日本金屬學會誌

第4巻 第9號 昭和15年9月

研 究

銅-アンチモン-ニッケル三元全系 合金の平衡状態圖(第1報) 融體の關與する平衡状態に就て*

柴田 仁 作**

Nisaku Shibata: The Equilibrium Diagram of the Complete Ternary System, Copper-Antimony-Nickel. First Report. The State of Equilibria between the Liquid and Solid of the Ternary System. The whole ternary system Cu-Sb-Ni has been studied by thermal, electric resistance, X-ray and microscopic methods, and the heterogeneous equilibria between the liquid and solid have been elucidated, constructing many sectional diagrams, isothermal diagrams as well as a projectional diagram.

The salient points of the present investigation may be cited as follows:— (1) α and β phases of the Ni-Sb system makes a continuous solid solution with α and β phases respectively of the Cu-Sb system. (2) The maximum point of the β phase of the Ni-Sb system lowers by addition of Cu down to the maximum point of the Cu-Sb system, thus making a continuous series of maximum. (3) There exists no ternary compound. Solid solutions that react with liquid are the following 6 phases, α , β , γ_n , γ_c , ζ , ϵ , each of them having its liquidus surface. (4) The mono-variant reactions which make boundaries of the primary surfaces are

Among these reactions the former six have their origin in the binary systems, while the latter two exist only in the ternary system. (5) The non-variant reactions pertaining to liquid are

The heterogeneous reactions of the phases in the solid state of the whole ternary system will be treated in the next report.

(Received March 6, 1940)

I. 緒 言

Cu-Sb-Ni 三元系の平衡状態圖に關しては未だこれを明かにしたものがない。著者は曩に村上博士の指導の

下に Cu-Sb 系^{(1),(2),(3)}及び Ni-Sb 系⁽⁴⁾の全般に亙る新平衡状態圖を決定し、更にこれ等を X 線的^{(5),(6)}に確證し、又 Cu-Sb 系 β 相の焼入焼戻に就てその研究結果⁽⁷⁾を公にした。

** 東北帝大金屬材料研究所

* 本研究は昭和14年10月福岡に於て開催された本學會第6回講演大會に於て發表したものの一である。

(1) 村上, 柴田, 金屬の研究, 13 (1936), 445.

(2) 柴田, 本誌, 2 (1938), 108.

(3) 村上, 柴田, 本誌, 2 (1938), 365.

(4) 柴田, 本誌, 3 (1939), 237.

(5) 大澤, 柴田, 本誌, 2 (1938), 502.

(6) 近く發表の豫定

(7) 大澤, 柴田, 本誌, 3 (1939), 5.

本報告はこれ等の研究の續報であつて、本三元全系合金の融體の關與する異相平衡を熱分析、顯微鏡試験及び電気抵抗測定に依つて決定し、補助として X 線試験もなした。

II. 各二元系平衡状態圖

Cu-Sb-Ni 三元系を構成する三つの二元系 (a) Cu-Sb, (b) Ni-Sb, (c) Cu-Ni に就て先づ簡単に記述することとする。

(a) Cu-Sb 系平衡状態圖 本系合金の状態圖に就ては村上博士^{(1), (3)}と共に物理冶金學的に精細に研究し、大

Fig. 1 The Equilibrium Diagram of the Cu-Sb System.

Table 1 Solid Phases in the Cu-Sb System.

Solid Phases	Chemical Formula	Composition (Wt. % Cu)	Crystal Type
α	—	100—95.3	Face-centered cubic
β	Cu ₅ Sb ₂	56.71	Body centered tetragonal
γ	Cu ₂ Sb	51.08	Simple tetragonal
δ	Cu ₉ Sb ₂	70.14	Hexagonal
η	Cu ₁₁ Sb ₂	74.17	Ortho-rhombic
θ	Cu ₁₁ Sb ₄	58.95	Hexagonal
ε	—	Sb*	Hexagonal

* Possesses a slight solubility range at high temperature.

Table 2 Non-Variant Reactions in the Cu-Sb System.

Nature of the Reaction	Reaction	Composition (Wt. % Cu)	Temperature
Eutectic	$L \rightleftharpoons \alpha + \beta$	69.0	645°
Peritectic	$L + \beta \rightleftharpoons \gamma$	51.08	586°
Eutectic	$L \rightleftharpoons \gamma + \epsilon$	23.5	526°
Peritectoid	$\alpha + \beta \rightleftharpoons \eta$	74.17	488°
Peritectoid	$\beta + \eta \rightleftharpoons \delta$	70.14	462°
Peritectoid	$\beta + \gamma \rightleftharpoons \theta$	58.95	440°
Eutectoid	$\beta \rightleftharpoons \delta + \theta$	63.5	436°
Eutectoid	$\eta \rightleftharpoons \alpha + \delta$	73.9	400°

澤博士^{(5), (7)}と共に X 線的にも確めて Fig. 1 に示す状態圖を得た。その要點を表示すると Table 1 及び 2 の如くである。

(b) Ni-Sb 系平衡状態圖 Fig. 2 は著者⁽⁴⁾が最近改訂し、更に X 線的⁽⁶⁾に確定した状態圖であつてこれを表示すると Table 3 及び 4 の如くである。

(c) Cu-Ni 系平衡状態圖 本系合金に就ては熱分析

Fig. 2 The Equilibrium Diagram of the Ni-Sb System.

Table 3 Solid Phases in the Ni-Sb System.

Solid Phases	Chemical Formula	Composition (Wt. % Ni)	Crystal Type
α	—	100—84	Face-centered cubic
β	Ni ₅ Sb ₂	54.68	Body-centered tetragonal
γ	NiSb	32.54	Hexagonal
ζ	Ni ₂ Sb ₅	16.16	Hexagonal
δ	Ni ₃ Sb	59.12	Hexagonal
θ	Ni ₇ Sb ₃	52.93	Tetragonal
ε	—	Sb*	Hexagonal

* Possesses a slight solubility range at high temperature.

Table 4 Non-Variant Reactions in the Ni-Sb System.

Nature of the Reaction	Reaction	Composition (Wt. % Ni)	Temperature
Eutectic	$L \rightleftharpoons \alpha + \beta$	64.0	1097°
Eutectic	$L \rightleftharpoons \beta + \gamma$	45.0	1070°
Peritectic	$L + \gamma \rightleftharpoons \zeta$	16.16	626°
Eutectic	$L \rightleftharpoons \zeta + \epsilon$	1.5	616°
Peritectoid	$\alpha + \beta \rightleftharpoons \delta$	59.12	698°
Peritectoid	$\beta + \gamma \rightleftharpoons \theta$	52.93	588°
Eutectoid	$\beta \rightleftharpoons \delta + \theta$	55.0	533°

的研究⁽⁸⁾の結果も近代的研究法たる X 線試験⁽⁹⁾の結果も、又その他の研究⁽¹⁰⁾の結果も良も一致し、Fig. 3 の

Fig. 3 The Equilibrium Diagram of the Cu-Ni System.

如く Cu-Ni 系合金は全率固溶體をなし、成分金属と同様に面心立方晶を有することが明かとなつてゐる。

斯の如く各二元系平衡状態圖は精細且正確に決定せられて居るので、これを基礎として本三元系合金の全般に亘る平衡状態圖を研究した。

III. 三元系平衡状態圖

本三元系状態圖を決定するに當り著者は先づ熱分析に依て状態變化の温度を知り、これより初晶面上の等温線を求め、又急冷試料の鏡檢に依て存在する各相を決定し、各初晶晶界域及びその境界を明かにし、これに依て融體の關與する諸相の平衡關係を知り、更に切斷状態圖及び恒温平衡圖を求め初晶面間の境界を決定した。切斷状態圖及び恒温平衡圖を求めるには熱分析、顯微鏡試験及び電気抵抗測定に依つた。各初晶面の境界をなす一變系曲線上の反應は二元系より推定し、鏡檢及び切斷状態圖に依て確めた。又不變點の位置及び反應の性質は切斷状態圖及び三相三角形に依て決定した。

Fig. 4 は本研究に依て著者の決定した總合状態圖で Fig. 5 はその Sb 隅を説明に便ならしむるために定性的に示したものである。尙ε相 (Sb) の固溶範圍は極めて僅少で實驗的にもこれを認め難いので、その溶解度に就ては省略してある。

本系には 6 個の初晶面がある、Table 5 はその界域及び反應を示す。又 Fig. 7 は熱分析結果より得たる各初晶面の等温線である。

次に初晶面の境界をなしてゐる一變系曲線は Table 6 に示すが如き反應をなす。表中 L は融體を表はし、各相を示す大括弧の右下に記せる文字は反應の進行に従つて各相の組成の變化を示す曲線を表はす。これ等の一變系曲線は相交つて三個の不変點を生ずる。Table 7 はその反應を示し、Table 8 は各不変點に於ける温度と組成とを示す。又

Fig. 5 A Qualitative Projection Diagram of the Antimony Side.

Table 5 Primary Crystallization Surfaces.

Primary Crystallization Range	Reaction
$a_N A' B' a_c$ for α	Liquid ($a_N A B a_c$) $\rightleftharpoons$ α ($a_N a_1 a_2 a_c$)
$A' C' O_1 D'$ for β	Liquid ($A C O_1 D$) $\rightleftharpoons$ β ($b_1 c_1 c_2 c_3 b_2$)
$C' O_1 O_3 O_2 E'$ for γ_n	Liquid ($C O_1 O_3 O_2 E$) $\rightleftharpoons$ γ_n ($f_1 f_2 f_3 g_2 g_1$)
$E' O_2 F'$ for ζ	Liquid ($F O_2 F$) $\rightleftharpoons$ ζ ($h_1 h_2 i_1$)
$D' O_1 O_3 G'$ for γ_c	Liquid ($D O_1 O_3 G$) $\rightleftharpoons$ γ_c ($d_1 d_2 e_2 e_1$)
$\varepsilon F' O_2 O_3 G'$ for ε	Liquid ($\varepsilon F O_2 O_3 G$) $\rightleftharpoons$ ε (Sb)

Table 6 Mono-variant Curves.

Reaction Curve	Nature of the Reaction	Reaction
$A' B'$	Binary eutectic	(L) $A' B' \rightleftharpoons [a] a'_1 a'_2 + [\beta] b'_1 b'_2$
$C' O_1$	Binary eutectic	(L) $C' O_1 \rightleftharpoons [\beta] c'_1 c'_2 + [\gamma_n] f'_1 f'_2$
$D' O_1$	Binary peritectic	(L) $D' O_1 + [\beta] c'_3 c'_2 \rightleftharpoons [\gamma_c] d'_1 d'_2$
$O_1 O_3$	Binary eutectic	(L) $O_1 O_3 \rightleftharpoons [\gamma_n] f'_2 f'_3 + [\gamma_c] d'_2 e'_2$
$E' O_2$	Binary peritectic	(L) $E' O_2 + [\gamma_n] g'_1 g'_2 \rightleftharpoons [\zeta] h'_1 h'_2$
$O_2 F'$	Binary eutectic	(L) $O_2 F' \rightleftharpoons [\zeta] h'_2 i'_1 + [\varepsilon]$
$m'_1 O_2$	Binary eutectic	(L) $m'_1 O_2 \rightleftharpoons [\gamma_n] m'_2 g'_2 + [\varepsilon]$
$m'_1 O_3$	Binary eutectic	(L) $m'_1 O_3 \rightleftharpoons [\gamma_n] m'_2 f'_3 + [\varepsilon]$
$G' O_3$	Binary eutectic	(L) $G' O_3 \rightleftharpoons [\gamma_c] e'_1 e'_2 + [\varepsilon]$

(8) W. Guertler, G. Tammann, Z. anorg. allg. Chem., **52** (1907), 25; N. S. Kurnakow, S. W. Zemczuzny, Z. anorg. allg. Chem., **54** (1907), 151; V. E. Tafel, Metallurgie, **5** (1908), 348.

(9) E. C. Bain, Trans. A. I. M. M. E., **68** (1923), 635; E. A. Owen, G. D. Preston, Proc. Phys. Soc. London, **36** (1923), 28; A. Sacklowski, Ann. Phys., **77** (1925), 262; S. Holgerssohn, Ann. Phys., **79** (1926), 46; I. Vegard, H. Dale, Z. Kristallogr., **67** (1928), 154; S. Pienkowski, Rev. Mét., **26** (1929), 206.

(10) G. Tammann, Lehrbuch der Metallographie, 2 Aufl., Leipzig 1921, S. 269; E. Sedström, Diss. Stockholm 1924; 木村, 伊澤, 電気試験所報告, No. 171 (1926).

Fig. 4 The Projection Diagram of the Ternary System Cu-Sb-Ni
at Temperatures, immediately after solidification.

Table 7 Non-variant Points.

Non-variant Point	Nature of the Reaction	Reaction	Field in which the Reaction takes place
O'_1	Peritecto-eutectic	$(L)O'_1 + [\beta]c'_2 \rightleftharpoons [\gamma_n]f'_2 + [\gamma_c]d'_2$	$O'_1 c'_2 f'_2 d'_2$
O'_2	Peritecto-eutectic	$(L)O'_2 + [\gamma_n]g'_2 \rightleftharpoons [\xi]h'_2 + [\varepsilon]$	$O'_2 h'_2 g'_2 m'_2$
O'_3	Ternary eutectic	$(L)O'_3 \rightleftharpoons [\gamma_n]f'_3 + [\gamma_c]e'_2 + [\varepsilon]$	$f'_3 e'_2 n'_2$

Table 8 Temperature and Composition of the Non-variant Points.

Non-variant Point	Temperature	Composition (Wt. %)		
		Cu	Sb	Ni
O'_1	584°	42.5	52.5	5.0
O'_2	620°	0.2	97.8	2.0
O'_3	521°	21.5	77.0	1.5

Table 9 Mono-variant Curves in the Solid State.*

Reaction Curve	Nature of the Reaction	Reaction
$O'_1 K$	Binary Eutectoid	$[\beta]O'_1 K \rightleftharpoons [\gamma_c]d'_2 + [\gamma_n]f'_{2s'}$
$\left\{ \begin{matrix} h'_2 h'_3 \\ g'_2 g'_3 \\ \varepsilon \end{matrix} \right.$	Conjugate Separation	$\begin{matrix} [\xi]h'_2 h'_3 \\ \swarrow \quad \searrow \\ [\gamma_n]g'_2 g'_3 \leftarrow [\varepsilon] \end{matrix}$
$\left\{ \begin{matrix} f'_3 f'_4 \\ e'_2 e'_3 \\ \varepsilon \end{matrix} \right.$	Conjugate Separation	$\begin{matrix} [\gamma_n]f'_3 f'_4 \\ \swarrow \quad \searrow \\ [\gamma_c]e'_2 e'_3 \leftarrow [\varepsilon] \end{matrix}$
$\left\{ \begin{matrix} c'_2 t' \\ d'_2 r' \\ f'_2 s' \end{matrix} \right.$	Conjugate Separation	$\begin{matrix} [\beta]c'_2 \\ \swarrow \quad \searrow \\ [\gamma_c]d'_2 \leftarrow [\gamma_n]f'_{2s'} \end{matrix}$

* See Fig. 5

Table 10 The Process of Crystallization of the Alloys.

[I] Explanation of Letters and Signs.

L=Liquidus surface.

S=Solidus surface.

E=Surface at which binary eutectic reaction begins.

E'=Surface at which binary eutectic reaction ends.

ED=Surface at which binary eutectoid reaction begins.

ED'=Surface at which binary eutectoid reaction ends.

P=Surface at which binary peritectic reaction begins.

P'=Surface at which binary peritectic reaction ends.

CP=Conjugate primary separation surface.

CE=Conjugate eutectoid separation surface.

H=Horizontal surface of non-variant reaction.

→ Completes solidification.

() Corresponding surface is not drawn in the figure.

{ } Corresponding surface is partly drawn in the figure.

上記不変系反応に關與する固相間に於ては Table 9 に示す如き一變系反應の存在が理論的に考察せられる。

次に Fig. 4 及び Fig. 5 の各界域に於ける合金の凝固の過程を示すと Table 10, [I]~[VII] の如くである。

上表に於て温度の降下に依る α 及び β 相の全部並に γ_n^* 及び γ_c^{**} 相の大半に就ての變化は茲に記述してないが、これ等は固態の變化に關與するものであるから次の報告に於て詳述する。

[II] Primary Crystallization Range of α Phase ($a'_N-A'-B'-a_c$ Range).

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $a'_N-a'_1-a'_2-a'_c$	L_a	$L \rightarrow a$
	S_a (CPa'a'_2)	$L \rightarrow a$ $a \rightarrow a + \beta$
(2) $a'_1-A'-B'-a'_2$	L_a	$L \rightarrow a$
	$Ea'_1a'_2-A'B$	$L \rightarrow a + \beta$
	$E'a'_1a'_2-b'_1b'_2$	$L \rightarrow a + \beta$
	(CPa'a'_2, b'_1b'_2)	$a \rightarrow a + \beta, \beta \rightarrow \beta + a$

[III] Primary Crystallization Range of β Phase ($A'-C'-O'_1-D'-B'$ Range).

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $A'-b'_1-b'_2-B$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Eb'_1b'_2-A'B'$	$L \rightarrow \beta + a$
	$E'b'_1b'_2-a'_1a'_2$	$L \rightarrow \beta + a$
	(CPb'_1b'_2)	$\beta \rightarrow \beta + a$
(2) $b'_1-c'_1-c'_2-c'_3-b'_2$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	S_β (CPb'_1b'_2, c'_1c'_2, c'_3c'_2)	$L \rightarrow \beta$ $\beta \rightarrow \beta + a, \beta \rightarrow \beta + \gamma_n, \beta \rightarrow \beta + \gamma_c$
(3) $c'_1-C'-1-c'_2$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Ec'_1c'_2-C'O'$	$L \rightarrow \beta + \gamma_n$
	$E'c'_1c'_2-f'_1f'_2$	$L \rightarrow \beta + \gamma_n$
	(CPc'_1c'_2)	$\beta \rightarrow \beta + \gamma_n$
(4) $C'_2-1-2-3$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Ec'_1c'_2-C'O'_1$ HO'_1 (CEc'_2g', f'_{2s'})	$L \rightarrow \beta + \gamma_n$ $L + \beta \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\beta \rightarrow \beta + \gamma_n + \gamma_c$
(5) $C'_2-3-d'_2$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Pc'_3c'_2-D'O'_1$ HO'_1 (CEc'_2d'-d'_2g')	$L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $\beta \rightarrow \beta + \gamma_c + \gamma_n$
(6) $2-O'_1-3$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Ec'_3c'_2-C'O'_1$	$L \rightarrow \beta + \gamma_n$
	HO'_1	$L + \beta \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$
	(E'f'_2f'_3-O'_1O'_3)	$L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$
	$E'f'_2f'_3-d'_2e'_2$	$\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$
	(CPf'_2f'_3)	$\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$
(7) $3-O'_1-d'_2$	L_β	$L \rightarrow \beta$
	$Pd'_1d'_2-D'O'_1$	$L + \beta \rightarrow \gamma_c$
	HO'_1	$L + \beta \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$
	(Ed'_2e'_2-O'_1O'_3)	$L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$
	$E'd'_2e'_2-f'_2f'_3$	$\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$
	(CPd'_2e'_2)	$\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$

* Ni-Sb 系 γ 相.** Cu-Sb 系 γ 相.

(\beta \text{ Range—continued})(2)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(8) $c'_3-c'_2-d'_2-d'_1$	$L\beta$ $Pc'_{3c'_2}-D'O'_1$ $P'd'_1d'_2-D'O'_1$ ($CPc'_{3c'_2}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\beta \rightarrow \beta + \gamma_c$
(9) $d'_1-d'_2-e'_2-e'_1$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($CPd'_{2e'_2}, e'_{2e'_1}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n, \gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$
(10) $e'_1-7-e'_3-e'_4$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{1c'_2}-D'O'_1$ $CPe'_{1e'_2}$	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$
(11) $7-e'_2-e'_3$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{1c'_2}-D'O'_1$ $CPe'_{1e'_2}$ $CEe'_{2e'_3}-n'_{2n'_3}$	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$
(12) $e'_2-e'_3-6$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{1c'_2}-D'O'_1$ $CPd'_{2e'_2}$ ($CEe'_{2e'_3} f'_{3f'_4}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$
(13) $d'_2-4-5-6$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($CPd'_{2e'_2}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$
(14) $7-8-D'-e'_1$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($CPe'_{1e'_2}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$
(15) $e'_2-9-8-7$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($CPe'_{1e'_2}$) $CEe'_{2e'_3}-n'_{2n'_3}$	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$
(16) e'_2-10-9	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($Ee'_{1e'_2}-G'O'_3$) HO'_3 ($CEe'_{2e'_3}-n'_{2n'_3}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$
(17) $\varepsilon'_2-11-10$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($Ed'_{2e'_2}-O'_1O'_3$) HO'_3 ($CEe'_{2e'_3}-f'_{3f'_4}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$
(18) $e'_2-11-5-6$	$L\beta$ $Pd'_{1d'_2}-D'O'_1$ $P'c'_{3c'_2}-D'O'_1$ ($CPd'_{2e'_2}$)	$L \rightarrow \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $L + \beta \rightarrow \gamma_c$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$

[IV] Primary Crystallization Range of γ_n Phase
($C'-E'-O'_2-O'_5-O'_1$ Range).

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $f'_1-f'_2-1-C'$	$L\gamma_n$ $Ef'_{1f'_2}-C'O'_1$ $E'f'_{1f'_2}-c'_{1c'_2}$ ($CPf'_{1f'_2}$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \beta$ $L \rightarrow \gamma_n + \beta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \beta$
(2) f'_2-2-1	$L\gamma_n$ $Ef'_{1f'_2}-C'O'_1$ HO'_1 ($CEc'_{2f'_2}-f'_{2s'}$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \beta + \gamma_c$ $\beta \rightarrow \beta + \gamma_n + \gamma_c$
(3) $f'_2-O'_1-2$	$L\gamma_n$ $Ef'_{1f'_2}-C'O'_1$ HO'_1 ($Ef'_{2f'_3}-O'_1O'_3$) $E'f'_{2f'_3}-d'_{2e'_2}$ ($CPf'_{3f'_4}$) $CEf'_{3f'_4}-e'_{2e'_3}$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \beta$ $L + \beta \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$
(4) $f'_2-12-13-O'_1$	$L\gamma_n$ ($Ef'_{2f'_3}-O'_1O'_3$) $E'f'_{2f'_3}-d'_{2e'_2}$ ($CPf'_{2f'_3}$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$
(5) $12-f'_3-14-13$	$L\gamma_n$ ($Ef'_{2f'_3}-O'_1O'_3$) $E'f'_{2f'_3}-d'_{2e'_2}$ ($CPf'_{2f'_3}$) $CEf'_{3f'_4}-e'_{2e'_3}$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$
(6) $f'_3-O'_3-14$	$L\gamma_n$ $Ef'_{2f'_3}-O'_1O'_3$ HO'_3 ($CEf'_{3f'_4}-e'_{2e'_3}$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$
(7) $f'_1-f'_2-f'_3-s'$ $g'_2-g'_1$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ ($CPf'_{1f'_2}, f'_{2f'_3}, f'_{3f'_4}-g'_{2g'_1}$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \beta, \gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon, \gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta$
(8) $g'_1-15-g'_3-g'_4$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ $CPg'_{1g'_2}$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta$
(9) $15-g'_2-g'_3$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ $CPg'_{1g'_2}$ $CEg'_{2g'_3}-h'_{2h'_3}$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta + \varepsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n + \varepsilon$
(10) $g'_2-22-f'_4-g'_3$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ $CPg'_{2f'_3}$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon$
(11) $22-f'_3-f'_4$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ $CPg'_{2f'_3}$ $CEf'_{3f'_4}-\varepsilon$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon + \gamma_c$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \gamma_c$

(γ_n Range-continued) (2)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(12) $f'_3-12-f'_4$	$L\gamma_n$ $S\gamma_n$ $CPf'_2f'_3$ $CEf'_3f'_4-e'e'2e'_3$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \epsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \epsilon$
(13) $g'_1-h'_1-16-15$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'g'_1g'_2-h'_1h'_2$ ($CPg'_1g'_2$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta$
(14) $15-16-h'_2-g'_2$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'g'_1g'_2-h'_1h'_2$ ($CPg'_1g'_2$) $CEg'_2g'_3-h'_2h'_3$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n + \epsilon$
(15) $h'_1-16-h'_3-h'_4$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'h'_1h'_2-E'O'_2$ $CP'h'_1h'_2$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n$
(16) $16-h'_2-h'_3$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'h'_1h'_2-E'O'_2$ ($CP'h'_2$) $CEh'_2h'_3-g'_2g'_3$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta + \epsilon$
(17) $i'_1-17-h'_3-i'_2$	$L\gamma_n$ $Ph'_1h'_2-E'O'_2$ $P'g'_1g'_2-E'O'_2$ $CPi'_1h'_2$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon$
(18) $17-h'_2-h'_3$	$L\gamma_n$ $Ph'_1h'_2-E'O'_2$ $P'g'_1g'_2-E'O'_2$ ($CPi'_1h'_2$) $CEh'_2h'_3-e$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon + \gamma_n$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \zeta + \gamma_n$
(19) $h'_4-h'_3-i'_2$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'h'_1h'_2-E'O'_2$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$
(20) $i'_1-E'-O'_2-18-17$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'h'_1h'_2-E'O'_2$ ($CPi'_1h'_1$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon$
(21) $17-18-h'_2$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ $P'h'_1h'_2-E'O'_2$ ($CPi'_1h'_1$) $CEh'_2h'_3$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon + \gamma_n$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \zeta + \gamma_n$
(22) $g'_2-h'_2-19$	$L\gamma_n$ $Pg'_1g'_2-E'O'_2$ HO'_2 ($CEg'_2g'_3-h'_2h'_3$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n + \epsilon$

(γ_n Range-continued)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(23) $h'_2-O'_2-19$	$L\gamma_n$ $Ph'_1h'_2-E'O'_2$ HO'_2 ($CEh'_2h'_3-e$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \gamma_n + \epsilon$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \zeta + \gamma_n$
(24) $g'_2-19-20-21$	$L\gamma_n$ $Em'_2g'_2-m'_1O'_2$ HO'_2 ($CEg'_2g'_3-e$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon + \zeta$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \gamma_n + \zeta$
(25) $19-O'_2-20$	$L\gamma_n$ $Em'_2g'_2-m'_1O'_2$ HO'_2 ($CEg'_2g'_3-e$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L + \gamma_n \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon + \zeta$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \gamma_n + \zeta$
(26) $g'_2-21-m'_1-m'_2$	$L\gamma_n$ $Em'_2g'_2-m'_1O'_2$ $Em'_2g'_2-e$ ($CPm'_2g'_2$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon$
(27) $m'_2-m'_1-23-22$	$L\gamma_n$ $Em'_2g'_2-m'_1O'_2$ $Em'_2g'_2-e$ ($CPm'_2g'_2$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon$
(28) $22-23-24-f'_2$	$L\gamma_n$ $Em'_2f'_3-m'_1O'_3$ $Em'_2f'_3-e$ ($CPm'_2f'_3$) $CEf'_3f'_4-e$	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon + \zeta$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \gamma_n + \zeta$
(29) $f'_3-O'_3-24$	$L\gamma_n$ $Em'_2f'_3-m'_1O'_3$ HO'_3 ($CEf'_3f'_4-e$)	$L \rightarrow \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon$ $L \rightarrow \gamma_n + \epsilon + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \epsilon + \gamma_c$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \gamma_n + \gamma_c$

[V] Primary Crystallization Range of ζ Phase
($E'-O'_2-F'$ Range)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $E'-O'_2-F'$	$L\zeta$ $Eh'_2i'_1-O'_2F'$ $E'h'_2i'_1-e$ ($CP'h'_2i'_1$)	$L \rightarrow \zeta$ $L \rightarrow \zeta + \epsilon$ $L \rightarrow \zeta + \epsilon$ $\zeta \rightarrow \zeta + \epsilon$

[VI] Primary Crystallization Range of ε Phase
($F'-O'_2-O'_3-G'-\epsilon$ Range).

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $F'-O'_2-\epsilon$	$L\epsilon$ $E\epsilon-O'_2F'$ $E'h'_2i'_1-O'_2F'$ ($CP\epsilon$)	$L \rightarrow \epsilon$ $L \rightarrow \epsilon + \zeta$ $L \rightarrow \epsilon + \zeta$ $\epsilon \rightarrow \epsilon + \zeta$

(ε Range-continued)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(2) $O'_2-20-\varepsilon$	L_ε $E-m'_1O'_2$ HO'_2 ($CE_\varepsilon-g'_2g'_3$)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \varepsilon + \zeta$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon + \zeta$
(3) $20-21-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-m'_1O'_2$ HO'_2 ($CE_\varepsilon-g'_2g'_3$)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L + \gamma_n \rightarrow \varepsilon + \zeta$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \zeta$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon + \zeta$
(4) $21-m'_1-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-m'_1O'_2$ $E'_\varepsilon-m'_2g'_2$ (CP_ε)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$
(5) $m'_1-23-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-m'_1O'_3$ $E'_\varepsilon-m'_2f'_3$ (CP_ε)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$
(6) $23-24-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-m'_1O'_3$ $E'_\varepsilon-m'_2f'_3$ (CP_ε) $CE_\varepsilon-f'_3f'_4$	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \gamma_c$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon + \zeta$
(7) $24-O'_3-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-m'_1O'_3$ HO'_3 ($CE_\varepsilon-f'_3f'_4$)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \gamma_c$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \varepsilon + \gamma_c$
(8) $O'_3-32-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-G'O'_3$ HO'_3 ($CE_\varepsilon-e'_2e'_3$)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$
(9) $32-33-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-G'O'_3$ $E'_\varepsilon-e'_1e'_2$ (CP_ε) $CE_\varepsilon-e'_2e'_3$	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$
(10) $33-G'-\varepsilon$	L_ε $E_\varepsilon-G'O'_3$ $E'_\varepsilon-e'_1e'_2$ (CP_ε)	$L \rightarrow \varepsilon$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $L \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c$

[VII] Primary Crystallization Range of γ_c Phase ($D'-O'_1-O'_3G'$ Range).

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(1) $D'-8-33-G'$	$L\gamma_c$ $E'e'_1e'_2-G'O'_3$ $E'e'_1e'_2-\varepsilon$ ($CPe'e'_1e'_2$)	$L \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$

(ε Range-continued)

Field	Reaction Surface	Nature of the Reaction
(2) 8-9-32-33	$L\gamma_c$ $E'e'_1e'_2-G'O'_3$ $E'e'_1e'_2-\varepsilon$ ($CPe'e'_1e'_2$) $CEe'e'_2e'_3-\varepsilon$	$L \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$
(3) 9-10- O'_3 -32	$L\gamma_c$ $E'e'_1e'_2-G'O'_3$ HO'_3 ($CEe'e'_2e'_3-\varepsilon$)	$L \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon$ $L \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \varepsilon + \gamma_n$ $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + \gamma_c + \gamma_n$
(5) 10-11-14- O'_3	$L\gamma_c$ $E'd'e'_2-O'_1O'_3$ HO'_3 ($CEe'e'_2e'_3-f'_3f'_4$)	$L \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n + \varepsilon$ $\gamma_n \rightarrow \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$
(6) 11-5-13-14	$L\gamma_c$ $E'd'e'_2-O'_1O'_3$ $E'd'e'_2-f'_2f'_3$ ($CPd'e'_2e'_2$)	$L \rightarrow \gamma_c$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $L \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$ $\gamma_c \rightarrow \gamma_c + \gamma_n$

IV. 熱 分 析

本実験に使用せる原料は電解銅、電解ニッケル及び蒸溜アンチモンで、Fig. 6 に示す Cu-Sb 邊に平行なる直線上の組成を有する合金各 50 g を作り、熱分析を行った。

Table 11 は合金の分析結果を示す。熱分析を終りたる

Fig. 6 Compositions of the Thermal Specimens.

化をも測定した。

Photo. A (287 頁) はアンチモン蒸溜を終りたる儘の状態、125g の Sb を 750° で 3 時間加熱して蒸溜を完了した。硝子帽子の上方を渦状になせるは熔融状態に於ける含有瓦斯の逸失に供したためである。

実験にはニッケル隅の融点の高い合金はタシマン爐に於て熔融し、豫め適當の温度まで加熱せられたるニクロム線補助電氣爐に移して一定の緩慢なる冷却速度に於て熱分析を行ひ、その他の大部分の合金はニクロム線電氣

Table 11. The Compositions of Specimens for Thermal Analyses.*

[I] 90 % and 80 % Ni Sections.			
Specimen Mark	Composition		
	Cu	Ni	Sb
C ₅ S ₅ N ₉₀	5.77	88.31	Bal.
C ₁₅ S ₅ N ₈₀	15.13	78.99	"
C ₁₀ S ₁₀ N ₈₀	10.17	79.52	"
C ₅ S ₁₅ N ₈₀	4.98	78.58	"

[II] 70 % Ni Section.			
C ₂₅ S ₅ N ₇₀	25.69	69.50	Bal.
C ₂₀ S ₁₀ N ₇₀	20.72	70.09	"
C ₁₅ S ₁₅ N ₇₀	15.66	69.75	"
C ₁₀ S ₂₀ N ₇₀	10.52	68.83	"
C ₅ S ₂₅ N ₇₀	5.81	69.90	"

[III] 65 % Ni Section.			
C ₂₀ S ₅ N ₆₅	30.55	63.64	Bal.
C ₂₅ S ₁₀ N ₆₅	26.38	63.92	"
C ₂₀ S ₁₅ N ₆₅	20.70	63.95	"
C ₁₅ S ₂₀ N ₆₅	15.68	63.88	"
C ₁₀ S ₂₅ N ₆₅	10.04	63.92	"
C ₅ S ₃₀ N ₆₅	5.56	64.96	"

[IV] 60 % Ni Section.			
C ₃₅ S ₅ N ₆₀	35.57	58.82	Bal.
C ₃₀ S ₁₀ N ₆₀	31.15	58.74	"
C ₂₅ S ₁₅ N ₆₀	26.84	60.02	"
C ₂₀ S ₂₀ N ₆₀	20.30	59.51	"
C ₁₅ S ₂₅ N ₆₀	16.04	59.60	"
C ₁₀ S ₃₀ N ₆₀	10.50	60.04	"
C ₅ S ₃₅ N ₆₀	5.56	59.41	"

[V] 55 % Ni Section.			
C ₄₀ S ₅ N ₅₅	41.16	55.47	Bal.
C ₃₅ S ₁₀ N ₅₅	35.76	54.50	"
C ₃₀ S ₁₅ N ₅₅	30.58	53.94	"
C ₂₅ S ₂₀ N ₅₅	26.27	54.81	"
C ₂₀ S ₂₅ N ₅₅	20.55	55.24	"
C ₁₅ S ₃₀ N ₅₅	15.67	54.91	"
C ₁₀ S ₃₅ N ₅₅	11.37	54.63	"
C ₅ S ₄₀ N ₅₅	6.23	54.55	"

[VI] 50 % Ni Section.			
C ₄₅ S ₅ N ₅₀	44.43	49.50	Bal.
C ₄₀ S ₁₀ N ₅₀	39.70	49.58	"
C ₃₅ S ₁₅ N ₅₀	34.17	49.48	"
C ₃₀ S ₂₀ N ₅₀	29.92	50.17	"
C ₂₅ S ₂₅ N ₅₀	25.02	49.74	"
C ₂₀ S ₃₀ N ₅₀	19.80	48.83	"
C ₁₅ S ₃₅ N ₅₀	14.85	50.16	"
C ₁₀ S ₄₀ N ₅₀	9.31	49.69	"
C ₅ S ₄₅ N ₅₀	3.99	49.55	"

* For thermal data, see Figs. 8~25.

[VII] 45 % Ni Section.

Specimen Mark	Composition		
	Cu	Ni	Sb
C ₅₀ S ₅ N ₄₅	50.16	44.70	Bal.
C ₄₅ S ₁₀ N ₄₅	44.99	45.39	"
C ₄₀ S ₁₅ N ₄₅	41.79	45.13	"
C ₃₅ S ₂₀ N ₄₅	36.61	44.51	"
C ₃₀ S ₂₅ N ₄₅	31.71	44.86	"
C ₂₅ S ₃₀ N ₄₅	25.58	45.08	"
C ₂₀ S ₃₅ N ₄₅	19.75	44.91	"
C ₁₅ S ₄₀ N ₄₅	15.01	44.94	"
C ₁₀ S ₄₅ N ₄₅	9.84	44.34	"
C ₅ S ₅₀ N ₄₅	4.82	45.10	"

[VIII] 40 % Ni Section.

C ₅₅ S ₅ N ₄₀	51.21	38.91	Bal.
C ₅₀ S ₁₀ N ₄₀	49.10	39.63	"
C ₄₅ S ₁₅ N ₄₀	44.42	40.41	"
C ₄₀ S ₂₀ N ₄₀	39.38	39.36	"
C ₃₅ S ₂₅ N ₄₀	34.39	40.09	"
C ₃₀ S ₃₀ N ₄₀	28.86	39.54	"
C ₂₅ S ₃₅ N ₄₀	24.46	39.46	"
C ₂₀ S ₄₀ N ₄₀	18.98	39.45	"
C ₁₅ S ₄₅ N ₄₀	14.32	39.54	"
C ₁₀ S ₅₀ N ₄₀	9.37	39.78	"
C ₅ S ₅₅ N ₄₀	4.53	39.66	"

[IX] 35 % Ni Section.

C ₆₀ S ₅ N ₃₅	60.34	34.84	Bal.
C ₅₅ S ₁₀ N ₃₅	55.44	35.04	"
C ₅₀ S ₁₅ N ₃₅	49.84	35.3	"
C ₄₅ S ₂₀ N ₃₅	45.09	34.62	"
C ₄₀ S ₂₅ N ₃₅	39.03	34.52	"
C ₃₅ S ₃₀ N ₃₅	34.58	34.17	"
C ₃₀ S ₃₅ N ₃₅	29.70	34.17	"
C ₂₅ S ₄₀ N ₃₅	24.80	34.49	"
C ₂₀ S ₄₅ N ₃₅	19.67	34.31	"
C ₁₅ S ₅₀ N ₃₅	14.51	33.96	"
C ₁₀ S ₅₅ N ₃₅	9.83	34.45	"
C _{7.5} S _{57.5} N ₃₅	6.53	34.40	"
C ₅ S ₆₀ N ₃₅	4.63	34.60	"

[X] 30 % Ni Section.

C ₆₅ S ₅ N ₃₀	64.12	30.55	Bal.
C ₆₀ S ₁₀ N ₃₀	58.13	30.14	"
C ₅₅ S ₁₅ N ₃₀	54.34	31.24	"
C ₅₀ S ₂₀ N ₃₀	49.19	31.05	"
C ₄₅ S ₂₅ N ₃₀	46.01	32.02	"
C ₄₀ S ₃₀ N ₃₀	40.63	31.45	"
C ₃₅ S ₃₅ N ₃₀	34.62	31.89	"
C ₃₀ S ₄₀ N ₃₀	31.39	31.57	"
C ₂₅ S ₄₅ N ₃₀	25.14	30.93	"
C ₂₀ S ₅₀ N ₃₀	20.74	31.41	"
C ₁₅ S ₅₅ N ₃₀	15.47	29.69	"
C ₁₀ S ₆₀ N ₃₀	10.30	30.03	"
C ₅ S ₆₅ N ₃₀	6.25	29.31	"

[XI] 25 % Ni Section.

Specimen Mark	Composition (wt. %)		
	Cu	Ni	Sb
C ₇₀ S ₅ N ₂₅	69.59	25.39	Bal.
C ₆₅ S ₁₀ N ₂₅	64.52	24.79	"
C ₆₀ S ₁₅ N ₂₅	59.07	24.41	"
C ₅₅ S ₂₀ N ₂₅	55.18	25.58	"
C ₅₀ S ₂₅ N ₂₅	49.27	24.96	"
C ₄₅ S ₃₀ N ₂₅	48.43	24.53	"
C ₄₀ S ₃₅ N ₂₅	38.31	24.85	"
C ₃₅ S ₄₀ N ₂₅	34.97	25.58	"
C ₃₀ S ₄₅ N ₂₅	28.56	24.69	"
C ₂₅ S ₅₀ N ₂₅	23.75	24.60	"
C ₂₀ S ₅₅ N ₂₅	19.11	24.80	"
C ₁₅ S ₆₀ N ₂₅	14.42	24.89	"
C ₁₀ S ₆₅ N ₂₅	8.84	24.98	"
C ₅ S ₇₀ N ₂₅	4.68	24.94	"

[XII] 20 % Ni Section.

C ₇₅ S ₅ N ₂₀	74.59	20.25	Bal.
C ₇₀ S ₁₀ N ₂₀	68.23	21.30	"
C ₆₅ S ₁₅ N ₂₀	64.84	20.69	"
C ₆₀ S ₂₀ N ₂₀	61.34	20.93	"
C ₅₅ S ₂₅ N ₂₀	55.96	21.21	"
C ₅₀ S ₃₀ N ₂₀	49.38	21.00	"
C ₄₅ S ₃₅ N ₂₀	44.75	20.84	"
C ₄₀ S ₄₀ N ₂₀	39.05	20.65	"
C ₃₅ S ₄₅ N ₂₀	34.88	21.35	"
C _{32.5} S _{47.5} N ₂₀	31.94	19.79	"
C ₃₀ S ₅₀ N ₂₀	29.56	20.66	"
C ₂₅ S ₅₅ N ₂₀	24.46	21.29	"
C ₂₀ S ₆₀ N ₂₀	19.28	21.33	"
C ₁₅ S ₆₅ N ₂₀	14.71	20.86	"
C ₁₀ S ₇₀ N ₂₀	9.49	21.40	"
C ₅ S ₇₅ N ₂₀	4.82	20.42	"

[XIII] 15 % Ni Section.

C ₈₀ S ₅ N ₁₅	79.32	14.58	Bal.
C ₇₅ S ₁₀ N ₁₅	74.67	14.69	"
C ₇₀ S ₁₅ N ₁₅	68.12	15.50	"
C ₆₅ S ₂₀ N ₁₅	64.31	14.69	"
C ₆₀ S ₂₅ N ₁₅	60.04	15.32	"
C ₅₅ S ₃₀ N ₁₅	56.24	14.89	"
C ₅₀ S ₃₅ N ₁₅	48.23	15.75	"
C ₄₅ S ₄₀ N ₁₅	44.11	14.86	"
C ₄₀ S ₄₅ N ₁₅	38.80	15.14	"
C ₃₅ S ₅₀ N ₁₅	33.28	15.19	"
C ₃₀ S ₅₅ N ₁₅	29.05	15.04	"
C ₂₅ S ₆₀ N ₁₅	24.29	14.32	"
C ₂₀ S ₆₅ N ₁₅	18.86	15.59	"
C ₁₅ S ₇₀ N ₁₅	14.86	15.66	"
C ₁₀ S ₇₅ N ₁₅	8.75	14.79	"
C ₅ S ₈₀ N ₁₅	4.22	16.01	"

[XIV] 10 % Ni Section.

Specimen Mark	Composition (wt. %)		
	Cu	Ni	Sb
C ₈₅ S ₅ N ₁₀	85.18	8.98	Bal.
C ₈₀ S ₁₀ N ₁₀	79.07	9.88	"
C ₇₅ S ₁₅ N ₁₀	74.87	9.22	"
C ₇₀ S ₂₀ N ₁₀	71.01	9.78	"
C ₆₅ S ₂₅ N ₁₀	64.58	9.69	"
C ₆₀ S ₃₀ N ₁₀	58.76	9.78	"
C ₅₅ S ₃₅ N ₁₀	54.40	8.95	"
C ₅₀ S ₄₀ N ₁₀	50.01	9.61	"
C ₄₅ S ₄₅ N ₁₀	44.04	10.00	"
C ₄₀ S ₅₀ N ₁₀	40.37	9.55	"
C ₃₅ S ₅₅ N ₁₀	34.79	10.03	"
C ₃₀ S ₆₀ N ₁₀	30.39	10.18	"
C ₂₅ S ₆₅ N ₁₀	25.40	10.24	"
C ₂₀ S ₇₀ N ₁₀	20.30	10.05	"
C ₁₅ S ₇₅ N ₁₀	14.97	10.24	"
C ₁₀ S ₈₀ N ₁₀	10.66	9.27	"
C ₅ S ₈₅ N ₁₀	4.88	10.03	"

[XV] 5 % Ni Section.

C ₉₀ S ₅ N ₅	89.07	4.81	Bal.
C ₈₅ S ₁₀ N ₅	81.26	4.78	"
C ₈₀ S ₁₅ N ₅	79.17	4.86	"
C ₇₅ S ₂₀ N ₅	74.67	4.79	"
C ₇₀ S ₂₅ N ₅	69.53	4.59	"
C ₆₅ S ₃₀ N ₅	64.49	4.26	"
C ₆₀ S ₃₅ N ₅	58.94	4.58	"
C ₅₅ S ₄₀ N ₅	54.21	4.79	"
C ₅₀ S ₄₅ N ₅	49.86	4.81	"
C ₄₅ S ₅₀ N ₅	43.39	4.89	"
C ₄₀ S ₅₅ N ₅	39.72	4.85	"
C ₃₅ S ₆₀ N ₅	33.21	5.24	"
C ₃₀ S ₆₅ N ₅	28.84	4.79	"
C ₂₅ S ₇₀ N ₅	23.20	4.77	"
C ₂₀ S ₇₅ N ₅	19.26	5.03	"
C ₁₅ S ₈₀ N ₅	14.37	4.57	"
C ₁₀ S ₈₅ N ₅	8.98	4.38	"
C ₅ S ₉₀ N ₅	4.76	4.61	"
C _{2.5} S _{92.5} N ₅	2.15	4.83	"

[XVI] 2.5 % Ni Section.

C ₉₀ S _{7.5} N _{2.5}	88.51	2.05	Bal.
C ₈₅ S _{12.5} N _{2.5}	84.49	2.36	"
C ₈₀ S _{17.5} N _{2.5}	80.01	2.45	"
C ₇₅ S _{22.5} N _{2.5}	74.69	2.43	"
C ₇₀ S _{27.5} N _{2.5}	69.78	2.58	"
C ₆₅ S _{32.5} N _{2.5}	64.37	2.65	"
C ₆₀ S _{37.5} N _{2.5}	60.58	2.64	"
C ₅₅ S _{42.5} N _{2.5}	55.51	2.50	"
C ₅₀ S _{47.5} N _{2.5}	49.37	2.55	"
C ₄₅ S _{52.5} N _{2.5}	44.83	2.07	"
C ₄₀ S _{57.5} N _{2.5}	41.71	2.28	"
C ₃₅ S _{62.5} N _{2.5}	34.21	2.63	"
C ₃₀ S _{67.5} N _{2.5}	29.20	2.45	"
C ₂₅ S _{72.5} N _{2.5}	25.12	2.38	"
C ₂₀ S _{77.5} N _{2.5}	19.44	2.62	"
C ₁₅ S _{82.5} N _{2.5}	14.63	2.46	"
C ₁₀ S _{87.5} N _{2.5}	9.80	2.21	"
C ₅ S _{92.5} N _{2.5}	4.36	2.42	"
C _{2.5} S ₉₅ N _{2.5}	2.43	2.36	"

[XVII] 1% Ni Section.

Specimen Mark	Composition		
	Cu	Ni	Sb
C ₉₅ S ₄ N ₁	94.91	0.98	Bal.
C ₉₀ S ₉ N ₁	91.43	0.72	„
C ₈₅ S ₁₄ N ₁	85.03	0.95	„
C ₈₀ S ₁₉ N ₁	79.89	1.01	„
C ₇₅ S ₂₄ N ₁	75.01	1.03	„
C ₇₀ S ₂₉ N ₁	69.73	1.19	„
C ₆₅ S ₃₄ N ₁	63.16	1.11	„
C ₆₀ S ₃₉ N ₁	55.80	0.98	„
C ₅₅ S ₄₄ N ₁	56.14	0.97	„
C ₅₀ S ₄₉ N ₁	49.23	0.97	„
C ₄₅ S ₅₄ N ₁	44.08	1.12	„
C ₄₀ S ₅₉ N ₁	40.12	0.92	„
C ₃₅ S ₆₄ N ₁	35.19	1.18	„
C ₃₀ S ₆₉ N ₁	30.83	1.00	„
C ₂₅ S ₇₄ N ₁	25.03	1.02	„
C ₂₀ S ₇₉ N ₁	20.36	0.82	„
C ₁₅ S ₈₄ N ₁	14.09	1.12	„
C ₁₀ S ₈₉ N ₁	11.06	0.95	„
C ₅ S ₉₄ N ₁	5.21	1.10	„
C ₂ S ₉₇ N ₁	1.93	1.10	„

爐で熔融し、一定速度*に徐冷して熱變化を測定した。合金の溶解は何れの場合に於ても酸化を防ぐ爲に水素或は窒素(アンチモン隅の合金)氣流中に於て行つた。

本系合金に現れる諸相は融體より初晶出に際して熱變化が比較的著しいので初晶點は一般に明かに認めることが出来た。唯 γ_n 相の初晶面はニッケル含量減ずるに従ひ急激に溫度が降下するため初晶點に於ける發熱が比較的少かつた。又 ϵ 相及び β 相は Ni-Sb 二元系合金の場合と同様に過冷現象を呈したので、加熱曲線をもとり、再熔融して眞の初晶點を知つた。

熱分析曲線は Cu-Sb 系及び Ni-Sb 系合金のそれ等に類似してゐるから茲にそれ等は省略する。但し三元系合金なるが故に二元系に於ける不變系反應は或溫度範圍内に於て起り、三元系合金の不變系反應のみが一定溫度に於て起ることは勿論である。而して三元系に於ける β 相は或溫度範圍に於て凝固し擴散が緩慢であるため二元系の場合の如く狭い溫度範圍に於て凝固し難かつた。

熱分析に依て Fig. 7 に示す如き等溫線圖が得られ、初晶面の界域が決定された。

この圖に依れば α , β 及び γ_n の各初晶面は何れも Ni 含量の低下と共に次第に降下する。又 Ni-Sb 系の β 相の最高點と Cu-Sb 系の β 相の最高點とは初晶面上互に連續しその兩側に谷を生ずる。又 Ni-Sb 系の γ 相の初晶點は Cu の添加に依て、初め徐々に、後 Cu-Sb 側に向つて急激に降下する** が故に等溫線は互に接近し、 β 相

の初晶面との間に谷を生ずる。又 Cu-Sb 側の Sb に富む合金は少量の Ni の添加に依て初晶點は急に降下し、Cu 21.5%, Sb 77%, Ni 1.5% の所に極小點が存在する。これは三元共晶點 O'_3 (Fig. 4 又は Fig. 5 参照) に相當する。尙この他に包共晶溫度に相當する二個の水平面 O'_1 (Cu 42.5%, Sb 52.5%, Ni 5%) 及び O'_2 (Cu 0.2%, Sb 97.8%, Ni 2%) が存在する。

Figs. 8~25 は熱分析及び鏡檢の結果を綜合して構成した切斷狀態圖を示す。圖中の記號に於て●は熱分析に依て求めたる點で、○, ⊗, ⊙ 及び ⊖ は焼入せるものを鏡檢せ

Fig. 7 Isothermal Curves on the Liquidus Surfaces of the Cu-Sb-Ni System.

Fig. 8 Fig. 9 Fig. 10 Fig. 11
Sectional Sectional Sectional Sectional
Diagram Diagram Diagram Diagram
at 90% at 80% Ni. at 70% Ni. at 65% Ni.
Ni.

** 鑄造に依ても γ_n 初晶の現はれる合金殊に 10%, 15% Ni 附近は急激に溫度が降下することを知る。即ちこれ等の合金は流動性極めて不良で堅實なものが得られない。これは前報(Ni-Sb)に於けると同様に初晶の晶出溫度範圍が廣いためである。Ni 5% 以下の合金に於ては何れも堅實のものが得られたがこれ等の合金に於ては液相面と固相面との溫度差が少いために合金が比較的急速に凝固せるためであつて、この事實に依ても Sb 隅に於ける γ_n 初晶面の存在範圍を推定することが出来る。

* 電氣爐を適當に厚くアスベスト板で巻き、冷却の際電流を切れば凝固點附近を徐冷し得る様に作れるもの數個を使用した。

Fig. 12 Sectional Diagram at 60% Ni.

Fig. 13 Sectional Diagram at 55% Ni.

Fig. 14 Sectional Diagram at 50% Ni.

Fig. 15 Sectional Diagram at 45% Ni.

Fig. 16 Sectional Diagram at 40% Ni.

Fig. 17 Sectional Diagram at 35% Ni.

Fig. 18 Sectional Diagram at 30% Ni.

Fig. 19 Sectional Diagram at 25% Ni.

Fig. 20 Sectional Diagram at 20% Ni.

Fig. 22 Sectional Diagram at 10% Ni.

Fig. 24 Sectional Diagram at 2.5% Ni.

Fig. 21 Sectional Diagram at 15% Ni.

Fig. 23 Sectional Diagram at 5% Ni.

Fig. 25 Sectional Diagram at 1% Ni.

Fig. 26 Isothermal Equilibria at 1100°.

Fig. 27 Isothermal Equilibria at 1000°

Fig. 28 Isothermal Equilibria at 800°.

Fig. 29 Isothermal Equilibria of the Antimony Corner at 500°

る結果で、前者は單相を示し、後二者はそれぞれ二相及び三相組織を示すものである。

次に熱分析及び焼入試料の鏡檢により上記切斷狀態圖を参考として恒溫平衡圖を求めた。Figs. 26～29はその結果を示す

Fig. 26 は 1100°, Fig. 27 は 1000°, Fig. 28 は 800° に於ける恒溫平衡圖である。

又 Fig. 29 は 500° に於けるアンチモン隅の平衡圖である。これ等の圖と Figs. 7～25 とを對照すれば溫度の降下による合金の諸種の變化が良く了解出来る。又以上の圖を通覽するに本系合金に於ては凝固に際して

及び 521° なる 3 個の不變點が存在する。後章に於て詳述する如く 584° の不變系反應 (O'_1) は融體 + $\beta \rightleftharpoons \gamma_n + \gamma_c$ なる包共晶反應を示すもので、620° の不變系反應 (O'_2) も亦包共晶反應 (融體 + $\gamma_n \rightleftharpoons \zeta + \epsilon$) によるものである。521° の不變系反應 (O'_3) は融體 $\rightleftharpoons \gamma_n + \epsilon$, 融體 $\rightleftharpoons \gamma_n + \gamma_c$, 融體 $\rightleftharpoons \gamma_c + \epsilon$ なる三個の二元共晶反應が同時に起つた所謂三元共晶反應である。

V. 電氣抵抗測定

主として二つの包共晶反應溫度を確認る目的を以て溫度による電氣抵抗の變化を測定した。その方法は著者⁽⁴⁾が先に固態の變化を研究した場合と同様であるが本實驗に於ては加熱の際融體が現はれ、アンチモンの揮發著しくこれを冷却する時は加熱前よりも多少組成及び組織が變化するに依て可逆曲線を得ることは出来なかつたが包共晶反應及び三元共晶反應等は知ることが出来た。尙アンチモンの揮發による熱電對の損傷を防ぐためには熱電對を薄い石英管に入れ熱接點を可及的試験片に接觸せしめた。包共晶反應 O'_1 は固態に於ける包共析反應*と重り合ふ部分もあるので茲には固體に於て不變系反應の起らない合金のみに就て記述する。

試験片は熱分析に使用せるもの及び追加配合せるものを熔製し、徑 5 mm の銅製鑄型に鑄造し、三元共晶溫度直下に於て焼鈍して實驗した。この實驗より得たる曲線は殆ど同様な傾向を示したので代表的曲線の二三を Fig. 30 に示すに止め、その結果を Table 12 に表示した。

Fig. 30 Some Typical Electrical Resistance-Temperature Curves.

この結果を熱分析のそれと比較すれば大體に於て一致してゐる。この兩結果から不變點 O'_1 を 584°, O'_2 を 620° と決定した。Fig. 30 に於て曲線 (a) は不變點 O'_1 (包共晶反應) に於ける變化を示すもので、加熱冷却により著しき體積の變化をなす。曲線 (b) の最初の變化 (522°) は三元共晶反應 (不變點 O'_3) によるもので 522～603° は一

* これに就ては後報に於て詳述する。

變系反應によるものである。曲線(c)は先づ微量の三元共晶反應を起し、次で包共晶反應を起したものである。

兩者共不變系反應であるが後者は反應の性質上一定溫度に於て起り難く、冷却に際しては過冷却を起し易い。

すれば **Photo. 2** の如く α 單相となるに因て界域①の組成なることが知られる。

(2) β 相 β 相は④の界域に存在するもので、Cu-Sb 系の β 相 (Cu_5Sb_2) と Ni-Sb 系の β 相 (Ni_5Sb_2) とが α

Table 12 Results of Electric Resistance measurements.

Specimen Mark	Composition			Reaction Temperatures							
				$L + \beta \rightleftharpoons \gamma_n + \gamma_c$		$L + \gamma_n \rightleftharpoons \zeta + \varepsilon$		$L \rightleftharpoons \gamma_n + \gamma_c + \varepsilon$		$L \rightleftharpoons \gamma_n + \varepsilon$	
	Cu	Ni	Sb	Heating	Cooling	Heating	Cooling	Heating	Cooling	Heating	Cooling
$\text{C}_{20}\text{S}_{60}\text{N}_{20}$	19.28	21.33	Bal.	585	576	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{25}\text{S}_{57.5}\text{N}_{17.5}$	24.31	17.33	„	586	580	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{25}\text{S}_{60}\text{N}_{15}$	24.29	14.32	„	584	578	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{30}\text{S}_{57.5}\text{N}_{12.5}$	29.83	12.67	„	585	579	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{35}\text{S}_{55}\text{N}_{10}$	34.79	10.03	„	584	579	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{40}\text{S}_{52.5}\text{N}_{7.5}$	40.12	7.46	„	585	580	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{45}\text{S}_{50}\text{N}_5$	43.39	4.89	„	586	574	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{50}\text{S}_{45}\text{N}_5$	4.68	24.94	„	—	—	—	—	—	—	—	—
$\text{C}_{55}\text{S}_{40}\text{N}_{10}$	4.82	20.42	„	—	—	—	—	522	519	588-608	585-556
$\text{C}_{60}\text{S}_{35}\text{N}_{15}$	4.22	16.01	„	—	—	—	—	522	U. M.	522-603	U. M.
$\text{C}_{65}\text{S}_{30}\text{N}_{20}$	4.88	10.03	„	—	—	620	591	522	520	—	—
$\text{C}_{70}\text{S}_{25}\text{N}_{25}$	4.76	4.61	„	—	—	620	590	523	520	—	—
$\text{C}_{75}\text{S}_{20}\text{N}_{30}$	8.98	4.38	„	—	—	—	—	521	520	522-572	U. M.
$\text{C}_{80}\text{S}_{15}\text{N}_{35}$	2.43	2.36	„	—	—	621	U. M.	522	U. M.	—	—

U. M. = Unmeasured, owing to the failure of measurement by an excess of liquid.

VI. 顯微鏡的研究

熱分析及電気抵抗測定に依て合金の凝固に際して起る反應を大略決定することが出来たが、更にこれ等を確める目的を以て顯微鏡試験を行ひ、これに依て融體の關與する平衡状態圖を構成した。試料は前記諸實驗に使用せるもの以外に γ_c と γ_n とを連結する線上の合金及び γ_c と γ_n とを連結する線上のもの各數個をも特に熔製し、これ等に種々の熱處理を施して鏡檢した。

腐蝕用試薬としては前記二元系^{(3), (4)}の場合に使用せるものを採用して好結果を得た。Fig.

31 は凝固完了直後に於ける組織圖で、組織成分を異にする界域を數字で表はし以下の説明に便ならしめた。Table 13 は上記數字に相當する界域及びその凝固過程を示すものである。

次に各界域の顯微鏡組織並に各種反應に就て述べる。

(1) α 相^{*} α 相は①の界域に存在するもので Cu-Sb 系 α 相と Ni-Sb 系 α 相とは連続した固溶體を作る。従つて Cu-Ni 側は簡単な状態圖となつた。二元共晶曲線 A'B' の共晶溫度に於ける飽和曲線 $a'_1b'_2$ は熱分析にては求め難いので高温に於て良く焼鈍したる後焼入し、鏡檢に依て決定した。Photo. 1 は熱分析の儘の組織で少量の共晶 ($\alpha + \beta$) を含有するが、これを金型に鑄造して高温に加熱し焼入

Fig. 31 The Equilibria of the Ternary Cu-Sb-Ni Alloys, Immediately after Solidification.

相の如く連続固溶體を作るものであるが、本相は高温に於てのみ存在する。Photo. 3 は β 單相を示す。これは爐中冷却したものであるが β 相の分解溫度が低い*ため

* Ni-Sb 系 β 相の分解溫度は Cu の添加により一旦降下する。これに就ては後報に於て述べる。

Table 13 Explanation of Fig. 31.

Figure in Circle	Corresponding Region	Process of Crystallization of the region
①	Ni- a'_1 - a'_2 -Cu	See Table 10, [II], (1)
②	a'_1 - A' - B - a'_2	" " " (2)
③	A' - b'_1 - b'_2 - B'	" " [III], (1)
④	b'_1 - c'_1 - C'_2 - C'_3 - b'_2	" " " (2)
⑤	c'_1 - C'_1 - c'_2	" " " (3)
⑥	c'_2 -1-2-3	" " " (4)
⑦	c'_2 -3- d'_2	" " " (5)
⑧	2- O'_1 -3	" " " (6)
⑨	3- O'_1 - d'_2	" " " (7)
⑩	c'_3 - c'_2 - d'_2 - d'_1	" " " (8)
⑪	d'_1 - d'_2 - e'_2 - e'_1	" " " (9)
⑫	e'_1 - e'_2 -9- D'	" " " (14) + (15)
⑬	e'_2 -10-9	" " " (16)
⑭	e'_2 -11-10	" " " (17)
⑮	e'_2 -11- O'_1 - d'_2	" " " (13) + (18)
⑯	f'_1 - f'_2 -1- C'	" " [VI], (1)
⑰	f'_2 -1-2	" " " (2)
⑱	f'_2 - O'_1 -2	" " " (3)
⑲	f'_2 - f'_3 -14- O'_1	" " " (4) + (5)
⑳	f'_3 - O'_3 -14	" " " (6)
㉑	f'_1 - f'_2 - f'_3 - g'_2 - g'_1	" " " (7)
㉒	g'_1 - g'_2 - h'_2 - h'_1	" " " (13) + (14)
㉓	g'_2 - h'_2 - O'_2	" " " (22) + (23)
㉔	g'_2 - m'_2 -24- f'_3 - m'_2	" " " (26) + (27)
㉕	i'_1 - h'_2 - O'_2 - E'	" " " (20) + (21)
㉖	h'_2 -19- O'_2	" " " (23)
㉗	f'_3 - O'_3 -24	" " " (29)
㉘	h'_1 - h'_2 - i'_1	" " " (15) + (16) + (17) + (18) + (19)
㉙	E' - O'_2 - F'	" " [V], (1)
㉚	F' - O'_2 -Sb	" " [VI], (1)
㉛	21- O'_2 -Sb	" " " (2) + (3)
㉜	O'_3 -24-Sb	" " " (7)
㉝	O'_3 -32-Sb	" " " (8)
㉞	G' -32-Sb	" " " (9) + (10)
㉟	D' -9-32- G'	" " [VII], (1) + (2)
㊱	9-10- O'_2 -32	" " " (3)
㊲	10-11-14- O'_3	" " " (5)

に β 相が過飽和の状態では常温に到達したものである。然るに分解温度の高い場合には、Ni-Sb 系に近い合金は同一二元系に現はれたと略同様な中間組織が現れ (Photos. 4~7) 又 Cu-Sb 系に近い合金に於ては同一二元系の徐冷せるものと同様に Photo. 8 の如く共析組織が現れる。Photo. 7 は Photo. 6 を拡大せるもので、Photo. 9 は Photo. 8 の中央の暗色部を拡大せるものである。又 Cu-Sb 系に於ては温度の変化による β 相に対する α 相の溶解度の變化は Ni-Sb 系に於ける程著しくない。従つて Cu-Sb 系側の合金は Photo. 10 の如く溶解度の變化を餘り示さないが、ニッケルの増加と共にその變化の著しくなることは Photos. 11 及び 12 に依て明かである。又アンチモンに富む β 相に於ては Photos. 13 及び 14 の如く γ_n 相を析出し、或は Photo. 15 の如く γ_c 相を析出し、或は又 Photo. 16 の如く上記兩相 (γ_n 及び γ_c) を同時に析出する。而してこれ等の寫真からも β 相に

對する γ_c 相の溶解度變化が γ_n 相のそれに比し極めて大なることが判定される。上述の溶解度變化に関する諸事實は Figs. 8~25 に示した切斷狀態圖とよく一致する。

(3) γ_n 相 γ_n 相は Ni-Sb 二元系に於ける化合物 Ni-Sb を主體とする固溶體で、界域②に存在する。これは直接融體より生ずるもので Ni-Sb 系に於ては Fig. 2 に示す如く相當大なる溶解度を有するものであるが、Cu の添加に依て減少し、Cu-Sb 系の何れの相とも連続した固溶體を作らない。 γ_n 相の初晶面は極めて廣い。従つてこれは諸反應に關與する。即ち後に述べる包共晶反應 O'_1 、包共晶反應 O'_2 及び三元共晶反應 O'_3 は何れも γ_n 相の關與するものである。Photo. 17 は鑄造試料を 900° より焼入したもので γ_n 單相より成る。Ni-Sb 二元系に於て γ 相は温度の降下と共に多量の β 相を析出したが、本三元系に於ても著しい溶解度の變化が認められた。

Photo. 18 はこの溶解度變化を示すもので、Photo. 19 は同一寫眞を擴大せるものである。この寫眞に於ける共存相は β 相で、其分解物に就ては次報に譲る。

(4) ζ 相 ζ 相は Ni-Sb 二元系に於ける化合物 Ni_2Sb_5 を主體とする固溶體であるが、その溶解度範囲は界域③に示すが如く僅少で、 ζ 單相を得ることは困難である。著者は先に Ni-Sb 二元系に於て特殊の方法を講じて ζ 單相を得たが、本三元系に於ても同様の方法に依れば本單相が得られるであらう。

(5) γ_c 相 γ_c 相は Cu-Sb 二元系に於て融體と β 相の包晶反應に依つて生ずる化合物 Cu_2Sb を主體とする固溶體で、Ni を約 5% 固溶する。界域④はその存在する範圍で本相は包共晶反應 O'_1 及び三元共晶反應 O'_3 に關與する。Photo. 20 は爐冷組織で少量の β 相を含み、Photo. 21 は二元共晶 ($\gamma_c + \gamma_n$) 及び三元共晶 ($\gamma_c + \gamma_n + \epsilon$) を含有するものである。

(6) ϵ 相 ϵ 相又はアンチモンは Cu-Sb 並に Ni-Sb 各二元系に於けるが如く微量の溶解度を有するに過ぎない。それはアンチモンに Cu 及び Ni を添加すれば直ちに第二相が現はれるに依て溶解度の微量なる事實が容易に判明する。

(7) 二元共晶 ($A'B'$), (L) $A'B' \rightleftharpoons [\alpha]_{a'_1a'_2} + [\beta]_{b'_1b'_2}$
この二元共晶反應は熱分析に於て極めて容易に認められ Ni-Sb 二元系共晶點 A' から Cu-Sb 二元系共晶點 B' へ連續し降下するものでこの共晶反應の起る範圍は Fig. 31 に見る如く $a'_1a'_2b'_1b'_2$ なる極めて廣い範圍に亘つてゐる。而してその共晶組織は Photos. 22~25 に示すが如く綺麗な花模様を示す。尙前二者に於ける初晶は β 相で後二者の夫は α 相である。Photo. 26 は Fig. 31 に示す②の界域の合金で初晶 α と共晶より成る。又 Photo. 27 は③の界域の合金で初晶 β と共晶より成る。後者の初晶は

前述の β 相の變化せる中間組織を示す。

この二元共晶は Ni-Sb 二元系の C' なる共晶反應が Cu の添加により一變系反應となつたもので、 C' から Cu の添加に依て溫度を降下し、 O'_1 點 (包共晶反應) に連續する。Photo. 28 は⑩の界域に屬するもので初晶 γ_n と共晶より成り、Photo. 29 は⑤の界域に屬するもので初晶 β と共晶より成る。これ等は爐冷したものであるから組織が極めて粗大であるが、鑄造せるものは Photo. 30 の如く微細なる共晶組織を呈す。

Cu-Sb 二元系包晶點 D' は Ni の添加により Cu 側に移動し包共晶點 O'_1 に連り、溫度は極めて僅少ではあるが O'_1 に向つて降下する。Photo. 31 は界域⑩の合金で、Photo. 32 は界域⑤の合金である。前者に於ける γ_c 相は丸味を帯び、後者のそれは柱狀を呈してゐるがこれは前者に於ては γ_c 相が包晶反應に依て生じ、後者に於ては結晶の發達容易なる融體より直接生じたからである。Photo. 33 は界域⑩に屬する合金の組織で白色の結晶は二元包晶、 $L + \beta \rightleftharpoons \gamma_c$ に依つて生ぜる γ_c 相で、地は β 相の變化せる固相*である。尙 γ_c 相と β 相とが共存せる場合は β 相が腐蝕され易く、又 γ_c 相と二元共晶 ($\gamma + \epsilon$) 或は三元共晶 ($\gamma_c + \gamma_n + \epsilon$) とが共存せる場合は γ_c 相が腐蝕され易い。従つて Photo. 32 の γ_c 初晶は暗色であるが、Photo. 33 のそれは白色である。

上述二元共晶反應 ($L \rightleftharpoons \beta + \gamma_n$) 及び二元包晶反應 ($L + \beta \rightleftharpoons \gamma_c$) が合致して本不變系反應をなす。その反應溫度、反應の起る範圍 ($c'_2f'_2O'_1d'_2$) 及び反應に與かる四相の組成 (O'_1, c'_2, d'_2, f'_2) 等は熱分析、電氣抵抗及び鏡檢に依て以下の如く決定した。即ち反應溫度は 584° 、包共晶點 O'_1 の組成は 42.5% Cu, 52.5% Sb, 5.0% Ni、包共晶反應に與かる β 相の組成は 38.5% Cu, 47.5% Sb, 14.0% Ni、 γ_c 相の組成は 46.0% Cu, 49.0% Sb, 5.0% Ni、 γ_n 相の組成は 10.0% Cu, 66.0% Sb, 24.0% Ni である。

上記反應四邊形は $c'_2O'_1$ 及び $d'_2f'_2$ なる二直線に依て區劃せられ、 $c'_2f'_2O'_1$ なる範圍では二元共晶反應 ($L \rightleftharpoons \beta + \gamma_n$) を起し、 $c'_2O'_1d'_2$ なる範圍では二元包晶反應 ($L + \beta \rightleftharpoons \gamma_c$) を起す。又 $c'_2f'_2d'_2$ なる範圍に於ては上記包共晶反應に依て融體が消失し β 相を過剰に残すが、 $d'_2f'_2O'_1$ なる範圍では該反應に依て β 相が消費し盡されて融體が過剰に残り、融體はその後更に二元共晶 ($L \rightleftharpoons \gamma_c + \gamma_n$) を晶出して凝固を完結する。而して諸實驗結果はこれ等の事實をよく證明する。Photos. 34 及び 35 は

包共晶反應進行中の組織を示すもので、前者は界域⑥に屬するもの、後者は界域⑩に屬する合金の組織である。これ等の組織に於て白色の結晶は γ_n で、前者に於ては二元共晶として晶出したもので、後者に於ては初晶として晶出したものである。又兩者に於てこの γ_n 相を包圍せるは γ_c 相で、地は β 相の變化せる固相である。

この二元共晶は本三元系をなす二元系には見られないもので、熱分析に於ては餘り明瞭ではないがこれを認めることは出来る。Photo. 36 はこの共晶組織を示すもので析出せるは γ_n 、地は γ_c 相で、黒い部分は三元共晶である。又 Photo. 37 は γ_n (初晶) 及び γ_c (地) の二相より成る組織を示すものである。

この反應は Ni-Sb 二元系包晶點 E' が Cu の添加により一變系に變化せるもので、 E' より O'_2 に向つて降下し、其處に於て包共晶反應が起る。本曲線は熱分析に依ても認知し得るが二元系の場合と同様に比較的過冷し易い。これは良く發達せる γ_n 初晶と融體との反應によるためである。Photo. 38 は本反應進行中の組織を示すもので、白き初晶は γ_n 、それを包圍せるは ζ 相、母體は融體の變化せる ϵ 相である。又 ζ 相の表面が角狀をなせるは二元共晶 ($\zeta + \epsilon$) に由るためである。

この二元共晶は本三元系を構成する二元系には存在しない反應で、 $m'_2-m'_1$ -Sb を頂上とする一連の峯の存在により m'_1 から O'_2 に向つて降下する反應である。Photos. 39 及び 40 は本二元共晶組織を示すもので、前者は ϵ を初晶とし、黒い共晶が ($\gamma_n + \epsilon$) である。又後者は初晶 γ_n と二元共晶 ($\gamma + \epsilon$) より成るもので界域④に屬するものである。

上記一變系曲線 $E'O'_2$ 及び $m'_1O'_2$ が合致して O'_2 點に於て上式の包共晶反應を起す。 $g'_2h'_2O'_2\epsilon$ (Sb) はこの反應四邊形の範圍を示すもので、その反應溫度は前述諸實驗に依て 620° 、包共晶點の組成は 0.1% Cu, 97.9% Sb, 2.0% Ni と決定した。又包共晶反應に與かる固相の組成は該反應が過冷するために組織が移動し、而も ζ 相の固溶範圍は正確に決定し難いので、 γ_n 相の組成 (g'_2) を 7.0% Cu, 68.0% Sb, 25.0% Ni、 ζ 相の組成 (h'_2) を 0.5% Cu, 84.0% Sb, 15.5% Ni、 ϵ 相の組成は微量の Cu 及び Ni を固溶せるものと推定した。

上記反應四邊形 $g'_2h'_2O'_2\epsilon$ は $h'_2\epsilon$ 及び $g'_2O'_2$ なる二直線に依て區分せられるが、これによる三角形 $h'_2O'_2\epsilon$ はその範圍が極めて狭いので實際は直線 $h'_2\epsilon$ に近い。従つてこの四邊形は三つの三角形より成るものと看做し

* これに就ては次報に於て述べる。

得べく、上述の方法に依て區劃せられたる $g'_2 h'_2 O'_2$ なる範囲では二元包晶反應 ($L + \gamma_n \rightleftharpoons \zeta$) を起し、 $g'_2 O'_2 \varepsilon$ なる範囲では二元共晶反應 ($L \rightleftharpoons \gamma_n + \varepsilon$) を起す。又 $g'_2 h'_2 \varepsilon$ なる範囲に於ては該包晶反應に依て融體が消失し、 γ_n 相が過剰に残つて $\gamma_n, \zeta, \varepsilon$ 三相が凝固し、 $g'_2, h'_2 \varepsilon$ の方向 (Fig. 5 参照) に濃度を變化する。尚上述直線に近い三角形 $h'_2 O'_2 \varepsilon$ に於ては包晶反應に依て γ_n 相が消費せられ、融體が過剰に残存し、この融體はその後更に二元共晶 ($L \rightleftharpoons \zeta + \varepsilon$) を晶出して凝固を完了することは普通の場合と同様である。Photos. 41 及び 42 は本反應進行中の組織を示すもので白き結晶は ε 、黒きは γ_n 、それを包圍せる淡色の相は ζ で、共晶は $\zeta + \varepsilon$ である。

(15) 二元共晶 ($O'_2 F'$)、 $(L)_{O'_2 F'} \rightleftharpoons [\zeta]_{h'_2 f'_1} + [\varepsilon]$ 。この二元共晶は Ni-Sb 二元系に於ける不変點が Cu の添加により一變系曲線に變化せるもので、その温度は上記包晶反應 O'_2 より F' に向つて降下する。この二元共晶反應は熱分析に於ては既に前報⁽⁴⁾に於て示せる如きアンチモン型の過冷曲線を示し一旦凝固點以下 20~25° 降下するが再び上昇する。Photo. 43 の白き結晶粒 (ε) 界に微細に晶出せるものが本共晶組織である。

(16) 二元共晶 ($m'_1 O'_3$)、 $(L)_{m'_1 O'_3} \rightleftharpoons [\gamma_n]_{m'_2 f'_3} + [\varepsilon]$ 。この二元共晶は (13) に記述せる如く一連の峯の存在に依て生ずるもので、 m'_1 から O'_3 に向つて降下する共晶反應である。その組織は既に (13) に於て示したものと同様である。

(17) 二元共晶 ($G' O'_3$)、 $(L)_{G' O'_3} \rightleftharpoons [\gamma_c]_{e'_1 e'_2} + [\varepsilon]$ 。Cu-Sb 二元系の共晶點 G' が Ni の添加により一變系反應となつて G' より O'_3 に温度を降下する共晶反應である。Photo. 44 は界域⑩に相當するもので初晶 ε と共晶 ($\gamma_c + \varepsilon$) より成る。

(18) 三元共晶 (O'_3)、 $(L)_{O'_3} \rightleftharpoons [\gamma_c]_{e'_2} + [\varepsilon] + [\gamma_n]_{f'_3}$ 。三個の二元共晶反應 ($L \rightleftharpoons \gamma_c + \varepsilon$)、($L \rightleftharpoons \gamma_c + \gamma_n$)、($L \rightleftharpoons \varepsilon + \gamma_n$) が一點 O'_3 に會して起る三元共晶反應である。Photos. 45~48 は本三元共晶組織を示す。Photo. 45 は界域⑩に屬するもので、初晶 γ_n と三元共晶、Photo. 46 はそれを擴大せるもので、黒きは γ_c 相、暗色は γ_n 相、白き結晶は ε 相で三相より成ることが極めて明瞭である。Photo. 47 は界域⑩に屬するもので、Photo. 45 と殆ど同様に γ_n 初晶と三元共晶を示すものであるが、 γ_c 初晶も現はれてゐる。これは爐中冷却に依て得たる組織であるから反應が平衡状態に於けるが如く進行しないためである。尙斯の如く二種の初晶が共存することは本三元共晶範囲に於ては稀でない。それは該反應に與かる各初晶が比較的過冷し易いためである。Photo. 48 は界域⑩に屬するもので初晶 ε 相と三元共晶組織を示す。

熱分析の結果を基とし、顯微鏡試験に依て初晶を判別

すれば各二元共晶曲線が定められ、又共晶の種類を明かにして切斷状態圖を對照すれば各二元共晶の境界線 $f'_3 O'_3, e'_2 O'_3, \varepsilon O'_3$ が求められる。これ等の交點 O'_3 は即ち三元共晶點で 21.5% Cu, 77.0% Sb, 1.5% Ni の組成を有する。

本三元共晶點は三相三角形 $f'_3 \varepsilon e'_2$ の $\varepsilon e'_2$ 側に極めて接近せるために三元共晶組織の明瞭に現はれるのは Ni 含量の低い合金に多い。従つて該反應を起す合金の組成範囲を示す上記三相三角形の正確な決定は困難である。而し ε 相は微量の固溶範囲を有するに過ぎず又 γ_n 相は多量の固溶範囲を有するに依て顯微鏡に依て後者の固溶範囲を決定することが出来る。又 $f'_3 O'_3$ 線は切斷状態圖から正確に決定出来る。従つて f'_3 點の決定は容易である。この組成を 8.5% Cu, 67.5% Sb, 24.0% Ni とした。これに依て $f'_3 \varepsilon$ 直線は求められる。又該反應に與かる γ_n 相の組成 e'_2 は γ_c 固溶範囲及び先に決定せる包晶四邊形 $c'_2 f'_2 O'_1 d'_2$ の範囲を参考として e'_2 點を 49.0% Cu, 50.0% Sb, 1.0% Ni と推定した。次に f'_3 點及び ε から $f'_3 e'_2$ 及び $\varepsilon e'_2$ 線を求めると三相三角形が求められる。

VII. X 線 試 験

上述顯微鏡的研究に依て本系に現はれる各相の識別は容易であるが、更に粉末法に依て鐵を對陰極として數種の合金に就き X 線寫眞を撮影した。

Photo. 49 a 及び b は 1000° より水中焼入せる α 相合金の干涉線を示すもので両者は全く同様である。尙前者は Ni に富む合金で後者は Cu に富む合金である。Photo. 49 c は β 相合金を 600° より焼入せるものであるがこの相は既述せる如く高温組織を保持し難いので中間組織の干涉線を示してゐる。Photo. 49 d 及び e はそれぞれ γ_n 及び γ_c 合金の干涉線で両者は明かに相異してゐる。

VIII. 總 括

上述本研究結果を總括すると以下の如くである。

(1) 著者が先に決定せる Cu-Sb 系及び Ni-Sb 系平衡状態圖並に既に決定せる Cu-Ni 系平衡状態圖を基礎として Cu-Sb-Ni 三元系の融體より凝固し終るまでの温度範囲に於ける全系に互る平衡を熱分析、顯微鏡試験及び電気抵抗測定に依て研究し、更に X 線試験を併用して本三元系平衡状態圖を構成した。

(2) Cu-Sb 系 α 及び β 相は Ni-Sb 系 α 及び β 相とそれぞれ連続した固溶體を作る。而して Ni-Sb 二元系の最高融點は銅の添加に依つてその温度は降下し Cu-Sb 二元系の最高融點と連續する。

Photo. 1 $C_{30}S_{10}N_{60}$.
Furnace-cooled from liquid. $\alpha + (\alpha + \beta)$. $\times 100$

Photo. 2 $C_{30}S_{10}N_{60}$.
Cast and quenched from 1000° . α solid solution. $\times 100$

Photo. 3 $C_{25}S_{45}N_{30}$.
Furnace-cooled from liquid. β solid solution. $\times 50$

Photo. 4 $C_5S_{45}N_{50}$.
Furnace-cooled from liquid. β' phase. $\times 50$

Photo. 5 $C_{10}S_{45}N_{45}$.
Furnace-cooled from liquid. β' phase. $\times 75$

Photo. 6 $C_{15}S_{45}N_{40}$.
Furnace-cooled from liquid. β' phase. $\times 100$

Photo. 7 $C_{15}S_{45}N_{40}$.
Furnace-cooled from liquid. β' phase. $\times 600$

Photo. 8 $C_{65}S_{34}N_1$.
Furnace-cooled from liquid. Decomposed structure of β phase. $\times 50$

Photo. 9 $C_{65}S_{34}N_1$.
Furnace-cooled from liquid. Decomposed structure of β phase ($\delta_c + (\delta_c + \theta_c)$). $\times 800$

Photo. 10 $C_{60}S_{29}N_1$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \alpha$. $\times 50$

Photo. 11 $C_{60}S_{35}N_5$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + (\beta + \alpha)$. $\times 60$

Photo. 12 $C_{50}S_{40}N_{10}$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \alpha$. $\times 50$

Photo. 13 $C_{30}S_{45}N_{25}$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \gamma_n$. $\times 50$

Photo. 14 $C_{35}S_{45}N_{20}$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \gamma_n$. $\times 50$

Photo. 15 $C_{55}S_{42.5}N_{2.5}$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \gamma_c$. $\times 50$

Photo. 16 $C_{45}S_{45}N_{10}$.
Furnace-cooled from liquid. $\beta + \gamma_c + \gamma_n$. $\times 50$

Photo. 17 $C_{25}S_{40}N_{35}$.
Cast and quenched from 900° . γ_n solid solution. $\times 100$

Photo. 18 $C_5S_{60}N_{35}$.
Furnace-cooled from liquid. $\gamma_n + \beta$. $\times 100$

Photo. 19 $C_5S_{60}N_{35}$.
Magnified structure of Photo. 18. $\times 400$

Photo. 20 $C_{10}S_{49}N_1$.
Furnace-cooled from liquid. $\gamma_c + \beta'$. $\times 50$

Photo. 21 $C_{45}S_{52.5}N_{2.5}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_c + (\gamma_c + \gamma_n) +$
 $(\gamma_c + \gamma_n + \epsilon)$. $\times 50$

Photo. 22 $C_5S_{35}N_{60}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta + (\beta + a)$. $\times 75$

Photo. 23 $C_{35}S_{30}N_{35}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta + (\beta + a)$. $\times 100$

Photo. 24 $C_{60}S_{25}N_{15}$.
Furnace-cooled from
liquid. $a + (a + \beta)$. $\times 100$

Photo. 25 $C_{65}S_{30}N_5$.
Furnace-cooled from
liquid. $(a + \beta)$. $\times 60$

Photo. 26 $C_{55}S_{35}N_{10}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta + (\beta + a)$. $\times 50$

Photo. 27 $C_5S_{40}N_{55}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta' + (\beta + a)$. $\times 75$

Photo. 28 $C_5S_{55}N_{40}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_n + (\gamma_n + \beta)$. $\times 60$

Photo. 29 $C_{35}S_{50}N_{15}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta + (\beta + \gamma_n)$. $\times 75$

Photo. 30 $C_5S_{60}N_{35}$.
As cast. $\times 400$

Photo. 31 $C_{40}S_{59}N_1$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_c + (\gamma_c + \gamma_n + \epsilon)$.
 $\times 50$

Photo. 32 $C_{30}S_{69}N_1$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_c + \gamma_n + (\gamma_c + \gamma_n + \epsilon)$.
 $\times 60$

Photo. 33 $C_{50}S_{45}N_5$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_c + \beta'$. $\times 50$

Photo. 34 $C_{30}S_{50}N_{20}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\beta' + \gamma_n + \gamma_c$. $\times 100$

Photo. 35 $C_{15}S_{60}N_{25}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_n + \gamma_c + \beta'$. $\times 50$

Photo. 36 $C_{45}S_{50}N_5$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_c + (\gamma_c + \gamma_n)$. $\times 60$

Photo. 37 $C_{25}S_{60}N_{15}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_n + \gamma_c$. $\times 75$

Photo. 38 $C_5S_{75}N_{20}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_n + \zeta + \epsilon$. $\times 75$

Photo. 39 $C_5S_{94}N_1$.
Furnace-cooled from
liquid. $\epsilon + (\epsilon + \gamma_n)$. $\times 75$

Photo. 40 $C_{10}S_{70}N_{20}$.
Furnace-cooled from
liquid. $\gamma_n + (\gamma_n + \epsilon)$. $\times 100$

Photo. 49

- a $N_{70} S_{10} C_{20} (\alpha)$,
1000°-1 h- Q_w .
- b $N_{25} S_5 C_{70} (\alpha)$,
1000°-1 h- Q_w .
- c $N_{37.5} S_{42.5} C_{20} (\beta')$,
600°-1 h- Q_w .
- d $N_{25} S_{67} C_{10} (\gamma_n)$,
550° 3 h- Q_w ;
400° 4 h-F. C.
- e $N_{2.5} S_{50} C_{47.5} (\gamma_c)$,
550°-3 h- Q_w ;
400°-4 h-F. C.

Photo. A Distillation of Antimony.
(Merck Grade).

(3) 本三元系には三元化合物は存在しない。融體の關與する固相は以下の諸相 $\alpha, \beta, \gamma_n, \gamma_c, \zeta$ 及び ε である。従つてこれ等に對する 6 個の初晶面が存在する。

(4) 初晶面の境界をなす一變系反應は以下の 8 個である。

(5) 融體の關與する不變系反應は以下の三個である。

本研究は専ら本所々長村上武次郎先生の御懇篤なる御指導に依て遂行した。茲に謹んで感謝の意を表する。又本實驗中御激勵を忝うした本大學總長本多光太郎先生に對し衷心謝意を表する。X 線寫眞の撮影及びその判定に就て御援助を與へられた大澤與美博士に對しても厚く御禮申上げる。又多數の化學分析を煩はした本所分析室各位の勞を謝する。