

(199) 溶鋼注入流によるガス巻込みの推算

名古屋大学大学院(現住友金属) 若田勝吉

名古屋大学工学部 ○長 陸郎

井上道雄

1. 緒言: 前報ではモデル実験により溶鋼注入流によるガス巻込み機構について検討したが<sup>1)</sup>、本報ではこの結果をもとにして溶鋼注入時のガスの巻込量について推算した。

2. 計算方法および結果: ガス巻込速度  $V_g$  は  $V_g/V_L = 0.02 \{(Re - a)/a_0\}^3 \dots \textcircled{1}$  で表される<sup>1)</sup>。ただしキャビティ半径  $R_c = \{(1.138 + 0.000889 E_1)^{1/2} - 1.0668\}^{1/2} \dots \textcircled{2}$ ,  $E_1 = \frac{1}{2} m u^2 \dots \textcircled{3}$ , 孔れ部分の質量  $m = \pi \rho \lambda (2aE - E^2/2) \dots \textcircled{4}$ , 波長  $\lambda = 8.38a \dots \textcircled{5}$ , 孔れ  $E = E_0 \exp[\frac{2}{7} We^{-0.37} \cdot Fr(\xi^7 - 1)] \dots \textcircled{6}$ ,  $\xi = (2gZ/u^2 + 1)^{1/8} \dots \textcircled{7}$ ,  $a = a_0 \xi^{-2} \dots \textcircled{8}$ ,  $u = u_0 \xi^4 \dots \textcircled{9}$ ,  $\ln a/\xi_0 = 44.3 (H_2/D_0)^{-0.28} (Re)^{-0.1} \dots \textcircled{10}$  (前報の結果から導出) とする。図1はノズル半径  $a_0 = 2.5 \text{ cm}$ , ノズル長さ  $H_2 = 30 \text{ cm}$  において落下距離  $Z$  をパラメータとしたノズル出口流速  $u_0$  と  $V_g$  の関係を示す。それによれば  $V_g$  の値は  $Z$  および  $u_0$  の上昇とともに増大している。また同様の関係はほかのノズル径の場合にも成立し、ノズル径の増大とともに  $V_g$  は上昇した。しかしながら、実際の注入過程では  $Z$  およびトリベ溶鋼深さ  $h$  は一定でない。いま図2のような取鍋および鋳型を考えると、それらは  $u_0 = \sqrt{2g(\sqrt{H_1 + H_2} - (a_0/R_1)^2 \sqrt{g/2} \cdot t)} \dots \textcircled{11}$ ,  $Z = H_3 - (R_1/R_2)^2 (H_1 - h) \dots \textcircled{12}$ ,  $h = (\sqrt{H_1 + H_2} - (a_0/R_1)^2 \sqrt{g/2} \cdot t)^2 - H_2 \dots \textcircled{13}$  となり、 $\textcircled{1} \sim \textcircled{13}$  式を用いるならば、 $V_g$  を時間の関数として求めることができる。さて  $R_1 = 150$ ,  $H_1 = 250$ ,  $R_2 = 50$ ,  $H_3 = 250$  とし、 $Z = 50$  に達するまでの注入過程について  $V_g$  を算出し、図積分によって得られる大気からの酸素吸収量  $\Delta O_E$  を図3に示した。さらに  $Sh = 0.664 Re^{1/2} Sc^{1/3} \dots \textcircled{14}$  から  $k_g^{(2)}$ ,  $n = k_g P_{O_2} / (RT) \dots \textcircled{15}$  から注入流側面からの吸収量  $\Delta O_{st}$  も算出し、図3の斜線部分で表した。ただし  $Sc = 2\pi \int_0^r a dz dt \dots \textcircled{16}$  により側面積を概算した。図3によれば  $\Delta O_{st}$  の値はガス巻込に伴う  $\Delta O_E$  の約 1/10 にすぎない。なお鋳型内溶鋼の自由表面からの吸収量は小さく無視できる。また全吸収量はトリベ内溶鋼深さ  $H_1$  の低下、さらには  $a_0$  の増大により低下している。このほか転炉を内筒に仮定し、出鋼時についても同様の計算を行った結果、 $\Delta O_E + \Delta O_{st}$  の値は 10~20 ppm となった。

記号:  $V_L$ : 注入速度,  $a$ :  $Z$  における液柱半径,  $u$ :  $Z$  における流速,  $E_0$ : 初期孔れ,  $\rho$ : 密度,  $We$ : Weber 数,  $Fr$ : Froude 数,  $Re$ : Reynolds 数,  $Sh$ : Sherwood 数,  $Sc$ : Schmidt 数,  $H_1$ : 初期トリベ内溶鋼深さ,  $R_1$ : トリベ半径,  $R_2$ : 鋳型半径,  $H_3$ : 初期落下距離

文献 1) 若田勝吉, 長 陸郎, 井上道雄: 鉄と鋼, 54(1980), 104, S172, 2) J. Szekely and N. J. Triemelis: Rate Phenomena in Process Metallurgy (1970), P424.

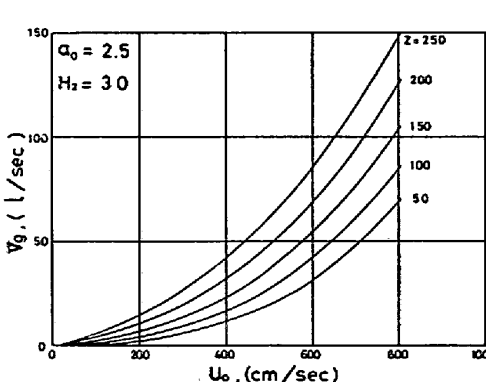


図1. ガス巻込速度  $V_g$  とノズル出口速度の関係。

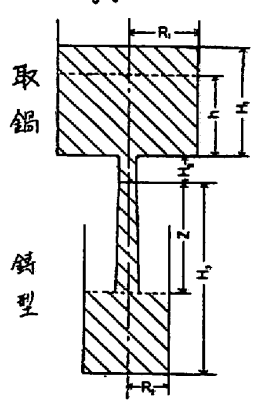


図2. 注入モデル

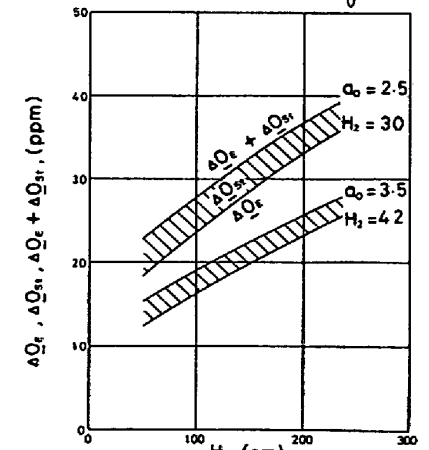


図3. ガス巻込に伴う大気からの酸素吸収量  $\Delta O_E$  と側面吸収量  $\Delta O_{st}$