

インタビュー内容

佐藤代表理事（以下、佐藤）：

機械加工というと、「工作機械で金属を加工する」ものであり、切削油などの加工液を用いるのが一般的です。西川先生はいろいろな背景があつて、水で加工しようと研究を進めています。この研究を始めた動機・背景となる社会事情について教えてください。

西川助教（以下、西川）：

現在、自動車、半導体、飛行機、ロボットなどあらゆる製造の現場で機械加工が行われています。世の中を豊かにするための製造の現場では、環境や人体に有害な加工液が用いられています。一般的に、これら加工液には油剤、界面活性剤や極圧添加剤とよばれる硫黄やリン化合物を含んだ、さまざまな薬剤が含まれています。これらがミストとして工場内に飛び散ることで、工場環境が悪化し、「危険・汚い・きつい」という3Kや、これに「暗い・臭い」を加えた5Kの問題につながります。この傾向は、小規模な事業者ほど強く、特に若い人にとっては就業敬遠にもつながる深刻な問題です。

そして、加工液は人体に有害であることを忘れてはいけません。液体に負けて皮膚炎になったり、吸い込んで呼吸器障害になる方もいるなど、労働者の健康被害の問題は看過できません。現場には、このような「ペイン（痛み）」があつたのですが、加工液を使用しないと加工そのものができなかったのもので、仕方なく用いられてきたのです。

また、現在、日本国内では、約100万台の工作機械が稼働していますが、ここから年間約80～90万キロリットルの廃液が発生します。この廃液は焼却処分されるのですが、その廃液処理費は推定1,200億円／年とも言われ、排出されるCO₂は推計150万トンに及ぶなど、環境の「ペイン」も発生させています。また、加工液は原油資源を用いているので、資源の問題にも行き当たります。加工液は、「人」に「環境」に、さまざまな我慢を強いてきたのです。

実は私自身、加工液による健康被害を被った1人です。真夏にエアコンが効いていない研究室の中で、タンクの浚渫（しゅんせつ）作業を行いました。タンク内はキノコのようなものが生えていて、ひどい悪臭がしたのですが、そういったものを捨てて、新しい液体に入れ替える作業でした。作業後、ひどく体調を壊し、数日間、寝込みました。現場の労働者はそのような環境で仕事を続けられないといけません。ですから、このような現状を変えたいと思い、このことがこの研究を着手する動機の1つとなりました。

佐藤：

おそらく工事現場ではこれまで、加工液のマイナス部分を承知の上で、さまざまな対策を打ってきたと思います。ただ、西川先生の研究は、「問題の根底部分の改良、対策」に重点を置いたのですね。背後には環境問題があるのですが、いざ自分の身に降りかかってきた経験が研究を後押しされたのですね。現在の研究内容について、差しつかえのない範囲で教えてください。

西川：

加工液の問題について縷々述べましたが、加工液の代わりに水を用いれば、様々な問題が解決します。水加工の考え方自体は、実は150年も前から考えられてきました（※W. H. Northcott: “A Treatise on Lathes and Turning”, p.135 (1868年)）。水は「省資源」「安全無害」で「冷却性」があり、「低コスト」です。ただ、「腐食」「錆び」の問題があり、実用化しなかったのです。工作物の主要材料は鉄ですが、鉄は水がかかると錆びてしまい、商品価値が損なわれます。このため、油などを用いた加工液で錆びないように加工していたのです。ただ、加工液の問題はすでに述べたとおりです。このため、私は、この錆びの問題を解決すべく「電気防錆加工法」というものを開発しました。これは、水に電気を流しながら加工することで、電気化学的に錆びを防止して腐食を抑制し、水のみを用いた加工を実現するものです。この「電気防錆加工法」は、機械と電気化学の異分野複合によって生まれた加工法です。同手法を最初に思いついたのは大学院学生の頃でした。それから実に20年以上、同分野の研究を続けているのです。

研究の過程で、様々な壁に当たりました。例えば、大抵の機械は鉄でできているので、工作対象物だけでなく「工作機械本体も錆びる」のです。工作機械は平均1,000万円以上するような高級なものもあるので、「水を入れるのは絶対NG」でした。そこで、私は水を使って加工できる「耐水耐食加工機」というものを開発しました。同機には、材料としてステンレスや樹脂を用いたり、機械本体に「電気防錆加工法」を用いるなど、複合的な防錆処理を行い、水を用いても錆びない工作機械を開発したのです。

また、鉄を削ると、細かい切り屑が発生しますが、これが水に浸かると錆びてしまいます。鉄のイオンが放色して水が真っ赤になるのですが、イオンは1万分の1マイクロほどの大きさなので、通常のフィルターでは除去することができません。そこで開発したのが「水循環再生システム」です。これは、イオンサイズまでの切り屑や雑菌、イオンなどの不純物を除去する水をリサイクルするシ

システムです。平たく言うと、切り屑を大雑把に分離して沈殿槽で沈めて、沈めた切り屑を、これ以上錆びないように電気防錆をかける仕組みです。また、沈める過程で水中を漂うイオンや雑菌、不純物などは、逆浸透膜（※水分子が通れる程度の穴がある膜）というものを通して、膜を通ったきれいな水と、膜を通らず不純物が濃縮された汚い水とに分離されます。この汚い水が濃縮水として出てくる仕組みになっているので、フィルターに汚れが堆積せず、長期間の使用を可能としています。このシステムを用いることで、水が得にくい場所でもリサイクルして用いることができるほか、海外の水でも日本と同じような水質の水にすることができる「水質調整機能」も備えているのです。

私は、これらの水循環再生システムと水加工機を併せて「水加工システム」というディープテックを開発しました。いわゆる「水で機械加工するための工作機械システムを全て開発」したものであり、特許も取得しております。

佐藤：

素晴らしい取り組みです。社会実装が待ち遠しいです。コストの問題はどのように考えていますか。

西川：

コストは、「機材コスト」と「運転コスト」に分けることができます。「機材コスト」に関しては、汎用加工を目指している最中であり、コストを上げないように研究を進めています。「運転コスト」に関しては、明らかに油よりも水の方が安価です。廃液処理費も格段に安く、あとで述べます洗浄工程のコストと工程時間コストを削減でき、トータルコストで見たら、既存の手法に圧倒的に勝利できると確信しています。

佐藤：

なるほど。同業他社の存在はいかがですか。

西川：

私が進めている水加工に関しては、同業他社はいません。環境調和型加工という点に関しては、これまで、「ドライ加工」「冷風加工」「MQL加工」「アルカリ水加工」などといった、さまざまな手法が開発されてきました。ただ、どの手法もデメリットがあり、実用化はされてきませんでした。一方、私が進めている水加工は、「廃液処理不要」「冷却性」「汚染除去」というメリットがあり、これらに対して劣っていることはありません。かつては、「潤滑性」と「運用例」

の点がネックになりましたが、前者は水だけで「潤滑性」を上げる取組を進めているほか、後者も、工作機械に搭載した社会実装の取組を進めています。

また、水加工には更なる差別化要素があります。通常の加工では工作物の加工後に油がつくため、「洗浄」工程が必要となりますが、水加工は同工程を短縮できるため、生産性向上に寄与します。加えて、水加工はきれいな水で加工するので、切り屑や脱落砥粒によって工作物が傷つけられることがなく、高付加価値加工を実現することが可能です。

佐藤：

良いことづくめで素晴らしいですね。是非とも社会実装を進めていただきたいです

西川：

はい。現在とはあるメーカーさんと共同で水加工システムを搭載したマシンングセンタを開発しているところです。まずは1機種の商用化を考えており、この研究は次のエクспанションステージへと進みつつあります。

佐藤：

わかりました。繰り返しになりますが、工場内の環境という点でいえば、近年は各企業でもだいぶ意識が高くなってきたと思いますが、西川先生はやはり根本的な加工液という部分に目を向けて改善を図っているということでしょうか。

西川：

大企業はともかく、中小規模の工場ではなかなか悲惨な状況です。また、現在、様々な生産拠点が東南アジアを中心とした海外に移されています。それら海外の拠点からは安価なコストで製品が提供されていますが、なぜ安価であるのか、ということも考える必要があります。「人件費が安い」だけではないのです。現在、SDGsが世界的な社会課題となっています。生産、加工に関しても「省資源で環境に優しい加工」が求められています。

佐藤：

わかりました。先ほどの話を総合すると、先生の研究は9合目付近まで来ているとのこと。ぜひとも残りの1割を達成してほしいと願っています。

西川：

私の研究はある種イノベーションのようなもので、ディープテックを世に普及させるものです。今までなかった技術を受け入れることは勇気がいると思いますが、どうか企業さんには目を向けていただければと思います。私の研究を通して「加工液を使うのは当然」、「我慢するのは当然」という意識も変えていきたいです。

そういえば、私は最近、とあるセミナーで「イノベーションはパッション」という説明を聞きました。さらにパッションというのは通常、「情熱」と訳されますが、語源を辿るとキリスト教的な「受難」という意味になるとか。確かに既存の価値観や物事を変えようとするのはとても大変です。困難がたくさんあるので、「受難」ともいえるかもしれません。

佐藤：

面白い話です。西川先生にはパッション（情熱）をもってパッション（受難）を克服してほしいと願っています。

佐藤：

共同研究の実施状況について教えてください。

西川：

日本国内でいえば、経産省の Go-Tech 事業（成長型中小企業等研究開発支援事業）に採択され、国内の某企業と一緒に、1 億円規模の事業を行っています。具体的なことは言えませんが、令和 4 年から 6 年の 3 年間で、水加工用のマシンニングセンタの設計・開発を行っています。現在、3 年目も終わりを迎え、「締め」の段階に入っています。これまで述べてきたとおり、従来の工作機械は油を使う前提で構造ができていますが、それを、水を使った仕様にするので、マシンそのものを新造する必要があります。このため、予算もそれなりにないといけませんので、経産省から予算をいただいて進めています。

佐藤：

そのほか、西川先生は海外とも共同研究を実施されていると聞いております。

西川：

現在、ある国のとある研究機関と共同で研究を行っています。現在、この国は「グリーンマニュファクチュアリング」という、環境に配慮した製造を重視して

います。このため、この国は研究開発の予算も潤沢であり、「誰が」ではなく、「内容」をみて予算を支出しているように感じます。

佐藤：

わかりました。別の質問に移りますが、西川先生が専攻しているテーマとは別に、日本の研究で特に注目する分野・技術などがありますか。若しくは関心のあ
るニュースなどがありますか。

西川：

自分の研究で忙しくてなかなか見ていませんが、自分の研究に関わる SDGs 関連の研究には関心を持っています。また、ニュースということ言えば、私は遠隔地に出張することが多いですが、最近は新幹線がよく停まりますね。そのタイミングで移動が妨げられたことが複数回あり、現地での講演会を予定していましたが、急遽、リモートで対応したこともあります。「移動機会が増えるとそういうこともあるのかなあ」と漠然と思っていますが、輸送会社関連のニュースには注目するようになりました。

佐藤：

先生のようなお忙しい方だと殊更に影響が大きいですね。最後のクエスションになります。先生も十分にお若いのですが、さらに若い研究者や学生さんに向けたメッセージを頂けますか。

西川：

何かやる人は、言われなくてももう何かしていることと思いますが、強いて言うなら、現在の日本では、研究におけるイノベーションが起きづらい状況となっています。その要因の1つが、研究の「内容」ではなく「人」を見ているからです。その人の「出身」とか「バックグラウンド」といった「属性」が重視され、「政治的要素」が考慮されることも多いです。それによって差別化され待遇が大きく変わります。いわば「貴族社会」に近い状況ではないでしょうか。また、「凡庸な悪」という言葉があります。マイルドに言うと、「個人が自身の判断を放棄して、社会や組織の命令に無思考で従うことで生じる悪」という意味ですが、日本においても当てはまる人が多いと思います。日本ではきちんとした評価をできる人が少なく、自己判断できる人も少ないのです。

一方、海外では「内容」を見て評価されます。日本で、太い「政治的バックグラウンド」がないような方は、「属性」や「出身」で評価されない「海外」に目

を向けていただければと思います。世界は広く、可能性や機会も満ちており、そういう点、日本に固執する必要はありません。

また、世界では人口が増え続ける一方、日本の人口は、2100年には現在の3分の1以下まで減少するといわれます。これは予想を上回るペースです。そのような状況で果たしてどのようなイノベーションが起きるでしょうか。このため、「海外」を見るとともに「今後」も予想しましょう。この2点が重要であると考えます。

佐藤：

貴重なお時間を長くとっていただきありがとうございました。

(注) 各種データは2024年時点のものです。

以上