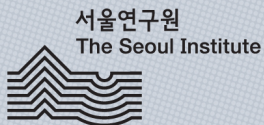


2013-PR-19

작은 연구 좋은 서울 03

서울 학교 햇빛발전소 실태조사와 개선방향 연구

박규섭



2013-PR-19

서울 학교 햇빛발전소 실태조사와 개선방향 연구

연구진

연구책임	박규섭	(사)서울시민햇빛발전소 사무국장
연구원	이지언	서울환경운동연합 기후에너지팀장
	조주은	서울대학교 환경대학원 석사과정

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

차례

I	연구의 개요	8
1	연구의 배경과 목적	8
1 1	연구의 배경	8
1 2	연구의 목적	9
2	연구의 내용 및 방법	9
2 1	연구의 내용	9
II	학교 햇빛발전소 실태조사 결과	12
1	연도별 설치현황	12
2	용량별 설치현황	13
3	일평균 발전시간	14
4	kW당 설치비용	15
5	설치 방향	16
6	관리 주체별 구분	17
7	지원 주체별 구분	18
8	시공사 구분	19
9	모니터링 여부	20
10	디스플레이 설치 여부	21
11	주기적 청소 여부	23
12	보험 가입 여부	24
13	유지보수 가능 여부	25
14	유지보수 경험 여부	26
15	교육 연계 여부	27
16	학교 행정실의 목소리	29

III	학교 활용 결과물 소개	32
1	교사를 위한 재생에너지 수업 교안	32
1 1	기존 국내외 사례 조사	32
1 2	교안 내용	44
2	설비 관리자를 위한 유지관리 매뉴얼	45
2 1	매뉴얼 내용	45
IV	결론과 후속조치	48
1	결론	48
2	후속조치	48
	참고문헌	50

표차례

표 3-1	solarschools.net에서 제공하는 태양에너지 교안 목록	33
표 3-2	NEED 프로젝트의 내용 구성	38
표 3-3	에코롱롱 프로그램의 목록과 내용	43
표 3-4	교안 주제와 내용 구성	44

그림차례

그림 2-1	서울 학교 햇빛발전소 연도별 설치현황	12
그림 2-2	서울 학교 햇빛발전소 용량별 설치현황	13
그림 2-3	서울 학교 햇빛발전소 일평균 발전시간 비교	14
그림 2-4	서울 학교 햇빛발전소 kW 설치비용 추이	15
그림 2-5	서울 학교 햇빛발전소 설치 방향	16
그림 2-6	서울 학교 햇빛발전소 관리 주체별 구분	17
그림 2-7	서울 학교 햇빛발전소 지원 주체별 구분	18
그림 2-8	서울 학교 햇빛발전소 시공사 구분	19
그림 2-9	서울 학교 햇빛발전소 모니터링 여부	20
그림 2-10	서울 학교 햇빛발전소 디스플레이 설치 여부	21
그림 2-11	서울 구산중학교에 설치된 디스플레이 장치	22
그림 2-12	서울 학교 햇빛발전소 주기적 청소 여부	23
그림 2-13	서울 학교 햇빛발전소 보험 가입 여부	24
그림 2-14	서울 학교 햇빛발전소 유지보수 가능 여부	25
그림 2-15	서울 학교 햇빛발전소 유지보수 경험 여부	26
그림 2-16	서울 학교 햇빛발전소 교육 연계 여부	27
그림 2-17	서울 학교 햇빛발전소 교육 미활용 이유	28
그림 3-1	solarschools.net 메뉴탭 구성	33
그림 3-2	solarschools.net에서 기관 검색 결과	36
그림 3-3	solarschools.net에서 해당 기관 페이지	37
그림 3-4	solar schools 모금 현황	41
그림 3-5	‘환이랑 경이랑’ 초기화면	42

I 연구의 개요

- 1 연구의 배경과 목적
- 2 연구의 내용 및 방법

I 연구의 개요

1 연구의 배경과 목적

1.1 연구의 배경

1.1.1 ‘원전하나줄이기’ 정책

- 현재 서울시 민선5기에서는 대표적인 에너지 정책으로 ‘원전하나줄이기’ 정책이 시행 중이다. 에너지 절약, 에너지 효율화, 재생에너지 생산으로 원전 1기 분량의 에너지소비량을 절감하자는 목표를 갖는 이 정책은 2011년 3월 후쿠시마 핵발전소 사고, 9월 전국적인 대정전 사태 이후 기존의 국가중심적 에너지 공급과 함께 지자체와 민간의 협력도 함께 이루어져야 한다는 의지가 반영되어 있다.

1.1.2 학교 햇빛발전소의 꾸준한 설치

- 환경을 위한 에너지 정책은 꾸준히 시행되었는데, 재생에너지 중 대표적인 태양광발전시스템(이하 햇빛발전소)은 교육적 효과를 거둘 수 있는 최적의 장소인 학교에 속속 설치되었다. 서울에도 120여 곳의 학교 햇빛발전소가 가동되고 있다. 학교 햇빛발전소는 한전 계통에 연결되어 자가용으로 쓰이며 전기요금이 절감되는 효과가 있다.

1.1.3 학교 햇빛발전소의 관리 미흡 예상

- 학교 햇빛발전소는 장소 특성상 교육적 목적의 시설 사용과 철저한 유지관리가 필요하다. 하지만 학교 햇빛발전소는 여러 이유로 인해 애물단지로 전락하였고, 관리도 미흡할 것으로 예상된다. 교육적 효과와 에너지 생산을 동시에 이루고 ‘원전하나줄이기’라는 목표 달성을 위해 학교 햇빛발전소에 관한 연구와 후속조치는 필수적이다.

- 특히 지난 2012년 8월, 서울환경운동연합은 햇빛발전소가 설치된 총 97개교에 공문을 보내 31개교로부터 답변을 받았다. 답변을 회신한 31개 학교 대다수는 태양광 시설의 발전량을 모니터하고(74%) 학교 내 디스플레이를 설치했다(68%)고 응답했다. 디스플레이는 다수가 이용하는 본관 등 로비에 설치된 경우가 대다수를 차지했다. 다만 누적 발전량으로 파악하는 경우가 많아, 당장 태양광 발전효율이 양호한지를 파악하기에는 한계가 있다. 발전효율을 파악할 수 있는 일부 6개 학교 자료를 분석한 결과, 발전시간은 최저 1.63시간에서 최대 3.17시간으로 평균 2.23시간이었다. 이들 태양광 발전시설이 최근 설치됐다는 점을 고려하면, 이는 상당히 저조한 수준으로 보인다. 태양광 시설에 관한 디스플레이를 설치했지만, 이것이 재생가능에너지 교육으로는 거의 연결되지는 못하는 것으로 나타났다. 태양광 발전시설을 에너지 관련 교육으로 활용한다고 응답한 학교는 22%에 불과했다. 대부분 학교는 그렇지 않다(78%)고 대답했다.

1 2 연구의 목적

- 이 연구의 목적은 작년 실시된 실태조사를 보완하여 서울에 설치된 학교 햇빛발전소의 실태를 정확히 파악하고, 학교 행정에서 필요한 사항이 무엇인지를 연구하여 실질적인 결과물을 만들어내는 데 있다. 이를 통해 어떤 가치를 중심에 두고 공공기관의 재생에너지 시설 설치, 활용, 유지관리를 진행해야 하는지에 대한 단초를 마련할 수 있으리라 기대한다.

2 연구의 내용 및 방법

2 1 연구의 내용

“서울 학교 햇빛발전소 실태조사와 개선방향 연구”는 서울 초중고교 햇

빛발전소에 대한 공문 형식의 실태조사와 학교 교육현장과 행정현장에서 활용 가능한 결과물 연구라는 두 부문으로 나누어 추진하였다. 또한 학교에 제공할 결과물은 교사를 위한 재생에너지 수업 교안과 설비 관리자를 위한 유지관리 매뉴얼로 실태조사를 통한 욕구 파악, 국내외 사례 문헌 조사를 토대로 작성하였다.

- 1) **학교 햇빛발전 실태조사**
 - 설치 학교, 발전용량, 발전량 등은 서울시교육청에 정보공개청구
 - 발전용량, 동작 여부, 관리 시 어려운 점 등에 대한 설문조사
- 2) **학교에서 활용 가능한 결과물**
 - 교사를 위한 재생에너지 수업 교안
 - 국내외 사례조사 후 자체 교안 제작
 - 설비관리자를 위한 유지관리 매뉴얼
 - 용어, 단위, 고장 시 대처법, 관리교육 등

II 학교 햇빛발전소 실태조사 결과

- 1 연도별 설치현황
- 2 용량별 설치현황
- 3 일평균 발전시간
- 4 kW당 설치비용
- 5 설치 방향
- 6 관리 주체별 구분
- 7 지원 주체별 구분
- 8 시공사 구분
- 9 모니터링 여부
- 10 디스플레이 설치 여부
- 11 주기적 청소 여부
- 12 보험 가입 여부
- 13 유지보수 가능 여부
- 14 유지보수 경험 여부
- 15 교육 연계 여부
- 16 학교 행정실의 목소리

II 학교 햇빛발전소 실태조사 결과

1 연도별 설치현황

1.1 서울 학교 햇빛발전소 연도별 설치현황

1.1.1 분석

2005년 4개교를 시작으로 설치된 학교 햇빛발전소는 2008년 광복절에 발표된 MB정부의 “저탄소 녹색성장” 비전 선포 이후 2009년에는 61개 교에 설치되는 등 파격적으로 확대되었다. 햇빛발전소는 옥상에 지어지기 때문에 뚜렷한 결과물을 눈으로 볼 수 있고, 비교적 기술 개발이 널리 이루어졌기 때문에 다른 환경 기술보다 손쉬운 선택이 될 수 있었던 것으로 보인다. 물론 추후 같은 기간 중 다른 환경 기술 적용 현황에 대한 통계분석이 이루어져야 확실한 비교가 가능하다.

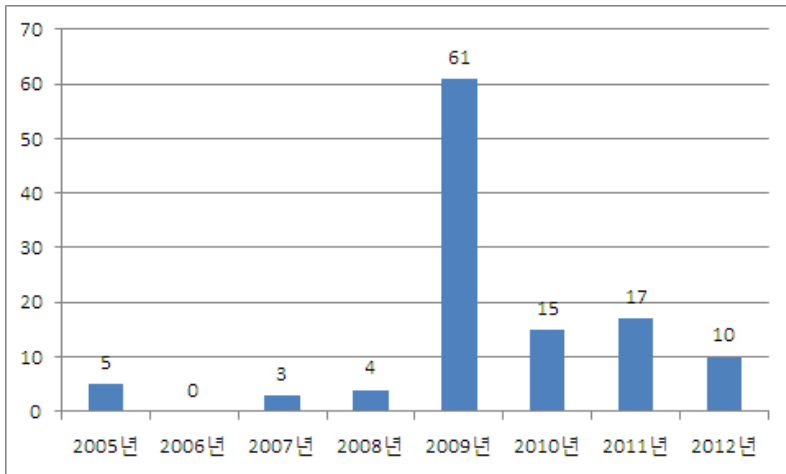


그림 2-1 서울 학교 햇빛발전소 연도별 설치현황

자료 : 서울시교육청 정보공개청구 결과

용량별 설치현황

2.1 서울 학교 햇빛발전소 용량별 설치현황

2.1.1 분석

보통 철골 가대 위에 올리는 햇빛발전소는 kW당 설치 용량이 약 10㎡(3평)이다. 학교 옥상은 에어컨 실외기나 옥상 녹화 등 다양한 용도로 사용될 수 있기 때문에 옥상 전체를 햇빛발전소로 설치하기는 어려웠을 것이다. 또한 서울 학교는 오래된 학교가 많아 리모델링 등을 고려하여 많은 용량을 설치하기 쉽지 않은 측면도 있다. 여러 이유로 인해 서울 학교 햇빛발전소 용량은 0~10kW 사이가 40%를 차지한다. 그리고 115개교의 총 용량은 2.37MW(2,370kW)이다.

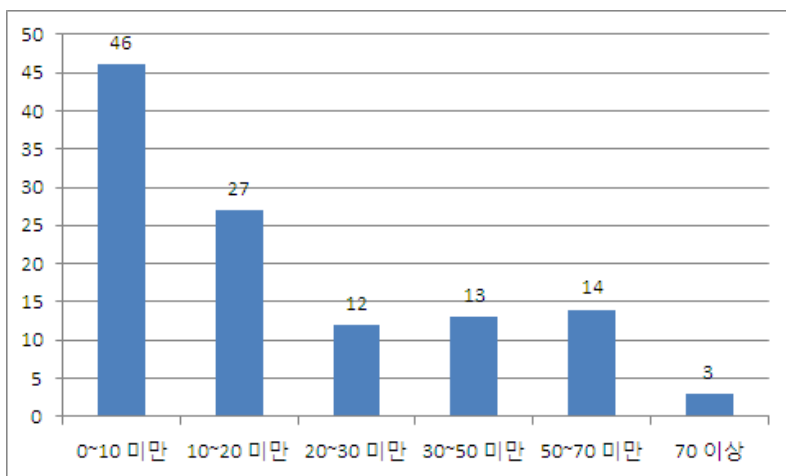


그림 2-2 서울 학교 햇빛발전소 용량별 설치현황(단위:kW)

자료 : 서울시교육청 정보공개청구 결과

일평균 발전시간

3 1 서울 학교 햇빛발전소 일평균 발전시간

3 1 1 분석

햇빛발전소는 하루 24시간 중 15%인 3.6시간 발전되는 것으로 본다. 햇빛 조건이 좋은 남부지방은 일평균 4시간이 넘게 발전되는 곳도 있다. 그러나 서울은 일조량이 낮고 미세먼지가 패널에 많이 들러붙기 때문에 3.0~3.2시간을 평균으로 잡는다. 서울 학교 햇빛발전소는 2.82시간 발전하는 것으로 11.8%의 이용률을 보였다. 이러한 수치는 서울 평균 가정치보다 낮는데 이는 주기적으로 청소가 이루어지지 않은 것이 직접적인 원인이며, 유지관리 미흡, 주인의식 부족 등에 기인한 것으로 보인다. 원인은 차치하고서라도 이런 낮은 발전량 결과는 직접적으로 학교 전기 요금 절감이 덜 되게 하기 때문에 학교도 설비 활용 면에서 이득이 적다.



그림 2-3 서울 학교 햇빛발전소 일평균 발전시간 비교

자료 : 서울시교육청 정보공개청구 결과와 자체 설문조사 결과 재구성

kW당 설치비용

4.1 서울 학교 햇빛발전소 kW당 설치비용

4.1.1 분석

분명 햇빛발전소의 초기 고가의 설치비용은 민간에서 햇빛발전소가 널리 확산되지 못한 이유 중 하나였다. 2010년 이후 중국발 태양광패널의 과잉공급으로 인해 전 세계적으로 태양광패널 가격이 하락했고 이 때문에 설치비용도 급감하는 추세이며, 2013년 상반기 현재 국내에서 햇빛발전소 설치비용은 kW당 2,500,000원 내외에 형성되어 있다. 하지만 정부 조달 햇빛발전소는 민간의 비용보다 약간 높게 형성되어 있는 것으로 추정되는데 이는 행정 비용 추가, 가격보다 안전성 위주로 형성되는 시장 구조 때문으로 보이며, 추후 가격을 형성하는 여러 요인을 분석해 볼 필요가 있다.

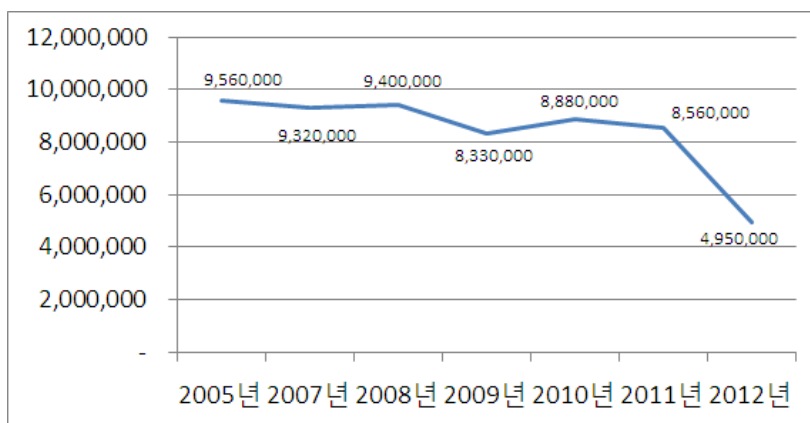


그림 2-4 서울 학교 햇빛발전소 kW 설치비용 추이(단위:원)

자료 : 서울시교육청 정보공개청구 결과와 자체 설문조사 결과 재구성

설치 방향

5.1 서울 학교 햇빛발전소 설치 방향

5.1.1 분석

한국의 햇빛발전소는 남향으로 30° 경사를 주어 설치되어야 수익성이 가장 높다. 설문에 응한 학교 햇빛발전소 대부분은 남향에 설치되었는데, 기존의 학교 건립 방향이 거의 남향이었기 때문에 학교 햇빛발전소도 남향으로 최적화되어 설치될 수 있었다. 건물 방향은 남향이 아니어도 햇빛발전소 설치가 가능하지만, 그만큼 설치 면적이 줄어든다.

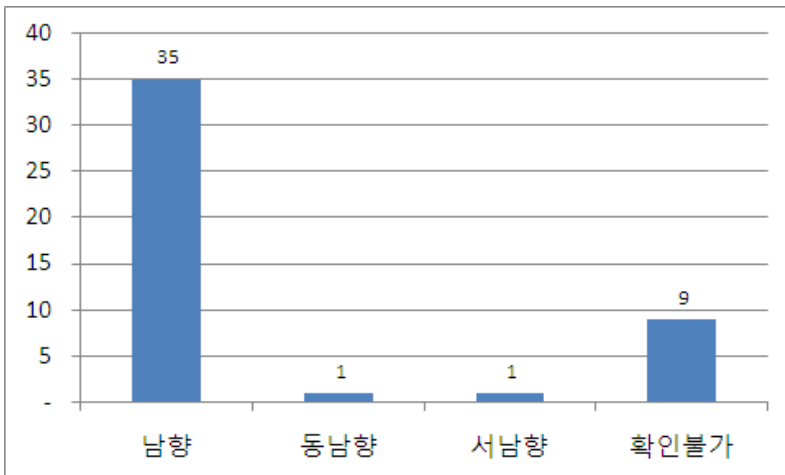


그림 2-5 서울 학교 햇빛발전소 설치 방향

자료 : 자체 설문조사

관리 주체별 구분

6 1 서울 학교 햇빛발전소 관리 주체별 구분

6 1 1 분석

설문에 응한 학교 햇빛발전소는 대부분 행정실에서 관리하고 있다. 하지만 비정기적 교육청 보고를 위한 모니터링만 하고 있을 뿐, 대부분 햇빛 발전소에 대해 행정실 직원들이 잘 모르는 경우가 많았다. 뒤에서 이야기하겠지만 학교 햇빛발전소에 대한 전반적인 의견은 부정적이거나 관심이 없었다. 따라서 햇빛발전소가 꼭 학교에 필요한지, 만일 필요하다면 어떤 후속조치가 있어야 하는지에 대한 연구가 필요함을 알게 되었다. 또한 임대형 민자사업(BTL) 방식으로 신설된 학교는 관리주체가 달라 따로 관리실이 있었다.

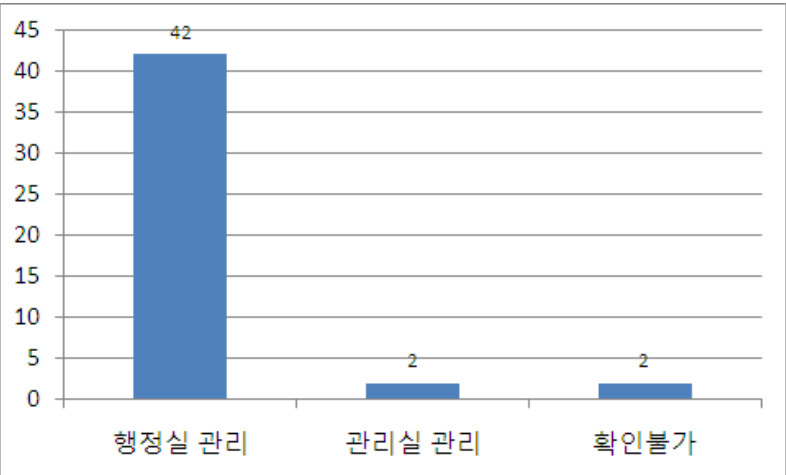


그림 2-6 서울 학교 햇빛발전소 관리 주체별 구분
자료 : 자체 설문조사

지원 주체별 구분

서울 학교 햇빛발전소 지원 주체별 구분

분석

설문에 응한 학교 햇빛발전소는 대부분 서울시교육청 지원 예산으로 설치되었다. 그 외 지역교육청, 지역구청, 서울시 본청, 에너지관리공단, 지식경제부(현 산업통상자원부)가 햇빛발전소 설치 예산을 지원하였다. 다양한 주체가 학교 햇빛발전소에 대해 관심을 보이고 있다는 점은 고무적이지만, 학교 자체 예산을 사용하지 않기 때문에 주인의식이 부족할 수밖에 없다는 점에서 한계를 지니고 있다. 물론 초기 고가의 설치비용 때문에 학교 자체 예산을 사용할 수 없다는 점도 있다. 따라서 앞으로 학교 햇빛발전소 설치 시에는 학교 예산을 사용하지 않으면서 주인의식을 가질 수 있는 협동조합 방식을 고려해 볼 수 있을 것이다.

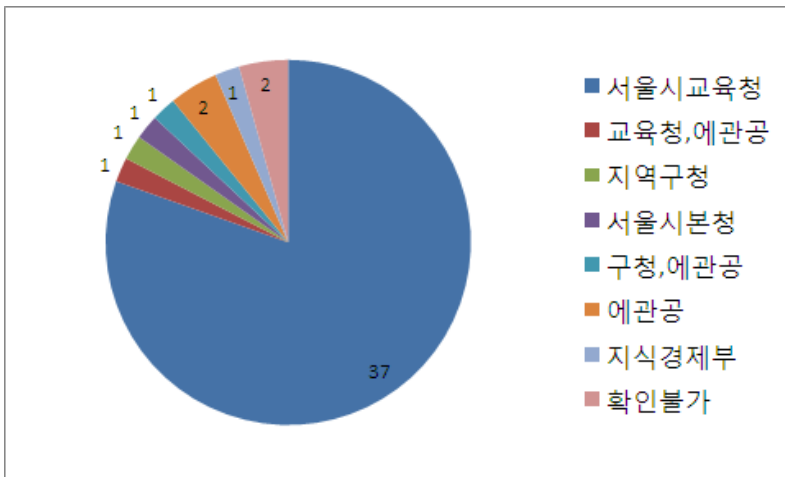


그림 2-7 서울 학교 햇빛발전소 지원 주체별 구분

자료 : 서울시교육청 정보공개청구 결과와 자체 설문조사 결과 재구성

시공사 구분

8.1 서울 학교 햇빛발전소 시공사 구분

8.1.1 분석

설문에 응한 학교 햇빛발전소의 시공사는 비교적 높은 비율로 확인할 수 없었다. 이는 교육청 지원이 있었기 때문에 학교 내부에서는 굳이 시공사에 관한 기록까지 챙기지 않았던 측면도 있고, 시공을 어떤 업체가 했는지에 대해 확인해 줄 수 없다는 답변도 있었다. 시공사에 대한 질문을 했던 이유는 태양광패널 과잉공급으로 인해 2010년 이후 시공사가 많이 도산해 추후 유지관리 측면에서 문제가 있을 수 있기 때문이었다. 시공사 중 경동그룹 계열사인 (주)케이디파워가 2009년에만 11건을 시공하는 실적을 올렸다.

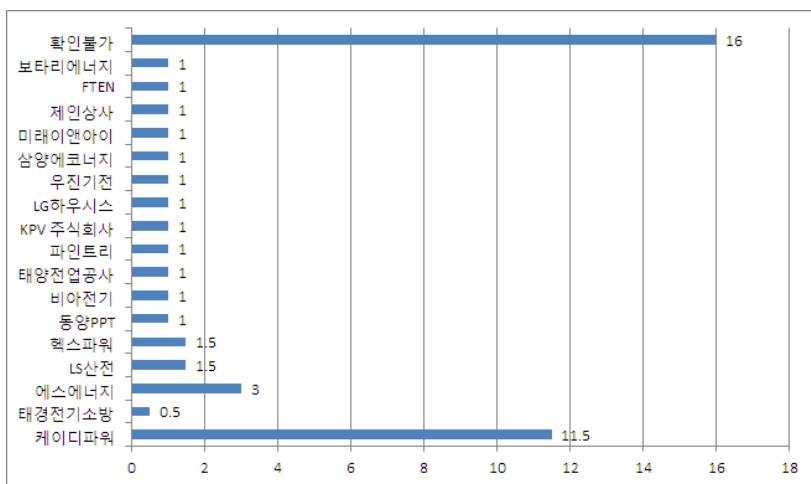


그림 2-8 서울 학교 햇빛발전소 시공사 구분

자료: 자체 설문조사

9 1 서울 학교 햇빛발전소 모니터링 여부

9 1 1 분석

햇빛발전소 모니터링은 관리자가 태양광 시설에서 생산되는 발전량을 실시간이나 누적 데이터로 파악하고 집계하는 행위로, 모니터링이 되지 않으면 기본적인 발전량 관리가 어렵다. 최근 햇빛발전소는 모니터링 장치가 기본적으로 설치되고 있지만, 초기에 설치된 햇빛발전소는 선택사항이어서 장착되지 않은 경우도 있다. 설문에 응한 46개교의 85%인 39개교가 모니터링 장치를 통해 확인을 하고 있었다.

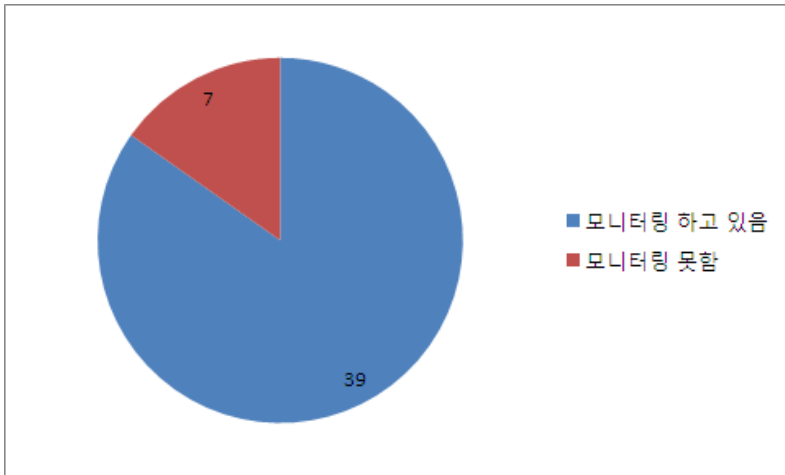


그림 2-9 서울 학교 햇빛발전소 모니터링 여부

자료 : 자체 설문조사

디스플레이 설치 여부

서울 학교 햇빛발전소 디스플레이 설치 여부

분석

햇빛발전소 디스플레이 장치는 생산된 발전량을 관리자뿐 아니라 시설 사용자(학교의 경우 학생)도 쉽게 확인할 수 있도록 표시해준다. 설문에 응한 46개교 중 76%인 35개교에 디스플레이 장치가 되어 있다. 문제는 디스플레이 장치의 효용이 별로 없다는 점인데, 주로 본관 로비에 설치된 디스플레이 장치는 그림과 함께 표시되지만 용어 자체를 이해하기 쉽지 않다. 또한 학생들이 모니터를 건드려 디스플레이가 고장 나는 경우도 있고, 학교 리모델링 시에 모니터 자체를 없애는 경우도 있었다. 모니터 장치 가격만 해도 만만치 않은데 단지 발전량을 보여주는 기능만으로는 효용 대비 가치가 낮은 것으로 보인다.

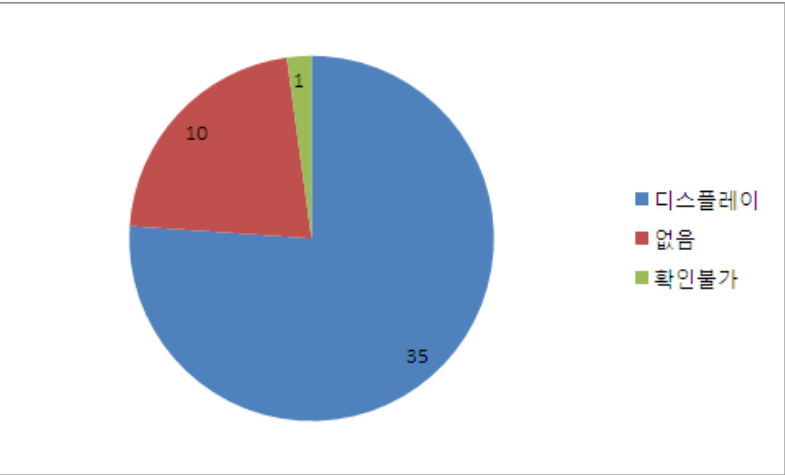


그림 2-10 서울 학교 햇빛발전소 디스플레이 설치 여부

자료 : 자체 설문조사



그림 2-11 서울 구산중학교에 설치된 디스플레이 장치

자료 : 구산중학교 방문 시 직접 사진 촬영

주기적 청소 여부

서울 학교 햇빛발전소 주기적 청소 여부

분석

설문에 응한 46개교 중 78%인 36개교가 햇빛발전소를 주기적으로 청소하지 않고 있었다. 햇빛의 강약보다는 통풍이 잘 되고 온도가 높지 않아야 발전이 잘 되는 태양광패널의 특성상, 간단히 물만 뿌려주더라도 발전량 상승에 상당한 효과를 볼 수 있다. 특히 서울에는 미세먼지가 많아 패널에 잘 들러붙기 때문에 물을 뿌려주고 형깎으로 닦아주기만 해도 발전량이 올라간다. 하지만 학교 행정실은 이러한 사실을 모르거나 알더라도 옥상에서 물을 뿌리기 어려운 점을 감안하여 청소가 잘 되지 않고 있다. 발전량 상승은 학교 전기요금 절감으로 이어지고 주인의식 고취로 이어질 수 있기 때문에 어떤 형태로든 청소가 꼭 필요하다.

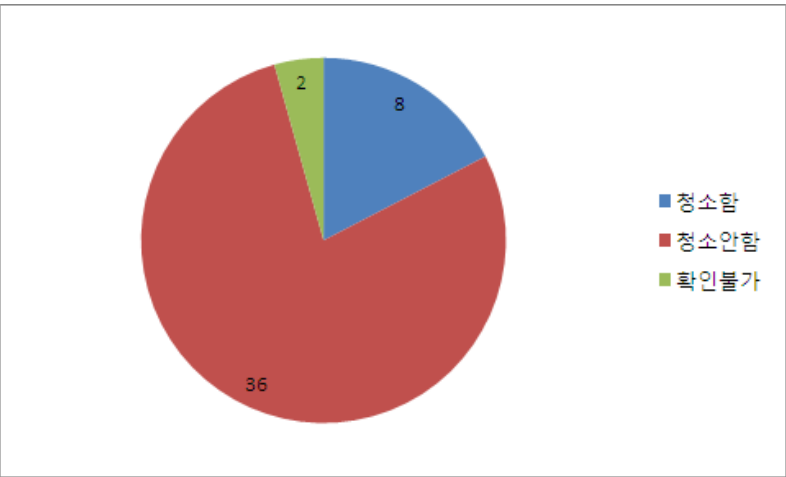


그림 2-12 서울 학교 햇빛발전소 주기적 청소 여부

자료 : 자체 설문조사

보험 가입 여부

서울 학교 햇빛발전소 보험 가입 여부

분석

민간 건물의 햇빛발전소는 보험 가입이 필수적인데, 사고보험, 발전량 보장 보험, 날씨 보험 등 비교적 다양한 상품으로 햇빛발전소 보험에 가입할 수 있고, 한국은 kW당 1만 원가량, 유럽은 40~50유로의 보험 비용을 수익성 분석 시 고려하고 있다. 그러나 학교 햇빛발전소는 학교라는 특성상 건물 자체에 이미 교육청 주관의 보험이 들어있고 햇빛발전소도 이에 속해 있을 가능성이 있다. 이는 추후 연구로 보완해야 할 주제다.

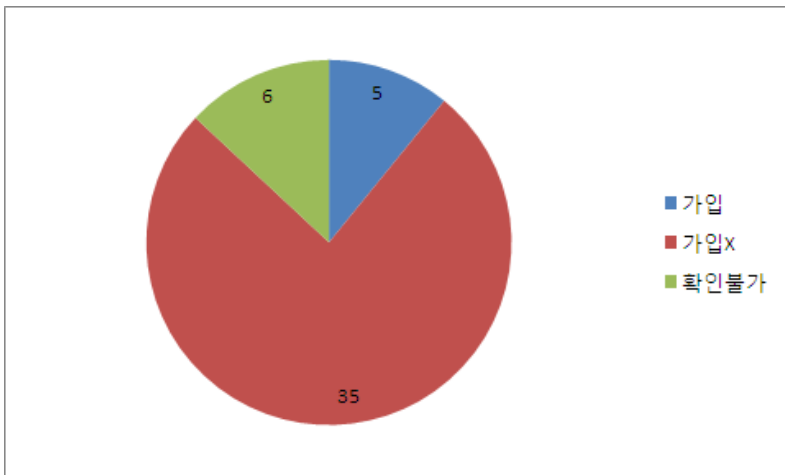


그림 2-13 서울 학교 햇빛발전소 보험 가입 여부

자료 : 자체 설문조사

유지보수 가능 여부

13.1 서울 학교 햇빛발전소 유지보수 가능 여부

13.1.1 분석

학교 햇빛발전소의 유지보수 가능 여부를 학교에서 파악할 수 있는 수준으로 조사하였는데, 78%인 36개교가 가능하다고 답하였다. 이는 문제가 생겼을 때 바로 연락하여 조치를 받을 수 있는 수준을 뜻하며, 비교적 양호한 수준으로 보인다. 하지만 확인이 불가능한 학교도 20%나 차지하여 추후 정확한 실태 파악이 필요하다.

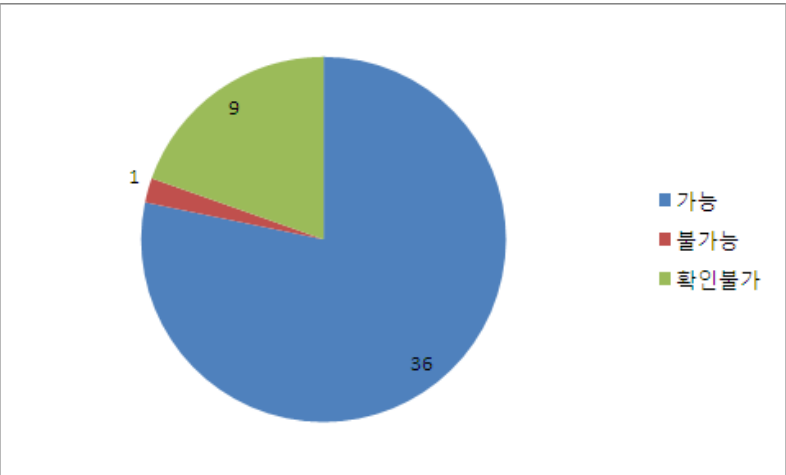


그림 2-14 서울 학교 햇빛발전소 유지보수 가능 여부
자료 : 자체 설문조사

유지보수 경험 여부

서울 학교 햇빛발전소 유지보수 경험 여부

분석

학교 햇빛발전소의 유지보수 경험 여부를 파악하였는데 59%인 27개교가 그러한 경험을 한 것으로 나타났다. 유지보수 요인은 전체 시스템 고장, 모니터링 프로그램 고장, 인버터 고장, 철골 가대 보강, 디스플레이 장치 고장, 배선 문제, 소음, 통신선 에러, 센서 고장, 낙뢰 후 데이터 소실, 휴즈 교체 등으로 다양했다. 햇빛발전소에서 발전에 필요한 주요 장치인 태양광패널과 인버터 이외에 모니터링 장치, 디스플레이 장치, 통신선 에러 등 발전과 직접적으로 연관이 없는 장치에서 고장이 생김을 알 수 있었다.

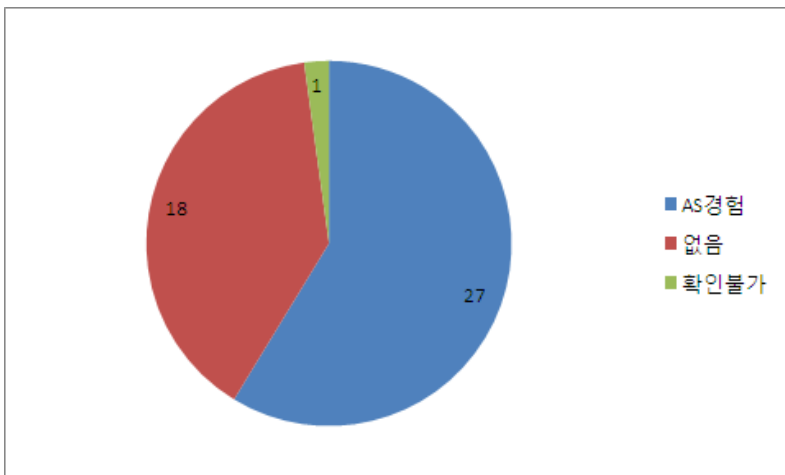


그림 2-15 서울 학교 햇빛발전소 유지보수 경험 여부

자료 : 자체 설문조사

교육 연계 여부

서울 학교 햇빛발전소 교육 연계 여부

분석

설문에 응답한 46개교 중 83%인 38개교가 수업에서 햇빛발전소를 활용하지 않고 있음을 알 수 있었다. 교육 미활용 이유로는 옥상을 개방해 달라는 교사의 요청이 없거나, 옥상 개방이 되지 않는다는 점이 37%에 달했고, 교육과정이 따로 없거나 설명이 어렵다는 점도 17%를 차지했다. 무응답인 26%(12개교)를 고려한다면, 현재의 정부 예산 지원 학교 햇빛발전소로는 교육과 재생에너지 발전소를 연계할 수 있다는 판단을 하기 어려웠던 것으로 보인다. 추후 교사 인터뷰와 정밀한 조사를 통해 학교 행정실과 교실에 어떤 자료가 필요한지 파악할 필요가 있다.

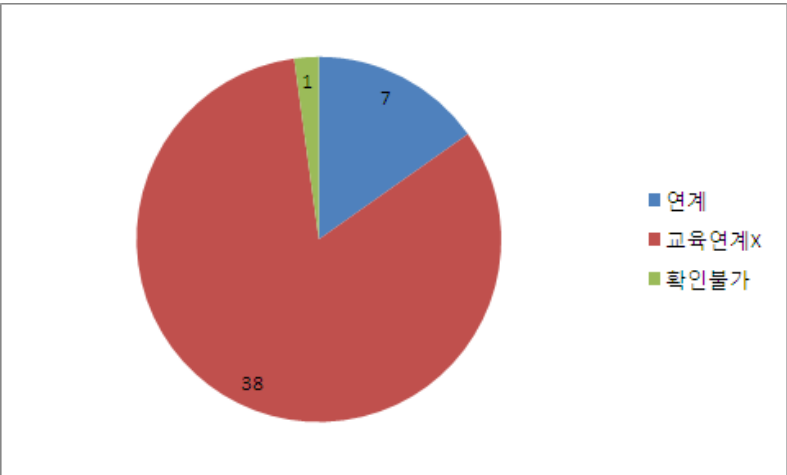


그림 2-16 서울 학교 햇빛발전소 교육 연계 여부

자료 : 자체 설문조사

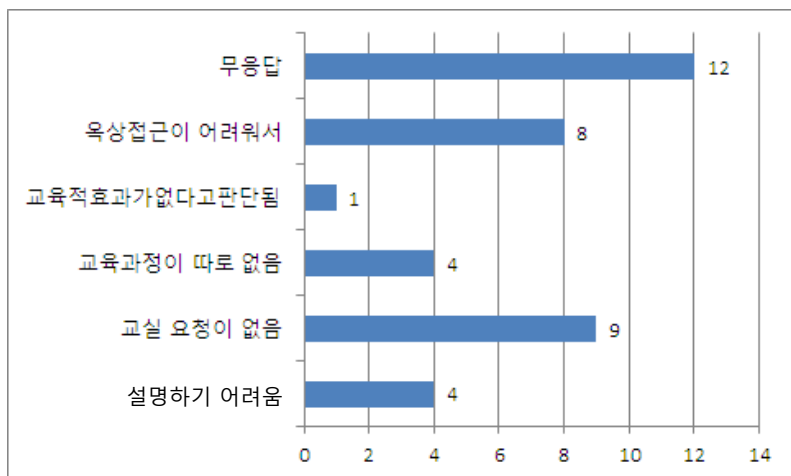


그림 2-17 서울 학교 햇빛발전소 교육 미활용 이유

자료 : 자체 설문조사

16 1 **서울 학교 햇빛발전소에 대한 학교 행정실의 목소리**16 1 1 **학교 행정실의 목소리와 대안 분석**

- “행정실에서 관리 안 한다.”
- “현황을 잘 모른다.”
- “이제 막 인사이동이 있어서…”
- “너무 바쁘다.”
- “꼭 설문에 응해야 되느냐.”
- “미협조 학교 명단 공개도 상관없다.”
- “전담 직원이 없다.”
- “교육청 공문을 달라.”
- “팩스 공문은 받지 않는다.”
- “교육청 주도로 설치되어 자료 파악이 안 된다.”
- “A/S 요청시 시간이 많이 소요된다.”
- “학교 예산으로 A/S를 하기 빠듯하다.”
- “A/S가 불안하다.”
- “발전량 집계가 되지 않고 있다.”
- “학교 발전량에 도움이 안 된다.”
- “학생들에게 설명하기 쉽지 않다.”
- “적합한 교육과정이 없다.”
- “교육적 효과는 없는 것 같다.”
- “교안이 없다.”

학교 행정실의 목소리는 이처럼 다양했다. 일단 학교 행정실은 너무 많은 일을 처리하고 있어 정식 공문을 보내더라도 응답을 받기 위해서는

수차례의 전화와 수차례의 팩스 공문 전송을 해야 했다. 학교 햇빛발전소가 본연의 업무가 아님도 분명했다. 따라서 행정실에서 햇빛발전소를 관리하는 것이 맞는지 다시 생각해 볼 필요가 있다. 또한 관심이 있는 직원이라도 햇빛발전소에 대한 정보를 쉽게 얻지 못하고 있어가끔 오는 전기관리자나 유지보수기사에 질문해 정보를 얻는 수준이었기 때문에 기본적인 햇빛발전소 유지관리 매뉴얼의 필요성을 절감하게 했다. 아울러 무상보증 기간(통상 5년)이 끝나면 학교 예산으로 유지보수를 해야 하므로 비용에 대한 고민도 많았다. 교육청이나 지자체 예산이 따로 편성된다면 그나마 햇빛발전소에 대한 고민을 줄여줄 수 있겠지만 그 역시 주인의식 고취에는 별 도움이 되지 않을 것이다. 학교 발전량에 별 도움이 되지 않는다는 응답도 있었는데, 사실 연간 수천만 원대의 전기요금을 납부하는 학교에서는 10kW 내외의 햇빛발전소로는 전기요금을 줄여주는 효과가 미미하기 때문에 충분히 그렇게 생각할 수 있다. 따라서 단기적으로는 주기적 청소를 통해 발전량을 늘릴 필요가 있고, 향후 기술 개발에 따라 에너지저장시스템(ESS) 장착도 고려할 수 있을 것이다.

III 학교 활용 결과물 소개

- 1 교사를 위한 재생에너지 수업 교안
- 2 설비 관리자를 위한 유지관리 매뉴얼

III 학교 활용 결과물 소개

1 교사를 위한 재생에너지 수업 교안

1.1 기존 국내외 사례 조사

해외사례는 호주, 미국, 영국의 세 곳을 선택했다. 세 곳 모두 태양광 패널의 설치가 100% 정부자금이 아닌 기업이나 재단 또는 개인의 펀딩을 통해 이뤄지고 있었다. 그래서인지 미국은 패널 설치 이후 이것을 활용한 에너지교육 프로그램이 체계적으로 갖춰져 있고 정기적인 워크숍을 통해 교사들을 교육하고 있었다. 호주는 설치된 태양광 패널의 활용도(에너지생산량)를 실시간으로 쉽게 온라인상에서 확인할 수 있고 다른 곳과 비교도 가능하도록 하여 학교 간 경쟁과 에너지문제에 대한 학생들의 능동적인 참여를 독려하고 있었다. 영국은 해당 학교가 직접 원하는 패널의 규모를 정하고 온라인상에서 학교를 소개하여 다양한 대상(개인, 기업, 재단)으로부터 패널 설치에 필요한 자금을 조달받는다. 이는 학교의 자발적 참여를 이끌어내고 지역주민의 참여도 기대할 수 있어 좋은 모델이 되고 있다. 따라서 각 홈페이지(또는 단체)의 특성을 통해 보다 나은 시스템 구축방안과 그곳에서 제시하고 있는 교육 프로그램의 내용을 소개하여 향후 교안 개발 시 참조할 수 있도록 한다. 국내사례는 해외의 경우보다 더 많이 소개되고 현재에도 사용되고 있으리라 생각되어 여기에서는 간단히 언급하려 한다. 사례로는 ‘환이랑 경이랑’과 에코롱롱재단을 소개하고 있다. 이 외에 ‘환경과 생명을 지키는 전국교사모임’이 있으나 교직원들만이 구체적인 자료를 볼 수 있어 국내 사례 조사에는 포함시키지 않았다.

111 호주(www.solarschools.net)

○ 전체 구성

이 웹사이트에는 호주 전역의 1,500여 학교의 태양광 시설이 연결되어 있다. 학교에 설치된 모니터링 시스템이 자동적으로 데이터를 해당 웹사이트로 전송하므로 실시간 데이터와 누적된 데이터를 모두 볼 수 있다. 심플하게 구성된 메뉴의 내용은 다음과 같다.



그림 3-1 solarschools.net 메뉴탭 구성

자료 : www.solarschools.net

메인화면은 호주 전역의 학교가 감축한 온실가스의 양과 생산한 태양광 에너지의 양을 그래프를 통해 보여준다. 특정학교의 정보를 알고 싶다면 지도나 이름을 통해 검색할 수 있으며 Compare 탭을 통해 두 학교의 에너지생산량/전력소비량을 기간을 한정하여 비교할 수 있다. Resources 탭 아래에 Teacher resources table도 유용한데 에너지/태양/재생에너지 등에 관해 주제별/수준별로 내용을 분류하여 제공하고 있다. 그 내용을 표로 정리하면 아래와 같다.

표 3-1 solarschools.net에서 제공하는 태양에너지 교안 목록

Level	제목	주제	연계 과목 ¹⁾
Primary(초등)	B Smart	태양: 에너지원과 관련된 그림 그리기	영,예,사
	The Weather and Energy Poem	태양: 날씨에 관한 시를 쓰고 그림으로 표현하기	영,사
	My Weather Diary	태양: 일주일간의 날씨 기록하기	수,과,영,사
	Checking the Temperature	태양:일주일간 같은 시각에 기온을 체크하여 그래프로 표현하기	수

표 계속 solarschools.net에서 제공하는 태양에너지 교안 목록

Level	제목	주제	연계 과목
	Experiments in the Sun - Light	태양: 태양광전지로 움직이는 계산기에 햇빛을 차단하는 실험을 통해 햇빛의 역할에 대한 궁금증 유도	과,기,사
	Energy Everywhere	에너지란 무엇인가? 에너지의 형태에 관한 고민	과,사,영
	How Much Electricity Do We Use?	전기 에너지: 과거와 현재 사용하고 있는 전기에너지의 양과 종류 비교	과,수,영,사
	Make Your Own Greenhouse	페트병, 화분2개, 온도계로 작은 온실을 만들어보고 온실 내외 온도비교	과,기
	Make Your Own Water Wheel	재생에너지(에너지전환): 수력 물레방아(수력발전)의 원리 실험	기,과,수,예
	Make Your Own Wind Winch	재생에너지: 풍력 풍차(풍력발전)의 원리 실험	기,과,수,예
	Times Past	해시계를 제작해 시계의 기원 탐색	과,기,예,사,수
	Sunny Poems	태양과 관련된 다양한 시를 조사해 분류	영,예,사
	Sunny Songs	태양과 관련된 다양한 음악을 찾아보고 자신만의 음악을 만들어보기	영,예,과
	Sunny Culture	다른 나라의 태양과 관련된 시, 음악을 찾아보고 문화의 차이를 알아보기	과
	Sunny Art	태양과 관련된 미술작품을 찾아보고 분석	영,예,과
	Meter Reading	미터기 읽는 법을 배우고 집/학교의 미터기 일정기간 기록	과,수
	Energy Crossword		영
	Energy Word Search & Puzzle		영
	Energy Quiz		과
	Energy Facts	에너지 요약 설명	
	Energy Source Facts	에너지원 요약 설명	영
Secondary (중고등)	Can You Make it Rain?	태양으로 인한 물의 흐름, 물의 정수과정을 이해하기	과,기
	Experiments in the Sun - Heat	팬의 색깔에 따른 태양열 흡수정도 측정	과,기,사
	Electromagnetism(전자 기학)	자석을 사용한 전자기학의 기본이해	과

표 계속 solarschools.net에서 제공하는 태양에너지 교안 목록

Level	제목	주제	연계 과목
	The Greenhouse Gas Problem	온실효과와 지구 기온상승에 대한 대략적 설명, 각자 근거 자료를 찾고 그래프로 표현하기	영,사
	Analysing Greenhouse Gas Data	대기 중 이산화탄소 농도와 지구기온 변화를 연도별로 살펴보고 이에 대해 논의	수,과,사
	Acid Rain	산성비에 관한 조사	과,사,수
	Debating the Issues	지구기온변화에 대한 대처를 두고 여러 쟁점에 대해 토론	영,사
	Solar Water Heater	태양열 보일러가 어떻게 작동하는지 소형 모델로 제작 실험	과,기,예,사,수
	Solar Cooker	태양열 조리기 제작	가,과,예
	Effect of Light and Wavelength on Solar Cell	태양광에너지의 크기, 태양광 패널의 색깔에 따른 운동에너지 변화비교	과,기,사
	Analysing Solar Schools Data	학교에서 생산되는 태양광에너지에 대한 상세분석(날씨, 일시, 기온, 고도, 강우에 따른 변화)	과,수,지
	Compararing Data Over Time	위에서 한 분석을 여러 번 기간을 나누어 반복하여 비교분석	과,수,지
	Comparing Data Across Regions	지역별로 다른 두 학교 이상을 선택하여 생산되는 태양광에너지 분석	과,수,지
	How Much Electricity Do You Use?	가정에서 사용하는 전기기기별 사용량을 분석하여 청구된 전기요금과 비교	과,수,영
	Make a Difference	변화를 위해 필요한 행동 요약	영,지,과

1) 영어(영), 예술(예), 수학(수), 사회과학(사), 과학(과), 기술(기), 지리(지)

○ 이용 방법과 특징

이 웹사이트는 굉장히 단순하게 구성되어 있는데 사용자, 특히 학생들이 보기에 복잡하지 않으며 필요한 정보만을 제공하므로 이용이 편리하다. 이를 하나의 예(Uralla library)를 통해 설명하고자 한다.

① 학교 찾기

검색창에서 바로 학교이름을 검색하거나 지도에서 해당학교를 클릭하여 학교를 찾을 수 있다. 클릭하면 학교의 위치, 실시간 생산량, 현재까지의 총생산량과 이를 CO₂로 환산한 탄소감축량을 볼 수 있다.

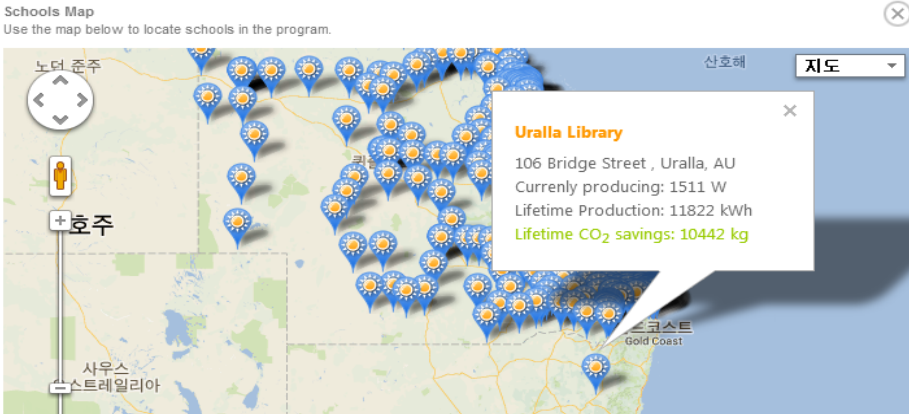


그림 3-2 solarschools.net에서 기관 검색 결과

자료 : www.solarschools.net

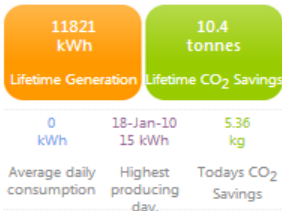
② 학교페이지

학교 이름을 클릭하면 해당 페이지로 이동한다. 이 페이지는 기관을 소개하며 기온 및 기후, 실시간 시스템현황(Live System Output), 태양광에너지 발전량 그래프(Solar Energy Generation Graph) 등을 제공한다. 실시간 시스템현황은 현재 전압, 전류, 전력과 기온을 보기 쉽게 알려준다. 태양광에너지 발전량 그래프는 오늘, 지난 7일, 지난 1달, 지난 1년의 발전량이 해당 기간별로 어떻게 이뤄졌는지 알아보기 쉽게 제공한다. 또한 이를 CO₂로 환산 시, 어느 정도의 이산화탄소를 태양광에너지 발전으로 인해 줄일 수 있었는지를 알려줌으로써 발전에 참여하는 이들에게 지속적인 동기를 부여한다.

축적된 발전량 데이터는 모두 csv 파일형태로 다운로드가 가능하며 여러 학교의 데이터를 비교할 수 있어 지역별 특징에 따른 발전량 차이를

분석하거나 계절별, 기간별 발전량 차이를 분석할 수도 있다.

좌측 화면은 발전시설을 설치한 시기를 보여주고, 처음 발전을 시작한 날부터 현재까지의 총 발전량과 이에 따른 CO₂ 배출감소량, 발전량이 가장 많았던 날 등을 알려주고 있다.



Solar system details

Date of installation: 30 Sep 2009
Inverter Model: Fronius IG 20

Uralia Library

Uralia library opened its doors to a modern new building in September 2005.

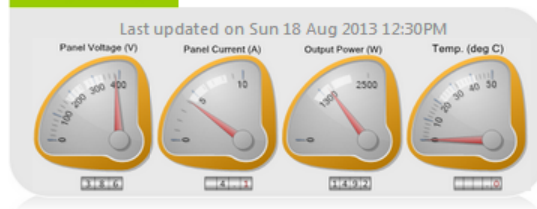
The library was designed as a one level, open planned area to increase the efficiency of the air conditioning and flow-through from the gallery foyer to the main body of the library. It incorporates a variety of solar passive features, such as, high level R8 insulation in the ceiling and double glazed windows which insulate from climatic variants and noise whilst providing abundant natural lighting. Externally, the use of low energy fluorescent security lighting and wide verandahs providing protection from the direct summer sun and wintry conditions. More recently the addition of twelve solar panels reduce the impact of the power consumption generated by the everyday running of the building.



Clear temp. 14°

Last Updated on August 18, 12:00 PM EST

Live System Output



Solar Energy Generation

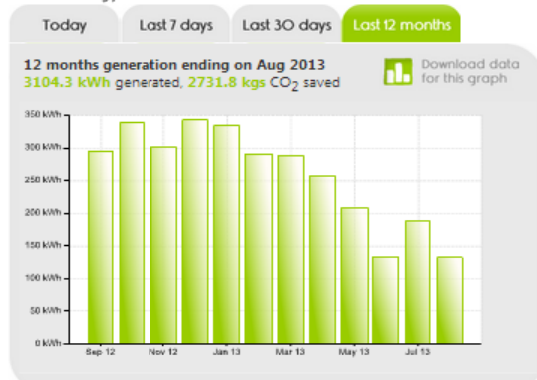


그림 3-3 solarschools.net에서 해당 기관 페이지

자료 : www.solarschools.net

미국(www.solarschools.org)

- 이 사이트는 ‘환경교육을 위한 재단(The Foundation for Environmental Education)(이하 FEE)’에서 운영하는 사이트이다. FEE는 비영리기관으로 학교와 기업, 학교와 정부를 연결하여 태양광 패널을 설치하는 비용을 모금해 전달한다. 태양광 패널을 설치한 학교는 의무적으로 교사교육을 받아야 하는데, 이와 관련된 것이 NEED(National Energy Education Development) 프로젝트이다. 30여년 전에 시작된 NEED 프로젝트는 유아부터 고등학교 이상까지 다양한 수준을 대상으로 한 커리큘럼을 제공한다. 그 내용은 에너지에 관한 과학적 이론, 재생/비재생 에너지원, 전기, 운송(연료,수단), 에너지효율 등을 아우른다. 온라인(www.need.org)으로 이러한 커리큘럼을 살펴볼 수 있으며 워크숍도 개최하고 있는데 참가자의 80% 이상이 이에 만족하고 있다.
- NEED프로젝트는 상당한 수의 기업/재단으로부터 후원을 받고 있으며 그들 중 대부분이 에너지와 관련된 사업을 하고 있다. 따라서 제공되는 정보가 상당히 실용적이고 전문적이며 다양한 에너지원과 관련되어 있다. 단순히 재생에너지만을 다루는 것이 아니라 미국 내에서 생산(또는 수입)되고 소비되는 에너지원, 각각의 비중, 그 추출, 운송, 소비에 이르는 전 과정의 내용을 다루고 있다.

표 3-2 NEED 프로젝트의 내용 구성

NEED Basic Curriculum Units	Basic Primary Unit (K-2)	Basic Elementary Unit (3-5)	Basic Intermediate Unit (6-8)	Basic Secondary Unit (9-12)
INTRODUCTORY ACTIVITIES	Energy Polls (Blueprint for Success and online) Energy Games and Icebreakers Energy Infobooks			
STEP ONE: Science of Energy	Primary Science of Energy	Science of Energy EnergyWorks	Science of Energy	Secondary Science of Energy
STEP TWO: Sources of Energy	Energy Stories and More	Energy Games and Icebreakers and Energy Infobooks and Activities Energy in the Balance	Great Energy Debate	Energy Enigma
STEP THREE: Electricity and Magnetism	Wonders of Magnets*	Energy Games and Icebreakers and Energy Infobooks and ElectroWorks*	ElectroWorks*	Mission Possible
STEP FOUR: Transportation	Energy Stories and More	Elementary Transportation Fuels Infobook	Transportation Fuels Infobook	Transportation Fuels Infobook
STEP FIVE: Efficiency and Conservation	Building Buddies Using and Saving Energy	Energy Games and Icebreakers Monitoring and Mentoring	Monitoring and Mentoring Energy Conservation Contract	Learning and Conserving
STEP SIX: Synthesis and Reinforcement	Primary Carnival*	Energy Carnival*	Energy Games and Icebreakers Energy Carnival* Energy Jeopardy* Global Trading Game*	
STEP SEVEN: Evaluation	Question Bank* Energy Polls (Blueprint for Success and online)			
STEP EIGHT: Student Leadership and Outreach	Youth Awards Program (Blueprint for Success)			

자료 : www.solarschools.org

- 여기서 가장 핵심적인 교과서와 같은 역할을 하는 것은 Energy Infobooks다. 이 책은 주된 내용이 같지만 수준별 학습이 가능하도록 네 단계(primary, elementary, intermediate, secondary)로 나누어 정보를 제공한다. 즉 다양한 에너지원(바이오매스, 석탄, 지열, 수력, LNG, 석유, LPG, 태양, 바람, 우라늄)에 대한 상세한 정보(정의, 생성과정, 사용방법, 환경적 영향, 소비추세 등)를 소개하고, 이를 이용한 전기(전기의 역사, 전력 측정)에 대한 정보, 지구기후변화 등의 내용으로 이뤄져 있다. 이 책의 내용을 학습해가는 순서는 앞에 제시된 표 3-2처럼 5개의 단계로 구성된다. 첫째는 ‘에너지란 무엇인가’에 대해 이해하고, 둘째는 각 에너지원에 대해 이해한다. 셋째는 이런 에너지원으로 생산하는 전기와 자기장을 학습하고 운송과정의 에너지사용으로 이어지며 에너지효율과 보존/절약을 끝으로 주제별 학습이 마무리된다. 6,7,8단계는 이렇게 학습한 내용을 반복하여 기억을 강화하고 이를 평가하는 과정으로 이뤄진다. Energy Infobooks activities는 교과서의 익힘책과 같은 역할을 하며 앞서 배운 정보들을 다시 복습하고 기술할 수 있도록 간단히 구성되어 있다.
- Energy Infobooks가 교과서처럼 체계적으로 정리된 내용을 전달하고 있다 하여 이 프로젝트 자체가 주입식 암기교육이라고 생각해서는 안 된다. 수동적인 학습이 되지 않게 하기 위해 여러 장치를 해두었는데 그 중 하나가 매 시간 이뤄지는 ‘Energy games and icebreakers’이다. 학생들은 Energy Infobooks의 내용에 기반을 둔 여러 가지 활동을 통해 해당 내용을 자연스럽게 복습하고 기억하게 된다. 활동들에는 전기 생산에 사용되는 에너지원의 비중을 자체적으로 평가해보고 실제 비중과 비교하는 Electric Connections, 앞서 배운 에너지를 몸으로 표현해 맞추는 Energy Pantomime, 설명을 듣고 어떤 에너지원에 관한 것인지 맞추는 Energy Chants, 에너지낭비의 사례들을 직접 제시해보는 America’s most wanted energy wasters, Energy Bingo 등이 있다.

또한 6단계에서 학생들 스스로 친구들에게 배운 내용을 프레젠테이션 하는 kids to kids, 팀을 나누어 에너지원별 내용을 구성/전시하는 Energy Expos를 통해 배운 내용들은 자연스럽게 학생들의 기억에 남게 된다.

113

영국(solarschools.org.uk)

- 이 웹사이트는 다른 곳들처럼 구체적인 교육 프로그램을 제시하고 있지는 않다. 그러나 패널 설치비용을 모금하는 방식에서 다른 나라들과 다르다. ‘Powered by Sunshine, Funded by Everyone’이라는 대표 문구처럼 정부나 지자체, 기업과 재단뿐만 아니라 개개인의 기금 부담 가능성을 열어두고 있다. 패널을 설치하고 싶은 학교가 해당학교의 페이지를 만들어 홍보하고 원하는 금액을 제시하면 지역 주민, 기업, 지구시민 누구나 참여하여 지원할 수 있는 시스템이다. 패널이 다 설치되고서야 그것을 알게 되고 활용할 방안을 찾게 되는 앞선 두 나라의 사례와 달리, 설치과정에서부터 설치학교 근방의 가정들, 학생들이 참여기회를 가짐으로써 지역주민의 관심과 애착을 이끌어낼 수 있다. 그렇게 많은 이들의 참여를 독려한다는 점에서 참신하며 자발적 참여로 인한 교육적 효과가 크다고 할 수 있다. ‘10:10’이라는 프로젝트에 의해 운영되는데 이는 기후변화에 대처하기 위해 한 번에 탄소배출을 10%씩 감소시킨다는 목표 아래 개개인들의 노력을 이끌어내기 위한 다양한 방식을 제시하는 프로젝트이다. solar school도 그 중 하나이며 2013년 7월 Business Green Leaders Award에 후보로 오르는 등 상당한 성과를 얻은 것으로 보인다.

THE SOLAR SCHOOLS			Sort by	A-Z	▲%
	Avenue Primary School Leicester	Target 100% funded £15,000	Visit Our Page		
	Barnes Primary School London	Target 100% funded £10,000	Visit Our Page		
	Benjamin Britten High School Lowestoft	Target 12% funded £20,000	Visit Our Page		
	Catfield C of E Primary Norfolk	Target 1% funded £10,000	Visit Our Page		
	Charlestown Academy Cornwall	Target 100% funded £17,000	Visit Our Page		
	Christow Community Primary School Devon	Target 45% funded £10,000	Visit Our Page		
	Courthouse Junior School Maidenhead	Target 40% funded £15,000	Visit Our Page		
	Crossdale School Keyworth	Target 93% funded £15,000	Visit Our Page		

그림 3-4 solar schools 모금 현황

자료 : solarschools.org.uk

114 한국(‘환이랑 경이랑’)

- ‘환이랑 경이랑’은 서울특별시 어린이 홈페이지(<http://kid.seoul.go.kr/renew>)에서 제공하는 콘텐츠 중의 하나이다. 학년별로 내용이 구분되며 학생용/교사용으로 나뉘어져 있고 e-book형태로 제공되는 이 콘텐츠는 환경과 관련되어 환경오염, 에너지, 생물다양성 등 광범위한 주제를 다루고 있다. 즉 해당 주제들은 실제 일어나고 있는 전 세계의 다양한 사례들을 제시하고 있으며 교과와 관련시켜 내용을 구성하고 있다. 다양한 지식을 학습할 수 있으나 무언가를 제작하거나 몸을 움직여 지식을 체화할 수 있는 장치가 없어 아쉽다. 또한 에너지, 특히 태양광에 초점을 맞추고 있는 것은 아니기 때문에 이 연구에서는 이런 점을 반영하

여 교안을 구성하고자 한다.



그림 3-5 '환이랑 경이랑' 초기화면

자료 : kid.seoul.go.kr/renew

115 에코롱롱(코오롱재단)

- 에코롱롱은 코오롱재단이 신재생에너지 등 새로운 에너지에 대한 체험 교육을 제공하는 '찾아가는 에너지학교'이다. 이 프로그램은 아이들이 단순히 앉아서 설명을 들으며 머리로만 그리는 것이 아니라 체험을 통해 에너지라는 것을 몸으로 이해하고, 에너지원별 발전기를 제작해봄으로써 에너지 생산에 대한 자신감을 갖게 한다. 13가지 프로그램 내용은 다음과 같다.

표 3-3 에코통롱 프로그램의 목록과 내용

프로그램명	목표	내용
에너지 올림픽	우리주위에서 재생가능 에너지를 쉽게 만들고, 사용할 수 있음을 안다.	각 에너지 발전기를 사용하여 모듈별로 전기에너지를 생산하는 활동
워터 룽롱 마라톤	게임을 통해 물의 순환, 정수, 이용, 하수처리과정을 이해할 수 있다.	물의 순환과정을 이해하고, 게임을 통해 재미있게 물에 대한 상식을 넓히는 활동
햇별 요리사	태양열을 이용하여 일상생활에서 우리가 할 수 있는 일을 안다. 태양열 조리기의 원리를 이해하고 직접 태양열 조리기를 만들 수 있다.	태양열 조리기에 대해 알아보고 직접 태양열 조리기를 만들어 요리를 해 보는 활동
햇빛 버스 만들기	태양에너지가 태양광 셀을 통해 전기에너지가 되는 원리를 이해할 수 있다.	태양광 셀을 이용하여 전기에너지를 만들고, 햇빛버스를 움직여 보는 내용
마법의 필터	물의 정화과정 이해	여러 소재를 사용하여 오염된 물을 거르는 장치를 직접 만들어 보며, 물을 정화하기 위해서는 많은 에너지가 필요함을 알게 되는 활동
에너지 보드게임	게임을 통해 에너지를 지혜롭게 쓰는 에너지 자립 도시들을 설명할 수 있다.	세계 여러 도시에 재생에너지 발전소를 세우고, 에너지에 관한 수수께끼를 풀면서 에너지 자립도시를 완성해 나가는 보드게임
에너지 플러스 하우스 만들기	에너지를 지키는 것도 에너지 생산과 관련이 깊다는 것을 설명할 수 있다	패시브 하우스(Passive house)에 대해 배우고 단열 모델을 만들어 보는 활동
에너지 일꾼	우리가 생산·소비하는 에너지의 중요성을 이해한다.	평소 우리 생활에서 에너지가 하는 일을 몸으로 직접 체험
수소 자동차 룽롱	수소 연료전지의 원리를 이해하고, 수소 자동차를 만들 수 있다.	물을 전기분해하여 수소를 얻고, 연료전지를 이용하는 자동차를 만들어 작동해본다.
햇빛 줄다리기	태양에너지를 통해 얻을 수 있는 전기의 힘을 줄다리기를 통해 설명할 수 있다	태양전지를 통해 생산된 전기를 줄다리기를 통해 직접 체험해 보는 활동
바람에너지 에코	풍력발전기를 만들어 보고, 작동원리를 이해할 수 있다. 풍력발전기의 발전에 영향을 끼치는 요인을 말할 수 있다.	풍력발전기를 만들어 보고, 발전량을 높일 수 있는 구조를 탐구해 보는 활동
내 손안의 작은 발전기	발전기의 작동원리를 이해	발전기의 작동원리를 이해하고, 직접 친환경 발전기를 만들어 보는 활동
바이오디젤 만들기	바이오 디젤을 직접 만들어 보며, 그 원리를 이해	바이오 디젤의 특징에 대해 배우고, 실험을 통해 직접 바이오 디젤을 만들어 보는 활동

121 교안 제작 주안점

- 국내·외 사례의 검토를 바탕으로 햇빛발전시설을 활용한 교안을 다음과 같이 제시하려고 한다. 환경과 관련된 문제 중에서도 ‘에너지’에 초점을 맞추고, 경우에 따라 초등과 중·고등의 두 레벨로 나누어 내용을 제시하며 가능하면 많은 실험/실습/제작과정을 담으려 했다. 또한 교사의 일방적인 설명이 아닌 학생들이 서로에게 설명하고 토론할 수 있도록 했다.

표 3-4 교안 주제와 내용 구성

주제	초등	중·고등
2.1 에너지란 무엇인가?	에너지와 관련된 사진/그림을 제시하고 직관적 이해	에너지의 흐름과 전환/ 그 과정에서 엔트로피의 증가 이해
2.2 한국은 어떤 에너지를 얼마나 사용하고 있을까?	통계를 그래프로 표현	
2.3 우리 집/학교의 에너지소비	1) 미터기 읽는 법 2) 에너지 일기 쓰기 + 절약 목표 정하기	
2.4 지구기후변화와 재생가능에너지	1) 조별로 재생가능에너지원을 나누어 조사/발표 2) 게임을 통해 학습내용 강화	
2.5 전기/자기장의 이해	1) 자석에 감은 코일과 배터리의 연결 실험으로 자기장과 전기의 흐름 설명 2) 용어의 이해와 계산 문제 제시	
2.6 태양광발전의 원리	1) 연령에 따라 난이도가 다르게 설명 2) 중고등학교의 경우 실제 태양광 패널 제작과정 제시	
2.7 에너지 소비량 vs 에너지 생산량	1) 태양광 발전량의 측정과 기록 2) 날씨,기온,지역(두 학교 이상을 비교 가능할 때)에 따른 차이 분석 3) 우리 집/학교에서 소비하는 에너지를 생산하기 위한 태양광 패널의 수 4) 에너지 효율과 절약의 사례논의	
2.8 태양광/태양열의 이용	1) 태양열 온수기 제작 2) 햇볕 조리기 제작 3) 태양광 자동차 제작	
2.9 다른 재생가능에너지 (풍력, 수력)	1) 풍력발전기 제작(바람에너지가 전환되는 과정의 이해) 2) 수력발전기(물레방아) 제작	

2 **설비 관리자를 위한 유지관리 매뉴얼**

2.1 **매뉴얼 내용**

- 전기 기초 지식, 관련 용어, 단위 소개
- 햇빛발전소 관리 방법
 - 기본 모니터링
 - 컨트롤박스 조작
 - 발전량 체크
 - 청소법
 - 주의사항
- 햇빛발전소 고장 시 대처법
- 학교 전기료 절감 노하우
- 학교 상업용발전소 건립 매뉴얼
- 관련 기관, 단체, 기업 연락처

IV 결론과 후속조치

1 결론

2 후속조치

IV 결론과 후속조치

1 결론

- 2013년 현재 서울 학교 햇빛발전소 관리는 미흡한 것으로 판단됨
- 교육청과 연계된 학교 햇빛발전소 전수조사를 통한 정확한 실태 파악이 필요함

2 후속조치

- 교육적 활용을 위한 교사용 교안을 배포할 예정임
- 자체 유지관리를 위한 매뉴얼을 배포할 예정임
- 교육청에서 햇빛발전설비 유지보수 예산을 편성할 필요가 있음
- 예산 낭비를 막고 학교에 실질적인 도움이 되는 햇빛발전소 설치가이드라인 제시가 필요함

참고문헌

참고문헌

- 이지언, 2012, “서울지역 학교 태양광 확대를 위한 시민발전소의 역할과 가능성”
서울시교육청-2019077, 2013년 4월 15일, “초중고 태양광 설치현황 정보 공개”
서울시교육청-2130241, 2013년 8월 1일, “초중고 태양광 발전량 정보 공개”
서울시민햇빛발전소 2013-012, 2013년 6월 29일, “학교 햇빛발전소 실태조사 협조 요청”

<http://www.solarschools.net/>

<http://www.solarschools.org/>

<http://solarschools.org.uk/>

<http://kid.seoul.go.kr/renew/>

작은 연구 좋은 서울

2012

01	특화거리조성사업의 성과와 과제-종로노점거리를 중심으로	홍인옥
02	도시의 빈 공간을 활용한 지역 공동체 활동거점 만들기	남지현
03	서울의 새로운 문화정책 의제 발굴을 위한 연구	이원재
04	커뮤니티디자인이 마을공동체 형성과 변화에 미치는 영향 연구	정문수
05	마을공동체사업에 따른 마을형 주거복지연계방안 연구	이주원
06	지역상권 활성화를 위한 우수 해외사례 연구	임화진
07	문래예술공단 환경조형물 제작 생태계 조사 연구	김 강
08	사회혁신채권(Social Impact Bond)의 서울시 사회경제정책 적용가능성에 대한 연구	문진수
09	개미이웃	이유정

2013

01	노숙인 문화예술창작공간 설립의 타당성 연구	김지연
02	의료기관 CCTV 운영 및 오남용 실태조사	김준현
03	서울 학교 햇빛발전소 실태조사와 개선방향 연구	박규섭
04	서울시 문화공간의 담론적 구성 : 홍대 공간을 중심으로	김수아
05	서울시 사대문 안 '주차 전용 건축물'에 대한 기초 연구	이윤희
06	을지로 인쇄 제조업 집적의 구조와 생활세계 연구	김봉렬
07	'강북형' 하자센터 설립을 위한 사전 연구	이부영
08	일본인 관광객 유치를 위한 일본인의 서울관광동향 분석	백리나
09	전통시장의 사업기반 안정화를 위한 토지협동조합 모델 연구 : 광진구 중곡제일시장 사례를 중심으로	조성찬
10	도교는 어떻게 원전 하나 줄이기에 성공했는가?	이현석

서울연 2013-PR-19

서울 학교 햇빛발전소 실태조사와 개선방향 연구

발행인 이창현

발행일 2013년 8월 24일

발행처 서울연구원

137-071

서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1019

비매품 ISBN 978-89-8052-504-1 93530

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.