

# CO<sub>2</sub> 시뮬레이터를 이용한 환경교육

## Environmental Education Using CO<sub>2</sub> Simulator

진의찬 · 박종호 · 김현주<sup>1</sup>  
세종대학교 · <sup>1</sup>유한김벌리

### 1. 서론

우리나라의 경우 각급학교에서 환경교육이 실시되고 있지만, 환경문제를 효율적으로 학습시킬 수 있는 교육 보조자료가 매우 부족한 실정이다. 환경교육은 특성상 다양한 분야를 다루고 있어 환경문제의 발생 원인과 현상 등에 따라 분야에 맞는 교육자료가 요구된다. 따라서, 환경교육 프로그램과 자료는 다양하고 풍부하게 개발되어 보급되어야 하는데, 우리나라 현실에서는 지극히 제한되어 있는 상황이다. 그리고 개발되어 있는 자료의 종류도 인쇄자료 중심의 상당히 오래되거나 한정된 수량이 있을 뿐이다.

또한, 환경교육은 자극과 경험을 통한 교육이 강조되어야 하는데, 모의실험(Simulation)은 정보 및 지식(지적영역)을 제공할 수 있는 교수방법의 하나로서 가장 효과적인 교수방법의 하나이다. 앞으로의 환경교육은 '환경에 대한 이해식 교육' 못지 않게, '환경으로부터의 체험식 교육'과 '환경을 위한 실천적 교육'이 보다 강조되어야 할 것이다. 그리고 이에 대한 다양한 교육프로그램이 개발되어야 할 것이다. (김대회, 1997)

이런 환경교육에 있어서는 다양한 관련 주위 환경을 활용하고 실험 활동 및 직접적인 조작 활동을 강조하는 교수-학습방법을 사용하는 것이 바람직한데, 학습자의 지적, 정의적 미적 발달수준이 충분히 반영되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 21세기 환경문제중 큰 이슈가 되고 있는 지구온난화 현상을 교육하기 위해 환경교육에 가장 기본단위가 되는 가정을 대상으로 에너지 사용에 따른 온실가스를 발생량과 이를 제거하는데 필요로 하는 나무의 수를 계산할 수 있는 온라인(웹) 시뮬레이터를 개발하였다.

### 2. 시뮬레이터의 개요

#### 1) 제작 및 개발 의도

21세기 지구는 다양한 산업활동, 화석연료 사용, 산림의 훼손 등에 의해 지구온난화 현상이 나타나면서 대홍수, 극심한 가뭄 등 이상기후 현상에 의해 고통을 받고 있다. 아직 우리나라는 직접적인 영향은 없지만 온실가스 배출저감이라는 목표아래 2005년 2월 교토의정서가 발표되어 전 세계는 온실가스 저감에 관심을 기울이고 있다.

온실가스 중 지구온난화에 가장 많은 영향을 미치며, 에너지를 소비하는 과정에 다량 배출되며 지구온난화 현상에 가장 문제가 되는 CO<sub>2</sub>를 줄이고자 정부, 기업들은 많은 노력을 하고 있다.

본 환경교육 시뮬레이터는 지구의 온실효과를 일으키는 주 물질인 CO<sub>2</sub>대상으로 에너

지를 소비하는 최하위 단위인 가정을 중심으로 에너지 소비와 발생량을 계산하고, 발생된 CO<sub>2</sub>를 중요 흡수원인 나무의 CO<sub>2</sub> 흡수 저장량 계산하여 산림의 중요성을 알리고 한다.

그리고 기존 본 연구팀이 개발했던 “TREE LOVE”나 “CO<sub>2</sub> 측정게임”의 초기 버전의 경우 현재의 생활만을 대상으로 CO<sub>2</sub> 발생량을 구했지만, 본 버전에는 에너지 절약과 환경 친화적인 생활을 실천하여 에너지 절약을 하면 CO<sub>2</sub> 배출량을 얼마나 줄어드는 지를 비교해 볼수 있는 부분 추가하여 제작하였다.

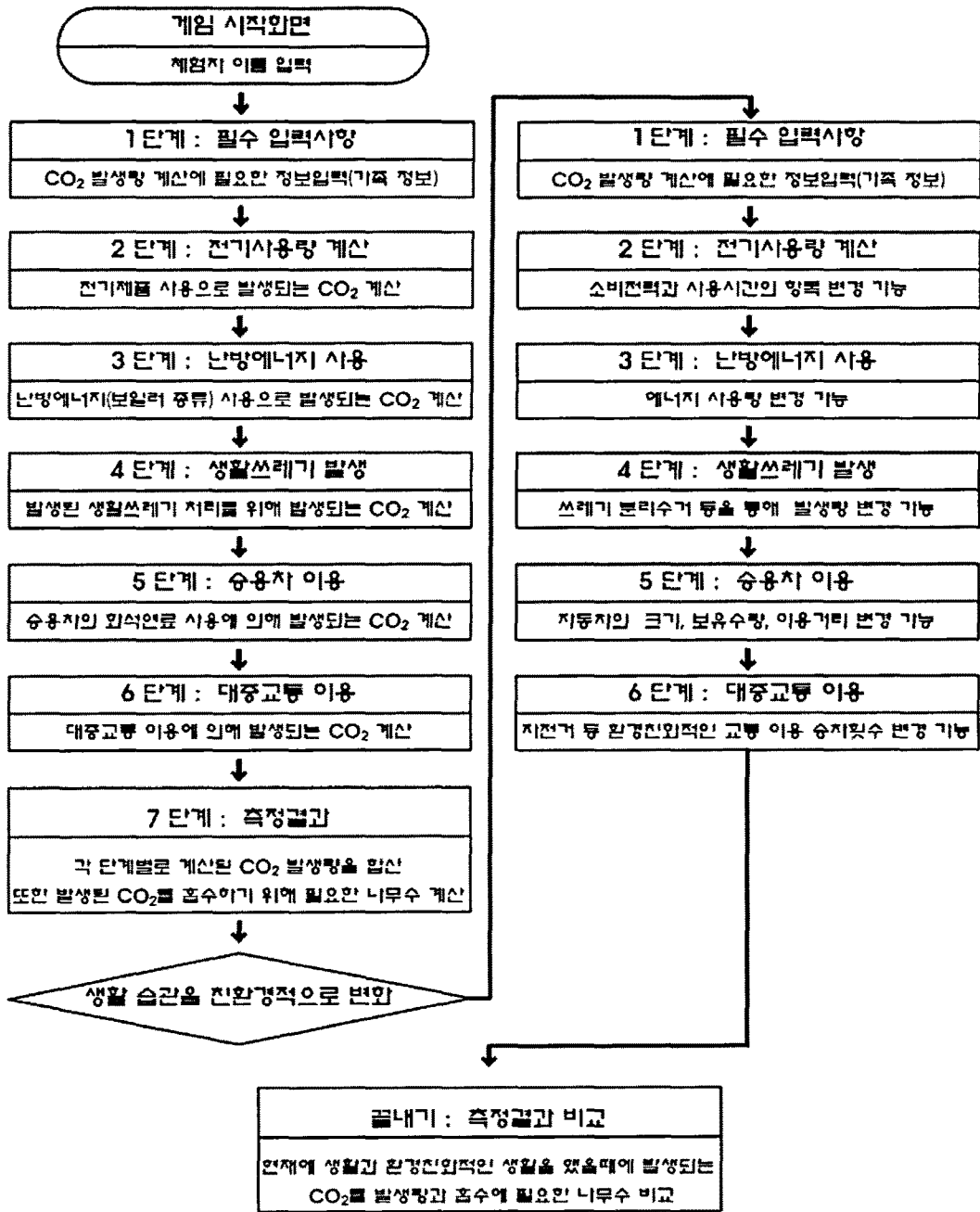
또한 본 시뮬레이터는 기존의 소프트웨어에서 보다 접근이 용이한 온라인(웹)상에서 운영할 수 있도록 제작되어 프로그램은 다운받거나 설치할 필요가 없어 손쉽게 체험할 수 있다는 장점이 있다.

## 2) 시뮬레이터의 구성

지구온난화 현상과 숲의 중요성 교육할 수 있는 “CO<sub>2</sub> 측정게임”은 순차적인 단계로 구성되어 있으며, 각 단계별로는 에너지 사용의 최하위 그룹인 가족이 생활하면서 CO<sub>2</sub>를 발생시킬 수 있는 부분을 순차적으로 단계를 진행하면서 발생량을 계산하는 방법으로 구성되어 있다.

CO<sub>2</sub> 측정게임은 2번에 걸쳐 계산을 진행하는데 첫 번째는 현재 우리가족의 생활에서 발생하는 CO<sub>2</sub>의 발생량을 계산하고, 두 번째 측정에 경우 환경 친화적인 생활을 실천하였을때 우리 가족이 발생시키는 CO<sub>2</sub>를 계산하도록 구성되었다.

CO<sub>2</sub> 측정게임의 진행 순서는 그림 1의 순서도와 같이 구성되어 있다.

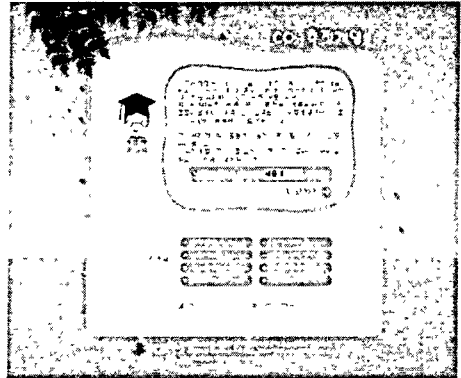


<그림 1> CO<sub>2</sub> 측정게임 시뮬레이터의 진행 순서도

① 시작화면

CO<sub>2</sub> 측정게임의 시작화면이다

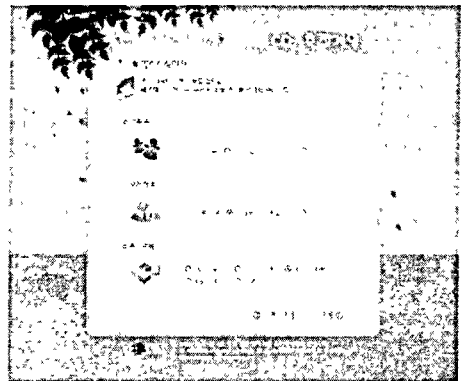
본 화면에서는 지구온난화에 의해 발생하는 이상기후현상과 CO<sub>2</sub>의 생성과 나무의 역할을 설명하고, 체험자의 이름을 입력한 후 게임을 시작하는 화면이다.



② 1단계 : 필수 입력사항(가족정보 입력)

체험자의 가정에 대한 정보를 입력부분으로 뒷단계에 계산에 사용되어질 가족수, 주거형태, 주거면적을 입력하는 단계이다.

가족수와 주거형과 주거면적에 따라 CO<sub>2</sub> 발생량을 비교해 볼 수 있도록 하기위해 작성된 구성이다.

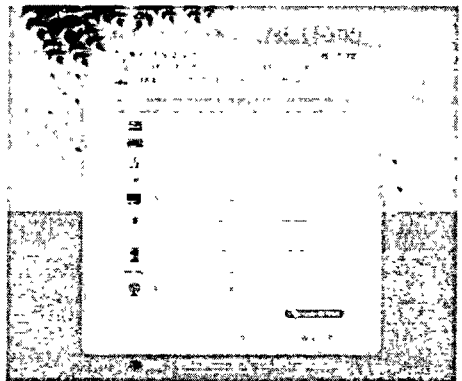


③ 2단계 : 전기사용량

가정에 사용하는 전기제품의 전력사용에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하는 단계이다.

1차 측정에서는 우리나라의 사용되어지는 가전제품종 통계를 기초로한 가전기기별 평균 소비전력과 사용시간, 사용대수를 적용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 구하는 단계이다.

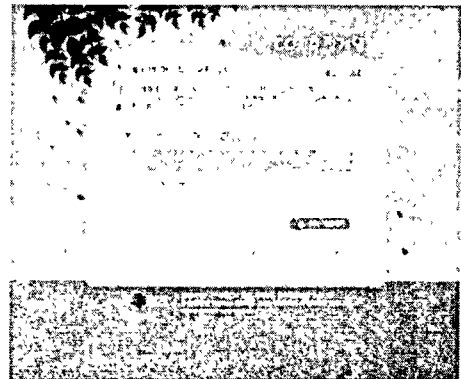
2차 측정에서는 에너지 절약을 통해서 CO<sub>2</sub> 배출을 줄여 보기 위해서 소비전력, 가전제품 사용시간, 사용대수를 변경할 수 있도록 구성되어 있다.



④ 3단계 : 난방에너지 사용

난방을 위해 사용되는 에너지 사용량을 분석하는 단계이다. 일반적으로 난방에 사용되는 연료는 크게 석유(등유, 경유)와 도시가스로 구분할 수 있다.

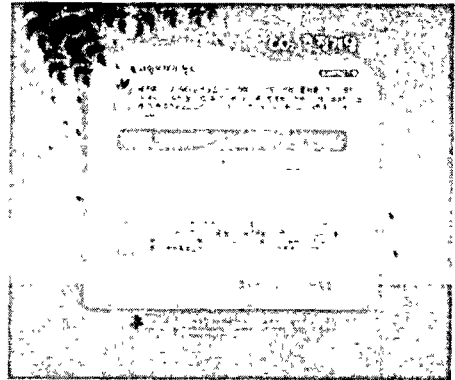
처음에 체험자 가정에서 사용되는 연료를 선택하면 1단계에서 입력된 주거면적이 자동으로 나타나면서 우리나라 평균 난방연료 사용량이 계산되어 지며, 2차 측정시는 연료사용량을 변경시킬 수 있다.



⑤ 4단계 : 생활쓰레기 발생

가정에서 배출되는 생활쓰레기를 처리하면서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 계산하는 단계로 1단계에서 입력된 주거 형태와 가족수가 자동으로 입력되어 계산된다.

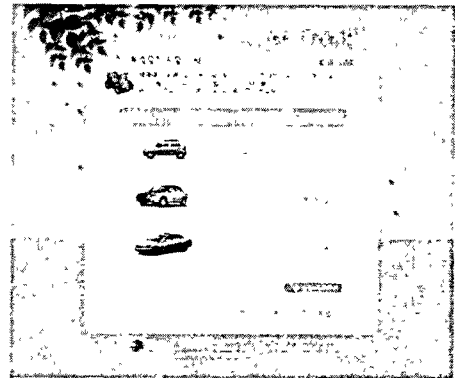
2차 측정에 경우 쓰레기 분리수거와 재활용하여 쓰레기 발생량을 줄이는 등의 방법으로 쓰레기 발생량을 변화시킬 수 있다.



⑥ 5단계 : 승용차 이용

가정에서 소유하고 있는 자가용 승용차를 이용했을 때 발생하는 CO<sub>2</sub>를 계산하는 단계로 자동차 배기량과 소유대수를 입력하면 우리나라 승용차 평균이동거리가 계산되어 CO<sub>2</sub> 발생량이 계산된다.

2차 측정에 경우 승용차 배기량, 사용대수, 평균 이동거리를 변경하여 CO<sub>2</sub> 발생량을 계산할 수 있다.



⑦ 6단계 : 대중교통 이용

측정자의 가족구성원이 대중교통을 이용하면서 발생하는 CO<sub>2</sub>량을 계산하는 단계로 대중교통 수단으로 시내버스, 지하철, 택시, 고속버스, 철도, 비행기를 대상으로 하였다.

2차 측정에 경우 환경 친화적인 자전거, 도보 등을 이용하는 생활을 하여 이용횟수를 변경할 수 있도록 하였다.



⑧ 7단계 : 측정결과

각 단계 별로 입력되어 계산된 CO<sub>2</sub>량을 합산하는 단계이며, 또한 발생된 CO<sub>2</sub>를 흡수하기 위해 필요한 나무의 수를 계산하는 단계이다.

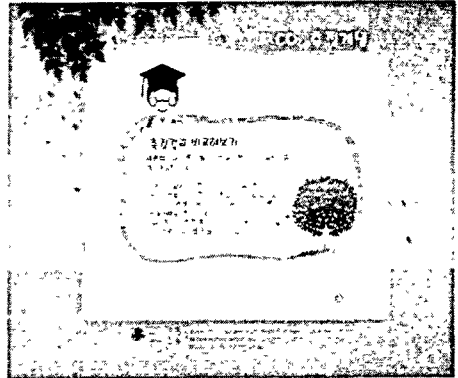
이 단계에서는 다시 측정하기라는 메뉴를 만들어 에너지 절약과 친환경적인 생활을 한후 CO<sub>2</sub> 발생량의 변화를 계산할 수 있도록 하였다.



⑨ 측정결과 비교하기

1차 측정은 체험자의 현상황에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 계산하며, 2차 계산시는 다시 측정을 통해 에너지 절약과 친환경적인 생활을 한 후 CO<sub>2</sub> 발생량의 변화를 계산한다.

최종적으로 발생된 CO<sub>2</sub>를 흡수하는데 필요한 나무수를 비교함으로써 환경친화적인 생활에 의해 CO<sub>2</sub>가 줄어드는 것을 확인하고 게임은 끝내는 단계이다.



3) 시뮬레이터의 세부계산 자료

각 단계별 사용된 통계정보, 에너지 사용량, CO<sub>2</sub> 배출계수 등은 우리나라 평균치이고 사용된 자료는 표 1에서 표 5 까지 자료를 이용하여 작성되었다.

<표 1> 가전제품 전기사용량

전자 제품	소비전력 (W)	1회 평균 사용시간(hr)	월 사용 횟수(회)	연간사용시간 (hr)	사용대수	CO <sub>2</sub> 배출계수 (Kg · CO <sub>2</sub> /KWh)	CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)	
TV	120	6.9	28	2,318 시간	대		0.76	
전자렌지	1,112	0.3	13	47 시간	대			
진공청소기	912	0.5	17	120 시간	대			
세탁기	494	1.4	16	269 시간	대			
컴퓨터	134	4.3	26	1,342 시간	대			
백열등	40	3.4	28	1,142 시간	대			
형광등	30	6.9	28	2,318 시간	대			
전자 제품	소비전력 (W)	1일 평균 사용시간(hr)	연간사용 일수(일)	연간사용시간 (hr)	사용대수		CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)	
냉장고	66	24	365	8,760 시간	대			
에어컨	1,717	4.3	60	258 시간	대			
선풍기	59	6.2	98	608 시간	대			

※ 자료출처 - 통계자료: 한국전력거래소, 가전기기 보급률 및 가정용전력 소비행태 조사, 2004.

12

- CO<sub>2</sub> 배출계수 : 전력량을 석유환산톤으로 전환 후 IPCC가 제안한 원유의 CO<sub>2</sub> 배출계수를 적용하여 구함

<표 2> 난방 에너지 사용

주거 면적 (평)	연간 사용 열량 (천 Kcal)	연간 경유 사용량(드럼)	연간 도시가스 사용량(Nm <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> 배출계수 CO <sub>2</sub> · Kg/Kcal	CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)
18평 이하	6,519	2.5	593	0.285	
18평 ~ 29평	11,393	6	1,036		
30평 ~ 39평	12,882	7	1,171		
40평 ~ 49평	14,429	8	1,312		
50평 이상	15,279	9	1,389		

※ 자료출처 - 통계자료: 산업자원부, 에너지총조사보고서, 2002년  
 - CO<sub>2</sub> 배출계수: IPCC가 제안한 연료별 CO<sub>2</sub> 배출계수를 적용하여 구함

<표 3> 생활쓰레기 발생

주거 형태	발생량 (Kg/일 · 인)	발생량* (L/일 · 인)	가족수 (인)	CO <sub>2</sub> 배출계수 CO <sub>2</sub> · Kg/Kg	CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)
단독 주택	0.241	1.205	3인 이하	1.230	
아파트	0.253	1.265	4인		
연립주택	0.239	1.195	5인		
기타	0.250	1.250	6인		

\*생활쓰레기 밀도 0.2 Kg/L 계산됨  
 ※ 자료출처 - 통계자료: 환경부, 전국폐기물 통계조사(폐기물통계조사데이터), 2002년  
 - CO<sub>2</sub> 배출계수: 환경부, 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사, 2000년

<표 4> 자가용 승용차 이용

차종	1년 평균 주행거리 (Km)	대수 (대)	CO <sub>2</sub> 배출계수 (CO <sub>2</sub> · Kg/Km)	CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)
소형차 (1000 cc 미만)	14,892		0.168	
중형차 (1000~2000cc 미만)	14,892		0.211	
대형차 (2000cc 이상)	14,892		0.294	

※ 자료출처 - 통계자료: 교통안전공단, 차종별 1일 평균 주행거리, 2004년  
 - CO<sub>2</sub> 배출계수: 1. 교통개발연구원, 기후변화협약 대비교통부분 온실가스 저감 정책의 효과분석: 1단계, 2005년 2. 국립환경연구원, 자동차의 온실가스 배출량 조사, 2001년

<표 5> 대중교통 이용

차 종	평균이동거리 (km/회)	월이용 횟수 (회)	가족수 (인)	CO <sub>2</sub> 배출계수 (CO <sub>2</sub> · Kg/인 · Km)	CO <sub>2</sub> 발생량 (Kg)
택시	4.5			0.200	
시내버스	5.4			0.062	
지하철	13.79			0.017	
철도	170			0.034	
비행기	355			0.117	
고속버스	223			0.062	

※ 자료출처 - 통계자료: 1. 교통개발연구원, 고속철도시대의 교통체계 연구-고속철도중심의 지역 간 교통체계 구축방향-, 2004  
 2. 교통개발연구원, 택시요금제도 개선방안 -승차인원(화물) 비례요금제를 중심으로-, 2004  
 - CO<sub>2</sub> 배출계수 : 교통개발연구원, 기후변화협약 대비교통부분 온실가스 저감 정책의 효과분석: 1단계, 2005년

CO<sub>2</sub>측정게임의 마지막 단계인 측정결과에서 사용되는 계산자료는 표 6과 같다. 나무는 광합성을 통해 CO<sub>2</sub>를 저장(흡수)하고 산소를 발생한다. 나무종류별 연령별 CO<sub>2</sub> 흡수량은 차이가 있어 본 시뮬레이터에서는 30년생 낙엽송을 기준으로 계산하였다.

<표 6> 나무 종류별 의 CO<sub>2</sub> 흡수량(우리나라 30년생 나무 기준)

나무 종류	백합나무	상수리나무	낙엽송	잣나무	소나무
CO <sub>2</sub> 흡수량(Kg)	39.6	21.2	17.2	16.8	11.9

※ 자료출처 - 국립산림과학원, 수종별 임분수확표, 2003년

### 3. 시뮬레이터의 활용

본 시뮬레이터 적용 연령 때는 중고등학생의 수준으로 만들어진 교육자료이다. 초등학교생들이 좀더 쉽게 활용할 수 있도록 간단한 버전 개발을 계획중이며, 체험교육을 통한 환경문제를 이해시키고 환경의 중요성을 인식시키는 교육자료와 숲이 환경(대기)오염과 우리에게 어떤 존재이며, 어떤 역할을 하는지 알아보고 환경교육의 최하위 단위인 가정에서부터 소중한 숲을 가꾸고, 에너지 절약과 환경 친화적인 생활을 실천하도록 유도하는 체험교육 자료로 활용하고자 한다.

기존의 체험 시뮬레이터의 경우 다운받아서 설치하는 등의 번거로움이 있었으나, 본 버전은 인터넷에 접속하여 손쉽게 접할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 이용하여 인터넷 활용 수업과 환경수업을 연계하여 컴퓨터에 친숙한 학생들에게 환경교육 체험 시뮬레이터로 활용될 것이다



#### 4. 개발계획

현재의 개발된 시뮬레이터는 입력하고 계산하여 결과값을 보여주는 방식이어서, 조금은 수동적인 체험교육 시뮬레이터이다

이런 점을 보완하여 컴퓨터 게임에 익숙한 요즘 학생들에게 3차원 캐릭터 게임과 같이 자신이 선택한 캐릭터를 이용하여 가상공간에서 체험하면서 환경을 알아가는 3차원 게임형 체험 도구를 개발하여 능동적인 환경 체험교육 툴을 만들 계획을 가지고 있다.

또한 본 CO<sub>2</sub> 측정게임기는 중학생 이상을 대상으로 만들어져, 초등학생들에게는 조금 어려운편이다. 그래서 좀 더 쉽고 초등학생들이 호기심을 가질 수 있는 시뮬레이터를 계획중이다.

#### 5. 참고문헌

김대희 (1997). 환경친화적 가치관에 따른 환경교육의 발전 방향, 10권 2호, 45.