

東京工業大学 ○須佐匡裕 永田和宏 後藤和弘

1 緒言：金属の製錬過程における熱流を解析する際に、熱伝導度の値が必要になるが、その測定値の数は非常に少ない。本研究では、熱線法を用いてスラグの熱伝導度を $100^{\circ}\text{C} \sim 1500^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲にわたって測定したところ、興味深い結果が得られたので報告する。

2 実験方法：本研究では、非定常法の一つである熱線法を用いた。本方法の原理および妥当性はすでに報告した⁽¹⁾ので詳細は省略する。本方法は輻射の影響を3%以内に抑えることができるので、格子伝導による熱伝導度を測定することが可能である。

3 実験結果：実験結果を図1~3に示した。ガラス化する物質の熱伝導度には、図1~2に示したように極大値が存在し、 SiO_2 の割合が多いほど熱伝導度の値が大きくなる傾向にあった。 $50\text{CaO}-50\text{Al}_2\text{O}_3$ はガラス化しなかったが、ガラス性物質の熱伝導度と同様の挙動を示した。これに反して、結晶性物質の熱伝導度は温度が高くなるにつれて小さくなった。 $50\text{Na}_2\text{O}-50\text{SiO}_2$ は結晶化した⁽³⁾が、この熱伝導度の温度依存性は典型的な結晶性物質である NaCl のそれと全く同じ挙動を示した。図3に示したように、 $40\text{CaO}-40\text{SiO}_2-20\text{Al}_2\text{O}_3$ の熱伝導度は、 CaF_2 を添加することによって、高温側では小さくなり、低温側では大きくなった。また、低温側では降温と昇温とで、熱伝導度にヒステリシスが現われた。

4 考察：Kittelは固体中のフォノンの運動を気体分子運動論から類推して熱伝導度 $\lambda = (1/4)C_v v l$ で表わした。ここで C_v は定積比熱、 v は音速、 l はフォノンの平均自由行程である。この式で熱伝導度の温度依存性を説明するにあたり、スラグ内の音速の測定値は皆無に等しいので、 v は一定で、 100°C のFused SiO_2 中の音速に等しいと仮定した。また C_v は C_p で代用した。右辺各項のうち、 l の挙動がガラス性物質および結晶性物質の熱伝導度の温度依存性の差異を説明する。 C_v は T に対して常に増加関数であるが、 l は近似的に $l \propto 1/T$ にしたがって減少するので、 λ vs T 曲線の右下がりの部分は l に依存している。ガラス性の $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系では 1000°C 以下で、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 系では 700°C 以下で、 l はほぼ一定になる。ここでの λ vs T 曲線は右上がりになっていて、 λ は C_v に依存している。 l の値はほとんど 5\AA 以下で、Fused SiO_2 の値(7\AA)よりも小さい。これは塩基性酸化物によって SiO_2 のネットワークが切断されているためであろう。最後に熱伝導度を推定する実験式を掲げる。熱伝導度は、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系では $1100^{\circ}\text{C} \sim 1500^{\circ}\text{C}$ の範囲で、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 系では $800^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ の範囲で、 $\lambda = -a + (b \times 10^3) / T$ で表わされる。 T は絶対温度、 a は $1.5 \sim 3.5$ 、 b は $3 \sim 7$ 程度の値である。

文献：(1)石黒・永田¹⁾・後藤：鉄と鋼 66 (1980) s669 (2)荻野・西脇・山本：学振第140委員会提出資料 (1979) (3)Kittel: Phys.Rev. 75 (1949) 972

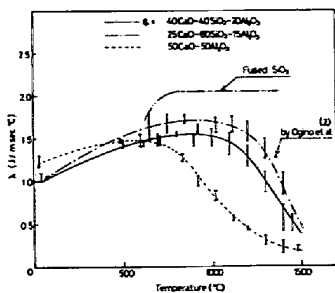


Fig.1 Thermal conductivity(λ) of $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ slag.

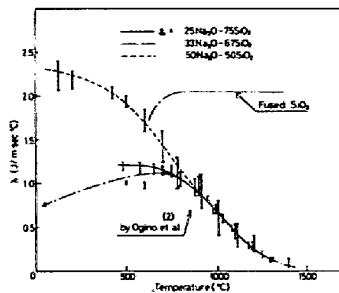


Fig.2 λ of $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ slag.

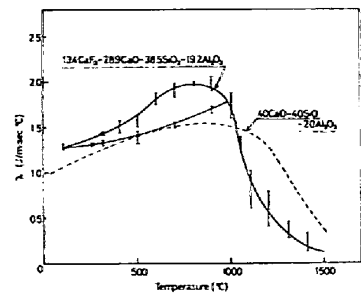


Fig.3 Change of λ of $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ slag by CaF_2 addition.