

대학 캠퍼스의 에너지 소비 실태 조사를 통한 탄소 인센티브 제도 연구

김경수 · 신문수 · 구자건[†]

연세대학교

A Study on Carbon Incentive System Based on Investigation of Energy Consumption in Korean Universities

Kyung-Su Kim · Moon-Su Shin · Jakon Koo[†]

Yonsei University

ABSTRACT

Universities which have taken an important role to develop the human resources, became one of emitters of greenhouse gases, they need to find a way to reduce global warming gases through reduction of energy consumption. This study is intended to propose a solution that can reduce the greenhouse gases at universities located in Korea. To conduct this study, we have chosen a university at Wonju in Kangwon province for a case study and investigated the emissions of carbon dioxide from campus facilities and residential area. The data has become a footstone to estimate the assumed amount of carbon emission for top 23 energy consumption universities in Korea. We calculate the amount for carbon emission, not only for facilities in campus, but also for residential buildings, amount for emission is increased severely by showing 9780.94tCO₂, which is 2.1 times more than average amount for emission of greenhouse gases researched in existing statistics. Universities have difficulty in introducing new energy generation system, as having been done business companies or other commercial facilities but they are required to introduce some educational methods since it is a academic space. Incentive to universities reducing carbon emission in campus is a system to provide incentives with students, professors, administrative personnels and others in campus as a compensation for their efforts to save energy. It is needed to establish the infrastructures for measuring energy consumption in campus.

Key words : greenhouse gases(GHGs), green campus, energy consumption, carbon incentive system

I. 서 론

1. 연구 배경

정부의 저탄소 녹색성장 선언 이후 정부부처 · 기업 · 사회단체 등에서 녹색성장을 위한 다양한 방안을 발표하고 있는 가운데, 국내 여

러 연구기관 및 사회단체에서는 에너지 다소비 기관으로서 대학을 주목하기 시작하였다. ‘국내 에너지 다소비 기관 현황(에너지관리공단, 2006)’에 따르면 국내 190개 에너지 다소비 기관 중 대학이 23곳 포함되어 있고, 총 전력 소비량 5,807,431MWh 중 815,976MWh(14%)를 대학에서 소비하고 있는 것으로 나타났다. 또한 2009

[†] Corresponding Author : e-mail : koo904@yonsei.ac.kr, Tel : +82-33-760-2835, Fax : +82-2-6230-9838

년 박영아 국회의원이 국정감사를 통해 국내 70개 대학의 자료를 분석한 결과, 우리나라 전체 총 온실가스 배출량이 7% 상승한 것에 비해 국내 70개 대학은 30%가 증가하여 국내 전체 증가율보다 4배 이상 높은 것으로 나타났다. 그러나 이와 같은 소비량은 대학 시설에서 소비되는 에너지량만을 고려한 것으로, 대학 구성원인 학생들이 재학 기간 중 자취와 하숙을 할 때 소비하는 에너지 사용량을 포함할 경우 대학의 실제 에너지 소비량은 더 많을 것으로 예상된다(William & John, 2008).

대학은 교육과 연구, 정책 개발의 중심으로써 환경문제에 대한 혁신적인 해결 방안을 개발하고 제시할 수 있는 풍부한 자원과 인력을 갖고 있음에도 불구하고 경제 개발 위주의 경제정책 흐름에 맞물려 진행해 왔던 것이다(김지영, 2008). 학문 분야를 연구하고 미래 지도자를 교육하는 대학도 온실가스 배출 감축 및 저탄소 문화 정착에 있어서 공동의 책임을 져야 한다는 것은 세계적인 추세이다(ACUPCC, 2009). 이에 대해 국내 대학들은 2008년 11월 환경 파괴와 에너지 고갈의 문제에 대한 적극적인 대응을 위해 한국그린캠퍼스추진협의회를 창립하였고, 2009년 5월에는 대학 총장 선언과 지방 부처와의 양해 협정 체결 등 짧은 기간 동안 활발한 움직임을 보였다(한국그린캠퍼스추진준비위원회, 2008). 그러나 국내 대학들의 그린캠퍼스 운동은 경제성, 효율성, 지속성 등 여러 면에서 어려움을 겪고 있으며, 선진 사례로 꼽히는 국내 일부 대학들도 캠퍼스의 녹지화나 대규모 신재생 에너지 시스템 도입, 교육과 홍보에 편중된 경향을 보이고 있다.

교육과 인재 양성을 담당하는 대학이 지구온난화의 원인을 제공하고 있다면, 대학은 에너지 소비에 대해 적절한 저감 대책을 마련하는 것이 필요하다. 그러나 대학은 여러 특성상 교육과 홍보만으로는 큰 에너지 절감 효과를 성취하기 어려운 것이 사실이고, 대규모 신재생 에너지 시스템의 도입은 재정 여건상 현실적이지 못하다. 따라서 대학들은 캠퍼스 구성원들

의 에너지 저감 실천을 유발할 수 있는 실천적인 대응 방안 또는 제도를 도입해야 할 필요성이 있는 것이다(Kelly, John & Henry, 2007).

2. 연구 목적

이 연구는 국내 대학의 실제 탄소 배출 실태를 추정하기 위해 사례 대학을 선정하여 대학 캠퍼스 외 학생들의 숙박 지역도 포함한 에너지 사용량을 조사한 뒤, 이를 바탕으로 에너지 다소비 상위 23개 대학 및 전체 대학의 탄소 배출량을 산출하였다. 대학에서 배출되는 온실가스를 줄이기 위한 방안으로 캠퍼스 구성원들의 지속적인 에너지 절약 실천을 유발할 수 있는 캠퍼스형 탄소 배출 인센티브 제도를 제안하며, 사례 대학을 포함한 국내 대학들의 이산화탄소 배출 실태를 조사하는데 연구의 목적을 두고 있다.

3. 연구 대상

이 연구의 사례 조사 대상인 대학 캠퍼스는 강원도 원주시에 위치한 A대학교로서, 부지면적은 1,819,492m²이며, 전체 재학생수와 교직원 수는 2009년 말 기준 6,945명으로 원주시 인구(307,516명)의 2.3%에 해당한다. 구성원 중 재학생과 교직원은 각각 6426명(92.5%), 519명(7.5%)이고, 재학생 중 학부생이 94%를 차지하며, 교직원 중 교원의 비율은 84%이다.

교내 시설은 크게 교육 기본 시설, 지원 시설, 연구 시설, 기숙 시설의 4종류로 구분할 수 있고, 이 중 기숙 시설은 연건평 46,119m² 규모로 6개동, 6개 학사로 구분되어 재학생 중 46.7% (2,827명)가 거주하고 있다. 기숙사 외 거주 인원은 총 4,118명으로 캠퍼스 부지 경계선 1km 이내 주거 지역 내 자취 인원은 2,718명, 통학 및 출퇴근하는 인원 약 1,400명이다.

이 연구에서는 대학 구성원의 생활 공간에서 발생하는 온실가스를 조사하기 위해 대학 캠퍼스와 대학 인근의 주거 지역까지 포함시켰다. 온실가스는 교토의정서에서 명시한 CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC, SF₆ 6종 중에서 표준화를 위해

표 1. 표본 조사 세대

	원룸		아파트		총계	
	세대	인구	세대	인구	세대	인구
1	10	10	20	20	30	30
2	11	22	20	40	31	62
3	2	6	20	60	22	66
4	0	0	10	40	10	40
소계	23	38	70	160	93	198

탄소 배출 계수를 활용하였다.

4. 연구 방법

대학에서 사용되는 에너지 소비량과 이로 인해 배출되는 온실가스량을 파악하기 위하여 현장 조사는 2008년 1월 1일부터 동년 12월 31일 까지 현장 조사를 진행하였다.

현장 조사는 대학의 탄소 배출에 관한 기존 연구들이 기초 자료로 활용하였던 교내 에너지 소비량 외에 자취 지역의 에너지 소비량을 조사하였다. 교내에서 소비되는 에너지량은 교내 시설관리부의 협조를 얻어 2008년 한 해 동안 사례 대학에서 사용한 에너지량을 조사하였다. 자취 지역의 에너지 소비량은 해당 지역의 에너지 소비량 통계 시스템이 구축되어 있지 않

아서 자취 지역에 거주하고 있는 재학생과 교직원들을 대상으로 표본 조사를 실시하였다.

표본 조사는 기숙사 외 주거 인원인 4,118명을 대상으로 하였으며, 추출 단위는 세대 수, 주거 형태는 아파트와 원룸으로 구분하여 조사하였다. 표본 조사는 약 2주일에 걸쳐 진행하였으며, 연구진들이 2인 1조로 팀을 이루어 표본 조사 세대를 직접 방문하여 조사하였다. 2008년 자취 지역에 거주하며 사례 대학교 구성원 조건에 해당되는 표본 수는 194세대, 349명이었고, 조사 조건에 적합한 표본은 총 93세대로써 학생 83세대, 교원 8세대, 직원 2세대, 198명이었다.

표본세대를 대상으로 각 에너지원별 관리시설의 협조를 얻어 가구별 전력, 가스, 수도 사용량을 확보하였으며, 이를 TOE(Tonnage of Oil Equivalent) 단위로 환산한 후 최종 이산화탄소 배출량(tCO₂)을 산출하였다(Clean Air-Cool Planet, 2008). 단, 수도 사용량 중 원룸의 경우는 해당 건물 용도의 특성상 수도 계량기가 건물이나 층 단위로 설치되어 있어 각 가구별 실제 사용량을 측정할 수 없으므로, 아파트 주거 인원별 세대 당 평균 수도 소비량이 같은 조건의 원룸의 수도 소비량과 동일하다고 가정하였다.

가. 배출량 산정 경계 설정

조사대상의 경계 설정을 위해 대학 캠퍼스를

표 2. 탄소 배출량 산정 방법

에너지원		산정 방법
전기	이산화탄소배출량(kgCO ₂)	전력 사용량(kWh)×이산화탄소 배출 계수
	이산화탄소 배출 계수	0.424 kgCO ₂ /kWh (출처: IPCC)
도시가스(LNG)	이산화탄소배출량(tCO ₂)	① : (연료 이용량(m ³)×10,500)÷10 ⁷ =A TOE ② : A×탄소 배출 계수×연소율=B tC ③ : B×(44÷12)=CO ₂ 배출량
	이산화탄소 배출 계수	0.637 kgCO ₂ /m ³ (출처: IPCC)
수도	이산화탄소배출량(kgCO ₂)	수도 사용량(m ³)×이산화탄소 배출 계수
	이산화탄소 배출 계수*	0.66 kgCO ₂ /m ³ (출처: 한국환경산업기술연구원)

* 수도의 경우 IPCC에서 표준화한 탄소 배출 계수가 없으므로, 국내 탄소 배출 계수를 적용함.

독립된 에너지 환경 시스템으로 가정하여 이를 구성하는 요소를 에너지가 소비되는 시설, 즉 캠퍼스 내 시설(대학 시설)과 캠퍼스 밖 시설(자취, 하숙 시설)로 구분하였다. 또한 에너지 환경 시스템을 구성하는 활동인자를 대학 구성원으로 간주하여 교내와 자취 지역에서 구성원들에 의해 소비되고 있는 각 시설별 에너지 소비량을 조사하였다.

나. 배출량 산정 기준 설정

국내에는 대학의 이산화탄소 배출량 산출을 위한 객관적인 인벤토리가 구축되어 있지 않아서 대학의 이산화탄소 배출량을 정확히 산정하는 데에 어려움이 있다. 또한 각 대학들이 사용하는 에너지원이 모두 다르기 때문에 그 범위를 설정하는 것 또한 쉽지 않다. 그러나 대학에서 사용하는 에너지원이 전력, 가스, 등유, 경유, 벙커 A유, 벙커 B유, 벙커 C유 등으로 단순화되어 있고, 이 중 전력과 가스, 벙커 C유의 탄소 배출 비중 및 사용량이 상대적으로 많다는 점을 감안하여 위 3가지 에너지원을 배출량 산정 기준으로 설정하였다(녹색연합, 2009). 이와 함께 최종 데이터의 신뢰도를 높이기 위해 비교적 측정이 용이하고 간접배출원에 속하는 수도 사용량을 포함시켰다(Westminster College

Environmental Center, 2008).

다. 배출량 산정 방법론

현재 국내 대학의 온실가스 인벤토리 구축을 위해 전기, 가스, 수도 에너지원별 온실가스 배출 특성을 반영한 대학 고유의 실사(實査)된 온실가스 배출계수가 존재하지 않다는 점과 기존의 연구 자료들과의 원활한 비교 분석을 위해 초기 배출 계수(default emission factor)를 적용하는 Tier 1 방법을 사용하였다. 이 방법론은 활동 데이터의 수집 방법과 배출계수의 정확도 및 분류에 따른 단계적 접근법으로써, IPCC Guideline, EU-ETS Monitoring & Reporting Guideline, 기업 인벤토리 산정지침서에서 사용하는 등 전세계 대부분의 국가와 기업에서 사용하고 있는 온실가스 배출량 산정 방법론이다(WRI, 2007).

II. 이론적 배경

1. 대학의 탄소 배출에 관한 선행 연구

가. 국내 에너지 다소비 기관 분석

에너지관리공단은 2007년 ‘에너지 사용량 통계’ 자료를 바탕으로 에너지 사용량을 신고한

표 3. 배출량 산정 방법론(2006 IPCC Guideline)

배출량 산정 방법			산정방법론	Data source
구분 기준	대분류	소분류		
기술형태별 산정 유무	RA ^{a)} (top-down)	Tier 1	일반적으로 에너지 공급 통계, 제품생산량을 기초로 기술 형태에 상관없이 배출량 산정	국가 생산량 초기배출계수 공정특성 배출계수
		Tier 2	탄소 물질수지와 저위 발열량 등의 현장 자료를 이용하여 배출량 산정	국가 물입량과 공정의 구체적 적용값 국가 특성 배출계수
* RA : X * SA : O	SA ^{b)} (bottom-up)	Tier 3	Plant(or Company)-level emission data 활용	설비별 해당 공정의 구체적 적용값 설비 특성 온실가스 측정 결과 설비 특성 배출계수

주 : a) Reference Approach.

b) Standard Approach or Sectoral Approach.

국내 862개 기관의 에너지 사용량을 조사하였다. 조사 결과, 국내 에너지 다소비 기관 1위인 인천국제공항공사를 포함한 공공건물 6곳, 2위 현대기아자동차 남양기술연구소를 포함한 연구소 14곳, 3위 롯데호텔을 포함한 호텔 20곳, 4위 코엑스를 포함한 상업용 건물 23곳, 5위 서울대학교를 포함한 대학 23곳, 6위 연세의료원을 포함한 병원 18곳 등이 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 건물 부문별 배출 비율은 아파트(25.1%), 백화점(13.8%), 상업용 건물(13.4%), 학교(11.7%) 병원(10.4%), 호텔(10.3%) 순으로 나타났다.

에너지 소비 상위 190개 기관의 총 전력 소비량을 분석한 결과, 총 전력 소비량(5,807,431 MWh) 중 대학이 13%(763,799 MWh)를 차지하고 있고, 그 중 가장 많은 전력을 소비한 대학은 전체 5위를 차지한 서울대학교로서 116,547 MWh의 전력을 사용하여 49,415t의 CO₂를 배출하는 것으로 나타났다. 또한 대학의 에너지 소비 구조는 건물 부문의 소비 구조와 흡사한 것으로 나타났는데, 건물 부문의 에너지 사용량 추이는 2000년 13만 TOE에서 2007년 24만 TOE로 7년간 84.9%가 상승한 것으로 조사되었다(에너지관리공단, 2008b).

나. 저탄소 그린캠퍼스 만들기

녹색연합은 2009년 “기후변화와 대학의 대응”이라는 주제로 그린캠퍼스 가이드북을 발간하였다. 이는 2008년 에너지관리공단에서 발표한 ‘2007 에너지 사용량 통계 자료’를 바탕으로 에너지 사용량 상위 76개 대학의 이산화탄소 배출량을 조사한 것으로, 2007년 한해 76개 대학의 총 이산화탄소 발생량은 913,611ton/year 이고, 이를 상쇄하기 위해 매년 30년생 잣나무 8억 8,000그루가 필요하며, 이를 위해 서울시 면적(605.53km²)의 4.7배에 달하는 면적이 새로 필요하다는 결과였다(국립산림과학원, 2006).

녹색연합은 서울시의 동별 이산화탄소 배출량을 조사하는 과정 중 대학이 위치한 동이 다른 동에 비해 유난히 배출량이 많은 것에 주목하였다. 대학에서 전기 사용으로 배출한 CO₂를

탄소 거래소에서 탄소 배출권으로 구입할 경우, 서울대학교는 약 14억원, 포스텍은 9억 5,000만원의 금액을 지불해야 하며, 76개 대학의 탄소 배출량을 모두 포함할 경우 2008년 2월 27일 유럽연합 탄소배출권 거래 기준으로 274억원에 달하는 금액을 지불해야 하는 것으로 나타났다. 이 연구 보고서를 통해 녹색연합은 그린캠퍼스 조성을 위한 가이드라인을 제시하고, 그린캠퍼스 조성 단계와 각 부문별 감축방안을 명시하고 있다.

2. 탄소 마일리지 제도

탄소 마일리지 제도는 기후 변화에 대한 시민의식을 제고하고 적극적인 온실가스 감축 활동을 통해 에너지 절약을 통해 에너지 저소비 사회구조를 정착시키기 위한 제도이다. 일반 가정이나 기업, 학교 등에 가스나 전기, 수도 등 에너지 표준 사용 기준량을 정해 놓고 그보다 적게 사용할 경우 절약분에 해당하는 마일리지(혜택)를 각 가정과 기업 등에 지급하는 유인제도이다. 마일리지는 현금처럼 사용이 가능하고, 각종 복지문화 및 체육시설 이용과 교통카드 충전 등에도 사용할 수 있어 참여자들의 자발적인 참여를 유도하고 있다. 참여 방법으로는 희망자가 해당 자치단체의 탄소 마일리지 홈페이지에 가입하여 성명, 주소, 수용가 고객번호 등의 기본 정보를 입력하면 매월 참여자의 현재 에너지 사용량과 전년도 동월(同月) 같은 기간 동안 에너지 사용량이 비교되어 전년도 대비 절약분에 해당하는 탄소 마일리지를 지급받게 된다.

이 시스템은 참여자의 고객번호별 에너지 사용량을 에너지기관으로부터 제공받아 마일리지 DB에 자동 기록하여 전년도 사용량과 현재 사용량의 비교를 통해 감축량을 계산하고 기준에 따라 마일리지를 지급하게 된다. 즉, 상반기(1~6월)에 절약한 에너지에 해당하는 마일리지는 8월에 지급되고 하반기(7~12월)에 누적된 마일리지는 익년도 2월에 지급되는 것이다. 현재 탄소 마일리지 제도는 자치구에서 총괄하

고 있으며, 탄소은행 및 보험사에서 가정·기업·공공기관에게 마일리지를 제공하고, 참여자들이 저감한 이산화탄소는 탄소배출 기업에 판매되는 구조를 이루고 있다.

III. 대학 캠퍼스의 에너지 사용 및 탄소 배출 실태 조사

1. 사례 대학의 탄소 배출 실태

사례조사 대학인 A대학의 총 탄소 배출량을 조사하기 위해 캠퍼스 내 대학 시설과 대학가 자취시설의 에너지 사용량을 각각 조사하였고, 이를 다시 온실가스 배출량(tCO₂), 탄소중립나무수, 탄소국제가격으로 환산하였다.

가. 캠퍼스 내 시설기준(대학 시설) 온실가스 배출량

표 4와 같이 2008년 교내 시설에서 사용된 총 전력 소비량은 10,999,416 kWh이고, 여기서 발생한 온실가스는 4,663.75 tCO₂로써 사례 대학 시설 기준 온실가스 배출 총량의 64%를 차지한다. 난방가스(LNG)의 한 해 소비량은 695,796m³으로 교내 온실가스 배출량의 23%를 차지하고, 병커 C유와 수도는 각각 10%와 2%의 비율을 보였다.

A대학 교내 온실가스 배출량은 총 7,246.60 tCO₂이고, 이를 전체 인원(6,945명)으로 나눈 1인당 온실가스 배출량은 1.0434t CO₂로써 전력량만을 고려한 국내 190개 에너지 다소비 기관(에너지관리공단, 2007)과 비교할 경우 대학 부문 1위와 2위를 차지한 서울대학교(2.46 tCO₂)와 포스텍(7.72 tCO₂)에 이어 1인당 온실가스 배출량이 세 번째로 높은 수치를 나타냈다.

나. 자취 지역 온실가스 배출량

표 4. A대학 캠퍼스 에너지원별 온실가스 배출량

구분	에너지 사용량	온실가스 배출량 (tCO ₂)	탄소중립 나무 (그루)	탄소국제가격(원) (tCO ₂)
전 력	10,999,416(kWh)	4,663.75	4,513,306	140,145,921
가 스	695,796(m ³)	1,697.87	1,643,100	51,021,078
수 도	231,160(t)	152.57	147,648	4,584,736
B-C 유	232,918(ℓ)	732.41	708,784	22,008,957
합계		7,246.60	7,012,839	217,760,692
구성원 1인당		1.0434	1,009.77	31,355.03

표 5. A대학 자취 지역 거주 인원별 온실가스 배출량

거주인원	전력		가스		수도		평균 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)
	소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	
1	1,216.87	515.95	393.4	959.96	90.67	59.84	1.54
2	1,408.65	597.12	497.16	1,213.17	114.93	75.86	1.89
3	1,698.5	698.57	596.47	1,455.49	134.73	88.92	2.24
4	2,127.4	902.02	779.66	1,902.53	162.3	107.12	2.91
1인당 평균	701.09	297.26	245.45	598.94	54.89	36.23	0.9324

표 5와 같이 A대학 인근의 자취 지역 내 학생들의 주거용 시설들의 에너지원은 전력, 도시가스, 수도로 구분되며, 발생된 온실가스 평균 배출량은 주거 인원에 따라 증가된 수치를 나타내고 있다. 주거 인원과 온실가스 배출량을 비교해 본 결과, 1인 주거 세대와 4인 주거 세대의 경우 각각 1.54 tCO₂와 2.9 tCO₂로 약 2배 차이가 나는 것으로 나타났다.

에너지원별 사용량으로는 교내 시설 기준과는 다르게 가스 사용량(61,010,756.73m³)으로 인한 온실가스 배출량이 1,627.92 tCO₂로 전체 배출량 중 64%를 차지한 반면, 전력 사용(2,887,071.57 kWh)으로 인한 온실가스 배출량은 807.98 tCO₂로써 총 온실가스 배출량의 32%를 차지하는 것으로 나타났다. 수도로 인한 온실가스 배출량은 전체의 4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 자취 지역에서 배출된 총 온실가스량은 2,534.34 tCO₂이며, 구성원 1인당 온실가스 배출량은 0.9324 tCO₂이다. A대학 인근 자취 지역의 주거시설에서 사용되는 에너지 소비량 실측 결과는 부록 1~부록 5에 수록하였다.

다. 캠퍼스 내 온실가스 배출량과 자취 지역 배출량 비교

A대학 교내 온실가스 배출량과 자취 지역의 온실가스 배출량을 비교한 결과는 그림 1과 같다. 교내 시설과 자취 지역에서 전력 사용 시 배출되는 각각의 온실가스량을 합산한 값은 교내 시설의 에너지원 중 전력에서 발생된 온실가스

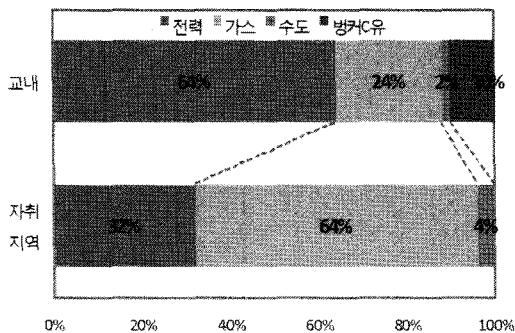


그림 1. 교내와 자취 지역 온실가스 배출량 비율 비교

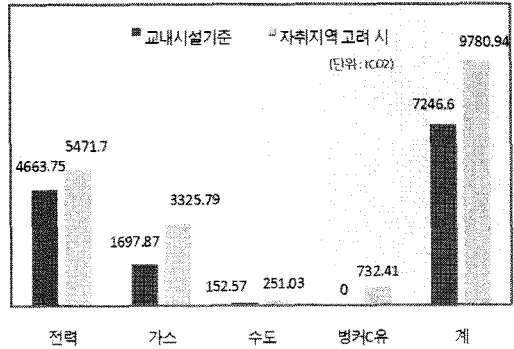


그림 2. 교내 시설기준 대비 종합 배출량 비교

배출량보다 17% 증가하였고, 가스를 사용함으로써 발생하는 온실가스 배출량보다는 약 95% 증가하였다. 각 기준별 모든 에너지원으로부터 발생한 온실가스량은 자취 지역의 거주 시설로부터 발생한 온실가스를 포함할 경우, 기존의 교내 시설 기준 시보다 약 35% 증가된 배출량을 나타내었다.

교내 시설 기준 온실가스 배출량(7,246.6 tCO₂)과 자취 지역의 온실가스 배출량(2,534.34 tCO₂)을 고려한 2008년 A대학 구성원의 총 온실가스 배출량은 9,780.94 tCO₂이다. 이는 30년생 잣나무를 9,465,426그루를 심어야 상쇄되는 양이며, 3,155ha(31,511,419m²)에 해당하는 산림지대가 매년 필요한 양이다.

교내와 자취 지역의 1인당 온실가스 배출량을 비교한 결과, 각각 1.0434 tCO₂와 0.9324 tCO₂로 교내 시설 기준 대비 90%의 온실가스를 자취 지역에서 배출하고 있으며, 두 기준을 모두 고려한 전체 1인당 온실가스 배출량은 1.4083 tCO₂인 것으로 나타났다. 이 양은 녹색연합이 조사했던 국내 에너지 다소비 대학 상위 23개교의 이산화탄소 배출량 평균치인 0.9832 tCO₂(사례대학: 0.6715 tCO₂)보다 1.4배 높은 양이며, 서울대와 포스텍을 제외한, 평균 배출량인 0.5 tCO₂에 비해서는 2.8배 높은 수치이다. 그러나 녹색연합의 조사 자료는 캠퍼스 내에서의 이산화탄소 배출량만을 조사한 것이어서 단순 비교에 다소 어려움이 있으며, 자료 해석시 이러한 점을 감안해야 한다.

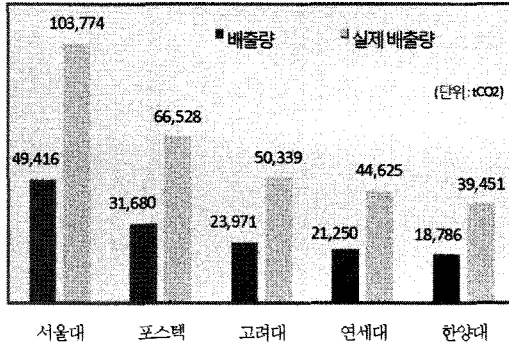


그림 3. 상위 5개 대학의 실제 배출량 추정치

2. 국내 대학의 탄소 배출 실태

가. 선행 연구와의 비교 분석

A대학의 총 온실가스 배출량은 자취 지역에서의 배출량을 고려할 경우, 9,780.94 tCO₂로써 교내 시설 기준 전력 사용에서 발생된 온실가스 4,663.75 tCO₂보다 약 2.1배 증가된 수치를 나타냈다. 이를 녹색연합 저탄소 그린캠퍼스 가이드북에서 제시되었던 국내 에너지 소비 상위 23개 대학의 전력 사용량에 따른 온실가스 배출량과 비교하였다.

전력 사용량만으로 계산된 23개 대학의 평균 온실가스 배출량은 15.042 tCO₂이며, 사례 대학에서 도출한 전력 대비 실질 온실가스 배출 비율인 2.1배를 23개 대학에 적용시킬 경우, 국내 주요 대학에서 배출되는 온실가스 배출량은 31,589 tCO₂로 산정되었다.

나. 국내 대학 전체의 온실가스 배출량 추정

대학이 자취 지역에서 사용되는 에너지량을 포함하여 사례 대학 구성원 1인당 온실가스 배출량을 산정한 결과 1.4083 tCO₂로 나타났다. 이를 토대로 국내 405개 대학을 4개 에너지원(전력, 가스, 수도, 병커 C유), A대학의 구성원 주거 비율(기숙사 40%, 자취 40%, 통학 20%), 에너지 소비 행태 등이 모두 동일한 것으로 가정하여, 2008년 한 해 국내 대학 구성원 3,663,783명에게서 발생하는 온실가스 배출량을 추정하였다(한국대학교육협의회, 2008).

위와 같은 방법에 의해 계산된 국내 대학 전

체의 총 온실가스 배출량은 5.16백만 tCO₂이며, 이는 2007년 원주시의 한 해 온실가스 배출량의 2.67배에 달하는 양이다(원주시, 2009). 국내 대학이 배출한 온실가스 배출량을 상쇄하기 위해서는 30년생 잣나무 4,993백만 그루가 필요하여 이를 위해 1,644,421ha(16,644km²)의 산림지대가 필요한데, 이는 대한민국 전 국토의 17%에 해당하며 서울특별시와 경기도를 합친 면적의 1.6배에 달하는 넓이다(통계청, 2009). 또한 국내 대학이 배출한 온실가스량에 상당하는 탄소 배출권을 구입할 경우, 지불해야 할 탄소국제가격은 약 1,551억원으로써 이 금액은 2007년도 국내 대학 총 예산의 약 4.4%를 차지하는 액수이다(교육인적자원부, 2007). 국내 23개 대학의 실제 온실가스 배출량 추정치는 부록 6에 수록하였다.

IV. 탄소 배출 저감 방안 : 캠퍼스형 탄소마일리지 제도

대학은 구성원들에게 에너지 절약을 강제하기 어렵고 동기를 부여하기 어렵다는 특성이 있다. 따라서 이러한 특성을 감안한 에너지 절약 프로그램이 마련되어야 하는데, 이를 해결하기 위한 방안으로 구성원 개개인의 에너지 절감량에 따라 인센티브를 지급하는 캠퍼스형 탄소 마일리지 제도를 구상하였다.

1. 기존의 탄소 배출 인센티브 제도의 한계점

최근 국내에서는 서울시를 비롯하여 많은 지방자치단체들이 탄소 배출을 저감하기 위한 다양한 인센티브 제도를 도입하여 시행하고 있다. 대표적으로 탄소 마일리지 제도, 탄소 포인트 제도, 탄소 캐시백 제도 등을 들 수 있는데, 각각 형태는 다르지만 온실가스의 발생 원인인 전기·도시가스·수도를 절약함으로써, 그 양에 따라 탄소 포인트와 인센티브를 제공받는 기후변화 대응 활동 프로그램이라는 점에서 취지가 유사한 제도이다. 그러나 이와 같은 탄소 저감 제도는 일부 지역으로 한정되어 있고, 시

표 6. 국내 대학의 온실가스 배출량

구분	온실가스 배출량 (백만tCO ₂)	탄소중립나무 수 (백만 그루)	탄소국제가격(천원) (tCO ₂)
국내 대학 전체	5.16	4,993	155,049,423
원주시(2007)	1.87	1,809	56,183,226
대한민국(2005)	550	532,258	16,527,527,500

행 초기부터 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다.

지자체 단위로 실시되고 있는 탄소 마일리지 제도는 대학 역시 참여가 가능하며, 전체 학생수의 30% 이상이 참여하면 포인트를 받을 수 있다. 그러나 현재까지 지자체에서 실시 중인 탄소 마일리지 제도를 도입하여 시행하고 있는 국내 대학은 없으며, 행정적, 기술적 문제점 때문에 국내 대학에 적용하여 실시하기에는 어려움이 있다.

그 문제점으로는 첫째, 지자체형 탄소 마일리지 제도의 대상은 대학 구성원들이 아닌 학교 측이라는 점이다. 즉, 대학에서 탄소 마일리지 제도를 실시할 경우, 제도에 실질적으로 참여하여 에너지를 절약하게 되는 캠퍼스 구성원들이 대상이 되는 것이 아니라 행정적인 관점에서 바라본 학교 측이 그 대상이 되는 것이다. 제도의 직접적인 참여 대상이 캠퍼스 구성원들이 아니라는 것은 개인의 에너지 절감으로 인한 인센티브가 참여자들에게 돌아가지 않을 수 있고, 이는 학생 및 교직원들의 참여율을 저하시킬 수 있다. 즉, 자발적으로 환경보전을 실천하도록 하기 위한 유인책인 탄소 마일리지 제도가 그 취지를 달성하는데 어려움이 있을 수 있다.

둘째, 국내 대학들은 캠퍼스 내 구성원들의 에너지 사용량을 측정할 수 있는 에너지 관리 시스템과 인프라가 구축되어 있지 않다. 앞서 언급하였듯이 학문 연구와 인재 양성을 담당하고 있는 국내 대학들의 에너지 소비량은 국내 여러 제조 공장 및 호텔, 병원과도 견줄 수 있는 수준이다(에너지관리공단, 2007).

2006년 국내 190개 에너지 다소비 기관 상위

45개 기관 중 대학이 6개(13%)를 차지하고 있으나, 캠퍼스 내 구성원들의 에너지 소비량을 측정하고 관리하는 국내 대학은 전무하다. 탄소 마일리지 제도는 기본적으로 참여자들의 에너지 사용으로 인하여 발생하는 개별적인 온실가스 배출량을 측정할 수 있는 시스템이 확보되어야 실행 가능하지만, 대부분의 대학들은 구성원들의 개별적인 온실가스 배출량은 물론이고, 건물별 발생하는 온실가스량도 측정하기 어려운 문제점을 안고 있다.

셋째, 캠퍼스는 주거 방식의 특성상 에너지 사용 표준량을 지정할 수 없다는 점이다. 현재 탄소 마일리지를 시행 중에 있는 강남구를 비롯한 서울시에서는 제도 계획 초기 각 가정별 특성을 반영한 에너지 사용 표준량을 지정하여 그 양에 따라 감축분을 산정하기로 하였으나, 시행 초기 형평성 문제와 비대해지는 행정 체계 등의 문제들로 인해 각 가정별로 전년 동월에 사용한 에너지량을 표준량으로 사용하기로 결정하였다. 이처럼 현재 시행 중에 있는 탄소 마일리지 제도는 참여자의 현재 에너지 사용량을 전년도 동월 사용량과 비교하여 절약한 양에 따라 인센티브를 제공하고 있다. 그러나 대학 캠퍼스의 경우, 대부분의 학생들이 학기 별 혹은 적어도 1년마다 주거 형태가 바뀌거나 룸메이트가 바뀌는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성으로 인해 캠퍼스 내 지자체형 탄소 마일리지 제도가 도입될 경우 구성원들의 에너지 감축량 산정 방식에 문제가 될 수 있으며, 이를 수정하거나 보완하지 않는다면 현실적으로 제도 도입과 실행이 어려울 것이다.

국내에서 처음으로 실시되고 있는 탄소 마일

리지 제도는 제도상, 행정상 여러 가지 문제점이 있는 것이 사실이다. 그러나 에너지 소비 감축 효율면에서는 서울시 강남구 시민들을 대상으로 시행해 본 결과, 그 효과가 입증되었고, 국내 여러 지자체뿐만 아니라 해외에서도 이를 벤치마킹하기 위해 한국을 방문하고 있다. 더욱이 탄소 마일리지 제도는 사람들의 에너지 소비 습관을 변화시켜 현재 기후변화 대응과 관련한 세계적인 신재생 에너지 도입이나 관련 정보기술(IT)과 연계 활용될 경우 큰 에너지 사용 절감을 가져올 수 있다는 점에서 시사하는 바가 크다(Macro & Kathryn, 2003). 이와 같이 탄소 마일리지 제도는 이점과 문제점이 상존하므로 그 잠재 효과는 향후 기존의 탄소 마일리지 제도를 어떻게 보완하는냐에 따라 크게 달라질 것이다.

2. 캠퍼스형 탄소 인센티브 제도

캠퍼스형 탄소 인센티브 제도는 현재 지자체에서 실시 중에 있는 탄소 마일리지 제도를 캠퍼스의 환경과 특성에 맞게 수정 및 보완하여 학생을 포함한 교직원들의 자발적인 에너지 저감 실천을 유도하려는 에너지 절약 실천 프로그램이다.

캠퍼스형 탄소 인센티브 제도의 개념도는 그림 4에서 제시하였다. 이 제도의 구체적인 실행 방법은 첫째, 제도 참여를 희망하는 학생, 교원, 직원 등 캠퍼스 구성원들이 참여 신청을 하고, 둘째, 에너지 절약 실천을 통해 구성원이 에너지 소비량을 감축하며, 셋째, 한국전력공사와 각 지역의 도시가스 공급업체 사용량 자료를 받아 검증하고, 넷째, 제도를 운영하는 대학에서는 캠퍼스 구성원들의 에너지 사용량을 저감량이 아닌 저소비 순으로 나열하여 그 정도에 따라 인센티브를 제공하게 되는 것이다. 단, 통학생은 탄소 포인트 부여를 위한 에너지 사용량 측정이 불가하고, 지자체에서 실시하는 탄소 저감 제도와 중복될 수 있으므로 참여 대상에서 제외된다.

캠퍼스 내에서 소비되는 에너지는 전기, 가

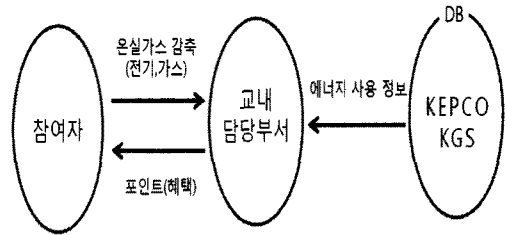


그림 4. 캠퍼스형 탄소 인센티브 제도 개념도

스, 병커 C유, 수도 등 다양하지만 본 제도에서는 ‘측정 가능성’, ‘대표성’을 고려하여 전기와 가스에 한하여 시행함을 원칙으로 한다. 그러나 측정과 비교가 가능한 자원 및 에너지 데이터가 확보될 경우, 전기와 가스 외 다른 항목도 추가될 수 있을 것으로 생각된다(Westminster College Environmental Center, 2008).

가. 포인트 산정 및 관리

매달 전기, 가스 사용량을 저사용 순으로 순위화하여 지급하는 포인트는 10kgCO₂=1 point을 기준으로 이용하되 각 대학의 환경 및 특성을 고려하여 산정하도록 한다. 산정된 포인트는 학생과 교직원들의 생활 및 주거 특이성을 고려하여 적절한 방식으로 지급한다(경기개발연구원, 2007; 고재경 & 박년배, 2008).

학생의 경우, 각 방별 에너지 사용량을 측정하되 포인트 부여는 주거 인원수에 따라 구분하여 지급하고, 교원은 소속되어 있는 각 단과대학별로 개별 건물 혹은 사무공간의 에너지 사용량을 합산하여 에너지 사용량 순위를 매긴다. 단, 대학별 또는 건물별 특성에 따라서 에너지 소비 패턴이 다르므로 에너지 소비의 비교는 상대적인 값으로 평가한다. 직원은 각 사무실 규모별 형평성을 위해 전체 에너지 소비량을 평당 에너지 소비 원단위로 나타내어 저소비 순으로 마일리지를 부여한다. 아울러 탄소 포인트 산정 및 운영은 위와 같은 원칙에 의해 운영하되 대학별 특성에 맞게 수정·보완하여 시행하도록 한다.

나. 참여 주체별 역할분담

표 7. 대상별 포인트 적용 방안

구분	학생	교원	직원
대상	기숙사생, 자취생(하숙)	전 교원(시간강사 제외)	전 직원
실시 항목	전기, 가스	전기, 가스	전기, 가스
평가 기준	절대량	상대량	절대량
실시 부문	각 방별, 인원수 별	단과대학 건물별	부서 사무실별

표 8. 참여 주체별 역할 분담

구분	역할 분담
기획부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제도 운영 총괄 ○ 운영 프로그램 개발 및 운영 ○ 마일리지 산정을 위한 검·인증 방안 수립 ○ 제도 참여자 모집 및 관리
재무부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 예산 등 제도 운영 지원 ○ 인센티브 제공 방안 마련
홍보부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제도 홍보 및 참여자 교육
시설관리부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기, 가스 사용량 확보 및 관련 기관 협조 요청 ○ 기초 자료 제공 등 제도 운영 협조
제도 참여자	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가입 신청(전력, 가스 등 사용자 정보 입력) ○ 에너지 사용 정보 확인을 위한 개인정보 이용 동의

도록 한다. 단, 제도 시행 후 절약된 교내 에너지 예산은 100% 제도 참여자들에게 인센티브로 제공함을 원칙으로 한다.

V. 결 론

교육과 인재 양성을 담당하는 대학이 대규모 생산시설이나 상업시설 못지 않은 대규모 온실가스 배출원이라는 사실은, 대학 역시 사회구성체의 하나로 온실가스 저감을 위한 책임 있는 역할을 다해야 함을 말해준다. 그러나 대학이 일반 기업이나 상업 시설물처럼 신재생 에너지 시스템을 전면적으로 도입하기에는 어려움이 있고, 교육 기관인 만큼 교육적인 방법을 우선 도입해 시행하는 것이 바람직하다.

이를 위해 대학에서 비교적 저비용으로 대학교 구성원들의 에너지 사용 감축을 유도할 수 있는 ‘캠퍼스형 탄소 배출 인센티브 제도’의 도입을 제안하였다. 학생 및 교직원들의 에너지 절감 노력으로 인하여 대학 예산 중 에너지 분야 운영비를 절약하고, 이를 다시 학생들에게 탄소장학금, 문화상품권 등의 인센티브로 환원하게 되는 본 제도는 캠퍼스 내 에너지 과소비 문제를 해결하기 위한 유인 제도로써 에너지 절약을 위한 구성원들의 지속가능한 동기를 유발하게 될 것으로 기대된다. 이와 함께 대학은 자체적인 온실가스 배출 인벤토리를 작성하고, 연도별 감축 목표량을 설정함으로써, 단계적이고 체계적인 온실가스 배출 저감 전략을 마련하는 것이 필요하다. 또한 에너지 절약을 위한 체계적인 교육과 홍보를 병행함으로써 지역사회 환경 개선에 기여할 수 있는 ‘그린캠퍼스’를 성

제도의 원활한 시행을 위해 별도의 부서가 개설되지 않는다면, 표 8과 같이 관련 부서(기획부, 재무부, 홍보부, 시설관리부)에서 각 부서의 특성에 맞게 업무를 분담하여 처리하도록 한다.

다. 인센티브 지급

참여자들은 개개인의 에너지 절감으로 월별로 지급된 마일리지를 통해 일정량 이상 적립 시 인센티브를 지급받게 된다. 인센티브 종류는 탄소 장학금, 문화상품권, 교내상품권, 식권, 기숙사 입사 우선권, 봉사활동 시간 인정 등이 있으나, 규모 및 지급 시기 등 구체적인 방법은 시행 대학의 환경 및 여건을 고려하여 결정하

취할 수 있을 것이다.

그러나 국내 대학의 온실가스 배출 조사 방법이 표준화되지 않은 상태이고, 그나마 신뢰성 있는 데이터가 미흡한 상태이어서 국내 대학들의 온실가스 배출량을 동일 지표에 의해 정확히 비교하기 어려웠던 점은 본 연구의 제한점으로 생각된다. 이러한 문제점은 2010년 하반기에 정부 유관 부처에서 대학 캠퍼스의 온실가스 배출량 산정기준 및 평가 모델에 관한 연구를 시행할 계획을 발표한 바 있으므로, 조사방법의 표준화가 이루어질 것으로 예상되는 2011년 이후에는 보다 세밀한 연구가 가능할 것으로 사료된다.

탄소 인센티브 제도를 제안한 본 연구는 강원도 원주시에 위치한 A대학교를 사례로, 캠퍼스 구성원들이 대학 캠퍼스와 캠퍼스 부지 경계선 1km 이내 거주 지역에서 사용하는 일부 에너지 소비량을 토대로 산정한 값에 기초한 것이므로, 환경 여건이 상이한 각 대학에 동일하게 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 대학은 '캠퍼스형 탄소 인센티브 제도'를 각 대학의 여건에 맞게 최적화하여 적용하는 것이 바람직하며, 이와 함께 대학 캠퍼스의 온실가스 발생량 확인과 저감 계획의 수립을 통해 타 산업 분야와의 체계적인 비교·평가가 가능하도록 해야 할 과제를 안고 있다.

향후 우리나라도 온실가스 배출 의무 감축국에 편입될 것이 확실시되므로 대학도 이러한 국제적 규제 추세에 발맞춰 '탄소 포인트 제도'와 같은 보다 실천적인 기후변화 대응 프로그램을 마련해야 할 것이다. 또한 에너지 절약에 관한 체계적인 교육 및 홍보를 병행함으로써 에너지 과소비 기관이라는 오명을 벗고 국가 에너지 위기에 핵심 인력이 되는 예비 지도자들을 육성하여 향후 저탄소 녹색사회를 이끌어가는 기후 변화 대응의 주력으로 자리매김해야 할 것이다.

참고문헌

1. 경기개발연구원 (2007). 경기도 시, 군, 지자체

체의 온실가스 배출특성 연구.

2. 고재경, 박년배 (2008). 기초자치단체 온실가스 배출량 산정에 관한 연구 - 경기도 시·군 지자체를 중심으로, *환경정책*, 16(1), 40-42.
3. 교육인적자원부 (2007). 2007년도 예산 및 기금운용계획.
4. 국가통계포털 홈페이지(<http://www.kosis.kr>)
5. 국립산림과학원 (2006). 연구보고-지구온난화와 산림.
6. 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)
7. 김지영 (2008), 기후변화에 대응하는 에코캠퍼스 추진 필요, *동대신문*, 1461호.
8. 녹색연합 (2009). 기후변화시대 대학의 대안.
9. 에너지관리공단 (2006). 국내 190개 에너지 다소비기관 현황.
10. 에너지관리공단 (2007). 국내 대학의 전력 사용량과 이산화탄소 배출량.
11. 에너지관리공단 (2008a). 2007 건물 부분 업종별 에너지 사용 현황.
12. 에너지관리공단 (2008b). 2007 에너지 사용량 통계 자료.
13. 원주시 (2009). 원주시 온실가스 배출량조사 분석 및 대응방안 연구.
14. 원주시청 홈페이지(<http://www.wonju.go.kr>)
15. 탄소포인트제 홈페이지(<http://www.cpoint.or.kr>).
16. 통계청 (2009). 통계행정편람.
17. 한국그린캠퍼스추진준비위원회 (2008). 한국 그린캠퍼스 추진 협의회 창립 총회 및 사례 발표집.
18. 한국대학교육협의회 (2008). *고등교육통계*.
19. 국가 LCI 데이터베이스정보망(<http://www.edp.or.kr>).
20. American College & University Presidents Climate Commitment (2009). *Education for Climate Neutrality and Sustainability : Guidance for ACUPCC Institutions*.
21. Kelly, S. G., John, P. H. & Henry, L. (2007). *The Energy Technology Innovation Project : Analyzing, Informing, and Shaping Energy*

- Policy*. Belfer Center for Science and International Affairs, John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
22. Clean Air-Cool Planet (2008). *Campus Carbon Calculator*.
23. Eggleston, H. S., Buendia, L. Miwa, K. Ngara, T. & Tanabe, K. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. IGES(Japan).
24. Macro, B. & Kathryn, Z. (2003). *Lessons Learned from Yale University Inventory: GHG Emissions from Transportation*.
25. Westminster College Environmental Center (2008). *Greenhouse Gas Emissions Inventory*.
26. William, C. & John, P (2008). *Report of the Harvard University Task Force on Greenhouse Gas Emissions*.
27. World Resources Institute (2007). *Measuring to Manage: A Guide to Designing GHG Accounting and Reporting Programs*.

2010년 2월 10일 접수

2010년 6월 19일 심사완료

2010년 6월 26일 게재확정

부록 1. A대학 인근 자취 지역 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출량 조사(H오피스텔 A동)

동	호	거주 인원	전력		가스		수도		총 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	탄소증립 나무 수 (그루)	탄소 국제가격 (원/tCO ₂)
			소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)			
A동	101호	1	1,180	500.32	588.01	1,434.84	91	60.06	2	1,935	60,100
	102호	2	1,344	569.86	572.06	1,395.92	115	75.9	2.04	1,974	61,302
	103호	2	1,130	479.12	479.58	1,170.28	115	75.9	1.73	1,674	51,987
	105호	1	1,656	702.14	319.26	779.06	91	60.06	1.54	1,490	46,277
	106호	2	997	422.73	326.42	796.52	115	75.9	1.3	1,258	39,065
	201호	1	1,085	460.04	305.39	745.21	91	60.06	1.27	1,229	38,164
	202호	1	1,066	451.98	350	854.06	91	60.06	1.37	1,326	41,169
	203호	2	1,706	723.34	752.3	1,835.75	115	75.9	2.63	2,545	79,032
	205호	1	645	273.48	123.92	302.4	91	60.06	0.64	619	19,232
	206호	2	2,118	898.03	712.64	1,738.98	115	75.9	2.71	2,623	81,436
	303호	3	1,576	668.22	697.97	1,703.17	135	89.1	2.46	2,381	73,923
	306호	2	792	335.81	522.39	1,274.72	115	75.9	1.69	1,635	50,785
합계		20	15,295	6,485.07	5,749.94	14,030.91	1,280	844.8	21.36	20,671	641,869
평균		1.67	1,274.58	540.42	479.16	1,169.24	106.67	70.4	1.78	1,723	53,489
1인당 배출량			764.75	324.25	287.50	701.55	64	42.24	1.07	1,035	32,154

부록 2. A대학 인근 자취 지역 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출량 조사(H오피스텔 B동)

동	호	거주 인원	전력		가스		수도		총 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	탄소증립 나무 수 (그루)	탄소 국제가격 (원/tCO ₂)
			소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)			
B동	101호	1	1,044	442.66	493.86	1,205.1	91	60.06	1.71	1,655	51,386
	102호	1	1,029	436.3	367.82	897.54	91	60.06	1.39	1,345	41,770
	103호	1	1,382	585.97	191.49	467.27	91	60.06	1.11	1,074	33,356
	105호	1	1,099	465.98	226.11	551.74	91	60.06	1.08	1,045	32,454
	106호	2	1,677	711.05	494.71	1,207.19	115	75.9	1.99	1,926	59,800
	201호	1	942	399.41	457.17	1,115.58	91	60.06	1.58	1,529	47,479
	202호	2	1,159	491.42	393.59	960.45	115	75.9	1.53	1,481	45,977
	203호	2	1,527	647.45	319.34	779.25	115	75.9	1.5	1,452	45,075
	205호	2	2,024	858.18	451.08	1,100.71	115	75.9	2.03	1,965	61,002
	206호	2	1,133	480.39	582.89	1,422.37	115	75.9	1.98	1,916	59,499
합계		15	13,016	5,518.81	3,978.06	9,707.20	1,030	679.80	15.91	15,397	478,096
평균		1.5	1,301.6	551.88	397.81	970.72	103	67.98	1.59	1,539	47,780
1인당 배출량			867.73	367.92	265.20	647.15	68.67	45.32	1.06	1,026	31,853

부록 3. A대학 인근 자취 지역 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출량 조사(R오피스텔)

동	호	거주 인원	전력		가스		수도		총 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	탄소중립 나무 수 (그루)	탄소 국제가격 (원/tCO ₂)
			소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)			
1동	305호	3	1,439	610.14	381.62	931.24	135	89.1	1.63	1,577	48,982
1인당 배출량			479.67	203.38	127.21	310.41	45.00	29.70	0.54	523	16,227

부록 4. A대학 인근 자취 지역 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출량 조사(CO아파트)

동	호	거주 인원	전력		가스		수도		총 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	탄소중립 나무 수 (그루)	탄소 국제가격 (원/tCO ₂)
			소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)			
101동	106호	1	2,707	1,147.77	980	2,391.38	244	161.04	3.7	3,581	111,185
	202호	2	2,117	897.61	1,014.93	2,476.61	194	128.04	3.5	3,387	105,175
	207호	4	4,201	1,781.22	775.8	1,893.11	221	145.86	3.82	3,697	114,791
	210호	2	3,949	1,674.38	581.54	1,419.07	139	91.74	3.19	3,087	95,860
	304호	4	2,772	1,175.33	1,425.25	3,477.88	270	178.2	4.83	4,674	145,142
	306호	3	1,758	745.39	586.19	1,430.41	133	87.78	2.26	2,187	67,913
	409호	3	2,325	985.8	376.02	917.57	107	70.62	1.97	1,906	59,199
	501호	2	1,724	730.98	374.76	914.49	171	112.86	1.76	1,703	52,888
	504호	3	1,016	430.78	720.68	1,758.59	89	58.74	2.25	2,177	67,613
	509호	3	418	177.23	47.66	116.29	9	5.94	0.3	290	9,015
	610호	3	1,250	530	552.38	1,347.9	117	77.22	1.96	1,897	58,898
702호	3	1,863	789.91	895.63	2,185.49	129	85.14	3.06	2,961	91,953	
705호	3	1,470	623.28	324.2	791.12	97	64.02	1.48	1,432	44,474	
710호	3	1,116	473.18	731.65	1,785.36	120	79.2	2.34	2,265	70,317	
102동	101호	4	2,119	898.46	972.33	2,372.67	121	79.86	3.35	3,242	100,668
	103호	3	1,851	784.82	339.25	827.83	155	102.3	1.71	1,655	51,386
	106호	2	1,245	527.88	436.17	1,064.35	143	94.38	1.69	1,635	50,785
	107호	3	3,198	1,355.95	1,232.68	3,007.96	101	66.66	4.43	4,287	133,122
103동	401호	4	2,416	1,024.38	1,135.24	2,770.2	164	108.24	3.9	3,774	117,195
	713호	2	1,303	552.47	285.6	696.93	86	56.76	1.31	1,268	39,366
	923호	2	1,045	443.08	695.97	1,698.3	68	44.88	2.19	2,119	65,810
	1006호	1	135	57.24	37.65	91.86	7	4.62	0.15	145	4,508
	1010호	2	1,314	557.14	405.6	989.74	126	83.16	1.63	1,577	48,982
104동	1106호	1	1,378	584.27	431.22	1,052.26	89	58.74	1.7	1,645	51,085
	203호	2	1,065	451.56	277.57	677.32	104	68.64	1.2	1,161	36,060
	213호	2	1,148	486.75	360.03	878.53	75	49.5	1.41	1,365	42,371
	301호	2	423	179.35	370.69	904.56	57	37.62	1.12	1,084	33,656
	303호	2	1,554	658.9	192.31	469.27	69	45.54	1.17	1,132	35,159
	309호	1	740	313.76	84.69	206.67	40	26.4	0.55	532	16,528
	403호	1	1,286	545.26	518.3	1,264.74	116	76.56	1.89	1,829	56,795
	509호	1	1,964	832.74	208.28	508.24	32	21.12	1.36	1,316	40,868
	607호	1	312	132.29	788.6	1,924.33	34	22.44	2.08	2,013	62,504
810호	1	740	313.76	84.32	205.75	52	34.32	0.55	532	16,528	
합계	76	53,922	22,862.92	18,243.2	44,516.78	3,679	2,428.14	69.81	67,558	2,097,794	
평균	2.30	1,634	692.82	552.82	1,348.99	111.48	73.58	2.12	2,052	63,706	
1인당 배출량			709.50	300.83	240.04	585.75	48.41	31.95	0.92	890	27,646

부록 5. A대학 인근 자취 지역 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출량 조사(H아파트)

동	호	거주 인원	전력		가스		수도		총 CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	탄소중립 나무 수 (그루)	탄소 국제가격 (원/tCO ₂)
			소비량 (kWh)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (m ³)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)	소비량 (t)	CO ₂ 배출량 (kgCO ₂)			
101동	105호	1	1,314	557.14	201.28	491.15	53	34.98	1.08	1,045	32,454
	106호	1	2,025	858.6	741.33	1,808.98	111	73.26	2.74	2,652	82,337
	206호	2	1,491	632.18	552.23	1,347.54	78	51.48	2.03	1,965	61,002
	301호	2	656	278.14	580.63	1,416.85	107	70.62	1.77	1,713	53,189
	605호	2	1,446	613.1	812.13	1,981.74	150	99	2.69	2,603	80,835
	802호	2	1,546	655.5	788.87	1,924.99	136	89.76	2.67	2,584	80,234
	904호	2	699	296.38	328.04	800.49	137	90.42	1.19	1,152	35,760
	1004호	2	1,893	802.63	509.4	1,243.02	137	90.42	2.14	2,071	64,307
	1203호	2	1,383	586.39	525.47	1,282.25	100	66	1.93	1,868	57,997
102동	103호	1	1,536	651.26	500.84	1,222.14	167	110.22	1.98	1,916	59,499
	204호	1	2,292	971.81	284.5	694.23	87	57.42	1.72	1,665	51,686
	206호	1	1,429	605.9	680.89	1661.5	105	69.3	2.34	2,265	70,317
	301호	1	1,772	751.33	925.01	2,257.19	129	85.14	3.09	2,990	92,855
	303호	1	1,508	639.39	328.16	800.78	193	127.38	1.57	1,519	47,179
	305호	2	1,068	452.83	408.69	997.28	151	99.66	1.55	1,500	46,578
	307호	1	864	366.34	453.29	1,106.12	70	46.2	1.52	1,471	45,676
	402호	1	817	346.41	346.77	846.18	94	62.04	1.25	1,210	37,563
	506호	1	680	288.32	208.31	508.3	54	35.64	0.83	803	24,942
	702호	1	906	384.14	188.36	459.64	84	55.44	0.9	871	27,045
803호	2	992	420.61	317.02	773.6	70	46.2	1.24	1,200	37,262	
103동	104호	3	2,166	918.38	1,236.97	3,018.43	187	123.42	4.06	3,929	122,003
	305호	3	1,877	795.85	574.3	1,401.4	133	87.78	2.29	2,216	68,815
	306호	4	1,449	614.38	671.24	1,637.95	182	120.12	2.37	2,294	71,219
	603호	3	1,645	697.48	436.5	1,065.15	127	83.82	1.85	1,790	55,593
	901호	3	2,104	892.1	710.72	1,734.29	107	70.62	2.7	2,613	81,135
	1102호	4	2,213	938.31	384.77	938.92	138	91.08	1.97	1,906	59,199
104동	902호	1	973	412.55	387.08	944.54	49	32.34	1.39	1,345	41,770
	1003호	4	1,420	602.08	746.51	1,821.61	128	84.48	2.51	2,429	75,426
	1105호	4	1,343	569.43	482.16	1,176.57	155	102.3	1.85	1,790	55,593
105동	107호	3	2,632	1,115.97	810.87	1,978.68	234	154.44	3.25	3,145	97,663
	202호	3	1,119	474.46	783.26	1,911.31	190	125.4	2.51	2,429	75,426
	405호	3	1,761	746.66	327.92	800.19	173	114.18	1.66	1,606	49,883
	406호	3	1,778	753.87	958.1	2,337.94	232	153.12	3.24	3,135	97,362
	502호	3	1,223	518.55	443.31	1,081.76	96	63.36	1.66	1,606	49,883
	503호	3	1,782	755.57	407.75	994.98	156	102.96	1.85	1,790	55,593
	902호	4	1,461	619.46	698.6	1,704.72	124	81.84	2.41	2,332	72,421
	1004호	4	1,880	797.12	504.73	1,231.63	120	79.2	2.11	2,042	63,406
합계		84	55,143	23,380.62	20,246	49,404.04	4,744	3,131.04	75.92	73,471	2,281,400
평균		2.27	1,490.35	631.91	547.19	1,335.24	128.22	84.62	2.05	1,984	61,603
1인당 배출량			656.46	278.34	241.02	588.14	56.48	37.27	0.90	871	27,045

부록 6. 국내 23개 대학의 실제 온실가스 배출량 추정치

순위	학교명	인구수	전력 (MWh)	배출량 (tCO ₂)	실제 배출량 (tCO ₂)	1인당 배출량 (tCO ₂)	실제 1인당 배출량(tCO ₂)
1	서울대학교	20,088	116,547	49,416	103,774	2.46	5.17
2	포항공과대	4,104	74,716	31,680	66,528	7.72	16.21
3	고려대(본교)	37,455	56,535	23,971	50,339	0.64	1.34
4	연세대학교	38,636	50,118	21,250	44,625	0.55	1.16
5	한양대학교	28,464	44,306	18,786	39,451	0.66	1.39
6	경북대학교		38,337	16,255	34,136		
7	성균관대학교	37,372	37,900	16,070	33,747	0.43	0.9
8	부산대학교	28,092	31,803	13,484	28,316	0.48	1.01
9	충남대학교	29,607	31,421	13,323	27,978	0.45	0.95
10	전남대학교	33,579	30,095	12,760	26,796	0.38	0.8
11	건국대학교		28,029	11,884	24,956		
12	인하대학교	22,831	28,000	11,872	24,931	0.52	1.09
13	영남대학교	38,597	27,309	11,579	24,316	0.3	0.63
14	이화여자대	30,622	26,000	11,024	23,150	0.36	0.76
15	충북대학교		25,348	10,748	22,571		
16	조선대학교	31,939	23,352	9,901	20,792	0.31	0.65
17	강원대학교	19,048	22,463	9,524	20,000	0.5	1.05
18	한양대(안산)	14,619	22,066	9,356	19,648	0.64	1.34
19	아주대(병원)	14,638	21,750	9,222	19,366	0.63	1.32
20	경상대학교	11,151	21,565	9,144	19,202	0.82	1.72
21	경희대(수원)		20,178	8,555	17,966		
22	아주대	14,362	19,647	8,330	17,493	0.58	1.22
23	대구대학교	31,360	18,491	7,840	16,464	0.25	0.53
계		486,562	815,976	345,974	726,545	18.68	39.23
23개 대학 평균 배출량			35,477	15,042	31,589	0.98	2.065
대학 중 서울대와 포스텍을 제외한 평균 배출량			27,161	11,516	24,184	0.5	1.05