

◇ 砥粒加工研究会設立 50 周年記念特別企画 砥粒アーカイブス ◇

砥粒加工分野を切り拓いた人々 第 3 話

高沢 孝哉氏 (前編)

～砥粒加工の道と歩んで～

砥粒加工との出逢い

砥粒加工すなわち、研磨(研削と琢磨の合成語と考えている)の原点は、自然界から始まる。川上で壊れ落ちた岩のかげからは、転がり砕けつつ流れて、共摺りで磨かれ丸くなり小石になる。これはバレル研磨に似ている。地球深部 200km において超高圧、超高温で炭素成分が溶融して、表面近くに押し上げられ冷却されて天然ダイヤモンドが出来た。この自然現象からヒントを得て、1855 年に GE 社はダイヤモンドの人工に成功した。また人間は磨くのが本能であり、勾玉を作り、石、鏡や刀を磨いた。砥粒加工の道は、単に学問・技術の研鑽の場だけでなく、人間を磨く創造の道場であると思う。

私をこの道に導いて頂いた方には、多くの恩師、先達がある。昭和 18 年の戦争も酷の頃、私は東大造兵学科に入学した。そこで大越諄先生にお逢いし、精密加工法を学んだ。この時既に、私の歩むべき道は方向付けされた。先生が精密機械 30 巻 4 号(1964)に執筆された「研究の手法と成果発表の仕方」は、生涯を通じてのバイブルである。講義の中で「超仕上げ加工面が何故耐磨耗性と潤滑性に優れているか」の説明があり、学問の深さを感じた。当時先生は、三菱重工長崎造船所の大型船舶のスクルーシャフト軸頸の超仕上げ作業適用の業務に従事されていた。進水式をすませてスクルーを回してから焼き付き事故防止対策であった。昭和 20 年 2 月には大学閉鎖となり、私は大阪造兵廠の高射砲製造工場に陸軍委託学生として派遣された。そこでお逢いしたのが先輩でもある井上睦陸軍大尉である。この工場では、風船爆弾とともに、B29 によく命中し撃墜した口径 15cm 高射砲が製造されていた。この砲身長 15m 前後の内面は横型ホーニング盤で磨かれていた。この工場は、まさに B29 の 1 トン爆弾による最高爆撃目標になっていた。やっと命ながらえ終戦となり大学へ戻ったが、敗戦後の焼野原の東京で講義もなく、空腹を抱えながら安田講堂の前で友と祖国復興を語り合ったことを想起する。

大越先生の英断で、造兵学科は精密加工学科と改称された。この名で卒業したのは、われわれのクラスだけで、その後

学科の名称は精密機械や工学に変更された。造兵学は、砲煩をはじめとする兵器コース(弾道学、戦車、魚雷、砲塔砲架、高射算定具、爆撃照準具など)と精密機械コース(工作機械、光学機器、計算機、精密測定器など)に分かれていたが、いずれも精度を生命とする学問、すなわち精密工学である。戦後兵器は廃止されたが、精密工学は今日でも最先端の学問である。往年の青木保先生の名著「精密機械設計学」(丸善、1944 年)は、そのまま精密工学である。私は卒業して沖電気工業(ここでプレス抜き型製作の技能を体験)に勤務時代、先生のお家を成城に訪ね、親しくお話を伺い図 1 に示された「研精不倦」の言葉を頂戴したことは生涯忘れ得ない感動である。

図 1 青木保先生のお言葉

青木保先生は世界における精密工学 (Precision Engineering) の生みの親であり、大先達である。私の人生の歩むべき道を親しく示唆して頂いた。私は家庭の事情で石川県の故郷に戻り、金沢工業専門学校(後の金沢大学工学部)に奉職した。教育者としての駆け出しの苦勞をしながら、鉄道技術研究所から見えた大岩藤造先生の指導で「ローラー仕上げと潤滑摩擦試験」の研究に従事した。これは、まさに「トライボロジー入門」であった。偶然にも曾田範宗先生が研究室に見えて、私の実験装置の試片同士の密着度を自ら触ってご指導頂いたことに感動した。やがて私は、当時井荻にあった通産省の機械試験所に内地留学し、前述した井上先輩のもとで「超仕上げ面の評価」に関する研究のお手伝いをした。超仕上げ砥石の製作には瑞穂研磨砥石の川上源作さんのご指導を受けたが、その高潔にして温和な哲学者の風貌を今なお忘れ得ない。要は「超仕上げ加工とは、馴染み面を形成することが目的である」との結論を得た。馴染み現象については私なりの解釈があるが(木下、高沢監編集、精度設計と部品仕上げシステム技術、日経技術図書、1898 年)、トライボロジーの中心課題であると思う。



(ご略歴)

高沢 孝哉 (Koya TAKAZAWA) 1924 年生
セラビ研究所, 工学博士, 技術士
専門分野: 精度設計論, パリテクノロジー,
精密加工

〒248-0027 神奈川県鎌倉市笛田 4-10-11

TEL: 0467-32-3596 FAX: 0467-32-3688

E-mail: j.soc.best@juno.ocn.ne.jp

インタビュー: 2006 年 3 月 30 日

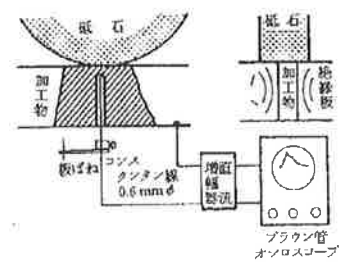
研究への動機と取組み

さて、昭和30年頃から井上先輩のお勧めで昭和電工塩尻工場から、研削砥粒の機械的性質(破砕性と摩擦抵抗)に関する委託研究を受けたが、これが本格的な「砥粒加工入門」であった。その頃幸運にも、わが国で最初に「人造研削材と砥石」を開発された熊谷直次郎先生の警咳に接することが出来た。先生から「高沢は俺の跡継ぎだ」という嬉しいお言葉を頂いた。当時学会で「砥石の自生発刃作用」や「砥石減(磨)耗と寿命」などについて、大阪金剛製砥の渡辺半十博士、大阪大学の津和秀夫先生、理研の吉川弘之先生(砥石寿命の逃げ面磨耗説)らの楽しい議論が展開され、平行して単粒切削の研究も盛んに行われた。私もその一翼を担い、各種砥粒のエッジ破砕特性と磨耗特性との関連で、砥石による研削機構の説明を試みた。当時は、酸化アルミニウムと炭化珪素系砥粒による砥石が主体であったが、今日のダイヤモンドやCBN 砥石での議論はどうなるのか。私は砥石の目立て現象の意味と効果について考察し、目立てとは形直しとともに、目直し効果として砥石の表層に存在する砥粒に衝撃による亀裂を与え、生じた目立て影響層が自生発刃を促し、その層が減耗し除去された時が寿命であると考えている。さらに解決すべき問題は、加工物材料に対する砥粒の選択適合性(米国で、化学反応論による説明)に関することである。私は、各種材料に対して各種単粒砥粒の摩擦・磨耗試験を行い、この問題の一端を説明した。1950年頃米国のH.Wagnerは砥粒の働きの関連する重要な機械的性質として、次の3項目を提案した。

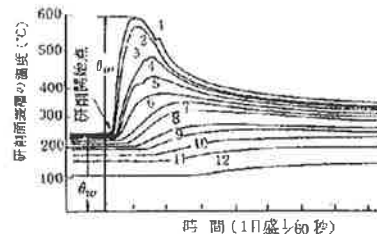
- (1) Penetration hardness 貫入硬さ(材質的な硬さだけでなく、材料に貫入するのに必要なエッジ強さも意味する。)
- (2) Body strength and other fracture characteristics 破砕強さとその他の特性、(自生発刃に関連する。)
- (3) Attrition resistance 磨滅抵抗(目つぶれに関連する。)

彼の意見はまさしくポイントをついているが、これらの問題については、昭和42年2月から1年間、「機械技術者のための、研削砥粒に関する資料」としてマシニストに連載した。このような研削機構の根底を探るような砥粒の基本的研究が、最近見られないのは残念である。昭和31年、東北大学佐藤健児先生、小林昭先輩の努力により砥粒加工研究会(熊谷直次郎会長)が設立された。

さて、前述の超仕上げの研究に従事していた頃、「磨耗と超仕上げの研究」で学会の指導者であられた小坂誠市郎先生を訪ねて、学位論文を始め生涯を通じてのご指導を頂いた。「先ず日本語がまともに書けないようでは、論文を書く資格がない」と厳しいお言葉を頂いた。論文の序論は先生に真っ赤に直していただいた。学位論文は東北大学の佐藤健児先生の懇切なご指導で「研削温度の解析と表面損傷」に関する研究論文を提出した。研削温度を論じる対象として、砥粒および砥石研削点温度、工作物、研削面表層温度などがあり、それぞれを論じる工学的意義も異なり、当然これらの測定法も異なる。私は研削面表層温度を測定し、加工変質層の生成機構を論じたが、表層温度分布の理論と測定値を対応させるにはかなりの工夫が必要であった。図2は、その測定原理と結果である。



(a)温度分布測定原理図



(b)温度測定例

図2 研削面表層の温度分布測定原理と測定例

佐藤先生が丸2日間机を挟んで自分自身の研究であるかのように、いつも熱心にご指導頂いたことに今なお感謝の思いを禁じ難い。なお、私の学位論文の原稿を克明に嬉々として清書してくれた父の愛に感涙の思いである。

昭和43年に文部省の3月間の短期留学出張に恵まれ、米国1.5月間、後半は欧州を計数十ヶ所ほど訪問した。米国では、ノルトン社でTarasov博士を訪ね研削加工面の焼けや割れを中心に話し合い、カーボラダム社(ナイヤガラ瀧を利用する発電で研削材製造)を訪ね、粒度担当の技術者Mr.Patchと丸1日飽きずに話し米国技術者の情熱に打たれた。ついで、GE社(1953年、人工ダイヤモンドに成功)、ヒールド社のHahn博士(研削理論と抵抗制御内面研削盤)、シンシナティ・ミラクロン社(砥石自動平衡装置)のMerchant博士、カーネギメロン大学のShaw先生、チムケン・ローラ・ベアリング社のLittmann博士(研削加工面表層の温度分布と加工層性状の議論)などを訪問した。

ついで、欧州に移りケンブリッジ大学にトライボロジーのメッカであるパウデン・テーバ両博士の研究室を訪ね、バーミンガム大学でPeklenik博士を訪ねた。ついでベルギーでPeter教授、Diamond Boart社、ドイツではアーヘン工科大学(工作機械研究所では私の研究成果が展示されていた)、スツットガルト大学の自動化技術研究所のバリ取り研究室(研究者とテーマが変わっても、ブラシ仕上げ、熱バリ取り、ウオタージェットなどの研究が続いていた)、さらに、スイスでは、スチューダ社を訪ね、とくに、熱変形と振動を考慮した研削盤設計と丹念なきさげ作業、鋳物本体の数年雨ざらしの枯らし作業に感心した。以上、極めて貴重な3ヶ月の旅であった。見聞した内容は生涯を通じて、私の研究マインドを支えてくれた。この旅が私にとって、研削加工研究のアカデミックな仕事の総括と反省の機会であった。世界の多くの研究者を訪ねて、いまさらながらに砥粒加工に関する研究分野が広く、将来への夢が大きく広がったことは事実である。(次号に続く)