

압전 에너지 하베스팅



데이터분석본부 호남지원 선임연구원 **이은지** Tel: 062-951-7704 e-mail: eunji_lee@kisti.re.kr

KEY FINDING

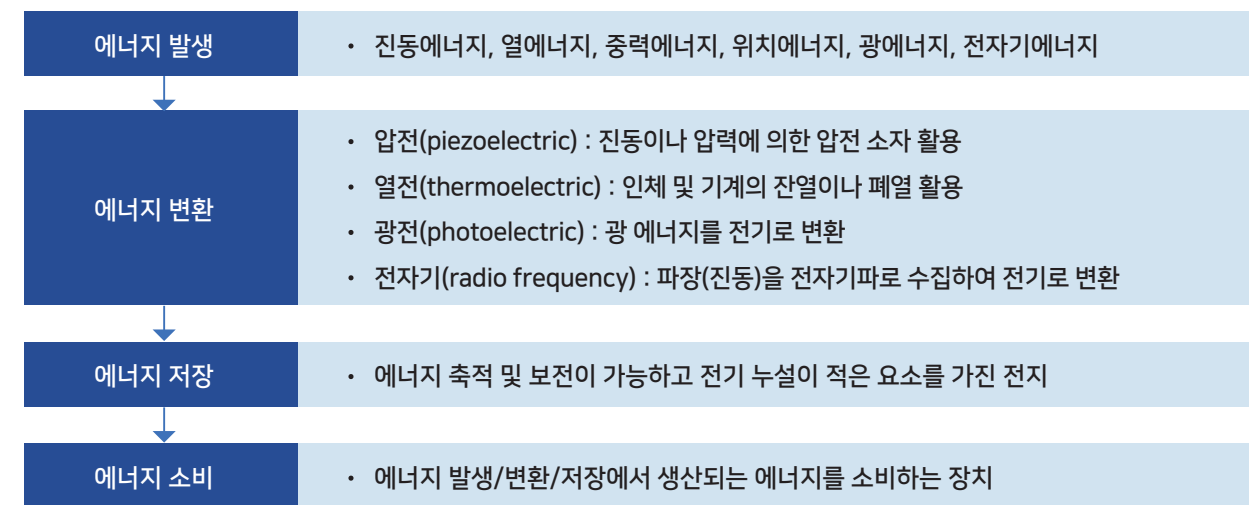
- 에너지 하베스팅은 버려지는 에너지를 수확하거나 이용해 에너지를 재생산하는 기술로서 압전 에너지 하베스팅은 압전 소자를 이용해 생활 주변 환경에서 발생하는 미세한 진동과 압력, 충격과 같은 기계적인 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술이다.
- 압전 에너지 하베스팅의 세계 시장 규모는 2021년 1억8,700만 달러에서 연평균 8.5 %로 성장해 2026년 2억8,100만 달러가 될 것으로 전망된다.
- 에너지 하베스팅은 저전력 장치의 충전이나 긴급 전력을 공급하는데 활용할 수 있어 웨어러블 디바이스나 스마트 홈/빌딩 시스템 적용 등 활용처가 다양하며, 각 부문의 응용 가능성은 무한한 아이디어의 창출로 실현될 수 있을 것으로 기대된다.
- 최근 유럽연합(EU)의 RoHS(유해 물질 제한 지침)에서 대표적인 무연계 압전 재료인 PZT가 SVHC(고위험 물질)로 식별되면서 무연계 압전 재료가 주목받고 있으며, 무연계의 고성능 압전 에너지 하베스팅 기술을 개발하기 위한 정부의 지속적인 투자가 필요할 것이다.

1) 시장의 개요

에너지 하베스팅은 버려지는 에너지를 수확(harvesting)하거나 이용해 에너지를 재생산하는 기술을 말하며, 에너지 하베스팅은 에너지를 변환하는 방식에 따라 광전(photoelectricity), 압전(piezoelectric), 열전(thermoelectric), 전자기파(radio frequency)으로 분류된다.



그림 1 에너지 하베스팅의 에너지 흐름도



출처 : 학술이슈 <에너지 하베스팅 기술 동향 및 시사점>, 한국에너지공단, 2017

압전 에너지 하베스팅은 압전기 현상을 나타내는 ‘압전 소자 (Piezoelectric element)’를 이용해 물리적인 에너지를 모으는 기술로써 주변 환경에서 발생하는 미세한 진동과 압력, 충격과 같은 기계적인 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술과 이렇게 수확한 에너지를 저장하고 효율적으로 활용하는 일련의 과정을 말한다.

기존 연구를 통해 압전 에너지 하베스팅 기술은 광전, 열전, 전자기파를 이용한 다른 에너지 하베스팅 기술과 비교해 단위 용량당 전력 밀도는 상대적으로 낮지만 변환 효율이 가장 높고, 기술의 수명과 경제성 또한 우수한 것으로 알려져 있다.

최근 웨어러블 디바이스, 헬스케어 보조 장치, 건물 내 무선 네트워크, 수송기기의 소형 전자 장치, 산업용 센서, 시스템 제어 등 무선 네트워크 기기 및 저전력 장치의 효율적인 운영을 위해서 에너지 하베스팅 기술의 응용 분야가 확대될 것으로 전망되고 있다.

2) 정책 및 규제현황

최근 국토교통부를 중심으로 한 ‘스마트 시티 구축’과 서울특별시의 ‘스마트 도시 및 정보화 기본계획’ 등 스마트 시티와 관련된 정책 추진과 연관된 인프라 구현을 위해 스마트 센서 및 IoT 시스템은 핵심 기반 기술로서 주목받고 있다.

스마트 모빌리티 서비스, 완전 자율 주행, C-ITS(Cooperative Intelligent Transport System) 등 무선 센서 네트워크의 독립된 전원 운영을 위해서는 에너지 변환 효율이 크고 소형-경량화가 가능한 차세대

에너지 발전 기술이 필요하며, 압전 소재는 소형 전자 기기, 스마트 센서의 전력 공급을 위한 에너지 하베스터의 핵심 소재로 평가된다.

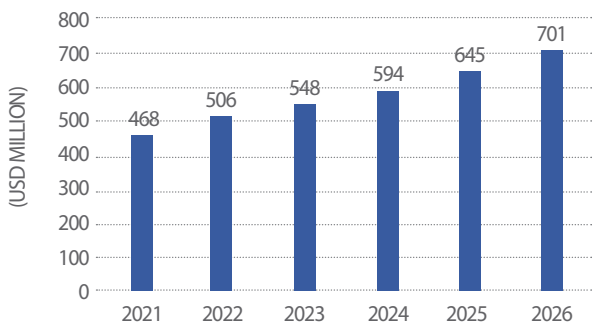
하지만 최근 환경 문제에 대한 관심이 고조되면서 유럽연합(EU)에서는 유해 물질 사용에 대한 환경 규제인 RoHS(유해 물질 제한 지침)으로 납성분이 포함된 물질의 사용을 규제하고 있기 때문에 친환경 소재이면서 높은 압전 특성과 고온 동작이 가능한 무연계 압전 소재 개발의 필요성이 매우 강조되고 있는 추세이다. 이에 전세계 주요 국가별로 무연계 압전 물질에 관한 연구개발로 미래의 친환경 에너지 산업을 발전시키기 위해 지속적인 투자의 필요성에 대해서 계속 검토하고 있다.

3) 시장 동향

| 시장 규모 및 전망

에너지 하베스팅 시장은 건물 자동화 및 산업계 자동화를 위한 스마트 센서 시장과 웨어러블 및 IoT 디바이스 시장의 발전과 함께 급격한 성장이 예측된다. 에너지 하베스팅의 세계 시장 규모는 2021년 4억6,800만 달러이며, 연평균 8.4 %로 성장해 2026년 7억100만 달러가 될 것으로 전망된다. 에너지 변환 기술에 따라서 광전, 압전, 전자기파, 열전의 4 개로 대별되는 에너지 하베스팅 기술 중에서 압전 소자를 이용하는 압전 에너지 하베스팅 시장은 2021년 1억8,700만 달러에서 연평균 8.5 %로 성장해 2026년 2억8,100만 달러가 될 것으로 전망된다.

그림 2 에너지 하베스팅의 세계 시장 규모(2021~2026)



출처 : Markets&Markets, Energy harvesting system, 2021

세계 압전 에너지 하베스팅 시장을 지역별로 살펴보면, 미주 지역은 시장점유율이 가장 큰 데, 그 이유는 주거 공간뿐만 아니라 공공 분야 까지 적용 분야가 확대되었기 때문으로 볼 수 있다. 미주 지역은 2021년 7,800만 달러에서 연평균 9.3 %로 성장해 2026년 1억2,100만 달러에 달해 지역별 시장 규모 중 가장 높은 성장률이 예측된다. 유럽 지역은 2021년 6,300만 달러에서 연평균 8.8 %로 성장해 2026년 9,600만 달러에 이를 것으로 전망된다. 아시아태평양 지역은 2021년 3,900만 달러에서 연평균 7.4 %로 성장해 2026년 5,600만 달러에 이를 것으로 전망된다. 글로벌 차원의 에너지 하베스팅 시장 규모의 증가 추세는 전 세계 산업 및 기업의 ESG 경영 등 친환경 에너지 대한 관심과 스마트 센서·디바이스 제품 확대에 따른 저전력 소모 전력 기술에 대한 요구에 크게 영향을 받는 것으로 판단된다.

표 1 지역별 압전 에너지 하베스팅 시장 규모 및 전망

적용분야	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%)
미주	78	85	92	101	110	121	9.3
유럽	63	69	75	81	88	96	8.8
아시아태평양	39	42	45	48	52	46	7.4
기타	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	2.1
합 계	187	202	219	237	257	281	8.5

출처 : Markets&Markets, Energy harvesting system, 2021

압전 에너지 하베스팅의 적용 분야별 시장을 살펴보면, 스마트 홈/빌딩, 소비자 전자 기기, 산업 및 제조, 교통, 보안/관제 분야로 구분할 수 있다. 그 중 스마트 홈/빌딩 분야가 가장 높은 점유율을 보이며, 2021년 1억2,800만 달러이고, 연평균 9.2 %로 성장해 2026년에는 1억9,930만 달러에 이를 것으로 전망된다. 소비자용 전자

그림 3 압전 에너지 하베스팅의 세계 시장 규모(2021~2026)

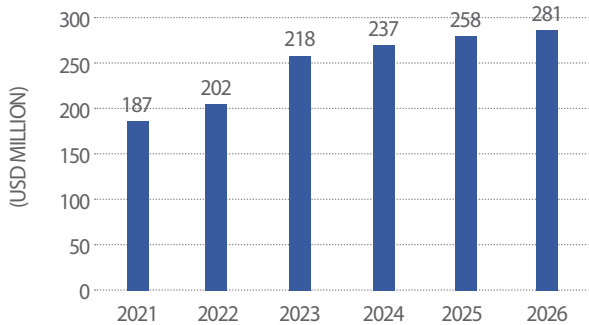
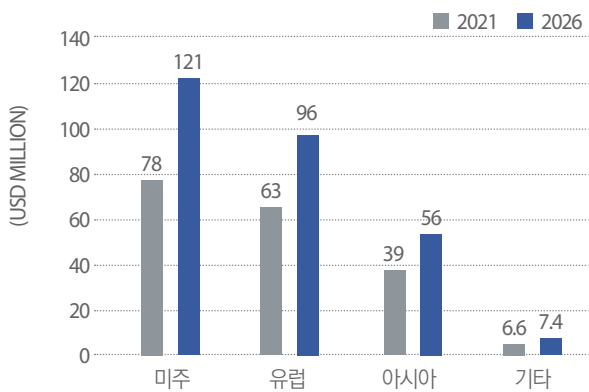


그림 4 압전 에너지 하베스팅 지역별 시장 규모(2021~2026)



출처 : Markets&Markets, Energy harvesting system, 2021

기기 분야는 2021년 440만 달러에서 연평균성장률 6.2 %로 증가해 2026년에는 600만 달러에 이를 것으로 전망된다. 산업 및 제조 분야는 2021년 3,380만 달러에서 연평균성장률 7.7 %로 증가해 2026년에는 4,900만 달러에 이를 것으로 전망된다. 교통 분야는 2021년 1,800만 달러에서 연평균성장률 4.2 %로 증가해 2026

년에는 2,440만 달러에 이를 것으로 전망된다. 보안/관제 분야는 2021년에는 170만 달러에서 연평균 4.2 %로 성장해 2026년에는

210만 달러에 이를 것으로 전망된다.

표 2 압전 에너지 하베스팅의 적용 분야별 활용 사례

적용분야	내용
스마트 홈/빌딩	• 홈 애플리케이션, 조명 시스템, 난방·환기·냉방 시스템, 보안 시스템 등
소비자 전자 기기	• 모바일 충전기, 노트북 충전기, 시계, 웨어러블 기기, 무선 컴퓨터 액세서리, 휴대용·소형 의료 기기 등
산업 및 제조	• 산업용 기계의 무선 센서 네트워크 및 에너지 생성 장치의 전력 공급 및 전기 시스템
교통	• 자동차, 기차, 항공기, 수상 교통 등 교통 분야의 전력 공급 및 전기 시스템
보안/관제	• 군사 장비 및 도시 기반 시설 모니터링 장치

표 3 압전 에너지 하베스팅 적용 분야별 시장 규모 및 전망(2021~2026)

(단위:백만달러)

적용분야	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%)
스마트 홈/빌딩	128.6	140.0	152.5	166.5	182.0	199.3	9.2
소비자 전자 기기	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	6.0	6.2
산업 및 제조	33.8	36.1	38.8	41.8	45.1	49.0	7.7
교통	18.0	19.1	20.3	21.5	22.9	24.4	6.3
보안/관제	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	4.2
합계	187	202	219	237	257	281	8.5

출처 : Markets&Markets, Energy harvesting system, 2021

I 경쟁 현황

해외에서는 다양한 업체에서 압전 에너지 하베스팅 제품이 출시되고 있으며, 대표적인 업체로는 독일의 스마트머티리얼(Smart Material)이 있다. 스마트머티리얼에서는 PZT(Lead Zirconate Titanate) 세라믹을 활용해 다양한 크기의 압전 복합체 하베스터를 출시하였고, 이 외에도 초음파, 액추에이터 응용을 위한 압전 복합체 제품들도 판매하고 있다.

국내의 압전 에너지 하베스팅의 경우 시장이 거의 형성되지 않은 상태이고, 몇 군데의 중소기업에서 압전 에너지 하베스팅 관련 제품을 출시하고 있으며, 압전 재료로는 대부분 성능이 매우 우수한 PZT 세라믹 등 무연계 압전 재료를 활용하고 있다. ㈜센블은 압전 에너지 하베스팅을 이용한 다양한 상용화를 추진 중이고, PZT 압전 발전 모듈, 압전 에너지 블록, 압전 배틀, 불빛이 나오는 신용 카드 등을 개발하였다. ㈜아이بل포토닉스는 PMN-PT라는 압전 소재를 세계 최초로 개발하고, 의료용 초음파 압전 소자를 개발하고, 군사용 수중

음향 센서 압전 소재, 압전 에너지 하베스팅 제품을 출시하였다.

일반적으로 압전 에너지 하베스팅에 사용되고 있는 티탄산바륨(BaTiO3) 및 티탄산지르콘산납(PZT)과 같은 유연계 압전 재료는 더 높은 전압을 유도하기 때문에 우수한 효율성을 가지고 있다. 하지만 최근 유럽연합(EU)의 RoHS(유해물질 제한지침)에 따르면, PZT는 SVHC(고위험 물질)로 식별되면서 무연계 압전 재료의 개발이 주목 받고 있으며, 독일의 세람텍(CeramTec GmbH) 및 미국의 에이피 시인터내셔널(APC International, Ltd.)을 포함한 압전 장치 시장의 주요 업체는 무연 압전 세라믹의 개발을 진행하고 있다.

현재 국내외에서 판매하고 있는 압전 에너지 하베스팅 제품은 대부분 납이 포함된 제품이 주로 출시되고 있으며, 무연계 압전 재료는 압전 성능이 상대적으로 낮아 무연계 압전 제품은 현재로서는 거의 없는 실정이다. 향후 무연계의 친환경 압전 소재를 에너지 하베스팅에 활용하여 실용화하기 위해서는 압전 특성과 같은 성능을 획기적으로 향상시키는 연구가 필요할 것으로 전망된다.

4) 애널리스트 인사이트

압전 에너지 하베스팅은 무선 센서 네트워크를 위한 소형 동력원으로서의 기능부터 도로, 철로, 활주로 등 각종 교통 수단을 통해 발생하는 미활용 에너지의 하베스팅, 음파, 심장 박동, 혈압 등 각종 인체 활동의 미세한 진동을 이용한 나노 하베스팅에 이르기까지 전자 산업에서 자동차, 에너지 산업, 의료 산업, 도시 환경 산업 등에 다양하게 활용될 것으로 기대된다.

또한 이동식 전자 기기의 급속한 보급으로 대규모 발전이 아닌 소규모 분산 전력의 수요 증가에 따라 스마트 웨어러블 디바이스의 고기능화를 위해 압전 에너지 하베스팅 기술을 기반으로 한 자가 전력 발전 기술이 핵심 기술로 요구되고 있다. 압전 에너지 하베스팅 기술은 웨어러블 및 IoT 디바이스에 지속적인 전기 에너지를 공급할 수 있어 관련 전자 제품을 판매하는 삼성, LG, 애플, 소니 등의 다양한 국적의 모바일/IT 기업을 수요처로 삼을 수 있다.

표 4 시장 영향 요인 분석

촉진 요인

- 유지 보수의 최소화 및 효율적인 전력 시스템에 대한 수요 증가
- 스마트 홈/빌딩, 자동화 시스템, IoT 장치 분야에서 에너지 하베스팅 기술의 급격한 수요 증가
- 이동식 전자 기기의 보급으로 소규모 분산 전력의 수요 증가

저해 요인

- 에너지 하베스팅 시스템 적용을 위한 초기 투자 비용 소요
- 압전 재료 등 기반 기술에 대한 진입 장벽이 높음
- 기술 개발에 대한 막대한 투자 비용으로 소규모 업체의 시장 진입 어려움


기회 요인

- 웨어러블 디바이스 분야에서 높은 성장 잠재력
- 이식형 생체학 기기용 인간 에너지 하베스팅 기술 개발 및 첨단 기술 제품에 대한 소비자 수용 및 선호도 증가

위험 요인

- 유연계 압전 소재의 고위험 물질 분류로 인한 사용 제한
- 무연계 압전 소재의 발전 성능 부족

현재 출시되고 있는 하베스팅 제품들은 에너지 출력 성능 유지를 위해 대부분 납 성분이 포함되어 있는 유연계 압전 재료가 사용되고 있다. 그러나 유연계 압전 재료는 친환경 정책에 따라 사용상 규제가 있어 무연계 압전 재료의 개발이 새로이 주목받고 있으며, 지속적인 연구개발을 통해 무연계의 고성능 압전 하베스팅 기술 개발과 이를 실용화하기 위한 정부의 지속적인 투자가 필요할 것으로 전망된다.

또한 국내의 경우 선진국에 비해 에너지 하베스팅 기술의 실증 사례가 부족해 해당 기술을 적용하기 위한 수요처 발굴 등 실증 사업의 추진을 통한 시장 활성화를 도모하는 것이 필요하며, 향후 관련 연구와 기술 상용화를 위한 아이디어를 공유해 함께 발전할 수 있는 기업, 연구소, 정부 간 소통의 장이 마련될 필요가 있을 것으로 판단된다. 

참고문헌

- [1] 학술이슈<에너지하베스팅 기술 동향 및 시사점>, 한국에너지공단(2017)
- [2] 기획시리즈<압전 에너지 하베스팅 기술, 한국세라믹기술원(2015)
- [3] Energy harvesting system, Markets and Markets(2021)
- [4] 압전 에너지 하베스팅의 원리 및 소재, Polymer Science and Technology(2020)