

隨筆 輕合金史 (其七)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村 秀雄

英國の手柄

1919年に Merica がアルミニウム銅系合金のアルミニウム側の状態圖を明かにして、アルミニウムに於ける銅の固溶度が、高温から低温になるにつれ、減少するため、デュラルミンのやうな合金を高温から急冷すると、銅を過飽和のまま過冷されて、それが常温では CuAl_2 が微粒子として析出するため硬化する、といふ析出硬化の説を與へたのが一つの契期になつて、アルミニウム合金の時効硬化の現象に関する研究が益々盛になつた。

そのうち最も注目すべき發表は英國で行はれたものである。即ち 1921 年に Hanson 及び Gayler 兩氏によつて $\text{Al}-\text{Mg}_2\text{Si}$ の準二元系状態圖が與へられ、アルミニウムに Mg_2Si が固溶するが、これも高温から低温になるにつれて著しく固溶度を減少することを發見したのであつた。

同時にこの合金の時効現象を調べて、例へば Mg_2Si を約 1.5% 含む合金ならば、 550°C より焼入して常温では硬化しないが、 150°C 附近で時効せしめると硬化するを知つた。この結果からデュラルミンの時効硬化は、 CuAl_2 の析出によるよりはアルミニウムに含まれる不純物としての珪素が、マグネシウムと Mg_2Si なる化合物を造つて、これが時効につれて析出するため起る現象で、 CuAl_2 の析出よりは Mg_2Si の影響が大きいと云ふ説を提出した。

常温時効では硬化しないが 150°C 位の温度で加熱すると硬化するから、かやうな處理に人工時効 (Artificial Ageing) なる言葉が用ひられ出した。これは鋼の焼戻と區別するためであつた。

Y 合金の出現

この 1921 年は、なお輕合金の歴史では記憶す

べき年で、英國の機械學會 (Institute of Mechanical Engineers) から、合金研究委員會の第 11 報告¹⁾ が出版された。これは Rosenhain が National Physical Laboratory で行つた研究を纏めたもので、上記の Hanson 及び Gayler 兩氏の論文も掲載されているが、主要な部分は輕合金の高温強度の測定結果の記載である。ピストン材として Y 合金と稱する輕合金が優秀なものであつて、其の組成から機械性質など詳細に發表されてある。

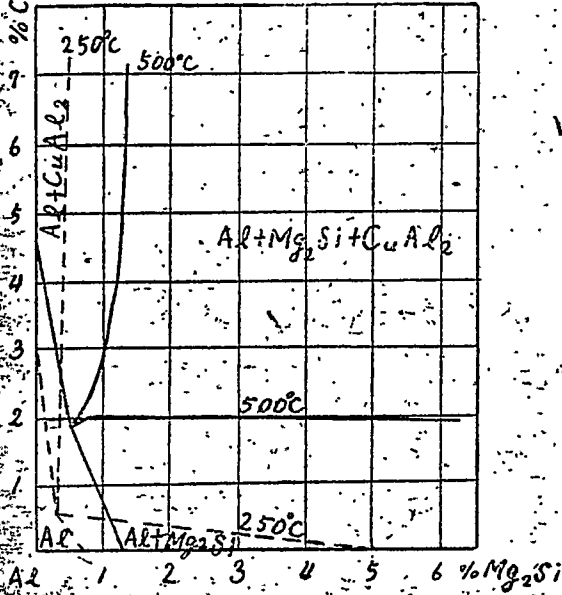
Y 合金といふ名稱は試片番號に付したアルファベットをそのまま用ひたもので、意味のないものであるが、これがピストン材として廣く用ひられるやうになつた。鑄造材として出發したこの合金が、現在では鍛造材としても用ひられているが、別に學術的な基礎から考へたものではなく、單に研究結果をよく判定して選定したところ、ピストン材といふ未知の分野に新しい息吹きを與へたものとして敬服したい。デュラルミンが加工材の代表であるやうに、Y 合金もピストン材として、將來もその代表的な材料たる地位を持続するであらう。

ゲラーの準三元状態圖

National Physical Laboratory で Hanson 及び Gayler の研究から、デュラルミンの時効が Mg_2Si の析出に基くといふ説を提出したが、デュラルミンに銅が 4% も含まれているから、これを考慮しないといふことは出来ぬといふ考へから、結局は CuAl_2 と Mg_2Si と兩方の析出現象といふことになつた。Gayler が $\text{Al}-\text{CuAl}_2-\text{Mg}_2\text{Si}$ といふ、準三元系合金の 500°C と 250°C に於ける固溶度を研究して、1922 年に發表し、上記の説の裏づけをした。これが第 1 回であつてデュラルミンの時効を説明するに最近までこの状態圖がよく引用された。

1) 11th Report to AllRoys Research Committee

第一圖



振はざる獨逸

獨逸に於いても同様に研究が進められていた。しかし米國に於ける Merica, 英國での Rosenhain などのやうな花々しい業績は發表されなかつた。1920年の Zeitschrift für Metallkunde を見ると Fraenkel と Seng の時効性アルミニウム合金の研究といふ論文が見られる。Fraenkel はフランクフルト, アムマインの大學の教授であつた。

この論文では Cu 1.5%, 3%, 4% 及び Zn 8% を含む合金に、それぞれ Mg を 0.5% 加へたアルミニウム合金を焼入して、時効せしめたものの機械性質を調べ、また比重、比熱、電氣抵抗の變化を測定したのである。比重と比熱では何等の變化を認めなかつたが、電氣抵抗が時効とともに増加することを知つて、時効によつて物理性質の變化を測定しやうとしたことは注目すべきことであつた。

電氣抵抗が時効とともに増加するといふことから、Merica の析出説とは異つた考をたてている。

固溶體の溶解度が少くなると電氣抵抗が減じる筈である。それが析出が生じて來るにつれて逆に抵抗が増すといふことは理論に合はない。また機械性質が單に析出相の分散度で支配せら

るゝとも考へられない。硬化は恐らく固溶體中では行はれる化合物の生成といふ化學反應によるのであらう。一般的な表現をすると、時効硬化は焼入といふ急速な冷却によつて生じる安定でない分子が、多少不安定な化合物であるとして安定な状態に移行する道程として起る現象ではないか、今後の研究によつて解決すべき點が多いが……と結論している。

とにかく研究としては特筆すべき程のものではないが、析出説と異つて、固溶體中に生じる反應に硬化の原因を求めているところは、注目すべきものであつたが、同氏の研究はその後大なる發展をなさずに終つた。

輕合金學の主導權米英へ

デュラルミンが獨逸で生れながら、學術的な進展を獨逸では示さず英米兩國がその主導的な立場を奪つた形になつた。その理由は明かでないが、恐らく第一次世界大戰で獨逸は多くの痛手を受け、研究どころでなく、丁度我が國の現状に似て、飛行機などの製造は禁止され、インフレは漸次亢進して、研究どころではなかつたためではないかと想像する。

我が國は幸ひインフレが經濟界の破綻にまで進行しないで過ぎるのではないかと希望が持たれるが、終戦當時に叫ばれたやうに、科學の進歩をはがつて工業國として再建をはかるための努力が、やゝ足りないやうに思はれる。一時は獨逸の研究も低調を示したがやがて花々しく回復して來たことを思ふと、我が國も敗戦國であつても、何時までも虚脱の状態を續けしないで、早く立ちあがるべきではないか。殊に工業方面の研究を促進したい。

大正 12 年頃までの日本

ついでに茲で又我が國の過去に戻ることゝする。茲に大正 7 年頃の我が國の金屬學界のことを述べた。その後如何に進展したかといふに、海外の飛躍に比較して大正 12 年頃までは輕金屬合金に關して書き加へるべき多くのものを持たない、或は皆無に近い時代であつた。

筆者が病を得て三菱鑛業研究所を辭したのは

大正9年の秋であつた。アルミニウム—亜鉛系状態圖を調べたことは書いたが、それに關聯して矢張 Rosenhain の書物からヒントを得てこの合金が或は時効硬化をしないかと、Zn を5%~10% 程度含んだ合金だつたと思ふが、試片を作り焼入してからショーア硬度計で硬度を測定して見た。焼入したときと、時間が経過してから測定したときと比較して、硬度が高くなつてゐることが、ショーアのはね上りの高さで明かに示された。愉快に感じたがしかし鑛業研究所を辭して約2ヶ年を靜養に過したため、此の仕事はそのまゝ放棄した。この間は自分として全くの白紙の時代であつた。僅かに4元系合金の状態圖のことを水曜會誌にのせた位で何もかも忘れて暮した。幸に大正11年5月、教室に講師として歸ることが出來て、再び研究に従事することにつなつた。そのとき亜鉛を含むアルミニウム合金の時効のことを思ひ出し、齋藤大吉先生と相談してそれに着手した。再び實驗を繰り返したが、ブリーネル硬度で測定しても、矢張ショーア硬度で測定した時効の現象が、間違でなかつたことを確認した。

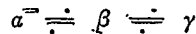
これを大正13年4月の京都大學採鑛冶金學教室25周年の記念講演會で講演し、工學部紀要に發表した。¹⁾ この仕事は大正12年に行つたものであるが、この頃になつて漸く我が國でデュラルミンなどの輕合金に關心が拂はれるやうになつた。

東北帝國大學の金屬材料研究所の前身である鐵鋼研究所では、今野清兵衛氏がデュラルミンに關する研究を理科報告²⁾に發表して、時効硬化の原因に説明を與へたのも、この年であつた。

今野氏の研究

同氏は焼入時効したものを加熱して電氣抵抗の變化を測定し、210°C と 280°C に異常變化を生じる、それぞれ Mg_2Si と $CuAl_2$ の一部分が析出するために生じる變化であつて、焼入して時効せしめると硬化するのは炭素鋼の焼入硬化と同様の現象で、析出のためでない。假に $CuAl_2$ と Mg_2Si を固溶したアルミニウム固

溶體を γ とする、 Mg_2Si を混じ、アルミニウム固溶體を α とすると、化合物の析出は2段に行はれて中間に β といふ硬い β 固溶體が出来る。即ち



の變化があるとした。

デュラルミンを水冷すると γ から β になるのが一部停止されるが、常溫では γ が β に徐々に變化する。しかし β から α の状態には殆ど變化しない。これが時効で硬くなるといふ原因であるとした。しかし β が如何なる固溶體か、何らの説明も與へていない。また Mg_2Si を主要な析出相と考へている。この硬化の考は今野氏の説といふより寧ろ本多光太郎博士の考で、鐵鋼の焼入硬化の説をそのままデュラルミンに應用されたものであつたと考へるが、現在から考へると不徹底なところがあるが、析出硬化に對して異説を與へたことは、Fraenkel の考と共に特に注目したい。

含亜鉛合金と關ふ

これに關聯して筆者の亜鉛を含むアルミニウム合金の時効の研究について述べたい。Zn を5% 以上含む合金が、著しくはないが時効を示すことから考へて、アルミニウムに亜鉛の固溶度が、高溫度から低溫になるにつれて減少するに違ない。その頃までに發表された Al-Zn 系状態圖では考へられない事であるが、それは研究が不充分なものと考へて、1ヶ月以上も焼鈍した試料の電氣抵抗の變化とか、顯微鏡組成とかを調べて、アルミニウム側の固溶度を確めた。矢張溶解度があつて常溫では3%程度となることが判明した。このことはその後海外で確認されたが、實驗は丁寧に行はないと間違ふことをつくづく思ふのである。功を急いで不十分な仕事を發表するより、確かな資料を残すことが研究者の仕事であらう。

委託生山口珪次君

この研究をやつてゐた頃、山口珪次君が東京帝國大學冶金學科を卒業して著者の研究室に來られ、委託生として片面磨鋼板の壓延と焼鈍の

1) 3 (1924) 133 2) 11 (1923) 269

研究をせられた。同じ室で実験をしていた。同氏は試片の磨耗とか寫眞をとるに熱心で上手であつた。助手の鈴木大亮君など學ぶところが大きかつた。アルミニウム合金の研磨と腐蝕は相當技術を要して、當時の寫眞を見るに、Mericaの發表を見ても今野氏の論文でも、完全に研磨されていない。その點では著者は苦心した。幾度も磨き直して紀要の寫眞のやうに組織が明白に示されたのである。山口君とも、共にライヘルトの舊型の顯微鏡をながめながら苦心した。時効には析出説をとつたが、しかし僅かの析

出相で硬化が著しいとは考へられないから、焼戻した試片に結晶が崩壊して來ることを認め加工硬化のやうに結晶の微細化に伴ひ、内部歪の生じるために硬化が生じると考へた。これは歪硬化ではなかつたが、それにもやゝ近い考であつた。

現在工學研究所と呼ばれている建物の一室で自分達以外には殆ど他に人がなく、現在のやうな險しい世相でなかつたからのんびりと研究していた昔が偲ばれる。(以下次號)

日本アルミの49周年式典と新社長

日本アルミニウム工業株式會社では、4月14日創立第49回記念式典を舉行した。同社は創業を遠く明治34年に遡る本邦アルミ器物製造の始祖であつて、創立50周年を明春に控へて「50年史」の編纂や、その他數々の記念事業を計畫してゐるが、同社の歩んで來た50年の歴史は、その儘我が國アルミニウム工業の發達史と云へる。國力の進展と共に比較的順調な發達の過程をたどつて來てはゐるが、それでも50年の歴史は努力と苦闘の連続であつたのであらう。それが幾多の波瀾を乗り越えて克く今日の盛業をかち得たのは同社のその時々々の従業員がその歴史を愛し、その創業者を尊びその功勞者を敬して來た社風によるものである。それぞ、毎年の創立記念日は會社を擧げて深い過去の追憶衿持と、大きな將來への期待決意で送り迎へて來た。1600の従業員に依て式は定刻午後4時10分から開始、先づ平川專務立つて遠く西成郡浦江にありし時代より50年の歩みを語り、國歩艱難の時に當り、日本産業再建に對する抱負と覺悟を述べ、續いて來賓を代表して同社の技術顧問西村前京大工學部長は同社の輕金屬工業界に對する功績を稱え、次で同社勞働組合長は彌々生産に全力を傾け勞資共に手を携へて一路生産に邁進せんと激勵し全員の拍手を浴びる。次で恒例により表彰にうつり、考案善行者等特別被表彰者には平川專務より親しくその一人一人に、又勤

續皆勤等の被表彰者には夫々の代表者に彰狀並に賞金を授けて午後5時式を閉じた。

被表彰者は下記の通りであるが特別表彰の如きもその候補者が多いので選衡に困つた程であり、勤績者も從來數が多くて勤績30年目、25年目ときざんで表彰し、その中間の者は次々の年迄除かねばならないし、皆勤者の如きは明年度より表彰を取り止めにする程有資格者が多い。

因に同社は今般社長制を設け、取締役社長に平川喜四郎、專務取締役に前田哲四郎、常務取締役に高木清、石川俊貞の諸氏が就任した。又再建整備計畫に基づき立花工場を分離、第二會社として立花金屬工業株式會社を設立、常務取締役木下寅市氏が社長、取締役河村松吉氏が專務に、それぞれ日アの役員を辭して就任した。立花工場は管棒の展伸工場で、元來木下氏の個人工場だつたのを、戰時中吸収合併したものである。

表彰者

- 發明改善並に善行表彰 千田 隆 三
以下29名
- 勤績表彰 30年、25年、20年、15年、10年、5年勤績
兵丹源次郎
以下169名
- 皆勤表彰 3ヶ年以上5ヶ年以下
泉 本 義 雄
以下189名

隨筆 輕合金史 (其八)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村 秀雄

この頃用いているアルミニウムの辨當箱は、明治34年頃から造られたものらしい。それまでは柳か竹製か琺瑯鐵器であつた。琺瑯製品は琺瑯が剝け易く、流行の期間も短く、アルミニウム製品が市場にデビューすると皆競つてそれを買つたものである。日露戦争後であつたと記憶するが中學生時代にアルミニウム辨當箱が流行し始め、柳行李では肩身の狭い感じがした程であつた。その他の臺所用品も漸次アルミニウム製品となつて現在に至つたが、飯釜も同様に鑄鐵製であつたものが、これも自然にアルミニウム鑄物に置き換へられた。

アルミ釜と鑄造合金

アルミニウム飯釜は我が國の獨特のものであるかと思ふが、鑄造法は鑄鐵釜や鐵瓶などと同じで、落とし込みの型式で造られている。終戦後街に氾濫した各種のアルミニウム鑄造品も多くは同様な方法で造られていた。多量生産を目標とする近代的な鑄造技術からは全くかけ離れたやうな感じのする方法であるが、家庭工業から僅に一步踏み出した程度の工場では、經濟的な造り方としてこれもやむを得ないのであらう。飯釜などの製造も現在では下火になつて一方、戦時中花やかであつた輕合金工場は、家庭用品を造つて凌いで來たが、火の消えたやうになつて將來の見通しもなく、消え去つて行くものが出來た。残されたものも漸くその面影を存しているに過ぎない。しかし我が國の再建が進むにつれて、折角學び得たアルミニウム鑄物の技術を生かすべき道を考へたいものである。このまゝではシルミンの製造なども忘れられて、昔話となるかもしれない。餘りに淋しい、こんな感慨にふけりながら、デュラルミンの初期の發達を書いた序に鑄造合金の初期の進歩の道を進んで見たいのである。

珍奇なる地金熔解の特許

我國で最初にアルミニウム飯釜を造つたのは明治39年黒川鑄造所(帝國輕銀)が最初だとの事だが、基礎版アルミニウム年鑑に依ると(570頁及671頁所載)アルミニウム器物鑄造業の元祖は北條大定と云ふ人である。この人は大阪市東區博労町の憲兵屯所の所長だつたが、明治37年頃、南新町(今の本町東方)に研究所を設け、砲兵工廠からアルミニウム地金の拂下を受け湯沸佛器、蓄音機の部品等を鑄造した。間も無くこの研究所へ舞鶴の海兵團から水筒の大量注文があり、今宮に工場らしい工場を立て、生産にかゝつた。北條氏はアルミニウムの熔解に關し、特許權を持つてゐたが、是を15,000圓で山口源兵衛と云ふ人に賣却し、その金で會社を建てたと云ふことで、その特許の内容は次のやうなものだつたと傳へられてゐる。

- (1) アルミニウム地金を熔解するには櫻炭を用ふ
- (2) 型を作るには阿倍野土の中へ糖三割を入れること
- (3) 地金が熔解した時には青竹で掻き廻してアカ味とる
- (4) 湯を入れる時には硼砂を入れる
- (5) 型の中心に湯口を立て、湯口は長くして大きくすること

明次39年といふと1906年である。まだデュラルミンに關して何等の發表もなかつた頃でアルミニウム合金の歴史からは初期に屬する。アルミニウムの飯釜は亞鉛を加へた合金であつたらしく、純アルミニウムの鑄造が困難なので亞鉛を多少加へて鑄造し易くしたものと思はれる。我が國のアルミニウム合金の鑄造に關する歴史はその頃に始つたと云ひ得る。

獨英初期の鑄造輕合金

Partinium と稱する鑄造合金のことは書い

(2)

輕金屬時代 No. 179 (1924-6) 2~4

た。それは1902年獨逸の Metallarbeiter 誌に發表されたもので、銅を7%含んだアルミニウム合金と考へられる。英國では Carpenter と Edwards が1907年に銅を含むアルミニウム合金につき廣範圍の研究をして英國機械學會の合金研究委員會 (Alloy Research Committee) の第八報告として發表した。このことに就ては既述したが、この研究は系統的に試みられた研究としての最初のものであるから、繰返して鑄造材のことに觸れて置きたい。

Carpenter と Edwards は砂型と金型の試験片を造つて、その機械性質を測定した。何れも銅がアルミニウムに含まれると抗張力を増すが銅6%以上になつても餘り變化がない。伸と絞りも銅が増すと減少する。8%を含むもので抗張力は砂型なら 12kg/mm^2 程度で、金型ならば 17kg/mm^2 程度となるといふでいる。また同じく1907年にこの研究を補足しているが、¹⁾それは、 450°C で焼入れ或は、焼鈍をしているが、焼鈍材では8.08%を含む砂型合金が、抗張力が 11kg/mm^2 、焼入れして 17kg/mm^2 となると云ふ結果を與へている。これは時効の爲でなく、恐らく鑄造のために結晶偏析を示している組織が固溶體として均質化された爲であらう。

含銅と含亜鉛の比較研究

一方に於て亜鉛を含むアルミニウム合金も當時既に鑄造材として用ひられていたことは Carpenter ²⁾ が1897~1898年に、機械性質を系統的に調べていることから、早く注目されたことが明白であつて1901年に J. W. Richards が Engineering and Mining Journal ³⁾ にアルミニウム亜鉛合金と題して記載している以外に、また1905年には Shepherd が始めてアルミニウム亜鉛合金系の状態圖を發表している。アルミニウム及び亜鉛は互に固溶するが限度があり共晶點を有する簡單な二元系であるとした。1909年になつて W. D. Bancroft が黒鉛の型に、鑄込んで造つた試片の機械性質を調べていた。この頃になると銅或は亜鉛を含んだアルミニウム合金が鑄物として可なり利用されて

來たことを考へられるのであつて、例へば1910年の米國の Metal Industry を見ると、Jones が銅と亜鉛と何れをアルミニウムに加へるとよいかを論じている。漸く自動車工業にアルミニウム鑄物が利用され始めた頃であるからかゝる問題が注目されたのであらう。Jones の發表を讀んでみると亜鉛を加へたアルミニウムは鑄造の際に型の中で割れ目が出来たり小さな龜裂が生じたりして悪いと云はれ、その點では Cu7% を含んだ合金が優ると一般に信じられてゐるが、亜鉛合金も曲げ應力を受けない、或は極めて複雑な品物でないならば、各種の用途に供し得られると論じている。亜鉛の含有量は最高33.5%まで用いられる、銅は一般に7%のものが使用されるが、銅50%の母合金を以て造る物ら、その母合金を造るに高温度を要し、酸化が多少含まれるから、鑄物にもそれが含まれる恐がある。亜鉛ならその心配はない。銅を含むと鑄物に偏析が生じ易い。また收縮が大きいから、酸化物が含まれる恐れもある。その點では亜鉛を含む合金がよい。

要するに價格の點から亜鉛を含む合金の方が低廉となるなど、書いてある。亜鉛を含む合金はその後全く用ひられなくなつたが、造り易いため初期には専ら使用されたのであつた。Partinium は銅7%程度含んだ合金であつたが、その後米國で専ら用ひられた No. 12 合金は銅8%を含んだものであるから、既にこの時代からこの程度の合金が用ひられていたことが明かである。

アルミニウムでも、その合金を熔解して鹽化亜鉛を熔解に用いることは現在でも行はれてゐるが、これは1909年のに記述されているから古い技術である。アルミニウムの鑄物の製造が始まつた頃から實施されたものであらう。

かやうにアルミニウム合金鑄物は亜鉛或は銅を含む合金から始まつている。それがどういふ發達をしたか。アルミニウム合金鑄造材の發達の初期の状態を書いたから、各合金について一層系統的に記述したい。

①Appendix to Eighth report of Alloy Research Committee of Inst. Mech. Eng. (1907) ②Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 19(1897-1898)551 ③Richards: Eng. and Min. J. 72(1901)715

含亜鉛合金の歩める道

アルミニウムに亜鉛を加へた合金は1897年に Carpenter が Trans. Am. Soc. of Mec. Engin 19巻551頁にその抗張力の變化を發表しているのが最初であつて、また状態圖は Shepherd が1905年に發表したものが最初であることは既に述べた。

その後の研究を辿つてみると1910年に D. Ewen と T. Turner が英國の金屬學會誌でアルミニウム亜鉛合金の凝固收縮の測定をした結果を發表している。Turner の縮み代の測定法は、Murray¹⁾ の Cu-Zn 合金に行つたものと同様で、その後もこれに倣つて鑄物の縮みを調べているから可なり古いものである。

佛國では A. Portevin が1911年に砂型試片で機械的性質を調べて第1表のやうな結果を與へて Ewen と Turner 兩氏の結果に類似した發表をなした。

第 一 表

成分 %	抗張力	伸	硬 度		
Al	Zn	kg/mm ²	%	ブリネル	シヨープ
殘分	0	6.1	9	18.8	3.5
"	10.0	11.7	7.5	40	10
"	20.0	15	2	81	32
"	31.6	18.8	1	85	30
"	40.6	22.6	1	85	35
"	56.7	20.7	0.5	78	37
"	60.0	21.7	1	63	43
"	73.5	23.1	1	76	44
"	84	23.7	1	69	27.5
"	92.5	15.9	1.5	71	28

當時はアルミニウム地金も現在に比して悪かつたらうから、この試験結果の數値は低い。アルミニウムの多い合金は鑄造も困難で、氣泡が出来るから困るといふことが書かれているから、その原因も想像される。

3 L 5 と獨逸合金の基礎

それまでに英國でも Rosenhain と Archbutt とがアルミニウム亜鉛合金の状態圖について研究して居り、1911年に Institute of Metals の第6巻に發表されているが、次いで1912年に英國機械學會から合金研究委員會の第10報告が出版され、この合金の機械性質を詳細

① J. Inst. Metals 2 (1909) 98

に發表せられた。

砂型材では亜鉛5%で抗張力8.5kg/mm²のもが亜鉛50%となると29kg/mm²となり、降伏點が4kg/mm²から20kg/mm²に増加するが、伸は16%から2%に減じる。金型材では亜鉛5%で抗張力10.5kg/mm²で、亜鉛50%となると34kg/mm²となり、降伏點が4.5kg/mm²から8.5kg/mm²に増すが、伸は29%から1%に減じる。時効になつて鑄造材が硬化することも認めてある。

この報告には亜鉛と銅とを含むアルミニウム合金にも觸れてあるが、これではその後英國で 3L5 合金、或は獨逸で獨逸合金など稱して鑄造材に使用された合金の基礎が研究されてゐたものであると思はれる。

以上のやうに鑄造合金は1910年頃までは銅か亜鉛を含んだ合金のみが用いられて新しい發展がなかつた。チエラルミンの時効硬化の發見で加工材が飛躍したやうに、鑄造材の發達はアルミニウム珪素合金が使用されるやうになつてからで、これは1920年代のことになる。

(以下次號)

西部ダイカスト工業協同組合

大阪市東區北久寶寺町二丁目五番地
 (帝國銀行船場支店三階)
 電話新町 一〇一・二・三・七

隨筆 輕合金史 (其十)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村秀雄

航空機の發達は輕合金の進歩の歴史と非常に密接な關係がある。その進歩は機體構成材としての強力輕合金の發達に始まり、鑄造合金の進歩がそれに追従して來た。それと同時に航空發動機の心臓に比すべき部分に使用されるピストンの材料が問題であつた。このピストンはガソリンの燃焼によつて動かされる爲に、頭部が加熱されてから、 $250^{\circ}\sim 300^{\circ}\text{C}$ で可なりの強度が要求されるのみでなく、熱の傳導性が良い輕い材料であつて、耐磨耗性があることなど、各種の條件が充されねばならない。ピストン材の優秀なるものを發見することが、發動機の機能を向上せしめることであつた。

英國、ピストン材に先鞭

ピストンに適した材料の研究に先鞭をつけたのは英國の National Physical Laboratory であつた。同研究所にて W. Rosenhain が指導の下に、Alloy Research Committee の仕事として研究せられたものである。その結果は既に述べたやうに、Y 合金が生れたのであるがそれ迄に至る経過を辿つて見ると、1915年に Gruenwald がアルミニウム合金のピストンを自動車の内燃機關用に用いたことを Soc. Auto. Eng. に記載している。次に 1922 年の英國の Metal Industry 第 20 卷 321 頁を見ると發動機用ピストンとして簡單なる記載がある。5 $\frac{1}{2}$ 吋徑のアルミニウム合金ピストンと、鑄鐵ピストンとを比較して下表を與へてゐる。

第 1 表

材料	重量 封度	抗張力 kg/mm ² (100時間運轉后)	伸 %
鑄鐵	9.9	18	—
砂型 アルミニウム合金	4.95	16	1.5
金型 "	4.95	18.5	1.5
鍛造	4.4	23	1.5

金型及鍛造材は銅を含むアルミニウムで比重 3.3

アルミニウム合金を用いると燃料の節約となり、その他にも利點が多い。構造上の注意も記載されているが、材質としては第 2 表のものが適しているとしてある。

第 2 表

番號	Al	Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Ni	Zn
1	殘分	4~10	—	—	—	—	—	—
2	"	2	1	0.4	—	0.4	0.2	—
3	"	—	—	1.5	—	—	—	—
4	"	—	—	—	—	—	—	6
5	"	6	1	—	—	—	—	—
6	"	5	—	—	1	—	—	—
7	"	—	—	—	—	—	—	10

上記の No 5 合金を 3,2吋徑の自動車用ピストンに造つて試験した結果、抗張力 21kg/mm^2 であつたものが、1550哩の走行の後、抗張力が $19,5\text{kg/mm}^2$ となつた程度であつた。

1922年頃までのアルミニウム合金ピストンに關してはこの程度の状態であつた。現在から考へるとピストンとして全く不適當な合金も含まれているが、當時の自動車などの程度では、それでよかつたのであらう。

しかし航空機の發動機となると、もつと優秀な材料が要求され、發動機の進歩に努力が拂はれた。發動機のピストンのみでなく、ディーゼル發動機にも用いられた。

ギブソン博士とNPLの試験

Rosenhain が 1920年に Royal Society of Arts で行つた講演を讀んで見るとその發達の経過が明かになる¹⁾。

アルミニウム合金のピストンは大切なものであるが、その加熱せられる温度に就ては必要な資料がなく、僅かに Royal Aircraft Establishment にて、Gibson 博士が行つた試験は、 250°C を超えていないとなつてゐるが、

¹⁾ Metal Industry 18 (1921, 85)

National Physical Laboratory で行つた実験では、250°C 以上にさらされたアルミニウム合金のピストンが組織に餘り變化を生じていなかった。時には Al-Cu 系合金の共晶が熔融した痕跡を見たことがあるが、そんなに、530°C 以上にも温度が高くなつたといふことは、極めて稀なことであつた。

従つてピストンとしては 250°C がその使用される温度と考へてよい。かゝる温度になるとアルミニウム合金は、強度が低下すること甚しい。當時鑄造合金として英國で廣く用いられていた L5 合金、即ち Zn と Cu を含むものは使用に耐えない。National Physical Laboratory では高温に於ける抗張試験を試みた。

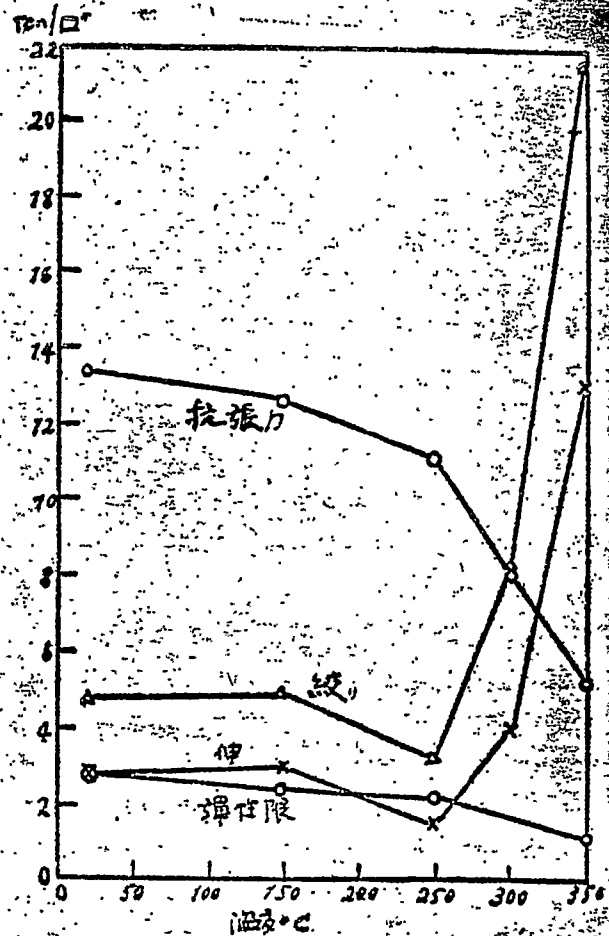
RAE とリー教授の試験

又 Royal Aircraft Establishment とバーミンガムにあつた Lea 教授の研究室でも同様の試験をして確認した。Cu 7%, Zn 1%, Sn 1% を含むアルミニウム合金は温度が高くなると矢張抗張力が低下することが甚しい。また Cu 12% を含む合金も用いられていたが、これは第 1 圖に示すやうに比較的高温で強いが、なほ不充分である。Cu 4%, Mn 1% を含むアルミニウム合金が、250°C までは強度が低下することが少いことを認めたが、鑄造性が悪い。その他脆い缺點があることを知つた。最後に Cu 4%, Mg 1.5%, Ni 2% を含む合金の優秀性を認めたが、その発見が大戦の末期であつたため、實用化するまでに至らなかつたから、實際の資料は未だ得られてない、將來を期待すると述べている。

上記のやうに Y 合金は National Physical Laboratory で発見されたものであるが、これについて Lea 教授などの協力を得て其の結果を確めている。このことは研究結果を慎重に行つて、單に一回の実験などで優秀な結果が得られたからとて、直に宣傳をしない英國人氣質の、傳統的な慎重さが見られ、見習ふべきことである。

リー の 講 演

第 一 圖



またこの協力者たる Lea 博士も、バーミンガム、の金屬學會の地方講演會で、(1)アルミニウム輕合金に関する講演をしている。

それによると高温の機械性質を述べて、Cu 12%, Fe 0.8% を含むアルミニウム合金は、250°C までは抗張力が餘り著しく低下せず、約 16kg/mm² であるが、300°C となると著しく低くなる。これにマンガンを加へると熱傳導度が約 50% 悪くなるが、450°C で焼鈍すると熱傳導率は上昇することなど、Rosenhain の記述と同様のことが述べているから、Y 合金の発見には貢献した人と考へられる。

Y 合金について特に Wöhler 式疲勞試験を行つた、と付け加へているが、既にこの頃から疲勞が問題になつて來たのである。

熱 處 理 進 歩 の 段 階

しかし熱処理などに関しては、未だ詳細なことは研究されていなかつたものであろう、餘り論じていない。

當時 Y合金のピストンを如何なる方法で實際に鑄造したか不明であるが、筆者が英國ブリストルの、Vickers の工場で見つたのは、砂型を用ひアルミニウムの冷し金を以て外部を全體つくり、中子は油芯であつた。我が國では金型で中子を油芯で造つたことがあつたと記憶するが、金型或は冷し金を用いて、中子は油芯を用ふるやうな方法が廣く行はれたものであろう。

どんな優秀な材料でも、その製造法が悪いと完全なその性能を示さない。発見の當初は必ず製造工程の確立するまで、種々の研究を重ねる必要があるが、Y合金もその必要があつた。

Rosenhain, Archbutt 及び Wells 三氏の名で Y合金の金型鑄物の製法と熱処理について、1923年の3月にロンドンで開かれ金屬學會の總會で發表された論文も、かゝる意味を持つものであつた。序文に Y合金の金型鑄物は、熱処理すると抗張力 32kg/mm^2 、伸5~6%に達する優秀な材料であるが、かやうな數値が恒に得られない時には、抗張力 21kg/mm^2 といふ低い値となる、研究の結果尠くとも 30kg/mm^2 以上の抗張力を有する、信頼性ある金型鑄物を造り得るに至つたとある。

一寸徑の丸棒を造る金型は斷面積で 3:1 の比で $750\sim 200^\circ\text{C}$ に熱し、湯は 750°C に注ぎ込むのが一番よい、熱処理すると抗張力が最高で約 36kg/mm^2 、伸 14% に達したものが得られている。その顯微鏡組織を見ると化合物が球狀化されて、結晶粒界に配列されたのが見られる。

熱処理は 520°C を越えないやうにして 6時間加熱する。沸騰水に焼入してもよいとしているが、時効に関しては何等觸れてゐない。

Yの多孔性に関する歴史的討論

この論文に附隨した討論を読むと、鑄造材の比重測定に關して材質の多孔性のことが論じられている。金屬を専攻したものには馴染の深い人の名が列べられてある。すなはち Genders,

D. Hanson 博士、T. Turner 教授などが見られ、例へば Turner は比重の差を測定して、材質判定している判に對して、比重の小さいのは瓦斯に原因するのでなく、收縮の孔のためであらうとし、又 Hanson 博士は兩方に原因がある事を述べている。それに Archbutt が答へているが、別に注目すべき點はない。

とにかく Y合金に生じる多孔性の問題が既にこの研究に關聯して問題になつたのであつて、これが Archbutt 氏の瓦斯除去研究の動機となつたのではないかと思ふと、Y合金の進歩がアルミニウム合の進歩に寄與した點は大きい。

海外の論文討論を読むと、決してその論文に關し缺點などを指摘していない。寧ろその研究の將來の發展に示唆を與へ、またその研究の結果から考慮すべき點などを述べ、その研究を助長するやうに論じている。我が國では討論となると、人の缺點とか、不十分な點のみを擧げて虚をつくやうなことが多く、これは科學の進歩をなすの途でない。海外の學者の態度に學び、互に研究を進展せしむるやう協力すべきである。(以下次號)



營業品目 | アルマイト 厨房用品 各種
| アルマイト 着色及アルマイト 漆器
| アルマイト 加工・ネームプレート

理研電化工業株式會社

取締役社長 神 田 博
専務取締役 水 野 喜 一 郎

本社 静岡市曲金二丁目百(電話静岡4120~4123)
東京出張所 東京都中央区日本橋江戸橋2丁目8
帝帽ビル四階電話(日本橋)1853
名古屋出張所 名古屋市中區榮町一丁目十番地
東京海上ビル三階電話(本局)2676
大阪出張所 大阪市北區宗是町一番地
大阪ビル六階電話(土佐彌)1931

1) J. Inst. Metals, 29 (1923) 191

隨筆 輕合金史 (其11)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村 秀雄

ゲラー女史の働き……超デュラルミンの胎動……女流研究者の群れ……

……ノイハウゼン、電線合金工業化に努力……ガリニのアルダーからアル

ドライへ……科學と工業の跛行……

ゲラー女史の働き

新しい發見で科學は飛躍的に進歩する。デュラルミンの發明に刺戟されて、輕合金もいろいろと新しい分野に新しい合金が用いられて來た。一方、デュラルミンの時効といふ現象は、Merica¹⁾によつて Al-Cu 系合金の状態圖から一應説明を試みられたのであつたが、この合金は銅のみを含むアルミニウム合金ではない、マグネシウム、マンガンを含み、不純物として珪素が含まれている。この不純物としての珪素が Mg_2Si なる化合物を造る。英國の學者に依つてその固溶度が高溫から低溫になるにつれて減少することが發見され、これがデュラルミンの時効硬化の主なる原因をなすものと考へた。しかし何れもデュラルミンの時効の説明には不十分であつた。 $CuAl_2$ 及 Mg_2Si が共に時効の原因をなすものといふ考へとなつた。それが Gayler 女史の National Physical Laboratory に於ての研究から、銅、マグネシウム、珪素を含むアルミニウム合金の組成と時効といふ論文となつて發表された。これは $CuAl_2$ 及び Mg_2Si を含むアルミニウム側の準三元系合金の固態の平衡關係を、熱處理した試片の顯微鏡組織から決定したものであつた。

これがその後デュラルミンの顯微鏡組織を説明するに廣く用いられ、その考へは最近まで續いていた。この事は既に記載した。

超デュラルミンの胎動

また Gayler²⁾ 女史は1923年に Al-Cu-Mg 系三元合金の組成と時効といふ題目で、その後の研究を發表しているが、この論文はデュラルミ

ンから超デュラルミンへの發達の歴史を語る上に、寧ろ大切なものであるから附け加へたい。

元來 Al-Mg-Cu 系三元状態圖は獨逸で1919年に Vogel³⁾ が發表したものが始めである。これは極めて大雑把に研究されて、 Al_6Mg_4Cu なる三元化合物の存在を發見していることが注目されるに過ぎないが、Gayler 女史はこれを正しいとして参考に供している。

女史の研究は Cu 4%、Mg 12% までの範圍で試片を造り、これを 390°C と 240°C に長時間加熱してから、水に焼入したものを、顯微鏡組織を調べて、この溫度にての状態圖を求めた。アルミニウム固溶體と平衡するのは $CuAl_2$ 、 Al_6Mg_4Cu と、 Al_3Mg_2 とであるとされた。Vogel とは別に異つた點を認めなかつた譯であるが、實驗資料の数が少なかつたことと、試片の腐蝕法に研究が不充分であつたためであらう、新しい相の發見が無かつた。

また400°C に12 時間加熱した試片の室溫での時効硬化を調べているが、殆ど硬化をしない。唯 Cu 4%、Mg 1% を含む合金のみが硬化を示した。これは恐らく Mg_2Si を含んでいたためであらうといふている。

400°C といふ焼入溫度が何故選ばれたか明白でないが、若し 500°C で焼入れされたらもつと異つた結果が示されたに違ひない。

400°C から焼入してこの合金が時効を示さないものと結論されているのは、 $CuAl_2$ の固溶度の變化に加はるに、 Mg_2Si の析出がデュラルミンの時効硬化の主なる原因、といふ考へが先入主となつて、實驗が不充分であつた。

女流研究者の群れ

1) J. Inst. Metals, 28(1922)213. 2) 同上, 29(1923)507. 3) Z. anorg. Chem. 107(1919)265.

この発表について、J. L. Haughton 博士が寫眞が不明瞭で化合物の區別がし難い、若しもつと廣い範圍に亘つて實驗したら明白になつたのであらう、と Hunson 博士が珪素が少量含まれていることが邪魔物 (Bete' noire) であると指摘したところを引用して、兎に角、3 元系に近い状態圖が明白にされたことは喜ばしいと論じている。

當時 Gayler 女史は Hunson 博士の指導で研究に努めて居り、状態圖の研究などの地道な仕事に成績を擧げている。我が國にもこんな方面に Gayler 女史のやうな人が出来てもよい。

英國には當時 K. E. Bingham 及び、C. F. Elam 兩女史が金屬界に活躍している。Elam 女史は Carpenter 教授のもとで、アルミニウムの單結晶について塑性變形などの研究をした人で、女史の著書は邦譯されてあるから、我が國でも知られている。

1923年から1925年といふと、大正の末期であつて、第一次大戦の餘波は多少残されていたが世界的に漸次平和な氣運に向つて來た頃であつた。従つて研究も漸次盛になつて來た。この頃から1925年以後の飛躍の基礎が築かれた。この頃の獨逸の研究を顧みると、獨逸では Meissner-Sander, Fuss, Fraenkel など云ふ人々の仕事がある。特に劃期的なものではないが、その後に来るべきものの先驅をなしたものとして、注目すべきものが尠くない。

ノイハウゼン、工業化に努力

それを説くに先立つて、序であるから Aldur, Aldrey など云ふ合金のこと、に觸れて置きたい。

Al-Mg₂Si 準 2 元系状態圖の研究と、Mg₂Si を含むアルミニウム合金の時効については、英國で研究されて發表されたが、それを實用合金として利用せんとしたのはスイスのノイハウゼンに在るアルミニウム工業會社の、Giulini なる人であつた。同氏によつて既に 1920 年に Aludur といふ名稱が與へられて、焼入焼戻をして使用する合金として特許が得られている。

ノイハウゼンはライン川の上流にあつて、この川が有名なライン大瀑布をなしているところ。其の左岸に、アルミニウム製錬工場が建つてゐる。Giulini はこの技術者ではないかと想像するが明かにしない。1920年といふと英國で Al-Mg₂Si 系準 2 元系状態圖並にその時効の發表された前年であつて、恐らくその發表に先立ち示唆を得て、直に研究されたものか、或はそれ以前から研究に着手されていたものか不明であるが、早くから着目したものと云へる。

アルダーからアルドライへ

その Aludur といふ合金は餘り利用されなかつたやうであるが、その後ノイハウゼンのアルミニウム工業株式會社では、同様の合金に Aldrey¹⁾ なる名稱を以て、電導率が高いアルミニウム合金としての特許を得た。Aludur と異なることは 550°C から焼入してから、線引をして 175°C 程度で焼戻をすると、線引のために生じた硬度も低下しないでその上に焼戻のため硬化が生じ、電導率も比較的に高いから、送電線などを造るに適するといふのである。

この Aldrey の特許權は、その後古河電氣工業株式會社が得ているが、我が國では餘り實用化されないで今日に及んでいる。その最初は 1920年に遡るから Merica の發表の翌年であると思ふと、實に早くかゝる合金の實用化に着目したことに感心する。これが Anticorodal, Alumelec, 51S その他の名稱で用ひられるやうになつたのは其の後のことで、我が國では昭和 7 年に古河電氣工業株式會社の岸野佐吉氏が Aldrey に関する研究を、日本鑛業會誌に發表されている。考へると、こちらの實用に関する研究は遅れていたものだ。

科學と工業の跛行

既に Mg₂Si を含むアルミニウム合金に関しては極めて簡單であるが既述の今野清兵衛氏の論文でも觸れてあるのみでなく、英國に於ける研究も明白になつていたのであるから、工場ではもつと早く注目すべきであつた。その原因を考察すると、我が國の科學と工業とが跛行し

隨筆 輕合金史 (其12)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村 秀雄

母合金的鑛物組成

世の中に役に立つものは多量に産出来るものである。原料が豊富にあれば何日かは用途が生れる。工業生産には量の確保が第一になる。アルミニウムの地殻に埋藏される量は莫大で、汎ゆる物質の第二位である。これが製煉の發展が今日の盛大なる狀況を呈するに至つたのは、此の原料の豊富に起因するのであつて、若しその埋藏量が尠いものなら、科學的興味以外には誰も顧みなかつたであろう。アルミニウム以上に豊富な金屬は珪素であるが、珪素は珪酸としての用途が多いが、金屬材料としては、現在遠くアルミニウムに及ばず、金屬材料の添加物として多くの用途が生じるやうになつた。

面白いことに、互に随伴して埋藏せられる鑛物から得られる金屬を合金したものが、有用なることである。銅と亜鉛などは同一鑛から産出される例に乏しくないが、銅、亜鉛合金は眞鍮或は黄銅と呼ばれて、銅合金のうち最も廣く使用される。モネルメタルなどは鑛石から製煉されたままの合金であつて、特に合金したものでない。

アルミニウムと珪素の場合

こん考えを進めて見ると、アルミニウムは珪素、マグネシウムなどと共に鑛物をなして産するから、アルミニウムと珪素或はマグネシウムの合金が、有用なものと想像されてよい。

現在アルミニウム合金を口にするならシルミンという名稱は鑛物用合金の代名詞という位に普及されているが、これがアルミニウム—珪素合金であつて、かような觀點からしてシルミンは、當然生れるべき運命のものであつた。その歴史もまた興味が深い。

思い出すと“工業之大日本”という雑誌の大正13年1月號に、アルミニウム—珪素合金に就

いて、と題し拙文を寄稿したことがある。工業之大日本は大阪で發刊された工業雑誌で、この年に創立廿年を迎えているから、可なり古い歴史をもっているものであつた。その後廢刊されたのであろう、姿を見なくなつたが、私の拙稿は、漸く世界の注目を浴びて來たアルミニウム—珪素合金を紹介したものである。その大要をここに繰返すことにする。

シルミンの歴史

アルミニウム—珪素合金は Cl. Winkler 及び Sainte-Claire Deville によつて既に19世紀の半頃に造られているが、何れも佛國で發表されている。今世紀になつて Vigouroux が顯微鏡組織を研究しているが、状態圖は獨逸で Fraenkel 博士が、1908年に無機化學雜誌に發表したものが始めである。簡単な共晶系の合金で、Siが約10%で376°Cに共晶點があるとしている。Fraenkel はフランクフルト・アム・マインの大學教授で、同時にメタル・ゲゼルシャフト會社に關係してシルミンの研究をした人であるから、當時からこの合金には既に注目したのであつた。しかし實用性のあることは發見するまでに至らなかつた。

1909年には佛國で又 Poitevin が、Fraenkel によるこの合金の状態圖を Revue de Metallurgie に紹介しているが、別に新しい研究を追加していない。

次いで1911年に Frilley が、同様に佛國でアルミニウム—珪素合金の擴張試験と腐蝕試験とを發表した。Si 10%の合金は熔融し易く常溫で鍛鍊し得られると云うている。シルミンの發達の第一歩として興味あることは兩金屬を熔融して造つた合金と、電解で造つたものとに差異があることで、これがシルミンの發達のもとを築いたが、惜しいかな工業化に至らなかつた。

1914年に Roberts が Al-Si 系状態圖を再檢

1) Compt. Rend. 141 (1905) 95 2) Chem. Zentralb. II (1908) 143. 3) Rev. Metallurgie 8 (1911) 487.

討し、その後1921年に英國の Alloy Research Committee の第11報告にも、状態圖の研究が發表されている。これでアルミニウムにおける珪素の固溶度が 1.5%であることが新しく附け加えられた。しかし共晶點は 10.5%としている。

この状態圖は筆者も1923年に研究し、一端を工業之大日本に記述したが、共晶點を英國の發表では10.5%とせるに對して、筆者は11.6%とした。これは顯微鏡で見て下度共晶點に相當する合金が得られたので、之を分析して定めたものであつた。その後 Edwards などの研究で 11.6~11.7%と與えられて、筆者の研究が確實となつたが、この研究は學術雜誌に發表しないで、そのまま机の底に残したため、埋れてしまつた。が、正確な共晶點を與えたことは上記の發表で明白だから、思い出すままに書き残すことにした。

アルターの改良組織

とにかく合金としてアルミニウム-珪素合金が世の注目を引くやうになつたのは1921年で大正10年である。即ち Adlar Pacz が米國で、Alpac なる名稱で Al-Si 合金の特許を得た。

Frilley が既に指摘したように電解で得た合金と熔解で製したものに差異が生じることからヒントを得たのであろう、同様の現象を實用に供するようにしたものである。

電解で得た合金は熔解で得た正規の組織に比して、組織が細くこれを改良組織 (modified structure) というが、Adlar Pacz はこの改良組織を、弗化曹達、弗化カリなどの熔劑を以て得ることが出来たのであつた。

また J.D. Edwards はかような改良組織が得られるのは熔劑として加えた弗化アルカリのアルカリ金屬が影響するものとして、金屬ナトリウム或はカリを以て改良した組織を得ることを知つて、特許を得た。

Edwards は、改良處理を施すと共晶點が Si 13% となり、溫度も低くなつて 561°C となることを發見している。この組織の變化についてはアルカリの影響と考へた。この共晶點の低下と

アルカリ金屬を以て組織の微細化を行つたことは、其の後の研究に大きい示唆を與えた。これは鑄造用アルミニウム合金の一大進歩であつた。

シルミンに湧く人氣

1922年にはこの新しい合金に關する發表が多く、佛蘭西では矢張 Guillet が、Al-Si 合金の性質について發表している。機械性質、比重縮み代などを調べたもので、改良處理を單なる熔劑の効果と考へた。

シルミン (Silumin) という名稱は獨逸で與えられたものであつて、その合金に關しては、Czochralski が新しい輕合金として、同じ年に發表した。de Fleury も英國の Foundry Trade Journal 上にアルパックとして記載し、米國では Z. Jeffries が Chemical & Metallurgical Engineering に發表しているなど、當時この合金の發見が、如何に注目されたものが想像されよう。しかし我が國では未だ注目されないうで、シルミンと云ふことを知る人も少く、大正13年に於ける著書の紹介にも何等の反響なく、漸く昭和の初期頃から、各所で研究が始まつたのでないかと想はれる。

エトワーツ等の特許

この初期の研究の J.D. Edwards の發表によつて、現在まで金屬ナトリウムを以て改良處理を施すに至つた経路を知ることが出来る。

J.D. Edwards は Aluminum Co. of America の、研究所の副所長であつた。この特許を F.C. Frary と H. V. Churchill の三人の名で得ている。これは Alcoa 法と稱すべきものであつた。

この合金が流動性よく、薄手の鑄物に適すること、またナトリウムの添加に所謂ホスホライゼーと稱して坩堝を逆にし、底に手をつけてものを押込むようにする方法をも發表している。また鑄造合金としての機械性質を第1表のように與えている。これを見ても明白であるが、生砂型であると Si 13% の合金で、抗張力 19kg/mm² を與えている。また鐵は不純物として 0.5

*) Chem. Metallurgicall Eng 27 (1922) 654 同上 28 (1923) 165.

*) Revue de Metalurgie (1922) 303 *) Z. Metallkunde, 13 (1922) 50

2S, 3S, 150S及52Sの比較腐蝕試験の結果に依れば急速腐蝕の鹽水の噴霧及濕度室に於て、2S及3Sの何れよりも優秀であり、52Sと同等である。150Sは其の化學成分と製造法のために、合金成分が充分分散し、従つて痘型の腐蝕の傾向が2S及3Sに比して可成少い。

今日迄の所 150S の生産過程に於ける熔接及ブレージングに於て何ら問題は起つてゐない。試験の結果では此の新しい合金の熔接及ブレージングの特性は3Sと2Sの間である。

150S はアルミニウム・マグネシウム系合金であるため當然或種の引張りや壓搾に於てルーダース線 (Ludersline) を生ずるかもしれないと云ふ問題があるが、之に關する數多くの實驗に於ても亦實驗の面に於ても、今日迄の所何らこのような現象は認められてゐない。化學的成分と製造方法の均衡に依つて、此の様なアルミニウム・マグネシウム合金に共通の問題が克服されたものと信ぜられる。

應 用

150S を使用して有利な應用方面は實に多軌で、事實現在2S, 3S及52S で造られてゐるものは、殆んど 150S に置き換へることが出来る。150S で作つた品物を2S又は3S 製のものに比べると強いこと及仕上の美しい點で少々のコスト高をカバーしてしまふ。多くの場合強度が強いために、板厚を薄く出来る爲に材料費は切下げられる。價格對強度比は 52S と比べて同程度である。150S 合金板で今までに製作された品物を列擧すれば下の如くである。

(I) 冷 凍 工 業

- (1) 凝固皿, 肉皿及蒸發盆 (2) 氷入角盆及格子菓物盆及蓋 (3) 蒸發器滴除け (4) 蒸發器背面 (5) 蒸發器扉裏面 (6) 消毒器部品 (7) 市販冷蔵庫用裝飾用縁型材 (8) // 用皿及盆 (9) // 用パネル (内部及外部)

(II) 其の他の用途

- (1) 洗濯器蓋 (2) 洗濯器桶及桶部分 (3) 電氣掃除器覆板 (4) 電氣アイロン覆板 (5) 真空掃除器笠

(III) 器 物

- (1) 器物 (2) 薄板鍋, パーコレーター (3) 蓋

類

(IV) 建 築 工 業

- (1) 煙道管 (2) 壓延した裝飾型材 (3) 壓延した窓及籠枠型材 (4) 臺所戸棚引出 (5) 大商店々頭型材 (6) 戸窓の隙間塞 (7) 腐刻小建具

(V) 雜

- (1) 自動販賣器部品 (2) 灌溉用水管及樋 (3) 手押車の盆 (4) 菓物入皿 (5) 扇風機翼 (6) 計算器覆蓋 (7) 商店棚架

(Modern Metals, May, 1949P17~19)

(3頁より續く)

~0.6% を越えないように注意していることなどを見ると、これを發表するまでに相當に研究を重ねられたものである

第1表 生砂型に鑄造したアルミニウム
珪素合金の機械性質

成分 %		抗 張 力 kg/mm ²	伸
Si 5	正規	12.5	5~6
// 8	正規	13.3	4
// 8	改良	17.2	12
// 13	正規	14.7	2
// 13	改良	19.6	8

ナトリウム處理の理論

しかし組織が弗化アルカリ、或はナトリウムで改良されることの原因について、理論を發表されたものはなかつた。ただ Gurrin はこの點に多少觸れている。同氏は弗化曹達が Al-Si 合金に觸れると、金屬ナトリウムと SiF₃ とが生じるのではないか、この SiF₃ はガス状態となつて逃げるが、ナトリウムはアルミニウムに溶解するから三元合金が出来ることになる、とナトリウムを加えて實驗している。簡単な報告であるが改良處理の原因に關して、先づ觸れたものと云える。

その後論議されたシルミンにナトリウムを加え處理すると、細微な結晶組織となり、共晶點が異つて來るといふ理由は、昭和の初期の歴史について書くときにまた觸れることにする。

(つづく)

1) Chem. Metallurgical Eng. 27 (1922) 360

隨筆 輕合金史 (其14)

(アルミニウム合金の發達を顧みて)

京大教授 工博 西村秀雄

12番合金とラウタル

ラウタルは加工材に附せられた名稱であるが我が國で銅と珪素を含む合金をラウタルと呼んで、廣く鑄造用に供せられるようになったのはその後のことである。しかしラウタルの發表された1924年頃には、既にこの合金系が鑄造材として、將來性のあることを知られていた。

1922年版の Mineral Industry¹⁾を見ると R. J. Anderson がアルミニウムとボーキサイトの項に、銅、珪素いづれも3~5%の範圍で含まれたアルミニウム合金が、鑄造合金としては鑄造性も被削性もよく、當時標準の鑄造材であつたNo. 12合金、即ち銅を8%含むものと置き換えて、悪いという理由は何もないと述べている。

ミネラル・インダストリーは米國で發行されている鑛石、金屬に関する年鑑で、世界各國のこの方面の統計が詳細に書かれているのみでなく、鑛山、冶金に関する進歩なども簡明に記載されたものであつて、便利な書物である。その記載を見ても明白であるが、アメリカでこの系統の合金が鑄造材として始めて研究されたものと言える。

ドイツの報告

恐らくアンダーソンはドイツス(Dix)とライオン(Lyon)が1922年に米國材料試験報告¹⁾に發表した報告によつて、斯様な言を興えたものであろう。ドイツスのこの報告を見ると珪素3%、6%、9%を含むアルミニウム合金に銅を6%追加した合金の砂型鑄物について、機械性質、比重、膨脹係數、縮み代、を測定したもので、なおマンガンの影響も調べている。しかし如何なる成分範圍が鑄造材として最適であ

るか指示していない。鑄造材として適したものであるとして考えられたのみであつた。

總て研究には應用を目的としたものと、單なる學術的な基礎研究とがあるが、應用を目的としたものにも學術的な裏附けが望まれる。それが將來の進歩の階程となる。金屬材料の研究にはこの基礎的な裏附の必要なことが多い。基礎研究が發表されると、その裏には應用の途が既に開かれていることが屢々あつて、無駄な基礎研究は行なはれていない。海外の文献を調べるときそれを見逃してはならない。

ラウタルの研究にも矢張 Al-Cu-Si 系合金の状態圖が工業的な研究と同時に調べられているラウタルを發表した Fuss は、ラウタル研究の目的であつたと思はれるが、矢張この三元合金系の状態圖を調べて、CuAl₂と珪素とは準二元系合金を造ることを明らかにした。その大体の状態圖が1924年のメタル・クンデに示されている²⁾。

この状態圖で Al-Cu-Si 系のアルミニウム側には3元共晶點が Cu29%、Si 5.2%、Al 殘分のところにあつて、溫度は520°Cとしている。この點はその後の研究によつて大差ないことが再確認されているから、當時としては正確な研究であつたと云えるが、詳細の發表はない。

我が國ではラウタルについて、當時研究が行はれたかどうか、明かでない。

アルヂユルの發表

先に述べた獨逸で行はれた1924年のアルミニウム及其合金の講演に發表された合金で、その後の發展を見たものに、アルヂユル Aludur がある。それはミュンヘンのライヒトメタル・ス

1) Proc. Am. Soc. Test Mat. 22 (1922) 250

2) Z. Metallkunde, 16 (1924) 364

蒲原の日報編輯工場から見た製鉛富士

タチエン・ウント・フェル・ウエルツング、ゲ
 ゼルジャフドの、ハルマン(Hallmann)によつ
 て述べられたものである。アルミニウムは少く
 とも99%の純度を用いて固溶体をするが、その
 溶解度が高温から低温になるにつれて減少する
 ような、マグネシウム、珪素、銅、亜鉛の如き
 元素を加へる。この合金は焼入してから160°C
 までの温度で焼戻をするのが特色で、これが一
 進歩であるとした。殊に焼戻によつて強くなる
 と同時に電気伝導度がよくなるから、電気材料
 として考えるべきものと云うている。

この合金の標準成分など何も與へられていな
 いので、この発表のみでは明確を缺くのである
 が、各種の合金が造られていた。その後の進歩
 からアルドレイ(Aldrey)などいう電線用アル
 ミニウム合金が生れるようになった。この(Al-
 dur)がその基礎をなしたものと考えられる。

アンチコロダル、533D

またアンチコロダルなど稱している金属も、
 このアルデニルの系統を引いている。この基礎
 をなしたものはAl-Mg₂Si 準二元系状態圖の研
 究によつて、Mg₂Siがアルミニウムに固溶する
 が、その溶解度が高温から低温になるにつれて
 減少することが、英國で明かになつたことであ
 つて、當然かゝる合金が考えられねばならなかつ
 たら。

アルデニル533Dはブリネル硬度80~90抗張
 力27~30kg/mm²、伸10~15%であつて、伸か
 ら云うと半硬のアルミニウムに相當するが抗張
 力が高い。

533Dは送電線用の材料であつて、アルミニ
 ウム線に比して抗張力は40%程高いが、電導率
 は3~4%低いだけで、ケーブルとして軽いが
 ため、スパンを長くして用いられる。ハンガリ
 ーとスライスとの間に既に2~3年來使用して
 實用化されていたものである。

焼入して軟い状態で加工してから、焼を戻し
 て硬化することは、種々の利點があるとして、
 強調しているが、寧ろこの點はデュラルミンの

ような常温時効する材料が、何かと便利である
 ことは、其の後かような焼入、焼戻して使用す
 る材料が、一般に用いられなかつたので判る。
 この説明は今から考えると正鵠を得たものとは
 云えない。

サンダー、ESD~HDの礎石

これとは別であるが獨逸での研究でなお注目
 すべきものは、サンダーで、亜鉛、珪素、マグ
 ネシウムを含んだアルミニウム合金である、19
 23年と1924年にそれぞれ發表しているが、この
 合金系の研究が我が國のE. S. D. 或はHDの
 ような、強力輕合金を生む礎石となつたことは
 否み得ない事實で、これを述べねばならない。
 元來Al-Mg-Zn系の状態圖は既に1913年、エド
 ガー Edger²⁾によつて發見せられていたから、
 サンダーは是を新しい觀點から、調べたもので
 ある。

時効硬化が固溶体からの析出に基づくという
 ことが一般に信じられていたから、これ等の合
 金系に考えられる化合物などを組合せて、準3
 元系を求め、その固溶体區域の合金の熱處理を
 して調べた。そのうちからAl-AlZn-Mg₂Si-Mg-
 Zn₂系の合金には、第1表に示すような機械性
 質を與えている。

第1表

成分%				焼入 温度 °C	焼入直後 抗張力 kg/mm ²	伸 %	5日間時効 抗張力 kg/mm ²	伸 %
Al	Mg	Si	Zn	150	23.9	4.2	23.9	4.2
90.3	1.5	0.2	8	300	24.2	15.2	42.8	12.3
				450	22	18.1	42.1	13.4
				520	24.6	20.5	43.3	15.1

これを見ると銅を含んでいないがE. S. Dの
 成分に近いものがあり、珪素はアルミニウム地
 金の不純物程度であるから、Al-Mg-Zn系合金
 と考へて差支へない。サンダー合金或はコンス
 タクトルなど稱した金属の第一歩がここに發表
 されたものである。總てローマは一日にして成
 るものでなく、研究が完成して新しいものが生
 れるまでには、山あり谷ありで、必ずしも短期

1) Leicht-metall-studien und Verwertung Gesellschaft. 輕合金應用會社

2) Inter. Z. Metallographie. 4 (1913) 29

間に完成出来るものではない實例を、ここにも見るのである。

大正13年の頃、今野氏の計

この記述をするために1924年と1925年のメタル・クンデ誌を調べていて気がついたことは、1925年から同誌の型式が大型になっている。また内容も一段と充實されて學術雜誌としての飛躍が見られる。1924年は丁度大正13年に相當する。我が國で東北帝國大學の金屬材料研究所から“金屬の研究”が發刊されたのが大正13年1月であつたから、この頃から漸く世界的に金屬材料の研究が盛になつて來たもので、輕合金の世界もそれに追隨して進歩して來たのであつた。しかし我が國では輕合金の黎明期であつたから、“金屬の研究”第一巻を纏いて見ても石原富松氏がAl-Zn系合金の状態圖を、今野清兵衛氏が“合金アルパックスに就て”として簡單なる記載のある以外、餘り見るべき發表はなかつた。今野氏の論文は至極簡單なものであつて大正11年の夏から實驗を始めたが病氣のため中止したと附記されている。同氏はこの研究を最後

として逝かれたと憶ふ。

筆者はその當時金屬材料研究所を訪づれる機会がなかつたがため、今野氏とは面識なく終つた。同氏が健在であれば輕金屬史に多くの足跡を残して、現在未だ活動し得られた年配であつたと想像する。若くして逝かれたかような好學の士を思うと、健康には注意して、無理はしないものと考へるのである。筆者の研究室でも惜しい人を失つてゐる。この原稿を書きながら人生というものについて、感慨にふけるものもある。(以下次號)

印度の送電線成約 住友電工種田業務部次長及日本建設産業本多渉外課長の兩氏は、目下印度に滞在商談中であるが、住電が引合中の鋼心アルミニウム送電線750趙(300哩、22方V、15,000万圓)が契約成立せる旨通産省へ報告があつた。ナンガル發電所建設に伴ふ2,700哩、3,000趙の一部である。



理研電化工業株式會社

營業品目
アルマイト厨房用品各種
アルマイト着色及アルマイト漆器
アルマイト加工・ネームプレート

取締役社長 水野 喜一郎
専務取締役 神田 一博
本社 靜岡市曲金二丁目百(電話靜岡四二〇四三三)
東京出張所 東京都中央区日本橋一丁目八番
名古屋出張所 名古屋市中區榮町二丁目十番
大阪出張所 大阪府北區宗是町一丁目九番
大阪ビル六階 電話土佐堀一九三一

大阪府輕金屬鑄物工業協同組合

理事長 杉田 彌太郎
舊事務所 大阪市南區千年町一八
新事務所 大阪市南區二ツ井戸町一

今般都合に依り左記の通り事務所を移轉致しました、御通知申上
けます

移轉御通知

鍋、茶瓶等ツマミ、水筒栓
茶瓶、ミルクパン、杓子等握柄類
器物、附屬木製品全般製作
在庫品 豊富乞御照會

小林木材産業合名會社

大阪市阿倍野區桑津町一七五
大鐵線河堀口下直東北一丁目
女子商業學校東側
電話天王寺⑦四〇五九番

隨筆 輕合金史 (第15回)

京大教授 工博 西村秀雄

昔の研究設備

金属材料の研究が近頃のように盛になると、資材の入手とか、設備の不足とかいふことが問題になる。しかし研究費の問題は別として、不便は昔ほど感じない。大正の終りから昭和の始め頃には、ポテンシオ・メーターの如きものでも米國のノースラップに注文するといふ有様であつた。研究には骨が折れたのは、設備が不充分であつたことと資材の不足であつた。漸く北長製作所が高温計を現在以上に信頼し得られる優秀な製品として供給して呉れた。石英管も全部海外の製品であつた。研究するにも思ふように出来なかつたから、先づ資材の入手し易いものから始めるといふ方法を探つた。それから20数年を経た今日では、研究に對して思ふようにはならないことがあると云ふても、あらゆる面で進歩はしている。唯、新しいことを考へる頭の問題となつて來ているだけである。かような不自由を忍んで、何を研究しようかと考へた。アルミニウムはある、教室内をさがして研究室の戸棚を見ると、マグネシウム銅の中間合金があつた。マグネシウムは當時はそれ程簡単に入手出来なかつたから、これ幸いとアルミニウム、銅、マグネシウム三元合金の状態圖を調べることに決めた。

文献を調べても Vogel の不完全な發表があるのみであつた。熱分析を試みたが思ふように變化點が認められなかつた。そのうちに銅、マグネシウム中間合金がなくなつた。マグネシウムの入手が困難であつたから、これは断念した。若しこれを進行していたならば、S 化合物の存在はもつと早く知ることが出來て、デュラルミンの時効現象に新しい解釋を試みられたのであつたが、これも當時としては致し方がなかつた。

熱分析に新工夫

しかし三元状態圖といふものが未だ餘り造られていなかつたのであるから、何か仕事をしたいと考へていたが、それには熱分析の感度をもつと高くする必要があると考へた。丁度リーゾノースラップ會社製の示差熱分析の装置があつた。固態變態を見るために造られたものであつたが、使つて見ると餘り感度がよくなく、また取扱い上から正確を期待出來ないことを知つたから、鏡ガルバノメーターのみを利用して、熔融状態から、變化を示差法で見る工夫をした。この考へは大正八年に三菱鑛業研究所に居つたときに試みたことを思い出して、再び行つたのであつた。幸いにして成績がよかつたので、その方法は“鐵と銅”に發表して置いた。

實驗方法がこれで漸く確立したので、アルミニウム、銅、亜鉛合金系の状態圖を調べることにした。當時アルミニウムに亜鉛12%、銅2%程度を含む合金を2L5とか、獨逸式合金とか稱して航空エンジンのクランクケースの鑄物など、鑄造用に専ら用いられていたから、その基礎合金系として、この合金を選んだのであつた。

世の中は平和な時であつた。熱分析の結果が明確に求められるので、晝の辨當を食べながら實驗をした。

かくして大正から昭和へと時代は移つて行つた。この時代の世界の輕合金界を觀るとデュラルミン、Y合金、シルミンなどの合金が實用化に進んだに過ぎず、かやうな合金の研究にも劃期的なものはまだ見られない頃であつた。

當時著名な歐米輕合金學者

しかし1922年に、アメリカで Hoopes が Bettes の考へた三層式電解製煉法でアルミニウムを精製して純度99.9%程度のもので得たがその後、かやうな精製アルミニウムを用いた研究が漸く昭和の初期から現はれ出した。例へば

1926年には(昭和元年)には Dix と Richardson¹⁾ が高純度アルミニウムを用いたアルミニウム銅合金のアルミニウム側の、アルミニウムに於ける固溶度を調べて発表した。Hoopes 法は工業的には発展しなかつたが、兎に角、研究目的には和用されたものであつた。

昭和年代になつた。昭和元年は1926年であるが、その頃の世界に於けるアルミニウム合金研究陣營の人々を思い浮べて見ると、先づ英國では矢張 Rosenhain, Carpenter, Hanson, Haughton, Gayler, Bingham などいふ人々が主として活動していた。佛蘭西では Guillet, Portevin, Chevenard, Cournot などが合金に関する研究では主要な人々であつたが、輕合金の専門家ではなかつた。寧ろアレ・フロージュ・カマーグ²⁾ 会社の Suhr³⁾ なぎいふ人が専門に研究していた。また Grard のもとでも研究されていた。獨逸では Tammann, Guertler, Fraenkel, Meissner, Hansen, などの名を思い出す。殊に Meissner の仕事については忘れられない。

米國には Merica, Archer, Anderson, Jeffries, Dix, がよく活動していたが、鑄造合金に関しては Dnaiel が多くの発表をなしていた。

次に我が國では東京帝國大學の冶金教室で後藤博士が、航空研究所に於いて堀口貞雄氏などと共にデュラルミンの研究を進めていられた。山口珪次氏は著者の研究室から離れて理研の眞島正市氏の下で、黒田正夫氏と共に研究をしていた。また東北帝大の金屬材料研究所には高橋清氏、京大には筆者の研究室に久恒中陽氏、篠田軍治氏といふ極めて寥々たるものであつた。漸くデュラルミンが工業化された時代であつて其の後輕合金の製造に活躍された人々に、住友金屬の杉浦稠三、松田孜、田邊友次郎の諸氏、古河電工には、現在の会社の幹部をなしている西村啓造、岸野佐吉、鳥羽安行氏などの人々があり、同社の傍系として、現在尼ヶ崎にある大阪伸銅所の前身、日本伸銅株式會社が大阪の天

満にあつて、多少輕合金に關した仕事をしていた。神戸製鋼所では全く輕合金の製造も研究も始めていなかつた。尙飯高一郎氏が理化學研究所にあつて研究されていた。他の國々にては特に擧げるべき人々を知らない。

送電線用輕合金アルメレツク

これ等の人々の業績のうち、昭和の初期に發表された注目すべきものを二、三書いて見たい。先に Aldur, Aldrey などいふ電導線用合金のことを書いたが、このうち Aldrey に工業化が進んでいたが、それと同じ系統のものを佛蘭西では Suhr がアルメレツクとして發表した。同氏の發表によるとアレ・フロージュ・カマーグ³⁾ 會社では研究部が創設されて、1921年にシルシンに關する研究に着手した。同時に Mg² Si を含むアルミニウム合金に關した研究を進めていた。

しかるに1920年、既に Aludur 533-D のケーブルが Zug から Rothkrenz の間に架設せられたのに端を發し、電導線としての性能を調べた結果生れたものが Alumelec であつた。

Alumelec は Aldrey と殆ど同じ成分の、變化のないものであつて、一例として Mg 0.75% Si 0.60%、Fe 0.5%、Al 殘分が擧げられているが、この鐵は當時の工業用途として一般に使用されていた純度 99.3% のアルミ地金を用いたものと考へてよいから、特に加へたものではないであらう。

この合金は塊を熱間壓延で 10mm 徑として、それを線引した。これを 560°C に加入焼入して、175°C で焼戻してから、再び線引して 165°C で熱處理を施した。その結果抗張力 35 kg/mm²、伸 6~8%、電導率 31~32m/オーム m² 程度のものが得られる。Aldrey と異なる點は最後の線引して低温熱處理をするにあつて、これによつて抗張力は低下しないで電導率が高くなるといふのである、アルミニウム・フランセの一室でこの主張を同氏から直接聞いたのはそ

1) A. I. M. E, 73 (1926) 535

2) La Compagnie de Produits Chimiques et Electro-metallurgiques Alais, Froges et Carmargues の研究主任技師であつた。

3) Revue de l'Aluminium (1927) 412

の後のことであるが、とにかく電線用アルミニウム合金として、 Mg_2Si を析出相とした合金を各国とも注目していたことが明かで、獨逸では同様のものを Montegal と稱していた。

また Suhr はその後1929年かにマグネシウム1%、珪素2%を含む合金を焼入焼戻して、抗張力 38 kg/mm^2 伸10%のものが得られる、特に焼入したまゝでは伸があるから、加工を施し、加工してから焼戻すと強度が變じないから都合がよいとして、Almasilium なる名稱で發表をしている。これを思うと彼は佛國でのアルミニウム合金研究者であつた。

コンストラクチュアル 8

次に E. S. D. は我が國で發達した強力な合金であるが、これもその前驅たるべき合金が既にあつた。1926年に獨逸で Sander が Meissner と共に無機化學會誌に $MgZn_2$ のアルミニウム

合金の加工性に及ぼす影響を論じた。その結晶であろうと思はれるものが Constructual 8 と稱した合金がエツセンのゴールド・シュミット會社の研究室で完成した。 $MgZn_2$ が9%含んだもので、抗張力 60 kg/mm^2 、伸10%程度のものであつた。しかし Corson はこの合金が腐蝕に對して敏感であるから使用し得ないと論じているが、兎に角昭和2年に、業者は西原清廉氏の卒業論文の實驗として、 $MgZn_2$ のアルミニウムに於ける固溶度を調べるとともに、時効硬化を調べて貰つたが、焼入した試料にブリネル硬度計で窪みを造ると甚しいときは直に、或は時間が経てから、その周邊に割れ目が生じて、所謂時期割れの現象を認め、この合金は使用し得ないという結論になつた。Constructual 8 も同様の現象のためだつたのであろう。使用されないで終つた。(以下次號)

1) Rev. de l'Aluminium (1929) 955

2) Z. Metallk 101 (1926) 36

3) 水曜會誌 10 (昭和4年) 783

アルミニウム製品
アルマイト製品



株式會社 山崎金屬製作所

本社 大阪市大淀區天神橋筋六丁目五番地
 (新) 京 阪 本 線 沿 線
 (電話) 堀川(35)三〇八八―九番
 第一工場 大阪市生野區東桃谷町四丁目一九八番
 第二工場 尼崎市長洲稻川新田五番地
 (電話) 尼崎一七八四番

機械プレス及剪斷機専門製作
 パワープレス、ドロッキングプレス
 エキセンプレス、フリクシヨンプレス、シヤル
 創業五十年

株式會社 江崎鐵工所

本社及工場 大阪市西淀川區御幣島町二四五
 (電話) 淀川(47)九六一・九六二・一三三
 深江工場 大阪市東成區深江西五丁目三八
 (電話) 東(94)四七二二

輕金屬鑄造製品

紡織機其他機械鑄物
 國內向、輸出向、厨房用品

協和輕合金製作所

大阪府中河內郡加美村福井戸町三ノ四一
 (電話) 東住吉(79)一四八〇番