

## 経験を活かす技術導入

技術課 菊地 拓郎

きくち・たくろう / 2010年信州大学理学部を卒業後、民間企業2社を経て、2018年5月より分子科学研究所技術課機器開発班に特任専門員として採用される。翌年2月より技術職員として採用され、現在に至る。



### はじめに

私が分子研に入所したのは2018年5月のことで、それまでは民間企業2社で生産技術や技術開発などに携わっておりました。経験が長いのは自動車関連部品を扱う表面処理（めっき）加工会社でした。すでに確立された生産ラインに合わせて、客先の仕様や要求品質を満たす部品をスケジュール通りに供給するための調整、いわゆる量産品の立ち上げを主に担当していました。職種の性質上、自らの手で一からモノを作るという経験は少なく、主要業務の傍ら実験室でめっき液の調合や条件調整をするのがせいぜいでした。それでもめっきに関する基礎的な知識を身に付けられたことで、私が持つ技術の軸の一つとなっています。

分子研に応募した際、ちょうど装置開発室でめっき技術の導入を模索していたこともあり、縁があって採用していただきました。現在は、機械加工の経験を積み重ねつつ、自身の経験を活かしてめっき加工の技術導入を進めています。

本稿では、入所してから取り組んでいるめっき加工について簡単にご紹介します。

### 所長奨励研究費

装置開発室に配属された私は、業務の中心となる機械加工については全く

のド素人でした（今も素人に毛が生えた程度ですが）。新人研修として、装置開発室のメンバーからそれぞれの専門分野を軸に仕事内容などの説明を受けました。装置開発棟1階（※現在は改修工事のため閉鎖中。2020年度に新工場が稼働予定。）にある汎用機械をはじめとする工作機械の取り扱いやリソグラフィ技術、電子回路についての説明を受け、その後はCADでの図面描き、旋盤・フライス盤加工などを少しずつ身に付けていきました。しばらくして所長奨励研究費の応募案内がありました。この制度は、技術職員が通常業務の傍ら自己研鑽のための開発研究を推奨するもので、申請してみてもどうかと打診されました。面白そうな制度だったのと、めっき技術の導入の足掛かりにちょうど良いと考え、応募することにしました。しかし、手段があってもアウトプットが無ければ意味がないの

は往々にしてあることで、何をテーマにして取り組むかを悩んでいました。

### 職人技の分子線スキマー

奨励研究のテーマを先輩の技術職員に相談したところ、分子線スキマーという実験部品が分子科学の分野で使われていることを教えて頂きました。分子線スキマー（molecule beam skimmer）は円錐型の金属部品で、三角コーンの先端に小さい穴が開いているような形状をしています。実験では、真空チャンバー内に噴出させた気体を先端の小径穴によって選り分けて、分子群をビームとして一方向へ一定速度で進行させるために使用されます。

市販のスキマーは、海外で生産されており、穴径と大きさをカタログから選ぶため、組み合わせに制限がありません。加えて肉厚が薄いため、実験で使用する際に真空引きによる気圧差でス

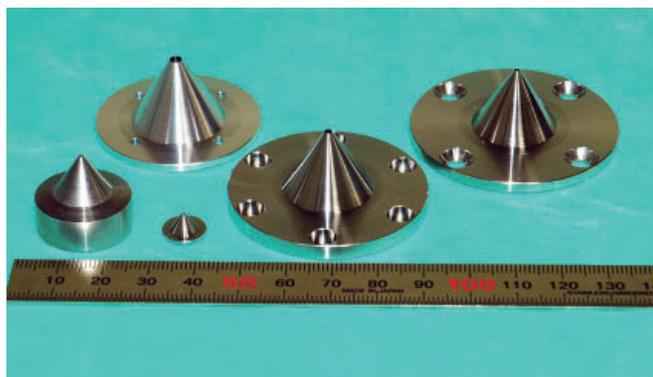


図1 装置開発室で製作した分子線スキマー

キマーが潰れてしまう不具合が発生することがあるそうです。

装置開発室では以前から研究者の要求に合わせて、ステンレス素材の丸棒から切削で肉が厚いスキマーを製作してきた実績があります(図1)。

しかし、それも熟練の技術職員による手作業のため大量には製作できず、また肉厚を薄く、穴径を小さくするのにも限界があります。

実は、上述の海外製スキマーはニッケル電鍍で製造されているようです。電鍍を取り入れれば、膜厚やめっきする金属の種類も任意で決められます。また、装置開発室の設備を用いれば、マスター(母型)を任意の形状で切削加工が可能であり、加工条件さえ整えば繰り返しの生産にも威力を発揮します。今後にも繋がる研究要素もあり、テーマとして適していると考えてスキマー作製に取り組むことにしました。

## 電鍍技術

ここで電鍍について少し解説させていただきます。電鍍は、電気鍍造の略で日本工業規格(JIS)では、“電気めっき法による金属製品の製造・補修又は複製法”と規定されています。金属イオンを含む水溶液を電解により母型に所定の厚さで金属を析出させ、離型すると電着層が母型と真逆の形で形成されます。ちょうど石膏やシリコン樹脂で型取るのを電気めっきで再現している訳です。電鍍の利点は、1) 形状・表面状態を正確に転写できる、2) 大きさ・形状に制限がない、3) 高純度の金属製品が作れる、4) 少量生産・量産にも適している、などが挙げられます。デメリットは、a) 通常めっきよりも厚付けになるので時間を要する、b) その分コストが掛かる、c) 大量生産には専用の設備が必要になる、などが挙げられ

ますが、ラボサイズでの生産ならばメリットの方が大きいと思われます。

## めっき装置の設計、組立

めっきの経験があるとは言え、現場からは数年離れており、しかも樹脂へのめっきであったので、金属へのめっき、特に電鍍は経験が乏しく、知識として聞き及んでいる程度でした。しかも、平面への加工ならまだしも円錐のような立体形状をムラなくめっきするには加工方法を工夫する必要がありました。幸い、装置開発室には、電鍍に関する資料や書籍がありましたので、必要な情報を得ることが出来ました。

めっき設備の基本構成は、めっき槽、めっき液、電極、安定化電源、めっき治具の5つです。これらにめっきの仕様に合わせ、ヒーターや排気装置などの必要な設備を追加します。円錐形状への様なめっきは、マスターと治具を回転させることで対策を考えました。治具は母型へ給電する役割もあるのですが、回転させれば当然、コード等がよじれてしまいます。そこで、銅ブラシを用いることで回転と給電を両立させました。そうして完成したのが、治具回転式めっき装置です(図2-a,b)。

回転機構などの構成部品は、先輩からアドバイスを頂きながら適した部品を選定し、組み上げていきました。特に治具

は特殊な仕様のため、設計から加工までを自ら手掛けて完成させました。

装置開発室の強みは、このような設備を自ら設計して作ることができることにありと改めて感じました。

## 前処理の重要性

専用の装置を製作できたおかげで円錐形状へのめっきを仕上げることができました。通常めっきであればこの段階で完成ですが、電鍍なので母型からめっき剥離する必要があります。ステンレスはもともと表面に酸化被膜があり、めっきの密着を阻害して剥がれやすい状態にあります。さらに離型を助ける手段として、金属間の熱膨張率の違いを利用する冷熱サイクルを使いました。熱膨張率または温度差が大きければ、膨張の差も大きくなり、物理的に剥離できます。まずは液体窒素(-196℃)と熱湯(100℃)の温度差を使ってみました。なんと剥がれませんでした。普通にめっきされてしまったようです。このように表面処理加工は、適切な前処理を行わないと欲しい結果が得られないことが多々起こります。

今度は母型の表面にクロム酸水溶液を濡らす前処理を施しました。こうすることでより強固なクロムの酸化膜が作られ、より剥離し易い状態になりま

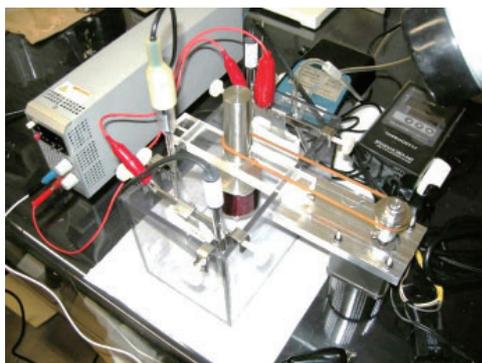


図2-a 自作のめっき装置。



図2-b 給電部分と銅ブラシ。

す。液体窒素は取り扱いに気を付ける必要があるため、氷水 (0 °C) と熱湯 (100 °C) で試みました。すると、3 回ほど冷熱を繰り返したところで簡単に離型することが出来ました (図3-a,b)。

残る加工は先端の穴開けですが、切削ではスキマー自体が歪んでしまう恐れがありました。そこで、先端だけを溶液に浸し、逆電解で溶解させる手段を取りました。結果として穴は開きましたが、エッジが荒くなってしまいました (図3-c)。

穴径の制御とエッジが綺麗になる穴開け方法の検討は、今後の課題です。約2時間のめっき時間でしたが、膜厚はマイクロメーターの読み取り値で約100 μmであることが確認できました。正確な膜厚の測定方法についても検討していきたいと思えます。

## リソグラフィ技術への応用

電鍍は厚めっきによる製品作りだけでなく、その高い転写性能でパターンを正確に写し取ることが可能です。例えば、凹凸を写し取ってスタンプにしたり、溝を型にしてメッシュを作ったりすることが挙げられます。現在、取り組んでいるメタルマスクもその応用例の一つで、くり抜きたい形状をレジストパターンで作り、電着するとパターンの形状に沿って穴が出来ます。試作では20 μmほどのギャップにもしっかりと金属を析出させることが出来ています (図4)。

## 技術を掛け合わせる

電鍍と機械加工の組み合わせは相乗効果が高いと考えています。機械加工でマスターを作製し、電鍍で本体を作

り、再び機械加工で外形を整える、といった具合です。こうすれば、例えば、入口と出口の口径が異なる異径管や中空部品、コルゲートチューブのような蛇腹形状も作製可能となります。今後の技術習得のひとつとして取り組んでいきたいです。

分子研は様々な研究が日々行われており、装置開発において求められる技術、技能も他種多様です。それらの要望に応えるため、これまでの経験とこれから身に付ける技術を組み合わせ、新たな価値を生み出せるよう精進して行く所存です。



図3-a 電鍍品(左)と母型(右)。

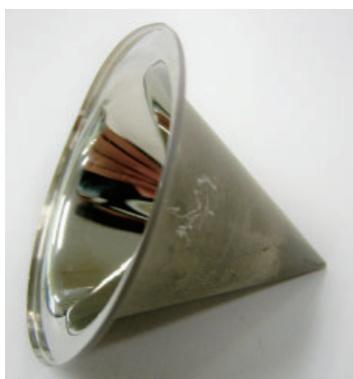


図3-b 外観。



図3-c 内面と小径穴。

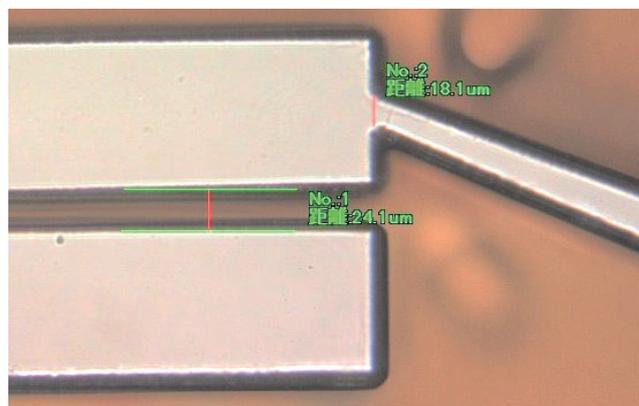


図4 レジストパターンと電鍍の組み合わせ。