

新☆エネルギーコンテストの参加報告

相馬 岳

A Participation Report of the Alternative ☆ Energy Contest 2016

Takeshi SOUMA*

Abstract

平成 28 年 10 月 8 日に日本大学工学部（福島県郡山市）において日本機械学会技術と社会部門主催で開催された第 9 回新☆エネルギーコンテストに参加した。同コンテストは大学・高専の学生を主な対象とする「エネルギー利用」に関するコンテストで、本年度においては機械電子工学科相馬研究室から 1 チームが「熱電発電モジュールを利用したオフィス・家庭用空調機からの廃熱利用」のタイトルでエントリーした。今回は香川高等専門学校からは初めての出場であったが、参加学生が口頭発表およびポスターでのプレゼンテーションで健闘し、企業賞である「三菱重工冷熱賞」を受賞することができた。また、同時開催の「ロハスの家見学会」では再生可能エネルギーのみで室内環境を維持する新しいタイプの家を見学し、エネルギー利用に関する見識を深めると同時に他校の学生と交流を持つことができた。

Keywords: エネルギー工学, 熱電発電モジュール, 再生可能エネルギー

1. 緒言

2011 年 3 月の東日本大震災を契機に日本のエネルギー政策やエネルギー供給体制について再考を迫られており¹⁾、現在日本では太陽光発電などの再生可能エネルギーの積極的な導入が促進されている。このような背景から、研究者や技術者のみならず日本国民全体がこれまで以上にエネルギー問題への関心が高まっていると考える。それに伴い、大学、高等専門学校（以下高専）等の高等教育機関においてもエネルギー教育の重要性がますます高まっていると言える。

一方、全国の高専における教育の一環としてロボットコンテスト、プログラムコンテスト、デザインコンペティションが開催されている。これら 3 大コンテストについては（独）国立高等専門学校機構本部のウェブページにもスケジュールが掲載され²⁾、全高専を挙げての取り組みがなされている。コンテストを通じた工学教育は学生の主体性を喚起でき、授業や実習とは異なる能動的な学ぶ姿勢を育むことができる教育システムと考える。しかしながら、現時点において高専に

おけるエネルギー関係のコンテストへの取り組みは活発とは言えないのが現状であり、香川高専としてもこれまで参加実績が無い状況であった。

エネルギー関係のコンテストの一つとして日本機械学会の技術と社会部門が主催する「新☆エネルギーコンテスト」があり、近年は毎年開催されている。そこで、今回は初回の実績づくりとして同コンテストの参加を試みることにした。この参加によりエントリーする学生にとって全国の大学生や高専生とエネルギー関係の研究成果を競い合うことで教育効果が期待できるとともに、より視野を広げることが可能と考えた。また、香川高専のエネルギー工学分野における学生の活動や研究成果を対外的にアピールすることができるので高専のプレゼンスの向上を図ることができる。

本研究報告においては、同コンテストの参加を通して得られた知見に加え教育面および研究面における効果について考察することとした。なお、本論文に掲載した出展作品およびその技術データについては、同コンテストにおけるポスターおよび口頭発表に用いたものである。

* 香川高等専門学校 機械電子工学科

2. 新☆エネルギーコンテストの概要

2.1. コンテストの経緯

新☆エネルギーコンテストとは日本機械学会の一部門である「技術と社会部門」が主催するイベントであり平成 20 年（2008 年）を起点に毎年開催されている。対象としては大学・高専の学生であり、エネルギー利用に関して斬新な発想をもとにアイデアを競うコンテストである³⁾。著者は平成 24 年（2012 年）に福島県郡山市で開催された同コンテストを視察し、参加校数、コンテストの雰囲気、技術レベルなどを調査した。

2.2. 本年度のテーマ

第 9 回を迎える本年度は福島県郡山市にある日本大学工学部 70 号館において 10 月 8 日に開催されることになった。今年度のテーマは「新☆エネルギーの有効な利用方法（冷凍、空調、給湯、調理など）を考えてみましょう！」であり、展示・実演部門とポスター部門の 2 部門に分けて実施された³⁾。

3. 相馬研究室の熱電研究の紹介

機械電子工学科相馬研究室は平成 20 年 4 月にスタートした研究室であり、熱電変換モジュールおよびモジュールの中核となる熱電材料を研究テーマとしている。

熱電材料は熱を電気に、あるいは電気を熱に直接変換できる性質を有しており、図 1 に示すように p 型と n 型の熱電材料を Π（パイ）型に接合することにより廃熱等の熱源から電力を得ることが可能である。しかしながら一対では出力が低いので、実用的には数十から数百十の対を内包させて一つのモジュールとするのが一般的である。

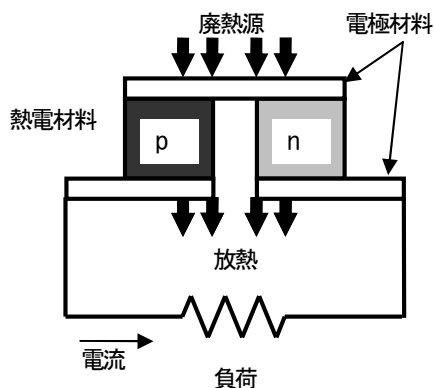


図 1 熱電発電方式の概要

従来の熱電発電モジュールにおいて中核となる熱電材料としてはビスマス-テルル (Bi-Te) 系といった

重金属が主流であったが、それは高価で毒性を有し、かつ耐熱性に劣るといった欠点があった。そのため、用途も宇宙開発などの特定の分野に限定されていた。しかしながら 1990 年代後半から安価で無害、かつ耐熱性に優れた酸化物セラミック系の熱電材料が新たに開発されるようになった。当研究室ではこのような新しい熱電材料に着目し、地球環境に優しい熱電発電モジュールの開発を目標としている。図 2 は試作した酸化物熱電発電モジュールの一例⁴⁾であり、p 型材料としてコバルト酸ナトリウム (NaCo_2O_4) 焼結体を、n 型材料として酸化亜鉛 (ZnO) 焼結体を 12 個ずつ使用し、合計 12 の p-n 対を内包したものである。

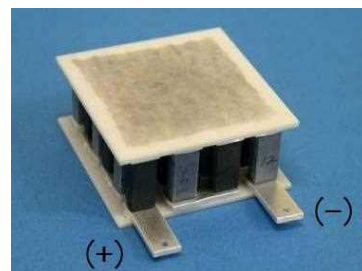


図 2 酸化物熱電モジュールの試作例⁴⁾

このような新しい熱電材料による熱電発電モジュールはまだ研究途上であるが、エネルギー問題解決のためには是非とも開発の加速および幅広い普及が期待される。

4. 本年度のエントリー内容および成果

4.1. エントリーテーマの設定

本年度においては機械電子工学科相馬研究室の 5 年生が主体となったチームでコンテストにエントリーすることに決定した。チームリーダーに選任された木内啓介君が主体となって「熱電発電モジュールを利用したオフィス・家庭用空調機からの廃熱利用」のテーマを考案した。日本中に設置されているエアコンの室外機はかなりの高温となるが、その熱は大気中に放出されているのみである。この廃熱に対して熱電発電モジュールを用いて電力として回収できれば、一台あたりの電力は小さくとも総量としては大きな電力になることが予想できる。また、前述の通り相馬研究室において熱電発電モジュールの研究ノウハウがあるため、出展作品の製作が比較的容易と考えた。なお、エントリーの種別としてはエアコン室外機等の輸送が難しいため、ポスター部門とした。

4.2. 作品の設計および製作

まず、作品の製作に先立ちエアコン室外機の温度測定を実施した。図3に香川高専高松キャンパス内の主なエアコンの室外機表面の温度測定の一例を示す。測定については日中の9:00~17:00の8時間を測定範囲とした。今回の測定においては最大45.7℃の結果が得られた。

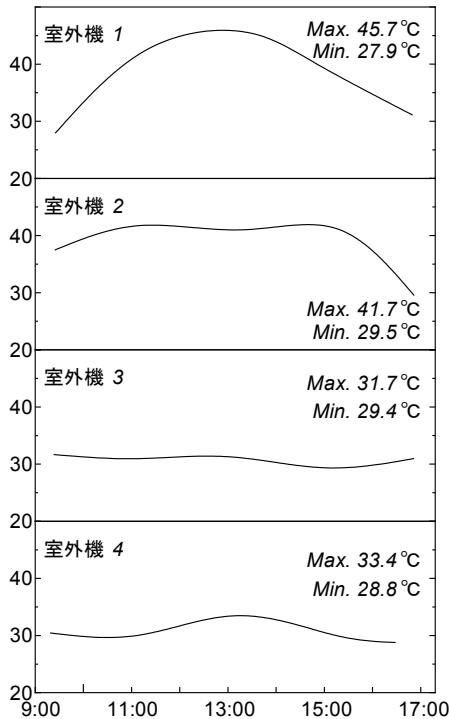


図3 エアコン室外機の温度測定例

室外機1: R36GNV (ダイキン製)
 室外機2: R22LES (ダイキン製)
 室外機3: RZYP112AA (ダイキン製)
 室外機4: RZYP112BB (ダイキン製)

図4に熱電発電モジュールを中核とした発電ユニットのコンセプト図を示す。底面には200mm×200mm×1.5mmの銅プレート(copper plate)を設置し熱源と接触する設計とした。銅プレートの上に市販のMelcor製熱電発電モジュール(型番618-724)を20個張り付けた。モジュール同士は直列に接続した。20個のモジュールの上に150mm×150mm×35mmのアルミニウム製ヒートシンクを乗せ、自然対流による空冷で温度差を得る方式とした。空冷に比べて水冷のほうが温度差を大きく取れる可能性があるが、冷却水を循環させるためのポンプ電力を要することとなる。それに伴い発電ユニット全体のエネルギー収支がマイナスになっては意味が無いので、あえて電力を要しない空冷方式とした。

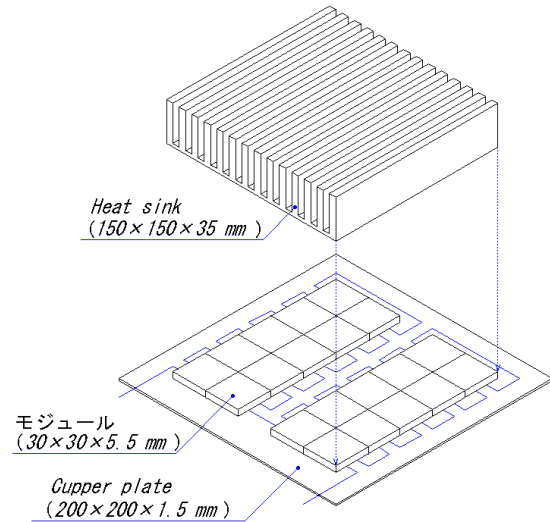


図4 発電ユニットのコンセプト図

4.3. 作品の性能測定

図5に完成した発電ユニットの写真を示す。今回はエアコン室外機からの廃熱回収を想定していたため高温部である銅プレートでも100℃を超えることは無いと判断した。よって銅プレートとモジュール間、およびモジュールとヒートシンク間の接着にはシリコン系グリースを用いた。

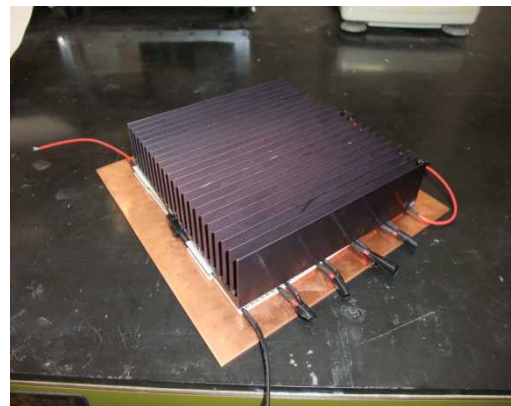


図5 発電ユニットの外観写真

発電ユニットの発電特性の測定には図6に示す回路を用いた。本来であればエアコン室外機そのものを設置して発電特性を測定するべきであったが、電気計測用機器類を屋外に設置するのが困難であったため、汎用のホットプレートを模擬熱源として代用した。図3の測定結果を考慮してホットプレートの設定温度を40, 50, 60℃の三条件とした。各設定温度に安定した後、図6の外部抵抗を変化させ電流-電圧特性と電流-電力特性をそれぞれ測定した。

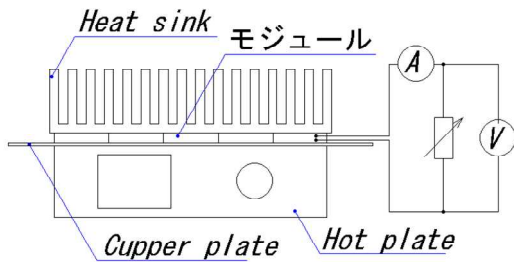


図6 発電特性測定回路

発電ユニットの発電特性の測定結果を図7に示す。グラフの上部には今回の三条件に対応した数値を記述している。図7の結果より模擬熱源温度 50 °C のときにユニットの高温部が 38.0 °C、低温部が 31.8 °C となり、開放電圧 888 mV、最大電力 10.8 mW を得ることができた。今回は一個の発電ユニットだけの結果であるが、必要に応じてユニット数を増設すればより大きな電力を得ることが可能と考える。

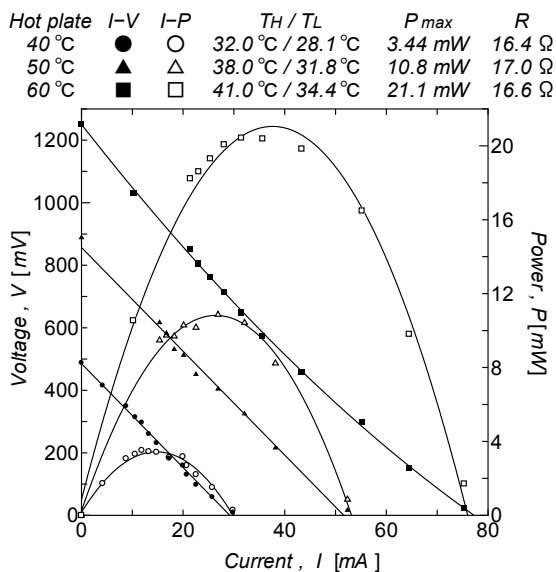


図7 発電ユニットの発電特性

ここで、本ユニットから得られる電力がどの程度のものか試算を実施した。日本には 810 万台のルームエアコンが存在しているが、1 台あたりに本発電ユニットを設置した場合、6~10 月の5ヶ月間の運転で回収できる電力は総計 315000 kWh と試算できる。日本の一世帯あたりの平均的な一年間の電力消費量は約 3600 kWh となるので、87 世帯分の一年間の電力を賅える計算となる。この試算はまだ粗いものであるが、学生にとってはエネルギー問題を考える上で重要であると考えられる。

4.4. コンテストにおける口頭およびポスター発表

今回のコンテスト参加においてはチームリーダーである木内啓介君と著者の相馬が会場のある福島県の日本大学工学部に出張した。ポスターおよび口頭での発表は木内君が担当し、大学生や大学院生と一緒にプレゼンテーションをこなした。図8はポスター発表での一コマである。

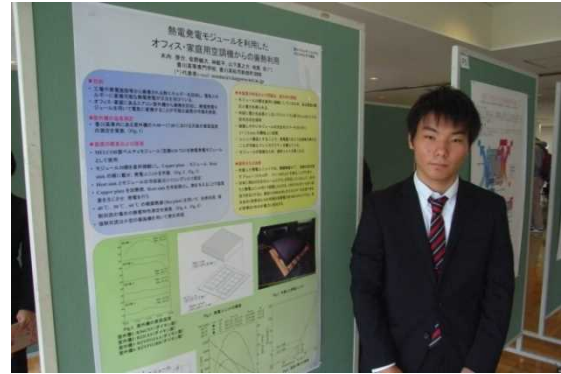


図8 コンテストにおけるポスター発表時の写真

主催者側の選考の結果、今回の香川高専からの発表に対して企業賞である「三菱重工冷熱賞」を受賞することができた(図9参照)。なお、参加者の大部分は大学生または大学院生であり、本年度のコンテストにおいて本校以外から参加した高専は明石高専のみであった。



図9 企業賞である三菱重工冷熱賞を受賞

4.5. ロハスの家見学会

コンテストにおけるポスターおよび口頭のプレゼンテーション終了後に日本大学工学部に設置されている「ロハスの家」の見学会に参加した。ロハスの家とは再生可能エネルギーだけで快適な室内環境を保つロハスの家1号をはじめ斬新なコンセプトで設計された建物の一環である⁹⁾。この見学会の参加により、エネルギー利用に関する見識を深めると同時に他校の学生(大学生および大学院生)と交流を持つことができた。

5. 結論および今後の展望

本年度は香川高専としては初めて新☆エネルギーコンテストへの参加を試みた。得られた成果を以下に示す。

- (1) 今回は初参加であったが、チームリーダーの学生が口頭およびポスターのプレゼンテーションで奮戦し、企業賞である「三菱重工冷熱賞」を受賞することができた。
- (2) ロハスの家見学会においては、再生可能エネルギーのみで快適な室内環境を保持する斬新なコンセプトで設計された家屋を視察することができた。
- (3) 今回の参加および受賞については香川高専HPトピックスで情報発信し、本校のエネルギーの教育および研究の活動を対外的にアピールすることができた。

この参加および受賞を契機に、今後もエネルギー分野における教育および研究に力を入れていきたいと考える。

6. 謝辞

本年度の新☆エネルギーコンテストの参加においてはリーダーの木内啓介君はじめ相馬研究室のメンバーに多大な協力をいただいた。感謝の意を表したい。

また、今回のコンテスト参加のための資金は平成28年度校長裁量経費の対外活動活性化支援経費から充当した。校長裁量経費として採択していただいた校長先生はじめ関係教職員の御理解と御協力に深く感謝する。

7. 参考文献

- 1) 公益財団法人化学工学緊急提言委員会編, ゼロから見直すエネルギー, pp.1-4, 丸善出版, 平成24年.
- 2) URL: http://www.kosen-k.go.jp/event_calendar.html
- 3) URL: <http://www.mech.ce.nihon-u.ac.jp/enecon2016/contest.html>
- 4) Takeshi Souma, Michitaka Ohtaki, Masayuki Shigeno, Yasuhiro Ohba, Norikazu Nakamura, Toshitada Shimozaki, "Jointing technique and power generation characteristics of p - NaCo_2O_4 and n - ZnO oxide thermoelectric modules," *Transaction of the Material Research Society of Japan*, **32** (2007) pp.701-704.

5) ロハスの家パンフレットより, 日本大学工学部