

# 隨筆 輕合金史 (第39回)

京大教授 工博 西村 秀雄

## 終戦前の我が輕合金學界

昭和19年の秋にはサイパン島が既に米國の手に歸した。やがては我が本土が爆撃されるようになった。食糧の不足とともに不安な気持ちに追いつめられて來た。既述のNDの研究は大体その頃完成していたのであつた。

秋も半を過ぎ11月になつた。23日、東京の上空にB29の姿があらわれて萩窪の中島航空機工場の一部が爆撃された。これが連続して爆撃を受ける最初であつた。その日は東京の海軍技術研究所に居つたので防空壕にはいつたのを記憶している。12月に入つて7日であつたと思うが東京へ会合のため出席しようとしたが、東海道に地震があつて名古屋附近から以東静岡までの間に可なり甚しい家屋の倒壊があり、殊に航空機工場の被害は甚しいものがあり、そのため汽車が不通となり、結局東京へ行くことが出来なかつた。

それ以來各種の委員会の活動も下火となつて翌20年に入つてからは爆撃のために全く研究どころの騒ぎでなく、疎開が人々の仕事になつた。

アルミウム地金の生産も、3月頃には全く停止して、敗戦の様相が益々濃くなつていつた。

學術振興会の第19小委員会なども、屑金の処理などを論じたりしては余りにも悲しく、學術の研究でないために筆者など何等手傳う気にならず、その結果を聞くに過ぎなかつた。輕合金史として書き残すべき程のこともなく、会合があつても無駄に時間を往復の汽車に過したのであつた。かくして昭和20年8月15日の終戦となつた。

これで戦争中の輕合金史として書き残すべき主要なことは大体盡したと思うが、海外の事情が全く不明であつたから、その間の進歩を記述することが出来ないのが遺憾である。この間の

文獻を若し手にすることが出来るなら、追加したいと考えている。

## 戦後も木なる飛躍なし

しかし現在の輕合金の世界を眺めると、その間に、余り大きい飛躍があつたとは考えられない。大体その情勢が窺い得るのである。アルミニウムとマグネシウムの將來の動向も、新しい用途への發展はあつても、その材料に關した大きな發展はもう望めないのではないか。第一次世界大戦から發達を重ねて來たこの輕合金材料も、特殊鋼と同様、既にある發展の限界に來たと云えよう。航空エンジンが内燃機からジェット・エンジン、ロケットと進歩して來た。ジェット・エンジンなどは將來の發達を豫想されるが、輕金属もチタン金属の出現によつて、將來はその方向に新しい分野が開かれるに違ない。

輕合金史は終戦とともに現代に筆を染めなければならぬ。それには輕合金材料とその學術的な研究方面とに別けて記述し、輕合金史の結びとしたいのである。米國の工業の發達は、あらゆる面ですばらしい。これは米國から歸つて來た人の言葉である。輕合金に關しても同様であると云えるから、米國で使用されている材料を先ず標準にして、現在の輕合金界の展望を試みたい。それには加工材と鑄造材とに區別して記述することにした。

純アルミニウムとして最純のものは99.998%である。この純度はフランスで工業的に造られたが我が國でも現在既に生産されるようになつている。しかし一般には99.996%が最高純度の標準となつている。かかる材料は電解コンデンサーなど特殊の用途以外の需要は少い。一般にはアメリカで2Sと稱される純度が工業用アルミニウムであつて、1Sとせず2Sとせるところに注目される。これは2Sは合金と考えているのである。

第1表 米 國 現 行 の 輕 合 金

名 称	標 準 成 分 %	化 学 成 分 範 囲 %							
		Cu	Cr	Mn	Mg	Zn	Si	Fe	其 他
3S	Mn 1.2	<0.2	—	1.0~1.5	—	<0.10	<0.6	<0.7	—
11S	Cu 5.5 Pb 0.5 Bi 0.5	3.5~6.0	<0.25	<1.0	<0.8	<0.3	<0.8	<1.0	Bi 0.2~0.7 Pb 0.2~0.7
R317	Cu 4 Mn 0.6 Mg 0.5 Pb 0.5 Bi 0.5	3.5~4.5	<0.25	0.2~0.8	0.2~0.8	<0.2	<1.0	<1.0	Bi 0.3~0.7 Pb 0.3~0.7
14S 鍛造	Cu 4.4 Si 0.8 Mn 0.8 Mg 4	3.9~5.0	<0.10	0.2~1.2	0.2~ 0.75	<0.25	0.5~1.2	<1.0	—
14S板	”	”	”	”	0.2~0.8	”	”	”	—
R301*	Cu 4.5 Si 1.0 Mn 0.8 Mg 0.4	>3.9	<0.25	0.2~1.2	0.2~0.8	<0.25	0.5~1.2	<1.0	—
17S	Cu 4 Mg 0.5 Mn 0.5	3.5~4.5	<0.25	0.4~1.0	0.2~0.8	<0.10	<0.8	<1.0	—
18S	Cu 4 Ni 2 Mg 0.5	3.5~4.5	<0.1	<0.2	0.43~ 0.9	<0.25	<0.9	<1.0	Ni 1.7~2.3
24S	Cu 4.5 Mg 1.5 Mn 0.6	3.8~4.9	<0.25	0.3~0.9	1.2~1.8	<0.1	<0.5	<0.5	—
25S	Cu 4.5 Mn 0.8 Si 0.8	3.9~5.0	<0.10	0.4~1.2	<0.1	<0.25	0.5~1.2	<1.0	—
32S	Si 12.5 Mg 1.9 Cu 0.9 Ni 0.9	0.5~1.3	<0.1	<0.2	0.8~1.3	<0.25	11.5~ 13.5	<1.0	Ni 0.5~1.3
51S	Si 1.0 Mg 0.6 Cr 0.25	<0.35	0.15~ 0.35	<0.2	0.45~ 0.80	<0.25	0.6~1.2	<1.0	—
52S板	Mg 2.5 Cr 0.25	<0.1	0.15~ 0.35	<0.10	2.2~2.8	<0.03	Si+Fe <0.45		—
53S	Mg 1.3 Si 0.7 Cr 0.25	<0.10	0.15~ 0.35	—	1.10~ 1.40	<0.10	0.45~ 0.65 (Mgに對し)	<0.35	Ti <0.15
56S	Mg 5.2 Cr 0.1 Mn 0.1	<0.10	0.05~ 0.20	0.05~ 0.20	4.5~5.6	—	<0.3	<0.3	—
61S	Mg 1.0 Cu 0.25 Si 0.6 Cr 0.25	0.15~ 0.40	0.15~ 0.35	<0.15	0.8~1.2	<0.2	0.4~0.8	<0.70	—
75S	Zn 5.5 Cr 0.3 Mg 2.5 Mn 0.2 Cr 1.5	1.2~2.0	0.15~ 0.40	0.10~ 0.30	2.1~2.9	5.10~ 6.10	<0.5	<0.7	—

合せ板として皮材は Si 0.35~1.0%、Mg 0.80~1.5%、Cu <0.2%、Al 残りをを用いる。

米 國 現 行 の 強 力 輕 合 金

第I表にその他の加工材の合金の名稱と化学成分を示した。但し化学成分範囲として示したもので、標準成分以外のものは不純物として含まれるものを示している。

強 力 輕 合 金 の 現 状 と 動 向

これを用途から区別してみる。強度を必要とする部分には17S或は24S或はその合せ板が使用される。これは航空機その他の輸送機などの板、型材、管、棒としての用途が多い。これに関しては更めて語るべきものはなく、將來とも強力輕合金材として廣く使用されるであろう。

しかし鍛造材として14Sと25Sとに注意した

い。25Sは我が国では主としてプロペラに用いられていた。米國でも同様であつた。同じような化学成分をもつ14Sが矢張鍛造材として、また板に使用される。強力で硬度を必要とする大型の鍛造物などに適するものとされている。

この合金は矢張500°Cで焼入して時効する。抗張力40 kg/mm<sup>2</sup>、伸25%程度を示し、これを170°Cで10時間焼戻すと抗張力49 kg/mm<sup>2</sup>、伸13%位となつて焼入時効のままでは17Sと強さは差がない。常温時効をすることが25Sと異り25Sは常温時効で硬化は殆ど望めないから、焼入を515°Cで、焼戻しを170°Cで10時間ほど行う必要がある。焼入焼戻して抗張力が14Sの常温時効したものと同様、40 kg/mm<sup>2</sup> 近くになる。この点でやや劣るが、鍛造性がよいためにプロペラの如き利用されるのであらう。

14Sは既に述べたような常温時効で硬化し、また焼戻して一層強力とすることが出来るから型鍛造などには17Sよりもこれが用いられているのではなからうか。NDと稱した合金が14Sの規格の範囲の成分をもつものであると書いたが、唯、NDと異なるところはマグネシウムの標準が0.4%となつている点である。NDでは最高値の0.8%を標準としたことが異つている。鍛造を目標とするなら0.4~0.5%と低いことが望まれるに違いない。強度を24Sと同様と考えて、マグネシウムを高くしたのであるが、そのためNDの高温加工性が特によいという証明も出来なかつた。若しNDを始めの目標のように高温加工性のよいことを目標として研究したなら、恐らく14Sと同じマグネシウム0.4~0.5%となるのでないか。24Sがある以上、NDの如きものを、も早必要としないから、鍛造材としては14Sを考えるべきではなからうか。

米國では総ての工業に多量生産を必要とし、それに適した材料が造られる。快削性を要求されるのもその一つである。11S及びR317のような、鉛と蒼鉛を少量含んだ合金の存在理由は快削性にある。我が國では恐らく、かような快削性を必要とするほどの多量生産を必要としない。少量でも蒼鉛の如き高価な金属は用いられぬ。蒼鉛は下痢止めの薬品として、その他種々

の用途がある。輕合金用として我が國が費う必要は無さそうだ。

## Y合金に代る18S

また我が國では耐熱高力合金としてY合金が廣く使用された。しかるに米國ではY合金の代りに18Sが用いられる。Y合金よりマグネシウムの含有量が少く0.5%である。多くとも0.9%で1%を越さぬ。Y合金が耐熱性に勝れていることは既に説いた。米國も始めはY合金を使用していたのであるが、最近になつて18Sとなつた。その理由は矢張鍛造性ではなからうか。將來我が國で鍛造ピストンを製造する必要がある場合には考慮すべき問題である。参考のため高温の機械性質を第2表に示した。

第2表

温度 °C	25	150	200	250	300
抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	42	29	14	9	5
伸 %	22	20	26	40	70

### 但し焼入焼戻材

高温度の強度はY合金に比較して稍低いことを注目したい。ピストン材として使用されていることは膨脹係数の小さいものとしての要求による。なお32Sがある。次に3S、A51S、58S、56S、61Sは何れも耐蝕性合金である。そのうち3Sは普通のアルミニウム以上に強度が必要で、耐蝕性が必要な部分に廣く用いられ、加工熔接も容易であるから板としての用途が多い。

## 52Sと56Sの性質と系統

52Sと56Sはヒドロナリウムと稱される合金の系統に属している。52Sは加工性もよく腐蝕に耐え、可なりの強度をもち疲勞強度が比較的高い。耐蝕性合金として構造材として使用される。焼入れ焼戻しによる硬化を示さないから、熱処理による材質の改善ということは望めないが、冷間加工で適當の強度を與える。將來造船、建築方面などに利用される可能性が多い。

この合金の成分としてクロムが加えられ、マンガンが0.10%以下となつている。ヒドロナリウムはマンガンが加えられている。クロムとマ

(34頁へ続く)

大なアルミニウム工場が建設されつつあるが、完成の際には酸化アルミニウム5~6万トン、アルミニウム3万トンを生産する。酸化アルミニウム工場は戦時中ドイツが着工したが遅々として進捗していない。外国からの資金援助があれば1年半~2年で完成されるという。政府は英国あたりからクレジットを獲得し、右アルミニウムでこれを償却することを望んでいる。

(8) ボーキサイト トリエスト附近のイストリア、ダルマチアのドルニス、ヘルツェゴヴィナのモスタル、モンテネグロのニクシチが四大産地である。質は良好である。\*この他アンチモニー、水銀、クロム鉄、鉛、マンガン鉄、鉄合金等の情報は割愛する。

2. 現在における主要非鉄金属の年産高及び国内消費量 (単位1メートル・トン)

銅	40,000	20,000
うち電気銅	14,000	
亜鉛	12,000	8,400乃至8,880
アルミニウム	3,000	3,000
アンチモニー	1,300	不明
水銀	300	(推定) 22
クロム鉄	50,000	(推定) 28,898
鉛	50,000	10,000

3. 1950年における鉄類及び非鉄金属類の輸出入 (単位メートル・トン)

鉄	338,391	鉄素	マンガン	145
黄鉄	55,101	ブリストル銅		15,986
ボーキサイト	152,993	電気銅		499
クロム鉄	21,202	真鍮塊及屑		1,416
選別クロム	19,211	青銅塊及屑		44
選別鉛	5,963	精製鉛		33,415
選別銅	650	鉛屑		166
選別黄鉄	120,595	亜鉛		1,414
選別亜鉛	34,340	亜鉛粉末		1,277
鉄素	483	アンチモニー塊		1,656
クロム鉄	2,251	水銀		478
マンガン鉄	1,342	蒼鉛		376

ミシン工業のアルミ割当削減 (ワシントン)

10月4日発・アメリカン・メタル・マーケット(1950年10月5日) / 國家生産局では、今日家内用ミシン工業顧問委員会に対し、同工業が1952年の上四半期に於て受取る銅及びアルミニウムの供給量は本年第四・四半期に受けたよりも10%減となるかも知れぬと通告した。此削減が必要とさ

れる理由は、國家生産局が説明した様に此等金属手持の極めて甚だしい減少及び國家防衛計畫に因る需要の増大にある。生産と略々同じレベルに今在るミシン機械への需要は、同工業スポークスマンの言明した様に引続き高水準に止まるであろう。彼等の説明する処に依れば、主婦達は概して生計費が上昇するに伴い一層多くのミシンを買うものである。委員会メンバーは、同工業は保存方策を採る事により、主要金属の使用を最少限度に削減してきた。製造業者達も亦國家生産局に対し、もしも彼等がその生産を更に削減しなければならぬとすれば、同工業は稀少金属材料の使用を制限されていない外國の競走者達に対し、対抗し難くなるであろうと警告している。同工業は現在年間約100万台のミシンを生産している。日本よりの輸入は委員会のメンバーによつて本年は約30万台単位と算定されている。國內經濟にとつてのミシン機械の重要性は十分認識されて居り、生産を可能な限りの高水準に維持しようとする爲に、あらゆる努力が爲されている、と國家生産局では言っている。その爲め特定数のミシンを製産する爲、同工業に対する原料割当計畫が考慮されている

(13頁より)

マンガンの添加が耐蝕性に、如何なる差を興えるか、まだ的確な説明となるだけの資料はない。粒界腐蝕に対し、或は應力腐蝕を防止することが、その目標であろうと考える。現在海外でこの系統の合金の析出現象とか應力腐蝕などの研究が比較的盛に行われていることは、まだこれ等の問題が完全に判明していないためであろうかと思う。著者の研究室でも研究を進めているが、まだ決論に至っていない。

56Sはマグネシウムの含有量が多い。それだけ加工も容易でないが腐蝕には強い。マグネシウム合金に対するリベットとケーブル被覆に供するものと書かれてある。51Sと53Sはアルドライ、アンチコロダルなどと稱している合金の系統で、Mg<sub>2</sub>Siを析出相とした合金だが、これ等はいずれもその発達の経路を既に書いたから繰り返さぬ。(次號完結)

# 隨筆 輕合金史 (第40回)

京大教授 工博 西村 秀雄

7.5 Sは超強力輕合金の一種であつて、亜鉛5.5%、マグネシウム2.5%、銅1.5%、クロム0.3%、マンガン0.2%、アルミニウム残分の合金である。R303も同様のもので、我が國のE.S.Dに比すべき合金である。7.5 Sは第二次の世界戦争中の産物であるが、かゝる合金の發展の歴史は既に書いたが、顧みると多少不備なところがあるから、いさゝか補足しておきたい。

## 7.5 S系をめぐる國際的研究の環

この系統の合金は、英國でローゼンハインその他の人々に研究されたE合金に端を發している。その後獨逸でサンダー並にマイスナーによつて、1926年にコンストラクタルの名稱で造られたものがあり、その後我が國ではトム合金から、E.S.Dとなつたものである。

また英國では1937年にロルス・ロイスでR R 77として發表された合金も同じ系統に属している。何れにしても應力割れの問題が附隨して、それが完全に解決されないまゝ第二次世界戦争となつた。

この戦争中に我が國ではHDが生れ、米國では始め70 Sとして造られたものが、7.5 Sとなつた。7.5 SもHDも亜鉛が多いと應力割れの危険があるから、強さを多少犠牲にして安全な材料として造られたものである。また佛國でも1933年以來 Alais, Froges et Camargue 会社にてゴーチエとバセー (Gauthier & Vacher) 両氏によつて研究されて Zicral<sup>1)</sup>と稱しているものである。亜鉛 8.5%、銅 1%、マグネシウム 2.5%、マンガン 0.75%の合金である。何れも E. S. Dと類似しているが、亜鉛はやゝ低いものが多い

ミネソタ大学の Mackay と Dowdell 両氏が *メタル・プロGRESS* 誌上に強力輕合金の動向という問題の下にこれ等の合金について論評し、そのうちに E. S. D は耐蝕性が低く圧延並に押出しが困難であつたと書いている。恐らく E. S. D についても試験したのであろう。

金属材料は一般に信頼性に乏しいものは避けるべきである。單に強力であるという点から使用するのは危険である。殊に應力割れの生じ易いもの或は焼戻脆性に敏感なものは避けなければならぬ。硅素鋼のような種類の鋼材が屢々問題を生じたことがあると同様に、無理は必ず堪るから、輕合金も矢張信頼度の高いものが望まれる。

將來もし、超強力輕合金の必要がある場合、E. S. D と 7.5 S と何れを求めべきかとの質問に対して、7.5 S と答えざるを得ないであろう。E. S. D は我が國で生れた材料であるが製造の難易からも、かく答えざるを得ないのではたかろうか。

## ヒューム・ロザリー・レイノール等の研究

一方、研究方面に眼を転じる。7.5 S は Al-Zn-Mg-Cu 系合金と見るべきであるが、現在なおその基礎的研究がつけられていることは明かである。例えば英國ではヒューム・ロザリーの指導でレイノール等の諸氏が Al-Mg-Zn 系合金、それに Mn, Cu などを加えた合金の状態図の研究を發表していることは、その証據である。また1951年の英國金屬学会誌7月号に見るクック、チャドウィックとマイヤの3氏がアルミニウム、亜鉛、マグネシウム合金の加工材についての研究

1) Rev. Metallurgie, (1950) 13    2) Metal Progress, 56 (1949) 331

3) E. Butchers, G. V. Raynor & W. Hume-Rothery, J. Inst. Metals 69 (1943) 209. A. P. Little, G. V. Raynor & W. Hume-Rothery, 同上 69 (1943) 423. D. J. Strawbridge, W. Hume-Rothery, & A. P. Little 74 (1948) 191. H. J. Axon & W. Hume-Rothery, 74 (1948) 315.

4) M. Cook, R. Chadwick & N. B. Muir, J. Inst. Metals 79 (1951) 293.

報告もそれを物語っている。亜鉛6~8%、マグネシウム2.5%を含んだ合金で、珪素、鉄、銅のその機械性質に及ぼす影響を調べたものだが、H.Dについて述べたのと同様な結果が與えられている。この点は我が國が先鞭をつけた。しかしこゝに研究を忘れないで着々と成果を擧げて行く英國の着実さが見られるようである。我が國では現在殆ど輕合金が使用されないが研究は棄てないよう心掛けねばならぬ。筆者の研究室ではこの系統の合金の研究を続けているのも、その爲である。

### 轉位論「加工硬化」のメス

加工材についてはこれ以上語るべきものはない。しかし學問の進歩は金属の塑性変形にテイラー、オロワン等の人々が轉位論を發展せしめ新しい見地から加工硬化にメスが加えられ、それに純度の高いアルミニウムが利用されつゝあることを忘れてはならぬ。バイルビーの非晶質説は一旦否定せられたが、加工硬化に先鞭をつけた傳統がこの發展を生んだものと考えたい。これに關聯してX線分析、電子顯微鏡の進歩が大きい役目をなしている。焼鈍による再結晶の現象がこれに附隨して未解決の分野が多く残されているため、現在最も花々しい論戰の的となつてはいるが、それにもアルミニウムが多く使用される。時効硬化に關してプレストン、ギエ層の生成から、析出の進行に關して研究が進められ、これにも矢張X線と電子顯微鏡が有力な武器となつてはいる。微に入り細に亘つて検討されていながら尙不明の点が残されている。これ等に関してアルミニウム合金が対象となつてはいるのは、始めて時効硬化がアルミニウム合金に発見されたにもよるが、研究に便利な爲でもある。今後の發展がこの方面にも期待される。

### 鑄造輕合金の現状

次には鑄造合金に移りたい。鑄造合金は砂型金型、ダイカストと目的によつて多少成分を異にしているが、大体に流動性のよいものを目標にしている。従つて珪素を含んだものが多く一般用途としてAl-Cu系、Al-Si系又はAl-Si-Cu系

合金が主要なものである。第2表に米國で用いられる鑄造材を示した。これを見るとかなり種類が多く注目すべきは砂型鑄物としてシルミンが用いられなくなり、シルミンに類似のものがあるに過ぎない。これも我國で用いているシルミンとは多少異つたものである。殊にAl-Si-Cu系の合金は種々に割合が異なるものが造られている点は、目的に應じた成分を選んだものと考えられ、この点我が國ではもつと検討してみる必要がある。

ピネトン用の合金にはY合金とLow-exの系統が何れも採用されている。耐蝕性を目標としてAl-Mg合金があり、軸承合金として錫6.5%銅1%、ニッケル1%を含む合金があることも注目される。

しかし鑄造材としては特に新しく發展した合金があるとは考えられない。この点は各國とも同様であろうから米國の例を以て範としたい。鑄造材は何れにしても機械性質に限度があり、寧ろ鑄造技術に關して改善を求めるところが多いから、この方面に努力をすべきである。

### マグネシウム合金の現状

翻つてマグネシウム合金に眼を轉じて見たい。マグネシウム合金はアルミニウム合金に比して使用される範囲が少いと同様、工業的に用いられるべき合金系が限られている。新しい今後の發展があまり期待せられないのでなかろうか。現在に於いてアルミニウム合金と同様或る程度大体進歩の限界に來ていると想像する。しかしマグネシウムは金属チタンの生産に必要なものであるからチタン金属の發展にはマグネシウム製錬の進歩に期待をかけなければならぬ。同時に合金材料としての發展も忘れてはならないが、我が國は終戦とともにその製錬が姿を消した。殆どマグネシウム合金の用途もなく現在に至つてはいるが、アルミニウムと同様にまた再び生産されねばならぬであらう。

### A M 6 5 S

とにかく米國で使用されているマグネシウム合金の成分を第3表に示した。元來マグネシウ

第2表 米國現行輕合金鑄造材

名称	標準成分 %	合金成分範圍 %				其他	
		Cu	Mg	Si	Zn		
13	Si 12	—	—	11~13	—	—	ダイカスト
43	Si 5	—	—	4.5~6.0	—	—	砂金型ダイカスト
83	Cu 4, Si 5	3.5~4.5	—	4.5~5.5	—	—	ダイカスト
108	Cu 4, Si 3	3.5~4.5	—	2.5~3.5	—	—	砂型
All Cast	Cu 3, Si 5	2.5~3.5	—	4.5~6.0	—	—	砂金型
A 108	Cu 4.5, Si 5.5	4~5	—	5~6	—	—	金型
113	Cu 7, Si 2, Zn 1.7	6~8	—	1~3	<2.5	—	砂型
C 113	Cu 7, Si 3.5	6~8	—	<4	—	—	金型
123	Cu 10 Mg 0.2	9.2~10.8	0.15~0.35	—	—	—	砂、金型
A 132	{Si 12, Ni 2.5 Mg 1.2, Cu 0.8	0.5~1.5	0.7~1.3	11~13	—	Ni 2~3	金型ピストン
Ref X-13	{Si 12, Cu 1.5, Mn 0.7, Mg 0.7	1~2	0.4~1.0	11~13	—	Mn 0.5~0.9	金型ピストン
142	Cu 4, Ni 2, Mg 1.5	3.5~4.5	1.2~1.8	—	—	Ni 1.7~2.3	金型ピストン
195	Cu 4.5	4~5	—	—	—	—	砂型
B 195	Cu 4.5 Si 2.5	4~5	—	2~3	—	—	金型
214	Mg 3.8	—	3.2~4.3	—	—	—	砂型
A 214	Mg 3.8, Zn 1.8	—	3.5~4.3	—	1.4~2.2	—	金型
218	Mg 8	—	7.5~8.5	—	—	—	ダイカスト
220	Mg 10	—	9.5~10.6	—	—	—	砂型
355	Si 5, Cu 1.3, Mg 0.5	1.0~1.5	0.4~0.6	4.5~5.5	—	—	砂、金型
356	Si 7, Mg 0.3	—	0.2~0.4	6.5~7.5	—	—	砂、金型
Ref X-8	{Si 8, Cu 1.5, Mg 0.3, Mn 0.3	1~2	0.2~0.6	7.0~8.6	—	Mn 0.2~0.6	砂、金型
360	Si 9.5, Mg 0.5	—	0.4~0.6	9~10	—	—	ダイカスト
380	Si 8.5, Cu 3.5	3~4	—	7.5~9.5	—	—	ダイカスト
750	Sn 6.5, Cu 1, Ni 1	0.7~1.3	—	—	—	Sn 5.5~7.0 Ni 0.7~1.3	金型
40 E	{Zn 5.5, Mg 0.6 Cr 0.5, Ti 0.2	—	0.5~0.65	—	5~6	Cr 0.4~0.6 Ti 0.1~0.3	砂型

第3表 米國現行マグネシウム合金

名称	標準成分 %	合金成分範圍 %				其他	
		Al	Zn	Mn			
AM 244	Al 4, Mn 0.2	3.5~5	—	>0.2	—	—	砂型
AM 241	Al 8, Mn 0.2	7.8~9.2	—	>0.15	—	—	砂型
AM 240	Al 10, Mn 0.1	9~11	—	>0.10	—	—	砂型
"	" "	9.5~10.5	—	>0.10	—	—	押出
AM 265	Al 6, Zn 3, Mn 0.2	5.3~6.7	2.7~3.3	>0.15	—	—	砂型
AM 260	Al 9, Zn 2, Mn 0.1	8.3~9.7	1.6~2.4	>0.10	—	—	砂、金型
AM 263	Al 9, Zn 0.9, Mn 0.2	8.5~9.5	0.5~0.9	>0.15	—	—	ダイカスト
Eclips alloy 130	Al 1.25, Mn 0.1	1.0~1.5	—	0.5~1.5	—	—	ダイカスト
AM 403	Mn 1.5	—	—	>1.3	—	—	圧延、押出、砂型
AM-C 52S	Al 3, Zn 1, Mn 0.3	2.5~3.5	0.6~1.4	>0.2	—	—	圧延、押出、鍛造
Dow Metal TS-1	Al 5, Zn 1, Mn 0.25	4.1~5.5	0.4~1.3	>0.15	—	—	圧延
AM, C 57S	Al 6, Zn 1, Mn 0.2	5.8~7.2	0.4~1.5	>0.15	—	—	押出、鍛造
AM, C 58S	Al 8.5, Zn 0.5, Mn 0.15	7.8~9.2	0.2~0.8	>0.10	—	—	押出、鍛造
AM 65S	Sn 5, Al 3, Mn 0.5	3~4	—	>0.4	Sn 4~6	—	鍛造



合金は獨逸から發達した。それが各國に及んで使用されるようになったもので、Mg-Al, Mg-Mn, Mg-Al-Zn系合金が主体をなしている。その後特筆すべき發達もしていない。唯一つ AM 65 S として示された Mg-Al-Sn 系合金が異なるものである。

この系合金は筆者が研究し、その時効硬化性について發表したものと同様に、錫はマグネシウムに約4%固溶する。錫5~6%を含みアルミニウムを加えた合金が焼入焼戻でよく硬化することを知つたが、AM 65 S はその結果とよく合致した成分を指示している。

当時我が國では何等反響がなかつたが、米國で採用されていることは喜ばしい。総て研究は無駄ではない。役に立つものは、何時か利用される。

米國で使用される輕合金を1948年版の Metals Hand book によつて輕合金界の現状を書いたのであるが、Metals Hand book は1933年に始めて發行され、1933年版を経て第三版となり、版が重なる毎に内容が改善されて進歩の跡が極めて明確に知られる。米國では如何に金属材料の研究が盛に行はれているかを物語るものであるからこれに據つた。金属材料の材料としての研究は學術研究でない。我國の如く必ずしも學界に發表はされていない。またその必要もない。如何なる研究がなされているか明かでなく、その生産に必要な學術的範囲のみが發表される。これも心得ておかねばならぬことである。

これで輕合金史の筆をとめたい。

憶えば一粒のアルミニウムが金に比すべき高價なものであつた昔から、現在では百万圓を越えた生産でもなお不足するという時代に進展した。その間に發達した輕合金の歴史を漸く書き終つた。しかし輕合金の歴史はこれで終結するものではなく、その用途の發展とともに益々展開して行くことであろう。この輕合金史は「花盛りのきのう、花散れる今日」という見出しで書き出した。それから既に三年を經過した。当

時は我が國の輕金屬界が花が散つた跡を見るような淋しさであつたが、時の流転は新しい歴史を造る。花散れる我が國のアルミニウム業界にも再び春がめぐり來るかとも考えられるようになった。満開にならぬまでも、蕾が少しくほころび始めたという時代が來た。

しかし前途には幾多の困難があろう。世界は平和を唱えて戦争の準備をしているのを思うと、安心は出來ない。我が國の輕金屬に関する研究は花々しさが無い。殊に工業的な向が低調である。世界の進展に伍して遅れないように心掛けて欲しい。輕合金史を読んで貰えば研究が如何に必要であるかを知つて頂けるに違いない。研究は立派な資本投下である。その投資は直に実を結ばぬかもしれないが、やがて立派な樹に育つ肥料となるものである。(完)

## 追記

輕合金史をとにかく不完全ながら書き終つた毎且禿筆を馳せて纏めることが出來た。これは一條諦吉氏の絶大の御好意によるものと厚く御禮申上げたい。元來文章が拙い、幾度か読み返しては書き直して漸く書き上げたのであるが更に読み返して見ると調査の不備のため足らぬところが多い。

元來歴史は客観的な記述であるべきものが、自画自讃とならぬまでも、自叙傳的な色彩を帯びたところがあるのは許して貰わねばならぬ。





# 續 輕 合 金 史 (第1回)

京都大学教授 工学博士 西 村 秀 雄

續輕合金史執筆のはじめに……金屬學發展の基礎……顯微鏡登場  
の影響……ソルビーの努力……状態圖の体系化……

輕合金學界の權威、西村秀雄教授は曩に4年間、40回に亘り、本誌に“輕合金史”を執筆連載された。それは欧米學の文獻にも類例無き大著述であつて、輕合金の學問的史實と工業的史實とを、世界大の視野に於て検討綜合し、一般の讀者にも理解、味読し得るよう、懇切な解説を施されたものであつた。果然、工場、教室、商社、研究所を挙り、事務者たると技術者たるとを問はず、學徒たると經營者たるとに論なく、この空前の雄篇は空前の熱心を以て愛読された。夫は一卷の大著として我が工業出版を飾るべく、目下嚴密な補訂を進めて居られるが、教授は讀者の熱望に應へ、更に續輕合金史の筆を執らるゝことになつた。齡い還曆を過ぎて猶、新しき輕金屬チタニウムの研究に寧日なき教授が、今後数年執筆の勞を続け、世界最初の“輕合金史”の完璧を期せらるゝ努力に対し、我等は讀者と共に、深き敬意を表するものである……編集者

## 續輕合金史執筆のはじめに

刻々と時が経過する。續輕合金史を書くにつれて歴史が造られる。無心のものも、それが人間と関連するとき、そこに人類の歴史につながりが生じ、時には大きな役割をなすものである。現在の文明なり文化というものの進歩を顧みると、人が造つた物のために人が逆に動かされ、時としては使役されている感じすらするのである。アルミニウムという金属が知られてそれが人々に利用され、人はまたそれに利用されている。

アルミニウムを利用するために合金が生れ、合金が機械に、器具になると、それを人が用いる。アルミニウム時代などと稱する歴史的の事實が生れる。かくまで發展すると物が人間を使役して來る。社会の經濟が物に支配されている以上、かかる考えすら無理ではないのでなからうか。

それはとにかく、かくまで發達した輕合金の歴史をその生誕から書き始めて、現代に至る概要をまとめたのが輕合金史であつた。思い出るままに、時間の許すかぎり書いたものであるが足らぬところも多い。しかし歴史は細かい専門

記事であつてはならぬ。一貫した動向を知ることが必要であり、余り技術的な記事に終始するのは無駄なことでもある。歴史の流れに沿つてその發展の経路を画き得れば足りるのであるから、輕合金史は輕合金が新しく造られ、利用された跡をたどることにした。要するに時の流転と共に發展の進路を失なわぬように記述した。

總て現代の科学の發展は始めはその利用を目標として生れ、或は造られたものが、その基礎的な方向の研究が必要となり、それが進むとそこに學問が生れ、學問としての体系が出来るようになった。金属も同様な経路をたどつて近代物理学の一部門として、立派な學問の対照となつて來た。この學問としての輕合金の發展の歴史は輕合金史では多少觸れたが、しかしそれがどう發展して來たかは余り記述しなかつた。それは輕合金の進歩と関連したものであるが、學問としての發展の歴史、金属に関する理論の進歩と離しては解けないから、別に纏めなければならぬと考えたからである。殊に理論をやさしく書くことの困難さを思うと、それに附隨した直接輕合金に関係しない問題をも、時々は説明しなければならぬ。總てものの發達には單獨に行われることは少く、續輕合金史を書くため

1) 輕合金史は合金の發達を記述したが、續輕合金史はそれに関連した理論的な方向の進歩を書くつもりである。

には、かような困難を打破しなければならぬ。この困難を覚悟して執筆しようと考えたが、しかし、思うような纏め方が出来るかどうかを憂ふるものである。幸いにして書き上げることが出来ればと思うのであるが、何分大きい課題をかかえて、当分は研究室を離れることも許されない。余暇に筆をとるということになるから、読者諸君の期待に添い得られるような、記事が出来るとか。とにかく秃筆を呵して勉強したいのである。

## 金属学発展の基礎

自然科学の発達とは同じような経路をたどることが多い。個々の事実の探究から、それが何かの形式に分類され、体系を造られて、それが学問としての基礎を造ると、それから派生した事実の探究へと進む。それに伴つてその事実を数学的に取扱うことが試みられて、学問としての体系が完備して来る。しかし数学的な取扱いは限度があつて、夫々実験的な裏付けを必要とすることが必要となり、漸次進歩をかさねる。

軽合金の進歩の裏付けとしては、先づ金相学の確立が大きい役割をなした。この金相学の進歩は化学熱力学が体系を整えたによるもので、現在では古典的な化学熱力学も物理化学の一分野として確立しているが、しかしこの発達もそう古い話ではない。一方、金属の顕微鏡組織の判別が容易になつたことと、高温測定が可能となつて熱力学理論の実証がなされたことで金属の科学の進歩を齎らし、軽金属合金の研究にも拍車をかけられた。

従つて軽合金の発達を、化学熱力学を基礎とした異相平衡論の進歩と切り離して考えることは出来ない。また他の金属材料の進歩との関連も考えねばならぬ。かかる意味から主として19世紀の末期から発達したこれ等の話を進めねばならぬが、それには理論的な面と実験的な方面とに別けて考えることが都合がよい。軽合金に

関する記述をするに先立つて、一應かかる方面の進歩の歴史を知る必要がある。

先づ金属をレンズで拡大して観察を試みたという記事が現われたのは既に17世紀に遡るのであつて、1665年にロバート・フック (Robert Hooke) がミクログラフィアという書物に、鉛と銀の合金から鉛の析出する状態を観察したと記載しているということである。

## 顕微鏡の登場の影響

18世紀になつてフランスでレオミュール<sup>1)</sup>が顕微鏡を用いて鉄鋼の破面の観察をしているが、同氏の著書には鉄の結晶状態を説き、鋼の焼入硬化に関する説明をしている。これ等の学者が近代金属学の先驅をなしたものである。しかし金属の破面の観察のみではその後の発展がなかつたのが、最近になつて米國でザツベ<sup>2)</sup>が初めて金属の劈開面の寫眞をとることを工夫し、最近それが問題となりつつある。フラクトグラフィの端緒がここにある、と考へて見ると興味を沸くであろう。

フラクトグラフィがどこまで発展するか、これが如何なる役目をなすか未知のものではあるが、金属材料の破面の判定に、単に破面を肉眼的に見て粒子の粗密を観察することより、一步を進めたものと云えよう。それが恐らく18世紀以前からも行われていた不確定な方法から、科学的に進んだと考えると、温故知新ということは何事にも必要だ、と云わねばならぬ。

一方光学顕微鏡<sup>3)</sup>が透過光線を利用する方面に進んだため、19世紀になつて有名なウイドマンステンテンが隕鉄の断面を研究して、酸で腐蝕し或は加熱し、酸化せしめて所謂ウイドマンステンテン像の顯出をした。これが1820年に発行された隕石に関する書物に記載された。

## ソルビーの努力

この組織は肉眼的であつて顕微鏡の力を借り

1) 1722年。レオミュールは烈氏の寒暖計の製作で有名な人である。

2) Zapffe. Fractocri Sallo graphie, Revue de Metallurgie, 48 (1951) P11.

3) 1750年、オランダで初めて造られたと伝へられる。

る必要はなかつた。それを顕微鏡で見ようと試みたのは、英國シェフィールドのソルビーであつた。同氏は顕微鏡的岩石学の創始者と稱すべき人であつた。岩石、隕石の研究から鉄鋼の組織と研究に進んだのであつたが、その後この業績は約20年近く顧みられなかつた。当時の文献は我が國では恐らく見られないから、どの程度のものであつたか想像がつかぬ。かなり進歩したものであつたと云われている。

これが契機となつて近代的な金属顕微鏡が造られた。その創始者の一人としてドイツのマルテンスをあげねばならぬ。マルテンスは金属材料の機械性質の測定に関する先驅者であるがまた、金属の顕微鏡組成の研究にも先鞭をつけた。マルテンスとは別にフランスではオスモンが矢張金属の顕微鏡組織を見ることを試みた人であることも忘れてはならぬ。これ等の人々の努力によつて金属の組織を反射光線で見るといふ仕事が確立した。これがどれだけ金属の學問に貢献したか、現在なお光学顕微鏡は進歩をつづけている。光学顕微鏡によるレンズの分解能は理論的に限界が明かであるが、レンズの性能が進歩し、装置の進歩は2,000~2,500倍で寫眞が撮れるまでになつた。しかしその基礎はマルテンス、オスモンなどの人々が築かれたものであつた。しかしこれ等の人々はまだ輕合金に関しては殆ど仕事をしていない。

## 状態圖の体系化

金属の顕微鏡組織を見るよになつたが、一方では組織の解釋をすることが必要となつた。それには、現在でいうと異相平衡論が要求された。丁度一方で熱力学の研究から異相平衡論の法則として相則がギブスによつて解明された。それは1878年である。それに基づいて状態圖の体系化を試みて、状態圖の研究の基礎を造つたのが Roseboom<sup>3)</sup> であつた。

もつとも、相則が金属の研究に適用し得ることをジエプトナーとか、ル・シャトリエなどの人々も示唆はしていた。しかし固溶体をなす可能な2成分系の状態圖を、相則を土台に與えたことはローゼボームの立派な仕事であつた。この状態圖の應用として、ロバーツ・オーステン<sup>4)</sup> (Roberts-Austin) が鉄-酸素系の状態圖の基礎を造つたのも大きな功績であつた。これも忘れられない。

他方、ル・シャトリエの發明になるサーモ・カップルで高温度の測定が容易となり、オスモンによつて鉄の変態が明白になり合金の冷却曲線を求めて状態圖を造る試みがカッパ (Kapp) とか、ヘイコックとネビル (Heycock & Neville) などによつて試みられていた。ロバーツ・オーステン或はヘイコックとネビルの仕事を顧みると、複雑なる2元状態圖を研究した努力は偉大なものと云わねばならぬ。現在これを繰返して調べるとしても、可なり時間と苦心を重ねなければ出來ない。かく考えると、始めて新しい仕事をしたこれ等の人々の勞苦を偲び、敬意を表したい。

とにかく19世紀の末期は、金属の學問に対しては黎明期であつた。そのため輕合金に関しては状態圖が未だ未着手であつたことは、曩の輕合金史に述べた通りである。(以下次号)

**那須アルミ新社長に濱田隆氏** 前社長大倉幸雄氏の逝去に依てしばらく缺員中であつた那須アルミニウム工業株式会社の社長には今度親会社日輕の取締役濱田隆氏が就任した。濱田氏は大倉氏と同じく日輕の新潟工場長だつた人である。

**管野友信氏ダイカスト工業視察に渡米** 新古河鑄造株式会社専務取締役管野友信氏は鑄造技術研究の爲、來たる一月十八日出發、約70日の予定でアメリカへ赴くこととなつた。同社は昨夏米国よりハイドロリック・プレスの400A超大型ダイカスト機を入れ本邦斯業に新時期を劃した処であり、管野氏は曾て屢々本誌に寄稿したことのある著名なダイカスト技術者である。今回の視察記も本誌に発表を約された

<sup>1)</sup> H. C. Sorby.      <sup>2)</sup> G. H. Desch. Metallagraphy (1918) 3.

<sup>3)</sup> Z. P. Chenrie., 30 (1899), 385, 413. Die Hereroyene Gleichgewichte vom stand punkt der Phasenlehre. (1910)

<sup>4)</sup> Sth Repor to Alloy Research Comnrittee, (1899).

# 續 輕 合 金 史 (第2回)

京都大学教授 工学博士 西 村 秀 雄

二元状態圖の發展……アルミニウム銅の二元状態圖……アルミニウム固溶体の溶解度

## 二元状態圖の發展

輕合金に関する状態圖などの研究は、19世紀の20世紀に移る頃から始まった。

総て研究には波がうつ。或る時期には新しい仕事が急に發展するが、それがしばらく續くと次にはスランプの時代が来る。また新しい仕事が發展する。このスランプを破るものは発見、發明であるが、新しい測定器機であることもまた理論であることもある。また新しい方法で新しいものが造られた爲に、他の方向まで進歩することもある。19世紀の後期にアルミニウムが工業的に生産されるようになった。しかし合金として使用するまでに至らなかつたのは、その時期が熟さなかつたのである。

しかし金属顯微鏡が發明され、2元状態圖が体系化されて、その應用として実際にアルミニウムを含む2元状態圖が研究されなければならぬ順序である。それがゴーチエ (Gautier) とカル・シャトリエなどの研究から、タンマン一派の人々の研究などにまで發展した。

就中アンリ・ル・シャトリエは、佛國の生んだ冶金学者として、偉大な足跡を残した人であり、また平衡の移動に関するル・シャトリエの法則を造つた人であるため、状態圖の研究には關係が深い。同氏は1950年10月18日の生誕100年に当り、記念祝祭がバリで行われた。アンリ・ル・シャトリエ先生の追憶として金属誌上に書いたから、ここには繰り返ささない。同氏とはにかく冶金学上には多くの足跡を残しているから、忘れてはならぬ。

## アルミニウム銅二元状態圖

アルミニウムを主体とした2元合金系のうち

で、工業用合金に關係の深いものを擧げてみる。先づ第1にアルミニウム—銅合金である。銅を含むアルミニウム合金の、合金としての研究はフランスのギエが1901年に Comptes Rendus に發表しているものがあるが、それに先立つてこの状態圖を初めて研究したのはル・シャトリエであつた。1895年に Bulletin de la Société d'Encouragement 10 (1895) 569 に發表している。それは液相線のみが決定されているのみで極めて不完全であるが、既に  $Al_2Cu$  の化合物の存在を明かにしている。また  $Al_2Cu$  とアルミニウムとの間の共晶点は銅34%としているが、これもその後の研究と余り差がない。ギエはこの状態圖を引用してアルミニウム—銅合金の組織を調べ、また機械性質を研究している。それを見ると銅を主成分にした合金を焼入して機械性質の変化を調べているが、惜しいかなアルミニウム側に対しては熱処理をしていない。とにかくアルミニウム青銅の熱処理の土台が既に造られた点に興味がある。

これから考えてもサーモ・ヤツプルで溫度を測定し得たことと、状態圖の理論的な基礎が出来たことが、ここまでの發展を與えたと言わねばならぬ。

英國でもこれに並行して研究が進められていた。それは先づ Curry の發表として現われた同氏は Woods と共著で、1907年に銅—アルミニウム合金の抗張力という題で、物理化学會誌 (J. Phys. Chem. 11, 461) に銅を主体としたアルミニウム青銅の機械性質を發表したと同時に、アルミニウム青銅の組成を同時に (P. 425) に銅—アルミニウム系の全系に亘つて状態圖を發表した。次いで Carpenter と Edwards の両氏が、英國の機械工業学会の合金研究委員會報

<sup>1)</sup> 金属21 (1951) 458

<sup>2)</sup> Guillet, Compt. Rend. 133 (1901) 684.

<sup>3)</sup> Rev. Metallurgie 2 (1905) 567.

告第8 (8th Report to Alloys Res. Com. Inst. Mech. Eng., 1907) にこの合金の詳細の研究を発表した。なおグワイヤが1908年に獨逸で無機化学会誌 52 (1907) 216 に発表したものがあり、これ等の研究を総合するとこの合金系の状態図が大体確立したと云える。軽合金としてはアルミニウム側の状態図が必要な譯であるが、 $Al_2Cu$ の化合物の存在は既にル・シャトリエによつて発見され、これは  $590^{\circ}C$  に融点を有し、アルミニウムとの間の共晶点は銅32%で  $545^{\circ}C$  と決定されている。これは現在共晶点の銅量32.5%と考えられ、温度は  $548^{\circ}C$  となつているから、当時アルミニウムの純度から考えて鉄、珪素などの影響で、かくなつたものであろう。測定は正確に行われていた。

しかしアルミニウムに銅が固溶する限度などに関しては、研究が不充分であつた。約10%まで固溶するとして状態図が與えられている。もつとも銅5%の合金の冷却曲線に共晶による停止点を認めているが、かように研究結果の取扱が不完全であつたとは云え、銅90~50%の複雑なる組織の解釋は可なりよく出來ている。

これは既に銅—錫系合金の状態図が、ロバーツ、オーステンとスタンスフィールド<sup>4)</sup>、次いでヘイスツクとネビルによつて與えられていたからであつて、殊に後者の研究で銅—錫系合金の状態図の基礎が殆んど確立されていた。この複雑な合金系の研究が手本となつて、銅—アルミニウム系合金の状態図が造られたと考へてよいであらう。

事の成るは成るの日に成るのでない、と云われるが、未知の世界を開拓して新しい洲を開いた先人のことは、どの方面を見ても茨の道であつた。度々同じ言葉を繰り返すようだが、我が國では、総て先進國の跡を追つているから、この初期の苦勞が足らぬ。新しいことを発見することの少いのも、かかる点があるのでなかろうか。人の手をつけないとも手さぐりで新しいことを進めるのは、盲人が杖を頼りに歩いて行くようなものである。苦勞は必ずしも実を結ぶと

は限らぬが、努力しないで實は結ばない。

## アルミニウム固溶体の溶解度

アルミニウムに於ける銅の固溶度が問題となつたのは、ウィルムによつてデュラルミンの時効現象が発見されて、その原因を探究するため米國でメリカがアルミニウム固溶体の銅の固溶度を研究して、 $Cu-Al_2$ の析出現象として時効を取扱つたのが始めであつた。これは輕合金史に詳細に書いた。輕合金としてはアルミニウム側の状態図として、この固溶度が大切なものであるから、特にこの問題に關しての研究が行われた。

初期の研究でアルミニウムに於ける銅の固溶度が正確に決定されなかつたのは、溶解度の変化の重要性が明かになつていなかつたによる。メリカなどの人々によつてアルミニウム固溶体の固溶度の決定を見た爲に、これによつて固溶度の変化が如何なる意義をもつものか、合金の性質にどう影響するか判然と結果を與えたものであつて、これがため固溶度の決定を正確にすることが必ずしも輕合金のみでなく、合金全般に對する考え方に大きな影響を與えた。

第1表にはその後、種々の人によつて求められたアルミニウムに於ける銅の固溶度の研究結果の主なるものをまとめて示した。そのうちでドイツ (Dix) とリチャードソン (Richardson) が、フープス法で造られた高純度のアルミニウムを用いて求めたものが最も正確で、現在も一般に用いられている。

第 1 表

研 究 者	温度 $^{\circ}C$	Cu %
Merica-WaltenFerg-Freeman A, I, M, E64 (1921) 9	540	4.2
	500	3.7~3.1
	400	1.6~2.1
	300	1.1~1.6
Rosenhain-Archbutt-Hanson 11 Report to the Alloys Research Committee (1921)	540	5
	450	3.7
	200	3
田 崎 正 浩 金屬の研究 2 (1925) 490	547	5.7
	500	4
	450	2
	415	1
大谷 文 太 郎 工業化学会誌24(1921)1353	520	4.8
	460	2.6
	420	1.5

<sup>4)</sup> Proc. Inst. Mech. Eng. (1895) 269,

<sup>5)</sup> Proc. Roy. Soc. 64 (1901) 320.

Dix-Richardson A, I, M, E. 73 (1926) 560	548 430 400 350 300	5.65 2 1.4 0.95 0.74
Zeerleder-Bosshard Z, Metallk 19(1927)462	550 300	4.75 0.4
Stenzel-Weerts Metall wirtsch, 12 (1933)353	350°C以上は大体 Dix-Richardson と同様であるが 225°C では溶解度は零となる	
Stockdale J. Inst. Metal 52(1933)111	548 462	5.73 3
Phillips-Brick J. Franklin Inst. 215 (1933) 557	548 500 400 200	5.6 3.4 1.25 0.2
	単結晶ではこれより多くなる	

またアルミニウム銅二元系状態図については<sup>6)</sup>筆者、久恒中陽、ストックデール (Stockdale)<sup>8)</sup>など繰り返して研究して発表したものがあるがアルミニウム側に関しては別に訂正されるところもない。久恒中陽氏が著者の研究室で造つた


2. 二元系全体に亘つた研究結果は、現在でも大体正しいと思われる。僅かに銅側に多少の訂正すべき点が発表されたに過ぎないことを特筆して置きたい。

次に軽合金としては Cu-Al<sub>2</sub>なる化合物の存在である。アルミニウム固溶体から Cu-Al<sub>2</sub>が析出する過程として時効硬化の現象が生じ、これがなお研究の対照となつて、現在まで及んでいる程重要なものである。この Cu-Al<sub>2</sub>は化合物として正方晶の結晶構造をもつてその格子常数は

$$a = 6.054 \text{ \AA}, c = 4.864 \text{ \AA}$$

<sup>9)</sup>と測定されている。これは時効硬化の問題に関連して大切なものであるから、時効硬化の現象についての研究の進歩を語るとき、再びとりあげることにならざるあろう。


<sup>6)</sup> 京大工学部紀要 5 (1927) 64.    <sup>7)</sup> 同上 8 (1934) 74.    <sup>8)</sup> J. Inst. Metal. 52 (1933) 111.  
<sup>9)</sup> Wassermann & Weerts, Metallwirtschaft, 64 (1935) 605.



**理研電化工業株式会社**

取締役社長 中山次郎  
専務取締役 神田博


本社 静岡市曲金二丁目百番地 (静岡四三〇一)  
東京支店 東京都中央区日本橋江戶橋二丁目八番地  
大阪出張所 大阪市南區瓦屋町三丁目三番地  
名古屋出張所 名古屋市中區榮町一丁目十番地  
名古屋出張所 名古屋市中區三階電話本局三番地



**太陽アルミニウム株式会社**

取締役社長 竹中博一  
常務取締役 土橋夫雄

本社 静岡市曲金二丁目一三番地  
出張所 東京部(静岡)四三三番地  
電話 静岡市(静岡)四三三番地  
電話 東京部(静岡)四三三番地  
電話 銀座(静岡)四三三番地  
電話 池田(静岡)四三三番地  
電話 一館(静岡)四三三番地  
電話 内四番



**日本軽金属株式会社代理店**  
アルミニウム・非鐵金属・カーバイト

**株式會社 大信洋行**

大阪市西區江戶堀上通一丁目一番地  
電話 土佐堀 三〇六二七  
東京支店 東京都中央区京橋二丁目七番地  
電話 中央區京橋 二〇七三三  
東京支店 東京都大田區西六郷(03)四三三番地  
電話 大田區西六郷(03)四三三番地  
工場 東京都大田區西六郷(03)四三三番地  
電話 蒲田(03)四三三番地

# 續 輕 合 金 史 (第3回)

京都大学教授 工学博士 西 村 秀 雄

アルミニウム地金の組成の研究……アルミニウム・鐵二元合金……アルミニウム・珪素二元系……アルミニウム地金の組成……アルミニウム・亞鉛合金状態圖……アルミニウム・亞鉛系のβ相の本質……

## アルミニウム地金の組成の研究

学問の發達はどの部門でも同じような経路をたどる。進歩の道程がどの階段にあるか、それぞれ異つてはいるが、一つの部門に進歩があると他の部門もそれに従つて進むようになる。自然科学の方面ではその傾向が著しい。例えば状態圖は平衡状態での存在条件のみを指示するので、これが先ず金屬合金の性質を判断する標準となつて種々の現象を論じられた。もつとも現在ではその域を脱して進みつゝあるが、それはとにかく、力学では動的な現象を靜止して力の釣合つた状態として考え、計算する。それと同じようなもので合金の状態圖は、平衡状態を示すに過ぎないが、一應は明白にする必要があり、その研究へ拍車がかけられたのであつた。

要するに新しい合金を造ると顯微鏡組織を見なければならぬ。組織に見られる結晶が何であるかを判定するためには状態圖を知ることが必要であつた。しかし金屬材料は簡単な組織からなつていない。また純金屬と稱しても純度が100%ではない。殊にアルミニウムは純度が、99.99%以上のものが得られるようになったのは最近のことであり、普通に用いられたものは99.1~99.3%程度であつた。その不純物は鐵と珪素が重なるものであつた。鐵と珪素はそのまゝで含まれるものでないからアルミニウム地金の顯微鏡組織を明確にするため種々の研究が行われた。

## アルミニウム・鐵二元合金

アルミニウム-鐵二元系合金に  $Al_3Fe$  なる化合物が存在することは獨逸でブルンクが1901年に、また佛蘭西でギエが1902年に認めて發表している。しかし状態圖としては英國でロパーツ、オーステンが液相線の大体を決定したのでを以て、その最初のもので考えねばならぬ。しかしこれは不完全のものであつた。アルミニウム側の状態圖としてグロイヤが1908年に發表したものがあつた。アルミニウム  $Al_3Fe$  の共晶溫度が646~649°C としているが共晶点は決定していない。またアルミニウムの融点が653°C となつていふことから可なり不純なアルミニウムを用いたと想像される。その後英國のローゼンハイン一派の人々でこの共晶溫度は648°C で共晶成分が鐵2%であるとした。

元來共晶点の正確なる成分割合を決定することは、熱分析のみでは難しいものであるが、殊に共晶点成分金屬に近く存在するときは一層難しい。アルミニウムと  $Al_3Fe$  との共晶点はアルミニウムに近く存在しているから決定し難いのである。その後も研究が繰返された。米國で DiX<sup>4)</sup> 或は Archer と Fink<sup>5)</sup> がそれぞれ1.7%或は1.9%と決定し、溫度を655°C 或は653°C としたものが最も正確に近いものであらうと考えねばならぬ。いずれにしてもアルミニウムに鐵は  $Al_3Fe$  なる形で含まれ、その共晶点は鐵1.7~1.9%にあるもので、溫度は653~655°C であるとしてよい。

1) Ber. Dtsch. Chem. Ges. 34 (1901) 2733.

2) Genie Civ. 41 (1902) 380.

3) Proc. Inst. Mech.

Eng. (1895) 245.

4) Proc. Am. Soc. Test. Mat. Tech. Papers 25 (1925) 120.

5) J. Inst.

Metals, 40 (1928) 356.



## アルミニウム・珪素二元系

次にアルミニウムと珪素の二元系合金のことは、シルミンと稱して鑄造合金に用いられるから、その發達の経路を既に書いた。またよく知られているから繰返す必要もないであろう。即ちアルミニウムと珪素とは簡単な共晶合金を造るもので、共晶点は珪素11.6%で578°Cに在るものである。

## アルミニウム地金の組織

かように鐵或は珪素とアルミニウムとの二元系合金は明かになつていたが、アルミニウム地金は鐵と珪素とを共に含んだ三元系合金と考えねばならない。しかしこの三元系状態圖は明確にされていなかつたから、始めは顯微鏡組織だけで研究された。その結果はアルミニウム地金のFe Al<sub>3</sub> 以外に鐵を含む三元化合物の存在が認められそれが組織は不明であつたため X とされ、漢字模様をなすのが特色であるとされた。それを始めて指摘したのは米國のメリカ、ワルテンベルク、フリーマンの諸氏であつた。

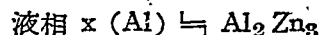
その後 Al-Fe-Sc 系三元状態圖の研究にまで發展、X 化合物以外に三元化合物の存在を知ることがなつた。この三元状態圖は革めて書きたい。

## アルミニウム・亜鉛合金状態圖

先に述べたアルミニウム-銅二元系合金が主要な輕合金であるため、その状態圖が早くから研究されたと同様に、アルミニウム-亜鉛系の状態圖も既に19世紀の末期から研究されていたものであることは、輕合金史の始めに書いた。合金として使用されるために注目されたのであつた。

初めこの合金系は簡單なる共晶合金と考えられて、アルミニウムに亜鉛が約50%固溶するとされた。しかしこれがもつと複雑なる二元系合金なることを英國のローゼンハインとアーチバットによつて發表された。兩氏の状態圖を見る

とアルミニウム固溶体の液相線は443°Cに轉移点があつて



なる包晶反應が生じ、化合物 Al<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub> が出来るものであつて、この化合物が265°Cで(Al)と(Zn)とに分解するものとなつてゐる。

とにかく今迄と異つてこの二元系の全貌を明かにした。これは既に輕合金史に書いた。

それに示唆を受けて筆者が大正8年にAl-Zn系合金の状態圖を再検討して5%以上亜鉛を含むアルミニウム合金が時効硬化するのを發見したことに觸れたところである。またこのアルミニウム固溶体における亜鉛の固溶度については研究者によつて甚しく異なることはハンセンの著書二元合金に纏めて示されているから明かであるが、著者の研究はその後フイレクとホーン兩氏或は最近の研究とも大差がなかつた。

いずれにしてもアルミニウムにおける亜鉛の固溶度と關聯して析出機構が問題となるが、この點に關してはまだ明白を欠くもので、現在僅かにギニエ(Guinier)がX線分析の結果を發表している程度である。研究したい問題の一つである。

一般に固溶体の固溶度は實際問題として必ずしも一定であると云えるかどうか疑問である。固溶体は過冷し易いため準安定のまま存在し易いからまだ検討しなければならぬ點があるのでないか。これ等の問題は析出現象に關係したものであるから、時効硬化の研究の歴史を述べるときに觸れることにしたい。

## アルミニウム・亜鉛系のβ相の本質

次にアルミニウム-亜鉛系合金のβ相について一言觸れておきたい。

ローゼンハインはこれをAl<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub>なる化合物としたが、これは化合物でなく固溶範囲をもつた中間相なることを1916年に英國でハンソンとゲーラーの兩氏が發表した。それについて我が國でも田邊友次郎氏、石原富松氏も同様の状態圖を發表した。何れもβ相が包晶反應を生じ

6) A. I. M. E., 64 (1920) 3. 7) Rosenhain & Archbutt, J. Inst. Metals 6 (1911) 236. 8) Hansen, Der Aufbau der Zweistofflegierungen (1936) 9) J. Inst. Metals, 27 (1922) 267. 10) 同上 32 (1924) 415.

ることに差異はなかつた。

しかるにアルミニウムの純度の高いものが造られるようになって、獨逸でシユミット・ワツサーマン<sup>11)</sup>の研究により、その後英國でゲーラー<sup>12)</sup>女史とスザーランド兩氏によつてこの二元系が再検討され、 $\beta$ 相はアルミニウム固溶体と同じ連続したものであつて443°Cに認められた包晶反應は存在しないことを明かにした。この事實はX線分析でも確められて間違ないものとなつた。従つて280°C共析變態は偏析變態なることになつた。

しかしローゼンハイン以下の人々により不純物を含んだアルミニウムを用いた結果がアルミニウム-亜鉛二元系に443°Cに包晶点が認められたことも事實であつた。

繰返すようであるが著書自らの高温計の針の動きをながめながら、冷却回線をとつて確かに冷却回線は停止点を見たのであつた。それは、99.3%程度のアルミニウム地金を用いたものであつた。これから443°Cの包晶点が不純物に基すくものなることは明かであろう。その不純物は何かという問題が生じる。恐らく固溶度のある元素であろうと考えられる。この問題は未だ誰も解決してはなかつた。

筆者は珪素が主なる不純物ではないかと考えてアルミニウム、亜鉛、珪素系三元状態圖<sup>13)</sup>を研究した。研究を擔當した田村勁二氏と共にこれ

を發表した。それによつて不純物によつてAl固溶体の溶解度が減少して包晶反應を生じるものと考えたのであるが、また鐵がどんなに影響するか、これも微量固溶するから同様の現象を生じるかどうか、これは誰も解明していない。また銅或はマグネシウムを加えても同様の現象を生じることは既にAl-Cu-Zn系、Al-Zn-Mg系の状態圖からも想像される。

とにかく99.99%以上の純度のアルミニウムが容易に用いられるようになって、再検討を必要とする問題が多く残されている。これから研究に新しい徑が開かれるのでないかと考える。一つの進歩が他の部門の進歩を促すことの一例があつた譯であつて、なを最純のアルミニウムを以て検討すべき状態圖の多くが未解決の点を残している。

しかし一方科學の進歩は状態圖などに拘泥して研究をするより、なを新しい仕事に進むことを要求されるため、古典的でしかも努力を必要とする。かような仕事には手をつける人が少なくなつてゐる。

世界的に見ても英國でヒューム、ロザリー一派の人々が相變らず状態圖を造つて、それからある法則を導かうとしている以外、かような地味な方面の研究者が少いわが國でも、かゝる方面にも若い人々もつと努力して欲しいと思うのである。

11) Z. Metallk., 26 (1934) 145. 12) J. Inst. Metals, 63 (1938) 123. 13) 日本金屬学会誌, 4(1940) 116

日本輕金屬株式會社代理店  
アルミニウム・非鐵金屬・カーバイト



株式會社 大信洋行

大阪市西區江戸堀上通一丁目一番地

電話 土佐堀④ { 一二九七・三六〇七番  
新町⑤ { 三六〇八番  
〇三七三番

東京支店 東京都中央區京橋二丁目八番地  
電話京橋 ⑥ 四七三九番

工場 東京都大田區西六郷二丁目三三  
電話蒲田(03)四三六四番

日本輕金屬株式會社代理店



佐渡島金屬株式會社

大阪市南區心齋橋筋一丁目三六番地

電話南 ⑦ { 8651(代)・0806  
2198・3610

東京出張所 東京都中央區日本橋本町一丁目八

# 續 輕 合 金 史 (第4回)

京都大学教授 工学博士 西 村 秀 雄

アルミニウム・マグネシウム合金……アルミニウム地金の組織……X化合物

## アルミニウム・マグネシウム合金

マグナリウムという名稱はアルミニウムにマグネシウムを加えた合金に付せられていた。これが最近では、ヒドロナリウム或は56Sなどという合金となつている。もう二十数年以前になる。抗張試験に用いるために獨逸からマルテンスのエキテンソメーターを購入したが、その鏡を支えている金物が軽く、マグナリウムであることを知つた。獨逸ではマグナリウムはかなり古く使用されていたものとする。いまだに錆びもしないである。当時この合金が耐蝕性のあることが知られていたであろう。それがまたヒドロナリウムとなつて新しく息吹きかえたのである。

このヒドロナリウムは要するにアルミニウム-マグネシウム合金であるから、その基礎としてこの合金系の状態図も古くから研究され、先ず Boudouarc により次いで Grube によつて造られている。後者によつてアルミニウムとマグネシウムとの間に中間相が存在するが、その化合物の液相線が平らなため頂点が正確に決定できなかつたから、この中間相の主体となる化合物の組成を完全に決定していないが、多分  $Al_3Mg_4$  が最も近いものであらうと考えられた。

その後、英國でハンソンとゲーラー<sup>3)</sup>兩氏によつて全系にわたつて再検討されたが、液相線に二極大点が存在し、その一つは  $Al_3Mg_2$  に相当し、他が  $Al_2Mg_3$  に相当するものとした。筆者は兩氏の熱分析結果を實際に検討したが、この二極大点が正確に存在するという程、正確なものでないことを知つた。寧ろ顯微鏡組織などから中間に二相の存在することを知つて状態図を

理論的に造つたように感じられた。たゞ兩氏の研究によつてアルミニウムとマグネシウムを主体とした固溶体の固溶度の変化が明かにされた。しかしその固溶度の変化に関してはその後の研究で訂正されている。第1表にその主なる研究を纏めて示した。これによると、アルミニウムにマグネシウムは451°Cの共晶温度で大略15%を固溶し、温度が低くなるにつれて、その溶解度を減少し、常温となると3%以下になるこの溶解度の変化がこの合金を使用する上に大切な問題を提示している。

第 1 表

温度 °C	研 究 者 DixとKeller (1929)	Hansen (1929)	SchmidとSiebel (1931)
450	14.9	約15	15.35(外挿)
400	11.5	11.8	12.05
350	8.7	9.1	9.05
300	6.4	6.7	6.25
250	4.9	4.7	4.38
200	4.0	—	3.38
150	—	—	2.95

次にこの合金系については我が國に於いて河上益夫氏<sup>4)</sup>が研究して三種類の固溶体が中間に存在することを明かにし、それを $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ と名づけている。この $\beta$ 相の存在に関してはその後獨逸でも認めているから間違ないと思えるが、尙確証を得ることが望ましい。顯微鏡組織にのみ頼ることは判定が困難であるからX線分析で決定して欲しい。

いづれにしても状態図については大体明白になつたものと考えてよい。

しかしこの合金系については実用合金としての問題が残されている。ヒドロナリウムなどという名稱で耐蝕性合金が発表されて以來、超デユ

<sup>1)</sup> C. R. Acad. Sci. 132 (1901) 1325    <sup>2)</sup> Z. Anorg. chemie (1905)    <sup>3)</sup> Hanson & Gayler, J. Inst. Metals 24 (1920) 201.    <sup>4)</sup> 金屬の研究, 10 (1933) 532.

アルミニウムなどの発達の関係で余り問題にされなかつたが、最近になつて海外の文献を見ると、この合金に関する研究発表が屢々現れる。これは恐らく実用化が進みつつあるためであらう。

それは強度と同時に耐蝕性の要求される船舶その他構造物に、使用されるようになったためであらう。研究も主として応力腐蝕に関係のあるものが多く見られることは、これを裏書している。

応力腐蝕に関しては E. S. D に関して問題となつたものであり、HD などの合金について記述したが、この応力腐蝕は析出と大きい関係をもつているから、それ等の問題に觸れた研究が最近主要な研究対照となつている。応力腐蝕と析出との関係を述べることは析出に関する現在までの進歩の跡を語つてからにしたいから、また更めて書くことにして、こゝでは上記の如くマグネシウムのアルミニウムに於ける固溶度の変化が、それに関係する、とすることにしよう。

この他二元合金として必要なものもあるが、合金として主なる役目をしていないものでない。必要に応じて述べることにして次には三元系合金に話を移す。

二元系合金に関してもその状態図を示さず、言葉で研究結果のみを述べているため、この方面の知識が深い人にもみ理解されるが、一般の人々に或は理解して貰うことが困難と考えるが殊に三元系となると一層複雑であり、未決定の点が残されたりした関係で或いは説明に徹底を缺くかとも考える。たゞ軽合金の歴史であるから一應歴史的な観点から必要なもののみを記述するのである。不明の点は読み流して頂きたい

### アルミニウム地金の組織

アルミニウム合金が研究されると同時に、アルミニウム地金というものにも注意を拂われたことは自然のことである。その地金が99.3%程度のもので普通であつた時代であるから、顕微鏡組成を調べて不純物がどんな形態で含まれる

か研究された。要するに含まれている不純物は珪素と鉄であることは分析からは明白であるがそれがどんな形で含まれるかは不明であつた。二元系の状態図から考えると珪素は珪素のまま<sup>6)</sup>で含まれ、鉄は  $FeAl_3$  の化合物として含まれることになる。しかし鉄と珪素を同時に含む地金の顕微鏡組織を調べると、珪素、 $FeAl_3$  以外の化合物と考えられるものが含まれていることを知つて、これを不明の相であるから X という名稱で発表したのは米國のメリカ、ワルテンベルグ、フリマンであつた。上記の三氏はジュラルミンの研究を系統的に行つた人々であるが、その研究に關聯してアルミニウム地金の研究をしたのであつた。

### X 化合物

また Wills はこの化合物が支那文字のような形状をすることが特徴とするものとした。X は必ずしもかような形状をして含まれるとは限らないのであるが、大体支那文字のような形態をとるといふのである。漢字に親しみのある吾々は支那文字とは思われないが、劃のある文字のようなという意味であつたと解釋したい。

その後、英國でローゼンハイン、アーチバット、ハンソン、によつて珪素8%、鉄8%の範囲でこの状態図が研究され、Eleventh Report of Alloy Research Committee of Mechanical Engineers (1921) に発表された。この報告は度々引用しているもので、Y 合金を始めて紹介したことに於て最も重要なものである。その一部にこの状態図が掲げられているが、たゞ断面状態図が與えられて、綜合された状態図がないから、凝固反應を完全に知るためには不完全であつたが、たゞ包共晶反應が生じることが注目された。X がこの包共晶反應で凝固するのが支那文字の形態をとるのであるとされた。<sup>7)</sup>

なお英國ではグワイヤとヒリツプスが鉄30%珪素15%の範囲について研究した準平衡状態と稱すべきものを與えた。元來合金の状態図を研究するとき、熱分析の結果を直ちに状態図とす

<sup>5)</sup> A. I. M. E, 64 (1920) 3. <sup>6)</sup> Metal Industry (L) (1919) <sup>7)</sup> Gwyer & Philips : J. Inst. Metals 38 (1927) 29.

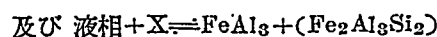
ると完全な状態図が出来ない。これは反応が過冷のためずれて、平衡状態とならないため、殊に三元系となるとそれが一層甚しい。グワイヤ、ヒリプス兩氏の状態図はかよう過冷状態のまゝで組織を見た結果をたゞ纏めたもので、完全な平衡状態図とは言えないものであつた。従つて Al-Si-Fe 系状態図は完成されなかつた。

また米國ではデイクス、ヒース<sup>9)</sup>兩氏が固態の平衡状態を決定するため 560°C で 1~5 週間加熱した試片の顯鏡の結果から  $\alpha$  と  $\beta$  の二種の三元化合物の存在を認めた。この  $\alpha$  はメリカの X に相当するものとしたが、この研究では  $\alpha$  と  $\beta$  とはその本質を明確にしていなかつた。またフイックとホーンは X 線分析の結果  $\alpha$  は  $\text{FeAl}_3$  と大体同一の空間格子を有し、 $\text{FeAl}_3$  に Si が固溶したものと考へた。 $\beta$  はそれとは異つた三元化合物であるとし、フスは  $\text{Al}_6\text{Fe}_2\text{Si}_3$  に相当する三元化合物の存在するものとし、またこの化合物と珪素、アルミニウムの間に三元共晶点があつてその温度は 570°C で、珪素 12.5%、鉄 0.5、アルミニウム 87% に相当するものとした。検討するとこの状態図も理論的には説明の困難なものであつて完全なものでなかつた。

以上のように、メリカの研究以來アルミニウム地金に含まれる珪素と鉄の形態について正確に解明したものはなかつた。著者はこの Al-Si-Fe 系合金のアルミニウム側の状態図を究明することを試み、その結果は昭和 7 年に鉄と鋼に

発表した。當時は現在のように精製アルミニウム地金を容易に入手が出来なかつたから、如何なる研究をするとしても我が國では 99.6~99.7% 程度のアルミニウムを以て研究を進めること以外方法がなかつた。従つて必ず鉄と珪素が不純分として含まれ、その影響があらわれるから予め地金の検討をする必要上行つた仕事であつた。主として示差熱分析と顯微鏡組織によつて決定した。

その結果として珪素と鉄を 30% まで含む範囲では不変系反應として



がそれぞれ 578°C、615°C、870°C に生じると決論した。たゞし  $(\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}_2)$  は上記の X 化合物としてメリカが考へた化合物であつた。この化合物は  $(\text{FeAl}_3, \text{FeSi}_2)$  に相当するものなることは大体均一相となる成分を実験的に求めて定めたのである。元來三元化合物で固溶範囲のないものの位置を決定することは極めて困難な仕事であるから、繰返し注意して実験した。

また上記の X と示したものは不明の相であつてその探究は試みなかつた。要するにこの研究ではデイクスが始めて明かにした  $\beta$  相の存在がつかめなかつたのである。

<sup>9)</sup> Dix & Heath. A. I. M. E (1928) 164.

<sup>9)</sup> Fink & Horn, 同上 (1929) <sup>10)</sup> Fuss, Z.

Metallk. 23 (1931) 231. <sup>11)</sup> 18 (昭和 7 年) No. 8.

### 社名變更御挨拶

毎度御愛顧を頂き厚く御禮申上げます。今般星鷹金属工業所を株式会社組織に改め株式会社星鷹アルミニウム製作所と社名を變更致し新發足致す事と成りました。就きましては何卒倍旧の御高配を賜り度く伏して御願ひ申上げます。右略儀乍ら社名變更御挨拶申上ます

大阪府中河内郡加美村南鞍作町五一

株式会社 星鷹アルミニウム製作所

代表取締役 塩田 甚吉

電話 東住吉 〇三一六番

日本輕金屬株式會社代理店

アルミニウム・非鐵金屬・カーバイト



### 株式會社 大信洋行

大阪市西區江戸堀上通一丁目一番地

電話 土佐堀 ④ 一二九七・三六〇七番  
新 町 ⑤ 三六〇八番  
〇三七三番

東京支店 東京都中央區京橋二丁目八番地  
電話京橋 ⑥ 四七三九番

工場 東京都大田區西六郷二丁目三三  
電話蒲田(03)四三六四番