

Al-Mg-Zn三元系完全状態圖の研究

(日本鐵鋼協會第 15 回講演大會講演)

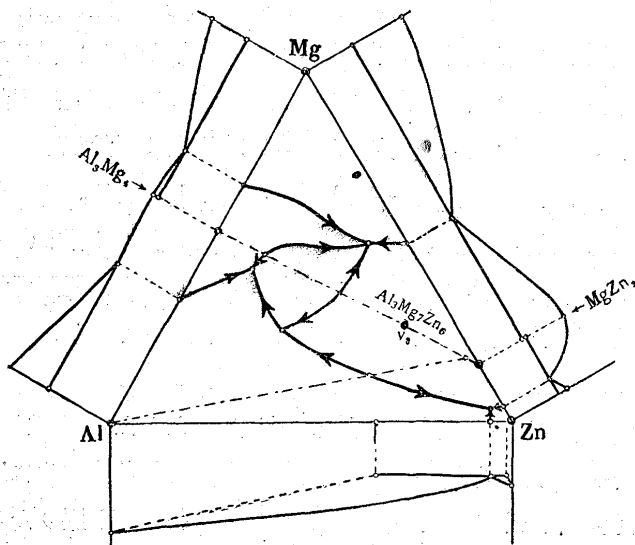
濱住松二郎*

緒言

Al-Mg-Zn 三元系合金の中 Al 側は Guertler & Sander の高力輕合金“Konstruktal”(Al-Mg-Zn₂系)として重要であり、Zn 側は Zn を主とする“die casting alloy”として用ひられ、Mg 側は之を主とする合金“Elektron”として大いに用ひられる、殊に“Elektron”は Chemische Fabrik Griesheim Elektron 社が 1909 年 Frankfurt の航空博覽會に出品して以來夙に其の重要性を認められ近來吾國では 航空機の性能改善策として能ふ限り Al 合金に代用せしめて居る、蓋し一面には Bauxite の缺如に備ふる方策と他面 Elektron の防蝕法の發達に因つて此の方面の憂ひを緩和する事が出來又發動機一代の生命に鑑み必ずしも Elektron の腐蝕が致命的でない事が考慮せられた結果と思はれる。

然るに此の三元系の状態圖に就ては約 20 年以前の Eger²¹⁾ の研究及び石田博士²⁵⁾ の Mg 側の研究があるだけで現今では Al-Mg, Zn-Mg, Al-Zn の各二元系共精

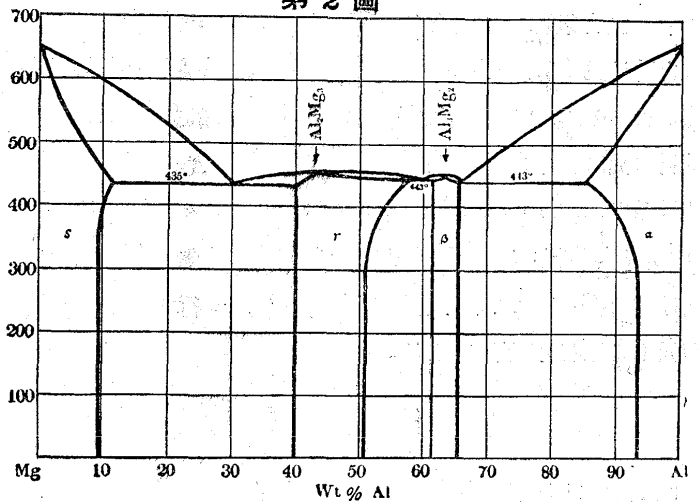
第 1 圖 (Eger の三元状態圖 1913 年)



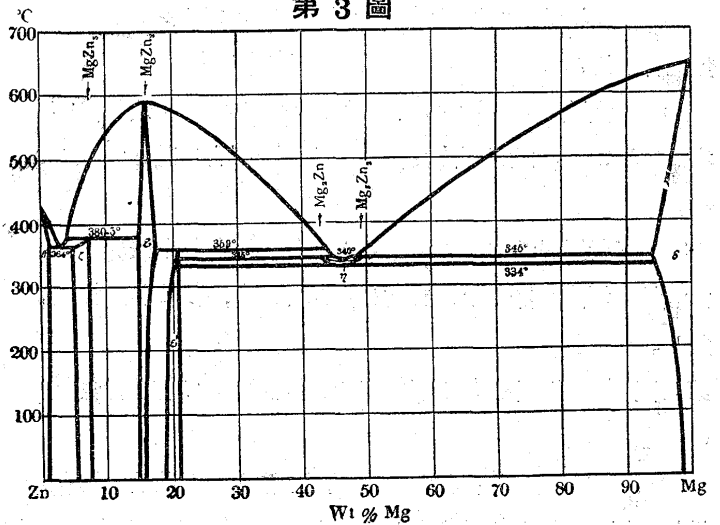
密に研究され昔日の状態圖とは著しく違つて來て居るから Eger の状態圖も大いに訂正する事が必要である、此ため

* 東北帝國大學

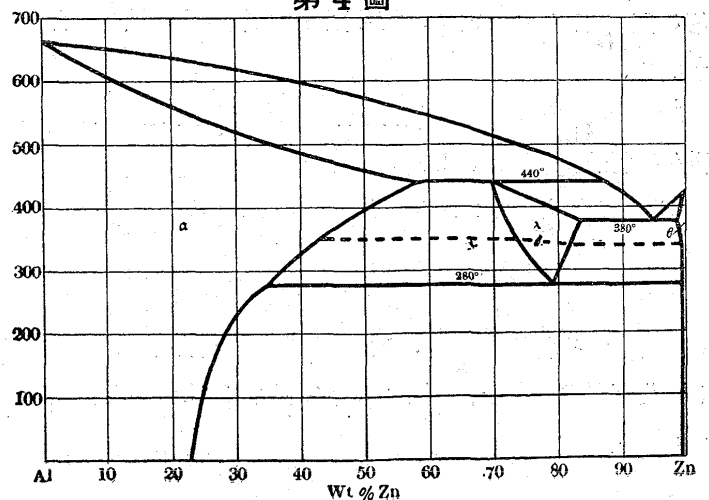
第 2 圖



第 3 圖



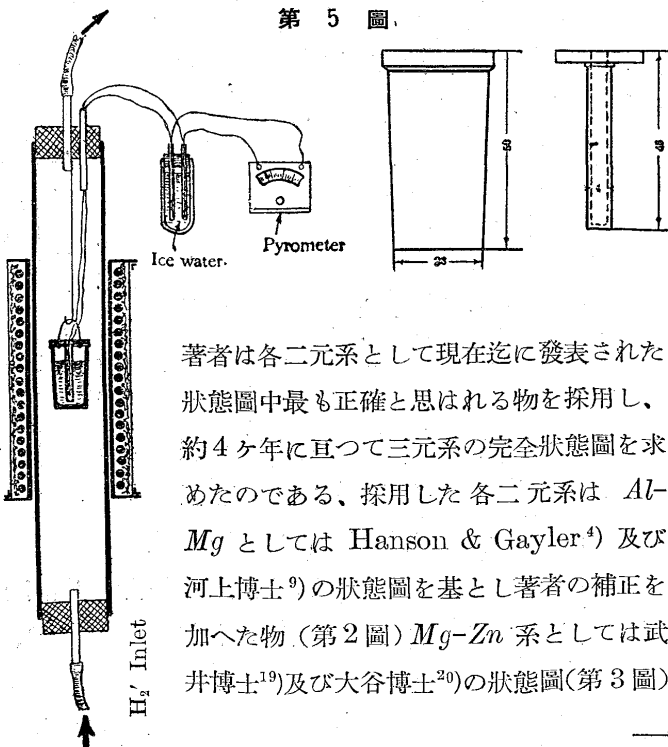
第 4 圖



第 1 表 A=Al M=Mg Z=Zn

合金	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	合金	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	合金	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	屈曲点	
A ₅₀ M ₄₅ Z ₅	—	452	—	—	—	A ₄₀ M ₄₀ Z ₂₀	—	452	—	441	360	A ₄₅ M ₁₅ Z ₄₀	—	497	—	482	—	—	
A ₅₅ M ₄₀ Z ₅	—	450	—	426	—	A ₄₅ M ₃₅ Z ₂₀	—	458	—	—	—	A ₅₀ M ₁₀ Z ₄₀	—	535	—	474	—	—	
A ₆₀ M ₃₅ Z ₅	—	443	—	—	—	A ₅₀ M ₃₀ Z ₂₀	—	455	—	—	—	A ₅₅ M ₅ Z ₄₀	—	566	—	448	—	—	
A ₈₀ M ₁₅ Z ₅	—	569	—	448	—	A _{52.5} M _{27.5} Z ₂₀	482?	—	—	452	—	A ₅ M ₅₀ Z ₄₅	—	—	—	335	—	—	
A ₉₀ M ₅ Z ₅	—	623	—	486	—	A ₅₅ M ₂₅ Z ₂₀	—	468	—	456	—	A ₁₀ M ₄₅ Z ₄₅	—	386	—	343	—	330	
A ₅ M ₈₅ Z ₁₀	—	586	565?	463?	356	A ₆₀ M ₂₀ Z ₂₀	—	507	—	464	—	A _{5.5} M _{47.2} Z ₅₀	—	—	—	338	—	—	
A ₁₀ M ₈₀ Z ₁₀	—	552	—	386	336?	A ₆₅ M ₁₅ Z ₂₀	—	540	—	465	—	A ₅ M ₄₅ Z ₅₀	—	356	—	336	—	—	
A ₁₅ M ₇₅ Z ₁₀	—	520	—	403	360	A ₇₀ M ₁₀ Z ₂₀	—	562	545?	471	—	A ₁₀ M ₄₀ Z ₅₀	—	442	—	343	—	333	
A ₂₀ M ₇₀ Z ₁₀	—	472	—	411	356	A ₇₅ M ₅ Z ₂₀	—	603	—	474	—	A ₁₅ M ₃₅ Z ₅₀	—	465	—	351	—	331	
A ₂₅ M ₆₅ Z ₁₀	—	425	—	417	356	A ₁₅ M ₆₀ Z ₂₅	—	418	—	371	360	A ₂₀ M ₃₀ Z ₅₀	—	491	—	368	359	—	
A ₃₀ M ₆₀ Z ₁₀	—	431	—	415	356	A ₂₀ M ₅₅ Z ₂₅	—	396	—	393	362	A ₂₅ M ₂₅ Z ₅₀	—	503	—	—	—	—	
A ₃₅ M ₅₅ Z ₁₀	462?	444	—	—	356	A ₂₅ M ₅₀ Z ₂₅	—	414	—	—	363	A ₃₀ M ₂₀ Z ₅₀	—	492	—	481	—	—	
A ₄₀ M ₅₀ Z ₁₀	—	450	—	—	—	A ₃₀ M ₄₅ Z ₂₅	—	433	—	428	361	A ₃₅ M ₁₅ Z ₅₀	—	—	—	476	—	—	
A ₄₅ M ₄₅ Z ₁₀	—	447	—	—	—	A ₃₅ M ₄₀ Z ₂₅	—	457	—	453	433	A ₄₀ M ₁₀ Z ₅₀	—	511	—	465	450?	—	
A _{47.5} M _{42.5} Z ₁₀	—	446	—	—	—	A ₄₀ M ₃₅ Z ₂₅	464	—	—	453	—	A ₄₅ M ₅ Z ₅₀	—	543	—	443	—	332	
A ₅₀ M ₄₀ Z ₁₀	—	445	—	—	—	A ₄₅ M ₅₀ Z ₅	464	—	—	451	—	A ₅ M ₄₅ Z ₅₅	—	408	—	394	364	338	
A ₅₅ M ₃₅ Z ₁₀	—	448	—	—	—	A ₅₀ M ₂₅ Z ₂₅	—	—	—	460	—	A ₂₀ M ₂₅ Z ₅₅	—	506	—	376?	—	—	
A ₆₀ M ₃₀ Z ₁₀	—	460	447	445	—	A ₇₀ M ₅ Z ₂₅	—	586	—	470	—	A _{2.5} M _{37.5} Z ₆₀	—	427	—	369	—	338	
A ₆₅ M ₂₅ Z ₁₀	—	492	—	445	—	A ₅ M ₆₅ Z ₃₀	—	493	—	339	—	A ₅ M ₃₅ Z ₆₀	—	467	447	413	360	338	
A ₇₀ M ₂₀ Z ₁₀	—	510	—	452	—	A ₁₀ M ₆₀ Z ₃₀	—	429	—	356	338	A ₅ M ₃₅ Z ₆₀	493	475	459	417	366	—	
A ₇₅ M ₁₅ Z ₁₀	—	559	—	456	—	A ₁₅ M ₅₅ Z ₃₀	—	380	—	366	359	A ₁₀ M ₃₀ Z ₆₀	—	488	—	—	356	332	
A ₈₀ M ₁₀ Z ₁₀	—	592	—	463	—	A ₂₀ M ₅₀ Z ₃₀	—	399	—	365	—	A ₁₅ M ₂₅ Z ₆₀	—	513	508	506	500	349	
A ₈₅ M ₅ Z ₁₀	—	614	—	465	—	A ₂₅ M ₄₅ Z ₃₀	—	430	—	410	368	A ₂₀ M ₂₀ Z ₆₀	—	506	—	479	—	—	
A ₂₀ M ₆₅ Z ₁₅	—	420	—	405	359	A ₃₀ M ₄₀ Z ₃₀	—	451	—	421	366	A ₂₅ M ₁₅ Z ₆₀	—	487	—	473	450?	—	
A ₂₅ M ₆₀ Z ₁₅	—	414	—	407	359	A ₃₅ M ₃₅ Z ₃₀	—	467	—	435	—	A ₃₀ M ₁₀ Z ₆₀	—	488	—	464	—	—	
A ₃₀ M ₅₅ Z ₁₅	—	434	—	—	359	A ₄₀ M ₃₀ Z ₃₀	—	474	—	445	—	A ₃₅ M ₅ Z ₆₀	—	520	—	432	—	335	
A ₃₅ M ₅₀ Z ₁₅	—	441	434?	—	360	A ₄₅ M ₂₅ Z ₃₀	—	465	—	—	—	A ₅ M ₂₅ Z ₇₀	—	537	449	417?	372	335	
A ₄₀ M ₄₅ Z ₁₅	—	444	—	—	360	A ₅₀ M ₂₀ Z ₃₀	—	483	—	470	—	A ₁₀ M ₂₀ Z ₇₀	—	541	532?	504	—	335	
A ₄₅ M ₄₀ Z ₁₅	—	447	—	444	—	A ₅₅ M ₁₅ Z ₃₀	—	521	—	478	—	A ₁₅ M ₁₅ Z ₇₀	—	521	—	467	348?	335	
A _{47.5} M _{37.5} Z ₁₅	—	449	—	—	—	A ₆₀ M ₁₀ Z ₃₀	—	560	—	480	—	A ₂₀ M ₁₀ Z ₇₀	—	468	457	449	—	335	
A ₅₀ M ₃₅ Z ₁₅	—	453	—	450	—	A ₆₅ M ₅ Z ₃₀	—	582	—	462	—	A ₂₅ M ₅ Z ₇₀	—	488	—	415	—	335	
A ₅₅ M ₃₀ Z ₁₅	—	450	—	—	—	A ₁₀ M ₅₅ Z ₃₅	—	385	—	353	333	A _{27.5} M _{2.5} Z ₇₀	—	492	—	366	—	333	
A ₆₀ M ₂₅ Z ₁₅	—	481	—	452	—	A ₁₅ M ₅₀ Z ₃₅	—	396	377	366	361	V ₂₀ M ₅ Z ₇₅	—	468	457	449	349	335	
A ₇₀ M ₁₅ Z ₁₅	—	549	—	464	—	A ₂₀ M ₄₅ Z ₃₅	—	420	386?	376	363	A ₅ M ₁₅ Z ₈₀	—	566	559?	376	—	—	
A ₈₀ M ₅ Z ₁₅	—	610	—	479	—	A ₅ M ₅₅ Z ₄₀	—	411	—	—	—	A ₁₀ M ₁₀ Z ₈₀	—	505	—	427	—	334	
A ₅ M ₇₅ Z ₂₀	—	546	—	—	345	A ₁₀ M ₅₀ Z ₄₀	—	—	—	352	—	A ₁₅ M ₅ Z ₈₀	—	438	—	426	—	335	
A ₁₀ M ₇₀ Z ₂₀	—	506	—	—	361	A ₁₅ M ₄₅ Z ₄₀	—	410	—	358	356	A _{17.5} M _{2.5} Z ₈₀	—	463	—	353	—	338	
A ₁₅ M ₆₅ Z ₂₀	—	458	—	—	380	362	A ₂₀ M ₄₀ Z ₄₀	—	461	—	376	361	A _{2.5} M _{7.5} Z ₉₀	—	510	—	366	348	333
A ₂₀ M ₆₀ Z ₂₀	—	—	—	—	396	362	A ₂₅ M ₃₅ Z ₄₀	—	470	—	397	366	A ₅ M ₅ Z ₉₀	—	419	—	—	—	334
A ₂₅ M ₅₅ Z ₂₀	—	415	—	—	379	361	A ₃₀ M ₃₀ Z ₄₀	—	490	—	457	—	A _{7.5} M _{2.5} Z ₉₀	—	393	—	—	—	334
A ₃₀ M ₅₀ Z ₂₀	—	434	—	—	363	—	A ₃₅ M ₂₅ Z ₄₀	—	487	—	465	—	A _{2.5} M _{2.5} Z ₃₅	—	358	—	338	—	334
A ₃₅ M ₄₅ Z ₂₀	—	443	—	—	437	359	A ₄₀ M ₂₀ Z ₄₀	—	477	—	474	—	—	—	—	—	—	—	—

第 5 圖



著者は各二元系として現在迄に發表された状態圖中最も正確と思はれる物を採用し、約 4 ヶ年に亘つて三元系の完全状態圖を求めたのである、採用した各二元系は Al-Mg としては Hanson & Gayler⁴⁾ 及び河上博士⁹⁾ の状態圖を基とし著者の補正を加へた物 (第 2 圖) Mg-Zn 系としては武井博士¹⁹⁾ 及び大谷博士²⁰⁾ の状態圖 (第 3 圖)

Al-Zn 系としては Hanson & Gayler¹¹⁾ 及び石原博士¹⁴⁾ の状態圖 (第 4 圖) である。

初晶面の決定

成分材料 金屬原料としては Griesheim Elektron 會社製棒狀マグネシウム、杉林金屬製鍊所製山形アルミニウム及び Merk 社製棒狀亜鉛を用ひた、其の化學分析を次に掲げる。

	Fe	S	Cl	Si	Al	Mg
Magnesium	0.019	0.003	0.03	0.07	0.019	99.859
Aluminium	0.2	—	—	0.2	99.6	—

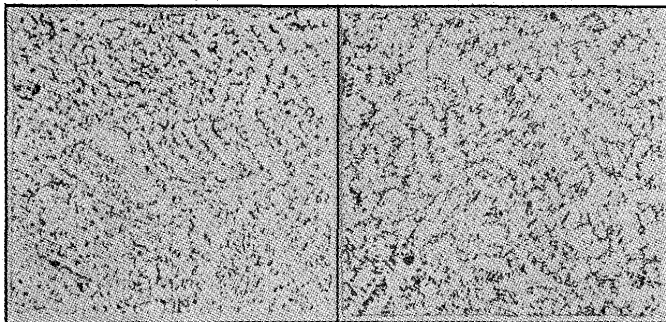
熱分析 上記原料を配合して各種合金を作つた、配合原料は灼熱せる鐵製坩堝に入れ酸化を防ぐために MgCl₂ 60%, KCl 20%, NaCl 20% からなる熔劑で覆ひ急速に熔解して之を一定の金型に鑄込んだ、鑄込んだ試料は外徑約 18mm 内徑約 8mm 高さ約 35mm の圓筒に仕上げ第

5 圖上に示す様な鐵製坩堝に入れる、右圖は坩堝の蓋で其の中央には下端閉じた鐵製細管を付け熱電對を此處に挿入した。磁製又は石英製の保護管に比べて熱の傳導率が良いから試料中の溫度變化を正確且つ迅速に讀む事が出来る。尙ほ金型と坩堝にはマグネシヤ粉末を塗布しておいた、熱分析には第5圖下に示す様な縦型の爐を用ひ此中央に上記鐵製坩堝を吊るし Alumel-Chromel 對を用ひて水素氣流中で熔解し毎分約 12°C(450°C 附近で)の割合で冷却し、溫度時間の冷却曲線を求めた。第1表は冷却曲線から得た變化點を示した物で表中?符を附したのは曲線中の析點が非常に微弱なために疑はしい物である。

試料の總數 125 個表中合金に附した數字は配合成分であつて例へば $A_{15}M_{15}Z_{70}$ は Al 15%, Mg 15%, Zn 70%の意である。Al, Mg, Zn は何れも化學分析の面倒な物であるため配合を以て合金の組成と見做した。前記の様な熔製方法を用ひると酸化損失は極く微量である。例へば

第 6 圖

第 7 圖



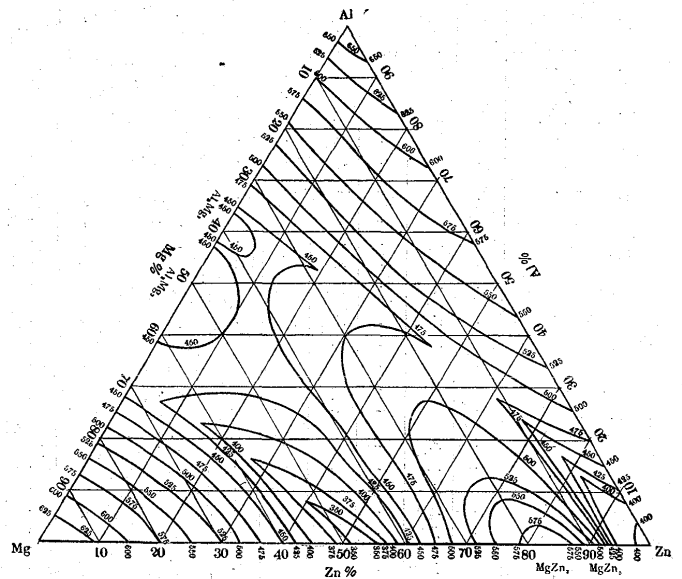
×100. 2%硝酸アルコール液腐蝕、淡く小さい黒點はω、黒く長いのは二元共晶、白地はγである、第1回熔製試料

×100, 同前、第3回熔製試料

配合 Al 34%, Mg 46%, Zn 20% 合金を熔解し一部を顯微鏡試料として保留し残部を同様の方法で再熔解し此の一部を顯微鏡試料として取り、残部を同様の方法で三度熔解鑄造を行ひ各回の組織を檢鏡した所によると殆ど變りがない。第6圖及び第7圖は之を示して居る。後章状態圖から分る様に此の組成の合金は僅かの酸化損失があつても著しく組織が變化する筈であるから前記の熔製方法が非常に好結果を與へる事が分る。又坩堝として鐵製坩堝を用ひる時は鐵分は殆ど合金中に溶解しない事はよく知られて居る。上記熱分析の結果から各組成合金の凝固開始點を集め等溫線圖を作ると第8圖が得られる。

顯微鏡試驗 熱分析を終つた試料は其の儘研磨して組織の檢査に用ひ尙又補充として別に試料を熔製した。檢鏡の結果次に示す様な約8種の初晶が現はれる事が分り其の

第 8 圖

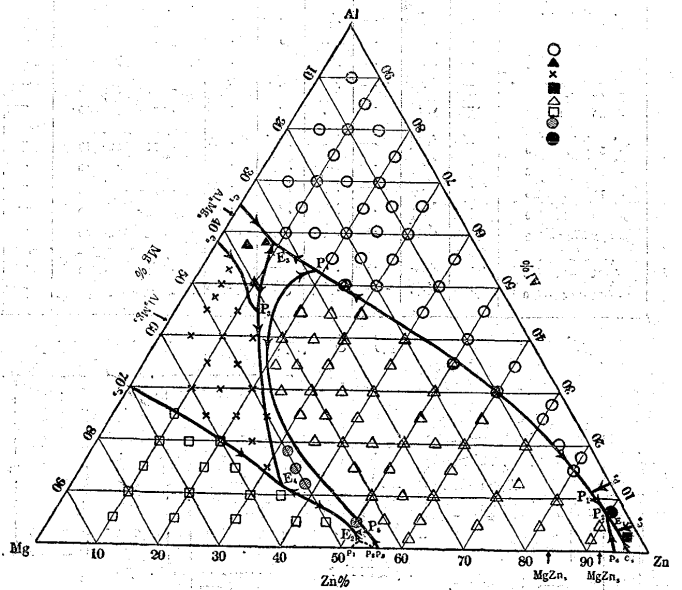


成分範圍を示すと第9圖が得られる。

α : Al 隅の三元固溶體

λ : Al-Zn 系の λ に Mg の固溶した物

第 9 圖



ε : Mg-Zn₂ を基調とする三元固溶體

θ : Zn 隅の三元固溶體

δ : Mg 隅の三元固溶體

γ : Al₂Mg₃ を基調とする三元固溶體

β : Al₃Mg₂ を基調とする三元固溶體

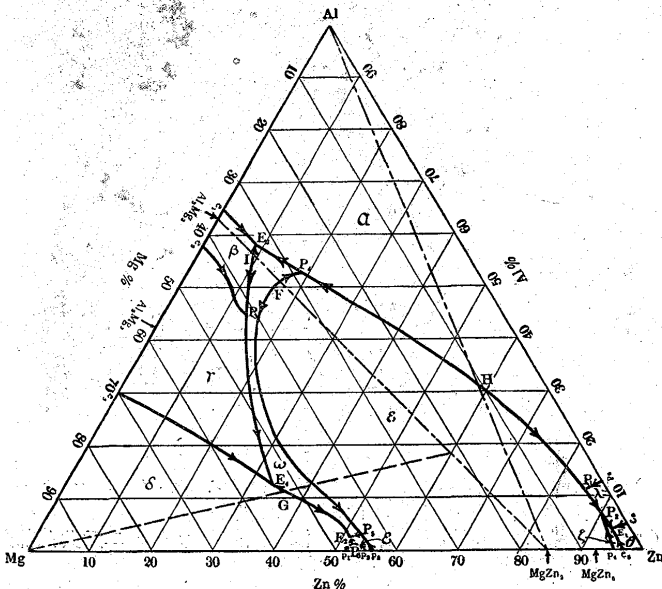
ω : Al_xMg_yZn_z を基調とする三元固溶體

第8圖等溫線及び第9圖顯微鏡組織から本系の初晶面を第10圖の様に決定する事が出来る。各初晶面、各曲線、各點の意味は次表に説明した通りである。

第 2 表 (I). (初晶面)

$Al_1P_1P_5$	α : Al の三元固溶體	$P_4P_2P_1P_4FP_5P_3$	ϵ : $MgZn_2$ の三元固溶體	$P_5P_1P_2$	η : Mg_2Zn, Mg_3Zn_2 の三元固溶體(第 3 圖参照)
$P_5P_1P_2E_1e_6$	λ : Al-Zn 系 λ の三元固溶體	$P_4E_3P_3E_4E_2P_5$	ω : $Al_xMg_yZn_z$ の三元固溶體	$Mgp_1P_5E_2E_4e_3$	δ : Mg の三元固溶體
$e_3E_1e_5Zn$	θ : Zn の三元固溶體	$E_2P_5P_3P_2P_6$	ϵ' : Zn_3Mg_2 の三元固溶體	$e_3E_4P_3e_2$	γ : Al_2Mg_3 の三元固溶體
$P_2E_1e_5P_4$	ζ : $MgZn_5$ の三元固溶體			$e_2P_3E_3e_1$	β : Al_3Mg_2 の三元固溶體

第 10 圖



第 2 表 (II). (二元共晶線)

e_1E_3	$M \rightarrow \alpha + \beta$	e_5E_1	$M \rightarrow \theta + \zeta$
P_4E_3	$M \rightarrow \alpha + \omega$	P_5E_2	$M \rightarrow \omega + \epsilon'$
HP_4, HP_1	$M \rightarrow \alpha + \epsilon$	P_5E_2	$M \rightarrow \epsilon' + \delta$
IE_3, IP_3	$M \rightarrow \beta + \omega$	GE_2, GE_4	$M \rightarrow \delta + \omega$
P_1P_2	$M \rightarrow \lambda + \epsilon$	e_3E_4	$M \rightarrow \delta + \gamma$
P_2E_1	$M \rightarrow \lambda + \zeta$	P_3E_4	$M \rightarrow \gamma + \omega$
e_6E_1	$M \rightarrow \lambda + \theta$	e_2P_3 (一部)	$M \rightarrow \gamma + \beta$

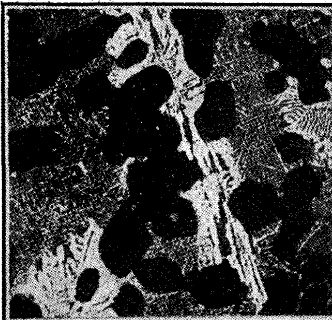
第 2 表 (III). (二元包晶線)

e_2P_3 (一部)	$M + \beta \rightarrow \gamma$	p_3P_5	$M + \epsilon \rightarrow \epsilon'$
FP_4, FP_5	$M + \epsilon \rightarrow \omega$	p_5P_1	$M + \alpha \rightarrow \lambda$
P_6P_2	$M + \epsilon \rightarrow \eta$	p_4P_2	$M + \epsilon \rightarrow \zeta$
P_1P_6	$M + \delta \rightarrow \eta$		

第 2 表 (IV). (包共晶點)

	温度 °C	反 應	Al %	Mg %	Zn %
P_1	370	$M + \alpha \rightarrow \lambda + \epsilon$	11	4	85
P_2	350	$M + \epsilon \rightarrow \zeta + \lambda$	6.5	3.5	90
P_3	440	$M + \beta \rightarrow \gamma + \omega$	45	41.5	13.5
P_4	450	$M + \epsilon \rightarrow \omega + \alpha$	52	28	20

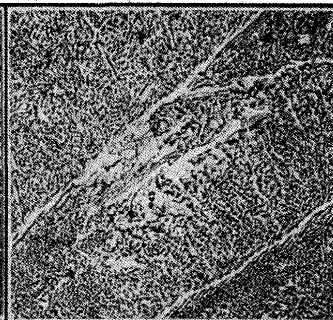
第 11 圖



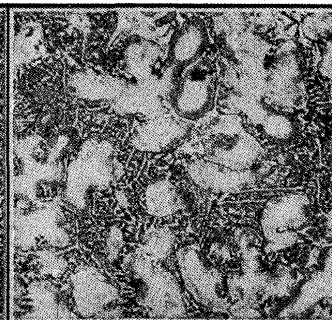
第 15 圖

- ⑪ $\times 100$. $Al_{2.5}Mg_{2.5}Zn_{95}$ 徐冷 10% 硝酸アルコール液腐蝕、初晶は腐蝕され易い θ , 白い ζ と θ の二元共晶、地質は三元共晶 E_1 に相當する
- ⑫ $\times 300$. $Al_{3.5}Mg_{3.5}Zn_{93}$ 徐冷 10% 硝酸アルコール液腐蝕、白い ζ と黒い θ との二元共晶と地質三元共晶 E_1 とを示す
- ⑬ $\times 75$. $Al_{2.7}Mg_{7.3}Zn_{90}$ 徐冷 10% 液腐蝕初晶は ϵ, ϵ' は p_4P_2 の包晶線で周邊 ζ に變じ、地は $\zeta + \lambda$ 又は $\zeta + \theta$ の二元共晶である。
- ⑭ $\times 100$. $Al_{10}Mg_{100}Zn_{80}$ 徐冷 10% 液腐蝕、柱狀の初晶は ϵ 、其周圍 $\epsilon + \alpha$ 二元共晶、其 α は P_1 の包晶反應により一部 λ に變ず、殘液は P_2 の包共晶反應を経て E_1 の三元共晶に凝固する。黒く孔の如く見える部分は E_1 。

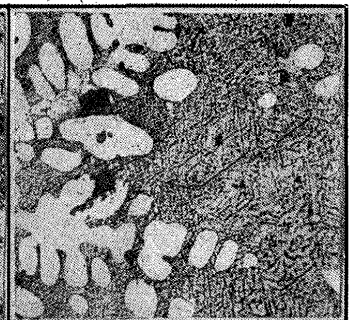
第 12 圖



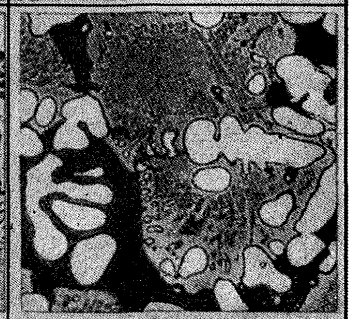
第 16 圖



第 13 圖



第 17 圖



第 18 圖

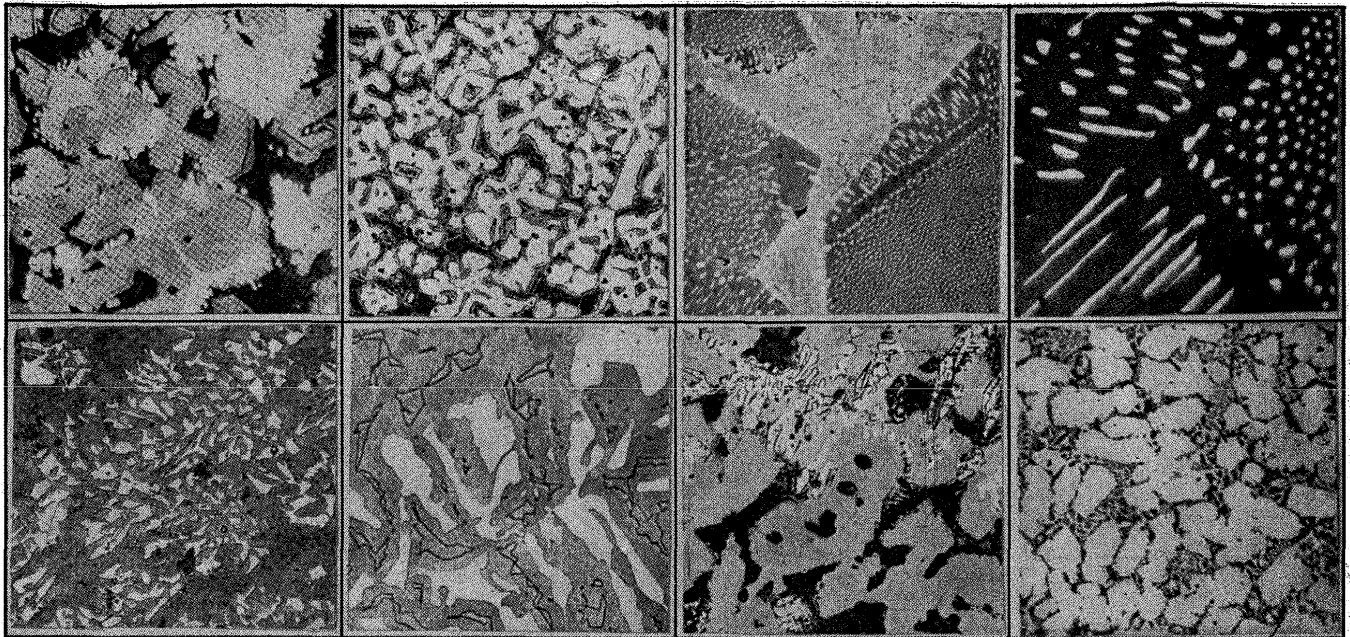
- ⑮ $\times 100$. $Al_{17.5}Mg_{2.5}Zn_{80}$ 徐冷 10% 液腐蝕、初晶 α は p_5P_1 の包晶反應により周邊 λ に變じ殘液は少量の二元共晶 ($\lambda + \omega, \lambda + \zeta$) 及び E_1 三元共晶に凝固する。
- ⑯ $\times 100$. $Al_{7.5}Mg_{2.5}Zn_{92}$ 徐冷 10% 液腐蝕、白い初晶は λ 。地は三元共晶 E_1 。 λ は腐蝕を強くし、倍率を大きくすれば共析反應を行つて居る事が分る。
- ⑰ $\times 75$. $Al_{55}Mg_{25}Zn_{20}$ 徐冷、ピクリン酸ナトリウム液腐蝕、黒い初晶は α 、地は $\alpha + \epsilon$ の二元共晶、腐蝕液が變つたために α は黒く出る
- ⑱ $\times 100$. $Al_{65}Mg_{25}Zn_{10}$ 徐冷、10% 硝酸アルコール液腐蝕、白いの α 初晶、灰色の區域は $\alpha + \omega$ の二元共晶、黒い部分は E_3 三元共晶である

第 19 圖

第 20 圖

第 21 圖

第 22 圖



第 23 圖

第 24 圖

第 25 圖

第 26 圖

- ⑲×300. $A_{50}M_{30}Z_{20}$ 金型鑄造、10% 液腐蝕灰色の十字型は初晶 ϵ 、其周邊は包晶反應により生じた ω 、白い區域は α と ω の二元共晶 黒い區域は E_3 三元共晶。
- ⑳×100. $A_{52}M_{30}Z_{18}$ 金型鑄造、10% 液腐蝕白い十字型は ϵ 、其周圍 灰色に腐蝕された部分は FP_4 線で生じた ω で、黒い部分は E_3 三元共晶。
- ㉑×100. $A_{50}M_{40}Z_{10}$ 徐冷、2% 液腐蝕、略々 β (灰) と ω (白) の二元共晶に相當し地は β である。
- ㉒×300. $A_{50}M_{40}Z_{10}$ 徐冷、10% 液腐蝕包共晶點 P_3 の反應をよく示して居る、輪廓の明瞭なのは β 之を包む物津 β と融液とから出來た γ 、白いのは ω で初め $\beta+\omega$ の二元共晶として晶出した物である。

- ㉓×100. $A_{52.5}M_{27.5}Z_{20}$ 徐冷、10% 液腐蝕稍々黒い Colony は $\alpha+\omega$ 二元共晶、間の灰色區域は E_3 三元共晶。
- ㉔×300. $A_{52.5}M_{27.5}Z_{20}$ 徐冷、10% 液腐蝕前圖 $\alpha+\omega$ 二元共晶部分を擴大した組織、白いのが α である。
- ㉕×100. $A_{35}M_{45}Z_{20}$ 徐冷、2% 液腐蝕、小さく白い Dendrite は ϵ 初晶、大きく灰色に出て居るのは γ 、黒い部分は δ を含む E_4 三元共晶。
- ㉖×45. $A_{30}M_{60}Z_{10}$ 徐冷、2% 液腐蝕、初晶は γ 、其間は $\gamma+\delta$ 二元共晶である。

第 2 表 (V). (複包晶點)

	溫度 $^{\circ}C$	反 應	Al %	Mg %	Zn %
P_3	345	$M + \epsilon \rightarrow \omega + \epsilon'$	3	45	52
P_5	333?	$M + \eta \rightarrow \epsilon' + \delta$	—	—	—

第 2 表 (VI). (三元共晶點)

	溫度 $^{\circ}C$	反 應	Al %	Mg %	Zn %
E_1	330	$M \rightarrow \theta + \zeta + \lambda$	4	3	93
E_2	330	$M \rightarrow \delta + \epsilon' + \omega$	3	46	51
E_3	445	$M \rightarrow \alpha + \beta + \omega$	57.5	33.5	9
E_4	355	$M \rightarrow \delta + \gamma + \omega$	12	54	34

第 2 表 (VII) (其他の各點)

	溫度 $^{\circ}C$	反 應
F	455	$M + \epsilon \rightarrow \omega$ 反應線の最高溫度
G	359	$M \rightarrow \omega + \delta$ 反應線の最高溫度
H	475	$M \rightarrow \epsilon + \alpha$ 反應線の最高溫度
I	448	$M \rightarrow \omega + \beta$ 反應線の最高溫度
k	448?	$M \rightarrow \beta + \gamma$ から $M + \beta \rightarrow \gamma$ に轉移する點 (e_2P_3 線の反曲點)

α の初晶は第 17 圖の如く λ の初晶は第 14 圖 ϵ の初晶は第 15 圖及第 20 圖、 θ の初晶は第 11 圖、 δ の初晶は第 33 圖、 γ の初晶は第 26 圖、 β の初晶は第 24 圖 ω の初晶は第 27 圖に各々現はれて居る。晶出範圍の狭いために ϵ' 、 η 、 ζ 、等の初晶は見出す事が困難である。又面

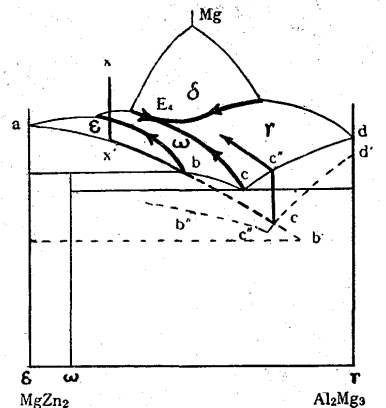
倒なのは ω の初晶面で ω は Al 15%, Mg 50%, Zn 35

% の E_4 附近では明かに認められるが P_4FP_5 線と $E_3IP_3E_4$ 線(第 10 圖)

との接近した部分では初晶として容易に見出し難い、見出し難いのは第一に晶出範圍の非常に狭い事、第二に $\omega+\beta$ 、 $\omega+\gamma$ 二元共晶共 β 、 γ が大部分を占め且つ其の比容の

大きいために愈々 ω が僅少になる事、第三には P_4FP_5 の包晶反應が過冷し易く ω の晶出を通過する事のためである第三の原因に就ては第 25 圖の組織がよく説明して居る様に初晶 ϵ の周圍に直ちに γ が晶出する事である。之を圖に就て説明するならば第 35 圖は $\epsilon \sim \gamma$ 断面から Mg 隅を透視した物で濃度 x の合金を冷却すれば $x'b$ に沿つて ϵ を晶出し b 點で包晶反應を起す事なしに其儘繼續して c'

第 35 圖

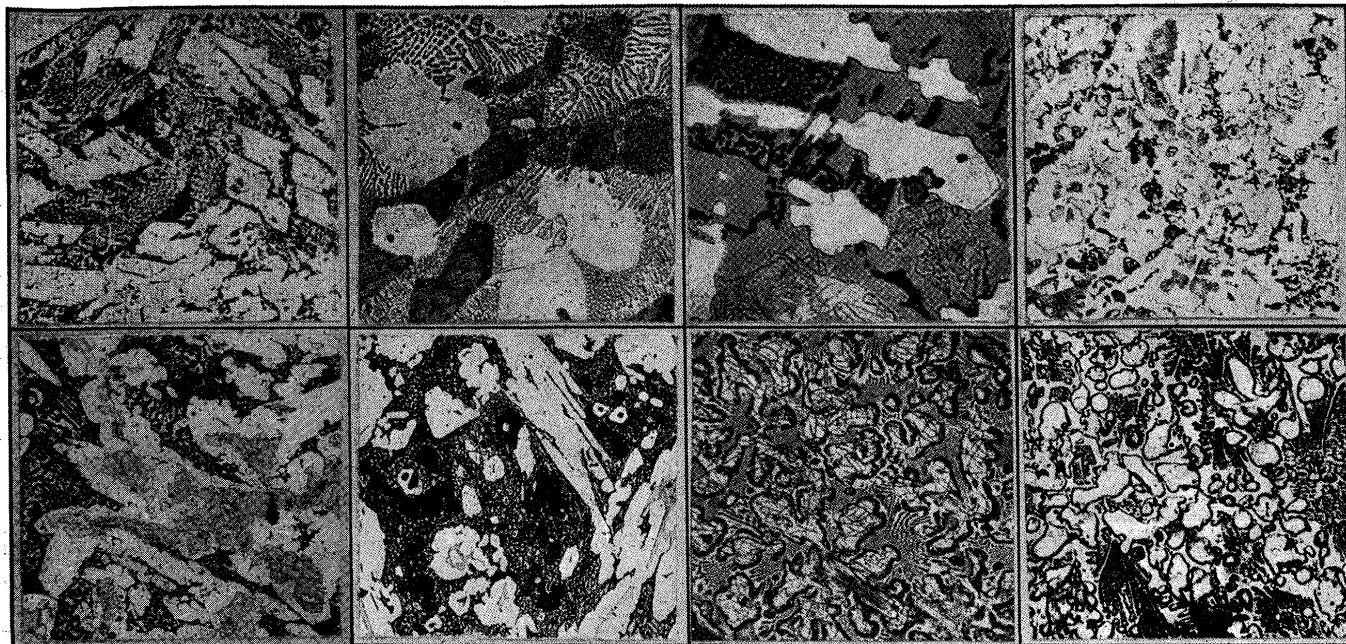


第 27 圖

第 28 圖

第 29 圖

第 30 圖



第 31 圖

第 32 圖

第 33 圖

第 34 圖

- ②⑦×300. $A_{15}M_{50}Z_{35}$ 金型鑄造、10% 液腐蝕白い角張つた初晶は ω 、地は E_4 三元共晶。
 ②⑧×300. $A_5M_{45}Z_{50}$ 徐冷、10% 液腐蝕、白い大塊は ω の初晶、粗い共晶は $\omega+\delta$ 、微細共晶は E_2 三元共晶である。
 ③①×75. $A_5M_{35}Z_{60}$ 徐冷、1% 液腐蝕、初晶として出た灰色の ϵ は FP 線で周邊 ω に變化しつゝあり、黒い部分は $\delta+\omega$ の二元共晶及び E_2 三元共晶である。
 ③②×100. $A_{2.5}M_{37.5}Z_{60}$ 徐冷、10% 液腐蝕、初晶として出た ϵ は P_3P_1 線で ϵ' に變化しつゝあり、白いの ϵ' 黒い部分は $\omega+\epsilon'$ 二元共晶、眞黒い部分が E_2 三元共晶である。

- ③④×300. $A_{25}M_{45}Z_{30}$ 徐冷、2% 液腐蝕、左下隅の蝕まれつゝある體が初晶として出た ϵ 、FP₅ の包晶線で周邊 ω に變化しつゝある所白い大塊は IE_4 線で晶出した γ 、黒い點々部は E_4 三元共晶。
 ③⑤×100. $A_{20}M_{45}Z_{35}$ 徐冷、10% 液腐蝕初晶 ϵ は FP₅ 包晶線で ω に變化しつゝあり、共晶部は E_4 三元共晶 ϵ は白く十字型に現はれて居るのが特徴である。
 ③③×75. $A_5M_{65}Z_{30}$ 徐冷、深く腐蝕された部分は初晶 δ 共晶組織の荒い處は $\delta+\omega$ 二元共晶、一層微細な部分は E_2 三元共晶である、 δ は水のみにも容易に腐蝕される。
 ③④×100. $A_{10}M_{60}Z_{30}$ 徐冷、10% 液腐蝕、白い初晶は δ 、共晶部は $\delta+\gamma$ 二元共晶及び E_4 三元共晶である。

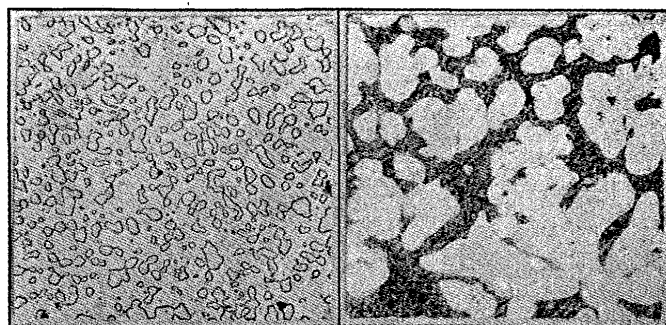
點迄 ϵ を晶出する $d'c'$ は γ の過冷初晶線で液は c' 點に達した時遂に γ に飽和して之を晶出し γ は肉厚線の矢に示した様に進行して $\delta+\gamma$ 共晶線に達し最後に E_4 三元共晶點迄到達する。點線に示した $b''c''$ は ω の過冷曲線で深いために遂に bc' と交はる機會が無かつたと推定される。第25圖の細く出て居る白い樹型晶は部分的ではあるが ϵ 獨特の十字形を示し、其の周圍に大きく發達した灰色の結晶は腐蝕の度合、と其形から明かに ω ではなくて γ である。 γ の周圍に黒く出て居るのは δ を含む共晶である。勿論平衡状態では寫眞の様な組織を得る筈はないが過冷と偏析の結果と推定する事が出来る。

次に二元共晶では e_3E_4 線で晶出する $\delta+\gamma$ 組織は第 26 圖に、 GE_2 線で晶出する $\delta+\omega$ は第 33 圖に現はれて居る。 δ は腐蝕され易く微粒状に點在する。 e_1E_3 線で晶出する $\alpha+\beta$ 共晶では少量の α が廣い β の間に挟まれ P_4E_3 線の $\alpha+\omega$ 共晶は第 21 圖及び第 22 圖に示す様に α は粒状に現はれ地質 ω は褐色に腐蝕される。 P_4HP_1 線で晶出する $\alpha+\epsilon$ 共晶では第 17 圖の様に α は同様粒状に現

はれる。 E_3IP_3 線で晶出する $\omega+\beta$ 共晶は第 23 圖及び第24圖の様に恰も共析晶の様な組織を呈して居る。 e_2P_3 線を出る $\beta+\gamma$ 共晶組織も亦兩方共大きな結晶になり共析晶の様な有様を呈する、 P_3E_4 線で晶出する $\gamma+\omega$ 共晶は上に述べた様に γ が多く ω が少く唯 γ 晶が初晶よりも幾らか小さいので二元共晶である事が認められる。 e_5E_1 線で晶出する $\theta+\zeta$ 共晶は第 12 圖に現はれて居る。其外の

第 36 圖

第 37 圖



×100. $A_0M_{40}Z_{60}$ 340°Cから水中焼入れ、2% 液腐蝕、粒は ϵ' 、地は均一 γ 相

×300. $A_0M_{40}Z_{60}$ 270°Cから水中に焼き入れ、2% 液腐蝕、白い塊は ϵ' 、間の黒い部分は γ 相が共析した物である。

二元共晶例へば P_6E_2 , P_5E_2 , P_1P_2 , P_2E_1 , e_6E_1 線で晶出する物は範囲が狭く顯微鏡的に明かな特徴を認める事が出来なかつた。

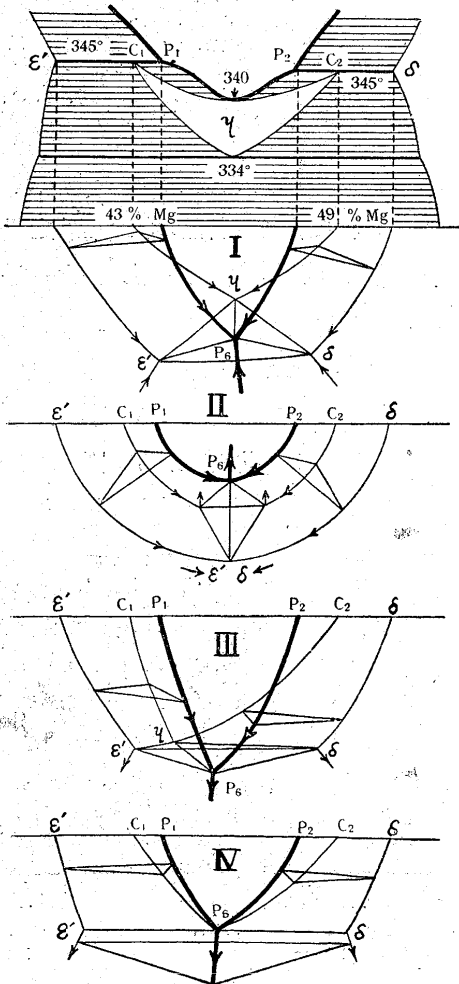
包晶では P_4FP_5 線に依る“融液+ $\epsilon \rightarrow \omega$ ”の組織は第29圖、30圖、31圖に現はれ十字形の ϵ 晶の周邊が ω に變化しつゝある事がよく分る。其他の包晶組織は各包共晶點に起る變化に連絡する。之等包共晶點の中 P_4 點(融液+ $\epsilon \rightarrow \omega + \alpha$)の組成は稍々見出し難いが大體 $Al 52\%$, $Mg 28\%$, $Zn 20\%$, $450^\circ C$ で其の組織は第20圖に現はれて居る。 P_1 點(融液+ $\alpha \rightarrow \lambda + \epsilon$)は $Al 11\%$, $Mg 4\%$, $Zn 85\%$, $370^\circ C$ に相當し第16圖が其の組織を示して居る。 P_2 點(融液+ $\epsilon \rightarrow \lambda + \zeta$)は $Al 6.5\%$, $Mg 3.5\%$, $Zn 90\%$, $350^\circ C$ 組織は第15圖に示してある。 P_3 點(融液+ $\beta \rightarrow \omega + \gamma$)は $Al 45\%$, $Mg 41.5\%$, $Zn 13.5\%$, $440^\circ C$ 組織は第24圖に示してある。

三元共晶點では E_1 點(融液 $\rightarrow \theta + \lambda + \zeta$)が $Al 4\%$, $Mg 3\%$, $Zn 93\%$, $330^\circ C$ に相當し第11圖12圖に見らるゝ様な組織である。 E_2 點(融液 $\rightarrow \delta + \epsilon' + \omega$)は $Al 3\%$, $Mg 46\%$, $Zn 51\%$ $330^\circ C$ 第33圖に示した様な密集した組織である。 E_3 點(融液 $\rightarrow \omega + \alpha + \beta$)は $Al 57.5\%$, $Mg 33.5\%$, $Zn 9\%$ $445^\circ C$ で第21圖に示す物であるが内部組織は明瞭でなく唯二元共晶より濃く着色するので其の境界は明かである。 E_4 點(融液 $\rightarrow \omega + \gamma + \delta$)は $Al 12\%$, $Mg 54\%$, $Zn 34\%$, $355^\circ C$ で其の組織は第34圖及び第27圖に示

す通りである。

三元系に於ける η 相の消滅 武井、大谷兩氏に依ると $Mg-Zn$ 系には $Mg 45\%$ 附近に第38圖に示す様に p_1 , p_2 なる二つの包晶點があり p_1 は $Mg 43\%$, p_2 は $Mg 49\%$ に相當し此の兩相は互に均一な固溶體 η を作る。従つて液線には $340^\circ C$ に極小點があり又固溶體 η は $334^\circ C$ で ϵ' と δ とに共析する。著者も又實驗の結果均一 η 相を認め従つて之を三元状態圖から没却する譯にも行かない。例へば第36圖は $Mg 40\%$, $Zn 60\%$ 合金を $340^\circ C$ から水中に焼き入れた物で圓い粒狀の ϵ' と地質の η とから成つて居る第37圖は此の合金を $270^\circ C$ から水中に焼き入れた物で白い粒は ϵ' 共間を埋める η は明かに2相に共析して居る事が分る。所で第10圖 E_2 點は $\delta, \omega, \epsilon'$ から成る三元共晶點であるから E_2 點に向つて下る二元共晶線(融液 $\rightarrow \delta + \epsilon'$)を導かねばならぬ。 p_1 p_2 なる二つの包晶反應から一つの共晶線を導くに此の場合第38圖 I-IV に示す様に4通りの考へ方がある。第Iの場合は $p_1 p_2$ 包晶反應が途中何れも共晶反應に變化し P_6 點で三元共晶に凝固する物で之は明かに E_2 點を三元共晶點とする要求に合致しない、IIの場合は P_6 點で兩包晶變化が合致したと考へるのであるが ϵ' と δ とが同種の相でないから成立しない。IIIの場合は p_1 は其儘包晶變化を續け p_2 は途中共晶反應に變じ P_6 點で包共晶反應を起すと考へたのであるが p_1 點に就ては融液+ $\epsilon' \rightarrow \eta$, p_2 點に就ては融液 $\rightarrow \delta + \eta$ の變化で兩方共融液から η が晶出するのであるから P_6 點で遂に η が消耗して δ と ϵ' を生成する變化にはなり得ない。従つて E_2 點を $\delta + \omega + \epsilon'$ の三元共晶點とするためには $Mg-Zn$ 系に Al が合金すると p_1 p_2 の包晶反應が段々消滅し同時に η 相の存在範囲も消滅して遂に融液から直接 ϵ' と δ とが共晶として晶出すると考へるの外ない。即ちIVに示した様に P_6 點では c_1 も c_2 もなく η もなく共析變化は液から直接 ϵ' と δ の晶出する共晶變化に變るのである。

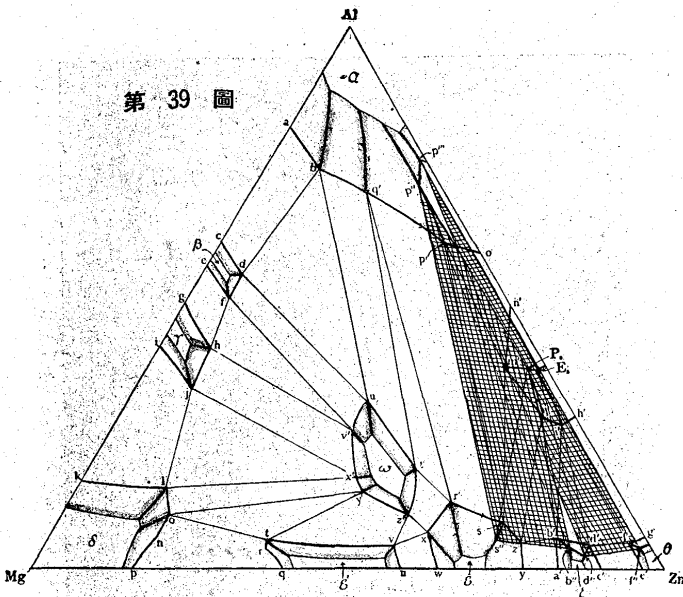
第38圖



理論的三元系状態圖

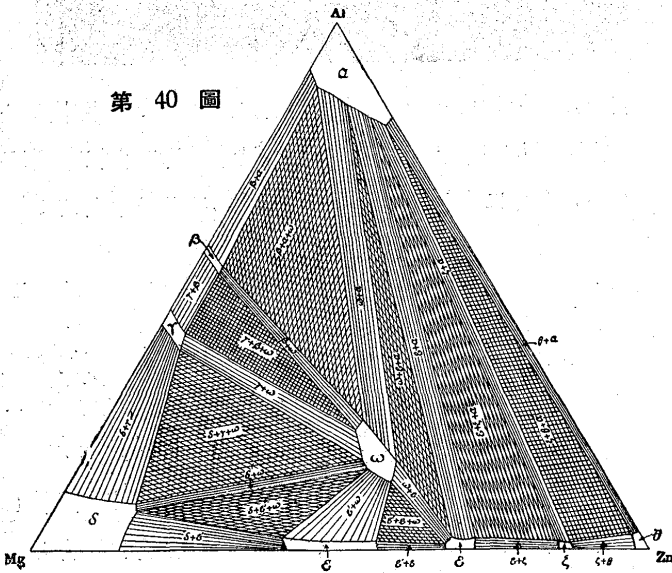
前記の様に初晶面が正確に決定し、共晶線、包晶線、包共晶點、三元共晶點が決定すると之と各邊の二元系状態圖とから理論的に三元系状態圖を假想する事が出来る。假想状態圖は幾つもある筈であるが其中最も此の場合に適合しそうなのが第39圖乃至第43圖に示した物である。實際に現はれた通りの初晶面を用ひると ϵ' , ζ , θ 等は狭くて

第 39 圖

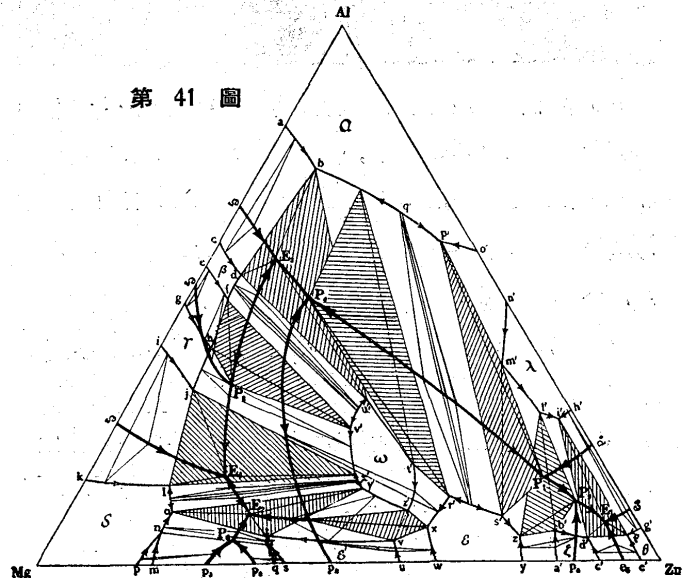


到底圖中に現はし得ないから全體が分り易い様に按配した。之が第 39 圖である。各點の符號や其の意味は實際状態圖に於けると同様である。第 40 圖は初晶面を撤去し其下に起つて居る共晶線、包晶線、包共晶點、三元共晶點等を夫々平衡三角形又は平衡四邊形として示した物である。初晶面から分る様に三元系の中央には在來考へられて居る様な三元化合物が存在し、之が固溶體を作つて ω なる區域を有つ物としなければならぬ、又 p_1, p_2 の包晶反應は P_6 點で前記の様に單純な二元共晶反應に變るとし、 ϵ' は實際状態圖では極めて狭範圍に存在する物であるけれ共分り易くするために廣く取つてある。第 41 圖は凝固完了後の 2 相

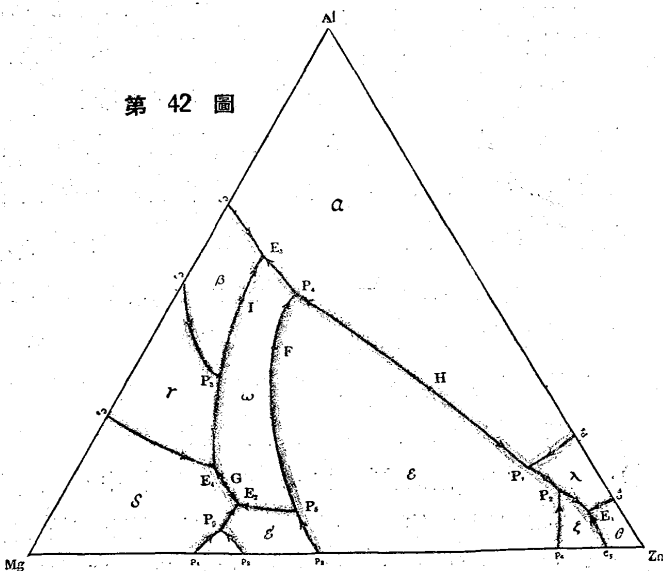
第 40 圖



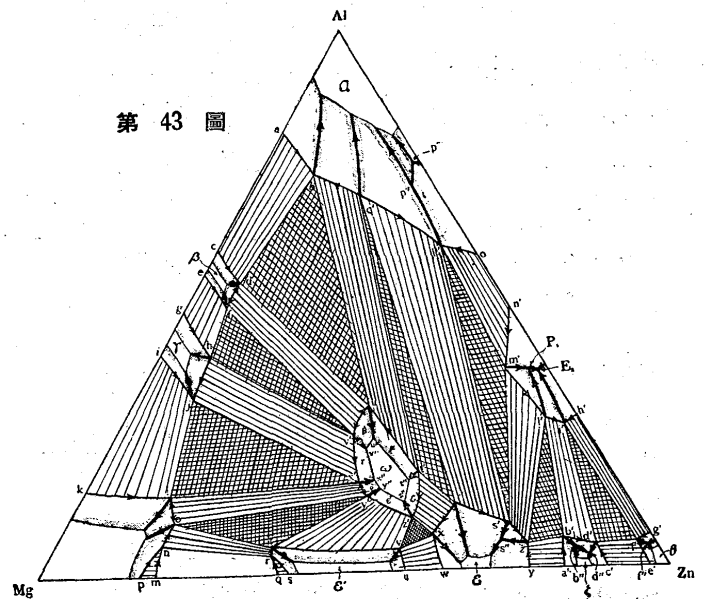
第 41 圖



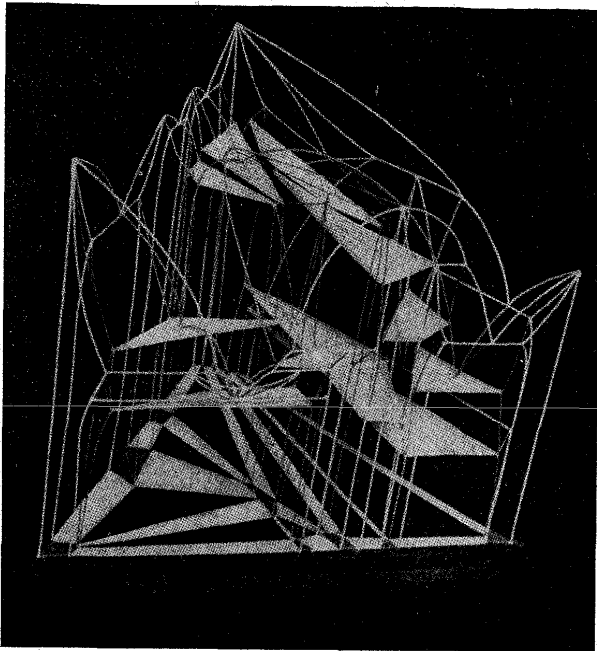
第 42 圖



第 43 圖



第 44 圖



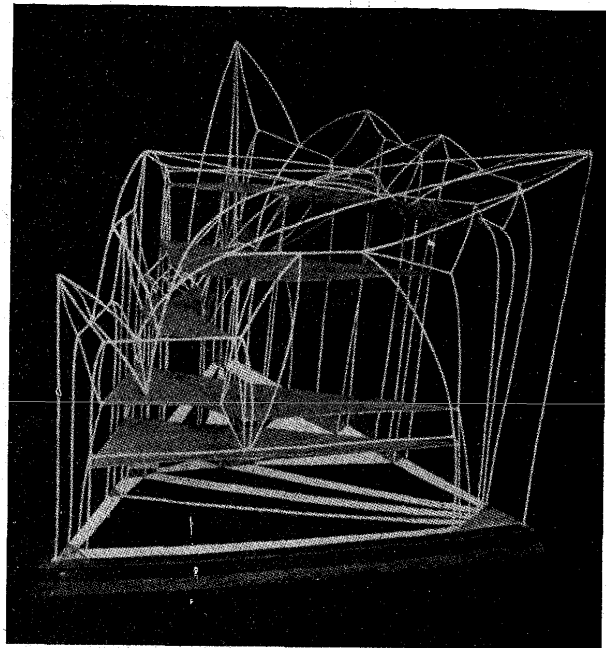
平衡、3 相平衡區域を示し前者は共軛線を入れ後者は網目の影線を入れてある。α, β, γ, δ, ω, ε', ε, ζ, θ, λ 等の均一相區域は白色の儘として残し之等の區域に顯はれる固溶體溶解度面は周邊に墨色を施して其様子を見易からしめた。例へば ω 區域は高温の凝固完了瞬間では t' u' v' x' y' z' の廣がりを持つて居るが温度が下り常温になると t'' u'' v'' x'' y'' z'' に狭まる。そして此の区域には ε, ε', δ, γ, β, α, の 6 溶解度面が臨んで居る。各隅の矢を附した太い線は平衡三角形の角點の濃度變化を示す物である。

λ 区域には Al-Zn 系の共析變態から發する共析線の結末をつけるために P_s 點なる包共析反應點及び E_s なる三元共析點を設定してある。各線各點の意味は次の通りである。第 42 圖は P_s, E_s 點の關係を示す平衡四邊形並に三角形を表はした物である。第 43 圖は常温に於ける組織圖で單相、二相、三相區域は共軛線と交叉影線とに依つて明かである。

- m'P_s 線 α (p') ⇌ ε (s') ⇌ λ (m') 三角形 p's'm'
- i'P_s 線 ε (z) ⇌ ζ (b') ⇌ λ (i') 三角形 i'b'z
- P_s 點 λ (P_s) + ε (s'') → α (p'') + ζ (b'') 四邊形 P_sb''s''p''
- P_sE_s 線 α (p'') ⇌ ζ (b'') ⇌ λ (p_s) 三角形 P_sb''p''
- i'E_s 線 λ (i') ⇌ ζ (d') ⇌ θ (f') 三角形 i'f'd'
- E_s 點 λ (E_s) ⇌ α (p''') + ζ (d'') + θ (f'') 三角形 p'''f''d''

如上の假想狀態圖を基礎として空間模型を製作した。第 44 圖は之を Mg-Zn 側から觀た物、第 45 圖は Zn-Al 側から、第 46 圖は Al-Mg 側から觀た物で底面上には白

第 45 圖



黒灰の 3 色を以て常温平衡組織を示してある。空間模型としても可なり複雑な物である。斯様な假想狀態圖が出来る与之から容易に假想斷面狀態圖を作製する事が出来る。

固相に起る變化

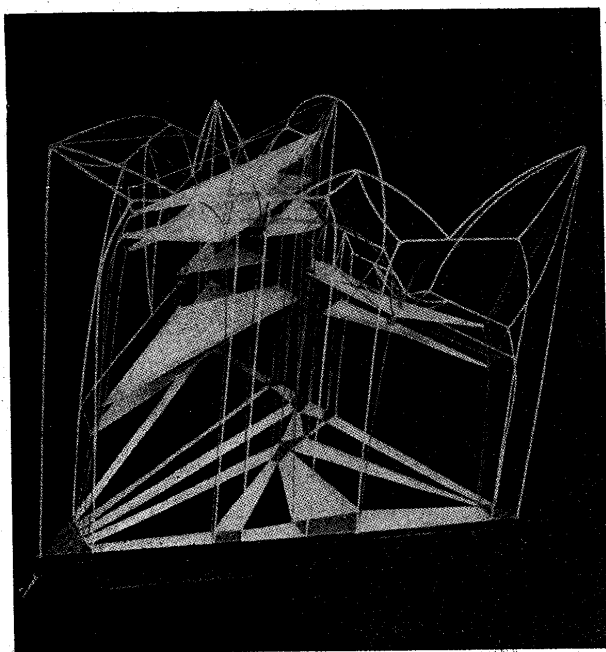
斷面狀態圖 固體に凝固した後の各相の平衡分野を決定するために Al-Mg 邊に平行に Zn 含量 10%, 20% ··· 80% 迄 10% 毎の縦斷面狀態圖を決定した。第 47 圖は此の場合配合熔製した試料の組成を示し、前節に記載した原料を秤量し先づ MgCl₂ 2, KCl 1 の割合に混合した熔劑を灼熱鐵製坩堝中に溶かしておいて此中に原料を投入して迅速に熔解した。熔解が終ると均一に攪拌し最後に熔劑の流動性を減ずるために適量の MgF を加へた後内徑 8mm 長さ 240mm の金型に傾注した。特に緩冷を要する合金は藁灰を以て金型を圍ひ全體を電熱爐で赤熱にし此中に鑄造し徐々に冷却した。鑄込んだ棒狀試料の一部は鑄造組織を檢鏡して初晶面の補足的研究に用ひ残部は水素氣流中で 300°C に 75 時間劃一的に燒鈍し爐中冷却した。燒鈍して標準組織化した物は各 15mm 程度に分割して種々の温度に 1~2 時間加熱し水中に焼き入れて高温度に於ける平衡組織を檢鏡し之に依つて斷面狀態圖を推定した、第 48 圖から 51 圖迄は斷面狀態圖の一部を示し、圖中・點は熱分析曲線に現はれた停點及び析點、□印は融液と初晶を含む組織、▣印は融液と二つの固相を含む組織、○印は均一な固相、×は 2 相共存する固相、△は固相の 3 相が共存す

る組織を表はす。第 52 圖は輕合金として重要な Al_3Mg_2 - $MgZn_2$ 系の断面状態圖である。

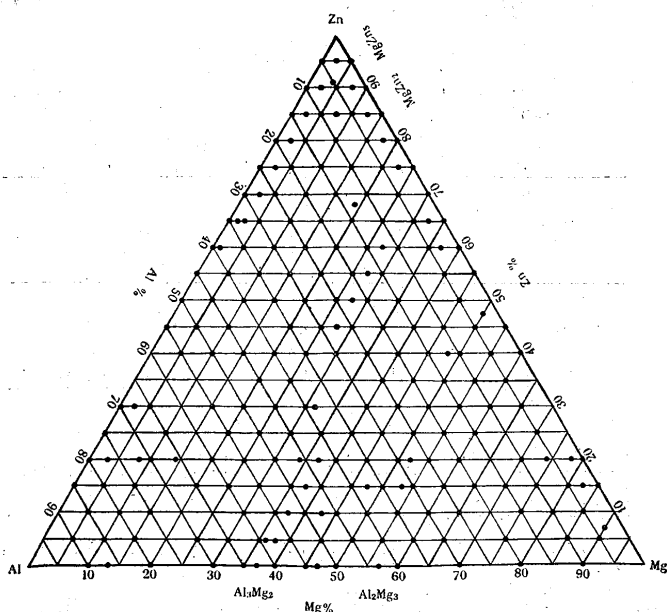
例へば第 53 圖は均一な ω 相を示し、第 54 圖は ω と ε の共存區域に於ける組織を示して居る。

切斷状態圖から常溫に於ける $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \lambda, \theta,$ 及 ω 各相の範圍を第 60 圖に示す様に決定した。此中 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \omega$ を除く各相の區域は非常に狭く二成分系状態圖からも推定される通り 2~3% 以下の物であるから各々の

第 46 圖



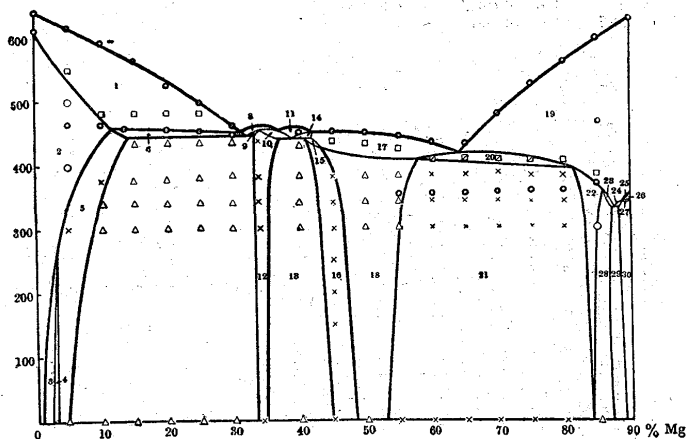
第 47 圖



部分丈けに就て精密な實驗を経なければ正確な事は分らない。此處には唯三元系状態圖の大勢を正しく確定する意味から之等の細部は定性的に推定したに止まる。

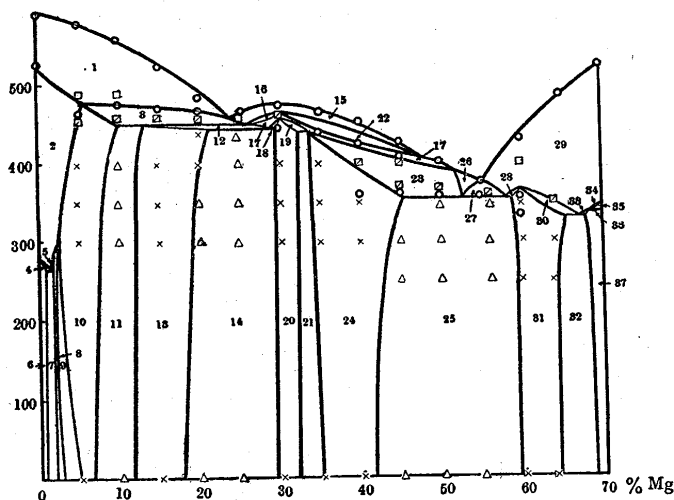
第 48 圖 (Zn 10% 合金断面状態圖)

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 M+ α | 11 M+ β | 21 $\gamma+\delta$ |
| 2 α | 12 $\beta+\omega$ | 22 δ |
| 3 $\alpha+\omega$ | 13 $\beta+\omega+\gamma$ | 23 M+ $\delta+\omega$ |
| 4 $\alpha+\omega+\varepsilon$ | 14 M+ $\beta+\gamma$ | 24 M+ $\omega+\varepsilon'$ |
| 5 $\alpha+\omega$ | 15 M+ $\gamma+\omega$ | 25 M+ $\eta+\delta$ |
| 6 M+ $\alpha+\omega$ | 16 $\omega+\gamma$ | 26 $\eta+\delta$ |
| 7 $\omega+\alpha+\beta$ | 17 M+ γ | 27 $\eta+\varepsilon'+\delta$ |
| 8 M+ $\beta+\omega$ | 18 γ | 28 $\omega+\delta$ |
| 9 M+ ω | 19 M+ δ | 29 $\omega+\delta+\varepsilon'$ |
| 10 M+ $\beta+\omega$ | 20 M+ $\gamma+\delta$ | 30 $\delta+\varepsilon'$ |



第 49 圖 (Zn 30% 合金断面状態圖)

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 M+ α | 12 $\beta+\omega+\gamma$ | 11 $\alpha+\varepsilon+\omega$ | 31 $\delta+\omega$ |
| 2 α | 22 M+ $\varepsilon+\omega$ | 12 M+ $\alpha+\omega$ | 32 $\omega+\varepsilon'+\delta$ |
| 3 M+ $\alpha+\varepsilon$ | 23 M+ $\gamma+\omega$ | 13 $\alpha+\omega$ | 33 M+ $\delta+\varepsilon'$ |
| 4 $\lambda+\alpha+\theta$ | 24 $\gamma+\omega$ | 14 $\alpha+\beta+\omega$ | 34 M+ $\eta+\delta$ |
| 5 $\lambda+\xi+\theta$ | 25 $\gamma+\omega+\delta$ | 15 M+ ε | 35 $\eta+\delta$ |
| 6 $\alpha+\theta$ | 26 M+ γ | 16 M+ $\varepsilon+\omega$ | 36 $\eta+\varepsilon'+\delta$ |
| 7 $\alpha+\xi+\theta$ | 27 M+ $\gamma+\delta$ | 17 M+ ω | 37 $\varepsilon'+\delta$ |
| 8 $\alpha+\xi$ | 28 M+ $\omega+\delta$ | 18 M+ $\beta+\omega$ | |
| 9 $\alpha+\varepsilon+\xi$ | 29 M+ δ | 19 M+ $\omega+\beta$ | |
| 10 $\alpha+\varepsilon$ | 30 M+ $\omega+\delta$ | 20 $\beta+\omega$ | |



固溶體 ω の區域 本三元系には Eger に依ると $Al_3Mg_7Zn_6$ (Al 12.6%, Mg 26.4%, Zn 61.0%) 石田博士に依ると $Al_{26}Mg_{30}Zn_{25}$ (Al 22.9%, Mg 23.8%, Zn 53.3%) なる三元化合物が存在し兩者の中孰れが正しいか不明である。然るに著者の研究に依れば 300°C に 75 時間焼鈍し爐中冷却した試料に於ては ω は三元固溶體であつて第 55 圖に示す様な廣い範圍に亘つて存在する。圖中の○印は ω 1 相の區域、△印は異相混合區域で、 ω の範圍は高溫では常溫より尙廣がつて居る。従つて其の分子式を決定する事は

第 50 圖

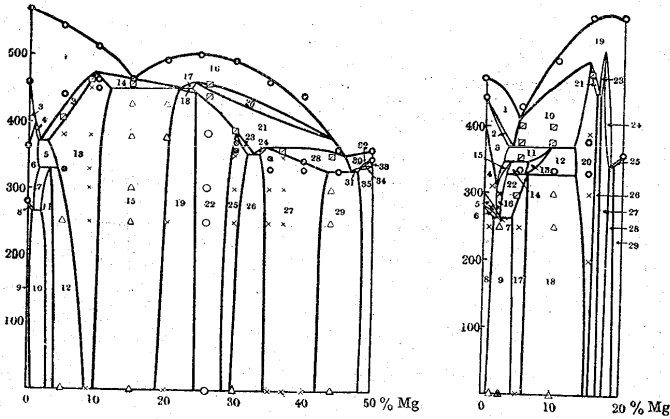
(Zn 50% 断面状態圖)

1 M+a	13 a+ε	25 ω+γ
2 M+a+ε	14 M+a+ε	26 ω+γ+δ
3 α	15 α+ω+ε	27 ω+δ
4 M+a+λ	16 M+ε	28 M+δ+ω
5 α+ε+λ	17 M+ω+ε	29 ω+δ+ε'
6 α+γ	18 M+a+ω	30 M+ε+ε'
7 α+λ+ξ	19 α+ω	31 M+δ+ε'
8 λ+a+θ	20 M+ε+ω	32 M+γ+δ
9 α+θ	21 M+ω	33 η+δ
10 α+θ+ξ	22 ω	34 η+δ+ε'
11 α+ξ	23 M+ω+γ	35 δ+ε'
12 α+ε+ξ	24 M+δ+ω	

第 51 圖

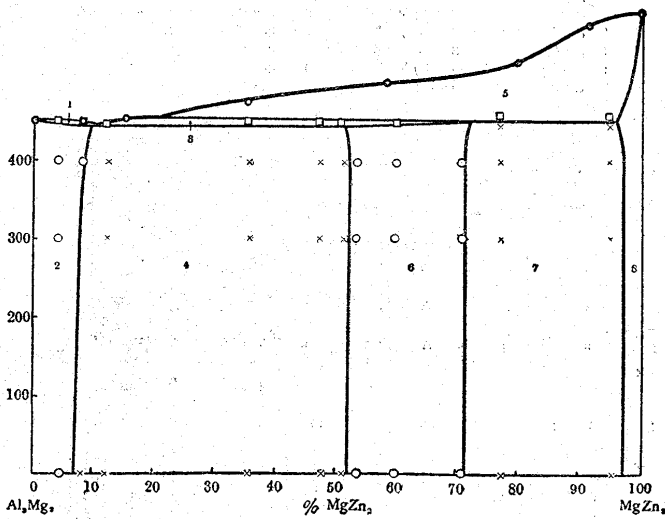
(Zn 80% 断面状態圖)

1 M+a	11 M+λ+ε	21 M+a+ε
2 M+λ+a	12 α+λ+ε	22 α+ε+λ
3 λ+M	13 λ+ε	23 M+ε+ω
4 λ	14 λ+ε+ξ	24 M+ε+ω
5 λ+θ	15 M+ξ+λ	25 M+ε+ε'
6 λ+a+δ	16 λ+ξ	26 ω+a+ε
7 λ+ε+θ	17 α+ξ	27 ω+ε
8 α+θ	18 α+ε+ξ	28 ω+ε+ε'
9 α+θ+ξ	19 M+ε	29 ε+ε'
10 M+a+ε	20 α+ε	



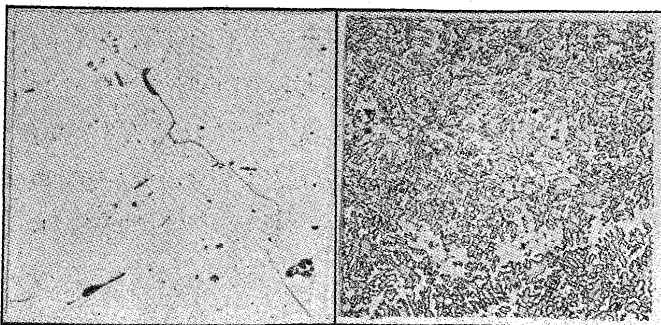
第 52 圖

1 M+β 2 β 3 M+ω 4 β+ω 5 M+ε 6 ω 7 ω+ε' 8 ε



第 53 圖

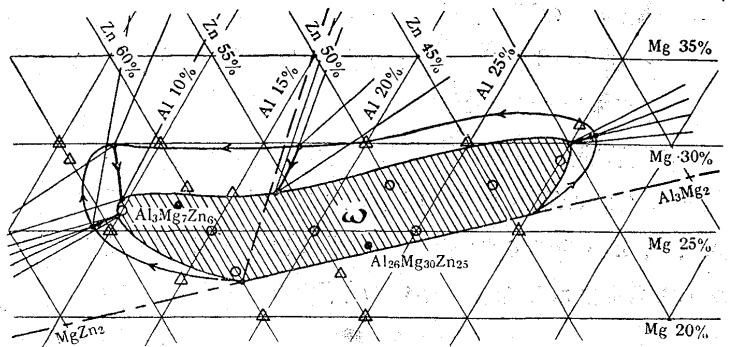
第 54 圖



×100. A₁₅M₂₅Z₆₀. 焼鈍、2% 液腐蝕、ω の均一相、黒點は熔剤の混入した物である

×100. A₁₀M₂₀Z₇₀. 焼鈍 2% 液腐蝕、白いの ω₁ 灰色は ε₁ 相共存区域の組織

第 55 圖



不可能であるが石田博士は Al₂₆Mg₃₀Zn₂₅ の方が中央に近い ω は非常に脆く、硝酸アルコール溶液には容易に腐蝕せられるが其の組成に依つて腐蝕度は相當變化する。

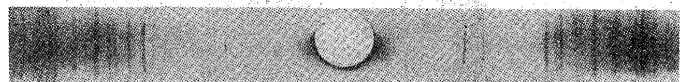
第 56 圖は ω (A₁₅M₂₅Z₆₀), ε' (A₀M₂₀Z₈₀) 及び ε (A₀M₁₅Z₈₅) 試料を微粉末にし硝子細線の表面に糊付けして Debeye 法で撮影した X 線寫眞、第 57 圖は此 X 線寫

第 56 圖

ω (A₁₅M₂₅Z₆₀)



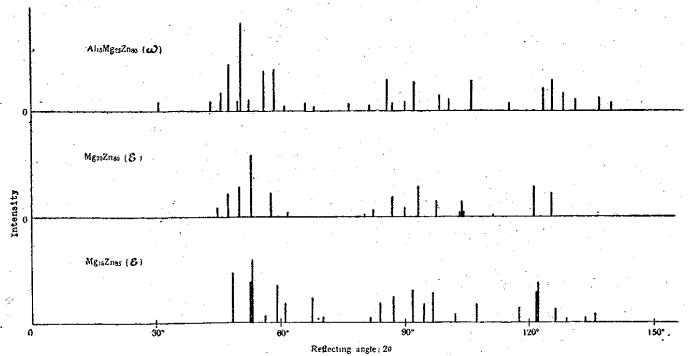
ε' (A₀M₂₀Z₈₀)



ε (A₀M₁₅Z₈₅)



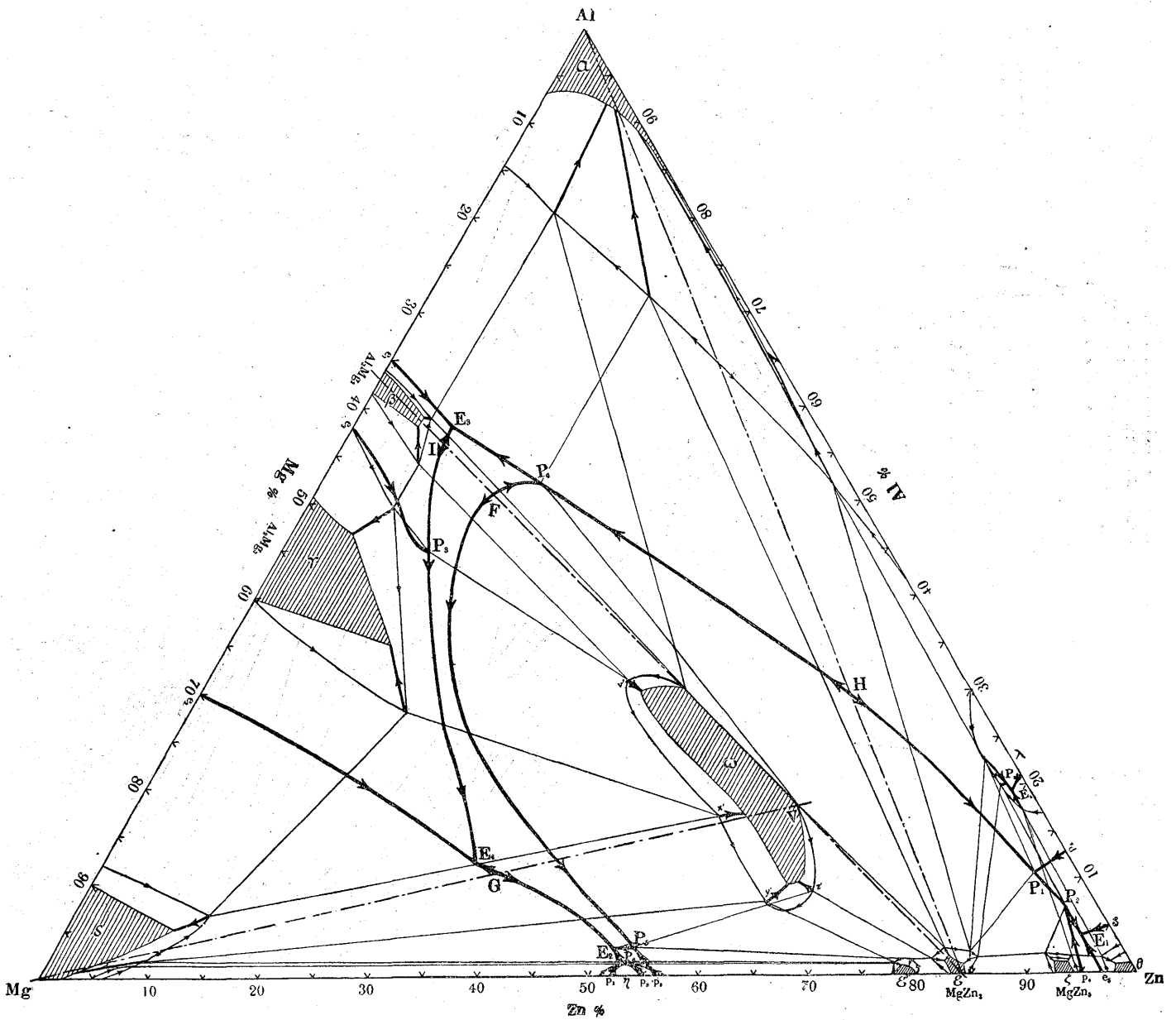
第 57 圖



眞の感光度を測定し其位置と共に線圖に示した物で各々別箇の相である事が分る、

λ 相の變態 第3圖に示す様に Al-Zn 系のλ相は280°C で共析して α と θ とに變態する。従つて本三元系でも此共析變態との關係を明かにする事が必要である。所で三元系に於ける λ 相の範圍は Mg 2.5% 迄で非常に狭いから此中に起る變化も推定に據る外ないが第 42 圖に示す様に

第 58 圖



P_s なる包共析反應及び E_s なる三元共析反應が起ると考へられ其温度と反應は次表に示す通りである。

第 2 表 (VIII) 固體に起る不変系反應

温度 °C	反 應	Al %	Mg %	Zn %
P _s 320?	$\lambda + e \rightarrow \zeta + \alpha$	—	—	—
E _s 270?	$\lambda \leftarrow \alpha + \zeta + \theta$	—	—	—

完全な状態圖

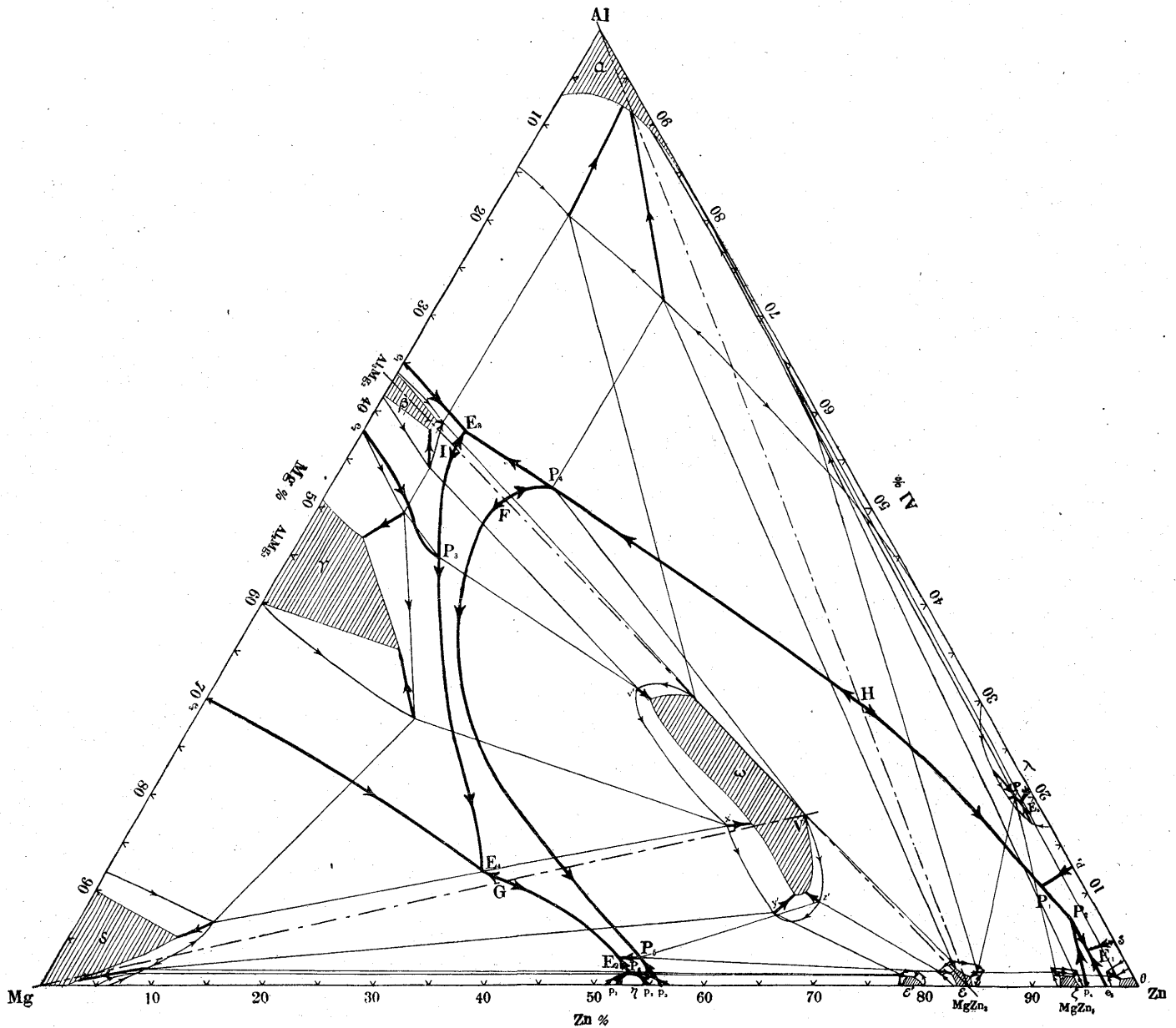
先に求めた初晶面と更に固相に入つてからの各相の區域及び變態即ち切斷状態圖を綜合し之に理論的綜合状態圖を参照して本三元系の完全状態圖を第 58, 59, 60 圖の如く決定した。圖から分る通り此三元系は Al-Zn-MgZn₂, Al-Al₃Mg₂-MgZn₂, Mg-V-Al₃Mg₂, Mg-V-MgZn₂ 合計 4 つの擬三元區域に分ける事が出来る。各區域各線並に各點の變化は理想的状態圖に述べた通りで此處に再び繰

り返す事は避ける。唯 Eger の示した状態圖とは甚しく違ひ氏の研究を大いに訂正し得たのみならず固體に起る變化も究明し得たつもりである。

總 括

- 1) Al-Mg-Zn 三元系の完全状態圖を研究し其の基調となる各二元系としては Al-Zn は Hanson & Gayler, 石原氏の物 Mg-Zn は武井、大谷兩氏の物 Al-Mg は大體 Hanson & Gayler の物を採用した。
- 2) 先づ熱分析、顯微鏡試驗に依つて初晶面を決定した
- 3) 初晶面が決したから之を以て理論的に假想的三元系状態圖を構成し固相に起る諸變化のコントロールとした。
- 4) 焼鈍及び焼入れ組織を検鏡して各斷面状態圖を作り各相の區域を決定した。之等を根據として實際状態圖を完成した。

第 59 圖



5) 本三元系には ω なる固溶體區域があり三元化合物 $Al_xMg_yZn_z$ を母體とする物と思はれる。化合物は $MgZn_2$ と Al_3Mg_2 を結ぶ直線上にある物の様であるが正確な分子式を決定する事は不可能である。

6) $Al-MgZn_2$, $Al_3Mg_2-MgZn_2$, は何れも獨立した準二元系として扱ふ事が出来る。

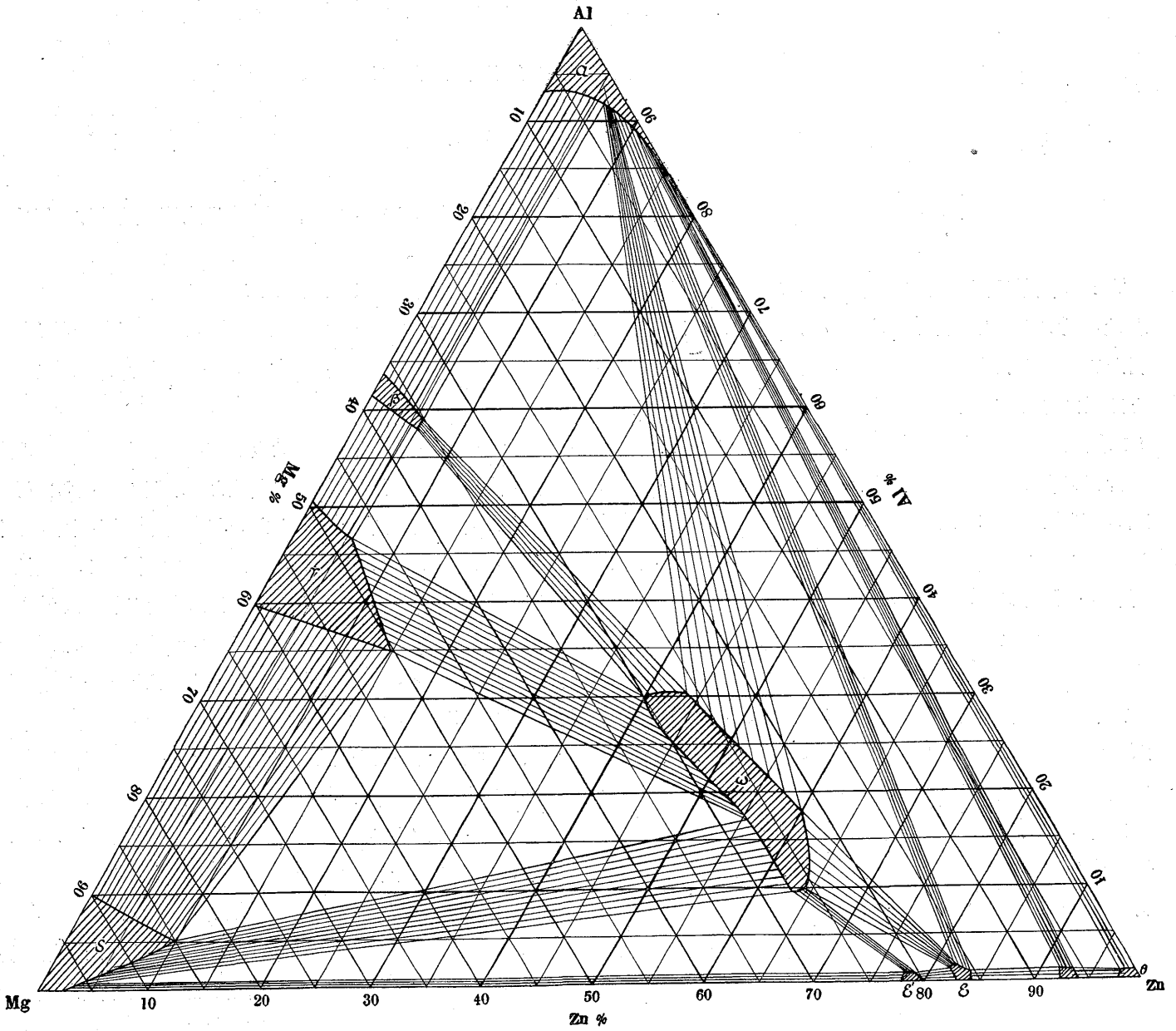
7) 各相の初晶面、二元共晶線、二元包晶線、三元共晶點、包共晶反應點及び λ 區域に於ける包共析點、三元共析點等は第2表に示した通りである。

本研究に當つては清岡鐘一、川本次郎、丹治道生、寺島元三郎、片田江星輝、田中英一、塚本重熊及び吉原幸一等八氏が夫々各細部を擔當助力せられた物であつて此處に録して深厚の謝意を表し度い、余の助教授錦織博士も又研究の餘暇を以て上記諸氏の實驗を援助せられた、博士にも又謝意を表さなければならぬ。

文 獻
Al-Mg 系

- 1) O. Boudonard: "Sur les alliages d'aluminium et de magnesium" Comptes Rendus. 132, II, (1901) 1325.
- 2) G. Grube: "Über Magnesium-Aluminiumlegierungen" Zeits. anorg. Chem. 45 (1905) 225.
- 3) Schirmeister: "Ergänzung des Aluminium-Magnesium Zustandsdiagrammes" Metall und Erz, II (1914) 522.
- 4) D. Hanson & M. L. V. Gayler: "The constitution of the alloys of aluminium and magnesium". Journ. Inst. Metals. 24 (1920) 201.
- 5) W. Schmidt u. P. Spitaler: "Beitrag zur Kenntnis der hochprozentigen Magnesiumlegierungen" Zeits. Metallk. 19 (1927) 452.
- 6) E. H. Dix u. F. Keller: "Gleichgewichtsbedingungen in Magnesium Aluminiumlegierungen". Zeits. Metallk. 21 (1929) 205.
- 7) E. Schmidt u. G. Siebel: "Röntgenographische Bestimmung der Löslichkeit von Magnesium in Aluminium" Zeit. Metallk. 23 (1931) 202.
- 8) P. Saldau & M. Zamotorin: "The solubility of aluminium in magnesium in the solid state at different tem-

第 60 圖



peratures". Journ. Inst. Metals. I (1932) 221.

9) 河上益夫: "アルミニウム-マグネシウム系合金の平衡状態圖" 金屬の研究, 10 (1933) 532.

Al-Zn 系

- 10) W. Rosenhain and Archbutt: "The alloys of aluminium and zinc". Journ. Inst. Metals. 6 (1911) 236.
- 11) D. Hanson & M. L. V. Gayler: "A further study of the alloys of aluminium and zinc". Journ. Inst. Metals. 27 (1922). 267.
- 12) W. Sander u. K. L. Meissner: "Zur Kenntnis der Konstitution der Aluminium-Zinklegierungen". Zeits. Metallk. 14 (1922) 385.
- 13) T. Tanabe: "Studies in the aluminium-zinc system" Journ. Inst. Metals. 32 (1924) 415.
- 14) T. Ishihara: "On the equilibrium diagram of the aluminium-zinc system". Journ. Inst. Metals. 33(1925)73.

Mg-Zn 系

- 15) O. Boudonard: "Le alliages de zinc et de magnesium" Comptes Rendus. 139 (1904) 424.
- 16) G. Grube: "Über die Legierungen des Magnesiums mit Kadmium, Zink, Wismut und Antimon". Zeits. anorg. Chem. 49 (1906) 77.

17) R. Chadwick: "The constitution of the alloys of magnesium and zinc". Journ. Inst. Metals. 39 (1928) 285.

18) W. H. Rothery & O. Rounoefell: "The system magnesium-zinc" Journ. Inst. Metals. 41 (1929). 119.

19) 武井武: "マグネシウム-亜鉛系合金の平衡状態圖" 金屬の研究 6 (1929) 177.

20) 大谷文太郎: "マグネシウム-亜鉛-錫合金平衡状態圖に就て" 研究資料(廣工廠航空機部) 41 號 (1932).

Al-Mg-Zn 系

- 21) G. Eger: "Studie über die Konstitution der ternären Magnesium-Aluminium-Zinklegierungen". Intern. Zeits. Metallogr. 4 (1913) 115.
- 22) W. Sander u. K. L. Meissner: "Gleichgewichtsstudien im Vierstoffsystem Aluminium-Magnesium-Silizium-Zink", Zeits Metallk. 15 (1923) 180.
- 23) V. Fuss: "Über die Konstitution von Dreistofflegierung des Aluminiums" Zeits. Metallk. 16 (1924). 24.
- 24) Bradley Stoughton & Miyake: "A preliminary study of magnesium-base alloys". Am. Inst. Min. Met. Eng. 73 (1926) 541.
- 25) 石田四郎: "二三のマグネシウム輕合金に就て" 日本鑛業會誌 45 (1929) 256, 611, 786. 46 (1930) 245. (1935. June 15)