

平成 27 年度

# 事業報告書

公益財団法人天野工業技術研究所

# 平成27年度 事業報告

## I. 試験研究事業

### 1. 高出力化が可能な熱電変換の研究

(日本大学理工学部精密機械工学科 内木場 文男 教授との共同研究)

100℃以下の廃熱とされている熱源からエネルギーをとりだすことを本テーマの目標とした。本研究では、材料の持つ熱電効果(ゼーベック効果)を利用した。材料の持つ特性によって熱エネルギーを電気エネルギーに変換し、廃熱から高品位な電気エネルギーを直接取り出す装置を検討対象とした。例えば太陽電池パネルの裏面に設置して発電をするような場面を想定し、広面積に敷設できるようシート状で、なおかつ、ある程度の可撓性を持たせることとした。

本研究は当初4年間で計画した。熱電材料の調査検討からはじめ、実証用の基本装置を実際に製作することとした。その後、一年を追加し、より実証に近い装置の検討を進めた。平成23年度は発電を行う熱電材料について調査を実施した。資源の枯渇、毒性などの問題のないFeSi<sub>2</sub>を候補に選定をした。

平成24年度は、FeSi<sub>2</sub>を用いた基本的な熱電対型の素子を作製、その出力を計測し、発電能力の可能性を評価した。100℃の温度差が取れる場合、太陽電池とほぼ同等以上の100W/m<sup>2</sup>程度の電力を得ることができると結論された。しかし、この時点で、素子の表裏で温度差を常に保つ必要があり、とくに低温面の温度上昇を防ぐことが課題として挙げられた。

平成25年度は、可撓性をもつシート装置の製作を実施した。5mm角程度のFeSi<sub>2</sub>ブロックを製作し、P型N型のブロックを銅箔によって電氣的に直列接続し、アレイ状装置とした。素子と銅箔とは電氣的接続のほかに機械的接続、熱的接続をする必要があり、その検討を加えた。具体的にはブロックにアルミニウム皮膜を形成、銀ナノペーストを焼き付け銅箔との接着をした。素子の間隙にポリウレタンを流し込み、可撓性のあるシート状の素子とした。実際に発電実験を実施し発電量を評価した。また、この時点でも表裏間での温度差の維持が難しいことが指摘された。

平成26年度は装置の表裏間の温度差の維持をするための検討を行った。冷媒循環によるヒートパイプを利用した冷却サイクルを素子の低温面に適用した。具体的に6.4℃の温度を高温面に与え続けた場合、素子の裏面の低温面を3.9℃に維持し、2.5℃の温度差を維持した。ヒートパイプでは冷媒を循環させ、高温部で冷媒が気化して熱を奪い、外部に置いた熱交換器で液化、再び高温部に送り込まれる。実際には、冷媒の送達のためにはモータ駆動によるポンプによって圧力差をつけている。そのために電力を必要とした。

当初、本研究は平成26年度までの計画であったが、平成27年度は装置をアレイ状からより大型の名刺サイズ程度にして、実証に近い検討をすることとした。また、裏面の温度差を維持するための冷却機構について、装置からモータを取り除き、温度差で冷媒が自己循環するランキンサイクルで継続運転が可能であるか、あるいは、モータでの運用の場合にはエネルギーの回収が可能であるかどうかを検討することとした。実際に名刺サイズで装置の開発ができ、発電実験を行い上記の検討を行った。ランキンサイクルの実現のためには名刺サイズよりも大型化が必要であり、また、モータでの運用においてエネルギーの回収のためにはある大きさで分岐点があり、大型化で達成の可能性があることがわかった。

### 2. 高速&低温メタン化でCO<sub>2</sub>の削減と利活用を図る構造体触媒変換システムの開拓

(静岡大学大学院 総合科学技術研究科 工学専攻 福原長寿教授との共同研究)

近年、温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の削減とその利活用を図る二酸化炭素のメタン化反応(CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O, ΔH<sup>0</sup> = -165 kJ/mol(発熱反応))が注目されている。本共同研究では、通常400℃以上で機能するCO<sub>2</sub>からCH<sub>4</sub>への変換反応を、250～350℃の低温域で高効率かつ高速に変換する機能(速い物質変換速度)を有する構造体触媒を開発することを目的としている。加えて、火力発電所などの産業プロセスから排出されるCO<sub>2</sub>処理を想定し、その大量な排ガス処理を可能とする構造体触媒反応システムを構築することを目的としている。なお、構造体触媒とは、化学的機能性のみを主とする一般的な粒状タイプの触媒とは異なり、化学的機能性と物理的機能性(熱エネルギーの効率的交換、ガス流れの整流性の確保、低い圧力損失など)を備えた機能複合型触媒のことである。

平成27年度は本共同研究のキックオフ年ということもあり、最初にCO<sub>2</sub>のメタン化反応に有望な触媒成分の精査からスタートした。具体的には、これまでの研究において比較的高性能な触媒特性を発揮することが明らかとなっているNi/CeO<sub>2</sub>系触媒材料を取り上げ、(1)活性サイトとなるNi種の調製方法の検討や(2)助触媒成分の添加効果の調査、(3)CeO<sub>2</sub>のみならず他の酸化物(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgOなど)による触媒特性の変化について調査した。また、(4)高いメタン化特性の発現要因に関する触媒化学的解析を行ないつつ、(5)構造体触媒の形状や構造様式の変化がメタン化特性に及ぼす影響について調査した。得られた研究成果を次にまとめる。

- (1) 触媒担体上へのNi種の創出法として蒸発乾固法(evaporation to dryness)と無電解めっき法(electroless plating)を比較したところ、蒸発乾固法による調製のほうが高いメタン化特性を与えた。無電解めっき法ではNi粒子径の制御や表面塩基性の制御が課題と考えられた。
- (2) 助触媒成分としてアルカリ金属(Li、K)やアルカリ土類金属(Ba、Ca)、遷移金属Y、La、Mnを選定し、Ni成分との共含浸法(蒸発乾固法)で調製したところ、YとLaはメタン化に正の効果を及ぼした。一方、アルカリ金属やアルカリ土類金属の場合は負の効果をもたらした。
- (3) CeO<sub>2</sub>以外のZrO<sub>2</sub>やY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgOや、複合酸化物CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>とCeO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>について調査したところ、ZrO<sub>2</sub>やY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>や複合酸化物CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>とCeO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が比較的良好なメタン化特性を与えた。しかし、CeO<sub>2</sub>単独でもそのメタン化機能は充分なものであることが判断された。
- (4) 触媒のTPD(昇温脱離法)測定から、メタン化活性と触媒表面の塩基性が関係しており、高い活性を示したNi/CeO<sub>2</sub>触媒上はマイルドな塩基点を有していることがわかった。
- (5) 構造体基材の形状変化による反応ガスの物質拡散の促進と伝熱性の改善は、メタン化活性の向上と、原料ガスの高速処理に積極的に貢献することがわかった。触媒表面の境界膜抵抗の低減による反応ガスと触媒の接触状態の改善や、熱エネルギーの効率的交換が要因であると考えられた。

上記のように、平成27年度は有用な知見が多数得られた。そこで平成28年度は当初の2年目研究計画を加速しつつ、3年目計画にも踏み込むこととする。すなわち、構造体触媒の形状変化と物質移動特性や伝熱特性に関する化学工学的検討や、高速処理における触媒の反応工学的評価と限界値の測定、そして原料の大量処理化に向けたプロトタイプ装置の設計指針の確立を図る。

### 3. 外部からの受託研究開発および試作等

本年度における外部の企業、研究所など主な受託先は次の通りである。

川崎重工業(株)	キャタラー (株)
協立電機(株)	JX日鉱日石エネルギー(株)
日立粉末冶金(株)	富士重工業(株)
(株) やまびこ	

## II. 研究助成事業

1. 東京大学大学院工学系研究科 助教 鈴木 康介 先生の研究「無機酸化物クラスターを用いた分子磁石の開発と機能制御」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
2. 琉球大学医学部保健学科生体代謝学 准教授 作道 章一 先生の研究「プラズマ表面改質磁性ビーズを用いた高感度ウイルス検出用デバイスの開発」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
3. 関西学院大学理工学研究科 物理学専攻高橋功研究室 小河 重三郎 博士研究員の研究「拘束されたナノ薄膜空間におけるメチル化シクロデキストリンの結晶成長制御」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
4. 静岡大学大学院工学研究科 教授 金原 和秀 先生の研究「木質バイオフスの利活用に向けた樹皮成分の糖化発酵技術の開発」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
5. 豊橋技術科学大学 准教授 田村 昌也 先生の研究「マルチモード共振器を利用したスモールセル用基地局フィルタの開発」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
6. 慶應義塾大学大学院理工学研究科 教授 今井 宏明 先生の研究「デザインされた異方性ナノブロックによる秩序配列体の構築」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
7. 三重大学大学院工学研究科 助教 河村 貴宏 先生の研究「SiC デバイスの実用化に向けた応力・熱歪みに伴う転位挙動の解明」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
8. 静岡理工科大学 准教授 斎藤 明広 先生の研究「微生物を用いたキチン2糖の生産」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
9. 東北大学大学院工学研究科バイオ工学専攻 准教授 諸橋 直弥 先生の研究「人工多座配位子を用いた高性能金属分離材料の開発」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
10. 沼津工業高等専門学校物質工学科 准教授 竹口 昌之 先生の研究「酸化酵素を利用した呼気ガスセンサの開発 ～バイオセンサー用酸化還元酵素の探索～」に対して研究助成金150万円を贈呈した。
11. 日本大学理工学部機械工学科 助教 富永 茂 先生の研究「自動車衝突におけるシートベルト腹部傷害メカニズム解明のための腹部物理モデルの試作」に対して研究助成金150万円を贈呈した。

## III. 奨学事業

1. 神奈川、静岡、三重県及び東日本大震災被災の福島、宮城、岩手県下の工業高等学校の最終学年生徒の中より、それぞれの工業高等学校長会より推薦された177名を奨学生として採用し、1名当たり年額24万円を給付した。
2. 豊橋技術科学大学大学院 情報知能専攻 MD. ZIA ULLAH 氏 (パングラデシュ)  
慶應義塾大学大学院理工学研究科 梅 柳 氏 (中国)  
日本大学大学院理工学研究科 田 川 氏 (中国)  
静岡大学大学院自然科学系教育部 季 翔 氏 (中国)

にそれぞれ年額 144万円の奨学金を給付した。

3. 工業高等学校奨学生懇談会を次のとおり開催した。

(神奈川県)	開催日	平成28年 2月 2日(火)
	場 所	メルパルク横浜(横浜市)
	出席者	奨学生 41名 学校側 39名 当 方 6名
(静岡県)	開催日	平成28年 2月17日(水)
	場 所	グランデイエール プレートカイ(静岡市)
	出席者	奨学生 37名 学校側 28名 当 方 6名
(三重県)	開催日	平成28年 2月25日(木)
	場 所	アマネ研修センター(名張市)
	出席者	奨学生 18名 学校側 26名 当 方 6名

4. 全国51校55キャンパスの高等専門学校々長から推薦された学生55名を奨学生として採用し、1名あたり年額24万円を給付した。{(独)国立高等専門学校機構実施分}

#### IV. 年次報告

平成26年度年次報告を発行し(平成27年12月 1日)関係各方面に配布した。

#### V. 理事会および評議員会等

1. 第一回定時理事会

場 所	新横浜プリンスホテル 40F 会議室(横浜市)
日 時	平成27年 6月 4日(木) 11:30~12:30
出席理事	4名
欠席理事	2名
出席監事	2名
陪席者	1名(事務長)
議 事	平成26年度事業報告案審議の件(承認) 平成26年度収支決算案審議の件(承認) 平成27年度工業高校奨学生選考の件(承認) 神奈川(45名)、静岡(42名)、三重(20名)、岩手(25名)、 宮城(34名)及び福島(24名)県下の工業高等学校の奨学生 190名選考の件 平成27年度研究助成選考の件(承認) 平成27年度大学院奨学生選考の件(承認)

2. 定時評議員会

場 所	オークラアクトシティホテル浜松 3F 会議室(浜松市)
-----	-----------------------------

日 時 平成27年 6月23日 (火) 11:00～12:00  
出席評議員 9名  
出席 監 事 2名  
陪 席 理 事 4名  
陪 席 者 1名 (事務長)  
議 事 平成26年度事業報告案審議の件 (承認)  
平成26年度収支決算案審議の件 (承認)  
須藤評議員辞任承認の件 (承認)  
次期 (平成27～29年) 理事選任の件 (承認)

3. 第一回臨時理事会

場 所 オークラアクトシティホテル浜松 3F 会議室 (浜松市)  
日 時 平成27年 6月23日 (火) 12:10～12:30  
出席 理 事 4名  
欠 席 理 事 2名  
出席 監 事 2名  
陪 席 者 1名 (事務長)  
議 事 次期代表理事 2名、執行理事 2名選任の件 (承認)  
次期理事長・所長選任の件 (承認)

4. 第二回定時理事会

場 所 新横浜プリンスホテル 40F 会議室 (横浜市)  
日 時 平成27年 9月17日 (木) 11:30～12:30  
出席 理 事 6名  
出席 監 事 2名  
陪 席 者 1名 (事務長)  
議 事 追加共同研究実施承認の件 (承認)  
化学工学会第18回学生発表会協賛の件 (承認)

5. 第三回定時理事会

場 所 オークラアクトシティホテル浜松 31F 会議室 (浜松市)  
日 時 平成27年12月15日 (火) 11:30～12:30  
出席 理 事 5名  
欠 席 理 事 1名  
出席 監 事 1名  
欠 席 監 事 1名  
陪 席 者 1名 (事務長)  
議 事 平成28年度事業別支出案審議の件 (承認)  
秋入学大学院奨学生 2名決定案審議の件 (承認)  
各理事の業務報告の件 (承認)

6. 第四回定時理事会

場 所 新横浜プリンスホテル 40F 会議室 (横浜市)  
日 時 平成28年 3月 3日 (木) 11:30~12:30  
出席理事 6名  
出席監事 1名  
欠席監事 1名  
陪席者 1名 (事務長)  
議 事 平成28年度事業計画案審議の件 (承認)  
平成28年度収支予算案審議の件 (承認)  
各理事の業務報告 (定款第35条第5項による) (承認)

7. 第一回臨時評議員会

場 所 オークラアクトシティホテル浜松 3F 会議室 (浜松市)  
日 時 平成28年 3月22日 (火) 16:30~17:30  
出席評議員 8名  
出席監事 2名  
陪席理事 5名  
陪席者 1名 (事務長)  
議 事 平成28年度事業計画案審議の件 (承認)  
平成28年度収支予算案審議の件 (承認)

VI. その他

1. 平成27年 4月24日: 野口監事、月次監査 (研究所 会議室)。
2. 平成27年 5月 8日: 役員等選任委員会 (新横浜プリンスホテル会議室)。
3. 平成27年 6月 4日: 平成27年度第五回幹事会 (新横浜プリンスホテル会議室)。
4. 平成27年 6月 8日: 平成27年度科学技術研究調査票提出 (IEにて)。
5. 平成27年 6月22日: 総務省へ平成26年度特例民法法人への該当性について報告 (E-mail添付) および研究所掲示板にて公告。  
貸借対照表を研究所掲示板にて公告。
6. 平成27年 6月23日: 平成27年度第六回幹事会 (オークラアクトシティ浜松にて)。
7. 平成27年 6月25日: 平成26年度事業報告書等提出 (内閣府公益Inf. から)。
8. 平成27年 7月24日: 野口監事月次監査 (研究所 会議室)。
9. 平成27年10月27日: 野口監事月次監査 (研究所 会議室)。
10. 平成28年 3月25日: 平成28年度事業計画書等提出 (内閣府公益Inf. から)。

以上