입된 탄소량의 산정
- 5단계 : 연소 도중 산화되지 않은 탄소의 산정
- 6단계 : 탄소 배출량을 CO₂로 전환 에너지

$$CO_2 \text{ 배출량} = \text{탄소배출량} \times \text{전환계수}(44/12) \quad (3)$$

$$= \text{연료소비량} \times (\text{탄소배출계수} \times \text{연소율} - \text{몰입탄소량})$$

그 외 폐기물부문 탄소배출량 산정방법과 공원과 녹지의 흡수부문 산정방법은 식 (4), (5)와 같이 계산할 수 있다.

$$CO_2 \text{배출량(톤/년)} = \sum \text{EF}_i \times \text{IW}_i \times \eta \quad (4)$$

EF_i : 폐기물 종류 i의 배출계수

IW_i : 폐기물 종류 i의 연간 소각량

η : 소각효율

산림 및 기타 목질 바이오매스의 증가에 의한

$$\text{탄소순흡수량} \quad (5)$$

$$= \text{산림/바이오매스의 면적} \times \text{연간성장률} \times \text{연간 바이오매스증가} \times \text{탄소전환계수}$$

식 (1)~(5)를 이용하여 산업부문, 수송부문, 가계부문을 중점으로 탄소배출량을 계산하여 U-City 도입 이전과 이후의 탄소배출량을 산출하였다.

3. 연구결과

3.1 기존 도시의 탄소배출량

성남시 분당구의 연간 순 탄소배출량은 2,819,506 tCO₂이다. 수송부문이 1,229,835 tCO₂³⁾으로 전체의 43.3%로 가장 많은 배출량을 나타내고 있으며, 가계부문이 1,149,734 tCO₂으로 전체의 40.5%를 배출하여 두 번째로 많은 배출량을 보였다. 그리고 고양시 일산구의 연간 순 탄소배출량은 2,733,528 tCO₂이며, 수송부문이 1,134,475 tCO₂로 전체 배출량의 41.5%로 가장 많은 배출량을 나타내고 있으며, 성남시 분당구와 같이 가계부문이 1,072,550 tCO₂으로 전체의 39.2%를 배출하여 두 번째로 많은 배출량을 보였다. 성남시 분당구의 전체 탄소배출량 중 83.8%가 수송부문과 가계부문에서 배출되었으며, 고양시 일산구도 전체 탄소배출량 중 80.7%가 수송부문과 가계부문에서 배출되었다.

3.2 화성동탄 U-City의 탄소배출량

화성동탄 U-City의 연간 순 탄소배출량은 1,302,735 tCO₂로 산정되었다. 수송부문이 458,069 tCO₂로 가장 많은 배출량을 나타내고 있으며 기여도는 전체 배출량 중 35.11%를 차지하고 있다. 산업부문과 가계부문이 각각 433,801 tCO₂, 412,687 tCO₂ 순으로 33.25%, 31.63%로 유사한 비율로 나타났다. 화성동탄 U-City의 탄소배출량 산정 결과 3개 부문 중 성남시 분당구와 고양시 일산구와 같이 수송부문과 가계부문의 탄소배출량을 비교, 분석 대상으로 한다.

2) VKT: Vehicle Kilometers Traveled, 교통량과 거리를 곱하여 차량이동거리를 알 수 있음.

3) tCO₂: 각종 온실가스를 이산화탄소 기준으로 환산한 t단위

3.3 기존 도시와 화성동탄 U-City의 탄소배출량 비교, 분석

탄소배출량 비교, 분석은 화성동탄 U-City의 규모와 도시의 구성 요소가 기존 도시와는 다르기 때문에 절대적인 비교, 분석은 힘들다. 하지만 기존 도시와 화성동탄 U-City의 탄소배출 패턴은 에너지를 사용하는 부문인 수송부문과 가계부문에서 대부분의 탄소가 배출되고 있다는 점은 어느 정도 유사함을 보이고 있다. 성남시 분당구, 고양시 일산구 그리고 화성동탄 U-City는 인구나 면적에 대한 차이가 있기 때문에 이를 동일한 기준으로 비교하기 위해서는 인구밀도를 산정하여 총 배출량을 인구밀도로 나눠줘서 비교하는 것이 합리적이다. 본 연구의 대상지역인 화성동탄 U-City는 처음부터 U-City를 표방하며 계획된 도시이기 때문에 기존 도시와 화성동탄 U-City는 도시의 구성이 상이하였다. 따라서 상이한 도시특성이 있는 두 도시를 동일한 기준으로 비교하는 부분이 본 연구를 진행하는데 있어서 가장 큰 제약점이었다. 이를 고려하여 기본 특성을 어느 정도 맞추어 주고자 인구밀도를 추가하여 분석하고 있다. 그러나 인구밀도만으로는 그러한 제약점을 극복하는데 한계가 있으며 향후에는 보다 여러 요인들을 고려할 필요가 있다.

비교, 분석 결과는 <표 3>과 같으며 탄소배출량을 분석한 결과 화성동탄 U-City도 산업부문과 수송부문, 그리고 가계부문에서 각각 32.68%, 34.51%,

31.09%로 큰 비중을 차지하고 있으며 성남시 분당구와 고양시 일산구와 같이 수송부문에서 가장 높게 나타났다. 화성동탄 U-City를 기존 도시인 성남시 분당구와 고양시 일산구를 인구밀도로 비교분석한 결과, 화성동탄 U-City에서 탄소배출량이 각각 31%, 36% 적게 배출되었으며, 화성동탄 U-City에 적용되는 주요 서비스 중 수송부문과 가계부문이 큰 비중을 차지하고 있는 만큼 탄소배출량도 수송부문과 가계부문에서 44~48%가량 탄소배출량이 줄어들었음을 알 수 있었다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서 U-City 도입 이전 도시인 성남시 분당구와 고양시 일산구, 그리고 U-City 도입 이후 도시인 화성동탄 U-City의 탄소배출량을 비교한 결과 U-City의 탄소배출량이 줄어들었음을 알 수 있었다. 그러나 이 연구에서는 탄소배출량이 줄어든 것이 단지 U-City를 도입하였기 때문이라고 확실하게 증명하기엔 한계가 있었다. U-City에 도입된 서비스 요소들로 미루어 봤을 때 탄소배출량이 줄어들 것이라는 예상을 할 수는 있었으나, 이를 정량적인 수치로 나타내는데까지는 진행을 못했다. 따라서 현재 각 서비스요소별로 어느 정도의 저감효과가 산출되는지에 대한 연구를 진행하고 있어, 향후에 이러한 연구결과가 도출되면, 보다 정량적으로

표 3. U-City 도입 이전 도시와 도입 이후 도시 비교 분석

(면적은 시가지 면적임)

구 분	성남시 분당구 (인구밀도 : 19,857 n/km ²)		고양시 일산구 (인구밀도 : 17,789 n/km ²)		화성동탄 U-City (인구밀도 : 13,274 n/km ²)		비교분석 (%)		
	이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /year)	인구밀도당 이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /n/km ²)	이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /year)	인구밀도당 이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /n/km ²)	이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /year)	인구밀도당 이산화탄소 배출량 (tCO ₂ /n/km ²)	화성동탄/ 성남분당	화성동탄/ 고양일산	
CO ₂ 배출	산업부문	443,622	22.340	518,690	29.158	433,801	32.68	46%	12%
	수송부문	1,229,853	61.934	1,134,475	63.774	458,069	34.51	-44%	-46%
	가계부문	1,149,734	57.899	1,072,550	60.293	412,687	31.09	-46%	-48%
	폐기물 부문	17,230	0.868		0.533	-	-	-	-
	합계(A)	2,840,439	143.042	2,735,203	153.757	1,304,557	98.28	-31%	-36%
이산화탄소 흡수(B)	-20,933	- 1.054	- 1,675	-0.094	-1,822	-0.14	-87%	46%	
순 이산화탄소 배출량 (C=A-B)	2,819,506	141.987	2,733,528	153.663	1,302,735	98.14	-31%	-36%	

효과를 증명할 수 있을 것으로 판단된다.

기존도시와 U-City에서 탄소가 가장 많이 배출되고 있는 부문은 수송부문(교통)과 가계부문(난방, 전력)임을 알 수 있었다. 화성동탄 U-City에서 시행하고 있는 교통부문의 U-City 서비스 분야는 U-교통서비스, 실시간 교통 제어 서비스, 기본교통정보 제공서비스, 차량주행안내 서비스 등이며 이러한 U-City 서비스로 인하여 교통의 흐름을 원활하게 하여 탄소저감의 효과를 얻을 수 있는 주요한 탄소저감 요소로 파악되었다. 기존 도시에서는 U-City 서비스 요소 중 자동차에 의해 소모되는 에너지를 효율적으로 절약하게 하는 요소로 대체된다면 탄소배출량을 저감하는 역할을 할 것이며 U-City 건설시 필수적인 요소라고 판단된다.

그리고 가계부문에서는 가정용 에너지인 석유와 가스, 전력의 사용을 절약하거나 효율적인 사용을 도와주는 홈오토메이션 시스템과 같은 가정 에너지 관리 시스템 등의 도입으로 탄소배출을 저감하는 효과를 가져 올 수 있을 것이다.

또한 도시 내 상업시설이나 공공시설에서의 탄소배출저감 효과도 역시 에너지의 사용을 줄이는 방법의 하나로 에너지 관련 U-City 서비스가 도입된다면 탄소배출을 줄이는데 큰 효과가 있다고 판단된다.

본 연구를 통하여 기존 도시와 U-City의 탄소배출량을 분석한 결과 U-City의 탄소배출량이 줄어들 수 있었고, 향후 U-City의 각 서비스 요소별로 어느 정도의 탄소저감 효과가 있는지를 정량적으로 산정하고, 산정된 값들을 실측치와 비교해서 평가하는 연구를 지속적으로 진행할 필요가 있다. U-City는 각종 센서 등의 모니터링 디바이스를 활용하여 스마트 미터링이 가능하기 때문에 이런 기술들을 활용하는 연구를 진행한다면, 도시에서의 탄소배출량에 관한 연구들을 발전시켜 나갈 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 경기개발연구원, 2008, 경기도 온실가스 배출량 산정 시스템 개발, 경기개발연구원.
- [2] 경기개발연구원, 2008, 기후변화에 대한 지방자치단체의 적응방안 연구, 경기개발연구원.
- [3] 경기개발연구원, 2008, 탄소중립도시 구현을 위한 계획적 접근방안, 경기개발연구원.
- [4] 경기개발연구원, 2009, 도시수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진 방안, 경기개발연구원.
- [5] 경기도, 2009, 경기통계연보. 경기도.
- [6] 고양시, 2008, 고양통계연보. 고양시.
- [7] 국토연구원, 2008, 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(1), 국토연구원.
- [8] 국토연구원, 2009, 영국 저탄소형 에코타운 조성 사례와 국내 적용가능성 연구, 국토연구원.
- [9] 국토연구원, 저탄소 녹색도시의 녹색성장 프로그램에 관한 연구-오스틴을 중심으로, 2009.
- [10] 김복환, 구지희, 광인영, 2009, “지속가능한 U-City 운영을 위한 선순환 U-City모델의 개발 방향 연구,” 한국공간정보시스템학회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 145-156.
- [11] 김태민, 송철철, 이우균, 손요환, 배상원, 김춘식, GIS 및 RS를 이용한 소나무림 식생탄소저장능력의 공간분포 특성규명, 한국GIS학회 2007 추계학술대회, 2007.
- [12] 김홍배, 김재구, 2010, “도시내 탄소발생량 산정과 저탄소도시 개발의 핵심부문에 관한 연구”, 국토계획 제45권 제1호, pp. 36-45.
- [13] 백천현, 유종훈, 김호균, 2009, “국가온실가스 인벤토리 구축 기본절차(IPCC 지침)에 대한 조사연구”, 대한산업공학학회지, vol. 22, no.4, 2009, pp. 317-328.
- [14] 서울시정개발연구원, 2009, 서울시 기후변화대응 성과분석 및 비전수립, 서울시정개발연구원.
- [15] 성남시, 2008, 성남통계연보. 성남시.
- [16] 송병훈, 정지은, 신준호, 2009, “IT장비를 위한 스마트 탄소 미터링 기술”, 한국통신학회지, 제26권 제9호, pp. 42-48.
- [17] 안재호, 2011, “IPCC방법을 이용한 시화·반월 산업단지 온실가스 배출량 산정 연구”, Journal of the KIEAE vol. 11, no. 2, pp. 67-74
- [18] 에너지경제연구원, 2001, 국내 GHG 감축을 위한 정책포트폴리오에 대한 연구, 에너지경제연구원.
- [19] 에너지경제연구원, 2002, 에너지·환경·경제 통합계량경제 시뮬레이션 모형에 의한 온실가스 저감수단의 평가, 에너지경제연구원.
- [20] 오상학, 김애욱, 류지원, 차재규, 정응호, 2011, “리정보시스템을 활용한 CO₂인벤토리 구축 방안

에 관한 연구”, 한국지리정보학회지, 제 14권, 2호, pp. 40-52.

- [21] 유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률 [일부개정 2011.8.4 법률 제11037호], 2010.
- [22] 이재훈, 김기태, 정길섭, 유환희, 2010, 저탄소 도시관리를 위한 탄소배출과 토지이용변화 분석-전주시를 중심으로, 한국지형공간정보학회지, 제18권 제1호, pp. 129-134.
- [23] 장은미, 김정락, 이인희, 연속지적도와 고해상도 영상의 CO₂ 배출모델에의 적용, 한국지형공간정보학회 2009 GIS 공동추계학술대회, pp. 238-241, 2009.
- [24] 장희선, 조기성, 2007, “송탄 U-City의 성공적인 비즈니스모델,” 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제 11호, pp. 223-231.
- [25] 최현아, 이우균, 곽한빈, 최성호, 변재균, 유성진, 2009, “시·공간정보기반 기후변화 취약성 평가”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제 11권, 제3호, pp. 63-69.
- [26] 충남발전연구원, 2010, 저탄소 에너지 절약형 도시계획 통합모델, 충남발전연구원.
- [27] 통계청, 2009, 사업체 기초통계조사 보고서 2008년 기준. 통계청.
- [28] 한국환경공단, 2010, 지자체 온실가스 배출량 산정지침 2010. 한국환경공단.
- [29] 화성동탄, 2009, U-City Story 홍보자료. 화성동탄.

논문접수 : 2011.09.09
수 정 일 : 1차 2012.01.02 / 2차 2012.02.07
심사완료 : 2012.02.11

정 태 응



2003년 국민대학교 산림자원학 입학사
2005년 국민대학교 산림자원학 산림자원석사
2010년 건국대학교 신기술융합학과

박사수료

관심분야는 Smart Green City, 융합/통섭, RS, GIS

문 수 정



2000년 관동대학교 건축공학 공학사
2010년 건국대학교 건축설계학 건축학석사
2010년 건국대학교 신기술융합학과 박사

과정 입학

관심분야는 U-City, 융합/통섭, GIS

김 윤 관



1989년 서울대학교 미생물학과 졸업(이학사)
1998년 서울대학교 환경계획학과 졸업(도시계획학석사)
2005년 서울대학교 환경계획학과 졸업(도시계획학박사)

2002~2009 이엔위즈(주) 부설연구소 연구소장
2009~현재 이엔위즈(주) 대표이사
관심분야는 도시환경계획 및 관리, GIS, U-City

구 지 희



1988년 서울대학교 조경·지역시스템공학부 공학사
1990년 서울대학교 조경·지역시스템공학과 공학석사
2001년 서울대학교 조경·지역시스템

공학과 공학박사

2007~현재 건국대학교 신기술융합학과 부교수
U-Eco City 연구과제중 U-City 탄소배출량산정모델개발 과제 진행중, U-City 교육과정개발 및 교재개발, IT 인재개발교육원, 국토해양인재개발원 U-City 과정 강의, 저서: 유비쿼터스 도시 총론
관심분야는 GIS, U-City