

## 熱的特性 (1)

## 5. 熱的特性

今号と次号では、熱的特性の収録データを紹介します。高温で使用される耐火物にとって熱的性質もまた非常に重要で、耐熱性を表す耐火度、炉の熱収支を左右する比熱と熱伝導率、熱機械的特性に関連する熱膨張率や残存線変化率などがあります。

耐火物は一般に多成分系であり特定の融点が存在しないので、ゼーゲルコーンの溶倒温度に応じて記号 (SK 番号) を付し、これを耐火度と呼んで耐熱性の実用的な尺度としています。近年では耐火物の高級化によって耐熱性が格段に向上したため耐火度が用いられるケースは少なくなりましたが、汎用の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ 系粘土質耐火物では現在でも便利な指標として用いられています。

炉の熱収支を左右する主要な因子として比熱と熱伝導率があり、炉体の蓄熱量や断熱性、放散熱量、炉内の表面温度、鉄皮 (炉体の外殻) の温度などに直接影響する特性として重視されます。比熱は鉱物組成によって決まりますが、熱伝導率は組成の他に粒子間の結合状態、不純物や気孔の分布状態などの影響を強く受けるので、耐

火物の組織設計が重要となります。一般に比熱は小さい方が炉体の蓄熱量が少なく済むため望ましいとされます。熱伝導率も小さいほど鉄皮温度が低くなり放熱量が少なくなるため好ましいとされますが、カーボン質れんがや  $\text{SiC}$  質れんがのように高熱伝導性を利用して背面冷却で炉内面の温度を低下させて耐用改善を図るケースもあります。また熱伝導率は耐熱衝撃性を支配する主要な因子の一つでもあるため、熱スポーリングを防止する上でも非常に重要な特性です。この場合には熱伝導率が高いほど有利となります。

熱膨張係数は熱膨張吸収代の設定や鉄皮強度を超えない適正な拘束力の確保など、炉体設計に直接必要な値であるとともに、耐熱スポーリング性を左右する重要な因子でもあります。耐火物では線膨張係数が用いられ、所定温度における線熱膨張率 (% 表示) も良く用いられます。熱膨張は基本的には耐火物を構成する物質の種類によって決まり、その相転移や反応による膨張、収縮の影響も強く受けます。また一方で、熱膨張係数は構成粒子の結合状態や分散度合いなど組織の状態によっても変化

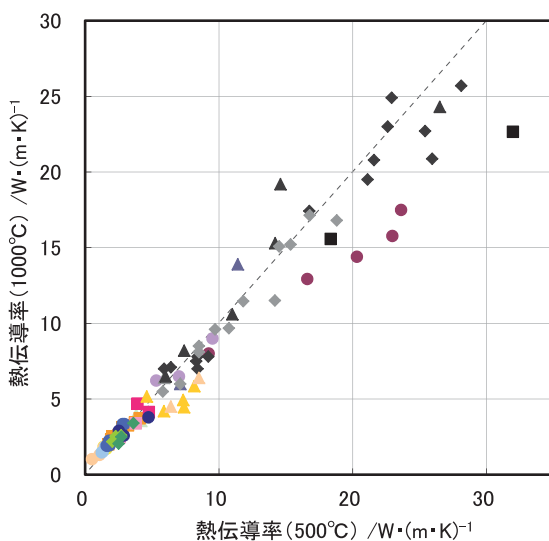
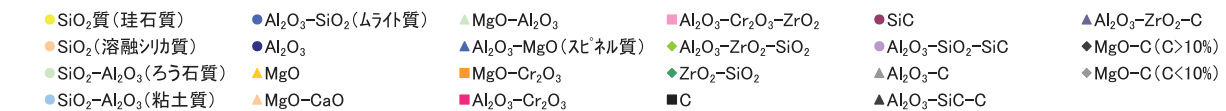


図1 定形耐火物の熱伝導率

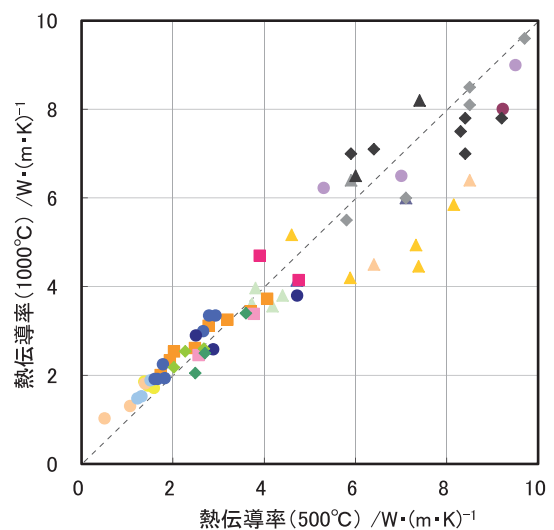


図2 定形耐火物の熱伝導率 (拡大図)

し、特に荷重下でその差が顕著に現れるケースが多く見受けられます。耐火物は自重や熱膨張による拘束力や内部応力など、応力下で使用される場合が多いので、荷重下での熱膨張挙動も重要です。

熱膨張は物質固有の特性で可逆的ですが、実際の耐火物は熱履歴を与えると永久膨張または永久収縮が生じるものが多くあります。この性質を表す値として、加熱冷却処理を行ったときの線変化率が用いられ、残存線変化率の呼称で用いられています。残存収縮や残存膨張が大きいか、または継続して起こる場合には、亀裂の発生や脱落の原因になるので、それらを防止する上で重要な特性として位置づけられています。

### 5.1 定形耐火物の熱的特性

データベースに収録されている、各種定形耐火物の熱伝導率データを図1～3に示します。図1は500℃と1000℃の値を対比して図示しています。図2はその拡大図です。材質ごとに異なる分布を示し、SiO<sub>2</sub>質が最も熱伝導率が低く次いでAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>質、MgO質と大きくなっており、酸化物系材質では塩基性になるほど高い値を示す傾向が見られます。更にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiCやMgO-C、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cなど、SiCやCを含む材質では顕著に熱伝導率が高くなっ

ています。全体的な分布を見ると、ほぼ点線に沿って分布しており、500℃と1000℃の熱伝導率はほぼ同じであることがわかります。但し、中にはMgOやMgO-CaO、SiC、Cなど、直線よりもかなり下に分布しているものがあり、500℃より1000℃の方が低くなる材質もあることが確認されます。

図3は参考までに炭素含有材質の炭素量と熱伝導率との関係をプロットしたものです。炭素は熱伝導率が非常に高いために、一般的には炭素量が多いほど熱伝導率も高くなると理解されていますが、実際の値は単純ではなく、図に示すように2つのグループが認められます。同じ炭素量でも熱伝導の異なる材質が開発されていることがわかります。

図4に各種定形耐火物の比熱を、500℃と1000℃の値を対比して示します。ほとんどが点線より上側に分布しており、500℃より1000℃の方が大きくなることがわかります。材質別に見ると、C質とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>質が大きい値を示す傾向にあり、SiO<sub>2</sub>質やMgO質、SiCは小さい領域に分布しています。またZrO<sub>2</sub>とZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>は特に小さい領域に分布しており、他材質に比べて顕著に比熱が小さいことがわかります。

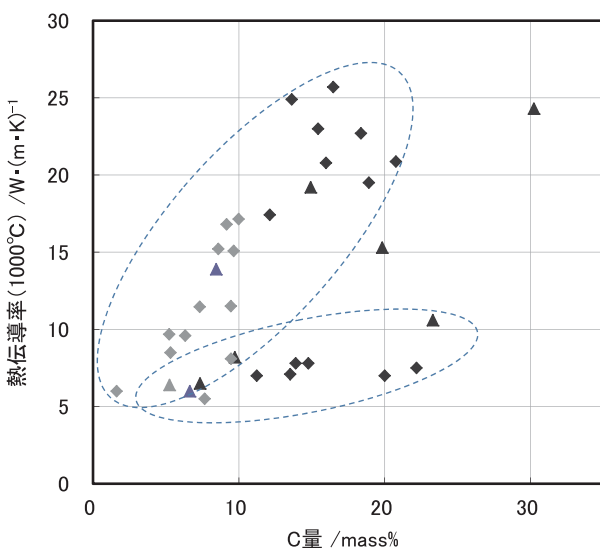
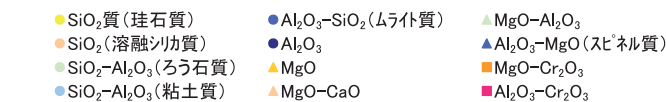


図3 定形耐火物の炭素量と熱伝導率との相関

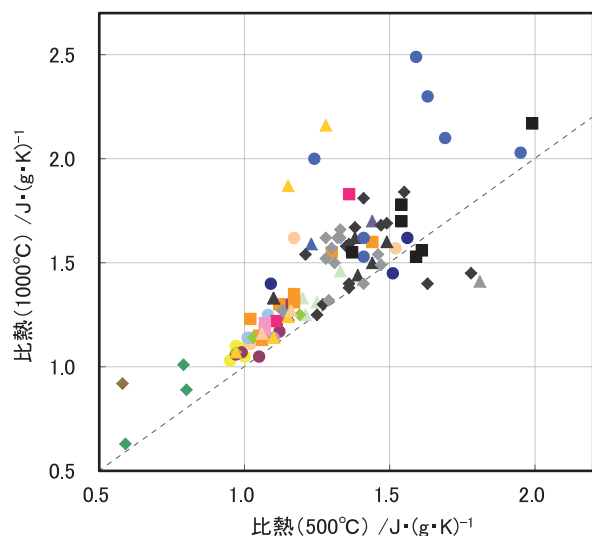


図4 定形耐火物の比熱

(主席研究員 星山 泰宏)