

# 열전변환재료의 기술동향

건설안전표준과 공업연구원 조덕호  
02)509-7239 dhcho@ats.go.kr

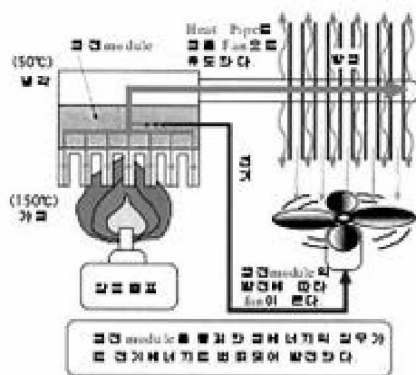
## 1. 열전변환의 개요 및 필요성

배열(排熱)의 유효활용은 에너지·환경 분야의 중요한 연구과제의 하나이다. 현재 산업 및 가정용 등 전 공급에너지의 약 2/3가 주로 변환과정에서 발생하는 열로 방출되어 버려지고 있다. 따라서, 각종 변환과정에서 에너지 효율을 향상시키는 것도 중요하지만 방출되는 배열을 유효하게 회수 이용하는 것은 에너지 절약이라는 관점에서 더욱 더 중요하다.

열전변환재료는 열에너지를 전기에너지로, 또는 전기에너지를 열에너지로 직접 변환시키는 기능을 갖는 재료로 가동부가 없어 이론적으로는 100% 변환효율을 나타낼 수 있다.

열전변환의 종류에는 Seebeck 효과(온도차에 의해 전위차가 발생하는 효과)를 원리로 하는 열전발전과 그의 역변환인 Peltier 효과(전류의 흐름에 의해 온도차가 발생하는 효과)를 원리로 하는 열전냉각이 있다(그림 1참

### ▶ 열전 module의 발전



### ▶ 열전 module의 냉각

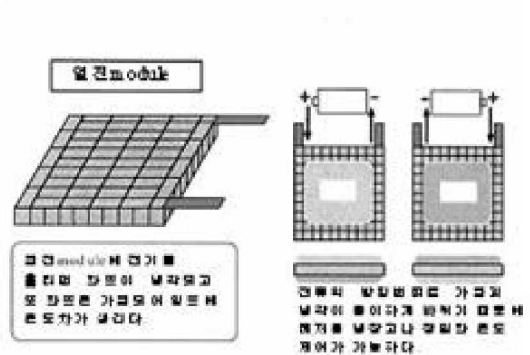


그림 1. 열전변환재료의 열전원리

조). 두가지 효과 모두 반도체 소자내의 현상을 이용하기 때문에 보수가 불필요하고 신뢰성이 높으며 소형경량으로 무소음의 특징을 갖고 있다.

열전발전 및 열전냉각을 사용한 열전변환은 에너지 유효이용에 따른 에너지 절약이나 프레온가스 이용기기 대체 등 지구환경문제 해결에 공헌이 기대되며 국소 냉각 또는 고정밀 냉각 기능의 응용에 따른 전자부품산업의 고기능화가 가능하여 열전변환에 대한 관심이 급속도로 높아지고 있다.

그러나 열전변환 system의 변환효율은 아직 불충분한 수준에 그치고 있기 때문에 현재까지 폭넓게 전개되지 않고 특수용도나 산업용단으로 그치는 이유가 되고 있다. 그러므로 배열의 효과적인 회수와 열전변환 재료의 폭넓은 이용을 위해서는 우수한 열전소재의 개발이 시급하다

현재, 열전재료의 용도 개발은 실용화의 초기단계에 있으나, 앞으로 산업 및 민생용의 본격적인 수요 확대를 위해서는 다음 사항의 성취가 반드시 필요하다.

① 기계적 강도가 높고 가격이 저렴하며 화

학적, 열적으로 안정한 고성능의 반도체 재료개발

② 적은 열원의 효율을 극대화하는 thermo-module의 설계 및 제작

③ 높은 회수율과 용도에 적합한 고효율의 반도체 양산과 용도에 적합한 장치 제작

## 2. 열전변환의 응용

일반적으로 열전반도체 개발은 근래까지는 민생용보다는 주로 인공위성, 해양개발, 군사장비 등 특정 분야에의 무소음, 무진동, 무중력, 고압, 진공상태의 냉각 및 전원공급을 목적으로 추진되어 왔다. 그러나 현재는 에너지의 유효 이용분야와 전자 반도체산업 분야, 가전제품에서의 경제적 용도로 실용화가 활발히 진행되고 있다(표 1 참조). 즉, 국부적인 냉각이 요하는 분야로의 적용이 우선 적용되고, 예를 들어 기존의 냉각기 등에서는 컴프레셔를 비롯한 방열기, 송풍기 등의 고하중 냉각부가 복잡하게 설치되어 있으나, 열전반도체를 이용하면 냉동 공조기기 등의 고하중 복잡성의 컴프레셔 순환기 부품이 가벼운 단일부품으로 대체되므로 새로운 전원을 공급할 필요가 없어 경제적이다. 표 1에는 현재 사용되고 있는 열전재료의 응용품을 나타내었다.

표 1. 열전재료제조 및 가공기술의 기반성 및 핵심성 (대표적 응용)

| 열전재료   | 응용분야 | 세부응용항목            | 기존 냉각기와의 효율비교   |
|--|------|-------------------|---|
| 저온영역(200C이하)<br>: Bi-Te 계                            | 군사분야 | 미사일 적외선추적장치       | 1. 냉각효율저하 (개발중)<br>2. 우수한 중량비<br>3. 경제성 : 현재 50:50<br>(수요 증가 추세에 비추어 열전반도체의 급상승 예상)<br>4. 넓고 정밀한 온도조절영역<br>5. 용도 : 상온 및 고부가가치의 진공 또는 고압용<br>6. 내열성, 화학적 안정성, 열전특성, 신뢰성, 강도성 |
|  |      | 무인중계기(PCB cooler) |   |
|  |      | 향온항습기             |   |
| 중온영역(200-500C)<br>:(Pb,Ge)-Te 계                      | 의료분야 | 메디칼센터 국부냉각용       |   |
|  |      | 마취용 메스            |   |
| 고온영역 (500-1000C)<br>: Si-Ge 계,<br>Fe-Si 계<br>Oxide 계 | 산업분야 | 냉온 안마기            |   |
|  |      | 냉온 정수기            |   |
|  |      | 국부냉각 및 증계기        |   |
|  |      | Chiller 및 Chamber |   |
|  |      | 냉온 공조기/열교환기       |   |

### 3. 국내외 기술동향 및 수준

#### 가. 국외의 기술동향 및 수준

열전냉각 및 발전의 연구는 1900년대 초에 시작되었으며 구 소련에서는 1940년대 초에 이미 가열식 열전발전 시스템은 실용화하였으며,

잠수함의 동력원으로 미국 에너지부 (DOE ; Department of Energy)에서 인공 위성용 열전 발전기 연구를 시작하면서 본격화하였으며 연소식 열전발전, 동위원소 열전발전, 원자력 열전 발전 등을 실용화하였고 1980년대부터 열전 냉각장치가 상용화되기 시작하였으나 낮은 효율 등의 문제로 제한적인 시장에서 활용되고

표2. 선진국과 국내 기술의 응용제품과 생산품 기술의 비교

|       |        |  |                          |
|-------|--------|--|--------------------------|
| 선진국   | 응용제품기술 | 각종 IC 부품, 전자 광학 기기, 냉각장치 등에 이용하는 device 설계 및 제품 기술 |                          |
|       | 생산품    | computer CPU용 냉각 부품 생산                             |                          |
| 국내 기술 | 연구 부문  | 응용제품기술   | 국부 냉각 및 향온 제어용 부품        |
|       |        | 생산품  | 냉온장 장치 설계 기술             |
|       | 산업 부문  | 응용제품기술   | 컴퓨터 CPU 냉각 부품 연구         |
|       |        | 생산품  | 부분적 device 기술 보유냉각 부품 연구 |

있었음. 일본은 1993년부터 시작한 통산성 주관하의 **New Sunshine** 계획에서, 배열, 배수 열 등의 저급 에너지를 열원으로 하는 수 백와트급의 **WTG** 시스템에 대한 기술검토와 개발을 추진하고 있다. 재료공학기술을 배경으로 고효율 열전반도체의 개발과 병행하여 새로운 용도의 제품이 출현하고 있으나, 열전반도체는 세계적으로 극히 소수의 **maker**에서만 독점 생산되며 반도체 자체의 판매보다는 열전특성을 이용하는 **unit**로 판매되고 있다.

#### 나. 국내의 기술동향 및 수준

국내에서 이루어지고 있는 연구는 전자산업 등의 발전과 더불어 열전재료의 기능성을 이용하는 분야가 신장되고 있다. 열전재료의 개발을 위한 연구가 한국전기연구소, **KIST**, (주) 씨모텍 및 흥익대 등에서 이루어지고 있는데, 대부분 저온용(**Bi** 계) 및 중온용(**Pb** 계) 열전 발전소재를 수입하여 모듈제작 후 각각 냉온정수기, 에어컨 등에 장착하고 있는 실정이고, 더욱이 고온용 열전 발전재료로서 **FeSi<sub>2</sub>**계를 대상으로 목포대, 인천대 등에서 연구되고 있지만 그 수가 매우 적은 편이다. 기술, 인력 및 자본면에서 투자수준은 선진국의 약 20분의 1 수준이며, 전반적인 연구인력 및 산업인력은 각각 20여명 이내로 매우 적은 편으로서 잠재적인 시장규모에 비교하여 볼 때 아주 미미한 산업적 기반을 가지고 있다.

앞으로의 연구는 열전재료의 조성과 미세조직, 성장속도, 로의 온도구배 등의 자율적인 제어기술 확보를 통하여, 현재의 **30W**급에서 약 **1KW**급 이상의 열전특성을 확보하는 것이 당면과제라 할 수 있다.

#### 4. 기술경쟁력 확보가능성(국내 연구개발 투자 현황 및 전망)

국내에서 수행되고 있는 열전발전에 대한 연구는 7~8개의 기관에 불과하며, 국외의 연구개발현황과 비교하여 초보적인 수준을 면하지 못하고 있다. 특히, 연구비의 투자는 국공립 연구기관 및 기업체에서 최근 5년간 각각 매년 약 3억원 및 10억원 가량으로 투자가 미비하나 효율성과 환경측면을 고려할 때 향후 5년간 매년 10억원 이상의 투자가 이루어질 예정이다 - (주) 부양전자 및 (주) 씨모텍 시장 수요조사 인용. 특히, 수입 및 비효율적 제조공정에 의존하고 있는 신소재제조 및 가공 분야에서의 투자는 수입대체항목으로서 지속적인 국가투자가 필요한 실정이다.

#### 5. 기술수요 및 전망(기술의 산업/공공 연관성)

##### 가. 현재의 기술수요

현재 열전기술은 표1에 제시된 바와 같이 저온 및 중온용을 이용한 군사, 가전, 의료분야가 대표적인 수요처이며, 고온용 열전재료기술은

반도체 디바이스 제조산업 및 우주·항공산업 등의 첨단산업분야에 있어서의 고정밀 온도 제어 시스템과 에너지절약형 무공해발전시스템 등에 적용될 예정이다. 국내 (주)씨도텍, (주)동지기술연구원, (주)부양전자, (주)대광전자, (주)글로텍, (주)청호나이스 등 약 10여 개의 업체가 관련되어 있다. 현재 국내 수요는 약 2천억원에 이르며, 대부분 미국 마로, 멜코사 등에 의존하고 있다.

또한 이 기술과 밀접히 관련있는 민수용, 군수용, 우주 항공산업 등에 현재 미국, 일본, 러시아, 캐나다를 비롯한 국외 및 국내업체는 약 100여 개에 이르며, 화석에너지 고갈에 따른 대체에너지개발, 환경오염에 대비한 무공해 에너지개발의 필요성 및 정보전자산업의 발달과 더불어 그 수가 증가하고 있다.

#### 나. 향후 기술수요전망

현재, 국내 열전재료에 관련된 소재 제조 및 평가기술은 구미, 일본 등의 선진국과 비교하여 매우 미비한 실정이지만, 에너지절약, 환경오염방지, 소형 경량화, 저소음 및 국가경제력 향상 등의 국가과학기술정책목표에 부응하여 열전재료의 지속적 개발은 결실하게 다가올 것이다. 결국, 온도별 소재의 특성향상의 유도가 가장 크게 요구될 것이고, 소재제조 및 가공기술의 개발 및 국산화가 신 응용분야의 개척으로 연결될 것이다. 지속적인 수요부품인 가전, 군사, 의료부품 외에 Space telescope cameras, 휴대용 발전기, 무전원 팬히터, 고성능 PC와 각종 통신 기기 및 계측기기의 냉각과 항온 시스템 및 무공해 전원공급장치, 자동차 및 소각로의 폐열을 이용한 열 발전 장치 등의 수요가 예상된다. 향후 5년후에는 국내시장의 경우 약 2조원, 세계시장의 경우 약 20조원의 규모가 예상된다. ●