

2003年3月19日

川崎製鉄株式会社

## 熱を利用した発電材料向け鉄珪化物(Fe-Si<sub>2</sub>)粉末の開発について

～ 自動車排気ガス・焼却炉等から発生する熱による高効率発電が可能に ～

川崎製鉄はこのたび、熱電変換材料向けに、従来の2倍以上の発電効率を実現する鉄珪化物粉末(Fe-Si<sub>2</sub>粉末)を開発いたしました。

熱電変換とは、通常の発電に必要なタービン等の動的部分を一切用いず、熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する発電技術です。熱電変換技術は、ガス立ち消え防止装置や体温で作動する腕時計など一部実用化されておりますが、現在、二酸化炭素排出量削減技術の一つとして、自動車やゴミ焼却炉、工場からの排熱等の未利用熱エネルギーを熱電変換によって回収することを目的に、より高効率な素材の研究開発が行なわれています。

熱電変換は、金属化合物を加熱することで生じる起電力を利用し、熱を直流電流に直接変換するものです。現在、熱電変換材料には様々な金属化合物が用いられていますが、今回、川崎製鉄では高効率発電が可能となる「鉄珪化物粉末(Fe-Si<sub>2</sub>粉末)」の開発に成功いたしました。

### 【熱電変換材料の概要】

熱電変換材料は、プラス電荷を輸送するp型半導体とマイナス電荷を輸送するn型半導体の金属化合物から構成されます(参考①)。当社では、資源が豊富でリサイクル性にも優れる鉄とシリコンの金属間化合物半導体である鉄珪化物(FeSi<sub>2</sub>)に注目しました。

FeSi<sub>2</sub>は、約1,000°Cの加熱にも耐えることが可能な材料ですが、変換性能を示す無次元性能指数(参考②)が0.16と低いため、本格的な実用化には発電効率の面で課題がありました。

発電効率を高めるためには、以下の条件を備えた素材であることが必要となります。

- (1) 発電可能温度(作動温度)が高温であること(=耐高温素材であること)
- (2) 高温側と低温側の温度差が大きいこと(=熱伝導率が小さいこと)
- (3) 電気抵抗が低いこと

今回当社では、微量添加元素の作用の解明と製造技術の研究開発によって、熱伝導率と電気抵抗を同時に小さくするという材料の特性上、相反する要素を持つ困難な課題を解決したことにより、無次元性能指数が0.39と、従来品に比べて2倍以上の変換性能を有する素材を開発いたしました。

なお、無次元性能指数の数値0.39を一般的な発電効率に置きかえると約4%の発電効率に相当します。この値は、一般的な太陽光発電の発電効率が14~15%程度であることに比べると低い値ですが、熱のみで発電できる点を考慮すると、これまで外部に排出されていた熱エネルギーを有効利用できるため、十分実用的な発電効率と言えます。

今回当社が開発した鉄珪化物粉末は、十分な焼結性や耐熱性を有するとともに、これまでにない高い変換性能を示すことから、経済的な熱電変換システムの構築が可能となります。今後とも当社では、熱電変換モジュール構造の最適化等、本格的な実用化を目指した研究開発を継続して行っております。

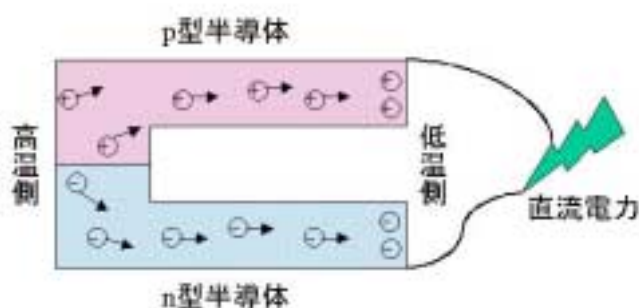
また、本製品は熱電変換による発電用途のみならず、素子の温度差を利用した電気炉等の冷却用モジュールやセンサー等、様々な分野で新しい用途にご検討頂けるものと考えております。

以上

(お問い合わせ先) 川崎製鉄 広報室 03-3597-3166

(参考)

### ① 熱電変換概念図



当社開発材料から試作した熱電変換素子

(外寸:短辺 1.8cm×長辺 3.8cm)

熱電変換素子の高温側を直接、あるいは、熱交換器等を経由して熱源と接触させ、低温側を放冷、あるいは、ヒートシンク等で冷却することにより、熱エネルギーを直流電力に直接変換することができます。

### ② 無次元性能指数

熱電変換材料の性能は、性能指数(Z)と作動温度(T)の積である無次元性能指数(ZT)で表されます。

作動温度は絶対温度で表し、性能指数(Z)は以下の式によって導かれます。

$$\text{性能指数} : Z = \frac{\alpha^2}{\kappa \times \rho}$$

( $\alpha$ :熱起電力(V/K)、 $\kappa$ :熱伝導率(W/m/K)、 $\rho$ :電気抵抗率( $\Omega\text{m}$ ))

なお、上記性能指数のみでも熱電変換材料の性能を表しますが、変換効率は作動温度にも関係するため、発電出力の目安としては性能指数と作動温度の積である無次元性能指数の方が適しています。

以上