

# (128) 鋼の固相線温度算出式

東京大学大学院 鈴木 真  
東京大学工学部 ○梅田高照 木村康夫

1. 緒言 鋼の凝固現象について考えるとき、凝固開始温度(液相線温度)および凝固終了温度(固相線温度)を知ることは重要である。しかし、測温により、固相線温度を求めるとは困難であり、固相線温度算出式はこれまでいくつか報告されてはいるが、<sup>4),9),10)</sup> まだ確立されてはいない。前報<sup>1)~3)</sup>で鋼の合金元素の平衡分配係数を測定し報告したが、本報ではそれらの結果をもとに、固相線温度算出式について考察する。

2. 合金元素の平衡分配係数 前報では各種の鋼材について、溶解・静止界面法により平滑な固液界面を得て、界面近傍の溶質濃度を測定し、合金元素の平衡分配係数を求めた。<sup>1)~3)</sup> しかしP, Sについては炭素鋼では含有量がきわめて少なく、平衡分配係数を求めることができなかったため、表1に示す組成の試料を作成して同様の方法で平衡分配係数を求めた。結果を表2に示す。表1. 供試材の成分(wt%)  
以上のことから、炭素鋼および低炭素鋼では、平衡分配係数の概略値は、Cが0.3(初晶δ), 0.6(初晶γ), Si 0.8, Mn 0.8, P 0.3, S 0.03, Cr 0.9, Ni 0.8 とした。

3. 固相線温度 液相線温度に関しては、すでに多くの、合金元素の影響を考慮した算出式が提案されている。それらの式は、 $T_L = T_M - \alpha_X \cdot (\%X)$ , (Xは各合金元素) という形で表わされている。ここで $\alpha_X$ は、各元素の液相線温度低下に及ぼす作用の大きさの程度を示すものと考えることができる。図1に、多元系の一例として三元系の場合の状態図の単純なモデルを示す。この図から、振っている組成周りで各元素の平衡分配係数 $k_{OX}$ が一定であると仮定すれば、固相線温度算出式も、 $T_S = T_M - b_X \cdot (\%X)$ ;  $b_X = \alpha_X / k_{OX}$  と表わすことができる。ここで $b_X$ は、各元素の、固相線温度の低下に及ぼす影響の大きさの程度(凝固点降下度)である。

表3上部に、平居ら<sup>4)</sup>、川和ら<sup>5)</sup>、Roeserら<sup>6)</sup>、およびChipman<sup>7),8)</sup>の液相線温度算出式の係数 $\alpha_X$ の値を示す。これらの数値と上記の平衡分配係数から、炭素鋼・低炭素鋼の場合の $b_X$ を求めた。 $b_X$ の算出には、平居らの式<sup>4)</sup>の値が測温をもとにしているので最も信頼できると考え、その $\alpha_X$ の値を基準としたが、P, SについてはChipman<sup>8)</sup>の値を基準に算出した。その結果を表3の下部に示す。Cについては、初晶フェライトの場合270、初晶オーステナイトの場合135となった。なお、表中には比較のため、平居ら<sup>4)</sup>、鈴木ら<sup>9)</sup>、川和ら<sup>10)</sup>による固相線温度算出式の係数 $b_X$ をあわせて示した。

以上は、炭素鋼および低炭素鋼についての結果であるが、ステンレス鋼についても同様の方法で $b_X$ を求めるとができる。

表1. 供試材の成分(wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Al
1	0.328	0.32	0.42	0.47	0.0045	0.15
2	0.473	0.30	0.42	0.006	0.281	0.16

表2. 平衡分配係数

	C	Mn	P	S
1	0.31	0.77	0.29	
2	0.34	0.73-0.75		0.030-0.035

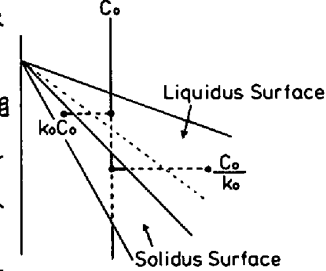


図1. 三元系状態図モデル

表3. 液相線・固相線温度算出式の係数 $\alpha_X, b_X$

liquidus	$\alpha_X$	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Hirai et al.	*	13.0	4.8	-	-	1.5	3.1	
Kawawa et al.	78	7.6	4.9	34.4	38	1.3	3.1	
Roeser et al.	70	8	5	30	25	1.5	4	
Chipman	73	12	3	28	30	1	3.5	
Chipman	90	6.2	1.7	28	40	1.8	2.9	
solidus	$b_X$	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Hirai et al.	**	20.5	6.5	500	700	2	11.5	
Suzuki et al.	**	7.6	4.9	34.4	3.8	1.3	3.1	
Kawawa et al.		415.5	12.3	6.8	124.5	183.9	1.4	4.3
present work		270-135	16	6	93	1100	1.7	3.9

\*  $55(\%C)+80(\%Si)^2$  ---  $C < 0.5$   
 $44-21(\%C)+52(\%Si)^2$  ---  $0.5 < C < 1$   
\*\* Fe-C二元系固相線温度基準

文献 1) 鈴木, 梅田, 木村: 鉄と鋼, 66(1980), S165  
2) 鈴木, 梅田, 木村: 学振19巻-10254, 凝固-276(1980)  
3) 鈴木, 浅野, 梅田, 木村: 鉄と鋼, 66(1980), S748  
4) 平居, 倉丸, 森: 学振19巻-8837, 凝固-46(1968)  
5) 川和: 鉄鋼基礎共同研究会, 凝固6-III-9(1973)  
6) W. Roeser and H. T. Wensel: Stahl and Eisen, 71(1951), 399

7) J. Chipman: B.O.H. Steelmaking. AIME, (1951) 632  
8) J. Chipman: ibid., (1964) 640  
9) 鈴木, 鈴木, 長岡, 岩田: 金属学会誌, 32(1968)1301  
10) 川和, 土田: 学振19巻-9721, 凝固-156(1974)