

기후 위기를 극복하기 위한 미래 도시의 모습

대전구봉고등학교 인공미팅

양지우
김진중
나이언
육지선
최서영

지도교사: 장서윤

목 차

I. 서론

1. 연구의 필요성
2. 연구목적

II. 이론적 배경

1. 기후문제
2. 탄소중립

III. 미래 국토를 위해 제시하는 메가 트렌드

1. 기술 현황
2. 미래 국토를 위해 제시하는 메가 트렌드

IV. 의의

V. 참고문헌 및 자료

I. 서론

1. 연구의 필요성

현재 개발도상국들의 산업화와 선진국의 기술발전으로 인해 화석연료의 사용량은 지속적으로 늘어나고 있고, 이에 따라 이산화탄소 배출량이 증가하고 있다. 이런 현상은 전 지구적으로 기후변화와 관련한 문제가 발생의 발생으로 이어지고 있으며, 인류의 생존 문제를 위협하는 상황까지 벌어지고 있다. 인류가 매년 대기권에 배출하는 온실가스의 양은 약 510억 톤이고 이마저도 시간이 지날수록 증가하는 추세이다. 그리고 오늘날 인류가 배출하는 온실가스의 약 20%는 1만 년이 지나도 계속 대기권에 남아있을 것이다. 만약 인류가 지금 기후변화의 심각성을 깨닫지 못하고, 미래 상황에 대처하지 않는다면 인류가 살고 있는 지구는 더이상 보존되지 않을 것이다. 실제로 우리나라의 환경재단과 일본의 아사히글래스 재단이 함께 조사한 올해의 세계 환경위기시각은 9시 42분이며, 한국의 환경위기 시각은 이보다 4분 느린 9시 38분이라고 발표하였다. 9~12시 사이에 있는 인류는 ‘위험’을 의미하는 시간 속에 살고 있다.

실질적인 변화가 필요한 지금, 본 연구진은 환경에 대한 문제를 인식하고 이에 대한 문제 상황을 해결하기 위한 방안에 대해서 학습하고 있지만, 이론적인 내용에 대해 보고 듣기만 하는 교육보다는 학생이 스스로 탐구해보고, 생각해보는 능동적인 교육이 필요하다고 생각하였다. 따라서 본 연구진은 직접 환경 문제를 해결할 수 있는 다양한 기술을 모색해보고 지구를 보존하기 위한 방법을 생각해보며, 미래의 환경 문제를 해결할 수 있는 실질적인 방안을 찾아보고자 하는 생각으로 이 연구를 시작하게 되었다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 지구온난화로 인해 발생하는 기후변화에 대한 조사를 통해 기후변화의 심각성을 깨닫고, 변화할 미래의 모습을 예측해보는 활동을 통해 미래 환경의 변화에 대해서 위기감을 인식하는 데에서 시작한다. 더 나아가 현재 이루어지고 있거나 혹은 준비 중인 기술발전에 대하여 조사함으로써 앞으로 더욱 심화될 환경 문제를 완화시킬 방법을 모색함을 목적으로 기후변화로 인해 맞닥뜨릴 여러 가지 문제에 대처할 수 있는 구체적인 2050년 미래도시의 모습 및 인프라, 메가 트렌드를 제시함에 있다. 특히 탄소중립을 이룰 수 있는 미래도시의 모습을 현재의 모습과 대비하여 제시함으로써 인류에게 닥친 환경 문제의 심각성과 기후변화를 막는 것이 중요함을 강조하고, 탄소 중립이라는 궁극적 목적의 실현을 위해 중장기적으로 할 수 있는 실천 과제에 대해서 생각해보고자 한다. 본 연구를 통해 본 연구진이 제시하고자 하는 탄소 중립과 환경 문제 해결을 위한 방안은 기존의 연구된 결과를 바탕으로 변형된 아이디어를 제시

하는 것으로서 새로운 관점으로 문제를 해결할 수 있는 기준점을 제시하고자 하는 것이다.

II. 이론적 배경

1. 기후문제

누구나 나비효과라는 말을 들어본 적이 있을 것이다. 인류는 생각보다 사소한 행동 하나로 전 지구에 막대한 영향을 미치고 있다. 트림을 하고 방귀를 끼는 생리적인 현상에서부터 담배를 피우고 에어컨을 켜는 행동까지 인류는 생활 속에서 기후변화를 야기하는 많은 행동을 하면서 살고 있다.

인류의 행동뿐만이 아니다. 인류가 살아가는데 기본이 되는 의식주 또한 탄소를 배출한다. 옷을 만들 때 주로 사용되는 재질인 폴리에스터와 폴리우레탄은 석유화학 제품으로 제작 시 탄소를 배출하고, 이러한 옷을 해외로 수출하거나 국내에서 유통하는 과정에서도 많은 양의 탄소를 배출하게 된다.

인류가 고기를 먹기 위해선 고기를 사육하는 시간이 필요하다. 동물을 사육하는 과정에서 인류는 많은 자연 자원을 투입하고, 자연 자원을 마련하기 위해서는 또 다른 탄소를 통한 생산 활동이 필요하다. 뿐만 아니라 가축의 배설물은 환경오염을 심화시킨다. 소와 말 등의 동물들은 소화 과정에서 음식물을 발효시키고 이때 발생한 메탄가스를 몸 밖으로 배출한다. 이 과정에서 소 한 마리가 하루에 배출하는 메탄가스의 양은 약 600L에 가까우며, 이 양은 소형차가 1년 동안 내뿜는 온실가스의 양과 비슷하다고 한다.

인류에게 안정의 공간으로 인식되는 집 또한 마찬가지이다. 집은 이산화탄소를 굉장히 많이 배출한다. 가정 내 대부분의 가전제품은 전기로 작동되는데 우리나라는 아직 전기를 생산하는 과정에 있어 석탄, 석유를 사용해 전기를 얻는 방식인 화력발전이 의존하고 있다. 따라서 가전제품에 사용되는 전기를 생산하는 과정에서 이산화탄소를 많이 방출하게 된다.

이에 본 연구에서 이야기하는 ‘기후문제’란 공장이나 온난화 현상으로 인해 생겨나는 기후문제뿐 아니라 인류가 살아가면서 발생하는 일상적인 행동들로 인해서 생겨나는 기후문제까지를 포함한다.

2. 탄소중립

본 연구에서 말하는 탄소는 단지 원자번호 6번 원소인 C의 의미가 아니다. 본 연구진이 말하는 탄소는 지구온난화에 부정적인 영향을 미치는 CO₂ (이산화탄소) 혹은 CH₄ (메테인) 등의 형태로 존재하는 탄소화합물을 의미한다. 이와 더불어 탄소중립이란 탄소 배출량이 탄소 제거량과 같아 탄소의 실질적인 배출량을 ‘0 (제로)’ 으로 만든다는 것을 의미한다. 이를 이뤄내기 위해서는 탄소 배출량을 감소하는 것과 함께, 에너지 생산 시스템 개발이 필요하다.

Ⅲ. 미래 국토를 위해 제시하는 메가 트렌드

1. 기술 현황

기후변화를 막기 위한 노력은 전 세계적으로 이어지고 있다. 전 지구적인 문제이기 때문에 이를 해결하기 위해 전 세계의 석박사들이 모여 보다 나은 해결책을 강구하기 위해 노력하고 있으며, 새로운 기술들이 지속적으로 개발되고 있다. 하지만 아쉽게도 현재 기후변화를 예방하기 위해 인류가 사용하고 있는 기술들은 또 다른 문제 상황을 발생시킨다는 단점을 갖고 있다.

현재 사용하고 있는 기술들의 문제점은 [표 3-1]과 같다.

[표 3-1] 사용하는 기술들의 문제점

기술	현황	문제점
배양육	몇 년 전 일부 선진국에서 배양육 시제품을 출시하였다.	안정성 보장에 관한 확실한 연구가 진행되지 않았다.
이산화탄소 포집 기술	1972년에 활용되기 시작하여 최근 상용화 단계에 도달하였다.	저장장소 확보가 어려우며 안정성이 보장되지 않았다.
강 수질 개선	저영양개발(LID)기법을 활용하여 물순환 선도도시를 설계하였다.	생태적 관점의 복원사업보단 개발 토목 공사에 가깝다.
탄소 제로 주택	에너지 효율을 높이는 요소를 사용하여 에너지를 자급자족할 수 있는 집을 만들었다.	높은 비용이 필요하며 실현 가능성이 낮다. 친환경 시설 설비를 제조하는 과정에서 화석연료가 사용된다.

전기차	내연기관 대신 전동기로 구동력을 발생하며 최근 많은 자동차 회사에서 판매를 시작하였다.	전기를 생산하기 위해서 많은 양의 화석연료가 사용된다.
수소연료 전지차	현재 판매 중인 하나 그린 수소 사용을 위한 기술 개발과, 제도 도입 등이 이루어지고 있다.	수소를 생산하거나 운송 과정에서 화석연료나 전기가 사용된다.
태양광 패널	재생 가능한 에너지에 대한 수요가 증가함에 따라 태양 전지의 생산도 증가하는 추세이다.	버려진 태양광 패널에서 각종 유해 물질이 검출된다.
투수성 포장	빗물이 땅에 흡수될 수 있도록 도우며, 주차장·차도·보행자 도로 등에 다양하게 활용되고 있다.	폭우가 발생하면 빗물을 모두 침투시키기 어렵다. 비용과 기술적인 한계가 존재한다.

2. 미래 국토를 위해 제시하는 메가 트렌드

현재 사용되고 있는 기술들의 문제점을 먼저 살펴보고 단점을 보완하거나 해결할 수 있는 방안을 고민해보고자 한다. 본 연구에서 제안하는 방안은 하나의 대안으로서 과학적인 부분에서 오류가 있을 수 있으나 하나의 가능성을 이야기한다는 점에서 긍정적인 시각으로 본 논문을 읽어주길 바란다.

1) 배양육

- ① 기술 현황: 배양육에 관한 기대와 관심 또한 점점 높아지고 있다.
- ② 문제점: 고기의 질감 부분에서 구현이 부족하다.
- ③ 대책: 뼈대 역할을 하는 스캐폴드를 이용하는 등의 연구가 진행 중이다.

먼저 배양육 기술에 대해서 이야기하고자 한다. 고기를 사육하면서 발생하는 이산화탄소, 메탄 등은 배양육 공장의 대중화로 해결이 가능할 것이다. 배양육이란 동물 세포를 직접 배양하여 고기를 만들어내는 기술을 말한다. 이미 이스라엘의 푸드테크¹⁾ 기업인 ‘퓨처미트테크놀러지’는 배양육 생산시설을 구축하였고, 이를 시작으로 많은 배양육 공장이 생겨날 것으로 보고 있다. 배양육과 배양육 생산시설은 [사진 3-1]과 같다.

1) 푸드테크(food tech): 식품(food)과 기술(technology)의 합성어로 식품산업과 농림축수산업 등의 연관 산업에 정보통신기술이나 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등을 접목시킨 기술

[사진 3-1] 배양육과 배양육 생산시설



자료 : 네이버블로그

비록 배양육의 안정성이 확보되지 않았고 고기의 질감 부분에서 구현이 부족하다는 단점이 있다. 실제로 배양육을 접한 소비자들은 고기와의 질감 차이가 심하다는 의견을 제시하는 경우도 있다.

그러나 특수 제작된 3D프린터를 이용하여 고기를 성형하면 지방과 단백질이 적절하게 섞여서 실제 고기와 비슷한 질감 표현이 가능하기에 몇 년 전 일부 선진국에서는 배양육의 시제품을 출시하였고, 배양육과 관련된 스타트업이 증가함에 따라 배양육에 관한 기대와 관심 또한 점점 높아지고 있다. 하지만 배양육을 제작하는 목적을 환경 보호적 측면으로 맞춰 보았을 때 이산화탄소와 메탄의 배출을 줄임과 동시에 생명의 보호라는 측면에서도 배양육이 가져오는 긍정적 측면이 있기 때문에 미래에는 배양육을 통해 식량을 대신하는 현상이 생겨날 것이다. 또한, 최근에는 근세포를 일일이 조립하는 방법을 사용하지 않고 뼈대 역할을 하는 스캐폴드를 이용하는 등의 연구를 통해 배양육이 가지고 있는 단점을 보완하기 위해 노력하고 있다. 안정성에 대한 연구 또한 지속적으로 이루어지고 있으므로 이러한 문제를 해결할 수 있는 과학적인 발전이 곧 이루어질 것이라고 기대한다.

2) 이산화탄소 포집 기술

- ① 기술 현황: 탄소중립에 대한 관심에 따라 사람들의 기대가 높아지고 있다.
- ② 문제점: 이산화탄소를 저장할 공간을 확보하는 것이 어렵다.
- ③ 대책: ‘키어솔(KIERSOL)’ 을 통해 반도체용 이산화탄소로 활용가능하게 만든다. 화석연료를 기반으로 하는 공장은 석탄이나 석유의 사용량이 많고 이산화탄소를 많이 배출시킨다. 따라서 공정과정에서 이산화탄소를 처리할 수 있다면 이산화탄소 배출

량을 감축할 수 있을 것이다. 이에 대응하여 생겨난 기술이 이산화탄소 포집 기술이다. 이산화탄소 포집 기술이란 석유화학 공장이나 석탄발전소 등에서 발생한 이산화탄소가 공기 중으로 배출되는 것을 방지하는 모든 기술을 의미하며 크게 세 과정으로 분류할 수 있는데 각 과정은 [표 3-2]와 같다.

[표 3-2] 이산화탄소 포집 기술의 과정

과정단계	수행하는 일
포집	대규모 산업공정시설에서 생산된 가스에서 이산화탄소 분리
운송	분리된 이산화탄소를 압축해 파이프라인, 트럭, 선박 등의 수단을 활용해 저장에 적합한 장소까지 운송
사용/저장	이산화탄소 재사용 / 이산화탄소가 공기 중으로 빠져나가는 것을 방지하기 위해 1km 이상의 깊은 지하 암석층에 저장

위 과정을 거치면 탄소배출이 0에 가까워져 온실가스의 원인이 되는 이산화탄소의 배출을 막을 수 있다. 비록 이산화탄소를 저장할 공간을 확보하는 것이 어렵고, 이에 대한 안정성이 보장되어있지 않지만, 국제에너지기구에서는 이 이산화탄소 포집 기술을 탄소중립을 가능하게 할 유일한 기술이라고 부른다. 탄소중립에 대한 관심이 높아짐에 따라 이산화탄소 저감에 대한 사람들의 관심 역시 높아지고 있다. 전 세계에서 배출되는 이산화탄소의 50% 이상은 발전시설과 중공업 공장에서 발생 되는데, 이 기술을 활용하여 공장 내에서 발생하는 이산화탄소의 배출을 막고 이산화탄소를 활용하여 이용할 수 있는 친환경 기술이기 때문에 사람들의 기대가 높아지고 있다. 그러나 앞에서 본 것과 같이 저장장소 확보의 어려움이 있으므로 이를 해결하기 위해 ‘키어솔(KIERSOL)’이라는 공정기술을 활용하면 좋을 것이다. 키어솔이란 포집용 액상 흡수제와 이를 활용한 공정기술로 연소 배기가스를 구성하는 질소, 이산화탄소, 산소 등이 굴뚝으로 빠져나가기 전에 이산화탄소만 선택적으로 잡아내는 액상 흡수제를 사용하는 공정과정이다. 이산화탄소 포집 기술 중 유일한 녹색기술로 키어솔을 활용하면 혼합가스 속 이산화탄소를 99.5%까지 분리할 수 있으며 고순도 액화 공정을 통해 반도체용 이산화탄소로 활용가능하기 때문에 해당 문제를 해결하는 데 도움이 될 것이다.

3) 강 수질 개선

- ① 기술 현황: 물순환 선도도시 시범사업으로 저영향개발 시설공사를 진행하고 있다.
- ② 문제점: 생태적 관점의 복원사업보다는 개발 토목 공사에 가깝다.
- ③ 대책: 자연형 인공습지, 인공 식물 섬 등의 생태계에 집중한 개발이 필요하다.

본 연구에서 본 연구진이 구현하려는 지역인 신탄진은 북동쪽으로 강이 흐르고 있다. 산업화와 도시화가 진행되면서 각종 오염물질이 강으로 유입되고, 미세먼지나 황사 같이 대기오염이 진행되며 강의 수질은 점점 나빠지고 있다. 이에 따라 현재 대전시는 ‘물순환 선도도시 시범사업’으로 저영향개발 시설공사를 진행하고 있으며 관련된 사진은 [사진 3-2]와 같다.

[사진 3-2] 대전시 ‘물순환 선도도시 시범사업’



자료 : NEWSIS

도시화가 진행되며 불투수성 표면으로 바뀐 토지는 땅속으로 흡수되는 물의 양을 감소시켰고 이는 지하수 고갈을 유발하였다. 또한, 하천이 정상적인 기능을 유지하기 위하여 필요로 하는 최소한의 물이 부족해지며 하천의 수질 악화 현상이 발생하였다. 이러한 문제는 빗물의 자연 순환 능력을 활용하는 물순환 도시 조성 및 저영향개발을 통해 해결될 수 있으며 도시침수 및 가뭄, 열섬현상 등도 완화할 수 있다. 그러나 현재 진행하고 있는 사업은 생태적 관점의 복원사업보다는 개발 토목 공사에 가깝다는 문제가 있어 이를 해결하기 위해서는 멸종위기종 보호를 위해 대전 하천의 희귀종을 조사 후 체계적으로 길러서 방생하는 등 지속적인 동물 서식지 확보를 위한 노력이 필요할 것이다. 또한, 자연형 인공습지와 인공 식물 섬을 조성하는 등 비점 오염물질을 정화해 수질 정화 효과를 보기 위한 노력이 필요하다. 자연형 인공습지와 인공 식물 섬의 모

습은 [사진 3-3]과 같다.

[사진 3-3] 자연형 인공습지와 인공 식물 섬의 모습



이 밖에도 하상도로를 철거하고 지하도로를 건설하는 방법도 있다. 이를 통해서 우리는 수질이 개선된 하천이 온실가스 감축제와 탄소흡수원으로서 작용할 것이며, 현 정책의 문제점인 자연 개발중심주의에서 생태와 친환경에 집중한 지속적인 강, 하천 살리기 활동 실천을 기대할 수 있을 것이다.

5) 탄소 제로 주택

- ① 기술 현황: 많은 환경오염을 완화하기 위해 탄소 제로 주택이 제작되었다.
- ② 문제점: 탄소 제로 주택을 제작하는 과정에서 많은 화석연료가 소모된다.
- ③ 대책: 불릿센터의 체계를 살린 탄소 제로 주택을 상용화한다.

탄소 제로 주택은 탄소 중립적인 주택으로 집안에서 사용되는 에너지는 모두 생산 과정에서 탄소를 배출하지 않은 전기로 이루어져야 한다. 탄소 제로 주택은 여름철과 겨울철에 냉난방으로 사용되는 전기가 일으키는 많은 환경오염을 완화하기 위해 등장하였으며 보통 패시브 태양열 디자인, 고효율 단열, 지열 펌프 등의 에너지 소비를 줄이는 전략이 많이 사용된다. 하지만 탄소 제로 주택은 제작과정에서의 높은 비용으로 실현가능성이 낮고 친환경 시설을 제작하는 과정에서 많은 화석연료가 소모된다는 문제점이 있다. 그리고 미국 시애틀에는 이러한 문제점을 해결한 탄소 제로 주택인 ‘불릿센터’가 있다. 불릿센터의 모습은 [사진 3-4]과 같다.

[사진 3-4] 불릿센터



자료 : Bullitt Center flickr

탄소 발자국을 줄이고자 현지에서 생산된 재료를 주로 이용하여 지어진 불릿센터에는 다양한 탄소 중립 시스템이 있다. 우선 지붕 위에 설치된 576개의 태양열 패널이 전기를 생산하는데 실제 생활에 필요한 전기보다 더 많은 양의 전기를 생산하기에 남은 전기는 지방자치제의 전력망에 판매하고 있다고 한다. 집 안의 온도를 높일 때에는 열펌프²⁾를 이용하며, 자연광을 최대화하고 단열효과를 위해 3중 유리창, 커튼월³⁾ 시스템 등을 도입하였다. 또한, 효율적인 에너지의 조명시스템을 사용하였고, 디지털 조명, 전력 제어 등의 기술을 도입하였다. 화장실의 경우 비료화 처리 화장실로 배설물과 화장지를 지하의 비료화 처리장치로 보내면 호기성 부패를 통해 온도를 끌어올려 병원균을 죽이고 비료로 사용할 수 있도록 만들어준다. 땅에 흡수되지 못하고 남은 빗물은 마이크론 필터와 자외선으로 정화하여 모든 용도로 사용할 수 있게 만든다. 불릿센터 속 다양한 탄소 중립 시스템을 정리하면 [표 3-3]과 같다.

[표 3-3] 불릿 센터 속 다양한 탄소중립 시스템

분야	내용
재료	탄소 발자국을 줄이고자 현지에서 생산된 재료를 주로 이용하였다.
전기	지붕 위에 설치된 576개의 태양열 패널이 전기를 생산한다.

2) 열펌프 : 열압축기를 이용해 열복사 시스템에서 열을 추출하고 온도를 높여주는 장치

3) 커튼월: 하중을 지지하고 있지 않는 칸막이 구실의 바깥벽

온도	열펌프를 사용해서 집안의 온도를 높인다.
	단열효과를 높이기 위해 자연광을 최대화하고 3중 유리창, 커튼월 시스템 등이 도입되어 있다.
조명	효율적인 에너지 시스템을 위해 디지털 조명, 전력 제어 등의 기술이 도입되어 있다.
화장실	비료화 처리 화장실로 배설물과 화장지를 지하의 비료화 처리장치로 보내면 호기성 부패를 통해 온도를 끌어올려 병원균을 죽이고 비료로 사용할 수 있도록 만들어 준다.
빗물	미크론 필터와 자외선으로 정화하여 빗물을 모든 용도로 사용할 수 있게 만들어 준다.

블릿센터는 탄소중립을 넘어서 마이너스 순 배출⁴⁾에 가깝다. 이런 블릿센터의 이점을 살린 탄소 제로 주택을 상용화된다면, 기후변화를 막고 환경을 보호할 수 있을 것이다.

7) 전기차와 수소연료전지차

자동차는 개개인의 편의를 가져다주고, 사람들의 시간을 절약해 줄 수 있는 편리성 높은 운송 수단이라 할 수 있지만, 매연 등과 같은 환경 문제를 유발하는 주범이 되기도 한다. 이에 운행 중 발생하는 환경오염을 줄이기 위해서 전기차와 수소연료전지차가 개발되었고, 현재 상용화 단계에 이르렀다.

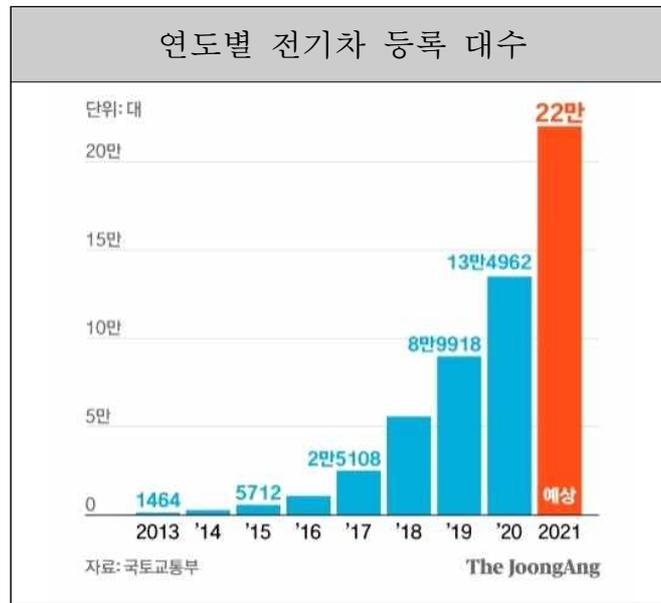
- ① 기술 현황: 전기차를 찾는 사람들이 늘어나고 있다.
- ② 문제점: 전기를 생산하기 위해서 많은 양의 화석연료가 사용된다.
- ③ 대책: 바이오매스 에너지를 활용해 전기를 생산한다.

우선 전기차는 내연기관 대신 전동기로 구동력을 발생한다. 이 과정에서 오염물질이 배출되지 않으며, 동력변환 효율도 매우 우수하다. 또한, 회생제동, 전기담퍼 등을 이용해 버려지는 에너지를 회수하기에도 쉽다. 전기 시스템은 부피가 무척 작고 동력 배분이 자유로워 엄청난 공간 창출과 무보수화를 쉽게 현실화시킬 수 있으며 차량이 서 있을 때의 비효율도 제거할 수 있다. 내연기관과 비교하였을 땐 내연기관보다 단순한 구조를 가지고, 폭발이 발생하지 않아 비교적 적은 소음으로 주행이 가능하다. 또한, 내

4) 마이너스 순 배출 : 이미 배출된 온실가스 중 일부를 제거. 대기권 배출량 < 제거량

부 부품의 구조가 비교적 단순하여 고장요소가 적고 정비성이 뛰어나다. 이 외의 여러 전기차의 특징 및 장점으로 인해 전기차를 찾는 사람들이 늘어나고 있다. 따라서 연도별 전기차 등록 대수가 가파르게 증가하는 추세로 자세한 연도별 전기차 등록 대수는 [표 3-4]와 같다.

[표 3-4] 연도별 전기차 등록 대수



자료: 국토교통부

- ① 기술 현황: 그린 수소 생산과 사용을 장려하기 위한 제도를 구축·도입하고 있다.
- ② 문제점: 수소를 생산하거나 운송 과정에서 화석연료나 전기가 사용된다.
- ③ 대책: 바이오매스 에너지를 활용해 전기를 생산한다.

수소연료전지차 역시 내연기관 자동차의 단점을 보완해주기 위해 출시되었다.

수소연료전지차는 수소와 공기 중의 산소가 촉매를 통해 반응하여 전기를 생산시키고, 이 전기로 모터를 구동하는 친환경 자동차이다. 수소연료전지차의 수소공급 방식은 두 가지로 나눌 수 있는데 이는 [표 3-5]와 같다.

[표 3-5] 수소연료전지차의 수소공급방식

공급방식	특징 및 장단점
수소공급 방식	압축 수소탱크나 액체수소탱크를 이용해 수소를 공급하는 방식. 운행 시 발생하는 것이 물뿐이라 무공해성 방식이지만 차량의 부피가 커지고, 수소의 불안정성, 인프라 구축 어려움 등의 단점이 있다.

메탄올 분해방식	메탄올을 분해하여 수소를 만들어 공급하는 방식. 기존의 연료공급 인프라를 활용할 수 있지만, 메탄올 분해 시 일산화탄소와 질소산화물이 발생하는 단점이 있다.
-------------	--

자료 : 한국에너지공단 네이버 블로그

또한, 연료로 사용될 수 있는 수소의 종류는 3가지가 있다. 이는 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 연료로 사용될 수 있는 수소의 종류

수소	특징
그레이 수소	천연가스의 주성분인 메탄과 고온의 수증기를 화학반응 시켜 추출된 수소로 약 1kg의 수소를 생산하는데 이산화탄소 10kg을 배출하기 때문에 지구 온난화를 가중시킬 수도 있다.
블루 수소	그레이 수소와 생산 방식은 동일하지만 생산 과정 중 발생하는 이산화탄소를 탄소 포집 기술을 이용해 대기로 방출하지 않고 따로 저장하며, 이산화탄소를 완전히 제거하지는 못한다.
그린 수소	물의 전기분해로 얻는 수소로 신재생 에너지를 통해 얻은 전기에너지를 물에 가해 수소와 산소를 생산하며 생산 과정 중 이산화탄소 배출이 전혀 일어나지 않는다.

여러 나라에서 그린 수소 생산과 사용을 장려하기 위한 제도를 구축하고 도입 중이다. 대표적으로 EU는 블루수소와 그린수소 인증 기준을 마련하며, 수소의 환경성을 인증하는 ‘수소 원산지 보증 제도’ 시스템을 구축하였다. 한국은 2021년 3월 제3회 수소 경제 위원회에서 청정 수소 사용 장려를 위한 ‘청정 수소 인증제’ 도입 계획을 밝혔다. 그러나 수소의 경우 생산 또는 운송 과정에서 화석연료나 전기가 사용된다는 문제점이 있으므로 친환경적인 전기 발생을 통해 이러한 문제를 해결하고자 하였고, 이를 본 연구진은 바이오매스 에너지를 사용하고자 한다.

바이오매스 에너지는 생물 자원을 발효, 가스화 혹은 광합성함으로써 알코올, 메탄, 수소 등을 채취하여 이용하는 에너지로 음식물 쓰레기를 발효시킬 때 생기는 메탄가스를 활용해 발전기를 돌려 전기를 생산해내는 시스템을 이야기한다. 아파트 및 사람들이 거주하고 있는 공간에 바이오매스 에너지를 생산해낼 수 있는 시스템을 구축하고, 태양광 에너지원을 동시적으로 활용한다면 친환경적인 전기를 만들어 사용할 수 있으

며, 이는 전기차를 충전할 수 있는 전력을 충분히 생산해 낼 수 있을 것이라고 생각한다. 또한, 음식물 쓰레기뿐만 아니라 버려지는 농작물이나 분뇨와 같은 형태의 자원을 활용해서도 전기를 생성할 수 있다는 점에서 해당 기술은 지속적으로 발전시켜 나가야 할 핵심적인 기술이라고 생각한다.

8) 태양광 패널

- ① 기술 현황: 최근 태양열 패널의 생산이 증가하고 있는 추세이다.
- ② 문제점: 버려진 태양광 패널에서 각종 유해 물질이 검출된다.
- ③ 대책: 폐패널 재활용 센터를 증축하고 처리에 대한 시스템을 구축해야 한다.

태양광 패널은 햇빛을 직류 전기로 바꾸어 전력을 생산하는 발전 방법이다. 재생 가능 에너지에 대한 수요가 증가함에 따라 태양 전지의 생산도 증가하고 있는 추세이다. 많은 아파트 단지에서 태양광 패널을 설치하여 전기세를 절약하는 효과를 거두고 있고, 여러 회사에서도 태양광을 설치하여 회사 운영에 사용되는 전력 일부를 직접 생산하고 있다. 대표적으로 서울에 위치한 한화의 본사를 들 수 있다. 한화 본사의 빌딩은 [사진 3-5]와 같다.

[사진 3-5] 한화 본사 빌딩



자료 : 네이버 뉴스 NEWS1

한화의 빌딩 전면은 태양광 패널이다. 빌딩 외벽 패널로 하루 평균 생산 전력량이 300KWh에 달한다고 하며, 사무실 전력도 태양광으로 대처한다고 한다. 이와 더불어 이산화탄소 배출량은 1㎡당 45kg 감소할 수 있다고 한다. 이 요소들로 인해 한화빌딩은 녹색 건축 우수등급을 받을 수 있었고, 건축물 에너지 효율 등급 또한 1등급을 받

으며 친환경 빌딩으로 인정받았다. 1년 동안 지구에 내리쬐는 태양에너지는 인류가 쓰는 전체 에너지의 양보다 약 1,000배가량 많다고 한다. 이를 효율적으로 사용할 수 있는 방안을 더 모색함과 동시에 기술발전이 함께 이루어진다면 태양광을 효과적으로 사용할 수 있을 것이라고 생각한다.

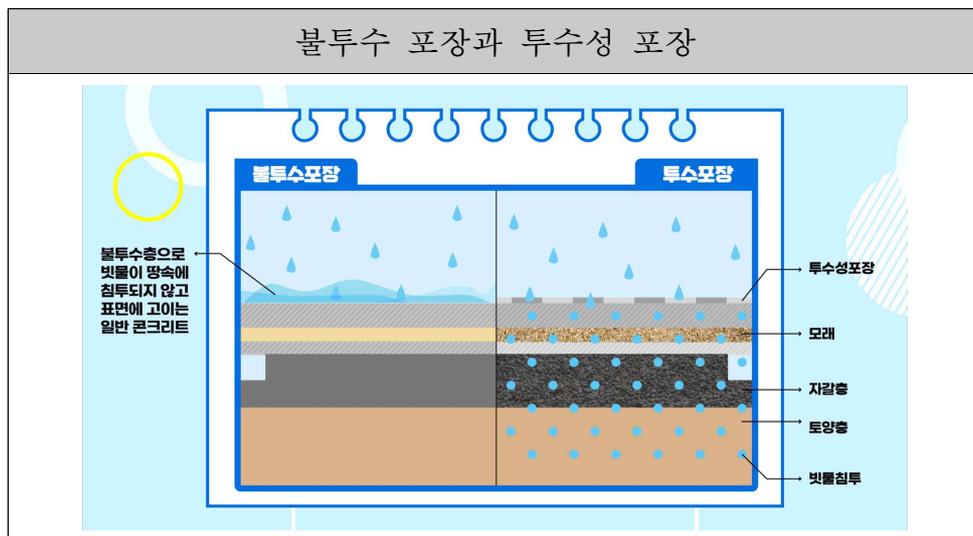
태양광 패널의 문제로는 버려진 태양광 패널에서 각종 유해 물질이 검출된다는 점이 있는데 2021년 11월 완공 예정인 충북 진천의 태양광 재활용 센터를 가동하면 2027년까지 문제없이 태양광 폐패널을 처리할 수 있다고 한다. 태양광 업계에서는 태양광 폐패널 처리를 위해서 수거와 보관 등 관련 사업도 함께 시스템화해 확대해야 한다고 하는데 이런 시스템의 구축과 함께 태양광 재활용 센터의 증축을 통해 해당 문제를 해결할 수 있을 것이라 기대한다.

9) 투수성 포장

- ① 기술 현황: 빗물이 땅에 흡수될 수 있도록 도우며 다양하게 활용되고 있다.
- ② 문제점: 비용과 기술적 한계가 존재한다.
- ③ 대책: 투수성 포장을 TEPG기술과 융합하여 친환경적 전기생산시스템을 개발한다.

‘투수성 포장(透水性 鋪裝)’이란 빗물이 지표면에 유입될 수 있도록 투수성 재료를 활용해 구성된 포장이다. 투수성 포장은 불투수 포장과 대조하였을 때, 빗물이 지표면으로 흡수되지 못하고 표면에 고이게 되며 지표면에 따라 빗물이 유출되는 양을 저감시킨다는 점과 비점 오염 물질의 배출량을 감소시킨다는 점에서 차이가 있다. 불투수 포장과 투수성 포장의 단면을 비교한 사진은 [사진 3-6]과 같다.

[사진 3-6] 불투수 포장과 투수성 포장의 단면 비교



자료 : 환경부 비점오염원 공식 블로그

투수성 포장은 투수 블록, 틈새 블록 등 여러 종류가 존재하며 종류에 따라 다양한 특징을 가지고 있다. 투수성 포장의 종류와 특징은 [표 3-7]과 같다.

[표 3-7] 투수성 포장의 종류와 특징

종류	특징
투수블록	블록자체 공극을 이용한 투수기능을 가지고 있다.
틈새블록	블록 사이 줄눈으로 빗물을 침투시키는 기능을 가지고 있다.
식생블록	잔디블록이라고도 하며 물순환 기능에 효과적이다.
투수 아스팔트	주로 자전거 도로 등의 주행 편의를 향상시키기 위하여 적용하며 식생블록이나 투수블록과 조화를 이루어 적용한다.

자료 : 환경부 비점오염원 공식 블로그

투수성 포장의 효과에 대해 한국수자원공사, 인제대학교에서 시행한 실험 결과를 보면 다음과 같은 내용을 확인할 수 있다.

“창원천 및 남천 유역의 불투수층에 투수성 포장으로 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 교체한다고 가정하여 모의를 수행하였다.”

라는 가정으로 수행된 이 실험은 총 2가지로 첫 번째 실험은 투수성 포장 면적의 증가에 따른 빗물의 유출 유량의 관계에 대하여 실험이다. 이 실험을 통해 해당 연구진은 다음과 같은 결론을 얻었다.

“투수성 포장이 증가할수록 하천의 유량과 지표면 유출 유량은 감소하였으며, 투수성 포장으로 강우가 침투되어 지하수 유량은 증가하였다.”

해당 실험을 통해서 우리는 투수성 포장을 하게 되면 지표면에 따라 빗물이 유출되는 양이 저감된다는 것을 알 수 있다.

두 번째 실험은 투수성 포장 면적의 증가에 따른 하천의 수질 변화를 비교한 것으로 투수성 포장의 비점 오염 물질의 배출 효과에 대한 실험이다. 두 번째 실험을 통해서 얻은 결론은 투수성 포장이 빗물과 함께 비점 오염물질을 흡수해 하천의 비점 오염 농도를 감소시킨다는 것이다.

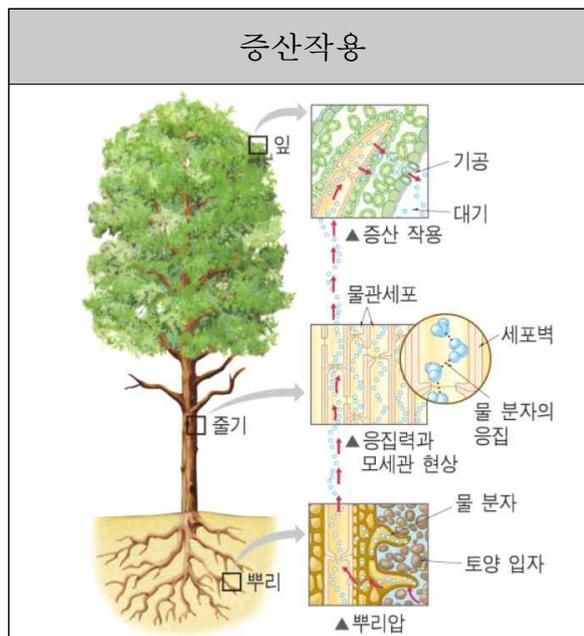
“위의 모의에서 보여지듯이 도시 유역에서의 비점 오염부하량을 감소시키기 위하여

투수성 포장의 적용이 필요한 것으로 판단된다.”

위의 두 가지 실험 결과를 통해 우리는 투수성 포장이 도시 자체의 오염물질 등이 하천이나 강에 들어가는 것을 사전에 최소화하여 수질오염을 최소화하는 저영향개발(LID, Low Impact Development)기술임을 알 수 있다.

‘TEPG(transpiration driven electrokinetic power generator)기술’이란 버려지는 에너지를 수확하여 재활용하는 에너지 하베스팅 기술로 식물체 속의 물이 잎의 뒷면에 있는 기공을 통해 기체상태로 식물체 밖으로 빠져나가는 증산 작용과 높낮이 차이로 인해 발생하는 에너지를 활용하는 수력발전에서 착안되어 개발된 기술이다. 증산 작용의 원리는 [사진 3-7]과 같다.

[사진 3-7] 증산작용의 원리

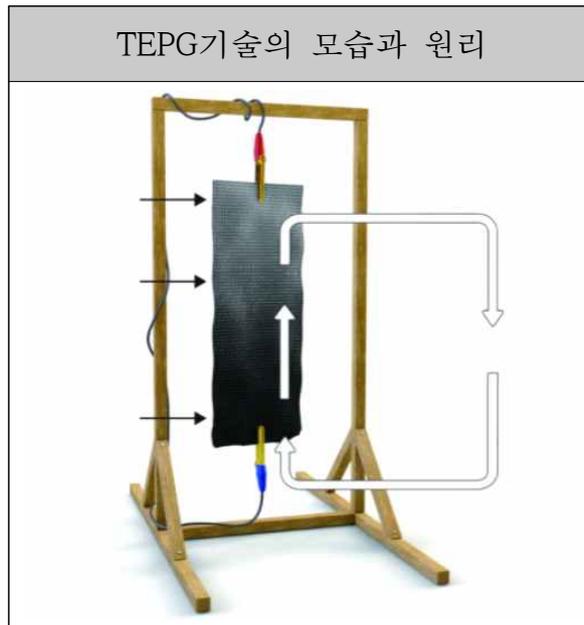


탄소로 코팅된 면(carbon black coated cotton fabric) 위에서 물은 비대칭적으로 흐르기 때문에 두 경계면 사이에 유발된 물의 수소이온은 물에 젖은 부분과 젖지 않은 부분 사이에서 높낮이 차이를 만드는데 물에 젖은 부분의 높이는 상대적으로 높고 물에 젖지 않은 부분의 높이는 상대적으로 낮다. 이와 같은 높낮이 차이로 인해 물의 수소이온(양성자)은 높은 곳에서 낮은 곳으로 확산하고 그 과정에서 전기가 생산된다. 하지만 탄소로만 코팅된 면을 활용한 TEPG기술은 가동시간이 짧다는 한계점을 가지고 있었으며 이를 극복하기 위해 물의 흡수율은 높고 방출은 천천히 하는 CaCl₂ (염화칼슘)

을 활용하며 기존의 TEPG기술의 한계점을 극복하였다.

한쪽 면에 염화칼슘을 바른 탄소로 코팅된 면은 전력을 공기중의 수분을 흡수하며 지속적으로 전력을 유지하였으며 이는 친환경 발전임에도 외부 환경의 영향을 받지 않고 습도 20~80%만 유지된다면 꾸준히 전기를 생산해낼 수 있다는 장점을 가진다. TEPG기술의 모습과 원리는 [사진 3-8]과 같다.

[사진 3-8] TEPG기술의 모습과 원리



본 연구진은 이 투수성 포장과 TEPG기술을 융합시켜 투수성 포장을 통해 물의 유출을 방지하고, 생물 다양성 보전에 기여하며 물이 지하수로 흘러가는 과정에서 TEPG기술을 활용해 전기를 생산할 수 있도록 하였다. 이 융합기술이 실현된다면 물순환이 더욱 원활해지고, 오염물질이 하천으로 유입되는 것을 최소화하여 하천의 수질이 개선되며 이로써 하천 속 생물 다양성을 높일 것이다. 또한, TEPG기술을 통해 많은 양의 전력을 친환경적으로 생산하여 환경 보전에 많은 도움이 될 것이다.

IV. 의의

2021년의 도시모습을 표현하기 위해 디오라마를 제작하는 과정에서 본 연구진 모두 기후변화의 심각성에 대하여 진지하게 생각해볼 수 있었다. 이전에는 기후변화로 인해 어떤 문제가 발생하고 있는지 뿐만 아니라 어떤 해결방안이 존재하는지에 대해서 잘 알지 못했다. 하지만 자료조사를 하며 기후변화에 대한 책과 다양한 글을 읽었고, 기후 변화가 정말 심각한 수준에 이르렀다는 것을 알 수 있었다. 기후 변화를 막을 수 있는 실질적인 기술들에 대해 조사를 하면서 현 상황에서 어떤 기술들을 도입할 수 있는지, 현재 도입된 기술이 무엇인지에 대해 이해할 수 있었다. 이를 바탕으로 환경을 생각하는 융합기술까지 고안해낼 수 있었다. 아래 표 [4-1]은 2021년의 도시모습을 디오라마로 표현하고 위에 홀로그램을 띄워 2050년의 도시모습을 나타낸 것이다.

[표 4-1] 2021년과 2050년의 도시모습





2021년과 2050년의 도시모습은 크게 네 부분으로 나누어 살펴볼 수 있다. 아래 [표 4-2]는 2021년과 2050년 도시의 모습을 구분한 것이다.

[표 4-2] 2021년과 2050년 도시의 변화모습

2021년 → 2050년
공장 단지 → 탄소제로 아파트 단지
낙후된 아파트 단지 → 인공습지
아파트 단지 → 탄소제로 아파트 단지
공장단지 → 배양육 공장

2050년의 도시모습에는 탄소제로 아파트 단지를 조성하여, 전기를 자가생산한 후 이를 사용하는 모습을 표현하였다. 전기의 자가 생산을 통하여 화석연료에 의존하는 비용을 감소시켜 화석 연료의 사용량이 줄어들음을 표현하였다. 바닥에는 투수성 포장을 설치하여 지하수, 하천의 유출을 막고 물순환을 도와 자연환경을 보전하고자 하였으며, 땅 속 지하엔 투수성 포장과 TEPG 기술이 결합된 형태로 존재하여 비가 내리면 에너지 생산이 가능하도록 설계하였다.

낙후된 아파트 단지는 인공습지로 변화시킴으로써 환경오염으로 서식지를 잃은 동물들에게 새로운 서식지를 마련해주고, 습지 생물다양성을 보전할 수 있다. 또한 습지와 도시는 잘 어우러져 긍정적 작용을 이끌어낸다. 도시 내에서 습지의 기능으로 수질 오염이 개선되고, 산책로와 같은 문화시설 등으로도 기능할 수 있다.

공장단지를 배양육 공장으로 바꾸어 시대에 따라 공업이 변화한다는 것을 표현하고

자 하였다. 현재 미래 산업으로써 각광 받고 있는 배양육이 지역 내부에 설치되는 것을 보아 전 세계적으로 보편화되는 것을 나타내려 하였으며, 공장이 도시와 인접한 곳에 위치하여 수출, 판매 시 탄소발자국이 줄어든다는 것을 표현하였다.

본 연구를 통해 국토, 특히 미래국토에 많은 관심을 갖게 되었으며, 더불어 탄소중립을 위한 세계화의 동향도 파악할 수 있었다. 본 연구는 연구진들이 환경보호에 대한 경각심을 불러일으키고, 에너지 자원에 대해 깊게 생각하도록 만들었다. 연구를 진행하는 동안 일상생활 속에서도 에너지를 보존하기 위해, 혹은 에너지 낭비를 줄이며, 환경오염을 막기 위해 노력하는 연구진의 모습을 발견할 수 있었고, 연구를 통한 사고의 성장뿐만 아니라 환경에 대한 윤리의식이 함께 성장하고 있다는 것을 느꼈다.

본 연구진은 연구를 하며 고안한 융합기술의 실현을 바라고 있으며, 융합기술 뿐 아니라 앞서 언급한 기술들이 발전을 이루어 이산화탄소 배출량 감축에 기여하길 바라고 있다. 또한 연구 활동이 끝나더라도 환경에 대한 관심을 끊이지 않고, 에너지 생산과 관련한 기술들의 발전을 위해 노력할 것이다.

V. 참고문헌 및 자료

빌 게이츠, 기후 재앙을 피하는 법

네이버 국어사전-비점오염

네이버 지식백과 - 에너지하베스팅, 증산작용, 수력발전, 푸드테크, 커튼월

네이버 학술정보 - 투수성 포장에 의한 비점오염원 저감 효과 분석

[2021 환경위기 시계] 현재 한국은 “9시 38분” -

<https://blog.naver.com/greenfu/222518525227>

별 고민 없이 옷을 사들였다면? [슬기로운 탄소중립 생활 42화] -

https://blog.naver.com/mcst_pr/222555120953

지구온난화의 주범이 소? 메탄가스와의 방귀에 대한 진실! -

https://blog.naver.com/kgs_safety/222078129982

[비점용어도감] 투수성포장 -

<https://blog.naver.com/nonpointme1/222014065309>

우리나라 공학자들이 만들어낸 미친 신기술! 단 한방울의 물로 전기를 만들어버리다.
(국뽕주의) - <https://www.youtube.com/watch?v=jWs7k3kGqgl>

물 몇 방울로 전기 생산하는 기술 나왔다 / YTN
- <https://www.youtube.com/watch?v=Zatt0DXrXEA>

'물 몇 방울로 전기를'...물을 이용한 자가발전기 개발 / 연합뉴스TV (YonhapnewsTV)
- <https://www.youtube.com/watch?v=YL2XiSLteLA>

세계 최대 배양육 공장을 구축한 '퓨처미트테크놀로지' -
<https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=31899543&memberNo=2950908&vType=VERTICAL>

이산화탄소 포집 기술 CCUS를 알아봅시다. 키어솔(KIERSOL)
- <https://blog.naver.com/energium/222340267612>

대전시, 물순환 시범사업 저영향개발(LID) 시설공사 가속도
- https://newsis.com/view/?id=NISX20211110_0001645339&cID=10807&pID=10800

친환경 생태 도시를 위한 길, 저영향개발(LID) -
<https://post.naver.com/viewer/postView.naver?volumeNo=18097440&memberNo=6411495&vType=VERTICAL>

수소연료전지차, 썩썩 달리는 원리가 궁금하다!
- https://blog.naver.com/kea_sese/221680399519

태양광을 이용한 친환경 한화 본사 사옥 세계가 인정한 건축물
- https://blog.naver.com/love_honesty/222415852070