



09

“

지구의 연평균 기온변화 : 지구의 평균기온은 20세기에 약 0.6도 상승했으며, 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8도 상승할 것으로 전망되고 있다.

”

09

기후변화와 대책

[자료제공:에너지관리공단 김 주 완 / 서울영남중학교 교사 정행남]

1. 기후변화협약

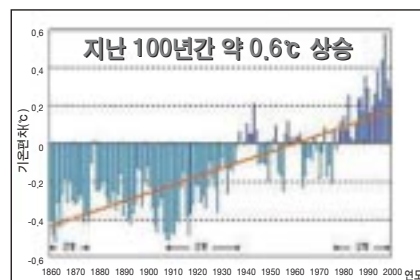
기후변화로 북극해 얼음이 녹으면서 북극곰이 멸종 위험에 처하기 시작했다. 북극에 얼음이 없으면 북극곰은 살 수 없다. 해빙(바다얼음)에 구멍을 뚫고 숨쉬러 올라오는 바다표범을 잡아 먹을 수도 없고, 빙산과 빙산 사이를 헤엄쳐 다닐 수도 없기 때문이다. 지구 온난화로 인해 해빙이 줄게 되면 21세기 중반까지, 현재 지구상에 살고 있는 북극곰의 2/3가 사라질 것이다.¹⁾



〈그린피스와 태양세대가 전시한 기후변화로부터 북극곰을 살리자는 메시지의 북극곰 모형〉

올여름은 우리나라에서 최근 10년 동안 가장 짓궂은 날씨를 보인 해로 기록될 듯하다. 장마가 끝난 뒤에 더 많은 비가 쏟아지는가 하면, 8월 중순에는 흐린 날씨에도 폭폭 찌는 열대야와 찜통더위가 기승을 부렸다. 기상청에서는 “여름철 평균 기상현상만 놓고 봤을 때 한반도는 이미 아열대기후 현상을 보이고 있지만, 겨울 한파가 있기 때문에 아열대기후로 판단하기에는 문제가 있다”면서도 “온난화가 진행되는 것은 분명한 사실인 만큼 이 상황에 대비해야 한다”고 지적했다. 이처럼 지구온난화로 인한 기후변화는 이제 남의 이야기가 아니다.

지구의 평균기온은 20세기에 약 0.6도 상승했으며, 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8도 상승할 것으로 전망되고 있다. 0.6도의 작은 온도의 증가는 지난 일만년 동안 지구가 겪은 가장 큰 변화이다. 더워지고 있는 지구를 막지 못한다면 지구의 미래는 멸종위기의 북극곰과 같은 운명이 될 것이다.



〈지구의 연평균 기온변화〉

1) 2007년 9월 7일 미국지질조사소(USGS, <http://www.usgs.gov>)보도

1) 지구온난화(global warming)란?

지구온난화는 인간의 인위적인 활동에 의하여 자연적인 온실효과에 영향을 주어 지구의 기온이 상승하는 것을 말한다. 지구온난화는 산업혁명 이전에도 자연계에서 있었던 현상이나 20세기 들어서 화석연료 사용의 증가와 삼림벌채 등으로 인해 속도가 빨라지고 있다는 것이다.



지구온난화의 직접적인 원인은 이산화탄소와 같은 온실가스가 대기 중으로 방출됨으로서 일어나는 온실효과(greenhouse effects) 때문이다. 온실효과는 식물을 키우는 온실을 연상하면 쉽게 이해할 수 있다. 즉 지구를 커다란 온실이라고 생각할 때 온실의 유리에 해당하는 것이 바로 이산화탄소와 같은 대기이다.

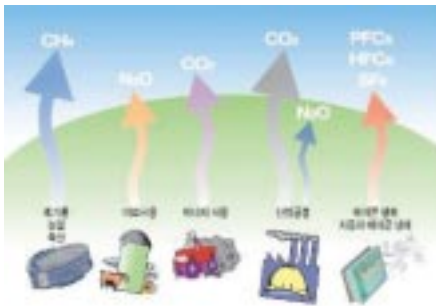
이산화탄소와 같은 대기는 태양으로부터 지구에 들어오는 태양에너지는 통과시키지만 지구로부터 반사되어 나가려는 지구복사에너지는 흡수한다. 이때 흡수한 복사에너지를 다시 지구로 방출하기 때문에 지구는 온실처럼 따뜻하게 된다.

지구의 평균기온이 15℃ 정도로 유지되는 이유는 이러한 온실효과 때문이다. 만약 대기가 없어 온실효과가 없다면 지구는 화성처럼 태양이 비추는 낮에는 수십도 이상 올라가지만, 반대로 태양이 비추지 않는 밤에는 모든 열을 방출하여 영하 100℃ 이하로 떨어지게 될 것이다. 이런 경우 생명체는 살 수 없게 된다. 어떻게 보면 온실효과 때문에 인간을 포함한 모든 생물들이 지구상에 살 수 있는 셈이다. 따라서 온실효과는 그 자체의 문제가 아니라 일부 온실효과를 일으키는 온실가스가 과다하게 대기 중에 방출됨으로써 두터운 온실이 형성되어 온실효과가 커지는 데 있다. 이로 인하여 지구 평균기온이 올라가는 지구온난화현상이 나타나고 있는 것이다.

대기를 구성하는 여러 기체들 중 온실효과를 일으키는 기체를 온실가스라 하며, 온실가스로는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 이산화 질소(N_2O), 프레온(CFCs), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화유황(SF_6), 오존(O_3) 등이 있다.

각각의 온실가스가 지구온난화에 얼마나 영향을 미치는지를 나타낸 것이 지구온난화지수²⁾이다. 이산화탄소(CO_2)를 1로 기준하여 나타내는데, 메탄의 지구온난화지수는 21이다. 이 의미는 메탄이 온실효과를 일으키는 영향력이 이산화탄소보다 21배 크다는 것이다. 그러나 이산화탄소를 제외한 다른 온실가스들은 아직까지 대기 중 농도가 낮아 전체적으로 지구온난화에 기여하는 정도는 이산화탄소보다 훨씬 작다.

2) 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potentials)

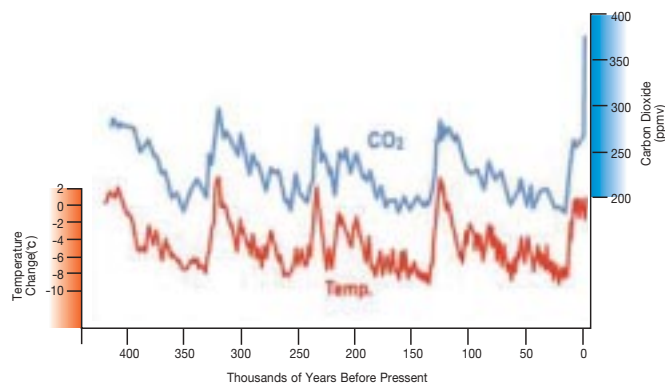


〈온실효과 가스의 종류〉

그에 비하여 이산화탄소는 나무, 석유, 석탄 등 화석 연료가 연소할 때 발생하여 대기 중에 많이 방출되므로 지구온난화지수는 가장 낮지만 온난화 기여도는 55%정도로 가장 높다.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs, PFCs, SF ₆
지구온난화지수 CO ₂ =1	1	21	310	1,300-23,900
온난화기여도(%)	55	15	6	24
배출원	에너지사용 /산업공정	폐기물/농업/ 축산	농업/산업공정/ 비료사용	냉매/세척용

그렇다면 대기 중의 이산화탄소의 농도는 과거에 비해 얼마나 증가하고 있는 것일까? 대기 중 이산화탄소의 농도는 산업혁명 이전에 280ppm 정도였으나 오늘날에는 그 값이 약 360ppm에 이르고 있다. 한 세기 동안 대기 중에는 이산화탄소 농도가 약 20% 증가했다는 것이다. 이산화탄소는 주로 화석연료의 연소과정에서 대기 중으로 배출되고 있다. 그래서 현재와 같은 추세로 화석연료의 소비가 급증한다면 2070년 경에는 산업혁명 이전의 두 배 수준인 560ppm에 이를 것으로 예상하고 있다. 다음 그래프를 보면 지구의 기온은 온실가스의 증감에 의해 변화되어 왔음을 확인할 수 있다. 최근 대기 중 이산화탄소의 양이 급증한 것으로 보아 앞으로 지구의 기온은 더 올라갈 것으로 예측된다.



〈이산화탄소 농도와 기온변화〉

2) 지구 기후변화 완화를 위한 연구 사례

영화 ‘불편한 진실’에 삽입된 애니메이션에서는 지구 온난화를 막기 위해 어른들이 바다에 거대한 얼음덩어리를 주기적으로 던져 넣어 지구온난화를 막는다는 설정이 등장한다. 최근 지구공학(geoengineering)은 지구 온난화를 제어하려는 발상에서 시작되어 현재는 새로운 과학기술 분야를 차지하고 있다. 때론 연구성과에만 집착하여 공상과학 소설이나 나올 법한 구상을 내놓기도 한다. 이러한 연구들이 사람들에게 충격을 주어 화석연료 배출량을 줄이는 데 도움이 될 수 있을 것이라는 견해도 있으나 서투른 조치를 취하려는 시도가 자칫 심각한 부작용을 가져올 수 있고 생태계에 유해를 가할 수 있다. 지속가능성의 측면까지 고려되어야 할 것이다. 이러한 지구공학의 연구들이 그만큼 지구 기후변화 방지가 절박함을 시사하는 것으로 볼 수 있다.



● 사례 1. 우주거울

거울을 지구와 태양사이에 설치 햇빛을 차단한다는 것인데, 아주 가는 실들을 촘촘하게 엮어서 망을 만들게 되면 이 망은 햇빛 중 적외선 일부를 걸러내어 지구 대기에 도달하지 못 하도록 한다. 또 이 우주거울 작전이 보다 발전된 것으로 지름이 약 60cm, 두께는 1mm도 채 안 되는 투명한 얇은 필름 원반 16조개 정도를 우주에 띄우면 지구로 오는 햇빛의 2% 가량을 차단한다는 것이다. 투명한 필름 가운데 작은 구멍이 뚫린 원반모양을 하고 있기 때문에 강한 태양풍에도 궤도를 이탈하지 않을 것으로 예상된다. 하지만 무게가 총 2천만 톤이고 가격은 수조 달러에 달하는 필름 원반들을 대기 중에 설치하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 수조개의 필름 원반을 지구궤도에 올리기 위해서는 10년 동안 5분 간격으로 계속해서 로켓을 쏘아 올려야 한다는 계산이 나오기 때문이다.



● 사례 2. 인공화산

성층권에 막대한 양의 이산화황(아황산가스)을 살포한다면 태양광선을 반사시키는 황산 염층을 형성할 수 있다는 주장이다. 지구에 도달하는 태양광선의 30%가 자연적으로 대기권 밖으로 반사되기 때문에 나머지 중 일부를 인위적으로 반사시킬 수 있다면 지구온난화를 억제할 수 있다는 것이다. 이런 주장은 1991년 필리핀의 피나투보(Pinatubo) 화산이 폭발했을 때 대기권에 분출된 황산으로 인해 전 세계의 기온이 2년 동안 떨어졌다는 사실에서 실효성이 입증되고 있다. 물론 이산화황은 산성비와 호흡기 질환의 주원인이 되기 때문에 이를 대량으로 살포할 경우 지구의 열을 식히는 대신 지금보다 더 더럽히는 결과를 초래할 수가 있다.

● 사례 3. 바다 비료

식물을 이용한 이산화탄소 흡수방안이다. 광활한 대규모의 육지에서의 삼림화와 해양에서의 해조류의 번식을 들 수 있다. 이를 위해 토요타에서는 이산화탄소를 최대한 흡수할 수 있도록 나무 종을 유전적으로 조작하는 연구를 하고 있다. 한편 해안가 지역에서는 암모니아와 철 성분의 부족으로 해조류 성장에 한계가 발생한 것에 착안하여 해양 표면에 철 함유량이 높은 비료를 뿌려 해조류의 번식을 높이는 것을 연구 중이다. 벌써 몇몇 회사는 이러한 기술을 이용하여 이산화탄소 배출권 거래시장에 이 상품을 팔 계획까지 구체적으로 세우고 있다고 한다.

● 사례 4. 이산화탄소 격리

이산화탄소를 지하나 해저의 큰 구멍에 가두어 두는 것이다. 거의 채굴이 끝난 석유 유정이나, 석탄을 캐낸 광산에 이산화탄소를 가둬둔다. 노르웨이의 한 석유회사에서는 1996년부터 천연가스를 생산하는 과정에서 생기는 이산화탄소를 북해의 바다 바닥에 매년 100만톤씩 저장하고 있다. 덴마크의 한 회사는 이산화탄소를 대기 중에 방출 시키는 대신 스페인 해안 근처의 폐쇄된 유전 등 4곳에 이를 저장하는 계획을 추진하고 있으며 스웨덴의 한 회사는 독일 동부의 갈탄(brown coal) 공장에서 나오는 방출물로 부터 이산화탄소를 분리해내는 방법을 실험 중이다. 1톤의 탄소를 매립하기 위해서는 50달러 정도의 비용이 필요하고, 세부적인 과학지식이 부족하기 때문에 보다 대규모의 실험이 이뤄져야 하겠다.



〈노르웨이 석유회사 스타트오일이 1996년부터 가동하고 있는 북해 온실가스 포집·저장 사업 현장(한국해양연구원)〉

3) 기후변화협약

지구온난화는 1979년 G.우텔과 G.맥도날드 등의 과학자들이 처음 경고를 한 후 논의가 되어 1985년 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)은 이산화탄소가 온난화의 주범임을 공식 선언하였고, 1987년 제네바에서 열린 제1차 세계기후회의를 통해 기후 변화에 대한 정부간 협의기구(IPCC)를 결성하였다. 1988년 6월 캐나다 토론토에서 주요 국가의 대표들이 모여 지구온난화에 대한 국제협약 체결을 공식으로 제의하고, 1990년 제네바에서 열린 제2차 세계기후회의에서 기본적인 협약을 하였다.



1992년에 세계 각국 지도자들이 브라질의 리우에 모여 지구온난화와 기후변화의 원인은 인류의 에너지 과소비로 인한 대기 중 이산화탄소 농도 증가라고 규정하고 더 큰 재앙이 초래되기 전에 대응방안을 수립하기로 약속하면서 기후변화협약(UNFCCC)³⁾을 체결했다. 이 협약은 1994년 3월에 그 효력이 나타나게 되었고 2007년 7월 현재 190개국이 가입⁴⁾하였으며, 우리나라는 1993년 12월에 47번째로 가입했다.

기후변화협약의 목적은 인류 활동에 의한 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 방출을 제한하여 지구온난화를 방지하고자 하는 데에 있다. 규제대상 물질은 이산화탄소, 메탄, 프레온가스 등이 대표적 예이다. 협약 내용은 기본원칙, 온실가스 규제 문제, 재

정지원 및 기술이전 문제, 특수상황에 처한 국가에 대한 고려로 구성되어 있다. 국가별로 정도의 차이는 있으나 모든 나라가 책임이 있으므로 능력에 따라 의무를 부담하되 지금까지 에너지를 많이 사용해왔고 기술적, 경제적 능력이 있는 선진국이 선도적 역할을 하면서 개도국의 사정을 배려한다는 원칙하에 이 협약에 가입한 당사국들을 부속서 I 국가(의무부담국)와 기타국가(비의무부담국)로 구분하여 각기 다른 의무를 부과하고 있다. 우리나라는 현재 비의무부담국으로 분류되어 있다.

모든 당사국은 온실가스를 줄이기 위한 국가 전략을 수립·시행하고 이를 공개해야 하며 통계자료와 정책이행에 대한 보고서를 협약당사국총회(COP)⁵⁾에 제출해야 한다.

3) UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)

4) 아직 기후변화협약에 가입하지 않은 나라에는 Andorra(안도라), Iraq(이라크), Myanmar(미얀마), Somalia(소말리아)가 있다.

5) COP(Conference of the Parties)

부속서 I 국가는 협약체결 당시 OECD 24개국과 동구권 11개국의 35개국과 유럽연합(EU)으로 구성되어 있었으나, 제3차 당사국총회(COP3)에서 5개국(크로아티아, 슬로바키아, 슬로베니아, 리히텐슈타인 및 모나코)이 추가로 가입하여 현재 40개국과 EU로 구성되어 있다. 부속서 I 국가는 자국의 온실가스 배출량을 2000년까지 1990년 수준으로 감축하도록 노력하되 감축목표에 관한 의정서를 3차 당사국총회(COP3)시까지 마련하기로 결정하였고 이에 따라 1997년 12월에 '교토의정서'가 채택되었다.



〈기후협약당사국총회 주요 진행 결과〉

4) 교토의정서

기후변화협약이 지구기후변화 방지를 위한 전 세계 국가들의 자발적인 노력을 규정하였으나 구속력이 없다. 온실가스를 줄이는 데 비용이 경제에 부담이 될 것을 우려했기 때문이다. 그러나 1997년 12월 3차 당사국총회에서 기후변화협약의 기



본 원칙에 입각하여 과거 산업혁명을 통해 온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 국가(38개국)의 온실 가스 감축 목표가 결정되었는데, 이를 교토의정서(Kyoto Protocol)라고 한다. 특히 교토의정서는 온실가스 감축 의무에 대해 국제적으로 구속력을 갖는 점에서 의의가 있다. 교토의정서는 규제대상 온실가스를 여섯 가지⁶⁾로 확정짓고, 3차의 기간으로 나누어 온실가스 저감목표를 설정하도록 하였으며, 선진국들은 1차 기간인 2008년부터 2012년까지 1990년도 배출량 대비 평균 5.2% 감축할 것을 합의하였다. 각 국은 2012년까지 국가별 여건에 맞게 미국 -7%, 유럽연합 -8%, 일본 -6% 등 온실가스를 줄여야하는 감축 목표량이 -8%~+10%로 다르다.

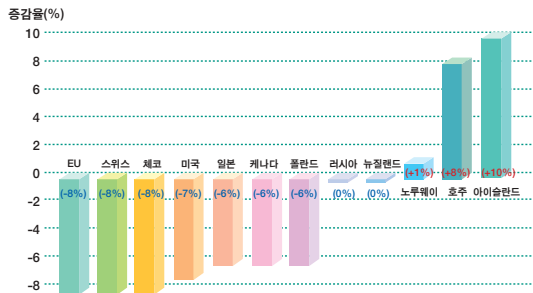
한편 전 세계 이산화탄소 배출량의 28%를 차지하여 최대 온실가스 배출국인 미국은 의정서에 의한 의무규정을 실행할 경우 자국의 경제에 심각한 피해를 줄 수 있고 중국, 인도 등의 국가가 의무감축대상에서 제외되어 있다는 이유를 내세워 반대 입장을 표명하고 2001년 3월 교토의정서를 거부하였으나, 기후협약을 거부하는 것은 아니다. 이에 교토의정서는 그 실효성에 큰 타격을 입었지만, 유럽연합과 일본 등이 중심이 되어 협상을 지속하였고 마침내 2004년 11월 러시아가 비준서를 제출함에 따라 교토의정서의 발효조건이 충족되어 정해진 규정(의정서 25조)에 의해 2005년 2월 발효되어 법적 효력을 갖게 되었다. 이에 해당국들은 교토의정서 상의 규정에 대하여 법적 의무를 수행해야 하고 의무를 이행하지 않을 경우 제재조치를 받게 된다.



6) 제3차 당사국총회(COP3)에서는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 이산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화유황(SF₆),을 6대 온실가스로 지정하였다.

교토의정서는 온실가스 감축목표를 달성하는 데 소요되는 비용을 줄이기 위해 온실가스 감축량을 상품처럼 사고 팔 수 있게 한 신축성 있는 교토메커니즘을 도입하였으며 흡수원을 인정하였다.

교토메커니즘은 온실가스를 효과적이고 경제적으로 줄이기 위하여 공동 이행 제도(JI), 청정개발체제(CDM), 배출권거래제도(ET) 등의 수단을 말한다. 흡수원이란 대기의 이산화탄소를 흡수하여 제거하는 기능을 말한다. 즉 대기 중으로 배출된 이산화탄소는 식물의 광합성 작용을 통해 탄소와 산소로 분리되어 탄소는 식물의 성장에 사용되고 산소는 다시 대기 중으로 배출된다. 교토의정서는 토지용도 변화와 조림사업에 의한 이산화탄소 감축 흡수량을 흡수원에 의한 감축량으로 인정하고 있다.



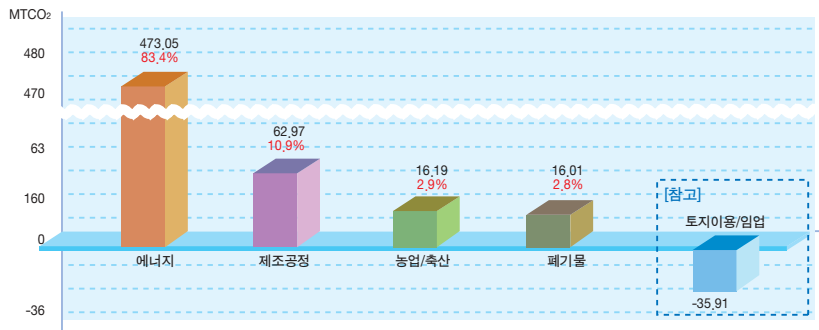
교토메커니즘

- *공동이행 제도(JI): 선진국간에 공동으로 온실가스 감축사업을 할 때 이를 인정하는 제도
- *청정개발 제도(CDM): 선진국이 개도국에 자본과 기술을 투자하여 온실가스 저감사업을 벌이고 이 과정에서 발생된 온실가스 배출감축 분을 자국의 감축 실적 Credits으로 인정받고 개도국은 사업과정에서 기술이전 및 재정지원의 혜택을 보며 Credits중 일부는 기후변화에 취약한 국가의 적응비용 및 행정비용으로 사용하는 제도
- *배출권 거래 제도(ET): 온실가스 감축의무가 있는 국가들간에 자국에 할당된 양을 기초로 추가 감축분을 다른 나라에 배출권으로 사고 팔 수 있도록 하는 제도

5) 기후변화협약과 우리 경제

현재 교토의정서의 온실가스 감축의무 국가는 선진국들이 대부분이며, 우리나라는 제3차 당사국총회에서 기후변화협약 상 개발도상국으로 분류되어 의무대상국에서 제외되었다. 그러나 우리나라의 경우 2004년 기준으로 경제규모 세계 11위, 온실가스 배출량 세계 10위, OECD 가입국으로 향후 온실가스 감축의무 부담을 구체적으로 받는 대상국가로 참여해야 한다는 국제적 압력으로 2008년부터 멕시코와 함께 의무부담을 받도록 요구받고 있다.

기후변화협약은 온실가스 증가로 인한 지구온난화 현상을 막기 위한 범지구적 환경협약으로, 구체적인 이행에 들어가면 온실가스 배출 규제가 본격화될 것이다. 온실가스의 대부분은 에너지 사용 결과로 발생하기 때문에 온실가스를 줄이기 위해서는 에너지절약과 에너지이용효율을 향상시켜야 하는 것이 필수적이다. 또한 온실가스를 효율적으로 줄일 수 있는 첨단기술(BAT: Best Available Technology)과 재생에너지 기술을 많이 보유하고 있는 국가나 기업이 세계 경제의 우위를 차지하게 될 것이 자명한 현실이다.



〈국내 온실가스배출현황(2002년 기준), 산자부/에경연〉

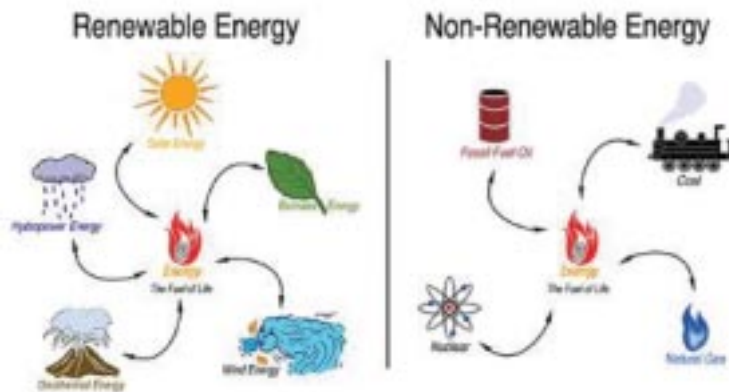
우리나라의 경우 에너지 사용량이 매년 증가하고 있으며 다른 선진국에 비해 재생에너지 기술을 많이 보유하지 못하고 있기 때문에 앞으로 온실가스 감축의무가 부여될 경우 경제와 산업 활동에 큰 타격을 받게 될 것이다. 이는 의무부담의 강도와 방식, 기준년도에 따라 다르게 나타나기는 하겠지만, 만약 2차 이행 기간(2013년~2017년)중에 1995년 대비 온실가스배출량의 5%를 감축할 것이 의무로 부과될 경우 2015년의 실질 GNP 성장률이 약 20% 감소될 것으로 예상되며, 2000년 대비 동일한 의무부담을 가정할 경우에는 실질 GNP 성장률이 약 10% 감소할 것으로 예상된다. 산업별로는 특히 발전, 정유 등 온실가스 배출이 많은 에너지 다소비 업종이 심각한 영향을 받을 것으로 예상된다.

2. 에너지대안 - 신재생가능에너지⁷⁾

‘더 이상 엘리펀트(Elephant)는 없다.’ 엘리펀트란 원유매장량이 수십억 배럴에 이르는 초대형 유전을 일컫는 원유업계 용어다. 최근 대형 유전이 완전히 자취를 감췄다. 적어도 지난 35년간 엘리펀트로 규정할 만한 대형 유전이 발견된 곳은 단 한 곳도 없다. 석유수급에 비상이 걸린 것이다. 석유, 석탄, 천연가스 같은 화석연료는 그 매장량이 얼마 남지 않았으며, 화석연료의 과도한 이용으로 인해 전 세계는 기후 변화를 겪고 있다. 화석연료의 대안으로 떠오르던 원자력도 폐기물처리 문제와 고온의 냉각수 배출에 따른 생태계 변화에 어려움이 있으며, 우라늄 역시 매장량이 얼마 남지 않아 에너지 위기의 대안이라 할 수 없다. 20세기 동안 전 세계의 에너지는 대부분 화석연료와 원자력에 의해 공급되었지만, 이제 더 이상 화석연료와 원자력에 의존할 수 없는 실정이 되었다. 그러면 우리는 어떻게 에너지 위기를 극복해야 할 것인가?

자원고갈과 기후변화를 극복하는 유일한 방안은 에너지의 효율적 이용과 신·재생에너지 보급이다. 특히 최근에 신·재생에너지의 개발 및 보급이 이루어지면서, 장기적으로는 화석연료와 원자력을 대체할 가능성을 충분히 보여주고 있다.

신·재생에너지(Renewable Energy)란 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지이다. 즉, 다시 생길 수 있는 에너지원을 뜻한다. 햇빛, 태양열, 바람, 지열 등은 한번 사용하면 없어지고 결국 고갈되어 버리는 것이 아니라 태양이 있고 지구가 있는 한 무한정 쓸 수 있는 재생 가능한 에너지원이다. 신·재생에너지는 다시 사용할 수 있고, 온실가스 발생이 거의 없어 친환경적이라는 장점을 지닌다.



7) 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법」제2조의 규정에 의거 신재생가능에너지를 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열(8개 분야), 신에너지에는 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질잔사유가스화, 수소에너지(3개 분야)로 구분하고 있다.

한때는 대체에너지라는 말을 많이 사용하였다. 대체에너지는 석유고갈에 대비한 대체물로서의 연료를 뜻하는 말로, 알코올, 식물성 기름, 어유(魚油), 석탄액화유 등이 주목받았던 대체연료들이다. 원자력도 대체에너지에 포함되었다. 그러나 최근 환경 문제가 대두되면서 화석연료와 달리 환경친화적이며 무제한 공급이 가능한 영구자원을 뜻하는 신·재생 에너지라는 말을 사용하고 있다.

우리나라의 경우 교토의정서에 의거하여 2차 공약기간인 2013년에서 2017년까지 온실가스 감축 의무 부담을 받게될 것이라고 관련 전문가들은 예상하고 있다.

따라서 기후변화협약과 같은 국제환경규제에 대한 적극적인 대응 방안으로서 환경 친화적이며 청정에너지인 신·재생에너지로 적극적인 에너지 전환을 해야 할 필요성이 눈앞에 다가왔다고 할 수 있다. 또한 신·재생에너지는 우리나라와 같이 석유 한 방울 나지 않는 실정에서 에너지의 해외 의존도를 낮추고 에너지수급 불안정에 대비하여 에너지 안보를 확보할 수 있는 효과적인 방안이라 할 수 있다.

태양광, 풍력 등의 재생에너지산업은 세계적으로 연평균 20~30% 급신장하여 IT, BT 산업 등과 함께 21세기 첨단 신산업으로 급부상하고 있다.

우리나라의 경우 적극적인 기술 개발을 통해 국산 제품의 보급 프로그램 추진으로 획기적인 생산비용 저감을 달성하고자 노력하고 있다. 또한 태양광주택 10만호 보급사업 추진으로 정부가 설비설치비 일부 무상 지원하여 주고, 2011년까지 신재생가능에너지 5% 보급 목표를 세우고 있다. 이미 선진국들은 재생에너지 관련 기술을 선점하고 실용화하기 위해 범국가적 계획을 세우고 연구개발을 활발히 진행하여 보급할 계획을 세우고 있다. 앞으로 에너지 자원 고갈과 기후변화에 대한 인식이 깊어질수록 재생에너지로의 방향 전환의 움직임은 더욱 빨라질 것이다.

■ 주요 선진국과 우리나라의 재생에너지 보급 계획

미국	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년까지 1백만 호 태양 지붕 프로그램(Solar Roofs Program) • 2010년까지 총 자동차중 25%를 연료전지 자동차로 보급
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴선샤인(New Sunshine)계획(1993년~2020년)의 일환으로 2010년까지 160만호 태양광주택 보급 • 2010년까지 5만대의 연료전지 자동차, 40만가구의 가정용 연료전지 보급
유럽	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년까지 재생에너지 사용비율을 12%로 확대 추진 - 1990년 수준 대비 CO2 15% 감축 목표
우리나라	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광주택 10만호 보급사업 추진으로 설비설치비 일부 무상지원 • 2011년까지 신재생가능에너지 5% 보급 목표

※ 자료출처 : 국제에너지기구(IEA), Renewable Energy World 2002

1) 신·재생가능에너지의 종류와 특징



태양광/태양열 - 태양으로부터 얻는 에너지

지구상의 모든 에너지의 근원인 태양은 매초 170조kW의 에너지를 1억 5천만km나 떨어져 있는 지구에 공급하고 있다. 이 에너지는 식물의 광합성작용을 통해 지구상 모든 생물들의 삶의 원천이 되고, 기상현상 등의 각종 지구상의 운동들을 유발함으로써 수력, 풍력 등의 에너지의 근원이 된다. 화석연료도 태양에너지의 집적물이라고 말할 수 있다. 즉, 태양 에너지는 화석연료를 배제하고서도 인류의 활동들을 충분히 지속시켜줄 수 있는 가능성을 담고 있다고 말할 수 있는 무궁무진한 재생에너지이다.

태양에너지를 이용하는 방식에는 태양광 발전과 태양열 집열방식을 들 수 있다.

태양광 발전은 햇빛을 받으면 직접 전기를 발생시키는 반도체소자, 즉 태양전지를 이용하여 일상생활에 전기를 공급하는 방식을 말한다. 태양빛만 존재한다면 어느곳에서나 전기 에너지를 생산할 수 있으므로, 태양광 자동차나 무인 항공기, 인공위성, 우주공간에서



〈태양광 발전 시스템〉



〈강원 춘천 30kW급 태양광발전〉

중장비 운송, 건축자재(태양전지가 내장된 지붕 널빤지, 타일, 창소재...) 등 아주 광범위하게 사용되고 있다. 또한 태양광 발전시스템은 전력수요가 가장 많은 여름철 한낮에 가장 생산성이 높기 때문에 전력을 수송하지 않고도 여름철 에너지 수요 문제를 해결할 수 있다.



〈과천 정부청사 평판형 태양열설비〉

태양열 집열방식은 태양으로부터 오는 복사에너지를 집열장치를 통해 열에너지로바꾼 후 축열조(거대한 단열재로 둘러쌓인 물탱크)에 모아 보관하는 방식을 말한다. 이렇게 얻은 태양열에너지는 주로 가정용 온수기, 양어장, 목욕탕 등 대용량 온수급탕 시스템, 건물 난방에 사용되며, 냉방에도 사용될 수 있다.



바이오에너지 - 생물자원로부터 얻는 에너지



나무, 곡물, 식물, 농작물 찌꺼기, 축산분뇨, 음식 쓰레기 등이 에너지 생산에 사용될 수 있는데, 이를 모두 바이오매스라고 하고 이러한 바이오매스로부터 얻는 에너지를 바이오에너지라고 한다. 바이오에너지는 나무처럼 가공하지 않은 형태로 얻을 수도 있고, 바이오매스를 가공하여 메탄올, 에탄올, 메탄가스, 수소가스, 자동차연료나 전기에너지로 바꿀 수도 있다. 최근 바이오에탄올과 바이오디젤 연구가 활발하다. 사탕수수나 같은 전분을 발효하여 바이오에탄올을 생산하는데 자동차 연료로도 사용된다. 바이오디젤의 경우 주로 유채기름을 이

용해서 얻는데, 이것은 디젤 엔진의 연료나 난방용, 발전용 연료 또는 전기 생산용으로 사용된다. 이러한 바이오매스를 이용한 생산기술은 아직까지 석유 자원에 의존하기 때문에 환경오염을 야기시키고, 재배작물의 단일화, 식량 공급의 부족으로 인한 기아 발생의 문제점을 낳고 있다. 지속적인 연구로 해결해야 할 부분이다.



〈평택 바이오디젤 생산공장〉



풍력발전 - 바람으로부터 얻는 에너지

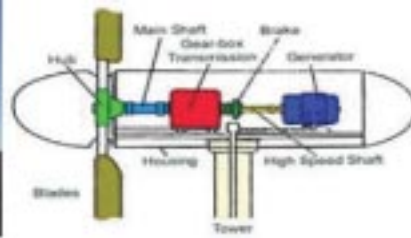
풍력 발전은 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 전기를 발생시키는 것을 말한다. 풍력발전기는 바람의 세기가 최소 4m/s 이상 되는 곳에 세울 수 있지만 일반적으로 바람은 높이 올라갈수록 강하고 일정하게 불기 때문에 높게만 세운다면 전기를 생산하기에 충분한 바람을 얻을 수 있다. 또한 풍력발전이 전체 단지의 면적 중에서 실제로 이용되는 면적은 풍력발전기의 전체 단지 면적의 1%에 불과하다. 따라서 99%의 면적은 목축, 농업 등의 다른 용도로 이용할 수 있다.

기술적으로 개발 가능한 풍력발전의 가능성을 전 세계적으로 따져보면 연간 2~5만 TWh(테라와트시)에 달하지만, 현재는 풍력 잠재량의 1000분의 1도 이용하지 못하고 있다. 그러나 풍력을 이용한 전기 생산비용이 갈수록 낮아지고 있는 실정이므로 앞으로 약 20여 년 후에는 전 세계 전기 수요의 10% 정도를 풍력발전으로 충당할 수 있을 것으로 예상된다.

우리나라의 경우에는 바닷가, 섬지방, 산간지방 등에서 풍력발전기를 돌리기에 충분한 바람이 불고 있으며, 제주도는 바람이 센 섬 지역이므로 풍력발전만으로도 대부분의 전력 수요를 충당할 수 있을 정도이다. 현재 제주도는 육지와 제주도를 잇는 해저 송케이블을 통해 화력이나 원자력으로 발전된 전기가 보내지고 있어 생산단가가 낮은 풍력발전은 더욱 설득력이 있다.



〈2005년 강원풍력 28MW, 14기〉

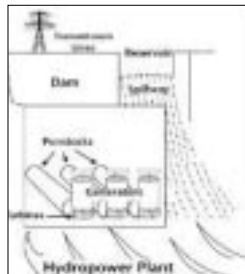


〈풍력발전기 내부〉



소수력발전⁸⁾ - 움직이는 물로부터 얻는 에너지

소수력발전(小水力: small hydro power)은 일반적으로 설비 용량이 15,000kW 미만의 소규모 수력 발전을 의미하지만 국내에서는 보통 3,000kW 미만을 소수력 발전으로 부른다. 일반적인 대규모 수력 발전과 원리면에서는 차이가 없으나 국지적인 지역 조건과 조화를 이루는 규모가 작고 기술적으로 단순한 수력 발전이라고 할 수 있다. 국내에도 15MW 정도의 전력을 소수력 발전으로 얻을 수 있다는 것이 확인되었으며, 다른 신·재생가능 에너지원에 비해 에너지 밀도가 높은 편이다. 소수력발전은 선진국을 중심으로 기술개발과 개발 지원 사업이 경쟁적으로 활발하게 진행되고 있다.



〈광천 소수력 발전소(450kW)〉

⁸⁾ 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법에서는 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의하고 있다.

연료전지

연료전지는 수소와 산소의 산화에 의해서 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전지를 말한다. 연료전지의 원리는 공기 극에서는 산소를 공급하고 연료 극에서는 수소를 공급한 후 물의 전기분해 역반응으로 전기화학반응을 진행시켜 전기와 물을 얻는 것이다.

연료전지에서는 화학에너지가 바로 전기에너지로 직접 변환되기 때문에 소음이 없고, 발생되는 생성물도 물 밖에 없기 때문에 환경 친화적이라고 불린다. 우주선용으로 사용되어 오던 연료전지는 요즘 마스크에 자주 등장하는 연료전지자동차, 충전 없이 장시간 사용할 수 있는 휴대폰용 연료전지 배터리 등과 같이 다양한 분야에서 활용될 수 있다.

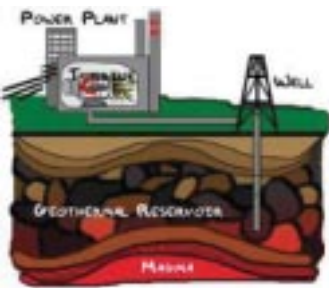


〈80kW 급 연료전지차(현대자동차)〉

지열에너지 - 땅속으로부터 얻는 에너지

땅 속 깊은 곳에서는 방사성 동위원소들의 붕괴로 끊임없이 열이 생성되어 땅 속 마그마는 종종 지각이 얇은 곳에서 화산이나 뜨거운 노천온천의 형태로 열을 분출한다. 이와 같이 지표면의 얇은 곳에서부터 수 km 깊이에 존재하는 뜨거운 물과 돌을 포함하여 땅이 가지고 있는 에너지를 지열에너지라고 한다. 지열에너지는 난방에 직접 이용되기도 하고 전력생산, 열펌프를 통한 냉/난방, 제조용 열 등 여러 가지 형태로 이용된다. 현재까지 지열에너지는 온천으로 많이 개발되고, 에너지원으로서는 그다지 많이 개발되지 않았으나 앞으로는 지열을 통한 발전이 많이 이루어질 것으로 전망된다.

현재 지열로 발생한 증기를 발전에 이용하는 방법으로는, 빗물이 단층 등을 통해서 지하로 흘러 들어가 마그마 근처에서 고온의 물이 되어 있다가 이곳을 우물로 파면 압력이 낮아져서 물이 고온의 수증기가 되어 뿜어 나오게 되는데, 이 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산한다. 뉴질랜드의 경우 전체 발전량의 7%를 지열발전으로 충당하고 있다.



〈전주노인요양원 지열냉난방〉



해양에너지 - 바다로부터 얻는 에너지

해양의 조수, 파도, 해류, 온도차 등을 변환시켜 전기나 열을 생산하는 방식으로 조력, 파력, 온도차 발전 등이 있다.

조력, 파력, 해수 온도차 등과 같은 해양에너지는 이용 가능한 곳이 특정 지역에 편재되어 있어서, 아직까지는 몇몇 해양 선진국을 중심으로만 기술개발이 추진되고 있다.

해양에너지는 바다 한 가운데에 영구적인 해상 구조물을 설치하는 기술이 우선적으로 필요하며, 저밀도 에너지를 이용한 발전터빈 개발 등 첨단기술이 요구되는 분야이다. 따라서 초기 투자비가 매우 많이 들기 때문에 아직까지는 본격적으로 실용화되지 못하고 있다.

조력발전은 조수 간만의 차이를 이용하는 발전방식이다. 초기에는 조력을 이용하기 위해 갯벌에 커다란 댐을 만들어서 전기를 생산하는 방식을 연구했지만, 댐이 해안 생태계에 좋지 않은 영향을 미치고 갯벌을 파괴하기 때문에 요즘에는 소형 조력발전기를 개발 중이다.

해안으로 들이치는 파도의 에너지는 모두 200-300만 MW에 달할 것으로 추정된다. 이와 같이 잠재량은 매우 많지만 파도로부터 전기를 얻는 파력발전 시도는 아직 연구개발 단계에 머물러 있지 실용화되지는 않고 있다.

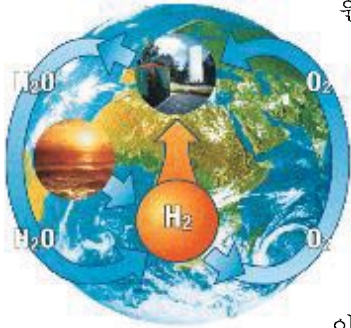
바다에서의 온도차를 이용해서 에너지를 얻으려는 온도차 발전에 대한 생각은 100년 이상 된 것이다. 이것이 실용화되면 가장 큰 재생가능 에너지원이 얻어지는 셈이지만, 열역학적으로 보면 온도차가 클수록 에너지를 뽑아내기가 쉽기 때문에 바다의 그다지 크지 않은 온도차를 이용해서 에너지를 얻는 것은 기술적으로 쉬운 일이 아니다. 온도차가 적어도 섭씨 20도 이상은 되어야 기술적으로 에너지를 얻기가 적합한데, 이러한 곳은 열대의 깊은 바다밖에 없다. 그러나 깊은 바다에 장치를 설치하는 데는 여러 가지 어려움이 따르기 때문에, 온도차를 이용한 발전이 실용화하려면 상당한 시간이 걸릴 것으로 예측된다.



〈한국수자원공사가 추진하는 시화호 254천kW급 조력발전〉



수소에너지



수소는 지구상에 흔하게 있는 물을 원료로도 제조할 수 있고, 가스나 액체로 쉽게 저장하고 수송할 수 있으며, 연소 시 공해물질이 생기지 않는 등 화석연료나 원자력 등이 따를 수 없는 장점을 갖고 있다. 또한 사용 후에는 다시 물로 재순환이 가능하기 때문에 미래의 청정에너지원 가운데 하나로 꼽힌다. 수소는 산업용의 기초 소재로부터 자동차, 비행기, 연료전지 등 현재의 에너지시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용 가능하다.

그러나 현재 수소는 기체로 저장하고 있으나 단위 부피당 수소 저장밀도가 너무 낮아 경제성과 안정성이 부족하다. 또한 지구상의 수소는 단일 분자로 존재하기 보다는 대부분 화합물로 존재한다. 따라서 수소를 분해해 내기 위해서는 또 다른 에너지가 필요하게 되며, 이 과정에서 환경오염물질이 배출되기도 한다. 이후 지속적인 연구를 통해 기술적인 한계를 극복해야 할 과제를 가지고 있다.



〈천연가스로부터 수소제조 및 저장(한국가스공사)〉

2) 지구촌 실천 사례

독일의 쉘라우마을

독일의 쉘라우마을은 마을 주민들이 힘을 모아 거대 전력회사로부터 마을의 전력망을 빼입해 자체 전력회사를 운영하고 있는 곳으로 에너지 전환을 성공적으로 이루어낸 사례이다.

1986년 4월 체르노빌 원자력발전소 사고로 방사능 낙진이 독일까지 이동하였다. 이러한 원자력 공포로부터 벗어나기 위하여 몇몇 의식 있는 주민들은 ‘원자력 없는 미래를 위한 부모들’이라는 모임을 만들어 에너지 절약 운동의 전개, 체르노빌 사고 피해 어린이 초청 등 실천적인 활동을 벌이기 시작했다. 이 모임은 전력회사의 독점적 지위에 맞서 싸우기 시작하여 결국 주민투표를 통해 전력회사의 독점적 권한을 빼앗을 수 있었다. 이후 전국적인 모금운동을 전개해 쉘라우전기공급회사를 만들어 전력판매를 가능케 했으며, 전력망까지 매입해 쉘라우만의 주민자치 전력회사가 되도록 하였다. 독일의 전력시장 자유화와 발맞추어 쉘라우전기공급회사도 전국적인 재생가능에너지 판매회사로 거듭났다. 이 공급회사는 태양광 발전, 소수력, 열병합발전 등 환경친화적인 전기와 수력, 천연가스 전기만을 구입하고 재생가능에너지 발전을 지원하고 있다. 이 공급회사의 활약은 쉘라우에서 시작한 주민들의 에너지 독립을 독일 전체의 재생가능에너지 보급 및 주민자치 에너지 독립으로 이어가고 있다.



〈쉘라우 마을의 태양광주택〉



〈태양전지에서 생산되는 전력량을 나타내는 표시판〉

아헨모델

독일의 아헨 지역에서 시작된 실험적 제도로 태양에너지로 전기를 생산했을 때 전력공급회사에 그 비용을 완전히 보장하는 가격으로 전기를 구매하는 생산비보장 구매제도이다. 아헨모델은 1992년 말 시의회로부터 태양전기는 보통 요금의 10배 가까운 1kWh당 2마르크, 풍력전기는 0.4마르크로 구입하도록 한다는 결정을 이끌어내어 전기가격 감독청으로부터 이 모델을 승인받는데 성공했다. 높은 구매비용의 조달은 전기요금을 해마다 조금씩 올려서 나오는 재원으로 이루어진다. 이는 아헨의 모든 시민이 부가요금 지불을 통해서 재생가능에너지 보급에 간접적으로 참여하는 것이다.

‘빛고을’ 광주

일사량이 전국 평균보다 21% 많은 광주시는 2004년 전국에서 처음으로 태양에너지도시 지원조례를 제정한 데 이어 최근에는 ‘태양에너지도시’ 상표 특허출원을 내기도 했다. 도심 90여 곳에 태양광 발전시설과 6000여 곳의 태양열 발전시설이 가동 중이다. 시청 주차장에는 100kW 규모의 발전 설비를 설치해 시청사 전체 전력소비량(매월 시간당 50만kW)의 2%인 시간당 1만kW를 충당하고 있다. 시는 2011년까지 태양광 에너지 설비와 수소연료 전지 등 신재생에너지 산업 기반을 구축할 계획이다. ‘빛고을’ 광주는 태양광과 태양열을 비롯한 신재생에너지 산업의 메카로 떠오르고 있다.



〈광주서구문화센터 태양열냉난방시스템〉

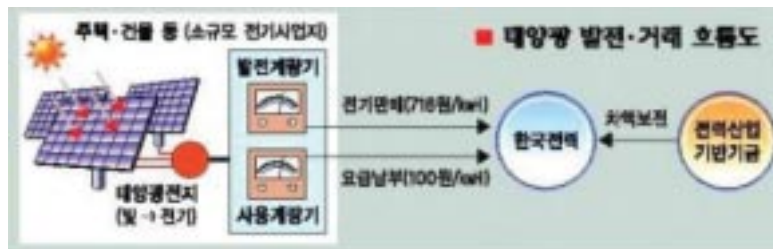


〈조선대 기숙사 태양광시설(53kWp)〉

우리나라의 시민발전소

현재 우리나라에도 소규모 전력생산 시설을 만들어 전기를 생산, 한국전력에 파는 개인이나 민간단체가 많다. 2005년부터 정부가 설비용량 200kW이하의 소규모 전기 생산업자도 전기를 팔 수 있도록 전기사업법 시행령을 개정했기 때문이다. 발전설비를 갖춘 민간업자는 한전과 계약을 체결하면 전기를 팔수 있다.

한전은 아들이 생산한 전기를 일반 전기 판매가(약 70원/kWh)의 10배 가격에 매입, 국민들에게 공급한다. 민간업자와의 판매계약기간은 15년이다.



또한 정부의 지원 없이 시민들이 모여 조합을 만들고 공동 출자하여 태양광 발전시설을 마련한 뒤 이후 수익을 배당받는 형태로 운영되는 곳도 있다.

기후변화에 따른 교수 · 학습 자료

다음 교수 학습 자료는 학생들이 지구온난화에 따른 기후변화협약의 필요성과 문제점을 인식하고 에너지 위기를 극복하기 위해서 신재생가능에너지로의 에너지 전환을 유도하고자 것이다. 학생들의 능동적인 수업 참여를 위해 자료 분석, 토론, 시뮬레이션 등의 수업 활동을 활용하였다.

1. 지구온난화

화석연료 사용의 증가는 대기 중의 이산화탄소의 농도를 증가시킴으로써 지구온난화의 원인이 되고 있다. 본 수업은 이산화탄소의 배출량과 기온변화를 제시하고 그래프를 그려 봄으로써 이산화탄소 증가가 지구온난화의 주범임을 깨닫게 하는데 있다. 학생들이 그래프를 그리는 데 어려움을 많이 느끼므로 활동 전에 그래프 작성 방법을 간단히 설명하는 것이 좋다. 지구의 기온이 지속적으로 상승했을 경우 발생할 수 있는 피해를 예상해 보고 지구온난화에 대한 글이나 그림으로 표현해 봄으로써 지구온난화의 심각성에 대한 공감대를 형성한다.

▶ 교수 학습 지도안

학습주제	지구온난화	주요 교수 학습 방법	자료분석
학습목표	지구온난화의 주요 원인을 설명할 수 있고, 이를 극복하기 위한 방안을 도출해 낼 수 있다.		
단계	학습 내용 및 방법	교수-학습활동	유의점
도입 (5분)	지구온난화와 기후변화	<ul style="list-style-type: none"> 현재 지구에서 일어나는 여러 가지 기후변화를 학생들에게 제시하여 동기를 유발한다.(북극곰의 멸종위기, 올 여름 이상기후..) 	최근에 기후변화가 언론매체에 자주 등장함을 알려준다.
전개 (35분)	연도별 이산화탄소 배출량과 기온변화 그래프 그리기	<ul style="list-style-type: none"> 활동지에 제시된 표를 기초로 연도별 이산화탄소의 배출량을 그래프로 그린다. 활동지에 제시된 표를 기초로 연도별 기온변화를 그래프로 그린다. 	이산화탄소 배출량과 기온변화를 한 그래프에 그려야 두 자료 사이에 상관관계를 쉽게 알 수 있다.

	그래프 결과 분석하기	<ul style="list-style-type: none"> 작성된 그래프를 보고 특이점을 이해하고 이산화탄소 증가가 지구의 기온을 증가시킨다. 산업혁명 이후의 비정상적인 이산화탄소의 증가를 지적하고, 그 이유가 인간의 산업화 및 화석연료의 사용에 의한 것임을 설명한다. 	그래프의 특이점을 찾아 이유를 생각해 보도록 한다.
	지구온난화의 결과 예측과 심각성 알리기	<ul style="list-style-type: none"> 지구온난화가 앞으로 지속될 경우 구체적으로 어떠한 일이 발생할지 토론한다. 지구온난화의 심각성을 알리기 위한 글이나 그림을 그려본다. 학생들이 글이나 그림을 통해 지구온난화를 막기 위한 노력이 필요함을 인식한다. 	그림 대신 만화나 캐릭터를 그려도 된다.
정리 (5분)	지구온난화를 막기 위한 세계의 노력	<ul style="list-style-type: none"> 지구온난화를 막기 위한 전 세계적인 노력이 필요함을 이끌어낸다. 	기후협약의 필요성을 유도한다.

학생용 활동지

에너지와 기후

[탐구활동]

이산화탄소 배출량과 기온의 변화 그래프를 비교하여 보고 지구온난화의 원인을 토의하여 보자.

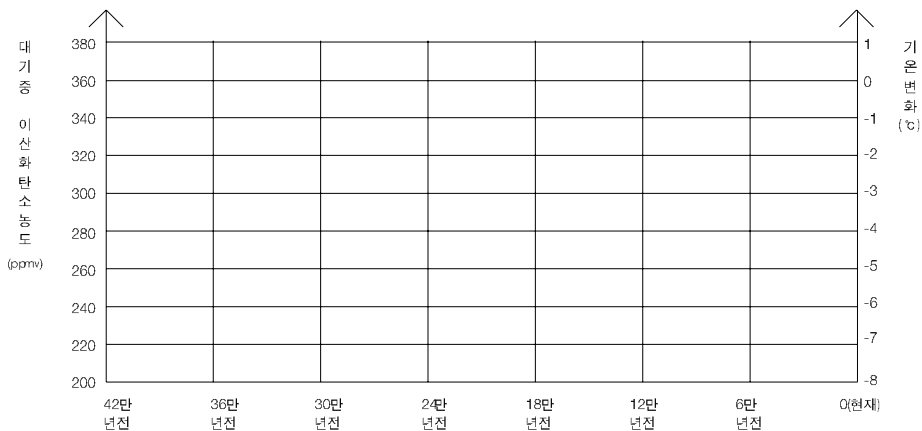
- 다음 표는 42만 년 전부터 현재까지 이산화탄소 배출량과 지구의 평균 기온을 나타내는 것이다. 표를 보고 그래프로 나타내어 보자. (가로-년도, 왼쪽 세로-배출량, 오른쪽 세로-기온변화)

현재로부터	42만 년 전	36	30	24	18	12	6	0[현재]
이산화탄소농도(ppmv)	280	200	230	280	180	270	220	350

(참고) ppmv : 전체 부피의 백만분의 일에 해당하는 농도를 의미한다.

현재로부터	42만 년 전	36	30	24	18	12	6	0[현재]
기온변화(℃)	0.5	-6	-3	-2	-6.3	1	-7.5	0

- 그래프 축의 가장 오른쪽 부분 즉 최근 그래프가 급하게 증가한 까닭은 무엇이라고 생각하는가?
- 기온의 상승의 원인과 이산화탄소 증가량의 변화에 어떤 관계가 있을까?



4. 지구가 계속 더워진다면 어떤 일이 벌어질지 예상해 보자.
5. 지구온난화의 심각성을 알리는 글을 쓰거나 그림을 그려 발표해 보자.

2. 지구온난화를 막기 위한 국제적 노력

기후변화에 따른 기후변화협약은 선진국과 개도국 간의 갈등을 불러일으키고 있다. 개도국의 경우 급속한 산업화로 에너지 소비량이 늘면서 온실가스 배출량이 또한 늘어나고 있다. 이미 산업화를 이룬 선진국에 의해 개도국은 온실가스 배출량 감축을 요구당하고 있는 것이다. 본 수업에서는 학생들에게 몇가지 문제 상황을 읽고 모둠간 토론을 통해 합의점을 찾아보게 한다.

교수 학습 지도안

학습주제	기후변화협약의 문제점	주요 교수 학습방법	토론
학습목표	기후변화협약에 대해 이해하고 그 속의 문제점을 파악할 수 있다.		
단계	학습 내용 및 방법	교수-학습활동	유의점
도입 (5분)	기후변화협약에 대한 소개	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화협약이 무엇인지, 등장 배경 및 필요성, 현재 현황 등에 대하여 설명한다. 전세계적으로 국가간 협약을 맺는 필요성에 대해 인식하게 한다. 	지구온난화 현상의 원인과 연관하여 설명한다.

전개 (35분)	투발루의 문제 와 그 해결책	<ul style="list-style-type: none"> • 국토가 사라지게 될 투발루 문제를 읽고 누가 어떻게 해결해야 할지 토론해본다. 	
	미국의 교토의정 서 동참 거부에 대한 찬반의견	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스의 주범인 미국이 교토의정서의 동참을 거부한 문제를 어떻게 바라볼지 토론해 본다. 	발표가 자유롭게 이루어질 수 있도록 개방적인 분위기를 형성한다.
	배출권거래도 바로보기	<ul style="list-style-type: none"> • 배출권거래 제도를 자본주의 시장논리에 따라 유도하고자 하는데 오히려 온실가스의 절대량이 감소하지 않는 점에 대해 토론한다. 	기후변화협약에서 각국의 감축기준에 대해 설명하고 기준 설정 근거에 대해 설명한다.
정리 (5분)	지구온난화에 대한 전 세계적 위기에 대한 인식 및 노력에 대한 디딤	<ul style="list-style-type: none"> • 지구온난화를 막기 위한 기후변화협약은 어느 한 개인이나 한 국가의 노력이 아닌 전 세계의 노력이 되어야 함을 강조한다. • 개개인의 노력이 모여 전 지구적인 변화를 일으킬 수 있음에 대해 인식시킨다. 	

학생용 활동지

기후변화협약 들여다보기

기후변화에 따른 기후변화협약은 선진국과 개도국 간의 갈등을 불러일으키고 있다. 개도국의 경우 급속한 산업화로 에너지 소비량이 늘면서 온실가스 배출량 또한 늘어나고 있다. 이미 산업화를 이룬 선진국에 의해 개도국은 온실가스 배출량 감축을 요구당하고 있는 것이다. 다음 문제 상황을 읽고 모두 간 토론을 통해 합의점을 찾아보자.

문제 상황 1. 투발루 국가는 지구온난화에 따른 해수면 상승으로 국가를 포기해야 할 실정이다. 투발루의 문제는 어떻게 해결해야 할지 토론해보자. 또한 투발루의 이전과 정착에 관련된 비용은 누가 부담해야 할지 토론해보자.

남태평양의 산호섬 국가 ‘투발루(Tuvalu)’는 지구 온난화로 인한 해수면 상승으로 점차 가라앉아 사라질 위기에 처해 있다. 현재 8개의 섬 중 2개의 섬이 바다 아래 잠겨 6개의 섬만 남아 있는 상황이고 매년 국토가 침수되어 2010년이면 전부 가라앉을 것으로 예상된다. 투발루는 이산화탄소 배출량이 매우 미미하다. 그만큼 산업 발전이 저조한 까닭이다. 지난 2000년 투발루의 국무총리는 “해수면 상승으로 나라가 없어질 것에 대비해 새 이주지를 찾는다”며 호주, 뉴질랜드, 피지, 통가 등 이웃나라에 자국민을 모두 이민자로 받아줄 것을 호소하였으나, 뉴질랜드를 제외하고는 모두 거절했다. 지난 2002년부터 해마다 75명씩 난민들을 뉴질랜드로 이주시키는 프로젝트가 진행되고 있지만 남아 있는 1만여 명의 사람들은 언제 닥칠지 모르는 침수로 위태로운 생활을 하고 있다.

문제 상황 2. 다음은 미국이 주장한 온실가스 감축안의 내용이다. 이 내용을 읽고 찬반여부를 밝히고 그에 대한 이유를 간단히 쓰세요.

미국의 주장 (0%삭감안)

우리는 2010년까지 온실가스를 1990년 수준으로 동결시킬 것을 주장합니다. 또한 온실가스 배출권을 국가끼리 거래하는 배출권 거래제도, 선진국의 지원으로 이루어지는 개도국의 삭감을 선진국의 실적으로 인정하는 공동이행지도를 제안합니다.

온실가스는 국경을 가리지 않으므로 선진국들만 온실가스의 감축 부담을 지는 것은 불공평하므로 개발도상국들도 어떤 형태로든 삭감의무를 수행해야 합니다. 더욱이 중국은 세계 2위, 인도는 세계 5위의 이산화탄소배출국이며 한국, 멕시코를 비롯한 개발도상국들의 이산화탄소 배출량 증가율이 폭발적으로 증가하고 있으므로 개발도상국들의 의무감축이 명시되지 않는 조약안은 의회에 도착하자마자 사망하게 될 것입니다. 그리고 일부 국가를 감축 대상에서 제외하는 예외는 없어야 합니다.

문제 상황 3. 여러분은 자본주의 시장원리에 입각한 배출권 거래 제도를 교토의정서에서 도입한 것에 대해 어떻게 생각하는가?

교토의정서는 신축성있는 교토메커니즘을 도입하였다. 교토메커니즘은 온실가스를 줄이기 위해 공동이행 제도, 청정개발제도, 배출권거래 제도를 확립하였다. 이중 배출권거래 제도는 효율적인 해결을 위하여 온실가스 감축의무가 있는 국가간 배출량 거래를 허용하는 제도를 말한다. 즉, 감축 분량을 초과한 국가에서 일정한 비용을 지불하고 감축분량이 남은 국가의 배출량을 살 수 있는 제도이다. 예를 들어 러시아는 현재 1990년대에 비해 오히려 국가 경제력이 후퇴하여 온실가스 감축분량이 남는다. 따라서 배출권이 모자라는 다른 국가에 배출량을 판매할 수 있다.

- 도입근거

온실가스 저감 실적은 기업의 자산으로 인정하고 그 자산의 자유로운 매매를 인정하여 기업의 자발적인 참여를 유도할 수 있다. 이를 통해 온실가스 저감 능력이 있는 기업은 온실가스의 저감을 통해 배출권을 획득하고 이를 매매하여 수익을 창출할 수 있다.

저감 능력이 없는 기업은 온실가스 저감 비용보다 낮은 수준에서 배출권을 매입하여 비용을 절감할 수 있다.

- 환경단체 반대 이유

배출가능성이 희박한 국가의 잉여분량을 매입하여 배출하게 되면 전체적인 이산화탄소량은 감소하지 않는 결과를 낳게 된다. 이것이 배출권거래 제도를 환경단체에서 반대하고 있는 이유이다.

3. 재생가능에너지로의 전환

지구온난화에 따른 기후변화로 에너지를 더 이상 화석연료나 원자력에 의존할 수 없게 되었다. 에너지의 전환이 필요한 때이다. 본 수업은 재생가능에너지의 특징을 이해하여 아이들이 직접 발전 설비를 결정하는 수업이다. 각 마을의 특징을 참고하여 주 발전설비와 보조 발전설비를 선택하도록 한다. 같은 의뢰 마을이지만 답변서의 내용이 다를 수 있다. 수업 진행시 계산기가 필요하다. 또 답변서 작성 마지막에 아이들 개개인의 서명을 하게 하여 학생들의 진지한 자세를 유도한다.



교수 학습 지도안

학습주제	재생가능에너지로의 전환	주요 교수 학습 방법	시뮬레이션
학습목표	재생가능에너지 발전소 건설 시뮬레이션을 통하여 재생가능 에너지의 실현 가능성을 알 수 있다.		
단계	학습 내용 및 방법	교수-학습 활동	유의점
도입 (5분)	웨나우마을, 아헨모델 소개	<ul style="list-style-type: none"> 재생가능에너지를 실현하고 있는 웨나우마을, 아헨모델과 더불어 우리나라의 시민들이 세운 발전소를 소개하여 동기를 유발한다. 	
전개 (35분)	의뢰마을 연평균 전력사용량 계산하기	<ul style="list-style-type: none"> 4인 1모둠으로 하여 의뢰마을을 택한다. 택한 마을의 연평균 전력 사용량을 계산기를 이용하여 계산한다. 이때 여름철 에어컨을 사용할 경우 월평균 사용량의 두배 넘게 증가함을 주지시킨다. 따라서 의뢰마을의 발전량을 계산할 때 여름철 에어컨 사용량을 포함시킬지 아닐지를 모둠원 끼리 토론하여 결정하도록 한다. 	계산기를 사용하여 전력량 계산을 손쉽게 하도록 한다. 전력에 대한 개념을 어려워할 경우, 개념 이해를 우선하기보다 주어진 식에 대입하여 계산하도록 한다.
	답변서 작성하기	<ul style="list-style-type: none"> 각 재생가능발전설비마다 발전량을 계산하는 방식이 다르다. 학생들에게 계산식이 중요한게 아니라 전체 발전량을 맞추기 위해서 어떤 재생가능발전설비를 선택하는가가 중요함을 설명한다. 또 발전량과 소비량이 정확히 맞게 설계하는 것이 아니라 소비량보다 발전량이 조금 많도록 설계하도록 한다. 단 지나친 발전량은 에너지 낭비와 더불어 건설비용이 많이 듦을 설명해준다. 	
	답변서 발표하기	<ul style="list-style-type: none"> 각 모둠의 대표가 재생가능에너지 설계 연구 답변서를 발표한다. 이 때 같은 의뢰마을이라도 발전설비 계획이 모둠마다 특색이 있으므로 가장 설계를 잘한 모둠을 결정해 보도록 한다. 	결과를 발표할 때 폼포드에 지역 마을을 붙이고 발전설비 그림이 붙어 있는 편을 개수에 맞추어 꽃은 후 진행하면 집중도가 높아진다.

정리 (5분)	미래시민으로서 에너지전환의 필요성 인식	• 재생가능에너지의 실현을 위해 미래 시민인 학생 들에게 에너지 전환이 필요함을 인식시킨다.
------------	-----------------------------	--

학생용 활동지

재생가능에너지 발전소 세우기

여러분은 지금부터 재생가능에너지발전소의 전력 계획 설계사입니다. 다음 네 마을에서 재생가능에너지발전 설비 계획을 부탁하여 왔습니다. 네 마을의 특징을 읽고 각 마을에 알맞는 재생가능에너지 발전소 형태와 발전량을 연구하여 보내주세요. 답변서 맨 아래에 본인의 멋진 서명도 부탁드립니다.

■ 설계사 주의 사항

- 연간 사용량(kWh)을 계산하여 보자.
- 이때 여름철에 에어컨 사용이 전력생산량을 결정하는데 굉장히 큰 변화요인이 되므로 여름철 에어컨 사용을 할 것인가 말 것인가에 대한 토론으로 결정이 되어야 한다.
- 전기는 생산 후 저장하기 쉽지가 않으므로 여름철 에어컨을 사용하기 위해서는 처음부터 그 용량에 맞는 발전설비를 건설해야 한다. 이 경우 남은 에너지는 저장할 수 없기 때문에 낭비가 심하다는 것에 유의하자.
- 하나의 단일한 설비로 전력수급계획을 작성할 경우 자연조건의 변화에 따른 무리수가 많을 수 있으므로 가능한 두 종류이상의 발전설비를 사용하도록 한다.
- 재생 가능 에너지를 사용할 경우 발전 설비 뿐 아니라 건물의 단열설비나 절약을 생활 속에서 실천하는 자세가 매우 필요하다.

햇빛마을

- 인구 : 2500명
- 가구수 : 500가구
- 지역의 특성 : 연중 햇빛이 잘 비치는 곳이며 주택들이 대부분이 남향이어서 햇빛을 받기 유리하다. 주변에 큰 숲이 있고 주변에 공장시설이 없는 주택단지이다.
- 풍속 : 2m/s
- 월 사용전력량
200kWh×500가구
(여름철 에어컨 사용달 500kWh×500가구)

계곡마을

- 인구 : 500명
- 가구수 : 150가구
- 지역의 특성 : 낙차가 큰 계곡물이 흐르고 수량도 많다. 연중 햇빛이 비치는 양이 많은 편이다. 20여가구씩 계곡을 끼고 떨어져 무리지어 있다. 전력소모가 큰 공장이 없다.
- 풍속 : 2~3m/s
- 월 사용 전력량
200kWh×150가구
(여름철 에어컨 사용달 500kWh×150가구)

섬마을

- 인구 : 500명
- 가구수 : 130가구
- 지역의 특성 : 높은 산이나 계곡이 없는 섬지역이라 햇빛이 잘드는 곳이 많다. 대부분 어업에 종사한다.
- 풍속 : 5~6m/s
- 월 사용 전력량
200kWh×130가구
(여름철 에어컨 사용달 500kWh×130가구)

누렁소마을

- 인구 : 1000명
- 가구수 : 250가구
- 지역의 특성 : 20가구 축산 농가가 가구당 30마리 정도 한우를 키운다. 그 외에는 하우스재배와 논농사를 짓는다. 연중 햇빛이 비치는 양이 많은 편이다.
- 풍속 : 4m/s
- 월 사용 전력량
200kWh×250가구
(여름철 에어컨 사용달 500kWh×250가구)

재생 가능 발전설비	건설조건	발전용량	선택한 마을 및 전체 개수와 용량
 <p>창고지붕을 이용한 태양광 (우리나라)</p>	<p>가능하면 일조량태양이 비치는 일수가 많은 지역이 좋다 각 가구에서 설치하여 사용하므로 별도의 공간이 필요하지 않다 현재로 광전지판의 가격이 조금 비싼편이다.(정부의 지원을 받아내는 것이 요구됨)</p>	<p>한 개의광전지 50W 한 지붕에 대략 50개 패널을 설치한다면 한 지붕 당 생산량 2.5kW</p>	<p>지역명: 설치가능 수: 연간전체발전용량: $2.5kW(\text{가구당 발전량}) \times 3 \text{ 시간}(\text{연평균 하루 일조시간}) \times 365 \text{ 일} \times \text{발전가구 수}$</p>
 <p>제주도 풍력발전소</p>	<p>풍력발전시설은 가장 비용이 적게 들고, 건설 및 설치기간이 짧다. 풍력발전시설단지는 농사, 목축 등 토지 이용의 효율성을 높인다 평균 초속 4m(4m/s) 이상으로 부는 바람이 필요하다 단, 바람은 공중으로 올라갈수록 강하게 불기 때문에 바람이 약한 곳에도 풍력발전기를 높게 세우면 전기를 생산하기에 충분한 바람을 얻을 수 있다. 우리나라는 해안가가 설치하기 좋다.</p>	<p>다양한 규모의 풍력발전기가 있으나 소규모지역에 설치하는 것으로 한다. 바람이 불어 전력을 생산하여 저장할 수 있는 시간은 대략 12시간 정도로 한다.</p>	<p>지역명: 설치가능 수: 연간전체발전용량: $5kW(\text{풍력발전기 용량}) \times 12 \text{ 시간}(\text{발전 시간}) \times 365 \text{ 일} \times \text{발전기 수}$</p>
 <p>소수력발전</p>	<p>단, 댐을 만들지 않아도 되는 정도의 물살이 빠르고 낙차가 있는 개울(계곡)이 있을 것, 즉 자연하천을 그대로 이용할 수 있도록 한다</p>	<p>국내에서는 3000kW급 미만의 수력발전을 이미 하며 다양한 용량이 있을 수 있지만 50kW정도로 건설하도록 한다.</p>	<p>지역명: 설치가능 수: 연간전체발전용량: $50kW(\text{발전용량}) \times 24 \text{ 시간} \times 265 \text{ 일}(\text{기름이 들어 물이 부족할 경우 제외})$</p>
 <p>바이오연료(배스)</p>	<p>축산폐기물을 이용하여 발효시켜 가스를 발생시킨다 이 메탄가스로 열병합발전기를 기동한다.</p>	<p>연간300마리의 소로부터 나오는 분뇨에서 연간 4,1500k조의 전기생산</p>	<p>지역명: 설치가능 수: 연간 전체 발전 용량: $41,500kW \times \text{발전기 수}$</p>

보조적으로 사용할 수 있는 설비	설비의 특징 및 방법	전기 절약 양
태양열 	태양열을 집열판으로 효과적으로 모은 후 축열조(거대한 단열재로 둘러싸인 물탱크에 모아보관한 후 난방과 온수로 사용함. 햇빛이 많이 비치는 여름철에 모아서 겨울철에 사용가능함	한 가구당 1/10정도의 전기에 너지를 절약할 수 있다
열병합 발전 	일반 화력발전소(석유, 가스 등)에서 증기터빈을 돌려 전기를 발전하고 나온 증기의 열을 지역난방 시스템과 연결하여 온수, 난방 등에 이용한다.	규모에 따라 생산하는 전기와 열의 양은 차이가 있지만 여기 에서는 소형 열병합 발전소 1기 당 10가구 정도의 전기와 난방 을 해결하는 것으로 한다.
기타(수소연료, 축전기, 연료전지 등) 	태양광 전지를 이용할 경우 햇빛이 많은 여름철 생산된 전기를 축전기에 저장해두어 겨울철에 쓸 수 있도록 용량이 큰 축전기를 마련하여야 한다. 또한 축전기의 용량이 한계가 있기 때문에 낮에 남는 전기를 이용하여 물을 전기분해하여 수소와 산소를 발생시켜 저장하여 둔다. 이 수소는 요리할 때 연료로 사용할 수 있고 추운 날 외부로부터 들어오는 차가운 공기를 데우는데도 사용할 수 있다. 또한 전기가 모자랄 때는 수소를 연료전지에 통과시켜 전기와 열을 생산해낸다. 주로 겨울철에 연료전지를 이용할 수 있도록 한다. 실제 독일의 프라이부르크의 제로에너지 하우스에서 생활하고 있다.	

재생가능에너지 발전 설비 답변서

의뢰마을 : 전체 인구 몇 가구 수 :

주 발전 설비 형태 :

발전설비를 결정하게 된 근거 :

연중 전기에너지 소비량과 발전량 계산 내용:

보조적으로 사용할 것을 권장하는 설비 :

기타 설계사의 종합적인 의견:

대략적인 지역 및 발전설비의 그림 :

작성일 :

설계사 :

서명