

[융합] 에너지 수확 및 저장용 나노유연 융합 소재 기술

※ 출처 : 융합연구정책센터

□ 선정 배경

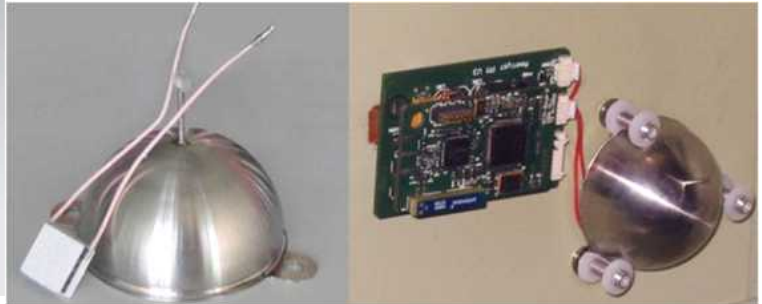
- 최근 화석연료의 고갈 및 이로 인한 지속적인 에너지가격 상승과 화석연료의 온실가스 배출로 인한 환경문제가 크게 제기 됨에 따라 신재생 에너지 및 에너지 효율 향상에 대한 사람들의 관심이 크게 향상
 - 제2차 에너지기본계획('14)에 따르면 세계적으로 총 에너지 수요*가 '10년에 비해 48.3%가 증가할 것으로 예상
 - 자동차, IT 통신, 환경 등 산업계 전반에 걸쳐 에너지 효율 향상 및 에너지 저장 기술 개발에 노력을 기울이는 중
 - 환경을 훼손하지 않으면서도 안정적으로 공급이 가능한 미래의 새로운 에너지 자원을 개발하기 위해서도 다양한 시도가 진행 중
- 최근 무선 센서 네트워크, 모바일 기기, 웨어러블 컴퓨터 등에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 예상되어 에너지 수확 및 저장 장치 수요가 급증
 - 우리 주변에서 버려지는 에너지를 우리가 쓸 수 있는 전기에너지로 변환하여 이용함으로써, 전자제품이나 여러 기기들의 에너지효율을 크게 향상 시킬 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로는 추가적인 에너지 공급 없이 주변의 에너지를 이용하여 독립적으로(stand-alone) 구동이 가능

□ 개요

- (개념) 에너지 수확 기술은 주위에 버려지는 에너지 진동, 열, 빛, 바람, 조력, 전자파 등을 전기 에너지로 변환하는 기술 전부를 포함
 - 다만, 일반적으로 태양 전지, 풍력 발전, 조력 발전 등은 신재생 에너지로 분류
 - 일반적으로 복합 소재 및 나노 기술을 활용하여 진동, 열 등의 에너지를 전기 에너지로 변환하는 유연 압전, 열전 에너지 하베스팅 기술 및 이에 의해 생산된 전력을 저장하는 유연 에너지 저장 소자 기술을 주로 지칭



<철도의 제동에너지를 이용한 에너지 하베스팅 장치>



<비행기의 온도 차이를 이용한 에너지 하베스팅 모듈>

- (에너지 수확 및 저장용 나노융합소재 기술 분류) 자연으로부터 에너지를 수확하는 방식은 매우 다양하나, 신재생 에너지로 분류되지 않는 유연 에너지 변환 소재 및 저장소재는 다음과 같이 분류 가능
 - (유연 에너지 변환 소재 기술) 폴리머 에너지 변환(열전, 압전) 기능성 소재 기술, 산화물-폴리머 에너지 변환(열전, 압전) 기능성 컴포지트 소재 기술, 그래핀 전극 기술, CNT 전극 기술, 금속 나노와이어 컴포지트 전극 기술 등
 - (유연 에너지 저장 소재 기술) 산화물-폴리머 컴포지트 양극 소재, CNT 기반 음극 소재, 폴리머 컴포지트 음극 소재, 폴리머 전해질, 유연 전도체 소재 기술 등
 - (에너지 하베스팅 섬유 소재 기술) 기능성 섬유 방사 공정 기술, 기능성 섬유 코팅 기술, 다중 소재 섬유 공정 기술, 조, 편조 등 식물화 기술 등

□ 국내외 정책동향

- (국외) 전 세계적으로 정부 차원의 에너지 수확기술에 대한 연구가 진행 중
 - (EU) FP(Framework Programme)* 7 NMP(Nanoscience, nanotechnologies, materials & new production technology)를 통해 2011년부터 2014년까지 투자하여 나노과학, 나노기술, 소재 및 신 생산기술 등을 대상으로 열전소재 연구 진행 중

※ 주요 참가국 : 독일, 프랑스, 영국, 스웨덴, 스페인, 이탈리아, 그리스, 오스트리아, 스위스, 폴란드, 키프러스, 러시아, 리히텐슈타인 등

- (일본) NEDO 프로젝트/나노구조의 열전소자 개발과 JST(Japan Science and Technology Agency: 일본과학기술진흥기구) 프로젝트/고효율 열전소자 및 시스템개발 등을 통해 열전소자를 지속적으로 개발 중이며, 2011년부터 개시된 New NEDO 프로젝트는 철강의 폐열 회수를 위한 열전발전 기술개발을 목표로 2015년까지 수행 중
- (미국) DARPA 주관 하에 학계와 국방 관련 기업 및 민간 기업에서는 압전형 발전 소자를 중점적으로 연구가 진행 중이며, 이외에 미 공군, 에너지성(DOE) 등에서 에너지 생산-저장이 동시에 가능한 혼합형 전지를 연구 중
- (국내) '녹색기술 연구개발 종합대책'('09) 등을 통해 에너지의 효율적인 생산 및 활용을 위한 정책이 지속적으로 추진되고 있으며, 에너지 수확 및 저장은 에너지 효율화의 하위 주제로 연구 중

□ 국내외 R&D 지원현황

- (국외) 자동차, 군용 전원 등 다양한 분야의 R&D 투자를 지원 중
 - (미국) 관련 기술의 확보를 위해 다양한 기관에서 연구 개발 사업을 수행 중

<미국의 연구개발 사업 현황>

프로젝트	DARPA	DARPA	California commission	DARPA/NSF
연구분야	에너지변환 fiber composite	에너지 변환 shoes	캔티레버	ZnO piezoelectric semiconductor - nanogenerator
연구기관	Georgia Tech	SRI	UC Berkeley	Georgia Tech
참여회사	Advanced Cerametrics, Eeonyx Corporation	SRI, MIT	-	-

※ 출처 : 김민수 외, “에너지 하베스팅용 압전 단결정 기술 개발 동향”(2010)

- (EU) FP7의 NMP를 통해 총 2,170만 유로를 투자하고 있으며, 주요 연구 분야는 Nanohightech('14년 11월)가 저렴한 비용으로 산업 프로세스의 자동차 분야에 적용하기 위한 superlattices 개발을 수행 중
- (영국) 영국 국방과학연구소(Defence Science and Technology Laboratory, DSTL)과 영국 엔지니어링·물리과학연구위원회(Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC)의 “battery free soldier” 연구의 일환으로 Leeds 대학을 중심으로 150만 달러 규모의 에너지 하베스팅 관련 연구가 진행 중이며, 행진하는 군들로부터 동력에너지를 획득, 저장 하는 시스템 개발 중

○ (국내) 에너지 효율화를 위한 연구가 지속적으로 추진 중

- (범부처) '부처협력 시범과제('14)'으로 산업부와 국토교통부가 도로교통 미활용에너지 이용을 위해 연 15억원 규모의 압전에너지 하베스터 개발 및 실증 추진 중
- (미래부) '기반형 녹색기술 융합연구 사업'의 일환으로 "하이브리드 에너지 하베스팅" 분야를 선정하여 4년간 48억원의 연구비를 지원

□ 국내외 시장 동향

○ (국외) 2012년도 IDTechEx에서 발표한 Energy Harvesting and Storage for Electronic Devices 2012-2022 보고서에 따르면 에너지 수확 및 저장 시장은 2012년도 7천억원 시장에서 2022년도 5조원 시장으로 성장할 것으로 전망

- 에너지 하베스팅 모듈의 개당 가격은 2012년도에 약 1\$ 정도이나 2022년에는 개당 약 2.6\$ 대를 형성할 것으로 예상
- 이와 같은 에너지 하베스팅 시장 중 가전 (consumerelectronics)이 가장 큰 시장을 형성 할 것으로 예상하는데, 2022년 2조 6천억 규모로 전체 에너지 하베스팅 시장의 약 50%를 차지할 것으로 전망
- 2022년 에너지 하베스팅 기술별 전세계 시장 점유율은 태양전지 기술이 46.6% 가장 크게 에너지 하베스팅 시장에 사용될 것으로 예상하고 있으며, 전자기, 압전, 열전 에너지 하베스팅 기술이 큰 차이 없이 약 23%에서 14% 정도로 전체 에너지 하베스팅 기술로 적용될 전망

<에너지 수확 및 저장 세계 시장 전망 : 2012~2022>

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
수량(백만)	641.8	695.6	751.7	876.4	941.7	1038.4	1162.6	1308.8	1482.1	1755.3	2068.8
단가	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
시장규모(백만)	706.3	761.8	818.5	978.4	1178.8	1520.4	2097	2766.6	3588.2	4431.8	5280.7

※ 출처 : Piezoelectric energy harvesting: Developments, challenges, future, *Energy harvesting journal* (2013)

○ (국내) 국내의 에너지 수확 및 저장 관련 시장은 2020년 약 8,296억 원에 이를 것으로 전망

※ 출처 : 에너지, 생산을 넘어서 수확으로, *electronic science*(2011)

□ 국내외 기술수준 분석

- 유연 압전 및 열전 에너지 하베스팅과 유연 2차 전지기술의 연구개발 결과와 국내 연구개발 결과를 비교할 때 거의 동일 수준이나, 다만 기술 다양성 측면에서 다소 부족한 것으로 평가

<관련 분야의 국내외 기술수준>

기술분야	최고 기술 보유국 (기술수준 100%)	국내 수준 (최고 수준 국가 대비)
에너지 고효율 소재 기술	미국, 독일	80%

※ 출처 : 융합연구정책센터, 2014년도 15대 국가 융합기술 수준조사(2014)

□ 결론 및 정책적 시사점

- 환경 문제 및 모바일 및 웨어러블 기기 출현에 따라 현재 배터리 기술의 사용 시간, 크기 등의 한계를 극복할 수 있는 새로운 전원 기술의 필요성 증대
 - 주위의 버려지는 진동, 움직임, 열 등으로부터 에너지를 수확하여 전기에너지로 변환하고 이를 저장하여 사용할 수 있는 에너지 수확 및 저장 기술의 중요성 대두
- 나노기술 발전으로 압전, 마찰, 열전, 2차전지 등 소재 기술이 진일보 하고 있으며 새로운 섬유 형태의 에너지 수확 소재 기술이 부각
 - 새로운 재료의 개발과 새로운 에너지 변환장치의 설계기술, 전원 안정화 회로 및 에너지 저장 장치의 획기적인 발달로 새로운 에너지 시장의 형성과 화석연료 사용절감 효과를 통한 경제적 이점뿐만 아니라 환경보호 관점에서도 반사이익이 클 것으로 예상
 - 웨어러블 디바이스 및 의료용 바이오 소자에 대한 응용 확대를 통해 신산업 창출 기대
- 전 세계적으로 아직 기술 도입 단계로서 기술선점에 많은 기회가 내재된 기술이므로 발전 가능성이 높아 정부의 지속적인 관심 및 투자가 필요
 - 유연 에너지 하베스팅과 관련된 프로토타입 제품 출시 지연에 따라 직접적인 응용이 늦어지고 있으며, 장기적인 신뢰성에 대한 검증이 필요함을 감안할 때 활용 분야에 있어서 정부의 직접적 지원이 필요