

1. 열전변환 기술과 에너지 효율

최근의 리비아 사태를 비롯한 중동의 정치적 불안으로 인하여 배럴당 \$100 이상의 고공행진을 하던 원유가격이 일본에서 발생한 진도 9.0에 이르는 대지진의 여파와 전 세계적으로 다시 닥치고 있는 경제적인 불안정으로 인해 다소 주춤하고 있다. 그러나 기본적으로 화석 에너지 고갈 등과 같이 닥쳐올 미래 에너지 분야의 문제가 해소된 것이 아니고, 지구 온난화로 인해 지구환경의 파괴는 가속화 되고 있기 때문에, 지구환경을 보존하고 언젠가는 닥쳐올 에너지 자원의 부족에 의한 위기를 극복하기 위해 교토 의정서와 같은 국제적인 협정을 통해 화석 에너지의 사용량을 줄이고 이산화탄소의 발생을 억제하는 동시에 안정적 에너지원의 확보와 에너지 절약

을 위한 범국가적 노력을 경주하고 있다.

이에 더하여 최근 일본 대지진으로 인한 후쿠시마 원자력발전소의 파손에 따라 대기를 비롯하여 토양, 해양 등의 광대한 영역에서의 방사능 오염이 일어남으로, 원자력 발전에 대한 부정적인 시각과 함께 원자력 발전소 건설 자체를 취소하는 국가가 늘어남으로 오히려 신재생에너지원에 대한 연구의 필요성은 더 증대하고 있는 실정이다.

우리나라의 경우, 부존자원이 없어 에너지 해외 의존도가 95%가 넘을 뿐만 아니라 선진국 대비 1차 에너지 다소비 구조로서 산업분야의 에너지 소비비중과 에너지 원단위가 매우 높은 형태를 나타내고 있어서 (한국 에너지원단위 0.35 TOE/2000\$, OECD 평균 0.20, 출처: IEA 2006)(그림 1) 에너지소비 감소와 이에 따른 CO₂ 총량 저감을 위한 국가 차원에서의 에너지 소비효율 개선이 매우 절실하다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 열을 직접 전기에너지로 변환하거나 전기를 직접 열로 변환하여 소비효율을 높일 수 있는 열전변환 기술을 주목할 필요가 있다.

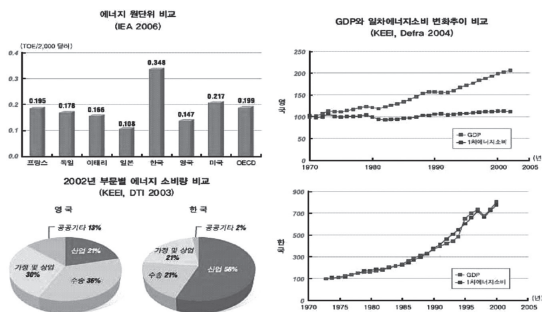


그림 1. 국내 에너지소비 현황 [1].

2. 열전변환 기술의 개념

열전 (Thermoelectric)이란 열과 전기 사이의 에너지 변환을 의미하며, 변환소자의 양쪽에 온도차가 있을 때 소자 내부의 Carrier가 이동함으로 기전력이 발생하는 현상이다.

열전변환 기술은 열전냉각과 열전발전 기술로 분

류할 수 있다. 열전냉각은 서로 다른 고체금속 양단에 전류가 흐르면 접합부에서 흡열과 발열이 일어나는 Peltier 효과에 의하며, 열전발전은 이종 금속의 접합부에 온도차를 주면 기전력이 발생하는 Seebeck 효과에 기인한다(그림 2). 열전냉각기술은 ms급의 냉각속도, 빠른 응답성, 높은 열이동도(100 W/cm²)를 특징으로 하며 온도를 정밀하게 조절할 수 있고 부분적인 온도제어도 가능하다는 점에서 반도체 공정과 같은 정밀제어가 필요하거나 부분적인 열처리가 요구되는 곳에서 활용할 수 있다.

열전발전 기술은 높은 비전력값, 장수명, 고신뢰성과 함께 소음이 없다는 것이 특징이며, 반도체 변

환소재를 활용하여 재활용이 어려운 저온(300℃ 이하)의 열에너지와 소규모 분산형의 열에너지까지 직접 전기에너지로 변환할 수 있는 유일한 발전방식이다. 태양열이나 지열을 비롯한 자연계의 열을 이용하여 전기를 얻을 수도 있다는 점에서 열전발전 기술의 응용 가능성은 매우 높다. 그러나 열전발전의 경우 효율이 기존 방법에 비해 낮고, 시스템 가격이 높다는 것과 규모에 따른 효과가 없고 시스템 효율이 출력규모에 의존하지 않는다는 한계도 가지고 있다. 이것은 열전모듈에서 얻을 수 있는 출력이 모듈의 수나 모듈 내의 소자의 수 또는 열원의 종류에 따라 달라진다는 것을 의미하며 따라서 용도에 따라 적절히 모듈과 시스템을 설계하는 것이 매우 중요하다.

열전변환 기술의 핵심은 열전변환 모듈이다. 단위열전모듈은 p형과 n형의 열전소자가 열적으로는 병렬로, 전기적으로는 직렬로 연결되어 있다. 단위모듈의 기전력은 1℃의 온도차에서 약 200 μV 정도를 얻을 수 있으며, 단위모듈을 연속으로 연결하여 기전력을 높일 수 있다.

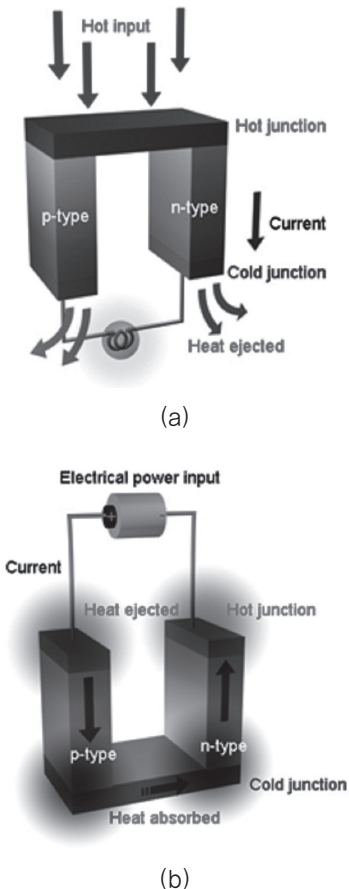


그림 2. 열전변환모듈의 기본 구성 (a) 열전발전, (b) 열전냉각.

3. 열전변환 기술의 발전

열전효과는 1821년 독일의 Seebeck이 구리-비스무스 또는 비스무스-안티몬의 이종금속의 한편을 가열했을 때 회로 내에 있는 자침의 각도가 변하는 것을 발견함으로써 그 역사가 시작된다. 당시 Seebeck은 이 현상을 지구의 자장이 극지와 적도의 온도차에 의해 생긴 자기분극에 의한 것이라는 그의 가정을 증명하는 것으로 해석하였다. 1834년 프랑스의 J.C.A. Peltier는 이종금속으로 구성된 회로에 직류를 흘리면 한 편의 접합부에서는 흡열이, 다른 편에서는 발열이 일어나는 것을 발견하였다. 당시에는 Seebeck도 Peltier도 그 현상의 원인을 정확하게 해명하지 못하였다. 1851년 영국의 W. Thomson이 Seebeck과 Peltier 효과의 가역성을 열역학으로 이론화시키고, 조성이 균일한 도체에서 온도차가 있을 경우에도 전류가 흐르고 도체 내에서 열이 발생되거나 흡수되는 현상이 있다는 것을 실험적으로 증명한



이후 이 효과들은 Seebeck효과, Peltier효과 및 Thomson 효과라는 세 가지 열전효과로 알려졌다.

1% 이하의 낮은 변환효율을 획기적으로 향상시켜 실용화에 가깝게 만든 사람은 소련의 A. F. Ioffe로 1929년 주기율표의 II-V, IV-VI, V-VI족의 원소를 화합물형 반도체로 만들어 열전변환 효율을 2.5~4%까지 비약적으로 향상시킬 수 있었으며 소련에서는 열전소자를 이용한 군용 무선통신기의 전원공급용 발전기, 램프의 배열을 이용한 수 W급 발전기, 200~500 W의 한냉지용 발전기 등을 개발하여 세계 제2차 대전 중에 이용한 것으로 알려져 있다.

방사성동위원소나 원자력을 열원으로 하는 열전발전기의 연구개발은 미국에서 1955년 SNAP (Systems for Nuclear Auxiliary Power) 계획으로 시작하여, 화성 착륙선인 파이오니아 위성, 토성 탐사선 카시니 위성 보이저 1호와 2호 등에 방사성 동위원소를 에너지원으로 하는 RTG가 장착되었는데, 1977년 8월에 발사된 보이저 2호는 1989년 해왕성의 정보를 전송한 후 우주로 날아가고 있으며 사고가 없는 한 2025년까지 지구와 교신을 계속할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 개발된 실용발전기는 현재 우주선, 극지, 벽지, 해저 탐사용 등에 이용되고 있으며 열원으로는 대개 프로판, 부탄, 천연 가스, 석유 등이 사용된다.

최근에는 산업폐열이나 자동차의 배기열을 활용하는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 나노 기술의 도입으로 열전특성이 비약적으로 개선된 소재가 개발되고 있어서 이들 재료가 안정화를 이루게 되면 조만간 열전기술의 전성기가 올 것으로 기대하고 있다.

4. 열전변환 기술의 효과

4.1 열전변환의 기술적 효과

열전변환기술은 물질의 제백효과를 이용하여 열을 직접 전기에너지로 변환하는 에너지변환 현상이다. 이 기술을 활용함으로써 화석연료에서 전기를 얻는 화력발전소나 제철소, 자동차, 트럭 등에서 폐열로 나오는 미활용에너지지를 전기에너지로 변화시킴

으로 화석연료의 이용효율을 높여 지구온난화의 원인인 CO₂의 배출량을 간접적으로 억제하는 것이 가능하다. 2006년도 국내 에너지 통계를 이용하여 5%의 폐열을 회수할 수 있다고 가정하고 회수 가능한 에너지를 산출해 보면 우리나라 전체 화력발전소에서 약 1,500 MWh 규모, 산업체에서 82만TOE, 수송 수단으로부터 95만TOE 규모의 에너지를 재활용할 수 있으며 연간 2,000억 원에 달하는 에너지 비용의 절감과 동시에 연간 540만t-CO₂의 배출삭감으로 국내 발생 CO₂의 1.2% 정도의 감소 효과를 얻을 수 있다.

일본에서는 오래 전부터 온천수의 열을 열전변환 기술을 이용하여 전력으로 변환하여 온천 지역의 TV나 조명 등에 이용하고 있다. 일본 내의 풍부한 온천수는 안정적인 열원으로 유용하며 Kusatz 온천에 시범 설치한 열전시스템은 2008년 1월까지 20,000시간 운전을 기록하였으며, 단위면적 당의 발전량이나 비용에서 태양전지를 능가하고 있는 것으로 분석되었다 [3].

열전변환 기술이 CO₂ 배출억제에 진정한 의미로 공헌하기 위해서는 고온의 분위기 중에서 장기간 안정적으로 높은 변환효율로 가동할 수 있는 재료와 모듈 시스템이 필요하다.

4.2 열전변환 기술의 시장 전망

열전변환기술은 아직도 성숙된 기술이 아닌 시장 진입기 기술로 현재 명확한 시장규모를 판단하기는 어려우나 일부 외국기업의 자료와 일부 예측자료를 통해 대략적 규모는 추측할 수 있다.

표 1은 미국 ENECO社가 2006년에 열전변환소자의 잠재시장을 추산한 결과이다.

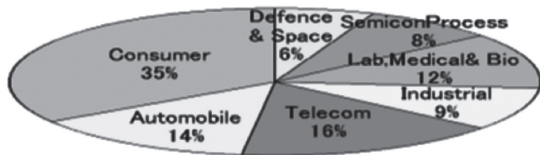
표 1에서 보듯이 ENECO社에서는 열전변환의 낙관적인 2010년 잠재시장이 27조원 규모에 달한다고 예측하고 있다.

ENECO社가 예측한 잠재시장을 근거로 하여 열전소재와 모듈시장이 전체 시장 크기의 10%, 세계시장 크기가 매년 20%씩 증가 (미국, Frost and Sullivan, 2005)한다고 가정할 경우, 2018년에 예상되는 열전변환 분야의 세계시장 규모는 139조원에 달하며, 국내시장을 5%라고 가정하면 2018년의 예상

표 1. 열전시장의 잠재시장 추정.

구분	Application	Market
Replacement	Replacement	0.3조
Cooling	Transportation	3.5조
	Residual(Cooling & Refrigeration)	0.8조
	Chip cooling	4.2조
Power Generation	Waste heat (Transportation)	10.0조
	Waste heat (Power Plants)	0.3조
	Industrial Waste Heat	막대함
	Residential (Stand by Power)	2.4조
	Premium Portable Power	5.0조
Sensor	Military & Security(IR Imaging)	0.4조
Total		27조+α

자료 : 미국 ENECO社, 2006.



Market Distribution for TE Cooling Modules. [Komatsu-2007]

그림 3. 세계 열전냉각분야 시장분포.

국내시장 규모는 6.7조 규모가 된다.

그림 3은 현재 열전기술 시장의 대부분을 차지하고 있는 일본 고마츠社(KOMATSU)가 분석한 열전 가열 및 냉각 분야의 시장분포이다.

열전냉각의 시장은 화장품냉장고·와인쿨러 등의 개인 및 가정용 소형냉각기 분야가 가장 크고, 통신용 합체냉각기, 차량용 소형냉온장기, 반도체 공정에서의 특수냉각설비, 의료분야 등의 민수분야 시장과 국방 및 우주와 같은 특수 분야 시장이 활성화 되어 있다.

5. 열전변환 기술 개발의 최근 현황

5.1 고효율 열전변환재료의 개발

1993년 MIT의 HICKS와 Dresselhaus 등 [4]은 나노 규격의 Bi₂Te₃로 열전성능값 ZT를 비약적으로 증

대시킬 수 있다는 것을 이론으로 제기하였고, 그 이후 저차원 구조재료 연구가 다수 이루어지면서 Harman 등이 PbTe계 양자 dot 구조(ZT~3.5) [5], Kanatzidis 등이 Pb-Ag-Te계 나노상 구조 (ZT~2.2)[6]를 이용하여 저차원 구조가 열전특성의 개선에 유효하다는 것을 증명하였다. Venkatasubramanian 등은 Bi₂Te₃/Sb₂Te₃ 초격자에서 2상 나노계면에서 phonon 산란 증강에 의한 대폭적인 열전도율 저하가 일어나는 것을 발견하였고 ZT~2.4의 높은 성능을 보여주었다 [7].

Hochbaum 등은 Si nanowire의 열전도율이 bulk에 비해 1/100 정도 낮아지는 것을 발견하였는데 [8], 이는 평균자유행정이 비교적 큰 Phonon이 거친 계면에서 산란되는 효과에 기인한다. 또한 Poudel 등은 Bi-Sb-Te계 nano-composite에서 ZT~1.4 (373 K)를 얻었다고 발표하여 bulk재에서의 가능성을 보여 주었으며 [9] Koumoto 등이 산화물계인 SrTiO₃계 초격자에서 2차원 전자가스가 거대열기전력을 발생하는 것을 발견하고 실온에서 ZT = 2.4라는 세계 최대의 성능을 실현하기도 하였다 [10].

나노구조제어는 열전성능의 비약적인 향상에 불가결한 요소로 인식되고 있으며 양자 dot 효과 또는 나노 계면 양자 산란효과에 의해 성능향상이 가능한 나노 구조를 내장하는 열전변환재료의 개발이 세계적으로 추진되고 있다. 여기서 주의해야 할 것은 형성된 나노계면은 일반적으로 불안정하므로 고온에서 계면이동과 함께 입자성장 및 고체간 반응에 의해 구조가 붕괴되면서 성능이 저하될 수 있다는 점이다. 이 문제를 극복하려면 안정한 나노계면을 형성할 수 있는 열전물질계를 열역학과 결정학에 기초하여 설계하고, 설계된 나노구조를 실현시키기 위한 공정의 개발이 필수적이다.

5.2 열전변환 시스템의 개발

열전변환기술이 CO₂ 배출억제에 최대로 공헌할 수 있는 대상은 자동차 폐열의 회수이다. 미국은 2001년부터 DOE에서 ‘자동차폐열이용 열전발전 프로그램’을 시작하였으며 10%의 연비향상과 ZT = 2~3의 열전냉각공조를 달성하려는 목표를 설정하고 있다. 특히 2005년부터 6년 계획으로 진행하는 프



로젝트는 총 개발비 2억\$을 넘는 규모로 자동차 기업, 부품 기업, 대학, 연구소가 재료개발과 모듈 및 시스템 개발을 강력하게 추진하고 있다. 중국에서는 과학기술성에 의해 2007년부터 '중국 973 project'에 포함되어 장기적으로 ZT = 2.0을 목표로 재료개발을 추진하고 있으며 태양전지와 열전발전과의 하이브리드화 (전체 효율 ~20% 목표)와 산업배열의 응용을 함께 검토하고 있다. 독일에서는 자동차를 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있으며 BMW社를 주축으로 2011년부터 3년간 40M€의 연구비로 500 W급의 자동차용 열전 발전기를 개발하는 프로젝트를 시작할 예정이며 2022년까지는 1 kW급을 목표로 하고 있다. 일본에서도 NEDO project가 2002년부터 5년간 추진되어 재료와 모듈이 개발되고 실용화를 위한 많은 성과가 있었다. 2008년부터는 CO₂ 저감을 위한 CREST 프로젝트가 시작되어 6년간 고효율 재료와 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.

우리나라에서는 20여 년 전부터 소규모로 열전냉각 소재 연구를 시작하였으며, 열전발전 기술에 대한 본격적인 연구는 1996년부터 한국전기연구원에서 시작되어 가정용 보일러를 이용한 1 kW급에 이어 저온열을 이용하는 시스템으로는 세계 최대인 10 kW급의 발전시스템을 구축하였으며, 2007년도에는 5 kW급 열전발전기 (그림 4)를 복합화력 발전소에 시험 설치하는 정도로 빠른 진전을 이루고 있다.

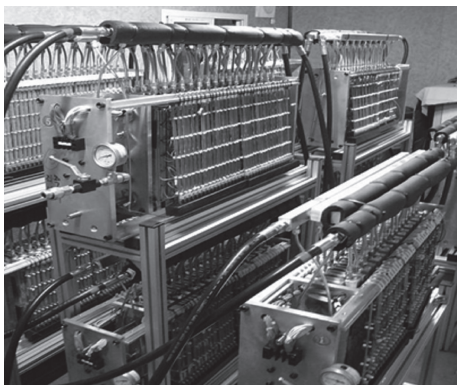


그림 4. 국내 개발된 5 kW급 열전발전기 (2007, KERI).

2008년부터는 국가의 지원을 받아 장기적인 프로젝트로 고효율의 열전소재 개발이 진행되고 있어 좋은 성과가 기대된다.

5.3 새로운 시장을 창출하는 시스템 기술

열전변환기술에 의해 사용이 기대되는 여러 기술의 핵심은 열의 직접회수에 의해 유용한 전기에너지로 변환하는 것이다.

미국 NASA에서는 1960년대에 이미 신뢰성이 높고, 약 300 W의 전력을 장기간 생산할 수 있는 방사성동위원체열전발전기 (RTG)를 우주선의 전력원으로 실용화하였다. 그러나 RTG와 같이 특별한 용도의 전력원은 시장이 좁다는 문제점을 가지고 있다.

이에 비해 자동차에의 응용은 시장 관점에서는 매우 매력적이다. 현재의 자동차의 전력수요는 장착된 발전기 전력공급 능력을 상회하고 있을 뿐만 아니라 점차 그 요구량이 증대되고 있기 때문에, 폐열을 전력으로 변환한다는 것은 자동차를 비롯한 수송 산업에서는 특히 중요하다. 자동차 배기가스 또는 엔진에서의 다량의 폐열 (소비에너지의 약 2/3)의 대부분을 회수하여 열전발전을 하여 이용 가능한 전기에너지로 하는 것으로 인해 화석연료의 수요를 감소시키고 환경에의 유해한 영향을 감소시키는 것이 가능하기 때문이다. 최근의 열전변환재료에서의 우수한 결과들을 활용하면 그 효과는 더 커질 수 있다.

태양에너지 변환기술의 진전은 자동차 응용보다도 중요하다. 태양전지와 열전하이브리드 디바이스를 태양광 집열기/집광장치 시스템에 탑재하여 축적열을 전기에너지로 변환하는 것이 가능하다. 태양광과의 하이브리드 열전발전기의 시장은 아직은 초기단계에 있고 자동차 보다는 먼 미래의 시장이기는 하지만, 태양에너지의 40% 이상이 적외선 지역의 열에너지이므로 이용할 수 있는 에너지가 많으므로 큰 성장을 기대할 수 있는 시장이다.

Amerigon이 CCS (Climate contro seat)로 자동차 시장에 돌파구를 연 이래 열전변환의 응용은 자동차 산업에서 아주 매력적인 분야로 많은 관심을 유발하고 있다. 대부분의 열전기술 관계자들은 자동차에의 응용이 열전소재 및 재료의 최대시장이 될 것으로 믿고 있다. Amerigon의 CCS 유니트는 현재 전 세계

의 자동차 시장에서 연간 수백만 대가 판매되고 있으며 2011년도의 매출이 1,200억 원 규모를 상회할 것이 예상된다. Amerigon의 성공은 변환효율이 낮은 기존의 모듈을 사용하면서 열의 관리를 우위로 두어 변환효율을 크게 개선하는 관점의 전환을 통해 이룩한 것이라는 점에서 오히려 열전변환 기술의 시장이 지금부터 창출될 수 있다는 점을 강하게 시사하고 있다.

그 외에도 Micropelt社의 Miniature device, IMEC의 Sensor node power 등과 같이 열전변환 시장을 개척하고 있는 제품들이 계속해서 개발되고 있어 앞으로의 전망을 밝게 하고 있다.

6. 열전변환 기술의 미래

어느 기술로도 21세기의 에너지 문제를 전부 해결할 수는 없다. 이러한 기술을 복합적으로 사용하는 것이 문제해결에 필요하다. 이들 중의 한 가지가 열전변환기술이다.

열전발전은 70년대까지는 주로 우주선의 전원 공급용으로 연구되었으나 극지 전원공급용, 벽지, 해저 탐사용으로 그 응용분야를 확대하여 왔는데, 여러 장점을 지니고 있음에도 변환효율이 낮고 시스템 가격이 높아 실용화에는 많은 제약이 있었다. 그러나 최근 고효율 소재와 관련 시스템 기술이 개발되

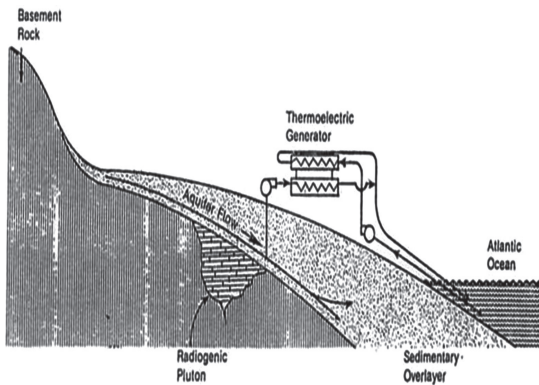


그림 5. 지하수/해수온도차 발전 개념도.

면서 열전변환의 효율 증가의 가능성을 보이고 있어 향후의 기술전망을 밝게 하고 있다.

그림 5는 지하수와 해수의 온도차를 이용한 열전발전시스템의 개념도를 보여주고 있다. 태양열과의 하이브리드 시스템보다도 더 먼 미래의 기술일 수도 있으나 열전변환 기술의 궁극적 목표는 미래에너지의 창출이라는 점을 잘 나타내고 있는 개념이다. 열전변환 기술로 해수온도차 발전을 하는 경우에는 수백 MW규모의 전력을 얻을 수 있다는 장밋빛 전망도 제기되고 있다.

열전발전은 이용되지 않고 버려지는 150℃ 이하의 저급열에너지에서도 전기를 얻을 수 있다는 특징을 가지고 있으며 현재 활용되지 않고 버려지는 이러한 종류의 에너지를 비용으로 환산한다면 막대한 금액이 될 것으로 추정된다. 에너지 재활용의 필요성이 점차 증가하고 있다는 점과 열전재료와 관련한 많은 연구가 계속되고 있다는 점에서 조만간 열전발전과 관련된 기술이 안정화가 되고 효율도 향상되어 충분히 경쟁성을 가지게 될 것이다.

새롭게 개발되는 나노열전재료를 모듈화하고 시스템으로 조합하는 단계로 진입하기 위해서는 이제까지 Bi/Te 등에서 얻어진 기술과 함께 나노재료 특유의 과제를 해결할 필요가 있다. 또한 재료특성에 맞는 모듈, 시스템의 설계가 필요하며, 전극, 절연재 등의 주변기술의 개발도 재료특성에 따라서 이루어져야 한다. 이를 위해서는 물리, 화학, 재료, 전기, 기계 등 분야에서 많은 연구자와 기술자들이 지혜를 결집하여 개발을 추진하는 것이 매우 중요하다. 물론 기술의 완성도를 높이고 실용화를 달성하기 위해서는, 국가적인 지원이 중장기적인 안목을 가지고 이루어져야 함은 다시 언급할 필요가 없다.

7. 열전변환 기술 확보를 위한 제언

열전변환기술은 전기와 열에너지의 유용성을 친환경적으로 극대화 할 수 있고 열에너지의 다단계 피드백이 가능한 재생 에너지 기술로 향후 그 기술적 가치는 더욱 증가할 것임이 분명하다. 그러나 열전변환 기술은 아직은 시장의 여건이 성숙되지 않고



있어 기업의 참여가 용이치 않은 기술 분야이기도 하다. 따라서 기술의 확보를 위해서는 정책적인 지원이 필요하다.

7.1 공세적 기술지원 필요

열전변환 기술 분야는 비교적 근년에 기술적 혁신이 일어나 선진국과의 기술적 격차가 작고 나노 분야에서의 국제적 경쟁력 등을 고려하면 타 에너지 기술군에 비해 원천기술 확보가능성이 매우 높을 뿐만 아니라 IT와 융합된 신에너지 시장에서의 적용가능성이 매우 높은 미래지향적 녹색 에너지기술이다.

최근 대기업을 중심으로 커져가는 기술적 필요성 인식과 시장참여 의지가 국가적 지원과 산학연의 적극적 개발노력을 토대로 보다 공격적으로 실현될 경우, 열전변환기술이 에너지 분야에서의 국가적 신성장 동력으로 성장할 가능성은 매우 크다.

7.2 수요견인형 (Demandn-pull) 산업화 모델 검토

최근의 에너지 기술 분야는 에너지 생산에 대한 녹색화, 소비의 고효율화를 목표로 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 특히 생활 에너지의 대부분을 차지하는 전기와 열의 효율적 사용은 거시적으로는 국가적 에너지 정책의 핵심이 되고 있으며 미시적으로는 가정단위의 에너지 소비를 최적화할 수 있는 상품개발의 주요 화두이다. CHP (Combination of Heat & Power)로 표현되는 열과 전기의 통합적, 고효율화 기술은 향후 세계 에너지 시장의 핵심요소로 성장할 가능성이 매우 높다. 이러한 환경 하에서 반도체 기술을 이용함으로써 친환경적이며 다단계의 열에너지 재생이 가능하여 기존 에너지 생산시스템의 효율을 극대화 할 수 있고 미래 시장주도형 IT, BT 분야에서의 전원으로 사용가능성이 높은 열전변환 기술의 미래는 최근의 시장분위기를 언급하지 않더라도 매우 긍정적이라 할 수 있다.

다만, 이 같은 기술적 잠재성을 시장에 뿌리내리고 시장의 기술경쟁을 통해 국제적 경쟁력을 확보하기 위해서는 열전변환 응용 제품의 보급률 확대를 위한 국가적 시장 확대 정책이 매우 필요하다. 즉 열전변환용 상품 또는 시스템에 대해 태양광 분야에서 지원되는 것과 같은 다양한 세제혜택, 자금지원 정

책이 도입될 경우, 현재의 기술만으로도 충분한 시장 경쟁력을 갖춘 각종의 열전변환 응용품들이 시장에 나타날 수 있을 것으로 생각되며, 궁극적으로 에너지 분야에서의 국가 경쟁력을 향상시킬 수 있는 중요한 계기가 될 것으로 확신한다.

참고 문헌

- [1] IEA 2006, KEEI DTI 2003, KEEI Defra 2004
- [2] G. Bennet : Space Nuclear Power, Encyclopedia of Physical Science and Technology, Third Ed., Vol. 15, pp.537-553(2002)
- [3] Nikkei Microdevice, p.100(2008.4)
- [4] L.D Hicks and M.S. Dressellhaus: Phys. Rev. B47, 12727(1993)
- [5] T.C. Harman et al. : J. Electron. Mater., 29, L1(2000)
- [6] M.G. Kanatzidis et al.:Science, 303, 818(2004)
- [7] R. Venkatasubramanian et al. : Nature, 423, 597(2001)
- [8] A.I.Hochbaum et al.: Nature, 435, 163(2008)
- [9] B.Poudel et al.:Science, 320, 634(2008)
- [10] H. Ohta, K.Koumoto et al.:Nature Mater., 6, 129(2007)

저자|역|력|



성 명 : 이희웅

◆ 학 력

- 1977년 서울대학교 공과대학 금속공학과 공학사
- 1979년 서울대학교 대학원 금속공학과 공학석사
- 1990년 서울대학교 대학원 금속공학과 공학박사

◆ 경 력

- 1979년 - 1985년 흥익공업전문대학 조교수
- 1985년 - 현재 한국전기연구원 재료응용연구본부 책임연구원
- 2005년 - 2008년 한국전기연구원 재료응용연구단 단장
- 현재 한국전기전자재료학회 부회장