

若手技術者へ贈る言葉

『料理の鉄人』のススメ



厨川常元

1. はじめに

私は1957年に仙台近郊で生まれ、小学校から大学までずっと仙台で育った。そのうえ、就職先も出身大学だったので、2022年に退職するまでほとんど仙台で過ごしたことになる。東北大学には、学生時代を含め47年間、ほぼ半世紀お世話になり、現在は、(株)牧野プライス製作所の特別顧問・フェローとして厚木に単身赴任中である。退職後は生まれ故郷に戻るといったのが一般的かと思っていたが、それと全く逆の状況になっている。新しい職場では、将来の製品開発に必要な基本技術開発と人材育成に携わっている。職務内容はほとんど大学時代と同じであるが、講義をしなくてよくなった分、いくらか気楽である。本稿ではこれまで行ってきた研究をどのように展開していったのか、新しいテーマをどのように見つけてきたかなどを紹介し、その時々感じたことを述べることにしたい。

2. 研磨加工（学部時代）

私の自宅の隣は、東北大学科学計測研究所特殊精密工作施設の稲垣耕司先生(当時助教授)宅であった。小さい頃から先生に大変かわいがって頂き、ご自宅にお邪魔しては、ものづくりの話や先生から伺う機会が度々あった。子供ながら先生のお話はなぜかとても魅力的で、これが私の工学部機械系志望につながった一要因である事は確かだと思う。大学入学後は、専門的な加工についてもいろいろとお聞かせ頂いた。“今日は1mmに2000本も線を引けた。すごいだろう。(ルーリングエンジン)”，“1 μ mの孔をあけたんだけど、材料の残留応力のせいで塞がっちゃった。(微細放電加工)”など、たとえ苦労話であっても楽しそうにお話しされていた先生の表情や、開発こぼれ話を興奮しながら拝聴していた記憶がある。これは私の貴重な財産(『知識の引出』と名付ける)となった。

大学4年生になると研究室を選ぶことになるが、私は精密加工の研究室を選んだ。先生は松井正己教授(当時)である。しかし卒業研究は先ほどの稲垣先生の研究室に派遣されることになった。テーマは“黄銅のラップ焼けに関する研究”である。黄銅などの軟質金属をラップ加工すると鏡面になるほど黒光りし、金属本来の色と異なってしまう。これを現場ではラップ焼けといっているわけであるが、この現象解明と対策を考えるのが課題であった。どんな現象が起こってい

るのかを想定するために、図書館で関連論文や専門書を調べると共に、蛍光X線分析装置を使って表面元素の変化を調べた。その結果、微細な切りくずが再度加工表面に埋め込まれていることがわかり、これを防止すればラップ焼けが防止できるだろうと考えた。

次にその防止策であるが、単純な発想から食器用洗剤をラップ液に混合することを試みた。ダメ元で行った加工実験だったが、これが思いのほかうまくいき、その後、異なった極性をもつ20種類以上の界面活性剤を用いて論文用のデータをとった。この成果は卒業論文発表のみならず、研究所内の研究発表会で発表する機会を得た。

3. 高能率加工（大学院～助手時代）

大学院に進学すると、松井教授から新しいテーマを与えられた。“クリープフィード研削に関する研究”である。その当時、この方法はあまり知られていない新しい高能率研削法であった。したがって“クリープフィード研削って何?”ということを探ることから始まった。どうも通常研削の数100倍の砥石半径切込み量(その代わり工作物速度は1/数100)で一気に工作物を除去するらしいということがわかった。しかし研究室には汎用研削盤しかなく、クリープフィード(いわゆる遅送り)ができない。そこでクリープフィードが可能なサブテーブルを作製することになった。ここでは製図や製作現場とのやりとりなど、庄司克雄先生(当時助手)にいろいろご指導頂いた。また研削シミュレーションに関しては田牧純一先生(当時助手)にも教えていただいた。さらには研削中の研削抵抗、砥粒1個に作用する切削力、研削温度、砥石・工作物接触弧内の研削油剤の膜厚、砥石摩耗などをインプロセス計測するセンサも自作し、研削現象の解明に励んだ。これらの多くの経験や知識により、私は『知識の引出』の数を増やすことができた。

学位取得後、米国コネチカット州立大学の研削研究所に留学する機会を得た。この研究所は、州政府とプラット&ホイットニー社など、関連企業数社がスポンサーになり設立したもので、ジェットエンジン・タービンブレードのクリープフィード研削を専門に研究していた。そこでは研削実験を行うと共に、できるだけ多くの研究者や企業の方々と人的ネットワーク作りに努めた。同時に、帰国後に取り組める新しい研究テーマ

も模索した。帰国後は研削テーマで引き続き論文を書きながら、同時並行的に新テーマの研究にも挑戦したいと考えたからである。

4. 超精密加工（助教授時代）

米国留学から帰国後、研削のテーマとして、庄司先生がその当時研究していた超砥粒砥石のツルーイング技術を製品製造に応用展開しようと考えた。すなわち極微粒ダイヤモンド砥石を用いた非球面研削の研究である。あるとき、従来の非球面加工機で加工しているのをみていて、ある疑問が浮かんだ。“なぜ平面研削の時には砥粒の移動方向と工作物の送り方向が同じ平行（これをパラレル研削と命名）なのに、非球面研削加工ではそれらが直交（これをクロス研削と命名）しているのだろうか？” → “非球面研削の場合も平行にすれば、もっと粗さが向上するのでは？”

これを証明するために、最初に統計的研削理論による粗さの理論計算を行い、比較した。その結果、パラレル研削ではどんな研削条件でもクロス研削より粗さが向上することが明らかになった。この結果に基づき、パラレル研削方式で非球面研削を行うことのできる加工装置を企業と共同で試作した。さらに工具としての砥石を製造する企業、またこれらを使って製品（非球面レンズや非球面金型等）を製造する企業の3種類の企業を集めてコンソーシアムを作り、商品製造まで行った。これらの共同研究で得られた知見と人脈も、また私の『知識の引出』に収蔵されることになる。

5. 噴射加工（助教授～教授時代）

留学中に考えたもう1つの研究テーマは、噴射加工である。米国の商業誌を見ていたときにAbrasive Jet Machining (AJM)という単語が目がとまり、妙に気になった。内径0.5mmのノズルから砥粒を噴射し、微細除去加工を行うものである。帰国後、直ちにAJM装置を自作すると共に、噴射実験を行った。その後、光学メーカーと共同で噴射時間、噴射量を精密に制御することができるアブレイシブジェットプリンタを開発した。

一方で、このAJMを使って非球面研削面を研磨加工することを試みた。研削面の粗さは数10nmRy程度であったので、粒径が1 μ m以下のアルミナ砥粒をガラスレンズ表面に噴射させれば、研削条痕を除去することができるだろうと予想した。しかしこれは全くうまくいかなかった。除去されるどころか、盛り上がる（付着）結果となった。これをPowder Jet Deposition (PJD)と名付けた。この付着メカニズムの解明のために、基板衝突時の粒子の破碎挙動に関しては平滑化粒子シミュレーションにより、また衝突前後での膜と基板界面での分子結合状態の変化に関しては量子分子動力学シミュレーションにより可視化した。その結果、粒子

は基板に衝突後、1～10 ns程度の短時間内で10 nmオーダの微細粒子に粉碎され、次の瞬間これらが再結合し、膜形成に至ることが明らかになった。

6. 医歯工連携研究（教授時代）

私が教授に昇任した2003年、佐々木啓一先生（当時、東北大学歯学研究科教授、高校同級生）と2人で飲む機会があった。研究室運営の話や愚痴をお互い語りながら、お酒が進んでいくうちに研究の話題になり、その当時始めたばかりのPJDについて紹介した。さらに“歯科治療は虫歯のところを削って埋める方法しかないのか？”という話題になり、その次には“なんか新しい方法が開発できると面白いよね。” → “削ったところ、歯質と同じ材料で埋め戻されればいいよね。”と話が進んでいった。“ハイドロキシアパタイト（エナメル質の主成分）の粒子もPJDでくっつかないか？”という発想が生まれ、あっという間に「常温常圧下におけるハイドロキシアパタイト厚膜形成法の開発と新しい虫歯治療への応用」の研究計画の大筋が決定した。これが歯工連携研究の始まりである。異分野の先生と議論する重要さと面白さを実感した。

このテーマは、JST、文部科学省、NEDO、AMEDの研究プロジェクトに採択され、民間企業との共同開発研究に発展した。臨床試験を経て、2022年医療機器承認を得ることができた。歯科治療への適用の他、審美歯科、予防歯科等への応用が期待されている。

7. むすびに

これまで、私の研究テーマの変遷の一部を紹介した。若いうちは、実践に裏付けされた『知識の引出』の数を増やすことが肝要である。しかし引出の数が多ければ良いというものでもない。肝心なのはそれら多くの引出から必要な知識を取り出し、調合し、新しい技術として創出することができるかどうかである。この点では、研究者は料理人（料理の鉄人）に似ていると思う。

また若手研究者に要求される能力として、“内発的動機付け”、“問題解決能力”、“不確実性への耐性”の3つが必要不可欠であることも付け加えたい。すなわち、“自ら問題を発見し、解決する能力”、“ハングリー精神”、“技術に対する夢”、“ものづくり立国日本を支えるという気概”の醸成である。

また『知識の引出』にしまったシーズが、ニーズとうまくマッチングするには多くの時間がかかる。それよりも将来のニーズを見極め、それに向かって、今、何をすればよいのかをバックキャストにより検討するのが効率的である。そして最終的に、“理論無き技術は盲目、応用無き理論は空虚である”という言葉に肝に銘じながら、社会実装を目指すべきである。

くりやがわ・つねもと：東北大学名誉教授