

時代の転換点に階層構造で挑む



R&Dセンター 副所長
博士(工学)
兒島 洋一

「UACJ Technical Reports Vol. 8」を手にとっていただき、ありがとうございます。発刊にあたり、ご挨拶申し上げます。

人類の活動の地球環境への負荷が自然の自浄作用を超えたと認識され、2015年の国連サミットでのSDGs、およびCOP21でのパリ協定を機とした時代の転換点を迎えました。企業活動においてもサプライチェーン全体での環境負荷低減が強く求められています。アルミニウムはそもそもの化学的性質に起因して、鉱石からの製錬工程のホール・エルー法（トータルの反応式 $1/2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{固}) + 3/4\text{C}(\text{固}) = \text{Al}(\text{液}) + 3/4\text{CO}_2(\text{気})$, $\Delta G = 19.6 \text{ J/mol}$, $1250 \text{ K}^{1)}$ において、みかけは鉄と同様に炭素を利用して酸化物から金属に還元されて CO_2 を生成します。さらに $\Delta G > 0$ は、反応が自発的には進行せず駆動エネルギーを別途要することを示しており、電力を消費します。しかし、物理的性質としての原子量(26.98)、モル体積($10 \text{ cm}^3/\text{mol}$)、格子エネルギー(324 kJ/mol)等により、比重が小さく融点が低いことが、材料としての利用時、さらにリサイクル過程における消費エネルギーを大きく抑制できます。こうした原理原則から、製錬工程における CO_2 発生を抑制する技術(炭素以外の還元剤を使用し ΔG の小さな反応プロセス)、およびリサイクルを促進する技術の開発が大きな社会的価値を生み、アルミニウム産業に変革をもたらすとの考えが自然に導かれ、弊社におきましても、これらの技術開発を国家プロジェクトにも参画して鋭意推進しております。

環境問題と並んで、時代の転換点の基本にデジタル化があります。デジタル化が大きな価値を生むために不可欠なのは、その最上位にフィロソフィーがあること、さらにそのプロセスにおいて、具体的な課題を一度抽象化して捉えてから再度具体化すること、との考察があります²⁾。個々の具体的課題を一度に解決できる方策・概念はないかとまず考え、その方策・概念を具象と抽象との間にレイヤーのように積み重ねた階層構造とすることで、複雑問題への解を即座に得やすくなります。研究開発活動も同様です。立脚する原理原則がしっかりした技術は、横展開が容易³⁾です。即ち、ある目的のために開発された技術について、その科学的根拠が明瞭に把握されていれば、その技術の他分野・他製品・他目的への転用が、精度よく短時間にでき、

イノベーションにも繋げられます。研究とは、個別の具体的事象から一般化された傾向・法則を上位概念として導き、その傾向・法則をさらに上位の概念に照らして考察するプロセスと表現しますと、開発とはその逆で、一般化された概念を社会的価値として具体化するプロセスと表現できます。こうしたプロセスにおける具体的事象、傾向・法則、上位概念が、それぞれがレイヤーとなった階層構造として整理・理解されており、研究者がこれらの各レイヤーを、自由度をもって上がって下がることできれば、研究開発活動をダイナミズムをもってスピーディに営むことができます。研究部および開発部を有する弊社R&Dセンターの研究開発活動もこのような姿を指向し、さらにこうした姿をデジタル化によって異次元までパワーアップする活動も始めております。

これまで工業的に社会実装された新素材のほとんどがニーズから生まれ、シーズからの成功例は稀と歴史は語っています。素材はそれ単独ではなく、機能の備わった構造体として社会的価値となるため、まず具体的ニーズというレイヤーを捉え、次に多くのニーズに応える素材の特性として抽象化してから素材に再度具体化するという、上がってから下がるプロセスが成功に繋がってきました。従いまして、私共素材産業には、社会的価値から素材を見ていただいているお客様との緊密な関係が大切であることは言を俟たず、時代の転換点に当たり従前以上に大切にしていきたいと思います。一方で、大学、国立研究開発法人等との共同研究は、原理原則へ遡及することで、具体的課題を抽象化して解決する、適用範囲の広いレイヤーの構築として推進します。その成果の一部は本誌にも掲載しております。産業技術総合研究所と連携した「UACJ-産総研 アルミニウム先端技術連携研究ラボ」、ならびに北海道大学との「次世代アルミニウムイノベーション推進部門講座」も継続しております。こうして、社会的価値と原理原則との間に、具象と抽象との間にレイヤーを増やし、階層構造とすることで両者の距離を縮め、時代の転換点に即応していきます。

本誌に収録された各記事が、持続可能で豊かな社会と原理原則との間の距離を縮めるレイヤーを担い、本誌がお客様と弊社の研究開発とを結ぶメディアとしての責を果たし、皆様とともに時代の転換点に挑む一助となることを願いながら、大方のご批判をお待ちしております。

- 1) 高橋正雄, 太田健一郎: 軽金属, 31 (1981), 805-819.
- 2) 西山圭太: DXの思考法, 文藝春秋, (2021).
- 3) 佐藤廣士: 第56回材料と環境討論会, 特別講演, 腐食防食学会, (2009).

Challenge the Transformation Stage of Times with Layered Structure



Vice Chief Executive,
Research & Development Division,
Ph. D.

Yoichi Kojima

I appreciate your access to “UACJ Technical Reports Vol.8, No.1”. Upon the publication, I would like to draw your attention to the following.

Recognizing that the impact of human activities on the global environment has exceeded the self-purification of nature, we have reached a transformation stage of times when the Paris agreement was adopted at COP21 and SDGs at UN Summit in 2015. And there is a strong demand for reducing the environmental burden of the entire supply chain in corporate activities as well. Aluminum generates CO₂ in the Høle-Elu process of smelting from its ore (total equation $1/2\text{Al}_2\text{O}_3$ (solid) + $3/4\text{C}$ (solid) = Al (liquid) + $3/4\text{CO}_2$ (gas), $\Delta G=19.6$ J/mol, 1250 K¹⁾), due to its chemical properties. The reduction process seems to be same as iron’s one, which generates CO₂ in the reduction process of metal oxide. Furthermore, $\Delta G>0$ means that the reaction does not proceed spontaneously and requires external electric energy to drive the reaction. However, as the specific gravity is small and the melting point is low, due to the physical properties such as atomic weight (26.98), the molar volume (10 cm³/mol) and the lattice energy (324 kJ/mol), aluminum is favorable for reducing the total energy consumption during the product life time and recycling process. These principles allow us to have the idea that technological developments for promoting recycle and carbon emission curbing in the smelting process (reactive process with smaller ΔG using reductants other than carbon) will create great value and bring an upheaval to the aluminum industry. We are enthusiastically promoting these technological developments by participating in the national projects.

Along with environmental issues, digitization lies on the transformation stage. Experts say that the indispensable thing for the digitization to create values is to have a philosophy at the top and to re-materialize after abstracting the concrete themes in the process²⁾. First of all, you consider to develop methods and concepts to solve each issue concurrently, then build layered structure which piles them between concrete and abstract. Such layer can make it easier to solve complex problems. Research and development activities can be considered in the same way. The technologies which are firmly confirmed based upon fundamental principles allow us to apply them to other products and fields³⁾. That is to say, clear understanding of the scientific basis on the

technologies developed for a certain purpose allows us to apply them immediately to other products, purposes and fields with high accuracy and bring innovation. If research can be expressed as a process which connects generalized trends and laws derived from individually concrete events to upper concepts and consider penchant and discipline with more superordinate concepts, development process can be represented a process which embodies generalized concepts in social values. When researchers can freely go through the layers up and down where such concrete events, trends laws and superordinate concept are well-organized, R&D activities will be able to run with dynamism and high speed. Aiming to realize such process, our R&D Center has begun to beef up our performance to unprecedented level by digitization.

According to the history, most of new materials commercially implemented in society was derived from needs, but few from seeds. Since materials have social values only when they are used in structures with functions, as mentioned above, successful stories have required to re-embody to materials after abstracting materials' characteristics from the concrete needs. Needless to say, material industry must build a close relationship with customers who look at materials from the viewpoints of social values. On the transformation stage, we will be more aware of it than ever before. We have promoted, on the other hand, joint research activities with universities, national research and development agencies, which enhance "the layer structures as wide-range solutions for retroacting to principles and abstracting from concrete themes. And some of the results are published in this volume. We are also continuing "UACJ-AIST Cooperative Research Laboratory for Aluminum Advanced Technology" in cooperation with the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and "Division of Upcoming Aluminum Innovation Laboratory" with Hokkaido University respectively. Thus, we are trying to increase the number of layers of methods and concepts between principle and social value, namely abstract and concrete, shortening the distance between them and responding immediately to the transformation stage.

I hope that each article included in this journal will play a key role of the layer between "the sustainable and prosperous society" and principals to shorten the distance, and that this journal will fulfill its responsibilities as a media connecting our customers with us, and will be tools to confront challenging the transformation stage of times, looking forward to having discussions upon your opinion in the future.

1) Masao Takahashi, Kenichiro Ota: Journal of The Japan Institute of Light Metals, **31** (1981), 805-819.

2) Keita Nishiyama: DX no Shikoho, Bungeishunju, (2021).

3) Hiroshi Sato: 56th Japan Conference on Materials and Environments, Keynote Lecture, Japan Society of Corrosion Engineering, (2009).