

(168) デンドライトピラミッド内の溶質移動

(デンドライト樹間における流動と溶質移動に関する研究—第2報—)

新日鐵・広畑

○藤井博務

工博大橋徹郎

1 緒 言

前報にて述べたごとく¹⁾、固-液界面をピラミッド状と想定し、これに2次元流動モデルを適用することにより、デンドライト樹間内の流速分布を理論的に推定し得た。

本報告では流動と溶質拡散の相似性を用いて単一デンドライトピラミッドからの溶質移動を推定し、これにおよぼすバルク流速の影響ならびに実効分配係数との関連を考察した。

2 デンドライト樹間内の拡散境界膜厚変化

すでに述べたように、2次元流動解析によりデンドライトピラミッド内の流動境界膜厚が得られたが¹⁾、これに溶質拡散との相似則を適用することにより、拡散境界膜厚 δ_c の変化が次式のように与えられる。

$$\delta_c = \frac{3}{2g''\delta_i^*} \sqrt{\frac{D}{\nu}} \left[\frac{F \cdot \nu}{U_\infty(1-m)} \right]^{1/2} \left[\left(\frac{L \cot \theta}{x} \right)^m \cdot x - L \cot \theta \right]^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 U_∞ : バルク流速、 L : デンドライト高さ、 θ : デンドライト開き角、 ν : 流体の動粘性係数、 D : 拡散係数、 F, m : デンドライト形状により定まる定数。なお、 g'' は次式の無次元流動方程式

$$g''' + (1/\beta) g g'' + (1 - g^2) = 0 \quad (2)$$

から得られ、また δ_i^* は次式で定義される。

$$\delta_i^* = \int_0^\infty (1 - g') d\xi \quad (3)$$

得られた拡散境界膜厚変化の1例を Fig. 1 に示す。

3 溶質移動と実効分配係数

単一デンドライトピラミッドからバルクへの溶質移動量 M は次式で示される。

$$M = 4fCo(\rho/m) \sum \Delta Si(1 - kei), [\text{mol}/\text{sec}] \quad (4)$$

ここで Co : バルク溶質濃度、 ρ : 溶鉄の密度、 m : 溶質元素の原子量、 f : 凝固速度で、 kei は微小表面 ΔSi に対するミクロ的な実効分配係数で δ_c の函数となる。他方、平滑界面近似時のマクロ的な溶質移動量は、

$$M = (2L \tan \theta)^2 fCo(1 - ke)(\rho/m) \quad (5)$$

で示され、(4)、(5)式を等価と置くことにより、各溶質元素別のマクロ的な実効分配係数 ke とバルク流速との関係が得られる。代表例を Fig. 2 に示す。

この関係はデンドライト形状ならびに凝固速度により変化し、高橋らの結果に比べ低凝固速度側で若干の差異が認められる。これはデンドライト形状の影響が強く表われているものと理解される。

<参考文献> 1) 大橋, 藤井, 浅野: 鉄と鋼, 63(1977) No. 11, S641

2) 高橋, 市川, 工藤, 島原: 鉄と鋼, 61(1975) No. 9, P. 2198

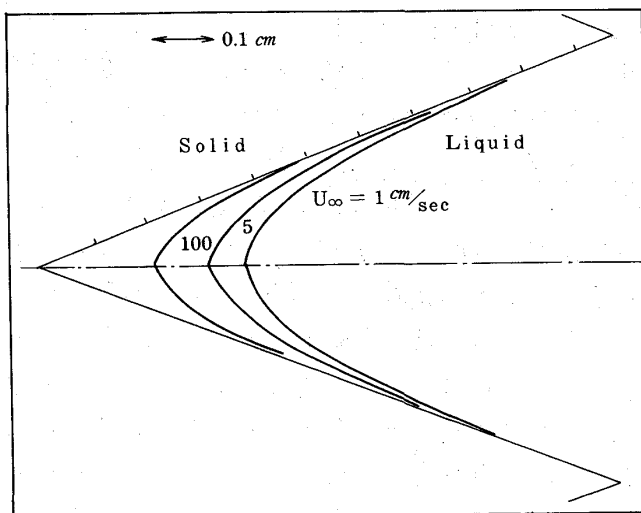


Fig. 1 Interdendritic Diffusion Boundary Layer

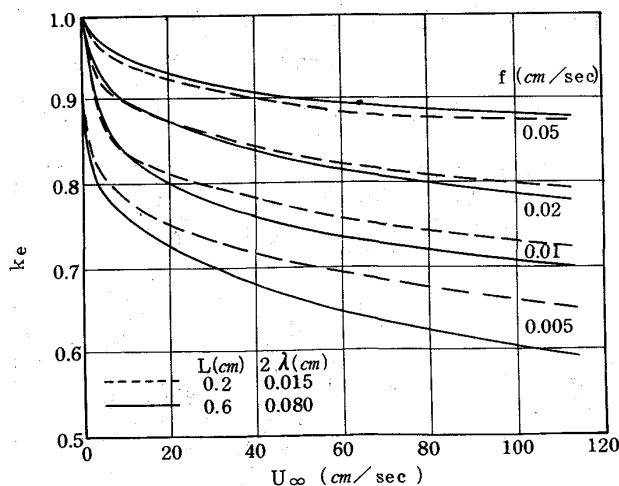


Fig. 2 Relation between ke of carbon and bulk liquid flow.