

기후변화와  
탄소 발자국



지역 실천을 위한 가이드라인



# 목 차

05	클머리에
07	제 1장 기후변화
15	제 2장 탄소발자국
16	1. CO <sub>2</sub> 배출량 산정법
16	(1) CO <sub>2</sub> 배출원으로 알아본 산정법
18	(2) CO <sub>2</sub> 배출영역
20	2. CO <sub>2</sub> 감축하기
20	(1) 자료 구하기
23	(2) 계산하기
26	(3) 목표 설정
26	(4) 감축하기
30	(5) 보고하기
31	제 3장 탄소발자국 홈페이지
31	1. 탄소발자국 홈페이지 소개
31	(1) 홈페이지의 항목구성
32	(2) 계산방법
38	(3) 지구인씨가 한 달 동안 발생시킨 CO <sub>2</sub> 배출량 계산하기
40	(4) 탄소발자국 홈페이지
42	2. 기타 CO <sub>2</sub> 측정 홈페이지 소개
42	(1) Safe Climate Calculator
45	(2) 캐나다 연방정부 탄소 계산기
48	(3) 국립산림과학원 탄소나무 계산기



**49 제4장 탄소발자국 활용방법**

49 1. 개인

52 2. 건물 또는 사업장

53 (1) WRI's Green Project

58 (2) BLICC

63 3. 지역

63 (1) Green Campus

71 (2) ICLEI CCP

**75 제5장 결론 및 제안**

**부록**

80 부록1 | 기타 온실가스 배출량 계산법

84 부록2 | 온실가스 배출계수

86 부록3 | 기타 참고할 탄소계산기 사이트

87 부록4 | 지방의제21-녹색연합 평가 시트지

## 글머리에

기후변화를 방지하고 최소한으로 그 피해를 줄이기 위해서는 어느 한 곳의 노력만으로 해결될 수 없다. 중앙정부, 지방자치단체, 기업, 개인과 같이 사회의 구성원들이 각자의 영역에서 온실가스 감축을 위한 책임의식을 가지고 행동해야 한다. 중앙정부는 타협·협상의 주체로 한국의 온실가스 배출량을 정확하게 파악하고 감축목표를 설정한 뒤 각 분야에 맞는 감축전략 및 계획을 발표해야 한다. 또 기후변화에 대응하기 위한 전략을 세우고 기후변화 문제를 해결하기 위한 기술 지원을 아끼지 않는 동시에 국민들이 기후변화를 이해하고 동참할 수 있도록 환기시켜야 한다. 지자체는 예산책정, 지방의 목표 설정 등 해당 지역의 운영권을 가진 단위로서 국가의 배려가 미치지 못하는 지역단위 안에서 지역주민들이 실천하고 이해할 수 있도록 지원해야 한다. 기업은 물건의 생산부터 판매되는 과정에서 발생하는 온실가스를 줄이도록 기술을 개발해야 한다. 1개인은 기후변화를 일으키는 주체인 동시에 기후변화 문제에 대응할 수 있는 주체로 기후변화에 대해 인식하고 생활 속에서 실천하기 위해서 노력해야 한다.

그렇지만 현재 한국의 많은 지자체와 개인은 기후변화에 대응하기 위해서 어떻게 대응해야 하는지, 심지어 기후변화가 무엇인지도 제대로 알려져 있지 않다. 한편으로 에너지를 절약하고 효율을 높이기 위해 다양한 방법을 진행하는 쪽은 그것이 지표화되지 않고 눈에 보이지 않기 때문에 효과에 의문을 가지기도 한다. 그렇기 때문에 효과적으로 기후변화에 대응하기 위해서는 가장 먼저 어디에서 어떻게 얼마나 온실가스가 배출되는지 파악하는 것이 중요하다. 온실가스를 중심으로 감축목표와 계획을 세우고, 세워진 계획에 따라 실천하고 그 과정을 정리하여 눈에 보이는 결과를 얻을 수 있기 때문이다.

이에 2006년 녹색연합은 가장 작은 단위인 개인을 대상으로 한 홈페이지를 만들고 이를 통해 개인이 일상생활 속에서 얼마나 많은 CO<sub>2</sub>를 배출하는지 확인해보고 다양한 방법으로 CO<sub>2</sub>를 줄일 수 있는 방향을 찾고자 하였다. 하지만 실질적으로 온실가스를 줄이기 위해서는 책임과 의무를 개인에게 지우기보다는 더욱 큰 단위가 책임과 의무를 가지고 기후변화에 대응하기 위한 핵심인 온실가스를 줄여나가야 한다. 왜냐하면 개인에게 책임과 의무를 강조하는 것은 한계가 있고 개인이 발생시키는 온실가스 배출량은 측정하기에 한계가 있기 때문이다. 오히려 개인이 속한 단위, 지역이나 기업 건물 등에서 의지를 가지고 온실가스를 줄여나간다면 그 단위 속에서 생활하는 개인들은 주체적이고 효과적으로 실천해 갈 수 있다.

이번 보고서는 에너지와 폐기물을 중심으로 CO<sub>2</sub> 측정법을 정리하였고 이와 함께 CO<sub>2</sub> 감축을 위한 관리법인 인벤토리를 소개하였다. 이를 기본으로 개인뿐만 아니라 건물, 지역 등 다양한 공간에서 CO<sub>2</sub>를 줄일 수 있을 것이다. 다만 이러한 방법들이 국내에서 일반화되어 있지 않기 때문에 이니셔티브를 만들어 함께 줄여 나가는 해외의 사례를 함께 소개하였다. 눈에 보이지 않는 CO<sub>2</sub>를 측정하면서 기후변화 문제를 더욱 체감하며 기후변화 방지를 위한 실질적인 방법인 CO<sub>2</sub> 감축 활동을 더욱 많은 지역에서 실천할 수 있기를 바란다.

## 제1장 기후변화

지구의 대기는 약 80%가 수증기이며 그 외에 CO<sub>2</sub>, 이산화황 등의 온실가스로 구성되어 있다. 온실가스는 공기의 대류, 증발에 영향을 미치고 구름을 형성하여 지구의 기온을 조절하는 기능을 수행한다. 그러나 대기 중 온실가스가 적정수준 이상으로 존재하면 온도 조절능력을 상실하여 지구의 기후에 이상현상이 나타난다.

기후변화가 인간의 활동 때문에 발생한다는 보고는 1980년대부터 있었지만, 1991년 발표된 UN 정부간 기후변화 위원회 IPCC 보고서를 계기로 기후변화 문제는 수면 위로 떠올랐다. 1차 보고서에서 IPCC는 ‘인간활동에 의한 기후변화설은 관측상의 한계로 명확하지 않다’는 입장을 밝혔지만, 1996년 발표된 2차 보고서에서는 ‘식별가능하며 인위적인 행동이 기후변화에 영향을 미쳤다’라고 말해 처음으로 인간활동에 의한 기후변화를 인정하였다. 그러나 산업계와 일부 과학계는 기후변화는 과학적으로 입증되지 않았다고 반발하였다. 이에 3차 보고서에서는 2001년부터 약 6년 동안, 65만 년 전으로 거슬러 올라가 대기를 분석하고 이를 위한 관측망을 재정비하여 조사한 결과 인간의 활동에 의해 기후변화가 일어났다고 확신하였고 이를 4차 보고서에 명시하였다.

1997년 3차 기후변화총회에서 온실가스는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 등 6개로 정의하였는데 이 중에서 기후변화에 가장 큰 영향을 미치는 것은 CO<sub>2</sub>로 알려져 있다. CO<sub>2</sub>는 전체 온실가스의 약 75%를 차지한다. 한국 역시 CO<sub>2</sub>가 가장 높아 1997년에는 전체의 89.3%를 차지했던 CO<sub>2</sub>가 2003년에는 92.8%로 증가하여 CO<sub>2</sub>의 비율도 점점 높아지고 있다.<sup>1)</sup>

1) 김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006년

표1. 온실가스별 주요 발생원 분류

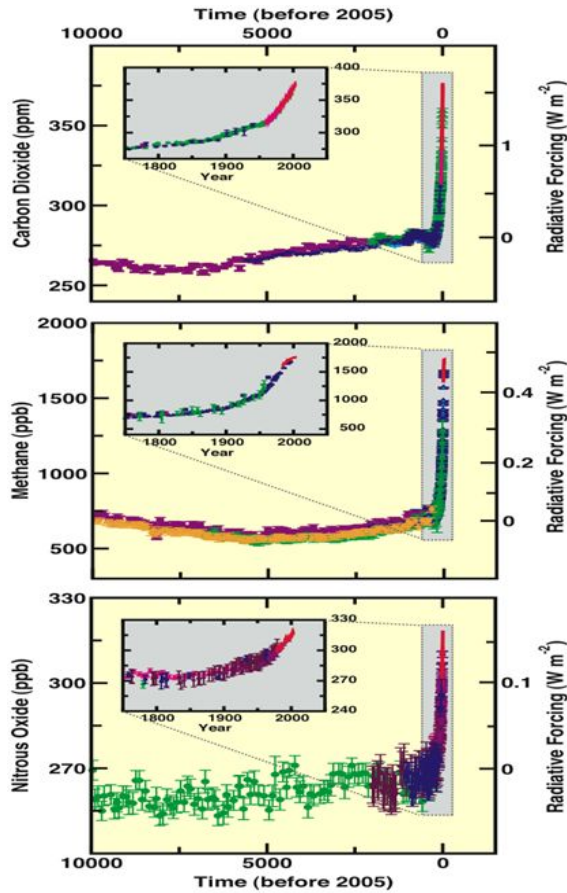
구분	온난화지수 (GWP)	온난화 기여도(%)	주요 발생원
CO <sub>2</sub>	1	55	산업, 생활, 운송에서 이용하는 연료
CH <sub>4</sub>	21	15	연료연소, 가축의 장내발효, 쓰레기 매립
N <sub>2</sub> O	310	6	연료연소, 공업과정, 자동차 배기가스, 폐기물 소각, 하폐수
HFCs	140~11,700	24	스프레이 제품의 분사제, 에어컨 냉매제
PFCs	6,500~9,200		전자부품 등 기밀성 시스템에 이용하는 불활성액체, 반도체의 세정용
SF <sub>6</sub>	23,900		전기 절연가스로 전기기계기구

자료: 김운수, 기후변화협약 이행에 따른 서울시 대응방안 연구, 서울시정개발연구원 2001

CO<sub>2</sub>는 공기 중에 자연스럽게 존재하는 기체로 화학적으로 안정된 상태이며 생물에 직접적인 해를 끼치지 않아 자연계에서는 식물이 광합성을 할 때 이용되며 남은 CO<sub>2</sub>는 바다에 흡수된 뒤 대기 속에서 존재한다. 그러나 산업혁명 이후 석탄, 석유, 천연가스과 같은 화석연료 이용이 늘어나고 토지이용을 위해 산림이 파괴되며 대기 중 CO<sub>2</sub>는 꾸준히 늘어나 현재 CO<sub>2</sub>의 대기 중 농도는 산업혁명 전의 275ppm보다 30% 증가한 385ppm 수준이다. 호주의 과학자들은 CO<sub>2</sub>농도는 지난 10년 동안 평균 1.8ppm 증가했지만 2002년과 2003년, 불과 1년 사이에 2.54ppm이 증가했다는 사실을 확인하여 대기 중 CO<sub>2</sub>양의 증가율이 점점 높아지고 있다고 설명한다.<sup>2)</sup> 아래 그림1-1은 2005년을 기준으로 지난 10,000년 동안 변화한 이산화탄소, 메탄, 이산화질소의 농도를 표시한 것으로 온실가스가 산업화 이후 급격히 증가되고 있음을 보여준다.

2) CO<sub>2</sub> levels blow sky high. Agence France-Press. 2004 .3 [www.abc.net.au/science/news.stories/s1076856.htm](http://www.abc.net.au/science/news.stories/s1076856.htm)





자료: IPCC "Climate Change 2007, The Physical Science Basis", 2007

그림1. 지난 10,000년 동안의 온실가스 변화량

$CH_4$ 은 단위 체적 당 기후변화에 미치는 영향이  $CO_2$ 보다 21배나 강하며 열에너지를 붙드는 능력 또한 60배나 강하다. 그러나  $CO_2$ 에 비해 발생량이 적으며 대기 중에 남는 시간이 짧다.  $CH_4$ 은 고여 있는 물웅덩이나 창자처럼 산소가 없는 환경에서 번성하는 미생물이 만들기 때문에 현대 사회에서는 축산폐기물, 생활폐기물과 같은 곳에서 발생한다. 이처럼 산업혁명 이후 급격히 늘어난 온실가스는 지구 생태계와 인간사회에 큰 영향을 미치고 있으며 온실가스는 우리의 생활 곳곳에서 발생하고 있다.

## 기후변화가 지구에 미치는 영향

### ① 자연 파괴 및 생태계 교란

기후가 변화하면 엘니뇨, 해수면 기온 상승 등의 문제가 발생하여 동식물의 서식지에 이상현상이 발생하고 이러한 환경에 적응하지 못한 동식물은 살 곳을 잃게 된다. 1950년 이후부터 세계의 생물종은 10년을 기준으로 평균 6km씩 극지방으로 이동하고 있으며 10년을 기준으로 23일씩 봄이 앞당겨지고 있다고 한다.<sup>3)</sup> 다만 이러한 변화가 규칙적이지 않아, 번식을 하거나 이동할 때 서로 다른 단서로 적응하는 생물종들은 상관관계가 얽혀 지역적 멸종, 또는 종 전체가 멸종할 가능성이 있다. 예를 들어 겨울나방은 날씨가 따뜻하면 알을 낳고 겨울나방의 주 먹이인 참나무는 추운 겨울에 잎을 띄운다. 그러나 20년 전보다 봄은 더 따뜻해졌고 겨울은 오히려 짧아져서 겨울나방은 참나무가 잎을 띄우는 때보다 3주나 빨리 알을 낳고 있다. 애벌레가 먹이 없이 살 수 있는 시간은 2~3일 뿐이기 때문에 이렇게 환경이 변화하면 개체수는 크게 줄어들 것이다. 이것은 비단 나방에만 영향을 미치는 것이 아니라 나방에 의존한 새, 거미, 곤충 등의 생태계로 이어져 결국 생태계의 먹이사슬이 붕괴할 것이다.<sup>4)</sup>

### ② 가뭄과 물 부족

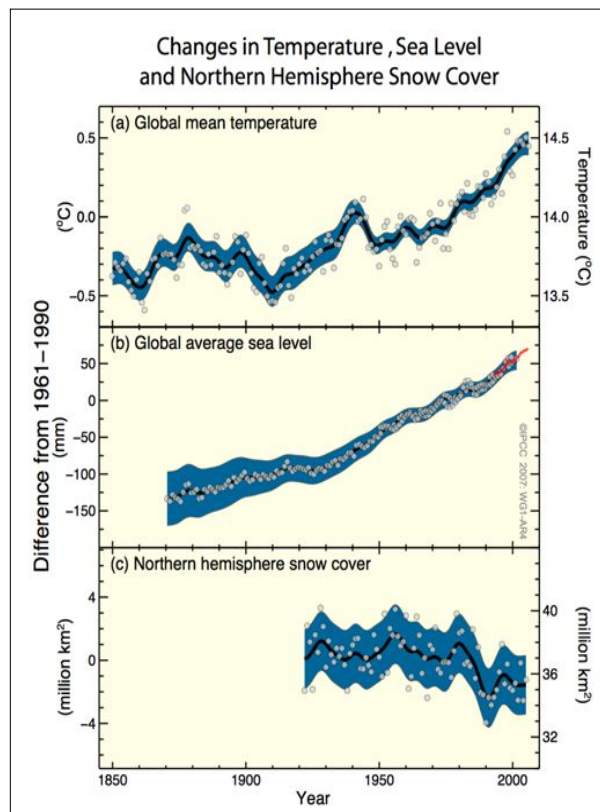
기후변화가 발생하면 지역에 따라 국지적 홍수가 늘어 강수량이 늘어나지만 다른 지역에서는 오히려 가뭄이 발생할 수도 있다. 가뭄으로 가속화되는 사막에서 발생하는 흙먼지는 빛을 흡수해 기온을 떨어뜨리고 우기를 약하게 만들어 가뭄과 황사를 더욱 가속화시키며 이것은 물 부족현상으로 이어진다. 세계 흙먼지의 절반가량을 발생시키며 국토의 85%가 사막화가 진행된 아프리카는 특히 물 부족현상이 심각한데 현재 약 3억 명의 인구가 현재 물이 부족한 상태이다. 또 최근 세계은행이 낸 보고서에 따르면 지금과 같은 현상이 계속 진행된다면 2050년까지 세계 인구의 3분의 2가 물 부족으로 어려움을 겪는다고 경고하였다.

3) 팀 플래너리, 기후창조자 123페이지, 2005

4) 팀 플래너리, 기후창조자 125~126페이지, 2005

### ③ 해빙

지난 100년 동안 해빙의 속도는 매우 빨라져 남극은 1840년부터 1950년 사이 해빙의 양이 비교적 안정적이었지만 그 이후 빠르게 줄어들어 20%의 빙하가 유실되었다. 2005년 미국 국립빙설자료센터(NSIDC)는 이미 최근 5년 동안 북극빙하의 25%가 사라졌다고 추정하였고 반세기 안에 빙하가 완전히 사라질 수 있을 것이라고 경고하였다. 빙하가 유실되면 추운 지대에 살던 동식물의 생태계가 파괴된다. 2004년 발간된 '북극 기후 영향 평가'<sup>5)</sup>에 따르면 1961년에 2만 6천여 마리였던 피어리 순록은 1997년 1,000마리로 줄어들었고 북극곰은 약 15%가 야위어 새끼를 적게 낳을 뿐 아니라 키울 수도 없는 상태라고 한다.



자료: IPCC

그림2. 기후변화에 따른 기온, 해수면 높이, 북반구 빙하 면적 변화

5) Hasslo, S.J. 2004. Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press.

#### ④ 질병

온난화가 더욱 진행되면 모기나 기타 곤충에 의해 발생하는 말라리아, 황열, 땀구멍 등 열대질병은 더욱 북쪽으로 확산된다. 이미 열대병이 발병하고 있는 열대 지역은 그 강도가 더욱 커질 것이며 열대병에 대응능력이 부족한 북반구는 열대병에 대응하는 속도보다 더 빠르게 열대병이 확산될 우려가 있다. 영국의 한 구호단체에 따르면 기후변화로 인한 질병으로 21세기 말까지 사하라 남부지역에서만 약 1억 명이 사망할 것으로 예측하였다. 또 기온이 상승하면 상대적으로 더위에 약한 어린이, 노인의 사망률이 높아지며 실제로 2003년 발생한 폭염으로 인해 유럽에서는 3만 5천 명의 사람이 사망하였다.

#### ⑤ 자연재해의 강도 증가

기온이 높아질수록 태풍, 홍수 등 자연재해로 인한 강도 및 피해가 높아진다. 열대성 폭풍은 바다의 표면기온이 26℃를 넘으면 허리케인으로 발전하는데 기온이 오르면 수온이 오르고 쉽게 증발하여 허리케인의 강도를 높이는 수증기를 공급하기 때문이다. 조사에 따르면 바다의 기온은 지난 100년 동안 약 0.5℃ 증가하였으며 1988년 이후 10년 동안 바다 위 대기의 수증기는 1.3% 증가하였다고 한다. 또 애틀랜타의 조지아기술원의 피터 웹스터 박사는 1974년 이후 4.5등급으로 기록된 허리케인은 그 전보다 2배 많아졌다고 말했다. 2005년에 미국에서 발생한 허리케인 카트리나 역시 단순한 폭풍이었지만 30℃가 넘는 멕시코만을 지나며 5등급 허리케인으로 발전하며 엄청난 피해를 안겼다.<sup>6)</sup> 한편 태풍과 함께 국지적인 홍수의 강도도 세어진다. 문제는 강수량의 증가가 시간과 공간에 따라 고르게 이루어지지 않는다는 것이다. 극단적인 기후변화가 많아질수록 이를 미처 예상하지 못한 지역과 시기에 더욱 많은 피해가 발생한다. 한국 역시 1998년 강화군 집중호우, 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미 등 최근에 기후변화로 인한 집중호우와 태풍의 피해가 커지고 있다.

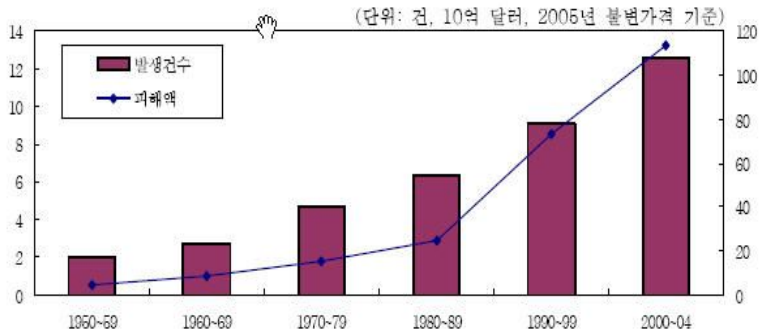
#### ⑥ 자연재해로 인한 복구비용 증가

독일의 보험회사 Rueck사에 따르면 지난 50년간 자연재해의 발생건수는 3배가 증가했으며 세계 최대의 보험회사인 '스위스 리'는 같은 기간 전 세계에서 일어난 자연재해 피해액은 5,500억 달러에 이른다고 한다. 한국 역시 기상재해로 인한 경제적 피해는 60년대 1,000억 원대에서 80년대 4천 419억 원, 90년대 6453억 원으로 증가하였으며 2000년대에는 2조 6864억 원으로 늘어났다고 한다.<sup>7)</sup>

6) 팀 플래너리, 기후창조자 378~381 페이지, 2005

7) 민승규, 기후변화에 어떻게 대응할 것인가, 삼성지구환경연구소, 2007년

전 세계 기상이변의 발생 추이 분석(1950~2004)



주: 발생건수와 피해액은 10년간 평균치(2000~2004년은 5년 평균치)  
 자료: Munich Re, "Annual Review : Natural Catastrophes", 2006.

그림3. 전 세계 기상이변의 발생추이 분석

## 한국의 에너지이용 및 온실가스 배출현황

한국은 석유의존도가 52%로 높은 편이고 2004년 기준으로 에너지 소비규모 217 백만 TOE<sup>8)</sup>로 세계 10위이다. 게다가 한국은 에너지 다소비형 산업구조인 철강, 화학, 시멘트, 제지 등의 산업이 발달하였기 때문에 향후 10년 이내에 온실가스 배출량은 세계 7위가 될 것으로 예상된다.<sup>9)</sup> 또한 GDP 대비 온실가스 배출량을 따져보면 1인당 GDP는 OECD 평균 GDP의 74.4%이지만, 1차 에너지소비는 OECD 평균 대비 91.5%에 이르고 1인당 전력소비는 OECD 평균 대비 87.1%에 이른다. 미국, 호주, 캐나다 등 에너지다소비국가도 OECD 국가에 포함되기 때문에 OECD 국가의 에너지소비는 전체적으로 높은 편이지만, 위 국가들을 제외한 일본, 서유럽 국가와 비교했을 때도 에너지 소비가 높은 편이며 특히 독일, 영국 및 덴마크 등 서유럽 국가보다는 훨씬 높다. 따라서 앞으로 소득수준이 더욱 높아지면 산업에서 이용하는 에너지 증가율보다 가정에서 이용하는 1인당 에너지 증가율이 더욱 높아질 우려도 있다.

에너지이용량이 증가하면 온실가스 배출도 자연스럽게 늘어난다. 한국의 온실가스

8) 1TOE=각각 다른 에너지원들을 원유 1ton이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위

9) 김문수, 기후변화협약 이행에 따른 서울시 대응방안 연구, 서울시정개발연구원, 2001.

배출량은 세계 9위이며 CO<sub>2</sub> 배출량도 연평균 5.1%로 증가하며 1990년보다 104%가 늘어나 세계에서 가장 높다. 2002년 GDP 당 CO<sub>2</sub>의 배출량은 0.66kg으로 OECD 평균인 0.44kg에 비해 월등히 높으며 일인당 에너지공급과 일인당 CO<sub>2</sub> 배출량 역시 4.27kg과 9.86kg(2002년 기준)으로 세계 평균인 1.65kg과 3.89kg를 훨씬 웃돌고 있다.

표2. 국가별 에너지 및 전력소비 비교

단위: TOE/인, kWh/인, 1,000/달러

	한국	일본	독일	영국	덴마크	네델란드	미국	캐나다	호주	OECD 평균
1인당 에너지 소비량	4.28	4.05	4.21	3.91	3.85	4.98	7.84	8.24	5.63	4.67
1인당 전력 소비량	7,007	7,816	6,898	6,231	6,599	6,748	13,066	17,290	10,642	8,044
1인당 GDP	18.36	26.64	25.27	26.94	29.08	27.12	35.49	29.20	28.29	24.67

재인용: 윤순진, 국가에너지관련 기본계획들의 분석평가 및 올바른 정책방향, 서울대 환경대학원, 2006.8

그러나 한국은 아직 온실가스 의무감축국이 아니기 때문에 기후변화 문제를 해결하고자 하는 의지가 부족하다. 이것은 고스란히 기후변화 정책문제로 연결되어 한국정부는 3년 단위로 기후변화 종합대책을 세우고 있지만 1차(1998~2001년), 2차(2002~2004년)는 기후변화에 대한 개념이 명확하지 않을 때라 단순한 언급에 그치고 있으며 3차 종합대책(2005~2007년)은 기후변화협약 대응방법 중심으로 수립되어 실질적인 기후변화 완화 및 적응 전략을 세우지 않고 있다. 하지만 한국의 에너지사용량이나 CO<sub>2</sub> 배출현황을 볼 때 향후 한국정부는 어떠한 형태로든 의무감축을 해야 하므로 이에 대비하기 위해서 한국정부는 산업별·단위별 배출량을 파악하여 국가계획 및 목표를 수립하는 동시에 국민들과 지자체 단위에서 기후변화에 대응할 수 있도록 충분히 지원해야 할 것이다.

## 제2장 탄소발자국

발자국 속에는 우리가 지구에 미치는(남기는) 영향(발자국)을 줄이자는 의미를 담고 있기 때문에, 발자국의 개념을 이용하여 온실가스 배출량, 어획량 등 다양한 기준들이 지표로 활용하고 있다. 녹색연합은 생태발자국<sup>10)</sup>이란 개념으로 에너지, 폐기물, 서비스이용, 주거, 음식 등 생활 전반에서 걸친 소비형태가 지구에 얼마나 큰 부하를 주고 있는지 조사하여 왔다. 이번에는 탄소발자국이란 개념을 이용하여 우리가 생활 속에서 발생시키는 CO<sub>2</sub>가 지구에 미치는 영향을 알아본다.

일반적으로 온실가스는 화석연료를 연소하거나 폐기물을 처리할 때 발생한다. 에너지 부분은 비산업, 에너지산업, 제조업, 도로이동오염원, 비도로이동오염원으로 나뉘고 폐기물 부분은 소각, 하·폐수, 매립으로 나뉜다.<sup>11)</sup>

표3. 온실가스 종류 및 배출원

분류	세부분류	배출되는 온실가스
에너지이용	비산업	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>
	에너지산업	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>
	제조업	N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>
	도로이동오염원, 비도로이동오염원	CO <sub>2</sub> ,N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>
폐기물처리	소각시설	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O
	주거, 상업, 산업폐수 처리	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
	매립	CH <sub>4</sub>

자료: 김운수, 기후변화협약 이행에 따른 서울시 대응방안 연구, 서울시정개발연구원, 2001

10) 한정된 인구 또는 경제단위가 자원을 소비하고 폐기물을 발생하는 등 생활양식을 유지하기 위해 필요한 생산적인 토지량을 환산한 것으로, 녹색연합의 조사에 따르면 2005년의 한국의 생태발자국은 3.0ha로, 1980년 0.8ha보다 약 4배가 늘어났다.

11) 기타 온실가스 감축방법은 부록1 참조

## 1. CO<sub>2</sub> 배출량 산정법

IPCC는 1996년 Guideline을 제시하여 CO<sub>2</sub>산정법을 통일시켰으며 대부분의 국가에서 이 방법으로 CO<sub>2</sub>배출량을 산정하고 있다.

### (1) CO<sub>2</sub>배출원으로 알아본 산정법

CO<sub>2</sub>는 에너지를 생산하기 위해 사용되는 화석연료를 연소하거나, 폐기물을 소각하는 과정에서 발생한다. 따라서 CO<sub>2</sub>배출량을 알기 위해서는 이러한 배출원을 중심으로 CO<sub>2</sub>배출량을 계산한다.

#### 1) 에너지를 이용할 때 발생하는 CO<sub>2</sub>량

일반적으로 에너지를 이용할 때 발생하는 CO<sub>2</sub>를 측정하는 방식은 다음과 같다.

- 활동량×배출계수= 배출량
- 활동량
- A. 원료탄, 연료탄, 휘발유, 보일러등유, 경유, 제트유, B-C유, 페트코크, 고로가스, 전로가스 등.
- B. 시멘트 제조, 생석회, 암모니아 제조, 질산제조, 아디판산 제조 등

에너지를 이용할 때 배출되는 CO<sub>2</sub>량을 측정하는 방법은 Tier 1(simple methods), Tier 2(Detailed Methods)<sup>12)</sup> 두 가지가 있는데 한국은 연료형태별, 기술 및 운영조건에 대한 상세한 정보가 제공되지 않기 때문에 Tier 1방법을 이용하여 배출량을 측정한다. 또 한국의 연료별 특성을 감안한 탄소배출계수, 연소율이 없으므로 IPCC가 제공하는 값을 이용하며 발열량은 2006년 산업자원부에서 고시한 값을 이용한다.

12) Tier1이란 각 부문별 투입연료의 형태와 해당 온실가스의 배출계수를 고려하여 배출량을 추정하는 방식이며, Tier2이란 대표적인 배출계수 적용이 가능하도록 등질적 기술에 대한 지식과 표본에 기초하여 연료소비를 구분하는 것이다. Tier3는 연료소비를 기준으로 하지 않고 에너지 활동 결과(수송부문에서의 주행거리 등)와 연료 혼합비율 등의 자료를 기초로 하여 추정된 배출계수를 사용하여 온실가스 배출량을 추정하는 방식이다.



표4. 탄소배출계수 및 연소율

구분	단위	연소율	발열량(kcal)	ton C/TOE
원유	kg/kg	0.990	10,750	0.829
휘발유	kg/l		8,000	0.783
등유	kg/l		실내등유8,800 보일러등유8,950	0.812
경유	kg/l		9,050	0.837
중유	kg/l		9,900	0.875
LPG	kg/kg		프로판12,050 부탄11,850	0.696 0.713
LNG	kg/kg		0.995	천연가스 13,000 도시가스10,550
무연탄	kg/kg	0.980	4,650	1.100
유연탄	kg/kg		6,500	1.059

자료: IPCC, 산업자원부

위의 계수와 다음 공식에 따라 계산하면 CO<sub>2</sub> 배출량을 구할 수 있다.

$$\text{CO}_2 \text{ 배출량(ton/년)} = \text{에너지소비량(TOE/년)} \times \text{연소별 탄소배출계수(ton C/TOE)} \\ \times \text{연소율} \times \left(\frac{44}{12}\right)$$

## 2) 도로이동오염원·비도로이동오염원에서 발생하는 CO<sub>2</sub>

IPCC는 자동차에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 계산할 때 Tier1과 Tier2 방법을 적용하도록 권고하므로 일반적인 에너지 단위의 연소소비량을 기준으로 계산한다. 이에 차종별 속력에 따른 연료 소비식을 이용하여 주행속도에 따른 단위 거리 당 연료 소비량을 산정한 후 차종별 연간 주행거리를 적용하면 연료소비량 비중을 산출할 수 있으므로 이 비중을 총량 CO<sub>2</sub> 배출량에 적용한다.<sup>13)</sup>

## 3) 소각시설에서 발생하는 CO<sub>2</sub>

폐기물 영역에서는 주로 바이오매스와 플라스틱 등 화석연료를 합성한 물질을 태울 때 발생한다. 그러나 IPCC Guideline는 생물성 폐기물을 태울 때 발생하는 배출량을 포함시키지 않고 화석연료 합성물질에서 발생하는 배출량만을 계산한다. 또 IPCC는 소각하여 발생한 온실가스 배출량을 산출하기 위한 방식을 따로

13) 김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006

마련하지 않았으므로 일반적인 소각 계산식으로 산출한다. 소각 폐기물은 배출원에 따라 생활폐기물, 사업장일반폐기물, 사업장지정폐기물로 구분하며 배출계수는 환경부가 산출한 값을 이용하고 소각효율은 97%를 적용한다.<sup>14)</sup>

표5. 폐기물 성상과 배출농도 측정에 의한 CO<sub>2</sub> 배출계수

단위: ton/ton

구분		CO <sub>2</sub> 배출계수
비생물성	폐합성수지	2.347
	고무피혁	2.094
	폐합성섬유	1.408
	폐합성고무	2.299
	폐피혁	1.870
	기타 가연분	1.045

자료: 환경부, 2000

$$CO_2 = MSWc \times EF \times eff.$$

$$CO_2 = CO_2 \text{ 배출량 (ton/년)}$$

$$MSWc = \text{폐기물 소각처리량 (ton/년)}$$

$$EF = \text{소각처리에 의한 비생물성 CO}_2 \text{ 배출계수}$$

$$eff. = \text{연소효율}$$

## [2] CO<sub>2</sub>배출영역

사업장 등에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 산정하기 위해서는 배출원을 파악한 후에 해당 사업장의 배출영역을 설정해야 한다. 배출영역은 각 사업장(개인, 공장, 건물)이 관리·통제할 수 있는 것인지 아닌지에 따라 직접영역(scope1), 간접영역1(scope2)로 구분한다. IPCC는 직접영역과 간접영역1은 의무적으로 보고해야 하지만 간접영역2는 각 단위의 의지에 따라 포함시킬 수도 있고 뺄 수도 있기 때문에 의무적으로 보고할 필요는 없다고 한다. 그러나 간접영역2 역시 기후변화에 영향을 미치는 배출원이며 사업장의 운영형태에 따라 간접영역2에서 발생하는 CO<sub>2</sub>가 오히려 직접영역, 간접영역1보다 높을 수도 있으므로 실질적인 감축효과를 기대하기

14) 김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006

위해서는 간접영역2도 관리하도록 권장한다.

### 1) 직접영역 - Scope 1

보일러나 차량과 같이 사업장에서 소유하며 통제할 수 있는 온실가스 배출원이 있거나 관련한 연료이용값을 지불할 경우에 직접영역에 포함된다.

### 2) 간접영역1 - Scope 2

온실가스 배출원이 있지만 직접 소유하거나 통제하지 못하는 경우에 해당된다. 예를 들어 사무실에서 컴퓨터를 이용할 경우 전기를 이용하였기 때문에 온실가스 배출원은 존재하고 온실가스도 배출되지만, 사업장에 발전소를 통제하거나 소유할 수 없기 때문에 간접 영역에 포함된다.

### 3) 간접영역2 - Scope 3

간접영역1(scope2)은 일상적으로 다른 발전소를 통해 공급되는 전기를 뜻하며 간접영역2(scope3)는 scope1,2를 제외한 모든 경우를 포함한다.

표6. 배출영역으로 구분한 CO<sub>2</sub>배출원

Scope1 직접영역	특정 연료를 이용한 보일러 전기, 열 등을 만드는 기구 해당 대상이 소유한 차량
Scope2 간접영역1	구입한 전기를 통해 전기, 열, 증기 등을 만드는 경우
Scope3 간접영역2	렌트카 등으로 공식업무를 할 때 출장 등으로 항공, 철도 등을 이용할 때 출퇴근 시 직원들이 이용하는 차량 종이이용량, 토너카트리지 이용량 등 부속물 놀이공원의 기구 이용, 개인취미활동 등 외부 활동을 할 때 배출되는 폐기물

자료: Samantha Putt del Pinom WRI Guide for Carbon Reduction from Office, WRI, 2002

## 2. CO<sub>2</sub> 감축하기

지금까지 인벤토리의 의미 및 개념을 알아보고 배출원, 배출영역 등을 이해하여 CO<sub>2</sub>를 측정하기 위한 범위를 설정하였다. 이제부터는 실제로 CO<sub>2</sub>인벤토리를 작성하여 배출량을 계산하고 그것을 감축하는 과정을 알아본다. CO<sub>2</sub>배출원 및 배출량을 확인한 뒤에는 지금까지의 배출량과 앞으로 배출예상량을 통해 감축목표를 설정하고 감축할 수 있는 전략을 수립한다. 그리고 감축하기 위해 꾸준히 실천하고 모니터링을 하여 실질적으로 CO<sub>2</sub>를 감축해 나간다.

표7. CO<sub>2</sub> 감축을 위한 계획수립단계

1단계	CO <sub>2</sub> 배출원 파악 및 자료 수집
2단계	배출량 계산
3단계	감축 목표 및 전략설정
4단계	감축하기 위한 실천
5단계	모니터링 및 보고서 작성

### (1) 자료 구하기

일반적으로 CO<sub>2</sub> 배출량은 활동량(사용량)을 알고 이에 맞는 탄소배출계수를 곱하면 알 수 있다.

$$\text{CO}_2 \text{ 배출량} = \text{활동량} \times \text{배출계수}$$

#### 1) 활동량

활동량이란 배출영역에서 실제로 이용한 연료량을 말한다.

##### ① 직접영역 - Scope1

직접영역이란 앞서 설명한 대로 각 사업장이나 건물에서 천연가스, 각종 석유류, 석탄류 등을 이용하는 기계, 차량을 말한다. 각 사업장이나 건물에서 직접 소용한 차량은 직접영역이지만 출장, 렌트카, 직원들의 출퇴근용 차량 등은 간접영역2에 들어간다.

- 조직에서 이용하는 연료의 단위를 계산이 가능한 단위로 변환한다.

### ㉔ 간접영역1 - Scope2

석탄, 석유와 같은 화석연료로 발생한 전기는 해당 사업장에서 발전하지 않기 때문에 간접적으로 CO<sub>2</sub>를 배출한다. 단 풍력, 태양광 등의 재생연료로 만든 전기는 포함시키지 않는다. 전기는 kWh로 단위가 고정되어 있으며 월별 고지서를 통해 이용량을 구체적으로 확인할 수 있다. 혹시 개별건물에 있는 공간이 아니라 건물 속에 포함된 공간이라면 다음의 자료를 알면 해당 공간의 활동량을 구할 수도 있다.

- 전체 건물의 면적
- 건물 속 사무실의 면적
- 전체 건물의 전력이용량

### ㉕ 간접영역2 - Scope3

간접영역2는 직접영역, 간접영역1 이외의 모든 영역이 포함되므로 다양한 배출원이 존재하고 그만큼 다양한 활동량 및 배출계수가 존재한다. 종이상용과 같이 기후변화에 영향은 미치지만 활동량 및 배출계수가 공식적으로 없는 배출원일 경우에는 별도로 관리하되 인벤토리 안에 포함시키지 않는 편이 낫다.

#### a. 차량

방법 1: 연료이용량 ÷ 이용인원 = 활동량  
 방법 2: (전체거리 ÷ 연비) ÷ 이용인원 = 활동량

- 자가교통을 통해 CO<sub>2</sub>배출량을 조사할 때 △연료이용량으로 측정하는 방법 △거리를 통해 예측하는 방법이 있다.
- 연료이용량으로 측정하는 방법은 △연료이용량 △연료의 종류 △동승인원의 정보가 있어야 한다.
- 거리를 통해 측정하는 방법은 △전체 이동거리 △차종의 연비 △연료의 종류 △동승인원을 알아야 한다. 만약 연비를 모를 경우 연비를 제외하지만 정확성은 떨어진다.

**b. 항공**

항공에서 발생하는 CO<sub>2</sub>는 이착륙을 할 때 주로 배출한다. 따라서 거리 당 배출량은 장거리보다 단거리를 운행할 때 더욱 많이 배출된다. 일반적으로 항공은 단거리, 중거리, 장거리로 영역을 나누어 배출계수를 적용한다.

**c. 직원의 출퇴근**

직원들이 출퇴근할 때 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하기 위해서는 직원들의 출퇴근 거리, 교통수단 등을 파악해야 한다. 작은 조직이라면 개별적으로 조사하여 파악할 수 있지만, 큰 조직이라면 개별조사가 힘들 수 있으므로 몇 개의 샘플을 만들어서 예측량을 파악하는 방법을 고려할 수 있다.

## 2) 배출계수

배출계수는 지역별, 국가별로 달라지지만 계수가 없으면 IPCC에서 권장한 배출계수를 이용한다. 계수가 업그레이드되거나 국가계수가 발표된다면 배출계수를 다시 적용하여 배출량을 수정한다.

### ① 전기

전기의 배출계수는 발전소의 이용연료나 발전소의 효율 등에 따라 달라진다. 한국은 공식적으로 발표된 계수가 없으므로 IEA나 UNFCCC에 제출하는 국가보고서 등에 이용하는 배출계수를 이용할 수 있다.

### ② 석유류

IPCC에서 권장한 계수를 이용한다.

### ③ 자동차

자동차의 배출계수는 연료의 종류에 따라 다르다. 한국은 2005년 한국환경평가원에서 거리에 따른 연료별 배출계수를 발표하여 이 자료를 활용할 수 있다.<sup>15)</sup> 그러나 사용에 따른 배출계수는 아직 개발되지 않았기 때문에 미국, 영국의 것<sup>16)</sup>을 활용할 수도 있다. 다만 외국의 배출계수는 한국과 단위가 달라 단위를 수정해야 하며 차량의 형태가 다르기 때문에 이로 인한 오차를 감수해야 한다.

---

15) 부록2 참고

16) 미국: [www.epa.gov/autoemissions](http://www.epa.gov/autoemissions), 영국: [www.defra.gov.uk/environment/envrp/gas/10/htm](http://www.defra.gov.uk/environment/envrp/gas/10/htm)

## [2] 계산하기

일반적으로 CO<sub>2</sub>는 톤이나 kg 단위로 통일하기 때문에 계산과정에서 단위를 변경해야 하는 경우가 많다. 따라서 이번 단계에서는 자료의 단위를 통일하고 이를 통해 실제로 CO<sub>2</sub> 배출량을 알아본다.

### 1) 석유류 연료에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량

CO<sub>2</sub> 배출량을 계산할 때는 단위변환이 중요하다. 석유류 연료는 크게 ℓ 단위의 휘발유, 등유, 경유, 증유가 있고 kg단위의 프로판, 부탄 등이 있다. 이러한 석유류 연료들의 단위는 TOE로 통일<sup>1)</sup>한 뒤 탄소배출계수를 곱하면 계산할 수 있다.

예) 1,000 ℓ의 경유를 TOE단위로 환산하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 구한다.

① TOE 환산: 단위를 TOE 단위로 통일한다.

$$(1,000 \times 9050) \div 10^7 = 0.905 \text{ TOE}$$

② 탄소배출량 계산: 경유의 탄소배출계수를 곱한다.

$$0.905 \text{ TOE} \times 0.837 \text{ ton C/TOE} \times 0.99 = 0.750 \text{ ton C}$$

③ CO<sub>2</sub> 배출량 환산: CO<sub>2</sub>로 환산하기 위해서는 분자량을 적용한다.

$$0.750 \text{ ton C} \times (44 \div 12) = 2.75 \text{ ton CO}_2$$

⇒ 1,000 ℓ의 경유를 연소시키면 2.75 ton CO<sub>2</sub>가 배출된다.

1단계: (구하려는 연료 이용량 ℓ 또는 kg × 9050) ÷ 10<sup>7</sup> = A

2단계: A × 탄소배출계수 × 연소율 = B

3단계: B × (44 ÷ 12) = CO<sub>2</sub>배출량 (ton CO<sub>2</sub>)

1) 석유환산톤 계산하는 방법: CO<sub>2</sub>.kemco.or.kr/directory/toe.asp(에너지관리공단)

## 2) 석탄류 연료에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량

석탄류의 단위는 kg이므로 이것을 TOE단위로 변환한다.

예) 1,000kg의 무연탄을 TOE단위로 환산하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 구한다.

① TOE 환산: 단위를 TOE 단위로 통일한다.

$$(1,000 \times 4650) \div 10^7 = 0.465 \text{ TOE}$$

② 탄소배출량 계산: 무연탄의 탄소배출계수를 곱한다.

$$0.465 \text{ TOE} \times 1.1 \text{ ton C/TOE} \times 0.98 = 0.501 \text{ ton C}$$

③ CO<sub>2</sub> 배출량 환산: CO<sub>2</sub>로 환산하기 위해서는 CO<sub>2</sub>의 분자량을 적용한다.

$$0.501 \text{ ton C} \times (44 \div 12) = 1.84 \text{ ton CO}_2$$

⇒ 1,000kg의 무연탄을 연소시키면 1.84 ton CO<sub>2</sub>가 배출된다.

$$1 \text{ 단계: (구하려는 연료 이용량 kg} \times 4,650) \div 10^7 = A$$

$$2 \text{ 단계: } A \times \text{탄소배출계수} \times \text{연소율} = B$$

$$3 \text{ 단계: } B \times (44 \div 12) = \text{CO}_2 \text{ 배출량 (ton CO}_2)$$

## 3) 가스류 연료에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량

도시가스는 m<sup>3</sup>이기 때문에 이것을 TOE 단위로 변환하여 탄소배출계수와 CO<sub>2</sub>로 변환하기 위한 분자량을 적용한다.

예) 1,000m<sup>3</sup>의 도시가스를 TOE단위로 환산하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 구한다.

① TOE 환산: 단위를 TOE 단위로 통일한다.

$$(1,000 \times 10,550) \div 10^7 = 1.055 \text{ TOE}$$

② 탄소배출량 계산: 도시가스의 탄소배출계수를 곱한다.

$$1.055 \text{ TOE} \times 0.637 \text{ ton C/TOE} \times 0.995 = 0.669 \text{ ton C}$$

③ CO<sub>2</sub> 배출량 환산: CO<sub>2</sub>의 환산하기 위해서는 CO<sub>2</sub>의 분자량을 적용한다.

$$0.669 \text{ ton C} \times (44 \div 12) = 2.45 \text{ ton CO}_2$$



⇒ 1,000m<sup>3</sup>의 도시가스를 연소시키면 2.45 ton의 CO<sub>2</sub>가 배출된다.

$$1\text{단계: (구하려는 연료 이용량 } m^3 \times 10,500) \div 10^7 = A$$

$$2\text{단계: } A \times \text{탄소배출계수} \times \text{연소율} = B$$

$$3\text{단계: } B \times (44 \div 12) = \text{CO}_2\text{배출량 (ton CO}_2 \text{)}$$

#### 4) 전력 이용으로 발생하는 CO<sub>2</sub>배출량

kWh당 발생하는 탄소배출계수를 이용한다.

$$\text{전력이용량(kWh)} \times \text{배출계수} \left( \frac{\text{kg of CO}_2}{\text{kWh}} \right) = \text{CO}_2\text{배출량}$$

#### 5) 교통을 이용할 때 발생하는 CO<sub>2</sub>량

교통을 이용할 때 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하기 위해서는 연료이용량이나 이동거리를 이용하는 두 가지 방법이 있다. 이동거리로 계산하려면 차량의 연비를 알아야 하는데 연비는 차종, 차의 사용방법, 차의 사용연수 등에 따라 달라지므로 더욱 정확한 값을 알려면 연료이용량을 사용한다.

##### ① 연료이용량으로 알아본 CO<sub>2</sub> 배출량

$$(\text{연료이용량 } l \times \text{배출계수} \frac{\text{kg of CO}_2}{l}) \div \text{동승인원} = \text{CO}_2 \text{ 배출량}$$

##### ② 이동거리로 알아본 CO<sub>2</sub> 배출량

$$\{(\text{이동거리 } km \div \text{연비} \frac{km}{l}) \times \text{배출계수} \frac{\text{kg of CO}_2}{l}\} \div \text{동승인원} = \text{CO}_2 \text{ 배출량}$$

### (3) 목표 설정

인벤토리를 설정하고 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하였다면 감축가능성을 예측하여 감축목표를 세워야 한다. 감축목표를 세우기 위해서는 우선 기준연도를 설정해야 한다. 예를 들어 교토의정서는 1990년보다 평균 5.2%를 줄여야 하는데 이 때 기준연도는 1990년이다. 기준연도는 신뢰성이 있는 자료를 얻을 수 있는 연도이어야 하기 때문에 신뢰성이 있는 자료가 있는 연도를 기준으로 삼는 것이 좋으며 만약 지난 연도 중에 신뢰성 있는 자료가 없다면 현재의 연도를 기준연도로 정한다. 기준연도를 세운 후에는 장단기적 계획을 설정해야 하는데 목표를 설정하는 방법은 절대적 목표, 상대적 목표 두 가지가 있다.

- 절대적 목표: 절대적 목표는 배출량에 상관없이 목표를 설정하는 것으로 예를 들면 기준연도의 10%를 줄이겠다고 선언하는 것이다.
- 상대적 목표: 상대적 목표는 건물(사무실)의 상황이 유동적일 것으로 예상하여 목표를 설정하는 것으로 예를 들면 건물 상주인구 당 10%를 줄이겠다고 선언하는 것이다.

### (4) 감축하기<sup>18)</sup>

CO<sub>2</sub>를 감축할 수 있는 방법은 크게 두 가지로 하나는 건물의 에너지효율 높이기, 고효율제품 이용하기 등의 방법으로 건물(사업장) 내부에서 실천하는 것과 또 하나는 나무심기 등 탄소거래제를 통해 외부에서 실천하는 것이다. 그러나 기본적으로 내부에서 실천할 수 있는 것을 먼저 하여야 하며 더 이상 감축할 수 없거나 급박하게 줄여야 하거나, 또는 탄소중립화를 목표로 할 때 외부에서 실천하는 방법을 고려해야 한다.

#### 1) 내부 감축

건물의 형태 및 배출원, 배출형태, 에너지사용패턴 등 건물의 특성에 맞게 CO<sub>2</sub>를 줄일 수 있는 다양한 방법을 찾아야 한다. 처음부터 무리하기보다는 가격대비 효과가 높은 부분, 쉽게 할 수 있는 부분부터 진행해야 목표를 달성할 수 있다.

---

18) WRI-Guide for Carbon Reduction from office- working 9 to 5 on Climate Change  
Samantha Putt del Pino, Pankaj Bhatia, December 2002

**① 에너지소비 줄이기**

- 쓰지 않을 때는 꺼둔다.
- 에너지효율제품을 이용한다. 19)
- 절전탭을 이용한다.
- 컴퓨터, 프린터 등은 OFF모드로 설정하여 자리를 오랫동안 비울 때 꺼둔다.
- 고효율 조명기구를 이용한다.

**② 교통영역에서 줄이기**

- 항공은 교통에서 가장 많은 CO<sub>2</sub>를 배출하므로 가능하다면 항공 대신 철도, 버스 등을 이용한다.
- 경유차보다 탄소배출량이 적은 LPG, LNG차를 이용한다.
- 출퇴근 때는 카풀제를 이용한다.
- 공회전을 줄인다.
- 차에 너무 많은 짐을 싣지 않는다.

**③ 재생가능한 에너지 설치하기<sup>20)</sup>**

- 재생가능한 에너지는 화석연료처럼 환경부하가 크거나 우라늄처럼 고갈이나 사고의 위험이 적어 지속가능하게 사용할 수 있다.
- 국내에서 실용화된 기술은 자연에너지로 전력을 생산하거나 태양광, 풍력이나 열을 생산하여 냉난방에 사용할 수 있는 태양열, 지열 등이 있다. 또한 폐기물이나 자원을 재활용한 바이오메스가 있다.
- 재생가능한 에너지는 초기비용이 비싸다는 단점이 있지만, 국내의 재생가능한 에너지 시장이 확대되고 있으며 기후변화 문제의 주요 대안 중 하나이기 때문에 장기적으로 사용이 더욱 확대될 것으로 예상된다.

19) 에너지관리공단 에너지효율제도와 제품 정보 [kempia.kemco.or.kr/efficiency\\_system/home/index.asp](http://kempia.kemco.or.kr/efficiency_system/home/index.asp)

20) 신재생에너지에 관한 정보 및 사업신청 안내 에너지관리공단 신재생에너지센터 <http://www.knrec.or.kr/>

## Conservation International에서 제안하는 사무실에서 에너지 줄이기

### 조명 끄기

점심을 먹으러 나가거나 회의를 하러나가 사무실을 비울 때 사무실의 조명을 끄는 것을 잊지 마라. 10만 명의 직원이 아낀 에너지는 50만 평방미터의 사무실 에너지를 공급할 수 있는 양이다.

### 메일리스트 정리하기

외부에서 카탈로그나 자료집, 카드청구서 등을 많이 받지만 실제로 꼼꼼히 읽어보는 일은 많지 않다. 그러나 그런 자료를 만들기 위해 매년 62만 그루가 잘려나가고 28만 갤런의 물이 사용된다.

### 모니터 재우기

잠시 자리를 비울 때 켜 두는 스크린서버는 마치 컴퓨터의 열기를 식혀주는 것처럼 작동하지만 실제로 에너지를 절약해 주는 것은 아니다. 모니터에서 사용되는 에너지를 줄이기 위한 가장 좋은 방법은 자리를 비울 때 모니터를 재우거나 전원을 끄는 것이다. 만약 5~10분 정도 자리를 비우는 것이라면 멋진 스크린서버를 띄우더라도 그 이상이 된다면 모니터를 재워두는 것이 좋다.

### 계단이용하기

당신의 머리는 항상 운동을 하고 있다. 그런데 왜 몸은 운동을 시키지 않는가? 엘리베이터보다 계단을 이용해서 당신의 심장을 띄게 해 주라. 그것은 당신의 건강에도 좋고 에너지절약에도 도움이 된다.

### 프린터의 토너를 끝까지 쓰기

프린터를 절약모드로 바꾸고 최대한 컬러프린트는 자제한다. 절약모드로 설정하면 토너와 프린트에 드는 비용을 50%나 줄일 수 있다.

**직원들에게 인센티브 제공하기**

직원들의 참여율을 높이고 생활 속에서 기쁨을 느끼도록 그들의 일상 생활 속에서 인센티브를 제공하라. 정부는 카풀을 하거나 자전거 또는 걸어 다니는 직원들에게 인센티브를 제공하고 있다. 재택근무나 유연하게 근무시간을 적용하면 결석을 줄이고 초과근무를 줄일 수 있다.

**종이 재활용하기**

미국인들은 일 년에 35만 톤의 종이를 사용한다. 프린트한 종이뿐만 아니라, 모든 잡지, 포장용 종이, 포스트 잇 등 종이를 제대로 분리만 하면 재사용할 수 있다. 종이를 재활용하면 74%의 공기오염을 줄일 수 있고 나무, 물, 에너지를 절약할 수 있다. 또 한 면만 사용한 종이는 잘 정리하여 팩스 등에 재활용해서 사용한다.

**무표백 종지와 재활용종이를 사용하기**

제지과정에 사용되는 표백제는 매우 큰 오염원이다. 폐지비율이 높을수록 재활용비율이 높은 재활용 종이를 사용한다면 종이를 재활용할 수 있을 뿐만 아니라 표백제로 인한 환경오염도 줄일 수 있다.

**사무실 용품을 재활용하기**

테이크아웃한 플라스틱 종이나 컵을 재활용하는 것은 사무실 안에서 쓰레기를 줄일 수 있는 좋은 방법이다. 스티로폼이나 종이컵보다는 머그컵을 들고 가까운 커피숍에서 커피를 마시면 할인도 받을 수 있다. 알루미늄캔이나 유리병 이외에도 주변을 둘러보면 배터리, 프린트 카트리지, CD 등등 재활용할 수 있는 물품은 넘쳐난다.

**대기전력 아끼기**

핸드폰 충전지나 휴대용컴퓨터와 같은 전기제품들은 전원을 꺼도 플러그를 뽑지 않으면 여전히 에너지를 사용한다. 미국에서 낭비되는 대기전력은 12만 톤의 CO<sub>2</sub>를 배출하고 있다. 이것을 막기 위해서는 멀티탭을 설치하여 퇴근할 때나 주말일 때는 꼭 멀티탭을 끈다.

## 2) 외부 감축

내부에서 노력하여도 감축목표를 달성하지 못할 때가 있다. 그럴 때는 탄소거래제를 고려할 수 있다. 탄소거래제는 외부 영역에서 탄소를 줄일 수 있도록 사업을 진행하여 그 때 줄인 CO<sub>2</sub> 양을 내부배출량에 적용하는 것이다. 그러나 이것은 자발적으로 줄일 수 있는 노력을 하지 않은 채 단순히 돈으로 탄소를 사 들일 수 있고 외부에서 줄인 CO<sub>2</sub> 감축량을 내부 배출량에 적용하는 방법도 아직 명확하지 않으므로 여전히 논란의 여지가 있다. 따라서 이 방법을 적용하기 이전에 기본적으로 내부 영역에서부터 감축전략을 수립하여 최대한 노력하여야 한다.

## (5) 보고하기

인벤토리를 작성하고 감축목표를 설정한 뒤 감축하기 위해 실천하였다면 이것을 정기적으로 보고하여 감축사업을 일관적으로 진행하고 감시하며 계수나 계산방법, 배출원 등이 변경될 때마다 수정하여야 한다. 보고할 때에는 다음의 항목을 포함시켜야 한다.

- 총 배출량
- 영역별 배출량
- 기준연도와 감축목표와 비교

## 제 3장 탄소발자국 홈페이지

지금까지 탄소배출량을 측정하는 법을 알아보았다. 녹색연합은 2장에서 소개한 측정방법을 기준으로 생활 속에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 측정할 수 있는 홈페이지를 만들었다. 기후변화에 영향을 주고 우리의 생활부터 돌아봐야한다고 하지만 탄소란 눈에 보이지 않는 물질이기에 좀처럼 깨닫기는 쉽지 않다. 그런 차원에서 탄소발자국 홈페이지는 조금이나마 내 생활을 돌아보고 감축노력을 할 수 있는 방법 중 하나로 활용할 수 있다.

### 1. 탄소발자국 홈페이지

이 홈페이지는 다음 장에서 설명할 캐나다 연방정부의 계산기와 같이 개인의 생활습관으로 항목을 만들기도는 Safe Climate에서 운영하는 계산기와 같이 이용자의 실제 사용량을 기입하도록 홈페이지를 구성하였다. 따라서 정확한 값을 알아야 한다는 불편함은 있지만, 그만큼 정확하게 배출량을 알 수 있다는 장점도 있다.

#### (1) 홈페이지의 항목구성

홈페이지는 크게 건물(주거), 교통으로 나누었다. 폐기물은 발생량이 미비하여 제외하였다. 다만, 공공교통은 우리의 생활 곳곳에서 CO<sub>2</sub>가 발생한다는 것을 깨닫기 위해 비록 발생량이 적고 측정방법에서 오차가 많이 발생하지만 측정 항목 안에 포함시켰다.

표 8. 녹색연합-지방의제21 홈페이지의 항목구성

건물(주거)		교통	
전기	전기이용량	자가교통	이동거리 or 이용량
난방	연료선택: 가스, LPG, 등유, 연탄	공공교통	지하철 or 택시 or 버스

## [2] 계산방법

### 1) 자료 모으기

계산에 필요한 활동량과 배출계수를 구한다. 활동량은 일반적으로 연료의 사용량을 말하며 배출계수는 이것을 배출량으로 환산시키는 값을 말한다.

#### A. 활동량

##### ① 전기

월별 이용량= 활동량

- 전기는 CO<sub>2</sub>를 직접 발생시키지는 않지만 전기를 만들기 위해 석탄, 석유, 천연가스 등의 연료가 이용되므로 간접이용영역으로 CO<sub>2</sub>배출량에 포함시킨다.
- 전기는 매월 해당 건물(주거)에 이용량 고지서가 발송되므로 월별 이용량을 쉽게 확인할 수 있다.

##### ② 기타 연료

월별 이용량= 활동량

- 주로 LPG, 도시가스, 연탄, 등유 등의 연료가 이용된다.
- 도시가스를 이용하면 매월 이용량 고지서가 발송되므로 월별 이용량을 쉽게 확인할 수 있다. 기타 연료는 전기나 도시가스처럼 월별 이용량을 꾸준히 파악할 수는 없으므로 개별적으로 기록한 값을 적용한다.



### ③ 자가교통

- 연료이용량 ÷ 이용인원 = 활동량
- (전체거리 ÷ 연비) ÷ 이용인원 = 활동량

- 자가교통을 통해 CO<sub>2</sub> 배출량을 조사하는 방법은 △연료이용량으로 측정하는 방법△거리를 통해 예측하는 방법이 있다.
- 연료이용량으로 측정하는 방법을 이용하려면 △연료이용량 △연료의 종류 △동승인원을 알아야 한다.
- 거리를 통해 예측하는 방법을 이용하려면 △전체 이동거리 △차종의 연비 △연료의 종류 △동승인원을 알아야 한다. 만약 연비를 모를 경우 연비를 제외해도 좋지만 정확성은 떨어진다.

### ④ 대중교통

#### a. 버스

- 이용자들이 최대한 편리하게 입력할 수 있도록 탑승시간(분으로 입력)을 입력하도록 하였다. 이용시간과 버스의 평균속력을 알면 개인이 버스를 탈 때 이동한 거리를 측정할 수 있다.

$$\text{이동거리} = \text{버스의 평균속력} \times \text{이동시간}$$

- 평균속력은 서울시를 운행하는 중형 이상의 버스를 대상으로 계산하였다. 서울시에 운행하는 415개 버스 노선 중 버스이용객수(2006년 7월 기준)가 중간치인 200~230번째 버스 노선 중 11개를 선택하여, 노선길이, 운행시간을 분석하였다. 이를 통해 알게 된 서울 시내버스의 평균속력은 18km/h였다.

표9. 서울시 중형버스의 평균속력

	km	hour	km/h
샘플1	49.9	2.3	21.7
샘플2	17.3	1.0	17.0
샘플3	37.0	2.0	18.5
샘플4	66.1	3.6	18.3
샘플5	18.2	1.3	14.0
샘플6	64.1	2.7	23.7
샘플7	14.4	1.0	14.4
샘플8	35.0	1.8	19.9
샘플9	29.8	1.5	19.9
샘플10	58.5	3.3	17.7
샘플11	13.1	1.0	13.1
평균			18.0

자료: 서울시청, 스마트카드(주)

- 버스는 혼자 이용하지 않기 때문에 평균탑승인원을 알아야 하는데 이것은 역시 위의 노선 중 노선별 버스 보유 대수, 노선별 하루 탑승인원, 노선별 정류장 수 등을 통해 구하였다. 이를 통해 알게 된 버스의 평균 탑승 인원은 9명이었다.

표10. 서울시 중형버스의 평균탑승객수

	보유대수	정류장수	탑승객/일	탑승객/대	탑승객/ 정류장수
샘플1	19	70	10,000	500	7
샘플2	12	51	6,137	511	10
샘플3	23	84	11,500	500	6
샘플4	44	107	21,359	496	5
샘플5	11	48	5,524	502	10
샘플6	29	104	14,948	498	5
샘플7	6	39	2,973	495	13
샘플8	25	54	12,484	499	9
샘플9	12	74	6,383	491	7
샘플10	29	96	19,382	510	5
샘플11	3	29	1,552	517	18
평균					9

자료: 서울시청, 서울 시내 버스회사

**b. 지하철**

- 계산기 이용자들이 최대한 편리하게 입력할 수 있도록 지하철 이용시간(분으로 입력)을 입력하도록 하였다. 이용시간과 지하철의 평균속력을 알면 개인이 지하철을 탈 때 이동거리를 측정할 수 있다.

$\text{개인이 지하철을 탈 때 이동거리} = \text{지하철의 속력} \times \text{개인의 지하철 이용 시간}$
---

- 지하철의 평균속력은 정류장을 이동할 때 걸리는 시간을 알면 구할 수 있다. 이를 위해 서울, 인천, 부산, 대구, 광주, 대전 등 지하철이 운행하는 6개 도시에서 운행되는 지하철의 노선길이와 노선 내 정류장수<sup>21)</sup>를 파악하여 정류장간 거리를 구하였다. 또 정류장간 이동시간은 보통 2분이지만 개폐 시간 등을 고려하여 1분 30초로 예측하였다.

표11. 전국 지하철의 운행속력

지역	호선	노선길이(km)	정류장수-1 (개)	정류장간 거리(km)	속력(km/h)
서울	1	242.5	121	2.004	80.2
	2	60.2	50	1.204	48.2
	3	35.2	39	0.903	36.1
	4	31.7	46	0.689	27.6
	5	52.3	50	1.046	41.8
	6	35.1	37	0.949	37.9
	7	46.9	41	1.144	45.8
	8	17.7	16	1.106	44.3
평균		65	50	1.304	52.2
인천	1	24.6	21	1.171	46.9
부산	1	32.5	33	0.985	39.4
	2	38.0	38	1.000	40.0
	3	18.1	15	1.207	48.3
평균		29.5	29	1.030	42.6
대구	1	28.4	29	0.979	39.2
	2	28.9	25	1.156	46.2
평균		28.7	28	1.023	40.9
광주		12.1	13	0.931	37.2
대전		12.8	11	1.164	46.5

자료: 서울지하철공사(06년1/4사분기), 도시철도공사(05년), 인천지하철공사(05년), 부산교통공사(05년), 대구지하철공사(05년), 광주도시철도공사(05년), 대전도시철도공사(06년 5월)

21) 서울지하철공사= 2006년 제 1사분기, 대전도시철도공사 2006년 5월. 도시철도공사, 인천지하철공사, 부산교통공사, 대구지하철공사, 광주도시철도공사= 2005년 자료

- 이동거리에 지하철을 1km을 이용할 때 사용되는 전력량을 곱하면 개인이 지하철에서 이동할 때 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 구할 수 있다.

표12. 지하철을 탈 때 한 사람이 1km당 이용하는 전력량

지역	노선	일일전력량 (kWh)	노선길이 (km)	운행횟수 (회)	일일탑승인원 (인)	한 사람이 1km당 이용하는 전력량 (kWh)
서울	1	2,400,904	242.5	2333	2,573,593	0.0000016
	2	1,090,110	60.2	1031	1,930,795	0.0000091
	3	606,753	35.2	440	726,594	0.0000539
	4	507,324	31.7	530	832,290	0.0000363
	5	136,467,619	52.3	433	824,812	0.0073061
	6	76,050,853	35.1	317	414,757	0.0164795
	7	108,279,806	46.9	390	802,875	0.0073733
	8	30,966,236	17.7	302	225,916	0.0256426
평균		44,546,201	65	722	1,041,454	0.0009086
인천	1	226,704	24.6	292	190,777	0.0001654
부산	1	388,070	32.5	360	424,708	0.0000781
	2	336,668	38.0	343	232,723	0.0001110
	3	77,933	18.1	316	47,161	0.0002889
평균		267,557	29.5	340	234,864	0.0001136
대구	1	257,525	28.4	305	161,868	0.0001837
	2	260,587	28.9	305	101,451	0.0002914
평균		259,056	28.7	305	131,660	0.0002252
광주	1	102,353	12.1	274	30,981	0.0009965
대전	1	73,210	12.8	243	35,000	0.0006725

자료: 서울지하철공사(06년1/4사분기), 도시철도공사(05년), 인천지하철공사(05년), 부산교통공사(05년), 대구지하철공사(05년), 광주도시철도공사(05년), 대전도시철도공사(06년 5월)

**c. 택시**

- 계산기 이용자들이 최대한 편리하게 입력할 수 있도록 택시이용금액을 입력하면 CO<sub>2</sub> 배출량을 얻을 수 있게 하였다.
- 서울시의 시간거리 동시병산체제(중형택시 기준)를 이용하면 이용 금액 당 이동거리를 구할 수 있다.<sup>22)</sup>

22) 시간거리 동시병산체제 : 처음 2km까지 기본요금 1900원이며 그 후 144m씩 100원 추

$$\text{이동거리} = \frac{0.144 \times (\text{fee of taxi} - 1400)}{100} + 2$$

- 이동거리를 알면 택시의 연비, 배출계수, 동승인원을 알면 배출량을 구할 수 있다. 이 때 동승인원은 운전기사 탑승자가 탑승하였다고 가정하였으며 할증제는 고려하지 않았다.

$$\{(\text{거리} \div \text{연비}) \times \text{택시의 배출계수}\} \div \text{동승인원} = \text{CO}_2 \text{ 배출량}$$

## B. 배출계수

배출계수는 활동량을 배출량으로 전환시킨다. 이것은 지역별, 국가별 등 다양한 영역에서 다른 값을 가지지만 한국에서 공식적으로 발표한 계수가 없으므로 IPCC계수를 이용한다.

### ① 가정에서 이용하는 연료의 배출계수

가정의 배출원은 전기 및 각종 석유류인데 공식적으로 국가배출계수는 없으므로 전기는 2005 IEA제출한 자료를 이용하고 석유류는 IPCC계수를 이용한다.

### ② 자가교통

자동차의 배출계수는 연료에 따라 휘발유, 경유, LPG로 나눈다.

### ③ 대중교통

#### a. 버스

서울시내에서 운행되는 버스의 연료는 경유 65%, CNG 35%이므로 각각의 비율을 고려하여 배출계수를 이용한다.

#### b. 지하철

지하철은 전기에 의해 운행되므로 전기의 배출계수를 이용한다.

#### c. 택시

택시의 주연료는 LPG이므로 LPG의 배출계수를 이용한다.

가. 시속 15km으로 주행할 때 매35초마다 100원씩 추가. 자정부터 4시까지 심야시간에는 20% 할증(자료: 서울시 교통국)

### (3) 지구인씨가 한 달 동안 발생시킨 CO<sub>2</sub>배출량 계산하기

위와 계산방법을 토대로 평범한 서울시민 지구인씨를 예로 들어 배출량을 계산해 본다.

---

지구인씨는 서울에서 3명의 가족과 함께 생활합니다.

- △ 이름: 지구인
  - △ 가족: 3인 가족. 부인, 아들 1명
  - △ 거주지: 서울
  - △ 거주형태: 아파트
  - △ 난방공급: 도시가스
  - △ 소유차량: LPG연료를 이용하는 경차
  - △ 한 달 전기사용량: 350kWh
  - △ 한 달 도시가스사용량: 650m<sup>3</sup>
  - △ 한 달 자가용사용량: 50km
  - △ 한 달 지하철사용량: 하루에 80분씩 한 달에 20회
  - △ 한 달 버스사용량: 하루에 20분씩 한 달에 20회
- 

#### ① 집에서 발생하는 배출량

지구인씨는 부인, 아들1명과 함께 아파트에서 생활합니다. 여느 가정처럼 가전제품, 컴퓨터, 압력밥솥, 전자렌지 등을 사용하지만 가능한 한 전력을 줄이기 위해 불도 잘 끄는 편이고 쓰지 않을 때는 코드를 뽑아둡니다. 난방연료는 도시가스를 사용하는데 아무래도 겨울에는 도시가스를 많이 사용하게 됩니다.

##### a. 전기사용량

$$214 \text{ kWh} \times 0.437 \text{ kg/kWh} = 93.5 \text{ kg of CO}_2$$

##### b. 도시가스사용량

$$(354 \text{ m}^3 \times 10,550) \div 10^7 \times 0.637 \text{ ton C/TOE} \times 0.995 \times (44 \div 12) = 867.9 \text{ kg of CO}_2$$

#### ② 교통으로 발생시키는 배출량

지구인씨는 LPG연료를 사용하는 경차를 가지고 있지만, 주말에 가족끼리 나들이를 가거나 무거운 물건을 사거나 할 때 빼고는 주로 지하철과 버스를 타고 출

퇴근을 합니다. 버스는 왕복 총 20분씩, 지하철은 왕복 총 80분씩 이용하며 한 달에 20회 사무실에 출퇴근합니다.

**a. 자가교통사용량**

$30\text{km} \times 0.19\text{kg/km} = 5.7 \text{ kg of CO}_2$

**b. 공공교통사용량**

○ 지하철

$1.3\text{hour} \times 39\text{km/hour} \times 0.0009\text{kWh/km} \times 0.437\text{kg/kWh} \times 20\text{회} = 0.4 \text{ kg of CO}_2$

○ 버스

$\langle [ \{ (0.33\text{hour} \times 19.8\text{km/hour}) \div 2\text{km/l} \} \times 2.46\text{kg/l} \div 9\text{인}] \times 20\text{회} \rangle = 17.86 \text{ kg of CO}_2$

**㉔ 총 배출량**

가정	전기	93.5kg
	도시가스	867.9kg
교통	자가교통	5.7kg
	지하철	0.4kg
	버스	17.9kg
합계		985.4kg

#### (4) 탄소발자국 홈페이지<sup>23)</sup>

1단계 가정단계에서는 전력과 난방 및 취사에서 사용한 값을 기입한다. 전력은 한 달 이용량(kWh)을, 난방은 연료에 따라 가스(m<sup>3</sup>), LPG(kg), 등유(ℓ)를 입력한다. 연탄은 kg보다는 장으로 많이 알고 있기 때문에 장으로 바꾸어 입력하기 쉽도록 하였다.<sup>24)</sup>



그림4. 탄소발자국 홈페이지의 가정부문 측정 페이지

2단계 교통은 자가교통과 대중교통으로 나누어 있다. 자가교통은 연료량과 이동거리 두 가지를 제시하여 홈페이지 이용자들이 가지고 있는 정보를 선택하여 입력할 수 있도록 고려하였다. 대중교통은 지하철, 택시, 버스로 나누어 지역의 특성을 고려하였고 홈페이지 이용자들이 쉽게 입력할 수 있도록 이용시간을 입력하도록 하였다.

23) <http://safeclimate.greenkorea.org/main.php>

24) 무연탄 1000kg으로 약 277개의 연탄을 만들기 때문에 연탄 한 장의 무게는 약 3.6kg이지만, 건조되면 3.3kg이므로 연탄 한 장 당 무연탄은 3.3kg으로 설정하였다. (자료: 연탄협회)



일상 생활속 에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 궁금하시다면 "CO<sub>2</sub> 배출량 계산기" 를 이용해 보세요!

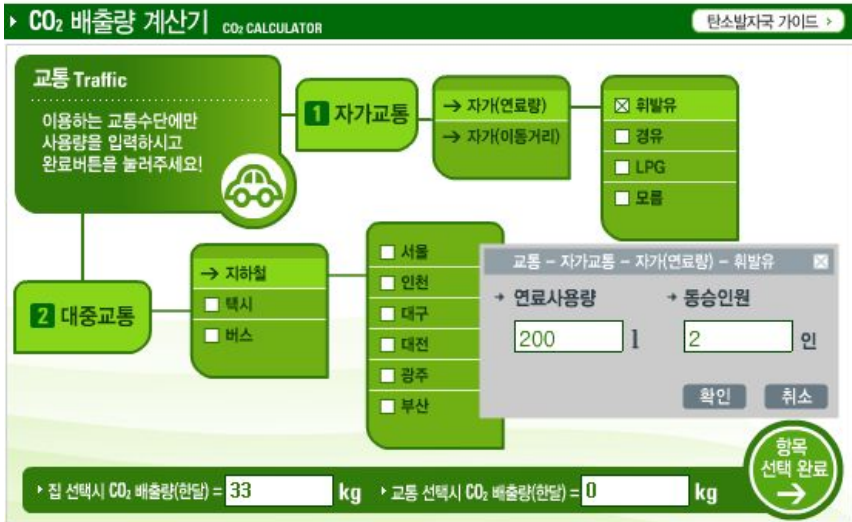


그림5. 탄소발자국 홈페이지의 교통부문 측정 페이지

이를 통해 얻어지는 결과는 총배출량, 부분별(가정, 자가교통, 대중교통) 배출량으로 나누었다. 그렇지만 CO<sub>2</sub>는 눈에 드러나지 않는 형태라 CO<sub>2</sub> 배출량을 일 년 동안 심어야하는 나무의 그루수, 서울 부산을 왕복하는 거리 등으로 재해석하였다. 그 외에 감축할 수 있는 방법을 함께 정리하였다.

일상 생활속 에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 궁금하시다면 "CO<sub>2</sub> 배출량 계산기" 를 이용해 보세요!



그림6. 탄소발자국 홈페이지의 결과페이지

일상 생활속 에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 궁금하시다면 "CO<sub>2</sub> 배출량 계산기" 를 이용해보세요!

▶ CO<sub>2</sub> 배출량 계산기
CO<sub>2</sub> CALCULATOR
탄소발자국 가이드 >

에어컨	<input type="checkbox"/> 여름에는 실내온도를 지금보다 1도 높인다. <input type="checkbox"/> 겨울에는 실내온도를 지금보다 1도 낮춘다. <input type="checkbox"/> 냉방을 하루 한 시간 아낀다. <input type="checkbox"/> 온방을 하루 한 시간 아낀다. <input type="checkbox"/> 필터를 한 달에 1회에서 2회 청소한다.
조명기구	<input type="checkbox"/> 전구형 형광등으로 바꾼다. <input type="checkbox"/> 백열등의 사용시간을 하루 한 시간 줄인다. <input type="checkbox"/> 형광등의 사용시간을 하루 한 시간 줄인다.
냉장고	<input type="checkbox"/> 냉장고에는 내용물을 적당히 넣어둔다. <input type="checkbox"/> 쓸데없이 문을 여닫지 않는다. <input type="checkbox"/> 문을 쓸데없이 열어두지 않는다. <input type="checkbox"/> 설정온도는 중간으로 해 둔다. <input type="checkbox"/> 벽에서 적당히 띄어 놓는다.
텔레비전	<input type="checkbox"/> 보지 않을 때는 꺼둔다.(브라운관) <input type="checkbox"/> 화면은 너무 밝게 하지 않는다. <input type="checkbox"/> 보지 않을 때는 꺼둔다.(플라즈마) <input type="checkbox"/> 보지 않을 때는 꺼둔다.(액정) <input type="checkbox"/> 소리는 적당히 켜 둔다.
컴퓨터	<input type="checkbox"/> 쓰지 않을 때는 꺼둔다.(데스크탑) <input type="checkbox"/> 쓰지 않을 때는 꺼둔다.(노트북)
식기세척기	<input type="checkbox"/> 설거지는 한꺼번에 모아서 한다. <span style="background-color: #006633; color: white; padding: 2px;">세탁기</span> <input type="checkbox"/> 세탁기는 한꺼번에 모아서 돌린다.
청소기	<input type="checkbox"/> 방청소를 한 뒤에 돌린다.
자동차	<input type="checkbox"/> 공회전을 하지 않는다. <input type="checkbox"/> 차에 쓸데없이 짐을 놓아두지 않는다. <input type="checkbox"/> 급발진, 급가속을 하지 않는다. <input type="checkbox"/> 타이어의 공기는 적당히 채워둔다. <input type="checkbox"/> 승용차 요일제에 참가한다.

▶ CO<sub>2</sub> 감소량을 확인하실분은 우측 버튼을 눌러주세요!

항목  
선택 완료  
→

그림 7. 탄소발자국 홈페이지의 그린팁 페이지

## 2. 기타 CO<sub>2</sub> 홈페이지 소개

### (1) Safe Climate calculator<sup>25)</sup>

Safe Climate 계산기는 SEP(Sustainable Enterprise Program)과 WRI(World Resources Institute), CELB(Center for Environmental Leadership in Business)에서 공동으로 운영하고 있다.

1단계에서 교통이용량을 기입한다. 자동차를 이용할 때 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 알기 위해서는 연료이용 혹은 이동거리를 입력한다. 예를 들어 2월에 200ℓ를 주입하였다고 하더라도 2월에 200ℓ를 모두 썼다고 할 수 없으므로 연료이용값이 정확한 월별 사용량이라고 할 수는 없다. 그러나 이동거리를 이용하면 연비를 입력해야 하는데 이것은 자동차의 성능 및 이용방법에 따라 달라지므로 마찬가지로 오차는 발생한다. 일반적으로 이동거리보다는 연료이용이 더욱 정확하다.

25) www.safeclimate.net

그 외에 항공이용으로 발생하는 온실가스 배출량을 알기 위해 항공의 이동거리를 기입하도록 하였다. 그러나 자동차와 달리 항공은 개인이 소유하는 교통수단이 아니기 때문에 이동거리를 알기 어렵다.

그림8. Safe Climate계산기의 교통부분 측정페이지

2단계에서는 가정에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산한다. 미국은 주마다 다양한 에너지원을 이용하는 발전회사가 있기 때문에 고객들은 자신이 쓰는 전기가 어떤 에너지원을 이용했는지 확인할 수 있고 고를 수도 있기 때문에 그린전력<sup>26)</sup>을 체크할 수 있도록 배려한 부분이 눈에 띈다.

26) 신재생에너지로 생산된 전력.

**SafeClimate**

### Home Energy & Transportation Calculator

**Home Energy**

Electricity source

Calculate electricity emissions for:

Green power subscriber with  renewables

Electricity:  kilowatt-hours (kWh) per

Natural gas:  therms per

Heating Oil:  liters per

Propane:  liters per

Coal:  kilograms per

Kerosene:  liters per

Liquid petroleum gas:  liters per

[See Result](#) [Calculate my carbon footprint](#)

SafeClimate.net  
All rights reserved.  
project of the  
World Resources Institute

그림9. Safe Climate계산기의 가정부분 측정페이지

사람들은 계산기를 이용할 때 전기, 가스 이용량 등 구체적인 수치를 알아야 하기 때문에 불편함을 느끼지만 개인의 온실가스 배출량을 구하기 위해서는 어쩔 수 없는 방법이다. Safe Climate의 계산기는 측정항목이 적어서 일반인도 쉽게 기입할 수 있고 국가별 정보를 모두 입력해 놓았기 때문에 국가를 선택하여 기입할 수 있다는 특징이 있다. 결과페이지에서는 입력한 결과를 가정, 교통으로 나누어 표시하였고 그것이 우리의 생활과 밀접하다는 사실을 전달하기 위해서 5단계의 플래쉬를 만들어 나의 상태를 알 수 있도록 하였다. 그리고 CO<sub>2</sub> 배출량의 결과를 매년 저장할 수 있도록 하여 홈페이지의 활용도를 높였다.

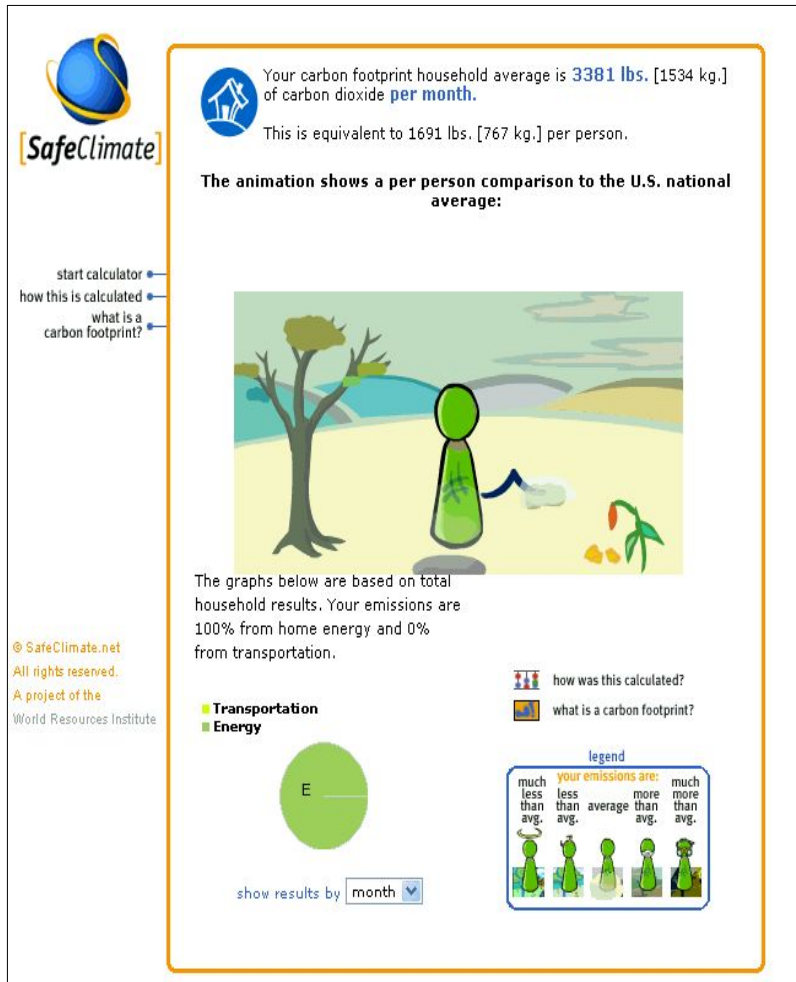


그림10. Safe Climate 계산기의 결과부분의 측정페이지

## [2] 캐나다 연방정부 탄소계산기<sup>27)</sup>

캐나다 연방정부에서 운영하는 계산기는 <1톤 줄이기>라는 정부 캠페인에 맞추어 운영되고 있다. 이 계산기는 △개인 정보 △사는 집에 대한 정보 △교통에 대한 정보 △전기제품에 대한 정보 △정원 손질기구에 대한 정보 △집에서 배출되는 쓰레기 정보 △취미 생활에 대한 정보 등 총 7개의 단계로 이루어져 있다.

1단계에서 사는 곳, 지역번호, 동거인 수를 기입하면 2단계에서는 집의 종류, 집

27) <http://www.climatechange.gc.ca/onetonne/calculator/english/>

에서 산 연수, 평수, 절약제품 이용 여부 등 항목을 기입한다. 3단계에서는 카풀 여부, 걷기 여부, 자전거 이용 여부 등 개인이 교통수단을 이용할 때 생활방식을 묻는다. 4단계부터 7단계는 전기제품 중에 얼마나 절약형 제품을 이용하는지, 정월 손질을 위해 가지고 있는 어떤 전기기구를 가지고 있는지, 집에서 얼마나 쓰레기가 배출되는지, 보트, 스피드보트, 스노우보드 중에 어떤 취미생활을 하고 있는지 개인의 생활습관에 대해 답한다. 결과는 교통, 냉난방, 물이용, 조명, 기구, 잔디관리로 나누어서 알려준다. 이렇게 나누면 다양한 통계를 낼 수 있고 개인의 생활습관을 자세하게 알 수 있어서 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 다만 정확한 이용량보다 캐나다의 평균값을 적용했기 때문에 간단히 참여할 수 있다는 장점이 있지만 정확한 값을 알 수는 없다.

PART I - CALCULATE YOUR GHG EMISSIONS STEP 2 OF 7

### Tell Us About Your Home

1. Type of dwelling you live in: ?
2. Size of dwelling you live in: ?
3. Age of dwelling you live in: ?
4. Fuel that heats your dwelling: ?
5. Fuel that heats your hot water: ?
6. Please indicate which of the following items you have in your home: ?

<input type="checkbox"/> Central air conditioner	<input type="checkbox"/> ENERGY STAR®-labelled?
<input type="checkbox"/> Window air conditioner	<input type="checkbox"/> ENERGY STAR®-labelled?
<input type="checkbox"/> Outdoor floodlights	
<input type="checkbox"/> Hot tub	<input type="text" value="Natural Gas"/>
<input type="checkbox"/> Pool	<input type="text" value="How is it heated?"/>
7. Have your exterior doors been upgraded from wood to steel, foam-core doors? ?  
 Yes  No  Not Applicable
8. Have the forced air system ducts in your home been sealed and insulated? ?  
 Yes  No  Not Applicable
9. In your home, do you reduce the temperature, either manually or by using a programmable thermostat? ?  
 Yes, by  during daytime, and  at night  
 No  
 Not Applicable
10. Have you lowered the temperature on your hot water tank to 55 degrees Celsius, but not lower, to conserve energy? ?  
 Yes  No  Don't know  Not Applicable

그림11. 캐나다 정부 계산기 가정부분의 측정 페이지

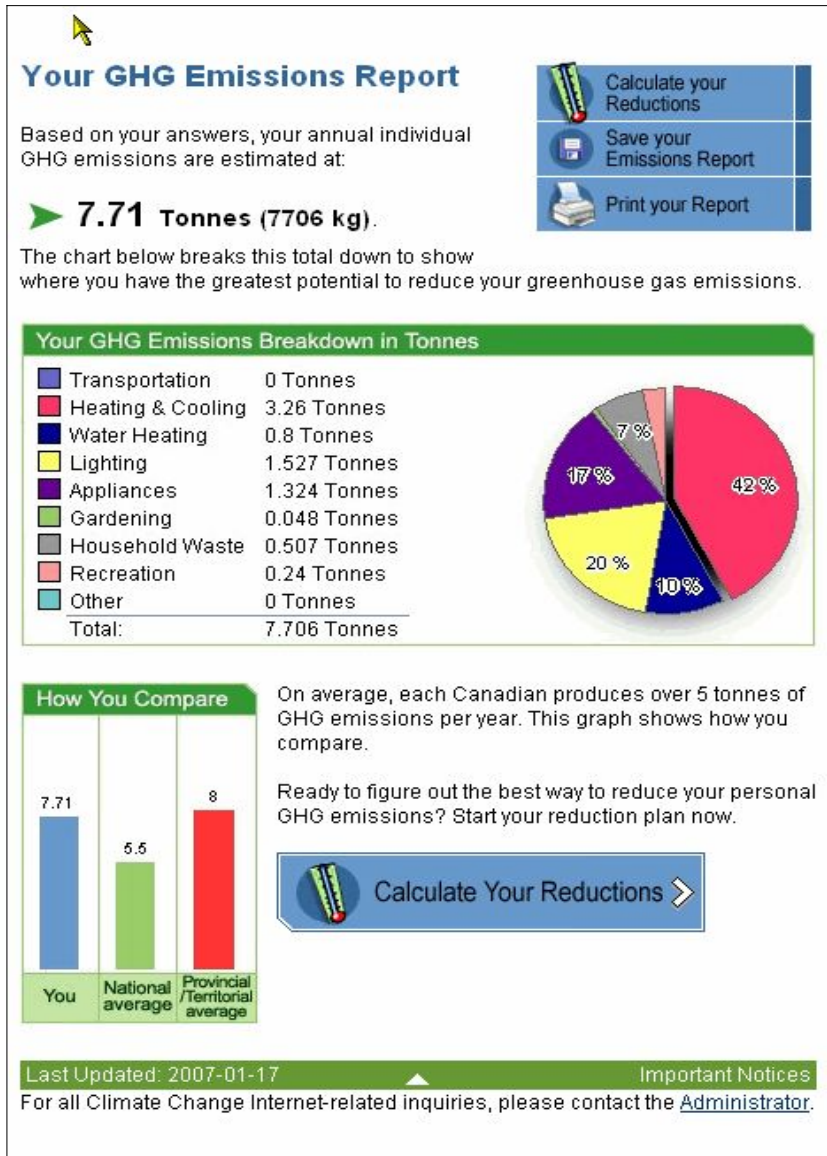


그림12. 캐나다 정부 계산기의 결과페이지

한편 우리가 이용한 계산기 외에도 교통만을 측정하는 계산기<sup>28)</sup>, 어린이가 측정할 수 있도록 한 계산기<sup>29)</sup> 등 다양한 형태의 계산기가 있다. 교통 중심의 계산기는 비율이 가장 높은 항공만을 측정하는 곳도 있으며 어린이를 대상으로 한 계산

28) <http://www.chooseclimate.org/flying/mapcalc.html>

29) <http://www.coolkidsforacoolclimate.com/Cool%20Kids%20Project/treecalculator.html>

기는 아이들이 전기 및 난방에서 이용하는 연료를 모르고 직접 운전하지 않는다는 점을 고려하여 여행의 개념으로 접근하고 있기도 하다. (부록3 참고)

### (3) 국립산림과학원의 탄소나무계산기

우리나라는 2006년 국립산림과학원에서 탄소나무계산기를 만들었다. 산림과학원에서 온실가스를 측정할 수 있는 계산기를 만든 이유는 기후변화 방지를 위해서는 흡수원인 산림을 보호하는 것이 중요하기 때문<sup>30)</sup>이다.

국립산림과학원의 탄소나무계산기는 가정에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량, 교통에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량 두 단계로 나누어져 있다. 정확한 이용량을 몰라도 한국인의 평균값을 적용하여 배출량을 산정한다. 따라서 정확한 값을 몰라도 손쉽게 측정할 수 있어 기후보호에 대한 인식을 확산시킬 수 있고 배출한 양을 흡수하기 위한 나무그루수를 알려주기 때문에 산림 보호에 대한 인식도 넓힐 수 있다.



그림13. 국립산림과학원 탄소나무계산기

다만 가정, 교통 모두 정확한 값을 입력하지 않고 평균값을 대입하였으며 캐나다의 홈페이지처럼 개인의 생활습관을 질문한 것도 아니어서 계산기의 목적과 활용도가 불명확하다는 단점이 있다.

30) 우리나라의 산림은 1ha당 7.3톤의 CO<sub>2</sub>를 흡수함. (자료: 국립산림과학원)



## 제4장 탄소발자국 활용방법

이번 장에서는 기후변화에 대응하는 개인, 자신들이 일하는 사무실을 대상으로 CO<sub>2</sub> 감축계획을 작성하는 WRI, 기업의 CO<sub>2</sub> 감축노력을 컨설팅하는 BLICC, 캠퍼스 안에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 관리하여 기후변화에 대응하는 미국의 대학들, 지방단위에서 자발적으로 CO<sub>2</sub>를 관리하는 지방정부 등 실질적으로 CO<sub>2</sub>를 감축하고 있는 다양한 사례를 소개한다. CO<sub>2</sub> 감축방법은 지역별·분야별에 따라 달라지므로 일괄적으로 국내에 적용할 수는 없겠지만 한국에서도 이러한 사례를 통해 다양한 단위에서 다양한 방법으로 CO<sub>2</sub> 감축 노력이 이루어지기를 기대한다.

### 1. 개인

개인은 직접 기후변화를 초래하는 주체인 동시에 기후변화를 막을 수 있는 가장 최소의 단위이다. 따라서 개인이 어디서 어떻게 CO<sub>2</sub>를 배출하는지 인식한다면 생활 속에서 기후변화를 막기 위해 대응할 수 있다. 일반적으로 배출량 및 배출계수가 명확하여 비교적 자세한 배출량을 구할 수 있는 건물(주거), 교통 영역으로 한정한다.

표13. 개인의 온실가스 배출원 분류

건물(주거)	교통	
전기 도시가스 석유, 등유 등 석유류 연탄 등 석탄류 쓰레기	자가교통	휘발유 LPG LNG 디젤
	대중교통	버스 지하철 택시 항공 철도

건물(주거)의 주요 배출원인 전기, 도시가스는 고지서로 월별 이용량을 확인할 수 있다. 이 때 혼자 생활한다면 그 값은 개인이 발생시키는 CO<sub>2</sub>배출량이 되지만 동거인이 있다면 동거인수만큼 나누어 평균값을 적용한다.

자가교통은 소유차량의 주행거리 또는 주입량과 연비 등을 알면 구할 수 있다. 그러나 주행거리를 꾸준히 기록하지 않을 경우 월별 이용량을 정확히 계산할 수 없고 주입량 역시 그 달에 주입했다고 해서 그 달에 모두 썼다고 말할 수 없다. 또 자동차의 이용특성, 차종에 따라 연비가 바뀌므로 이러한 오차를 고려하여야 한다. 대중교통은 많은 사람이 이용하고 주행거리가 일정하지 않으며 차종, 이동거리, 연비, 속도 등은 평균값을 적용한다. 예를 들어 개인이 서울에서 도쿄로 가는 항공을 이용할 때 발생시키는 CO<sub>2</sub>배출량을 알려면 비행기 기종, 비행거리, 탑승인원 등을 알아야 하는데 개인이 이런 정보를 알기 힘들뿐더러 이것을 모든 사람이 이용하게끔 만들려면 평균값을 적용할 수밖에 없다.

이처럼 개인을 대상으로 하면 다양한 변수 때문에 많은 오차가 발생하므로 개인의 탄소발자국을 측정하는 것은 개인의 정확한 데이터를 얻기보다는 CO<sub>2</sub>배출량을 측정하는 과정으로 개인이 기후변화에 미치는 영향을 이해하고 그것을 생활 속에서 자연스럽게 실천하도록 유도하는 것이 더욱 중요하다.

### 생활 속에서 실천하기

홈페이지를 준비하면서 녹색연합은 군포 지방의제21의 회원 10명과 함께 2006년 12월, 2007년 1월 두 달 동안 CO<sub>2</sub>배출량을 측정하고 CO<sub>2</sub>를 줄이기 위한 방법을 10명의 회원들과 함께 생활 속에서 실천하는 실험을 하였다. 참가한 회원은 대부분 주부들로, 주부들이 꽤널이면 집에서 이용하는 가스, 난방에 대한 이해가 있기 때문에 가정에 관한 자료를 손쉽게 얻을 수 있지만 차량 및 대중교통을 이용하는 빈도가 적거나 불규칙적이어서 교통에 관한 자료는 충분히 얻을 수 없다. 그러나 집에서 발생시키는 CO<sub>2</sub>는 대부분 전기, 난방에서 배출되며 생활 속에서 기후변화에 대응하는 방법 역시 전기, 난방에 집중되어 있다. 따라서 집에서 이용하는 전기, 난방의 이해도가 높은 주부들이 이러한 실험에 참여하면 효율적으로 집에서 발생시키는 CO<sub>2</sub>를 감축할 수 있다. 다음은 2달 동안 꽤널들이 발생한 CO<sub>2</sub>배출량을 정리한 것이다.

표14. 10명의 패널들이 2달 동안 발생한 CO<sub>2</sub>배출량

단위: kg

패널 및 시기	전기	난방	자가수송		대중수송			결과	
		가스	휘발유	경유	LPG	버스	택시		
A	12월	69.9	331.2				6.8	3.2	411.1
	1월	93.1	109.7	247.5					450.3
B	12월	85.2	22.8						108.0
	1월	85.2	29.0			38.6		1.6	154.4
C	12월	164.6	97.3	247.5					509.4
	1월	150.3	132.5	148.5					431.3
D	12월	69.9	33.1				6.8	3.2	113.0
	1월	110.1	82.8		14.0		2.7	2.7	212.3
E	12월	194.0	43.5		340.5				578.0
	1월	170.0	64.2		227.0				461.2
F	12월	174.8	149.0	123.8					447.6
	1월	152.5	221.5	99.0					473.0
G	12월	99.7	68.3	165.0				0.7	333.7
	1월	92.2	66.2	379.5					537.9
H	12월	69.9	159.4	95.7			3.6		328.6
	1월	67.7	285.7	123.8			3.6		480.8
I	12월	103.1	53.8	89.1			0.2		246.2
	1월	106.2	122.1	41.3			17.2	0.3	287.1
J	12월	80.8	194.6	198.0			2.3	0.4	476.1
	1월	72.1	153.2	247.5			0.5		473.3

자료를 보면 전기의 이용량이 줄어든 가정은 많지만 난방의 이용량은 크게 차이가 없거나 오히려 늘어난 가정이 많은 것을 알 수 있다. 이것은 전기이용에 관한 설문항목은 전구, 냉장고, TV, 컴퓨터로 많지만, 난방은 이용량을 줄이는 방법 외에 뚜렷한 설문항목이 없었기 때문에 줄일 수 있는 방법이 부족했기 때문으로 보인다. 또 도시가스가 공급되는 가정이라면 전력 대신에 도시가스로 난방을 하기 때문에 계절차이가 날 수도 있다. 교통은 자료가 부족하고 주부일 경우 규칙적으로 교통을 이용하지 않을 수도 있으므로 특별히 분석할 수 없다.

설문지를 분석한 결과 다음과 같은 의견을 정리할 수 있었다.

- 실천할 수 있는 항목이 적어 의무적으로 줄이는 것이 무리는 아니었지만 매일 시간 등을 체크하는 것이 귀찮고 힘들었다.
- 가정에서 할 수 있는 방법 중에 전기를 끄는 것이 가장 쉬웠다.
- 가장 어려운 것은 냉장고에 적당량 넣기, 난방비 줄이기였다.
- 가장 좋은 방법은 대중교통이 활성화되어 자동차 이용을 줄이고 가까운 거리는 걸어 다니는 것이었다.
- 그 외에 다음과 같은 기타의견이 있었다.
  - 꾸준히 실천하면 효과가 있을 것 같지만 여전히 CO<sub>2</sub>라는 말이 생소하므로 돈으로 환산하는 것은 어떨까
  - 한꺼번에 여러 가지를 실천하기는 힘들니까 기간을 정해 한 가지 방법을 꾸준히 실천해서 몸에 익히면 또 다른 방법을 실천하는 것은 어떨까
  - 의도적으로 시간을 확인하는 것이 어려우니 앞으로는 이용시간이 나오는 TV나 컴퓨터 등이 발명되면 좋을 것 같다

이처럼 지금까지 기후변화에 대응하기 위해 다양하게 시도되었던 에너지 절약 및 효율방법을 탄소발자국이라는 지표로 통일시키면 에너지 절약 및 효율방법이 기후변화와 연결될 수 있다. 그리고 배출량이 뚜렷하므로 감축량이 뚜렷해지고 감축방법이 명확해져 더욱 효과적으로 기후변화에 대응할 수 있게 된다.

## 2. 건물 또는 사업장

건물 또는 사업장은 개인과 달리 고정영역이므로 CO<sub>2</sub> 배출량 산정방법이 명확하다. 또 개인보다 단위가 커서 감축목표를 현실적으로 설정하고 효과적인 감축방법을 결정한다면 감축량 및 감축효과도 뚜렷한 편이다. 그리고 건물 또는 사업장에서 생활하는 사람들에게 기후변화에 대한 교육을 동시에 진행하여 생활 속에서 실천할 수 있도록 동기를 부여할 수도 있다.

건물 또는 사업장에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산할 때는 기본적으로 건물 또는 사업장에 있고 제어할 수 있는 배출원인 직접영역(보일러 등), 건물 또는 사업장에 있지만 제어할 수 없는 배출원인 간접영역1(전기 등)을 포함시킨다. 그러나 건물 또는 사업장의 특성에 따라 간접영역2에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량이 오히려

직접영역, 간접영역1보다 높을 수도 있는 만큼 간접영역2를 따로 관리해야 더욱 효과적으로 기후변화 문제에 대응할 수 있다.

표15. CO<sub>2</sub> 배출영역

Scope1 직접 배출	보일러 전기, 열 등을 만드는 기구 건물이 소유한 차량
Scope2 간접 배출1	전기
Scope3 간접 배출2	렌트카 등으로 공식 업무를 할 때 출장 등으로 항공, 철도 등을 이용할 때 출퇴근 시 직원들이 이용하는 차량 종이이용량, 토너카트리지 이용량 등 부속물 배출되는 폐기물

자료: Samantha Putt del Pinom WRI Guide for Carbon Reduction from Office, WRI, 2002

이번 장에서는 건물의 사례로 WRI와 사업장의 사례로 BLICC 프로그램을 소개한다. WRI는 1999년부터 WRI의 사무실에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 감축하는 프로젝트를 진행하여 2005년 탄소중립화를 이루었다. WRI는 이 프로젝트로 비록 큰 사업장이 아니 라더라도 연구소, 작은 사무실도 충분히 CO<sub>2</sub>에 능동적으로 대응할 수 있다는 것을 증명하였다. BLICC는 5개의 기업과 파트너를 맺어 CO<sub>2</sub>를 감축할 수 있도록 지원하고 있다. BLICC는 아직 CO<sub>2</sub> 감축이 익숙하지 않은 한국 기업들에게 좋은 사례가 될 것이다.

## (1) WRI Green Project

WRI<sup>31)</sup>는 환경을 보호하고 인간생활을 향상시키기 위한 연구를 진행하는 미국의 연구소이다. 기후변화에 적극적으로 대응하기 위한 한 방법으로 연구소 건물(사무실)에서 배출하는 CO<sub>2</sub>를 줄이기 위한 프로젝트를 진행하였다.

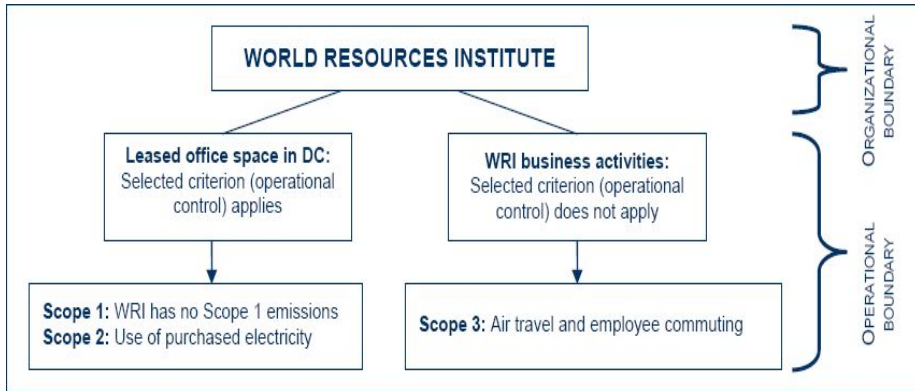
### 1) 프로젝트 개요

그린오피스 프로젝트는 1999년 4월 이사회를 통해 제안, 결정되었고 2000년 10

31) world Resource Institute: www.wri.org

월부터 본격적으로 사무실에서 배출하는 온실가스를 감축하기 시작하였다. 계획에 따르면, 영역은 WRI 워싱턴 사무실이며 배출원은 전기, 출장, 직원의 출퇴근이다. 또 인벤토리 안에는 포함시키지 않았지만 기타 영역으로 종이를 따로 관리하여 종이사용을 줄이기 위한 계획을 수립하였다. 또 매년 보고서를 발간하여 배출량과 줄이기 위한 행동을 발표하였다. 2000년부터 노력한 결과 2005년에는 기준연도인 2000년보다 약 1.9% 높은 수준까지 배출량을 낮출 수 있었다.

① 영역 설정



자료: Samantha Putt del Pino, WRI CO<sub>2</sub> Inventory Report for Calendar Years 2004& 2005,2006

그림 14. WRI의 영역구분

a. Organizational 영역

이것은 온실가스 배출을 기록할 수 있도록 구성된 조직 영역을 말한다. WRI는 워싱턴 이외에 기타 조직(사무실)이 없어서 워싱턴 소재의 사무실만을 대상으로 온실가스 배출량을 조사하면 된다.

b. Operational 영역

이것은 organizational 영역 중에서 온실가스가 배출되는 영역을 설정하는 것이다. WRI는 직접영역은 없고 간접영역1은 전기, 간접영역2로 출장, 직원의 통근으로 정하였다.

- 직접영역(WRI에서 제어할 수 있는 CO<sub>2</sub> 배출원) : 없음
- 간접영역1(WRI가 이용하는 전기) : 전기
- 간접영역2(그 외의 간접영역): 직원의 출퇴근/ 출장 시 사용하는 항공

## 2 인벤토리 작성

다음의 배출원은 WRI 인벤토리에 포함되지 않는다.

- 전기를 구입할 때 손실되는 양
- 자동차나 철도를 이용한 출장
- 항공을 이용하여 출장을 갈 때 WRI가 직접 예약하지 않은 경우
- 배 등 기타 운송수단

## 3 기준연도

예초에 WRI는 미국정부가 교토의정서를 비준해야한다는 의미에서 기준연도를 1990년으로 설정하였다. 그러나 1990년도 배출량을 추측하는 방법이 너무 불완전하였기 때문에 1990년을 기준연도를 삼으면 오히려 감축의미가 사라질 것이라고 생각하였다. 또 기준연도를 설정하는 것은 정확하고 완벽한 데이터가 있을 때 가능한 것이므로 WRI는 정확한 데이터를 가진 2000년을 기준연도로 설정하였다.

## 4 배출량 조정

인벤토리를 작성하고 계획을 세워가는 과정에서 더욱 훌륭한 방법과 도구를 발견하면 전년 배출량을 재조정해야한다. 그러나 배출계수가 배출량에 큰 영향을 미치지 않거나 배출방법에 영향을 미치지 않는 경우 배출량을 재조정할 필요는 없다. 한 예로 미국에서는 2005년 항공과 직원의 출퇴근 때 이용하는 교통의 배출계수가 조정되었다. 그러나 값이 적어 전체 이용량에 큰 영향을 주지 않았기 때문에 배출량 전체를 재조정하지는 않았다.

표16. 지하철과 항공의 배출계수 변경되는 예

	2000-2004 배출계수		2005 배출계수	
	kg CO <sub>2</sub> / mile		kg CO <sub>2</sub> / mile	
US 지하철	0.16		0.17	
항공	kg CO <sub>2</sub> /km	이동거리	kg CO <sub>2</sub> /km	이동거리
단거리	0.18	<452	0.15	<500
중거리	0.13	<1600	0.12	<1600
장거리	0.11	>1600	0.11	>1600

자료: Samantha Putt del Pino, WRI CO<sub>2</sub> Inventory Report for Calendar Years 2004& 2005,2006

## ⑥ 계산방법

배출량 계산방법은 다음과 같다.

$$\text{활동량} \times \text{배출계수} = \text{CO}_2 \text{ 배출량}$$

## 2) CO<sub>2</sub> 감축방법

사무실에서 배출하는 온실가스를 줄이기 위해 다음처럼 3개의 영역으로 나누어 관리하였다.

- WRI 사무실 공간에서 감축방법
- 신재생에너지 구입
- 탄소거래제

### ① WRI 사무실 공간에서 감축방법

#### a. 사무실 내 공간

효율적으로 자원을 이용하고 CO<sub>2</sub> 배출량을 최소화할 수 있도록 공간을 리모델링 하였다.<sup>32)</sup> 사무실 내 모든 조명기구는 콤팩트 형광램프(CFLs)로 교체하였고 프린터, 팩스밀리, 복사기, 식기세척기, 냉장고 등 사무실 내의 모든 전기제품은 고효율제품으로 바꾸었다. 그리고 자전거 이용을 장려하기 위하여 자전거 보관시설을 설치하였고 항공을 이용하여 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이기 위해 화상회의 시스템을 구축하였다.

#### b. 종이이용 감축

기본적으로 양면복사를 하여 종이이용을 아끼며 그 외에 내부문서는 인터넷상에서 공유한다. 또 보고서는 선별하여 인쇄하고 그 외의 보고서는 PDF파일로 공유하도록 권장하였다.

#### c. 외부 단체와의 교류

2005년에는 그린 빌딩 디자인 및 그린 오피스 프로젝트에 관심이 있는 the Shanghai Ecological Economy, the District of Columbia's Department of Parks and Recreation, the United Nations Foundation, 영국 멕시코 대사관 등 15개 이상의 기업 및 단체와 교육을 진행하였다.

32) WRI's Office Environment- Mission Design



㉔ 녹색전력 구입

2002년부터 WRI는 90% 바이오매스, 10% 풍력으로 생산하는 신재생에너지를 구입하였다. 그러다가 WRI가 있는 건물(the American Psychological Association)이 신재생에너지를 건물에 설치하여 2004년 WRI는 100% 신재생에너지로 만든 전기를 이용하게 되었다.

㉕ 온실가스 상쇄

2000년 WRI는 포틀랜드, 오레곤에 있는 공립학교에 석유보일러 대신 천연가스로 시스템을 바꾸고 에너지 관리방법을 전산화하는 프로젝트를 진행하였다. 프로젝트 이전의 시스템에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 조사하고 프로젝트 이후의 CO<sub>2</sub> 배출량을 조사하여 그 차감 정도를 적용하였다. 그러나 이것은 입증된 방법이 아니기 때문에 가능하면 내부에서 감축할 수 있는 만큼 감축하는 것이 가장 바람직하다.

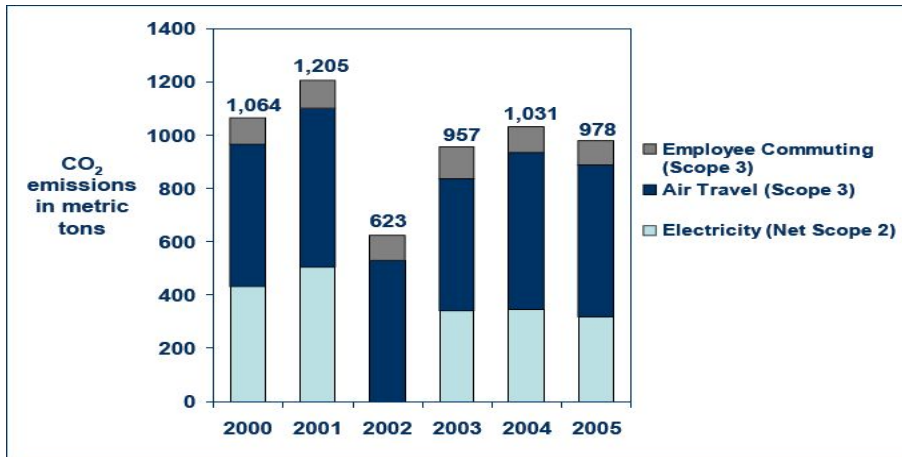
3) 프로젝트 결과

2000년부터 진행된 이번 프로젝트에서 간접영역1은 전기, 신재생에너지 구입으로 설정하였고 간접영역2에서 항공이용, 직원의 교통이용을 포함시켰다. 이것을 5년 동안 실천한 결과 2005년 총 CO<sub>2</sub> 배출량이 기준년도인 2000년보다 약 1.9% 높은 수준으로까지 낮추어 총 8%를 줄이는 성과를 이루었다.

표17. WRI CO<sub>2</sub> 배출량 2000-2005

CO <sub>2</sub> 배출량						
기준연도: 2000		2001	2002	2003	2004	2005
간접영역1						
전기	431	503	535	459	431	423
신재생에너지 구입	0	0	-860	-120	-115	-106
총 이용량	431	503	0	339	346	317
간접영역2						
항공이용	535	598	529	497	589	571
직원의 교통이용	98	104	94	121	96	90
실제 배출량	1,064	1,205	1,158	1,077	1,146	1,084
총 배출량	1,064	1,205	623	957	1,031	978

자료: Samantha Putt del Pino, WRI CO<sub>2</sub> Inventory Report for Calendar Years 2004& 2005, 2006



자료: Samantha Putt del Pino, WRI CO<sub>2</sub> Inventory Report for Calendar Years 2004& 2005, 2006

그림15. WRI 총 배출량 2000-2005

한편 WRI는 간접영역2에서 종이용량을 꾸준히 모니터링 하였다. 종이를 이용하여 발생한 CO<sub>2</sub> 배출량 산정방법 등이 아직 명확하지는 않지만, 종이용량은 온실가스와 직간접적으로 연관이 있기 때문에 함께 측정하면 효과적이다.

표18. 종이용으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량 2000-2005

단위: ton

2000	2001	2002	2003	2004	2005
372	148	148	56	58	96

자료: WRI's Commitment to Reduce CO<sub>2</sub> emissions by 2005, 2005

## (2) BLICC

BLICC(The Business Leaders Initiative on Climate Change)는 온실가스 감축에 동참하는 기업들의 네트워크로 2000년 Birka Energy, The Body Shop, IKEA Group, Interface Inc., Nuon 등 총 5개의 기업과 함께 출범하였다. 온실가스를 감축하는 것은 기업 차원에서 손해가 아니라 기업의 위기관리, 사회적 책임 이행, 예산절감, 품질개선, 규제 대비, 자발적 참여 등의 장점을 얻을 수 있다는 공감대를 형성하여 온실가스 감축사업을 진행하고 있다.

## 1) 모니터링 & 조사하기

BLICC는 WRI(World Resources Institute)와 WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)에서 작성한 GHG protocol<sup>33)</sup>을 이용하여 참가기업의 온실가스 인벤토리를 작성하여 매년 보고서에 공개하며 온실가스를 줄일 수 있는 다양한 방법을 모색하고 있다.

### ① DHL Express Nordic

세계에서 가장 큰 운송업체인 DHL은 85%가 트럭수송에 의존하고 있으며 이것은 전체 배출량의 98.5%를 차지한다. 그 다음으로 항공수송, 철도수송 등에서 배출하지만 트럭수송에 비해 매우 소량이다. 전체적으로 DHL 사무실에서 발생하는 CO<sub>2</sub>는 약 25,000톤이고 난방은 4.969톤, 서비스를 통해 발생하는 CO<sub>2</sub>는 440,095톤이다.

표19. DHL Express Nordis의 인벤토리 2002-2004

단위: ton

	2002	2003	2004
직접영역	7,265	30,160	25,447
간접영역1	52	10,461	4,969
간접영역2	327,634	670,727	440,095
총 배출량	334,951	711,348	470,511

자료: Mei Li Han 외, BLICC International Annual Report 2002, 2003, 2004, 2005

### ② IKEA

IKEA는 일반적인 유통업체와 달리 손님들이 직접 IKEA 매장을 방문하고 직접 조립하도록 하여 타 기업과의 가격경쟁에서 이길 수 있었다는 특징이 있다. 따라서 IKEA본사에서 발생하는 양보다 손님들이 이용하는 교통수단에서 발생하는 CO<sub>2</sub>가 전체의 56%로 가장 높다. 나머지 26%는 IKEA 물건을 공급할 때 이용되는 교통수단에서 발생한다. 그리고 전체 사업장에서 이용하는 전기에서 배출되는 양은 약 15%이다. 이러한 특징으로 보아 IKEA는 손님들이 이용하는 교통수단을 어떻게 효율적으로 관리할 것인가가 온실가스 감축을 위한 관건이 될 것이다.

33) 교토의정서에서 제안한 6가지 온실가스 배출량 작성 및 조사에 관한 총체적인 방법을 제안하고 있다. [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)

표20. IKEA의 인벤토리 2002-2004

단위: ton

	2002	2003	2004
직접영역	55,417	65,005	80,692
간접영역1	310,465	369,235	421,142
간접영역2	1,650,177	2,058,036	2,306,590
총 배출량	2,016,059	2,492,276	2,808,424

자료: Mei Li Han 외, BLICC International Annual Report 2002, 2003, 2004, 2005

### ③ Interface

인터페이스는 전체 배출량 중 53%가 직접영역에서 배출되며 카펫이나 천을 만들 때 이용되는 에너지양이 많기 때문에 간접영역 1에서 45%가 배출된다. BLICC 프로그램에 참가한 뒤에 고효율 전략으로 간접영역1은 감소하였으며 전체적으로 꾸준히 감축하고 있다. 또 신재생에너지를 이용하여 2004년에는 9,179ton CO<sub>2</sub>가 감소하였고 매립지가스 활용사업에 투자하여 추가로 21,667ton CO<sub>2</sub>을 감소할 수 있었다. 또 항공출장으로 인한 배출량을 상쇄시키기 위해 조립사업에 투자하여 2,397ton CO<sub>2</sub>를 줄였다.

표21. Interface의 인벤토리 2002-2004

단위: ton

	2002	2003	2004
직접영역	65,364	57,475	61,549
간접영역1	57,241	54,551	53,118
간접영역2	22,496	2,335	2,397
실제배출량	145,101	114,361	117,064
상쇄된 배출량	142,536	100,091	83,821

자료: Mei Li Han 외, BLICC International Annual Report 2002, 2003, 2004, 2005

### ④ 맥도날드 유럽

유럽에는 총 42개국 6,000개의 맥도날드 매장이 있는데 조사한 결과 직접영역은 냉난방에 이용되는 천연가스와 석유, 배달에 이용되는 경유이며 간접영역1은 맥도날드 유럽 매장에 공급되는 전기, 간접영역2는 매장에서 배출되는 폐기물과 제공되는 장난감 등에서 발생한다. 전체적으로 맥도날드 유럽 매장에서 가장 많이 배출되는 영역은 전기(64%)이며 물류 배송, 냉난방 등이 7~8%이다.

표22. 맥도날드 유럽의 인벤토리 2003-2004

단위: ton

	2003	2004
직접영역	290,000	320,000
간접영역1	1,600,000	1,650,000
간접영역2	480,000	520,000
총 배출량	2,370,000	2,500,000

자료: Mei Li Han 외, BLICC International Annual Report 2002, 2003, 2004, 2005

## 2) 목표 설정하기

목표를 설정하는 것은 기준연도를 기준으로 일정 비율을 줄이는 절대적 목표설정방법과 생산물품을 기준으로 일정비율을 줄이는 상대적 목표설정방법이 있다. 구체적으로 목표를 설정할 때에는 다음의 사항을 고려해야 한다.

- 고객의 이해도 및 실천가능성에 대한 시뮬레이션 작성
- 신재생에너지 구입비용
- 교통영역에서 온실가스 감축 가능성

---

### 사례. IKEA 소매점의 감축목표 설정하기

지점마다 운영형태 및 주력사업 등 차이가 있기 때문에 감축목표나 계획을 일률적으로 설정할 수 없다. IKEA는 지역의 전문가 및 활동가와 함께 지역의 특성에 맞는 차이점과 공통점을 조사하였다. 조사결과 매점이 감축목표에 영향을 미치는 요소는 다음과 같다.

- 날씨
- 매장 방문객수
- 매장 위치, 매장 크기, 층수, 빌딩의 상태

또 과거에는 목표를 설정할 때 Top down<sup>34)</sup> 방식으로 배출량을 설정하였지만 이것을 모든 매장에 동일하게 적용하는 것은 비현실적이므로 Bottom up<sup>35)</sup> 방식으로 온실가스 배출량을 산출하여 목표를 세울 때는 다음의 사항을 고려하도록 하였다.

- 신뢰성 있는 사례(소매점) 벤치마킹하여 자신의 소매점에 적용하기.
  - 에너지효율을 높일 수 있는 잠재성 확인.
  - 신뢰성 있는 자료로 온실가스 감축량 계산하기.
  - 감축목표를 이행하기 위해 직원들이 동참하기.
-

### 3) 실천

#### ① 교통

오늘날 98%의 사람들은 석유연료를 이용한 교통수단에 의존하고 있으며 이것은 유럽 전체의 28%에 해당한다. 지난 1985년부터 1997년까지 EU(유럽 15개국)에서 배출하는 전체 배출량이 2.8%증가하는 동안 교통부분에서 발생하는 온실가스 배출량은 43%나 증가하였다. 따라서 BLICC 프로그램에서도 교통부분에 역점을 두고 있으며 물건 배송과 직원의 교통이용 등 일반적인 배출량에 소비자의 활동형태에 따른 배출량도 관리하고 있다. BLICC는 직원의 교통이용, 장거리 배송, 지역 내 배송 세 개의 영역으로 나누어 관리한다.

---

#### 사례. Maersk Nordic & Baltic intermodal CentreGreen Miles의 CO<sub>2</sub> 감축

- Maersk의 모든 트럭운전사는EUR3나 EUR4의 엔진을 사용해야 한다.
- 자동차의 친환경성과 엔진의 효율 등을 고려하여 250km이상 이동할 때는 트럭 대신 철도를 이용한다. 이 결과 2002년 철도수송과 트럭수송의 비율은 각각 53%, 47%였지만 2003년에는 철도수송이 66%, 트럭수송이 33%로 늘어났으며 이로 인해 1,309ton의 CO<sub>2</sub>를 줄였다.
- Maersk는 배송할 때 짐이 100% 채워져야 운송한다. 배송업자는 짐을 채우기 위해 더욱 많은 고객을 유치하려고 하며, 회사는 환경과 이윤을 동시에 챙길 수 있다.

---

#### ② 캠페인

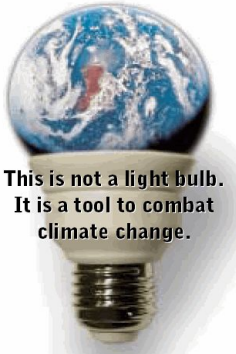
BLICC는 기업을 상대하는 또 다른 기업이나 기업의 물건을 소비하는 고객들이 기후변화를 이해하고 기업의 기후변화 활동에 동참할 수 있도록 다양한 캠페인을 진행하였다. 고객을 대상으로 한 캠페인이 진행되면 고객에게 이혜시키기 위해 기업 스스로 고효율제품을 사용하거나, 탄소가 적게 나오는 제품을 개발하게 되는 등 기업의 운영방법 역시 변하게 된다. 또한 이것은 기업과 그 기업과 관련된 또 다른 기업에도 파급력을 미친다.

---

34) Top down 방식: 전체가 사용한 에너지사용량으로 전체가 발생시킨 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하는 것

35) Bottom Up 방식: CO<sub>2</sub> 배출원에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 일일이 조사하여 전체가 발생시킨 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하는 것

사례. The energy saving Bulb story



1990년 대 중반 절약형 전구는 백열등보다 비쌌다. IKEA는 고객들의 주머니사정을 고려하고 에너지를 절약하기 위해 가격을 낮추기로 하였다. IKEA는 경쟁사보다 약 3분의 1로 가격을 낮추었으며 이것을 스웨덴의 가정에 보급하였다. 지난 5년간 IKEA는 63만 개의 절약형 전구를 보급하였으며 이를 통해 절약한 에너지양은 덴마크의 풍력으로 생산한 전력량에 해당한다. 2002년에는 약 1.4GW인 약 35만 개를 판매할 예정이다.

㉔ 에너지효율 및 신재생에너지 구입

에너지를 이용할 때는 기본적으로 에너지효율을 높여 에너지낭비를 줄여야 하며 다음으로 온실가스 배출이 적은 에너지, 신재생에너지를 선택하여 사용한다.

사례. Interface의 에너지 효율 및 신재생에너지 구입

Interface은 Interface Georgia, California, North Carolina 세 곳에서 2002년 태양광 발전을 통해 총 7.6 million kWh의 전력을 생산하였다. 2003년 Interface 직물공장은 풍력을 이용하여 2.5 million kWh의 전력을 생산하였다. 또 Interface 네델란드는 효율을 정비하여 85톤의 CO<sub>2</sub> 를 줄일 수 있었다.

3. 지역

(1) Green Campus

대학 공간 속에는 적으면 수 백 명 많으면 수 천 명의 학생들이 하루 내내 생활하고 있어 기후변화에 대응해야하는 매우 중요한 단위이다. 한국은 몇몇 대학에서 에코캠퍼스 활동을 벌였지만 대학 내 녹지 문제나 쓰레기문제, 에너지 절약 등의 영역으로 한정하였고 기후변화라는 큰 틀에서 접근한 적은 없었다. 그렇지만 대학은 기후변화에 영향을 미치는 행동을 제어할 수 있도록 대학의 운영방식

을 바꾸어 갈 수 있으며 사회에 필요한 일을 실천할 수 있는 자원을 가지고 있고 이것이 향후에는 지구적 문제를 해결할 수 있는 지도자를 배출할 수 있으므로 대학 단위에서 적극적으로 기후변화문제에 접근하는 것은 매우 중요하다.

기후변화 문제를 해결하기 위해 대학이 먼저 해야 할 첫 번째 단계는 해당 대학의 온실가스 인벤토리를 작성하는 것이다. 이를 통해 캠퍼스가 기후변화에 미치는 영향과 대학에서 가능한 저감가능성을 알 수 있고, 효과적인 온실가스저감 정책을 설정하기 위한 기본 자료로 활용할 수 있다. 두 번째 단계로 설정된 저감정책을 실행하는 것이다. 저감정책은 큰 로드맵을 작성한 뒤 단기계획을 작성하여 실천해 나간다. 마지막으로 이것을 매년 조사·보고하여 필요할 때는 정책을 수정하며 기후변화에 책임 있는 자세를 가질 수 있다.<sup>36)</sup>

## 1) 예일대 이니셔티브

2000년부터 하버드대, 스탠포드대, 오벌린대, 버몬트대 등 미국의 많은 대학들이 자체 온실가스 인벤토리를 작성하기 시작하였다. 예일대학은 2003년 대학에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출량을 조사, 분석하고 감축방안을 모색하는 학생들로 구성된 예일대 대학 이니셔티브(Yale University Initiative:이하 YCI)를 구성하였다.

### ① 측정방법

#### a. 영역

YCI는 대학의 목표에 맞는 모든 활동을 organizational 영역 속에 포함시켜 직접영역의 6개의 온실가스를 모두 측정하였다. 직접영역은 대학이 소유하거나 제어할 수 있는 배출원(발전소 등)이며, 간접영역은 대학이 소유하거나 제어하지는 않지만 대학이 발생시키는 배출원(전기 등)을 말한다.

#### b. 자료수집 및 계산

관련된 활동량은 발전소, 빌딩, 교통, 그 외(폐기물, 화학실에서 발생하는 온실가스)로 나누었으며, 배출계수는 IPCC, EPA 등에서 구하였다.

36) 김지영, 이유진, 이세은, 전미선 외, <대학 캠퍼스의 기후변화 대응방안>, 서울대 환경대학원 2006



## ㉔ 인벤토리

### a. 발전소

대학은 전체 배출량의 약 70%를 차지하는 세 개의 발전소가 있다. 주로 천연가스를 이용하고 그 외에 경유 등을 이용하는 이 열병합 발전소는 대학교에 전기, 냉난방 등을 제공한다. 3,330TJ의 에너지를 투입하여 2,380TJ를 생산하여 비교적 효율이 높은 편이다.

### b. 건물

총 257개의 건물이 있는데 건물이 차지하는 면적은 1,117,345m<sup>2</sup>이며 2002년 건물에서 사용한 에너지는 2,638TJ이다. 대부분은 자체 발전소에서 공급되며 외부에서 400TJ를 공급받는다. 2002년 에너지수급에 대학이 사용한 금액은 \$16.4/GJ인데 이것은 IPCC가 발표한 건물에서 사용하는 에너지 비용인 \$14/GJ보다 높다.

### c. 교통

교통은 △교육과 관련된 교통(셔틀버스) △일과 관련된 교통(출장) △출퇴근(대학 재학생 및 교직원) △기타(체육부에서 경기장으로 이동할 때)로 나뉜다. 교통에서 발생하는 CO<sub>2</sub>는 약 35,000 ton으로 이것은 전체의 12%를 차지한다. 대학에서 상주하는 인구가 1년 동안 통학할 때 배출하는 양은 약 1 ton으로 이것은 미국평균인 0.8 ton/year<sup>37)</sup>보다 높다.

### d. 기타

발전소, 건물, 교통을 제외한 배출원은 폐기물, 연구소에서 발생하는 가스, 산림이다. 2002년 조사에 따르면 폐기물에서 2,253ton, 폐·오수에서 317ton, 연구소에서 324ton이 발생했다. 대학에 있는 산림은 6,300ton(4.403ha)을 흡수하므로 결과적으로 기타 배출원에서 4,945ton을 배출한다.

표23. 영역별 인벤토리

단위: ton

영역	배출량	추정 배출량	비율
발전소/건물	244,814	207,230~285,571	86%
교통	34,904	20,027~65,008	12%
기타	11,236	3,347~25,691	4%
흡수원	-6,291	-3,146~15,728	-2%
총 배출량	284,663	227,458~369,542	

자료: Marco Buttazzoni 외, Inventory and Analysis of Yale University's Greenhouse Gas Emissions, 2005

37) US the bureau of Transportation Statistics.

표24. 온실가스별 인벤토리

단위: ton

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC & PFCs	합계
발전소/건물	243,678	205	931		244,814
교통	33,242		1,662		34,904
기타	2,178	358	359	8,341	11,236
흡수원	-6,291				-6,291
총 배출량	272,807		3,515	8,341	284,663

자료: Marco Buttazzoni 외, Inventory and Analysis of Yale University's Greenhouse Gas Emissions, 2005

### ③ 감축방법

구체적으로 인벤토리를 작성하면 감축목표가 명확해지고 배출원의 성격에 맞는 전략을 세울 수 있다. 감축전략을 수립하고 우선순위를 정할 때는 △ 배출량 △ 감축가능성 △ 배출원의 제거가능성 △ 예산감축 등 부수적인 이익 등을 고려해야 한다. 이것을 고려하여 예일대학은 건물의 에너지효율을 올리는 것을 최우선으로 고려하였다. 건물은 가장 많은 에너지를 사용하는 동시에 가장 많은 온실가스를 배출하기 때문이다.

#### a. 건물

대학에서 할 수 있는 가장 좋은 방법은 △단열향상 △패시브 건물로 개조 △에너지효율제품 이용 △에너지절약제품 이용 등이 있다. 대학은 우선 모든 건물의 에너지이용패턴을 조사하였는데 그 결과 에너지를 많이 이용하는 상위 15개의 건물을 골랐다. 이 건물들은 예일대 전체 면적의 14%를 차지하지만 배출량은 약 50%나 차지하였다. 이 건물들은 연간 7,141MJ/m<sup>2</sup>의 CO<sub>2</sub>를 배출하며 미국이나 유럽의 교육기관, 의료기관보다 높았다. 따라서 우선 감축대상으로 삼아 감축해 나간다.

#### b. 발전소

빌딩 다음으로 높은 비율을 차지하는 발전소의 감축계획을 세웠다. 대학의 발전소는 천연가스를 연료로 하는 열병합을 통해 전기와 냉난방을 공급하는데 이것은 기존의 발전방법보다 훨씬 효과적이다. 발전소에서 발생하는 온실가스를 줄이기 위해 △2차 에너지(전기, 냉난방) 감축 △2차 에너지의 손실 줄이기 △열병합의 효율 높이기 △탄소배출이 적은 연료 교체 등을 고려할 수 있다. YCI는 에너지 손실 줄이기, 100% 천연가스 이용, 의대 캠퍼스의 스텔링 발전소를 열병합 발전소로 교체하기 등을 검토하였다. 이로 인해 10%의 감축효과를 예상할 수 있다.

c. 기타

발전소와 건물을 제외한 배출원은 대학 배출원의 매우 적은 부분이며 대학 차원에서 제어하기 힘든 배출원(교직원과 학생의 통학 때 발생하는 CO<sub>2</sub> 등)이다. 또 감축가능성도 낮은 편이다. (ton이 아니라 kg으로 측정할 정도) 그렇지만 명백하게 온실가스를 배출하는 영역이며 특히 지구온난화지수가 높은 가스가 배출되므로 서플라이의 연료전환 및 효율향상, 자전거 이용 독려 등을 통해 제어 가능한 영역에서는 감축하기 위해 노력해야 한다.

2) 하버드대학 녹색캠퍼스 이니셔티브 38)

하버드 대학은 기후변화에 대응하는 한 방법으로 2000년부터 녹색캠퍼스 이니셔티브(Harvard Green Campus Initiative: 이하 HGCI) 프로그램을 실시하여 인력과 예산을 투자하기 시작했다. 이미 하버드 대학은 1993년부터 1998년까지 에너지와 자원보전을 위한 프로그램(Resource Conservation Incentive Program)을 5년간 진행하였고 이 때 진행된 35개 프로젝트로 3,986톤의 CO<sub>2</sub>, 16톤의 이산화황, 9톤의 질소산화물, 11톤의 미세먼지, 110만 배럴의 물을 줄였다. HFCI는 대학 내에서 학생, 교수, 직원들이 에너지와 자원보전을 위한 자체 프로젝트를 진행할 수 있도록 기금(Green Campus Loan Fund: 이하 GCLF)을 만들었다.

표25. Harvard Green Campus Initiative 현황

연도	자금	직원	이익
2000년	70,000 달러	1 명	
2003년	750,000 달러	28 명	예산절감: 연간 8 만달러/ 온실가스 감축: 4,530 톤
2006년	1,100,000 달러	54 명	예산절감: 연간 5백만 달러/온실가스 감축: 27,180 톤

GCLF는 2002년 1월부터 2004년 9월까지 36개 프로젝트를 지원하여 6,726톤의 CO<sub>2</sub>와 17만3천 배럴의 물과 90톤의 매립 폐기물을 줄였으며 연간 88만9천 달러를 절감하였다. 투자 회수율은 27.9%에 달한다. 예를 들면 하버드 비즈니스 스쿨은 GCLF로 1,025,623달러를 대출받아 40MW 태양광체육관 설치, 75kW 열병합발전 설치, 날씨와 토양 상태에 따라 조절되는 관수 시스템 설치, 에너지효율적인 컴퓨터 구입과 컴퓨터 전력 관리 프로그램 추진, 학교식당 전기설 스템으로 교체, 물 절약과 재생 시스템 도입 등 총 9개의 프로젝트를 진행하였다. 그 외에 예술

38) <http://greencampus.harvard.edu>

과학분야 교수진(Faculty of Arts and Science ;FAS)들은 2002년부터 컴퓨터에너지 절약프로그램(Computer Energy Reduction Program;CERP)을 추진하였다. 이 프로그램은 컴퓨터에 전력절약 시스템을 도입하고, 작업을 끝내면 컴퓨터의 전원을 끄며, 에너지 효율이 높은 컴퓨터 제품을 구매하는 것이다. 이 프로그램에는 1만3천명이 참여했고, 이로 인해 연간 6만 달러를 절약할 수 있었다. 학생들은 캠퍼스의 온실가스 감축 프로그램에 적극적으로 참여했는데, 2002년부터 시작된 자원효율프로그램(Resource Efficiency Program ;REP)을 통해 재활용, 컴퓨터 에너지 절약, 환경 시민 의식 등을 교육하고 실천할 수 있었다. 6천6백 명의 학생이 이 프로그램에 참여해 연간 5만 달러를 절감하고 있다.

표26. Harvard Green Campus Initiative가 추진한 프로젝트

프로젝트	설명
Environmental Loan Fund	University-wide financial incentive for cost effective conservation projects.
Best Practice Exchange	대학 직원과 학생들 대상의 포럼을 열어 그들의 혁신적인 프로젝트를 공유하고 하버드 대학에서 가장 좋은 것을 실증한다.
High Performance Building initiative	고성능 빌딩 디자인 분야에서 하버드 대학의 능력을 발전시키는 initiative. 고성능 빌딩 디자인은 비용 합리적이고 인간 건강, 환경, 심미성, 빌딩 기능 등을 고려해야 한다.
하버드 대체 연료 운송수단 프로그램	하버드의 탈 것으로 환경적으로 바람직한 운송수단을 연구하고 평가하고 소개하는 프로그램
HGCI 웹사이트	하버드 대학의 참여 커뮤니티를 만드는 도구이고 환경적으로 지속 가능한 캠퍼스를 위한 최상의 업무처리를 위해 적절한 자원을 제공한다.
온실가스 inventory	하버드 대학의 연료 의존적 설비에서 나오는 온실가스 목록
UOS EnergyStar and Environmental Procurement Program	EnergyStar로서 UOS 프로그램과 환경적인 조달 서비스 제공
FAS Computer Energy Conservation Initiative	Faculty of Arts and Science 에 허락받은 비용 절감의 에너지 절약 컴퓨터 구매와 작동 initiative
학생 인턴쉽 프로그램	특별한 연구와 기술혁신 프로젝트에 학생들을 포함하는 프로젝트. HGCI와 다양한 대학부서가 학생들을 감독한다.

### 3) 미들베리 대학의 탄소중립 프로그램<sup>39)</sup>

미들베리는 2001년 리치 울프슨(Rich Wolfson)교수가 진행한 ‘지구기후변화’강의를 통해 기후변화에 관심을 가지고 적극적으로 대응하기 시작했다. 또 “자연의 종말” 작가인 빌 맥키벤(Bill Mackibben)이 교환교수로 재직하면서 영감을 주었고, 대학신문, 환경동아리, 학회 등을 통해 많은 학생들이 기후변화 문제를 제기하기 시작했다. 2001년 9월 미들베리 대학 환경의회(Environmental Council)는 캠퍼스의 탄소중립(Carbon Neutrality) 가능성을 조사·평가하기 위해 탄소중립분과 위원회를 만들었다. 이 위원회는 2000년 만들어진 기후변화위원회(Climate Change Committee)와 연계하여 1년 동안 자료를 수집하였고 미들베리 캠퍼스 온실가스 저감정책을 장단기적으로 세웠다. 2002년 10월 미들베리 대학은 탄소감축실행(Carbon Reduction Initiative;CRI)을 만장일치로 승인하였다.

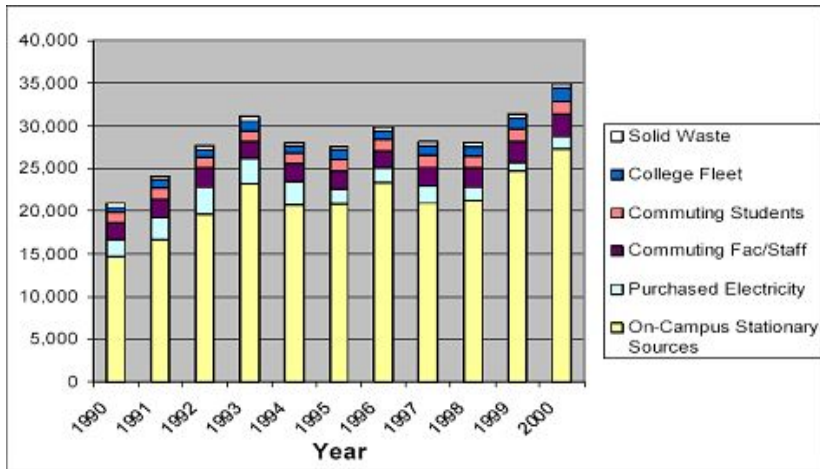


그림16. 미들베리 대학 인벤토리 1990-2000

2000년 자료에 따르면 미들베리 대학은 35,000TOE의 온실가스를 방출했다. 미들베리 대학의 인벤토리를 조사한 결과 냉난방이 전체의 78%를 차지하였다. 두 번째 큰 배출원은 16%를 차지하는 수송부문이다. 그 외에 전기와 폐기물이 각각 4%와 2%를 차지하여 상대적으로 적었다. 그러나 전기는 학교가 구매하는 가장 비싼 연료로 2000년에는 1백80만 달러나 지불할 정도였다. 따라서 전기이용을 줄이면 학교 재정을 상당히 절약할 수 있다.

39) carbon neutrality : 배출원을 저감하고 흡수원을 증가시키거나 footprint 외부 활동에서의 배출을 저감함으로써 배출을 상쇄하여 CO<sub>2</sub> 배출이 0인 상태

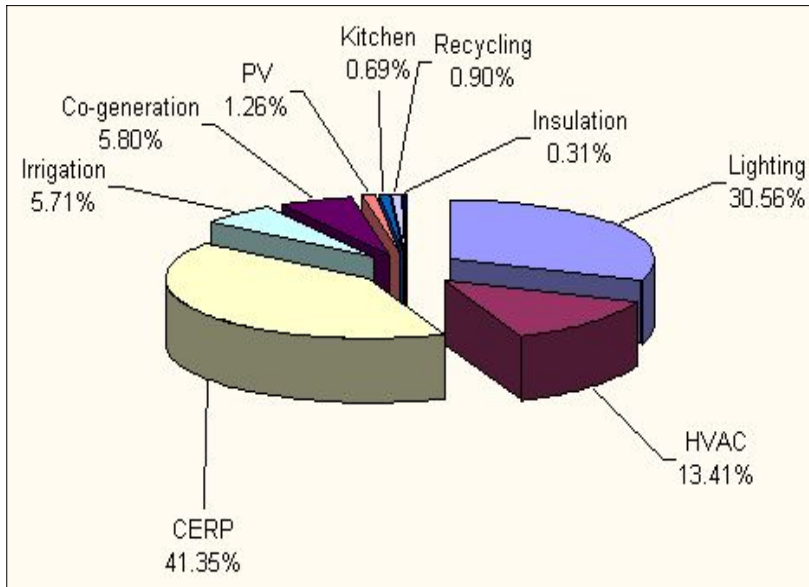


그림17. GCLF가 지원한 프로젝트

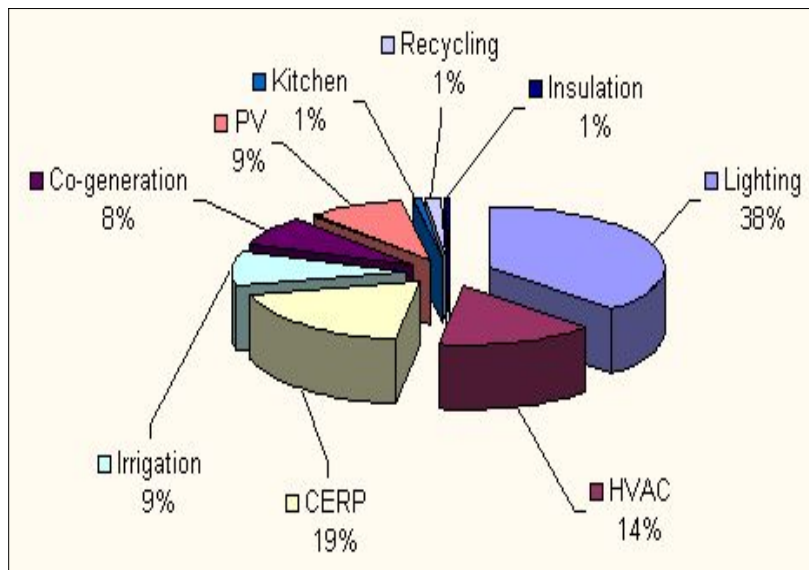


그림18. 프로젝트별 연간 절감비율

미들베리 대학에서는 각 분야별로 온실가스 감축 노력을 실행함과 동시에 캠퍼스나 지역사회에서 '격리 프로그램'을 통해 대기 중 CO<sub>2</sub> 제거속도를 증가시키는 방법도 추진하고 있다.

## (2) ICLEI CCP

ICLEI-Local Governments for Sustainability는 1990년 UN본부에서 개최된 “지속가능한 미래를 위한 지방정부 세계총회”를 계기로 UN과 현 UCLG(세계도시지방정부연합) 후원으로 발족한 세계 지방자치단체들간 국제 환경협의 기구이다. 2005년 현재 세계 64개국 470여 자치단체 및 자치단체연합조직이 회원단체로 가입하여 환경관련 국제협력활동 수행하고 있으며, 우리나라는 2006년 2월 현재 30개 지자체가 가입하였다.

### 1) 도시기후캠페인(CCP: Cities for Climate Protection) 개요

도시기후보호캠페인(CCP)은 1993년 UN 본부에서 개최된 ‘지방정부 리더 국제회의’에서 ICLEI가 제안하였다. 이후 2006년 2월 현재 29개국 770개 지자체가 이 캠페인에 참여하고 있는데 이는 세계 도시인구의 9%에 해당하며 세계 CO<sub>2</sub> 배출량의 24%를 차지하는 것이다. 또한 CCP를 통해 연간 약 65백 만 톤의 CO<sub>2</sub>를 감축하고 약 2억6천만 달러의 비용을 절감한 것으로 나타났다. 여기에 대기질 개선을 통한 건강증진, 새로운 시장의 형성을 통한 일자리 창출과 같이 계량화하기 힘든 효과를 포함시킨다면 CCP활동이 지역사회에 미치는 영향은 훨씬 더 크다.(CCP Report 2006, ICLEI) 도시기후보호 캠페인이 주 대상으로 하는 온실가스는 다음과 같다.

- 화석연료소비에 의해 발생하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) : 정부건물, 시설, 가정, 공공기관 및 상업용 건물, 자동차, 공업 및 생산과정 등.
- 메탄(CH<sub>4</sub>), 지방의 쓰레기처분, 특히 매립장 및 하수처리로부터 나오는 온실가스
- 질소산화물, 일산화탄소 및 비메탄 휘발성 유기화합물과 같은 일반적인 대기오염물질

지자체가 CCP에 참여하기 위해서는 의회나 합당한 행정기관이 온실가스 감축을 위한 결의서를 채택하여야 한다. 도시의 기후보호운동을 통해 지역에 다음과 같은 편익을 기대할 수 있다.

- 에너지 및 연료 효율성 달성을 통한 재정적인 절약
- 녹지공간 보존

- 에너지 효율성 및 새로운 에너지 시스템 구축에 따른 지역경제개발 및 고용창출
- 대기오염감소
- 교통혼잡개선
- 지역사회 삶의 질 개선

## 2) ICLEI 지자체 기후행동계획 수립 단계

지방행동계획을 마련하는 다섯 가지 단계는 다음과 같다.

### 1단계 : 지자체의 온실가스 배출현황 조사

온실가스 배출 저감 목표를 설정하기 위해서는 우선 어느 온실가스가 어디서(발생원), 얼마나(양), 어떻게(발생과정) 배출되고 있는지 알아야 한다. 또한 언제까지 배출량을 줄이겠다는 목표를 설정하기 위해 조사대상이 되는 '기준연도'를 책정해야 한다.

### 2단계 : 에너지 이용 및 온실가스 배출량 추정

시간의 추이에 따라 에너지 이용 및 온실가스 배출량을 추정할 필요가 있다. 이는 지역사회의 에너지 체계의 변화가능성 등을 예측하게 해주고, 그에 따른 사전준비를 가능하게 해주기 때문이다.

### 3단계 : 온실가스 감축을 위한 기존 행정조치 목록화 작업

온실가스 감축에 기여할 수 있는 기존의 여러 행정수단(예: '친환경상품구매촉진에 관한 법', '교통세' 등) 및 사업들(예: 고효율 가로등 설치, 도시녹화사업, 쓰레기재활용 등)을 정리하여 목록을 만든다. 기존 활동을 극대화할 수 있으면서, 부족한 부분이 무엇인지 찾아내야 효과적으로 보강할 수 있다.

### 4단계 : 온실가스 감축 목표의 수립

조사된 지역의 현황을 바탕으로 감축 목표를 설정한다. 목표 수립을 할 때는 예상 온실가스 배출량을 바탕으로 시나리오를 수립하여야 하며, 가정, 상업, 수송, 산업부문에서 사용하는 연료의 형태와 조치들을 통합하고, CO<sub>2</sub>나 메탄 등 다양한 온실가스를 통합적으로 접근해야 한다.

### 5단계 : 온실가스 감축을 위한 정책과 프로그램의 실행

지방정부가 권한범위 내에서 가장 손쉽게 추진할 수 있는 것은 지방정부의 청사



등 시설의 운영 및 관리 영역이다. ICLEI CCP 사업결과에 따르면 많은 지방정부 관할 설비, 수송수단 등을 통해 상당량의 온실가스가 배출되고 있고, CCP에 참여한 후 대부분의 지자체에서 상당한 감축효과를 보고 있다. 무엇보다 민간부문의 감축노력을 이끌어 내기 위한 모범을 보이기 위해서 지방정부 자신들이 배출하는 온실가스를 감축하는 것이 중요하다.

### 3) 감축방법

지방정부가 온실가스 배출을 줄이기 위해 이행할 수 있는 다양한 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

#### 규제

지방정부는 자신의 구역 내 어디든 새로운 구역의 최소 거주밀도를 강제하거나, 보행자나 자전거 통행에 보다 친화적인 도로기반을 조성할 수 있는 조례, 규정, 규칙, 허가 등을 제정하거나 개정할 수 있다.

#### 경제적 수단들

일련의 세금, 요금, 행정적 부과금 등을 통해 소비자들의 행동에 영향을 줄 수 있다. 주차나 도로이용에 대해 고율의 요금을 적용함으로써 사람들의 자가용 이용을 줄이고 대중교통 이용을 촉진시킬 수 있다. 또한 교외지역으로 확산을 부추기는 정부보조금을 없앴으로써 더 조밀하고 에너지집약적인 방식으로 변화시킬 수 있다.

#### 소비자 교육

지방정부는 사람들에게 가장 가까이에 있는 정부이다. 따라서 광고, 환경마크 부여, 전화안내 서비스, 가정방문, 상점 안내센터 등을 통해 생활양식의 변화를 촉진하는 유용한 정보를 제공할 수 있다.

#### 인프라투자

도로, 대중교통체계, 하수도, 물 공급 설비 등 상당한 투자를 할 수 있다. 밀도가 높은 지역이 인프라도 덜 필요하게 되므로 전통적인 지역개발로 상당한 자본비용을 절감할 수 있다. 이렇게 절약한 비용을 에너지 소비를 줄이는 대중교통과 같은 인프라에 투자함으로써 지방정부는 온실가스 배출을 최소화하는 인위적 환경을 만들 수 있다.

ICLEI에서는 지자체의 온실가스 배출현황 조사 및 시나리오 작성을 돕기 위하여 HEAT(Harmonized Emissions Analysis Tool) 등 다양한 소프트웨어 프로그램을 개발, 지원하고 있으며, 지방정부의 정책수립 및 실천을 지원하기 위하여 '지방정부 녹색구매' 등 구체적인 사업 프로그램들을 제공하고, 프로그램별로 지자체들이 연대할 수 있도록 네트워크도 지원하고 있다.

## 제5장 결론

1972년 로마클럽은 “성장의 한계”라는 보고서에서 처음으로 환경보전과 기후변화 문제를 언급하였다. 이후 기후변화에 대한 과학적 근거가 필요하다고 판단한 유엔환경계획(UNEP)과 세계기상기구(WMO)가 주도하여 IPCC(International Panel of Climate Change: UN 정부간 기후변화위원회)가 설치되었고 1991년 첫 보고서가 발간되었다. 이 보고서는 IPCC는 기후변화가 지구에 미치는 영향을 지적하며 공식적으로 기후변화의 위험성을 경고하였다. 이 보고서를 토대로 1992년 UNFCCC(기후변화협약)이 체결되었고 1997년에는 기후변화의 주범인 온실가스감축을 주축으로 하는 교토의정서가 발의되어 2005년 2월 공식적으로 교토체계가 시작하였다. 미국, 호주 등 온실가스를 많이 배출하는 국가들은 기후변화는 과학적 근거가 부족하며 자국의 경제에 영향을 미친다는 이유로 교토의정서를 거부하였지만 2007년 2월 발표된 IPCC 4차 보고서의 과학적 요약분에서 “90%이상의 신뢰성 있는 통계를 바탕으로 인간이 기후변화를 초래할 가능성을 있다” 발표하여 기후변화의 원인에 대한 논란에 종지부를 찍었다. 72년 기후변화가 처음 언급된 뒤 실효성 있는 결과와 결론을 맺는데 거의 35년의 시간이 걸렸다. 그러는 동안 기후변화는 더욱 급속히 진행되었고 최근 IPCC는 인류가 앞으로 10년 동안 기후변화 문제에 어떻게 대응하는가에 따라 지구의 모습은 크게 바뀔 것이라고 경고하였다. 기후변화 문제에 대응하기 위해서는 기후변화에 직접 영향을 주는 온실가스를 줄이는 완화(mitigation)정책과 변화하는 기후에 대응하기 위한 적응(adaptation)정책이 있다.

### 완화정책

교토의정서는 기후변화에 관한 완화정책을 세계적으로 이행하기 위한 대표적인 국제협약으로 현재 세계의 36개국이 교토의정서의 정책에 따라 2008년부터 2012년까지 1990에 비해 5.2%를 감축하기로 합의하였다. 우리나라는 그 당시 IMF시기였기 때문에 OECD국가로는 멕시코와 함께 제외되었지만, 2013년부터 제 2차 의무기간에는 포함될 것으로 예상된다. 이를 위해 중앙정부, 지방정부, 기업, 개인 등 다양한 단위에서 기후변화 문제에 대응해 나가야 한다. 중앙정부는

UNFCCC협약에 의거하여 1998년과 2002년에 각각 제출하였고 기후변화문제에 대응하기 위한 1999년, 2002년, 2006년 각각 1,2,3차 기후변화종합대책을 수립하였다. 그러나 99년부터 2004년까지의 진행된 1,2 차 종합대책은 온실가스 의 무감축이 없는 상황에서 진행되어 기후변화를 위한 인프라를 다졌다고 볼 수 있으며 3차 종합대책은 기후변화협약 대응 중심으로 수립되었다. 실제로 3차 종합대책은 기후변화협약을 이행하기 위한 예산이 전체의 63%를 차지하여 온실가스 저감과 기후변화 적응에 관한 예산 책정에는 인색하였다. 따라서 지금 진행하는 온실가스통계 DB를 구축하여 기후변화 문제에 대한 전략을 수립해야 한다. 한편 중앙정부와 달리 유연하게 기후변화에 대응할 수 있는 지방정부와 기업은 세계적인 문제인 기후변화에 대응하기 위해 자체적으로 전략을 수립하고 대응해 나가야 한다.

## 적응정책

IPCC는 기후변화로 인한 영향이 이미 나타났다고 보고 앞으로 인류에게 미칠 문제와 취약성을 평가하여 기후변화로 인한 영향을 최소화하기 위한 적응정책의 중요성을 권고하기 시작했다. 이것은 당사국총회(COP: Conference of Parties)에서도 부각되고 있는데 제 10차 회의에서는 기후변화 적응조치에 대한 ‘부에노스아이레스 행동계획’을 채택하여 기후변화의 영향, 취약성 평가 및 적응 수단에 관한 지구적 차원의 5개년 작업계획을 수립하였고 2005년에는 그 계획이 확정되었다.

한국 역시 기후변화로 인한 영향이 눈에 띄게 늘어나고 있다. 그러나 기후변화 영향에 관한 연구는 1990년대 환경부와 과학기술부의 G-7과제인 ‘기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발’로 강수와 농업에 미치는 기후변화의 영향을 분석한 이후, 연구기관과 학계에서 다양하게 추진되었지만 국가정책에 반영되지는 않았다. 그러다 2000년대 들어서면서 기후변화와 건강, 물관리와 기후변화 등 특정 과제에 관한 연구가 진행되었고, 2005년부터 2007년 3년에 걸쳐 수자원, 농업생태, 산림생태, 해양해안, 산업에너지, 보건건강에 관한 기후변화 영향평가 연구가 진행되고 있다.<sup>40)</sup> 앞으로 기후변화가 더욱 진행되면 온실가스를 줄이는 것과 별도로 진행 중인 기후변화에 어떻게 적응할 것인지 지역별·부분별로 신뢰성 있는 평가척도가 마련되어야하고 적절한 적응체계가 마련되어야 한다.

어느 특정그룹, 특정국가의 노력만으로 기후변화 문제는 해결될 수 없다. 왜냐하면 기후변화는 비록 내가 조금 배출하더라도 결국은 나를 포함한 대다수의 사람

40) 한화진 외 한국환경정책·평가연구원, 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축, 2005년

에게 공통적으로 영향이 미치지 위해서이다. 또한 개인에게 기후변화에 대한 과도한 책임과 의무를 지을 수도 없다. 왜냐하면 개인은 제어하는 것은 한계가 있으며 개인의 온실가스 배출량은 측정방법이 애매하기 때문이다. 따라서 기후변화 문제에 대응하기 위해서는 개인을 둘러싼 더욱 큰 단위에서 기후변화 전략을 수립하여 이행할 필요가 있다. 역설적이게도 그러한 노력들이 온실가스 배출자이자 규제자인 개인을 움직이게 하고 결과적으로 지구에 안정된 기후를 가져다 줄 것이다.

## ※ 참고자료

### 1. 국내자료

- 김운수, 기후변화협약 이행에 따른 서울시 대응방안 연구, 서울시정개발연구원, 2001  
김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006  
민승규, 기후변화에 어떻게 대응할 것인가, 삼성경제연구소, 2007  
윤순진, 국가에너지관련 기본계획들의 분석평가 및 올바른 정책방향, 서울대 환경대학원, 2006.8  
이유진 외, 대학 캠퍼스의 기후변화 대응방안, 서울대 환경대학원, 2006  
지방의제21, 지방의제21을 통한 지방자치단체의 기후변화대응방안, 2005  
한화진 외, 기후변화 영향평가 및 한국정책평가연구원 적응시스템 구축, KEI, 2005  
환경부, 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량조사, 2000.3  
Tim Flannery, 기후창조자, 2006

### 2. 국외자료

- 省エネルギーセンター, 家庭の省エネ大辭典第3版  
IEA, Energy Balances of OECD Countries, Renewable Energy, 2003  
IEA, Key Energy Statistics, 2005  
Marco Buttazoni 외, Inventory and Analysis of Yale University's Greenhouse Gas Emissions, 2005.10  
Mei Li Han 외, BLICC International Annual Report 2002, 2003, 2004, 2005  
Samantha Putt del Pino, WRI CO2 Inventory 2006.11  
Samantha Putt del Pino, WRI Guide for Carbon Reduction from Office, 2002  
WRI, WRI's Commitment to Reduce CO<sub>2</sub> emissions by 2005, 2006

### 3. 기타

- [www.blicc.org](http://www.blicc.org)  
[www.climatechange.gc.ca/onetonne/calculator/english/](http://www.climatechange.gc.ca/onetonne/calculator/english/)  
[www.conservation.org](http://www.conservation.org)  
[www.defra.gov.uk/environment/envrpg/gas/10/htm](http://www.defra.gov.uk/environment/envrpg/gas/10/htm)  
[www.epa.gov/autoemissions](http://www.epa.gov/autoemissions),  
[www.keei.re.kr](http://www.keei.re.kr)  
[www.kemco.or.kr](http://www.kemco.or.kr)  
[www.me.go.kr](http://www.me.go.kr)  
[www.safeclimate.net](http://www.safeclimate.net)  
[www.seoul.go.kr](http://www.seoul.go.kr)  
[www.wri.org](http://www.wri.org)

부  
속

## 부록1 | 온실가스 배출량 계산법<sup>41)</sup>

### 1. 에너지를 사용하여 발생하는 온실가스

에너지를 사용할 때 발생하는 온실가스는 CO<sub>2</sub> 외에도 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 등이 있다. IPCC에서 제시하는 Tier1방법을 적용하고 IPCC에서 권장하는 계수를 적용하여 배출량을 구한다.

$$\text{배출량} = \sum (\text{EF}_{ab} \times \text{ACTIVITY}_{ab})$$

단, EF= 배출계수 (kg/TJ)

ACTIVITY= 투입에너지 (TJ)

a= 연료타입

b= 부분별 활동량

#### <CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O 의 배출계수>

단위: ton/천 TOE

구분	난방		산업		발전		수송	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
휘발유	0.419	0.025	0.084	0.025	0.126	0.025	0.837	0.025
등유	0.419	0.025	0.084	0.025	0.126	0.025		
경유	0.419	0.025	0.084	0.025	0.126	0.025	0.209	0.025
중유	0.419	0.025	0.084	0.025	0.126	0.025		
무연탄	12.56	0.059	0.419	0.059	0.042	0.059		
천연가스	0.209	0.004	0.209	0.004	0.042	0.004		

### 2. 도로이동오염원·비도로이동오염원에서 발생하는 온실가스

자동차에서 발생하는 온실가스는 CO<sub>2</sub> 외에도 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 등이 있다. IPCC는 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O의 배출량을 계산할 때는 Tier3방법을 이용하도록 권장한다. Tier3방법이란 연료소비를 기준으로 하지 않고 활동량 자료로 측정된 값을 배출계수와 곱하는 방법이다.

41) 김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006



구분	계산방법
Tier 1	$= (\ell \times \text{ton C/TOE} \times \text{연소율}) \times (44 \div 12)$ $\ell = \text{연료소비량}$ $\text{ton C/TOE} = \text{탄소배출계수}$ $\text{연소율} = \text{석유제품}(0.99), \text{가스}(0.995)$
Tier 2	$\text{차속별 교통량(km/연도)} \div \text{연비} = \text{연료소비량A}$ $A = (\ell \times \text{ton C/TOE} \times \text{연소율}) \times (44 \div 12)$
Tier 3	$= \text{배출계수(g/km)} \times \text{주행거리(km/연도)}$

$$\text{배출량} = \sum (\text{EF}_{ab} \times \text{ACTIVITY}_{ab})$$

단, EF= 배출계수  
 ACTIVITY= 에너지소비량 또는 주행거리  
 a= 연료타입(경유, 휘발유, LPG)  
 b= 수송수단(승용차, 버스, 트럭)  
 c= 배출저감기술

### 3. 소각할 때 발생하는 N<sub>2</sub>O

소각과정에서 생성되는 N<sub>2</sub>O는 환경부에서 2000년과 2002년에 측정한 배출가스 가운데 N<sub>2</sub>O 배출농도와 소각량으로 산출한 소각형태별 N<sub>2</sub>O의 배출계수의 평균 값을 적용한다.

$$\text{N}_2\text{O} = \text{EF} \times \text{IW}_i$$

단, EF는 소각처리에 의한 비생물성 N<sub>2</sub>O 배출계수  
 IW = 폐기물 소각처리량 (ton/년)  
 i = 폐기물 종류

<소각형태별 N<sub>2</sub>O 배출계수 >

구분	N <sub>2</sub> O 배출계수(g/ton)
슬러지	365.71
생활폐기물	64.9
사업장폐기물	129.24

#### 4. 매립지에서 배출되는 CH<sub>4</sub>

미국 환경청에서 추천한 LAEEM모형을 적용한다.

$$Q_{CH_4} = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt})$$

단,  $Q_{CH_4}$  = 시간 t에서의 CH<sub>4</sub> 생성을

$L_0$  = 메탄생성잠재력 (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> /Mg 쓰레기)

R = 연간 쓰레기매립을 (Mg/년)

k = 메탄발생속도지수 (년<sup>-1</sup>)

c = 매립종료 후 경과시간 (년)

t = 매립시작 후 경과시간 (년)

#### 5. 하폐수처리시설에서 배출되는 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O

##### ① CH<sub>4</sub>

IPCC에서 추천하는 배출량산정법을 적용하기 위해서는 다음의 정보를 알아야 한다.

- 각 폐수처리 시스템에서 생산되는 유기물질의 총량 결정
- 각 폐수처리 시스템의 배출계수 결정
- 각 시스템에서 생산되는 폐수의 총유기물질량×각 폐수처리 시스템의 배출계수

$$\text{CH}_4 \text{ 총 발생량(ton/연도)} = \sum(\text{산업별 폐수발생량} \times \text{유기물질 농도} \\ \times \text{슬러지로 제거되는 비율} \times \text{MCF} \\ \times \text{메탄최대생성량} - \text{메탄회수량})$$

단, MCF= 혐기성 슬러지 처리공법의 메탄전환계수값

② N<sub>2</sub>O

N<sub>2</sub>O 은 실측치가 없으므로 IPCC지침에 따라 1인당 단백질 섭취량을 이용하여 산출한다. 연간 전 국민의 단백질 섭취량은 보건복지부의 「국민영양조사 결과 보고서」 자료를 사용하고, 단백질 중 질소 비율과 N<sub>2</sub>O 배출계수는 IPCC에서 제시하는 값을 사용한다.

$$\text{N}_2 \text{ O} = \text{단백질} \times \text{Frac NPR} \times \text{NR people} \times \text{EF}_6$$

단, N<sub>2</sub> O = 하수의 N<sub>2</sub> O 배출량(kg N<sub>2</sub> O -N/년)  
 단백질= 연간 일인당 단백질 섭취량(kg/인·연도)  
 Frac NPR= 단백질 중 질소 비율 (기본값= 0.16kg N/kg protein)  
 NR people = 총인구수  
 EF<sub>6</sub>= 배출계수 (기본값= 0.01kg N<sub>2</sub> O -N/kg sewage-N)

## 부록2 | 온실가스 배출계수

### ① 탄소 배출계수

구분	단위	연소율	발열량	ton C/TOE
원유	kg/kg	0.990	10,750	0.829
휘발유	kg/l		8,000	0.783
등유	kg/l		실내등유8,800 보일러등유8,950	0.812
경유	kg/l		9,050	0.837
중유	kg/l		9,900	0.875
LPG	kg/kg		프로판12,050 부탄11,850	0.696 0.713
LNG	kg/kg	0.995	천연가스 13,000 도시가스10,550	0.637
무연탄	kg/kg	0.980	4,650	1.100
유연탄	kg/kg		6,500	1.059

자료: IPCC, 산업자원부 고시(2006년)

### ② 전력

구분	사용연료	계수(kg/kWh)
전기배출계수 (한국)	모든 연료	0.437
	석탄	0.927
	석유	0.380
	가스	0.325

자료: IEA Data Service, 2005

### ③ 수송용 연료의 배출계수

구분	단위	수송용 연료 CO2 (kg/l)*
휘발유	kg/l	2.38
등유	kg/l	2.55
경유	kg/l	2.75
LPG	kg/kg	1.57
LNG	kg/kg	1.96(CNG=1.93)

자료: 수송용 연료: 미국석유협회 American Petroleum Institute, 2001

④ 자동차 온실가스 배출계수

단위: g/km

차종		연료	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
승용	경차	휘발유	137.8	0.03	0.03
	소형	휘발유	180.9	0.02	0.05
	중형	휘발유	212.9	0.03	0.06
	대형	휘발유	235.7	0.02	0.04
택시		LPG	231.0	0.042	0.038
승합	소형	휘발유	251.7	0.033	0.059
		경유	243.3	0.004	0.007
		LPG	190.2	0.032	0.026
	중형	경유	315.1	0.019	0.007
	대형	경유	1382.4	0.041	0.095
화물	소형	휘발유	247.3	0.032	0.058
		경유	245.5	0.012	0.008
		LPG	187.9	0.031	0.025
	중형	경유	334.9	0.034	0.007
	대형	경유	1388.2	0.036	0.075

자료: 국립환경연구원(2005년)

### 부록3 | 참고할 탄소계산기 사이트

종류	시행 주체	내용
Tree Calculator	Cool Kids For A Cool Climate (UK)	→ 여행 중에 발생된 오염을 상쇄하기 위해 나무를 심는다는 아이디어에서 비롯됨. → 자동차, 대중교통 수단 및 비행기를 이용했을 때 발생하는 CO <sub>2</sub> 양을 이에 해당하는 나무 그루수로 환산하여 표시. → 지역에서 나무 심기 캠페인을 하고 있는 단체와 연계하여 나무 심기 대행 및 기금 운영. <a href="http://www.coolkidsforacoolclimate.com/Cool%20Kids%20Project/treecalculator.html">www.coolkidsforacoolclimate.com/Cool%20Kids%20Project/treecalculator.html</a>
CO <sub>2</sub> Calculator	American Forests (USA)	→ 가정(건물)에서 발생하는 CO <sub>2</sub> 배출량과 이동·여행할 때 발생하는 CO <sub>2</sub> 배출량을 별도로 계산. → 항목별 CO <sub>2</sub> 발생량을 합산하여 이에 해당되는 배출량을 나무로 표시하고 이것이 기후 변화에 끼치는 영향 표시. <a href="http://www.americanforests.org/resources/ccc/">http://www.americanforests.org/resources/ccc/</a>
CO <sub>2</sub> Life Style Calculator	BestFoot Forward (USA)	→ 단순한 방식으로 CO <sub>2</sub> 발생량을 추정함(휴가 시 이동 수단; 가정 내 온방 여부; 전력원의 종류 및 절약 여부; 쓰레기 발생량 및 재활용 여부 등). <a href="http://www.bestfootforward.com/carbonlife.htm">http://www.bestfootforward.com/carbonlife.htm</a>
Aircraft GHG Emissions	불분명	→ 여행할 때 이용하는 비행기에서 발생하는 CO <sub>2</sub> 배출량을 출발지·목적지 및 비행 거리를 표시하여 계산. <a href="http://www.chooseclimate.org/flying/mapcalc.html">http://www.chooseclimate.org/flying/mapcalc.html</a>
Climate Change Calculator	불분명 (Canada)	→ 다음의 7개 항목과 관련된 CO <sub>2</sub> 량 일일이 계산: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가정용 전기기기(appliances)</li> <li>- 가정용 온방(home heating)</li> <li>- 가정용 열수(hot water)</li> <li>- 시내 이동/단거리 여행(local travel)</li> <li>- 시외 이동/장거리 여행(out-of-town travel)</li> <li>- 여가(recreation)</li> <li>- 쓰레기(waste)</li> </ul> → 시뮬레이션 시나리오 형태 <a href="http://www.climcalc.net/eng/Intro_2.html">http://www.climcalc.net/eng/Intro_2.html</a>
Carbon Footprint	World Resources Institute (USA)	→ 자가용/비행기와 가정용 에너지에서 CO <sub>2</sub> 발생량 측정. → 회원 가입을 유도하여 CO <sub>2</sub> 발생량 줄이기 서약. → 온라인 보고서도 작성하게 한 후 follow-up하여 내용을 공유할 수 있게 되어 있음. <a href="http://www.safeclimate.net/calculator/">http://www.safeclimate.net/calculator/</a>

## 부록4 | 지방의제21- 녹색연합 평가시트지

### 1. 전기제품

#### ① 전구의 사용시간

- 집 안에 사용하는 전구의 개수는 \_\_\_\_\_개입니다.
- 집에는 백열등이 \_\_\_\_\_개이고 형광등이 \_\_\_\_\_개입니다.
- 많이 사용하는 전구를 기준으로 하루(주말제외)에 \_\_\_\_\_시간 켜집니다.
- 하루에 한 시간씩 사용시간을 아껴봅시다.

날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)
1/1		1/11		1/21	
1/2		1/12		1/22	
1/3		1/13		1/23	
1/4		1/14		1/24	
1/5		1/15		1/25	
1/6		1/16		1/26	
1/7		1/17		1/27	
1/8		1/18		1/28	
1/9		1/19		1/29	
1/10		1/20			

- 어떤 점이 불편하였나요? (중복기입 가능)
  - 사용하는 전구가 형광등인지 백열등인지 잘 모르겠다.
  - 매일 체크하는 것이 귀찮다.
  - 하루 평균 몇 시간 사용하는지 잘 모르겠다.
  - 전기를 끄면 아무 일도 할 수 없어서 1시간씩 끄는 것은 힘들다.
  - 시간을 재면서 전기를 사용하지 않아서 의도적으로 전기를 끄는 것은 힘들다.
  - 기타의견

② 냉장고

- 냉장고의 용량은 얼마인가요?  
 ~ 500 l     500 l ~
- 냉장고의 에너지효율은 몇 등급인가요?  
 1등급     3등급
- 냉장고는 벽에서 적당히 떨어져 있나요?  
 그렇다     아니다
- 냉장고의 설정온도를 낮추어 봅시다.

현재 냉장고의 설정온도	냉장고의 설정온도를 한 단계 낮춥니다.
<input type="checkbox"/> 상 <input type="checkbox"/> 중 <input type="checkbox"/> 하	<input type="checkbox"/> 바꾸었음 <input type="checkbox"/> 바꾸지 않았음

- 냉장고에 적당히 내용물을 넣어 둡시다.

날짜	음식물을 넣어두는 정도(%)	날짜	음식물을 넣어두는 정도(%)	날짜	음식물을 넣어두는 정도(%)
1/2		1/12		1/21	
1/3		1/13		1/22	
1/4		1/14		1/23	
1/5		1/15		1/24	
1/6		1/16		1/25	
1/7		1/17		1/26	
1/8		1/18		1/27	
1/9		1/19		1/28	
1/10		1/20		1/29	

- 어떤 점이 불편하였나요? (중복기입 가능)
  - 냉장고의 용량을 잘 모르겠다.
  - 냉장고의 에너지등급을 잘 모르겠다.
  - 벽에서 얼마큼 떨어뜨려놓아야 적당한 지 잘 모르겠다.
  - 매일 체크하는 것이 귀찮다.
  - 기타의건 \_\_\_\_\_



③ 텔레비전

- 텔레비전은 집에 몇 대 있나요? \_\_\_\_대
- 텔레비전의 종류는 무엇인가요?  
 브라운관       LCD       PDP
- 텔레비전은 평균 하루(주말제외)에 몇 시간 보나요? \_\_\_\_\_시간
- 텔레비전의 소리를 크게 켜 두는 편인가요?  
 그렇다       아니다
- 텔레비전을 보지 않아도 켜 두는 편인가요?  
 그렇다       아니다
- 하루에 한 시간씩 사용시간을 아껴봅시다.

날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)
1/1		1/11		1/21	
1/2		1/12		1/22	
1/3		1/13		1/23	
1/4		1/14		1/24	
1/5		1/15		1/25	
1/6		1/16		1/26	
1/7		1/17		1/27	
1/8		1/18		1/28	
1/9		1/19		1/29	
1/10		1/20			

- 어떤 점이 불편하였나요? (중복기입 가능)
  - TV의 종류가 무엇인지 잘 모르겠다.
  - 매일 체크하는 것이 귀찮다.
  - 하루 평균 몇 시간 보는지 잘 모르겠다.
  - TV보기를 좋아해서 1시간씩 끄는 것은 힘들다.
  - 시간을 재면서 TV를 보지 않아서 의도적으로 TV를 끄는 것은 힘들다.
  - 기타의견

④ 컴퓨터

- 컴퓨터의 종류는 무엇인가요?  
 데스크북       노트북
- 데스크북이라면 모니터의 종류는 무엇인가요?  
 일반       LCD
- 하루(주말 제외) 평균 몇 시간 이용하나요? \_\_\_\_\_시간
- 컴퓨터를 사용하지 않을 때 전원을 끄시다.

날짜	전원끄기	사용시간(시)	날짜	전원끄기	사용시간(시)
1/1			1/16		
1/2			1/17		
1/3			1/18		
1/4			1/19		
1/5			1/20		
1/6			1/21		
1/7			1/22		
1/8			1/23		
1/9			1/24		
1/10			1/25		
1/11			1/26		
1/12			1/27		
1/13			1/28		
1/14			1/29		
1/15					

- 어떤 점이 불편하였나요? (중복기입 가능)
  - 사용하는 모니터의 종류를 모르겠다.
  - 매일 체크하는 것이 귀찮다.
  - 하루 평균 몇 시간 쓰는 지 잘 모르겠다.
  - 원래 전원을 잘 껐다.
  - 기타의견 \_\_\_\_\_

## 2. 난방시간

- 난방연료가 무엇입니까?  
 도시가스    등유    연탄    LPG    기타
- 난방을 많이 하는 편이다.  
 그렇다    아니다
- 하루(주말제외)에 평균 몇 시간 난방을 합니까? \_\_\_\_시간
- 난방비를 아끼기 위해 어떤 노력을 하나요?  
 집에서 내복을 입는다.  
 방문을 잘 닫는다.  
 실내용 슬리퍼를 신는다.  
 난방연료를 바꾼다.  
 기타의견 \_\_\_\_\_
- 하루에 한 시간씩 난방시간을 줄여봅시다.

날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)	날짜	사용시간(시)
1/1		1/11		1/21	
1/2		1/12		1/22	
1/3		1/13		1/23	
1/4		1/14		1/24	
1/5		1/15		1/25	
1/6		1/16		1/26	
1/7		1/17		1/27	
1/8		1/18		1/28	
1/9		1/19		1/29	
1/10		1/20			

- 어떤 점이 불편하였나요? (중복기입 가능)  
 난방연료가 무엇인지 잘 모르겠다.  
 난방비를 아끼려고 해도 어떻게 노력하면 되는지 몰라서 줄일 수 없다.  
 원래 난방을 잘 안 해서 난방시간을 더 줄일 수 없다.  
 매일 체크하는 것이 귀찮다.  
 하루 평균 몇 시간 쓰는 지 잘 모르겠다.  
 기타의견 \_\_\_\_\_

### 3. 이산화탄소 배출량 노트

날짜	배출량(kg)	날짜	배출량(kg)
12월		1월	

### 4. 한 달 동안 프로그램을 실천하고 느낀 점을 적어주세요.

- 매일 체크하는 것이 귀찮았다.     그렇다     아니다
- 실천할 수 있는 항목이 너무 적었다.     그렇다     아니다
- 의무적으로 줄이기에는 무리가 있었다.     그렇다     아니다
- 에너지 절약과 이산화탄소 감축과의 상관관계를 못 느꼈다.  
 그렇다     아니다
- 이산화탄소라는 개념이 정확하지 않아서 실천할 때 의무감을 잘 못 느꼈다.  
 그렇다     아니다
- \_\_\_\_\_ 실천하기 가장 쉬웠다.
- \_\_\_\_\_ 실천하기 가장 어려웠다.
- 실천할 때 \_\_\_\_\_ 같은 방법을 포함하면 좋을 것 같다.
- 실천할 때 \_\_\_\_\_ 방법이 불편했다.
- 내 생각에는 \_\_\_\_\_ 이산화탄소를 감축하기에 좋은 방법일 것 같다.
- 기타의견  
 :