

研究部会紹介

アルミニウム製造副産物のアップサイクル研究部会

The sectional meeting on up-cycling of by-products from aluminum production process

平木 岳人

Takehito HIRAKI

1. アルミニウム製造副産物とその処理問題背景

アルミニウムの製造プロセスにおける代表的な副産物といえば、溶解・鋳造工程で発生するドロスである。ドロスはアルミニウム加熱溶解量の5~10 mass%程度不可避に発生する浮き滓であり、酸化物とメタルを主成分として、窒化物やハロゲン化合物を含んでいる。すなわちアルミニウムの年間総需要約400万トンの我が国では、約40万トンものドロスが発生していると推計できる。図1にはドロスに関する国内フローの概要を示す。溶解工程で発生したドロスはほぼ例外なくメタル回収が行われ、回収メタルと残灰に分離される。発生した残灰は逐次的なメタル回収がさらに行われており、残灰の組成や形態に応じて加熱や粉碎など様々な方法が適用されている(以降、ドロスと残灰をまとめてドロスと総称する)。最終的にはほぼすべてのドロスが主に電気炉鉄鋼メーカーにて利用されており、そこでは鉄スクラップ溶解時の昇温や保温を目的とした安価な熱源として利用されるケースが多い。これによりアルミニウム産業から排出されるドロスは見かけ上ゼロエミッションであるが、これらは一部の再生合金メーカーを含むドロス処理メーカーによって成り立っている。

しかし近年、ドロス処理に大きく影響を与える二つの動きがあった。一つは鉄鋼で利用されるドロスの組成に関する取り決めである。鉄鋼プロセスにおけるドロスの有効成分はメタル分であり、ドロス中のメタルと酸素との反応により放出

されるカロリーを意味する場合が多い。現在ではドロス中のメタル分30 mass%が利用の最低ラインであり、鉄鋼プロセスにおけるスラグやダストの発生率を抑制するため、今後さらに高いメタル含有率が要求されると思われる。また、アルミニウム溶解炉からのドロス掻き出しや、ドロス中メタル分の回収時に使用されるフラックスに含まれるフッ素化合物はとりわけ注視されており、ドロスに含まれるフッ素濃度の分析結果開示や低フッ素濃度ドロスの提供が、鉄鋼メーカーからドロス処理メーカーに要求されている。

二つ目は2017年末に中国が施行した廃棄物等輸入規制である。低メタル濃度や高フッ素濃度のドロスは国内鉄鋼メーカーで利用困難なため、かなりの量が輸出されていたと思われる。正確な量的情報等はほとんど明らかになっていないが、現場レベルのヒアリング結果より、輸出も鉄鋼プロセスでの利用もできないドロスが国内で山積みになりつつあると断言できる。さらには、ドロスに含まれる窒化物が雨水等と容易に反応して発熱を伴いアンモニアガスを放出するため、屋外での保管が許されないことが一連の問題をより深刻化させている。

無論のことドロス問題は国内に限ったことではなく、最近ではImpact Factorの高い世界的な環境系の雑誌においてドロスに関するレビューが立て続けに掲載されたことから、問題の大きさと注目度の高さを伺い知ることができる^{1),2)}。

2. 目的・実施内容・ゴールイメージ

本研究部会は代表的なアルミニウム製造副産物であるドロスの問題解決に向けて、下記項目を2018年4月~2022年3月の4年間で実施する。

- ・難処理性ドロスの実態調査
- ・難処理性ドロスに価値を付与するアップサイクルプロセスの検討
- ・アップサイクルドロスの利用と評価
- ・組織間連携と他分野等への協力依頼

実態調査では難処理性ドロスの発生量、組成、形状などの情報収集と整理を行い、アップサイクルプロセスの検討では湿式プロセスを主とした窒化物の無害化等を検討する。またアップサイクルプロセスで処理したドロスをセラミックス原料として利用する方法を検討し、適用可能性を評価する。適用先はセラミックス原料に限定せず幅広く検討し、現状の鉄

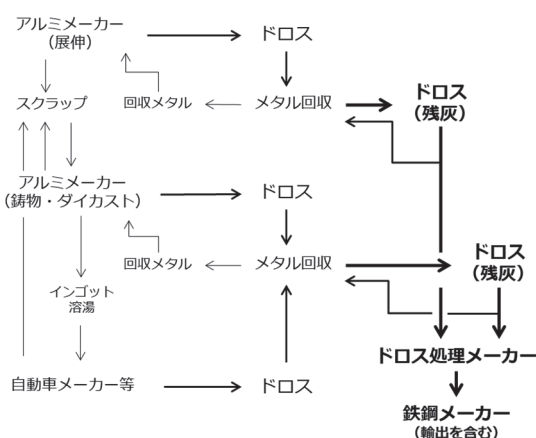


図1 国内におけるドロスフローの概要

鋼メーカー依存脱却に向けて新規産業の創出を狙う。

特に低メタル濃度のドロスを出発原料とした新規産業確立のインパクトは大きく、現在は鉄鋼メーカーで利用するためにあえて残存させているドロス中のメタル分を積極的に回収することができるようになり、アルミニウム産業におけるメタル循環量の増加、すなわちCO₂排出削減に直結する(図2参照)。

とはいえドロス問題を本研究部会の取り組みのみで解決できるはずは到底なく、また現行プロセスである鉄鋼メーカーでの利用抜きにドロスの資源循環は成立しない。鉄鋼メーカーで有効に利用できるドロスを安定して提供する必要があり、新規産業を想定した場合には、JIS等による品質・分析方法の制定や安全を担保した実装業方法の確立が必要になる。これらには関係組織や関係者の協力と努力が不可欠であることから、2018年10月には日本アルミニウム協会ドロス委員会、日本アルミドロス協議会、本研究部会の3組織共同で「第1回アルミニウムドロス合同会議」を開催して情報の共有や組織間連携の確認を行った。このような組織間連携は今後も継続して行い、問題解決に向けた建設的な議論や取り組みを実施する予定である。また分野を問わず新規参入を歓迎するとともに、本研究部会を基盤とした人的ネットワークの利用による、新規プロジェクトのフレームワーク構築への貢献も大いに期待できる。

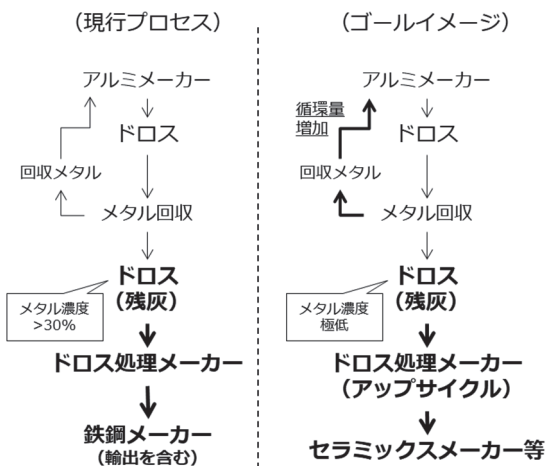


図2 難処理性ドロスのアップサイクルプロセスによる回収メタル量の増加と新規産業の創出イメージ

3. 部会の構成と将来展望

表1には2020年4月現在における本研究部会の構成委員を示す。大学高専等の研究機関、アルミニウムメーカー、ドロス処理メーカー、フラックスメーカー、セラミックスメーカー、環境材料メーカー、装置メーカーに総合商社と、多分野の精鋭で構成されている。2018年4月に12機関20名でスタートしたが、現在では22機関36名に達し、様々な議論や取り組みができる体制になりつつある。大学高専等の研究機関からは革新的なプロセスの提案、アルミニウム産業と異なる分野からの参画企業には難処理性ドロスの有効利用実用化が期待される。しかし個人的には、今こそアルミニウムメーカーに対して、問題解決に向けた先導的な取り組みを期待している。以下に期待する取り組みの例を挙げる。

- ・難処理性ドロスの発生抑制

表1 アルミニウム製造副産物のアップサイクル研究部会構成委員 (2020年4月現在)

氏名	所属
平木 岳人 ^{*1}	東北大学
丸岡 大佑 ^{*2}	東北大学
嶋崎 真一	香川高等専門学校
新井 宏忠	八戸工業高等専門学校
飯塚 淳	東北大学
栗田 大樹	東北大学
村山 憲弘	関西大学
霜田 直宏	徳島大学
山末 英嗣	立命館大学
和嶋 隆昌	千葉大学
常見 紳太 ^{*3}	関西大学
和田 祐介 ^{*3}	関西大学
皆川 晃広	株式会社UACJ
山口 勝弘	株式会社神戸製鋼所
北野 正道	昭和電工株式会社
木村 佳文	昭和電工株式会社
勝亦 秀明	三菱アルミニウム株式会社
寺川 豪	三菱アルミニウム株式会社
石渡 保生	日本軽金属株式会社
谷口 諒輔	日本軽金属株式会社
川崎 正人	AGCセラミックス株式会社
高橋 正男	株式会社エコ・プロジェクト
松井 瑛	株式会社エコ・プロジェクト
大間知 聡一郎	日本金属化学株式会社
菅原 順一	日本金属化学株式会社
鈴木 隆広	株式会社スズムラ
賢 和美	株式会社スズムラ
脇山 和治	株式会社大紀アルミニウム工業所
今井 保治	株式会社大紀アルミニウム工業所
泉 雄介	小川アルミ工業株式会社
山中 諭	豊通マテリアル株式会社
菊池 洋平	豊通マテリアル株式会社
飯田 勝康	アイテック株式会社
菅原 道紀	株式会社鈴木商会
熊谷 智哉	株式会社鈴木商会
水谷 健	アサヒセイレン株式会社

*1：部会長，*2：幹事，*3：学生委員(副部会長は持ち回り)

- ・フラックスのフッ素レス化
- ・ドロスの高度ソーティング

難処理性ドロスそのものの発生抑制は当然有効である。ドロスのフッ素フリー化は、特に最終処分の観点でドロスの資源価値を大きく上げるアップサイクルプロセスと言える。また現在はひとまとめにされているドロスを、合金種や粒度範囲別にソーティングできれば、ドロスに新たな価値を見出すことが必ずできる。

図2からわかるように、本研究部会で描いているゴールイメージは「排出してしまったドロスをどうにかしよう」という取り組みに留まっているが、「ドロスの排出方法を改善しよう」、「資源として利用しやすいドロスを高品質なアルミニウムと同時製造しよう」という発想や取り組みがあって然るべきである。それは正にSDGsにおける「つくる責任つかう責任」であり、持続可能なアルミニウム産業に向けたアルミニウムメーカーの役割が問われている。

参考文献

- 1) M. Mahinroosta and A. Allahverdi: J. Environ. Manage., **223** (2018), 452-468.
- 2) A. Meshram and K. K. Singh: Resour. Conserv. Recycl., **130** (2018), 95-108.