

도로 공간을 활용한 전력 수확 기술

류승기 (한국건설기술연구원 연구위원)

1. 머리말

UN 기후변화 서밋에서 일본은 2020년 온실효과가스를 1990년 대비 25[%] 삭감한다는 목표를 표명하면서, 태양광 에너지를 비롯해 자연 에너지를 활용하는 분야에 주목하고 있다. 일본 자연에너지청 중앙환경심의회 종합정책부 전문위원회는 자연 에너지를 태양광 발전, 풍력 발전, 태양열 이용, 설빙 열 이용, 수력 발전, 지열 발전, 파력 발전, 해양 온도 차 발전, 바이오매스라고 설명하고 있다.

자연 에너지 중에서 태양광 발전이라고 하면, 주택, 상업 시설, 공공시설, 공장 등과 같은 건물 지붕에 설치하는 사례, 풍력 발전은 바람이 강한 연안, 고원 등에 설치하는 사례가 일반적이다. 그런데 이런 공간 외에 자연 에너지를 활용하는 공간으로서 가능하다고 생각되는 장소가 바로 도로 공간이다.

최근 일본 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)에서 2030년 태양광 발전 로드맵을 검토하였고, 로드맵에 따라 기술 개발과 실용화가 진행되었을 경우, 2030년 일본에서의 태양광 발전 시스템의 추정 도입량 가운데, 도로 공간에 설치하는 약 14[%]에 이를 것으로 예측하고 있다. 도로는 점이 아닌 선을 연결하는 공간이므로 건물에 설치하는 것보다 대규모 또는 다양한 형태로 설치할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 도로는 공공의 장소이므로 정책적으로 에너지

생산 시설을 도입하는데 용이하다는 장점도 있다.

도로 인프라는 고탄소 배출 공간으로 적색 기술이라고 인식되나, 미래에는 환경에 공헌하는 녹색 인프라로서 각광을 받는 시대가 올 것이다. 본 고에는 세계 각국에서 시도하고 있는 자연에너지를 활용한 도로 공간에서의 에너지 발전 시스템을 소개한다.

2. 도로 공간을 활용한 전력 생산 기술

2.1 도로 공간을 활용한 태양광 발전 실험 사례(일본)

2010년 6월 미에현에서 도로 공간을 활용한 태양광 발전의 사회 실험을 시작하였는데, 자동차 전용도로(쿠마노 오와세 도로) 39.8[km] 구간에 태양광 패널을 도로에 설치하였고, 도로의 남향 경사면을 따라 설치하여 인근 터널의 소비 전력을 조달하는 계획이었다. 이 실험의 시사점은 향후 태양광 발전 시스템을 도로 공간에 적용 가능한지를 판단하는 의미가 있는 실험으로, 그 동향에 주목하고 있다.

또한 이미 도로 공간에서 자연 에너지를 활용하는 사례도 있다. 메이신 고속도로 스이타 IC의 비탈면에 태양광 발전 패널이 설치되어 있어, 고속도로의 유지 관리를 위한 소비 전력의 일부로 사용하고 있다. 풍력 발전 시스템의 경우 국도 49호선 나카야마 터널 갱구

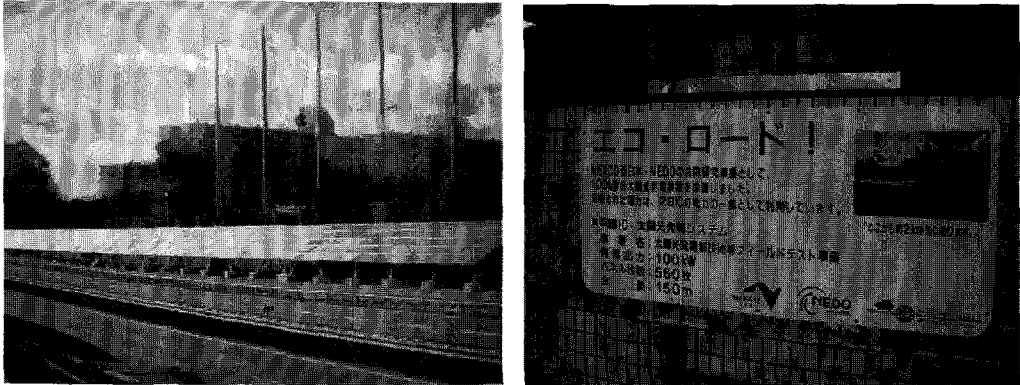
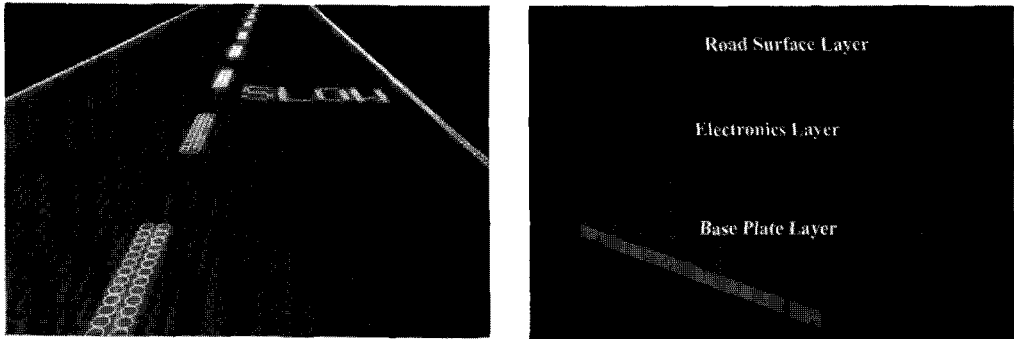


그림 1. 메인 고속도로 스이타 IC 부근 태양광 발전 시스템



(a) Solar Roadway 개념도

(b) Solar Roadway 구조

그림 2. Solar Roadway 구조 개념¹⁾

의 강풍을 이용한 풍력 발전시설이 설치되어 노면 동결 방지 시스템, 터널 환기 설비, 조명 설비 등의 전력으로 활용하고 있다.

2.2 도로 포장에 활용한 태양광 발전 시스템 사례(미국)

미국 DOT는 도로포장의 새로운 개념이라 할 수 있는 도로 또는 주차장 바닥면에 사용할 수 있는 미래형 태양광 패널형 시제품을 개발하는데 10만 달러의 연구비를 벤처회사(솔라로드웨이)에 지원했고, 여기서 도로 포장용 태양광 패널을 개발하고 있다. 태양광 패널을 도로 표층의 포장체에 삽입하여 도로 포장면

을 그대로 태양광 발전 장치로 활용하는 기술로서, 주차장이나 도로에 일반적인 석유 계열의 아스팔트 표면 대신에 태양광 패널 포장체를 시공하여 그 도로면으로 차량이 주행하는 구조이다.

이러한 솔라 로드웨이는 태양광 패널을 통해 전기 에너지를 생산하여 가정이나 산업용으로 제공할 수 있는 시스템을 제안했는데, 설치 가격 측면에서 아스팔트 포장은 약 16달러/(ft²), 솔라패널 포장은 약 48달러/(ft²) 수준으로 아직은 고가이다.

셀프 클리닝 강화유리 시스템과 격자형 외판은 자동차가 지면과 충분한 마찰력을 가지도록 하였으며,

1) www.solarroadways.com



(a) Solar Roadway 개념 도입 전



(b) Solar Roadway 개념 도입 후

그림 3. Solar Roadway 활용 예상효과

만약 미국 4차로 도로를 포장한다면, 연간 5백만 [kW]의 전력을 생산할 수 있을 것으로 추정하고 있다. 태양광 도로 패널에서 생산한 전기로 도로 표면에 삽입되어 있는 LED 표지를 구동하는 전원으로 사용하여 정보를 표출하도록 한다. 야간 운전 때나 기상 불량으로 인한 시거 확보가 어려운 상황에서 도로 표면의 LED 발광체로 운전자에게 안전 정보를 제공하도록 한다. 겨울철에는 도로가 생산한 전기로 눈이나 동결 방지 기능과 연계하여 겨울철 안전 운전을 지원할 수도 있다. 또한 도로는 점점 똑똑해지면서, 도로 위로 지나가는 야생 동물이나 낙하물 등을 감지하여 운전자에게 감속 경고를 제공할 수 있다고 한다. 또한 이 시스템은 미래 전기자동차 사용에 따른 충전 시스템 네트워크로 활용이 가능하고, LED 기술의 활용을 통해 자체발광을 통한 교통 표지, 예를 들어 야간 혹은 터널지역에 설치되는 교통 표식, 교통상황에 따른 우회도로 표시 또는 전방 교통상황(사고 또는 야생동물의 출현)의 정보 표시 등으로 활용할 수 있다. 아스팔트 도로 및 주차장을 태양광 도로 패널로 교체하는 것은 기후 변화에 대한 적절한 대안이라고 생각하며, 도로와 주차장에서 자동으로 충전할 수 있는 전기자동차 인프라, 최종적으로는 전기 차량으로도 장거리 여행이 가능하게 될 것이다.

2.3 도로 유휴지 공간을 활용한 태양광 발전 시스템 사례2)

도로에서 신재생에너지를 생산하는 개념은 신재생 산업관계자, 주와 연방 공무원, 오레곤주와 연방 에너지 담당자에게 많은 관심을 갖게 한 기술로서, 오레곤 교통국은 solar highway project를 추진하였다. 그동안 도로에서 그다지 사용하지 않았던 도로 노측의 유휴지 공간에 태양전지판을 설치하여 전력을 생산하는 발전설비를 구축한 대표적인 사례이다.

오레곤 교통국은 Interstate Highway 5번 도로의 유휴지에 연간 104[KW]의 신재생 에너지를 생산할 수 있는 태양광 발전설비를 구축하였고, 설치비용은 1.28[MS\$], 설치길이는 540[ft]이다. 낮 시간 동안 발생된 전력은 지역 전력망에 공급되어, 도로 인터체인지의 조명시설에 필요한 전력을 공급하면서 사용량을 측정하고 있다.

또한 웹사이트를 통해 실시간으로 발생하는 전력량을 확인할 수 있는데, 현재 발생하는 전력량과 함께 하루 동안 발생된 누적전력량을 숫자로 표시해 주고 있다. 또한 현재 생산되는 전력량을 쉽게 이해할 수

2) www.oregon.gov/ODOT/HWY/OIPP/inn_solarhighway.shtml



그림 4. 오레곤주의 솔라 하이웨이 프로젝트

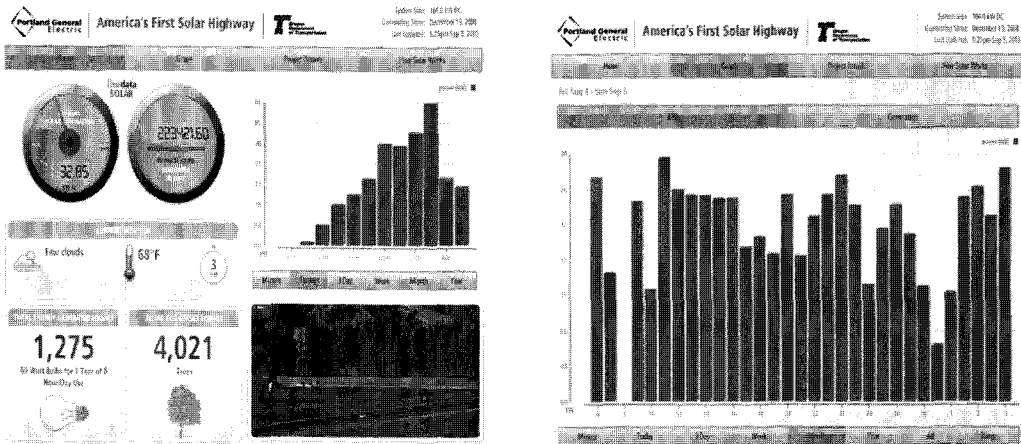
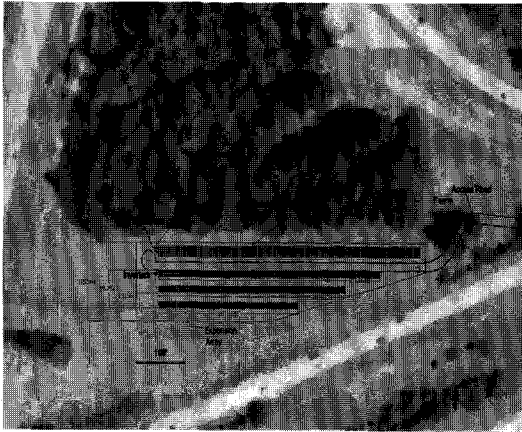


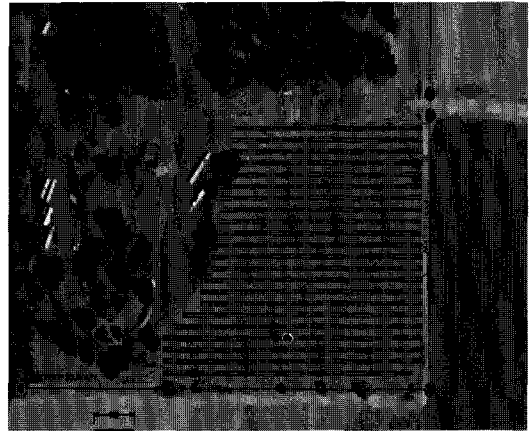
그림 5. 솔라하이웨이 모니터링 시스템

있도록 60(W) 백열전구를 하루에 8시간 사용하는 기준으로 몇 개의 백열전구에 전력을 공급해 줄 수 있는지를 표시하면서 동시에 CO₂ 감축량도 표시하고 있다. 오레곤주는 교통신호등, 빌딩 조명, 램프미터링 등의 모든 교통시스템을 운영하는데 연평균 4천7백만(kWh) 이상의 전력을 사용하고 있다고 하는데,

처음 시도한 1차 솔라 프로젝트를 통해 연간 128,000(kWh)를 생산하여 공급하고 있으며, 나머지는 기존의 전력망 시스템(화력, 수력)에서 전력을 공급받는다고 한다. 앞으로 오레곤 교통국은 교통시스템 운영에 필요한 전력을 신재생에너지로부터 확충하기 위해서 2차 프로젝트를 준비 중이다. 2차 프로



(a) 1차 프로젝트 현장 확장 플랜 조감도



(b) 2차 프로젝트 현장 플랜 조감도

그림 6. 2차 솔라 프로젝트 조감도 (a) 1차 유희지 확장 (b) 신규 도로 부지

젝트에서는 유희지 활용 면적을 최대로 하여 1차 프로젝트의 공간에 추가적으로 150(kW)급 발전시스템을 건설할 계획이고, 더욱 확장하여 1.3(MW) 전력을 생산할 수 있는 시스템을 I-5 고속도로 휴게소 지역에 설치할 계획이다.

향후 오레곤 교통국은 모든 교통시스템에 필요한 전력을 신재생에너지로 대체할 계획이며, 고속도로에서의 태양 에너지를 활용한 신재생 에너지의 생산 계획으로, 120miles(193(km))의 도로에 발전시설을 구축할 계획이다. 특히 1.3(MW) 발전시설이 위치하는 휴게소 지역은 관광지로도 활용되도록 계획하고 있다.

미국은 고속도로의 아스팔트 포장에 사용되는 비용은 1제곱 피트당 약 16달러가 소요되고, 아스팔트는 약 7년의 수명을 가진다고 하는데, 반면에 태양광 패널을 이용하면 사용수명은 21년 정도이고 이론적인 공사비용은 제곱 피트당 약 48달러로 가격경쟁력은 갖출 수 있다고 볼 수 있다. 이 시스템을 이용해 미국 4차선 도로를 포장한다면, 연간 5백만 킬로와트의 전력을 생산할 수 있을 것으로 추정하고 있다. 도로 공간 인프라는 전 세계에 분포된 도로의 면적과 일조시간으로 볼 때 전 세계 사용량을 충족할 수 있

는 충분한 전력을 공급할 수 있다고 면적이라고 생각하고, 우리나라의 경우 전 국토면적의 약 1(%)에 해당하는 공간이 도로 네트워크이므로 이중에서 경제성이 있는 공간을 활용한다면 잠재력은 충분히 있다고 할 수 있다.

기술적 측면에서도 태양광 패널은 자연에너지를 활용하는 다른 에너지원보다 효율이 높은 것으로 알려져 있으며, 효율 개선을 위한 지속적인 기술 개발이 이루어지고 있는 분야로 자체 에너지 저장 형태로서 도로 공간에서 생산한 전력은 인근의 상업지역 혹은 주거지역까지 전력을 공급할 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 즉 도로 공간은 도심 또는 산업 지역과 직접적으로 연결되어 있어 생산한 전력을 근거리에서 활용할 수 있어 장거리 전력 전송에 따른 송배전 인프라 전력 손실을 최소화 할 수 있다는 장점도 갖추고 있다.

도로 및 주차장 공간 등에 태양광 도로 패널을 설치하는 것은 기후 변화에 대한 적절한 대안이라고 생각하며, 향후 전기자동차의 보급과 함께 도로 및 주차장 공간에서 자동으로 충전할 수 있는 태양광 발전 인프라는 결과적으로 전기 차량으로도 장거리 여행이 가능하게 되는 효과를 기대할 수 있다.

지난해까지 유럽 국가의 정책적 지원에 힘입은 태양광 발전에 대한 수요증가로 태양광 패널에 사용되는 재료의 가격이 많이 올랐고, 이런 이유로 태양광 패널을 이용하는 많은 빌딩, 도로 프로젝트의 경제성이 나빠졌다고 볼 수 있다. 그러나 에너지 산업에 대한 국가정책 변화에 따른 가격상승과 생산기술의 발전에 따른 생산단가의 수직적 가격 하락을 동시에 고려해 볼 때, 수 년 내로 태양광 패널의 가격은 하락세로 접어들어 향후에는 태양광 발전이 석탄발전에 비해 높은 가격 경쟁을 가질 것으로 전망하고 있다.

생산단가의 하락과 수요 증가 그리고 대량생산을 위한 도로 공간의 활용 측면에서 태양광 패널을 이용한 도로의 포장은 충분한 현실성을 가진 대안으로 고려할 수 있다. 도로 공간 인프라는 태양광의 무한한 청정에너지를 받아서 전력으로 변환하는 좋은 입지를 가진 공간이라고 생각하며, 도로 설치여건과 일조시간대 그리고 최적의 설치비 등을 종합적으로 개선할 경우 충분한 경제성을 가질 것으로 생각한다.

2.4 도로 주행 중인 차량의 압력을 활용한 전력 생산 연구 사례

미국 캘리포니아 Hayward에 소재한 AEST는 도로에서 발생한 에너지를 회수 및 동력화하는 발전시스템의 상업화를 위해 노력하고 있다. 이러한 기술은 향후 5년간 연간 60만 달러의 가치를 창출할 것으로 예상하고 있는데, Dragon Power Station이라고 부르는 이 기술은 중대형 차량이 도로에 묻어놓은 평판 센서 위를 지나갈 때 작동되고, 평판 위에 가해지는 압력으로 발전기를 동작시키는 메카니즘이다. 리튬이온 전지 기술을 이용하여 전력 저장기술을 보완하여 활용할 경우, 에너지 전환효율이 94[%] 수준까지 향상될 것으로 추정했고, 이렇게 생산한 전기는 일반용 전기보다 20[%] 저렴하여 가격경쟁력도 가지게 된다. 이 기술은 지붕이나 토지를 크게 점유하지 않으면

서 전력을 생산하고, 매일 작동한다는 경제성도 갖추고 있다.

AEST는 2005년 캘리포니아 오클랜드 항구의 Stevedoring Services of America 터미널에 2[kW]급 발전 플랜트를 이미 건설한 바 있으며, 최근에는 시스템의 대형화를 추진하고 있는데, 대규모 발전시설에는 250만 달러가 소요될 것으로 예상되며, 일일 10~120[MWh]를 생산하는 도로 평판 센서를 20개 구성했다. 석탄 발전소의 경우 영구적으로 석탄 원료비가 소요되지만, 이 기술은 도로 표면에 설치하므로 필요한 것은 단지 지나다니는 트럭이다. 이에 따라 최소한의 관리가 필요하고, 시스템은 운영기간의 98[%]를 운전해 사용할 수 있다고 주장하고 있다. 이 기술은 자동차 하부 감시시스템과 조합될 수 있어서 항만 및 국경 사무소 및 트럭 하적장과 같이 트럭이 시간당 30마일 미만으로 다니는 곳이라면 적용될 수 있다고 하며, 감시시스템과 발전시스템의 최적화를 통해 하루에 2,000~3,000대의 트럭이 평판을 통과하면 될 것이라고 밝혔다. 만일 이 기술이 신재생 에너지 세제 혜택을 받는다면, 5년 미만의 투자회수 기간은 2년 반 정도로 줄어, 상용화가 빨라질 수 있을 것이라고 한다.

또 다른 형태의 압전 발전기술의 사례로서, 이스라엘의 이노아텍(Innowattech)사는 도로를 주행하는 차량에서 발생하는 압력에너지로 전기를 발생시키는 기술을 보유하고 있는데, 여기서 개발한 압전 발전장치를 밟고 지나갈 때 마다 축적된 전기에너지를 활용하여 교통신호등이나 가로등 기타 도로 부속시설에 필요한 전기를 공급한다. 이 업체는 도로 현장에 설치하여 실증 실험을 수행하고 있으며, 그 효용성을 입증하기 위해 노력 중이다.

이 실험은 도로 표면하부에 압전 발전 장치를 설치한 후 이를 통과하는 차량으로부터 생산하는 에너지를 측정하는 것으로, 도로 표면 6[cm] 아래에 설치하고 30[cm] 떨어진 곳에서 에너지를 수확하는 실험

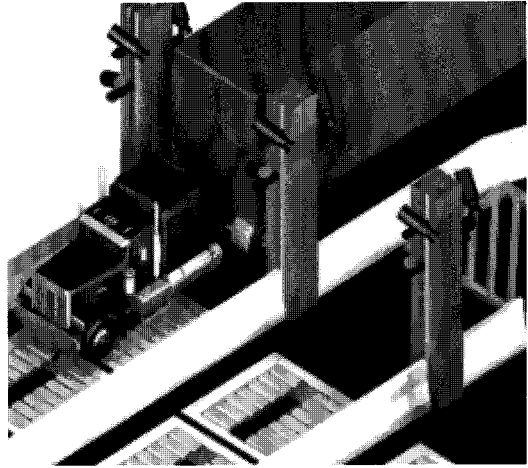
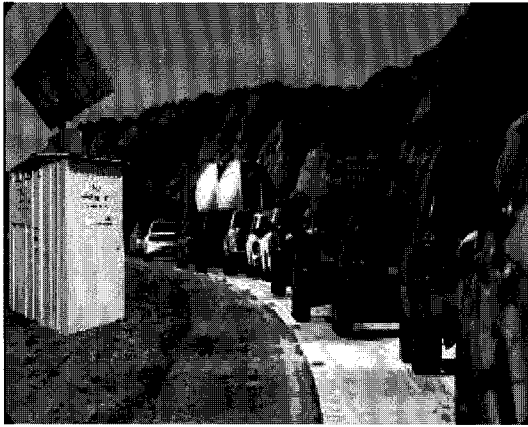


그림 7. Road plate - Dragon Power Station³⁾

이었다. 이 압전 장치에는 크리스탈 압전 소자를 이용하였으며, 이 소자는 중량, 운동, 진동 변화에서 발생하는 에너지를 전기로 변환하여 축전장치에 저장한다. 또한 이 기술에 대한 실증 실험은 Ben Gurion 국제공항 부근의 도로에서 소규모로 몇 가지 프로젝트 실험을 실시했다. 압전 소자를 밟고 통과하는 자동차의 물리적인 변화로부터 전력을 생산하는 것으로 도로뿐만 아니라 다양한 장소에서 응용될 수 있다고 했다. 보행자가 많은 장소에서는 보행자의 통행량에 따라 전력을 생산할 수 있으며, 여기서 생산한 전력은 주변의 시설에 전기를 공급할 수 있는 것이다. 이 장치는 교통량에 따라 발생하는 에너지를 저장할 수 있는 전자카드를 탑재하여 도로 표면 사이에 삽입한다. 이 시스템은 일반적으로 아스팔트 층으로 덮여 있지만 콘크리트와 복합 콘크리트 그리고 아스팔트에서도 적용이 가능하다. 신설 도로를 건설하거나 일상적인 도로 유지 보수 시에도 설치될 수 있기 때문에 설치비용은 풍력이나 태양광 시스템 보다 저렴하다고 한다.

압전소자를 이용하여 기본적인 설치비용을 제외하고 태양이나 풍력 에너지원보다 약 50[%] 정도 저렴하게 에너지를 생산할 수 있다고 한다. 트럭 한 대에서 2,000[V]를 생성할 수 있으나, 유용한 전기를 생

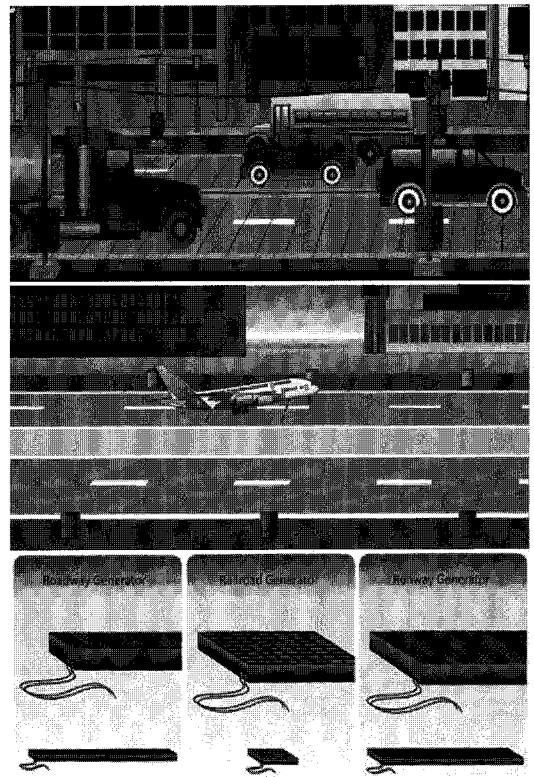


그림 8. 도로발전 시스템⁴⁾

3) www.aesti.com

4) www.innowattech.co.il

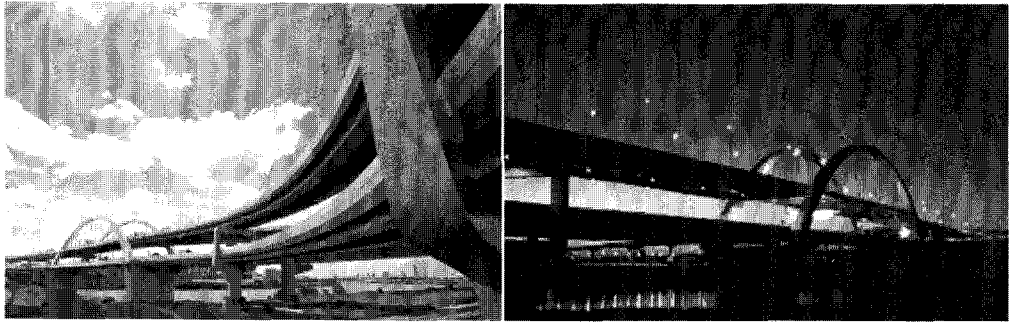


그림 9. 사쿠라대교 압전 발전 활용사례⁵⁾



그림 10. JR 도쿄역사 보행로

성하기 위해서는 교통량이 많은 장소에 압전 발전 장치를 수백미터 정도를 설치하여야 한다. 이러한 전력 수확 시스템은 철도 레일이나 항공 활주로에서도 사용할 수 있다. 시간당 통과 교통량이 600대 수준인 편도 2차선 도로에 발전 장치를 1(km) 설치할 경우 400(kWh)의 전력을 생산할 수 있고, 이 정도의 전력은 600~800가구에 전력을 공급할 수 있는 에너지라고 했다. 이스라엘의 도로 만으로도 이 솔루션을 사용할 경우 160(MWh)의 전력을 생산할 수 있다고 개략적으로 추정하였다.

일본의 경우 사쿠라 대교에 압전체를 부착하여 차량의 이동에 따른 교량의 진동 또는 바람에 의한 자체 진동(기계적 에너지)을 전기적 에너지로 변환 및 저장하여 야간에 교량의 조명 전력으로 활용하고 있다.

또한 JR 역사내의 보행자 통행 공간에는 압전 발

전 장치를 설치한 사례가 있는데, JR 도쿄역 개찰구 바다 및 계단에 압전 발전 바닥판을 설치하여 보행하는 사람들이 밟고 지나갈 때마다 전기를 생산하여 지하철 내 안내판 표시 전원으로 활용하고 있다.

2.5 도로 표면의 복사열을 활용한 전력 생산 연구 사례

뜨거운 여름 한낮에 주차장의 아스팔트 위를 맨발로 걸어간다면, 사람들은 태양의 열기를 흠뻑 느낄 수 있을 것이다. 최근 미국 우스터폴리테크닉대학 연구팀은 도로 표면에 도달하는 태양광 에너지를 흡수하여 이를 이용해 전기에너지로 변환할 수 있는 태양열 수집 장치를 개발 중이고, 이에 대한 효율성을 검증하고 있다.

5) 압전 발전의 이해, 전기의 세계, 대한전기학회

특집 : Micro Power

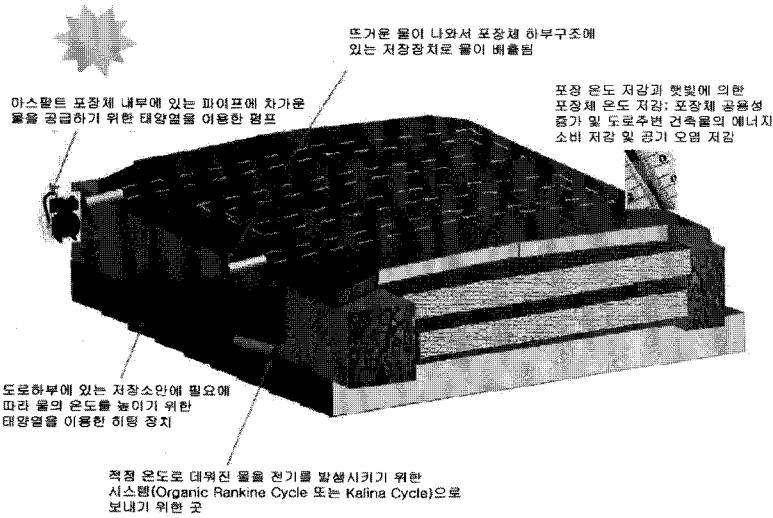


그림 11. 태양열 활용한 전력 생산형 도로 포장 개념도⁶⁾

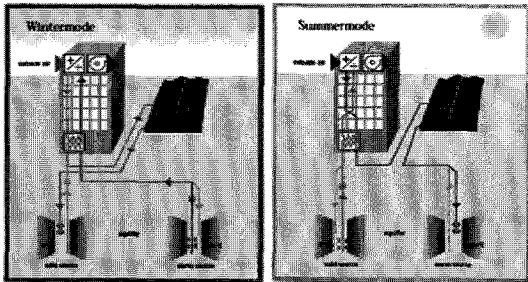


그림 12. Road Energy System (좌) 개념도, (우) 시공현장

세계적으로 도로를 활용한 신재생 에너지 생산에 관한 연구는 1990년대 후반부터 유럽과 미국 등 선진국에서 연구가 진행되고 있으며, 미국에서 발표된 신재생 에너지 생산형 도로 포장 개념도가 제안된 바 있다. 이 개념은 태양열을 흡수한 도로에서 전력을 생산함과 동시에 도로의 성능을 향상시킬 수 있는 기술이다.

이 개념도는 낮시간 동안 아스팔트 도로포장체에 흡수된 태양열을 활용하여 전력을 생산하는 것으로, 아스팔트 포장내부에 높은 전도율을 가지고 있는 수도 파이프를 매설하여, 차가운 물을 순환시켜 도로 포

장체에 흡수된 태양열을 활용하는 방법이다. 차가운 물이 순환하면서 포장체 온도를 저감시켜 여름철 도심지에서 발생하는 열섬효과도 저감할 수 있으며, 도로포장체의 사용기간도 늘릴 수 있다. 도로 포장체를 순환하여 가열된 물은 도로 주변 건물 난방용으로 사용할 수 있으며, 열전효과 발생장치를 통과시켜 전기도 생산할 수 있는 시스템이다.

2008년 8월 취리히에서 개최된 국제 아스팔트 포

6) Bao-Liang Chen 외 2, Harvesting Energy From Asphalt Pavements and Reducing the Heat Island Effect

장 학회의 연례 심포지엄에서 아스팔트가 경제적인 에너지원이 될 수 있다는 연구 결과가 발표된 바 있다. 이 논문에서는 어떻게 하면 아스팔트가 태양에너지를 효과적으로 수집할 수 있는지에 대한 방법과 아스팔트의 열 흡수율을 극대화하기 위한 도로와 주차장에 대한 최적의 시공방법을 제안하였다. 연구진은 수치해석과 실증실험을 통해 아스팔트의 에너지 생성 능력을 연구하고 있는데, 아스팔트 슬래브 내부에 써모커플과 구리 파이프 등을 삽입하여 아스팔트 에너지 시스템에서 나오는 온수 그 자체로 건물을 데워주거나 화력 발전소와 계통 연계 실험을 계획했다. 먼저 햇빛을 모사한 할로겐램프로 샘플 슬래브에 열을 조사하는 실험 환경을 구성하여 실험 중이고, 규모가 훨씬 더 큰 슬래브는 외부에 설치하여 직사광선과 바람 등의 실제 환경 조건에서 실험하고 있다. 이러한 실험들은 아스팔트가 태양열을 얼마나 흡수하는지를 파악하기 위한 것으로 표면 아래 수 센티미터에서 가장 높은 온도가 형성되는 것을 실험 과정에서 확인했다. 이는 열교환기가 최대의 에너지를 뽑아내기 위해서 아스팔트 내부에 삽입하는 설치 위치를 알 수 있는 결과이다.

또한 아스팔트 포장 재료의 경우 규암과 같은 높은 전도율의 골재를 포장재료로 사용하여 열 흡수 성능을 높일 수 있었고, 반사 저감형의 특수 페인트를 활용하는 것에 대해서 실험하고 있다. 또한 아스팔트에 의해 흡수된 열을 최대한 끌어 들일 수 있는 효과적인 열교환기를 찾는 것이 핵심인데, 이번 실험에 사용된 구리 파이프를 대신할 수 있는 방법이 중요한 과제이다. 이러한 연구 결과는 무공해 재생에너지원에 대한 개념과 가능성을 확인한 수준이고, 아직까지는 범용적으로 사용하기에 한계가 있는데, 효율성과 경제성을 충족할 수 있는 기술 개발이 중요하다.

겨울에 도로가 얼어붙거나 눈이 내려 문제가 발생했을 경우에 지금까지 소금을 뿌려 얼음을 녹였지만 정부는 앞으로 여름에 수집한 태양빛의 열을 이용하

여 겨울에 도로가 얼음에 얼지 않도록 하는 방안이 추진되고 있다. 영국 고속도로청은 여름 동안 태양 에너지를 수집하여 겨울에 다시 사용할 수 있도록 도로 밑에 파이프를 설치하는 프로젝트를 추진하고 있다.

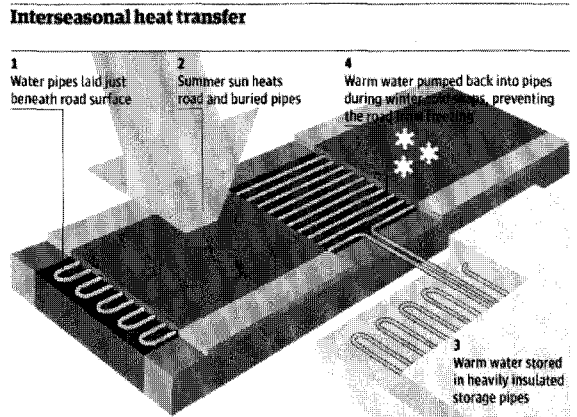


그림 13. 아스팔트 열에너지수확 도로

도로 아스팔트는 태양 에너지를 흡수하는 수집 장소로서 많은 장점을 갖고 있으며, 상용화되어 있는 태양에너지 셀과는 달리 아스팔트는 열기를 유지한 채로 해가 지더라도 계속해서 에너지를 생성할 수 있고, 아스팔트는 이미 전국적으로 넓은 범위에 걸쳐 도로와 주차장을 뒤덮고 있다는 점에서 에너지 생산 가능성을 높게 평가하고 있다.

3. 활용가능성 및 시사점

도로 공간이라고 말하면 환경 측면에서는 부정적인 이미지를 가지고 있는데, 수십 년 후에는 온난화 대책에서 필수적으로 포함되는 분야로서, 환경에 공헌하는 인프라로 인정받는 시대가 올 것이다. 현재는 해결해야 할 과제가 많지만, 적극적인 기술 혁신에 대한 도전이 필요한 시기이다. 우리나라의 경우 도로 공간은 국토 전체 면적의 약 1(%)를 차지하고 있어 에너지 생산을 위한 아이디어가 추가된다면 태양에너지

발전을 위한 적절한 공간으로 활용할 수 있을 것이다.

태양광 발전형 도로의 경우 미국은 고속도로의 아스팔트 포장에 사용되는 비용은 1제곱 피트당 약 16달러가 소요되고, 아스팔트는 약 7년의 수명을 가지는 반면에 태양광 패널을 이용하면 사용수명은 21년 정도이고 이론적인 공사비용은 제곱 피트당 약 48달러로 가격경쟁력은 갖출 수 있다고 볼 수 있다. 태양광 패널은 자연에너지를 활용하는 다른 에너지원보다 효율이 높은 것으로 알려져 있으며, 효율 개선을 위한 지속적인 기술 개발이 이루어지고 있는 분야로 자체 에너지 저장 형태로서 도로 공간에서 생산한 전력은 인근의 상업지역 혹은 주거지역까지 전력을 공급할 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 즉 도로 공간은 도심 또는 산업 지역과 직접적으로 연결되어 있어 생산한 전력을 근거리에서 활용할 수 있어 장거리 전력 전송에 따른 송배전 인프라나 전력 손실을 최소화 할 수 있다는 장점도 갖추고 있다.

압전 발전형 도로 기술의 경우 압전소자를 이용하여 기본적인 설치비용을 제외하고 태양이나 풍력 에너지원보다 약 50(%) 정도 저렴하게 에너지를 생산할 수 있다. 시간당 통과 교통량이 600대 수준인 편도 2차선 도로에 발전 장치들 1[km] 설치할 경우 400(kWh)의 전력을 생산할 수 있고, 이 정도의 전력은 600~800가구에 전력을 공급할 수 있는 에너지이다. 열전 발전형 도로 기술의 경우 영국 TRL 보고서에 따르면 도로지하 방열기 예비시스템 (under-road radiator pilot system)을 통해 각 지역자치단체가 매년 8,600파운드를 30년 간 절약할 수 있다고 추정했다. 아스팔트는 태양 에너지를 흡수하는 수집 장소로서 많은 장점을 갖고 있으며, 일례로 상용화되어 있는 태양에너지 셀과는 달리 아스팔트는 열기를 유지한 채로 해가 지더라도 계속해서 에너지를 생성할 수 있고, 또한 아스팔트는 이미 전국적으로 넓은 범위에 걸쳐 도로와 주차장을 뒤덮고 있다는 점에서 에너지 생산 가능성을 높게 평가하고 있다.

도로에 적용한 에너지 생산 기술은 여러 환경 요인과 불확실성에 영향을 받을 수 있기 때문에 아직까지는 완전한 기술이라고 볼 수는 없으나, 앞으로 미래 기술로서 관심을 가질 방향이라고 생각한다. 미래의 도로 공간은 석유 에너지를 다량으로 소비하고, 대기로 오염물질을 방출하는 적색 인프라라는 인식에서 벗어나, 청정에너지를 생산하는 공간이고, 도시 열섬 현상을 억제하는 녹색 인프라로서 인식되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 에너지경제연구원, 주요국 신재생에너지 정책 동향 및 그린 에너지산업 기술개발.
- [2] 한국건설기술연구원, 지능형도시시설물에 적용한 USN 에너지특기기술 연구, 2008.
- [3] 장문규 외 3, 고효율 열전소자 기술, 전자통신동향분석 제 23권 제 6호, 2008년.
- [4] 강형원 외 2, 압전 발전의 이해, 전기의 세계, 대한전기학회.
- [5] Bao-Liang Chen 외 2, Harvesting Energy From Asphalt Pavements and Reducing the Heat Island Effect.
- [6] Tonia Buell, Jeff Pilcher, Kathy Lindquist, and Michel Wendt, 2010, Solar Highway Programs Information: Synthesis.
- [7] 道路空間における自然エネルギーの活用, 2030年に向けた太陽光発電ロードマップに関する見直し検討委員会報告書.
- [8] <http://www.innowattech.co.il>
- [9] <http://www.aesti.com>
- [10] http://www.newenergytechnologiesinc.com/motion_power
- [11] <http://www.cleantech.com/news/4382/aest-harnessing-kinetic-energy-road>
- [12] <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/25/solarpower.energy>
- [13] www.solarroadways.com
- [14] http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/OIPP/inn_solarhighway.shtml

◇ 저 자 소 개 ◇



류승기

1968년 1월 13일, 1999년 충북대학교 전기공학과 졸업(박사). 1994년 4월~현재 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 도로연구실 연구위원.

Tel : (031)910-0388

Fax : (031)910-0205

E-mail : skryu@kict.re.kr