

숲과 바람과 태양의 학교

Illustration by Seo.K



제1부 기후변화와 에너지 그리고 학교

1. 기후변화와 학교 4
2. 학교와 지역사회 5

제2부 숲과 바람과 태양의 학교

1. '숲과 바람과 태양의 학교'의 시작 10
2. '숲과 바람과 태양의 학교' 시범학교 12
3. '숲과 바람과 태양의 학교' 이야기 13

제3부 국내 기후변화 대응을 위한 학교 사업 사례

1. 교육과학기술부와 서울시교육청의 '그린스쿨' 사업 38
2. 서울시의 '에코스쿨' 사업 41
3. 서울시 교육청의 '서울형 생태환경 모델학교 사업' 43

제4부 지속가능한 '숲과 바람과 태양의 학교' 만들기

1. 국내 기후변화 대응학교 사례의 시사점 45
2. 숲과 바람과 태양의 학교가 나아갈 길 46

제5부 우리가 직접 만드는 대안에너지

1. 풍력 발전기 50
2. 자전거 발전기 61
3. 태양광 발전기 66
4. 태양열 오븐 69

부록. 숲과 바람과 태양의 학교 수업 계획안 75

참고자료 90



무주 푸른꿈 고등학교 지도

퍼낸 이 : 박경조

퍼낸 곳 : 녹색연합

퍼낸 날 : 2012년 4월 19일

주소 : 서울시 성북구 성북동 113-34

전화 : 02)747-8500

팩스 : 02)766-4180

홈페이지 : www.greenkorea.org

이메일 : greenkorea@greenkorea.org

글쓴이 : 권승문, 이동근

녹색연합 등록번호 : 01-12-04-01

녹색연합과 대안기술센터의 '숲과 바람과 태양의 학교'는 아베다의 지원으로 진행하고 있습니다.

제 1부 기후변화와 에너지 그리고 학교

1. 기후변화와 학교
2. 학교와 지역사회



제 1부 기후변화와 에너지 그리고 학교

1. 기후변화와 학교

우리는 지금 ‘기후변화의 시대’에 살고 있다. 이제는 과학적인 담론의 영역을 넘어 우리의 삶 속에서 우리가 피부로 느끼고 있는 것이다. 기후변화로 인한 세계적인 이상 기후 현상을 우리는 뉴스를 통해 쉽게 접할 수 있다. 우리나라의 경우도 이제는 ‘봄·여름·가을·겨울, 4계절을 가진 나라’라는 말을 무색케 만드는 일들이 일어나고 있다. 이제는 ‘여름과 겨울’, 두 계절을 가진 나라라고 해야 할 날이 멀지 않은 것 같다. 길어진 여름 기간 동안 비가 내리는 일수와 강도가 매년 바뀌고 있고, 이로 인한 피해도 매년 증가하고 있다. 겨울 기간 동안에도 우리나라의 평소 주기라고 하는 ‘삼한사온’ 현상이 아닌 따뜻한 겨울 날씨와 무지 추운 겨울 날씨가 불규칙하게 나타나는 현상이 발생하고 있다. 그리고 매년 기록적인 폭설로 인한 피해도 나날이 늘어나고 있다.

기후변화는 산업혁명 이후 이산화탄소를 비롯한 온실기체 배출량이 증가하면서 온실가스가 과도하게 발생해 일어나는 현상이다. 다시 말하면, 우리가 에너지를 과도하게 사용해 이산화탄소 농도를 급격히 증가시켰기 때문이다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화로 인한 피해를 막기 위해서는 2050년까지 세계 이산화탄소배출을 2000년 기준으로 50~80% 줄여야 한다고 발표했다. 현재 우리나라는 세계 9위의 온실가스 배출국인데다, 경제협력개발기구(OECD) 국가 중 온실가스 배출 속도가 가장 빠른 국가다. 우리나라의 책임도 그만큼 크다는 의미다.

우리나라는 화석연료의 대부분을 수입하는 국가다. 게다가 화석연료 사용 비중이 대단히 높은 에너지 소비구조를 가지고 있다. 매년 상승하는 국제유가와 석유정점 도래, 후쿠시마 핵 발전소 사고를 통해 핵의 위험성을 재확인한 시점에서 우리는 서둘러 화석연료와 핵 에너지 이후의 시기를 준비해야 한다. 이를 위해서 우리는 에너지 소비를 줄이고, 각 지역에서 사용가능한 다양한 재생에너지원들을 도입해 그 비중을 높여나가야 한다. 이러한 노력은 비단 정부나 기업뿐만 아니라 지역과 시민사회, 더 나아가 우리사회의 기반이 되는 학교 교육에서 활발히 이뤄져야 한다.

기후변화는 현 세대의 어린이들과 청소년, 미래세대들에게 장기적으로 영향을 미칠 중요한 문제다. 그렇기 때문에 더욱 더 이들에게 기후변화에너지 문제에 대한 교육이 절실하다. 기후변화문제는 생존의 문제이고 삶의 양식의 문제이기 때문에 궁극적으로 학교 현

장에서 이들의 삶의 양식을 변화시킬 수 있는 기후변화에너지 교육이 이뤄져야 한다. 이를 위해서는 교육을 수행해 나가는 주체인 교사들이 먼저 기후변화문제의 심각성을 제대로 이해하고, 이를 교육과정에 포함시킬 수 있도록 해야 한다. 더 나아가 기후변화 교육은 현상의 원인, 영향, 대응방안에 대한 과학적 이해를 통한 지식의 습득에 머물러서는 안 되며, 학교에서 다양한 활동들을 실천하는 프로그램들을 개발하여 실행하는 것으로 확대되어야 한다.

2. 학교와 지역사회



일본 이와테현 구즈마키정에 있는 '숲과 바람의 학교'

기후변화시대를 맞은 우리가 이 위기를 극복할 수 있는 출발점은 다름 아닌 '학교'다. 학교는 미래세대가 살아가는 데 필요한 제대로 된 가치관을 배울 수 있는 공간이면서 '학부모'라 불리는 지역주민들과의 수많은 연결 고리를 만들어낼 수 있는 창구다. 학교에서 진행되는 기후변화에너지 교육과 다양한 실천 프로그램들이 지역사회를 변화시킬 수 있다. 나아가 재생에너지 이용 확대를 통해 학교와 지역의 화석연료 의존성을 줄여 저탄소 사회로 전환하는 데 기여할 수 있다.

1) '숲과 바람의 학교'



일본 이와테현에 있는 인구 8천명의 작은 구즈마키 정에서는 풍력발전을 이용해 마을에서 사용하는 전력의 6배나 많은 에너지를 생산한다. 세계적인 에너지자립마을로 유명한 이곳에는 에너지와 기후변화에 대한 생활교육을 하는 '숲과 바람의 학교'가 있다. 이 학교를 세운 요시나리 대표는 700미터 고지에 11가구밖에 살지 않는 외딴 산골의 폐교를 이용해 자연과 재생가능에너지를 체험하는 학교를 만들었다. 최종목표는 학교가 중심이 되어 자급자족이 가능한 마을을 실현하는 것이다. 그는 딸과 여행 중 덴마크에서 재생가능에너지를 접하면서 “먹는 것과 쓰는 것, 특히 에너지 문제를 해결할 수 있으면 전쟁도 일어나지 않는다”는 말에 감명을 받아 10년 전 도쿄에서 대학교수 생활을 정리하고 구즈마키에 정착했다.

폐 버스를 이용한 간이 도서관은 태양광과 소형풍력으로 밤에 불을 밝히고, 페트병을 재활용해 태양열온수기를 만들었다. 오줌으로 메탄가스를 만들어 간단한 음식을 할 때 사용하는 데, 과연 불이 붙을까 의심이 들지만 실제로 열원으로 활용할 수 있을 정도의 화력이다. 교육 내용 중에 '우리가 만든 전력으로만 생활하는 날'이 있다. 교육생들은 전기 생산부터 배선까지 스스로 고민해 해결해야 하는데, 생산한 전기를 어디에 어떻게 사용할지를 생각하고 결정한다. 아이들은 하루 종일 자전거 페달을 밟아서 전기를 생산하거나, 마을 냇가에 수차를 돌려서 전기를 축전기에 모은다. 저녁에는 하루 동안 만들어놓은 전기로 다 같이 모여 영화를 보는데, 언제 영화가 끝날지 알 수 없는 상황에 조마조마해하면서 결국엔 우리가 너무나 쉽게 써버리는 에너지의 소중함을 깨닫게 된다.



구즈마키 중학교 태양광발전기

2) 에너지전환을 주도하는 학교

우리나라에도 학교를 중심으로 지역사회의 에너지전환을 이루기 위한 실험들이 계속되고 있다. 충남 홍성군 홍동면의 재생가능에너지 실험은 풀무학교가 1980년대 초 대체공업 연구소를 만들면서 시작됐다. 1997년에는 학교 옥상에 600와트짜리 풍력발전기를 설치했고, 1998년에는 12킬로와트 태양광 발전기를 설치해 학교에서 전기를 직접 생산해서 사용하기 시작했다. 2002년에는 풀무학교 전공부에 10킬로와트 용량의 태양광 발전소를 설치했다. 이처럼 풀무 마을 지역의 신재생에너지 실험은 풀무학교를 중심으로 이뤄져왔으며, 학교가 지역에 정보를 제공하고, 설비를 설치하고 관리했다. 현재 상황에서 재생가능 에너지 시스템을 실현하기란 어려운 점이 많은 것이 사실이지만 지역으로 들어와 있는 에너지전환 등 시민단체들과의 협력을 통해 ‘에너지 자립마을 만들기’ 사업을 장기적으로 추진할 예정이다. 또한 홍동지역에서는 가축 분뇨로 인한 수질 오염이 문제가 되고 있는데, 마을의 한 축산 농가에 바이오가스 플랜트(Biogas Plant)를 설치하고 축분 처리와 전력 생산을 동시에 해결하려는 시도가 진행될 계획이다.



경남 산청 ‘민들레 학교’

경남 산청군에 있는 민들레학교는 대안기술센터를 통해 부정기적으로 대안에너지에 대한 교육을 진행하고 있다. 자전거로 전기를 생산하는 시설은 2시간 정도 페달을 밟으면 2



민들레 학교 태양광 발전기

층 건물 1동을 8시간 정도 밝힐 수 있는 전기가 생산된다. 태양열 오븐과 풍력발전기 제작 학교도 열린다. 또한 전북 부안군 등룡마을에 자리잡은 생태학교 ‘시선’에는 지열냉난방 시설이 갖춰져 있고, 에너지 학교를 만들어 갈 계획을 세우고 있다.

이처럼 국내에서도 학교를 중심으로 기후변화에너지교육이 시행되고, 지역차원에서 에너지전환을 이루려는 시도들이 계속되고 있다. 특히

전국 각지에 있는 대안학교들이 대안교육의 일환으로 에너지교육에 관심을 기울이고 있고, 공교육에서도 에너지교육에 대한 필요성이 제기되고 있다. 학교에서의 대안에너지교육을 통해 학생들이 새로운 가치관을 확립하고, 그 지역의 교사와 학생, 학부모를 포함한 지역주민들이 지역의 에너지시스템을 하나씩 바꿔나가는 것이야말로 ‘숲과 바람과 태양의 학교’가 꿈꾸는 ‘비전(vision)’이다.

제2부 숲과 바람과 태양의 학교

1. '숲과 바람과 태양의 학교'의 시작
2. '숲과 바람과 태양의 학교' 시범학교
3. '숲과 바람과 태양의 학교' 이야기



제 2부 숲과 바람과 태양의 학교

1. ‘숲과 바람과 태양의 학교’의 시작



대안기술센터

이오디젤, 풍력발전과 같은 대안에너지와 생태 건축 기술을 배워 온 뒤부터였다. 대안기술센터는 이동근 소장이 마을에 정착하면서 2006년 5월 5일 설립되었다.

대안기술은 작은 단위에서 아주 유용하게 사용할 수 있는 기술이다. 큰돈을 들이지 않고 에너지를 생산할 수 있고, 전문가나 대기업에 의지할 필요도 없다. 이동근 소장은 민들레공동체 건물에 직접 만든 풍력발전기와 태양광 발전기, 자전거 발전기를 설치했다. 건물에서 쓰는 전기를 화석연료나 원자력에너지에 의존하지 않고, 되도록 재생가능에너지로 생산하려는 것이다. 대안기술센터를 통해 소규모 재생가능 에너지 기술에 전국에 널리 퍼지고 있다. 많은 사람들이 대안기술센터에 방문해 정보를 얻고, 교육을 받는다. 대안기술센터는 더 본격적인 교육과 전파를 위해 사단법인으로 전환

했다. 2009년 2월에는 독일의 태양열 조리기 연구자 볼프강 쉘플러를 초청했고, 2010년 4월에는 호주의 ‘크리스탈워터스’ 교육자를 초청해 퍼머컬처(permaculture, 생태학적으로 자연과 인간이 조화를 이루는 농촌을 만들자는 운동) 과정을 열기도 했다.



민들레공동체

‘숲과 바람과 태양의 학교(이하 숲바태 학교)’는 일본 구즈마키정의 ‘숲과 바람의 학교’를 모티브(motive)로 대안기술센터와의 만남을 통해 2008년 시작되었다. 숲바태 학교의 1차적인 목적은 재생가능에너지 시설을 학교에 설치하고 기후변화 에너지 교육에 활용하도록 함으로써, 학교 구성원들이 학교의 이산화탄소 배출량을 스스로 줄여나갈 수 있도록 하는 데 있다. 단, 선생님들이 여름방학을 이용해 학교에 설치할 발전기를 대안기술센터에서 직접 만들어야 한다. 그래야만 고장이 나더라도 학교에서 수리할 수 있고, 선생님들이 작동원리를 알아야 교육에도 활용할 수 있기 때문이다. 2차 목적은 재생가능 에너지 제작기술을 바탕으로 화석연료에 의존하는 에너지를 재생가능에너지로 바꾸고, 지역사회를 저탄소사회로 변화시키는 것이다.

숲바태 학교의 발전기 제작과 설치에 필요한 예산은 환경을 생각하는 화장품을 생산하는 기업 ‘아베다(AVEDA)’의 후원으로 이뤄지고 있다. 아베다는 친환경 유기농 재료로 화장품을 생산하고 제품 생산에 필요한 에너지를 100% 풍력발전에서 얻고 있는 기업이다. 이렇게 녹색연합과 대안기술센터, 아베다는 공모를 통해 다수의 학교를 숲바태 시범학교로 지정하고, 지정된 학교에 중간기술로 만들어진 태양광발전기, 풍력발전기, 자전거발전기 설치를 지원했다. 학교는 설치된 발전기를 학교 내 교육활동에 활용하고 있으며 녹색연합, 대안기술센터와 함께 에너지기후변화 관련 교육 프로그램을 개발하기 위해 노력하고 있다.

2. '숲과 바람과 태양의 학교' 시범학교

학교명	담당교사	재생에너지 이용현황	에너지교육현황
무주 푸른꿈고등학교	곽진영	'심터' 전력100%충당	-과학시간 에너지교육 -에너지캠프
거창 셋별초등학교	송준섭	학교 대형시계탑 전력	-재생에너지생태교육 -체험활동 및 캠페인
제천 간디학교	정종명	현관 전등 및 배터리	-대안에너지 입문수업 -에너지없는날 캠페인
남원 실상사작은학교	장일안	컴퓨터 3대 활용	-과학교과 에너지 교육
괴산 신기학교	이애란	학교 캠프시 사용	
의왕 더불어가는배움터 길	황정일 이화숙 박진홍	전기밥솥 및 토스터기	-교과 에너지 수업 -'소박한 밥상' 프로그램 -에너지 동아리
광주 푸른숲학교	손원태	도서실 전등	-전기에너지 수업
제무 문화학교 들살이	김정이	15평 기숙사 에너지	-현장 견학 교육
안양 부흥고등학교	황유경	학교 전광판 전력	-환경교과 개설 교육 -환경동아리 활동
광명 법씨학교	황성윤	도서관 형광등	-반별 에너지 수업
과천 맑은샘학교	김상미 최명희	컨테이너 교실 전력	-기후에너지교육
원주 한알학교	강상헌	프로젝터와 스테레오	-에코 라디오

3. '숲과 바람과 태양의 학교' 이야기

1) 무주 푸른꿈고등학교



무주 푸른꿈 고등학교 태양광 발전기

푸른꿈고등학교에서 과학을 가르치는 곽진영 선생님과 이무흔 선생님은 2008년 8월 3일~9일까지 일주일간 발전기를 만드느라 땀방울을 흘렸다. 소형 풍력발전기는 나무를 직접 깎아 날개를 만들고, 코일과 자석을 직접 감고 붙여 발전기를 만들었다. 자전거발전기도 발전기 안에 코일을 넣고 자석을 회전시켜 전기를 만드는 방식이다. 빨리 달릴수록 높은 전압이 발생해 많은 전류가 흐른다.

곽진영 선생님은 2008년 2학기 2학년을 대상으로 과학시간에 에너지에 대한 교육을 했다. “내년 3학년 과학시간에는 직접 학생들과 풍력발전기, 자전거발전기, 태양열 조리기를 만들어보려고 해요. 고등학생들이라 실습도 할 수 있고, 직접 만들어봐야 제대로 된 재생에너지 교육을 할 수 있을 것 같습니다.” 마지막 수업시간에는 푸른꿈 고등학교를 에너지자립 학교로 만들기 위한 설계를 학생들과 함께 해보기도 했다.



푸른꿈고등학교에는 학생들과 학부모, 교사들이 직접 짓고 학생들이 사용하는 공간, '쉼터'가 있다. 쉼터는 학생들이 공연을 하거나 소모임 활동을 할 때 사용한다. 전등 등 쉼터에서 사용하는 전력은 100% 이번 프로젝트를 통해 설치된 풍력, 태양광, 자전거발전기로 충당한다. 바람이 많이 불지 않는 지역의 특성상 풍력발전기에서 생산되는 전력이 충분히 없을 경우, 일일당번이 자전거발전기를 돌려 부족한 에너지를 생산한다. 자신들의 공간에서 사용하는 에너지를 자신들이 직접 생산한다는 것에서 높은 교육적 효과를 기대할 수 있다. 푸른꿈고등학교에서는 이에 더해 학생들이 직접 채소 텃밭을 운영하고 있으며, 푸세식 화장실에서 나온 똥과

오줌을 발효시킨 바이오가스 생산도 하고 있다. 2008년부터 발전기의 원리 및 제작을 주제로 한 수업을 진행 중이다.



청소년 에너지캠프



바이오디젤 만들기

2010년 8월에는 에너지교육을 받은 학생들이 주도적으로 청소년들만의 에너지캠프를 열었다. 인터넷으로 전국에서 함께 할 친구를 모으고, 프로그램을 기획하고 준비하는 일들을 푸른꿈고등학교 학생들이 직접 했다. 캠프 처음부터 끝까지 화석연료를 사용하지 않는다는 원칙도 세웠다. 멀리서 오는 참가자들은 대중교통을 이용해 안성면에 도착한 후, 바이오디젤을 넣은 경운기를 타거나 자전거를 이용해 푸른꿈고등학교에 도착했다. 전자 제품도 쓰지 않고, 자가 발전 전등을 사용했다. 프로그램에 필요한 전기는 자전거

발전기로 만들었다. 식사도 화석에너지를 쓰지 않고 해결해야 했다. 태양열 조리기와 바이오가스를 동원할 수밖에 없었다. 물도 배급받아 사용했다. 매일 1인당 생활용수 40리터와 식수 1.5리터를 제공했다. 참가자들은 몸을 씻는 것에서부터 화장실까지 주어진 용량 안에서 해결해야 했다. 이렇게 석유시대 이후의 대안적인 삶을 체험해본 청소년들의 미래가 기대된다. 2011년 캠프는 캠프 준비 과정을 하나의 커리큘럼으로 만드는 것으로 계획했으나 학교 사정상 열리지 못했다.

■ 앞으로의 과제

푸른꿈고등학교는 숲바태 학교를 시작하기 전에 이미 태양광 발전설비를 설치하고, 생태원리를 기본 이념으로 세워진 학교인 점이 긍정적으로 작용했다. 기존 시스템을 기반으로 숲바태 학교의 에너지 설비와 교육이 보완되면서 시너지를 발휘했던 것으로 보인다.

학교 내 쉼터에 설치된 재생에너지 설비로 쉼터의 에너지 자립은 충분하다고 한다. 그러나 주로 태양광 발전에 의존하고 풍력발전기의 활용은 늦가을에나 가능하다. 풍력발전기는 상징적인 의미는 있으나 설치 지형의 영향을 많이 받는 단점이 있다.

실제 제작을 해보는 교육을 시도하려 했으나, 담당 선생님이 여러 차례 제작실습 수업을 경험했는데도 불구하고 어려움이 많았다. 그만큼 재생에너지발전 설비를 직접 만들고, 이를 교육으로 실현하기에는 한계가 있었다.

2010년에 진행된 청소년 에너지캠프는 학생들이 지구온난화, 대안에너지에 대해 토론하고 적극적인 학습을 할 수 있는 동기를 부여했다는 점에서 긍정적으로 평가되었다. 향후 캠프라는 가시적인 결과물을 목표로 한 학기 동안 수업을 하는 것을 계획하기도 했다. 그러나 2011년에는 학교와 학생의 여건상 캠프를 진행하지 못했다. 이는 에너지를 주제로 한 수업과 캠프가 지속적으로 이어지는 데에 어려움이 많다는 것을 보여주고 있다.

2) 거창 샛별초등학교



태양광과 풍력발전기로 돌아가는 시계탑

샛별초등학교는 2007학년도부터 학교에 재생에너지 시설을 설치하기로 하고 여러 가지 준비를 해왔다. 여러 해 전부터 에너지 관리공단의 지원금을 매해 받아 재생에너지 관련 시설 견학이나, 재생에너지 교육 자료를 사서 재량 활동 시간 등을 활용해서 관련 수업을 진행했다. 특히, 2007학년도부터는 모든 학급에서 에너지, 기후변화 관련 수업을 진행하고 있다.

2008년 9월 19일 샛별초등학교는 학생과 학부모, 교직원이 조금씩 힘을 모아 진행한 ‘샛별 햇빛발전소’준공과 ‘숲과 바람과 태양의 학교’를 통해 제작된 풍력·자전거 발전기 설치를 기념하는 성대한 잔치를 열었다. 교육감, 관내 교장 거의 다 참석할 정도로 지역에서 높은 관심을 보였다. 이로써 샛별초등학교는 태양광 발전기와 태양열 온수기와 오븐 조리기, 풍력 발전기, 자전거 발전기를 갖춘 학교가 되었다.

햇빛 발전기에서 만들어 내는 전기는 월평균 전기요금 중 8분의 1 정도를 줄이고, 한 달 약 254kg의 이산화탄소를 줄이는 효과를 내고 있다. 풍력 발전기는 2장의 태양전지와 복합 연결해 대형 시계탑의 전력용으로 사용하고 있다. 자전거 발전기는 에너지를 만들어내는 것의 어려움을 느끼게 하는 교육용으로 활용하면서 라디오 소리가 나고, 스탠드가 켜지고, 선풍기가 돌아가는 것을 눈으로 볼 수 있도록 했다. 태양열 온수기는 5학년 화장실에 연결해 세탁과 따뜻한 물이 필요할 때 이용하고 있으며, 태양열 조리기는 각 반에서 달걀, 감자, 고구마 등을 삶으며 에너지 교육에 활용하고 있다.



샛별 초등학교는 '재생 에너지와 함께 하는 샛별 생태 교육'을 진행하고 있다. 2008학년도부터 환경 교육이 아닌, 생태 교육으로 이름 자체를 바꾸고, 모든 살아 있는 것들은 제 나름대로 살아갈 가치가 있다는 것과 그 속에서 사람들이 어떻게 해야 하는가를 아이들과 함께 생각하고 고민하는 시간으로 만들어 가고 있다.



생태교육 실천 활동으로 각 학년과 반별 재생에너지 교육을 2시간 이상 진행하고, 각 학년과 반에 에너지 지킴이 2명이 활동하고 있다. 지구의 날 기념행사와 F.I.C (Fast Food, Instant Carbonated, beverage) 추방운동, 승용차 없는 날 행사, 폐휴대폰 수거 캠페인, 여름철 에너지절약 캠페인 '에너지 빼기, 사랑 더하기', 과학의 날 기념-학년별 재생에너지 교육과 체험활동 등 다양한

행사에 참여하고 있다. 또 지역 환경단체와 함께 하는 바이오디젤 만들기 등도 진행했다.

셋별초등학교는 2009학년도부터 3, 4학년에서 에너지관리공단에서 발간한 ‘에너지와 놀아요.’ 라는 교재로 재량 시간을 확보하여 교육을 진행 중이다. 하지만 앞으로는 좀 더 체계적인 에너지 교육이 될 수 있도록 학년별 에너지 교육과정을 만들어 생태·에너지 교육을 정착시키기 위해 노력하고 있다. 또한 학교 교육 위주의 생태교육이 가정과 사회 속에서도 이루어질 수 있도록 학부모와 지역사회 구성원을 참여시킬 수 있는 프로그램의 개발에 힘을 기울이고 있다.

■ 앞으로의 과제

셋별초등학교는 태양광 발전기와 태양열 온수기와 오븐 조리기, 풍력 발전기, 자전거 발전기를 모두 갖추고, 이에 따른 교육과정까지 시행하고 있다. 2008년 재생에너지설비를 설치할 때 성대한 잔치를 열고, 지역 내 교육감과 교장 선생님들과 지역주민들이 관심을 보이는 점도 긍정적이다. 이후 관심도가 차츰 떨어졌다고는 하지만 지역과 학교, 교육기관이 함께 시작했다는 점이 장기적으로 교육이 지속될 수 있는 중요한 여건이 되었던 것으로 판단된다.

또한 에너지교육을 교육과정에 포함시키고, 지역 환경단체와 유기적으로 연계해 교육할 수 있던 것도 이러한 기반이 작용했을 것이다. 이는 향후 숲바태 학교를 추진할 때 반드시 참고해야 하는 요건이다. 학교 내 구성원(교장-교사-학생)과 지역(주민들)이 함께 한다는 숲바태 학교의 ‘목적’과도 일치한다. 하지만 역설적으로 학교장과 지역의 지원이 없는 상황에서의 숲바태 학교가 얼마나 어려운 여건인지를 짐작하게 해주기도 한다.

재생에너지 설비 중 풍력발전기는 여러 차례 수리를 해야 하는 고초를 겪었다. 축이 안 맞아 소음이 발생하기도 해 수업에 지장을 초래하기도 했다. 지금은 수리를 해서 잘 돌아가지만, 재생에너지 설비를 관리하는 일이 어렵다는 것은 보여주는 사례라 할 수 있다.

에너지 교육에 있어서도 교육과정에 포함되어 있다고는 하지만, 체계적인 교육 프로그램을 만들기 어렵다는 한계에 봉착해 있다. 에너지, 이산화탄소, 지구온난화 등 여러 가지 문제들이 결부돼 있는 재생에너지교육을 생태교육을 기반으로 어떻게 진행해야 하는지에 대한 고민은 계속되고 있다.

3) 제천 간디학교



제천 간디학교 풍력발전기

있었다. 그 결과 2007년 준공한 생활관과 학교 본관 지붕에는 태양광 시설이 들어서게 되었다. 그러나 계량기가 거꾸로 돌지 않는 문제, 낮에 소비되지 않고 남는 전기를 한전에 팔수 없는 문제 등 생각지 못한 문제가 발생했다. 비록 숲바터를 통해 설치되는 풍력, 태양광, 자전거 발전기가 소규모이긴 하지만 에너지자립으로 전환하는 데 있어서 큰 역할을 할 것으로 기대되었다.



전거를 돌려 전기를 얻어야 하는 상황이 되었다. 이후 개인 전자기기(전자사전, mp3)를 충전해서 쓰는 캠페인 등을 벌였으나 방학 이후 배터리가 방전되면서 사용하지 못하고 있다. 이 가운데 백동훈 학생이 개인적으로 대안기술센터에서 제작한 태양광발전기를 설치해 현관 전등(타이머 장치를 하여 저절로 꺼지도록 함)으로 사용하기도 했다.

2002년 간디학교가 제천에 등지를 틀 무렵 소규모의 풍력 모터와 조그만 태양광 패널이 부착된 하이브리드 발전기를 설치하여 건물의 일부 전기를 충당하면서 지속가능한 에너지에 대한 관심이 증폭되기 시작했다. 대안 학교인 만큼 기존 교육에서 하기 힘든 환경과 에너지에 관한 고민이 활발했던 것이 원인이기도 하겠지만 결국은 앞으로 환경을 파괴하지 않는 에너지 자립 구조로 가야한다는 데 모든 학교 구성원들의 의견의 공유가

2008년 풍력발전기와 자전거발전기를 설치하면서 주를 여는 시간(월요일 아침)을 이용하여 설치를 알리고 민들레공동체의 에너지자립 다큐멘터리를 시청했다. 설치한 풍력발전기는 전기 콘센트로 목공기구 등을 사용하는 데에 이용했다. 자전거 발전기는 축제 때 동아리 영상을 상영하는 데 사용했고, 가정학습을 거치고 배터리가 거의 방전(완전 방전 아님)되어 충전이 되지 않아 필요할 때마다 자

2009년 들어 중등 수업 과정으로 대안에너지 입문 수업을 진행했다. 그 내용은 환경가계부 쓰기, 전기란?, 원자력 발전, 생명 이웃 자연에 대하여, 태양·풍력·자전거 발전의 원리, 소수력 발전, 지열 에너지, 바이오 에너지 등이었다. 이를 위한 과제로 에너지 절약 아이디어와 캠페인, 내가 상상하는 대안 에너지 설계 등을 진행했다. 고등 작업장에서는 바이오 디젤 이론 및 실습, 대용량 생산 장치 만들기, 태양열 조리기 제작 및 효과 실험 등을 진행했고, 생산한 바이오 디젤은 학교 농사에 이용하는 경운기 연료로 사용하고, 대용량 장치는 강당 옆 수돗가에 설치했으며, 태양열 조리기는 해외 인턴십 현장에서 손쉽게 만들 수 있도록 종이와 알루미늄 호일을 이용했다. 2010년 들어서는 학생회 차원에서 ‘에너지 없는 날(캔들 나이트)’ 캠페인을 진행했다.

■ 앞으로의 과제

제천간디학교는 학교를 중심으로 귀농, 귀촌 가정이 늘고 있어서 농사, 생태, 대안, 순환, 지역화폐, 대안에너지에 대한 관심이 많은 곳이다. 멀리서 보이는 풍력 발전기와 학교 현관에 있는 자전거 발전기는 학교의 특색을 표현하는 한 가지 상징물일 수 있다. 하지만 설치물 활용이나 대안 에너지에 대한 관심을 이용한 교육이나 모임은 미비하다. 기숙형 학교를 운영하는 학교의 상황에서 전담자 없이 에너지 주제 교육이나 모임, 사업의 추진은 쉽지 않고 시작한다 해도 지금은 무리가 많다.

기존에 숲바태 프로그램을 담당하는 선생님이 개인적인 사유로 사직을 하면서 재생에너지설비 관리와 에너지교육에 어려움을 겪고 있다. 이는 학교 구성원들의 적극적인 동의와 지역이 뒷받침이 없는 상황에서 담당 선생님이 교체되었을 때의 전형적인 부정적 사례를 보여주고 있다.

현재 마을은 학교가 중심이 되어 비정기적인 마을 모임을 꾸려가고 있다. 이런 모임이 조금씩 자리 잡아가면 대안 에너지 소모임이 마을 안에 만들어지고 함께 공부하고 연구하면서 조금씩 학교와 지역에서 대안 에너지 교육과 활용 사례가 생겨나는 것이 자연스러울 것이다.

4) 남원 실상사 작은학교



실상사 작은학교 모습

실상사 작은학교는 생명평화를 실현하는 교육철학을 바탕으로 생태자립적이고 공동체적인 생활방식을 익힐 수 있는 여러 가지 교육과정을 운영하고 있다. 기후변화 등 생태계의 위기를 빚어내는 현재의 생활양식(과소비, 대량생산, 독점적 공급에 의존 등)을 돌아보고 소박한 생활, 자립적인 삶, 자유로운 삶을 위한 실천방식을 찾아 몸소 실천해보는 과정을 중요하게 다루고 있다. 그

과정 중 친환경적인 에너지 사용과 에너지 자립은 매우 중요한 내용이다. 학교 교육과정 중 3학년 2학기 수업인 '환경과 공동체'시간에 에너지 위기와 기후변화로 인한 환경 위기의 내용을 다루고 그 극복방안으로 에너지 절약이 가능한 생활방식과 대체에너지 개발과 사용에 관하여 다루고 있다. 과학교과 시간 중 전기에너지 생산방식에 관하여 알아보고 친환경적인 전기에너지 발전방식에 관하여 탐구하고 있다.



태양광과 풍력발전기

실상사작은학교에는 태양광 발전 시설이 있어서 주간전력은 이 시설에서 생산되는 전기를 사용한다. 태양광 발전은 여러 가지 장점이 있지만, 이미 설비가 갖추어진 시점에서는 이렇게 생산되는 전기도 수동적으로 사용하게 되는 경향이 있다. 실상사 작은학교는 봄, 여름에는 양봉으로 인해 풍력발전기 가동을 중단한다. 그러나 바람이 많이 부는 가을, 겨울에는

적극적으로 사용하고 있다. 생산된 전력은 교무실 선생님 컴퓨터 3대를 사용하는 데 활용하고 있다

■ 앞으로의 과제

실상사 작은학교는 교육철학을 바탕으로 지속적으로 에너지교육을 실행하고 있다. 하지만 숲바터를 통해 설치된 재생에너지설비를 활용한 교육에는 어려움을 겪고 있다. 이런 한계를 극복하기 위해 다양한 에너지 생산 시설을 갖추고 각 시설을 활용하며 서로 연결되는 세밀한 교육내용을 마련할 필요가 있다.

작은 학교는 자전거 발전기를 활용한 교육에 중점을 둔 계획을 가지고 있다. 자전거발전기 설치를 통해 지속적으로 몸으로 체험할 수 있는 에너지생산 시설을 갖추면 에너지절약과 대안에너지 생산, 에너지 자립에 관한 효과적인 교육이 이뤄질 수 있다.

이를 바탕으로 실상사 작은학교 학생과 학부모뿐만 아니라, 작은학교와 꾸준한 교류를 하고 있는 지역의 산내중학교와 산내초등학교 등의 공교육학교 학생들에게도 대안에너지 교육의 장으로 활용될 수 있다. 또한 학교를 방문하는 많은 분들과 지역주민들과 인드라망공동체 식구들 등 교육효과와 영향도 광범위하게 펼쳐질 수 있을 것이다.

5) 괴산 신기학교



괴산 신기학교 풍력과 태양광발전기

괴산 신기학교는 아이들부터 할머니, 할아버지까지 다양한 사람들을 대상으로 캠프를 진행하는 캠프 중심 학교이다. 신기학교 캠프에 있어 재미있는 부분은 전기를 쓰지 않는다는 것이다. 지구온난화를 일으키는 화석연료를 태워 만드는 화력발전소나 멀리 해안 마을에서 만들어져 오는 원자력 발전소의 전기를 쓰지 않겠다는 의지 때문이다. 하지만 캄캄한 밤에 화장실을 가는 것을 두려워하는 어린 아이들을 위해 화장실을 밝힐 전기를 직접 생산하기 위해 숲과 바람과 태양의 학교 프로젝트에 지원했다. 바람이 많이 부는 지역이라 풍력발전기가 뽕뽕 잘 돌아가며 돌아가는 풍력발전기와 신기학교에 설치되어 있는 자전거발 전기를 보며 지역 주민들이 자연스럽게 재생 가능에너지에 관심을 갖게 되었다고 한다.

숲바태 프로젝트로 설치된 발전기는 캠프 때 한국전력에서 제공하는 전기를 끊고 사용했다. 한 달에 한번(금요일~일요일) 짧은 학교를 1년에 10번 가량 진행하고 있다. 2007년에는 비둘기 합창단, 2008년에 연극(파랑새), 2009년과 2010년에는 작품까지 아이들이 만들어 진행했다. 친구이야기 프로그램은 20명 정도 참가했는데, 주말마다 내 인생의 자서전 등, 괴산의 청소년들과 함께 어른들로부터 역사를 배우는 시간을 열고 있다. 어른들은 자신의 삶을 돌아보고 어머니들이 시나리오를 만들고 배우로써 활동해 영화를 만들어 상영회를 열기도 했다.

■ 앞으로의 과제

괴산 신기학교는 최근에 내부적으로 학교 공간이 크고 관리하기도 힘들고 비용도 많이 든 까닭에 이사를 하게 되었다. 신기학교를 운영하는 데에 주변 마을 몇 가구가 비우호적이었다고, 도서관을 만들려는 계획이 불발로 끝나기도 했다. 폐교는 지역 주민들이 지었다는 특성 때문에 실질적으로 마을 재산이기 때문에 결정적인 사안에 있어서 주체적으로 사용하기에 불가능하다는 한계가 있었다.

신기학교는 숲바태 학교를 시작하면서부터 어려움이 예상되었다. 상설적으로 운영되는 학교인데다가 학교 운영도 어렵고, 지역과의 유대관계도 비우호적이었다는 점에서 무리한 시작이라는 지적도 많았다. 여기에 담당 선생님도 사정상 사직을 하는 바람에 지속적인 유지관리와 교육이 이뤄지지 못하고 있다. 숲바태 학교를 선정할 때에 고려해야 할 점들을 다시 한 번 상기시켜 주는 사례라 할 수 있다.

6) 의왕 더불어가는배움터 길



길학교 풍력과 태양과 발전기

배움터 길은 2007년 학교 설립 2년차부터 에너지수업을 진행해왔다. 에너지의 과학적 기초와 에너지 고갈에 따른 사회적 인식을 한 틀로 하고(2학년) 대안에너지는 무엇인가를 살펴보는 흐름(3학년)으로 수업을 진행해왔다. 2007년 2학년 수업 때는 두 선생님이 공동 수업을 진행했다. 2008년에는 단기 프로젝트로 원자력에너지 시설을 탐방했다. 그리고 지역의 시의원 초청 에너지환경관련 강연과 팔레스타인 인권활동가를 초청해 석유를 둘러싼 중동지역 상황과 인권문제에 대해 강연을 들었다. 지난 2년 동안 이화숙(봄비) 박진홍(통) 선생님이 배움터 길의 에너지 교과를 만들기 위해 헌신적으로 활동했다.

2009년 8월 숲과바람과태양의학교로 선정된 배움터길에 풍력 태양광 자전거발전기가 설치되었다. 이 발전을 통해 배터리로 모아진 전기 ($12V * 100A = 2400W$ 급)로 소박한 밥상에 밥을 짓는 대형밥솥을 돌리는 시도를 했다. 밥솥의 전기소비량($1460W/h$)에 걸맞게 대형인버터(배터리의 전기를 우리가 쓸 수 있게 하는 교류전기로 바꿔주는 장치)를 다시 주문하기도 했다.

더불어가는배움터 길 학교는 설치된 발전기를 활용한 ‘소박한 밥상’이라는 프로그램을 운영하고 있다. 일주일에 한 번씩 태양광과 풍력이 만든 전력에다 아이들이 직접 자전거발전기로 생산된 전기로 전기밥솥을 가동시켜 점심식사를 준비한다. 발전된 전기를 배터리에 모아 1주일에 한 번을 목표로 밥을 하는 이 과정은 상당히 신선한 반응을 불러일으켰다. 급기야는 2010년 1월 EBS 하나뿐인 지구 프로그램의 엔딩으로 에너지를 생각하는 배움터길이 나오기도 했다.

한편, 2010년 3월 27일 ‘2010 지구시간’부터 시작된 배움터길 캔들나이트 행사 때에는 발전된 전원으로 토스터기를 돌리기 시작했고 여름과 겨울 센터 특강 때 간식으로 식빵을 제공(자전거발전기로 토스터기를 돌려서 먹는 옵션)하면서 재생에너지 사용은 이어졌다. 이처럼 생존에 가장 필수적인 ‘음식’과 ‘에너지’를 결합하여 자연스럽게 아이들이 에너지에 대한 고민을 할 수 있도록 하고 있다.



재생에너지로 만드는 '소박한 밥상'



2011년 들어서는 '소박한 밥상'의 필요성과 의의가 소밥선생님들과 공유되면서 인원도 배치했지만 이번에는 발전기가 말을 듣지 않는 상황이 되었다. 근본적인 원인으로는 재생에너지 전기를 생산하고 저장하는 시스템에 한계가 있었다. 최근 대안기술센터에서 재생에너지 시설로 전기를 생산하는 방식과 아울러 태양열 오븐, 셰플러 조리기 등 직접 태양열을 집적해서 밥이나 요리를 하는 방법을 보고 이를 어떻게 적용할 수 있을지 주목하고 있다.

■ 앞으로의 과제

더불어배움터길 학교는 에너지교육 담당 선생님이 3명이다. 학교 구성원 중 함께 교육을 진행할 수 있는 교사가 다른 학교에 비해 많다는 것은 큰 장점이다. 그리고 이 기반을 바탕으로 음식과 에너지를 결합한 교육 프로그램을 성공적으로 진행했다. 하지만 재생에너지설비의 용량 부족, 기술적인 결함 등으로 프로그램이 지속적으로 이뤄지지 못한 것에는 아쉬움이 남는다.

배움터길은 2009년 하반기부터 중등 아이들과 자전거발전기 만드는 수업을 진행하고

있다. 그러나 자체 생산이 쉽지 않아 2011년 9월 말 산청 대안기술센터에 방문해 자전거 발전기를 추가 제작했다. 그만큼 자전거발전기 제작을 교육을 통해 시현해내는 데에 한계가 있었다.

배움터길은 학교 구성원 내에서 에너지 교육에 관한 공감대를 확고히 한 편이지만, 지역과의 연계에 있어서는 미흡한 점이 없지 않았다. 그래서 앞으로는 자전거 발전기를 지역 축제 등에 가지고 나가 지역과 함께 공유하는 프로그램들을 만들어나갈 계획이다. 또한 2010년 2월부터 지역주민, 학부모, 학생, 교사가 참여하는 ‘에너지모임’을 진행하고 있다.

7) 광주 푸른숲학교



푸른숲학교 풍력발전기 완성

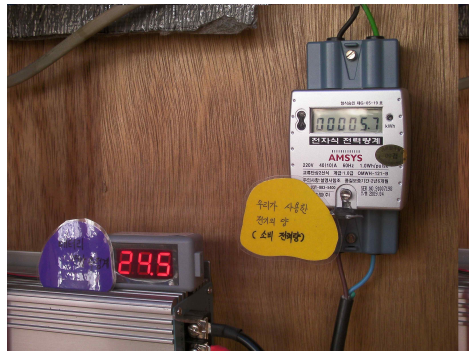
푸른숲학교에는 목공실과 각종 공구들이 있어 초등4학년부터 목공을 배운 9학년(중3) 이상 학생들은 약간의 도움으로 직접 풍력발전기 블레이드를 제작할 수 있는 수준이다. 발도르프과정의 대안학교에서는 '주기집중수업(에포크)'이라 하여 일정 기간 매일 몇 시간의 수업시간을 집중하여 배우는 과정이 있다.

전기에 대한 에포크 수업을 진행했는데, 여러 종류의 자석을 통해 자석의 자기력선과 자석에 관한 역사 공부를 하고, 자석과 전기의 관계를 밝혀내고 전동기의 원리를 발견해낸 '마이클 페러데이'의 전기를 심도 있게 다루었다. 건전지, 네오디움 자석, 코일, 클립을 이용한 간이 전동기를 만들어서 자신이 만든 전동기가 돌아가는

것을 경험하고, 그 역의 원리로 발전이 이루어진다는 것을 학생들에게 알려주기도 했다.



푸른숲학교 자전거발전기



전력 모니터링

그 후에 아이들과 현 시대에서 전기가 어디에 사용되는지 생각해보고 집에서 전기세고지서를 가져와서 각각 얼마의 전기를 쓰고 있는지 서로 비교해 보고 각 가정에서 사용하고 있는 전기 제품, 사용 습관 등에 대해서 이야기해보는 시간을 가졌다. 그리고 우리나라

라의 전기가 어떻게 생산되는지, 전기를 어떻게 사용해야 하는지에 대해서도 생각해 보도록 했다.

푸른숲학교는 발전기 최초 설치 후 각 교과 교사들 간의 협의를 통해 목공(블레이드제작)-과학(자석과 전기)-철학(환경)으로 이어지는 주기집중수업(통합교과)의 개발을 목표로 했다. 하지만 현재까지 진행되지 못했다.

현재는 태양광발전기에서 만드는 전력을 도서실 한 열의 전등을 밝히는 데에 활용하고 있다. 자전거 발전기는 처음에는 학생들이 흥미있게 돌리고 태양광발전기와 함께 발전량을 기록하기도 했으나 지금은 진행되지 않고 있다.

■ 앞으로의 과제

푸른숲학교는 재생에너지 설치 이후 설치된 발전 시설을 보기 위해 주변 학교, 지역 사람들이 학교를 많이 찾아왔다. 하지만 이후 시간이 지남에 따라 관심도가 떨어지고 있다. 학교 내에서의 공감대도 잘 형성이 되어 있지 않아 교육으로 이어지지 못하고 있다.

현재 풍력발전기는 바람이 많이 불지 않아 생산되는 전력이 많지 않은 것이 단점이다. 태양광 및 자전거 발전기로 얻어진 전기로 전등을 밝히기에도 조금 부족한 상황이다.

학교의 증축이 진행됨에 따라 과학실을 만들고, 자체 생산된 전기를 과학실에서 주로 사용하는 안을 계획하고 있다. 아울러서 전기의 생산에서 사용까지의 과정을 보여주고 학생들이 전기의 생산과 사용에 대한 내용을 실감하고 생각해 볼 수 있게 하는 방법을 모색 중이다.

8) 제주 문화학교 들살이



제주 문화학교 들살이 풍력발전기 완성

문화학교 들살이는 “지구촌 힘씨”를 이용해 에너지와 관련된 문제점, 재생가능한 에너지들에 대한 각각의 이해와 에너지절약에 대한 필요성 등에 대한 현장견학(행원 풍력단지, 환경센터 등) 등을 통해 생활 속에서 구체적으로 실천할 수 있는 것들에 대한 공유를 지속적으로 해오고 있다. 사례 중 하나로, 비닐하우스에 들어가 온실효과를 체험해 본다는가, 탄소발자국 수업을 통해 우리가 생활하는 일상생활 속에서 나도 모르게 만들어지는 생활 속의 이산화탄소에 대해 알아보기도 했다.

들살이는 바람이 너무 많이 불어 때로는 풍력발전기를 멈춰 놓기도 한다. 2009년 하반기부터 주말마다 지역, 학교 아이들과 함께 발전기 제작 수업을 진행하고 있다. 전동기 대신 낫을 사용하여 만들고 있다. 2009년에 설치한 풍력, 자전거, 태양광 발전기로 신축한 15평 기숙사 한 동의 에너지를 100% 충당하고 있다. 주변 지역 학교들, 단체들에서 견학하러 많이 방문한다. 2009년 말에는 마을 주민 중 생태에 관심이 많으신 분의 덕에 풍력발전기 함께 제작하여 설치했다.

■ 앞으로의 과제

문화학교 들살이는 바람이 많이 부는 제주도에 위치해 풍력발전기를 잘 활용할 수 있는 여건을 갖추고 있다. 또한 기숙사 한 동을 선택해 재생에너지 발전 시설을 집중시킨 점도 긍정적이었다. 주변 지역 학교들과 단체들의 관심을 끌어 지속적인 유대 관계를 이룰 수 있는 조짐도 보였다.

하지만 에너지를 담당하던 열정적인 선생님 한 분이 개인 사정상 사직하고 이주하면서 이후 제대로 된 관리와 교육이 이뤄지지 못한 한계를 나타냈다. 학교 내 구성원 중 담당자의 유무가 숲바태 학교를 지속하는 데에 크게 작용한다는 점을 다시 한 번 확인할 수 있는 대목이다.

9) 안양 부흥고등학교



부흥고등학교 풍력발전기와 전광판

부흥고등학교는 경기도 안양의 신도시지역인 평촌에 위치하고 있다. 2003~2004년 2년 간 환경교육시범학교로 운영돼 우수학교로 선정된 바 있고, 1,3학년에 걸쳐 환경교과가 개설되어 지속적이며 깊이 있는 환경교육을 실시하고 있다. 2009년 학교교육계획에 에코-그린스쿨 사업을 포함시켜 기후변화 대응 교육, 지속가능발전 교육 등 미래 세대를 친환경적으로 길러내기 위한 기회로 삼고 있다. 경기도교육청의 에코-그린스쿨 선도교로 지정되어 학교 내 탄소 발생량을 줄이고, 에너지 절약 및 물질 순환, 신재생 에너지와 녹색기술 등에 대한 교육프로그램을 연구하여 안양 지역 환경교육의 거점 역할을 기대하고 있다.

부흥고등학교는 발전기에서 생산되는 전력이 많지 않은 편이라 해당 시설과 그 의의를 학생들과 지역에 알리는데 보다 비중을 두고 있다. 사람들 눈에 잘 띄는 곳에 전광판을 설치해놓고 태양광, 풍력, 자전거로 생산된 전력으로 이를 운영하고 있다. 풍력도 잘 들고 자전거발전기는 학생지도용과 손세정제 운영용으로 활용한다.



부흥고 게시판



자전거발전기와 학생들

설치된 발전기를 보기 위한 주변 일반학교 선생님들이 많이 방문하고 있다. 방문하시는 분들이 활용방안에 대해 다양한 아이디어들을 내기도 하고, 추가 설치에 대한 기회를 기다리고 계신 분들이 많았다고 한다. 또 자전거 발전기가 설치된 옆 벽면을 활용해 풍력, 자전거, 태양광 발전기뿐만 아니라 자연의 힘을 이용하며, 발전 과정에서 환경 영향이 적은 발전을 테마로 한 교육 자료를 게시하고 있다.

부흥고등학교 사례는 아리랑TV에서 촬영한 바 있으며, 방송 내용은 신입 생 오리엔테이션 때 상영한다. 학교 내에 지역환경단체와 함께 하는 환경기자단이 있는데, 발전기 기사가 실리기도 했다. 환경동아리 활동이 활발하게 운영 중이어서 2009년에는 경기도교육감 대상을 받기도 했다. 동아리 활동을 하는 학생 중에는 신재생에너지전문가를 꿈꾸는 친구도 있다.

■ 앞으로의 과제

부흥고등학교는 공립학교로서 숲바태 학교를 시도했다는 점에서 의의가 크다. 또한 담당 선생님의 열정과 알찬 기획으로 학교 내에 재생에너지설비와 교육이 자리잡을 수 있었다. 동아리활동을 통한 교육이 활발히 진행 중인 것도 장점이다.

그러나 공립학교의 교육과정상 에너지교육을 교과과정에 반영하는 데에 어려움이 있다. 또한 최근 교과과정이 바뀌면서 학교 내에 환경 교과 선생님의 수가 줄게 되었고, 담당 선생님도 10년간 지내왔던 학교를 떠나야 할 상황에 직면하고 있다. 이에 따라 재생에너지 설비 관리와 교육을 담당할 후임자를 정하는 데에 어려움을 겪게 될 예정이다.

10) 광명 YMCA법씨학교



법씨학교 풍력발전기 설치

법씨학교는 2009년 6월, 청소년과정 친구들과 2박 3일간 대안기술센터에서 대안에너지 캠프를 실시했다. 태양열 조리기와 바이오디젤 제작 등과 기후변화 에너지 등에 대한 강의를 들었다. 제작 워크숍 이후 2009년 2학기부터는 화성YMCA의 도움을 받아 자전거 발전기 2대를 제작하기도 했다. 자전거발전기를 지역의 행사에서 선보이고 푸른광명 21 등과 함께 교류했다. 교사 3명이 지역에서 여는 기후변화, 에너지 워크숍에 참여하기도 했으며, 아이들 위원회인 '알뜰쌀뜰 살림부'에서 자전거 발전기를 관리하기로 했다.

설치된 발전기에서 생산되는 전력은 도서관 형광등을 밝히는데 사용하고 있다. 아이들이 자전거발전기를 일부러 돌리진 않고 배터리 용량이 부족하다는 경고음이 들리면 3일에 1번 정도 돌린다. 각 반별로 에너지 수업을 실시했다.

■ 앞으로의 과제

발전기가 설치된 이후 풍력발전기는 여건상 발전량을 거의 얻지 못하는 실정이고, 자전거 발전기는 분명한 목표가 제시되지 않아 제작워크숍 설치 이후 아이들이 놀이형식으로 타는 것 외에 활용되는 사례가 없다. 발전기는 설치되었으나 이를 교육적으로 활용하고 아이들에게 내용으로 전달할 수 있는 부분이 부족하여 계획을 세우기도 어려운 실정이다.

법씨학교의 경우 이처럼 재생에너지 설비를 통한 교육이 잘 이뤄지지 않고 있다. 숲바태 학교 교사들과 녹색연합이 함께 법씨학교에서 교육워크숍을 진행하기도 했으나 차후 교육으로 이어지지 못했다. 담당 선생님의 휴직으로 인해 교육을 담당할 교사가 없는 상황이다.

11) 과천 맑은샘학교



재생에너지로 불을 켜 컨테이너 교실

맑은샘학교는 학교 교육 과정으로 4~6학년 학생들이 '과천 환경21'이라는 단체에서 여는 기후변화 학교에 참여한다. 선생님 한 분이 학교에 와서 한 달에 한 번씩 기후변화에 대한 교육을 진행하고 있다. 어린이들은 '내 삶'과 바로 연관된 일이기도 하거니와 신문과 텔레비전 연일 보도되는 뉴스를 공부로 이어가니 관심과 호응이 아주 좋다고 한다. 또한 학교에서는 계기 수업으로 캔들 나이트, 차 없는 날들을 통해서 에너지의 중요성은 물론 에너지 사용에 따른 기후변화에 대한 이야기를 나누고 있다.

■ 앞으로의 과제

맑은샘학교 선생님들은 대안에너지 교육의 필요성에 대해 공감하고 있다. 하지만 어떻게 아이들에게 자발적인 교육으로 연결시킬 지에 대한 어려움이 있다. 학교 본 건물 앞 컨테이너 교실에 설치한 태양광, 풍력, 자전거 발전기를 어떤 방식으로 교육에 활용할지 고민이다. 학생들이 자전거 발전기로 전기를 생산하여 형광등, 선풍기, 카세트를 1달 정도 사용하기도 했다. 하지만 선생님들이 발전기 사용법에 대해 정확히 숙지하지 못해 지속적인 교육에 어려움이 있다.

먼저 선생님들을 대상으로 한 워크숍과 교육을 진행하고, 컨테이너를 대안에너지 교육 공간으로 꾸미는 것을 계획했다. 그러나 최근 학교가 이사를 하면서 재생에너지 설비를 어떤 방식으로 재설치해야 할지 고민하고 있다.

12) 원주 한알학교



발전기를 만들고 있는 한알학교 학생

한알학교는 ‘생명평화’사상의 가치를 구현하고자 하는 교육철학에 부합하는 대안에너지 교육의 필요성을 절감하고 ‘숲과 바람과 태양의 학교’에 문을 두드렸다. 한알학교 대강당은 복합문화공간으로 활용된다. 문화마당 시간에 빔프로젝트를 이용해서 영화상영 및 수업 등에 활용하기도 하고, 아이들이 스스로 운영하는 학교 방송을 송출하기도 하며, 탁구나 요가 등 아이들의 몸놀림의 장으로도 활용하고 있다. 이에 풍력과 태양광발전기는 학교 본관 옥상에, 자전거발전기는 강당 안에 설치했다.

한알학교는 대안에너지로 방송하는 ‘한알 에코라디오’를 준비 중이다. 방송반 아이들을 중심으로 초록별환경뉴스, 한알에너지뉴스, 한알가족생활

정보를 방송할 야심찬 목표를 세웠다. 자전거 발전기는 학생들 심심풀이 정도로 사용되고 있는데, 2시간 정도 충전하면 전력사용이 가능하다. 현재 재생에너지로 생산된 전력은 강당의 프로젝터와 스테레오 등에 사용하고 있다.

■ 앞으로의 과제

한알학교는 담당 선생님이 에너지교육과정을 기획하고 실행하려고 시도했으나 학생들의 호응도가 적어 진행하지 못했다. 한알 에코라디오를 준비 중에 있으나 재생에너지에서 생산되는 전력만으로 방송을 하기에 어려움이 있어 아직까지 시행하지 못했다. 향후 설비를 확충하는 등의 변화를 꾀해야만 방송을 할 수 있을 것으로 예상된다.

앞으로는 마을이 바이오디젤에 초점을 맞춘 만큼 산청과 부안에서 컨설팅을 받아 농촌 현실에 맞는 바이오디젤에 대한 내용을 에너지 교육 내용에 포함할 예정이었다. 하지만 최근 담당 선생님이 사직하면서 이후 프로그램을 담당해야 할 교사를 정해야 하는 상황이 되면서 계획을 실행하는 데에 차질이 생긴 상황이다.

제 3부 국내 기후변화 대응을 위한
학교 사업 사례



제 3부 국내 기후변화 대응을 위한 학교 사업 사례¹⁾

1. 교육과학기술부와 서울시교육청의 ‘그린스쿨’ 사업

교육과학기술부가 재정 지원하고 시도 교육청이 참여하는 그린스쿨(Green School)사업은 2009년부터 ‘일자리 창출을 위한 녹색 뉴딜(New Deal) 사업의 일환으로 진행되고 있다. 교과부는 2009년에 ‘지방교육재정교부금법’에 따라 지원하는 교육환경개선비 증액금 2,000억원을 그린스쿨 사업에 배정하도록 각 교육청에 요구했고, 한 학교당 50억원씩 전국 초·중·고등학교 40개교를 대상으로 사업을 실시하기로 했다.

실제 2009년에 진행되었던 전국 그린스쿨 시행 학교는 52개 학교이고, 총 사업비는 1,965억원이었다. 2010년에 시행 학교는 56개 학교, 총 사업비는 1,371억원이 사용되었다.

서울시 교육청은 2009년에 246억원의 예산으로 8개 학교를 대상으로 그린스쿨 사업을 진행했다. 2010년에는 정부의 그린스쿨 예산이 줄어 120억원의 예산으로 3개 학교를 지원했다.

<표> 그린 스쿨 사업 현황

2009년 사업 집행 내역		2010년 확정사업 내역	
학교명	집행액 (백만원)	학교명	예산액 (백만원)
신화초등학교	4,563	신답초등학교	4,166
발산초등학교	4,663	구산중학교	4,534
양재초등학교	3,025	이태원초등학교	3,300
석관초등학교	4,411		
오류중학교	4,683		
국사봉중학교	4,921		
용곡중학교	3,036		
경기기공	5,394		
합계	34,629	합계	12,000

출처: 서울시 교육청 내부자료 재구성

에너지기후정책연구소, 서울시 교육청 그린스쿨 전략연구, 2011

사업 진행 방식은 교과부가 각 교육청에 예산과 대상 학교수를 배분하면, 교육청은 산하 학교 중에서 대상 학교를 발굴하고 사업계획서를 교과부에 제출한다. 그 후 교과부가 사

1) 에너지기후정책연구소가 ‘2011 서울시 교육청 연구과제 보고서’로 2011년 제출한 ‘서울시 교육청 그린스쿨 전략 연구’를 연구담당자의 허가를 얻어 참고해 작성하였음을 밝혀둔다.

업계획서를 검토하여 해당 교육청에 확정 통보하면, 확정된 학교별로 설계용역을 진행하여 공사를 진행한다. 이후 사업진행 현황에 대해 교과부가 6월, 9월, 12월에 점검한다.

서울시 교육청의 사업 선정의 기준은 ‘주변 신설학교와 시설격차가 심한 노후학교’이며, ‘건물 외부 조경 상태, 시설물 안전등급, 구조, 외벽마감재 및 내부 마감재 재료 상태 등을 고려하여 개축보다 친환경적으로 개보수가 경제적이라고 판단된 학교’이다.

<표>그린 스쿨 주요 사업 내용

학교유형별	주요 사업내용
1. 생태학교/자연친화형 학교	수목조성, 학교 옥상 정원화 조성, 생태연못 조성, 친환경 포장재 개선, 자전거 주차장 및 자전거 길 조성 등 자연 체험형 학교 조성
2. 에너지절감형 학교	태양광 옥외 가로등 설치, 지열 및 태양열 에너지를 이용한 냉·난방 및 급탕 설비, 빗물이용 시설, LED 조명시설 설치/고효율 조명기구 설치, 에너지 절약형 창호 교체, 심야전력 도입시설 설치, 원격 자동제어 시스템 도입 등
3. 친환경 소재형 학교	친환경 외장재, 천연형 벽지·바닥재·내장재, 친환경형 도색, 석면함유 텍스교체 등

자료 : 서울시 교육청 교육시설과, 2009

에너지기후정책연구소, 서울시 교육청 그린스쿨 전략연구, 2011

서울시 교육청이 제시하고 있는 그린스쿨 사업에 포함될 주요 단위사업은 다음과 같다. 각 학교 단위로 실시되는 그린스쿨 사업에서 ‘친환경, 에너지절약시설’ 관련 예산을 전체 시설비의 50% 투자하도록 규정하여, ‘기존 교육환경개선 사업과의 차별화’를 시키도록 요구하고 있다. 또한 해당 학교에서 작성하도록 되어 있는 ‘그린스쿨 사업계획서’에서 제시하고 ‘친환경’으로 구분될 수 있는 단위 사업 내용을 보면, ‘생태학교 조성’, ‘신재생에너지 설치’, ‘빗물이용 시설 설치’, 친환경자재 사용, ‘에너지절약형 시설 개선’ 등으로 구분하도록 했다.

<표> 그린 스쿨의 주요 단위사업 내용

분야	단위사업
에너지절약	LED 조명등 교체
	고효율 조명기기 교체
	태양광 가로등 설치
	창호교체
학교 자전거 이용활성화 추진	자전거 거치대 설치
	공기주입기 설치
실내 공기질 향상	텍스교체
	친환경 페인트 도장
생태 공간 조성	옥상 공원
	생태연못
	휴게 공간 조성
	학교 숲 조성사업
빗물 이용시설	집수시설, 저류시설, 처리시설 및 활용 시설, 침투 시설, 원격제어시설
기타 단위사업	지열 에너지

출처: 서울시교육청 교육시설과, 2009

에너지기후정책연구소, 서울시 교육청 그린스쿨 전략연구, 2011

2. 서울시의 '에코스쿨' 사업

서울시는 2009년 학교 건물에너지합리화사업(BRP)의 일환으로 62억원의 예산을 투자하여 초·중·고등학교 31개 학교를 대상으로 '에코스쿨' 사업을 실시했다. 학교당 대략 2억원 정도의 예산이 사용되었다. 서울시는 사업 목적으로 '서울 소재 학교건물을 대상으로 건물에너지합리화사업을 시범적으로 추진하여 에너지 절감은 물론 학생들에게 에너지 절약 정신을 일상 속에서 배우고 실천할 수 있도록 한다'는 점을 제시하였다.

이 사업에서 진행된 세부적인 사업은 태양광발전 시설 설치, 태양광 가로등 설치, LED조명 설치, 태양열 시설 설치, 단열필름 부착, 전력피크 제어기 설치, LED태양광가로등 설치, 단열창호 설치이다. 이 중, 태양광 설비는 456.8kW가 설치되었다.

2009년도 서울시 에코스쿨 시범사업 추진 현황을 보면, 총 60억원을 투자하여 총 31개 학교의 에너지 사용량 149.02TOE를 절감했으며, 평균 4.72%의 에너지 절감률을 보였다.

한편 에코스쿨은 서울시의 예산 미배정으로 2010년과 2011년도에 진행되지 못했으며, 에코스쿨 진행과 관련하여 교과부와 서울시 교육청과 협의하겠다는 계획도 예산 미확보로 인해서 진행되지 못했다.

<표> 에코스쿨 사업 내역 및 효과

교육청	학교명	'08년도 사용량 (TOE)	사업효과		사업비(원)	사업항목
			절감량 (TOE)	절감률 (%)		
서울시 교육청 (6)	공항공	152	5.93	3.9	197,017,600	- 태양광발전(21.6kW)
	양재고	121	3.96	3.41	202,284,680	- 태양광발전(14.4kW) - 태양광가로등
	여의도 고	120	4.36	3.63	194,861,380	- 태양광발전(15.2kW) - 태양광가로등
	상계고	126	3.85	3.06	192,706,720	- 태양광발전(12kW) - LED조명(복도,도서관,관리실)
	청량고	166	5.99	3.61	194,705,380	- 태양광발전(20kW) - LED조명(화장실)
	석관고	140	5.61	4.08	200,807,460	- 태양광발전(16.8kW) - 단열창호
동부(2)	전곡초	163	5.33	3.27	193,629,880	- 태양광발전(20kW) - LED조명(복도, 화장실)

	상봉중	84	2.32	2.76	192,959,750	- 태양광발전(4.8kW) - 태양열설비(196,000kcal) - LED조명(복도, 화장실)
서부(3)	성산초	100	5.27	5.27	200,000,000	- 태양광발전(19.2kW)
	녹번초	95	5.27	5.55	200,000,000	- 태양광발전(19.2kW)
	홍은중	75	5.27	7.03	200,000,000	- 태양광발전(19.2kW)
남부(3)	문백초	75	6.01	8.01	198,179,115	- 태양광발전(14.4kW) - 단열필립 부착(39실)
	영서초	69	4.36	6.32	198,348,700	- 태양광발전(14.4kW) - LED조명(5실)
	당산서중	95	6.5	6.84	183,263,695	- 태양광발전(14.4kW) - 단열필립 부착(37실)
북부(2)	노원초	92	3.22	3.5	50,602,720	- 단열필립 부착(48실, 760m3)
	방학중	77	8.57	11.13	292,542,040	- 태양광발전(31.2kW)
중부(3)	흥인초	68	4.12	6.06	162,992,950	- 태양광발전(15kW) - LED태양광가로등 2개소
	교동초	30	2.75	9.17	193,161,000	- 태양광발전(10kW) - LED태양광가로등 2개소
	후암초	97	2.75	2.84	210,569,000	- 태양광발전(10kW) - LED태양광가로등 2개소
강동(2)	성일초	208	3.96	1.9	200,732,800	- 태양광발전(14.4kW)
	풍압초	137	4.12	3.01	195,600,120	- 태양광발전(15kW) - LED태양광가로등(5개소)
강서(2)	개화초	62	6.19	9.98	211,000,000	- 태양광발전(19.2kW) - LED조명(교실 10실) - 태양광가로등(4개소)
	양동중	96	3.10	3.30	189,000,000	- 태양광발전(9.6kW) - LED조명(교실 10실) - 태양광가로등(4개소)
강남(2)	대청초	31	4.05	13.06	200,000,000	- 태양과열전(14.4kW) - LED태양광가로등 - LED조명(복도)
	방배중	68	3.91	5.75	200,000,000	- 태양과열전(14.4kW) - LED태양광가로등 - LED조명(복도)
동작(2)	대림초	111	5.33	4.8	199,949,560	- 태양광발전(17.6kW) - LED조명(화장실, 복도)
	신우초	81	5.77	7.12	199,894,450	- 태양광발전(19.2kW) - LED조명(화장실, 복도)
성동(2)	동자초	88	5.12	5.82	199,275,170	- 태양광발전(15kW) - 단열필립 부착(8실, 540m3) - LED조명(복도, 관리실, 화장실)
	용마초	142	5.42	3.82	199,170,010	- 태양광발전(15kW) - 단열필립 부착(18실, 1215m3) - LED조명(특별교실, 화장실)
성북(2)	일신초	89	4.21	4.74	176,739,030	- 태양광발전(11.2kW) - LED조명(8실) - 단열창호(9.5실)
	동신초	99	6.4	6.46	198,285,370	- 단열창호(44실)
합계		3,157	149.02	4.72	6,028,278,580	

출처 : 조승수 의원실 제출 자료

3. 서울시 교육청의 ‘서울형 생태환경 모델학교 사업’²⁾

서울시 교육청은 2011년 ‘서울형 생태환경 모델학교’ 사업을 진행하기로 했다. 사업목적은 미래형 친환경적 교육환경을 조성하여 기후변화에 대처하고, 기후변화와 환경보전을 위한 의식을 고취하며, 다양한 환경교육 프로그램을 통해 환경교육을 활성화한다는 것이다.

이 사업은 초·중·고등학교 각 3개교씩 총 9개교를 공모를 통하여 선정하고, 자문위원단을 구성하여 시설 설치 및 운영프로그램을 자문받아 운영된다. 심사기준은 ① 학교장과 교직원의 의지, ② 학교환경교육의 적절성, ③ 설치·운영계획서의 적절성, ④ 프로그램의 효과성, ⑤ 모델학교의 실행 및 관리방안으로 제시되어 있다. 사업비는 총 9억원이 지원될 예정이다.

사업 실행 내용은 다음과 같다.

- 학교 숲·생태텃밭·생태연못 조성, 친환경교실 꾸미기, 비오톱사업 실행
- 친환경교육을 위한 조형물(생태시계 등) 설치, 친환경 관련 전기 공간 운영
- 기후변화, 에너지 교육 프로그램 개발 및 적용
- 단열, 절전, 절수 프로그램으로 에너지 사용 효율화
- 학교 내 태양열, 태양광 발전, 풍력발전, 자전거발전기 사업
- 중수도 시설사업, 저비용 고효율 조명(LED 조명 등) 설치
- 환경생태체험 거점학교로 인근 지역 학생 및 주민대상 교육

사업추진계획을 보면, 2011년 5월 계획수립 및 안내, 6월 공모계획서 수합 및 선정, 7월~12월 사업시행 및 운영, 2012년 2월 사업결과 및 추진실적 보고가 예정돼 있다. 현재 총 9개교(초6교, 중2교, 고1교)가 모델학교로 선정돼 설치 및 운영이 진행 중이다.

<표> ‘서울형 생태환경 모델학교’ 설치 및 운영학교 명단

구분	학교명
초등학교	대명초, 서정초, 신영초, 양남초, 정심초, 혜화초
중학교	남성중, 휘경여중
고등학교	신도고등학교

2) 서울시 교육청(미래교육인재과), 과학·영재교육 주요업무계획, 2011

제 4부 지속가능한 '숲과 바람과 태양의 학교' 만들기

1. 국내 기후변화 대응학교 사례의 시사점
2. 숲과 바람과 태양의 학교가 나아갈 길

<에너지 캠페인>

이제는
녹색스위치를
켜요

날로 심각해지는 지구온난화를
다시 돌려놓는 것은 우리의
목입니다. 그래서 이전
'녹색스위치'를 켜고자 합니다.

주관: 녹색연합
푸른꿈고등학교

후원: 녹색연합

제 4부 지속가능한 ‘숲과 바람과 태양의 학교’ 만들기

1. 국내 기후변화 대응학교 사례의 시사점

1) 에너지 절약 및 효율화, 재생에너지 시설 도입

교과부와 서울시, 그리고 서울시 교육청에서 진행하고 있는 기후변화 대응을 위한 학교 사업은 학교 에너지 절약 및 효율화, 재생에너지 시설 도입 등의 필요성을 인식해 시설 도입 등이 이뤄지고 있다는 점은 긍정적이다. 하지만 교과부에서 시행하는 그린스쿨사업과 서울시의 에코스쿨 사업의 경우 시설도입에 치중한 나머지 실제 에너지 교육 프로그램과의 연계성을 찾아볼 수 없다는 한계를 보였다. 또한 그린스쿨 사업의 경우 한 학교당 30~40억원에 이르는 예산을 투입한 것에 비해 실제 진행 상황에 대한 점검 및 평가를 파악할 수 없는 상황이다. 상대적으로 적은 학교당 대략 2억원 정도의 예산이 투입된 에코스쿨의 경우 재생에너지 설비 보급을 통한 에너지절감량을 확인할 수 있는 것과 대조적이다.

2) 장기적인 비전 및 구체적 교육 프로그램에 대한 준비 부족

교과부의 그린스쿨과 서울시의 에코스쿨 사업은 장기적인 비전과 구체적인 프로그램에 대한 준비가 부족하다고 평가된다. 사업의 지속성을 위해서는 안정적인 예산 확보가 중요한데, 두 사업 모두 채 3년이 되기도 전에 예산의 감축과 부족으로 인해 더 이상 실행되고 있지 않다는 점이 한계로 지적된다. 또한 두 사업 모두 구체적인 교육 프로그램에 대한 준비가 전무한 실정이다. 학교 건물 등 시설에 집중한 나머지 학교 현장 교육에 대한 계획 및 준비가 부족했다. 반면 서울시 교육청의 ‘서울형 생태환경 모델학교 사업’은 시설 및 설비를 설치하는 사업과 기후변화, 에너지 교육 프로그램의 개발 및 운영 사업을 모두 포괄하고 있다는 점이 긍정적으로 평가된다.

3) 사업의 계획 및 시행절차상 공개성 및 참여성 결여

사업의 계획 및 시행 절차에 있어서도 공개성과 참여성이 떨어지는 등 여러 가지 문제점이 발견된다. 특히 교과부의 경우 사업 시행과정에서 사업의 조기 집행을 시도하면서 일선 교육 현장에서는 프로그램에 대한 이해와 참여도가 부족했고, 이에 따라 교육과 연계되는 프로그램을 개발하는 데에도 어려움을 겪을 수밖에 없었다. 이러한 일방적인 사업 진행은 에너지 절약과 환경개선 그리고 환경교육의 강화보다는 정부의 일자리 창출 전략인 녹색뉴딜 사업의 일환으로 사업이 추진되었기 때문으로 보인다.

2. 숲과 바람과 태양의 학교가 나아갈 길

1) 학교 구성원(학교장, 교사, 학생, 학부모)들의 적극적인 참여방안 마련

숲과 바람과 태양의 학교가 지속적으로 운영되기 위해서는 먼저 사업계획 및 공모 과정에서부터 실제 사업이 운영되는 과정에 이르기까지 학교 구성원들이 적극적으로 참여할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 실제 사업이 진행되는 과정에서 가장 어려웠던 점 중 하나는 담당교사의 추진 의지와 신상 변화가 전체 사업에 커다란 영향을 미친다는 것이었다. 특히 담당교사가 사직을 할 경우 시범학교에서 사업을 진행할 주체가 사라지면서 후속 사업을 이어갈 수 없는 상황이 발생했다. 이는 학교를 운영하는 구성원 즉, 학교장, 교사, 학생, 학부모들간의 협력체계를 바탕으로 사업이 시작되지 못한 한계에서 비롯된 것으로 보인다. 시범학교 중 지속적으로 사업이 진행되고 있는 곳은 교사의 추진의지가 강하거나 동료교사와의 협력구조가 갖춰져 있는 학교였다.

국내 기후변화대응학교 사례의 시사점에서도 공개성 및 참여성의 결여가 문제점으로 지적되었다. 어떤 사업이든간에 학교 구성원간의 참여가 결여된 사업은 지속적으로 진행될 수 없음을 알 수 있는 대목이다.

지속가능한 숲과 바람과 태양의 학교를 만들기 위해서는 학교 구성원간의 사업 진행을 위한 논의 및 실행 구조를 마련해야 한다. 그래야만 사업의 지속성과 장기적인 비전을 담보할 수 있을 것이다.

2) 재생에너지 설비 확충 및 학교 환경에 맞는 설비 도입

국내 기후변화대응학교 사례는 재생에너지 시설 도입에 집중한 나머지 구체적인 교육 프로그램은 등한시한 문제점을 안고 있다. 이에 반해 숲과 바람과 태양의 학교는 상대적으로 소규모 재생에너지 설비임에도 불구하고 자체 제작 워크숍 등을 통해 설비를 적절히 교육에 활용하는 모습을 보였다. 하지만 규모가 워낙 작다보니 적절한 활용수단을 찾는 데에 근본적인 한계가 직면할 수밖에 없었다. 이를 해결하기 위해 몇몇 시범학교들은 자체적으로 설비를 확충하거나 설비를 늘리기 위해 시도하고 있다. 향후 사업의 지속성을 위해서는 재생에너지 설비를 확충할 수 있는 예산 마련이 필요하다.

또한 학교 환경에 맞는 설비를 도입하는 것이 필요하다. 바람이 잘 불지 않는 곳에 설치된 풍력발전기가 실제적으로 활용되지 못한 사례들을 쉽게 발견할 수 있다. 태양광 발

전 설비의 규모를 확대해 보급하는 한편, 실제 교육현장에서 활용하기 적절한 자전거발 전기를 추가적으로 제작하거나 태양열조리기 등을 보급하는 방안을 고려해야 한다. 아울러 농촌지역 학교를 대상으로 한 바이오에너지 설비 교육 및 도입 방안을 마련해야 한다.

3) 에너지교육 프로그램 개발에 대한 지원

국내 기후변화대응학교와 숲과 바람과 태양의 학교 사업에서 나타나는 공통적인 문제점은 바로 에너지교육 프로그램 개발에 대한 지원에 부족했다는 점이다. 숲바태 사업의 경우는 재생에너지 설비를 직접 제작하는 교육에 대부분의 예산이 집중된 반면 실제 교육현장에서의 에너지 교육 프로그램에 대한 지원은 부족했다.

에너지교육 프로그램을 개발하는 데에는 예산을 지원하는 것도 중요하지만 교육 프로그램을 만들 수 있는 협력구조를 형성하는 것이 보다 더 중요하다. 학교 구성원들이 교육 프로그램을 개발해 실제 교육에 적용할 수 있도록 돕는 멘토링 사업구조를 마련해야 한다.

4) 지속적인 관리 및 예산 확보 방안 마련

지속적인 관리를 위해서는 지속적인 관리를 위한 협력체계와 예산 지원이 전제되어야 한다. 국내 기후변화대응학교 사례와 같이 예산 지원이 갑자기 중단될 경우 사업이 지속될 수 없음은 명백하다. 숲바태 사례의 경우도 지속적인 예산 확보 방안이 마련되지 않은 한 사업을 지속할 수 없는 상황이다.

보다 근본적으로는 학교 구성원 스스로 재생에너지설비와 교육에 관한 지속적인 관리를 할 수 있도록 만드는 방안이 모색되어야 한다. 그러기 위해서는 사업의 지속적인 시행을 위한 학교 구성원간 협력구조가 갖춰져 있어야 한다. 이는 지속가능한 사업을 위해서는 사업 초기 설계과정에서부터 지속적인 관리를 고려한 사업시행이 필요하다는 점을 명확하게 보여준다.

제 5부 우리가 직접 만드는 대안에너지

1. 풍력 발전기
2. 자전거 발전기
3. 태양광 발전기
4. 태양열 오븐



제 5부 우리가 직접 만드는 대안에너지

숲바태 학교에 설치하는 재생가능에너지 시설은 ‘대안 기술’을 통해 만들어진다. 대안 기술은 E.F. 슈마허가 말하는 ‘작은 것이 아름답다’에 기반을 두고 있다. 슈마허는 ‘적정 기술’을 통해 지역의 자립을 돕고, 사람들의 일자리를 보호하며, 가난을 극복해야 한다고 말했다. 대안기술 센터 이동근 소장은 영국에서 배워 온 대안에너지 기술을 통해 이를 실현하기 위해 노력하고 있다. 대안 기술은 전문가나 대기업이 독점한 기술이 아니라 어느 누구나 적절한 기술을 통해 만들 수 있기 때문에 사람이 기술로부터 소외되지 않는다.

숲바태 학교는 누군가가 만들어서 설치해 주는 재생가능에너지설비가 아니라 학교의 주체인 선생님과 학생이 직접 재생에너지설비를 만들어서 학교에 설치하고, 이를 교육에 활용하는 것에서 시작된다. 이렇게 해야만 기술로부터 소외되지 않는 교육이 진행될 수 있으리라 믿기 때문이다.

숲바태 제작 워크숍은 매년 여름에 약 일주일 간의 긴 기간 동안 진행된다. 공모를 통해 선정된 학교의 선생님들이 워크숍에 참석해 자전거, 풍력, 태양광 발전기를 직접 제작한다. 짧은 기간 동안 각종 공구를 사용하며 직접 발전기를 만든다는 것은 쉽지 않은 일이다. 그리고 그 기간 동안 발전기의 원리와 제작을 함께 이해할 수 없는 한계도 존재한다. 제작워크숍에 참가한 선생님들은 워크숍 참가 후 평가를 통해 보완해야 할 점들을 제시해주었다. 주로 태양광, 풍력, 자전거 발전기 외에 각 지역에 맞는 다양한 에너지원, 특히 바이스매스 등을 교육과정에 포함시켜야 한다는 의견들이 있었다. 여기에 실제 교육현장에서 학생들과 만 들어 보기에는 공구 사용, 수업시간 등 현실적인 제약이 많다는 점이 지적되었다. 앞으로 제작워크숍을 진행하는 데에 숙제로 남아있는 사안들이다.



제작 워크숍에 참가한 숲바태 학교 선생님

(대안기술센터 홈페이지 : www.atcenter.org)

1. 풍력 발전기

■ 500W 풍력 발전기

바람의 힘으로 전기를 만드는 풍력발전기의 종류는 다양하다. 숲과 바람과 태양의 학교에 소개된 풍력발전기는 Hugh Piggot이라는 영국사람에 의해서 개발된 발전기로서, 효율이 좋으며, 가격이 저렴하고, DIY식으로 직접 제작 가능한 것이다.

이 풍력 발전기는 대안기술센터를 통해서 2005년도부터 국내에 보급되기 시작했으며, 현재는 대안기술센터 뿐만 아니라 충북보은, 전북임실, 경북 봉화 등 전국의 여러 곳에 설치되고 있고, 교육을 받은 사람들이 국내의 여러 지역에서 보급하고 있다. 해외에서는 미국과 유럽, 남아메리카, 아시아, 아프리카 등에서 가장 활발하게 지역주민들에 의해서 제작되어져 사용되고 있으며, 일반화 되어가고 있는 추세이다.

1) 특징

■ 수평축 풍력발전기

풍력발전기는 크게 수평축 풍력발전기와 수직축 풍력발전기로 나뉜다. 수평축과 수직축의 의미는 발전기의 축이 땅과 수평을 이루고 있느냐, 아니면 수직을 이루고 있느냐의 차이이다. 제주도나 대관령에 세워진 대형발전기들은 수평축 풍력발전기로서 주로 선풍기와 비슷한 구조를 가지고 있다. 하지만 수직축 풍력발전기는 선풍기를 바닥에 뉘어서 프로펠러가 하늘방향으로 보게 한 것으로 생각하면 된다. 국내의 도시는 바람의 굴절이 많아 수평축보다는 수직축이 더 효율적이라는 보고도 있다.

수평축과 수직축의 차이는 효율에 있다. 수직축은 같은 크기의 수평축에 비해서 효율이 2배 이상 낫다. 날개가 많이 달려 있지만 실제로 전기를 만드는데 힘을 전달하는 날개는 하나밖에 되지 않기 때문이다. 하지만 수평축은 날개 전체가 동시에 발전기로 힘을 전달하기 때문에 훨씬 효율이 높다.

■ DIY식 손쉬운 제작

Hugh Piggot의 풍력발전기의 장점은 만드는 방법이 매뉴얼로 정리되어 있어 손재주가 있는 사람은 쉽게 만들어 사용할 수 있다. 날개는 나무를 사용하여 깎아서 만들며, 풍력발전기의 수명을 좌우하는 베어링은 ‘르망’과 같은 자동차의 뒷바퀴 베어링을 재활용

한다. 발전기의 코일은 손으로 감아서 만들고, 폴리에스틸렌 수지를 부어서 고정한다. 드럼형태의 발전기처럼 특별한 시스템이 필요없기 때문에 손쉬운 제작이 가능하다.

■ 저렴한 가격

동일한 출력의 풍력발전기와 비교해 볼 때 최대 절반이상의 가격이 저렴하다. 그 이유는 지역에서 쉽게 구할 수 있는 자재를 이용할 뿐만 아니라 값비싼 장치들이 없기 때문이다.

2) 원리

■ 패러데이 법칙

1833년 발견한 전기분해 법칙과 이보다 2년 전에 발견한 전자기유도(電磁氣誘導) 법칙이 있다. 전기분해 법칙에 의해 물질의 원자구조와 관련해서 전기량에도 최소 단위(기본 전하량)가 존재한다는 것이 처음으로 예측되었고, 전자기유도법칙은 전자기유도가 일어나는 방식을 밝혀냈다.

— 전기분해

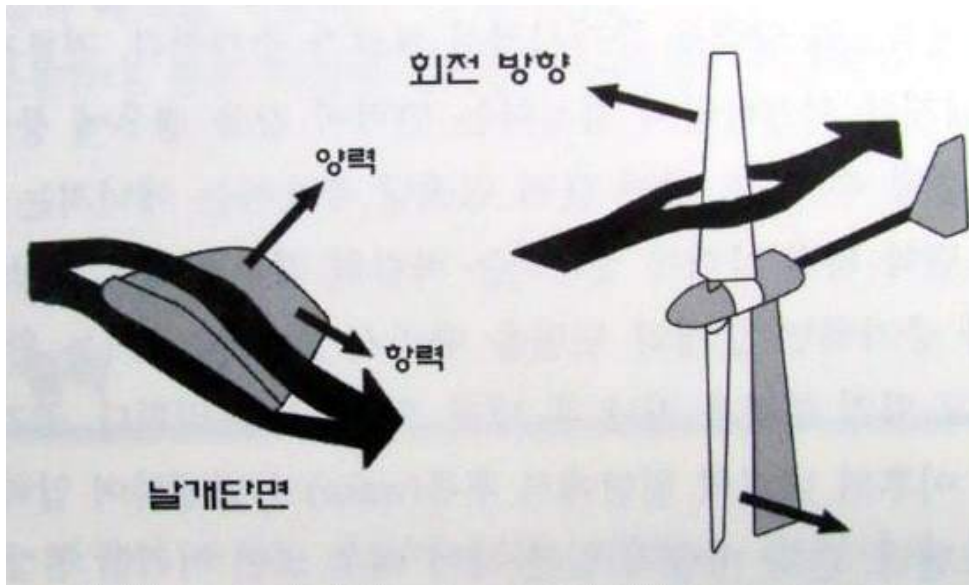
전기분해를 하는 동안 전극에 흐르는 전하량(전류×시간)과 전기분해로 인해 생긴 화학변화의 양 사이의 정량적인 관계를 나타내는 법칙이다. 1833년 패러데이가 논문을 발표하였으며, 전기화학의 가장 기본적인 법칙이다.

— 전자기유도

전자기유도에 의해 회로 내에 유발되는 기전력의 크기는, 회로를 관통하는 자기력선속(磁氣力線束)의 시간적 변화율에 비례한다. 기전력의 방향을 정하는 렌츠의 법칙과 함께 전자기유도가 일어나는 방식을 나타낸다.

■ 공기역학

베르누이의 정리라고 불리는 공기역학(흐르는 유체에 속도와 압력의 관계를 수량적으로 나타낸 법칙)의 개념이 풍력발전기의 날개부분에 적용되어 있다. 바람을 마주보는 풍력발전기의 날개면은 직선인데, 뒷면은 곡선으로 되어 있어 양력이 발생한다. 이 양력은 태풍처럼 강한 바람이 올 때 풍력발전기를 뒤쪽으로 끌어당겨 발전기를 보호할 뿐만 아니라, 부하가 걸릴 때 그 부하를 극복해 나가도록 힘을 더해 주는 역할을 한다.



〈그림〉 풍력터빈의 회전원리

3) 풍력발전기 재료

- 날개 - 용이가 없는 가공이 쉬운 나무종류
- 발전기 - 네오디뮴 자석, 에나멜 선(1.16mm), 철판과 폴리에스틸렌 수지
- 베어링 - 르망 자동차 뒷바퀴 베어링이나 소나타 자동차 뒷바퀴 베어링

4) 풍력발전기 만들기

■ 날개 만들기

날개를 위한 재료				
개수	재료	길이	넓이	두께
3	가볍고, 곧 바르고 나뭇결이 있는 나무. 미송, 적송 등등	1200mm	150 mm	37 mm

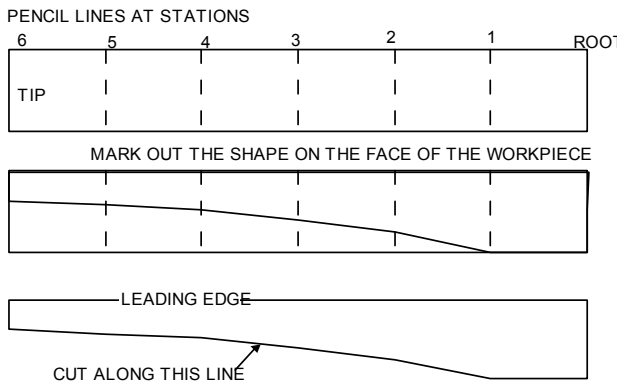
회전자 허브를 위한 재료			
개수	재료	직경	두께
2	외장용 합판	250mm	12 mm
54	목재용 나사	32 mm	

쇄기를 위한 재료들				
개수	자재	길이	넓이	두께
3	날개를 만들고 남은 나무	일하기에 충분한 정도	75mm	37 mm

■ 날개 만드는 순서

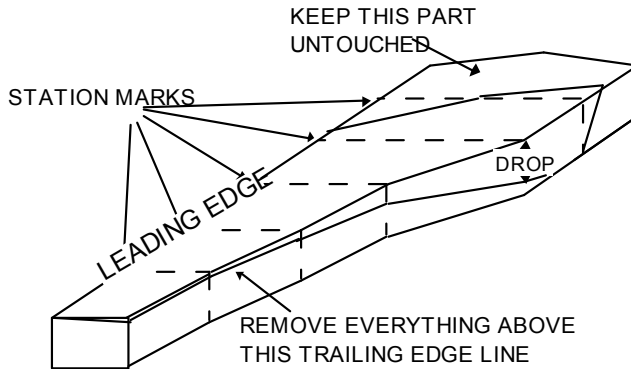
① 제도하기

날개의 모양은 끝으로 갈수록 좁아지며, 각각의 구간마다 치수가 주어진다. 6구간을 나누어 주어진 치수를 표시하여 전체를 하나의 곡선으로 그려서 자른다.



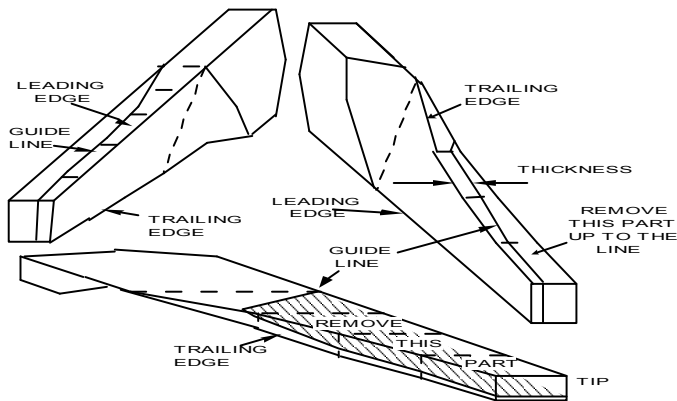
② 바람이 맞는 면 자르기

바람이 맞게 되는 날개의 앞면은 날개의 끝에서 중심으로 갈수록 뒤틀려지게 되어 바람이 닿으면 회전하도록 설계되어진다. 바람이 닿는 앞부분을 제도하여, 잘라 낼 때는 잘려지거나 꺾여져 나간 면에 굴곡이나 흠 같은 것이 없도록 반드시 편평하게 만들어야 한다. 마치 비행기 날개의 밑 부분이 편평한 것과 같은 모양이다.



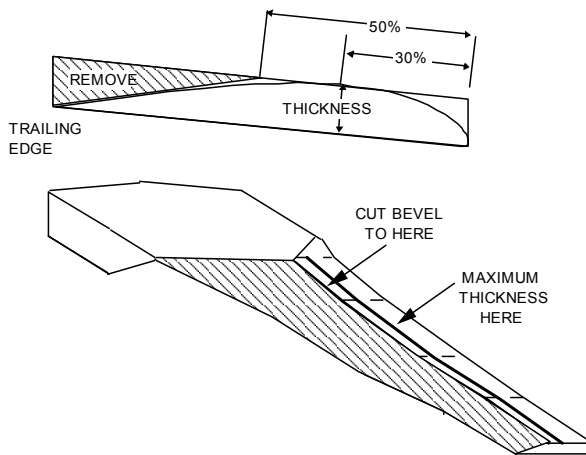
③ 각 구간 두께에 맞게 날개를 제도하고 자르기

날개 뒷면을 제도하고 빗금 친 부분만큼 대패로 잘라낸다. 날개의 가장 두꺼운 부분은 앞쪽에서 30% 위치에 해당하는 곳이 된다.



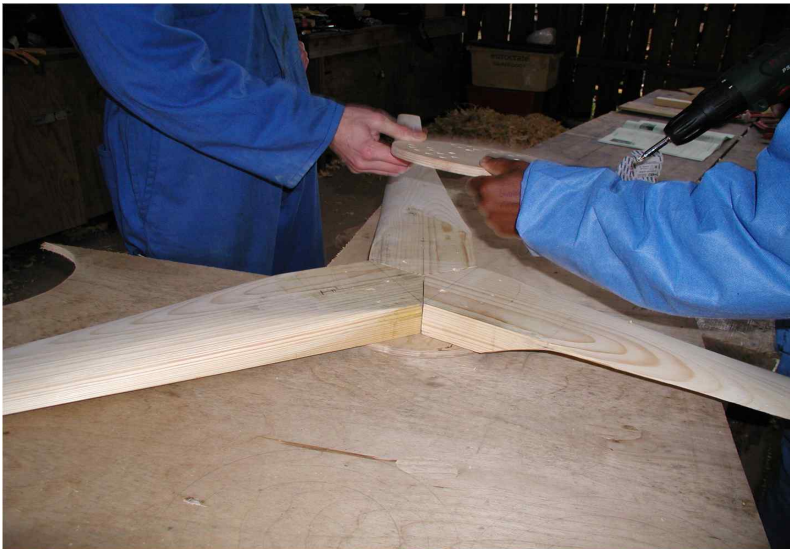
④ 날개 뒷부분 곡선으로 잘라내기

날개의 끝과 위쪽을 30%, 50%로 각각 분할하여 줄을 그은 후 50%의 뒤쪽은 빗금친 부분과 같이 사선으로 잘라낸다. 그런 다음 앞부분은 비행기 날개와 같이 둥글게 하여 직각부분을 없앤 후 다시 50%부분에 남아 있는 높은 부분을 잘라냄으로써 전체가 유선형의 비행기 날개와 같이 되게 한다. 뒷부분이 잘못 잘라지게 되면 저항이 높아지고, 고속으로 회전할 때 소음이 심해진다.



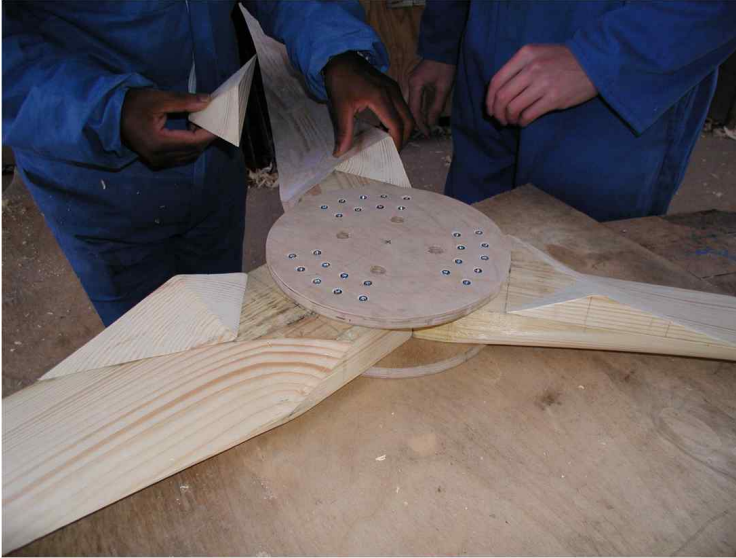
⑤ 회전자 허브 조립하기

만들어진 날개 세 개의 중심부분을 120도 각도로 잘라내 날개를 세 개를 서로 붙이고, 원판을 만들어 나사를 박아 고정시킨다.



⑥ 쇠기모양 만들어 붙이기

바람이 불 때 날개에 많은 힘이 미치도록 하기 위해서 쇠기 모양의 나무를 잘라서 붙인다. 날개를 자르고 남은 나무에 아래와 같이 제도하여 잘라서 날개의 중심(뿌리)부분에 붙인다.

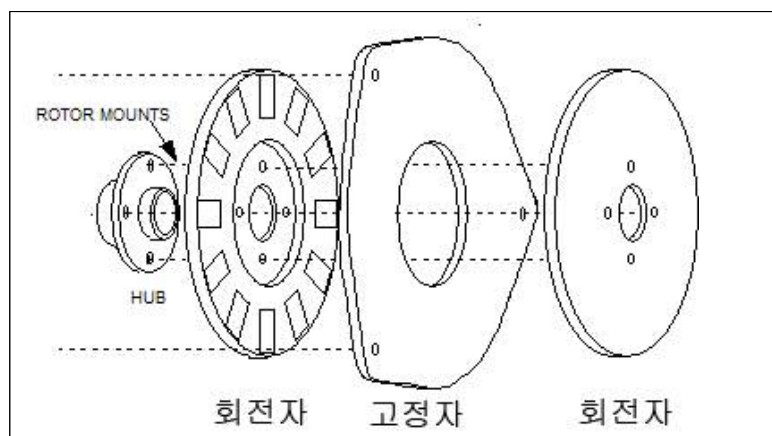


■ 발전기 만들기 – Axial Flux Permanent Mignet (AFPM)

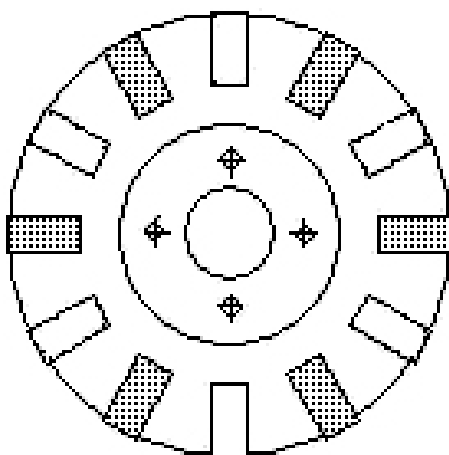
풍력 발전기에 활용되는 발전기는 AFPM방식으로서 자력의 방향이 발전기 축과 일치하는 형태의 발전기이다. 발전기가 회전자와 고정자로 구성되듯이 이 발전기도 회전자와 고정자로 구성되어 있고, 회전자와 고정자가 디스크 형태로 되어 있어 원통형 보다 가벼운 얇은 판형태의 발전기를 만들 수 있다.

장점으로는 자속의 방향이 발전기의 기계축과 평행하게 형성되어 단위 무게당 출력이 크고, 고에너지 밀도를 갖도록 설계할 수 있다. 또한 권선의 체적밀도를 상대적으로 높게 설계할 수 있으며, 코어가 없어 코깅토크의 발생으로 인한 손실을 줄일 수 있다. 코어는 감겨진 구리선 내부의 빈 공간에 규소강판을 채워 넣어 발전기의 효율을 높이는 것으로서 발전기의 효율을 높이는 반면에 발전기 내부에 많은 진동을 유발한다. AFPM 발전기는 양쪽 회전자가 회전하면서 발전기 내부에 발생하는 열을 쉽게 방출할 수 있어 같은 용량의 권선에 비하여 더 많은 전류를 흘려보낼 수 있다.

■ AFPM발전기의 발전원리



○ 회전자(rotor)

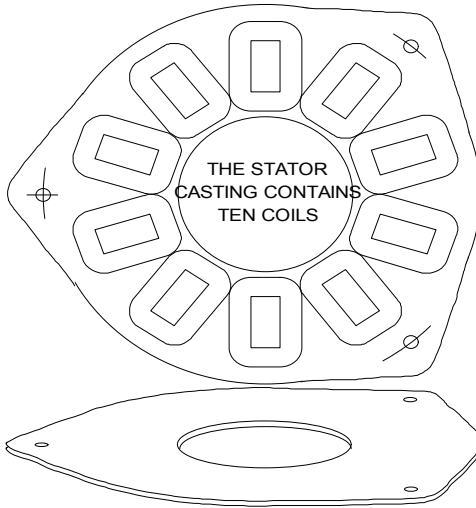


회전자는 두께 8mm의 철판에 12개의 강한 영구자석으로 구성되어 있다. 12개의 자석이 정확한 위치에 대칭적으로 놓이게 되면 폴리에스트 수지를 부어 주조하여 자석이 움직이지 않도록 자석과 철판을 하나로 결합시켜준다. 폴리에스트는 자석을 강하게 고정시켜 줄 뿐만 아니라 비에 의해서 철판과 자석이 부식되는 것을 막아주는 역할을 한다. 각각의 자석은 N극과 S극을 가지고 있으며, 자석을 철판에 위치시킬 때는 N극과 S극이 교대로 놓이게 한다. 그런 다음 회전자를 조립할 때는 그림과 같이 양쪽 회전자에 있는 자석들의 극

이 서로 다르게 하여 자기장이 형성 되게 한다. 철판에 자석을 고정시키는 것은 자력이 철판을 잘 통하게 하여 강한 자기장을 형성하기 때문이다.

회전자가 고정자와 함께 조립될 때는 회전자 간의 간격이 넓어지게 되면 자기력이 약하게 되어 전기 생산량이 적어 질 수도 있다. 회전자와 고정자 사이의 간격을 3밀리 이내로 조립하면 효율적인 발전기를 만들 수 있다.

○ 고정자(stator)



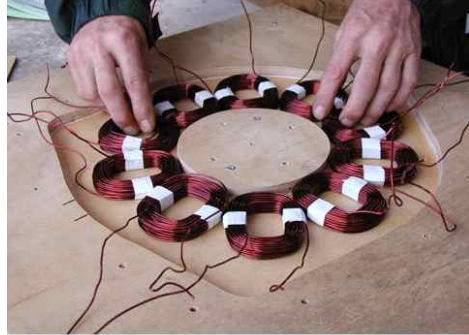
고정자는 10개의 코일멍치로 구성된다. 각각의 코일 멍치들을 고정자 주조를 안에 정확하게 위치시켜 놓고, 모든 선들이 연결되고 나면 폴리에스트 수지를 부어서 하나의 판으로 만들어낸다. 회전자가 고정자를 사이에 두고 회전하게 되면, 자석에 의해서 만들어진 자기력이 교대로 코일 멍치들을 통과하면서 교류 전기가 생성된다. 발생하는 전압의 크기는 자기력이 교대로 통과하는 속도, 즉 회전 속도에 비례하여 증가된다.

전압은 회전속도, 자석의 자기력의 세기, 코일멍치에 감긴 코일의 수에 의해서 결정된다. 코일의 감긴 수는 발전기의 속도를 제어하는데 사용된다. 만일 많은 숫자의 코일이 감긴 코일멍치를 만들면 출력이 증가되어 원하는 전압을 낮은 회전속도에서도 얻을 수 있다. 반면에 적은 수의 코일이 감기게 되면 원하는 전압을 얻기 위해서는 더 빠른 회전속도를 필요로 한다. 코일을 감는 횟수는 발전기 용량이나 배터리 용량에 의해서 결정된다. 고정자 안에는 10개의 코일 멍치가 있고, 회전자에는 12개의 자석이 있다. 코일멍치도 자석의 수자와 동일하게 12개를 넣을 수 있지만, 10개를 넣는 것은 12개일 때보다 적은 회전력을 요구하여 쉽게 회전할 수 있으며, 또한 회전할 때 진동이나 소음이 줄일 수 있기 때문이다.

■ 발전기 만드는 순서



① 고정자 주형틀을 만든다.



② 구리 코일을 감아 12개의 뭉치를 만들어 틀 안에 넣고 연결한다.



③ 틀에 폴리에스트 수지를 부어서 굳으면 고정자가 만들어진다.



④ 회전자 주형틀에 자석지그 모양에 맞춰 자석을 붙인다.



⑤ 틀에 폴리에스트 수지를 부어 굳힌다.



⑥ 회전자가 만들어진다.



⑦ 허브 베어링에 회전자와 고정자를 볼트와 너트로 조립한다.



⑧ 풍력발전기 날개를 조립한다.

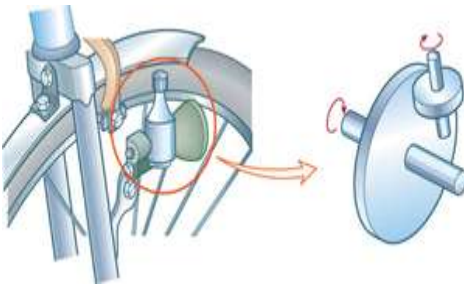


⑨ 날개에 페인트를 칠하고 바람이 잘 부는 곳에 설치하면 된다.

2. 자전거 발전기

자전거 발전기는 자전거 몸체에 발전기를 부착하여 전기를 발전하는 것을 일컫는다. 사람이 자전거의 패달을 밟아서 발전하기 때문에 인력발전기라고도 한다. 자전거에 발전기를 부착하는 방식들은 다양하다.

- 자전거 앞바퀴에 소형 발전기를 부착하여 1.5V 전구를 밝히는 방식
 - 6V의 전압을 생산해 낼 수 있다.



- 자전거 거치대에 발전기를 부착하여 발전하는 방식
 - 보통 직류모터를 사용하며 300W의 전력을 생산한다. 단점은 발전기 용량이 작아 쉽게 과열될 수 있다.



● 자체적으로 발전기를 만들어 부착하는 방법



■ 사람의 힘으로 전력을 생산할 수 있는 양은 얼마나 될까?

생활 속에서 자동차와 관련하여 힘을 단위를 표현할 때는 “마력”이라는 단위를 사용한다. 마력은 말의 힘을 뜻하는 것으로 1마력의 힘을 전기의 힘(전력)으로 환산하면 750W쯤 된다. 이 힘의 기준으로 계산해 보면 사람은 약 0.1마력에서 0.5마력 정도 된다고 할 수 있다. 즉, 적게는 75W에서 많게는 375W까지 전력을 만들어 낼 수 있는 것이다. 물론 이런 수치는 사람의 근육 발달 정도에 따라서 많은 차이를 보이며, 보통 150W정도로 보면 좋을 것 같다.

■ 내가 발전한 전기의 힘은 얼마나 사용이 가능할까?

예를 들어 100W의 전력을 한시간 동안 생산하면 발전된 양은 100Wh이 된다. 이 양은 전기를 소비하는 전구, 전열기기의 사용량에 따라서 달라지는데, 흔히 이런 것들을 부하라고 일컫는다. 10W의 전력소비량을 가지는 소형전구(부하)로 불을 밝힐 경우 대략 10시간을 사용할 수 있는 발전량이다. 50W선풍기는 2시간을 사용할 수 있다. 하지만 이런 이론적인 계산도 축전지를 사용하여 전기를 저장하였다가 사용할 때는 축전지의 효율이 보통 80%밖에 되질 못하므로 10시간이 아닌 8시간, 2시간이 아닌 1.6시간정도 사용할 수 있게 된다. 즉 손실이 발생하게 되는 셈이다. 게다가 직류가 아닌 교류전기로 변환하여 사용하게 되면 20%의 손실이 더 발생하게 된다. 직류를 교류로 변환하는 인버터도 효율이 80%밖에 되질 않아 나머지 20% 전기가 더 손실되게 된다. 결론적으로 말하면 축전지에 저장하였다가 교류로 변환하여 사용하게 되면 전체 40%의 손실이 발생되는 셈이다.

■발전기 용량 : 최고 1,000W 이상

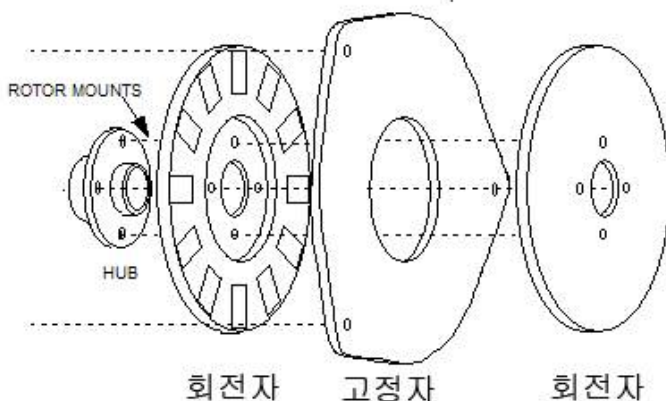
■실제 발전량 : 10W~500W

(자전거 발전기는 사람이 어느 정도의 속도로 페달을 돌리느냐에 따라 발전량이 달라지는데, 이는 각 개인에 따른 차이가 있다. 인간의 힘으로 순간적으로 500W 이상의 전기를 생산하는 것은 가능하지만, 지속적으로는 불가능하다. 성인의 경우 약 30분 이상을 지속적으로 운동한다고 하면, 300W 정도 생산할 수 있다. 선풍기의 소비전력이 50W이니 선풍기 한 대를 6시간 정도 돌릴 수 있는 양이다.)

■발전되는 전기 전압 : 24볼트 (12볼트, 48볼트도 가능하다.)

■발전기 원리 - 페러데이 법칙

서로 극성이 다른 12개의 자석을 가진 두 개의 회전자가 구리 코일이 든 고정자를 사이에 두고 회전하면 전기가 만들어진다.



■ 발전하기

자전거 발전기로 발전 시 출력전압이 30V에 가까울수록 많은 전기가 생산된다. 힘이 많이 들겠지만 출력 전압을 30V 가까이로 유지해야 한다.

충전하는 시간과 배터리의 용량에 따라 사용가능한 가전기와 사용시간이 달라지는데, 자전거 발전기의 발전량이 시간당 150W로 가정했을 때, 2시간을 발전하면, 300Wh의 전기가 배터리에 저장된다. 배터리에 저장된 전기를 인버터를 이용하여 사용할 때 충전시와 방전시 전기 손실이 발생하므로 통상 발전량의 60~70%를 사용가능하다고 보면 되는데, 이는 형광등 40W 짜리 기준으로 5시간 사용 가능하다는 이야기가 된다.

■ 자전거 발전기의 구성

자전거 발전기 1세트, 12볼트 축전지 2개, 24V 20A 컨트롤러 1개, 1300W 인버터 1개.

인버터는 1.1KW 이상의 용량을 사용하면 손상이 된다. 큰 용량의 전자제품을 사용하시기를 원할 때는 2KW 이상의 큰 용량의 인버터를 구입해야 한다.

축전지는 24V 시스템으로 구성되기 때문에 19V 이하로 방전되면 인버터가 전기를 출력하지 않는다. 오랜 시간 방전된 상태로 방치되면 배터리의 효율이 급격히 떨어지게 된다. 사용하지 않을 시 축전지를 충전시켜 보관해야 한다.

■ 자전거 발전기 설치

설치 장소: 바닥면이 평평하고, 비를 맞지 않는 곳

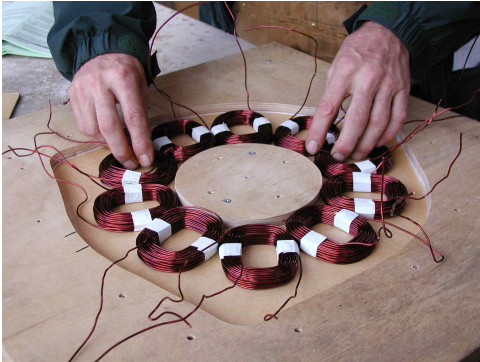
전선 연결: 발전기 세트를 연결할 때는 +극과 -극이 배터리, 인버터, 컨트롤러의 +극과 -극에 정확하게 일치하도록 연결해야 한다. (극성이 바뀔 경우 인버터나 컨트롤러가 손상 될 수도 있음).

전선 연결 순서: 자전거 발전기와 컨트롤러 박스를 먼저 연결한다. 그런 다음 12볼트 축전지를 직렬로 연결하여 24볼트로 만든 다음 컨트롤러 박스와 연결한다. 자전거 발전기가 컨트롤 박스를 통해서 축전지와 연결되고 나면, 인버터를 배터리에 연결한다. 이때 인버터에 전선을 먼저 결선한 다음 배터리에 결선한다.

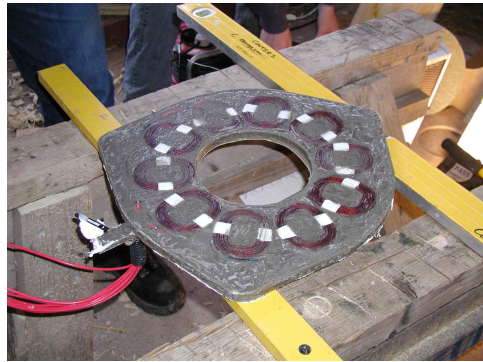
■ 전선 연결도



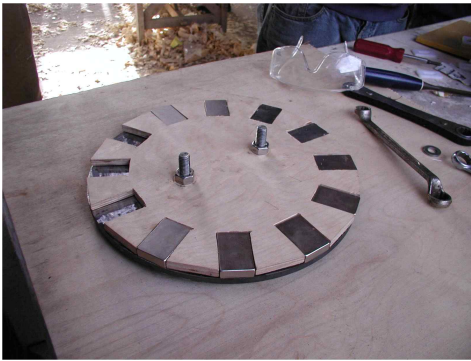
■ 자전거 발전기 만드는 순서



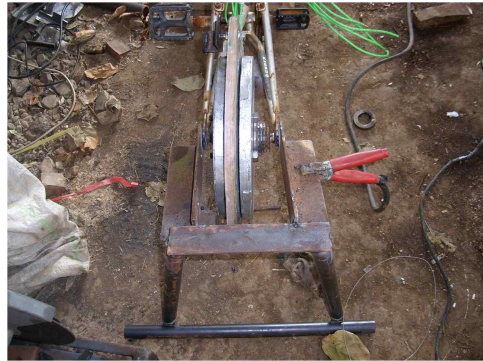
① 구리 코일을 감아 12개의 뭉치를 만들어 틀 안에 넣고 연결한다.



② 틀에 에틸렌 수지를 부으면 고정자가 만들어진다.



③ 다른 틀에 12개의 자석 뭉치를 붙인다.



④ 자전거 뒷바퀴에 코일을 가운데 두고 양쪽으로 자석을 붙여 연결한다.



⑤ 만들어진 전기가 모아질 수 있게 배터리에 연결한다.



⑥ 자전거 발전기가 완성되었다.

3. 태양광 발전기

태양광 발전기는 햇빛을 이용해 전기를 만드는 발전기로서, 가장 보편적으로 사용되는 있는 재생에너지 시스템이다. 국내의 제곱미터당 일사량을 석유로 환산하면 116억톤 되는 엄청난 양이며, 매일 우리나라에 비취지고 있다. 하지만 에너지 변환효율이 17%이하여서 많은 발전이 필요한 부분이다.

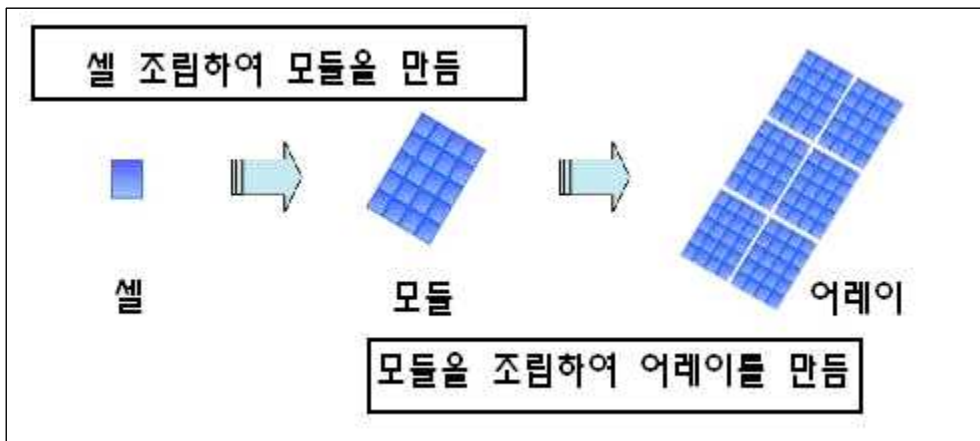
■ 태양전지란?

태양빛의 에너지를 전기에너지로 바꾸는 것이 태양전지이다. 이 태양전지는 지금까지의 화학전지와는 다른 구조를 가진 것으로 '물리전지'라 할 수 있다. 태양전지는 P형 반도체와 N형 반도체라고 하는 2종류의 반도체를 사용해 전기를 일으킨다.

● 태양전지의 원리

태양전지에 빛을 비추면 내부에서 전자와 정공이 발생한다. 발생된 전하들은 P, N극으로 이동하며 이 현상에 의해 P극과 N극 사이에 전위차(광기전력)가 발생하며 이때, 태양전지에 부하를 연결하면 전류가 흐르게 된다. 이를 광전효과라 한다.

● 태양전지 발전 방법



태양전지 모듈은 대형의 시스템에서는 여러 태양전지를 직·병렬로 연결하여 전력을 꺼낸다. 셀은 전기를 일으키는 최소 단위이며, 모듈은 전기를 꺼내는 최소 단위이고 현관문의 반만한 크기이다. 어레이는 직·병렬로 끼여진 여러 패널을 말한다. 서브어레이는 설치 작업이나 유지보수의 편리함 때문에 여러 개의 모듈을 정리한 단위이다.

● 태양전지의 종류

태양전지는 실리콘 반도체를 재료로 사용하는 것과 화합물 반도체를 재료로 하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 다시 실리콘 반도체에 의한 것은 결정계와 비결정계로 분류된다. 현재 개발 중인 것을 포함하면 더욱 다양하다. 태양전지의 기술 개발에 관해서는 변환 효율의 향상이나 가격 조정 등이 계획되고 있다. 또, 변환 효율 20%를 초월하는 태양전지나 가격을 낮출 수 있는 박막 태양전지 등도 개발하고 있다.

현재, 태양광 발전 시스템으로 일반적으로 사용하고 있는 것은 실리콘 반도체가 대부분이다. 특히 결정계 실리콘 반도체의 단결정 및 다결정 태양전지는 변환 효율이 좋고 신뢰성이 높아서 널리 사용하고 있다. 이미 시계나 탁상계산기 등에 보급하고 있는 Amorphous 태양전지는 제조 기술이 대량생산에 적합하고 결정계에 비해 가격이 낮지만, 변환 효율에 있어서는 결정계에 비해 뒤떨어진다.

■ 숲과 바람과 태양의 학교에 적용된 태양전지

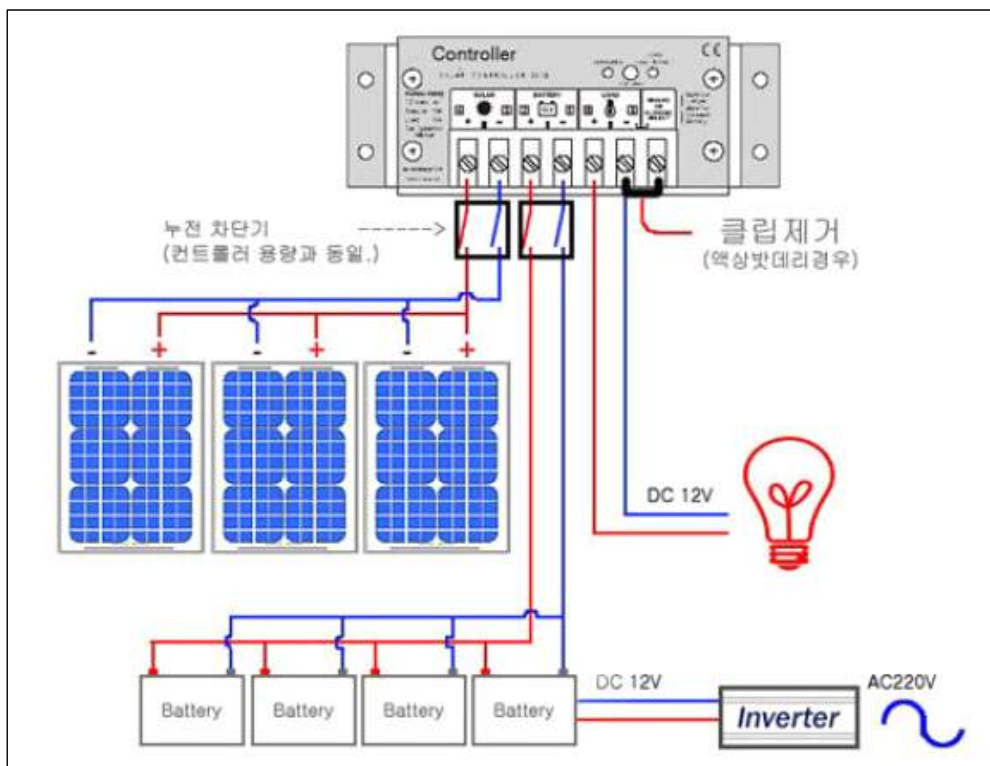
● 200W 다결정질의 태양전지

태양전지는 주로 단결정과 다결정의 실리콘 태양전지로 나뉜다. 숲바태 학교에 설치된 태양전지는 다결정의 태양전지로서, 에스 에너지로부터 기증받아 설치하였다. 현재는 단결정의 100W 태양전지를 설치하고 있다.

● 태양전지의 역할

풍력은 여름철이 되면 바람이 거의 불지 않아 사용할 수가 없다. 배터리가 방전된 상태로 오랜 시간을 지속하면 수명이 짧아 고 효율이 떨어진다. 여름철의 배터리 보호와 여분의 전력생산을 위해서 풍력발전기의 보조용으로 설치되었다.

● 태양광 발전기 연결도



4. 태양열 오븐

태양열 오븐은 햇빛의 열을 이용해서 음식을 요리하는 오븐을 말한다. 햇빛에는 눈으로 볼 수 있는 가시광선(무지개의 7색의 혼합)과 눈으로 볼 수 없는 자외선, 적외선, X선 등이 있다. 이 중 열을 가진, 파장이 긴 적외선은 햇빛이 지구에 왔다가 다시 돌아갈 때 이산화탄소나 메탄, 혹은 수증기에 의해 흡수됨으로써 지구 표면을 데우는 역할을 한다. 이것이 온실 효과인데, 태양열 오븐은 이 온실 효과를 극대화 시켜서 음식을 요리하는 오븐이다.

태양열 오븐은 열대지방이나 아프리카, 혹은 햇빛이 강한 지역에서는 보통 150℃까지 온도가 올라간다. 이 정도의 온도는 모든 채소와 고기를 요리하기에는 충분한 온도이다. 접시 안테나처럼 생긴 태양열 오븐은 200℃가 넘게 올라가며, 음식이 타지 않도록 시간 조절이 필요하다.

태양열 오븐은 음식을 담는 상자와 투명 유리나 플라스틱으로 된 뚜껑, 그리고 햇빛을 모아서 들이는 반사판으로 구성되어 있다. 일조량이 좋은 곳에서는 짧은 시간에 요리가 가능하고, 나무나 기름, 가스 등을 사용하지 않고도 조리를 할 수 있어서 환경오염을 줄이고, 경제적 손실을 줄인다.

■ 태양열오븐의 원리

● 온실효과(Green House Effect)

햇빛을 통해서 열을 얻는 것은 온실효과를 통해서 일어난다. 햇빛 중 가시광선은 쉽게 유리나 투명한 플라스틱 뚜껑을 통해서 들어가며, 들어간 가시광선은 오븐 내부의 내벽이나 음식이 담긴 용기에 의해서 쉽게 흡수 된다. 흡수된 빛들은 파장이 긴 열에너지로 변환되거나 내부의 물체로 반사된다. 오븐 내부의 대부분의 반사된 긴 파장의 햇빛은 우리와 같은 투명체의 뚜껑을 통과해 나갈 수 없게 되어 오븐 내부에 갇히게 된다. 그럼으로써 오븐 내부에는 열이 집적되어 온도가 올라가게 되는데 이것이 온실효과이다.

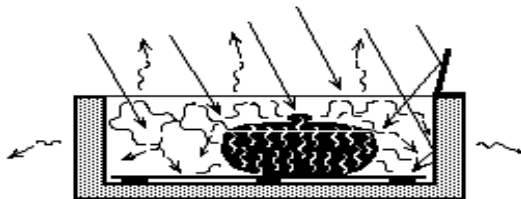


Figure 2. The greenhouse effect

오븐 내부의 온실효과

● 방향 (Glass Orientation)

박스오븐의 윗부분(뚜껑)이 태양을 향하여 정면으로 향하면 향할수록 더 많은 햇빛 에너지를 얻게 된다. 박스 1과 박스 2를 비교해 보면 둘다 유리 크기가 같음에도 불구하고 박스 2가 더 많은 열을 얻게 된다. 왜냐하면 태양을 향해 보다 더 정면으로 유리부분이 향하기 때문이다. 반면에 박스 몸체의 면적이 커서 열을 더 많이 잃을 수 있는 단점도 있다.

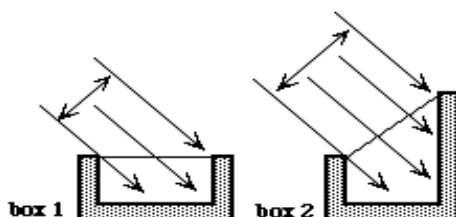


Figure 3. Glass orientation

방향에 따른 오븐 내부의 온도 비교

● 반사체 (Reflectors)

반사체가 많으면 많을수록 더 많은 햇빛이 오븐 속에 투사됨으로써 더 높은 온도를 얻을 수 있다.

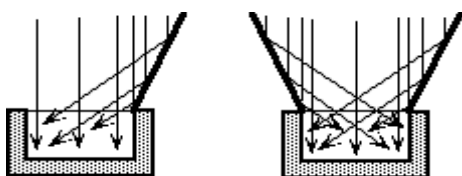


Figure 4. Reflectors for additional solar gain

반사체에 따른 햇빛 투과량

● 전도 (conduction)

가스레인지나 전열 기구 위의 프라이팬은 가열 되는 곳이 프라이 팬 바닥부분인데 불구하고 쇠로 만들어진 손잡이 부분까지 뜨거워지게 된다. 이것은 열이 쇠로 된 프라이팬 손잡이를 따라서 전도되기 때문이다. 태양열 오븐 내부도 동일한 원리에 의해서 열 손실이 일어난다. 즉 내부의 알루미늄 호일이나 유리, 단열재, 그리고 내부 공기의 분자들과 입자들에 의해서 열전도가 되면서 열을 잃게 된다. 전도에 의한 열 손실을 최소화하기 위해서는 음식이 담긴 용기의 바닥면이 오븐의 내부 바닥과 맞닿는 것을 줄여야 하며, 약간의 단열 공간을 용기 바닥면과 오븐의 내부 바닥면에 만들어 주어야 한다.

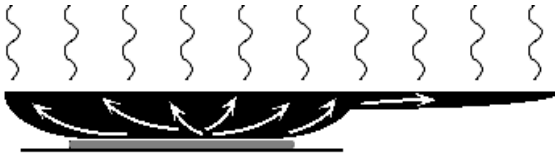


Figure 5. Heat conducted through the pan to handle

프라이팬의 열전도에 의한 열 손실

● 복사 (Radiation)

뜨거운 물체는 대부분 열파 (heat wave)를 그 주위에 방출한다. 오븐 내에 있는 데워진 음식물 용기, 음식물, 알루미늄 호일 등은 열파를 내 놓으며, 이 열파들은 유리나 호일에 의해서 다시 반사되기도 하지만 많은 경우 투명체로 된 덮개로 빠져 나가게 된다. 복사를 통한 열 손실을 줄이기 위해서는 덮개를 유리로 만드는 것이 그 어떤 투명재로 만드는 것 보다 낫다.

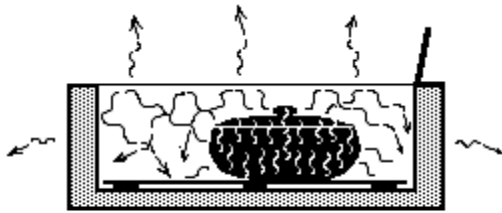


Figure 6. Heat radiates from warm cookware.

복사에 의한 열 손실

● 대류 (convection)

공기의 분자들은 박스의 틈을 통해 밖에서 안으로, 안에서 밖으로 이동한다. 이때 오븐 내의 뜨거운 공기 분자들도 이 틈을 따라서 이동하게 된다. 대류를 통한 열 손실을 최소화하기 위해서는 윗덮개와 그 덮개의 장식부분을 틈이 없도록 잘 만들어야 하고, 몸체 박스의 틈들을 다 메워야 한다.

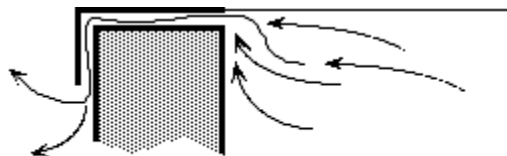


Figure 7. Heated air may escape through cracks.

대류에 의한 열 손실

● 열 저장 (Heat Storage)

단열재와 접한 오븐 내벽의 자재의 무게와 밀도가 높을 수록 열을 함유할 수 있는 정도도 높아진다. 돌이나 벽돌, 혹은 무거운 프라이팬이나 물, 음식 등은 열을 함유하는 정도가 높기 때문에 천천히 데워지고, 천천히 식는다. 왜냐하면 햇빛으로부터 얻어지는 열이 그곳에 저장되기 때문이다. 음식을 천천히 익혀서 저녁때까지 따뜻한 온도를 유지하려면 열을 오랜 시간 저장할 수 있는 재료들을 이용해서 내벽을 만들면 된다.

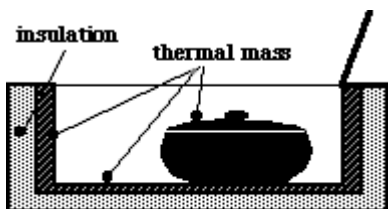


Figure 8. Thermal mass inside of the solar box.

열 저장

■ 태양열 오븐 만들기

● 준비물

가로·세로 80cm 이상의 종이 박스, 유리, 쓰다 남은 알루미늄 호일, 단열효과가 있는 몸체(예를 들면 스티로폼 박스), 칼, 자, 테이프, 각도기, 풀

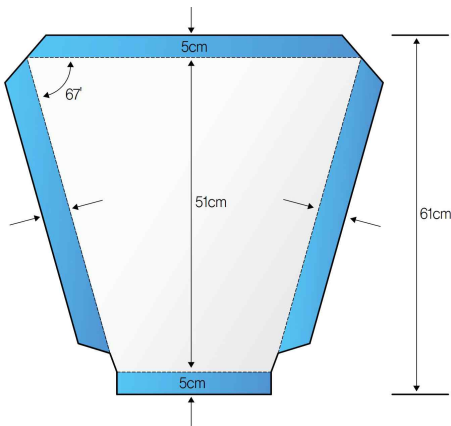
● 주의사항

- ① 밥을 제외하곤 음식을 할 때 물을 넣지 않는다.
(공기 자체를 데워 음식을 익히기 때문)
- ② 오전 9시부터 오후 2시까지 효율이 가장 좋다.
- ③ 태양이 움직이면서 고도가 변하니 가장 효율이 높은 시간인 오전 11시부터 오후 2시 사이에 맞춰 태양열 오븐의 각도를 조정한다. 이때 그림자가 가장 작게 생기는 각도가 가장 태양빛을 많이 받을 수 있는 각도이다.
- ④ 열을 잘 흡수할 수 있게 검정 냄비나 그릇을 사용한다.

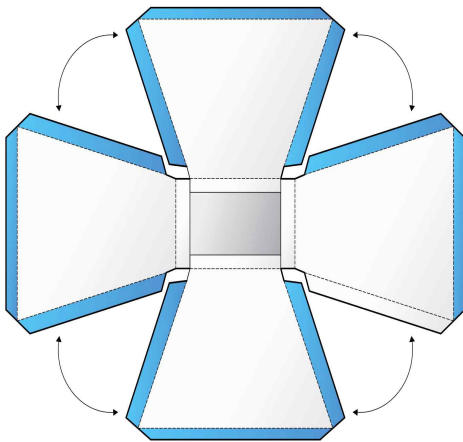
■ 태양열 오븐 만드는 순서



① 재료를 준비합니다.



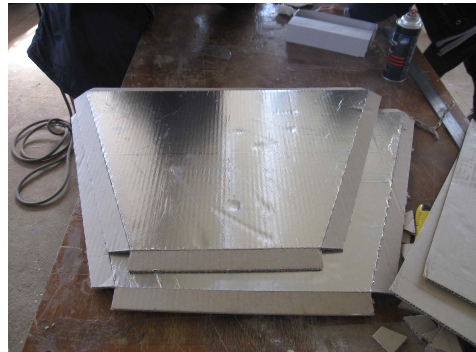
③ 위와 같은 크기로 종이박스를 자릅니다.



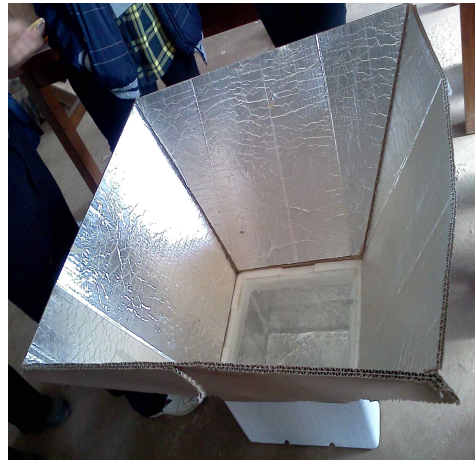
⑤ 4개의 날개를 붙입니다.



② 스티로폼 박스 안에 호일을 붙이고, 스티로폼 뚜껑 위에 유리를 붙입니다.



④ 날개에 호일을 붙입니다.



⑥ 완성된 반사판을 스티로폼 몸체에 붙이면 태양열 오븐이 완성됩니다.



⑦ 검정냄비에 계란 등을 넣고 삶아지기를 기다립니다.(계란의 경우 2시간 정도 소요)

■ 요리방법과 시간

- 곡류 : 보통 2시간 정도소요
- 채소 : 만일 오랜 시간 동안 채소를 요리하게 되면 맛은 더욱 좋아지나 녹색이 없어지게 된다.
- 계란 : 노른자가 완전히 익기까지는 2시간이 걸리며 더 오랜 시간을 삶을 때는 황토 계란화 (흰자가 갈색)
- 고기 : 2시간~3시간
- 제빵 : 1시간~3시간
- 생선 : 1시간~2시간

부록. 숲과 바람과 태양의 학교 수업 계획안



● 무주 푸른꿈고등학교

수업계획서

1. 교육목표

- 일상생활에서의 에너지의 필요성을 찾아본다.
- 에너지를 둘러 싸고 있는 사회적 갈등 및 문제의식을 가져본다.
- 에너지가 만들어 지는 과정을 이해하고 이를 통해 에너지의 소중함을 생각해 본다.
- 에너지와 자연, 생태적 삶의 연관성을 인식하고 삶의 변화를 모색하는 대안적 방법을 모색해본다.
- 지속가능한 삶을 위해 대안에너지 또는 재생에너지에 대한 필요성을 인지하고 대안에너지를 만들어본다.
- 이론과 실전을 겸비하는 깊이 있는 수업으로 성취감을 이끌어 낸다.

2. 학습방법

- 방법: 프로젝트 수업으로 진행
- 대상: 2007년도 2학기 2학년 생활과 과학시간(16명)을 통한 에너지개념 및 기본 학습을 습득한 후 2008년 3학년 과학시간에 교실 밖 수업으로 풍력/자전거/태양조리기를 직접 만들어 본다.

[2008년 2학기-교실수업]

월	학습주제	학습내용	학습방법	비고
9	에너지개념이해	- 시대별 에너지의 변천사를 알아본다. - 에너지의 여러 형태를 찾아보고 삶에서의 소비형태와 비교해본다.	· UCC, 다큐멘터리, 애니메이션으로 학습동기를 끌어낸다. · 독서토론	
10~11	에너지가 만들어 지는 과정 알기	- 에너지의 종류별 원리를 이해 하고 장점과 단점을 찾아본다. - 에너지사용으로 인한 지구온난화, 기후변화의 피해사례를 이해한다.	· PPT활용한 발표수업, 현장답사, · 활동가특강 (1회) · 독서토론	
11	에너지를 둘러싼 사회문제 찾기	- 자원고갈, 에너지 빈부격차 등 사회이슈와 문제를 찾아본다. - 다양한 에너지를 둘러싼 갈등요소를 짚어보고 대안적 에너지를 생각해 본다.	· 인터넷 활용 자료조사, 신문스크랩 · 독서토론	
12	지속가능한 삶을 위하여	- 대안에너지 사회를 향한 노력과 사례 알아보기 - 내가 살고 있는 곳과 우리나라에 맞는 에너지를 찾아본다.	· 자가발전 현장 답사 및 특강(2회) · 독서토론	

[2009년-교실박수업(실습)]

월	학습주제	학습내용	학습방법	비고
3~6	풍력발전기 만들기	풍력발전의 과학적 원리 학습 및 사례 알아보기	·조편성 ·직접 풍력발전기를 만들어 본다.	야외 실습
7월	자전거발전기 만들기	자전거 발전기의 과학적 원리 학습	·자전거 발전기 만들기	
9	태양광에너지 및 태양열 에너지	·태양광 발전의 과학적 원리 학습 ·태양열 에너지의 과학적 원리 학습	·태양열 조리기 만들기 ·태양광 발전소 탐방	
10	작은 발표회	·자가발전 답사 및 특강(2회) ·에너지 작은발표회	[에너지 작은발표회] -바이오디젤 만들기 -대안에너지 및 재생에너지 사진 및 도서전시 -퍼포먼스, 설치미술	교실 수업
11	에너지 자립학교 및 마을설계	대안에너지와 재생에너지를 활용한 에너지 대안학교 및 마을을 구상해본다.		
12	삶에서의 실천방안	생활 속 에서 에너지 소비를 줄이기 위한 실천 방법과 사회구조적 문제와 대안을 생각해본다.	·그룹별 PPT발표 ·수업평가	

● 거창 셋별초등학교

〈연간 수업계획안〉

월	수업 주제 및 내용	
	과학의 날 행사 - 환경교육과 재생에너지를 활용한 체험 활동 (태양열 조리기로 계란삶기, 태양광에너지로 바람개비 돌리기..)	실시함.
4	지구의 날 행사 재생에너지(이동근 선생님)강연/ 3~6학년/ 강당/ 3,4교시 전기와 물 안 쓰기 / 전학년 / 1,2교시	4월 22일 예정
5	에너지란 무엇인가 / 에너지와 우리 생활	
6	기후 변화의 현장	
7,8	제작 워크샵 참가(교사)	
9	태양열 에너지 이용 실습(조리기 만들기, 물 데우기 실험)	
10	태양광 에너지 실습(태양 전지로 장식품 만들어보기)	
11	풍력 에너지 실습(바람개비로 풍력 에너지 체험)	
12	사람 에너지 실습(자전거 발전기, 바이오매스)	

● ‘간디학교 녹색 에너지’ 수업 계획서

1. 교과목

- 1) 교과명 : 녹색 에너지
- 2) 수강대상자 : 1~5 학년
- 3) 이수학점 : 2학점
- 4) 담당교사명 : 홍상미(egoyan@hanmail.net)

2. 수업 주제

- 에너지는 어떻게 만들어지고 소비되는지를 알아본다.
- 에너지를 둘러싼 사회적 분쟁을 알아본다.
- 에너지 고갈과 지구 온난화 등 기후변화에 대해 인식한다.
- 일상에서 무의식적으로 소비되는 에너지에 대한 문제의식을 갖는다.
- 개인은 물론 공동체의 에너지 소비를 줄이는 생활 문화를 만든다.
- 다른 세상을 만들어가는 대안 에너지에 대한 가능성을 인식하고 실천한다.
- 대안에너지 혹은 재생에너지에 대한 필요성 지각하고 가능한 대안에너지를 만들어본다.

3. 주별 수업계획서

주차	학습내용	비고
1	에너지 이해	에너지란?
2	에너지 이해	에너지의 종류와 사용에 대한 이해 선조들이 사용한 에너지 우리들이 사용하는 에너지 비교
3	에너지 절약	환경 가계부 쓰기 전기요금 영수증 이용한 에너지량 이해, 이산화탄소 배출량 계산
4	에너지 절약	환경 가계부를 통해 새는 에너지를 파악하고 에너지를 절약할 수 있는 방법 고안. 캠페인으로 연결
5	에너지와 사회	자원을 둘러싼 전쟁, 에너지 빈부격 차, 발전소를 둘러싼 갈등, 기후변화 로 인한 생물 멸종
6	태양 에너지	태양열 조리기 태양열 조리기 원리 이해와 실습 (파라볼라식, 오븐식)
7	태양 에너지	태양을 이용한 난방과 전기 학교에 설치된 태양집열판에 대한 이해
8	자전거 발전	자전거의 원리, 발전기 원리 교류와 직류에 대한 이해
9	자전거 발전	자전거 발전기 만들기
10	풍력	풍력 발전에 대한 이해 바람개비 만들기, 풍차 이해
11	풍력	풍력 이용 학교에 있는 풍력 발전기를 이해하 고 이용하기
12	정리 및 평가	

● 남원 실상사 작은학교

풍력/자전거/태양열 발전기 활용한 에너지, 기후변화 수업 계획안

* 학교에 태양광 발전기(15Kw)가 있고, 풍력발전기를 설치할만한 옥상공간이 마땅치가 않아서 가능하다면 자전거 발전기를 여러 기 설치하고 싶습니다. 졸업생들이 두고간 고장난 자전거들을 활용하여 여름 연수 때 담당교사들이 가능한 만큼 제작하여 학교에 일단 설치하겠습니다. 이 경험과 시설을 토대로 하여 각 생활관에 발전기 시설을 만들어가고, 더 나아가 지역 사회에 이를 알리고 교육하는 역할을 하고자 합니다.

1) 과학 수업 : 전기와 전기에너지

- 전기와 전기에너지에 관한 원리와 현상을 이해하기 위한 수업. 한 학기 12차시 수업을 진행 함
- 10차시 전기발전의 원리, 소형 발전기 실험, 여러가지 발전방식
- 11차시 각 발전방식이 기후변화 등 환경에 미치는 영향 조사 발표, 태양광 발전과 자전거 발전으로 생산되는 전력량, 환경 영향 조사

2) 환경과 공동체 : 생태자립적인 공동체 생활 꾸리기

- 한 학기 12차시 수업
- 생태자립적인 공동체 생활양식이 필요한 이유
- 공동체(부락, 지역, 국가) 안에서 식량, 생필품, 에너지 자립을 생태적인 방식으로 이룰 수 있는 방법 연구
- 생활에 필요한 최소 에너지량 추산
- 에너지 필요량 조달 방법 연구와 실행 : 태양광 발전, 자전거 발전, 바이오 디젤 등
- 위와 같은 내용을 학생들이 직접 조사, 발표, 토론을 통해 수업을 진행한다. 학교에 설치된 태양광 발전 전력량과 소비량, 자전거 발전 전력량과 소비량 등을 직접 조사한다.

3) 에너지 절약 생활화 교육

- 자전거 발전기를 학생들이 일상적으로 이용하는 학생회실과 밴드실 전력공급원으로 우선 설치하고 필요한 전력을 스스로 발전하도록 한다.
- 발전량과 전기사용 용도, 시간 등을 지속적으로 기록한다.
- 장기적으로는 작은가정(생활관, 현재 8개의 생활관이 있음)별로 자전거 발전기를 만들어 설치해 나가고, 세탁기, 전기밥솥 등 가전제품들의 전력공급원으로 이용한다. 전력생산량이 부족할 경우에도 한정된 전력만 사용함으로써 에너지 절약을 실천하고 소박한 생활방식을 스스로 고안하여 실천하도록 한다.

4) 외부인 에너지 교육

- 인근 학교 학생들, 지역주민, 학교방문객들에게 태양광 발전 등 대안에너지 발전방식을 소개하고 직접 자전거 발전을 해보도록 한다.
- 대안적인 자가발전 시설에 필요한 비용, 기술, 효과 등을 상설 전시하여 내용을 소개한다.

● 의왕 더불어가는배움터 길

풍력/자전거/태양광 발전기 활용 계획 및 에너지, 기후변화 수업 계획안

2009년과 이후 구상과 실천은 이렇습니다. 풍력 자전거 태양광 발전기로 전기가 만들어진다면 우선 그 전기를 부엌과 4층 강당에 사용할 계획입니다. 배움터 길의 부엌을 생태공간의 중심으로 만들어나가고 4층 강당을 지역의 공간으로 만들 계획입니다. 옥상과 지역텃밭, 직접 만드는 급식인 소박한 밥상, 음식물 쓰레기의 자체 퇴비작업이 새 학교 전체 교육프로그램으로 진행될 계획입니다. 이 계획의 실천의 중심에는 부엌이 있습니다. 배움터 길의 부엌은 새로운 학교의 가치를 생산하는 공간이자 재생에너지 발전 전기가 소중하게 사용되는 공간입니다.

* 소박한 밥상 프로그램 중에서

- 전 학년 전 교사가 참여하는 밥 살림 프로젝트의 성격
- 2시간의 수업중 가장 첫 프로그램으로 옥상 생태에너지 교육진행
- 퇴비 만들기, 옥상 텃밭 가꾸기, 재생에너지 발전용량 기록하기, 자전거 발전기 돌려 부엌전기 생산하기
- 주 5일 일상적 진행

현재 배움터 길의 새 건물은 거의 완공 단계에 있습니다. 6월 12일 학교 이사를 계획하고 있습니다. 건축설계에 있어서도 에너지생산과 부엌과의 연결을 미리 기획 준비 하고 있습니다. 전기배선 층별 분전, 4층 부엌도 조명과 전기콘센트 분전, 배터리공간 마련, 옥상 콘셉트에 대한 논의가 한창 진행되고 있습니다. 재생에너지 시설이 설치되어나가면서 학교의 에너지 행사를 진행할 계획을 가지고 있습니다. 재생에너지 밝히기 전등끄기 행사가 그것입니다.

이후 에너지 수업 계획은 이렇습니다.

중학교 2학년 가온나무 수업은 기후변화 부분을 중심으로 진행할 계획입니다.

중학교 3학년 큰나무 수업은 아예 내가 만드는 에너지 학교라는 콘셉트로 진행하고 있습니다. 5월 이후의 여름학기 수업은 재생에너지 새 학교 적용사례를 스스로 기획하는 시간, 대체에너지가 여름방학 중 설치된다면 이후 가을 겨울 학기에서 일상운영, 사용 내역 파악, 대체에너지 원리를 심화이해, 지역에서의 적용계획으로 나아갈 계획입니다.

* 중등 3학년 큰나무 에너지 수업 진행 및 계획

- 봄학기(3,4월) : 재생에너지 전반 이해, 의왕 맑은내정수처리장 태양광발전기 시설 탐방, 과천 시민회관 태양열 급탕시설 방문, 재생에너지 역할 분담, 7명의 학생이 태양광, 태양열, 풍력, 수력, 바이오에너지, 연료전지, 화석에너지의 현재, 에너지 절약 아이디어로 역할 분담, 과제 발표
- 여름학기(5,6,7,8월) : 재생에너지 원리수업, 새 학교 아이디어 적용 기획과 실행, 환경영화제(기후에너지영화)관람, 방학시즌 재생에너지 집중 제작
- 가을학기(9,10월) : 재생에너지 시설 운영, 자체 제작기술 습득 제작시스템 구축, 재생에너지

발전시설 견학

- 겨울학기(11,12월) : 수업 자료집 제작준비, 개인 심화 프로젝트 지원, 지역주민과 소통계획 마련

고등학교 1학년 숲 학급의 경우도 재생에너지 제작 능력 갖추고 지역에 나눌 수 있는 집중된 소모임 활동계획을 가지고 있습니다.

배움터 길 학교는 살림에너지를 학교 건립 초기부터 지금까지 꾸준히 추진해 왔습니다. 의왕이라는 마을과 지역에서 이 가치를 한 단계 더 밀고나갈 의지와 주체들이 여기에 있습니다.

● 제주 문화들살이 학교

● 학교수업

*기초교과수업/ 프로젝트수업/ 생활교육 등을 병행

-생태수업시간에 자전거/풍력/태양광 발전 등 대안에너지를 직접 체험하고 대안에너지 기술에 대한 기초적인 이해를 높임으로써 직접 생활속에서 활용할 수 있도록 진행함

-집짓기 프로젝트 수업과 함께 진행하여 대안건축/대안에너지를 함께 이해하는 수업을 진행함.

-대안에너지를 이용하여 요리하기 등의 수업을 통해 대안에너지를 생활속에서 이해하고 활용하게 함.

-생활속에서 역할분담을 통해 대안에너지 시설을 직접 제작/관리/활용할 수 있도록 함

● 지역 대체에너지체험공간 조성

*학교내 대체에너지 체험장을 지역주민들에게 향시 개방하여 대안에너지에 대한 이해를 높이고 실제 필요한 주민들을 대상으로 제작/설치 교육을 지원함.

*자전거로 전기만들기

-자전거 3-4대정도 설치 : 자전거 페달을 돌려 전기가 만들어지는 것을 수시로 인근의 주민들과 학생들이 이용 체험토록함.

*태양에너지

-소규모 생활가전제품이 태양광발전을 통해 활용되는 과정을 체험하게 함

*바람에너지

-소규모 풍력발전기를 설치하여 지역에 있는 대규모 풍력발전기만이 아니라 생활속에서 대체에너지 지원으로 활용할 수 있다는 것을 체험토록함. 실패요자에게는 제작/설치를 지원함.

● 캠프체험수업

-들살이학교에서 1년 10회이상 운영되는 생태/환경 캠프에 대체에너지 이해/체험 프로그램을 적극 운용함.

● 안양 부흥고등학교

기후변화, 에너지 수업 계획안

1) 기후변화 수업 계획안

	수업 주제	수업 내용
1	우리생활과 기후변화의 관계	기후변화의 주원인인 이산화탄소 발생과 우리 생활과 관련있는 부분을 찾는다.
2	생활 속 탄소발자국 줄이기	우리 생활속에서 이산화탄소 발생이 많은 부분을 찾아 이를 줄이기 위한 생활 습관을 모색한다.
3	기후변화 대응과 우리의 할일	전세계적인 기후변화 대응에 참여할 수 있는 일에는 무엇이 있는지 개인, 사회, 국가 등 주체에 따라 해야 할 일에 대해 알아본다.

2) 에너지 수업 계획안

	수업 주제	수업 내용
1	에너지의 위기	화석연료와 원자력발전으로 대변되는 지금의 에너지는 자원 고갈의 문제를 넘어서 지구지속가능성에 대한 위협이다.
2	신재생에너지의 개념	신재생에너지의 의미와 그 가능성
3	미래를 품는 사람들	저탄소, 신재생 에너지를 활용한 사례와 이를 찾기 위해 노력하는 사람들의 이야기

3) 수업계획안 예시

학년	1	과목	생태와 환경	담당교사	황 유 경
대단원명	Ⅶ. 자원과 생태계의 보전	중단원명	1. 자원과 에너지	소단원명	에너지와 인간생활
학습 목표	현재 에너지 사용의 문제점을 통해, 신재생 에너지의 필요성을 인식하고 우리주변에 신재생에너지를 확대할 수 있는 방안에 대해 발표할 수 있다.				
의사소통능력 목표	<ul style="list-style-type: none"> 모둠별 토의를 통하여 현재 에너지 사용의 문제점을 정리한다. 우리 주변에 신재생에너지를 확대할 수 있는 방안에 대해 의견을 정해 발표할 수 있다. 				
모둠 구성방법	8모둠(자연 및 사람에게서 에너지를 얻을 수 있는 방법을 기준으로 조직)		보상방법	발표 후 의견 발표 학생에게 스티커 보상	

● 광명 YMCA법씨학교

에너지, 기후 변화 수업계획

a. 교육목표

- 도시형 대안학교에서 적용 가능한 지구 온난화 수업모델과 대안에너지 실험교육을 만들고 법씨학교와 지역 사회에 적용하는데 있다.
- 지구온난화로 나타나고 있는 기존의 문제와 함께 대안에너지에 대한 포괄적 이해와 대안 에너지를 직접 만들어 보는 교육프로그램 개발
- 이를 통해 가까운 미래에 지역과 함께하는 소규모 형태의 대안에너지로 학교 일부의 전력을 만들어 나가는 데에 기초를 다지도록 한다.

b. 주요내용

☆수업 대상 : 법씨 중등과정 7-8학년

☆1학기 수업안

- 지구온난화란 무엇인지와 지구온난화의 원인을 실험을 통해 과학적으로 접근 한다.
- 전기 에너지의 생성 원리, 특성, 사용도를 알아 전기에너지의 개념을 과학적으로 알아본다.
- 에너지 소비화와 지구온난화의 상관관계를 살펴보고 이 속에서 개인과 사회라는 관점에서 어떤 노력과 실천이 가능한지 알아본다.
- 이후 대안에너지 기술 센터를 방문해 대안 에너지에 대한 이해와 실천력을 기를 수 있도록 한다.

차시	분류	세부내용	비고
1	도입	기후변화 관련 다류시청	
2	지구온난화	지구 온난화의 과학적 원리(온실 효과, 복사 평형)	실험
3	지구 온난화	지구 온난화에 따른 생태계, 기후 변화, 그에 대한 사회의 인식과 노력	ppt, 자료조사, 발표
4	전기 에너지	에너지란 무엇일까? 전기의 성질 이해	실험(번개 만들기, 과일전지 만들기)
5	전기 에너지	발전의 원리와 전기 생산 전기와 자기의 성질 이해	전자기 유도 실험
6	전기 에너지	에너지 흐름과 전환, 열에너지 전기소비제품의 소비전력, 대기전력, 에너지 전환 효율 알기 / 에너지 절약을 위한 우리의 실천과제	실험, ppt
7	에너지	대안 에너지 기술 센터 방문	체험 교육

☆2학기 수업안

－ 일부 재생에너지의 과학적 원리 이해

－ 재생에너지 제작을 통해 학습내용을 구현해봄으로써 재생에너지에 대한 관심과 이해 향상

－ 화석연료 의존에서 벗어나 재생에너지를 사회에 어떻게 구현해볼 것인가를 시뮬레이션을 통해 접근

차시	분류	세부내용	비고
1	도입	수업 계획 발표. 모둠 수업 계획 작성	1학기 내용 복습
2-3	태양광 발전기 자전거 발전기 풍력 발전기	태양광/잔저거/풍력 발전기 만들기 1	조별로 팀을 이루어 한달 동안 대안 에너지 발전기를 만들어 보고 그 과정과 결과물을 발표해본다.
4		대안 에너지 발전의 과학적 원리	
5		대안 에너지 발전의 국내외 사례	
6-8		태양광, 자전거, 풍력 발전기 만들기2	
9		대안 에너지 발전의 이용	
10-11	재생 에너지와 사회	미래세대를 위한 에너지 전환 노력 에너지 자립 도시/시도/가능성	비디오 시청(생태도시 꾸리찌바), 토론
12	평가 및 발표	조별 결과물 발표. 평가	발표

● 원주 한알학교

에너지·기후변화 수업계획안

한알학교는 원주시 부론면 단강리 옛 단강초등학교를 임대해 운영하고 있는 중·고 통합과정의 대안학교입니다. 중등 1,2 과정과 고등 3과정까지는 현재 〈생활과 노작〉 교과가 필수 과목으로 편성되어 있으며 농사, 집짓기, 옷만들기 등으로 식주의를 직접 가꾸고 만들어가는 자급자립의 태도를 갖추는 데 교과의 목표를 두고 있습니다. 〈생활과 노작〉 교과 안에서 에너지를 직접 생산하고 사용해 보는 수업을 새로이 편성할 수 있을 것입니다.

■ 수업 배경

1. 에너지는 인류 생존의 문제를 넘어 지속가능한 지구를 위해 우리가 풀어가야 할 과제.
2. 학교 생활 속에서 에너지를 이해하고 지구온난화에 대응할 수 있도록 교육할 필요성.
3. 전기 사용 습관을 비롯한 소비 생활을 지양하는 생활 교육의 필요성.

■ 수업 방향

1. 가정 생활 프로그램 : 전기 고지서를 활용한 에너지 가계부 쓰기 등
2. 학교 생활 프로그램 : 태양에너지를 이용한 조리 시간, 발전기로 운영하는 교실 등
3. 마을 협동 프로그램 : 태양광에너지 시범 사업 연계 등
4. 지역사회 참여 프로그램 : 지역 NGO 활동 참여, 강연회 및 토론회 개최 등

■ 수업 내용

〈이론 및 강의〉

1. 지구온난화, 기후변화
2. 에너지(석유) 고갈과 대체에너지의 필요성
3. 문명의 위기, 에너지 자급은 어떻게?
4. 왜 지역인가? 우리 지역의 에너지 정책과 실천 사례
5. 대안문명과 대안사회
6. 먹거리와 에너지

〈체험 프로그램〉

1. 태양광으로 요리하는 "빵과 과자" 수업
2. 자전거 발전기로 오디오 및 방송 시설 운영
3. 대체에너지 실현 지역 탐방 등 에너지 주제 기행
4. 지구온난화를 막기 위한 현장 활동 참여

■ 수업 적용 환경

1. 식당
2. 대강당(방송, 영상 상영 등 공동 문화 공간)

■ 과정별 주요 수업 내용

- 1과정(중등 1년) : 에너지, 기후변화 기초(흥미롭게 접근할 수 있도록 미디어를 활용한 교육)
 2,3과정(중등2,3년, 고등1년) : 대체에너지 활용 실습, 지역사회 운동 참여

■ 수업시수별 연간수업계획

〈1학기〉

차 시	주제	내용	과제 및 수업활동
1	환경정의	골프장과 생태적, 환경적 문제	*모의 합의 회의 준비 *동영상 함께 보기 *참고도서 중 1권 읽기 (1학기 서평 제출)
2		갯벌과 평화운동	
3		원자력 발전소와 방사성 폐기물	
4		방사성 폐기물 처리장 건설을 둘러싼 지역 주민의 갈등	
5		모의 합의 회의	
6	생태경제	우리의 미래	LETS 프로젝트 실험
7		학교에서 LETS 실천하기	
8		맥도그날드와 버거킹의 싸움	
9		이스터섬의 멸망	
10	생명윤리	환경 위기를 극복할 새로운 윤리	〈파우스트의 선택〉 함께 읽기
11		생명공학(전체토론)	
12		내 삶의 습지	
13	생태적 삶	생태 도시를 향한 도시 하천 살리기	내가 제안하는 생태적 삶은?
14		지방의제21과 주민 참여	
15		우리에게 자동차란 무엇인가	
16		우리의 식생활과 소비생활	
17	평가 및 정리	복습 돌아보기	수업 소감문 제출

〈2학기〉

차 시	주제	내용	과제 및 수업활동
1	에너지	에너지란 무엇일까?	* 〈동네 에너지가 희망이다〉 읽고 소감문 제출 * 동영상 함께 보기
2		에너지의 발견(물, 불, 전기, 석유)	
3		석유의 시대	
4		탄소발자국(전기, 자동차)	
5		대안에너지(바람, 태양, 자전거)	
6	발전기 제작	전기를 표현하는 용어들	공구 다루기 작업 안전 자재 다루기
7		발전기의 원리(제작과정 설명)	
8		제작실습1 고정자, 회전자 주형 짜기	
9		코일 감기	
10		제작실습2 고정자, 회전자 주형 뜨기	
11			
12		제작실습3 자석 붙이기, 조립	
13			
14		제작실습4 자전거에 연결하기	
15	평가 및 정리	복습	수업 소감문 제출
16		돌아보기	

■ 평가계획

- 1) 과제제출, 수업태도, 참여도를 기준으로 평가한다.
- 2) 과제제출 50%, 수업태도와 참여도를 50%로 하여 이수/미이수로 평가한다.

참고자료

교보생명교육문화재단, 2008, 기후변화시대, 교육을 어떻게 할 것인가? 토론회 자료집
녹색연합, 2008~2010, 숲과 바람과 태양의 학교 결과보고서
녹색연합, 2009, 에너지 자립을 꿈꾸는 마을
녹색연합, 2009, 지구를 살리는 꼬마 의사들
이유진, 2010, 태양과 바람을 경작하다, 이후
에너지기후정책연구소, 2011, 서울시 교육청 그린스쿨 전략 연구

도움 주신 분들



아베다
무주 푸른꿈고등학교
남원 실상사작은학교
광주 푸른숲학교
광명 YMCA범씨학교

대안기술센터
거창 샛별초등학교
괴산 신기학교
제주 문화학교 들살이
과천 맑은샘학교

에너지기후정책연구소
제천 간디학교
의왕 더불어배움터길 학교
안양 부흥고등학교
원주 한알학교

풍력, 자전거, 태양광 발전기와 태양열조리기에 대해 더 알고싶다면!

대안기술센터(홈페이지 : www.atcenter.org 연락처 : 055-973-5804)

에너지팜(카페 : cafe.daum.net/energyfarm 연락처 : 070-8721-0901)