

# 新☆エネルギーコンテストの5年間の参加報告

相馬 岳

## A Participation Report of the Alternative ☆ Energy Contests from 2016 to 2020

Takeshi SOUMA\*

### Abstract

新☆エネルギーコンテストは日本機械学会技術と社会部門主催で開催されているものであり、近年は福島県郡山市が会場となっている。機械電子工学科の相馬研究室においては2016年度から2020年度の5年間連続して異なるテーマでエントリーし、多様な方式のエネルギー利用の研究成果をアピールすることができた。さらに本科5年生の発表に対して5年間連続して協賛企業の企業賞に入賞することができた。本論文においては、各年度における発表内容の概要をとりまとめ5年間の参加活動を総括するとともに今後のエネルギー関係の教育および研究に関する将来展望について考察する。

*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, コンテスト

### 1. 緒言

福島県をはじめとする東日本の太平洋沿岸に甚大な被害をもたらした2011年3月の東日本大震災から今年で10年が経過した。同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いる<sup>1)</sup>。しかしながら、同震災以降の日本の電力の8割以上が火力発電で占められており<sup>2)</sup>、それらの燃料である石油・石炭・天然ガスといった化石燃料の枯渇や二酸化炭素排出量の増加が懸念されている。このような問題を解決するためには、新エネルギーの開発および実用化を担う次世代の技術者・研究者の養成が不可欠となる。以上のような背景から、高等専門学校（以下高専）や大学等の高等教育機関においてもエネルギー教育の必然性がますます高まっていると考える。

コンテストを活用した工学教育は学生の主体性や創造性を喚起でき、授業や実験・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。

高専においてもロボットコンテスト（略称ロボコン）、プログラムコンテスト（同プロコン）、デザインコンペティション（同デザコン）といった3大コンテストが開催され、(独)国立高等専門学校機構本部のウェブページにも詳細に紹介される<sup>3)</sup>等の全高専を挙げての取り組みがなされている。しかしながら、著者は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と考えてきた。

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。著者ら（機械電子工学科相馬研究室）は2016年に開催された第9回目の同コンテストに参加した<sup>4)</sup>ことを契機に、2020年度開催の第13回まで5年間連続してエントリーすることを試みた。本研究報告においては、同コンテストの5年間の参加を通して得られた実績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。

---

\* 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エネルギーの工学利用に関する発表会であり、主催しているのは日本機械学会の一部門である「技術と社会部門」である。同コンテストは2008年（平成20年）を起点に毎年9～10月頃に開催されている。参加対象としては大学院・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。近年は東日本大震災の復興の意味も含めて、福島県郡山市に所在する日本大学工学部が開催会場となっている。

### 2.2. 2016～2020年の開催状況

近年5年間の新☆エネルギーコンテストの開催状況を表1に示す。開催場所については福島県郡山市に所在する日本大学工学部を予定していた。2016～2018年の3ヵ年については現地で問題無く開催されたが、2019年度においては日本大学工学部の校舎が台風19号で被災したため現地開催できず、事前に提出したアイデアシートおよびポスター原稿を用いた書類審査で実施された。また、2020年度においてはコロナ禍のため現地開催できないことが事前に判明していたので、Zoomを利用した遠隔で実施することとなった。

表1 2016～2020年度の新☆エネルギーコンテストの開催状況

開催年	月日	開催場所
2016	10/08	日本大学工学部 (福島県郡山市)
2017	10/21	日本大学工学部 (福島県郡山市)
2018	09/07	日本大学工学部 (福島県郡山市)
2019	10/19	台風19号のため書類審査で実施
2020	10/17	コロナ禍のため遠隔で実施

### 2.3. 発表方式

2016～2018年の通常開催における発表方式については、午前の10:00～12:00の2時間がポスター発表であり、午後の13:00～15:00の壇上で3分程度ショートプレゼンテーションを実施する2段階の形式であった。2019年は前述のように書類審査のみで実施し、2020年は発表者午前と午後に分け、それぞれ2時間の持ち時間でオンラインによりポスター内容を説明する形式で実施された。

## 3. 5年間の発表内容の概要

ここでは近年5年間に於いて当研究室の学生が発表した内容の概要を説明する。いずれも「エネルギー工学」と「熱電発電」を両立できるテーマを選定した。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、参考文献に記載したように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。

### 3.1. エアコン室外機の廃熱利用 (2016年度)<sup>5)</sup>

2016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スタイルを採用した。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」のテーマで発表することを試みた。

日本中に設置されているエアコンの室外機はかなり的高温となるが、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た。

図1に発電ユニットのコンセプト図を示す。下部の銅板に20個の熱電発電モジュールを貼り付け、その上にアルミ製ヒートシンクを乗せたユニットである。銅板を室外機の上に乗せることで熱を吸収し、上部のヒートシンクで空冷する方式とした。

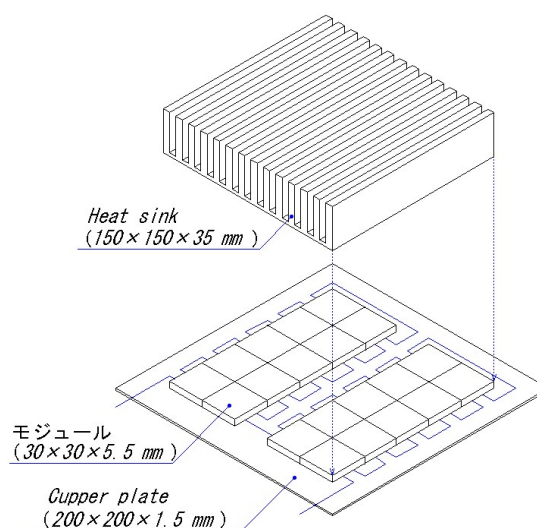


図1 発電ユニットのコンセプト図

発電ユニットに模擬熱源により温度差を印可した際の発電特性を図2に示す。同図より模擬熱源温度50℃のときにユニットの高温部が38.0℃、低温部が

31.8℃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。この結果より、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 と試算された。

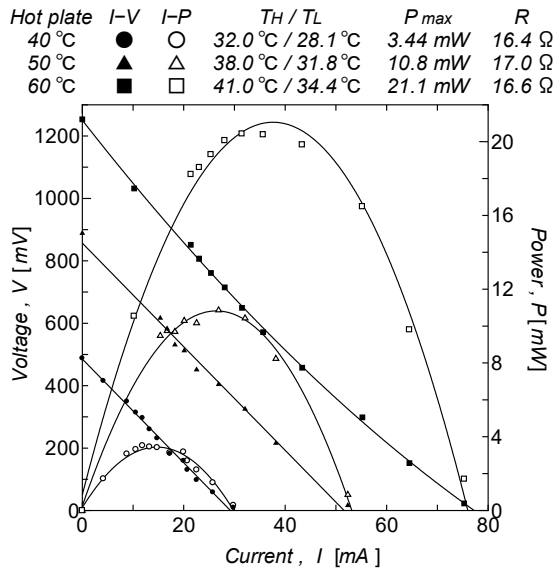


図2 発電ユニットの発電特性の一例

### 3.2. 水素エネルギーの開発 (2017年度) <sup>6)</sup>

2017 年度以降は機械電子工学科相馬研究室の5年生のうちの1名が、卒業研究として実施した実験研究の内容の一部をコンテストで発表する形式に変更した。2017年度のテーマ名は「熱電発電モジュールを用いた水素エネルギーの開発」で枝木達実君がエントリーした。

図3に水素発生装置の概要図を示す。廃熱を利用した温度差によって熱電発電モジュールで電力を発生させ、それをダイレクトに水の電気分解に供するシステムである。廃熱は状況によって温度や熱量が変動するが、水素に変換することで貯蔵を容易することで、新しいエネルギー回収方法に繋がることを提案した。

図4に製作した装置の発電ユニット部分にホットプレートで廃熱を模擬した発電実験の結果を示す。ホットプレート温度が 200℃でヒートシンクを強制対流状態といたところ、最大出力 ( $P_{max}$ ) が 2.1 W、解放電圧 ( $V_0$ ) が 10.8 V と水素の電気分解に必要な 6 V 以上の出力を得ることができた。

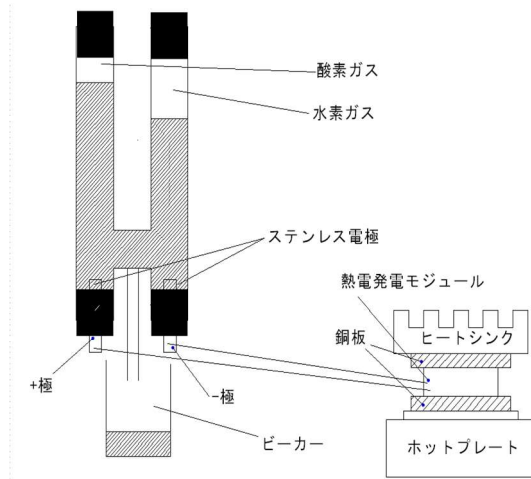


図3 水素発生装置の概要図

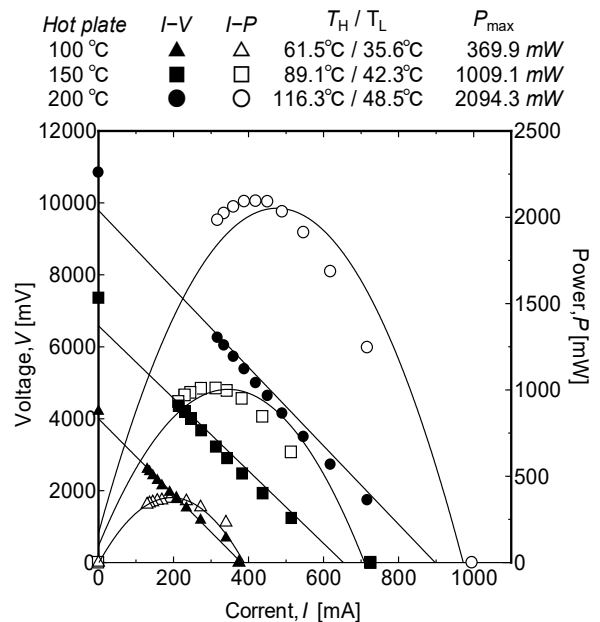


図4 水素発生装置の発電特性の一例

### 3.3. 移動体からの廃熱回収 (2018年度) <sup>7)</sup>

2018 年度においては機械電子工学科相馬研究室5年生の石川翔大君が「熱電発電モジュールを応用した移動体からの排熱回収の試み」のテーマでエントリーした。

移動体としては身近な乗り物であるオートバイを対象とし、そのマフラー (排気筒) からの廃熱を回収対象とした。今回の実験研究の対象としたマフラーを図5に示す。同マフラーは Kawasaki 製 KLX125 から取り外したものであり、ステンレス製で無塗装であることと構造上平面部分が多く熱電発電モジュールを貼り付けやすいことが選定理由である。廃熱回収装置の概要図を図6に示す。



図5 オートバイのマフラー(Kawasaki製KLX125)

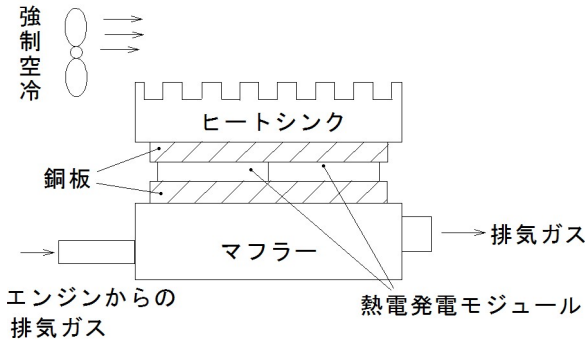


図6 マフラーからの廃熱回収装置の概要図

廃熱回収装置に用いた熱電発電モジュール1個の単体での発電特性を図7に示す。同図より最も良い条件下において解放電圧0.5V、最大出力5.5mWが得られた。実際の廃熱回収装置には20個の熱電発電モジュールを用いたが、最大出力として55.8mWが得られた。単純に20倍にはならなかったのは、モジュールを密集配置させたため、温度差が小さくなったためと考えられる。

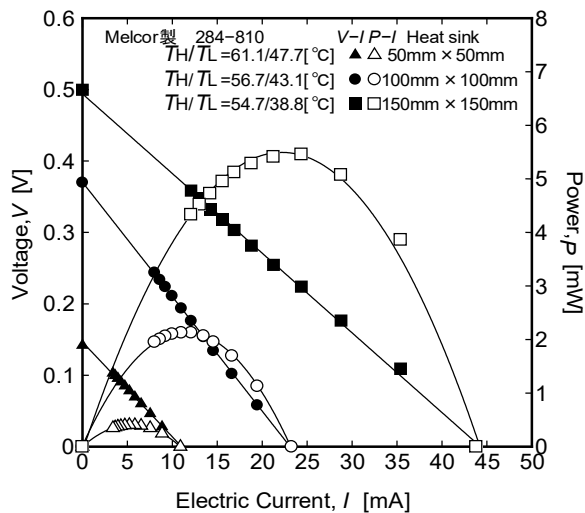


図7 熱電発電モジュール1個の発電特性

### 3.4. 太陽光の熱利用 (2019年度)<sup>9)</sup>

4年目である2019年度においては機械電子工学科相馬研究室5年生の小銭勇太郎君が「熱電発電モジュールを応用した太陽光の熱回収システムの開発」のテーマでエントリーした。

太陽光は光エネルギーとして利用される太陽電池が主流であるが、太陽熱としての利用も研究されている。図8に太陽熱回収システムの概要を示す。鏡を凹状に複数枚配置して太陽光を一点に集光させ熱電発電モジュール上の銅板を加熱し、モジュールの反対側はアルミ製ヒートシンクを冷却源とすることで温度差を得た。

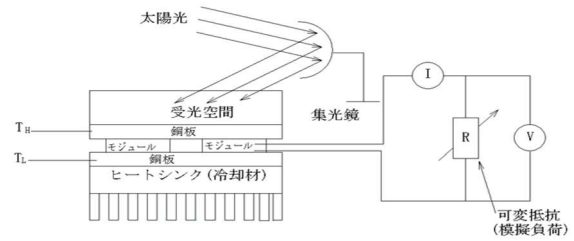


図8 太陽熱回収システムの概要

図9に太陽熱回収システムを用いた発電特性の一例を示す。この測定においては開放電圧426mV、最大出力2.09mWが得られた。同図が前年までの発電特性(図2, 4, 7)と比較して電圧、電力ともに滑らかに欠けるのは太陽光により温度が変動したためと考えられる。

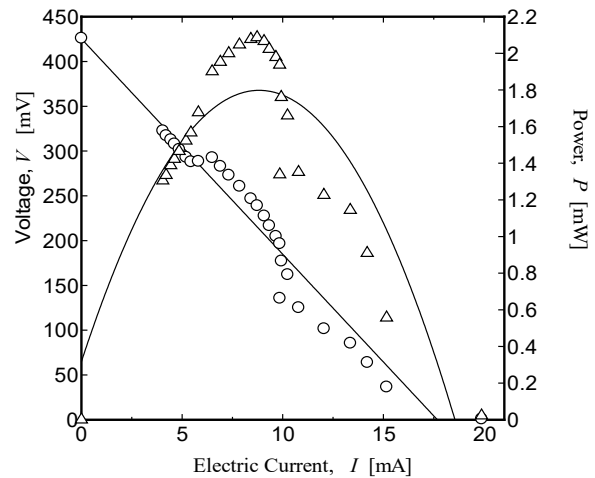


図9 太陽熱回収システムの発電特性の一例 (○: 電圧, △: 電力)

### 3.5. LNGの冷熱利用 (2020年度)<sup>9)</sup>

昨年の2020年度においては機械電子工学科相馬研究室5年生の松木輝雄君が「熱電発電モジュールを応用したLNGの冷熱回収」のテーマでエントリーした。

LNGとは液化天然ガスの略であり、主として外国で採掘された天然ガスは輸送効率を向上させるため液化して体積を大幅に減少させてからタンカー等で日本に輸入される。天然ガスとして利用する際には再度気化させるため、その際に冷熱が回収できる。

図10にLNG冷熱回収システムの概要を示す。箱と記述された空間にLNG等の冷熱源を入れ低温側とし、アルミ製ヒートシンクによる空冷部分を高温側とする。その間に熱電発電モジュールを挟み、得られた温度差により発電を行い、冷熱を電力として回収するシステムである。

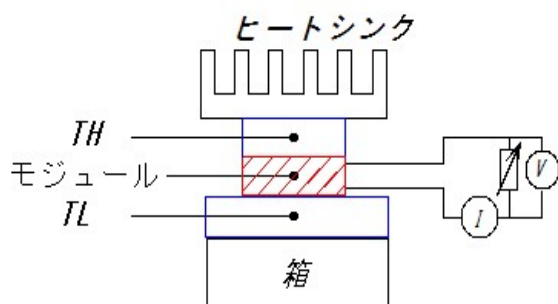


図10 LNG冷熱回収システムの概要

LNG冷熱回収システムによる発電特性の一例を図11に示す。LNGは可燃性ガスであるため安全上の問題を考慮し、ドライアイスで代用して測定実験を実施した。LNGの温度である $-162^{\circ}\text{C}$ に比べドライアイスの温度は $-78.5^{\circ}\text{C}$ であるため室温との温度差が小さくなったが、図11に示すように $\Delta T=20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 程度の温度差が確保できた。今回は熱電発電モジュール1個を用いたため開放電圧が約460mV、最大出力が約6.2mWと小さい値に留まっている。これについては、モジュール数の増加により出力の向上が図れると考えられる。また、ドライアイスに代わり液体窒素( $-196^{\circ}\text{C}$ )を用いることで、よりLNGに近い条件で発電特性を測定できることが期待される。

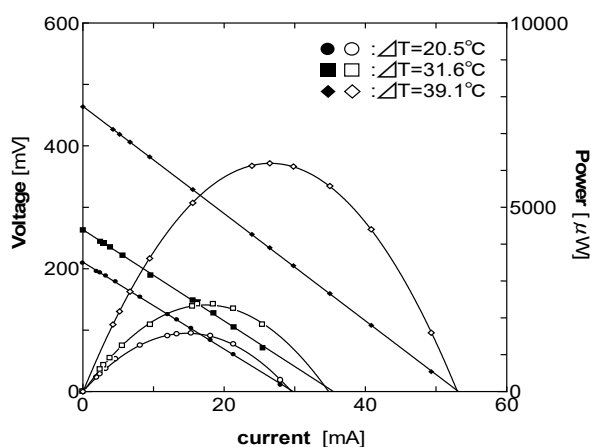


図11 LNG冷熱回収システムによる発電特性の一例 (冷熱源としてドライアイスを用いた場合)

## 4. 発表状況および受賞結果

### 4.1. 5年間の学校別発表数

2016～2020年度の5年間における新☆エネルギーコンテストにおける学校別発表件数を表2に示す。なお、同表における学校の選別においては、各発表におけるファーストオーサーの所属で分類した。また、エントリーしたものの発表をキャンセルしたケースについてはカウントしていない。

表2 5年間の学校別発表数内訳

年度	高専	大学	大学院	高校	その他
2016	2	7	5	2	0
2017	1	17	2	2	0
2018	1	15	0	7	0
2019	1	11	0	2	0
2020	1	12	0	3	1

表2に示すように、最も多かったのは大学生であり、2016～2017年には大学院生の発表も見られた。また、各年度において近隣の高校からも数件のエントリーがあった。高専については2016年に明石高専のエントリーがあったが、2017年以降は本校1校のみであった。今後のエネルギー教育の重要性を勘案すれば、より多くの高専に参加して欲しいと考える。

### 4.2 受賞結果

5年間の発表に対する受賞結果を表3に示す。2016年度に三菱重工冷熱賞を受賞したことを契機に5年間連続で表3に示す企業賞を受賞することができた。コンテストの大賞までには届かなかったものの、5年間続けて協賛企業の企業賞に入賞できたことは評価すべきと考える。

表3 5年間の受賞結果

年度	学生名	受賞
2016	木内 啓介	三菱重工冷熱賞
2017	枝木 達実	日本ピーマック賞
2018	石川 翔大	サンポット賞
2019	小銭 勇太郎	日本ピーマック賞
2020	松木 輝雄	日本ピーマック賞

### 4.3 教育および研究面における効果

初年度である2016年度の除く2年目以降は、前述のとおり相馬研究室に配属された5年生の卒業研究のテーマの一環として実験研究を実施してきた。10月頃の

コンテスト発表に備えて早めに実験成果を出す必要があるため、卒業研究の進捗を促進させることができ、それが研究室内の他学生に良い影響を与えることができたと考える。さらに、大学生が多数を占めるコンテストにおいて企業賞とはいえ受賞できたことが、コンテスト以降の卒業研究においてもモチベーションの向上に繋がったと考える。

## 5. 結論および今後の展望

今回は、2016～2020年度の5年間連続で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へのエントリーについて報告した。発表テーマについても、エアコンの室外機の廃熱利用(2016)、水素エネルギーの開発(2017)、移動宝の廃熱回収(2018)、太陽光の熱利用(2019)、LNGからの冷熱回収(2020)と毎年異なる研究成果を発表した。その結果、以下の3項目の成果が得られた。

- (1) 2016年度の参加を皮切りに5年連続して新☆エネルギーコンテストでエネルギー工学に関する研究成果を発表することができた。毎年異なるテーマで発表したことにより香川高専のエネルギー研究のプレゼンスを向上させることができた。
- (2) 新☆エネルギーコンテストにおいて5年間連続して企業賞を獲得することができた。大学生が多数を占めるコンテストでの発表において、高専5年生が連続して入賞できたことは特筆すべきと考える。
- (3) 相馬研究室に配属された5年生に卒業研究の一環として新☆エネルギーコンテストに参加させることで、卒業研究の進捗を促進することができ、かつモチベーション向上を図ることができた。

エネルギーに関するコンテストについては前出のロボコン、デザコン、プロコンのような目に見える直接的なアピールが難しいため、小規模なコンテストに留まっているのが現状である。しかしながら、エネルギー問題は工学分野のみならず社会全体においても大きな課題である。今後も何らかの形でエネルギー工学における教育および研究に対する発展的な試みを継続したいと考える。

## 6. 謝辞

これまでの5年間の新☆エネルギーコンテストの参加においては、相馬研究室の本科5年の学生メンバーには多大な協力をいただいた。感謝の意を表したい。また、2016～2018年の3カ年のコンテストにおいては参加学生と指導教員である相馬が遠方の会場である日本大学工学部(福島県郡山市)まで出張した。出張を御許可下さった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) 原子力・エネルギー図面集, 【1-2-7】電源別発電電力量の推移, 日本原子力文化財団HPより (<https://www.ene100.jp/zumen/1-2-7>)
- 3) 以降のURLより閲覧可(2021年4月18日) [https://www.kosen-k.go.jp/exam/event/hj\\_1-22event.html](https://www.kosen-k.go.jp/exam/event/hj_1-22event.html)
- 4) 相馬 岳, ”新☆エネルギーコンテストの参加報告”, 香川高等専門学校研究紀要8(2017), pp.93-97.
- 5) 木内啓介, 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, 第9回新☆エネルギーコンテスト概要集, ポスター部門P4.
- 6) 枝木達実, 熱電発電モジュールを用いた水素エネルギーの開発, 第10回新☆エネルギーコンテスト概要集, ポスター部門P5.
- 7) 石川翔大, 熱電発電モジュールを応用した移動体からの排熱回収の試み, 第11回新☆エネルギーコンテスト概要集, ポスター部門P9.
- 8) 小銭勇太郎, 熱電発電モジュールを応用した太陽光の熱回収システムの開発, 第12回新☆エネルギーコンテスト概要集, ポスター部門P5.
- 9) 松木輝雄, 熱電発電モジュールを利用したLNGの冷熱回収, 第13回新☆エネルギーコンテスト概要集, ポスター部門P04.