

新規酸化物熱電材料の探索

— 廃熱の有効利用 —

我が国で消費される全一次供給エネルギーの 70% 近くが廃熱として捨てられている (図 1)。

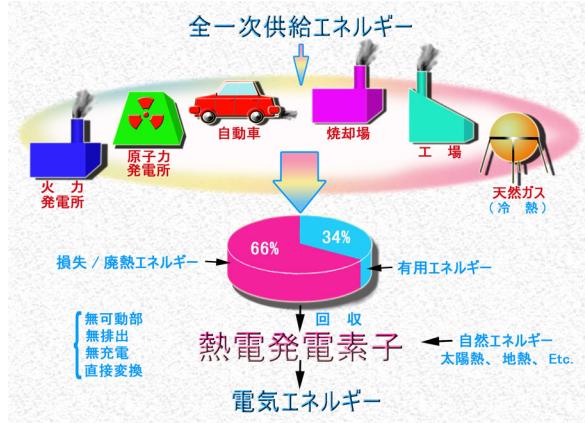


図 1

この莫大な廃熱エネルギーの有効利用は 21 世紀における重要課題の一つである。二酸化炭素あるいは放射性物質等を排出することなく、またタービン等の可動部無しで廃熱を電気エネルギーに直接変換することのできる熱電発電は、エネルギー環境技術の中において、産業用から民生・家庭用まで、分散的に存在する廃熱エネルギーを電力に変換する分散熱エネルギー有効利用技術と位置づけることができる (図 2)。

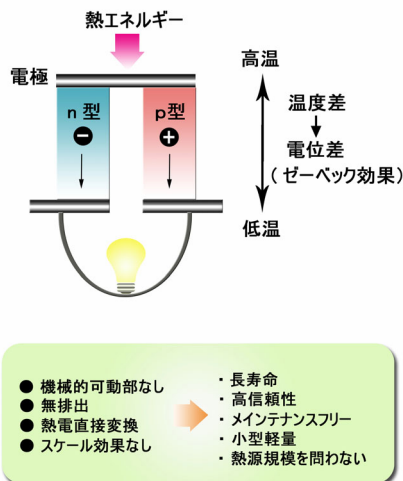


図 2

熱電発電システムは、一次供給エネルギーの削減とこれに伴う CO₂ 排出量の削減に直接貢献するため、その

実現が大いに期待されている技術である。2000 年 4 月に取りまとめられた国家産業技術戦略・分野別産業技術戦略においても、「廃熱等の未利用エネルギーの有効活用技術 (熱電素子・システムの開発等) 開発」の重要性が指摘されている。

廃熱利用という観点では、小型タービンを用いたコージェネレーション技術が実用化の段階を迎えている。変換効率のみを比較すれば、タービンを用いた場合の変換効率には及ばない。しかし、熱電発電の最大の利点はスケール効果がないということであり、廃熱源のスケールを問わない。熱電発電ではゴミ焼却場、工場、自動車、ディーゼルエンジン、燃料電池からの廃熱や太陽熱、ガスの触媒燃焼等様々な形態の熱源が利用される。研究報告されている民生用発電機の規模もナノワットクラスの薄膜型発電素子からキロワットクラス大型発電器まで熱源形態の多様性を反映した応用範囲の広さを示している。この様にオンサイトの小規模なエネルギー変換システムとしての熱電発電は、従来利用不可能であった廃熱を電力に変換しうするため、従来のコージェネレーション技術と相補的であるとともに、これらを組み合わせることで、より大きな効果が期待される。

熱電発電による廃熱回収を実用化するために最も重要な技術開発課題は、耐熱性に優れた高性能熱電材料の開発である。これまで主にカルコゲナイド化合物あるいは金属間化合物を用いた熱電発電システムの実用化が検討されているが、これらの材料は耐熱性、変換効率、有毒性、稀少元素を使用する等の問題から広く応用されるには至っていない。熱電発電の普及を図るためには、広い温度範囲で高い変換効率を持ち、安定して稼働させることができる熱電素子が必要である。当所では熱的・化学的安定性が高く環境に優しい酸化物材料による熱電発電素子の開発を目指し研究を行っている。

一般に熱電材料の変換効率の指標として、性能指数 $ZT (ZT = TS^2 / \rho \kappa)$ T : 絶対温度、 S : ゼーベック係

数、 ρ :電気抵抗率、 κ :熱伝導率)が用いられる。優れた熱伝導率が小さい物質である。一般には「電導率の低い酸化物の熱電特性は低い」というのが従来の常識であった。特に海外においては酸化物熱電材料の研究は皆無である。しかし、近年国内の研究グループからのCo系酸化物における先駆的な研究成果により、熱電変換材料として有望な酸化物が発見されている。これらの酸化物材料は従来材料に匹敵あるいは上回る性能指数が報告され、上記従来の認識を改めるべきであることはすでに疑問の余地がない。この様な我が国から

た熱電材料とはゼーベック係数が大きく、電気抵抗率との情報発信により、諸外国でも徐々に酸化物材料に対する関心が高まりつつあるのが現状である。酸化物材料に関する成果の中で最も注目すべき点は、大気中、中・高温域での性能指数が実用化の最低目標値とされる $ZT=1$ をクリアしたことである。現実的な環境において使える物質が発見されたこと、およびそれが我が国オリジナルな成果であることが、近年酸化物熱電変換材料の研究が盛り上がりを見せている理由である。