

大阪大学工学部 ○飯田孝道, 森田善一郎

1. 緒言 融体の密度は金属製錬などの諸現象に関係する最も基本的で重要な物性であり, 多数の融体について高精度な測定値が望まれているが, 信頼できるデータは数少ないものと考えられる。また密度に関する理論もきわめて少なく, その物理的な意味およびそれを支配する基本的なパラメータについてもあまり明らかにされていない。そこで筆者らは密度を支配する基本的なパラメータを明らかにし, 任意の融体の密度の推算値を求めることを目的として, まず溶融金属について検討を加えた。その結果, 溶融金属の密度の温度依存性は, 原子の柔らかさを表わすパラメータと原子の質量との2つの基本的な物理量によって与えられることが明らかになった。

2. 密度の温度依存性を表わす式の導出 固体金属については体膨張率  $\alpha \equiv (1/\rho)(\partial\rho/\partial T)_p$  と融点 (K) との間に

$$\alpha T_m \approx 0.06 \quad (1)$$

なる関係が存在することは古くから知られていたが<sup>1)</sup> 融点を凝集エネルギー  $U$  に置き換えても同様な関係が成り立つ。すなわち溶融金属については

$$\alpha U \approx 2.5 \times 10^8 \quad (2)$$

なる関係が得られる。ここで密度  $\rho$  の温度依存性を  $\Delta$  とすれば,  $\Delta \equiv (\partial\rho/\partial T)_p = \alpha\rho$ , と定義されているので, 上式より  $\Delta$  は次式のように書くことができる。

$$\Delta \approx 2.5 \times 10^8 \rho / U \quad (3)$$

一方凝集エネルギーは融点における融体の音速  $(V_s)_m$  を用いて, 次式のように表わすことができる。

$$U = M(V_s)_m^2 / \epsilon \quad (4)$$

ここで  $M$  は原子量,  $\epsilon$  は原子 (イオン) の斥力部分に関するパラメータで, 原子番号との間に規則正しい関係が存在する。(4)式の  $U$  を (3)式へ代入し, さらに分母, 分子に原子量の平方根を乗ずると

$$\Delta \approx \frac{2.5 \times 10^8 \epsilon M^{1/2}}{M^{1/2} V_m (V_s)_m^2} \quad (5)$$

が得られる。ここで  $V_m$  は融点における原子容である。上式において分母の値は金属の種類によらずほぼ一定, すなわち  $M^{1/2} V_m (V_s)_m^2 \approx 9.0 \times 10^{12}$  なる関係が存在するので, 結局(5)式は次のようになる。

$$\Delta \approx 2.8 \times 10^{-5} \epsilon M^{1/2} \quad (6)$$

3. 結果 パラメータ  $\epsilon$  の値は音速, 圧縮率のデータから算出できるので (原子番号との関係から推算することもできる), (6)式より直ちに各金属の  $\Delta$  の値を求めることができる。図1に(6)式からの計算値と実測値<sup>1)</sup> との比較を示す。同図において丸印は  $\Delta$  の実測値, 実線は計算値, 破線は計算値からの  $\pm 20\%$  の偏位を示す。図から明らかのように Fe, Co, Ni (遷移金属) および Se, Te は(6)式の関係から多少の偏位を示すが, 他の金属については同式の関係がよく成り立っている。融点における密度は比較的正確な値が得られているので,  $\Delta$  の値が与えられると任意の温度における密度を求めることができる。

(6)式と同様な関係は固体金属についても成り立つことが確かめられており ( $\Delta \approx 2.0 \times 10^{-5} \epsilon M^{1/2}$ ), イオン融体およびイオン結晶についてもまた同様な関係が成り立つものと推定される。

1) D. J. Steinberg: Met. Trans., 5 (1974), p. 1341.

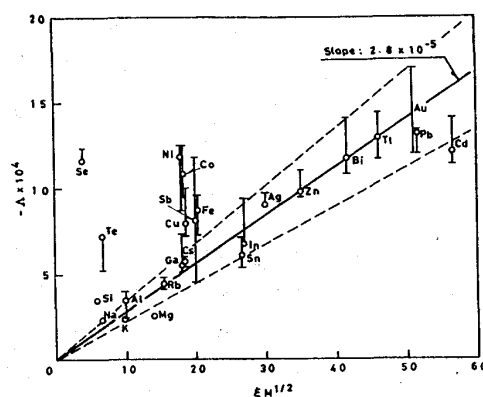


図1 溶融金属の  $\Delta$  の計算値と実測値との比較