アルミニウムと共に

北川 二郎*

My life with aluminum

Jiro KITAGAWA*

1. 大学, 東工試

私は昭和2年東大に入つたところから、アルミニウムの製造に当つてみたいという希望をもつた。当時アルミニウムは重要金属の一つとして、国防上からも国産化が叫ばれていた。しかし国内にボーキサイトの産出はなく、なかなか進展しなかった。当時の世界の地金生産高は20~30万トンであつた。

私は亀山直人先生の下で硫酸アルミニウムに含まれる鉄の除去を主テーマとする卒業研究をした。国内におけるアルミニウム資源は粘土より他にない。粘土に含まれる多量のけい酸を除去することを考えると、硫酸処理法がもつともよい。この場合溶出してくる鉄分の除去が問題である。錯塩として除く方法や第一鉄塩の状態にして溶液中に残す方法など化学的な処理方法の提案はあるが、採算に合わない。先生の指導により私のおこなつたのは電解による除去法である(亀山, 北川: 電気化学会誌, 45 (昭和5年))。小規模の実験ではあつたが、水銀陰極を使用して $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ を0.1%まで下げるのにアルミナ, トン当たり 250 kWh の電力消費量ですみ、工業的可能性のあることが判明した。

卒業研究を始めるに当つて、私の考えたのはアルミニウムの電解製錬にアルミナに代つて、硫化アルミニウムを使用する方法の可能性であつた。この方法がはるかに分解電圧は低く、電力消費量は少なくてすむ。硫化アルミニウムは当時提案されていた Haglund 法によるアルミナ製造の中間生成物として得られる。しかしこの研究は相当の長期間を要することから進めなかった。硫化アルミニウムに塩素を作用させて、塩化アルミニウムを得る実験も試みたが、短期間では手に負えないため中止した。

昭和5年商工省東京工業試験所に就職し、井上春成先生のもとで、アルミニウム関係の研究に従事することに

なつた。最初は粘土の分析である。数カ月間分析技術をたたきこまれた。同時にアルミニウム電解製造の実験計画を進めた。文献をあさり、電気炉関係の工場見学などをして、電解炉の設計をした。暮には容量 600 A の実験炉ができあがり、電解に手をつけた。実験は失敗の連続であつた。購入した炭素陽極が崩壊しやすく、電解浴を汚染した。炉底の陰極炭素にも苦勞した。これに接続するブスバーに銅を使つた所、生成したアルミニウムが、陰極炭素の亀裂を伝つて銅ブスと接触、発熱し、銅を溶かした。アルミナの脱水が不完全で、塊のまま電解浴に混ざり、浴の爆発をおこし、羽目板に火がついたこともあつた。小容量の電解炉では炉の熱平衡がとりにくかつた。使用原料のうち、アルミナは朝鮮産明礬石から製造した水酸化アルミニウムを購入し、これを煅焼した。氷晶石はグリーンランド産天然品を、ふつ化アルミニウムはイギリスから購入した。

7年になると、3,000 A 炉による実験に移つた。これは電極6本を備えたものである。試験は長期連続となつた。容量が大きくなると熱バランスにも容易にとれるようになり、かなり安定した操業を維持することができた。この試験は8年末に終了したが、問題は炭素陽極にあつた。

9年から12年にかけて無定形炭素電極の製造研究をおこなつた。たくさんの電極を試作した。酸化消耗も少なく、急激な加熱によつても亀裂のほとんど生じない、ほぼ満足のゆく電極の製造条件を明らかにすることができた(東京工業試験所報告, 33 (昭和13年), 1)。

11年には明礬石の焼成に関して研究した。明礬石はこのころ実際に生産工場で使用されていたが、収率が予定のようにあがつていない。その処理方法は原鉱を焼成して、アンモニアで処理し、原鉱中のカリウムと硫酸分とを溶液として分離し、残渣をか性ソーダで処理してアルミナ分をアルミン酸ソーダに変え、これから純アルミナ

* 軽金属学会名誉会員。

受理日: 昭和59年11月27日

を得るものであった。原鉱を塊状のまま焼成するとき、内部に珪酸アルミニウムを生成し、収率低下の原因となること、焼成温度とアンモニアの処理圧力の好適条件などを求めた（東工試報告、32（昭和12年）、5）。明礬石原鉱は小塊でも試料採取の場所によつて、品位の差の著しいことを知つた。

13年から16年にかけて、西田広三氏と共に三層式電解法による高純度アルミニウムの製造研究に従つた。このころ電解操業における電力消費量について考察し、所内報告会で発表した。1 kg のアルミニウムを生産するのに要する電力消費量を C kWh、電流効率を ρ %、電流密度を $\Delta A/cm^2$ 、陽極と炉底アルミニウム表面との距離を λ cm、炉の形状による係数を f （炉底面積と陽極断面との比を K とすると $f=1/3(K+\sqrt{K}+1)$ ）とするときは $C=1/\rho\{3.46+3\Delta\times(\lambda/2.39f+1.58)\}$ なる関係が成立することを示した。この関係式は実際の操業例に適合した。

2. 日本軽金属（清水工場）

昭和12年ころは国際勢は緊張を加えてきており、アルミニウムの生産は急がれていた。原料をボーキサイトとし、外国技術の導入による操業が数社によつて始まっていた。研究所生活を続けていた私はやつて自信がもてなくなつてきた。このころ2度にわたつて満州、北支を旅行した。生産現場への転身を考えて、16年日本軽金属に入社し、清水工場に勤務することになった。

チーデマン氏の設計になる清水工場はこの年の9月操業を始めた。蒲原の電解工場は前年の10月に稼動していた。原料から製品への大量の物流、各工程の処理条件に対応する設備とその容量、これらの基本となる量図表など、私にとつては今までの経験とは全く異なるものであった。

操業開始早々、ボーキサイトの輸入途絶の場合を予想して、年産アルミナ10万トンの設備の1/3を満州産礬土頁岩の処理も可能なように補強することになった。私はそのための設計、機器の選定を担当した。開戦後の戦況の好転により、ビンタン島からのボーキサイトの積み出しができるようになり、この補強計画は中止された。

私の関係する研究室ではバイヤー法の処理条件の基本的研究が石原宗利、伊藤雄一郎、清宮滋、小野洋次郎の諸氏によつて精力的に進められた。もともと清水工場は欧州産のペーマイト系ボーキサイトの処理に適するように設計されていて、ビンタン島産のジプサイトを処理する場合の最適条件とは合致しないものがあつた。研究室

と現場との連携のもとに操業は逐次改められていつた。また操業を始めてしばらくしてからの不調の原因究明にも役立つた。工場は18～19年前半はフル操業であつた。

しかしながら18年には将来における原料事情の悪化を懸念して、代替原料の問題が論議され、会社は立地的な問題もあつて、伊豆産明礬石の検討を始めた。珪酸40～60%、アルミナ15～20%程度原鉱を浮遊選鉱によつて精鉱とする。これを酸性ソーダかマグネシアで処理して、精鉱中の硫酸分を中和して、ボーキサイト類似原料となし、バイヤー工程に添加する方法が考えられた。そして実際に現場操業に組みこまれた。

このころはいろいろの提案が命令的に持ち込まれ、無理とは知りつつも、対応をせまられていた。富士山麓の火山灰の処理もその一つであつた。ボーキサイトの輸送は途絶し、他方国産原料による転換は失敗に終つた。この間の事情を私は電気化学協会誌（16（1948）、79～83）に詳説した。

3. 戦後、アルミ生産再開まで

戦後は生産再開のめどもたたず、生きるための努力が始まつた。伊豆の下田付近に産出する加里長石（ K_2O 9%）を原料とする加里肥料の製造もその一つであつた。加里長石に石灰石と製塩の副産物としてでる苦汁を加えて焼成するもので、焼塊中の可溶 K_2O は4～6%であつた。試作品をもつて農事試験場や農学校を訪れ、肥効試験を依頼した。馬鈴薯、甘藷、そばについては、いずれも効果のあることが実証された。2カ年間で7,000トン程度の生産をあげた。

21年に伊藤雄一郎氏と共に高度磷酸加里肥料の製造を計画した。当時富士川系に会社の所有する電力はアルミ再開となつても余剰がみこめる状態にあつた。礬鉱石に加里長石と無煙炭とを混合し、電気炉で加熱、礬と加里とを気化した後、これを酸化して水に吸収せしめ、加里を含有する濃厚磷酸液とする。つぎにこの磷酸液を礬鉱石に作用せしめて、製品とするものである。製品は P_2O_5 45%、 K_2O 4～5%の高度肥料である。

22年に20数氏の協力のもとに60 kVAの電弧炉の試運転を始め23年9月まで18回の連続試験をおこなつた。製品トン当りの電力消費量は2,600 kWhで、アルミニウムの場合の1/8である。年産12万トンの工場の具体的事業計画を作製した。

23年4月ボーキサイトの輸入が再開され、アルミニウムの生産は復活した。私は10月蒲原工場へ転出することになり、高度磷酸加里肥料の製造計画は中止となつた。蒲原工場への転出はショックであつた。バイヤー法工程

5

の基本的な検討に執着もあつたし、高度磷酸加里肥料の工業化とこれをアルミと並ぶ企業に育てあげることにも未練もあつた。しかし電解は東工試時代からの念願でもあり、これに取り組むことのできる機会を逃がすこともできなかった。

4. 蒲原工場

ボーキサイトの輸入再開とともに蒲原工場は逐次電解炉の整備、再起動に移った。23年には第1棟のみで6,100トン、24年には第2棟を稼動し13,000トン、25年17,000トン、26年第3棟22,000トンと生産は上昇した。この間アルミ業界は補給金の廃止、消費の不振、滞貨の増大に苦しめられる時もあったが、25年の朝鮮動乱以後は安定した成長期に入った。

私は現場操業の勉強に多くの時間をさいた。また24年の初めから「アルミニウム便覧」の執筆を始め、7月に完結、200部をプリント印刷し、社内に分配した。これは清水、蒲原両工場の主要機械設備の仕様、各工程の解説と操業指針、創業以来の生産実績、工場原価、原料、製品の分析値と分析法などを集めたものであつた。

25年、日本ゼオン社が設立され、塩化ビニールの生産を米国からの導入技術によって、蒲原工場の敷地内でおこなうことになった。同社に塩素を供給するとともに、清水工場かねてから自給計画のあつたか性ソーダを生産するため、蒲原工場内にソーダ電解工場を建設することが決まった。私はその担当者となつた。塩ビ工場は26年下期中に操業を始める予定であつたため、ソーダ工場の建設は26年1月着工、7月完成とした。生産方式は水銀法とし、外国あるいは国内他社からの技術導入を勧められたが、本計画のため社内から選ばれた技術者は自主建設を考えた。私は大阪に水銀法について経験の深い朝山矯治氏を訪ね、コンサルタントをお願いした。当所の予定通り第1期月産塩素150トン、か性ソーダ210トンの工場は完成した。塩ビ工場の遅延のため完全操業に入つたのは27年5月であつた。その後生産は倍増された。工場の建設費は2億9千万円で、当時としては会社にとって戦後最大の投資であつた。電解槽の容量は6,000 Aで42槽を設置した。直流電源は蒲原工場の有する26台の水銀整流器（容量4,500 kW）のうち2台をこれに当て、500 mを隔てたソーダ工場までアルミブスバーを引いた。後には独自の電源に切り換えられた。操業は開始後極めて順調で、事故もなく、技術陣は大いに自信を高めた。

27年10月にはカナダのAlcanと日軽との提携が認可された。この問題については4月社長から工場幹部に説明

があつたが、工場の技術者には反対の意見をい込む者が多かつた。資本の半分を渡してまでしなければ、10年は遅れているといわれた技術の改造はできないという説明には納得しがたいものがあつた。技術者としての自負心があつた。しかし外資導入正式決定後は指示に従つた。

27年12月に私は工場長になつた。私は全従業員の生産意欲を高めること、作業の機械化の促進、安全教育の徹底、不用建物の撤去など工場の近代化を目ざした。生産原価引き下げのための原単位のひきしめも重要となつてきた。生産量は27年の23,000トンから、30年には28,000トンで、この時日本全体では4万トンから6万トンであつた。

5. 東京本社

30年7月に東京本社に転じ、安田副社長のもとで企画室を担当することとなつた。主な仕事は新潟工場の再開であつた。その他に蒲原と新潟の電源の拡充があつた。

需要は逐年増加してきており、蒲原工場はフル生産の36,000トンに近づきつつあり、新潟に20,000トンの設備を再開する気運は熟してきた。再開に当っては既存設備は可能な限り利用するとしても、基本方針は世界におけるもつとも進んだ工場とすることであつた。

私は平川民郎氏と共に31年1月から5月にかけて欧米各国の電解工場を視察した。著しい特徴は炉の大型化と操業の機械化であつた。欧州では最新工場は堅型ペグを用いたゼーダーベルグ連続陽極方式を採用している。従来の横型ペグゼ式では電極懸吊の関係上大容量とすることができない。堅型方式は炉ガスの回収にも優れている。米国では既焼成のブロック電極を多数懸吊した旧来の方式をとる工場もあつた。AlcanのKitimat工場は堅型ゼ式で10万Aの容量であつた。

新潟工場は31年8月起工し、堅型ゼ式8万A炉を採用、建家の改造、設備の自動化などがはかられ、33年4月操業を始めた。34年10月には最初の目標であつた年産2万トン、114の電解炉が稼動した。所要資金は47億円であつた。企画室にいて設計、建設に携わつていた技術者は工場に移つた。

6. 株式会社総合研究所

日軽は34年総合研究所を創設することになり、立地として蒲原工場の北側、国道を隔てた小山が選ばれ、34年末14万m²の土地を手に入れた。東京近郊に設置する案もあつたが、工場の近くにある方が、大規模実験が容易であること、研究用機器の保守にも都合なことが選定の理由となつた。大規模な整地によって、背面に富

士山をひかえ、前面に駿河湾を望む、格好の用地となった。私はこの研究所の建設に携わることになった。

山本研二郎、池田謙吾の両氏に内外の代表的研究所の調査に当たってもらった。両氏は精力的に国内や欧米の金属関係の研究所を歴訪した。建家、附帯設備、研究室、個室などについて効率的で斬新な設計が進められた。35年初めに着工、36年3月に完工した。工事費は土地造成、道路などを含めて5億円であつた。

36年4月株式会社日本軽金属総合研究所は発足した。資本金は8億円である。蒲原、清水の両工場の研究室にいた所員153人がまとまつた。私は独立した研究所の社長になった。

株式会社の研究所は当時例の少ないものであつた。研究は個人の能力を中心として運営さるべきであり、組織で動く生産を中心とする企業からは、分離した方が効率的であるとの理念によつたものであつた。この方が関係会社、外部機関などからの研究依頼にも対応が容易である。研究費は依頼テーマごとに算出し、それに一般経費を割振つたものを依頼元に請求する。この別法人形態はAlcanにおいても実施されていた。

研究事項は製錬から地金の加工、製品化まで広い範囲にわたつていた。これに応ずる組織は当初化学、冶金、試験、企画の4部で発足し、後に鑄造、構造試験が加えられた。部の下には幾つかの研究室がおかれた。

私にとっては有能な研究者の育成が最大の関心事であつた。その一つとして、36年以来Alcanに研究者を出向させ、研究に従事させることにした。期間は2カ年で、最初はカナダのKingston加工研究所を主にしていたが、さらにArvidaの製錬研究所、後には英国Banburyの加工研究所にも派遣した。多い時には3研究員が、それぞれの研究所でテーマをもらい、給料をもらい、家族同伴で快適な2カ年の研究生生活を送つていた。現在までに20名余になるこれらの研究者の多くは研究所にもどり、また日軽の現場や本社に転属した。

設備は年と共に充実した。36年10月には加工試験工場が竣工し、600トン堅圧押出機、120トン熱間、冷間圧延機、50トン油圧深絞り試験機などが備え付けられた。

38年に溶接学校を付設し、アルミ溶接の技能者訓練を始めた。各方面からの受講者は毎年50~100名に及んでいる。これとともに溶接心線の製造、販売をおこなつた。後に心線製造設備は関連会社に移され拡充された。

38年からガリウムの製造研究を行つた。電解炉の廃ガス処理槽に蓄積したマッド中から回収する方法が研究され、さらにヒ化ガリウムの製造研究もなされた。この研究は後に関連会社に移され拡充されていった。

39年には250トンのダイカストマシンを設置し、鑄造関係を充実した。この方面では無孔性ダイカスト法などの研究成果があげられている。

41年には速中性子の発生装置を購入した。これは地金中の酸素の定量に威力を示した。速中性子と酸素との間に核反応をおこなわせ、生成する放射性窒素の放射能を測定するものである。

38年に私は日軽の常務を退任し、研究所の社長専任となつた。これは私にとっては困つたことであつた。研究所は独立会社ではあるが、そのトップが本社の役員を兼務し、技術的な問題について発言できる立場にあることが、研究所の運営上からも必要であつた。このころからアルミ業界は需要の高まりに対応して、増産競争の時代となり、研究所の仕事もこの波に乗るものであつた。

私は軽金属学会の常任理事会で発言し、各社間における技術交流のないこと、学会の研究発表は会誌をみても、春秋の研究発表講演会においても、大部分は加工関係で製錬関係はよりようりようたる現状であることをのべた。製鉄業は鉄鋼協会内に共同研究会があり、鉄鋼関係の全部門にわたつて分科会が構成され、各部会ごとに年数回の発表会を各社の工場や東京で開催し、研究発表と操業データの交換をおこなっている。技術的競争はあるが、公開である。これがわが国の鉄鋼技術を世界のトップに押し上げた原動力であつた。アルミ業界にこれを望むことは無理であつた。外国会社との技術提携が技術交流阻害の大きな原因となつている。提携の条件は他社への技術の漏洩を警戒したものである。この傾向は今日でも続いているのではなからうか。

39年10月には新幹線が開通し、東京オリンピックも開幕した。44年には東名高速道路が開通している。

40年には所員は200名を越え、設備的にも、また研究員の今後の増加に対応するためにも研究所の増築が必要となつた。第2研究棟は4億円をかけて第1棟の東側に44年4月起工、45年4月に竣工した。建物の規模、構造とも第1棟とほぼ同じであるが、これに大型材料試験機を収容する試験室を付設した。これで研究所は本館1万m²、試験工場3,700m²となつた。

46年には研究所創設満10年となつた。このころは研究所の運営について、多くの視察者を迎えた。研究員も慣れ、研究効率もあがつてきた。製錬から加工までよい仕事ができていた。また北海道苫小牧の新工場の建設、操業に当つては充分に寄与することができた。

48年9月に私は藍綬褒章を受章した。50年5月社長を退任し、相談役になつた。この時の所員は243名、年間の研究費は11億円であつた。この年の12月には軽金属学

5

会の名誉会員に推された。

7. 委員会, 調査会

33年から35年にかけて科学技術庁資源調査会の仕事を専門委員として手伝った。担当したのはアルミニウムと電力との問題であった。このころわが国のエネルギー消費は著しく増加してきており、エネルギー付加価値生産性の低い工業は産業構造上好ましくないという見解が有力となりつつあった。これに対しアルミは基幹素材であり、しかも電力消費の原単位は技術の向上と大型炉の採用によって著しく下つてきている。増加しつつある需要に応ずるためにも、ある程度の規模を国内に保有することの必要性を結論づけた。

36年から39年にかけては通産省の産業構造調査会の非鉄金属部会アルミニウム小委員会に長として参加した。この調査会は30年代に入つて戦前規模を回復し、新たな高度成長過程に入つたわが国産業のいだいている問題点と今後のあるべき方向を明らかにすることにあつた。アルミニウム工業も基幹産業の一つとして、その調査対象に取りあげられた。アルミニウムは35年に戦前の規模15万トン回復しているが、エネルギー効率の低い産業として論議されていた。調査会では将来の需要予測、生産原価の想定、これらをめぐる問題点の抽出とさらに改善の方途の究明、国際競争力の強化策などについて調査、検討がおこなわれた。38年9月報告書は提出された。

このころ私は新しくアルミの企業化をもくろむ会社に対する危惧の念もあつて、国内生産は20~25万トンにとどめて、他は輸入にまつのが妥当ではなからうかとの意見をだして、当時の草野社長にたしなめられたことがあつた。

8. ECAFE

私は国連の下部機構である ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East) のアルミニウム関係の会議に参加して、数回東南アジア地区にでかけた。

35年12月インドの製鉄業の中心地 Rourkela (Calcutta から 400 km, 列車所要時間10時間) で Metal and Engineering の subcommittee が開かれた。ECAFE 地域におけるアルミニウムの生産と加工の発展が協議された。ボーキサイトを産出する国や水力資源を有する国は自国内での地金の生産を主張したが、日本、インド、台湾などの生産国側はある程度の製品需要があり、それに対応する加工業が始まり、ついで地金の生産に移るのがよい。また周辺産業の存在も必要であることを説明した。日曜日に 200 km を隔てた Hirakud を訪れた。ここ

には延長 5 km, 高さ 60 m のダムによつて琵琶湖よりも大きい人造湖ができており、発電所がある。この電力によるアルミニウム製錬工場(年産1万トン)を見学した。会議が終つてから 500 km をドライブして、西海岸に出た。有名な仏都 Bhubaneswar を訪れ、また Konarak の Surya 寺院の巨大な廃墟で13世紀を代表するインド仏教彫刻の群れに目を奪われた。

38年3月から4月にかけて Manila に赴いた。これは鉱物資源開発に関する小委員会であつた。ここではボーキサイト資源とアルミニウム工業が議題となつた。オーストラリアにおけるボーキサイト鉱床の発見と最近のアルミニウム・マーケットの拡大について注意が喚起された。低品位ボーキサイトや粘土の処理についても言及された。また資源、製錬、加工の分担についても論議された。会議後の旅行は Baguio から 50 km の山道をバスにゆられての見学であつた。ロックヒルダムによる発電所2カ所と Itogen の金山を視察した。フィリピンの工業化にける意気込みを感じた。

40年8月 Bangkok に赴き、台湾、インドからの専門家と共同で ECAFE 域内におけるアルミニウム工業の現状と将来、発展の方策についてのレポート取りまとめの作業をした。このレポートは12月 Manila で開催されたアジア地区の工業化会議に提出された。この会議に執筆者の一人として出席した。この時セメント工場の経営者から Mindanao 島の有力な発電地点でのアルミ電解工場建設の話を持ちこまれた。しかしこの話は資金面で進展しなかつた。

9. 欧米旅行

31年2月から5月にかけて、欧、米、加と旅行したことは既に記した。この時は期間も長くて各地を訪れ、知見を広めた。

37年2月から3月にかけて、アメリカとカナダを訪れた。この時研究所からは3氏が New York のアルミニウム関係の学会で研究報告をおこなつた。ついでカナダの Alcan を訪れた。私は再度の訪問である。工場、研究所の見学に、研究内容の打ち合せに過した。その後 Boston, Washington, San Francisco, Honolulu と回り帰国した。Washington では National Bureau of Standard を見学した。2,000人の研究者を擁し、化学、冶金方面のすぐれた研究態勢と大がかりな標準物質の調製、流通についての説明をうけた。San Francisco では Stanford Research Institute を見学、世界的規模で調査、研究がおこなわれているシンクタンクの実情に接した。

40年の5月から6月にかけて米、加、欧と旅行した。

これは Alcan からの招きにより、先方の研究所と運営、研究内容について協議することと、ドイツの新鋭電解工場を見学することを主目的とした。

初めに New York に赴き世界博覧会を見物した。斬新な展示方法やエレクトロニクス関係の進歩が印象的であった。ついで Montreal の Alcan 本社で技術、研究関係の幹部と懇談をした。Arvida には 1 週間滞在し、アルミナ工場、電解工場の見学、研究所の訪問に過ぎた。各研究者からはそれぞれ担当の研究内容の説明を受けるとともに当方の研究についても話した。研究所の運営についても細部にわたってディスカスした。ついで Kingston, イギリスの Bunbury で各 1 週間を費やし、加工関係の工場の見学、研究所での打ち合せに過ぎた。多くの研究者に接して感じたことは自分のやっている研究に絶大な自信をもっていることであつた。どこでも歓迎をうけ、ゴルフにも度々誘われた。

Düsseldorf の近くにあるドイツ合同アルミニウム (VAW) の Rhein 工場を見学した。ここは 1963 年フル操業に入つた年産 44,000 トンの新鋭工場である。電解槽は連続既焼成陽極を使用する方式である。工場内は no fume, no dust で人を見掛けない。私はさきに新潟工場の電解炉方式の決定に当つて大いに迷つたブロック陽極方式の機械化と大容量化には大いに啓発された。ただこれを連続式にしている点については、注意して見たが、なお検討の余地ありとの見解に達した。

Nürnberg の Alcan の鋳物工場、Riedhammer 社の訪問をした。Stuttgart の Max Planck Institute に当方から留学中の三木功君を訪ねて、Köster 所長の案内で所内を見学した。Zurich 近くの Swiss Aluminium の Neuhausen 研究所も訪れた。Lyon の工科大学附属研究所 INSA に当方から留学中の金原幹夫君を訪ねて、INSA 内の見学もした。

47 年 5 月から 6 月にかけては Alcan の 3 研究所を歴訪し、新しくなつた先方の幹部諸氏と打ち合せや、研究計画の説明などをした。47 年 4 月に蒲原にロータリークラブが設立され、私はその会長に選ばれていたので、この時 Montreal, Kingston, Bunbury の町のロータリークラブの例会に出席した。たのしい思い出になっている。

10. 著 述

38 年に誠文堂新光社から「アルミニウム工業」が工業化学モノグラフの一つとして出版された。これは 35 年に依頼をうけ、研究所勤務の諸氏に執筆を分担してもらつたものである。西田広三氏の協力を得て、内容の検討、追補をかさね、37 年の暮に脱稿の運びとなつた。現場の

設備、操業上の問題などについても筆をすすめたかつたが割愛した。その後本書がアルミニウムの新企業の方々に熟読されていたことを知り、うれしかつた。

37 年から研究所の広報誌「総研ジャーナル」が刊行された。当初の目的はアルミニウムの製錬、加工、利用の技術的展望、新技術の紹介、批判、所員の書くことへの訓練などを企画したものであつた。隔月刊行とし、社外の研究機関へも配布した。その後年 4 回の刊行となり、配布先も日軽内部のみとしたが、57 年 2 月以降は休刊されている。機密保持と広報の限界、執筆者の選定などに問題があつたのであろう。

この総研ジャーナルに時折私が寄稿した総説、解説、随筆を取りまとめて、329 頁の「技術を探る」を 57 年 11 月に出版し、社内と知友に配布した。これはももとは研究所員に広い視野をもつてもらうことの一助にもと、技術的な諸問題、創造性、他企業の紹介、科学的トピックス、資源問題などを解説したもので、旅行記も随筆として添えた。知友から数多くの質問や書評をいただいた。私は時々専門誌に巻頭言、随想、解説などを書いた。そのテーマは、創意の芽を育てよう、資源の浪費と枯渇、企業における研究と開発、アルミの需要はどのように伸びるか、東南アジアの工業化、技術に自主性を、などであつた。またアルミニウム工業の現状と将来、新製錬法の解説などもおこなつた。

11. 新製錬 3 法

水晶石浴にアルミナを溶かして、これを電解するアルミニウムの製錬法 (H-H 法) は 1886 年以来全く変わっていない。H-H 法よりエネルギー消費量が少なく、装置面でもすぐれた方法はいまだに実現していない。いろいろな提案はある。

11.1 Subhalide 法

1960 年 Alcan は年産 6,000~8,000 トンの subhalide 法による試験工場の建設を公表してセンセーションを巻き起こした。この方法は第 1 段階でボーキサイトと炭素とを混ぜて、電弧炉で Al-Si-Fe 合金となし、第 2 段階で、 $2\text{Al} + \text{AlCl}_3 \rightleftharpoons 3\text{AlCl}$ の反応を利用したものである。高温 (1200~1300°C) で反応は右に進み、粗メタル中の Al が AlCl となつて気化し、低温 (700~800°C) では左へすすみ、純 Al が析出する。私が 1956 年に Arvida の研究所を訪れた時は、研究は実験室でおこなわれており、99.95% のこの方法によるインゴットを見せられた。1962 年には建設中の試験工場を見学した。粗メタルを作る 13,000 kVA の 3 相弧光式電気炉は稼働していた。つぎは 1965 年 5 月で、全設備はほぼ完成し、部分運転中で

5 |||||

あつた。反応工場は配管や制御機構が入り組んでおり、精密化学工場の観があつた。

1967年9月 Alcan は本研究の無期延期を公表した。理由は採算的に自信のもてないことにあつた。粗メタルの製造に電力をくい、全体として消費エネルギー量は H-H 法に比して、有利とはいえない。細かい温度調節や装置の材料面にも難点があつたのではなかろうか。

11.2 塩化物法

1973 年 Alcoa は Texas の Anderson County に年産 15,000 トン (ショート) の塩化アルミニウム電解法による工場の建設を始め、1976 年に生産に移った。この方法はアルミナの製造 (在来法)、アルミナの塩素化、塩化アルミニウムの電解の 3 工程からなっている。塩素化では炭素源として重油を用い、炭化水素の熱分解で生じた炭素をアルミナに沈着させ、これに塩素を送っている。電解槽は多段式で 20 万 A 程度の容量である。わが国でも製錬各社による共同研究がおこなわれた。この方法は消費エネルギーは H-H 法に比べ、期待したように少なくならず、塩化アルミニウムの処理、高温における耐浴、耐塩素材料にも問題がある。

1979 年 Alcoa は試験の目的を達したので、設備の半分を休止し、再検討に移ることにし、近い将来この方法が現行の H-H 法に代ることを期待することはできないことを公表した。

11.3 溶鋳炉法

この方法は昭和 56 年にわが国で特許が公開された。アルミナ原料にコークスを加えてブリケットとなし、溶鋳炉で酸素を送って加熱、還元して Al-Si-Fe 合金とする工程と、この合金に大量の鉛を使つてアルミニウムを溶出してアルミニウムを採取し、アルミニウムに含まれる鉛を高温真空蒸留によつて除去する工程からなっている。

いろいろの問題点がある。溶鋳炉の温度は 2000°C (製鉄は 1500°C) で炉壁の材料には特殊の材質のものが要求される。操業条件の好適範囲がせまい。大量のコークスを必要とする。炉ガスは原料の加熱、発電に向けられるが、もしこのコークスをそのまま電力発生に当てると H-H 法で必要とするよりも多い電力が得られる計算ともなる。溶鋳炉外にとり出された Al-Si-Fe 合金は含有アルミニウムの 100 倍量の鉛で処理し、アルミニウムを溶出する (亜鉛の製錬では亜鉛は溶鋳炉から蒸気となつて冷却室にゆき、大量の鉛のスプラッシュで回収される)。鉛に対するアルミニウムの溶解度は 1200°C で 2.6%、600°C で 0.1% であるから、冷却によつてアルミニウムは分離される。この冷却の温度幅が大きい。つぎ

の高温真空蒸留も装置的に容易でない。

本法は多くの問題点を抱えており、私はその工業化は無理であると考える。

12. 退 任 後

50 年以降は時間的に余裕ができたので、総研ジャーナルの毎号に寄稿するのがたのしみであつた。執筆のテーマをきめると、それに関する文献もあさつた。大分勉強になった。

また和田野基氏が主催していたリサーチ・マネージメント・ロータリーの運営を手伝つた。この会は化学工業会社の上級技術者を会員とするもので、講演会、見学会が活発におこなわれた。見学した研究所、工場は 50 を越えている。大分の八丁原地熱発電所などもその一つである。年 4 回開催の研究開発懇談会は主として私が担当したが、研究管理、エネルギー問題、環境問題、ライフサイエンス、コンピュータ、化学工業をとりまく諸問題などのテーマについて、主導的立場にある方々を講師にしたものであつた。また長老を招いての会食もおこなわれた。この会合は 58 年社団法人 RM 技術交流協会となり、その運営も若返つた。

57 年 6 月に研究所相談役を退いた。その後は友人のすすめで入会した日化協クラブや、協和協会の例会に出席して、政財界の諸問題、防衛問題などについて興味深い話を聞く機会をもっている。また昨年初めからは陶芸教室に通っている。まだまだ作る楽しみを味わえる腕前にはならないが、愚作の数々を物にしている。また青空の下で月数回のゴルフをやっている。スコアは 100 の線を往き来している現状である。

過ぎし方をふり返つてみると、アルミニウム工業に従事したいという私の若き日の念願はかなえられたが、戦時をはさみ、あまりにも落ちつきのままに時が過ぎてしまった。この間多くの方々の好意に支えられて今日に至つた。アルミニウムの生産は 52 年度に 118 万トン (世界第 3 位、この時の設備能力 160 万トン) をあげたのを最高に 58 年度は 20 万トン、輸入 140 万トンとなつている。これもやむを得ないのではなかろうか。

近く地金の需要は 200 万トンに達することが予想される。可能な限りを輸入に依存し、足らざるを国内産で補う態勢となるのではなかろうか。研究開発の重点は新合金、新加工法の研究、新規需要の開拓などアルミのもつ物性、特性を生かした、他の素材では追従不可能な用途の開発を指向し、製錬関係の技術は主として海外における工場の建設、指導に向けられるのではなかろうか。

アルミ企業は転換期に当たっている。新しい発想と若い英知とを期待して拙稿を終ることとしたい。