

(93) 鉄の一方向凝固におけるマクロ偏析に及ぼすCO生成の影響

名古屋大学工学部 森一美 ○神森章光 出口幹郎
住友金属(株) 中央技研 下田輝久

1.緒言 鉄の凝固時にCOガスが生成する場合の偏析現象については従来数式モデルにもとづく解析が行なわれているが、現象の本質は未解明のままに残されている。本研究では、鉄について一方向凝固実験を行ない、溶質のマクロ偏析を調べることにより、COガス生成を伴う場合の凝固機構を考察した。

2.実験方法 高周波誘導炉を用い、コイルを所定の速度で上昇させて凝固を行なわせる。鉄試料は直径20 mm、長さ90 mmで、ろっぽは、マグネシア管を側壁とし、底を純鉄プラグにしたものである。この純鉄プラグは水冷銅管にとりつけ、また試料の半径方向の熱移動はできるだけ防ぐ工夫をした。試料の溶解および凝固中、反応管内にはArガス、またはCO-CO₂混合ガスを流し、また凝固中の液の温度は常に1570°Cに保った。溶質初濃度はC_L ~ 0.1%, P ~ 0.016%とし、またガス雰囲気により溶鉄中のQ濃度を変えて凝固時のCO発生の強さを变化させた。凝固中の溶鉄試料および固体鉄試料の分析結果から実効分配係数 k_c^* , k_p^* を求めた。なお凝固速度 f は1~10 mm/minに変化させた。

3.実験結果 実験は2つのSeriesに分かれる。Series Iは、雰囲気を変えてArにして凝固時にCOが生成しない場合と、C_L 0.1%と平衡するCO-CO₂ガスを流して凝固時にCOが生成する場合について凝固速度を変えたものである。図1はこの結果をまとめたもので、明らかにCO生成により k_c^* は下がり、また k_p^* は k_c^* よりも小さくなっている。さらに k_c^* , k_p^* とも凝固速度の増加により多少大きくなる傾向がある。

つぎにSeries IIとして、凝固速度を一定とし、雰囲気を変えて凝固時のCO生成の強さを变化させる実験を行なった。図2は $f \approx 5$ mm/minの結果をまとめたものである。これからわかることは、1)凝固時のCO生成からみて、Q 0.003~0.006%が遷移領域である。2)Qがこれ以下ではCOは生成せず、ここでは $k_c^* \approx k_p^* \approx 0.9$ である。3)Qがこれ以上のところは凝固時にCOが生成する領域であり、ここでは k_c^* はQ濃度に関係なく一定であるが、 k_p^* はQが高いところでは減少する傾向がある。なお、Qの遷移濃度は $f \approx 10$ mm/minに高くしても $f \approx 5$ mm/minの場合と同じであることがわかった。

4.考察 組成的過冷却にもとづく計算を行ない、Qの遷移濃度以下では凝固界面はデンドライト類似の形態で液のトラップがあるものと推定した。Qが遷移濃度になるとトラップされた濃縮液中で不均質核生成によりCO気泡が生成するようになり、濃縮液は前方へつき出されるようになって k_c^* は下るものとする。実験結果を総括して、CO気泡の生成、およびそれと溶質の固液への分配との関係からみて、凝固界面近傍と界面を離れたところと2つの領域が区別される。前者ではCO生成、溶質の分配が液本体の対流にほとんど影響されない。後者ではCO気泡の成長が液のQ濃度に大きく影響され、これがまた液の攪拌にも影響する。

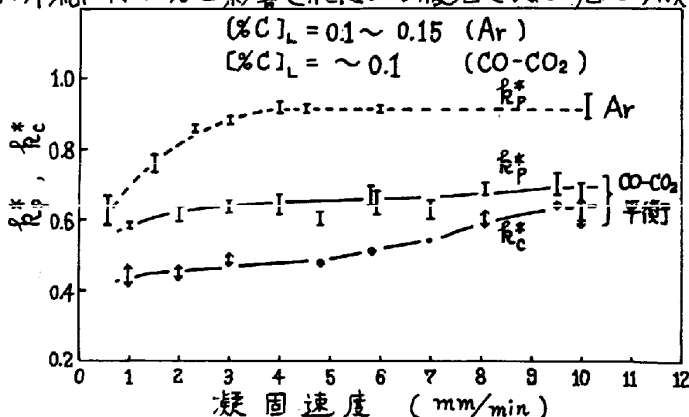


図1. 実効分配係数と凝固速度の関係

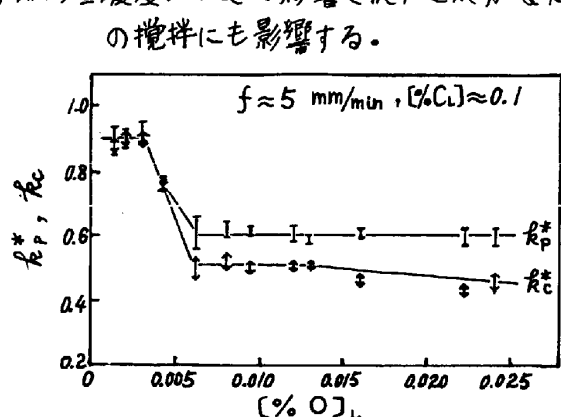


図2. 実効分配係数と $[O]_L$ の関係