



## 「 창의설계입문 」과 「 에너지공학 」강의페어링 화학공학과, 이진희 교수님 지도

### 목적

현재 태양광 발전의 장점은 친환경적이며 연료가 따로 필요하지 않은 무한 자원인 태양광을 사용한다는 것이지만, 단점 역시 존재한다. 태양광 발전은 1년 8,760 시간 중 1,200시간 정도인 14% 정도만 전기를 생산할 수 있다는 한계점이 있다. 밤이나 흐린 날 뿐만 아니라 비, 눈 등이 오는 날에는 발전을 할 수 없기 때문이다. 특히 우리나라의 경우 연강수량이 대부분 1000mm 내외로 많은 편이기 때문에 태양광 발전 패널 자체로는 안정적인 발전이 힘들다. 구체적으로 장마철의 경우 에어컨 등 전기 제품을 많이 활용하지만 태양광 발전량은 더 줄어듦, 이에 따라 누진세를 절감하기 힘들어진다. 이 단점을 해결하기 위해 창의설계입문 과목에서 배운 발명의 기법 중 더하기 기법을 적용해 볼 수 있다. 태양이 떠 있지 않을 때도 발전을 할 수 있는 기술이나 방법을 제품에 더하기 위해 찾아보는 것이다. 최근 개발되고 있는 압전 소자 발전 장치를 사용하면 빗물의 위치에너지를 전기에너지로 바꾸어 발전할 수 있는데, 이를 태양광 패널과 합쳐서 비가 내릴 때도 발전할 수 있는 친환경적인 발전 장치를 설계할 것이다. 이 연구의 대상은 가정용 태양광 발전 패널의 개선에 그 중점을 두고 있으며, 이를 기준으로 경제성 및 효율을 생각할 것이다.

### ‘창의설계입문’에서의 강의페어링

‘발명’은 생활 속에서 불편한 점이나 보완해야 할 점의 존재를 인식하는 것으로 부터 시작되며, 발명의 기술들 중 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

1. 더하기
2. 빼기
3. 크기 바꾸기
4. 모양 바꾸기
5. 용도 바꾸기
6. 재료 바꾸기
7. 반대로 생각하기
8. 기존 아이디어 빌리기
9. 자연물 모방하기
10. 재활용하기

예를 들어 더하기의 기술을 적용한 사례로 기존에 존재하던 연필과 지우개를 결합하여 지우개가 달린 연필을 개발한 것이 있다.

발명 과정은 문제점 인식 -> 발명의 기법을 적용하여 발명하기-> 제품 출시 -> 제품에 대한 피드백 수용 및 개선 순으로 이루어진다.

### ‘에너지공학’에서의 강의페어링

-태양광 발전의 원리: 빛은 입자성과 파동성을 동시에 지니는데, 이때 빛의 입자성과 관련한 용어 중 광전효과란 금속 등의 물질이 큰 에너지를 가진 에너지를 받게 되면 전자를 내보내는 현상을 말한다. 즉, 금속의 표면에 특정 세기 이상의 빛을 쬐어주면 전자가 나오는 것을 말하며, 이 때 나오는 전자를 광전자라 한다. 이 전자가 흐르면서 전기가 생산된다.

-태양광 발전을 위한 부품으로는 모듈, 컨트롤러, 배터리, 인버터가 있으며 태양광 모듈에서 발전이 일어나고 인버터를 통해 전압을 변환하여 사용한다.

-태양광 셀(Cell)의 종류: 소재의 종류에 따라 si계, 화합물 반도체계, 유기계 등으로 분류된다. 그 중에서도 si계에서는 대표적으로 단결정 셀과 다결정 셀이 존재하는데, 단결정 셀은 20% 내로 발전 효율이 높은 반면 가격이 비교적 비싸다.

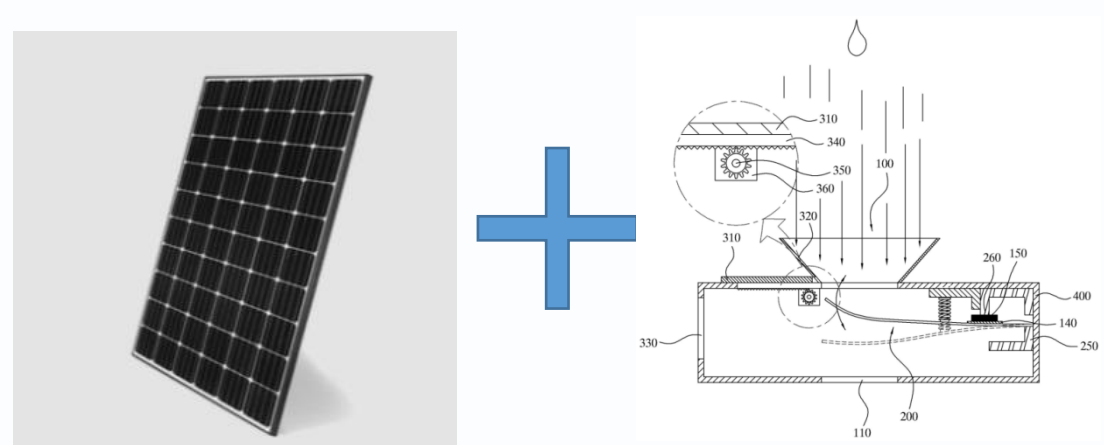
### 발명의 과정

- 문제점 인식: 현재 태양광 발전의 문제점은 태양이 뜨지 않을 때 발전이 불가능하다는 점이며, 특히 비가 많이 내리는 장마철 발전이 불가능하기 때문에 누진세가 부가된다. 전력의 안정적이고 균일한 공급 역시 힘들다.

1. 기능: 더하기 기법을 적용하여 기존의 **태양광 발전** 모듈과 빗물을 이용하여 발전할 수 있는 기능성 압전 소자 발전기의 결합을 구상했다.

(기존 태양광 발전 모듈:

한화 큐셀 360W 단결정 태양광 발전 모듈)



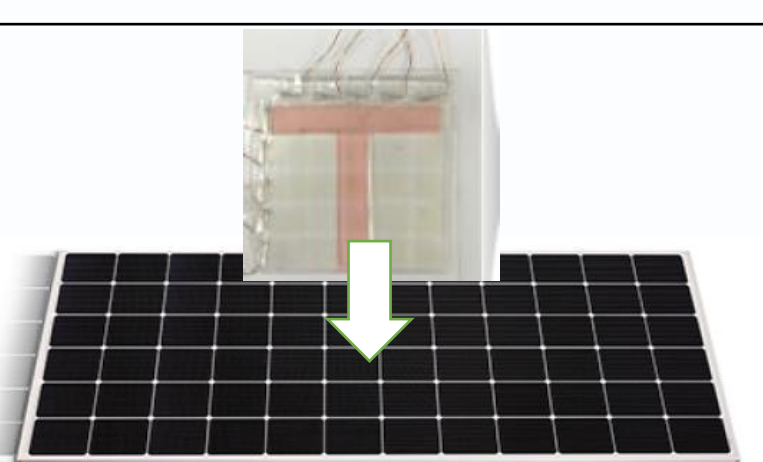
2. 형태: 재료 바꾸기 기법(①안) 및 모양 바꾸기 기법(②안)을 적용하여 태양광을 잘 받으면서도 빗물이 잘 모여 압전 소자 발전기도 발전할 수 있는 형태를 구상했다.

①재료 바꾸기 기법 적용:

기존 압전 소자를 투명한 소재를 적용하여 만들고, 이를 통해 투명 압전 소자를 태양광 모듈 위에 부착해도 태양광 발전이 될 수 있도록 설계했다.

구조가 간단하지만 투명 압전 소자 제조에는

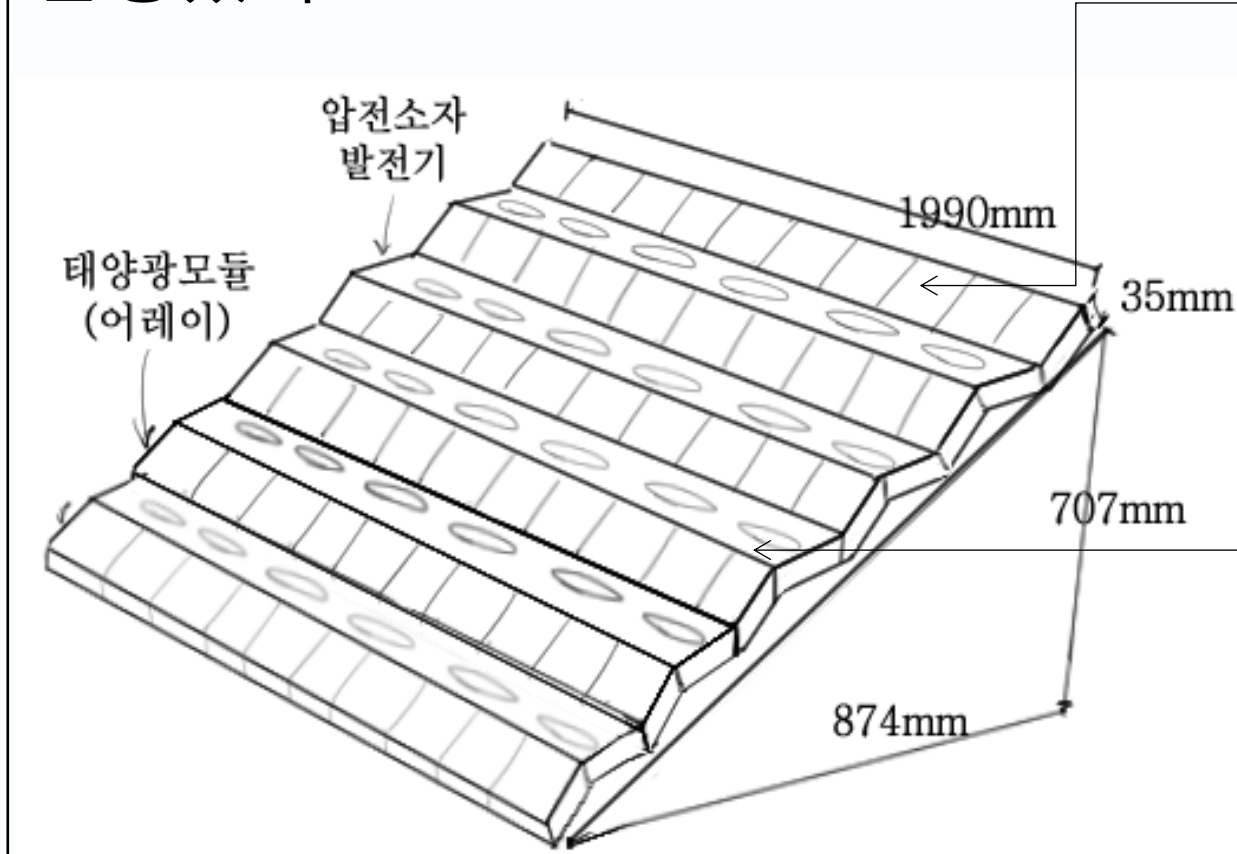
고도의 기술을 요구하며 소재도 가격이 비쌀 것으로 추정되어 상용화가 사실상 어렵다.



②모양 바꾸기 기법 적용:

태양광 모듈 어레이와 압전 소자 발전기가 열 교대로 번갈아 가면서 결합되어 있는 모듈의 형태를 띤다. 태양광 발전기의 설치 형태로 따지면 고정형이며, 태양광 모듈은 태양의 위치에 따라 입사각이 변해도 태양빛을 균일하게 받기 위해 지면으로부터 45°, 압전 소자 발전기는 비를 잘 받을 수 있도록 지면으로부터 0°의 각도를 이룬다. 부피가 조금 커지지만 기존 태양광 모듈과 비교했을 때 큰 차이가 없고, 태양광 발전 및 빗물의 압전 소자 발전에 방해되는 요소가 많지 않아 실현성이 있다.

재료의 가격과 제품 실현성 면에서 ②안이 더 우수했기 때문에 ②안을 중심으로 연구를 진행했다.



태양광 모듈: 기존 태양광 모듈과 같으며 태양광으로부터 광전 효과에 의해 전류가 흐르게 됨. 가정용으로 높은 효율을 요구하기 때문에 단결정 실리콘 셀 사용

압전 소자 발전기: 압전효과(피에조 효과)를 이용하여 압전 소재(PZT 등)를 사용한 발전기로 빗물의 위치 에너지가 운동 에너지로 변환된 것을 압전 발전의 원동력으로 사용

그 외 부품: 컨트롤러 1대, 배터리 1대, 복합 인버터(태양광 모듈과 압전 소자 발전기 각각 전력 변환하는 장치) 필요

### 구상한 제품의 기대 효과

1. 누진세 절감 효과

에너지 하베스팅 관련 자료를 참조하면 같은 면적당 발전량은 태양광 전지는 약 0.4 ~ 40mW/cm<sup>2</sup>, 압전 소자는 약 0.005 ~ 10mW/cm<sup>2</sup>로 압전 소자는 태양광의 1/4 정도의 면적당 전력효율을 낼 수 있다. 설계한 제품의 압전 소자를 태양광과 같은 면적으로 설치한다 가정하면 태양광이 월 30kWh 생산시 약 7kWh 정도를 생산할 수 있다. 이 때 예를 들어 여름 437kWh 전력 사용 시 37kWh(30+7kWh)이상의 전력을 절감하면 전기 누진세 월 약 4만원 절약, 비가 많이 오는 해 10%의 발전량 감소 가정 시(월평균 하루 4~4.5 발전시간 통계 데이터로부터 대략적으로 추정) 34kWh(27+7)까지 전력 절감 효과(434kWh 이하 전력 사용량의 누진세 절감이 가능하다.

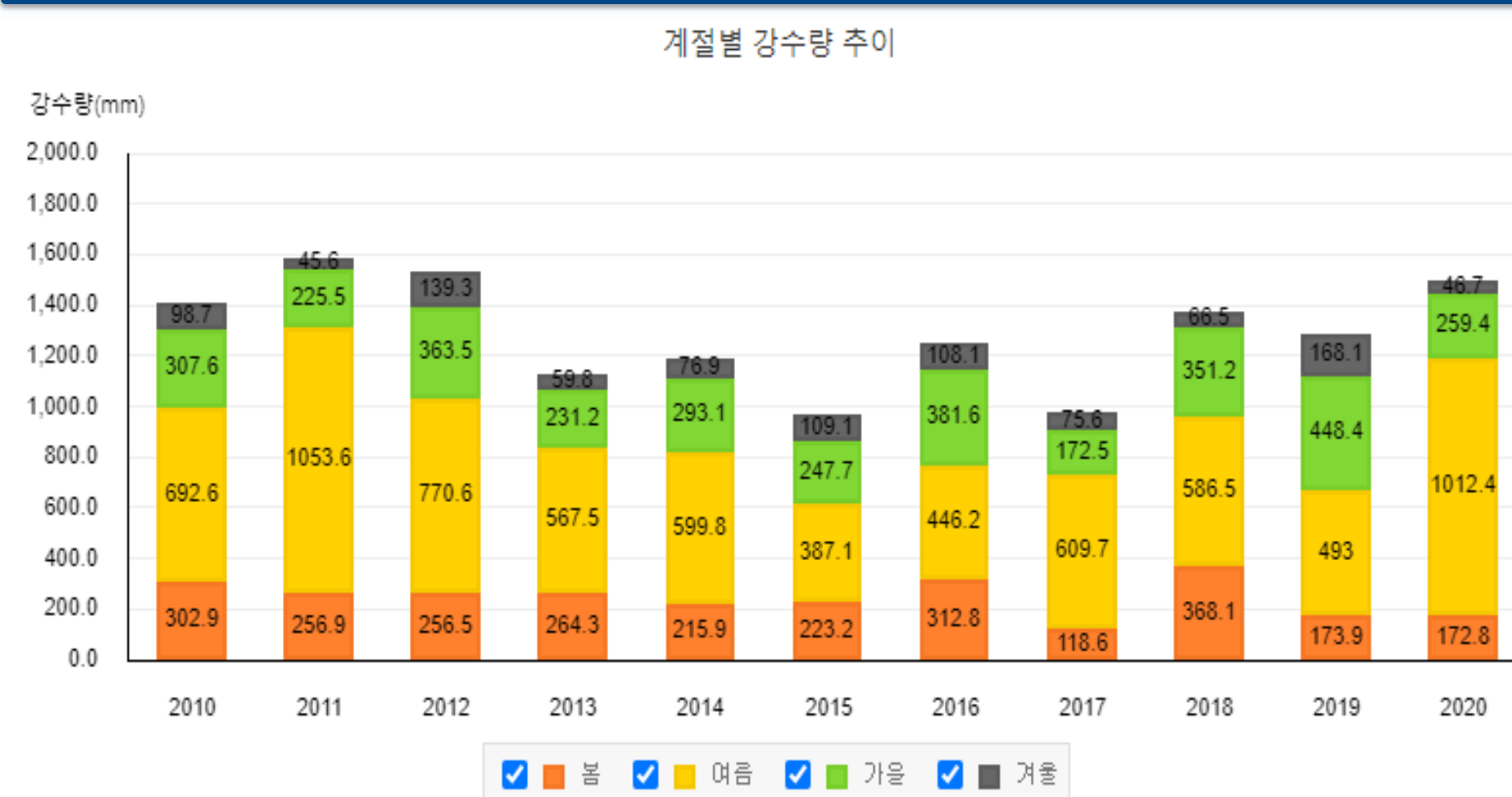
구 간	기본요금 (원/월)	전력량요금 (원/kWh)
1 200kWh 이하	910	93.3
2 201~400kWh	1,600	187.9
3 400kWh 초과	7,300	280.6

2. 친환경적이고 무한 자원

석탄, 석유와 같이 연료가 들지 않아 탄소 배출이 제품 제조 과정에서만 생기고 지속 가능하며 무한 자원인 태양광과 비를 사용하기 때문에 고갈되지 않는다는 장점이 있다.

3. 부가적 효과: 여름 장마철 많은 전력 요구 속 안정적 전력 공급이 가능하다. 또한, 세계 국가들과 비교했을 때 연강수량 높은 편(적도지역 제외)인 우리나라에 효율적이며 일조량과 강수량이 많은 적도지역의 다른 나라로 제품 수출을 고려해 볼 수도 있다.

### 구상한 제품의 한계



비가 많이 오지 않는 해(연 강수량 1000mm)에 연 강수량 1600mm일 때보다 강수량이 약 37.5% 감소하는데 이 때 비가 오지 않는 만큼 압전 소자 발전기의 발전량이 감소한다. 이런 경우에는 태양광 발전만 하는 것이 더 효율적일 수 있다는 환경적 변수가 존재한다.

### 결론

아직 압전 소자 발전기가 실제로 상용화 된 것이 많이 없어 구상한 제품의 제조 비용이나 초기 설치 비용을 정확히 구상하기 어렵지만, 만약 압전 소자를 만드는 기술이 발전하여 압전 소자 발전기가 상용화 될 수만 있다면 위에서 설계한 제품을 실제로 제조하여 사용 가능할 것으로 예상된다. 제품 제조 후 실제 상황에서 발전 효율 테스트 등의 피드백을 통해 태양광 발전만을 할 때보다 제품의 성능이 우수함을 확인하는 것이 핵심이다. 또한, PZT(Pb,Zr,Ti) 압전 소자가 발전 효율적으로 가장 우수하지만 납의 독성 문제에 따른 환경 오염의 문제도 고려하여 KNbO<sub>3</sub>-NaNbO<sub>3</sub>-LiNbO<sub>3</sub>계 화합물과 같은 비납계 압전 소자의 이용을 고려해야 한다.

### 참고자료

e-나라지표(기상청), “계절별 강수량 추이”, 2021.07.01, [https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1401](https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1401)

심경석, 「 버려진 에너지가 만드는 전력, 에너지 하베스팅 », KB금융그룹, 2020

이진용, 「 빗방울 이용한 기능성 압전소자발전기 », 한국특허청(KIST), 2013