私の軽金属研究

室町 繁雄*

My study on light metal

Shigeo MUROMACHI*

1. はじめに

会長より貴殿は戦前、戦中、戦後と長いこと軽金属の研究を続けているようだし、名誉会員にもなったことから、後輩のために、これまでの研究足跡などを書くよう依頼された。今日でも若い人達と研究を続けることが楽しく、むしろいろいろ教えられている始末で、今更おこがましいと思つたが、既に古希を迎え、自分から手を出してやることがおつくうになつてきた。この辺で過去を振り返り私なりの研究に対する考え方を述べて見ることも必要かと考えお引受けすることにした。

考えて見るに、私は一つのテーマを決めたら執念深く、これでもか、これでもかとただ努力してきたに過ぎない。従つてあつという間にこの45年間の研究生活を過ごしてしまったような気がしてならない。

2. 満軽時代

私は昭和13年旅順工科大学冶金科を卒業、当時撫順にあつた満州軽金属製造株式会社に入社、研究所に配属された。森永教授の部下であつた。半年程して電解工場からアルミニウムが出てきたので、鑄造工場に転属になつた。日本人30人、満州人70人ほどで、当初はアルミニウムを再溶解し、インゴットに成型していたが、やがて満州国内の送電線をアルミニウムに変えるという計画が進み、満州電線株式会社の設立となり、ワイヤーバーを満州軽金属製造株式会社が提供するというので、ワイヤーバーを試作するよう命ぜられた。鑄造工場には冶金屋は私1人であつたためか、若輩の私が内地で調査してくるようにと出張を命ぜられた。住友電気工業株式会社を紹介され、ワイヤーバーなるものを見せてもらった。ALCOA製のもので外観の凝固線から傾倒式鑄造によるものとすぐわかつたが、1本見本に送っていただくよう約束して帰つた。日本ではコストの点から溶製してい

ないらしい。早速傾倒式鑄造装置を作つてもらい試験に入つた。金型の設計は表1¹⁾を参考にした。出来たワイヤーバーは古河電気工業株式会社に送り批判をいただきながら改良を重ね、やがて軌道に乗るまでになつた。この間2交代制で、私は両班を見ることになつた。金型温度300℃以上の400 kgのインゴット、ケース10個並んでいる中で作業するので、ものすごく暑い。塩をなめなめ作業に当つたことが、今は懐しく思い出される。しかし何とか暑くない作業環境のよい鑄造方法はないものかと痛切に感じたものでした。勿論この間Züblin法、Durville法などの試験も実施して見たが、作業環境の暑さは変らなかつた。一方では日本ではじめて(?)ワイヤーバーの鑄造に成功したことに対する優越感のようなものを持ち、張切つて作業に励んだものでした。不思議なもので満軽時代の僅か2年間の経験から以後大学にもどつてからも鑄造関係に興味を持つようになり、今日までこれに関する研究を続けているわけです。従つて私の研究は基礎的研究よりもむしろTechnologyの研究が多くなっているわけです。これに関しては大学での研究が

表1 鑄塊鑄造の際の熱平衡

120×230×540 mm	=42 kgAl
金型.....	=300 kgFe
Feの比熱(250-350°)	=0.14
Alの比熱(700-658°)	=0.25
Alの潜熱	=92.4 kcal
42 kgAlを700-658°に下げるには	=441 kcal
その際の潜熱.....	=3881 kcal
計.....	=4322 kcal
4322 kcalのAlの熱量で300 kgのFeを加熱すると、	

$$\frac{4322 \text{ kcal}}{300 \text{ kg} \times 0.14} = 103^{\circ}$$

∴ 250° から 353° に上昇する。

* 千葉工業大学教授(習志野市)。Chiba Institute of Technology (Narashino)。

受理日：昭和59年9月20日

2

これでよいものかと、なやみもし、多くの方々の御意見も伺ったが、大学の研究には君のような行き方の人もあつてもよいだろうと言うことになり、意を強くした次第です。

3. 旅順工大時代

私は昭和15年1月母校の旅順工科大学にもどった。当時伊沢助教教授は東京工業大学に転出、大日方教授も近々東北大学に転出するということであつた。とりあえず大日方研究室に所属した。当時はジュラルミンの時効硬化の研究がはなやかな時で、まずジュラルミンの溶体化速度を背面反射X線をうい格子常数を測定することにより決定するよう指示された。何せ日本にも数少ないX線装置ということで、すべて大日方先生御自慢の手製のものであつた。1枚の写真を撮るのに丸々8 hrs はかかった。今日の装置と比較すれば隔世の感があるが、それなりによく働いた装置でした。一方マレーシア半島に多量の錫を産出するので、これの利用ということもあり、ジュラルミンの時効硬化に及ぼすSn添加の影響をテーマにいただいた。Sn 4~5%も添加し時効硬化の試験に入つた。その結果常温時効では8 hrs も経過してから硬化がはじまるいわゆる遅滞時効性を示すことがわかり、これなら航空機のリベット材に冷凍せずに使えるのではないかと期待したものでした。しかし戦争たけなわで、日本内地で発表もできず、やがて私は召集になり、留守中ソ連軍の侵入などで、データはすべて焼失してしまつた。後1950年 Hardy²⁾ は微量の Sn, In, Cd 添加による遅滞時効性を発表、以後 Sn 添加の影響に関する研究が続々と出るようになった。終戦後シベリヤから引揚げてから再度試験を行い、金属学会誌³⁾ に発表した、既に Hardy に越された形になつた。まさか微量の Sn 添加で遅滞時効性を示すとは思ひもよらなかつた。研究者はだれでもが、各国の研究者に先駆け、何かの現象を発見し、これを発表することに誇りを持つはずと思う。私の場合タッチの差で、これが実現できなかつた。所詮は注意力、努力の不足によるものですが残念でならない。自業自得と言わざるを得ない。

満州軽金属製造株式会社ではカルシウム・カーバイトを触媒として真空蒸留法によりマグネシウムの製造を試験していた。当時私の上司だつた松浦梁作さんが、やがて営口にできたマグネシウムの精製工場の責任者になられ、旅順工大に挨拶にお見えになつた。私の卒論テーマが Mg-Ca 2 元系合金であつたこともあり、これを機会にマグネシウムの性質等の研究を始めた。真空蒸留法で作つたマグネシウムと電解法によるものととの比較では10

図1 ミクロ硬度計の外観

%食塩水中で腐食地験を行うと、蒸溜法によるものは1カ月浸漬しても全然変らないが、電解法によるものは1週間で溶けて消失してしまう。いかにマグネシウム中の不純物とくに鉄が耐食性に悪影響を及ぼすか驚くほどであつた。また Mg⁴⁾-Al-Sn 3 元系状態図と諸性質の研究に入つた。当時戦争も激しくなり、日本で発表することも困難な状態であつた。しかしこの系の組織が菊花のように美しかつたので、引き伸ばして研究室にかけ、せめてものなぐさめにしていたことを思い出します。

4. 千葉工大時代

私は20年応召、22年シベリヤから北朝鮮経由で復員し、静養後、23年から26年11月まで千葉工業大学にお世話になつた。旧制興亜工業大学として発足した大学が戦災に遭い疎開して、千葉工業大学と改名した頃で、実験器具など殆んどない状況でした。しかし学生諸君と共に流し台、暗室、溶解炉、熱処理炉すべて手製で、どうか研究できる状態になつた。夕方になると学生とソフトボールに興じ、草深い研究室前の広場に防火用水桶を持ち込みお湯をわかし、一風呂浴びて帰るという和気あいの楽しい生活でした。

当時我が国ではアルミニウムの生産は禁止され、いつ再開されるか見通しの立たない時でした。しかしこれ

まで軽金属の研究をしてきた私には外に能がない、再度この研究をすることにした。Al-4% Cu 合金の casting 偏析に関する研究で、一方向凝固、両端、円周方向からと凝固させ、組織、成分の変化を調べることにした。またマイクロ硬度計を佐々木教授に設計を依頼し、2台しかなかった金属顕微鏡を分解して作ったもので、荷重20~500 gで各結晶粒の硬さが測定できた。図1にこの硬度計の概略を示した。面白い結果が出たので日本金属学会誌^{5),6)}に発表することができた。今日では立派な測定器が次々と開発されているが、これでは研究の目的に合ったデータが仲々得られないし、一方だれが測定しても同じデータで独特のものは求められないと思われる。創意工夫により自分の研究目的に合った測定器を考案することが必要だと私は考えています。

5. 富山大時代

不思議な御縁で、森永先生の東京工業大学転出の後任として、26年暮富山大学に転勤することになった。この時、casting 偏析の研究結果をお話し、結論として層一層⁷⁾と凝固させることにより、少なくとも横断面上の偏析は防止できると思われる。この casting 法としては連続 casting 法が最適と考える。しかも水冷鑄型を用いるので作業も傾倒式鑄造法のように暑くないだろうと申しますと、それでは早速連続 casting の試験をやつたらどうかということになり、手製の水冷鑄型をドラム缶に設置し、試験に入つた。27年のことである。はじめは学内で実施したが溶湯の補充が意の如くならず、北陸軽金属工業株式会社竹平専務(当時)池野工場長(当時)に相談した所、うちの溶解工場には常に溶湯は充分あるから工場内で試験したらという快諾が得られ、早速試験に入つた。1日何回でも試験ができるので1週間ほどで小型スラブが出るようになった。この結果は富大工紀要⁸⁾、軽金属学会誌⁹⁾に発表した。この時発汗現象らしいことを指摘したが、連続 casting 鑄塊に現れる周期的偏析の発表は Altenpol¹⁰⁾以後になつてしまった。

私が富山大学に赴任した26年暮、幸運にも北陸で初めてアルミニウムの圧延の試運転が北陸軽金属工業株式会社に実施された記念すべき時に会合した。スラブは傾倒式鑄造法で溶製され、冷間圧延はいわゆるブルーオーバームルでクロス圧延で深絞り用板を作るのであつた。当時我が国のアルミニウムの消費は器物関係がトップでいづれ欧米並みに建材関係と逆転するものと統計上から予測されている時期であつた。いづれにしても北陸軽金属工業株式会社の器物の生産高は全国一を占めるようになった。圧延設備の進歩と高度成長時期に入り、高速一方

向圧延巻取り方式に転換していくわけですが、ここに深絞り板の方向性、耳高が問題になり、我々に与えられた研究課題にもなつた。従つて我々の研究室でもアルミニウム板の方向性¹¹⁾とその除去法に関する研究に入つた。

当時 YKK は魚津市に工場があり、ファスナー材の丹銅は金型または糠型に鑄造、圧延、線引加工をしていたが歩留りが悪い。私は連続 casting 法に切替えるべきだと提言し、約1年かかつて全部連続 casting により生産されるようになった。いつたんこれで行くと決心したら、とことんまで繰返し試験させた吉田社長の熱意、執念には敬意を表したいが、私にとつてもお蔭でほつとした次第でした。もっとも提言する前に予備実験をしていたので確信はあつたものの生産に移すためにはいかに苦労が多かつたかを痛感した。一方武田工場長(当時)以下現場技術者の努力にも感謝せざるを得ない。いつたんこれと決定したら全社を挙げて、トップから下まで一致協力して推進することが、とくに新しい技術開発には必要であると思つても私は痛切に感じています。

アルミニウムのファスナー材として NP56S 線を購入していたが歩留りが至極悪いので、56 S 線を自社で作ることになった。まず casting 組織を熱間鍛造でこわすことが圧延前処理の常道であると考え、何回か鍛造して見たが割れが入り圧延どころではなかつた。その後連続 casting 材を用いるようになり、鍛造せずに圧延により線材にすることができるようになった。いかに鑄塊の良否が以後の加工の難易を左右するか身にしみて体験した。やがてアノラックに取付けた56 S ファスナーが雨にさらされ虫折れ現象がおきて問題になつた。これは56 S の応力腐食割れが原因であるので、いかにして加工作業工程の中に熱処理を入れ、析出第2相を粒状化するにかかっている。その対策はすぐとることができた。一方結晶粒を細かくすれば粒界からの腐食の進行もおくらせることができるので、これも防止策になるのでやがて解決した。この56 S の casting 加工技術はおそらく世界一であろうと思つている。

やがて高度成長の時期に入り、三協アルミニウム工業株式会社はじめ、ホクセイアルミ、YKK、立山アルミニウム、富山軽金属がそれぞれ建材用アルミニウム、サッシの生産に入り、あつという間に県単位で日本一の生産を誇るに至つた。どうして降雪量の多い北陸の地にアルミニウム工業が発達したか不思議でならないが、厳しい自然環境の中で耐えてきた粘り強い県民性が然らしめたのだろう。その間新湊地区にアルミニウム、コンビナートができ、住友アルミニウム精錬株式会社が設立され、次々とアルミニウムの加工工場が設立された。

2

図2 6063合金の押し出し圧力 $P_{\max}$ とダイ角度の関係
(押し出し比: 9, 押し出し速度: 7, 20 m/sec,
押し出し温度: 500°C)

各社が活況を呈すると、我々の研究室もおくれじと努力してきたつもりである。56Sの応力腐食割れ¹²⁾に及ぼす不純物、結晶粒度の影響、6063合金の2段時効¹³⁾、過剰Mg、Siの影響等々生産工場で問題になりそうなテーマを先取りして研究するようになった。

従来金属材料の被削性に関しては機械屋さんの分野のように思われていた。しかし同一金属材料でも casting法、熱処理により当然組織も硬さも違ってくる。従って金属組織学の観点から被削性を取扱う必要があるというのが私の考え方であります。まずマシナビリティ100といわれる快削黄銅からはじめアルミニウム合金に普延することにした。鉛入り黄銅では連続 castingによりPbを均一に分散させ、のち熱処理によりむしろ58%Cu-Zn¹⁴⁾側により被削性の優れた所が存在することがわかった。銅4%の節約になるわけです。過共晶Al-Si¹⁵⁾合金で初晶Siが大きく晶出するとバイトの摩耗がはげしくなるが、いかにして初晶Siを微細化し被削性を改善するかが目的で

写真1 全羽毛状晶からなるビレットの横断面のマクロ組織

ある。与えられた材料の被削性ではなく、悪い材料でもいかにすれば被削性が改善されるかを研究するのが、ねらいである。

市販の6063ビレットに羽毛状晶が認められたので、その特性を調べることにした。御承知の通り羽毛状晶はかなり強い方向性を持つており、これを除去することは困難とされている。しかし押し出し比をある程度大きくとれば粒状晶に変わり方向性はなくなる。とくに羽毛状晶からなる試料はある特定方向に対して図2に示すごとく変形抵抗の低いことがわかった¹⁶⁾。そこで全部羽毛状晶からなるビレットが溶製できれば非常に押し出し易いのではないかと考えた。まず研究室で試作し一応見通しがついたので立山合金工業株式会社の御好意により、現場の連続 casting装置を利用させていただき、羽毛状晶からなる150mmφの押し出し用ビレットの溶製に成功、まず100本を溶製、これを三協アルミニウム工業株式会社の、1500t押し出し機で押し出し試験を実施した。その結果¹⁷⁾を写真1および図3に示した。明らかに押し出し時間が短縮されることがわかった。しかし全羽毛状晶からなるビレットの溶製は一方凝固が必要で、しかも casting温度740°Cと高いので、より容易に溶製できる casting方法の開発が必要のように思われます。

6. 再び千葉工大

昭和54年富山大学を定年退職、再度千葉工業大学にお世話になり研究生活を続ける幸運に恵まれた。いくつになっても次々とやりたい研究テーマが出てくるものです。

まず溶湯から直接製板、製線することができれば省エネルギー、工程の簡素化にもつながるものと思い、この10年間黒鉛鋳型による横型連続 castingの試験を実施し、一

図3 押出しの際の圧力—時間，速度—時間曲線
 P_A, P_B : 平均押し圧力
 t_A, t_B : 全押し時間
 t_i : 初期押し時間
 t_c : 安定時の時間
 $t_{A \cdot B} = t_i + t_c$

写真2 ドラム式連続鋳造機

7. む す び

応軌道¹⁸⁾に乗るまでになったが，生産性が悪い。海外でも Hunter Eng. 法，Properji 法，Alswiss Gauti 法，Technica Guss 法，Hazellet 法，Wertli 法等々開発され，現地で見学する機会を得たが，我が国独自の方法と思い株式会社平和アルミ製作所の御好意によりドラム式連続鋳造法なるものを設計製作，写真2，400×10 mm 板の溶製試験に入り，ようやく鋳造できる所までになった。しかし圧延機との連続の所でもたまたしている。この完成については企業の協力が必要だけれども，金属屋ばかりでなく機械屋，電気屋等の設計陣のチームワークが大切のように思われてならない。

近年複合材料，形状記憶合金，超塑性合金などの研究が盛んである。我々も超塑性合金として Al-Ca-Zn 系合金の研究に入っているが，これは冷間加工も容易であるので実用化の希望を持っている。また微量の Sr を添加することによりさらに共晶組織が微細化されるので，鋳造が容易になるものと思われる。Al-Si 合金について，また AC4CH 合金に及ぼす Sr の効果が著しく，とくに衝撃値が改善されるので，アルミホイール材としての不純物鉄含有量を 0.3% 位までおとすことも可能かと希望を持っている次第です。なお Sr の微細化効果は Na の添加と異なり持続性のあることも大きな利点であると思われる。今後は Si 5% 以上含む規格合金に及ぼす Sr の影響を試験していきたいと思っています。

また3相電極による電炉にコンデンサーを結びつけ，真空蒸溜することにより，マグネシウムを溶湯で取出す連続精錬法の試験研究に参加する機会を得，一応試験段階では成功裏に終了したので今後の発展に大いに期待している所です。

当初に申したように，この45年間の私の研究内容には予想以上の材料と人手と設備が必要であつた。大学の僅かな研究費では到底まかないきれない。従つて産学協同が必要であつた。幸運にも産業界の多くの方達の理解と協力が得られたことにまず感謝したい。研究成果は企業に還元されているものと思ひ満足しています。一方先に述べたようにタッチの差で外国の研究者に先を越されたことが3回ほどあつた。従つて研究する以上は，どんな小さな現象でも見逃さない注意力，その努力が必要であると痛切に感じています。

我が国の高度成長は海外技術の導入により遂げられたといわれている。これからは独自の技術開発の必要性が叫ばれている。これについても私なりに努力しているつもりですが，新しい技術を完成する場合企業の全面的協力がどうしても必要であると思われます。今日では民間技術が大学より先行しているような気がしてならない。大学は何をなすべきか，基礎的研究だけでよいのだろうか，その成果は何処で発展させたらよいのだろうか。若き技術者を送り出す教育だけでよいのだろうか。

参 考 文 献

- 1) A. V. Zeerleder: *Aluminium*, **3** (1939), 192.
- 2) H. K. Hardy: *I. Inst. Metals*, **78** (1950), 169.
- 3) 森永，室町，山田：軽金属，**5** (1952), 1
 森永，室町，山田：日本金属学会誌，**17** (1953), 53.
- 4) 室町：日本金属学会概要，(1943).
- 5) 室町：日本金属学会誌，**16** (1952), 11
- 6) 室町：日本金属学会誌，**17** (1953), 8, **18** (1954) 8, **18** (1954) 9.
- 7) P. Brenner: *Z. Metallk.*, **32** (1940), 10.

2

- 8) 室町：富大紀要, **5** (1954), 12, **6** (1955), 1
- 9) 室町：軽金属, **7** (1957), 6, **7** (1957), 18.
室町, 多々：富大紀要, **10** (1959) 1.
- 10) G. Siebol, D. Altenpohl: *Z. Metallk*, **55** (1953), 173.
室町, 多々：富大紀要, **10** (1959), 1.
- 11) 室町, 森永, 高橋, 堀：日本金属学会誌, **18** (1954), 12, **20** (1956), 4.
室町, 多々：富大紀要, **8** (1957), 1.2, **14** (1963) 1.2.
室町, 多々：軽金属, **9** (1959), 1, **11** (1961), 6, **11** (1961), 1, **11** (1961), 4.
- 12) 室町, 山田, 前：軽金属, **25** (1975), 4.
- 13) 室町, 前：日本金属学会誌, **38** (1974), 2.
- 14) 室町, 多々：日本伸鋼技研誌, **1~10** (1964~1973), 1.
室町, 財満, 高辻：日本金属学会誌, **36** (1972), 9
室町, 財満, 高辻, 多々：軽金属, **22** (1972), 6.
- 15) 室町, 高橋, 高辻, 多々：日本金属学会誌, **37** (1973), 6.
- 16) 堀, 時沢, 室谷：軽金属, **21** (1971), 8.
- 17) 室町, 時沢, 多々, 穴田：軽金属, **30** (1980), 10, **30** (1980), 10, **31** (1981), 3.
- 18) 室町, 多々, 穴田, 池野, 山下：軽金属, **32** (1982), 2.
室町, 多々, 穴田, 池野, 山下：*Aluminium*, **58** (1982), 11.