Cu-Si-Zn 合金状態図に関する研究 とくに γ 固溶体付近について

美 馬 源次郎* 長谷川 正 治*

Genjiro Mima and Masaharu Hasegawa: Study of the Diagram of Cu-Si-Zn Alloy, On the Range Near γ Solid Solution. The Cu-Si-Zn alloys in the composition near Cu 45 wt %, Si 5 wt % and Zn 50 wt % (γ solid solution) were investigated by means of thermal analysis and microscopic examination. A transformation of the γ solid solution, $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$, was found below 457°C in a range of the ternary system, and the transformation temperature lowers with decrease of Si content in the solid solution. This transformation may proceed by a diffusionless mechanism and the low temperature phase γ' seems to have a distorted γ -brass type structure. The twin-like figure appeared in the γ' phase of the slowly cooled specimens is attributed to the transformation from γ to γ' .

By measurements of electrical resistance of the alloys near the β solid solution, it was found that Si has little effect on the temperature of the order-disorder transformation in the β solid solution.

(Received March 14, 1963)

I. 緒 言

われわれは Cu-Si-Zn 系状態図の研究を進め、すでにその一部を報告してきた^{(1)~(4)}。Cu-Si 系付近のみに存在する η 固溶体に認められる双晶が、 η 固溶体の固相内における変態に基づくものであることは既報⁽³⁾⁽⁴⁾した通りであるが、Cu-Zn および Cu-Si 両 2 元系に連続して存在する γ 固溶体 (Cu-Si 系においては通常 δ 相と名付けられている⁽⁵⁾) においても部分的に双晶状模様が認められ、 γ 固溶体にも固相内の変態が存在する可能性があること既報で指摘しておいた⁽²⁾。本報においてはとくに γ 固溶体付近、および既報では全く触れなかつた β 固溶体の規則-不規則変態について報告する。

II. 試料および実験方法

使用した素材は既報⁽³⁾⁽⁴⁾と同じ電解銅、電解亜鉛および金属ケイ素で、試料寸法および作製方法はすべて既報と同様である。 γ 固溶体付近の領域に関しては熱分析および組織検査を採用したが、各試料に予備熱

処理として 650°C で 1 時間焼なましの後、400°C で 12 時間保持、炉冷して 300°C で 24 時間保ち、以後空冷を施したほかは既報⁽³⁾⁽⁴⁾と同じである。また β 固溶体の規則-不

Fig. 1 Inverse rate thermal analysis curves.

規則変態に関しては 800°C、1 時間焼なましの後、450°C まで徐冷して 1 週間保持し、以後空冷した試料について電気抵抗測定によりしらべた。熱分析、組織検査、電気抵抗測定などの方法については既報⁽³⁾⁽⁴⁾と全く同様である。

* 大阪大学工学部冶金学教室 (Department of Metallurgy, Faculty of Engineering, Osaka University, Osaka)

(1) G. Mima, M. Hasegawa: Technol. Repts. Osaka Univ., **6** (1956), 313.

(2) G. Mima, M. Hasegawa: Technol. Repts. Osaka Univ., **7** (1957), 385.

(3) 美馬, 長谷川: 本誌, **23** (1959), 585.

(4) G. Mima, M. Hasegawa: Technol. Repts. Osaka Univ., **10** (1960), 157.

(5) M. Hansen: Constitution of Binary Alloys, McGraw Hill, (1958), p. 629.

なお γ 固溶体の変態を確かめるため、数個の試料について X線分析を行なった。X線分析試料はいずれも上述の予備

のように、熱分析曲線の異常点は一般にかなり明瞭に現われ、とくに加熱曲線よりも冷却曲線により明瞭に現われる

Table 1 Rest points of thermal analysis curves.

Chemical analysis			Rest point (°C)		Micro-structure at 300°C	Chemical analysis			Rest point (°C)		Micro-structure at 300°C
Cu (%)	Zn (%)	Si (%) (remain)	Heat	Cool		Cu (%)	Zn (%)	Si (%) (remain)	Heat	Cool	
44.2	55.8	0	—	—	$\beta + \gamma$	50.0	46.6	3.4	396	390	γ'
34.8	65.2	0	—	—	γ	44.3	52.2	3.5	350	348	$\gamma' + \text{Si}$
29.7	70.3	0	—	—	$\gamma + \epsilon$	38.9	57.7	3.4	295	283	$\gamma' + \text{Si}$
46.0	53.0	1.0	—	—	γ	58.4	37.5	4.1	—	—	γ
36.7	62.1	1.2	—	—	γ	56.5	39.3	4.2	399	390	γ'
32.3	66.4	1.3	—	—	$\gamma + \epsilon + \text{Si}$	51.4	44.4	4.2	407	399	$\gamma' + \text{Si}$
50.3	47.6	2.1	—	—	γ	50.9	45.0	4.1	402	394	$\gamma' + \text{Si}$
42.2	55.8	2.0	315	308	γ'	48.3	47.9	3.8	379	372	$\gamma' + \text{Si}$
38.6	59.1	2.3	—	—	$\gamma + \text{Si}$	65.1	30.0	4.9	—	—	$\alpha + \gamma$
37.8	60.4	1.8	—	—	$\gamma + \text{Si}$	64.2	30.5	5.3	415	—	γ'
48.1	49.3	2.6	355	351	γ'	55.5	39.5	5.0	431	421	$\gamma' + \text{Si}$
43.0	53.8	3.2	324	310	$\gamma' + \text{Si}$	70.4	23.8	5.8	—	—	$\alpha + \gamma + \mu$
58.9	37.5	3.6	—	—	$\beta + \gamma$	64.2	29.8	6.0	444	—	$\gamma' + \eta''$
54.7	41.7	3.6	354	—	γ	60.6	33.2	6.2	457	450	$\gamma' + \eta'' + \text{Si}$

Photo.1 Cu-2.1% Si-45.2% Zn
400°C AC, $\beta + \gamma$ $\times 70$ Photo.2 Cu-5.0% Si-39.5% Zn
300°C AC, $\gamma' + \text{Si}$ $\times 220$ Photo.3 Cu-5.0% Si-39.5% Zn
300°C AC, $\gamma' + \text{Si}$ $\times 520$ Photo.4 Cu-6.2% Si-36.1% Zn
400°C AC, $\gamma' + \text{Si}$ $\times 115$ Photo.5 Cu-4.2% Si-44.4% Zn
300°C AC, $\gamma' + \text{Si}$ $\times 220$ Photo.6 Cu-3.4% Si-46.6% Zn
400°C AC, γ' $\times 70$

熱処理を施したものを槌打ちで粉砕して直径約 0.5 mm に成形した。なお Cu ターゲットおよび Ni フィルターを用いて CuK α 線により直径 114.6 mm の粉末法カメラで撮影し、解析した。

III. 実験結果

γ 固溶体付近の試料についての熱分析の数例を Fig.1 に、またその総括を Table 1 に示す。Fig.1 より明ら

か、試料が多い点に特徴がある。Table 1 には後述する 300°C における組織も併記したが、熱分析曲線の異常点は一般に Cu 含有量の多い合金においては認め難く、また Si 相との共存組織の試料においては Zn 量が少ないほど高温に現われ、逆に Zn 量が多くなると次第に低温となり遂に認められなくなる。

つぎに 400°C から空冷した Cu-2.1% Si-45.2% Zn 合金の組織を Photo.1 に、また Photo.2 および 3 に 300°C

から空冷した Cu-5.0% Si-39.5% Zn 合金の組織を示す。
これらの写真から明らかなように、後者の試料の γ 固溶体

に γ 固溶体の個々の結晶粒内においてはその方位がそ
ついている場合もあるが、一般にはむしろ **Photo.5** のよう

Photo.7 Cu-3.4% Si-46.6% Zn
400°C AC, γ' $\times 220$

Photo.8 Cu-4.2% Si-39.3% Zn
300°C AC, γ' $\times 380$

Photo.9 Cu-4.1% Si-37.5% Zn
300°C AC, γ' $\times 70$

Photo.10 Cu-4.2% Si-44.4% Zn
400°C AC, γ' $\times 220$

Photo.11 Cu-4.2% Si-44.4% Zn
600°C WQ, $\times 380$

Photo.12 Cu-4.2% Si-39.3% Zn
600°C WQ, $\times 70$

Table 2 Microstructures of specimens at several temperatures.

Chemical composition			Microstructure								
Cu (%)	Zn (%)	Si (%) (remain)	650°C	600°C		500°C	400°C		350°C	300°C	
			W.Q.	W.Q.	A.C.	W.Q.	W.Q.	A.C.	W.Q.	W.Q.	A.C.
44.2	55.8	0									$\beta + \gamma, a$
34.8	65.2	0									γ, a
29.7	70.3	0									$\gamma + \epsilon, a$
36.7	62.1	1.2									γ, a
32.3	66.4	1.3									$\gamma + \epsilon + \text{Si}, a$
42.2	55.8	2.0	γ, d	γ, d	γ, c	γ, a	γ, a	γ, e	γ, a	γ, d	
38.6	59.1	2.3									$\gamma + \text{Si}, a$
48.1	49.3	2.6	γ, a	γ, d	γ, c	γ, d	γ, a	γ, b	γ, b	γ, b	
43.0	53.8	3.2	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, c$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, c$	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, c$	
54.7	41.7	3.6	γ, a	γ, a	γ, c	γ, d	γ, a	γ, c	γ, a	γ, a	
50.0	46.6	3.4	γ, d	γ, d	γ, c	γ, d	γ, a	γ, b	γ, b	γ, b	
44.3	52.2	3.5	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, c$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, b$	
38.9	57.7	3.4	$\gamma + \text{Si}, d$		$\gamma + \text{Si}, c$	$\gamma + \text{Si}, d$		$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, a$	
58.4	37.5	4.1	γ, a	γ, a	γ, c		γ, a	γ, c	γ, c	γ, a	
56.5	39.3	4.2	γ, d	γ, a	γ, c	γ, d	γ, a	γ, b	γ, b	γ, b	
51.4	44.4	4.2	γ, d	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, d$		$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	
50.9	45.0	4.1	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	
48.3	47.9	3.8	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, d$		$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	
64.2	30.5	5.3	γ, d	γ, d	γ, c	γ, d		γ, c	γ, c	γ, c	
55.5	39.5	5.0	$\gamma + \text{Si}, a$	$\gamma + \text{Si}, d$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, d$		$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	$\gamma + \text{Si}, b$	

Note: W.Q.: water quenched, A.C.: air cooled, a: no twin-like figure, b: typical twin-like figure, c: coarse twin-like figure, d: trace of twin-like figure, e: indistinct figure.

には前者のそれに認められない微細な双晶状模様が極めて
明瞭に認められる。この双晶状模様は **Photo.4** に示すよ

に一つの結晶粒内において微小な領域に分割されている、
またこの模様は Si 相と共存する γ 固溶体に現われるのみ

ならず **Photo. 6** および **7** に示すように γ 固溶体のみの組成域においても認められることがある。一方 **Photo. 8** に

Fig. 2 Electrical resistance curves.

Table 3 Order-disorder transformation temperatures of β solid solution obtained by electrical resistance measurements.

Chemical composition			Order-disorder transformation temperature (°C)	Microstructure at 450°C
Cu (%)	Zn (%)	Si (%) (remain)		
57.7	42.3	0	455	$\alpha + \beta$
54.1	45.9	0	459	β
52.2	47.8	0	462	β
49.3	50.7	0	468	$\beta + \gamma$
45.8	54.2	0	466	$\beta + \gamma$
61.5	37.4	1.1	459	$\alpha + \beta$
60.1	38.9	1.0	462	$\alpha + \beta$
53.8	45.1	1.1	468	$\beta + \gamma$
62.9	35.2	1.9	468	$\alpha + \beta + \gamma$
60.5	37.5	2.0	471	$\alpha + \beta + \gamma$
58.5	39.5	2.0	471	β
57.5	40.2	2.3	468	$\beta + \gamma$
55.4	42.5	2.1	468	$\beta + \gamma$
63.2	33.6	3.2	471	$\alpha + \beta + \gamma$

示すようにやや粗い模様となつて現われることもあれば、**Photo. 9** のようにもはや双晶状とはいえないほど粗い模様となつて現われる場合もある。

さて **Photo. 10** は **Photo. 5** に示したと同じ Cu-4.2% Si-44.4% Zn 合金を 400°C から空冷した組織であり、また **Photo. 11** は同じ合金を 600°C から焼入れた試料の組織である。前者においては双晶状模様が典型的な形状に現われているが後者においては非常にこわれた形となつて現われている。また **Photo. 12** は 600°C から焼入れた Cu-4.2% Si-39.3% Zn 合金の組織で **Photo. 8** に示した同一

合金に認められる模様は全く現われていない。以上各組成の試料の検鏡結果を総括すると **Table 2** のようになる。

つぎに β 固溶体の規則-不規則変態についての電気抵抗測定の数例を **Fig. 2** に、またその総括を **Table 3** に示す。Table 3 より明かなように $\beta \rightarrow \beta'$ 変態の温度は各試料を通じて著しい差は認められないが、Cu 含有量の少ない ($\beta + \gamma$) 領域にあつては Si 量の如何によらずほとんど変化しない。しかしそれに反し、Cu 含有量の多い ($\alpha + \beta$) 領域にあつては Si 量の増加とともにわずかながらその温度の上升が認められる。

IV. 考 察

まず γ 固溶体に見られる双晶状模様について考える。組織検査の結果 300°C より空冷した試料における双晶状模様の有無を本系の γ 固溶体付近の 300°C 等温断面に図示すると **Fig. 3** のようになる。すなわち γ 固溶体の Si 寄りの部分においては双晶状模様が認められるが、Cu 寄りおよび Zn 寄りの範囲においては同模様は認められず、熱分析曲線における異常点の有無とよく一致している。結局 γ 固溶体にはある組成域において $\gamma \rightarrow \gamma'$ なる変態が存在し、組織検査によれば γ' 相 (低温相) に双晶状模様が認められると考えることができる。

この γ 固溶体における $\gamma \rightarrow \gamma'$ 変態の存在は Cu-Zn 系の γ 固溶体に変態が存在するという報告^{(6)~(8)}からも充分に考えられるが、なお X 線分析によつても確認することができる。すなわち **Fig. 4** に双晶状模様の認められない Cu-65.2% Zn 合金 (a 試料)、明瞭な双晶状模様の認められる Cu-2.6% Si-49.3% Zn 合金 (b 試料)、および粗大な模様の認められる Cu-3.6% Si-41.7% Zn 合金 (c 試料) の X 線回折写真を示し、また **Table 4** にそれらの解析結果を示した。Table 4 より明かなように a 試料は典型的な Cu_5Zn_8 の結晶構造を有しているが、b, c 両試料においては 2θ が約 44° 付近に現われる回折線が明瞭に 2 本に分離し、それらの両回折線に対応する面間隔は a 試料の当該面間隔の 0.982~0.984 倍および 0.973~0.975 倍となつている。すなわち b, c の両試料は a 試料に比しその格子定数が約 0.98 倍程度に減少する* とともに、もはや立方格子ではなく歪んだ格子型となつている。このような粉末法による X 線分析のみで γ' 相の格子構造を解析することは困難であるが、b, c 両試料の格子定数が a 試料のそれに対して大略 0.98 倍程度に減少しているとして各回折線を解析すると、Table 4 に示したように b, c 両試料のかなりの数の回折線を a 試料のそれに対応させることができる。したがつてこのことから γ' 相は γ 相が少

(6) 松田：東北帝大理科報告，11 (1922)，251。

(7) 今井：東北帝大理科報告，11 (1922)，313。

(8) W. Köster：Z. Metallk., 32 (1940)，155。

* 合金元素として Si が加わつたためであろう。

し歪んだ** 結晶構造を有していると結論することができ、また双晶状模様の微細であるか粗大であるかによつては結

態に伴う模様である。

さて $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態の温度を γ 固溶体の Si 含有量を変えることなしに Cu-Si 系に投影して図示すると **Fig. 5** のようになる。Fig. 5 より明らかなように Si 量が 0%，すなわち Cu-Zn 系においては $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態の温度は約 150°C 付近になる。この変態温度は γ 固溶体において組成が Cu 側に移ると急激に低下するので、Cu-Zn 系においては 150°C よりも一層低くなるとも考えられる。しかしながら 3 元領域における様相から判断すると Cu-Zn 系の γ 固溶体にはすでに松田⁽⁶⁾、今井⁽⁷⁾、Köster⁽⁸⁾ などが報告したように $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態が存在することは間違いないが、その温度に関しては彼らの報告^{(6)~(8)} よりもより低温度になると考えられる。

つぎに β 固溶体の規則-不規則変態についての Table 3 の結果を 450°C の等温断面中に図示すると **Fig. 6** のようになる。いま Cu-Si-Zn 3 元系において Cu, Zn および Si の原子価をそれぞれ 1, 2 および 4 とし、電子/原子比が 3/2 の線を Fig. 6 に示すと図中の破線となり、 β 固溶体の γ 相と共存する組成に近い位置を占めることになる。この電子/原子比が 3/2 なる組成を 2 元銅合金系における β 固溶体の基準組成と同様に本 3 元

Fig. 3 Range of appearance of the twin-like figure in γ solid solution.

Fig. 4 X-ray diffraction photographs of (a) Cu-65.2% Zn, (b) Cu-2.6% Si-49.3% Zn and (c) Cu-3.6% Si-41.7% Zn alloys (Cu $K\alpha$).

晶構造に差異がなく、ともに γ' 相であることが判る。また Fig. 1 に示した熱分析曲線に現われる異常変化は 1 次の相転移の様相を呈してはいるが、変態温度がかなり低いにもかかわらず変態速度がかなり速く、また熱分析における異常変化が加熱曲線によりむしろ冷却曲線においてより明瞭に現われていることから考えて、この $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態は核生成-成長型の変態ではなくむしろ In-Tl 系⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ や Cu-Mn 系⁽¹¹⁾⁽¹²⁾ に見られるような長範囲の拡散を伴わない変態であると考えられる。そして γ' 相に見られる双晶状模様は In-Tl や Cu-Mn に認められると同様に、 $\gamma \rightarrow \gamma'$ 変

** {330}{411} 回折線について γ' 相が正方晶であると仮定して解析すると、軸比は $c/a=0.984\sim0.989$ または $c/a=1.013\sim1.018$ となる。

(9) L. Guttman: Trans. AIME, **188** (1950), 1472.

(10) J.S. Bowles, C.S. Barrett, L. Guttman: Trans. AIME, **188** (1950), 1478.

(11) F.T. Worrell: J. Appl. Phys., **19** (1948), 930.

(12) Z.S. Basinski, J.W. Christian: J. Inst. Metals, **80** (1952), 659.

Fig. 5 Transformation temperature in γ solid solution versus Si content.

Table 4 X-ray analysis data of Fig. 4.

Specimen a Cu-65.2 % Zn				Specimen b Cu-2.6 % Si-49.3 % Zn			Specimen c Cu-3.6 % Si-41.7 % Zn		
2 θ (deg)	d (Å)	intensity	index	2 θ (deg)	d (Å)	intensity	2 θ (deg)	d (Å)	intensity
				25.40	3.504	WW	25.50	3.490	WW
				32.65	2.744	WW	32.80	2.728	WW
35.30	2.540	M	222	36.20	2.479	M	36.20	2.479	M
38.20	2.354	M	321	38.45	2.339	WW	38.50	2.336	WW
39.10	2.302	W	400	40.00	2.252	W	39.25	2.293	W
43.35	2.086	S S	(330	44.10	2.052	S S	44.05	2.054	S S
			411	44.60	2.030	S S	44.50	2.034	S S
48.30	1.883	M	332	49.55	1.838	M	49.65	1.835	M
				50.65	1.804	WW			
50.70	1.799	M	422	51.85	1.762	WW	51.90	1.760	W
52.75	1.734	M	(431	53.80	1.703	W	53.80	1.703	W
			510						
57.00	1.614	W	521						
63.05	1.473	S	(442	64.30	1.448	M	64.45	1.444	M
			600						
65.00	1.434	M	(532	66.30	1.409	WW	66.10	1.412	W
			611						
72.45	1.304	S	631	74.40	1.274	M	74.40	1.274	M
74.25	1.277	S	444	76.25	1.248	M	76.15	1.249	M
			(543						
76.10	1.250	M	550	78.40	1.232	W	78.35	1.219	W
			710						
			(552	80.00	1.198	M	80.00	1.198	W
79.65	1.203	S	633	81.60	1.179	M	81.55	1.179	M
			721						
86.65	1.123	M	(651						
			732						
			(554	91.60	1.074	W	91.60	1.074	W
90.10	1.088	S	741	92.80	1.064	W	92.80	1.064	W
			811						
91.80	1.073	W	(644	94.20	1.052	WW	94.30	1.051	WW
			820	96.40	1.033	W	96.45	1.033	W
95.30	1.042	M	(660						
			822						
98.95	1.013	W	662						
100.65	1.001	W	752	104.05	0.977	WW	103.80	0.979	WW
104.20	0.976	WW	(833	106.65	0.960	W	106.50	0.961	WW
			910						
111.35	0.933	M	(754	114.80	0.914	WW	115.20	0.912	WW
			851						
			930						
119.10	0.894	M	(770	123.25	0.875	M	123.60	0.874	M
			853						
			941						
123.15	0.876	M	(772	126.50	0.863	WW			
			10.11						
129.20	0.853	W	10.22	136.95	0.828	W	137.80	0.826	WW
136.25	0.830	S	774	141.55	0.816	WW	141.65	0.816	WW
			(855	143.50	0.811	W	143.90	0.810	W
136.85 (α_2)	0.830	M	871	142.15 (α_2)	0.816	WW			
141.15	0.817	WW	(961	147.00	0.803	W			
			10.33						
144.20	0.809	W	10.42	155.05	0.789	WW			
145.20 (α_2)	0.809	WW		158.20 (α_2)	0.789	WW			
147.30	0.803	WW	(873	160.60	0.781	WW			
148.20 (α_2)	0.803	WW	954						
			11.10						
154.25	0.790	S	(963	163.50	0.778	WW			
155.70 (α_2)	0.790	M	10.51						
			11.21						
158.70	0.784	W							
160.05 (α_2)	0.784	WW							
164.25	0.778	WW	(970						
			11.30						

Note: WW: very weak, W: weak, M: medium, S: strong, SS: very strong,
 (α_2): diffraction line of $K\alpha_2$ ray.

系における β 固溶体の基準組成と考えると, Fig. 6 より明らかなようにこの基準組成の合金の変態温度は Si 量によ

上昇させる Al⁽¹⁴⁾(¹⁵) や Ni⁽¹⁴⁾ の効果との中間にあると考えられる。

Fig. 6 Order-disorder transformation temperature of β solid solution.

つては変化しない。したがって β 固溶体の規則-不規則変態の温度におよぼす第3元素としての Si の効果は、変態温度を低下させる Sn⁽¹³⁾ や Mn⁽¹⁴⁾ の効果と、逆にそれを

(13) 山口, 中村: 理研集報, 11 (1932), 1330.

(14) 今井, 北島: 本誌, A-15 (1951), 113.

(15) 広根, 片山: 本誌, 12 (1948), No. 2~3, 1.

V. 総 括

Cu-Si-Zn 系の γ 相付近, とくに γ 固溶体における変態および β 固溶体の規則-不規則変態について熱分析, 組織検査および電気抵抗測定によつて調べ, つぎの結果を得た。

(1) γ 固溶体には $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態が存在する。

(2) この変態温度は本3元系においては γ 固溶体が η'' 相, および Si 相と共存する領域において最高の 457°C を示し, Si 量が減少するほど, また Cu 量が増加するほど次第に, あるいは急激に, 低下する。

(3) 3元領域における様相から判断すれば, Cu-Zn 系においては 150°C, あるいはそれ以下の温度において $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態が存在すると推定される。

(4) γ' 相は γ 相が少し歪んだ結晶構造を有し, $\gamma \rightleftharpoons \gamma'$ 変態は核生成-成長機構によるのではなく, 長範囲の拡散を伴わない変態と考えられる。

(5) γ' 相に認められる双晶状模様は $\gamma \rightarrow \gamma'$ 変態に起因する模様である。

(6) β 固溶体の規則-不規則変態の温度に対しては第3元素としての Si は殆んど影響をおよぼさない。