渡辺賞

非鉄製錬分野における産学協同の推進*

増 子 昇¹

A Historical View of the Collaboration between Industry and University in the Field of Non-ferrous Metallurgy

by Noboru MASUKO¹

1. Professor, Dr., Chiba Institute of Technology, 2-17-1, Tsudanuma, Narashino-shi 275-8588

A brief historical review is described of the university-industry research cooperation, which has been conducted by both the MMIJ (the Mining and Materials Processing Institute of Japan) and the 69th committee of the JSPS (the Japan Society for the Promotion of Science), in the field of non-ferrous metallurgy in Japan. The author divided the latter half of this century into five periods which are the recovery since the war period (1945~65), the highly developed period (~75), the technology rearmament period (~85), the exotic materials period (~95), and the global environment period (95~). Modern technology of non-ferrous extractive metallurgy with automation, energy saving, pollution control, functional materials production and so on, originated in the third period just after the oil-shock, where the university-industry research cooperation activities played an essential role. In appreciation of the contributions to which, the author was awarded the 73rd Watanabe prize. For the future development of materials processing technology, the author is proposing a new concept of "metal laundering".

KEY WORDS : University-industry Research Cooperation, Non-ferrous Metallurgy, Technology Rearmament, Metal Laundering, Watanabe Prize of MMIJ

はじめに

渡辺賞は、第1回の昭和2年以来、生産現場の技術に携わる方々に授けられることを伝統として参りました。このたび、大学関係者にもその対象を拡げて、資源・素材学会の最高位の賞とすることが改めて確認され、学の側の人間として、初めて私を選んで頂きました。ご関係各位に厚くお礼申し上げます。

大学における本来の仕事であります学術論文、特に当学会誌への投稿論文の生産に関しましては、私よりも優れた方が大勢おられるにもかかわらず、私が選ばれた理由は、産と学との交流をはかる場の設定と維持に関してお手伝いをしたことへの積み重ねを評価して頂いたものと存じます。受賞講演は自分の業績について語るべきものでありますが、場の設定という漠然とした事柄が主であり、具体的に述べるのが難しい状況であります。昭和31年に小川芳樹先生の研究室で卒業研究を始めて以来43年間の非鉄冶金との関わりを述べることでお許し頂きたいと存じます。

これまでの間に、大勢の先輩、友人の方々にご指導、ご鞭撻を頂いてまいりました。お一人ずつに感謝の意を表すべきでありますが、ここでは特に恩師お三方のお名前だけを挙げて感謝の意を表します。須藤欽吾先生、久松敬弘先生、高橋正雄先生であります。

* 1999年5月11日受付 6月2日受理 平成11年(1999年)3月30日 本会第122次通常総会にて第73回渡辺賞受賞

1. 正会員 工博 東京大学名誉教授 千葉工業大学教授 金属工学科

(著者連絡先) FAX 047-478-0329 (千葉工大)
キーワード: 産学協同研究, 非鉄冶金, 技術再武装, メタルロンダリング, 渡辺賞

1. 専門と領域

研究者はそれぞれ、Discipline (専門) と Field (領域) を持っている。辞書を引くと Discipline の第一義は鍛錬、修養であり、転じて専門とする学科という意味になる。Field の第一義は野原であり、現場から転じて活動の領域ということになる。私の場合は専門は電気化学、領域は非鉄製錬、腐食・防食、表面処理などである。

私が小川先生の研究室に卒論配属になった年(1956)の卒論輪講は1954年に発行された Fischer の多結晶電析に関する教科書¹⁾で、そこには電気化学ポテンシャルを使った、不均一平衡についての明快な記述があり、さらに化学ポテンシャルに、相結合型、溶液結合型、反応結合型、の3通りの分類があることが述べられている。これらは以後今日まで、私の電気化学平衡論の土台となっている。

大学院修士課程を1年で中退し、東北大学選鉱製錬研究所で須藤先生の助手にさせて頂き、ウランのリーチングの勉強を始めた。酸浸出はよく理解できたのだが、アルカリ性の脈石と共存する場合に行われる炭酸塩浸出の理解で苦しみ、電位-pH図に錯化合物の軸を付け加えて、3次元の図に拡張することを考えた²⁾。Field で解くべき問題を与えられ、Discipline に戻ってその方法を考えるという経験をするのができたのは、領域を与えてくださった須藤先生と、専門における方法を示唆して下さった久松先生のお蔭である。加えて、電位-pH図の創始者 M. Pourbaix 先生に深い感謝を捧げる。

一旦方法を手に入れると、様々な応用が可能となるので、湿式製錬全般に対して一通りの解説をし³⁾、新しく編み出した部分を総説にまとめた⁴⁾。小説家の世界では、「小説作家は処女作に向

かって成熟する」とか、「作家は一生掛けて処女作の主題のリフレーションを書く」とか、いわれる。私も残念ながら処女作で獲得した方法を超えられないでいる。しかし、ビギナーズ・ラックではあったが、良い鉱脈を掘り当てることができた。化学ポテンシャルを図にして、物質の安定領域を直接示すことは、不均一系への熱力学の応用における新しい潮流として、この頃から盛んになった。この流れの先頭で活動できたことは、幸せなことであった。

2. 学の多様な役割

一口に産学協同といっても、その内容は時代とともに変化している。学にも様々な側面があり、それぞれの時代で要求される役割が変わる。表1に私見をまとめた。産業の戦後の復興期にあつては、導入技術の説明の学としての基礎物理化学が大切であった。1968年に出版された日本鉱業会誌の非鉄製錬号（Vol. 84, No. 963）には、戦後一斉にW, Mo, Mn, Mg, Ti, Na, Be, U, Th, R. E., Ge, Y, Ta, Li, Zr, Hf, という多くの新金属製錬の企業化が試みられた記録が残されている。

高度成長期に入ると、企業はCu, Zn, Pb, の基幹金属の生産規模の拡大と、副産する資源の回収に向けて、次々に自主技術の開発を行った。学としては化学工学的解析が望まれた時代であり、熱力学を専門にする研究室では、プロセス制御を見込んでセンサーを研究しているところが元気がよかったように思う。この時期大学は研究活動よりも学生生活の方が盛んであり、公害問題と絡んで、産学協同の解釈に各種のイデオロギーが持ち込まれた。

この後でオイルショックが起こり、同時にローマクラブの「成長の限界」⁵⁾が話題になった。この時期は、資源転換期とでもいうべき時代であり、変動為替制への移行に伴う円高のために、国内鉱山が相次いで休止するようになった。歴史的に見ると、第1次（1973）よりも第2次（1978）のオイルショックの方がより深刻であったが、いずれも克服されて、再び生産量の増加が始まる。これは高度成長期に蓄えた技術を省エネルギー、省力、省資源の観点から見直すとともに、理論的な検討をベースとして、技術再武装をしたことの効果が大きい。また、その背景にはエレクトロニクスの飛躍的發展に伴う工場無人化への大きな流れがあった。

この時期に私は東大生研に職を移し、再び非鉄冶金領域に参加する機会を得た。技術再武装という視点から、しばらくの間、大学と産業とは協同でものを考える場面が続いた。この時期に学術振興会第69委員会と日本鉱業会とを足場にして、産業界との協同研究の幹事役を務める機会に恵まれたことが今回の受賞につながったものと理解している。

オイルショックは特に電気エネルギーを多量に消費する電解産業に対して、大きな影響を与えた。電解プロセスは、エネルギーのインプットの評価が簡単なので、省エネルギーの考え方を整理するには都合のよい対象であったことが幸いして、評価の学を試みた⁶⁾。高橋正雄先生から「技術の現場で経験されることこそが第一級の実験事実であり、多くの要因が絡み合う現場経験の中から、問題を汲み上げ、見通しのよい解釈を加えること」を持って工学とすることを教えて頂いた。これは技術再武装へ向けて、評価を基盤にしたシステムの学が要求されていた非鉄製錬領域にとっても通じることであった。その後、亜鉛電解、アルミ電解、ソーダ電解、の3つの領域はそれぞれ異なる道を辿ることになる。亜鉛は現行法の改良で生き延び、アルミは日本から姿を消し、ソーダはイオン交換膜法という新しい方法を生み出して再生した。それぞれがそれぞれの理由で現在の状況にある。

昭和50年代の後半から、世の中は軽薄短小の時代になり、新素材ブームが起こった。学振では、当時の委員長藤森正路氏（本

表1 産学協同の内容の変遷

産	学
戦後復興期（1945～65）技術導入 Cu-Zn 硫酸化焙焼, Ni マット電解 電熱蒸溜, 硫酸回収, 自溶炉, 電解 Mn, 電解 Cr, スポンジ Ti, ビジョン法 Mg, ISP 炉	基礎物理化学（説明の学） 硫化物熱力学データ 銅熔錬の物理化学, 塩素製錬 電位-pH 図（錯体を含む系） イオン交換樹脂, 溶媒抽出 高温水溶液化学
高度成長期（1965～75）自主技術開発 黒鉱浮選, 光和プロセス, MI 連続製銅, 大型臨海製錬所, 自動制御, 公害防止 硫酸 Hg 除去, ヘマタイト法	化学工学（設計の学） 化学ポテンシャル状態図 CVD, PVD（プラズマ化学）, 高純度副産金属回収, 電算機応用, 酸素センサー
資源転換期（1975～85）技術再武装 省エネルギー, 省資源, 省力, 国内鉱山休止, DSA 導入, 複合プロセス, ミッシュ酸化物電解	システム学（評価の学） 省エネルギー指針, 硫黄非硫酸回収, 無公害製錬, リサイクル, 濃厚水溶液活量 水素エネルギー・システム
新素材開発期（1985～95）軽薄短小 電子金属素材, レアメタル, 金属間化合物, 磁気記録メタル粉, 電池用無水銀亜鉛, MCLE 電解, 水素吸蔵合金	試行錯誤（開発の学） 局所解析, 状態分析 気相プラズマ・プロセス アモルファス, 人工知能
地球環境期（1995～）ファクター4 エコマテリアル, LCA, ISO-9000, 14000, 人間と技術の双方向技術	未来開拓（限度の学） 政府支援による研究の事業化 技術原理再構築 メタル・ロンドリング

会第40代会長）の大変な努力で、特殊金属小委員会が発足し（1983）、この時期に要求された開発の学への対応を実行した。この時期、材料の局所解析、状態分析のサイエンスが格段の発展をとげ、新しい機能材料の芽が生まれた。

バブルが弾けて、世の中落ち着いてくると、資源消費を半分にして、豊かさを2倍にするという「ファクター4」⁷⁾が技術の潮流を作り、地球環境適応の時期となる。新しい技術立国のために科学を振興する、という掛け声のもとに、国家財政に支援された研究の事業化が始まる。すなわち未来開拓を標榜する現在である。

研究をするには、Discipline か、Field か、少なくともどちらかには足場を確立しておかねばならない。両方とも浮いているパッチャルな研究は、すぐに信用詐欺に転化する危険を持つ。技術に要求される課題を解くに当たっては、人間の抱く夢に対して、技術が明らかにしてきた限界というものを明示する限度の学が必要になる。これからの学の責任の一つは人類の文化遺産の継承であり、魔術的な思考の排除にある。

3. 技術再武装の時期

表1に資源転換期と書いた昭和50年代は、同時にそれまでの高度成長期に蓄えた技術を新しい時代に向けて再武装した時期でもあった。結果として、エネルギー危機を逆に得難い機会に換え、日本の技術は格段に進歩した。

この時期、学振第69委員会は再編を行い、委員長の森山徐一郎先生を中心に、非鉄製錬領域における産学協同活動の中心となった。昭和51年に開かれた第1回非鉄冶金シンポジウムの様子を日本金属学会会報のトビックス欄⁸⁾に紹介したが、この会で狙いとした、「企業現場で経験される不思議なことを公開しよう」という試みが成功したのは「2日間にわたる討論の司会を一手に引き受けて、該博な知識と豊富な経験とで巧みに会をリードされた藤森正路氏の手腕」に負うところ大であった。以後企業の技術の

表2 非鉄冶金シンポジウム「司会者一覧」

1976年	藤森 正路 (住友金属鉱山)	
1977年	立石 勇次 (三井金属鉱業)	寺崎 裕一 (日本鉱業)
1978年	森屋 和衛 (三菱金属)	原田 謙三 (同和鉱業)
1979年	清水 克己 (三井金属鉱業)	伊藤 右橋 (東邦亜鉛)
1980年	清水 利昭 (住友金属鉱山)	鈴木 尚 (三菱金属)
1981年	榎本 修造 (日本鉱業)	阿部 秀来 (同和鉱業)
1982年	植田 正明 (住友金属鉱山)	鳥越 隆一 (三井金属鉱業)
1983年	浜辺 直彦 (三菱金属)	中根 康雄 (東邦亜鉛)
1984年	榎本 修造 (日本鉱業)	小瀬 龍男 (同和鉱業)
1985年	伊藤 右橋 (東邦亜鉛)	菅原 雄伍 (三井金属鉱業)
1986年	後藤 需夫 (三菱金属)	寺山 恒久 (住友金属鉱山)
1987年	高橋 光男 (日本鉱業)	

責任を担う立場にある方々が司会をするというスタイルが定着し、大きな成果を挙げた。表2に12年にわたる非鉄冶金シンポジウムの司会者のお名前を掲げた。

学振と並んで(財)日本鉱業振興会の助成もまたこの技術再武装の時期に大きな貢献をした。私はこの時期に日本鉱業会に設置された4つの委員会に参加した。湿式製錬技術委員会(委員長:真島宏先生, 1974~76), 新しい硫黄固定法研究委員会(委員長:柳ヶ瀬勉先生, 1978~80), 硫化鉱の新しい処理法に関する技術研究委員会(委員長:矢沢彬先生, 1980~81), 非鉄製錬技術とエネルギーに関する研究委員会(委員長:柳ヶ瀬勉先生, 1982~84)で、今なお有用な情報を含む報告書が刊行されている。

私は初めて電気化学協会関東支部の幹事になったとき、日本鉱業会関東支部との間で共催する「金属の電解製錬に関する談話会」を提案し、幸い1968~77年の間、9回を数えるまで継続した。第8回談話会(1976. 11)では「硫酸・石膏を副生しない非鉄製錬」をテーマに取り上げた。このときに発表した5C法⁹⁾が「新しい硫黄固定法研究委員会」に参加する動機となった。このアイデアは米国鉱山局ですでに研究されていたということを、後に出版物(F. Habasi; "Chalcopryrite", McGraw-Hill, 1978)で知った。この委員会は日本鉱業振興会から1,000万円、文部省科研費総合Aから710万円の助成を受けて、当時の非鉄製錬関係者の総力で取り組んだ委員会となった。幹事としてこの会を推進された永末浩猷先生が研究の途上殉職され、池田陽次郎氏(元日本鉱業会事務局長)もまた物故されており、残念なことである。

4. 産学協同の重層的展開

1980年代に入ると、しばらくの間、技術の研究動向は材料を中心に動いた。いわゆる「軽薄短小、新素材の時代」である。学振69委員会は特殊金属小委員会の実績を背景に1988年に名称を「非鉄冶金」から「素材プロセッシング」に変更し、その対象領域を拡げた。これは当時の委員長明石和夫先生からわれわれ後輩への大きな贈り物となった。

その後、学振当局も産学協同への積極的支援策を取るようになり、われわれも様々な恩恵を受けている。1990年には「産学協力による国際シンポジウム援助制度」の適用を受けて、幸塚善作先生を組織委員長とする「Rare Metals '90」国際会議を北九州市で主催した。1994年には創立50周年記念事業として、沖猛雄先生が委員長のときに準備された「プロセス関係研究者・技術者一覧」が完成、大分類8分野に1,000名を超える方々を集録している。1995年には「無鉛はんだ小委員会」が産学研究支援事業の適用を受け、1996年には吉村昌弘先生の「ソフト溶液プロセスによる高機能無機材創製」が未来開拓学術研究に採択になっている。これからの素材プロセス技術を発展させる基本戦略の上で、学振という組織をどのように活用して行くかということが大きな

ポイントの一つとなろう。

日本鉱業会では、私が冶金専門委員長職にあった1981年に第3回の非鉄製錬号(1122号)を発行した。当時本会会長の後藤佐吉先生の手で、Metallurgical Review of MMIJが創刊されたのは1984年のことであり、海外にわれわれの技術と研究を発信する体制を作ることができた。発行の責任は冶金専門委員会(現 素材部門委員会)が担い、初代の編集委員長は矢沢彬先生であった。以後、板垣乙未生先生をはじめとする東北大学選鉱製錬研究所(現 素材工学研究所)の先生方の努力で発行が続けられている。

1985年には創立100年を記念して「Zinc and Lead '85」が、戸沢一光先生を組織委員長として、東京で開かれた。この会は5年に一回の割りりで続いており、第2回が1990年にカナダで、第3回が1995年に阿座上竹四先生を組織委員長として仙台で開かれた。特にこの「Zinc and Lead '95」に対しては、当時企業にあって技術の責任を負っておられた方々で構成される「非鉄冶金懇話会」が、「亜鉛・鉛製錬研究振興プラン」を発足させ、1991年から1995年にかけて、総額5,400万円の援助の下に、10大学15研究室の研究を支援されたことが大きな力となっている。表3にお名前を紹介して感謝申し上げる。

1987年には学会名称変更が行われ、部門委員会制度が発足し、1989年からは、学会誌の名称が「資源と素材」に変更され、新しい時代への対応が整った。素材部門委員会は沖猛雄先生が組織委員長として周到な準備をされた国際会議「Processing Materials for Properties」をTMSと共同主催で1993年にハワイで開催した。この会では永野健氏(本会第42代会長)に、日経連会長としてご多忙の中を基調講演して頂き、さらに参加者全員をパーティに招待して頂いた。次回PMPは山内睦文先生が組織委員長として、2000年にサンフランシスコで主催する準備をしている。

5. メタル・ロンダリング

表1は、ある時期に、ある特定の学だけが必要とされた、ということの意味するものではない。どの時代でも説明の学は基本であり、開発の学、設計の学もまたなくてはならない。技術、すなわち社会で必要とされている製品を作ること、社会の維持に必要な

表3 非鉄冶金懇話会

名簿			
伊藤右橋（東邦亜鉛）		寺山恒久（住友金属鉱山）	
原田謙三（同和鉱業）		平山英男（日鉱金属）	
柳田節郎（三菱マテリアル）		渡辺威文（三井金属）	

亜鉛・鉛製錬研究振興プラン			
目的 Zinc & Lead '95 支援			
『期間3年間（1992～1994）			
援助総額 5,400万円 （各社900万円）』			
大学側 幹事			
阿座上竹四（東北大学）		増子 昇（東京大学）	
参加研究者（10大学，15名）			
岩手大学	武田要一		
秋田大学	小池一男	佐々木金一	
東北大学	阿座上竹四	板垣乙未生	梅津良昭
早稲田大学	不破章雄		
千葉工業大学	簇 杏洲		
名古屋大学	山内睦文		
京都大学	朝木善次郎	栗倉泰弘	
九州工業大学	中村 崇		
九州大学	福島久哲	森永健次	
熊本大学	河原正泰		

な問題を解決することは状況に依存し、時間と経済の制約下で解を出さねばならない。これに対して学の協力できるのは、製品ではなくプロセスであり、問題ではなく論理である。学の基本的立場は原理と原則を追求することにあり、時間と経済の制約からは自由である。作ること（発明）、解決することが技術であり、見つけること（発見）、解明することが科学である。サイエンスは技術のために有用な資源と方法を提供するが、有能な技術者がいなければ、それを活用することはできない。技術は社会の評価に曝され、そのための評価の学が必要になるが、学そのものには事実と論理があるだけで、本来評価というものの対象とはならない。

従来の製錬技術は、天然資源の中から、製品の市場規模に見合う量の確保と製品に要求される純度の達成に容易なものだけを選んで対象とし、経済性の原則を優先させる。これからの製錬技術に要求されることは、人間が社会活動の中で人為的に混ざってしまった人工資源を、社会安全と環境保全の観点から、捨ててよい物と利用できるものに分けるプロセスに関して、原理と方法を見つけ出すことにある。

問題の重要性を議論するのはよいが、願望が先に走るだけでは何も進まないということになる。お互いに自分の持ち分を守った上で、全体の体系の組み立てに協力することが必要だとすれば、製錬の専門家として、物質分離の基本操作を提供することに限定してものをいうことが大切になる。このような方向の製錬学として、1991年に中村崇先生を誘って、メタル・ロンダリングという考え方を提唱した。幸い(財)日本鉱業振興会の理解の下に、研究を続けている。

6. 銅の歴史から見た日本の文化と技術

昨年1998年5月に松江で開かれた第4回国際金属歴史会議の主題は「金属の歴史を解明し、新しい金属の時代を拓く」ことになった。次に、ここで行った基調講演¹⁰⁾を紹介して、これからの素材産業の社会に対する責任を考える。これは「社会の持続可能な発展における材料の使い方」という根本的な課題を考えるということであり、「ファクター4」といった技術思潮にどのように参加できるかということでもある。またグローバルな視点での文明と、ローカルな視点での文化とをどのように繋ぐのが問題でもある。グローバルな問題であっても、その解決は、それぞれ

の地域、風土、歴史、に即したローカルな対応の積み重ねが必要である。日本は銅資源に恵まれ、それらを生かす森林資源にも恵まれていた。この国の文化と技術の歴史の中から得られる教訓を、社会の遺伝子として、次の世代にどのように伝えるのかということでもある。

図1は、我が国における時代背景を、人口の増加と銅の国内生産量によって示している。正確な人口統計が現われるのは明治時代以後のことであるから、この図は正確とはいえないが、今得られる資料を総合して私が作成した。

Iは水稻栽培、銅器、鉄器がほぼ同時期に伝来し、弥生文化が始まる時期で、外来の資源を使った鑄造によって銅器が生産された。銅鐸などは、西暦紀元300年頃にはすべて姿を消すが、短い時間の間に、次々と様式を変えて、大量の銅鐸および銅剣を造ったことは事実であり、日本人の技術力の潜在能力の高さを示している。縄文時代の推定人口12万人が弥生時代に入って70万人位に増加した。

IIの時期は定住農業が全国に行き渡り、国の人口が爆発的に増加した古墳時代で、人口は600万人位まで増加した。

IIIは律令制古代国家が完成し、銅製品の埋葬が禁じられ、貴重な資源を私有せずに、国家の財として大切に考える考えが生まれた時期で、鉱業としての銅鉱山の開発が始まる時期でもある。我が国に初めて鉱山法に相当する法律が生まれた。

仏教の伝来に伴って、薬師寺三尊、東大寺の大仏などが銅の鑄造によって造られた。大きな国家プロジェクトによって、周防、長門、備中などの銅山の開発が推進された。しかし、西暦紀元940年頃からは銅の国内産出は衰退して行く。

IVは政治の主役が農民階級から生まれた武士階級に変化する時期であり、鎌倉の大仏が製造されたように、再び銅製品が庶民の手によって使用され出す。この鎌倉大仏の完成は、中国から伝来した先進文化を母体として、日本独自の中世文化が成立する事情を象徴するものである。

Vは大名が覇権を争う室町末期で、戦略物資生産のために、我が国の鉱業が格段の発展をした。江戸時代に入ると人口は2,600万人のレベルで増加が止まるが、この時代の鎖国政策を可能にしたのは、世界に向けた唯一の窓口であるオランダから入る物資、情報に対して対価として支払われた銅である。当時の世界銅生産

図1 人口および銅生産量の歴史的変遷

高の三分の一を生産したといわれ、江戸 257 年の間（1601～1857）に輸出された銅の量は 33 万 t に上る。

VI は明治維新で、以後人口も銅生産も飛躍的に増加する。明治元年の 1868 年頃に発電機と電動機が発明され、技術は電気動力の時代に入る。銅が世界的に最も必要とされた時期に、日本が銅の輸出国であったということは、我が国の近代化にとって、幸せなことであった。小坂鉱山で成功した生鉱吹きと、足尾鉱山に導入された電解精製の貢献が大きい。

弥生時代の初期には、水稻栽培、銅器製造、鉄器製造がまとめて伝来した。このようにある時期まで他の地域で蓄積された文化が、まとめて伝来するというのが我が国の歴史の上では何回も繰り返される。外來先進文化を取り入れるに当たって現われる現象に対して、①選択と受容（selection and adjustment）、②同化と創造（assimilation and creation）、③共生と調和（coexistence and harmony）、の 3 つのキー・ワードを設定した。

我が国の基層文化では、人々は自己の所属する組織を中心に、他の人がどう考えるかという配慮をしながら生きて行く。ここに間人主義と呼ばれる生活態度が生まれる。今日の実用につながり、実利をもたらすものは積極的に取り入れるが、調和を乱すものは取り込まない。技術や知識は受容するが、その背景にある絶対的価値は拒絶するという、「選択と受容」がまず現われる。次には異文化をまるごと受け入れた後、その中にある様々な要素の中で消化できるものを時間をかけて取り込み、ついには基層文化に合う形に作り替えるという「同化と創造」という態度が現われる。

外で生まれた優れた技術を選択し、受容し、同化し、さらに独自のものに創造する。さらにそれらを多様な価値観のもとに重層的に受け入れ、「共生と調和」を持って扱う。自分の文化を尊重しながら外の優れた文明と調和を保って共生するということは、長い歴史の中で形成された我が国の文化的対応である。

「新しい金属の時代を拓く」という、この国際会議の主題に戻れば、木、土、石という自然の素材しか知らなかった古代人が、銅、鉄などの金属というものを知ったときの驚きと、それに寄せた期待という、金属器の原点に戻るべきであるというのが私の用意した答えであった。

金属の価値が経済価値の面から尊重される時代というのは、第 2 次大戦後から、つい先頃まで、大量生産、大量消費の時代として続いた。もちろんこの間、単なるインゴットとしての経済価値ではなく、金属材料の生み出す様々な製品の中での形と機能が重要であった。このことは、日本に資源がなくなっても続いている。しかしこれからは「社会の持続可能な発展における材料の価値」が問題となり、我が国の文化である「共生と調和」が大切になる時代に入る。

材料の使い方の工夫で、素材の機能（capability）、情報（vision）は拡張し、新しい力（power）が与えられる。新しい金属の時代は、金属を大量に消費することを意味するのではなく、材料の間に新しい秩序を生み出す働きを期待することである。

金属の特徴を活かして、材料技術の世界に調和を生み出して行くことである。

中西輝政氏はその著書、「なぜ国家は衰亡するのか」（PHP 新書 061）の中で、「外來の文明を、自分の文化の中に消化した国は永続する。」「独自の文化に根差した価値観を維持することが活力の源泉となる。」と述べている。銅の歴史から見た日本の文化と技術に見られた現象は、このことを納得させてくれる。

非鉄製錬技術は、日本の技術分野の中では最も長い伝統を持っており、弥生時代の銅鐸製造に遡れば、2000 年を超えて、日本の文化と技術の最も深いところに関わりを持ってきた。また同時に、現代においてなお、産業の基盤を支える重要な分野である。現代ではストックよりもフローを大切にするという風潮があり、ストックにおいて、何よりも大きな貢献をしてきた非鉄製錬産業は今のフローに価値をおく状況の中で、苦しんでいる。この状況を乗り越えるためには、長い歴史に培われた冶金学の現場知識、すなわち Field の知識と、様々な Discipline の知恵、とを使って人工資源を処理する技術を作り出すことがますます重要になるものと考えられる。

おわりに

渡辺賞は、日本鉱業会第 3 代会長、渡辺渡先生のご遺志によって生まれたものであり、「資源・素材に関する学術・技術の進歩に貢献したものに授与する」とあります。これまでの輝かしい業績を示された先輩方に並んで、第 73 回渡辺賞の栄誉をうけますことは大変な名誉であります。

本日は「独自の文化に根差した価値観を維持することが活力の源泉となる。」ということを講演のテーマとしました。「歴史と伝統とに裏付けられた自信と気概を持って」という中西輝政氏の言葉を引用し、これからも時代の要求する形での産学協同が積極的に行われることを願って、締めくくりと致します。

引用文献

- 1) Fischer, H. : Electrolytische Abscheidung und Elektrokristallisation von Metallen, Springer-Verlag, (1954)
- 2) 須藤欽吾・増子 昇：ウラン鉱浸出の熱力学的考察，第 3 回原子力シンポジウム報告集 第 2 分冊，p. 278-283, (1959)
- 3) 久松敏弘・増子 昇：湿式冶金反応における電位-pH 図の応用，金属，Vol. 29, p. 213-216, p. 283-288, p. 385-390, (1959)
- 4) 増子 昇：錯化合物を含む系の電位-pH 図とその湿式冶金への応用，電気化学，Vol. 27, p. 365-374, (1959)
- 5) Meadows, D. L. 著，大来佐武郎訳：成長の限界，ダイヤモンド社，(1972)
- 6) 高橋正雄・増子 昇：工業電解の化学，アグネ社，(1979)
- 7) Weizsäcker, E. U. 他著，佐々木健訳：ファクター 4，省エネルギーセンター，(1998)
- 8) 日本金属学会会報，Vol. 16, p. 78, (1977)
- 9) 増子 昇：新しい銅製錬方式の提案，生産研究，Vol. 29, p. 59, (1977)
- 10) Masuko, N. : "History of Copper as a Mirror of Japanese Culture and Technology", The 4th International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys (BUMA IV ; May. 25-27, 1998, 松江)