



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

2008년 8월
석사학위논문

Piezoelectric Actuator를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능 고찰

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

윤 희 성

Piezoelectric Actuator를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능 고찰

**Study on the Cooling Performance of Thermoelectric Cooling Device
using Piezoelectric Actuator**

2008년 8월 25일

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

윤 희 성

Piezoelectric Actuator를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능 고찰

지도교수 오 율 권

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2008년 4월

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

윤 희 성

윤희성의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김 재 열 인

위 원 조선대학교 교수 유 영 태 인

위 원 조선대학교 교수 오 율 권 인

2008년 5월

조선대학교 대학원

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 내용	4
제 2 장 이론적 배경	5
2.1 열전현상	5
2.1.1 Seebeck 효과	5
2.1.2 Peltier 효과	6
2.1.3 Thomson 효과	6
2.1.4 p형과 n형 반도체 접합부에서 여러 계수의 관계	7
2.2 열전소자의 열성능 이론 해석	7
제 3 장 실험장치 및 실험방법	11
3.1 실험장치	11
3.1.1 열전냉각장치	12
3.1.2 압전 구동기	16
3.1.3 온도 측정 장치	18
3.1.4 유동 가시화 장치	19
3.2 실험방법	20
3.2.1 온도분포 측정 방법	20
3.2.2 유동 가시화 방법	23
제 4 장 실험 결과 및 고찰	25
4.1 온도분포 측정 결과	25

4.1.1 열전 소자의 냉각부 및 발열부의 표면온도 측정	25
4.1.2 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리에 따른 온도분포 측정	27
4.1.3 압전 구동기 가진에 따른 온도분포 측정	31
4.2 유동 가시화 결과	35
4.2.1 열전냉각장치만 가진 하였을 경우 유동 가시화	35
4.2.2 압전 구동기만 가진 하였을 경우 유동 가시화	37
4.2.3 압전 구동기를 가진 하였을 경우 열전냉각장치의 냉각영역 유동 가시화	40
제 5 장 결 론	42
참 고 문 헌	43

LIST OF FIGURES

Fig. 1	Schematic diagram of thermoelectric cooling	7
Fig. 2	Schematic diagram of thermoelectric cooling experimental set-up	11
Fig. 3	Schematic diagram of thermoelectric cooling devices	12
Fig. 4	Schematic diagram of thermoelectric module	14
Fig. 5	Schematic diagram of heat sink	15
Fig. 6	A photograph of cooling fan	15
Fig. 7	Schematic diagram of piezoelectric actuators	17
Fig. 8	Schematic diagram of experimental set-up for measurement of temperature distribution	18
Fig. 9	Schematic diagram of experimental set-up for visualization	19
Fig. 10	Schematic diagram of cold region position for temperature measurement between thermoelectric cooling devices and piezoelectric actuators	21
Fig. 11	Schematic diagram of temperature measurement points in cold region between thermoelectric cooling devices and piezoelectric actuators	22
Fig. 12	Schematic diagram of test section position for visualization	24
Fig. 13	Schematic diagram of flow direction	24
Fig. 14	Surface temperature distribution of hot and cold sides at thermoelectric module	26
Fig. 15	Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, $Y = 1 \text{ mm}$	28
Fig. 16	Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, $Y = 3 \text{ mm}$	29

LIST OF FIGURES (Continued)

Fig. 17 Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, Y = 5 mm	30
Fig. 18 Temperature distribution in cold region with the piezoelectric actuators, Y = 1 mm	32
Fig. 19 Temperature distribution in cold region with the piezoelectric actuators, Y = 3 mm	33
Fig. 20 Temperature distribution in cold region with the piezoelectric actuators, Y = 5 mm	34
Fig. 21 Visualization of flow phenomenon in cold region, only the thermoelectric cooling devices	36
Fig. 22 Visualization of flow pattern at test section, only the piezoelectric actuators ..	38
Fig. 23 Visualization of flow phenomenon at test section, only the piezoelectric actuators	39
Fig. 24 Visualization of flow phenomenon in cold region, with the thermoelectric cooling devices and the piezoelectric actuators	41

LIST OF TABLES

Table 1. Performance specifications of thermoelectric module	14
Table 2. Performance specifications of piezoelectric actuators	16

NOMENCLATURE

A_C	: Area of thermoelectric module
COP	: Coefficient of performance
I	: Current intensity
K	: Thermal conductivity
N	: Number of thermocouples
P	: Electric power
R	: Resistance of thermoelectric module
T	: Temperature
T_H	: Hot side temperature
T_C	: Cold side temperature
ΔT	: Difference between hot side temperature and cold side temperature
T_{ave}	: Average temperature $((T_H + T_C)/2)$
Q_C	: Absorbed by Peltier cold side heating power
Q_H	: Peltier hot side heating power
Q_J	: Joule heat generation
Q_P	: Peltier heating power
Q_T	: Thomson heat flow
V	: Voltage
Z	: Figure of merit

NOMENCLATURE (Continued)

Greeks

α : Seebeck coefficient

δ_C : Peltier coefficient at the junction of materials A and B

Π : Peltier coefficient

Π_{AB} : Peltier coefficient at the junction of materials A and B

ρ : Electric resistivity

σ : Thomson coefficient

ABSTRACT

Study on the Cooling Performance of Thermoelectric Cooling Device using Piezoelectric Actuator

Yoon, Hee-Sung

Advisor : Prof. Oh, Yool-Kwon Ph.D.

Dept. of Advanced Parts and Materials Engineering

Graduate School of Chosun University

Thermoelectric (Peltier) technology has experienced a major advance in recent years, basically due to the development of semiconductors and the incorporation of the thermoelectric devices into the civil market. As a result of environmental problems produced by CFC gas, the development of equipment based on this technology has been fostered. Nowadays thermoelectric refrigeration has a place in medical applications, scientific equipment and in other devices where a high precision temperature control is essential. An increasing number of experimental and numerical studies have been performed on the thermoelectric module and the thermoelectric cooling devices to improve the cooling performance of the thermoelectric cooling devices using thermoelectric module. Accordingly, the objective of this study was to improve the cooling performance of the thermoelectric cooling devices using the piezoelectric actuators.

So, the temperature distribution of cold region between cold side of the thermoelectric cooling devices and the piezoelectric actuator was measured with and

without the piezoelectric actuators during the cooling process using the thermoelectric cooling devices. The results of measured temperature distribution with the piezoelectric actuators were compared with one without the piezoelectric actuators. Also, this study focused on the visualization of thermo-flow phenomenon of cold region to thermoelectric cooling device using thermoelectric module when the piezoelectric actuators is used. A prototype of a miniature thermoelectric cooling device using the piezoelectric actuators was proposed and constructed. The flow visualization of thermoelectric cooling device using He-Ne laser and CCD camera was experimentally investigated.

The result of experiment shows acoustic streaming is one of the prime effects when vibrating piezoelectric actuators were applied. Besides, the enhanced cooling performance can be attributed to the generation of acoustic streaming by the vibration of piezoelectric actuator which was captured in the flow visualization experiments.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

열전현상은 어떤 물질의 양단에 열과 전류를 동시에 흘렸을 때 상호작용에 의해 서로 영향을 주는 것을 말하며, 전압에 의한 전류의 흐름이 열의 흐름을 유발시켰을 때, 이는 곧 열펌프(Heat Pump)의 원리가 되며 반대의 경우에 열전 모듈에 의한 발전의 원리가 되는 것이다[1,2]. 이러한 열전현상에 관한 연구는 1821년 Seebeck의 실험결과를 토대로 두 개의 서로 다른 전도체의 접합부에 열을 가하였을 때 양단에 전위차가 생긴다는 Seebeck 효과와 1843년 Jean Peltier에 의해 서로 다른 물질에 전류를 통과시켰을 때 접합부 근처에서 온도차가 생긴다는 Peltier 효과로부터 시작되었다. 이후 1851년 Thomson은 Seebeck 효과와 Peltier 효과의 가역성을 열역학적으로 이론화하던 중 온도기울기가 있는 도체에 전류를 흘리면 도체내부에서 열이 흡수되거나 또는 열이 발생되는 Thomson 효과를 제안하였다.

이러한 전류의 극성에 따라 열을 흡수·방출하는 열전소자를 이용한 전자냉각방식은 기존의 프레온 가스나 암모니아와 같은 냉매를 압축기에 의해 강제순환시켜 냉각하는 증기압축식 냉각방식에 비해 냉매순환을 위한 기계적인 구동장치인 압축기와 같은 작동 부품이 필요하지 않으므로 마모와 소음이 없고, 냉매의 폐기처분 시 생기는 환경오염을 유발하지 않고, 국소적으로 목적하는 냉각을 수행하는 특수냉각방식이다. 이러한 냉각방식은 열전소자의 가격이 비싸고, 냉각성능이 낮은 단점이 있지만, 열전소자의 냉각용량은 직류전원을 사용

하는 열전소자의 입력전압 조절만으로도 제어가 가능하기 때문에 정밀온도제어가 가능하고, 중력의 영향을 받지 않기 때문에 장소의 구애를 받지 않으며, 저소음, 소형화 등의 장점이 있다[3,4]. 이러한 장점으로 열전소자 냉각방식의 응용분야는 항공우주분야, 가정 및 산업응용분야, 의료 및 군사용 분야에 이르기까지 다양하다.

열전소자를 이용한 시스템의 성능향상의 변수는 열전소자의 자체 재료의 향상과 시스템의 최적 설계에 있다[5]. 따라서 열전소자에 관한 연구는 열전소자의 자체에 의한 연구를 넘어 열전소자 시스템에 대한 연구로 확산되고 있는 추세이다.

Kang 등[6]은 공기와 물을 동시에 사용함으로써 현열냉각과 함께 잠열냉각을 이용한 증발냉각방식을 도입하여 기존의 공랭식과 수냉식보다 방열효과를 높일 수 있었고, Astrain 등[7]은 상변화에 의한 발열부의 냉각방식을 택하여 방열효과를 높일 수 있다고 보고하였다. 또한, Huang 등[8]은 열전소자의 고온 측에서 충분한 방열이 이루어질 경우 열전소자는 최대성능을 발휘할 수 있다고 하였으며, Lee 등[9]은 peltier module과 heat sink, fan 등을 장착한 시스템을 제작하여 peltier module의 종류와 heat sink의 종류 등을 변화시킴으로써 발열부의 냉각이 원활하게 이루어져 peltier module의 냉각효율을 높이는지에 대해 규명하였으며 Lee와 Kim[10]은 마이크로 열전냉각기의 열성능을 예측하기 위해 열전소자의 두께를 변화시켜 FEMLAB 소프트웨어를 이용하여 3차원 해석을 수행하였다.

열전소자 시스템 향상에 관한 연구가 지속적으로 이루어짐에 따라 열전소자를 이용한 제품들의 개발이 활발히 이루어지고 있다. Guler와 Ahiska[11]는 6~10℃를 유지하며 혈액이나 백신 등을 저장할 수 있는 의료용 냉장고를 개발하였으며, Jin 등[12]은 음료수 등을 저장할 수 있는 쇼케이스를 제작하는데 활용하였다. 또한, Astrain 등[13]은 열전냉각기의 열적·전기적 성능을 예측할 수 있는 계산 모델을 개발하였고, 계산 모델을 실험적으로 입증하기 위해 열전냉각기를 제작하였다.

열전소자를 이용한 제품들의 냉각성능을 향상시키기 위해 Kim 등[14]은 열전소자를 이용한 화장품냉장고의 일정 온도로 냉각하기 위해 고온부 방열팬의 속도를 변화시키는 실험을 통해 연구하였고, Lee 등[15]은 고온측의 발열량을 제어하고자 Pulsating Heat Pipe(진동형 히트파이프, PHP)를 열확산기(thermal spreader)로 적용하여 화장품냉장고를 설계하여 냉각성능실험을 수행하였다.

이러한 열전소자를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능을 향상시키기 위해 열전소자의 자체재료의 향상, 열전소자의 두께 변화, 발열부의 냉각 방식 변화, 방열판의 규격 및 구조 변화, 냉각팬의 속도 변화 등 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있으나, 외부의 힘에 의한 능동적인 방법으로 냉각성능을 촉진시키는 연구에 대해서는 연구가 충분치 못하고 있는 실정이다.

기존의 열전달을 촉진시키기 위한 방법들로는 열전달 표면의 증가나 촉진제의 첨가와 같은 수동적 방법과 전기장, 자기장, 초음파, 표면 진동과 같은 외부의 힘에 의한 능동적 방법으로 나눌 수 있다[16]. 능동적인 방법을 이용할 경우 열전달 계수를 어느 정도 능동적으로 제어할 수 있는 큰 장점이 있지만 상황에 따라서는 장치가 복잡해지고 외부 동력을 추가함에 따라 수반되는 여러 가지 문제점이 발생하는 것으로 알려져 있고 제품의 제작 시 소형화하기에는 어려움이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 현재 많은 연구가 이루어지고 있으며, 특히 전기·기계 상호변환 작용을 하는 압전 세라믹에 전기에너지를 가하여 기계적 진동이 발생하는 역압전 효과를 이용하는 압전 구동기(piezoelectric actuator)에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 압전 구동기는 그 응용분야가 매우 넓어서, 구조물의 형상 및 자세 제어, 진동 제어 및 압전 진단 등과 같은 분야에서 널리 사용되고 있다[17]. 최근에는 압전재료를 섬유강화 플라스틱(FRP)과 접목하여 경량이면서 큰 작동변위를 갖는 압전 복합재료 작동기에 관한 연구가 활발히 진행 중이며 MEMS기술을 이용하여 인체의 혈관이나 조직에 약물을 이송하는 초소형 펌프에 관한 연구도 시도되고 있다[18].

1.2 연구목적 및 내용

앞서 진술한 바와 같이 열전달 및 냉각성능을 향상시키기 위한 연구는 다양한 분야에서 수치적 해석이나 실험적 해석을 통해 이루어지고 있다. 특히, 두 개의 평행한 보(beam) 사이에 진동을 가진 하였을 때 열전달 촉진을 위해 음향 흐름(acoustic streaming)의 효과에 대한 수치적 연구가 제시된 바 있으며[19], Wan 등[20]은 좁은 통로의 한쪽 벽면에 압전 소자(piezoelectric bimorph)에 의한 진동을 가진하여 발생한 음향흐름이 강제 대류 냉각을 일으켜 통로 내부의 온도를 감소시키는 것을 수치적·실험적 연구를 통해 제시하였고, heat source와 압전 작동기(piezoelectric bimorph actuator)사이의 공기의 유동 현상을 particle tracking velocimetry(PTV)를 통해 가시화 하였다.

따라서, 본 연구에서는 열전냉각장치를 이용한 냉각과정 동안, 압전 구동기를 가진 하였을 경우와 가진 하지 않았을 경우로 나누어, 열전냉각장치와 압전 구동기 사이 즉, 시험부의 냉각 온도분포를 측정한다. 또한 압전 구동기를 가진 하였을 경우와 가진 하지 않았을 경우로 나누어, CCD camera를 이용하여 열전냉각장치와 압전 구동기 사이에서 발생하는 유동 현상을 가시화 하여 압전 구동기를 가진 하였을 경우의 열전달 특성을 규명하고 열전냉각장치의 냉각성능을 고찰해 보고자 한다.

제 2 장 이 른 적 배 경

2.1 열전현상

어떤 물질의 양단에 온도차와 전압차가 동시에 존재한다면 각각에 의하여 생기는 열류(heat flux)와 전류가 상호작용 효과에 의해 서로 영향을 받게 되며 Onsager 이론에 의하여 서로 미치는 정도가 같다. 이러한 원리를 이용하여 서로 다른 물성치를 가지고 있는 도체나 반도체의 접합부에 일정한 온도를 유지시키면서 전류를 흘렸을 경우 다음과 같은 몇 가지 열전 현상이 나타난다[1].

2.1.1 Seebeck 효과

물성치가 서로 다른 도체 또는 반도체 A와 B를 접합시키고 접합부에 일정한 온도를 유지시켰을 경우 두 물질 A와 B의 양단에 일정한 기전력이 발생하는데, 이를 Seebeck 효과라 하며 이때 발생하는 기전력 V 는 접점온도의 함수로서 다음과 같이 나타낼 수 있다[1].

$$V_{AB} = \int_{T_R}^T (\alpha_A - \alpha_B) dT \Big|_{I=0} \quad (1)$$

여기서, I 는 접점간의 전류량을 의미하고 T_R 은 기준온도를 의미하며, α 는 Seebeck 계수를 의미한다.

2.1.2 Peltier 효과

서로 다른 두 물질의 접합부에 전류를 흘렸을 경우 접합부에서 열의 흡수 및 방출이 일어나게 되는 데 이러한 현상을 Peltier 효과라 하고 접합부에서 열의 흡수 및 방출량 Q_P 를 수식으로 표현하면 아래의 식과 같다[1].

$$Q_P = I(\Pi_A - \Pi_B) \quad (2)$$

여기서, Π 는 Peltier 계수를 의미한다.

2.1.3 Thomson 효과

온도구배가 존재하는 도체 또는 반도체에 전류를 흘렸을 경우 여기에는 열과 전류가 동시에 흐르게 되며, 이때 열과 전류는 서로 영향을 주게 되는 데, 이러한 현상을 Thomson 효과라고 한다. 온도구배와 전류의 양에 따른 열의 출입량 Q_T 를 수식으로 표현하면 다음의 식과 같다[1].

$$Q_T = I \left(T \frac{d\alpha}{dT} \Delta T \right) \quad (3)$$

여기에서, $T(d\alpha/dT)$ 는 Thomson 계수(σ)라고 하며, Thomson 계수, Seebeck 계수, Peltier 계수 간에는 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$\sigma_A - \sigma_B = - T \frac{d^2 V_{AB}}{dT^2} = - T \frac{d}{dT} \left(\frac{\Pi_{AB}}{T} \right) \quad (4)$$

$$\Pi_{AB} = T \frac{dV_{AB}}{dT} = T \alpha_{AB} \quad (5)$$

2.1.4 p형과 n형 반도체 접합부에서 여러 계수의 관계

p형과 n형의 두 반도체를 접하였을 경우 Peltier 계수와 Seebeck 계수는 다음의 식과 같은 관계를 갖는다[1].

$$\Pi_{pn} = \Pi_p + \Pi_n \quad (6)$$

$$\alpha_{pn} = |\alpha_p| + |\alpha_n| \quad (7)$$

2.2 열전소자의 열성능 이론 해석

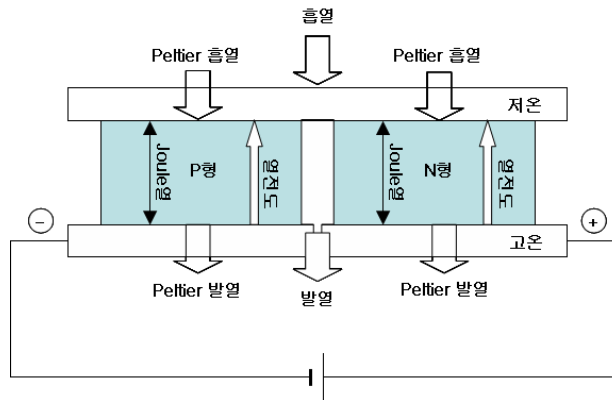


Fig. 1 Schematic diagram of thermoelectric cooling

Fig. 1에서 보이는 바와 같이 p형과 n형 반도체를 조합한 소자에 전류 $I[A]$ 를 흘리면, Peltier 효과를 이용한 열전냉각장치는 전기에너지를 직접 냉각에 이용하는 방식으로 n형과 p형 두 반도체를 접합하여 제작된 열전소자에 전위차를 주게 되면 냉각대상에 접한 점점 (저온접점, 냉각면)의 온도는 감소하고 반대편 점점 (고온접점, 열방출면)의 온도는 증가한다. 이때 열은 냉각대상으로부터 저

온접점으로 흐르고 고온접점에서 주위로 방출되며 주어진 열전소자의 저온접점에서 흡수할 수 있는 열량은 열전효과의 기본으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$Q_C = \alpha_S T_C I_C \quad (8)$$

여기서, α_S 는 Seebeck 계수이고 T_C 는 열전소자 저온접점의 절대온도이며, I_C 는 열전소자로 흐르는 전류의 세기이다. 한편 저온접점과 고온접점의 온도차로 인하여 고온접점으로부터 저온접점으로 열전도에 의한 열역류가 발생하게 되는데 이 열량은 Fourier의 법칙에 의해 다음과 같이 계산된다[21].

$$Q_F = K_C A_C \frac{\Delta T}{\delta_C} \quad (9)$$

여기서, K_C 는 열전소자의 열전도계수이고, A_C 는 열전소자의 단면적을 나타내며 ΔT , δ_C 는 각각 저온접점과 고온접점의 온도차 및 거리를 나타낸다. 또한, 열전소자내를 흐르는 전류에 의해 Joule열이 발생하게 되는데 이 열은 양분되어 각각 고온접점과 저온접점으로 흐르고, 저온접점으로 역류하는 Joule열은 열전소자의 저항을 R_C 이라 할 경우

$$Q_J = \frac{1}{2} I_C^2 R_C \quad (10)$$

으로 나타난다. 열전소자에 의한 전열량은 식 (11)과 같다[21].

$$\begin{aligned} Q &= Q_C - Q_J - Q_F \\ &= \alpha_S T_C I_C - \frac{1}{2} I_C^2 R_C - K_C A_C \frac{\Delta T}{\delta_C} \end{aligned} \quad (11)$$

이를 저온접합부에서 제기되는 열의 양 Q_C 는 Peltier 효과에 의한 것에 Joule 열에 의하여 발생하는 열의 반이 저온부로 흘러들어오는 것과 고온부와 저온부의 온도차에 의한 열전도성 열전달량을 감하고 Thomson 효과를 무시한다면, 저온접합부의 흡열량 $Q_C[W]$ 는 식 (12)와 같으며

$$Q_C = \alpha T_C I - \frac{I^2 R}{2} - K \Delta T \quad (12)$$

고온부의 발열량 $Q_H[W]$ 는 식 (13)과 같다.

$$Q_H = \alpha T_C I - \frac{I^2 R}{2} - K \Delta T \quad (13)$$

소자에 걸리는 전압 $V[V]$ 는 Seebeck effect에 의한 전압과 소자의 전기저항으로 인한 전압이 더해지기 때문에 소자에 공급되는 실제전력 $P[W]$ 는

$$P = IV = I(\alpha \Delta T + IR) \quad (14)$$

로 표현된다[1].

열전소자의 성능계수 (COP, Coefficient of Performance)는 소요되는 전력에 대한 냉각능력의 비로 다음 식으로 표현된다[1].

$$COP = \frac{\text{cooling power}}{\text{input power}} = \frac{Q_C}{P} \quad (15)$$

앞에서 서술한 Q_C 의 식은 전류 I 의 2차식 이므로 다른 조건이 주어지면 Q_C 를 최대로 하는 전류 I_{\max} 가 존재한다.

상부 전극을 포함하는 저온접합부가 완전히 단열되고 $Q_C = 0$ 일 때 소자에서 얻어지는 최대의 온도차 ΔT_{\max} 에 도달하고 식 (16)과 같이 표현된다[22].

$$\Delta T_{\max} = T_H - \frac{\sqrt{1 + 2ZT_H} - 1}{Z} \quad (16)$$

또한, 전류의 양이 증가함에 따라 Joule 열의 효과가 증가하기 때문에 성적계수가 증가하다가 감소한다[1]. 따라서, 최대의 성능계수가 존재하며 이를 구하면 식 (17)과 같다[1,22].

$$COP_{\max} = \frac{T_{ave}}{\Delta T} \left(\frac{\sqrt{1 + ZT_{ave}} - 1}{\sqrt{1 + ZT_{ave}} + 1} \right) - \frac{1}{2} \quad (17)$$

여기서,

$$T_{ave} = \frac{T_H + T_C}{2}$$

$$Z = \frac{\alpha^2}{RK} [K^{-1}], \text{ 성능지수 (Figure of Merit)}$$

제 3 장 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

Fig. 2는 본 연구에서 사용된 실험장치의 개략도이며, Fig. 2에서 보는 바와 같이 크게 열전 소자(thermoelectric module), 열전 소자의 발열부에서 발생하는 열을 냉각하기 위한 방열판(heat sink)과 냉각 팬(cooling fan)으로 구성된 열전냉각장치, 압전 구동기(piezoelectric actuator), 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 냉각 온도분포를 측정하기 위한 온도 측정 장치와 열전냉각장치와 압전 구동기를 가진하였을 경우의 유동을 가시화하기 위한 유동 가시화 장치로 각각 구성되어 있다.

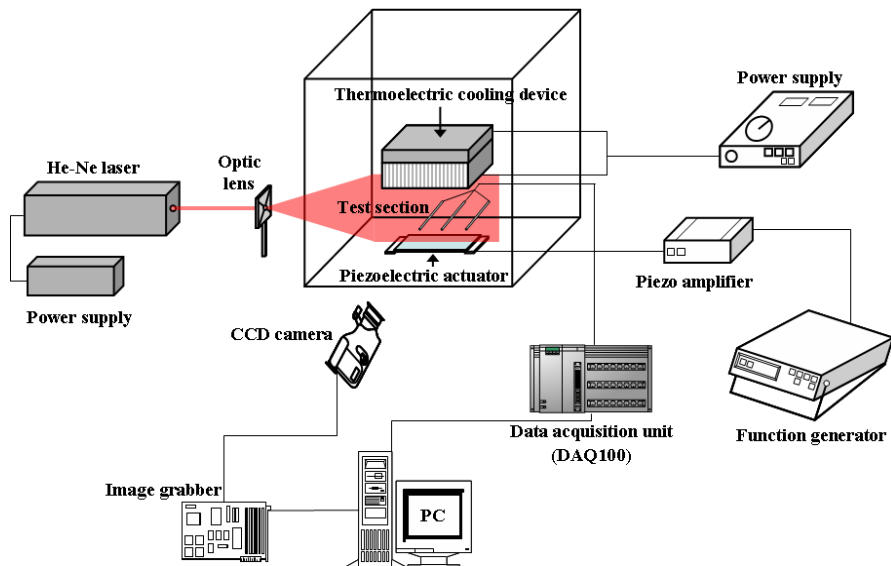


Fig. 2 Schematic diagram of thermoelectric cooling experimental set-up

3.1.1 열전냉각장치

본 연구에서는 컴퓨터 CPU나 레이저 발전기 등에서 발열부의 냉각을 위해 많은 연구가 이루어지고 있는 열전소자를 이용하여 열전냉각장치를 구성하였다. 본 연구에서 사용한 열전 소자는 CP1.4-71-06L 모델로서 크기는 30 mm × 30 mm × 3.8 mm 이고 전압을 인가하였을 때 발열면과 냉각면이 동시에 발생할 수 있도록 71쌍의 p-n 접합으로 이루어져 있다. 또한, 사용된 열전 소자의 세부사항은 MELCOR 사의 Thermoelectric handbook[22]의 내용을 준용하여 Table 1에 나타내었고, 열전 소자의 치수와 구조는 Fig. 4에 나타내었다.

실험장치의 구성 중 가장 중요한 열전냉각장치는 Fig. 3에서 보는 것처럼, 열전 소자, 열전 소자 발열부의 냉각을 위한 방열판(heat sink)과 냉각 팬(cooling fan), 열전 소자와 Fan에 전원공급을 위한 Power supply로 각각 구성되어 있다.

열전 소자에 공급되는 전압은 열전 소자의 최대허용전압인 8.6V와 방열판, 냉각 팬의 용량을 고려하여 5V로 설정하였고, 직류 전원공급장치를 사용하여 인가된 전압을 열전 소자에 공급하도록 하였다.

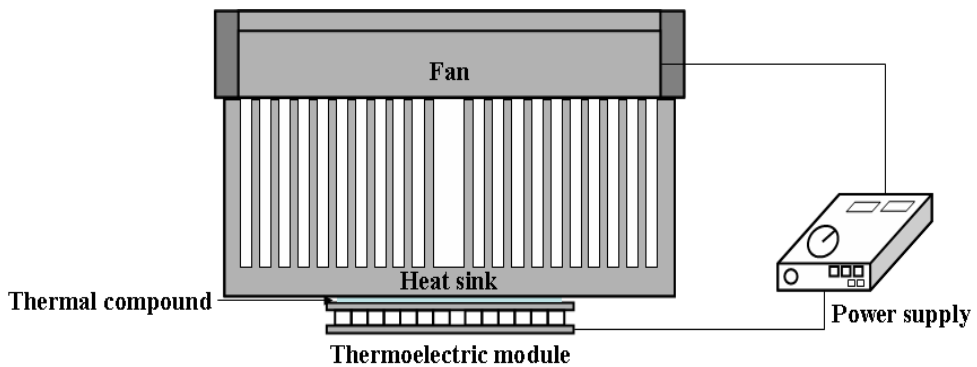


Fig. 3 Schematic diagram of thermoelectric cooling devices

열전 소자와 방열판의 접촉저항으로 인한 열손실을 최소화하고 열전도율을 극대화 하기위해 열전 소자의 발열면과 방열판의 방열면 사이에 방열 컴파운드를 도포하여 열전 소자와 방열판을 부착하였고, 그 위에 냉각 팬을 설치하여 강제대류 시켰다.

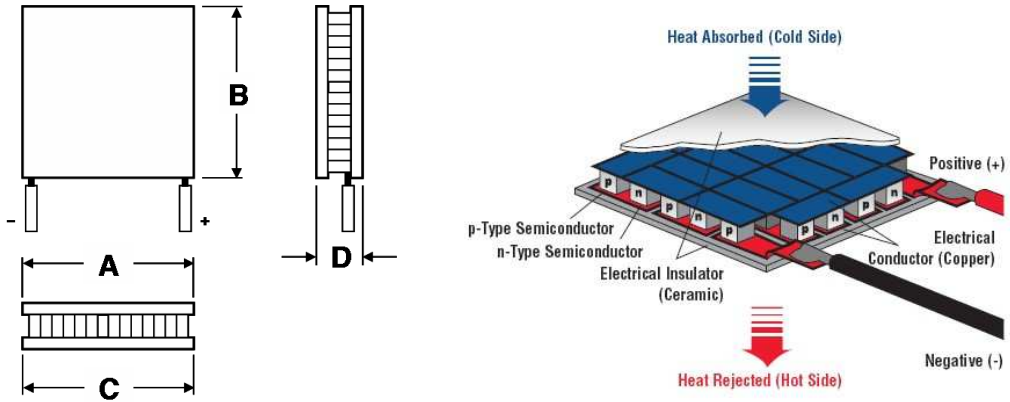
Fig. 5는 방열판의 개략도를 보여주는 것으로, 방열판의 크기 및 사용된 방열판의 사진을 나타내고 있다. 방열판은 열전 소자의 발열부에서 발생하는 열을 받아 골고루 방열판 전체로 분산시켜 팬을 통한 공기중으로 발열이 쉽게 이루어지도록 하기 위해서 이며, 본 실험에서 사용한 방열판은 컴퓨터 CPU의 방열판으로 사용되고 있는 알루미늄 재질로 된 크기가 74 mm × 59 mm × 33 mm 이고 알루미늄(aluminum) 사출 성형에 의해 제작된 것이다.

Fig. 6은 냉각 팬(DC 24V, 0.13A)의 형상을 보여주고 있으며, 열전 소자의 발열부에서 발생한 열을 받은 방열판을 냉각시켜 준다. 냉각 팬의 구동을 위해 전압 또한 직류 전원공급장치를 이용하여 24V의 전압을 공급하도록 하였다.

또한, 열전냉각장치의 열전달 실험을 위한 시험부를 구성하기 위해, 가로 × 세로 × 높이가 각각 150 mm × 250 mm × 150 mm 인 1.5 mm 두께의 투명아크릴을 제작하여 열전냉각장치와 압전구동기를 용기 내부에 장착하고 공기의 흐름을 원활하게 하기 위해 용기의 상부는 개방시켜 두었다.

Table 1 Performance specifications of thermoelectric module

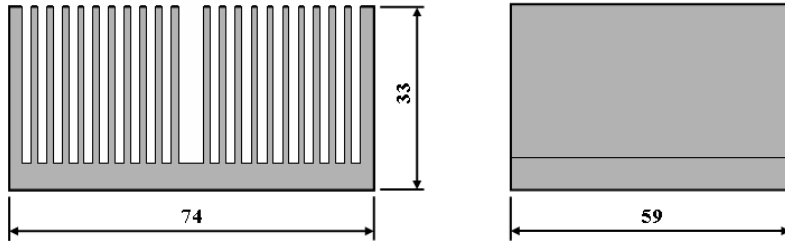
Model : CP1.4-71-06L	Unit	Value	
Hot Side Temperature (T_h)	$^{\circ}\text{C}$	25	
Q_{\max}	Watts	28.7	
I_{\max}	Amps	6.0	
V_{\max}	Volts	8.6	
ΔT_{\max}	$^{\circ}\text{C}$	67	
Module Resistance	Ohms	1.26	
Number of thermocouples (p- and n-type pairs)	-	71	
Dimensions	A	mm	30
	B	mm	30
	C	mm	30
	D	mm	3.8



(a) Dimensions

(b) Structure

Fig. 4 Schematic diagram of thermoelectric module



(a) Dimensions



(b) Photograph

Fig. 5 Schematic diagram of heat sink



(a) Front

(b) Back

Fig. 6 A photograph of cooling fan

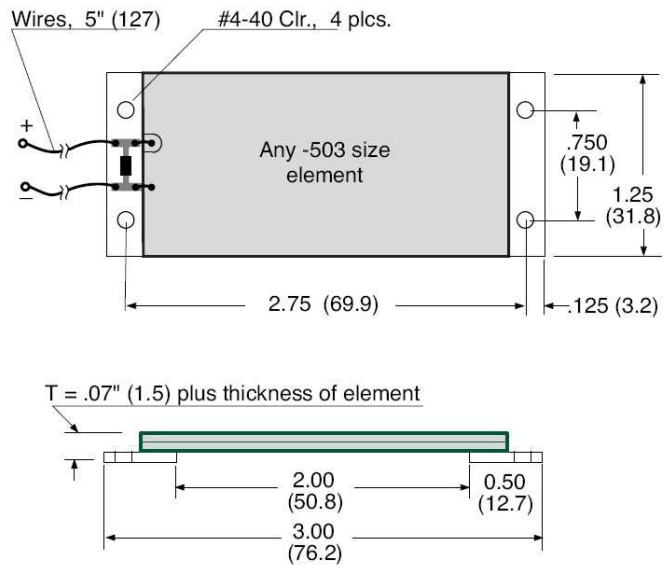
3.1.2 압전 구동기

본 연구에서는 열전냉각장치의 냉각영역에 강제대류를 형성하여 냉각성능을 개선하고 열전달 현상을 고찰하기 위해 압전 구동기(piezoelectric actuator)를 사용하였다.

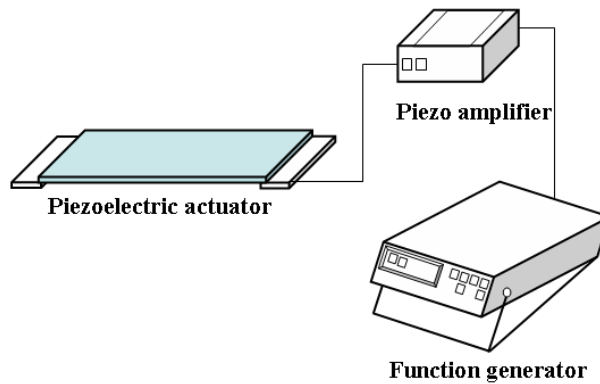
본 연구에서 사용된 압전 구동기는 Piezo Systems, Inc. 의 503-DQM 모델을 사용하였고, 압전 구동기의 Spec., 치수 및 장치구성은 PIEZO SYSTEMS 사의 Catalog 내용을 준용[23]하여 각각 Table 2와 Fig. 7에 나타내었다. 평선 제너레이터(function generator)로부터 발생된 sine파형은 증폭기(piezo amplifier)의 신호 입력(signal input) 단자로 공급되고 증폭기의 신호출력(signal output) 단자에서 압전 소자의 (+), (-) 단자로 약 50Hz의 주파수가 일정하게 공급되어 압전 구동기를 가진시킨다.

Table 2 Performance specifications of piezoelectric actuators

Model : 503-DQM	Unit	Value
Weight	grams	10.4
Stiffness	N/m	188
Capacitance	nF	232
Rated Voltage	$\pm V_p$	± 90
Resonant Frequency	Hz	52
Free Deflection	$\pm \mu m$	$\pm 1,600$
Blocked Force	$\pm N$	± 3.0



(a) Dimensions



(b) Set-up for vibration of piezoelectric element

Fig. 7 Schematic diagram of piezoelectric actuators

3.1.3 온도 측정 장치

본 연구에서는 압전 구동기를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능에 대해 고찰해 보기 위해, 압전 구동기를 가진 하였고 가진 하지 않았을 경우로 나누어 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 냉각 온도분포를 측정하였다. 열전소자를 이용한 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 냉각 온도분포를 측정하기 위해 Fig. 8과 같이 온도 측정 장치를 구성하였다. Fig. 8에서 보는 바와 같이, 온도 측정 장치는 온도 측정을 위한 T-type 열전대, 데이터 획득장치(Yokogawa, DAQ100)와 측정한 온도 데이터를 저장할 PC로 구성되어 있다.

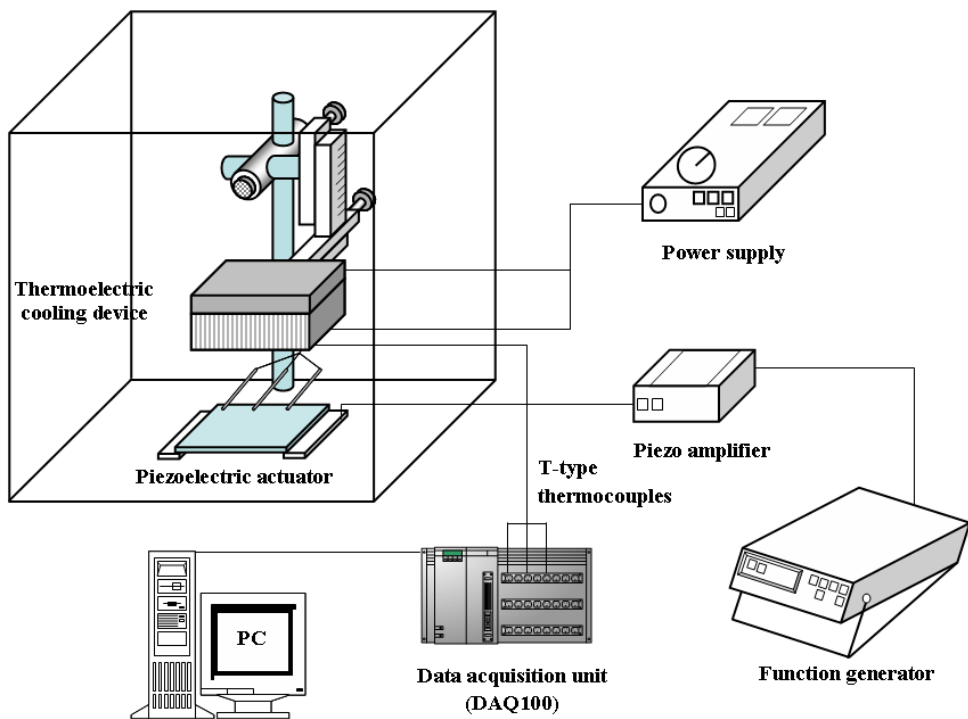


Fig. 8 Schematic diagram of experimental set-up for measurement of temperature distribution

3.1.4 유동 가시화 장치

Fig. 9는 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 냉각면에서 발생하는 유동현상을 가시화하기 위한 유동 가시화 장치이다. 가시화 장치는 고출력 He-Ne laser (35MW), 광학렌즈 (Optic lens), CCD 카메라 (Sony, XC-HR300), Image Grabber (Matrox, Meteor-II-MC/4) 및 PC로 구성되어 있다. He-Ne 레이저로부터 방사된 레이저는 광학렌즈에 의해 조사단면이 형성되고 CCD 카메라를 이용하여 형성된 조사단면의 시험부에서 발생하는 유동현상을 관측하여 Image Grabber에 의해 이미지를 획득, PC에 저장하도록 하였다. 시험부를 밀폐공간의 만들기 위해 두께 1.5 mm의 투명한 아크릴을 사용하여 크기가 150 mm × 250 mm × 150 mm인 아크릴 상자를 제작하였다.

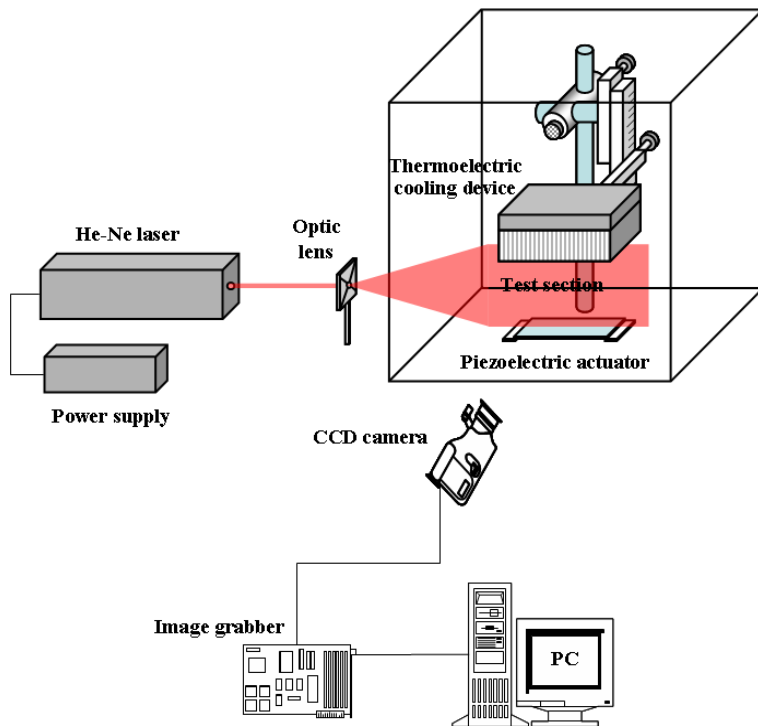


Fig. 9 Schematic diagram of experimental set-up for visualization

3.2 실험방법

본 연구에서는 제작된 투명 아크릴 용기 내에 열조 소자, 방열판과 냉각 팬을 이용하여 제작한 열전냉각장치와 압전 구동기를 고정시키고, 열전 소자의 냉각부와 압전 구동기 사이의 간격을 조절하면서 냉각영역에서 발생하는 열전달 특성 실험을 수행하였다. 열전달 프로세스의 구성은, 열전 소자에 5V의 전압을 공급하였을 때 열전 소자의 발열부에서 급속도로 발생하는 고온의 열원을 방열판과 냉각 팬을 이용하여 냉각시키고 열전 소자의 냉각부에서 발생하는 냉온에 의해 냉각영역이 형성되도록 하였다.

3.2.1 온도분포 측정 방법

온도분포 측정 실험은 열전 소자의 발열부에서 급속도로 발생한 열을 초기에 냉각시켜주지 못하면 발열된 열이 열전 소자 내부로 전도되어 열전 소자의 파손이 될 우려가 있기 때문에, 열전 소자에 전압을 공급하기 전에 냉각 팬을 먼저 작동시킨다. 이후 직류 전원공급장치를 통해 열전 소자에 전압을 인가시켜 발열부의 발열온도를 일정하게 유지시켜 열전 소자 냉각부의 냉각영역에 열전달 프로세스를 형성시켰다.

열전냉각장치를 가진하여 열전 소자의 냉각부에서 냉각영역이 형성되었을 때, Fig. 10에서 보는 바와 같이, 0.1 mm의 정밀도를 가진 위치제어장치를 이용하여 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리를 1 mm, 3 mm와 5 mm로 각각 변화시키면서 압전 구동기를 가진 하였을 경우와 가진 하지 않았을 경우의 각각의 냉각영역에서 발생하는 온도분포를 측정하였다. 또한, 열전 소자의 냉각부와 발열부에 T-type 열전대를 부착시켜 냉각면과 발열면의 표면온도를 측정하였다.

열전대에서 측정된 온도는 데이터 획득 장치에 의해 매 1초마다 PC에 저장하도록 하였고, 정확한 온도 데이터 획득을 위해 동일한 조건 하에서 3회에 걸친 반복실험을 수행하여 얻어진 온도 데이터의 평균온도를 사용하였다.

먼저, 열전냉각장치를 가진하여 열전 소자의 냉각부와 발열부에 T-type 열전대를 설치하여, 열전 소자의 냉각부와 발열부의 표면온도가 일정한 온도로 유지되는 즉, 정상상태에 도달하는 시간과 온도를 측정하였다. 이어 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리를 1 mm, 3 mm와 5 mm로 각각 조절하고, 압전 구동기를 가진 하였을 경우와 가진 하지 않았을 경우, 각각의 냉각영역에서 발생하는 온도분포를 측정하였고, 측정된 온도분포 결과를 각각 비교하여 보았다.

Fig. 11은 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 냉각영역에서 발생하는 온도분포 측정을 위한 T-type 열전대의 설치 위치를 보여주고 있다.

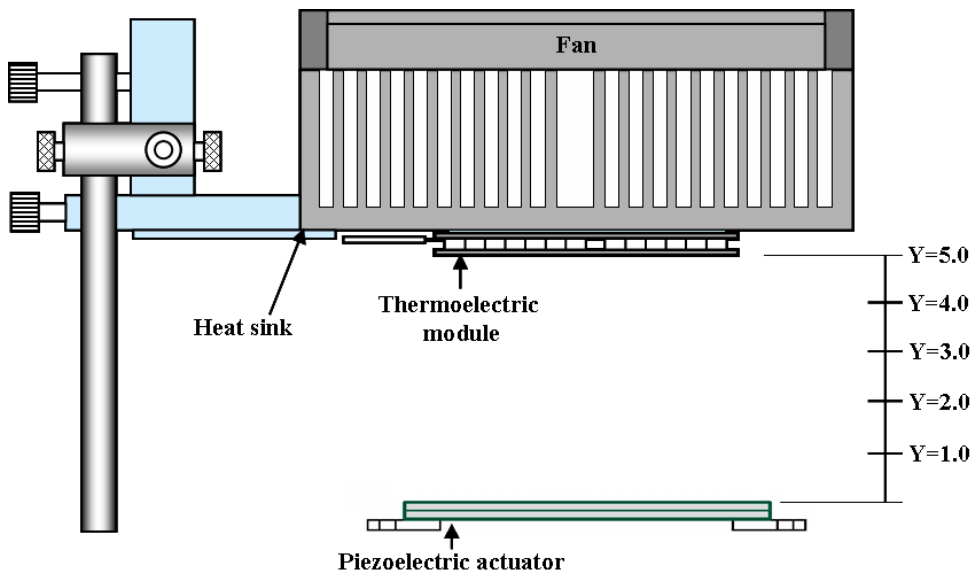
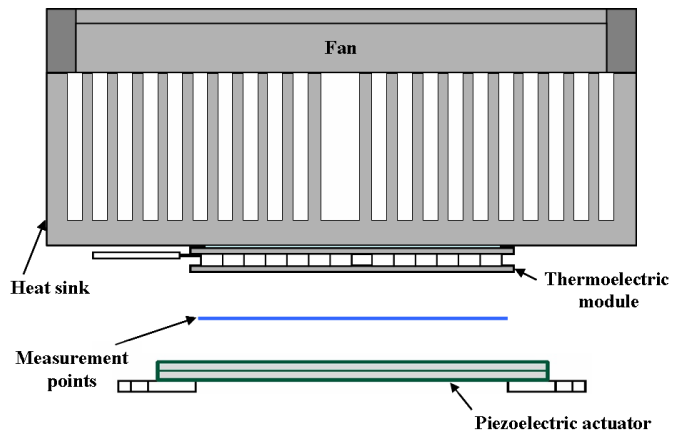
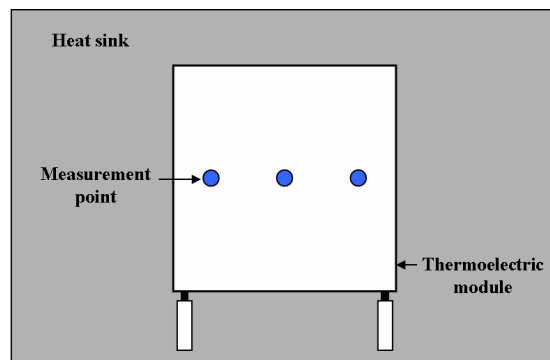


Fig. 10 Schematic diagram of cold region position for temperature measurement between thermoelectric cooling devices and piezoelectric actuators



(a) Front view



(b) Bottom view

Fig. 11 Schematic diagram of temperature measurement points in cold region between thermoelectric cooling devices and piezoelectric actuators

3.2.2 유동 가시화 방법

본 연구에서는 압전 구동기를 이용한 열전냉각장치의 냉각특성 및 냉각영역의 유동특성을 가시화하기 위해 Fig. 9와 같이 유동 가시화 장치를 구성하여 실험을 수행하였다. Fig. 12는 유동 가시화 실험을 위해 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 간격과 유동 가시화를 위한 냉각영역의 위치를 개략적으로 나타낸 것이다.

냉각영역의 유동 가시화를 위해, 시험부를 두께 1.5 mm의 투명한 아크릴을 사용하여 크기가 150 mm × 250 mm × 150 mm인 아크릴 용기를 제작하였고 투명 아크릴 용기 내에 스모그를 투입하였다. Fig. 12에서 보는 바와 같이 아크릴 상자의 오른쪽 면과 왼쪽 면에 각각 구멍을 내어 연기가 아크릴 상자 내에서 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 유동할 수 있도록 하였다. Fig. 13은 시험부에서의 유동입자가 유동하는 방향을 나타낸 개략도이다.

He-Ne 레이저를 통해 조사된 레이저 빔이 광학 렌즈를 통해 평면 빔으로 만들어지고, 시험부내에 가시화를 위한 조사단면을 형성하게 된다. 또한 시험부에 형성된 조사단면과 수직인 방향으로 CCD 카메라를 설치한 후 초당 30프레임의 속도로 영상촬영을 실시하였으며 획득된 영상은 이미지 보드(Image grabber)를 통해 이미지 파일로 변환시켜 PC에 저장하였다. 저장된 이미지들은 Matrox Inspector 8.0을 이용하여 해석하였다.

먼저, 열전냉각장치만을 가진 하였을 경우 냉각영역의 유동현상과 압전 구동기만을 가진 하였을 경우 냉각영역의 유동현상을 가시화하였다. 또한, 압전 구동기와 열전냉각장치를 동시에 가진 하였을 경우 냉각영역의 유동현상을 가시화하였고, 기 측정된 열전냉각장치와 압전 구동기의 유동특성을 비교하여 압전 구동기를 가진 하였을 경우 열전냉각장치 냉각영역의 유동특성을 고찰하였다.

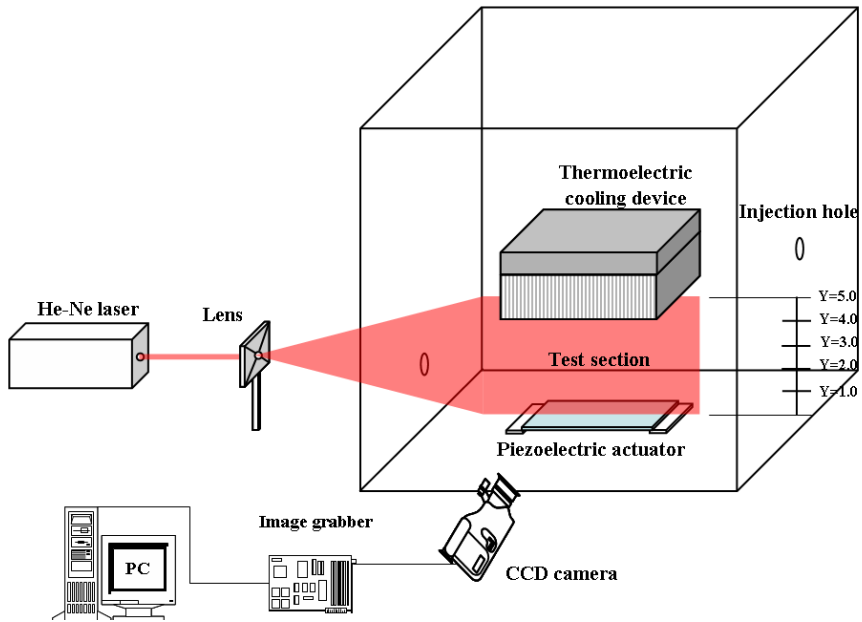


Fig. 12 Schematic diagram of test section position for visualization

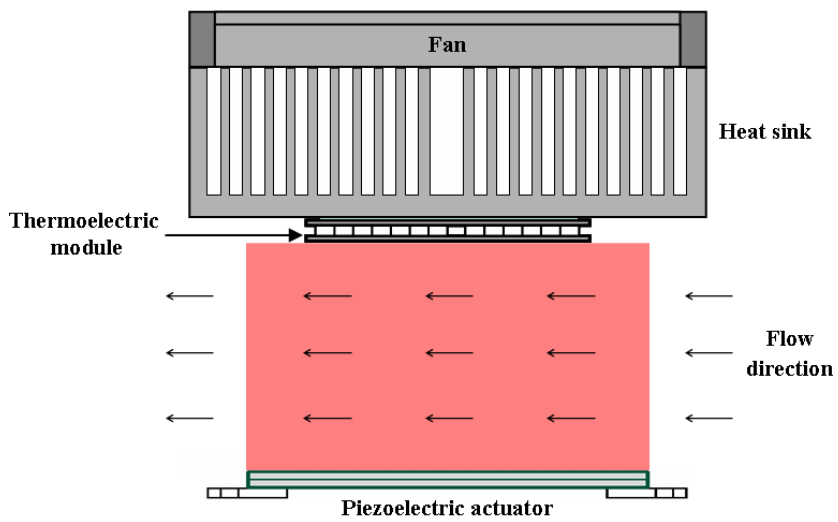


Fig. 13 Schematic diagram of flow direction

제 4 장 실험 결과 및 고찰

4.1 온도분포 측정 결과

4.1.1 열전 소자의 냉각부 및 발열부의 표면온도 측정

열전 소자의 냉각특성을 알아보기 위해, 열전 소자의 발열부와 냉각부 표면 온도를 측정하여 보았다. 앞 절에서 언급하였던 바와 같이 열전 소자의 발열부에서 급속도로 발생한 열을 초기에 냉각시켜주기 위해 냉각 팬을 먼저 작동시키고, 열전 소자를 작동시켜 발열부의 표면온도를 일정하게 유지시켜 냉각부의 냉각영역에 열전달 프로세스를 형성시켰다.

Fig. 14는 열전 소자의 발열부와 냉각부 표면온도를 측정한 결과를 나타내고 있다. Fig. 14에서 보는 바와 같이, 열전 소자에 5V의 입력 전압을 인가하여 주변 발열부의 온도는 5 sec 이내에 급격하게 온도가 상승하고 15 sec부터 약 190 sec(약 3분 동안)까지 약 34℃에서 일정한 온도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 또한, 냉각부의 온도는 5 sec 이내에 약 11℃ 이하로 급격히 떨어지고 15 sec 이후 일정한 온도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 냉각부의 온도가 급격히 떨어진 후 약 1 ~ 2℃ 정도 온도가 상승한 후 일정한 온도를 유지하고 있는데, 열전 소자의 발열부에서 발생한 열이 3.8 mm 얇은 열전 소자 내부를 통해 냉각부로 열전도가 발생하기 때문이다. 열전 소자의 냉각부 표면 3개 지점의 온도를 비교하여 보면, 냉각부 중앙에 위치한 2번 지점이 side에 위치한 1번과 3번 지점보다 온도가 약 2℃ 정도 낮은 것을 확인 할 수 있다.

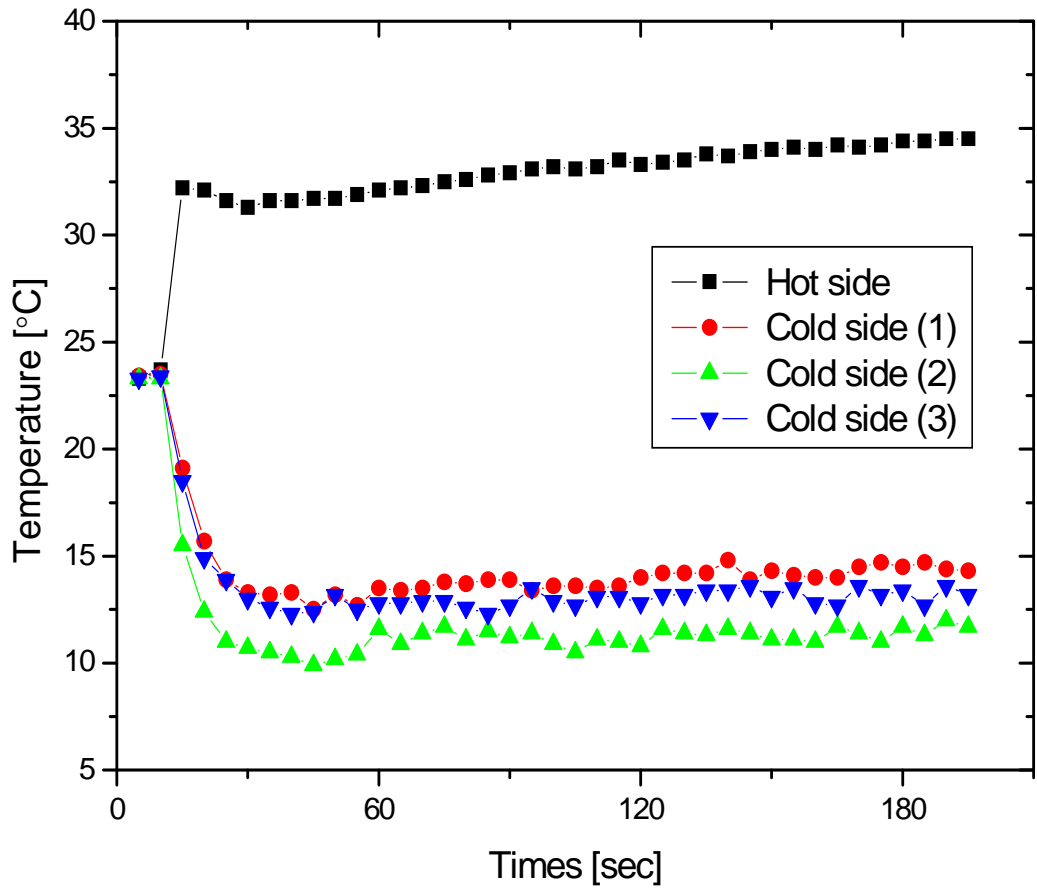


Fig. 14 Surface temperature distribution of hot and cold sides at thermoelectric module

4.1.2 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리에 따른 온도분포 측정

3.2 절에서 언급하였던 바와 같이, 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리를 1 mm, 3 mm 및 5 mm로 각각 달리하여 온도분포를 측정하였다. 열전냉각 장치의 냉각부와 압전 구동기 사이의 냉각영역에 열전대를 각각 설치하여 냉각 영역의 온도분포를 측정하였다. Figs. 15 ~ 17은 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리가 1 mm, 3 mm 및 5 mm 일 때, 각각의 시험부 냉각 온도를 측정 한 결과를 나타내고 있다. Figs. 15 ~ 17에서 보는 바와 같이 열전냉각장치의 발열부의 온도는 5sec 이내에 급격히 상승한 후, 일정한 온도를 유지하고 있다.

Fig. 15는 냉각영역의 거리가 1 mm일 경우, 온도분포 결과를 나타내고 있으며, 냉각 온도분포가 약 11°C 에서 일정하게 유지하고 있다. Fig. 16는 냉각영역의 거리가 3 mm인 경우에 냉각영역의 온도분포 결과는 약 13°C 에서 일정하게 유지하고 있고 중앙부 2번 지점에서의 온도가 다른 지점보다 낮은 것을 알 수 있다.

Fig. 17은 냉각영역의 거리가 5 mm인 경우에서 냉각영역의 온도분포 결과를 나타내고 있으며, 냉각영역의 온도분포는 약 17°C 에서 일정하게 유지하고 있으며 Fig. 16의 결과와 같이 2번 지점이 다른 지점보다 온도가 낮았다.

Figs. 15 ~ 17의 결과를 비교하여 보았을 때, 열전냉각장치의 냉각부와 압전 구동기 사이의 거리가 가까워지면 냉각영역에서 발생하는 온도분포가 낮아지는 것을 알 수 있었고, 시험부의 중앙 부분이 다른 지점보다 온도가 낮은 것을 알 수 있었다.

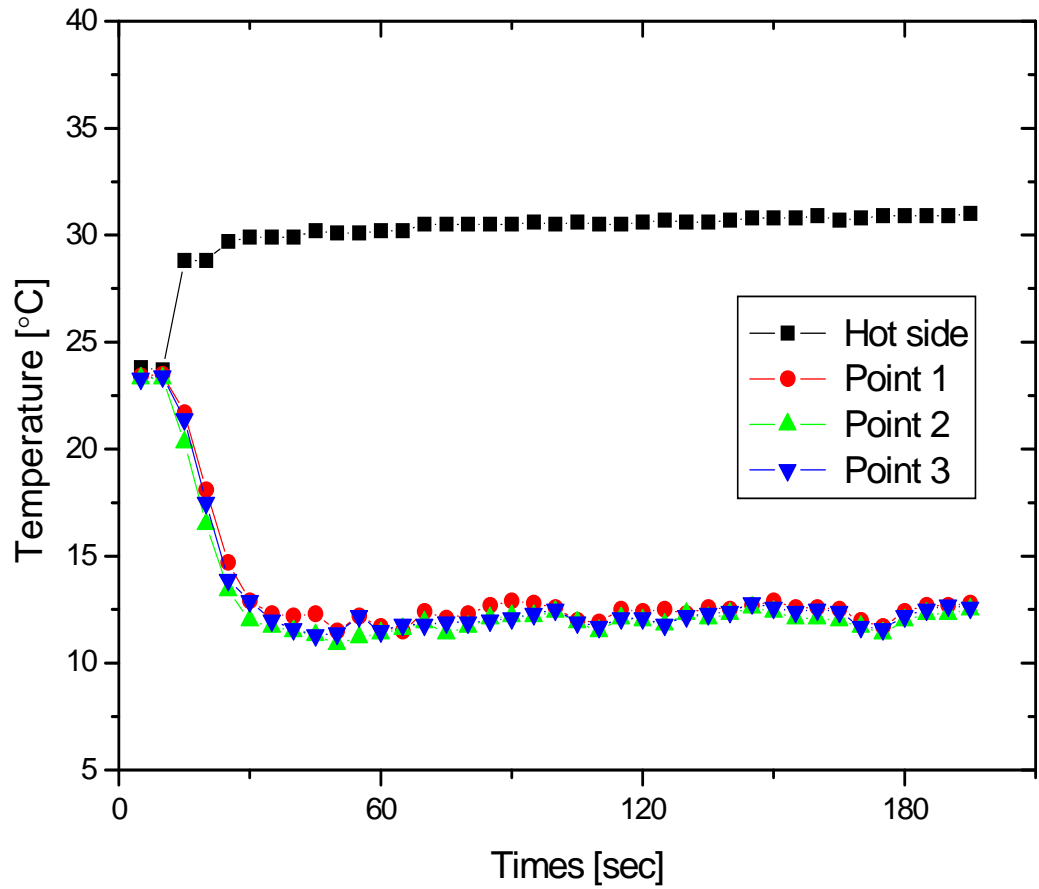


Fig. 15 Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, $Y = 1 \text{ mm}$

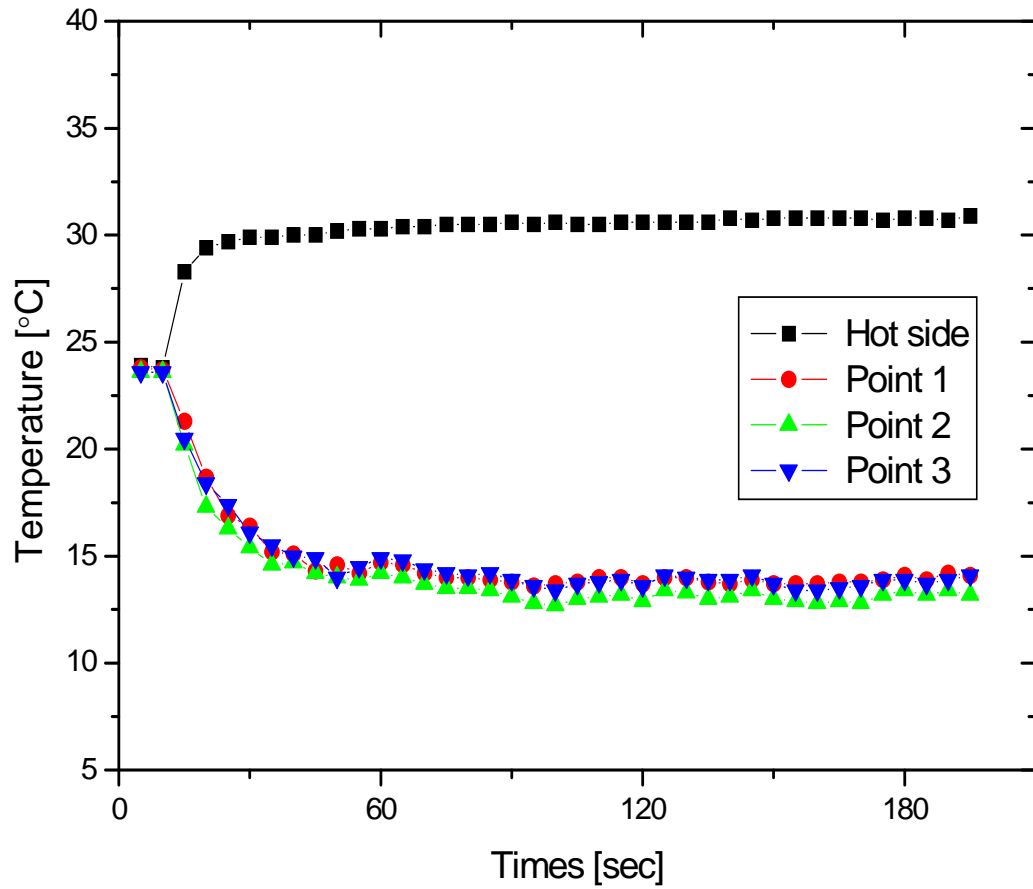


Fig. 16 Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, $Y = 3 \text{ mm}$

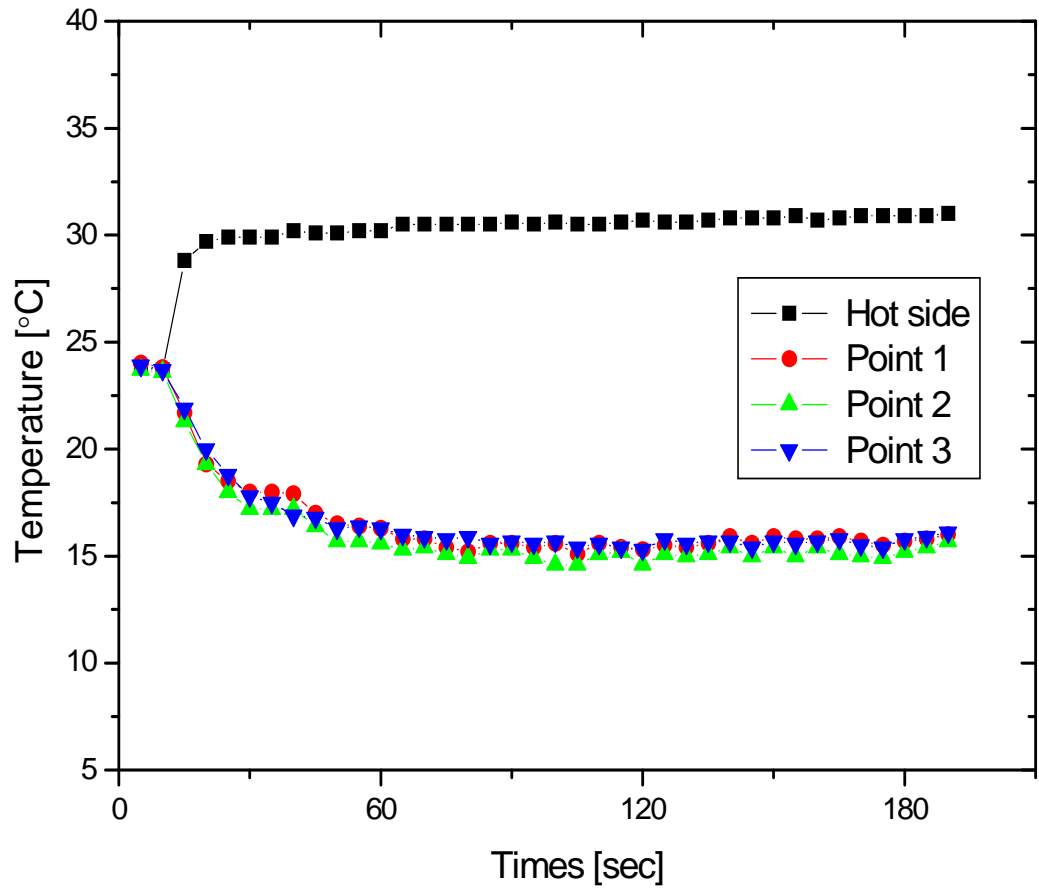


Fig. 17 Temperature distribution in cold region without the piezoelectric actuators, $Y = 5 \text{ mm}$

4.1.3 압전 구동기 가진에 따른 온도분포 측정

열전냉각장치 냉각부를 동일한 온도로 일정하게 유지하기 위한 방법으로 본 연구에서는 열전냉각장치의 냉각영역에 강제대류를 형성하기 위해 압전 구동기를 가진하였다. 압전 구동기를 가진하였을 경우, 압전 구동기와 열전냉각장치의 거리를 각각 달리하여 냉각영역에서 발생하는 온도분포 측정 결과를 Figs. 18 ~ 20에 각각 나타내었다.

Fig. 18은 압전 구동기와 열전냉각장치의 거리가 1 mm인 경우의 냉각영역의 온도분포 결과를 나타내었다. 냉각영역에서 발생하는 온도분포는 약 15°C에서 일정하게 유지하고 있으며, 냉각영역의 중앙 부분과 side 부분에서 발생하는 온도분포는 거의 동일하였다. 이 결과를 Fig. 15와 비교하여 보았을 때, 냉각영역에서 발생하는 온도분포 결과는 다소 차이가 나타났다. 이러한 차이는 압전 구동기를 가진 하였을 때 발생하는 음향 흐름(acoustic streaming)이 강제대류 현상을 발생시켜 냉각영역의 전 영역을 동일한 온도로 일정하게 유지시키고 있으나, 압전 구동기에 공급된 전기적 에너지가 압전 구동기의 상·하 진동을 위한 운동에너지로 변화되면서 발생하는 열에너지가 냉각영역의 온도분포 결과에 많은 영향을 미치기 때문이다.

Fig. 19는 냉각영역의 거리를 3 mm로 하였을 때 냉각영역의 온도분포 결과를 나타내고 있으며, 시험부의 전 영역에서 냉각 온도분포가 약 17°C로 일정하게 유지하고 있다. Fig. 19의 냉각영역의 온도분포 결과를 Fig. 16의 결과와 비교하여 보았을 때, 음향 흐름에 의해 냉각영역의 온도분포는 일정하게 유지되지만 압전 구동기에서 발생하는 열에너지의 영향에 의해 시험부의 냉각 온도는 약 4°C정도 차이가 발생했다.

Fig. 20은 냉각영역의 거리가 5 mm인 경우의 냉각영역의 온도분포 결과를 나타내고 있으며, 냉각영역의 전 영역에서 약 15°C의 동일한 온도분포 결과를 형성하고 있다. Fig. 17과 비교하였을 때 냉각영역에서 발생하는 온도분포 결과는 거의 유사한 패턴을 보이고 있으며, 이러한 결과는 압전 구동기를 가진 하

였을 때 발생하는 음향 흐름(acoustic streaming)이 강제대류 현상을 발생시키고 이러한 음향 흐름의 영향으로 냉각영역의 온도분포가 일정하게 유지되었다.

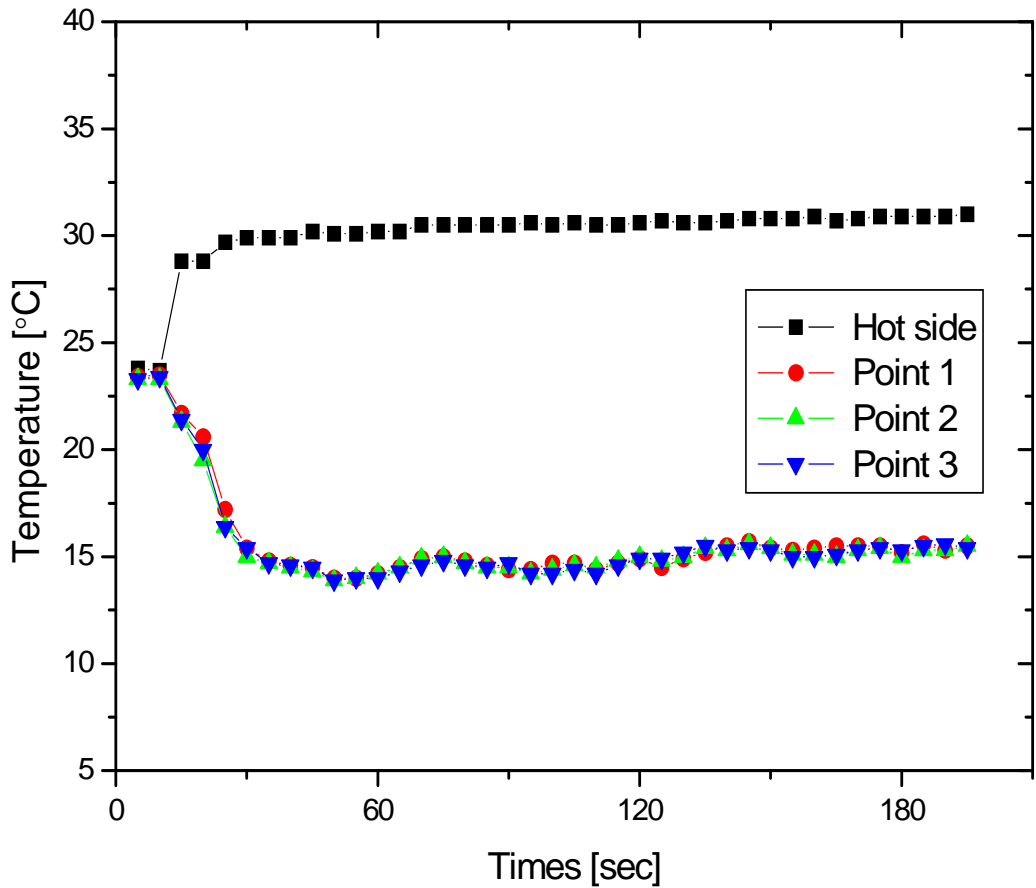


Fig. 18 Temperature distribution in cold region with the piezoelectric actuators, $Y = 1 \text{ mm}$

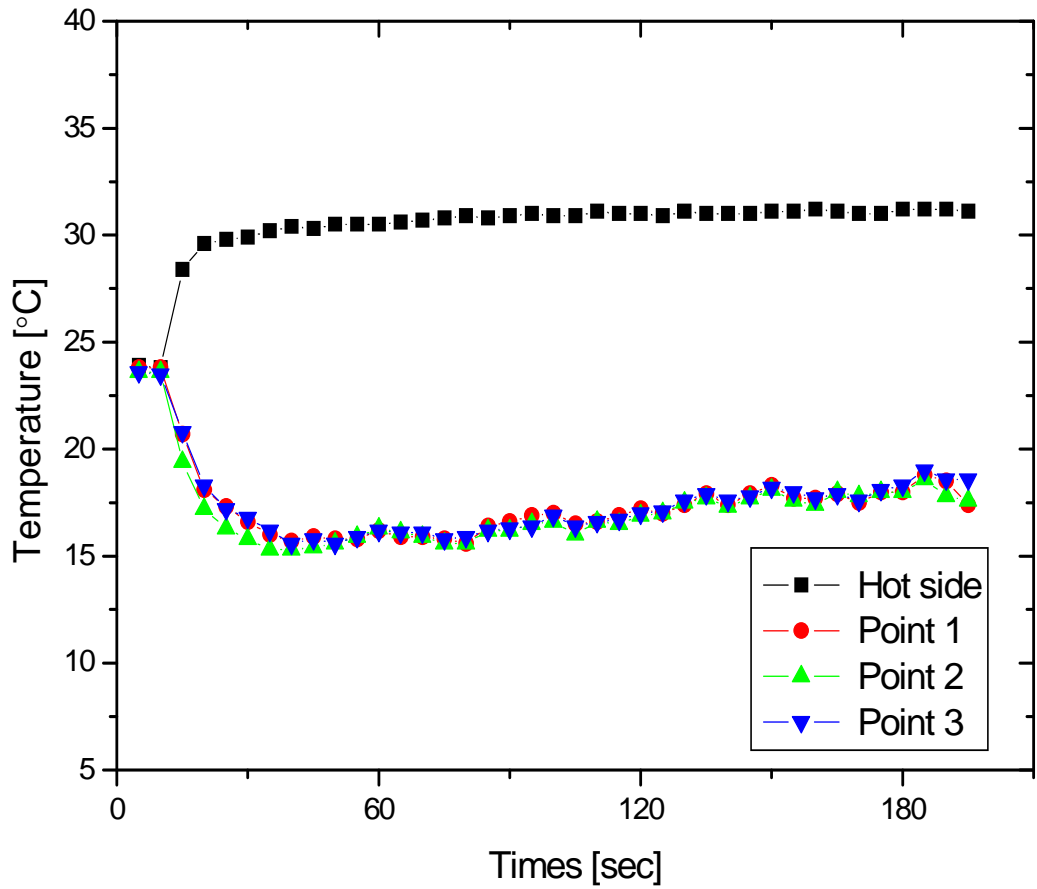


Fig. 19 Temperature distribution in cold region with the piezoelectric actuators, $Y = 3 \text{ mm}$

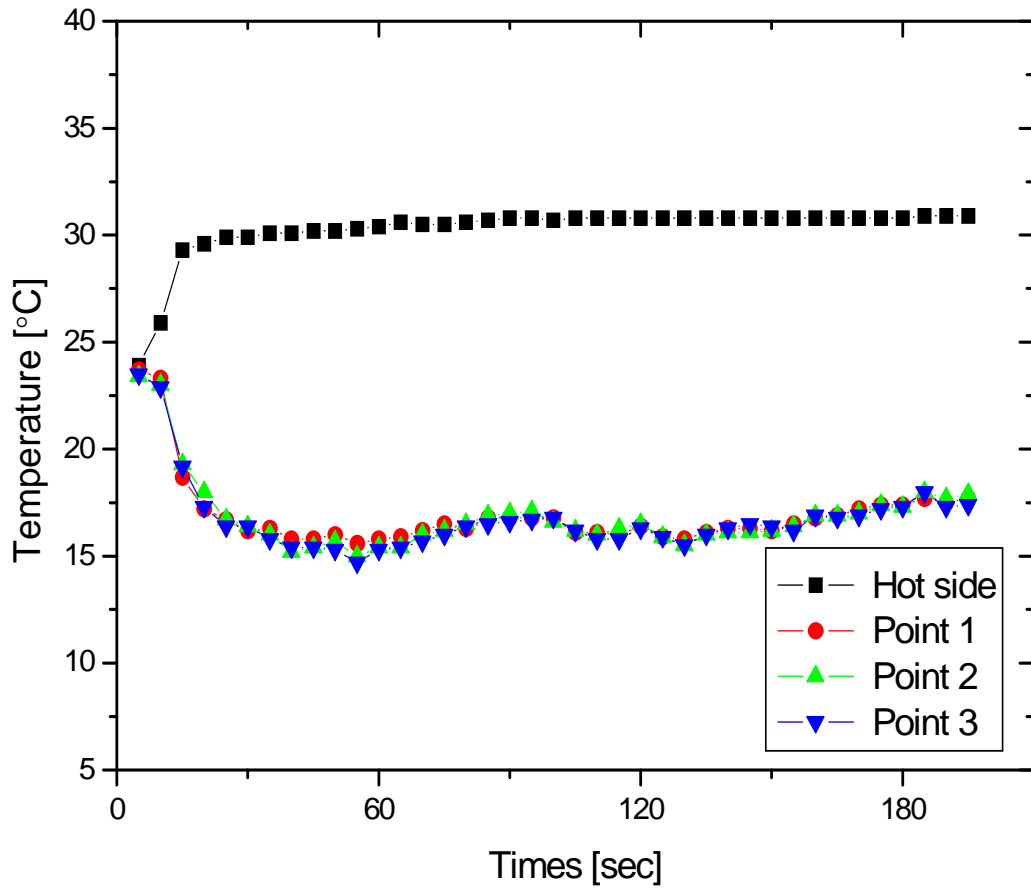


Fig. 20 Temperature distribution in cold region
with the piezoelectric actuators, $Y = 5 \text{ mm}$

4.2 유동 가시화 결과

4.2.1 열전냉각장치만 가진 하였을 경우 유동 가시화

앞서 3.1절과 3.2절에서 언급하였던 바와 같이, He-Ne 레이저, 광학 렌즈와 CCD 카메라 등을 통해 열전냉각장치의 냉각영역에서의 유동 현상을 가시화하였다.

Fig. 21은 열전냉각장치만 가진 하였을 경우 냉각영역에서 발생하는 유동현상을 가시화한 이미지를 나타내고 있다. 압전 구동기를 가지하지 않았을 경우와 가진 하였을 경우의 결과를 비교하기 위해 열전냉각장치만 가진 하였을 경우의 유동현상을 가시화하였다.

투명 아크릴 용기에 유동입자인 스모그를 투입하면 유동입자는 오른쪽에서 왼쪽으로 시험부 내부를 유동하게 되며, Fig. 21에 나타난 바와 같이, 열전냉각장치를 가진 하였을 경우 열전 소자의 냉각부에서 발생하는 냉온에 의해 냉각영역의 중앙 부분에서 side 부분으로 입자가 퍼져나가듯이 유동하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 앞서 수행된 온도분포 측정결과에서 냉각영역의 중앙 부분이 side 부분보다 온도가 낮은 이유를 설명하여 주고 있다.

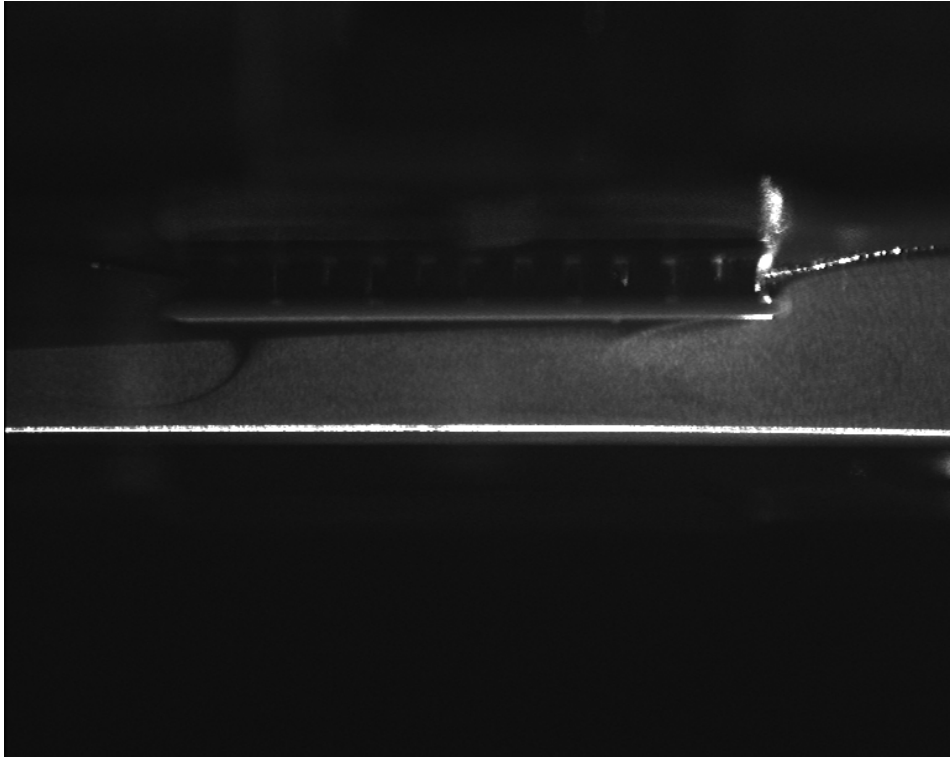


Fig. 21 Visualization of flow phenomenon in cold region,
only the thermoelectric cooling devices

4.2.2 압전 구동기만 가진 하였을 경우 유동 가시화

Fig. 22는 압전 구동기위에 유동입자를 놓고 압전 구동기를 가진 하였을 경우 유동입자의 유동 패턴을 가시화하여 나타내었다. Fig. 22에서 보는 바와 같이 압전 구동기에 공급된 전기적 에너지가 압전 구동기의 상·하 진동을 위한 운동에너지로 변화되면서 압전 구동기 위의 유동입자 수직으로 움직이는 것을 알 수 있으며 특히 시험부의 중앙 부분에서 side 부분으로 유동입자가 활발히 움직이는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 23은 압전 구동기를 가진 하였을 경우 시험부의 유동 현상을 가시화하여 나타낸 결과이다. Fig. 22에서 확인하였던 바와 같이 압전 구동기를 가진 하였을 경우 발생하는 음향 흐름(acoustic streaming)이 강제대류 현상을 발생시키고 이러한 음향 흐름의 영향으로 유동입자가 타원형의 형상을 이루면 시험부의 중앙 부분에서 시험부의 side 부분으로 유동하는 것을 알 수 있다.



Fig. 22 Visualization of flow pattern at test section,
only the piezoelectric actuators

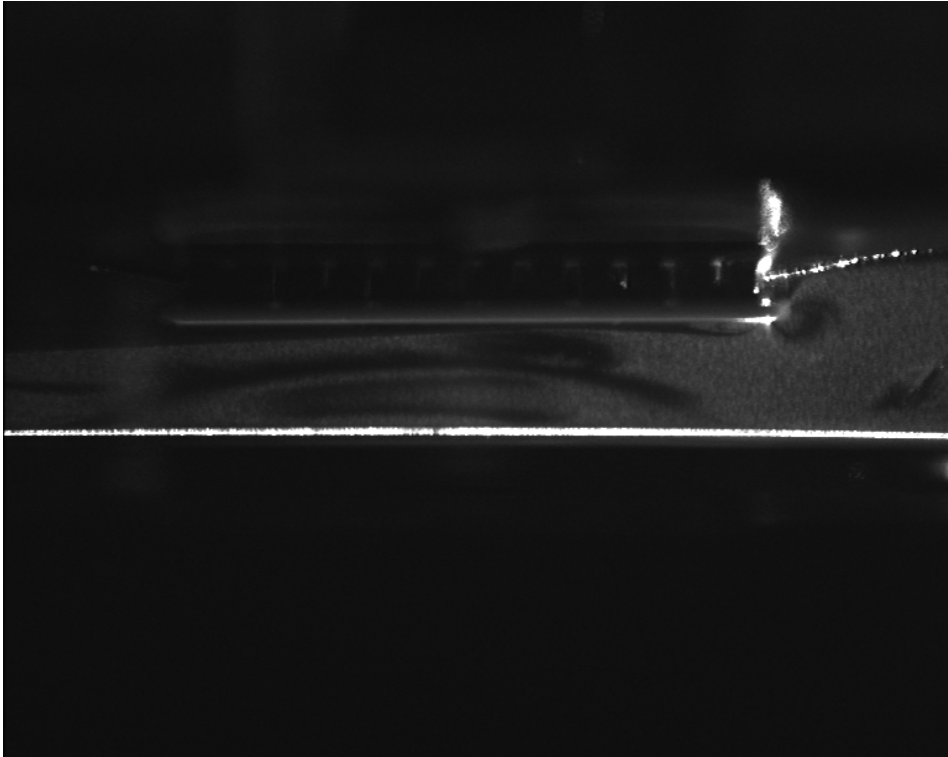


Fig. 23 Visualization of flow phenomenon at test section,
only the piezoelectric actuators

4.2.3 압전 구동기를 가진 하였을 경우 열전냉각장치의 냉각영역 유동 가시화

Fig. 24는 열전냉각장치와 압전 구동기를 동시에 가진 하였을 경우 열전냉각장치에서 발생하는 냉각영역의 유동현상을 가시화하여 나타낸 결과이다. Fig. 24에서 보는 바와 같이, 압전 구동기를 가진 하였을 때 발생하는 음향 흐름(acoustic streaming)이 강제대류 현상을 일으키고 이러한 영향에 의해 냉각영역의 중앙 부분에서 side 부분으로 유동입자가 유동하는 것을 알 수 있었다.

유동입자가 압전 구동기와 열전냉각장치 사이에서 발생한 냉각영역을 시계방향의 타원을 형성하며 상·하로 움직이면서 냉각영역의 중앙 부분에서 열전 소자 끝 부분 즉, side 부분으로 유동하는 것을 확인하였다.

압전 구동기를 가진 하였을 경우 발생하는 음향 흐름이 강제대류를 일으키고, 이러한 음향 흐름의 영향으로 열전냉각장치의 냉각부에서 발생하는 냉각영역의 온도분포를 일정하게 유지시켜 주는 것을 확인하였으며, 앞서 수행된 온도분포 측정 결과를 검증하여 주었다. 이러한 압전 구동기를 사용하여 발생하는 음향 흐름이 열전 소자를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능 및 열전달 향상에 큰 영향을 미친다는 것을 냉각영역의 온도분포 측정 실험과 유동 가시화 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

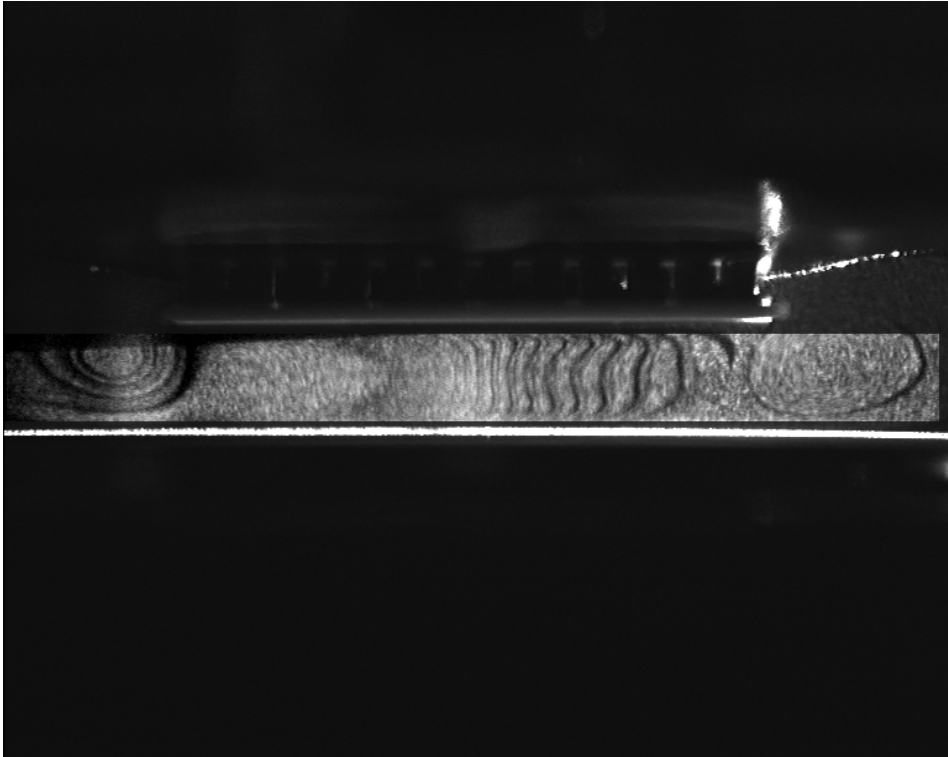


Fig. 24 Visualization of flow phenomenon in cold region,
with the thermoelectric cooling devices and the piezoelectric actuators

제 5 장 결 론

본 연구에서는 압전 구동기를 이용한 열전냉각장치의 냉각영역에서의 열전달 특성 및 냉각성능에 대하여 고찰해 보기 위하여 열전 소자를 이용한 열전냉각 장치를 제작하였고, 제작된 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리를 조절하고 압전 구동기를 가진 하였을 경우와 가진 하지 않았을 경우로 나누어 각각의 냉각영역에서의 온도분포 측정 실험 및 유동 가시화 실험을 실시하였다. 이에 본 연구를 통하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 열전냉각장치와 압전 구동기 사이의 거리를 1 mm, 3 mm 와 5 mm로 각각 증가시킬수록 냉각영역에서 발생하는 온도분포 결과 값은 약 11℃, 13℃와 17℃이며, 냉각영역의 거리가 증가할수록 온도분포 결과 값이 높게 나타났다.
2. 압전 구동기를 가진 하지 않았을 경우의 냉각영역의 중앙 부분은 16℃이며 측면 부분은 17.5℃로 온도차가 발생하였으나, 압전 구동기를 가진 하였을 경우 냉각영역에서 온도분포는 전 영역에서 약 15℃로 일정하게 유지되었다.
3. 압전 구동기를 가진 하였을 경우, 열전냉각장치의 냉각영역에서의 중앙 부분과 측면 부분의 온도차가 감소하였고, 냉각영역의 유동현상을 가시화 하였을 때 시계방향의 타원을 형성하며 유동하는 것을 확인하였다.
4. 압전 구동기에서 발생하는 음향 흐름(acoustic streaming)이 냉각영역에 강제 대류 현상을 발생시키고, 이러한 영향으로 냉각영역의 온도분포가 일정하게 유지되었다.

참 고 문 헌

1. S.T. Ro and J.S. Seo, "Principles of Thermoelectric Refrigeration and System Design", Korean Journal of Refrigeration and Air Conditioning, Vol. 19, No. 3, pp. 135-145, 1990
2. K.S. Park, Y.J. Song, H.J. Im, S.Y. Jang, K.S. Lee, J. Jeong and D.H. Shin, "A study on a precision temperature control unit using thermoelectric module", Transaction of the KSME, pp. 1049-1053, 2007
3. S.Y. Yoo, C.P. Hong and W.S. Shim, "A Study on the Performance of Thermoelectric Module and Thermoelectric Cooling System", Korean Journal of Refrigeration and Air Conditioning, Vol. 16, No. 1, pp. 62-69, 2004
4. H. Sofrata, "heat rejection alternatives for thermoelectric refrigerators", Energy Conversion and Management, Vol. 37, No. 3, pp. 269-280, 1996
5. J.G. Stockholm, "Current state of Peltier cooling", 26th International Conference of Thermoelectrics, Dresden, Germany, 1997
6. B.H. Kang, H.J. Chang, S.Y. Kim and S.H. Kim, "Cooling Characteristics at Hot Side of the Thermoelectric Module for an Air Conditioner", Korean Journal of Refrigeration and Air Conditioning, Vol. 14, No. 3, pp. 214-220, 2002

7. D. Astrain, J.G. Vian and M. Dominquez, "Increase of COP in the thermoelectric refrigeration by the optimization of heat dissipation", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 23, No. 17, pp. 2183-2200, 2003
8. B.J. Huang, C.J. Chin and C.L. Duang, "A Design Method of Thermoelectric Cooler", *International Journal Refrigeration*, Vol. 23, pp. 208-218, 2000
9. S.I. Lee, J.W. Choi and D.R. Lee, "Investigation of the Cooling Performance Using Peltier Module", *Korean Journal of Refrigeration and Air Conditioning*, pp. 1156-1161, 2006
10. K.H. Lee and O.J. Kim, "Effect of the Thermoelectric Element Thickness on the Thermal Performance of the Thermoelectric Micro-Cooler", *Korean Journal of Refrigeration and Air Conditioning*, Vol. 18, No. 3, pp. 211-217, 2006
11. N.F. Guler and R. Ahiska, "Design and testing of a microprocessor-controlled portable thermoelectric medical cooling kit", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 22, pp. 1271-1276, 2002
12. J.H. Jin, J.R. Cho and M.G. Kim, "Study on the performance of showcase refrigerating chamber using thermoelectric module", *Proceedings of the SAREK 2002 Winter Annual Conference*, pp. 35-40, 2002
13. D. Astrain, J.G. Vian and J. Albizua, "Computational model for refrigerators based on Peltier effect application", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 25, pp. 3149-3162, 2005

14. J.M. Kim, M.G. Kim and H.S. Chung, "Analysis of the thermal performance of cosmetics cooler by thermoelectric cooling", Transaction of the KSME, pp. 146-151, 2006
15. S.H. Lee, S.U. Gong, J.H. Kim and J.S. Kim, "A Study on the Cooling Performance of Cosmetic Refrigerator using Thermoelectric module and Pulsating Heat Pipe", Transaction of the KSME, pp. 140-145, 2006
16. H. Senftleben, "Die einwirkung elektrischer und magnetischer felder auf des warmeleitvermogen von gasen", Physik Z. 32, pp. 550, 1931.
17. S.H. Lee, S. Heo, C.W. Kim and K.J. Yoon, "Analysis of Piezoelectric Actuator for Valveless Micropumps", Trans. of the KSME, pp. 1581-1586, 2005
18. S.C. Woo and N.S. Goo, "Analysis of a Plate-type Piezoelectric Composite Unimorph Actuator Considering Thermal Residual Deformation", Transaction of the KSME(A), Vol. 30, No. 4, pp. 409-419, 2006
19. Q. Wan and A.V. Kuznetsov, "Numerical Study of the Efficiency of Acoustic Streaming for Enhancing Heat Transfer between Two Parallel Beams", Flow, Turbulence and Combustion, Vol. 70, pp. 89-114, 2003
20. Q. Wan, T. Wu, J. Chastain, W.L. Roberts, A.V. Kuznetsov and P.I. Ro, "Forced Convective Cooling via Acoustic Streaming in a Narrow Channel Established by a Vibrating Piezoelectric Bimorph", Flow, Turbulence and Combustion, Vol. 74, pp. 195-206, 2005

21. H.J. Lee, H.S. Park, and C.J. Kim, "Numerical Analysis on the Cooling of Laser Diode Package with Thermoelectric Cooler", Transaction of the KSME(B), pp. 309-315, 1999

22. "THERMOELECTRIC HANDBOOK", MELCOR, Trenton, USA, 2007

23. "PRODUCT CATALOG", PIEZO SYSTEMS, Inc, USA, pp. 42-46, 2007

감사의 글

2년 동안의 석사학위과정을 마무리하고 새로운 시작을 준비하는 지금, 이 감사의 글을 통해 그 동안 많은 관심을 가져주시고 격려를 아끼지 않아 주신 많은 분들께 감사의 마음을 전합니다. 먼저, 항상 믿음과 사랑으로 감싸주며 힘을 북돋아 주신 할머니, 어머니와 아버지께 진심으로 감사드립니다. 또 동생 지영에게도 고맙다는 말을 전합니다.

학부 2학년 때 지도교수와 지도학생의 연으로 만나 학문적 지식뿐만 아니라 인생의 선배로서 항상 격려와 지도를 아끼지 않으신 오울권 교수님께 머리 숙여 감사의 말씀을 드립니다.

학부과정부터 지금까지 학문적 기초를 마련해주시고 격려해주신 김영석 교수님, 심재기 교수님, 이동기 교수님, 김재열 교수님, 유영태 교수님께 진심으로 감사드립니다. 논문심사과정에서 많은 관심과 지도를 아끼지 않으신 김재열 교수님과 유영태 교수님께 다시 한번 감사의 말씀 드립니다.

많은 추억을 함께한 열공학실험실 식구들, 먼저 친형처럼 아껴주고 격려해주신 양호동 선배님께 감사의 말을 전하며, 잘못된 점을 지적해주고 고치도록 도와준 용범, 웃는 얼굴이 아름다운 영선, 앞으로 추억을 만들어 갈 제세에게 고마운 마음을 전합니다. 학부시절 항상 무섭다고 생각했지만 실험실 및 대학원 생활 등 많은 부분에 대해 지도해 주시고 조언을 아끼지 않으신 신호준 선배님께 감사의 말을 전합니다.

힘들 때나 즐거울 때 항상 함께 해주었고 할 수 있다는 자신감을 심어주며 힘을 북돋아 준 동준이형, 희승, 경열, 영배, 영민, 학부과정동안 함께 하였던 00학번 동기들 및 후배들에게도 고맙다는 말을 전합니다.

사랑하는 나의 가족들 큰고모, 둘째 고모, 둘째 고모부, 셋째 고모, 셋째 고모부, 막내 고모, 외할머니, 둘째 외삼촌께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 멀리 떨어져 자주 보지는 못하지만 항상 옆에 있는 것처럼 걱정해주고 힘들 때 큰 힘이 되어준 사랑하는 “혜영”이에게도 고맙다는 말을 전합니다. 항상 믿어주시고 챙겨주신 혜영이 부모님께도 감사의 말씀을 드립니다.

그동안 많은 도움과 격려를 주신 모든 분들께 이 글을 빌어 감사의 말씀을 드리며 일일이 명시하지 못한 점 널리 양해 바랍니다.

이천팔년 유월 고마운 분들을 생각하며...

윤 희 성 올림

저작물 이용 허락서

학 과	첨단부품소재공학과	학 번	20077275	과 정	석사
성 명	(한글) 윤 희 성 (한문) 尹 僖 晟 (영문) Yoon, Hee-Sung				
주 소	광주광역시 동구 소태동 724-5번지				
연락처	E-mail : jiwondong@naver.com				
논문제목	(한글) Piezoelectric Actuator를 이용한 열전냉각장치의 냉각성능 고찰				
	(영문) Study on the Cooling Performance of Thermoelectric Cooling Device using Piezoelectric Actuator				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집과 형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물 이용의 허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
7. 소속 대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의() 반대()

2008년 8월 25일

저작자: 윤 희 성 (인)

조선대학교 총장 귀하