

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Machining

Vol. **12** A1
Feb/2007

マシニング事業

■ 寄稿・論文・報文・解説

セレンディピティによる
「独創的加工技術開発」

"A Role of Serendipity in Developing
Unique Manufacturing Technologies"

〈キーワード〉 セレンディピティ・独創的加工技術・びびり振動切削法・磁気研磨法
フレキシブル導液シート・導電性ダイヤモンド工具

日本工業大学／システム工学科

教授 鈴木 清

Kiyoshi Suzuki
Nippon Institute of Technology

要 旨

IT技術がいかに普及しようとも、産業力の基盤はあくまでもモノづくりであり、日本企業の生き残り方策として、エジソンの数々の発明まではいかなくとも、独創的アイデアを出し、実用化することが益々重要になりつつある。そういう意味で、セレンディピティが独創的加工技術開発において重要な役割を果たしている。

セレンディピティとは、思わぬ発見をする特異な才能であり、偶然からモノを見つけ出す能力や目的以外のことで偶然得られた発見／発明のことである。

日ごろから問題意識を持った人が、何かのはずみで、あるいは別のところで何かの現象を見て、さらにはその現象から推測して、新しい加工技術の可能性を発見することが多い。自然現象の正確な観察と理解を前提として、常に問題意識を持ち、「経験の豊富さ」に加えて「経験から意味を見い出す能力」が必要となる。

Abstract

A basis of industrial power is the manufacturing no matter how IT technology becomes widespread around the world. It is becoming increasingly important for Japanese companies to develop creative ideas and put them into practical use in terms of their survival, although the inventions do not have to be as significant as those of Edison.

From this standpoint, it is conceivable that serendipity plays an important role in developing unique manufacturing technologies. It is a special ability to find or create interesting or valuable things by chance. In many cases, individuals with inquisitive mind happen to see some phenomena or conditions on some occasion in some place and further infer and develop a new manufacturing technology from them. However, this requires the correct understanding and observation of natural phenomena in addition to inquisitive mind and wealth of experience and the ability to recognize the significance in them based on the past experience.



1. 産業力の基盤はモノづくり

新聞を見ても、TVニュースを見ても、インターネットやIT (Information Technology, 情報技術) という言葉を見聞きしない日はない。曰く、ITで販路が開けた、曰く、ITで利益がでるようになった、という次第である。まるでITさえ取り入れれば、コンピューターが自動でモノをつくってくれるのではと錯覚させるほどである。ITを否定するものではないが、モノづくりの重要性が忘れられていると思わせる昨今である。卒業研究でも実験系は人気が無く、いわゆるパソコン系研究室に学生が集まる風潮である。国立大学研究所に18年、日本工業大学に移って20年、ひたすら“モノづくり(加工技術)”の研究に従事してきた筆者としては、嘆かわしい時代になったものだと思わざるを得ない。

もう数年前になるが桜井正光氏による「日本企業生き残りの方策」と題しての記事¹⁾があった。「いくらインターネットがすごいといっても、ネットワークでモノをつくれるわけではないでしょ。大事なことは、日本の企業はモノをつくるのが得意だということ。インターネットも大事だが、産業力の基盤はあくまでもモノづくりであるということを忘れてはいけない。きちんとよい製品をつくった上で、いかにネットワークを活用していくかを考えればいいのです」大いに勇気づけられた記事であったことはいうまでもない。

本稿では、筆者が目指してきた“モノづくりのための独創的加工技術”の開発におけるセレンディピティの役割を述べてみたい。

2. 研究開発におけるセレンディピティ

1) 実用化研究

大学の研究者は、理論的な、世事に惑わされない研究をするべきである、10年、20年のロングスパンでという意見がある。この考えを否定する考えは毛頭ないが、進歩と競争の激しい工学の分野においては、大学や公共機関の研究者といえども悠長に構えていてよいのであろうか。「どんな基礎工学研究でも、いずれは工業との結びつきがあるに違いないとの期待のもとに行なわれている」との中川威雄東大名誉教授の言を引用するまでもなく、エジソンの数々の発明にしる、ICの発明にしる、最終的には産業界で役立つよとの考えに基づいて行なわれたものであるという。幸いなことに筆者は開発型研究の第一人者である中川先生のもとで、数々の実用化研究の方法論と実用化に成功した例を多数見聞できる幸運に恵まれたこともあり、実用化研究の重要性を十分に認識している。

2) 新しい研究課題の発想法とセレンディピティ

理論的研究であるにせよ、実用化研究であるにせよ、研究テーマの決め方は人それぞれ、十人十色であるが、筆者は研究開発の発想法を表1²⁾のようにまとめている。すなわち、設定した目的／目標に理路整然と突きすすむ「理詰め型」、古き技術を改良したり、同分野、あるいは異分野に応用したりする「温故知新型(データベース型)」、視点を変更したり欠陥を利用したりする「独創型(アイデア型)」に大別している。現場に居合わせたら突然解決策やアイデアが浮かんでくる閃き型や場当たり型は、当然独創型の範疇になる。この独創型(アイデア型)は、偶然性すなわちセレンディピティと密接な関係を持っているといえよう。

表1 新しい研究課題の発想法²⁾

| | |
|---------------------|-----------------|
| 1.理詰め型(目的／目標設定型) | |
| 2.温故知新型 (データベース活用型) | |
| (1)改良型 | (2)応用型 |
| | ①同分野適用型 |
| | ②異分野適用型 |
| 3.独創型(アイデア型) | |
| (偶然型／セレンディピティ型) | (1)視点変更型 |
| | (2)逆転の発想型／欠陥利用型 |
| | (3)場当たり型／閃き型 |

セレンディピティ³⁾といわれても即座に意味を理解できない諸兄も多いと思われるが、英和辞書などによれば、セレンディピティ(serendipity)とは、「思わぬ発見をする特異な才能」、「偶然からモノを見つけだす能力(偶察力)」、あるいは「目的以外のことで偶然得られた大発見」とある(表2)。偶然的に幾つかの新しい加工技術を考案した経験を持つ筆者がセレンディピティという言葉に興味を持ったのも当然であろうか。

表2 セレンディピティと発明の例

セレンディピティの意味

- ・思わぬ発見をする特異な才能、偶然からモノを見つけだす能力、目的以外のことで偶然得られた発見／発明。
- ・H.Walpole(英)による造語「serendip + ity」
- ・スリランカ(旧セイロン=serendip)の賢い三人の王子が、目的とは違うものを偶然に見つける物語が語源。

セレンディピティを養う条件

- ・経験の豊富さ+経験から意味を見出す能力。

セレンディピティの反対語・Japanity

- ・誰もがやっていることを追いかけて、必然のところで見出す能力←海外で日本人研究者を揶揄した言葉らしい。
- ・セレンディピティによる成功の土台にはJapanityがある。

セレンディピティによる発明／発見の例

「フレミングのペニシリンの発見」

化膿菌の研究中に、ある物質の周囲に化膿菌が存在しないのに気が付いた。それは、たまたま混入していた空気中のアオカビであった。〔偶然⇒気付く〕

「電子レンジの発明」

レーダー開発中に、研究者のポケットの中のチョコレートが溶けていた。〔偶然⇒気付く〕

「アルフレッド・ノーベルのダイナマイトの発明」

誤って硝酸グリセリンの液を珪藻土に覆われた地面にこぼした。〔失敗⇒気付く〕

「白川英樹博士の導電性ポリアセチレンの発見」

大学院生が実験中に間違えて触媒に100倍の濃度の不純物を混ぜた。〔失敗⇒気付く〕

「小柴昌俊教授のニュートリノの検出」

カミオカンデ建設から数年後、大マゼラン星雲で383年振りの超新星爆発があった。〔予測⇒偶然〕

「田中耕一氏のたんぱく質の質量分析法の発見」

実験中に間違えてコバルトとグリセリンの二つの触媒を混ぜてしまった。もったいないと捨てずに実験に使用して新分析法を発見。〔失敗⇒気付く〕

(注:インターネット検索結果⁴⁾を再編集)

3) 過去の独創的加工技術とセレンディピティ

偶然から独創的な加工技術を見出した例は過去においても枚挙にいとまがない。マンネスマン穿孔法は、筆者が若かりし頃に紐解いた塑性加工の書籍には必ずといってよほど取り上げられていた“欠陥の活用技術”、すなわちセレンディピティ利用の好例といえよう。また、ガラスポビンの研削時に硬質なはずの砥石が著しく摩耗する現象から“軟質砥粒で硬質材を研磨する”「メカノケミカルポリシング法」が開発されて久しいが、先端半導体材料などの仕上げ加工に使用されているのも興味深い。

以下にセレンディピティと関わりを持つ加工技術を数例示す。

- ①マンネスマン穿孔法(図1): 圧延時に棒鋼材中央部に発生するパイプ欠陥にマンドレルを挿入しながら厚肉鋼管を製造する方法。
- ②メカノケミカルポリシング法(図2): 安永暢男、今中 治両博士による研究で、軟質な砥粒でより硬質な被加工材を、内部にダメージを残すことなく(無擾乱)鏡面仕上げする方法。



図2 メカノケミカルポリシング法

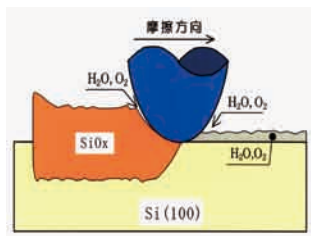
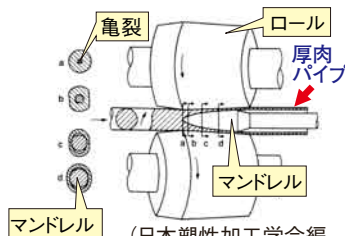


図3 マイクロ隆起メカニズム



(日本塑性加工学会編 日本の塑性加工より)

図1 転造欠陥から考案されたマンネスマン穿孔法

ドイツのマンネスマン兄弟(ラインハルト&マックス)が1885年に発明した回転穿孔法。彼らが丸鋼の小径化用に発明した3ロールによる圧延加機では丸鋼の中心部の割れ発生部にマンドレルを挿入しながら継目無鋼管を製造する方法に至った。

- ③メカノケミカル隆起(図3): 三宅正二郎氏による研究で、シリコンの表面をダイヤモンド圧子で摩擦したときに、表面および周辺空間から供給される水または酸素とのメカノケミカル反応により酸化Siが形成されて盛り上がる現象を利用した方法。まさにメカノケミカルポリシングの逆を行く発想である。
- ④ウォータージェット: これも今中 治博士によるもので、航空機のキャノピーが飛行後に損傷する現象から、高圧ジェット水で種々材料を切断する方法に結びつけたもの。
- ⑤“曲げ曲げもどし”パイプ成形法(図4): フィルムのケースであるパトローネから引き出したフィルムが、自然に内側に曲がってしまう現象から、高精度の薄肉パイプの製造法を考案したのが竹添氏(日新製鋼当時)。塑性加工学的に言えば、板状素材の“曲げ曲げもどし”時に発生する残留応力を利用して、素材を極めて少ない成形ロールで管状に成形する方法。当然実用化もされている。

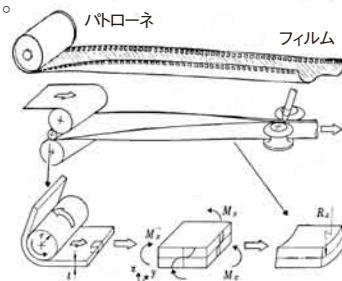


図4 パトローネから取り出したフィルムから発想した“曲げ曲げもどし”利用薄肉パイプ成形法

3. 筆者の研究とセレンディピティ

1) 切りくずは繊維? (視点の変更/欠陥の利用)

筆者がアイデア型の研究、とくに「視点変更型」や「逆転の発想型/欠陥利用型」の研究に傾注した端緒は、東大生研の助手時代にコンクリート補強用のフライス切削繊維製造研究に従事したこと、続いて^{※1}ヘルバイトを故意に“びびらせて”微細金属短繊維を製造する“びびり振動切削法”を開発し、自動車用ディスクブレーキパッド用に大量に使用されたことにある。二つの開発研究は“切りくずを金属繊維と見なす”意

味で「視点変更型」であり、後者の“びびり振動切削法”は“有害と考えられていたびびりを切らず分断のエネルギーとして活用”した点で「逆転の発想型/欠陥利用型」になる。とくに“びびり振動切削法(図5)”は、筆者が日立製作所の養成校時代の機械実習で、ヘルバイト旋削時の能率を上げようとワーク回転数を上げたとき、ヘルバイトがキーンとびびり、切削された面はびびりマークだらけ、排出された針状の切りくずが手に刺さって何とも痛かった経験に由来する。

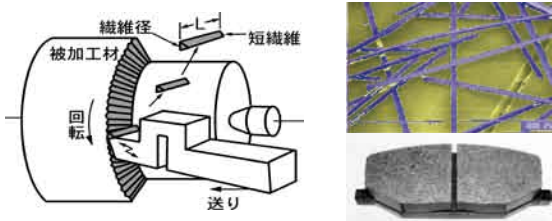


図5 バイトを故意にびびらせて旋削する
“びびり振動切削法”と金属短繊維、プレーキパッド

2) 磁気研磨法二題 (固定観念からの離脱)

上記の研究に味を占めて、その後も「視点変更型」や「回転の発想型/欠陥利用型」の研究を行ってきた。例えば、非磁性材料は磁性砥粒で研磨できないとの常識に挑戦したのが「遠心力利用磁気研磨法(図6(a))」。この方法は、磁石工具の持つ磁気吸引力による向心力と磁石工具が回転することによって生じる遠心力とのバランスによって、磁性研磨材がブラシ状の半固定工具になることを利用している。遠心力利用磁気研磨法では、ガラスやステンレス鋼などに形成されたV溝等も簡単に研磨ができる。最近米国のQED Technologies社で販売しているレンズ加工用MRF Systemも、装置構成からいえば筆者の遠心力利用磁気研磨法と同じように見える。もう一頑張りしておけば筆者も起業に結びつけることもできたのでしょうか。

同じ磁気研磨法でも、びびり振動切削法で製作した銅短繊維($\phi 50\mu\text{m}$, L3mm)の新しい用途を見つけようと、金属短繊維を数パーセント磁性研磨材中に混入してみたら、磁気研磨能率が数倍に向上した。これが“金属短繊維混入磁性研磨材法(図6(b))”。発明的研究のよいところは、発明者が方法の命名をできること。遠心力利用磁気研磨法、金属短繊維混入磁性研磨材法、メガソニッククーラント法、フレキシブル導液シート法、等々…全て筆者の命名である。

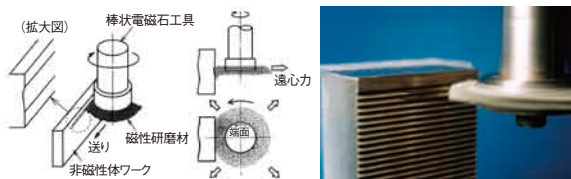


図6(a) 磁石工具回転による遠心力と磁力による求心力をバランスさせた“遠心力利用磁気研磨法”と SUS304材上に成形されたV溝の研磨状況

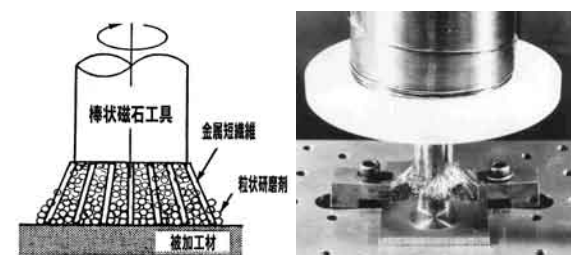


図6(b) 金属短繊維混入磁性研磨材法

用語解説

※1 ヘールバイト

シャンク(つかのみ部分)と刃先との間に逆さU字の構造が入っている工具。円筒面やフランジの平面の仕上げ加工で、滑らかな仕上げ面が得られる。

※2 フローティングノズル

砥石の外周に樹脂製の先端を接触させて工作液を供給するノズル。

3) フレキシブル導液シート法 (日常現象の利用)

お風呂のシャワーカーテンが身体にまとわりつく現象から考案したのが「フレキシブル導液シート法(図7,8)」。フレキシブル導液シートは、大学の机上に敷いてあったビニールシートをカッターナイフでベルト状に切り抜いて※2フローティングノズルの下部に貼り付けただけのものだが、フローティングノズル内から供給された研削液のほぼ100%を研削点に到達させることができる。導液シートが液膜上に浮いている特長を活用すれば、カム研削などの研削点が変化する場合も、導液シートを砥石外周部に沿って揺動させることで、研削点に確実に研削液を供給できる。また、導液シートを金属製とすれば、インプロセスの電解ドレッシングも可能となることが分かっている。現在は、砥石へのシートの巻き付き機構の解明や、研削特性の向上度合いを検討している。

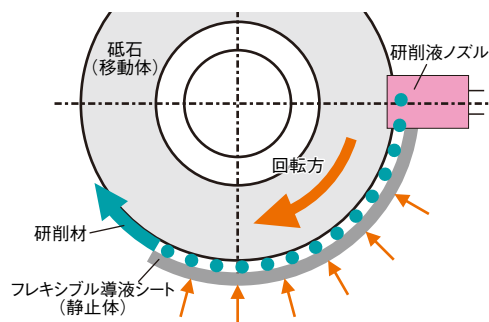


図7 フレキシブル導液シート法

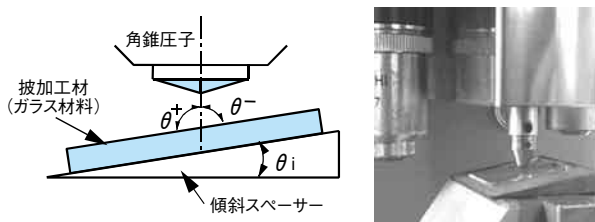


(a) 研削液飛散 (b) 導液シートの適用状態

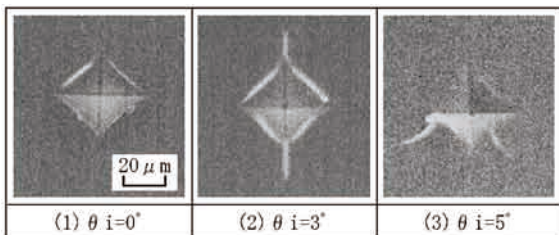
図8 液流による負圧と粘性(付着力)を利用して砥石に巻き付けられたフレキシブル導液シートの様子

4) 四角錐圧子の傾斜押し込み 利用割断 (基本に帰る)

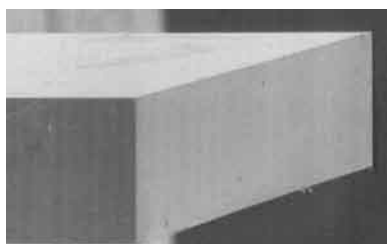
企業から液晶用ガラス材料の精密割断機構の解明を頼まれて安易に引き受けたものの、巧い理屈が見つからずほとほと困っていたとき、角錐圧子による圧痕角部の応力の差異に気付いたのが解明の糸口。試みにと、ピッカース硬度計のダイヤモンド圧子を 3° 傾けてガラス材料に押し込んだ時だけ、圧痕の対角部に亀裂が入った(図9)。後は所定のピッチで圧子を押し込めば、圧痕間の亀裂がつながり合うとともに板厚方向にも垂直に亀裂が入って精密割断に至ったという次第。困ったときはもう一度基本に立ち帰るといふ姿勢もセレンディピティに出会う要件の一つであろう。



(a) ピッカース硬度計による圧子傾斜押し込み実験



(b) 圧子押し込み結果



(c) 平滑で直角な割断面

図9 ガラス基盤にピッカース圧子を $\theta_i=3^\circ$ 傾斜させて押し込んだときに対角のみに発生する亀裂を利用した割断法

5) 導電性ダイヤモンド工具三題 (他人と逆のことを)

思わぬ発展に驚いているのが導電性ダイヤモンドの利用技術。一番目は、導電性ダイヤモンドを利用した「無消耗放電加工用電極(図10)」。二番目は、切刃を放電加工で精密に成形できる「導電性ダイヤモンド切刃砥石」の開発。ダイヤモンド販売会社のS担当部長が「先生、面白い材料がありますよ」と導電性CVDダイヤモンド厚膜を紹介してくれたとき、「他人と逆のことをしよう」との天の邪鬼的な考えで、放電加工用電極工具として使用したことが油中で全く消耗しない電極に結びついた。

“砥石中の導電性ダイヤモンド砥粒を放電加工で成形するというアイデア(図11)も、筆者がマシニングセンターで機上放電ツールングを行なった20年ほど前から温めていたモノ。S氏の会社から頂戴したCVDダイヤモンド膜をわざわざ破碎して砥粒にして、導電性ダイヤモンド切刃砥石を試作したのはほんの半年ほど前だが、現在では導電性ダイヤモンド砥粒も試作され、図12(b)のような総形ツールングも可能となっている。

本当の意味では導電性ダイヤモンドとはいえないが、多結晶ダイヤモンド焼結体(PCD)も導電性ダイヤモンドの範疇に入れることも少なくない。ある時、大学院生にPCDの放電加工特性を調べさせていたら、条件を間違えて図13のような穴ぼこだらけの失敗作を持ってきた。この失敗作を見て「多孔質ダイヤモンド」と考えるのに時間はかからなかった。この多孔質ダイヤモンドはボンドレスの砥石は勿論、多孔質触媒やヒートシンクなどにも適用できそうである。これも欠陥や失敗作を活用する好例の一つといえるかもしれない。

筆者が“偶然から”、あるいは“他人と逆の使い方”を考えて新しい加工技術を生み出した例の幾つかを紹介したが、“他人のサジェスチョンに素直に従う気持ち”や、“こんな導電性のあるダイヤモンド砥粒が開発されれば、砥粒の成形が可能になるはず”とひたすら20年間思い続ける“執念”もセレンディピティを呼び込む条件の範疇にあると考えている。

| | |
|--|--|
| | CVDITE CDEの利点 ● 導電性を有する ● 放電加工が可能 ● 高熱伝導性 ● 化学的不活性 ● バインダー相がない |
| | CVDITE CDEの主用途 ● 非鉄金属、プラスチック、木質系材料の切削加工 ● 導電性を利用した用途 |
| | |

図10 市販導電性CVDダイヤモンド素材(上)と放電加工用無消耗放電加工用電極(下)

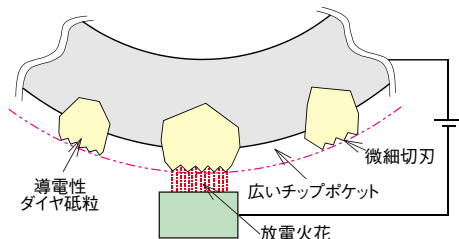


図11 導電性ダイヤモンド砥粒を切刃とする砥石と放電によるダイヤモンド刃先の成形

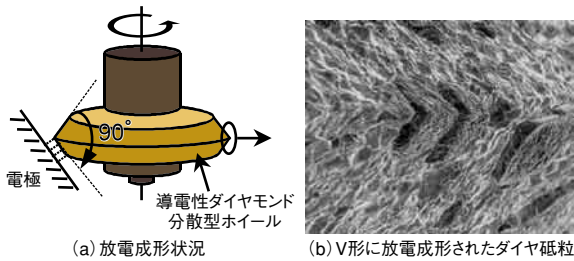


図12 放電による導電性ダイヤモンド砥粒の成形状況

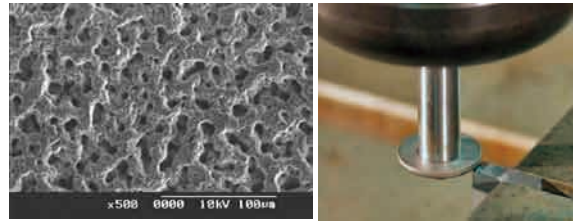


図13 PCDを利用した多孔質ダイヤモンドと多孔質ボンドレス砥石

4. セレンディピティを養う条件

新しい研究課題を生み出す方法論は様々であるとしても、実験中の失敗や生産ラインでの不具合からアイデアが生まれ、シーズに結びつくことも少なくないと思われる。ただし、そのような場に漫然といるだけではアイデアが創出されるはずもない。「日ごろ問題意識を持った人が、何かのはずみで、あるいは別のところで何かの現象を見て、さらにはその現象から推測して、新加工技術の可能性を発見することのほうが多いように思われる。また、自然現象の正確な観察と理解が前提となることはいうまでもない」との指摘⁴⁾があるように、常に問題意識を持ち、自分は何を行ないたいのか、どのような結論を導き出したいのかを自問することが大切である。すなわち、セレンディピティを養うには「経験の豊富さ」に加えて「経験から意味を見いだす能力」も必要なのである。

1) 直感力と2番手

“Genius is ninety-nine percent perspiration, and one percent inspiration.”はトーマスエジソンの言葉としてあまりにも有名である。通常は“99%の努力と1%の才能”と訳されているが、エジソンがいたかったのは「1パーセントのひらめきがなければ、99パーセントの努力も無駄である」ということらしい、とある書籍に書かれていた。真偽のほどはともかく、この言葉が示すように研究で一番大切なのは直感力(インスピレーション)であり、これがあれば研究費や研究設備、研究スタッフなどが十分でなくても立派な研究に発展させることができると考えている研究者は少なくない。

その反対に、誰かが素晴らしいアイデアを出すと、2番手、3番手研究が盛んに行なわれるようになるのは、自身のアイデア創出能力の貧困さと、“2番手の楽さ”を示しているようなものである。2番手主義は海外の学者が日本人研究者を揶揄してつくった造語“japanity”(誰もがやっていることを追いかけて、必然のところで見出す能力⁵⁾)と同義語であると思われるが、筆者の好むところではない。

2) 経験と方法論

前およびその前の職場に在職中、機械組み立て技術や様々な加工技術に携わることができた。せん断加工に始まり、曲げ加工、対向液圧絞り加工、切削による金属繊維の製造、粉末成形、砥石の製造と評価、グライディングセンターの開発、放電加工、などなどである。このことは、筆者がこれとはいう専門性を持っていないことを意味するが、新しい加工技術の開発に際して、あるいは技術的困難に遭遇したときには大きな財産となっている。

筆者は講演で「直球でも、カーブでも(図14)」というOHPシートをお見せすることがあるが、これはピッチャーの投げた球が最終的にストライクゾーンを通過することが大切で、途中の経路が直線的であっても曲線的であってもかまわないこと、開発の分野に置き換えていえば、どのような加工/生産形態を採用しても所望する加工形状や精度、部品や製品が得られればよい、ことをいっているのである。同様なことは精密加工で著名な故小林先生の著書⁶⁾にも「コーヒー園開墾の話(図15)」として紹介されている。



図14 研究で大切なのは「目的」

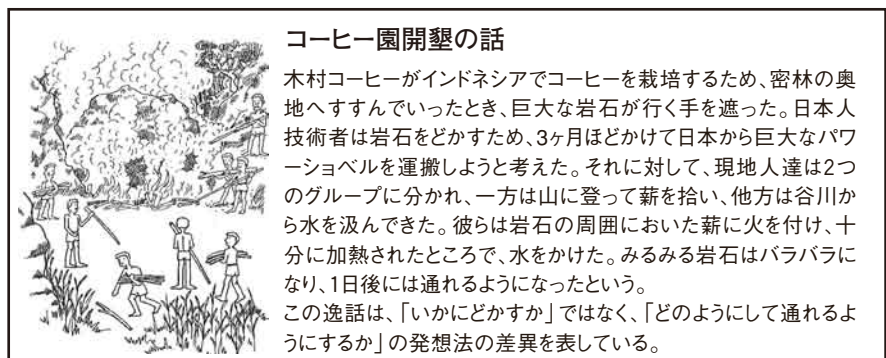


図15 巨岩の破壊 (by 小林 昭)

3) 実行力

前職場で上司から「自分でよいアイデアだと思ったら、バラックセットをつくって、できるだけ早く実行しなさい」といわれていたこともあり、自分の研究室を持ってから“思いついたら即実行”をモットーにしていたし、そのお蔭で新しいアイデアや思いもしない素晴らしい結果に遭遇した経験も持ち合わせているのだが、最近は大いに実行力が落ちているのは恥ずかしいことである。セレンディピティは机上からは生まれえないとの説もあるから、原稿書きに忙しく実験室に出向けないなどといっているようでは、独創的なアイデアに遭遇しなくなるのは目に見えている。

実行力の大切さは「本田宗一郎の流儀⁷⁾」という書籍の中にも取り上げられている。参考のためにそ

の一節をご紹介したい。『まず宗一郎が買いつけた機械が入ってきた昭和28、9年頃の生産現場では、作業の状態を見にくる宗一郎からいつもハッパをかけられていた。「機械の持っている性能を限界まで使い切れ、この機械、もっと回転を上げて見ろ。」そんなときに「仕様書ではこれが上限だと書いています。これ以上回転数を上げたら壊れてしまう可能性があります。」などと答えると、宗一郎は「おめえ、やってみたのか。ぶっ壊れても直せばいいんだ。やってみもせんで答えを出すな。すぐやってみろ。」そういうときに限って、機械は見事に限界を超えた性能を見せたという…。』安全率の問題から全面的には賛成できないが、“There's a will, there's a way” という意味で大いに共感する文章である。

4. セレンディピティ、産学協同と実用化

以上、実用化を目指して独創的な加工技術の開発研究をすすめてきた筆者の体験から「セレンディピティの重要性」についての考えを述べさせていただいた。筆者が行ってきた幾つかの開発研究は、研究室室内での実験に留まらず、実生産レベルに移行している。これらの研究が実用化できたのは、①的確なニーズの把握、②常識に捕らわれない発想(欠陥の利用など)、③小規模設備での生産性・経済性の十分な検討、および④生産設備の開発、の全てにわたって研究者が携わってきたからに他ならない。

セレンディピティから素晴らしいアイデアが浮かんだとしても、そのアイデアを発展させるためには、産学協同、産産共同、あるいは学学共同して、実用化することが肝要である。筆者の場合は、幸運なことに最良の“学学共同相手(富山県立大学U名誉教授)”や“産学協同相手”に巡り会えたからこそ、単なるアイデアを研究開発や実用化に結びつけられたと考えている。

どのような形態を採るにせよ、日本の技術的地盤沈下現象をくい止めて製造業を発展させるには、今後も「独創技術に基づくモノづくり」が、ますます重要になると確信し、加工技術の開発研究に励んでいきたいと考えている。最後に、筆者が講演で締めくりに使うスライド(図16)を紹介して拙文を閉じさせていただきたい。

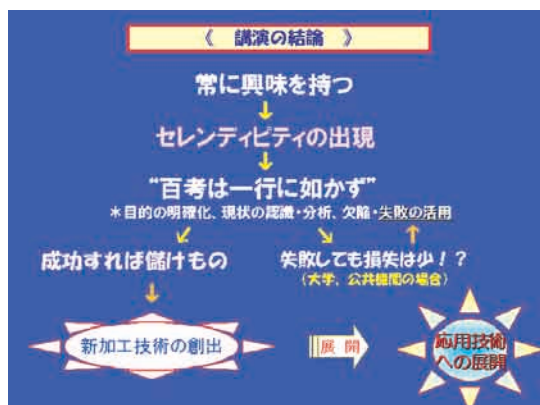


図16 “百考は一行に如かず”、興味は成功の始まり

参考文献

- 1) 桜井正光：日経産業新聞、2000年5月20日
- 2) 鈴木 清：加工技術開発の舞台裏一、プライマリー社
- 3) 澤泉重一：「偶然からモノを見つけ出す能力」-セレンディピティの活かし方、角川書店
- 4) 中川威雄：中川威雄評論撰集「産学協同による技術開発を考える」TEAMS研究所刊
- 5) セレンディピティの解説参考例：
<http://www.toyama-cmt.ac.jp/~kanagawa/essay/serendipity.html>など
- 6) 小林 昭：「モノづくり」の哲学、工業調査会
- 7) 坂崎善之：本田宗一郎の流儀、PHP文庫