

事後評価報告書

- 開発実施企業 : 株式会社アツミテック
- 代表研究者 : 国立大学法人名古屋工業大学 名誉教授 西野洋一
- 開発課題名 : 廃熱回収に向けた自動車用熱電発電ユニットの量産化技術

1. 開発の目的

自動車の電動化が進展する中、日本における電動車としては、内燃機関とモータを動力源とするハイブリッド自動車(HV)の販売台数が多く、CO₂排出量の削減にはHVの燃費向上が重要となっている。

HVも含め、内燃機関はガソリン等の燃料の持つエネルギーのうちおよそ6~7割を熱として排出しており、その廃熱の有効利用による燃費改善が継続的な課題とされている。廃熱利用技術は、熱エネルギーを動力、電気に変換する方法で主に大規模な動力装置や発電機として実用化されている。しかし、自動車においては、内燃機関における重量と体積の制約が厳しく、また、自動車向けとしての高い信頼性と耐久性の要求を満たすことが更なる課題となる。

本開発は、小型で耐熱性・耐久性に優れた熱電発電ユニットの開発とその量産技術を確立することにより、自動車の省エネルギー化を目指すものである。

2. 開発の概要

熱電材料を用いた発電とは、熱電材料の両端に温度差を与えることで電位差を生じさせ、熱エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方法である。

本開発では、熱電発電ユニットの発電性能は、ハイブリッド自動車の燃費の3~5%の向上に相当する電気出力200W(ワット)であり、また、事業化を考慮し、本ユニットを製造するラインの立ち上げを目標とした。

従来の熱電材料としては、Bi-Te(ビスマス-テルル)系材料が検討されてきたが、含有しているTeが高価かつ毒性を有するレアメタルであること、および耐熱性・耐衝撃性に問題があることから、普及に至っていない。それに対して、本開発では、名古屋工業大学が有する、ホイスラー型Fe₂VAl(鉄・バナジウム・アルミニウム)系熱電材料(※)に関する技術シーズと、産業技術総合研究所が有する粉末冶金、および電極形成・接合に関する技術シーズを組み合わせることで、優れた耐熱性・耐久性を有する熱電発電ユニットと、その量産技術の確立を目指した。

具体的には、ホイスラー型熱電材料において熱電特性が高く、電気抵抗が低い合金組成を選定し、その元素の一部を置換することで、n型とp型の2種類の熱電材料を生み出した。更にその材料を焼結、素子化する量産技術の確立により、一枚の基板に、p型、n型の2種類の熱電素子を交互に120個を電氣的に直列に連結したモジュールを製作した。そのモジュールを角形筒状ユニットの4面に各4個、計16個(総素子数1920個)装着した熱電ユニットとして、その発電性能と耐熱性・耐久性の確認を実施した。

まず、熱電材料について、電気回路を形成する上で、n型とp型の2種類の熱電材料が必要となる。n型については、開発済みのFe₂VAl系材料で必要な特性が得られた。一方、p型については、熱電特性が低いため新たな材料の検討を行った。候補としては同じくホイスラー型のRu₂TiSi(ルテニウム・チタン・シリコン)系材料の特性検討と最適化を行い、シミュレーションと試作評価からはユニット発電電力200Wを超える見込みを得た。また、耐熱性・耐久性については400時間稼働後の出力変動が10%未満であることが確認された。

※ホイスラー型Fe₂VAl系熱電材料:ホイスラー合金は一般にX₂YZの組成を有しており、その配合比および元素置換によりいろいろな特性変化が生じる。本開発においては熱電素子の両端の温度差から自由電子と正孔の移動にて電位差が生ずる現象を利用している。

3. 総合所見

本開発では、自動車用途を前提とした、ホイスラー型熱電材料による小型の発電ユニットの開発と

その量産技術の確立を目指して取り組んだ。

量産ユニットでは、量産向けの素子材料の品質問題により、目標とした200Wの発電性能の実証は未達となったが、小単位であるモジュールでの出力データと、材料問題の原因解析から、今後、出力目標の達成は可能と考えられる。また、試作ユニットでの耐熱性・耐久性評価において、400時間稼働後の出力変動が10%未満であることが確認されていることも、実用化への可能性を示すものである。

また、内燃機関を持たないソバッテリー電気自動車(BEV)においても、動力用モータ、バッテリー、インバーター等で未利用廃熱エネルギーは発生しており、将来的に本発電ユニットが活躍の場を拡げること期待できる。更に本開発成果である、排熱を利用した熱電発電システムは、その温度範囲にあわせた仕様を選ぶことで、自動車以外への適用も期待される。

よって、本開発結果は、目標は一部未達であるものの、事業化に至る可能性があると評価する。

以上