



## 非鉄冶金学の巨人： 増子 昇 先生から受けた薫陶

岡部 徹\*

### 1. はじめに

東京大学名誉教授 増子 昇 先生は、2019年9月23日、心不全で逝去されました。享年84歳でした。ご親族のお話では、先生は長患いされることなく、突然、安らかなご臨終を迎えられたとのことでした。

ここに、改めて、先生の生前のご業績とご活躍、貴重なご指導の数々を偲び、謹んで哀悼の意を表します。

増子先生のご専門は、金属製錬学、電気化学、腐食防食学、表面処理工学などで、後世に残る多くの業績を残されました。増子先生の輝かしい業績につきましては、既にいくつかの追悼文<sup>1)~6)</sup>に纏められております。また、増子先生自身が纏められた記事も、とても勉強になります<sup>7),8)</sup>。

このたびは、小野幸子 工学院大学名誉教授から増子先生に関する記事を寄稿するように仰せつかりましたので、僭越ながら、若輩の私から見た「非鉄冶金学の巨人」について、いくつかのエピソードを交えて紹介させていただきます。

### 2. 非鉄冶金学の巨人

増子先生は、非鉄金属製錬学を専門にされ、化学熱力学、電位-pH図などを駆使して、金属の腐食や表面処理なども含めた広範な領域にわたって、先駆的な研究を行われました。今では、非鉄金属製錬学という言葉が一般的ですが、かつて、この学術分野は非鉄冶金学と呼ばれており、明治の初期には、採鉱冶金学というより広い学術分野に含まれる一つの学問領域でした。

増子先生はドイツの採鉱冶金学者、クルト・ネットー (Curt Adolph Netto) 教授<sup>9)</sup>の話を、しばしばされてきました。ネットー氏は、採鉱冶金に関して、当時、最も学問的水準の高かったドイツのフライバルク工科大学の出身で、1873年に工部省官営小坂鉱山冶金技師として来日しました。明治時代の帝国大学(後の東京大学)の創成期、1877~1885年には、日本の大学の採鉱学や冶金学の最初の教授として、帝国大学理学部で教鞭をとりました。日本の非鉄冶金学は、涅氏(ねつし=ネットー氏)に

より、学問として創始されたとされています。1884年には、文部省の委託によってネットー氏の講義のノートが当時の学生たちが整理、編集し、1887年には、「涅氏冶金学」が刊行されました。ネットー教授の「涅氏冶金学」について学ばれた増子先生は、日本の非鉄冶金学創始者直系の学者でした。先生ご自身も、非鉄冶金学の泰斗として王道を歩んできたこと、誇らしげに話されていたのが印象的です。

私から見た増子先生は、非鉄冶金学の神様のような存在でしたが、そのような先生でさえも、先駆者として尊敬する先生がおられたことに驚いたものです。同時に、私自身も、非鉄冶金学を専門とする東京大学の一教員として、増子先生からお教えいただいた学問領域を継承し、さらに発展させなければならないという思いを新たにしました。

### 3. 増子先生と筆者の関係

増子先生は、長らく東京大学 生産技術研究所(生研)の教授(1978~1995)であり、また、生研の第15代所長(1986~1988)を務めておられました。現在、生研の現職教授であり、また、第26代所長である私にとって、増子先生は、雲の上の存在であり続けています。同時に、同じ研究所で同じ学問領域の研究に身を置いていることから、不遜を顧みず不思議な親近感を覚えております。

私が東北大から東大の生研に赴任したのは、2001年のことですので、増子先生と親しくさせていただくようになったのは、先生が既に東大をご退職された後のことでした。

増子先生は奇しくも私の父と同年生まれで、年齢差30歳と実に親子の隔たりがありましたのにも関わらず、親しくさせていただく機会を得ることができたのは、偏に専門分野が近かった故でした。

私の研究分野は、チタンや希土類金属、白金族金属などのレアメタルの製錬やリサイクルです。増子先生が取り組まれた研究領域は実に広く、私が専門とする非鉄金属製錬分野、特に特殊金属製錬の分野は、増子先生にとってはごく一部の領域です。しかし、東大には、非鉄金属製錬分野の研究者が少なかったために、幸運にも増子先生から直接、実に沢山のご指導を賜る機会がありました。

私は、東京大学大学院 工学系研究科のマテリアル工学専攻における「熱力学特論および演習」の講義を担当しています。その際に使う「化学ポテンシャル図」の説明には、増子先生が執筆された「電位-pH図」に関する講義資料を使うことがあります。

今も私の手元には、「増子先生ファイル」と題した、増子先生から頂戴したお手紙や文献を多数ファイリングした分厚いドッチファイルが宝物としてあります。その

\* 東京大学 生産技術研究所

ファイルの中には、増子先生からいただいた直筆の手紙が保存されています。直筆のお手紙や資料を何十回も頂戴した私世代の学者は少ないでしょう。恵まれた環境に身を置いていたものと、今更ながら感謝しています。

#### 4. 化学熱力学と化学ポテンシャル図

増子先生の数多くのご業績の中で、私にとって特にインパクトが大きかったのは、化学ポテンシャル図を実際の製精錬プロセスに応用する基本的な考え方を示されたことです。

化学熱力学の分野では、今では当たり前のように、電位- $pH$  図をはじめとする様々な化学ポテンシャル図が利用されています。私達は化学ポテンシャル図を駆使して、プロセスを合理的に理解し、解析し、最適化しています。増子先生は、化学ポテンシャル図の利用が一般的でない時代に、その合理的な活用方法を示し、冶金関係者にとってより身近なものにされました。さらに様々な種類の化学ポテンシャル図を製精錬プロセスへどのように活用できるかを、明快かつ極めて分かりやすく示されました。

中村 崇 東北大学名誉教授と前田正史 東京大学名誉教授・京都科学技術大学学長による増子先生に関する随想<sup>3)</sup>には、「この学問を学び、講義や応用した者はだれでも賛同していただけたと思うが、その学問的内容をどのように使いこなす、表現するかは、その人の化学熱力学の理解度と応用先の問題の理解度に依存し、独自の世界観が出てくる。我々はいつもその取り扱いに圧倒された。その切り込み方の鋭さと工業的な課題解決に繋がる説明の仕方は、まさに増子先生の世界であった。」と記されています<sup>3)</sup>。私も全く同感で、増子先生が描かれる化学ポテンシャル図から多くのことを学ばせていただきました。とりわけ、増子先生が考えられた、溶融塩中における電位- $pO_2$  図およびその運用方法からは実に多くのことを学び、私自身の研究に役立たせていただいております。

増子先生の薫陶を受けた私は、今でも、先生が作成された化学ポテンシャル図を使いこなす、新しい製精錬手法を考え出す努力を日々行なっています<sup>10)-12)</sup>。現時点では、増子先生ほどエレガントに化学ポテンシャル図を駆使できていません。しかし、増子先生から教わった化学ポテンシャル図をはじめとする化学熱力学を駆使し、新しいプロセスを考案し開発する醍醐味を十二分に味わっています。最近では、増子先生に見習って、自らが学んだ学問の素晴らしさを、後進に伝える労を厭わないように努力しております。

#### 5. 学者として筋を通す増子先生

増子先生は、間違った研究や不適切な研究アクションを見つけると、それが許せなかったのでしょうか、私に

意見を求めてこられることが幾度もありました。中には、人に見せるのは憚られるような、かなり辛口のコメントが記された手紙もありました。

今から思えば、「意見を求める」というよりも、「岡部さんはこんな低いレベルにならないように」と、私に対して教育して下さっていたのかも知れません。常に真摯に研究や学術に向き合う先生の姿勢は、私もしっかり見習わなければならないと、今も胸に刻んでおります。

学者である増子先生が許せなかった事案をいくつかご紹介させていただきます。詳細は、増子先生自身が書かれた随想<sup>13)</sup>をご覧くださいればわかりますが、一つは「アルミニウム溶鋳炉法」についてです。溶鋳炉を使ってアルミナ(酸化アルミニウム,  $Al_2O_3$ )を還元して、金属アルミニウムを製造する新製錬法が過去にもいくつか提案されています。増子先生は、コークス(炭素)を還元剤として利用する限り、この手法は量産プロセスとしては存在しえないと熱力学的な観点から主張されていました。

太陽光を使って酸化マグネシウム( $MgO$ )を分解し、金属マグネシウムを製造するという新製錬法についても、かなり辛口のコメントを、しばしばされていたのが印象的でした。詳細は割愛しますが、投入するエネルギーと得られる金属マグネシウムの量について、熱力学的な観点から実用化は“あり得ないプロセス”として、強く否定されておりました。

学問の世界でも、「学術的に明らかに間違っていること」を公然と批判するのに躊躇してしまうことがあります。しかし、このような間違いに対し、増子先生は、理路整然と厳しく明確に、また、時にはユーモアを交えて、否定的なコメントをされておりました。このような筋を通す学者の姿勢は見習わなければならないと教えられました。

熱力学的に明らかに成立しない手法でも、アピール力や人脈を駆使して、研究費を獲得し、成果として誇示している輩を目にすることがあります。このような学問に反す不誠実なアクションに対しては、私も増子先生を見習って、厳しく対応しているつもりです。しかし、正直なところ、未だに増子先生のような卓越した批判能力は身につかないのが実情です。

#### 6. 指導者としての増子先生

増子先生は、生研には、元所長というお立場で、亡くなる直前まで年に数回は足を運ばれておられました。増子先生のご専門の一つである非鉄金属製錬分野の若手教員として、私は新たに生研に赴任したものですから、生研で様々な会合がある度に、増子先生は私の研究室にもお立ち寄りくださいました。

私が主宰している「レアメタル研究会」への参加率が最も高かった方のお一人が、増子先生でした。会合で



2017年5月撮影，増子先生と筆者。

は、いつも辛口のコメントや論評をしていただきましたが、先生のお蔭で、会合の雰囲気引き締まり、研究会の質が高まったのは有難い限りでした。

2006年にMasuko Symposiumという国際会議<sup>14)</sup>の運営のお手伝いをさせていただいたときは、増子先生とさらに頻繁にお会いする機会を得ました。思い起こせば、国際会議の運営や段取りに関するお話よりも、はるかに長い時間、製錬や熱力学の議論、さらには他愛もない雑談を延々とさせていただいたことが、今となっては貴重な思い出です。

このMasuko Symposiumの大会委員長を務められた前田正史 東京大学教授(当時)は、私を東北大から東大・生研にリクルートして下さった先生です。前田先生も増子先生から大いに薫陶を受けられた、と追悼記に思い出を綴られていました<sup>3)</sup>。こうした意味では、私は大学人として、増子先生の孫弟子にあたる存在ですが、2001年以降、毎年、10回以上は、増子先生とお会いする機会に恵まれ、実に長時間のお教をいただきました。これは、望外の幸運であったと思っております。

## 7. おわりに

増子先生は、様々な会合の後に、私たちを2次会にお誘いくださいました。その際、“元気の良い若い研究者”を新たに紹介するよう依頼されることが多くありました。当時は、「増子先生は、頻繁に若者の生き血を吸っているの、いつもお元気で、頭脳明晰なのかもしれない」という冗談をご本人に対して申し上げたところ、「岡部さんらと一緒にいると、そりゃ若くなるよ」と楽しそうにお答えくださいました。今となっては、そのような会話ができないのが残念です。

増子先生による数多くのご薫陶に対し、改めて心より感謝申し上げ、衷心より先生のご冥福をお祈りします。

## 参 考 文 献

- 1) 小野幸子, 電気化学, 87, Winter号, p.364, (2019).
- 2) 柴田正美, 表面技術, 70[11] 会告, (2019).
- 3) 前田正史, 中村 崇, 季刊 資源と素材, 5[1] pp.132-133, (2020).
- 4) 岡部 徹, 研友, 77, pp.33-35, (2019~2020).
- 5) 小岩昌宏, 研友, 77, pp.29-30, (2019~2020).
- 6) 高井 治, 関東学院大学 材料・表面工学研究所ホームページ, 過去の雑感シリーズ, 2021年4月, (2021).  
[https://mscenter.kanto-gakuin.ac.jp/zakkan/zakkan\\_past/zakkan2021.html](https://mscenter.kanto-gakuin.ac.jp/zakkan/zakkan_past/zakkan2021.html)
- 7) 増子 昇, まてりあ, 43[5] (2004).
- 8) 増子 昇, ‘非鉄製錬技術の温故知新’, 東京大学生産技術研究所 非鉄金属資源循環工学寄付部門 開設記念シンポジウム(2013.1.25 於 東京大学先端科学技術センター ENEOSホール)講演資料集, (2013).
- 9) クルト・ネットー, フリー百科事典 ウィキペディア (Wikipedia), <https://ja.wikipedia.org/wiki/クルト・ネットー>
- 10) T. H. Okabe, C. Zheng, and Y. Taninouchi, *Metall. Mater. Trans. B*, 49[3] pp.1056-1066, (2018).
- 11) T. H. Okabe, Y. Taninouchi, and C. Zheng, *Metall. Mater. Trans. B*, 49[6] pp.3107-3117, (2018).
- 12) T. H. Okabe, L. Kong, and T. Ouchi, *Metall. Mater. Trans. B*, 53B, pp.1269-1282, (2022).
- 13) 増子 昇, (随想), 鉄と鋼, 69[16], pp.2093-2094, (1983).
- 14) A.C. Powell, “The Masuko Symposium of the 16th Annual Iketani Conference”, *JOM* 59, February, pp.81-82, (2007).