

# 가구 탄소모니터링 시스템에 의한 탄소배출특성 - 세종시 첫마을을 대상으로 -

## Households' Characteristics in Energy Consumption Data from Carbon Emission Monitoring System (CEMS) in Sejong City, Korea

임 윤 택\*  
Leem, Yountaik

이 상 호\*\*  
Lee, Sang Ho

### Abstract

Korean Government has developed Sejong City as a new administration city. This city of future was planned and designed toward one of the most eco-friendly city on the basis of ICTs. To attain this object, a carbon emission monitoring system (CEMS) was designed and installed as a part of u-city service which provides various information anytime and anywhere to enrich the people's quality of life.

In this paper, at first, the structure and functions of CEMS are introduced. This system is consist of 5 parts – data collection from user and linked public DBs, transforming data into meaningful information for the policy makers, system-user interfacing via statistical tables and graphs, and system maintenance. This system can be operated by the citizen participation through whole the process. With the help of GIS map and graphic interface, statistics of monitored data for both citizen and decision maker provided and after feed-back, they have affected on the behaviour of citizen's energy consumption and related policy as well.

By the CEMS, energy consumption data of 124 agreed households were collected during 9 months in 2012. Electricity, gas and water consumption were remote-metered automatically by the system and analysed. This showed that more than 85% of CO<sub>2</sub> emission is rely on electricity usage. Furthermore, number of family members and size of house influences on the emission of CO<sub>2</sub> by each household together with the life-style of the occupants. Electricity and water consumption showed the seasonal factor while gas consumption represents the number of family members.

Even this paper has limitations caused by 9 months of data collection, it shows the policy directions to reduce the emission of CO<sub>2</sub> focusing on the house size and number of family members of each households. With the result of this research, life-style of the generation of dwellers should be investigated and the CO<sub>2</sub> emission characteristics of other housing type as well for the data building for future policy making.

키워드 : 탄소배출 모니터링시스템, 가구특성, 시민참여, 유시티 서비스

Keywords : Carbon emission monitoring system, CEMS, Household characteristics, Citizen participation, u-Service

### 1. 서 론

기후변화협약을 위한 정부간 회의(IPCC; Inter- governmental Panel on Climate Change, 2008) 4차 보고서는 1906년부터 2005년까지 100년 동안 지구 표면온도가 0.74도 상승하였고, 이와 같은 추세는 더욱 가팔라지고 있다고 경고하였다. 이 지구는 추가 정책이 없을 경우 온실가스 배출량은 2000년 대비 2030년까지 25~90%가 증가할 전망이다, 그 중 에너지 사용으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 동 기간 동안 45~110%가 증가할 것으로 내다보았다(IPCC, 2008). 이산화탄소는 대부분 인간의 활동으로부터 배출되며, 특히 교통, 산업 및 건물 등에서의 에너지로 인한 이산화탄

소 배출 비율은 전체의 66.3%를 차지하고 있어 에너지 사용을 줄이는 것은 지구온난화 대책의 중심이 되고 있다.

타 분야와 함께 도시개발 분야에서도 지구온난화 완화라는 공동의 목표를 달성하기 위하여 다양한 노력들이 전개되고 있다. 에너지 사용을 줄일 수 있는 건축기술 개발은 물론이고(조상규 외, 2010 등), 대중교통 이용을 활성화 할 수 있는 도시계획 및 설계기술에 대한 연구가 활발하며(안건혁, 2000; 이재영, 2001; 양희진 외, 2011 등)1), 최근에는 이산화탄소 배출을 근원적으로 차단하는 도시들이 제안, 건설되고 있다(UAE의 Masdar, 중국 Dongtan 신도시 등).

전력과 석유 등 우리나라의 에너지 소비는 세계 10위로서 경제규모에 비해 상대적으로 높은 편이며, 이산화탄소

\* Lead author, Dept. of Urban Engineering, Hanbat National Univ. South Korea (ytleem@hanbat.ac.kr)

\*\* Corresponding author, Depf. of Urban Engineering, Hanbat National Univ. South Korea (lshsw@hanbat.ac.kr)

1) 에너지 사용을 줄이는 도시설계는 대부분 교통에너지의 사용을 줄이는데 초점을 맞추고 있다.

배출량은 9위로서 전 세계 온실가스 배출량의 1.7%를 차지하고 있다. 전 세계적인 온실가스 배출 감소정책에 발맞춰서 우리나라도 에너지소비 감소를 통한 이산화탄소 배출 감소 정책을 실시하고 있으나, 산업이나 수송 등에 비해 상대적으로 경제에 미치는 영향이 작으면서(김유란 외, 2011) 에너지 절약에 대한 의식을 고취시킬 수 있는 가정 및 상업시설 등을 주 대상으로 하고 있다.

현재 우리나라 정부에서 실시하고 있는 에너지소비 감소정책 가운데에서 가장 활발한 것은 환경부가 주관하는 탄소포인트시스템이다. 탄소포인트시스템은 가정, 상업(건물)에서 전기, 상수도, 도시가스 등의 사용량 절감에 따른 온실가스 감축률에 따라 포인트를 발급하고 이에 상응하는 인센티브를 제공하는 전 국민 온실가스 감축 실천프로그램이다(탄소포인트제 홈페이지, 2013). 그러나, 탄소포인트제는 전국적인 시행에도 불구하고 각 가정의 전기, 가스, 수도 등의 사용량을 줄이는 제도적 효과 외에는 정책 수립시 정보의 활용 등에 한계를 가지고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 환경도시를 표방하고 있는 세종시에 구축된 탄소모니터링시스템(CEMS; Carbon Emission Monitoring System)을 통하여 수집된 데이터를 분석하여 가구 및 주택특성에 따른 탄소배출특성을 제시하는 것이다. 이를 위하여 세종시 탄소모니터링시스템의 자료수집에 동의한 분석대상지(세종시 첫마을 3단지) 소재 가구의 전기, 가스, 수도 사용량을 9개월간 원격 모니터링 하여 분석하였다. 본 연구의 결과는 가구 및 주택특성에 따른 에너지소비 행태를 제시함으로써 에너지소비 절감을 통한 탄소배출 억제정책 수립을 위한 다양한 자료를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1. 도시지역에서의 탄소배출 모니터링

도시 내에서 배출되는 대부분의 이산화탄소는 농축산업, 산업생산, 이동 등 인간의 활동에 기인한다. 이산화탄소는 에너지소비, 폐기물의 처리 그리고 심지어는 가축의 소화기 등에서 다양한 형태로 발생하지만 전체 이산화탄소 배출량의 84.3% 이상은 인간들의 에너지 소비에 의한 것이다. 따라서 사람들이 집적하여 생활하고 있는 도시지역이 농촌지역에 비해 탄소배출량이 더 많은 것은 당연한 결과이다.

도시에서 탄소배출을 유발하는 에너지 소비는 산업부문, 운송부문, 가정부문 그리고 폐기물부문에 나눌 수 있다

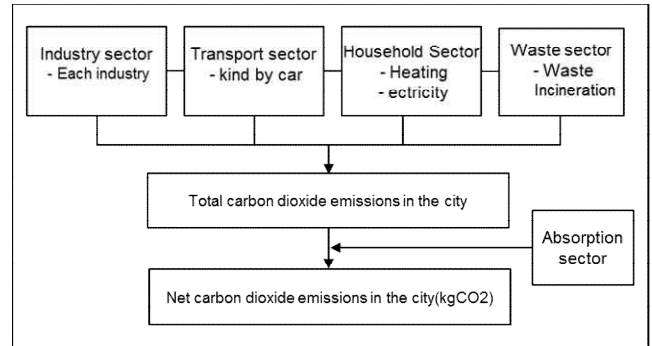


Fig. 1. Mechanism of carbon emissions in the city

(Fig. 1). 배출된 이산화탄소의 일부는 공원이나 숲의 나무 등에 의해 흡수되며, 흡수되지 않는 나머지가 도시의 순 이산화탄소 배출량이다.

우리나라의 경우 가구당 에너지 소비로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 연간 약 3.6 tCO<sub>2</sub>으로 추정된다. 가정에서의 CO<sub>2</sub>는 대부분 난방, 조명 등 주택의 기본 성능 유지와 취사, 가전제품 사용 등의 일상생활에 의해 발생한다. 가정에서의 에너지 소비로 인한 CO<sub>2</sub> 배출은 난방이 53.5%, 가전제품 사용이 31.5%로서 이들 두 분야가 전체의 85%를 차지하고 있다. 하절기 냉방을 위한 에너지 소비에 의해 배출되는 CO<sub>2</sub>는 전체 에너지소비에 의한 CO<sub>2</sub>의 5% 이하를 차지하고 있는 것으로 나타났다(Cho and Lee, 2010).

많은 국가들은 에너지 사용과 관련된 자료를 수집하고 이를 정책수립에 활용하기 위해 모니터링 시스템을 구축하는 등의 노력을 기울이고 있다. 중국에서는 인터넷을 기반으로 한 인텔리전트 빌딩의 에너지 사용 모니터링 및 에너지 절감 관리시스템을 개발하였다(Wei and Li, 2011). 싱가포르의 한 기업은 빌딩의 소유주가 원격으로 에너지 사용수준을 시간 단위로 점검할 수 있는 완전자동 에너지 사용 원격모니터링 시스템을 개발하여 이를 상업적으로 이용하고 있다(www.genergy.com.sg). 미국의 국가연구소(National Lab) 중 한 곳은 시카고나 베이징과 같은 대도시 규모로 건물 단위의 에너지 소비 관련 자료 수집 시스템을 준비하고 있다. 이와 같은 데이터 수집 및 처리시스템은 사용자 인터페이스 시스템이나 의사결정시스템의 개발과 연계되어 수집된 자료를 도시 에너지 절감 정책에 반영하는 기반이 된다. Fig. 2는 도시 단위에서 공간 활동과 CO<sub>2</sub> 배출을 보여주는 유저 인터페이스의 예이다.

Table 1. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emission by households

		Energy Consumption		CO <sub>2</sub> -Emission		National CO <sub>2</sub> -Emission
		TOE	Rate(%)	CO <sub>2</sub> .eq	Rate(%)	
For Building Performance	Heating	2,846,270.0	68%	31,109,748.6	53.5%	5.2%
	Cooling	566,550.6	3.0%	2,930,249.7	5.0%	0.5%
	Lighting	566,550.6	3.0%	2,930,249.7	5.0%	0.5%
	Warm Water	16,370.0	0.1%	52,023.9	0.1%	0.0%
For Everyday activity	Home Appliances	3,542,998.8	18.8%	18,324,702.6	31.5%	3.1%
	Cooking	1,346,280.0	7.1%	2,846,404.4	4.9%	0.5%
Total		18,885,020.0	100.0%	58,193,378.8	100.0%	9.7%

Source : Cho and Lee, 2010, p. 22

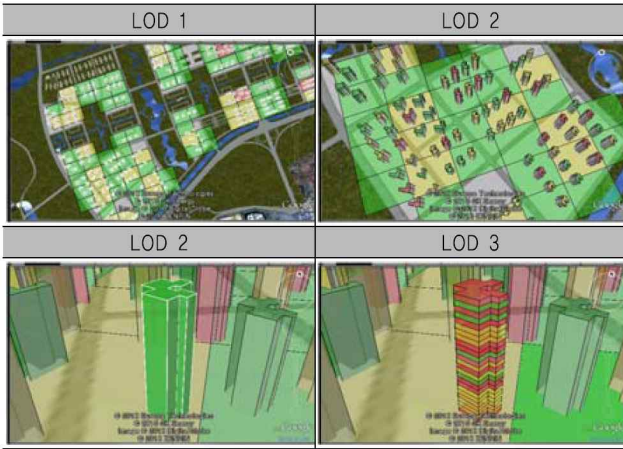


Fig. 2. Monitoring of urban activity and CO<sub>2</sub> emission in a city  
Source : Choe, et. al. 2010

## 2.2. 탄소배출 감소정책 및 활동 동향

지구온난화의 문제점과 화석연료의 한계에 대한 인식이 확산된 최근 수십년 동안 많은 탄소저감 정책이 국가나 도시차원에서 시행되었다. 건축자재나 구조체 등을 이용하여 건축된 에너지 저소비형 주택이나 탄소제로 친환경 공동주택인 영국의 BedZed부터, 최근에 계획되어 건설중인 ‘마스다르 시티’와 같이 도시 단위의 탄소배출 저감정책도 수립, 시행되고 있다.

‘마스다르’는 아랍어로 ‘자원’이라는 뜻. 매장량 기준 세계 4위의 석유 부국(富國)인 UAE 수도 아부다비가 ‘석유 이후 시대’의 주도권을 잡겠다며 추진하는 220억달러짜리 프로젝트다. 마스다르는 탄소 배출과 쓰레기, 화석연료, 자동차가 없는 도시로 계획되었다. 전통 아랍 양식의 성곽으로 주변을 감싸고, 도시 계획도 건물을 좁은 골목 주변에 밀집시키는 아랍 양식을 적용해 에너지 효율을 최대한 높이는 한편, 태양광(52%)과 태양열(26%) 등 100% 신재생 에너지만을 사용하게 된다.

우리나라의 경우에는 탄소배출 저감을 위한 정책이 국

가 주도의 연구개발(국토해양부 2007; 2009 등)과 집단·광교·동탄 등의 신도시 설계에의 반영의 두 가지 형태로 나타났으나(충북개발연구원, 2010) 신도시의 경우에는 그 효과가 구체적으로 검증되지 못하였다. 이후 진천·음성 혁신 도시를 탄소중립형 도시로 계획하는 안이 제시되어 사업이 진행중에 있다(반영운, 2009; 2010)

개개의 건물에서 탄소배출을 감소하는 정책 또한 기술 개발과 사용자에 대한 탄소배출 저감행위 유도의 두 가지 방향으로 진행되고 있다. 이와 같은 정책은 모두 탄소배출 상황을 모니터링 하는 데에서 시작된다. 에너지 소비를 통한 탄소배출 모니터링을 위한 H/W적 기술은 이미 충분히 개발되어, 대림산업·삼성물산·대우건설 등 우리나라의 주요 건설회사들은 이미 에너지 소비량을 세대별로 알려주는 시스템을 건설현장에 적용하고 있다(건설기계, 2012 등).

탄소배출 모니터링을 통한 S/W적 정책으로는 우리나라와 일본에서 시행되고 있는 에너지 절약 인센티브 정책을 들 수 있다. 한국의 탄소포인트 제도(환경부), 에코 마일리지(서울시) 그리고 일본의 에코액션 포인트 제도는 모두 가정의 에너지 소비 감소를 통한 탄소배출 감축을 목표로 하고 있다. 이들은 각 가정이 소비한 전기, 가스 및 수도의 양을 탄소배출량으로 환산하여 그 절감분만큼 환경관련 상품을 구매할 수 있도록 하거나 중량제 쓰레기봉투를 지급하는 등의 인센티브를 제공하고 있다. 이와 같은 정책은 일반 시민들의 환경에 대한 인식을 제고하는 데에는 도움이 되나, 탄소배출을 절감하는 데에는 한계를 보이고 있다. 또한, 개별 가구들의 특성과 관련된 에너지 소비 데이터가 취합되지 않아 정책자료로 사용이 어렵다는 단점이 있다. 표 2.에서는 한국과 일본에서 시행되고 있는 3 가지 시민참여 방식의 탄소배출 절감 인센티브 제도를 소개하였다. 서울시의 에코 마일리지 제도는 환경부가 주도하고 있는 탄소포인트 마일리지 제도의 변형으로써 서울시 내에서 시행되고 있으며, 일본의 에코액션 포인트 제도는 일본 환경성이 시행하고 있다. 3 가지 제도 모두 정책 목표와 인센티브 등은 유사하며, 통계 데이터의 구축 및 활용이 거의 불가능하다는 점 또한 비슷함을 알 수 있다.

Table 2. Carbon point or millage system in Korea and Japan

	Carbon Point Mileage	Eco Mileage	Eco Action Point
Agent	Ministry of Environment, Korea	Seoul Metropolitan Government, Korea	Ministry of Environment, Japan
Implementation	2009	2009	2008
participant	Residential, commercial, etc.	Homes, businesses, schools, etc.	Corporate, government, home, etc.
A standard amount	Recent two-year average	Recent six-month average	CO <sub>2</sub> emission reduction purchase products
Reward	10 gCO <sub>2</sub> =1 point, (3Won)	Reduction of 10 gCO <sub>2</sub> = 1 millage	
Compensation period	Quarterly	Twice a year	Every purchases and registration on PC or smartphone
Incentive	Cash, voucher, waste bag, etc.	Points which can be used to buy eco-related items	Points exchangeable to eco-related items
Homepage	www.cpoint.or.kr	www.ecomileage.seoul.go.kr	
Statistics information	x	x	x

### 3. CEMS : 세종시 탄소모니터링 시스템

#### 3.1. 세종시 환경계획과 CEMS

세종시는 2005년 5월 18일 ‘신행정수도 후속대책을 위한 연기·공주지역 행정중심복합도시 건설을 위한 특별법’이 제정·공포됨에 따라 계획이 수립되고 건설사업이 시작되었다. 세종시는 청와대와 국회를 제외한 중앙 정부의 대부분의 기능을 수용 할 한국의 새로운 행정수도로서 세종시의 전체면적은 465km<sup>2</sup>, 개발면적은 72.91km<sup>2</sup>이고, 계획인구는 2030년까지 50만명이다. 관련 법령에 의거하여 2012년 6월 30일 충청남도 연기군이 폐지되고 중전의 충청남도 연기군 일원, 공주시 일원, 충청북도 청원군 일원이 합쳐져서 2012년 7월 1일 세종특별자치시가 출범했다.

세종시는 첨단 정보 통신 기술과 세계 최고의 지속가능한 도시를 목표로 하고 있다. 종합적인 u-City계획과 UMS(urban management system)등의 인프라가 도입되었다. 세종시는 녹색성장의 세계적 선두자로 15%의 신재생 에너지 사용과 친환경적 도시설계로 2030년까지 탄소배출 70% 저감을 목표로 하고 있다.

세종시 탄소모니터링시스템(CEMS)는 당초 세종시 ICTs 인프라의 기반이 되는 행정정보시스템의 한 모듈로 제안되었다. CEMS는 전기, 수도, 가스 등 각 가정에서 사용하는 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출량을 주민의 동의에 기반한 행정 정보 및 건축물정보(세움터)와 실시간으로 연계함으로써 주민들에게는 스스로 에너지 사용 및 탄소배출을 하여 확인할 수 있게 하는 한편, 정책결정자들에게는 가구 및 주택특성에 따른 탄소배출 특성을 제공함으로써 효율적인 탄소배출 저감정책을 수립할 수 있도록 설계되었다.

#### 3.2. CEMS의 시스템 구조

CEMS의 기본적인 구조는 기존의 지자체 도시정보시스

템인 행정정보시스템과 데이터를 공유하는 것을 고려하여 개발되었다. 즉, 세대주 및 가족구성원 관련자료, 주택 관련자료 등은 행정정보시스템과의 연계를 통하여 수집하게 된다. 한편, 전기, 가스, 수도, 난방 및 온수 등의 에너지 사용량은 각 주거단지의 검침시스템과 연계한 원격검침을 통해 주기적으로 데이터를 제공받는다. 그 외에 기후 데이터 등은 기상청 등의 외부기관과 연계하여 제공받아 이를 중앙처리장치(main processing system)에서 통계화하고 각 가정 및 시청 등 정보의 수요자에게 제공한다. 또한, 이와 같은 데이터는 취합되어 VMS(Variable Message Signs) 등으로 공공에 제공될 수 있다.

그림 3은 CEMS의 전체 구성도이다. CEMS는 ① Data 연계, ② 모니터링을 통한 Data 취득, ③ 가공된 데이터를 이용한 서비스의 제공 그리고 ④ 시스템 유지관리의 네 부분으로 구성되어 있다.

#### 3.3. CEMS의 기능과 인터페이스

세종시 행정정보시스템의 일부로서, 거주자의 친환경적 생활을 지원하는 CEMS의 기능은 그림 4에 나타나 있다. CEMS의 사용자기능은 도입(Introduction), CEMS 서비스, 스마트카드 그리고 위치기반서비스의 4가지로 구분된다. 이들 중 도입기능의 일부와 CEMS 서비스 기능은 전적으로 탄소모니터링을 수행하는 기능이지만 스마트카드 기능과 위치기반서비스 기능은 간접적으로 탄소모니터링과 관련이 되어 있다.

시스템 관리 기능은 시스템 관리기능은 4개의 부분으로 구성되며 운영관리, 탄소모니터링 관리, 서비스 카드 관리, 사용자관리 로 구성된다. 탄소모니터링 관리 기능은 data base간의 연계를 컨트롤하고 사용자 가정에 설치된 검침시스템을 관리한다. 또한 통계기능은 CEMS의 관리기

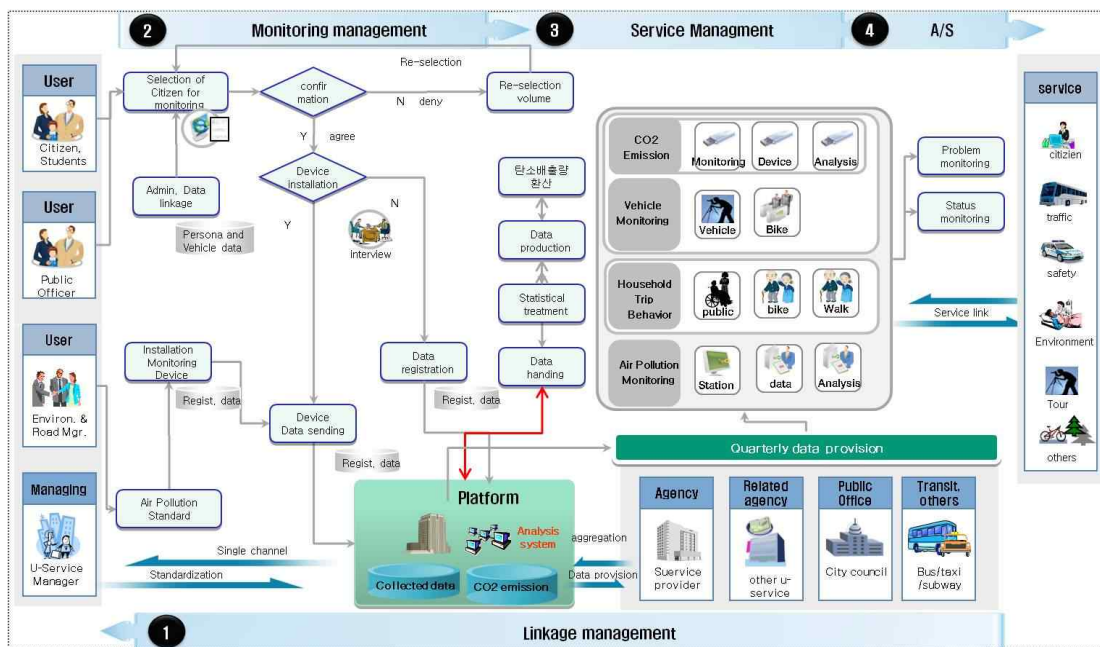


Fig. 3. Structure of CEMS

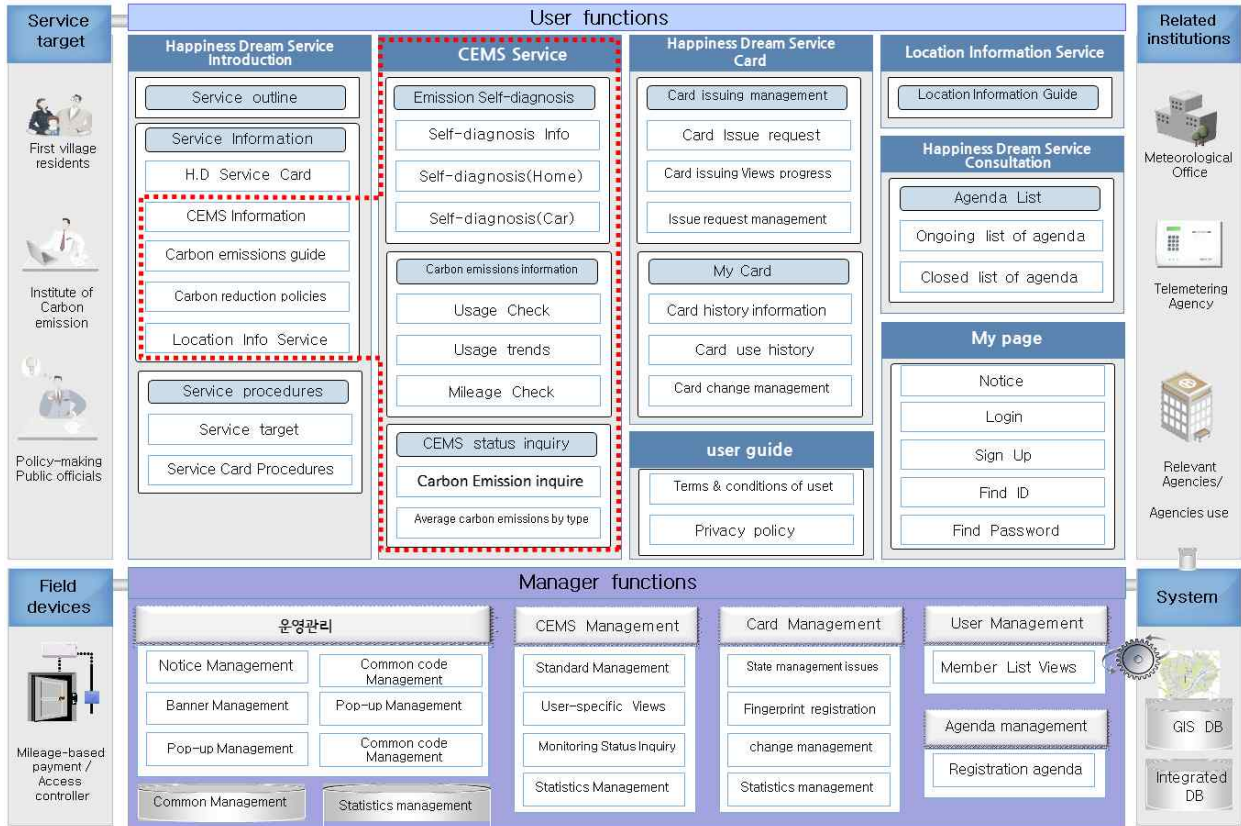


Fig. 4. Functions of CEMS from user and manager side

능중 가장 중요한 기능중 하나이다. CEMS 시스템과 연계되어있는 스마트 카드 시스템은 CEMS의 보조적인 역할을 하고 있다. 각 가정에서는 스마트 카드에 적립되는 포인트 카드를 통해 쓰레기 봉투와같은 환경 관련 상품 구입에

사용 할 수 있다.

시스템에서 사람과 시스템을 연결해주는 인터페이스 환경은 가장 중요한 요소 중 하나이다. CEMS는 기본 data와 횡단면, 시계열 데이터를 제공한다. 기본 data 인터페이스

Table 3. Interface of CEMS by main function

		Type	Screen Examples	Screen Description
Basic data	Socio-economic characteristics	Table		Building area, households from A1 to C4 according to the groups classified by a total of 12 screens
			Carbon emissions by building	GIS-based
Cross-sectional Data	Carbon emissions by household	GIS and Table		The GIS and Table indicates the home's carbon emissions.
			Average Carbon Emissions (Daily)	GIS and graph

Table 3. (Continues)

	Type	Screen Examples	Screen Description
Time Series Data	Changes in temperature	Graph 	In conjunction with the National Weather Service showing monthly temperature.
	Status of monthly usage	GIS and graph 	household's electricity, water and gas usage showing.
	Daily usage trends	Graph 	A household's daily electricity, gas and water usage trends and averages for the graph
	Regular distribution of consumption by source	Graph 	Carbon emissions compared with a group of homes

는 표 형식으로 data가 제공되어 지며, 사용자는 자신의 사용량을 수동으로 입력할 수도 있다.

변환계수에 의해 변환된 각 가정의 탄소배출량과 에너지 소비량이 횡단면 및 시계열 데이터로 제공되어 거주자 또는 의사결정자가 한눈에 알아볼 수 있다. 또한 GIS를 기반으로 data처리 결과 또한 지도상에 표현된다. 시계열 데이터는 일반적으로 그래프 형식으로 표현되는데, 이를 통해서 일간, 월간, 연간(전년대비) 데이터 및 동향을 파악할 수 있도록 설계되었다. CEMS는 또한 탄소배출량의 통계적 분포 예측치를 표현하는 기능도 가지고 있다.

#### 4. CEMS를 이용한 주택/가구특성에 따른 탄소배출분석

##### 4.1. 세종시 CEMS의 개요



Fig. 5. Experiment site in Sejong City

앞서 서술한 바와 같이 CEMS는 세종시 행정정보시스템의 일부 기능으로써 시범적으로 세종시 첫마을 A-2블럭에 설치·운영되었다. 그림 5에서 보는 대상지역은 총 11개 동 687세대이며 이들 중 데이터수집에 동의한 124세대를 대상으로 2012년 2월부터 10월까지 9개월간의 데이터가 수집, 분석되었다. 조사대상 가구는 표 4에서 보는 바와 같이 주택의 규모와 가구 구성원수에 따라 총 8개 그룹으로 구분되었다. 주택 규모는 각각 59㎡, 84㎡ 그리고 102㎡ 형으로 구분되었고, 가구원수는 1~2인 가구, 3~4인 가구 그리고 5인 이상 가구로 구분되었다.

Table 4. Groups of survey participants

Group	Group Description	No. of total Households	No. of Participants	Rate of Participants
A1	59㎡, 1~2 person	85	4	12.9%
A2	59㎡, 3~4 person		7	
B1	84㎡, 1~2 person	274	14	19.3%
B2	84㎡, 3~4 person		27	
B3	84㎡, 5 and more		12	
C1	102㎡, 1~2 person	248	10	24.2%
C2	102㎡, 3~4 person		34	
C3	102㎡, 5 and more		16	

각 가정에서 사용한 전기, 가스, 수도 사용량에 따른 탄소배출량 환산은 환경부의 공식 기준을 적용하였다. 즉, 전기의 경우에는 424 gCO<sub>2</sub>/Kwh, 가스는 2,240 gCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, 그리고 수도는 332 gCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>를 적용하였다.

### 4.2. 조사대상가구 전체의 탄소배출특성

세종시 첫마을을 대상으로 한 데이터의 수집 및 분석 결과, 주택면적이나 가구원수에 따라 서로 다른 탄소배출 특성을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 표 5에서 보는 바와 같이 본 연구의 결과도 일반적인 예상과 같이 주택면적과 가구원수가 증가함에 따라 에너지 소비를 통한 탄소배출량이 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 주택면적이나 가구원수의 증가가 소득수준 및 라이프스타일과 밀접한 관련이 있기 때문인 것으로 판단된다.

Table 5. Average daily energy consumption by group

Group	Electricity(Kwh)	Gas(m <sup>3</sup> )	Water(m <sup>3</sup> )
A1	7.25	0.12	0.28
A2	7.75	0.21	0.57
B1	8.24	0.20	0.33
B2	9.25	0.18	0.40
B3	9.28	0.26	0.53
C1	8.60	0.13	0.36
C2	9.00	0.18	0.41
C3	9.84	0.24	0.49

표 5를 살펴보면 소규모 주택의 3~4인 가구의 경우 수도물 사용량이 타 그룹에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 우리나라 아파트 거주가구의 라이프사이클을 살펴 볼 때, 어린 아이(들)을 양육하는 상대적으로 젊은 세대주들이 소규모의 주택에 거주하기 때문으로(이층기 외, 2008 등) 판단된다. 또한 조사대상지역은 공동열원(온수 및 난방)을 사용하기 때문에 가스는 취사 용도로만 사용된다. 따라서 A1그룹 및 C1그룹에서 가스소비가 적은 것은 젊은 세대 및 고소득 세대의 식습관이 타 그룹에 비해 외식을 자주 하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 6. Monthly energy consumption (unit: Kwh, m<sup>3</sup>)

	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Electricity	7.62	9.11	8.68	8.34	8.62	9.98	10.83	8.34	8.45
Gas	0.16	0.20	0.19	0.18	0.19	0.21	0.18	0.20	0.20
water	0.21	0.29	0.30	0.31	0.36	0.41	0.39	0.34	0.31

표 6과 표 7은 월별 에너지 소비와 이를 탄소배출량으로 환산한 결과이다. 4계절이 뚜렷한 우리나라와 같은 조건에서 1년 이상의 데이터를 수집해야 하나 현장 상황에

Table 7. Average carbon emissions by energy sources (unit: gCO<sub>2</sub>)

	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Electricity	3443.60	3839.81	3682.69	3539.45	3661.51	4237.05	4612.38	3548.03	3597.78
Gas	380.56	457.71	427.62	405.26	431.15	462.53	414.10	441.80	440.53
Water	99.16	123.15	125.02	133.82	152.93	172.76	167.55	144.97	134.24
Sum	3923.31	4420.67	4235.33	4078.52	4245.59	4872.34	5194.04	4134.80	4172.55

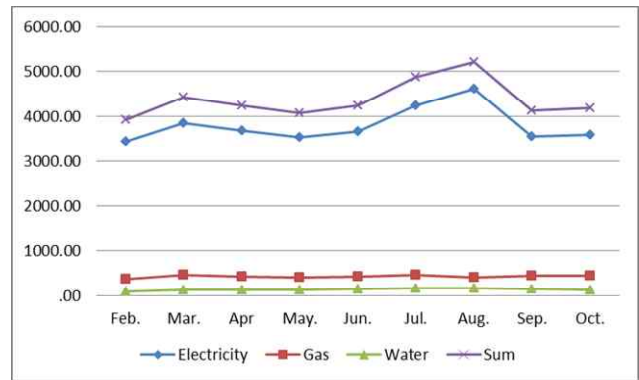


Fig. 6. Monthly trend of CO<sub>2</sub> emission by energy sources

의하여 2012년 2월부터 10월까지 9개월에 걸친 데이터만을 수집할 수 있었다. 특히, 2월의 경우에는 미 입주가가 있어 겨울철임에도 불구하고 평균 에너지소비량이 타 시기보다 적은 것으로 나타나 편의가 있는 데이터로 판단된다.

표 6에서 보는 바와 같이 각 에너지 소비는 월별로 적은 편차를 보이고 있으나 전기 소비는 7월과 8월에 높은 것으로 나타났으며, 수도와 가스는 7월에 가장 소비가 많은 것으로 분석되었다. 이는 우리나라 아파트의 여름철 냉방이 전력에 의존하는 비율이 과거에 비해 높아졌기 때문으로 분석된다. 수도의 경우에는 7월이 가장 소비가 많으며 8월이 그 다음을 차지하여 여름철 샤워 등으로 인한 물 소비가 주 원인으로 판단된다.

표 7을 살펴보면 우리나라의 가정에서 배출되는 탄소배출량의 대부분은 전기 소비에 의한 것임을 알 수 있다. 전기 소비는 전체 탄소배출량의 85% 이상을 차지하고 있는(최대 89%) 반면, 가스와 수도물은 각각 10%와 3% 내외를 차지하고 있다. 그림 6에서 보는 바와 같이 전체 탄소배출량은 전기 소비량 곡선과 동일한 패턴을 보이고 있다.

### 4.3. 가구원수에 따른 탄소배출특성

표 8은 조사 대상 가구의 가구원수에 따른 탄소배출특성을 나타내고 있다. 표에서 보는 바와 같이 5인 이상 가구는 여름철의 전기소비량은 타 그룹과 비슷한 반면, 봄철과 가을철에는 전기 소비량이 타 그룹에 비해 많은 것으로 나타났다. 이는 이 그룹에 속하는 가구원들의 연령대가 타 그룹에 비해 높기 때문에 봄철과 가을철의 난방수요가 많기 때문으로 추정된다.

가스의 경우에는 5인 이상 가구의 소비량이 연중 타 그룹에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 1~2인 가구와 3~4인 가구는 미미한 차이만을 나타내었다. 이는 5인 이상 가구의

Table 8. Monthly CO<sub>2</sub> emissions by family size and energy sources (unit: gCO<sub>2</sub>)

		Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	avg.
Electricity	1~2Person	3233.50	3565.38	3422.11	3307.05	3371.51	3757.43	4321.94	3277.07	3195.53	3487.49
	3~4Person	3421.90	3771.13	3633.09	3487.74	3652.20	4402.74	4711.50	3592.15	3608.00	3803.65
	5 and more	3707.54	4286.30	4077.83	3910.68	3985.70	4317.15	4663.94	3717.90	3989.20	4068.35
	avg.	3443.60	3839.81	3682.69	3539.45	3661.51	4237.05	4612.38	3548.03	3597.78	
Gas	1~2Person	353.88	375.23	382.77	370.92	358.77	372.62	317.54	368.72	338.89	360.12
	3~4Person	345.56	424.71	401.58	382.51	425.01	461.70	416.46	407.91	413.60	409.30
	5 and more	494.09	622.65	539.74	498.15	521.67	557.86	508.29	602.92	613.74	552.21
	avg.	380.56	457.71	427.62	405.26	431.15	462.53	414.10	441.80	440.53	
Water	1~2Person	79.23	90.36	100.64	111.15	118.99	146.75	129.41	115.33	95.91	109.99
	3~4Person	97.44	121.63	122.46	128.50	151.89	175.28	178.19	144.87	135.69	139.63
	5 and more	123.37	159.88	156.75	170.70	190.76	193.40	180.32	175.96	170.34	169.35
	avg.	99.16	123.15	125.02	133.82	152.93	172.76	167.55	144.97	134.24	

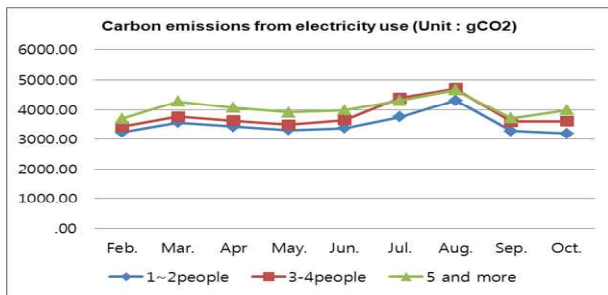


Fig. 7. Monthly CO<sub>2</sub> emission from electricity consumption by family size

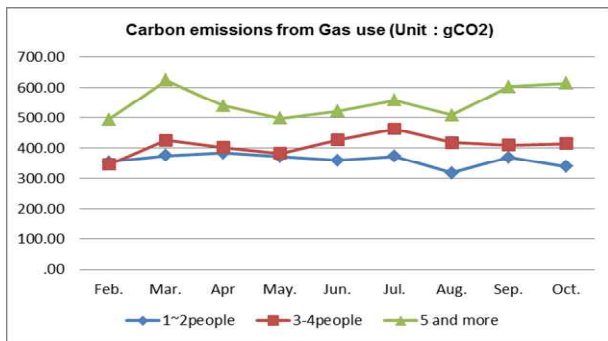


Fig. 8. Monthly CO<sub>2</sub> emission from gas consumption by family size

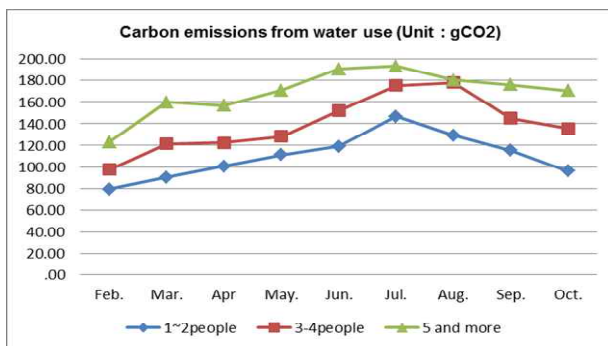


Fig. 9. Monthly CO<sub>2</sub> emission from water consumption by family size

경우에는 외식에 대한 경제적 부담 등으로 인하여 가정 내에서의 취사가 많기 때문으로 해석된다. 수도물의 경우에는 가구원수에 따라 연중 평범한 경향을 보여주고 있다.

#### 4.4. 주택규모에 따른 탄소배출특성

아래의 표 9와 그림 10~12까지는 주택규모별 에너지 소비에 따른 월별 탄소배출량을 나타내고 있다. 월평균 전기 소비에 따른 탄소배출량은 59m<sup>2</sup>, 84m<sup>2</sup> 그리고 102m<sup>2</sup>의 주택이 각각 3,208 gCO<sub>2</sub>, 3,814 gCO<sub>2</sub> 그리고 3,878 gCO<sub>2</sub>를 나타내었다. 이들 주택간에 면적의 차이는 42.3%, 21.4%가 각각 증가하였지만 탄소배출량은 18.9%와 1.7%의 차이를 보이고 있다. 소형주택과 중형주택간에는 전기 소비가 많은 차이를 보이는 반면, 중형주택과 대형주택간에는 큰 차이가 없다는 것은 주택이 일정규모 이상이 되면 주택 규모에 따른 에너지소비에는 큰 차이가 나지 않는다는 것을 의미한다. 특히 그림 10에서 보는 바와 같이 월별 전기소비 패턴도 크게 차이가 없기 때문에 중형주택(84m<sup>2</sup>)과 대형주택(102m<sup>2</sup>)에 대한 전기소비 절감 관련 정책은 동일하게 적용되어야 할 것으로 판단된다.

가스 소비에 의한 탄소배출은 월별 편차나 주택규모별 편차가 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 특히, 소형주택과 대형주택에 비해 중형주택 거주자의 가스 소비가 더 많은 것은 자녀가 어린 젊은 층의 라이프스타일과 소득이 상대적으로 높은 계층의 외식선호를 반영한 것으로 판단된다.

수도물의 경우에는 계절적 요인이 많이 반영되는 특성상 정책목표를 개발할 때에 계절적 요인을 반영할 필요가 있는 것으로 판단된다. 특히, 아이들을 양육하고, 세대주들도 젊은 층인 소형주택 거주자의 수도물 소비가 가장 많은 점을 고려하여 소형주택 거주자들을 대상으로 수도물 소비 절감정책을 실시할 경우, 탄소배출량 저감에 가장 효과적일 것으로 판단된다.



Table 9. Monthly CO<sub>2</sub> emissions by floor area of house and energy sources (unit: gCO<sub>2</sub>)

		Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	avg.
Electricity	59m <sup>2</sup>	3220.41	3150.78	3057.10	3023.83	3183.08	3494.08	3878.39	2930.23	2987.89	3208.07
	84m <sup>2</sup>	3637.94	3878.50	3727.54	3506.97	3620.56	4318.12	4770.90	3428.59	3512.46	3813.78
	102m <sup>2</sup>	3311.69	3935.51	3759.03	3664.76	3787.49	4302.75	4606.83	3770.51	3788.14	3878.11
	avg.	3443.60	3839.81	3682.69	3539.45	3661.51	4237.05	4612.38	3548.03	3597.78	
Gas	59m <sup>2</sup>	338.67	413.64	397.87	448.53	434.42	453.65	367.45	347.74	307.56	390.51
	84m <sup>2</sup>	427.32	480.02	459.92	440.97	447.61	469.92	430.58	462.52	463.49	454.01
	102m <sup>2</sup>	346.57	446.05	404.16	365.11	415.75	457.54	407.99	440.71	444.69	415.05
	avg.	380.56	457.71	427.62	405.26	431.15	462.53	414.10	441.80	440.53	
Water	59m <sup>2</sup>	124.07	139.71	144.37	163.59	175.45	175.24	169.11	154.69	145.01	154.71
	84m <sup>2</sup>	103.35	121.81	124.04	136.33	151.04	169.82	151.05	136.59	126.16	135.84
	102m <sup>2</sup>	90.68	121.22	122.29	126.01	150.43	174.95	182.09	150.69	139.49	139.86
	avg.	99.16	123.15	125.02	133.82	152.93	172.76	167.55	144.97	134.24	

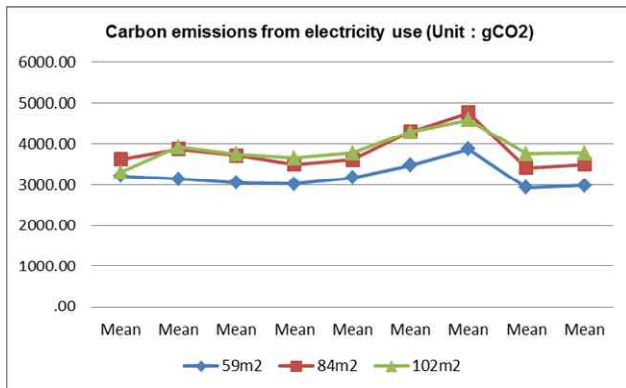


Fig. 10. Monthly CO<sub>2</sub> emission from electricity consumption by floor area of house

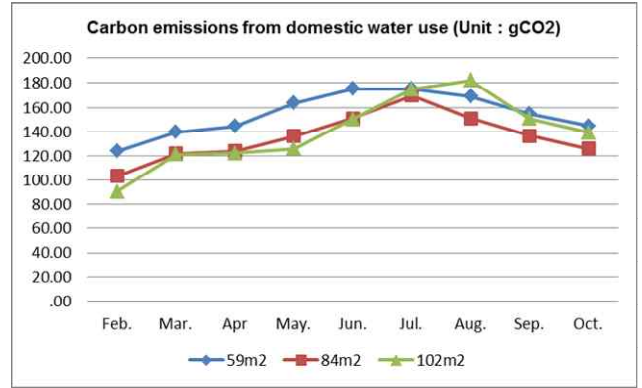


Fig. 12. Monthly CO<sub>2</sub> emission from water consumption by floor area of house

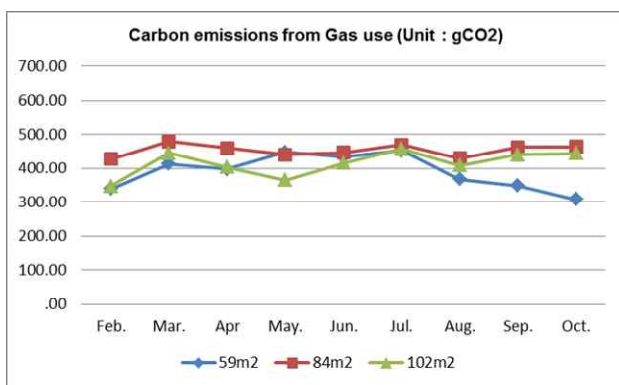


Fig. 11. Monthly CO<sub>2</sub> emission from gas consumption by floor area of house

### 5. 결론

세종시는 세계적 환경도시를 지향하고 있으며, ICTs와 유시티 서비스의 결합을 통해 미래 시민들의 효용을 극대화하려는 노력을 해 오고 있다. 본 연구에서는 세종시 행정정보시스템의 일부로서 탄소배출 절감을 통한 지구온난화에 대응할 수 있는 탄소모니터링시스템을 제안하여 구축, 운영하였다. 본 연구에서는 세종시 탄소모니터링시스템(CEMS)의 구조와 주요 기능 및 인터페이스를 소개하고 9개월 동안의 운영을 통하여 취득한 데이터를 이용하여 가구원수 및 주택규모별 탄소배출특성을 분석하였다.

분석 결과, 조사대상 가정에서 85% 이상의 탄소배출은 전기에너지의 소비로부터 발생하였다. 또한, 냉방용 전기에너지의 소비가 많은 여름철이 봄철 및 가을철에 비해 탄소배출량이 많은 것으로 나타났다.

가구원수에 따른 그룹별 탄소배출량을 살펴 보면 5인 이상 가구의 여름철 전기 소비량은 타 그룹과 비슷한 반면, 봄철과 가을철에는 전기 소비량이 타 그룹에 비해 많은 것으로 나타났다. 가스의 경우에는 5인 이상 가구의 소

비량이 연중 타 그룹에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 1~2인 가구와 3~4인 가구는 미미한 차이만을 나타내었다.

주택규모별로 살펴보면 소형주택과 중형주택간에는 전기 소비가 많은 차이를 보이는 반면, 중형주택과 대형주택간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 가스 소비에 의한 탄소배출은 월별 편차나 주택규모별 편차가 그리 크지 않은 것으로 나타났으며, 수도물의 경우에는 계절적 요인이 많이 반영되는 한편 소형주택 거주자의 수도물 소비량이 많은 것으로 나타났다.

이상의 분석을 통하여 탄소배출을 절감하고자 하는 목표달성을 위해서는 정책의 주요 대상을 가구 및 주택특성, 그리고 라이프스타일과 관련된 전기, 가스, 수도 등 에너지 사용특성을 고려하여 수립하여 시행할 경우 그 효과가 클 것으로 판단된다. 본 연구에서는 현장 상황에 의하여 겨울철 데이터 취득이 불가능하여 봄부터 가을까지의 기간 동안 세종시 첫마을 거주자들의 탄소배출을 모니터링 하였다. 향후 아파트 뿐 아니라 일반주택이나 오피스텔 등 다양한 주거유형별 4계절 에너지 소비 모니터링이 필요할 것으로 판단되며, 이에 근거한 환경정책 수립이 요구된다 하겠다.

References

[1] 국토해양부, 지속가능한 단지설계지침, 2007 / (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Standard of Sustainable New Town Planning, 2007)

[2] 국토해양부, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립지침, 2009 / (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Guideline for Urban Planning toward Low Carbon Green City, 2009)

[3] 김홍배, 김재구, 도시 내 탄소발생량 산정과 저탄소도시 개발의 핵심부문에 관한 연구, 국토계획, 제45권 제1호, pp. 35-48, 2010 / (Kim, HB and Kim JK. Calculating carbon dioxide emissions in the city and key sectors for low-carbon city, J. of Korea Planner's Association, 2010. 45:1. 35-48)

[4] 김유란, 홍원화, 서윤규, 전규엽, 공동주택 가족구성원별 전력소비성향에 관한 연구, 한국주택학회지 제22권 제6호, pp. 43-50, 2011 / (Kim YL, Hong WH, Seo YK, Jeon GY, A study on the Electricity Consumption Propensity by Household Members in Apartment Houses, J. of Korean Housing Ass. 2011 22:6 43-50)

[5] 반영운, 탄소중립형 중부신도시 건설기본방향, 신국토전략에 기반한 중부신도시 개발방향 세미나, 대한국토·도시계획학회, 2009 / (Ban YU, Basic direction to carbon neutral Chungbu New-town construction, paper presented at the Seminar on 'Development direction for Chungbu New-town based on the New-territory strategy, 2009, Korean Planners Association)

[6] 반영운, 탄소중립형 중부신도시 건설 기본구상 최종보고서, 충북대학교 / (Ban YU, Basic ideas for carbon neutral Chungbu New-town construction, Final report, 2010, Chungbuk National University)

[7] 배민기, 지방자치단체의 탄소포인트제도 활성화 방안, 지역정책연구, 제22권 제2호, 충북발전연구원, pp. 91-104, 2011 / (Pae MK. Invigorate strategies of carbon point system in local governments, Regional Policy Research, 2011. 22:2. 91-104. Chungbuk Development Institute)

[8] 안건혁, 도시형태와 에너지활용과의 관계 분석, 국토계획, 제35권 제2

호, pp. 9-17, 2000 / (Ahn, KH, A study on the corelation between variables of urban form and energy consumption, J. of Korean Planners Ass. 35:2, 2000, 9-17)

[9] 이유봉, 탄소배출감축행도점수제도에 있어서의 한 일간 법제상의 비교 연구 - 일본 에코액션포인트 가이드라인 ver. 1.0 -, 한국법제연구원, 2011 / (Lee, EB. A comparative regulatory study on action points programs for carbon emission reduction in Korea and Japan - Eco-Action Point Guideline (Japan) ver 1.0 -, 2011. Korea Legislation Research Institute)

[10] 이창기·이주석, 주거환경이 주택유형과 주택규모 선택에 미치는 영향 분석-다항로짓모형을 활용하여, 경제학연구, 제56권 제3호, pp. 55-73 / (Lee CK and JS Lee, An Analysis of the influence of residential environment factors on the joint choice of dwelling type and house size using multinomial logit, J. of the Korean Economic Association, 2000 56:3, 55-73)

[11] 정창현, 김지영, 김석기, 김태연, 이승복, 서울 주거부문 에너지 소비량 저감 전략에 따른 효과 분석, 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제11호, pp. 323-331, 2009 / (Cheong, C., J. Kim, S. Kim, T. Kim, S. Leigh. Evaluation on the Energy Reduction Strategy of Residential Buildings in Seoul, Korea, J. of Architectural Institute of Korea, 2009. 25:11 323-331)

[12] 조상규, 이진민, 저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구, 건축도시공간연구소, 2010 / (Cho, SK, JM Lee, The policy directions for apartment design mitigating green house gas emissions, Architecture and Urban Research Institute, AURI-2010-7, 2010)

[13] 최윤, 장명호, 김성아, Ubiquitous Sensor Network 및 Social Sensor Networking을 이용한 도시 에너지 모니터링 가시화 시스템 설계, 한국HCI학회, 제5권 제2호, pp. 7-14, 2010 / (Choe Y, Jang M, Kim SA. System Design for a Urban Energy Monitoring and Visualization Environment Using Ubiquitous Sensor Network and Social Sensor Networking, J. of Korea HCI Ass. 2010. 5:2 7-14)

[14] 충북개발연구원, 탄소저감형 신도시 토지이용계획 모델 구축 방안, 2010 / (Chungbuk Research Institute, A Plan on a Land use Model for Carbon-reduced New City, 2010)

[15] 행정중심복합도시건설청, 탄소배출모니터링시스템 개발 최종보고서, 2011 / (MACCA. Final report of the Development of Carbon Emission Monitoring System. 2011)

[16] 환경부, 가정의 에너지 사용(리플렛), 2011 / (Ministry of Environment, Korean Government. Energy use in your home. 2011)

[17] IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland

[18] Lee EJ, Pae MH, Kim DH, Kim JM and Kim JY. Literature review of technologies and energy feedback measures impacting on the reduction of building energy consumption, Proceedings of the EU-Korea Conference on Science and Technology, Springer Proceedings in Physics 124, 223-228. 2008

[19] Lee, JY, 2001, An International comparative analysis of the characteristics of energy consumption, accessibility and mode choice by density between compact city and sprawl city - In the case of Korea's Songnam and Japan's Fukuoka, 2001, Ph.D Dissertation, Graduate School of Kyoungwon University, Korea

[20] Wei, C and Li Y. Design of energy consumption monitoring and energy-saving management system of intelligent building based on

the internet of things, Proceedings of 2011 Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), pp. 3650-3652, Sept. 2011, Zhejiang, China, IEEE.

[21] 탄소포인트제도 홈페이지 / Carbon Point System Homepage  
[www.cpoint.or.kr](http://www.cpoint.or.kr) (accessed on 8 June, 2013)

[22] 포스터앤드파트너스 홈페이지 / Foster + Partners Homepage  
[www.fosterandpartners.com/projects/masdar-development/](http://www.fosterandpartners.com/projects/masdar-development/)  
(accessed on 11 June, 2013)

- 
- 1) 우리나라의 행정정보시스템은 광역행정정보시스템과 기초행정정보시스템으로 구분되지만, 세종시는 기초지자체 기능을 가진 광역자치단체로서 세종시에 특화된 행정정보시스템을 운영중이다.
- 
- 

Received October 8, 2013;

Final revision received December 24, 2013;

Accepted December 26, 2013